STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ

PRODULJENJE POGONSKOG VIJEKA NEK-a S 40 NA 60 GODINA – NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO D.O.O.

Br.: 100820-dn

Ljubljana, listopad 2021., dopuna 10. siječnja 2022.

E-NET OKOLJE d.o.o. | Linhartova cesta 13 | SI-1000 Ljubljana | Slovenija
t +386 (0)1 2321 360 | f +386 (0)1 2321 361 | e info@e-net-okolje.si

Okrožno sodišče v Ljubljani | št. vl.: 1/41584/00 | osnovni kapital: 8.750,00 EUR | MŠ: 2084589 | ID DDV: SI19926987 | TR: IBAN SI56 3000 0000 0966 932 (Sberbank banka d.d.)

NASLOV:	**STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRODULJENJE POGONSKOG VIJEKA NEK-a S 40 NA 60 GODINA – NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO D.O.O.**
DATUM:	**listopad 2021., dopuna 10. siječnja 2022.**
BROJ:	**100820-dn**
NARUČITELJ:	**IBE d.d.** **Hajdrihova ulica 4, 1000 Ljubljana**
Narudžba:	**Ugovor br. 9K-104/20-B056/298A**
SASTAVLJAČ:	**E-NET OKOLJE d.o.o.** **Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana**
Direktor:	**Jorg Jurij Hodalič**
Voditelj izrade studije:	**dr. Domen Novak, dipl. san. ing.**
NOSITELJ ZAHVATA:	**Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.** **Vrbina 12, 8270 Krško**
Osoba odgovorna za izvedbu zahvata kod nositelja postupka:	**Stanislav Rožman, predsjednik Uprave NEK-a** **Saša Medaković, član Uprave NEK-a**

E-NET OKOLJE d.o.o.
Linhartova cesta 13
SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

SUDIONICI U IZRADI STUDIJE:

mag. Jorg Hodalič, univ. dipl. biol.

E-NET OKOLJE d.o.o.
Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana

- (zakonodavstvo)



Manca Magjar, univ. dipl. ekolog.

E-NET OKOLJE d.o.o.
Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana

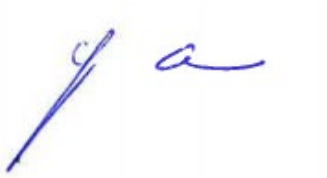
- (tlo, otpad)



dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o. | Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana

- (ionizirajuće zračenje)



mag. Martin Žerdin, univ. dipl. biol.

Aquarius d.o.o.
Cesta Andreja Bitenca 68, 1000 Ljubljana
(priroda, dodatak za prirodu)



dr. Maja Sopotnik, univ. dipl. biol.

Aquarius d.o.o.
Cesta Andreja Bitenca 68, 1000 Ljubljana

- (priroda, dodatak za prirodu)



Helena Lap, univ. dipl. ing. kraj. arh.

IBE, d.d., savjetovanje, projektiranje i inženjering
Hajdrihova ulica 4, 1001 Ljubljana

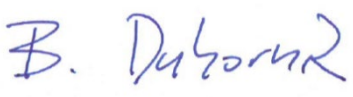
- (krajolik, kulturna baština)



mag. Boštjan Duhovnik, univ. dipl. ing. str.

IBE, d.d., savjetovanje, projektiranje i inženjering
Hajdrihova ulica 4, 1001 Ljubljana

- (tehnologija)

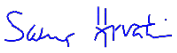


mag. Samo Hrvatin, univ. dipl. ing. str.

IBE, d.d., savjetovanje, projektiranje i inženjering

Hajdrihova ulica 4, 1001 Ljubljana

(nuklearna tehnologija i nuklearna sigurnost)



dr. Andrej Širca, univ. dipl. ing. grad.

IBE, d.d., savjetovanje, projektiranje i inženjering

Hajdrihova ulica 4, 1001 Ljubljana

(poplavna sigurnost i toplinsko onečišćenje voda)



dr. Franc Sinur, univ. dipl. ing. grad.

IBE, d.d., savjetovanje, projektiranje i inženjering

Hajdrihova ulica 4, 1001 Ljubljana

(sigurnost od potresa)

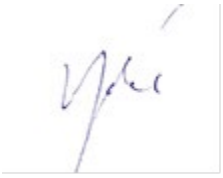


dr. sc. Vladimir Jelavić, dipl. ing. stroj.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (zrak, vode, klimatske promjene)



Gabrijela Kovačić, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (vode, klimatske promjene)



Brigita Masnjak, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing. , PR

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (prekogranični utjecaji)



Elvira Horvatić Viduka, dipl. ing. fiz.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (klimatske promjene)



Veronika Tomac, dipl. ing. kem. tehn.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (klimatske promjene)



Filip Opetuk, mag. ing. mech.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (zrak, rashladni tornjevi)

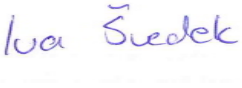


Iva Švedek, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (stakleнički plinovi)



mr. sc. Mirela Poljanac, dipl. ing .kem. tehn.

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (zrak)



Maja Jerman Vranić, dipl. ing. kem. MBACon

EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (QA/QC, i zrak)



prof. emeritus Božidar Biondić, dipl. ing. geol.

vanjski suradnik – EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

- (podzemne vode)



prof. dr. sc. Ranko Biodić, dipl. ing. geol.

vanjski suradnik – EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb

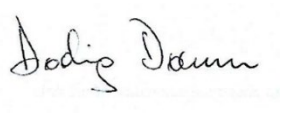
- (podzemne vode)



dr. Damir Dodig, univ. dipl. med.

vanjski suradnik – EKONERG d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša

Koranska 5, 10000 Zagreb



- (prekogranični utjecaji, utjecaj na zdravlje ljudi)

prof. dr. sc. Davor Grgić, dipl. ing. elekt.

Zavod za visoki napon i energetiku,

Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) – Sveučilište u Zagrebu



- (prekogranični utjecaji)

izv. prof. dr. sc. Siniša Šadek, dipl. ing. elekt.

Zavod za visoki napon i energetiku,

Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) – Sveučilište u Zagrebu



- (prekogranični utjecaji)

dr. sc. Paulina Dučkić, dipl. ing. elekt.

Zavod za visoki napon i energetiku,

Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) – Sveučilište u Zagrebu



- (prekogranični utjecaji)

dr. Marija Zlata Božnar, univ. dipl. ing. el.

MEIS storitve za okolje d.o.o.

Mali Vrh pri Šmarju 78, 1293 Šmarje – Sap



- (prekogranični utjecaji)

dr. Primož Mlakar, univ. dipl. ing. el.

MEIS storitve za okolje d.o.o.

Mali Vrh pri Šmarju 78, 1293 Šmarje – Sap



- (prekogranični utjecaji)

dr. Boštjan Grašič, univ. dipl. ing. el.

MEIS storitve za okolje d.o.o.

Mali Vrh pri Šmarju 78, 1293 Šmarje – Sap



- (prekogranični utjecaji)

IZJAVA VODITELJA IZRADE STUDIJE

Voditelj izrade studije:

dr. Domen Novak, dipl. san. ing.

potpisom potvrđujem

- stručnost studije,
- istinitost podataka navedenih u studiji,
- usklađenost sadržaja studije s Uredbom o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17),
- da su, s obzirom na pravna i tehnička ograničenja, najnovija znanstvena saznanja i relevantne metode te informacije o drugim relevantnim procjenama okoliša uzeti u obzir i korišteni pri izradi studije.

Ljubljana, 10. siječnja 2022.



KAZALO

1. PODACI O NOSITELJU ZAHVATA I PREDLOŽENOJ STUDIJI.....39

1.1 UVOD..... 39
1.2 POLAZIŠNE TOČKE..... 40
1.2.1 Sigurna, pouzdana i konkurentna proizvodnja električne energije..... 40
1.2.2 Nuklearna sigurnost na prvom mjestu..... 41
1.2.2.1 Izvanredni sigurnosni pregled (stres-testovi Europske unije).... 41
1.2.2.2 OSART – Operational Safety Review Team, koji provodi IAEA.. 41
1.2.2.3 Stručni pregled WANO-a 2014. i 2018. godine..... 42
1.2.3 Dugoročni rad NEK-a u vezi s energetskom budućnošću Slovenije..... 42
1.3 NAZIV I NAMJENA ZAHVATA..... 43
1.4 OBVEZA PROCJENE UTJECAJA NA OKOLIŠ..... 44
1.5 NOSITELJ ZAHVATA..... 45
1.5.1 Nositelj zahvata..... 45
1.5.2 Osoba odgovorna za izvedbu zahvata kod nositelja zahvata..... 45
1.6 SASTAVLJAČ STUDIJE..... 45
1.6.1 Sastavljač studije..... 45
1.6.2 Voditelj izrade studije..... 45
1.6.3 Sudionici u izradi studije..... 45
1.7 PREDMET I SADRŽAJ STUDIJE..... 47
1.7.1 Općenito..... 47
1.7.2 Predmet studije..... 47
1.7.3 Obrađeni čimbenici u studiji..... 47
1.7.4 Čimbenici koji u studiji nisu obrađeni..... 48
1.8 PROSTORNI AKTI KAO OSNOVA ZA UVOĐENJE ZAHVATA U PROSTOR..... 48
1.8.1 Prostorni akti..... 48
1.8.2 Izvatci odredbi iz prostorno-planskih akata (plan prostornog uređenja)..... 49
1.8.3 Podaci o zaštićenim područjima i ograničenjima..... 52
1.8.4 Zahtjevi koji proizlaze iz radnih dozvola..... 52
1.8.5 Strateška procjena utjecaja na okoliš..... 53

2. VRSTA I KARAKTERISTIKE ZAHVATA:.....54

2.1 OPĆENITO..... 54
2.2 LOKACIJA ZAHVATA..... 55
2.2.1 Opis lokacije..... 55
2.2.2 Brojevi parcela..... 57
2.3 VELIČINA / KAPACITET ZAHVATA..... 57
2.3.1 Snaga reaktora..... 57
2.4 PROSTORNE KARAKTERISTIKE ZAHVATA..... 57
2.4.1 Uporaba prostora / zemljišta radi zahvata..... 57
2.4.2 Zahtjevi u vezi s infrastrukturnom opremom..... 57
2.5 SVOJSTVA NEK-A..... 58
2.5.1 Općenito..... 58
2.5.2 Zgrade..... 59
2.5.3 Reaktor s rashladnim petljama..... 59
2.5.4 Nuklearno gorivo..... 59
2.5.5 Turbogenerator i električni sustav..... 60
2.5.6 Radioaktivni otpad..... 60
2.5.7 Priprema vode u tehnološke svrhe..... 61
2.6 TEHNOLOGIJA NEK-A..... 62
2.6.1 Primarni krug..... 62
2.6.2 Sekundarni krug..... 62
2.6.3 Tercijarni krug..... 63
2.6.4 Tehnički podaci o objektu..... 63

2.7 OSIGURAVANJE SIGURNOG POGONA NEK-A 65
2.7.1 Sigurnosni sustavi 65
2.7.2 Osiguravanje zaštitnih funkcija 66
2.7.2.1 Vanjski i unutrašnji početni događaji 67
2.7.3 Pripravnost za hitne slučajeve i stanja nesreća elektrane 68
2.7.3.1 Plan zaštite i spašavanja (NZIR) 68
2.7.3.2 Projektne i proširene projektne (DEC) nesreće 68
2.7.4 Nadzor starenja 70
2.7.5 Zaštita od požara 70
2.7.6 Seizmička sigurnost 71
2.7.7 Fizička zaštita 72
2.7.8 Poplave 73
2.7.8.1 Projektna poplava (DBF) 73
2.7.8.2 Najveće vjerojatne poplave (PMF) 73
2.7.8.3 Kronologija poboljšanja zaštite od poplave NEK-a od 2010. godine nadalje 73
2.7.9 Ostali ekstremni vremenski uvjeti 74
2.7.10 Radioaktivni otpad 75
2.7.10.1 Plinoviti radioaktivni otpad 75
2.7.10.2 Tekući radioaktivni otpad 76
2.7.10.3 Kruti radioaktivni otpad 76
2.7.11 Istrošeno gorivo 78
2.7.12 Program nadogradnje sigurnosti (PNV) 79
2.7.13 Periodični sigurnosni pregled (PSR) 80
2.7.14 Neovisni međunarodni stručni pregledi 81
2.7.15 Program upravljanja starenjem opreme – Aging management program (AMP) 82
2.7.16 Sustavi vođenja 83
2.8 KLJUČNE KARAKTERISTIKE SIGURNOSTI ELEKTRANE U 2021. GODINI 84
2.8.1 Najvažnije projektne promjene primarnog kruga 85
2.8.1.1 Zamjena parogeneratora 85
2.8.1.2 Uvođenje novog sustava za mjerenje temperature primarnog kruga 85
2.8.1.3 Modernizacija motora reaktorske pumpe 85
2.8.1.4 Zamjena reaktorske glave 85
2.8.2 Najvažnije projektne promjene sekundarnog kruga i električnih sustava 85
2.8.2.1 Zamjena niskotlačnih turbina 85
2.8.2.2 Zamjena statora i rotora glavnog generatora 85
2.8.2.3 Zamjena sustava upravljanja i zaštite turbine (sustav upravljanja i nadzora turbine) 86
2.8.2.4 Zamjena uzbudnika i regulatora napona te glavnog prekidača generatora 86
2.8.2.5 Obnova rasklopnog postrojenja i zamjena sabirnica 400-kilovoltnog sustava 86
2.8.2.6 Ugradnja i priključivanje energetskog transformatora 86
2.8.3 Najvažnije projektne promjene tercijarnog kruga i podsustava 86
2.8.3.1 Proširenje sustava rashladnih tornjeva 86
2.8.3.2 Rekonstrukcije zbog izgradnje HE Brežice 86
2.8.3.2.1 Modifikacija na hidrauličnom sustavu zgrade brane 87
2.8.3.2.2 Rekonstrukcija na sustavu CW 87
2.8.3.2.3 Rekonstrukcija na sustavu SW 88
2.8.3.2.4 Rekonstrukcija na sustavima PW i SV 88
2.8.4 Ostale projektne promjene za poboljšanje sigurnosti 88
2.8.4.1 Poboljšanje izmjeničnog zaštitnog napajanja – DG3 88
2.8.5 Projekti nadogradnje sigurnosti NEK-a 88
2.8.5.1 Faza 1 89

2.8.5.2 Faza 2 ... 89
2.8.5.3 Faza 3 ... 90
2.8.6 Praćenje iskustva, istraživanja i razvoja znanosti i tehnologije ... 91
2.9 OPASNE TVARI U NEK-U ... 92
2.10 POSTOJEĆE KOMUNALNO, ENERGETSKO I PROMETNO UREĐENJE ... 93
2.10.1 Opskrba pitkom vodom ... 93
2.10.2 Opskrba vodom za tehnološke potrebe ... 93
2.10.3 Odvajanje otpadnih voda ... 93
2.10.3.1 Gospodarenje otpadnim vodama suhog skladišta ... 98
2.10.4 Otpadne vode nastale tijekom gašenja požara ... 98
2.10.5 Električna energija ... 99
2.10.6 Prometno uređenje ... 99
2.10.7 Grijanje ... 99
2.10.8 Hlađenje ... 99
2.10.9 Vrste i količine potrebne energije ... 99
2.10.10 Broj zaposlenih ... 100
2.10.11 Vrijeme rada ... 100
2.11 SUSTAVI ZA OSIGURAVANJE SIGURNOSTI ... 100
2.11.1 Pravne i druge osnove ... 100
2.12 SUSTAVI I UREĐAJI ZA SPRJEČAVANJE I UBLAŽIVANJE NESREĆA ... 101
2.13 KLASIFIKACIJA STANJA ELEKTRANE ... 103
2.13.1 Vjerojatnosna analiza sigurnosti – razina 1 ... 104
2.13.2 Vjerojatnosna analiza sigurnosti – razina 2 ... 106
2.13.3 Klasifikacija ugroženosti ... 108
2.13.4 Područja planiranja zaštitnih mjera ... 112
2.13.5 Pomoć elektrani u slučaju izvanredne situacije ... 115
2.14 POSTOJEĆE DOZVOLE ... 116
2.14.1 Radna dozvola ... 116
2.14.2 Okolišna dozvola za emisije tvari u vodu ... 117
2.14.3 Vodopravne dozvole ... 117
2.14.4 Izmjena radne dozvole – neograničen rad ... 117
2.15 CJELOVIT NACIONALNI ENERGETSKI I KLIMATSKI PLAN REPUBLIKE SLOVENIJE – NEPN ... 117
2.16 PROJEKTNE OSNOVE DUGOROČNOG POGONA NEK-A ... 119
2.17 POSTOJEĆI ZAHVATI NA PODRUČJU POVEZNICE S PREDMETNIM ZAHVATOM ... 119
2.18 AKTIVNOSTI VEZANE UZ ZAUSTAVLJANJE POGONA I NAKON NJEGA ... 119
2.18.1 Općenito o razgradnji ... 120
2.19 OKOLIŠNE KARAKTERISTIKE ZAHVATA ... 120
2.19.1 Korištenje/iskorištavanje prirodnih izvora ... 120
2.19.1.1 Pogon ... 120
2.19.1.2 Prestanak rada ... 121
2.19.2 Nusproizvodi i rukovanje njima ... 121
2.19.3 Emisije ionizirajućeg zračenja ... 121
2.19.3.1 Pogon ... 121
2.19.3.2 Prestanak rada ... 122
2.19.4 Vrste i količine otpada i gospodarenje njime ... 122
2.19.4.1 Pogon ... 122
2.19.4.2 Prestanak rada ... 126
2.19.5 Emisije onečišćenja u tlo ... 127
2.19.5.1 Pogon ... 127
2.19.5.2 Prestanak rada ... 127
2.19.6 Emisije onečišćenja u vodu ... 127
2.19.6.1 Rad (toplinsko onečišćenje) ... 127
2.19.6.2 Rad (površinske vode) ... 127
2.19.6.3 Prestanak rada ... 127
2.19.7 Emisije onečišćenja u zrak ... 128

2.19.7.1 Pogon ... 128
2.19.7.2 Prestanak rada ... 128
2.19.8 Emisije stakleničkih plinova ... 128
2.19.8.1 Pogon ... 128
2.19.8.2 Prestanak rada ... 129
2.19.9 Emisije buke ... 129
2.19.9.1 Pogon ... 129
2.19.9.2 Prestanak rada ... 129
2.19.10 Elektromagnetsko zračenje ... 130
2.19.10.1 Pogon ... 130
2.19.10.2 Prestanak rada ... 130
2.19.11 Svjetlosne emisije ... 130
2.19.11.1 Pogon ... 130
2.19.11.2 Prestanak rada ... 130
2.19.12 Rizici povezani sa zaštitom od okolišnih i drugih nesreća ... 130
2.19.12.1 Pogon ... 130
2.19.12.2 Prestanak rada ... 131
2.20 PROPISI IZ PODRUČJA ZAŠTITE OKOLIŠA ... 132
2.21 DOKUMENTI EU-A (BREF) ... 136

3. ALTERNATIVA RJEŠENJA U POGLEDU INTERVENCIJE ... 138

3.1 POLAZIŠNE TOČKE ... 138
3.2 EKOLOŠKE POSLJEDICE NULTE VARIJANTE ... 138
3.2.1 Klima ... 139
3.2.2 Uporaba zemljišta ... 139
3.2.3 Ostali utjecaji ... 141
3.3 EKONOMSKE POSLJEDICE NULTE VARIJANTE ... 143
3.4 POSTAVLJANJE U PROSTOR ... 143

4. OPIS POSTOJEĆEG STANJA OKOLIŠA ... 144

4.1 OSNOVNE KARAKTERISTIKE LOKACIJE ZAHVATA ... 144
4.1.1 Položaj i geografske karakteristike područja ... 144
4.1.2 Meteorološke karakteristike područja, klimatski podaci ... 144
4.1.2.1 Klima ... 144
4.1.2.2 Klimatski podaci ... 144
4.1.2.3 Uočene klimatske promjene ... 147
4.1.2.4 Očekivane klimatske promjene u 21. stoljeću ... 150
4.1.3 Geološke i hidrogeološke karakteristike područja ... 155
4.1.3.1 Geološke karakteristike ... 155
4.1.3.2 Geološke karakteristike na lokaciji zahvata ... 156
4.1.3.3 Hidrogeološke karakteristike ... 156
4.1.3.4 Vodno tijelo podzemne vode Krška kotlina ... 161
4.1.4 Površinske vode ... 162
4.1.4.1 Toplinsko onečišćenje ... 167
4.1.4.2 Temperature rijeke Save kod NEK-a ... 172
4.1.5 Pedološke karakteristike područja ... 174
4.1.6 Biološke karakteristike područja, ekosustavi, flora i fauna i njihova staništa ... 174
4.1.6.1 Općenito ... 174
4.1.6.2 Zaštićena područja ... 175
4.1.6.3 Natura 2000 ... 175
4.1.6.4 Prirodne vrijednosti ... 175
4.1.6.5 Ekološki važna područja ... 175
4.1.7 Karakteristike izgrađenog okoliša i prisutnost posebnih materijalnih dobara ... 175
4.1.7.1 Karakteristike izgrađenog okoliša ... 175

4.1.7.2 Kulturna baština ... 176
4.1.8 Vrste zemljišta na području ... 178
4.1.9 Rizik od poplava i erozije ... 178
4.1.10 Prometne veze i cestovna opterećenja ... 180
4.1.11 Seizmički rizik ... 181
4.2 PODRUČJA S POSEBNIM PRAVNIM REŽIMOM ... 183
4.2.1 Zaštita vode za piće ... 183
4.2.2 Stupanj zaštite od buke ... 183
4.2.3 Stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja ... 184
4.3 NASELJENOST I UVJETI ŽIVOTA U OKOLICI ... 185
4.4 POSTOJEĆE STANJE, OPTEREĆENOST I KVALITETA OKOLIŠA ... 187
4.4.1 Ekosustavi, flora i fauna i njihova staništa ... 187
4.4.1.1 Vegetacija i tipovi staništa ... 187
4.4.1.2 Životinje ... 188
4.4.1.3 EPO i prirodne vrijednosti ... 197
4.4.1.4 Zaštićena područja ... 198
4.4.2 Kvaliteta i karakteristike tla ... 200
4.4.3 Kvaliteta i količine podzemnih voda i njihova primjena ... 202
4.4.4 Kvaliteta i količine površinskih voda i njihova primjena ... 205
4.4.4.1 Emisije tvari i topline iz NEK-a u 2020. godini ... 205
4.4.5 Kvaliteta zraka ... 218
4.4.5.1 Kvaliteta vanjskog zraka ... 218
4.4.5.2 Postojeće emisije iz industrijskih izvora ... 219
4.4.5.3 Postojeće emisije iz prometa ... 221
4.4.5.4 Emisija iz proizvodnje električne i toplinske energije u Sloveniji ... 222
4.4.5.5 Nacionalna emisija ... 223
4.4.5.6 Postojeće emisije iz NEK-a – neradioaktivne tvari ... 223
4.4.6 Ionizirajuće zračenje (radioaktivno zračenje) ... 224
4.4.6.1 Postojeće emisije tvari u zrak iz NEK-a – radioaktivne tvari ... 224
4.4.6.2 Postojeće tekuće emisije – radioaktivne tvari ... 229
4.4.6.3 Mjerenja radioaktivnosti u vodovodima i crpilištima ... 231
4.4.6.4 Mjerenje radioaktivnosti u rijeci Savi ... 232
4.4.6.5 Oborinski i suhi talozi ... 239
4.4.6.6 Izloženost vanjskom zračenju ... 241
4.4.6.7 Hrana ... 245
4.4.7 Procjena učinaka ionizirajućeg zračenja ... 245
4.4.7.1 Tekuća ispuštanja u 2020. godini ... 245
4.4.7.2 Atmosferska ispuštanja u 2020. godini ... 246
4.4.7.3 Prirodno zračenje 2020. ... 248
4.4.7.4 Prirodni radionuklidi u 2020. godini ... 249
4.4.7.5 Černobilska kontaminacija, eksperimentalne nuklearne eksplozije i nesreća u Fukushimi (2020. godina) ... 249
4.4.7.6 Usporedba s prethodnim godinama (2020. godina) ... 250
4.4.7.7 Zaključci – 2020. godina ... 252
4.4.8 Onečišćenje mirisom ... 253
4.4.9 Onečišćenje otpadom ... 253
4.4.10 Onečišćenje radioaktivnim otpadom ... 253
4.4.10.1 Općenito ... 253
4.4.10.2 Postojeći RAO inventar ... 253
4.4.10.3 Predviđene količine NSRAO-a /195/ ... 254
4.4.10.4 Pretpriprema otpada za NSRAO Vrbina ... 255
4.4.10.5 Načini gospodarenja RAO-ima ... 255
4.4.10.6 Odlaganje NSRAO-a ... 261
4.4.11 Istrošeno gorivo (IG) ... 261
4.4.11.1 Općenito o IG-u ... 261

4.4.11.2 Postojeći inventar IG-a ... 263
4.4.11.3 Predviđene količine IG-a ... 264
4.4.11.4 Načini gospodarenja IG-om ... 264
4.4.12 Onečišćenje bukom ... 266
4.4.13 Onečišćenje vibracijom ... 269
4.4.14 Zagađenost elektromagnetskim zračenjem ... 269
4.4.15 Onečišćenje svjetlošću ... 272
4.4.16 Karakteristike i specifičnosti regije ... 273
4.4.17 Karakteristike kulturne baštine na području utjecaja zahvata ... 274
4.5 POLAZIŠTE I NACRT VJEROJATNOG DALJNJEG RAZVOJA BEZ PROVOĐENJA ZAHVATA (NULTA VARIJANTA). ... 275

5. MOGUĆI UČINCI POGONA NA OKOLIŠ ... 276

5.1 POLAZIŠTA I METODE PROCJENE UTJECAJA ... 276
5.2 UTJECAJI NA TLA ... 277
5.2.1 Pogon ... 277
5.2.2 Zaustavljanje pogona ... 277
5.3 UTJECAJI NA VODE I POPLAVNA SIGURNOST ... 277
5.3.1 Utjecaji na vode ... 277
5.3.1.1 Pogon ... 277
5.3.1.2 Zaustavljanje pogona ... 279
5.3.2 Utjecaji na toplinsko onečišćenje rijeke Save ... 279
5.3.2.1 Pogon ... 279
5.3.2.2 Zaustavljanje pogona ... 280
5.3.3 Utjecaji na poplavnu sigurnost ... 280
5.3.3.1 Pogon ... 280
5.3.3.2 Zaustavljanje pogona ... 280
5.4 UTJECAJI NA ZRAK ... 281
5.4.1 Pogon ... 281
5.4.2 Zaustavljanje pogona ... 283
5.5 UTJECAJI NA KLIMU UKLJUČUJUĆI EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA ... 283
5.5.1 Pogon ... 283
5.5.2 Zaustavljanje pogona ... 290
5.6 UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POGON ... 290
5.6.1 Pogon ... 290
5.6.1.1 Utjecaj rashladnih tornjeva ... 306
5.6.1.2 Utjecaj ekstremnih vremenskih pojava i klimatskih promjena na sigurnosne aspekte zahvata ... 309
5.6.2 Zaustavljanje pogona ... 312
5.7 UTJECAJI NA ONEČIŠĆENJE BUKOM ... 312
5.7.1 Pogon ... 312
5.7.2 Zaustavljanje pogona ... 316
5.8 UTJECAJI ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA ... 316
5.8.1 Pogon ... 316
5.8.2 Zaustavljanje pogona ... 316
5.9 UTJECAJI VIBRACIJA ... 317
5.9.1 Pogon ... 317
5.9.2 Zaustavljanje pogona ... 317
5.10 UTJECAJI OTPADA ... 317
5.10.1 Pogon ... 317
5.10.2 Zaustavljanje pogona ... 318
5.11 UTJECAJI ZRAČENJA – IONIZIRAJUĆI ... 319
5.11.1 Pogon ... 319
5.11.2 Zaustavljanje pogona ... 320
5.12 UTJECAJ SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA ... 321
5.12.1 Pogon ... 321

5.12.2 Zaustavljanje pogona ... 321
5.13 UTJECAJ NA KRAJOLIK ... 322
5.13.1 Pogon ... 322
5.13.2 Zaustavljanje pogona ... 326
5.14 UTJECAJI NA PRIRODU ... 328
5.14.1 Pogon ... 328
5.14.1.1 Vegetacija i tipovi staništa ... 328
5.14.1.2 Životinje ... 328
5.14.1.3 EPO i prirodne vrijednosti ... 332
5.14.1.4 Zaštićena područja ... 333
5.14.2 Zaustavljanje pogona ... 336
5.15 UTJECAJI NA ZEMLJIŠTA ... 337
5.15.1 Pogon ... 337
5.15.2 Zaustavljanje pogona ... 337
5.16 UTJECAJI NA PRIRODNE RESURSE ... 337
5.16.1 Pogon ... 337
5.16.2 Zaustavljanje pogona ... 337
5.17 UTJECAJI NA MATERIJALNE RESURSE ... 338
5.17.1 Pogon ... 338
5.17.2 Zaustavljanje pogona ... 338
5.18 UTJECAJI NA RIZIKE OD EKOLOŠKIH I OSTALIH NESREĆA ... 338
5.18.1 Pogon ... 338
5.18.2 Zaustavljanje pogona ... 340
5.19 UTJECAJI NA STANOVNIŠTVO I ZDRAVLJE LJUDI ... 341
5.19.1 Pogon ... 341
5.19.2 Zaustavljanje pogona ... 341
5.20 PROMJENE CJELOKUPNOG I UKUPNOG ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA ... 341
5.20.1 Promjene ukupnog onečišćenja okoliša ... 341
5.20.2 Promjene ukupnog onečišćenja okoliša ... 343
5.20.2.1 Pogon ... 343
5.20.2.2 Zaustavljanje pogona ... 343

6. PREKOGRANIČNI UTJECAJI ... 344

6.1 DEFINICIJA SADRŽAJA I OPSEGA INFORMACIJA ... 344
6.2 UVODNA OBJAŠNJENJA ... 345
6.3 PREKOGRANIČNI UTJECAJ U NORMALNOM POGONU NEK-A ... 346
6.3.1 Utjecaj na tla ... 346
6.3.2 Utjecaj na vode ... 346
6.3.3 Utjecaj na zrak ... 347
6.3.4 Utjecaj na onečišćenje okoliša bukom ... 347
6.3.5 Utjecaj na onečišćenje okoliša otpadom ... 347
6.3.6 Utjecaji elektromagnetskog zračenja ... 348
6.3.7 Utjecaji ionizirajućeg zračenja ... 348
6.3.8 Utjecaji na prirodne i materijalne resurse ... 350
6.3.9 Utjecaji na stanovništvo i zdravlje ljudi ... 351
6.4 PREKOGRANIČNI UTJECAJI U IZVANREDNOJ SITUACIJI – NESREĆE ... 352
6.5 ODGOVORI NA PITANJA I PRIMJEDBE KOJI SU BILI PRIMLJENI U TRENUTKU PREKOGRANIČNOG SAVJETOVANJA – OBAVIJESTI ... 397
6.5.1 Uvodna objašnjenja ... 397
6.5.2 Opis dokumenata iz uvodnih objašnjenja ... 397
6.5.3 Republika Austrija ... 398
6.5.4 Republika Hrvatska ... 406
6.5.5 Republika Mađarska ... 406

7. MJERE ZA SPRJEČAVANJE, SMANJENJE I KOMPENZACIJU UTVRĐENIH VEĆIH ŠTETNIH UTJECAJA NA OKOLIŠ ... 416

7.1 PLANIRANA RJEŠENJA I MJERE ... 416
7.1.1 Pogon ... 416
7.1.1.1 Vode, uključujući toplinsko onečišćenje ... 416
7.1.1.2 Klimatske promjene ... 418
7.1.1.3 Otpad ... 419
7.1.1.4 Priroda ... 420
7.1.1.5 Ionizirajuća zračenja ... 421
7.1.1.6 Materijalna dobra ... 422
7.1.1.7 Rizik od ekoloških i ostalih nesreća ... 423
7.1.1.8 Stanovništvo i zdravlje ljudi ... 424
7.1.2 Zaustavljanje pogona ... 424
7.1.2.1 Radioaktivni otpad i ionizirajuće zračenje ... 424
7.2 DODATNE MJERE S OBZIROM NA OČEKIVANO UKUPNO ILI ZAJEDNIČKO OPTEREĆENJE OKOLIŠA ... 424
7.3 GLAVNE ALTERNATIVE S OBZIROM NA DRUGE MOGUĆE MJERE ... 424

8. PRAĆENJE STANJA ČIMBENIKA I MJERA ZA SMANJENJE UTJECAJA ... 425

8.1 POGON ... 425
8.1.1 Vode ... 425
8.1.1.1 Uporaba vode u tehnološke svrhe ... 425
8.1.1.2 Otpadne vode ... 425
8.1.2 Zrak ... 426
8.1.3 Buka ... 426
8.1.4 Elektromagnetsko zračenje ... 426
8.1.5 Ionizirajuće zračenje ... 426
8.1.5.1 Suho skladištenje istrošenog goriva ... 439
8.1.5.2 Monitoring radioaktivnosti nakon izgradnje HE Brežice ... 439

9. PODRUČJE U KOJEM ZAHVAT UZROKUJE OPTEREĆENJA OKOLIŠA KOJA MOGU UTJECATI NA ZDRAVLJE ILI IMOVINU LJUDI ... 441

9.1 POLAZIŠTA I METODE ODREĐIVANJA PODRUČJA ... 441
9.2 PODRUČJE TIJEKOM POGONA ... 441
9.3 PODRUČJE U SLUČAJU ZAUSTAVLJANJA POGONA ... 441
9.4 ZNATAN UTJECAJ NA PODRUČJU SUSJEDNIH ZEMALJA ... 442

10. NETEHNIČKI SAŽETAK STUDIJE ... 443

11. ZAVRŠNI DIO STUDIJE ... 459

11.1 IZVORI PODATAKA I INFORMACIJA ... 459
11.1.1 Popis izvora ... 459
11.1.2 Dostupnost, kvaliteta, vremenska ažurnost i potpunost podataka ... 472
11.1.3 Upozorenja ... 472
11.2 GRAFIČKI PRIKAZI ... 472

12. PRILOZI ... 483

Popis priloga:

Prilog 1: **Reference iz područja procjene utjecaja na okoliš voditelja izrade studije (razdoblje 2010. – 2021.)**

Prilog 2: **Pregledna situacija – područje zahvata**

Prilog 3: **Područje u kojem zahvat uzrokuje opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi tijekom pogona**

Prilog 4: **Karta mjernih mjesta**
Prilog 5: **Nacrt rasvjete NEK-a**
Prilog 6: **Temperatura Save nakon miješanja s rashladnom vodom NEK-a 2018. – 2020.**
Samostalni prilozi: **Analiza onečišćenosti tla**
Dodatak za procjenu prihvatljivosti u zaštićenim područjima

Popis tablica:

Tablica 1: Osnovni podaci o elektrani 63
Tablica 2: Osnovni podaci o gorivu....63
Tablica 3: Osnovni podaci o reaktorskoj rashladnoj tekućini....64
Tablica 4: Osnovni podaci o regulacijskim šipkama....64
Tablica 5: Osnovni podaci o parogeneratorima....64
Tablica 6: Osnovni podaci o turbini i generatoru 64
Tablica 7: Osnovni podaci o transformatorima 65
Tablica 8: Ekstremni vremenski uvjeti 75
Tablica 9: Postupci koji se koriste za obradu tekućih RAO-a u NEK-u....76
Tablica 10: Postupci za smanjenje volumena nesolidificiranih krutih RAO-a /228/ 77
Tablica 11: Pregled važnijih opasnih tvari u NEK-u /17/....92
Tablica 12: Postojeći ispusti i odvodi NEK-a (izvor: OVD /49/) 94
Tablica 13: Kategorije ispusta (izvor: /17/)....108
Tablica 14: Određivanje stupnjeva opasnosti (izvor: /17/) 109
Tablica 15: Podaci o broju stanovnika u okolici NEK-a (izvor: /37/, /17/)....113
Tablica 16: Bilanca potrošene vode u 2020. godini (izvor: /237/)....121
Tablica 17: Popis NSRAO otpada nakon obrade koji se nalazi u zgradi za skladištenje – stanje na dan 31. prosinca 2020. (izvor: podaci NEK-a /227/) 122
Tablica 18: Ukupne količine NSRAO-a koje će morati podijeliti slovenska i hrvatska strana /36/....123
Tablica 19: Kampanje za premještanje IG-a iz bazena u suho skladište....124
Tablica 20: Vrste i količina nastalog otpada u 2020. godini (izvor: /132/) 124
Tablica 21: Emisija stakleničkih plinova NEK-a (prosjek u razdoblju od 2014. do 2020.) 129
Tablica 22: Sažetak mogućih negativnih utjecaja obnovljivih izvora energije (izvor: /119/, /120/)....142
Tablica 23: Klimatski podaci za Bizeljsko za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /106/) 146
Tablica 24: Klimatske projekcije promjena temperature i oborina za „središnju" regiju izražene kao odstupanja od razdoblja 1981. – 2010. (izvor podataka: /75/, /76/) 154
Tablica 25: Klimatske projekcije hidroloških varijabli za lokaciju Sava – Čatež (izvor: /77/)....154
Tablica 26: Karakteristike vodnog tijela Sava Krško – Vrbina (izvor: /93/)....162
Tablica 27: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela površinskih voda za Plan upravljanja 2022. – 2027. (NUV 3) (izvor: /239/) 164
Tablica 28: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela površinskih voda za Plan upravljanja 2022. – 2027. bez opće sveprisutnih tvari (PBT) (NUV 3) (izvor: /239/)....165
Tablica 29: Procjena stanja VT površinskih voda s obzirom na specifične onečišćujuće tvari za Plan upravljanja vodama 2022. – 2027. (NUV 3) (izvor: /239/)....165
Tablica 30: Procjena ekološkog stanja vodnih tijela površinskih voda (NUV3) (izvor: /239/)....165
Tablica 31: Važna hidromorfološka opterećenja vodnih tijela površinskih voda (NUV3) /239/ 166
Tablica 32: Lokacije uzorkovanja vode rijeke Save (izvor: /103/) 166
Tablica 33: Srednje mjesečne temperature Save u Radeču i NEK-u (izvor: /147/) 172
Tablica 34: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2018. (izvor: /48/) 173
Tablica 35: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2019. (izvor: /48/) 173
Tablica 36: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2020. (izvor: /48/) 174
Tablica 37: Objekti i područja nepokretne kulturne baštine u blizini lokacije zahvata (izvor: /64/)....177
Tablica 38: Po veličini najveći dosad zabilježeni protoci Save u Radeču, koji je do 1994. godine bio referentna vodomjerna postaja za NEK (izvor: /3/)....180

Tablica 39: Šest najvećih zabilježenih tokova rijeke Save u profilu HE Krško (izvor: /246/) 180
Tablica 40: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) po regionalnoj cesti u razdoblju 2016. – 2018. (izvor: /123/) 180
Tablica 41: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) po regionalnim cestama u okolici lokacije zahvata prema vrsti vozila u 2018. godini (izvor: /123/) 181
Tablica 42: Granične vrijednosti pokazatelja buke u tablicama 1 i 2 Uredbe o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu – područje 184
Tablica 43: Granične vrijednosti pokazatelja buke – uređaj ili postrojenje iz tablice 4 Uredbe o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu 184
Tablica 44: Granične vrijednosti vršne vrijednosti buke L_1 – uređaj ili postrojenje 184
Tablica 45: Granične vrijednosti veličina EMS za niskofrekventna zračenja na frekvenciji od 50 Hz 185
Tablica 46: Neki pokazatelji zdravlja stanovništva u općini Krško – 2020. (izvor: /134/) 186
Tablica 47: Status zaštite šišmiša u prirodi na širem području (izvor: /136/). 189
Tablica 48: Popis sisavaca (osim šišmiša) šireg područja i njihov status zaštićenosti (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/). 190
Tablica 49: Popis ptica zabilježenih na rijeci Savi i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/). 191
Tablica 50: Popis vodozemaca šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/). 192
Tablica 51: Popis gmazova šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/). 193
Tablica 52: Popis riba u ribarskom području Sava 19 i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: RibKat, 2019. /137/). 193
Tablica 53: Vrste mekušaca važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/) 195
Tablica 54: Vrste leptira važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/). 195
Tablica 55: Vrste vretenaca važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/) 196
Tablica 56: Vrste kornjaša važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/ ;Bioportal, 2020. /138/). 197
Tablica 57: Kemijsko stanje VTPodV 1003 Krška kotlina u razdoblju 2009. – 2020. (izvor: ARSO /89/) 202
Tablica 58: Adekvatnost najbližih mjernih mjesta od 2006. do 2020. godine u Krškom polju (izvor: ARSO /89/) 202
Tablica 59: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela podzemne vode za razdoblje 2014. – 2019. /283/ 202
Tablica 60: Trend sadržaja nitrata u vodnim tijelima lošeg kemijskog stanja i onečišćenijim vodnim tijelima podzemnih voda za razdoblje 1998. – 2019. /283/ 203
Tablica 61: Ukupna ocjena količinskog stanja vodnih tijela podzemnih voda /283/ 203
Tablica 62: Emisijski udio oslobođene topline u NEK-u za 2020. godinu (izvor: NLZOH /237/) 208
Tablica 63: ΔT rijeke Save (°C) u 2020. godini (izvor: NLZOH /237/) 209
Tablica 64: Rezultati praćenja otpadnih voda na mjernom mjestu MM6 (V-9) u 2020. godini (izvor:/237/) 209
Tablica 65: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM5 (V7-11) u 2020. godini (izvor: /237/) 210
Tablica 66: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM4 (V7-10) u 2020. godini (izvor: /237/) 210
Tablica 67: Rezultati praćenja emisija otpadnih voda na mjernom mjestu (V1-1) MM1 u 2020. godini (izvor: /237/) 212
Tablica 68: Emisijski udio oslobođene topline – mali rashl. sustav SW za 2020. (izvor: NLZOH /237/) 214
Tablica 69: Porast temperature malog rashladnog sustava SW – MM1 za 2020. godinu (izvor: NLZOH /237/) 214

Tablica 70: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM3 (V7-7) u 2020. godini (izvor: /237/) 215
Tablica 71: Emisijski udio oslobođene topline – veliki rashladni sustav CW za 2020. (izvor: NLZOH /237/) 216
Tablica 72: Godišnji ispusti otpadnih voda u razdoblju od 2015. do 2020. 216
Tablica 73: Godišnje količine otpadnih voda u rijeku Savu sa šireg područja NEK-a u 2019. (izvor: /60/) 218
Tablica 74: Stupanj onečišćenja zraka u potpodručjima SIC i SITK prema graničnim vrijednostima 219
Tablica 75: Stupanj onečišćenja zraka u potpodručjima SIC i SITK prema ciljanim vrijednostima 219
Tablica 76: Razine onečišćujućih tvari u vanjskom zraku u području SIC-a s obzirom na donji i gornji prag procjene 219
Tablica 77: Godišnje količine tvari ispuštenih u zrak iz ispusta uređaja i procjena raspršenih emisija u 2019. godini – obveznici monitoringa emisija u neposrednoj okolici (izvor: ARSO /55/) 220
Tablica 78: Ukupno ispuštanje tvari iz industrijskih izvora na području općine Krško, kg/god., prijavljeno ARSO-u za 2019. godinu 221
Tablica 79: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) na regionalnim cestama u razdoblju 2015. – 2018. (izvor:/123/) 221
Tablica 80: Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na regionalnim cestama u blizini mjesta intervencije prema vrsti vozila u 2018. (izvor:/123/) 222
Tablica 81: Emisija tvari SO_2, NOx, NMVOC, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz cestovnog prometa, osobna vozila u 2018. godini, kg/godini 222
Tablica 82: Emisija onečišćujućih tvari SO_2, NO_x, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz sektora Proizvodnja električne i toplinske energije u 2019. godini, kt/godini 222
Tablica 83: Nacionalna emisija tvari SO_2, NOx, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC, kt/godini i udio svih promatranih izvora u ukupnoj nacionalnoj emisiji u 2019. godini 223
Tablica 84: Emisija tvari SO_2, NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz NEK-a, kg/god. 223
Tablica 85: Podaci o radioaktivnosti u ispuštanjima u zrak za 2020. godinu 224
Tablica 86: Prosječne godišnje vrijednosti tekućih emisija radioaktivnosti u razdoblju 2010. – 2020. za H-3 i 2013. – 2019. za C-14. 231
Tablica 87: Srednja vrijednost koncentracija H-3 u crpilištima i vodovodima u okolici NEK-a za razdoblje 2017. – 2020. 232
Tablica 88: Izloženost zračenju stanovništva (odraslih osoba) u naselju Spodnji Stari Grad zbog atmosferskih ispuštanja iz NEK-a u 2020. godini (izvor: /87/) 248
Tablica 89: Izloženost zračenju stanovništva (odrasla osoba) uz ogradu NEK-a zbog atmosferskih ispuštanja iz NEK-a u 2020. godini (izvor: /87/) 248
Tablica 90: Efektivne doze E zbog prirodnih izvora zračenja u okolici NEK-a u 2020. (izvor:/87/) 249
Tablica 91: Sažetak godišnje izloženosti stanovništva u okolici NEK-a za razdoblje 2016. – 2020. (izvor:/87/) 250
Tablica 92: Vrste bačvi i TTC-a za skladištenje pogonskog NSRAO-a u NEK-u /231/ 259
Tablica 93: Vrste NSRAO-a iz pogona te njihovo pakiranje i prerada /231/ 260
Tablica 94: Osnovni podaci o istrošenom gorivu /3/ 262
Tablica 95: Kampanje premještanja IG-a iz bazena u suho skladište /226/ 264
Tablica 96: Terminski plan gradnje odlagališta IG-a (izvor: /226/) 265
Tablica 97: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: ZVD /52/) 267
Tablica 98: Pokazatelji buke L_{dan}, $L_{večer}$, $L_{noć}$ i L_{dvn}. Granične vrijednosti navedene su u zagradama. Granične vrijednosti odnose se na III. stupanj zaštite od buke (izvor: ZVD /52/) 268
Tablica 99: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2015. godini (izvor: ZVD /51/) 268
Tablica 100: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti električnog polja (E) (izvor: EIMV. /53/) 270
Tablica 101: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti magnetskog polja (B) (izvor: EIMV /53/) 270
Tablica 102: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti električnog polja (E) (izvor: EIMV /194/) 271
Tablica 103: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti magnetskog polja (B) (izvor: EIMV /194/) 271

Tablica 104: Izostale emisije SO_2 i NO_x zbog pogona NEK-a (izvor: /153/, /190/, /241/) 282
Tablica 105: Nacionalne emisije (izvor: /190/) 283
Tablica 106: Nacionalni ciljevi smanjenja emisija (izvor: /168/) 283
Tablica 107: Emisije stakleničkih plinova u 1990. i 2019. godini (kt CO_2/godišnje) (izvor: /152/) 288
Tablica 108: Emisije TGP-a početnih varijanti (BL) 289
Tablica 109: Relativna emisija pogona (Opseg 1) 289
Tablica 110: Apsolutne i relativne emisije pogona (Opseg 3) 289
Tablica 111: Klimatske varijable koje **ne utječu** na pogon 293
Tablica 112: Procjena osjetljivosti zahvata na klimatske varijable i s njima povezane utjecaje na proizvodnju i utjecaj na okoliš 294
Tablica 113: Trenutačna i buduća izloženost područja primarnim i sekundarnim klimatskim varijablama 296
Tablica 114: Matrica kategorizacije ranjivosti proizvodnje električne energije 298
Tablica 115: Analiza ranjivosti zahvata 298
Tablica 116: Ljestvica za procjenu ozbiljnosti posljedica zbog opasnosti s obzirom na rizik od oštećenja postrojenja 299
Tablica 117: Ljestvica za procjenu vjerojatnosti štetnog događaja 299
Tablica 118: Matrica rizika 299
Tablica 119: Definiranje razine rizika 299
Tablica 120: Procjena stupnja rizika od povećanja utjecaja na okoliš NEK-a 300
Tablica 121: Projekcija rada rashladnih tornjeva do 2043., promjena protoka Save -5 % za srednje protoke, -5 % za minimalne protoke i +5 % za velike protoke, (dani rada) 303
Tablica 122: Procjena porasta vrijednosti EDOT i ΔT zbog klimatskih promjena do 2043. (scenarij: srednji protoci -5 %, mali protoci -5 %, veliki protoci +5 %, temperatura Save 0,25 – 0,6 °C, temperatura zraka 1 – 1,5 °C) 304
Tablica 123: Statistika djelovanja elektrane blizu graničnih uvjeta 305
Tablica 124: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2015. godini (izvor: ZVD /51/) 314
Tablica 125: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: ZVD /52/ 314
Tablica 126: Prosječne godišnje vrijednosti emisija radioaktivnosti u zrak u razdoblju 2010. – 2020. 319
Tablica 127: Rezultati izračuna brzine doza i doza na ogradi NEK-a 320
Tablica 128: Rezultati izračuna doza na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva 320
Tablica 129: Sažetak evaluiranih utjecaja pogona i ukupnih utjecaja na čimbenike okoliša 342
Tablica 130: Rezultati izračuna brzine doza i doza na ogradi NEK-a 349
Tablica 131: Rezultati izračuna doza na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva 349
Tablica 132: Predviđena ispuštanja iz jezgre u zaštitnoj zgradi (izvor: /197/) 352
Tablica 133: Glavna ventilacija – prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/) 365
Tablica 134: Prizemni ispust – prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/) 366
Tablica 135: PCFVS ispust prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/) 366
Tablica 136: 30-dnevna doza štitnjače i efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a (za projektnu nesreću (izvor: /196/) 368
Tablica 137: 30-dnevna doza štitnjače i efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 370
Tablica 138: Aktivnosti većih otpuštenih izotopa za projektnu nesreću LOCA (izvor: /196/) 371
Tablica 139: Percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od

NEK-a za efektivnu 30-dnevnu dozu i 30-dnevnu dozu štitnjače, za projektnu nesreću za 2020. godinu, izračunate s modelom disperzije DIPCOT (izvor: /196/) 372
Tablica 140: Aktivnosti važnih ispuštenih izotopa za proširenu projektnu nesreću SBO PCFV ispust (izvor: /196/).....382
Tablica 141: Percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima, a zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) po udaljenostima od NEK-a za efektivnu 30-dnevnu dozu i 30-dnevnu dozu štitnjače, za proširenu projektnu nesreću za 2020., izračunate s pomoću modela disperzije DIPCOT (izvor: /196/).....384
Tablica 142: Prikaz primljenih dokumenata u postupku prekogranične procjene 397
Tablica 143: Po veličini najveći dosad zabilježeni protoci Save u Radeču koji je do 1994. godine bio referentna vodomjerna postaja za NEK (izvor: /3/).....403
Tablica 144: Šest najvećih zabilježenih tokova rijeke Save u profilu HE Krško (izvor: /246/) 403
Tablica 145: Program mjerenja tekućih emisija (izvor: /7/).....427
Tablica 146: Program mjerenja plinovitih emisija (izvor: /7/).....428
Tablica 147: Program monitoringa radioaktivnosti u okolici NEK-a – imisije 430

Popis slika:

Slika 1: Namjena zemljišta prema OPN-u – mjerilo 1:10.000 (izvor: /63/) 49
Slika 2: Prikaz predmetnog područja u mjerilu 1:4000 (izvor:/1/) 54
Slika 3: IED naprave u široj okolici zahvata, mjerilo 1:15.000 (izvor: Atlas okoliša /60/).....56
Slika 4: Shema NEK-a (izvor:/1/).....58
Slika 5: Povijest vjerojatnosti učestalosti oštećenja jezgre zbog unutrašnjih početnih događaja, vanjskih početnih događaja iz elektrane i vanjskih početnih događaja iz okoline (izvor:/1/).....67
Slika 6: Shematski prikaz pasivnog filtarskog sustava za rasterećenje zaštitne zgrade (izvor:/1/).....69
Slika 7: Zaštita NEK-a od poplava.....74
Slika 8: Shematski prikaz spremnika za istrošeno gorivo (izvor: /226/).....78
Slika 9: Tlocrt zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva (izvor: /226/) 79
Slika 10: Prikaz razine sigurnosti mjerene vjerojatnošću oštećenja jezgre po godini rada (CDF/ry) (izvor:/1/) 84
Slika 11: Lokacije ispusta i mjernih točaka otpadne vode NEK-a (izvor:/60/) 97
Slika 12: Shematski prikaz PSA razina 1.....105
Slika 13: Shematski prikaz PSA razina 2.....106
Slika 14: Raspodjela stanovništva – područje 10 km oko NEK-a (izvor:/17/) 114
Slika 15: Raspodjela stanovništva – područje od 10 km do 25 km oko NEK-a (izvor:/17/).....115
Slika 16: Neto proizvodnja električne energije od 1984. do 2020. (izvor:/1/).....118
Slika 17: Prosječna emisija ekvivalenta ugljičnog dioksida u životnom ciklusu za različite proizvođače električne energije (izvor: IPCC, /1/, /176/) 139
Slika 18: Uporaba zemljišta prema proizvodnom izvoru električne energije (izvor: /236/).....140
Slika 19: Procijenjena prosječna godišnja proizvodnja električne energije prema instaliranoj snazi (izvor: /236/).....141
Slika 20: Položaj klimatološke postaje Bizeljsko i klimatski dijagram za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /106/).....145
Slika 21: Ruža vjetrova (lijevo) i prosječne brzine vjetra po smjerovima (desno) za meteorološki toranj NEK-a (visina 10 metara iznad tla) za razdoblje 2001. – 2019. (izvor: /107/, Obrada: EKONERG).....147
Slika 22: Odstupanje prosječne godišnje temperature zraka od prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /68/).....148
Slika 23: Prosječne godišnje temperature zraka i godišnje količine oborina za Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2011. (izvor: /106/) 149
Slika 24: Trend oborina i temperature na klimatološkoj postaji Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2011.....149
Slika 25: Trend promjene temperature i oborina (izvor: /72/) 150

Slika 26: Prikaz tijeka promjena prosječne godišnje temperature zraka i promjene količine oborina tijekom 21. stoljeća u usporedbi s referentnim razdobljem 1981. – 2010. za scenarije RCP2.6, RCP4.5 i RCP8.5, uključujući raspon mogućih odstupanja (izvor: /74/) 151
Slika 27: Isječak iz osnovne geološke karte 1:100.000, s naznačenim mjestom zahvata (izvor: /79/) 155
Slika 28: Granice vodonosnika od Krškog do kraja Samoborskog vodonosnika s dijeljenjem hidrauličke provodljivosti vodonosnika (izvor: /160/) 158
Slika 29: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za niske vode (izvor: /189/) 159
Slika 30: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za srednje vode (izvor: /189/) 159
Slika 31: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za visoke vode (izvor: /189/) 160
Slika 32: Lokacije bunara: bunar na desnoj obali Save, bunar unutar prostora injekcijske zavjese (bunar 1/19), bunar SPWW006 BB2 (izvor: /163/, /276/) 161
Slika 33: Područje VP Sava Krško – Vrbina (izvor: /61/) 163
Slika 34: Rezultati praćenja KPK-a u rijeci Savi na tri lokacije (razdoblje 2010. – 2019.) (izvor: /103/) 167
Slika 35: Rezultati praćenja BPK5-a u rijeci Savi na tri lokacije (razdoblje 2010. – 2019.) (izvor: /103/) 167
Slika 36: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: Q Save > 100 m^3/s (izvor: /237/) 169
Slika 37: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: 100 m^3/s > Q Save > 60 m^3/s (izvor: /237/) 170
Slika 38: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: Q Save < 60 m^3/s (izvor: /237/) 171
Slika 39: Kulturna baština u široj okolici lokacije zahvata (izvor: /64/) 177
Slika 40: Razmjer poplava na području NEK-a i vektori lokalne brzine vode pri QPMF = 7081 m^3/s (nestabilan protok) za status s HE Brežice (izvor: /151/) 179
Slika 41: PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina (izvor: /60/) 182
Slika 42: Pregled mjesta uzorkovanja za ispitivanje onečišćenja tla na širem području (izvor: /85/) 201
Slika 43: Pregled lokacija piezometara (izvor: /86/) 203
Slika 44: Shema rada i mjerenja NEK-a za nadzor toplinskog onečišćenja Save (izvor: /48/) 206
Slika 45: Protoci 6 dana prije i tijekom uzorkovanja neotopljenih tvari i krutih čestica na mjestima mjerenja: 1) sigurnosne opskrbne vode (V1-1) MM1, 2) rashladne vode (V7-7) MM3 i vode rashladnih tornjeva CW (V7-10) MM4, dani prekoračenja zbog nečistoća u Savi 212
Slika 46: Ispusti u rijeku Savu na širem području NEK-a (izvor: /60/ 217
Slika 47: Mjesečne aktivnosti plemenitih plinova u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/) 225
Slika 48: Mjesečne aktivnosti čestica (aerosola) u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/) 225
Slika 49: Mjesečne aktivnosti C-14 i H-3 u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/) 226
Slika 50: Godišnja usporedba aktivnosti plemenitih plinova u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/) 227
Slika 51: Godišnja usporedba aktivnosti I-131 u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/) 227
Slika 52: Godišnja usporedba aktivnosti čestica (aerosola) u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/) 228
Slika 53: Godišnja usporedba aktivnosti C-14 i H-3 u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/) 228
Slika 54: Ukupna aktivnost H-3 tekućih emisija (izvor: /88/) 230
Slika 55: Aktivnost C-14 tekućih emisija (izvor: /88/) 230
Slika 56: Ukupna aktivnost tekućih emisija bez H-3 (izvor: /88/) 231
Slika 57: Pregled prosječnih mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u rijeci Savi na postajama s kontinuiranim uzorkovanjem uzvodno i nizvodno od brane NEK-a u 2020. godini. (izvor: /87/) 236

Slika 58: Pregled prosječnih mjesečnih koncentracija H-3 u rijeci Savi na lokacijama uzvodno i nizvodno od brane NEK-a gdje se uzorkuju pojedinačni (mjesečni ili kvartalni) uzorci za 2020. godinu (izvor: /87/) 237
Slika 59: Usporedba godišnjih prosječnih prirasta koncentracije H-3 u rijeci Savi kod brane HE Brežice i iza brane HE Brežice i izračunate koncentracije H-3 prema postojećem modelu širenja radionuklida u rijeci Savi (jednodimenzionalni model) dobivena iz godišnjih tekućih ispuštanja i toka rijeke Save uz pretpostavku potpunog miješanja (izvor: /87/) 237
Slika 60: Prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti H-3 u oborinama u okolici NEK-a i Ljubljane (izvor: /87/) 240
Slika 61: Prosječni godišnji ekvivalent doze H*(10) u okolici NEK-a, na ogradi NEK-a te u Sloveniji od početka mjerenja do 2020. (izvor: /87/) 243
Slika 62: Sedimenti Cs-137 po Sloveniji (izvor: /87/) 244
Slika 63: Sedimenti Sr-90 po Sloveniji (izvor: /87/) 244
Slika 64: Izračunati doprinos dozi prema pojedinim elementima u plinovitim emisijama na udaljenosti od 500 m od reaktora (izvor: /88/) 247
Slika 65: Procijenjene godišnje efektivne doze pojedinačnih referentnih skupina zbog ispusta iz NEK-a (izvor:/87/) 251
Slika 66: Prikaz količine NSRAO-a u skladištu tog otpada u NEK-u (stanje na kraju 2020.) /227/ 254
Slika 67: Shema sustava za upravljanje plinovitim RAO-om /4/ 256
Slika 68: Shema sustava upravljanja tekućim RAO-om /228/ 258
Slika 69: Umetanje istrošenog gorivnog elementa u rešetku u bazenu za istrošeno gorivo /233/ 263
Slika 70: Broj elemenata IG-a u bazenu i broj uskladištenih elemenata IG-a tijekom remonta /227/ 264
Slika 71: Skladišni omotači s IG-om u zgradi suhog skladišta (izvor: /226/) 265
Slika 72: Lokacije mjernih mjesta u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: /52/) 267
Slika 73: Trodimenzionalni prikaz elektromagnetskog modela RTP 400/110 kV Krško i rekonstruiranog dijela rasklopnog postrojenja od 400 kV u NEK-u (izvor: EIMV. /53/) 269
Slika 74: Plato NEK-a tijekom gradnje (izvor: /193/) 274
Slika 75: Građevinska jama na platou NEK-a tijekom gradnje (izvor: /193/) 275
Slika 76: Lokacije mjernih stanica za praćenje kvalitete površinskih voda (izvor: /60/) 278
Slika 77: Globalna proizvodnja električne energije, 2016. i 2050. prosjek scenarija IPCC-a od 1,5 C° (izvor: /68/) 284
Slika 78: Udjeli pojedinih tehnologija u proizvodnji električne energije u skladu sa strategijom dugoročne vizije EU-a o klimatski neutralnom gospodarstvu do 2050. godine (izvor: /172/) 285
Slika 79: Proizvodnja električne energije prema scenarijima NEPN-a /20/ 286
Slika 80: Projekcija ukupnih emisija TGP-a za scenarij NEPN-a i scenarij s postojećim mjerama /20/ 287
Slika 81: Poplava u okolici NEK-a 1990. godine. Putanja poplavnog vala usmjerena je prema desnoj obali koja ima nižu razinu. (izvor:/193/) 296
Slika 82: Promjena ključnih parametara u razdoblju od 2010. do 2020. godine u odnosu na 2010. godinu (godišnji prosjeci) osim ΔT (°C) (izvor: mjerenja NEK-a) 301
Slika 83: Broj dana rada rashladnih tornjeva godišnje; statistika razdoblja 2010. – 2020. 302
Slika 84: Pregled količine otpadne vode po pojedinim ispuštanjima (lijeva y os je mjerilo za stupce, desna y os je mjerilo za krivulje) 306
Slika 85: Pozicija rashladnih tornjeva u kompleksu elektrane (izvor: /60/) 307
Slika 86: Udio odvedene topline godišnje prema načinu ispuštanja i spremnik topline 308
Slika 87: Vidljiva perjanica s rashladnih tornjeva NEK-a (izvor: /116/) 309
Slika 88: Glavni izvori buke na području NEK-a. Plavom je označeno područje NEK-a, žutom područja pojačanog transporta, narančastom zgrada turbine u kojoj se nalaze

transformatori i turboagregati, crvenom dizelski generatori, zelenom rashladni tornjevi (izvor: /52/) 313
Slika 89: Pogled na NEK iz Libne (izvor: /193/) 322
Slika 90: Primjeri logotipa za nuklearnu elektranu /113/, /114/, /115/ 322
Slika 91: Pogled na NEK s jugoistoka (izvor: /193/) 323
Slika 92: Pogled na NEK s rashladnim tornjevima u pogonu (izvor:/116/) 323
Slika 93: Pogled na NEK s ceste Krško (izvor: /112/) 324
Slika 94: Pogled na NEK s autoceste Krško – Brežice (izvor: /112/) 325
Slika 95: Pogled na NEK i priključne dalekovode sa sjevera (izvor: /112/) 325
Slika 96: Izvorni izgled elektrane prije obnove (izvor: /117/) 326
Slika 97: Pogled na NEK s juga, s poljoprivrednih površina na desnoj obali Save (izvor: /112/) 327
Slika 98: Pogled iz Libne na područje NEK-a i odlagalište NSRAO-a, fotomontaža (izvor: /193/) 327
Slika 99: Potrošnja energije u Hrvatskoj i omjer uvoza iz NEK-a /248/ 351
Slika 100: Model RADTRAD za projektnu nesreću gubitka hladila NEK-a (izvor: /196/) 355
Slika 101: Model RADTRAD za NEK DEC-B nesreću (izvor: /196/) 356
Slika 102: Veća i manja domena odabrane konfiguracije modela WRF (izvor: /196/) 358
Slika 103: Usporedba mjesečnih prosjeka X/Q za ispust iz glavne ventilacije („Plant vent.") (izvor: /196/) 362
Slika 104: Usporedba mjesečnih prosjeka X/Q za prizemni ispust („Prizemni isp.") (izvor: /196/) 363
Slika 105: Usporedba mjesečnih prosječnih X/Q za PCFVS ispust („PCFVS ispust") (vir: /196/) 364
Slika 106: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/) 367
Slika 107: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 368
Slika 108: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 369
Slika 109: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 370
Slika 110: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/) 373
Slika 111: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/) 373
Slika 112: 95-percentilne vrijednosti efektivne 30-dnevne doze za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/) 375
Slika 113: Efektivne 30-dnevne doze za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 19. prosinca 2020. u 08:00 (izvor: /196/) 375
Slika 114: 95-percentilne vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/) 376
Slika 115: Vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 25. kolovoza 2020. u 18:00 (izvor: /196/) 376
Slika 116: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Cs-134 (Bq-s/m^3) za projektnu nesreću (izvor: /196/) 377
Slika 117: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za I-131 (Bq-s/m^3) za projektnu nesreću (izvor: /196/) 377

Slika 118: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Xe-133 (Bq-s/m^3) za projektnu nesreću (izvor: /196/) 378
Slika 119: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 (Bq-s/m^3), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 379
Slika 120: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 25. kolovoza 2020. u 18:00 (izvor: /196/) 379
Slika 121: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 (Bq-s/m^3), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 380
Slika 122: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 16. studenog 2020. u 18:00 (izvor: /196/) 380
Slika 123: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 (Bq-s/m^3), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 381
Slika 124: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 19. prosinca 2020. u 08:00 (izvor: /196/) 381
Slika 125: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 384
Slika 126: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 385
Slika 127: 95-percentilne vrijednosti efektivne 30-dnevne doze za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/) 386
Slika 128: Efektivne 30-dnevne doze za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 12. siječnja 2020. u 23:00 (izvor: /196/) 387
Slika 129: 95-percentilne vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/) 387
Slika 130: Vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 30. svibnja 2020. 09:00 (izvor: /196/) 388
Slika 131: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Cs-134 (Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 388
Slika 132: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za I-131 (Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 389
Slika 133: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Xe-133 (Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/) 390
Slika 134: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 (Bq-s/m^3), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 391
Slika 135: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 12. siječnja 2020. 23:00 (izvor: /196/) 391
Slika 136: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 (Bq-s/m^3), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 392
Slika 137: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 18. ožujka 2020. 16:00 (izvor: /196/) 392
Slika 138: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 (Bq-s/m^3), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/) 393
Slika 139: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 30. svibnja 2020. 09:00 (izvor: /196/) 393
Slika 140: PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina (izvor: /60/) 400
Slika 141: Opseg poplava na području NEK-a i vektori lokalne brzine vode pri QPMF = 7081 m^3/s (nestabilan protok) za status s HE Brežice (izvor: /151/) 402
Slika 142: Zaštita NEK-a od poplava 404
Slika 143: Prikaz količine NSRAO-a u skladištu tog otpada u NEK-u (stanje na kraju 2020.) /227/ 406

Slika 144: Grafički prikaz prostornih karakteristika zahvata i njegova položaja u okolišu (izvor: /1/, /60/) 445
Slika 145: Prostorne karakteristike zahvata (izvor: /1/, /60/)....473
Slika 146: Površinske vode u široj okolici zahvata u mjerilu 1:10.000 (izvor: /1/, /60/) 474
Slika 147: Vodozaštitna područja i uzimanje pitke vode (općinska razina) u široj okolici zahvata u mjerilu 1:10.000 (izvor: /1/, /60/) 475
Slika 148: Zaštićena područja od lokalnog interesa u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)....476
Slika 149: Natura 2000 područja u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)....477
Slika 150: Prirodne vrijednosti u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/) 478
Slika 151: Ekološki važna područja u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)....479
Slika 152: Kulturna baština u široj okolici lokacije zahvata (izvor: /1/, /64/)....480
Slika 153: Karta opasnosti od poplave (izvor: /1/, /60/)....481

Izrazi:

Kratica	Pojam na slovenskom (hrvatskom)	Term in English
AAF	alternativni sistem za polnjenje uparjalnikov (alternativni sustav za punjenje parogeneratora)	Alternative Auxiliary Feedwater
ADR	Evropski sporazum o mednarodnem prevozu nevarnih snovi po cesti (Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnog tereta)	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AMP	Program staranja opreme (Program upravljanja starenjem opreme)	Aging management program
AB	zgradbe in zunanje površine (zgrade i vanjske površine)	Buildings and Grounds
AOX	adsorbljivi organski halogeni (adsorbirajući organski halogeni)	Adsorbable organic halides
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje (Agencija Republike Slovenije za okoliš)	Environmental Agency of the Republic of Slovenia
ASI	alternativno varnostno vbrizgavanje (alternativno sigurnosno ubrizgavanje)	Alternative Safety Injection
BAT-LCP	najboljša razpoložljiva tehnologija – velike kurilne naprave (najbolja raspoloživa tehnologija – velika postrojenja za izgaranje)	Best available technology – large combustion plants
BB1, BB2	utrjena zgradba 1 in 2 (utvrđeni bunker 1 i 2)	Bunkered building 1 or 2
BDE	bromirani difenil etri (bromirani difenil eteri)	Brominated diphenyl ethers
BHRNEK	Zakon o ratifikaciji Pogodbe med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške o ureditvi statusnih in drugih pravnih razmerij, povezanih z vlaganjem v Nuklearno elektrarno Krško, njenim izkoriščanjem in razgradnjo in Skupne izjave ob podpisu Pogodbe med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške o ureditvi statusnih in drugih pravnih razmerij, povezanih z vlaganjem v Nuklearno elektrarno Krško, njenim izkoriščanjem in razgradnjo (UL RS - Mednarodne pogodbe, št. 5/03) (Zakon o potvrđivanju Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju i zajedničke izjave povodom potpisivanja Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju (Službeni list Republike Slovenije – **Međunarodni ugovori**, br. 5/03))	Act Ratifying the Treaty between the Government of the Republic of Slovenia and the government of the Republic of Croatia on the regulation of the status and other legal relations regarding investment, exploitation and decommissioning of the Krško NPP and Joint Declaration at the time of signature of the Treaty between the Government of the Republic of Slovenia and the government of the Republic of Croatia on the regulation of the status and other legal relations regarding investment, exploitation and decommissioning of the Krško NPP
BPK	biološka potreba po kisiku (biološka potreba za kisikom)	Biochemical Oxygen Demand
BS OHSAS 18001:2007	sistem vodenja varnosti in zdravja pri delu po standardu (sustav upravljanja zaštitom na radu po standardu)	Occupational health and safety management system according to the Standard
BSS	Direktiva o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (Direktiva o utvrđivanju osnovnih	European Basic Safety Standards Directive

Kratica	Pojam na slovenskom (hrvatskom)	Term in English
	sigurnosnih standarda za zaštitu od ionizirajućeg zračenja)	
CC	sistem za hlajenje komponent (sustav za hlađenje komponenata)	Component cooling system
CCB	zgradba za hlajenje komponent (zgrada za hlađenje komponenata)	Component cooling building
CCTV	nadzorni sistem s televizijo zaprtega kroga (sustav za videonadzor)	Closed-circuit television
CDF	pogostost poškodbe sredice (učestalost oštećenja jezgre)	Core Damage Frequency
CDP	dokument projektne zasnove, izdelan v skladu s postopkom NEK ESP-2.601. (projektna dokumentacija izrađena u skladu s procedurom NEK-a ESP-2.601.)	Conceptual Design Package, doc. in accordance to NEK procedure ESP-2.601
CIS	skupna strategija izvajanja (zajednička strategija implementacije)	Common Implementation Strategy
CT	sistem hladilnih stolpov (sustav rashladnih tornjeva)	Cooling Tower System
CTF	prekladalni prostor – Poglobljen prostor v zgradbi DSB, ki je del sprejemnega prostora, kjer se izvaja premeščanje polnega MPC iz enega plašča v drugega (prostor za prijenos – sniženi prostor u zgradi DSB-a, koji je dio prihvatnog prostora gdje se premješta puni MPC iz jednog omotača u drugi)	Canister Transfer Facility (pit – CTF); lowered part of acceptance area in DSB where MPCs are transfer from HI-TRAC to HI-STORM (or the other way around)
CT3	hladilni stolp, hladilne celice (rashladni toranj, rashladne ćelije)	Cooling Towers
CW	hladilna voda (rashladna voda)	Cooling water
DB	projektna nezgoda (projektna nesreća)	Decontamination BuildingDesign Basis Accident
DBF	projektna poplava (projektna poplava)	Design Basis Flood
DD	sistem deionizirane vode (sustav deionizirane vode)	Deionized water system
DEC	razširjene projektne osnove (proširene projektne osnove)	Design Extension Conditions
DEC TS	tehnične specifikacije za razširjene projektne osnove (tehničke specifikacije za proširene projekte osnove)	Design Extension Conditions Technical Specification
DEH	digitalni elektro-hidravlični (nadzorni sistem parne turbine) (digitalni elektrohidraulični (sustav nadzora parne turbine))	Digital Electro Hydraulic (control system of steam turbine)
DG1, DG2	sistem dizelskega generatorja 1, 2 (sustav dizelskog generatora 1, 2)	Diesel Generator 1, Diesel Generator 2
DG3	sistem dizelskega generatorja 3 (sustav dizelskog generatora 3)	Diesel Generator 3
DMMT	ionska izmenjava (ionska izmjena)	Waste monitor tank demineralizer
DMP	dokument za izvedbo projekta, izdelan v skladu s postopkom NEK ESP-2.602. (dokumentacija za izvođenje projekta izrađena u skladu s procedurom NEK-a ESP-2.602.)	Design Modification Package, doc. in accordance to NEK procedure ESP-2.602
DMWC	ionski izmenjevalnik kondenzata (ionski izmjenjivač kondenzata)	Waste evaporator condensate demineralizer

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
DP	Program razgradnje NEK (Program razgradnje NEK-a)	NPP Krško Decommissioning Program
DR	sistem drenaž (sustav drenaže)	Floor and equipment drain system
DSB	zgradba za suho skladiščenje izrabljenega goriva (zgrada za suho skladištenje istrošenog goriva)	Dry Storage Building
EDI	elektrodeionizacija (elektrodeionizacija)	Electrodeionization
EE	sistem za izmenično napajanje (sustav za izmjenično napajanje)	Electrical system miscellaneous AC distribution
EKS	energetski koncept Slovenije (energetski koncept Slovenije)	Energy concept of Slovenia
EMEP	Program sodelovanja za monitoring in vrednotenje prenosa emisij snovi, ki onesnažujejo zrak na velike razdalje v Evropi (Program suradnje za monitoring i evaluaciju prijenosa emisija tvari koje onečišćuju zrak na velikim udaljenostima u Europi)	Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe
ENSREG	Skupina evropskih regulatorjev za jedrsko varnost (Skupina europskih regulatora za nuklearnu sigurnost)	The European Nuclear Safety Regulators Group
ENTSO-E	Evropsko združenje sistemskih operaterjev prenosnega omrežja (Europska mreža operatora prijenosnog sustava za električnu energiju)	European Network of Transmission System Operators for Electricity
EOP	navodila za ravnanje ob izrednem dogodku (upute za postupanje u hitnim slučajevima)	Emergency Operation Plan
EPO	ekološko pomembno območje (ekološki važno područje)	Ecologically important area
ESW	sistem varnostne oskrbne vode (sustav bitne opskrbne vode)	Essential Service Water System
ETS	sistem trgovanja s pravicami do emisij toplogrednih plinov v Evropski uniji (sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova u Europskoj uniji)	Emissions Trading System
EU	Evropska unija (Europska unija)	European Union
EVWD	izparilnik sistema (ravnanja s tekočimi RAO) (sustav isparivača (upravljanje tekućim RAO-om))	Waste evaporator
EVRE	izparilnik sistema za recikliranje bora (isparivač sustava za reciklažu bora)	Boron Recycle System evaporator
FD	sistem talnih drenaž (sustav podnih drenaža)	Floor drain system
FDT	tank za zbiranje talnih drenaž (spremnik za skupljanje podnih drenaža)	Floor drain tank
FHB	zgradba za gorivo (zgrada za gorivo)	Fuel Handling Building
FP	sistem varstva pred požarom (sustav zaštite od požara)	Fire protection system
FV	fizično varovanje; Pravilnik o fizičnem varovanju jedrskih objektov, jedrskih in radioaktivnih snovi ter prevozov jedrskih snovi UL Republike Slovenije, št. 17/13, 76/17-ZVISJV-1 (fizička zaštita; Pravilnik o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala, Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13, 76/17-ZVISJV-1)	Security; Rules on security of nuclear facilities and materials

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
GWP	potencial globalnega segrevanja (potencijal globalnog zagrijavanja)	Global warming potential
HAEA	Madžarska agencija za atomsko energijo (Mađarska agencija za atomsku energiju)	Hungarian Agency for Atomic Energy
HE	hidroelektrana (hidroelektrana)	Hydropower plant
HERCA	Združenje direktorjev upravnih organov s področja varstva pred sevanji (Udruženje direktora upravnih tijela područja zaštite od zračenja)	Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities
HCLPF	velika gotovost za malo verjetno napako (visoka sigurnost za malo vjerojatnu pogrešku)	High Confidence Low Probability Failure
HI-STORM FW	skladiščni plašč za večnamenski vsebnik z vloženim izrabljenim gorivom (skladišni omotač za višenamjenski spremnik s istrošenim gorivom)	HI-STORM FW – Storage overpack
HI-TRAC	transferni plašč za večnamen. vsebnik z IG (transportni omotač za višenamjenski spremnik s istrošenim gorivom)	HI-TRAC VW – Transfer overpack
HT	habitatni tip (tip staništa)	Habitat type
HTS	visokotemperaturna tesnila (visokotemperaturne brtve)	High Temperature Seals
IAEA	Mednarodna agencija za jedrsko energijo, glej MAAE, (Međunarodna agencija za nuklearnu energiju, vidi MAAE)	International Atomic Energy Agency
ICPD	območje dolgoročnih zaščitnih ukrepov (ODU), v oddaljenosti 25 km od NEK (područje dugoročnih zaštitnih mjera (ODU), na udaljenosti od 25 km od NEK-a)	Ingestion and commodities planning distance
IDDS	sistem za sušenje v sodu (sustav za sušenje u bačvi)	In-drum drying system
IB	vmesna zgradba (međuzgrada)	Intermediate building
IDZ	idejna zasnova (ZGO) (idejno rješenje (ZGO))	Conceptual design document
IED	Direktiva o industrijskih emisijah (Direktiva o industrijskim emisijama)	Industrial Emissions Directive
IG	izrabljeno gorivo (istrošeno gorivo)	Spent nuclear fuel (SNF)
IIE	notranji začetni dogodki (interno početni događaji)	Internal Initiating Events
IPCC	Medvladni odbor za podnebne spremembe (Međuvladin panel o klimatskim promjenama)	The Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO 14001:2015	standard za sistem ravnanja z okoljem (standard za sustav upravljanja okolišem)	Environmental management system standard
ISO 45001:2018	standard za sisteme vodenja varnosti in zdravja pri delu (standard za sustave upravljanja zaštitom na radu)	Occupational health and safety management systems standard
JV5	Pravilnik o dejavnikih sevalne in jedrske varnosti, UL RS, št. 74/16 in 76/17 – ZVISJV-1) (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti, Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1))	Rules on radiation and nuclear safety factors
KPK	kemijska potreba po kisiku (kemijska potreba za kisikom)	Chemical Oxygen Demand

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
LCA	ocena življenjskega kroga (procjena životnog ciklusa)	Life-cycle assessment
LERF	pogostost velikega zgodnjega izpusta (učestalost velikog ranog ispusta)	Large Early Release Frequency
LHST	tank za zbiranje vode iz pralnice in sobe za osebno dekontaminacijo (spremnik za skupljanje vode iz praonice i sobe za osobnu dekontaminaciju)	Laundry And Hot Shower Tank
LOCA	nesreča z izgubo hladila (nesreća s gubitkom hladila)	Loss of Coolant Accident
LOD	meja detekcije (granica detekcije)	Limit of detection
LOQ	meja določljivosti (granica kvantifikacije)	Limit od quantification
LRTAP	čezmejno onesnaževanje zraka na velike razdalje (prekogranično onečišćenje zraka na velike udaljenosti)	Long-range Transboundary Air Pollution
LTO	dolgoročno obratovanje (dugoročni pogon)	Long term operation
MAAE	Mednarodna agencija za atomsko energijo, glej IAEA (Međunarodna agencija za atomsku energiju, vidi IAEA,)	International Atomic Energy Agency
MCR	glavna komandna soba (glavna komandna soba)	Main control room
MD1, MD2	varnostne zbiralke 1, varnostne zbiralke 2 (sigurnosne sabirnice 1, sigurnosne sabirnice 2)	Busbar 1, Busbar 2
MKČN	mala komunalna čistilna naprava (mali komunalni uređaj za pročišćavanje)	Small urban wastewater treatment plant
MM	merilno mesto (mjesto mjerenja)	Measuring location
m n. v.	metrov nadmorske višine (metara nadmorske visine)	Meters above Adriatic sea level
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor (Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja)	Ministry of the Environment and Spatial Planning
MP	sistem za odvajanje meteorne vode (sustav za odvajanje meteorske vode)	Rainwater discharge system
MPC	večnamenski vsebnik (višenamjenski spremnik)	Multi-purpose canister
NEC	nacionalne zgornje meje emisij onesnaževal (nacionalne gornje granice emisije onečišćenja)	National emission ceilings
NECP	NEPN	National Energy and Climate Plan
NEK	Nuklearna elektrarna Krško (Nuklearna elektrana Krško)	Krško Nuclear Power Plant (Krško NPP)
NEK MD-2	sistem vodenja – procesna organizacija (sustav upravljanja – procesna organizacija)	Management system – process organisation
NEPN	Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (Sveobuhvatni nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije)	National Energy and Climate Plan of Slovenia
NMVOC	nemetanske hlapne organske spojine (nemetanski hlapljivi organski spojevi)	Non-methane volatile organic compounds
NSR	ni pomembno za jedrsko varnost (nije važno za nuklearnu sigurnost)	Non-safety related
NSRAO	nizko- in srednjeradioaktivni odpadki (nisko- i srednjoradioaktivni otpad)	Low and intermediate-level radioactive waste

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
NUV	Nadzor učinkovitosti vzdrževanja (praćenje učinkovitosti održavanja)	Maintenance Effectiveness Monitoring
NUV 3	Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2022-2027 (Plan upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2022. – 2027.)	Danube River Basin Management Plan 2022-2027
NV	naravna vrednota (prirodna vrijednost)	Natural value
NziR	načrt(i) zaščite in reševanja (plan(ovi) zaštite i rješavanja)	Protection and rescue plan(s)
ODV	Okvirna direktiva EU o vodah (Okvirna direktiva EU-a o vodama)	The Water Framework Directive (WFD)
OPN	Občinski prostorski načrt (Općinski prostorni plan)	Municipal Spatial Plan
OSART	Revizijska skupina za operativno varnost pri MAAE (Revizijska grupa za operativnu sigurnost pri MAAE-u)	Operational Safety Review Team
OV	odpadna voda (otpadna voda)	Waste water
OVE	obnovljivi viri energije (obnovljivi izvori energije)	Renewable energy sources
OVS	okoljevarstveno soglasje (ekološka suglasnost)	Environmental Consent
OVD	okoljevarstveno dovoljenje (okolišna dozvola)	Environmental Permit
PC+CCS	termoelektrarna na uplinjen premog z zajemom in skladiščenjem ogljika (Termoelektrana na ugljen s hvatanjem i skladištenjem ugljika)	Pulverized coal power plant with carbon capture and storage
PCFVS	pasivni filtrski sistem (pasivni filtarski sustav)	Passive containment filtering vent system
PDEH	programabilni digitalni elektro-hidravlični (sistem) (digitalni elektrohidraulični (sustav) s mogućnošću programiranja)	Programmable digital electro hydraulic (system)
PE	populacijski ekvivalent (populacijski ekvivalent)	Population equivalent
PGA	maksimalni pospešek tal na površju (maksimalno ubrzanje tla na površini)	Peak ground acceleration
PGDP	povprečni letni dnevni promet (prosječni godišnji dnevni promet)	Annual average daily traffic
$PM_{2,5}$	trdni delci manjši od 2,5 µm (krute čestice manje od 2,5 µm)	Particulate matter, diameter < 2.5 µm
PM_{10}	trdni delci manjši od 10 µm (krute čestice manje od 2,5 µm)	Particulate matter, diameter < 10 µm
PMF	največja verjetna poplava (najveća vjerojatna poplava)	Probable Maximum Flood
PMO	prostor za mobilno opremo (prostor za mobilnu opremu)	Mobile Equipment Area
PNV	Program nadgradnje varnosti NEK (Program nadogradnje sigurnosti NEK-a)	SUP – The Krško NPP Safety Upgrade Program
PO3	tretja revizija programa odlaganja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva NEK (treća revizija programa odlaganja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva NEK-a)	Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program
POD	podaljšanje obratovalne dobe NEK s 40 na 60 let do leta 2043 (produljenje pogonskog	Extension of Krško NPP operating life from 40 to 60 years – until 2043

Kratica	Pojam na slovenskom (hrvatskom)	Term in English
	vijeka NEK-a s 40 na 60 godina do 2043. godine)	
POO	posebno ohranitveno območje (posebno zaštićeno područje)	Special protection area
POV	posebno območje varstva (posebno područje zaštite)	Special area of conservation
PP	predhodni postopek (za ugotovitev potrebnosti PVO) (prethodni postupak (za utvrđivanje potrebe PVO))	Screening (to determine the need for an EIA)
PR3	tretja revizija programa razgradnje NEK (treća revizija programa razgradnje NEK-a)	3rd Revision of the NPP Krško Decommissioning Program
PSA	verjetnostne varnostne analize, glej VVA (vjerojatnosna analiza sigurnosti, vidi VVA)	Probabilistic safety assessment
PSR	občasni varnostni pregled (povremeni sigurnosni pregled)	Periodic Safety Review
PVO	presoja vplivov na okolje (procjena utjecaja na okoliš)	Environmental impact assessment
PW	sistem filtrirane vode (sustav filtrirane vode)	Water pretreatment system
PWR	lahkovodni tlačni reaktor (lakovodni tlačni reaktor)	Pressurised water reactor
RAMP	Pregled programov za obvladovanje nesreč (pregled programa za upravljanje nesrećama)	Review of Accident Management Programmes
RAO	radioaktivni odpadki (radioaktivni otpad)	Radioactive waste
RCC	odlagalni zabojniki (kontejneri za odlaganje)	Reinforced concrete container
RCP	značilni poteki koncentracije toplogrednih plinov (reprezentativne trajektorije koncentracije stakleničkih plinova)	Representative concentration pathway
ReNPRRO16-25	Resolucija o Nacionalnem programu ravnanja z RAO in IG za obdobje 2016-25, UL RS, št. 31/16 (Rezolucija o Nacionalnom programu djelovanja s RAO-om i IG-om za razdoblje 2016. – 2025., Službeni list Republike Slovenije, br. 31/16)	Resolution on the National LILW and Spent Fuel Management Program (2016-2025)
RETS	Tehnična specifikacija sevalnih vplivov NEK (Tehnička specifikacija utjecaja zračenja NEK-a)	Radiological Effluent Technical Specification, NEK
RH	Republika Hrvatska (Republika Hrvatska)	The Republic of Croatia
RAO	radioaktivni odpadki (radioaktivni otpad)	Radioactive waste
RNO	(radiološko) nadzorovano območje v skladu z ZVISJV-1 ((radiološko) nadzirano područje u skladu s ZVISJV-1)	(radiation) controlled area
RS	Republika Slovenija (Republika Slovenija)	The Republic of Slovenia
RTP	razdelilna transformatorska postaja (razdjelna transformatorska stanica)	Substation (transformer station)
RWSB	zgradba za hranjenje RAO (zgrada za skladištenje RAO-a)	Radioactive waste storage building
SALTO	Pregled varnosti dolgoročnega obratovanja (pregled sigurnosti dugoročnog pogona)	Safety Aspects of Long Term Operation
SAMG	smernice za obvladovanje težkih nesreč (Smjernice za upravljanje teškim nesrećama)	Severe Accident Management Guidelines

Kratica	Pojam na slovenskom (hrvatskom)	Term in English
SF	sistem bazena za izrabljeno gorivo (sustav bazena za istrošeno gorivo)	Spent fuel pool system
SFDS	suho skladiščenje izrabljenega goriva (IG) (suho skladištenje istrošenog goriva (IG))	Spent fuel dry storage
SJV	sistem za zaznavanje vsiljivcev (sustav za otkrivanje uljeza)	Intrusion detection system
SK	superkompaktiranje (superkompaktiranje)	Supercompaction
SR	pomembno za jedrsko varnost (važno za nuklearnu sigurnost)	Safety related
SRSF	skladišče trdnih radioaktivnih odpadkov (skladište krutih radioaktivnih otpada)	Solid Radwaste Storage Facility
SSE	potres, pri katerem se elektrarna lahko varno ustavi (potres pri kojem se elektrana zaustavi radi zaštite)	Safe Shutdown Earthquake
SSK	skupek konstrukcij, sistemov in komponent (skup konstrukcije, sustava i komponenata)	Structures, systems and components (SSC)
SUP	PNV – Program nadgradnje varnosti NEK (PNV – Program nadogradnje sigurnosti NEK-a)	The Krško NPP Safety Upgrade Program
SV8	Pravilnik o obveznostih izvajalca sevalne dejavnosti in imetnika vira ionizirajočih sevanj, UL RS, št. 43/18 (Pravilnik o obvezama osoba koje obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja i nositelja izvora ionizirajućeg zračenja, Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18)	Rules on the obligations of persons performing radiation practices and holders of ionising radiation sources
SV8A	Pravilnik o ukrepih varstva pred sevanji na nadzorovanih in opazovanih območjih, UL RS, št. 47/18 (Pravilnik o mjerama zaštite od zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima, Službeni list Republike Slovenije, br. 47/18)	Rules on radiation protection measures in controlled and monitored areas
SW (ESW)	sistem varnostne oskrbne vode (sustav bitne opskrbne vode)	Essential service water system
ŠCZ	štab civilne zaščite (štab civilne zaštite)	Civil protection headquarters
TB	turbinska zgradba (turbinska zgrada)	Turbine building
TC	zaprt sistem hlajenja turbine (zatvoren sustav hlađenja turbine)	Turbine Closed Cycle Cooling System
TEB	Termoelektrarna Brestanica (Termoelektrana Brestanica)	Thermal Power Plant Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj (Termoelektrana Šoštanj)	Thermal Power Plant Šoštanj
TE-TOL	Termoelektrarna toplarna Ljubljana (Termoelektrana Ljubljana)	Thermal Power Plant Ljubljana
TGP	toplogredni plini (staklenički plinovi)	Greenhouse gases
TP	transformatorska postaja (transformatorska stanica)	Transformer station
TS	Tehnične specifikacije NEK (tehničke specifikacije NEK-a)	NEK Technical Specifications
TTC	cevasti zabojnik (cjevasti kontejner)	Tube type container
UHS	končni ponor toplote (konačni ponor topline)	Ultimate Heat Sink
UL RS	Uradni list Republike Slovenije (Službeni list Republike Slovenije)	Official Gazette of the Republic of Slovenia

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
UN NEK	Ureditveni načrt NEK (Plan prostornog uređenja NEK-a)	NEK Development Plan
Uredba PVO	Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje, UL RS, št. 51/14, 57/15, 26/17 in 105/20 (Uredba o zahvatima na okoliš za koje se mora izvršiti procjena utjecaja na okoliš, Službeni list Republike Slovenije, br. 51/14, 57/15, 26/17 i 105/20)	Decree on activities affecting the environment that require an environmental impact assessment
URSJV	Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije)	Slovenian nuclear safety administration (SNSA)
USAR	Varnostno poročilo NEK (Sigurnosni izvještaj NEK-a)	Updated Safety Analysis Report
U.S. NRC	Upravni organ Združenih držav Amerike za jedrsko varnost (Nuklearna regulatorna komisija Sjedinjenih Američkih Država)	United States Nuclear Regulatory Commission
UV1	Uredba o sevalnih dejavnostih, UL RS, št. 19/18 (Uredba o djelatnostima povezanima s izvorom ionizirajućeg zračenja, Službeni list Republike Slovenije, br. 19/18)	Decree on activities involving radiation
UV2	Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji, UL RS, št. 18/18. (Uredba o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji, Službeni list Republike Slovenije, br. 18/18)	Decree on dose limits, radioactive contamination and intervention levels
UV3	Uredba o območjih omejene rabe prostora zaradi jedrskega objekta in o pogojih gradnje objektov na teh območjih, UL RS, št. 78/19 (Uredba o područjima ograničene uporabe prostora zbog nuklearnog postrojenja i o uvjetima izgradnje objekata na tim područjima, Službeni list Republike Slovenije, br. 78/19)	Decree on areas of restricted use due to nuclear facilities and on the conditions for construction in these areas
VCT	tank za regulacijo volumna hladila (spremnik za regulaciju volumena rashladne tekućine)	Volume control tank
VRAO	visokoradioaktivni odpadki (visokoradioaktivni otpad)	High-level radioactive waste
VT	vodno telo (vodno tijelo)	Body of water
VVA	verjetnostne varnostne analize, glej PSA (vjerojatnosna analiza sigurnosti, vidi VVA)	Probabilistic safety assessment
VZD	varnost in zdravje pri delu (zaštita i zdravlje na radu)	Occupational health and safety
W	sistem pitne in sanitarne vode (sustav pitke i sanitarne vode)	Potable and sanitary water system
WANO	Svetovno združenje operaterjev jedrskih elektrarn (Svjetska udruga operatera nuklearnih elektrana)	World Association of Nuclear Operators
WCT	tank za zbiranje kondenzata (spremnik za skupljanje kondenzata)	Waste evaporator condensate tank
WENRA	Zveza zahodnoevropskih uprav za jedrsko varnost (Udruga zapadnoeuropskih nuklearnih regulatora)	Western European Nuclear Regulators Association
WMB	zgradba za ravnanje z odpadki (zgrada za upravljanje otpadom)	Waste manipulation building

Kratica	**Pojam na slovenskom (hrvatskom)**	**Term in English**
WMT	nadzorni odpadni tank (spremnik za nadzor otpada)	Waste monitoring tank
WP	sistem za obdelavo tekočih radioaktivnih odpadkov (sustav za obradu tekućih radioaktivnih otpada)	Liquid radwaste processing system
WT	sistem priprave deionizirane vode (sustav pripreme deionizirane vode)	Water Treatment System
ZRSVN	Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (Zavod Republike Slovenije za zaštitu prirode)	Institute of the Republic of Slovenia for Nature Conservation
ZVISJV-1	Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti, UL RS, št. 76/17 in 26/19 (Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19)	Ionising Radiation Protection and Nuclear Safety Act
ZVO-1	Zakon o varstvu okolja, UL RS, št. 39/06 – UPB, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE in 158/20 (Zakon o zaštiti okoliša, Službeni list Republike Slovenije, br. 39/06 – UPB, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE i 158/20)	Environmental Protection Act

1. PODACI O NOSITELJU ZAHVATA I PREDLOŽENOJ STUDIJI

1.1 UVOD

Upravitelj Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. *(u daljnjem tekstu: NEK)* planira produljiti pogonski vijek NEK-a s 40 na 60 godina, i to od 2023. do 2043. godine.

Naziv zahvata:

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina do 2043. godine

Opseg planiranog zahvata je nastavak rada NEK-a s postojećim pogonskim karakteristikama nakon 2023. godine i zahvat ne predviđa izgradnju novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizičke karakteristike NEK-a.

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a mijenja se razdoblje pogona elektrane tako da se ono produlji za 20 godina, s 40 na 60 godina. Pri tome se:

- **ne mijenja** položaj ili lokacija NEK-a prostorno;
- **ne mijenjaju** dimenzije ni plan NEK-a tehnologijom;
- **ne mijenjaju** proizvodni kapacitet NEK-a i način rada.

Za produljenje pogonskog vijeka nisu potrebni novi zahvati. Objekt za suho skladištenje istrošenog goriva (funkcionalna povezanost), za koji je dobivena građevinska dozvola i za koji je napravljena procjena utjecaja na okoliš, u izgradnji je i bit će dovršen u prvoj polovici 2023. godine. Objekt za suho skladištenje bit će u pogonu već početkom produljenog pogona NEK-a 2023. godine, a utjecaji suhog skladištenja na okoliš uzeti su u obzir u ovoj studiji kao utjecaj zahvata (vidi poglavlje 5.1.).

Za produljenje pogonskog vijeka nisu izvedeni drugi zahvati. Nadogradnje sigurnosti, koje nisu dio procjene, bile su izvedene neovisno o produljenju pogonskog vijeka NEK-a, na temelju nacionalnog akcijskog plana poslije nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima u skladu sa stres-testovima Europske unije.

NEK će do kraja produljenog pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina do 2043. godine raditi kao i do sada, a to je sigurno i u skladu s ograničenjima emisija u okoliš. Sigurnosna kultura, osposobljenost zaposlenika i njihova odgovornost, kao temeljni elementi organizacijske i poslovne strukture NEK-a, i dalje će biti smjernica i jamstvo za nastavak sigurnog i ekološki prihvatljivog rada NEK-a. Kao i do sada, redovito će i pravovremeno uvoditi sva potrebna sigurnosna i ostala poboljšanja.

NEK će redovito održavati sve tehnološke sustave s posebnim naglaskom na sigurnosne sustave te ih redovito nadograđivati u skladu s radnim iskustvima iz zemlje i svijeta.

Sveobuhvatnom nadogradnjom sigurnosnih sustava u skladu s nuklearnim zakonodavstvom Republike Slovenije znatno su smanjeni svi rizici vezani uz rad NEK-a.

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina, do 2043. godine, ne utječe niti mijenja postojeću okolišnu dozvolu NEK-a /49/. Postojeće vodopravne dozvole NEK-a također se ne mijenjaju /50/, /163/,/276/.

NEK se s izlaznom snagom od 696 MWe svrstava među vodeće slovenske proizvođače električne energije (~ 38 % ukupne slovenske proizvodnje, od čega se polovica izvozi u Republiku Hrvatsku). S početkom komercijalnog rada 1983. godine NEK je dobio dozvolu za redoviti rad. U vrijeme izgradnje predviđen minimalni pogonski vijek objekta bio je 40 godina, no u tom razdoblju izvršene su mnoge sigurnosne i druge nadogradnje te provedene brojne analize koje pokazuju da je u sigurnosnom i ekonomičnom

smislu produljenje pogonskog vijeka razumno i svjetski priznato rješenje. Tako su stvoreni tehnički uvjeti da NEK radi još najmanje dodatnih dvadeset godina, tj. do kraja 2043.

NEK radi na temelju radne dozvole /4/ koja je izravno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a /3/ i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK trenutačno posjeduje valjanu i vremenski neograničenu radnu dozvolu i tehnički je sposoban za rad do 2043. godine, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih 10 godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review) koji potvrđuje upravno tijelo, tj. Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije. Obveza NEK-a je osigurati sve preduvjete za siguran rad elektrane.

NEK radi u skladu sa svim propisima u Republici Sloveniji i pod radnim ograničenjima i uvjetima koji su određeni u ZVISJV-1, u vodopravnim dozvolama, okolišnim dozvolama, tehničkim specifikacijama NEK-a (TS /5/, RETS /7/ i DECTS /6/) itd. Produženjem pogonskog vijeka NEK će moći raditi daljnjih 20 godina, tj. do 2043., unutar istih granica i neće premašiti postojeće zakonske zahtjeve ili ograničenja.

Stalne nadogradnje i promjene koje su provedene osiguravaju razinu sigurnosti koja je znatno viša od one u trenutku same izgradnje elektrane. Uz utvrđene sigurnosne standarde i zahtjeve koji su u nuklearnoj industriji mnogo viši nego u bilo kojoj drugoj postojećoj tehnologiji, danas je nuklearna tehnologija najsigurniji način proizvodnje električne energije poznat čovječanstvu /235/.

1.2 POLAZIŠNE TOČKE

Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. (NEK) s izlaznom snagom od 696 MWe proizvodi oko 38 % ukupne slovenske električne energije, što je svrstava u sam vrh slovenskih proizvođača te energije. NEK polovicu proizvedene električne energije izvozi u Republiku Hrvatsku (RH) sukladno međudržavnom ugovoru. Proizvodnja električne energije je u području pojasa (konstantni pogon na 100 %) i osigurava stabilnost elektroenergetskog sustava. U proizvodnji električne energije NEK ne ispušta stakleničke plinove, što elektranu svrstava među niskougljične proizvodne jedinice. Slovenski dio proizvedene električne energije u NEK-u približno iznosi polovicu sve niskougljične električne energije u Sloveniji.

NEK radi u skladu: sa Suglasnosti za početak rada NEK-a, Odlukom Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine, izmjenom dozvole za rad NEK-a, Odlukom Uprave Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) br. 3570-8/2012/5 od 22. travnja 2013. /4/ i NPP Krško Updated Safety Analysis Report (u daljnjem tekstu USAR) /3/.

1.2.1 Sigurna, pouzdana i konkurentna proizvodnja električne energije

Godine 1983. NEK je počeo s komercijalnim radom. U vrijeme izgradnje predviđen minimalni pogonski vijek objekta bio je četrdeset godina, no u tom razdoblju izvršene su mnoge sigurnosne i druge nadogradnje te izvedene brojne analize koje pokazuju da je u sigurnosnom i ekonomičnom smislu produljenje pogonskog vijeka razumno rješenje koje je priznato i drugdje na svijetu. Nadogradnjom i provedenim analizama stvoreni su tehnički uvjeti da NEK radi još najmanje dvadeset godina, tj. do kraja 2043.

Pouzdan i siguran rad u svim uvjetima najvažniji je prioritet NEK-a. NEK je od izgradnje proveo niz poboljšanja koja su povećala sigurnost i učinkovitost objekta. Nadogradnjama se održava ili osigurava i ekološka usklađenost proizvodnje. Proizvodni učinci višegodišnjih ulaganja odražavaju se u većoj učinkovitosti proizvodnih procesa, što utječe na povećanje proizvodnje električne energije. Ona se godišnje povećala s 4,5 na 5,45 TWh. Rast povećane proizvodnje može se zahvaliti većim ulaganjima, produženju gorivnog ciklusa na 18 mjeseci, skraćivanju redovitih remonta, preventivnoj zamjeni opreme i modernizaciji radnih procesa. Spomenuti rast proizvodnje, koji u prosjeku iznosi dodatnih 1000 GWh godišnje domaće proizvedene električne energije bez izravne emisije CO_2, jednak je optimalnoj godišnjoj proizvodnji svih osam hidroelektrana na donjoj Savi.

NEK radi sigurno uz osiguravanje najviših ekoloških i industrijskih standarda.

1.2.2 Nuklearna sigurnost na prvom mjestu

U nuklearnim elektranama sigurnost je uvijek na prvom mjestu. Postojeći međunarodni sigurnosni standardi i zahtjevi u nuklearnoj industriji puno su veći nego u bilo kojoj drugoj postojećoj tehnologiji proizvodnje električne energije. Kako bi ispunile sve te zahtjeve, postojeće nuklearne elektrane imaju ugrađene brojne i raznolike sustave za osiguravanje nuklearne sigurnosti, koji su se razvili do vrlo visokog stupnja pouzdanosti i učinkovitosti tijekom tri generacije razvoja nuklearnih elektrana. Pridržavajući se suvremenih međunarodnih sigurnosnih standarda, nuklearna tehnologija danas je najsigurniji način proizvodnje električne energije za koji znamo.

Poštovanje i postizanje sigurnosnih zahtjeva u nuklearnoj industriji podliježe uspostavljenom međunarodnom i domaćem nadzoru u obliku različitih inspekcijskih i ocjenjivačkih međunarodnih misija. Brojne međunarodne misije, koje se fokusiraju na sve aspekte pogona s najvećim naglaskom na osiguravanje nuklearne sigurnosti, redovito ocjenjuju NEK. Preglede provode: Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), Svjetska udruga operatera nuklearnih elektrana (WANO odnosno INPO) i drugi. Nakon WANO-ova sigurnosnog pregleda NEK je izborio mjesto u prvom razredu uspješnosti i tako u svjetskim mjerilima pripada najboljim nuklearnim elektranama.

U posljednjih 10 godina u NEK-u su izvedene sljedeće misije:
- izvanredni pregled sigurnosti (stres-testovi Europske unije) 2012.,
- IAEA – Topical Peer Review Management Aging Management u 2018.,
- OSART – Operational Safety Review Team, koji je provela IAEA, u 2017. te
- WANO-ov stručni pregled 2014. i 2018. godine.

1.2.2.1 Izvanredni sigurnosni pregled (stres-testovi Europske unije)

U sklopu stres-testova Europske unije koje je provela Europska komisija nakon nesreće u Fukushimi u ožujku 2011. NEK je kao jedina nuklearna elektrana u Europi ostao bez preporuka, što ga je svrstalo u sam vrh europskih elektrana. Rezultati izvještaja pokazali su da je NEK dobro planiran i izgrađen te da zajedno s dodatnom raspoloživom opremom pokazuje visoku razinu pripremljenosti za teške nesreće. NEK je izvršio temeljitu analizu izvanprojektnih nesreća i izradio Program nadogradnje sigurnosti (PNV) /18/.

Program nadogradnje sigurnosti (PNV) odobrila je Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije /19/ i uključuje niz poboljšanja i dodatnih sustava za upravljanje izvanprojektnim nesrećama. Prema programu nadogradnje sigurnosti, NEK će biti sigurnosno usporediv s novijim tipovima nuklearnih elektrana koje se danas grade diljem svijeta.

Među najvažnijim sigurnosnim nadogradnjama u tijeku je projekt izgradnje suhog skladišta istrošenog goriva. Sustav suhog skladištenja omogućuje prijenos istrošenog goriva u posebne spremnike odnosno kontejnere koji će osigurati pasivno hlađenje i zaštitu od ionizirajućeg zračenja.

1.2.2.2 OSART – Operational Safety Review Team, koji provodi IAEA

U 2017. godini Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) provela je svoju četvrtu misiju Operational Safety Review Team (OSART). Slovenija je članica IAEA-e, pa Vlada Republike Slovenije mora odobriti formalne procedure, poput pozivanja takve misije. Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije (SNSA) izvješćuje Vladu o nalazima i podnosi izvještaj misije OSART. U NEK-u su prije toga bile već tri takve misije: 1984., 1993. i 2003. godine.

Članovi misije OSART u izvještaju su naglasili da je NEK nakon provedene misije OSART 2017. godine sustavno analizirao sve dane preporuke i prijedloge te izradio plan korektivnih mjera. Misija OSART zaključila je da poduzete mjere i one koje se provode u potpunosti slijede preporuke i prijedloge prvotne misije OSART. URSJV dodatnim sastancima i inspekcijama redovito provjerava status provedbe OSART-ovih mjera. Sve su mjere provedene do sredine 2019. godine.

1.2.2.3 Stručni pregled WANO-a 2014. i 2018. godine

Godine 2014. Svjetska udruga operatera nuklearnih elektrana (WANO) opsežno je pregledala pogon. NEK je dobio najvišu ukupnu ocjenu za nuklearnu sigurnost i pogonsku spremnost. To je bila četvrta takva provjera (prethodne su provedene 1995., 1999. i 2007.).

U posljednjem pregledu 2018. članovi misije istaknuli su pri ocjenjivanju natprosječno visoku realizaciju preporuka iz međunarodnog operativnog iskustva i dostignuća u području sigurnosne kulture, što je skup načela koja usmjeravaju način rada nuklearnih objekata i temelj su njihova sigurnog i stabilnog rada.

Među dobrim praksama koje su primjer ostalim nuklearnim elektranama istaknuli su performanse i kvalitetu cjelovitog simulatora za osposobljavanje operativnog osoblja.

Najviša ukupna ocjena nuklearne sigurnosti i operativne učinkovitosti dodatna je obveza NEK-a da se dodatno unaprijedi na području upravljanja, komunikacije, interne politike, radnih očekivanja i suradnje te da tako ispuni sva očekivanja.

1.2.3 Dugoročni rad NEK-a u vezi s energetskom budućnošću Slovenije

Kako bi osigurala pouzdanu opskrbu energijom, Sloveniji će biti potrebna kombinacija različitih izvora električne energije koji će po svojoj učinkovitosti i poštovanju prostornih utjecaja na slovenski teritorij biti dovoljni da pokriju predviđenu buduću potrošnju električne energije. Zbog planiranog povećanja elektrifikacije prometa (korištenje električnih vozila), elektrifikacije grijanja (korištenje toplinskih pumpi) te elektrifikacije i ukidanja fosilnih goriva u drugim sektorima Sloveniji će biti potreban sve veći udio stabilne energije u obliku električne energije.

Prema procjenama /20/, /243/, deficit električne energije u Sloveniji će se povećati (već je nekoliko godina uvoznik električne energije u iznosu od cca 20 % potrošnje). Do 2030. u Sloveniji će i uz predviđeni rad NEK-a nedostajati minimalno 1 TWh godišnje električne energije, unatoč uzimanju u obzir razvoja tehnologije, znatno učinkovitijeg korištenja električne energije i intenzivnog uvođenja novih obnovljivih izvora energije (OIE). Tu energiju u protivnom treba ili uvoziti ili osigurati izgradnjom novih elektrana, koje se u tako kratkom vremenu ne mogu ni postaviti u prostor, izgraditi i pustiti u pogon.

U skladu s Pariškim sporazumom /282/ i Okvirnom konvencijom Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama /281/ EU je postavio cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova za 40 % do 2030. u odnosu na 1990. godinu, što je smanjenje emisija stakleničkih plinova za 36 % u odnosu na 2005. godinu. U skladu s Uredbom o obvezujućem godišnjem smanjenju emisija stakleničkih plinova u državama članicama EU-a, Slovenija je do 2030. dužna smanjiti svoje emisije stakleničkih plinova u sektorima koji nisu uključeni u sustav trgovanja emisijama za najmanje 15 % u odnosu na razinu iz 2005. godine. Uz cilj do 2030. uredbom je određena i linearna putanja koja se, s obzirom na fleksibilnost propisanu uredbom, ne smije prekoračiti. Sveobuhvatni nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije (NEPN) /20/ postavlja više ciljeve za smanjenje emisija stakleničkih plinova (ne-ETS) do 2030., tj. za najmanje 20 % u odnosu na 2005. godinu.

Termoelektrane i toplane su u ETS sustavu trgovanja. Cilj smanjenja emisija na razini EU-a do 2030. za ETS je 43 % u odnosu na 2005. godinu. U skladu s ciljevima trebalo bi smanjiti i proizvodnju električne energije iz elektrana na fosilna goriva jer će porast cijene emisije CO_2 diktirati ekonomsku računicu rada tih elektrana. U budućnosti očekujemo zatvaranje elektrana na fosilna goriva koje neće biti konkurentne niskougljičnim tehnologijama.

U tom je svjetlu od još veće važnosti rad NEK-a, koji za pogon ne treba fosilne izvore energije i tijekom pogona ne ispušta stakleničke plinove.

U procesu pripreme NEPN-a, koji postavlja ciljeve, politike i mjere za dekarbonizaciju, energetsku učinkovitost, energetsku sigurnost, unutarnje energetsko tržište i istraživanje, inovacije i konkurentnost za razdoblje do 2030. (s vizijom do 2040.), prihvaćena je odluka da se provede strateška procjena utjecaja na okoliš (CPVO), uključujući procjenu prihvatljivosti za zaštićena područja prirode te izradi izvještaj o okolišu i Dodatak za procjenu prihvatljivosti za zaštićena područja prirode.

U postupku CPVO za NEPN izrađen je izvještaj o okolišu /175/ u kojem su definirani, opisani i ocijenjeni utjecaji na okoliš provedbe plana i moguće alternative, uzimajući u obzir ciljeve i zemljopisna obilježja područja na koje se plan odnosi. Također je procijenjena prihvatljivost utjecaja plana na zaštićena područja. Utvrđeno je da su utjecaji prihvatljivi s obzirom na mjere ublažavanja navedene u planu (NEPN) /20/.

Vlada Republike Slovenije je 28. veljače 2020. godine, odobrenjem Sveobuhvatnog nacionalnog energetsko-klimatskog plana Republike Slovenije, predvidjela produljenje pogonskog vijeka NEK-a nakon 2023. godine. U oba scenarija (scenarij s postojećim mjerama i scenarij NEPN) predviđena je daljnja proizvodnja električne energije iz NEK-a.

Rezolucijom o Dugoročnoj klimatskoj strategiji Slovenije 2050. (Službeni list Republike Slovenije, br. 119/21) Slovenija si postavlja cilj da do 2050. godine postiže neto nulte emisije odnosno klimatsku neutralnost. Rezolucija kao strateški sektorski cilj za smanjenje emisija stakleničkih plinova i povećanje ponora za energetiku određuje smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2050. za 90 do 99 % u usporedbi s 2005. godinom. Među prihvaćenim smjernicama i mjerama do 2030. godine rezolucija sažima NEPN. U glavnim smjernicama do 2050. su određena područja djelovanja koja će uz mjere učinkovite uporabe energije, kružnog gospodarstva i drugih mjera za smanjenje energetskih potreba Slovenije biti ključna za postizanje cilja klimatske neutralnosti. Među njima je i područje nuklearne energije, gdje Slovenija planira dugoročno korištenje nuklearne energije.

Trenutačni okvir politike EU-a ne bi mogao postići ciljeve za 2050. i ispuniti svoje obveze prema Pariškom sporazumu /282/. Projekcije sugeriraju da će EU postići samo 60-postotno smanjenje emisija stakleničkih plinova do 2050. godine nastavkom provedbe postojećeg zakonodavstva /279/. Zbog toga si Europska unija postavlja ambiciozniji cilj postizanja klimatske neutralnosti do 2050. godine, uspostavljen Europskim zelenim sporazumom i usvojen Uredbom o uspostavi okvira za postizanje klimatske neutralnosti /264/. Kako bi se postigao cilj klimatske neutralnosti do 2050., obvezujući klimatski cilj Unije je smanjiti neto emisije stakleničkih plinova (emisije nakon odbitka ponora) za najmanje 55 % u usporedbi s razinama iz 1990. do 2030. godine. Novi prijedlog Uredbe o raspodjeli tereta po državama članicama, koja obuhvaća sektore izvan ETS-a predlaže Republici Sloveniji smanjenje stakleničkih plinova za -27 % do ljeta 2030. u odnosu na 2005., što je više od postojećeg nacionalnog cilja iz NEPN-a (-20 %) /265/.

1.3 NAZIV I NAMJENA ZAHVATA

Naziv zahvata:

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina do 2043. godine

Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. posluje na temelju radne dozvole, koja je izravno povezana sa Sigurnosnim izvještajem NEK-a (engl. USAR – Updated Safety Analysis Report; /3/) i sadržava sve preduvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK trenutačno posjeduje valjanu i vremenski neograničenu radnu dozvolu (/4/) i tehnički je sposoban za rad do 2043. godine, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih deset godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review, u slovenskom zakonu povremeni sigurnosni pregled).

U vrijeme izgradnje predviđen minimalni pogonski vijek objekta bio je 40 godina, no u tom razdoblju izvršene su mnoge sigurnosne i druge nadogradnje te provedene brojne analize koje pokazuju da je u sigurnosnom i ekonomičnom smislu produljenje pogonskog vijeka razumno i svjetski priznato rješenje. Nadogradnjama su stvoreni tehnički uvjeti da NEK radi još najmanje dodatnih dvadeset godina, tj. do

kraja 2043. Nadogradnja sigurnosti nije dio procjene utjecaja na okoliš i bila bi izvedena neovisno o produljenju pogonskog vijeka NEK-a na temelju nacionalnog akcijskog plana poslije nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima u skladu sa stres-testom Europske unije.

1.4 OBVEZA PROCJENE UTJECAJA NA OKOLIŠ

ARSO je 2. listopada 2020. donio rješenje br. 35405-286/2016-42, kojim od nositelja planiranog zahvata NEK-a zahtijeva da za planirani zahvat „Produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina do 2043. godine" provede procjenu utjecaja na okoliš i pribavi okolišnu dozvolu.

Ministarstvo je po službenoj dužnosti, sukladno članku 8. stavkom 1. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, za koje se mora izvršiti procjena utjecaja na okoliš, provelo prethodni postupak. U procesu prethodnog postupka iz članka 51. stavka 1. ZVO-1 uzeti su obzir kriteriji koji se odnose na značajke planiranog zahvata na okoliš, njegovu lokaciju i obilježja mogućih utjecaja na okoliš.

Utvrđeno je da se kod planiranog zahvata radi o promjeni koja utječe na bitno obilježje postojećeg zahvata, jer se produljuje pogonski vijek NEK-a do 2043. godine, te da bi se utjecaji zbog promjene zahvata znatno povećali ili bi se moglo očekivati znatno povećanje utjecaja na okoliš zbog namjeravanje promjene. Također je utvrđeno da je planirani zahvat funkcionalno i ekonomski povezan s najmanje jednim također planiranim zahvatom, odnosno izgradnjom suhog skladišta za istrošeno gorivo. Ministarstvo je ustanovilo da obveza provođenja procjene utjecaja na okoliš radi produljenja pogonskog vijeka nuklearne elektrane proizlazi i iz prakse Suda Europske unije /242/.

Na temelju utvrđenih činjenica Ministarstvo je zaključilo da je za planirani zahvat potrebna procjena utjecaja na okoliš i pribavljanje okolišne dozvole, što je također uvjet navedene odluke.

- **Planirani zahvat**

Nositelj zahvata planira produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina.

Procjena utjecaja na okoliš obvezna je u skladu s člankom 2. u vezi s Prilogom 1. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, za koje se mora izvršiti procjena utjecaja na okoliš (Službeni list Republike Slovenije, br. 51/14, 57/15, 26/17, 105/20):

- D – Energetika; D.II – nuklearna energija:
  - **D.II.1** – Nuklearne elektrane i drugi nuklearni reaktori, uključujući njihovu demontažu ili uklanjanje.

- **Postojeći zahvat**

Na lokaciji planiranog zahvata radi se već dopušteni zahvat – Nuklearna elektrana Krško, d.o.o., Vrbina 12, 8270 Krško, za koji je već tri puta provedena procjena utjecaja i to pri:

- izgradnji objekta za dekontaminaciju, broj okolišne dozvole 35405-04/99 od 26. ožujka 1999;
- izgradnji temelja s ugradnjom rezervnog transformatora, broj okolišne dozvole 35405-81/00 od 1. kolovoza 2000.,
- izgradnji objekta za suho skladištenje istrošenog goriva, broj građevinske dozvole 35105-25/2020/57 od 23. prosinca 2020.

Nuklearna elektrana Krško jedan je od zahvata iz poglavlja D Priloga 1. navedene Uredbe – D.II.1 (nuklearne elektrane i drugi nuklearni reaktori, uključujući njihovu demontažu ili uklanjanje). Planirana promjena (produljenje pogonskog vijeka) ne mijenja postojeći proizvodni kapacitet, ali se postojeći zahvat u ovoj studiji smatra povezanim i uzima u obzir pri procjeni ukupnog utjecaja zahvata na okoliš.

1.5 NOSITELJ ZAHVATA

1.5.1 Nositelj zahvata

Nuklearna elektrarna Krško d.o.o., Vrbina 12, 8270 Krško
Matični broj: 5034345000
Glavna djelatnost: D35.112 (proizvodnja električne energije iz termoelektrana, nuklearnih elektrana)

Odgovorna osoba: g. Stanislav Rožman, predsjednik Uprave NEK-a, g. Saša Medaković, član Uprave

Potpis odgovornih osoba nositelja zahvata u uvodnom je dijelu studije.

NEK je opremljen Westinghouseovim lakovodnim tlačnim reaktorom toplinske snage 1994 MW. Snaga elektrane na pragu je 696 MW. Priključena je na mrežu od 400 kV za opskrbu potrošačkih središta u Sloveniji i Hrvatskoj. Godišnje proizvede više od 5 milijardi kWh električne energije /40/.

1.5.2 Osoba odgovorna za izvedbu zahvata kod nositelja zahvata

Stanislav Rožman, predsjednik Uprave NEK-a

Saša Medaković, član Uprave NEK-a

Nuklearna elektrarna Krško d.o.o., Vrbina 12, 8270 Krško

Potpis osobe odgovorne za izvedbu zahvata kod nositelja postupka u uvodnom je dijelu studije.

1.6 SASTAVLJAČ STUDIJE

1.6.1 Sastavljač studije

E-NET OKOLJE d.o.o., Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana

1.6.2 Voditelj izrade studije

dr. Domen Novak, dipl. san. ing.

E-NET OKOLJE d.o.o., Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana

Potpisana izjava voditelja izrade studije, u skladu s člankom 4. stavkom 4. Uredbe o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove pripreme, u uvodnom je dijelu studije.

Reference voditelja izrade studije s područja procjene utjecaja na okoliš prikazane su u **Prilogu 1**.

1.6.3 Sudionici u izradi studije

- mag. Jorg Jurij Hodalič, univ. dipl. biol. (svi čimbenici),
- Manca Magjar, univ. dipl. ekolog. (svi čimbenici),

svi E-NET OKOLJE d.o.o., Linhartova cesta 13, 1000 Ljubljana.

- dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz. (ionizirajuće zračenje)

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o., Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana

- mag. Boštjan Duhovnik, univ. dipl. ing. str. (tehnologija, radioaktivni otpad i IG, razgradnja),
- Helena Lap, univ. dipl. ing. kraj. arh. (krajolik, kulturna baština),
- mag. Samo Hrvatin, univ. dipl. ing. str. (nuklearna tehnologija i nuklearna sigurnost),
- dr. Andrej Širca, univ. dipl. ing. grad. (poplavna sigurnost, toplinsko onečišćenje voda),
- dr. Franc Sinur, univ. dipl. ing. grad. (sigurnost od potresa),

IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring, Hajdrihova ulica 4, 1000 Ljubljana

- dr. Maja Sopotnik, univ. dipl. biol. (priroda, dodatak za zaštićena prirodna područja)
- mag. Martin Žerdin, univ. dipl. biol. (priroda, dodatak za zaštićena prirodna područja)

Aquarius d.o.o., cesta Andreja Bitenca 68, 1000 Ljubljana

- dr. sc. Vladimir Jelavić, dipl. ing. stroj. (zrak, vode, klimatske promjene)
- Gabrijela Kovačić, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing. (vode, klimatske promjene)
- Brigita Masnjak, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing. (prekogranični utjecaji)
- Elvira Horvatić Viduka, dipl. ing. fiz. (klimatske promjene)
- Veronika Tomac, dipl. ing. kem. tehn. (klimatske promjene)
- Filip Opetuk, mag. ing. mech. (zrak)
- Iva Švedek, dipl. kem. ing., univ. spec. oecoing. (klimatske promjene)
- mr. sc. Mirela Poljanac, dipl. ing. kem. tehn. (zrak)
- Maja Jerman Vranić, dipl. ing. kem. MBACon. (zrak)
- prof. emeritus Božidar Biondić, dipl. ing. geol. (podzemne vode)
- prof. dr. sc. Ranko Biodić, dipl. ing. geol. (podzemne vode)
- dr. Damir Dodig, univ. dipl. med. (prekogranični utjecaji, zdravlje ljudi)

Ekoenerg d.o.o., institut za energetiku i zaštitu okoliša, Koranska 5, Zagreb, Hrvatska

- prof. dr. Davor Grgić, dipl. ing. elekt. (prekogranični utjecaji)
- izr. prof. dr. Siniša Šadek, dipl. ing. elekt. (prekogranični utjecaji)
- dr. Paulina Dučkić, dipl. ing. elekt. (prekogranični utjecaji)

Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) – Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

- dr. Marija Zlata Božnar, univ. dipl. ing. el. (prekogranični utjecaji)
- dr. Primož Mlakar, univ. dipl. ing. el. (prekogranični utjecaji)
- dr. Boštjan Grašič, univ. dipl. ing. el. (prekogranični utjecaji)

MEIS storitve za okolje d.o.o., Mali Vrh pri Šmarju 78, 1293 Šmarje – Sap

Potpisi sudionika u izradi studije u uvodnom su dijelu studije.

1.7 PREDMET I SADRŽAJ STUDIJE

1.7.1 Općenito

U skladu s člankom 2. Uredbe o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17), predmet studije su opis i analiza utjecaja planiranog zahvata na okoliš tijekom njegove provedbe, trajanja, razgradnje i prestanka u odnosu na okoliš u kojem se nalazi te utvrđivanje i procjena izravnih i neizravnih važnih utjecaja zahvata na sljedeće čimbenike: stanovništvo i zdravlje ljudi, biološku raznolikost i prirodne vrijednosti, zemljište, tlo, vodu, zrak, klimu, materijalna dobra, kulturnu baštinu, krajolik i njihovu interakciju. Čimbenici iz prethodnog stavka obuhvaćaju i očekivane utjecaje zahvata zbog rizika od velikih nesreća u koje su uključene opasne tvari, nuklearnih nesreća te prirodnih i drugih nesreća, uzimajući u obzir i one uzrokovane klimatskim promjenama, ako su ti rizici povezani sa zahvatom.

1.7.2 Predmet studije

Studija se bavi produljenjem pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina, od 2023. do 2043. godine, (Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.) na adresi Vrbina 12, 8270 Krško.

Uredbom o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17) u članku 9. stavku 3. propisano je da se u opis i procjenu utjecaja planiranog zahvata moraju uključiti i očekivani utjecaji koji proizlaze iz aktivnosti povezanih sa zahvatom ili drugim zahvatima na okoliš, kako tijekom pripremnih radova ili izgradnje, uporabom ili radom ili trajanjem tako i uklanjanjem ili zaustavljanjem pogona. Zbog produljenja pogonskog vijeka u sklopu postojećeg kompleksa elektrane, u studiji je obrađena cjelokupna Nuklearna elektrana Krško nakon promjene, uključujući i suho skladište, koje će početi s radom 2023. godine. Odlagalište NSRAO Vrbina također se smatra povezanim zahvatom za utjecaje kod cjelokupnog utjecaja (vidi poglavlje 5.1.).

1.7.3 Obrađeni čimbenici u studiji

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a nije predviđena izgradnja novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizička svojstva NEK-a. Objekt za suho skladištenje istrošenog goriva (funkcionalno povezani zahvat) izgradit će se do početka produženog pogonskog vijeka 2023. godine (vidi poglavlje 1.1.). Studija se također bavi utjecajima suhog skladišta. S obzirom na navedeno, utjecaji na okoliš **tijekom izgradnje nisu obrađeni** u ovoj studiji.

Utjecaji na okoliš zbog produljenja pogonskog vijeka NEK-a bit će opisani i procijenjeni odnosno vrednovani za vrijeme rada i u slučaju zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.), pri čemu pri zaustavljanju pogona **ne obrađujemo** razgradnju objekta.

Razgradnja objekta po programu razgradnje /13/, koja je predviđena nakon prestanka rada, bit će predmet ostalih upravnih postupaka iz područja građenja objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša, stoga razgradnja objekta nije obrađena u ovoj studiji u dijelovima koji se odnose na utjecaje u trenutku zaustavljanja pogona.

U skladu s Uredbom o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove pripreme (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17), u studiji se razmatraju izravni i neizravni utjecaji zahvata na sljedeće čimbenike:

- tlo,
- vode (podzemne vode, površinske, toplinsko onečišćenje, poplavna sigurnost),
- zrak,
- zemljišta,
- krajolike,
- utjecaj na klimu,
- bioraznolikost,

- materijalni resursi,
- stanovništvo i zdravlje ljudi (buka, vibracije, otpad, rizici od ekoloških i drugih nesreća, radioaktivno zračenje, elektromagnetsko zračenje),

pri čemu se uzima u obzir moguća interakcija navedenih čimbenika.

1.7.4 Čimbenici koji u studiji nisu obrađeni

Napomena: „uredba" u nastavku odnosi se na Uredbu o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17).

- **Mirisi**

Lokacija planiranog zahvata je na području postojećeg pogona NEK-a. Na lokaciji i u okolici nema izvora emisije mirisa, tako da planirani zahvat tijekom pogona ili tijekom zaustavljanja i poslije istog neće biti izvor emisije mirisa, zato mirisi u ovoj studiji nisu obrađeni.

- **Kulturna baština**

Lokacija planiranog zahvata je izvan registriranih jedinica kulturne baštine, što proizlazi iz mišljenja Zavoda za zaštitu kulturne baštine br. 350-0051/2016-16 od 10. prosinca 2020. U mišljenju je zapisano: „Uvidom u materijale na internetskom poslužitelju utvrđujemo da planirani zahvat ne utječe na registrirane jedinice kulturne baštine, zato nemamo podatke koji bi trebali biti uključeni u studiju utjecaja na okoliš. Također smatramo da za produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina nije potrebno izvršiti procjenu utjecaja na okoliš i ishoditi okolišnu dozvolu za zaštitu kulturne baštine". S obzirom na navedeno, kulturna baština nije obrađena u ovoj studiji.

1.8 PROSTORNI AKTI KAO OSNOVA ZA UVOĐENJE ZAHVATA U PROSTOR

Osnova za uvođenje zahvata u prostor je Uredba o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško (Službeni list SRS-a, br. 48/87, Službeni list Republike Slovenije, br. 59/97 i 21/20).

1.8.1 Prostorni akti

- Uredba o prostornom planu općine (OPN) za područje općine Krško (Službeni list Republike Slovenije, br. 61/15);
- Uredba o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško (Službeni list SRS-a, br. 48/87);
- Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško, (Službeni list Republike Slovenije, br. 59/97);
- Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško, (Službeni list Republike Slovenije, br. 21/20).

Lokacija zahvata je prema prostornom aktu (OPN) na području stambenih zemljišta namjene:
- **E** – energetska infrastruktura, u jedinici prostornog uređenja (EUP) **KRŠ 025**;
- **VI** – Područja vodne infrastrukture, u jedinici prostornog uređenja (EUP) **HJE 01**.



Slika 1: Namjena zemljišta prema OPN-u – mjerilo 1:10.000 (izvor: /63/)

A – Površine raspršenih naselja
B – Posebna područja
C – Područje centralnih djelatnosti
E – Područja energetske infrastrukture
F – Područja za potrebe obrane u naselju
F – Područja za potrebe obrane izvan naselja
G – Zemljišta šume
K – Poljoprivredna zemljišta
K1 – Najbolja poljoprivredna zemljišta
K2 – Druga poljoprivredna zemljišta
L – Područja mineralnih sirovina
N – Područja za svrhu zaštite od katastrofe
O – Područja ekološke infrastrukture
OO – Ostala područja
P – Područje prometne infrastrukture
U – Stambena područja
S – Urbane površine
V – Površinske vode
VI – Područja vodne infrastrukture
Z – Područja zelenih površina
Ostalo

1.8.2 Izvatci odredbi iz prostorno-planskih akata (plan prostornog uređenja)

Osnovna namjena:

- Energetska infrastruktura – JEK Jedrska elektrarna Krško (Nuklearna elektrana Krško)

Na temelju članka 5. Uredba plan prostornog uređenja obrađuje sljedeće namjene zemljišta na području unutar ograda Nuklearne elektrane Krško:

- površine za izgradnju,
- neizgrađene površine,
- prometne površine,
- površine namijenjene infrastrukturi.

Članak 10.

Uvjeti za urbanističko, arhitektonsko i krajobrazno uređenje

Iz aspekta urbanističkog projektiranja, planirani objekti u kompleksu nuklearne elektrane, osim općih načela građenja u industrijskim kompleksima, moraju uzeti u obzir prije svega:

Funkcionalni raspored objekata, jasnu prometnu povezanost unutar kompleksa, prilagodbu dimenzija objekata na već izgrađenu konstrukciju, tehnološku povezanost, funkcionalnu i racionalnu izgradnju infrastrukture, humano radno okružje te racionalno korištenje prostora.

Arhitektonsko projektiranje objekata potrebno je prilagoditi već postojećim i težiti što ujednačenijem izgledu cjelokupnog kompleksa. [1]

Članak 11.

Pri projektiranju objekata mora se voditi računa o nadmorskoj visini platoa od 155,20.

Trase primarne mreže su shematski prikazane i prilagođene tehnološkim rješenjima planiranih objekata i uređaja.

Članak 12.

Planirani objekti spojit će se na postojeću komunalnu infrastrukturu.
Vodovod: za predviđene objekte neće biti potrebno povećavati kapacitet vodovoda koji iznosi 20 l/s.
Elektrika: konačni priključak kompleksa bit će iz predviđenog novog RTP-a preko zemaljskog kablovoda.
Kanalizacija: priključci novih objekata izvode se na postojeću kanalizacijsku mrežu.
Ceste: grade se nove asfaltne površine u području za nadogradnju sigurnosti te se rekonstruira parkirališta ispred ulazne zgrade.

Članak 13.

Kod realizacije objekata – zemljanih radova, iskopani materijal odlaže se u napuštene šljunčare na lijevoj obali Save, humus se koristi za izgradnju travnjaka u sklopu kompleksa elektrane.

Članak 14.

Tolerancije dimenzija predviđenih objekata utvrđene su pri definiranju pojedinih objekata u članku 10. Uredbe.

Za sve ostale objekte i uređenja dopuštena su odstupanja od ± 10 %.

Članak 14. a

Izgradnja planiranih objekata i uređenja može teći u fazama.

Članak 14. b

Na području plana prostornog uređenja dopuštene su adaptacije, investicijsko održavanje i rekonstrukcije objekata čiji se kapacitet ne smije mijenjati, a ekološko stanje pogoršavati.

Nakon izgradnje planiranih objekata obuhvaćenih ovom Uredbom, dopuštene su adaptacije, investicijsko održavanje i rekonstrukcije novih objekata.

[1] U nastavku članka navedene su odredbe koje se odnose na pojedine objekte i prostore u kompleksu: područje sigurnosne nadogradnje (suho skladište IG), ulazni objekt, parkirališta, pumpa za gorivo za motorna vozila, temelj za rezervni transformator, objekt za pripremu bačvi za skladištenje NSRAO-a, zgrada za osiguranje, sustav odmrzavanja putova do skladišta zapaljivih tekućina, zgrada simulatora, nadstrešnica prijenosnog kompresora, dodatna baterija rashladnih ćelija, prostorija za dekontaminaciju, nadstrešnica za manipulaciju opremom i pošiljkama radioaktivnog tereta, objekt za boriranu vodu, zelene površine.

U području plana prostornog uređenja dopušteni su i zahvati namijenjeni poboljšanju stanja i povećanju sigurnosti rada NEK-a, ali ne mijenjaju opće temelje uređenja u planu uređenja.

Članak 14. c

Tijekom pripreme dokumentacije za ishođenje mišljenja i građevinske dozvole dopuštena su odstupanja od funkcionalnih, projektnih i tehničkih rješenja utvrđenih planom prostornog uređenja, pod uvjetom da se u detaljnijem elaboratu geoloških, geomehaničkih, hidroloških i drugih uvjeta pribave tehnička rješenja koja su primjerenija s tehničkog, projektnog, ekološkog ili sigurnosnog stajališta, koja uzimaju u obzir najsuvremeniju tehnologiju i omogućavaju racionalnije korištenje prostora.

Odstupanja od funkcionalnih, tehničkih ili projektantskih rješenja utvrđenih planom prostornog uređenja ne smiju pogoršavati stanje na području plana prostornog uređenja, ne smiju negativno utjecati na susjedna područja i ne smiju biti u suprotnosti s javim interesom. Dopuštena odstupanja moraju odobriti mjerodavni davatelji mišljenja koji su zaduženi za ova odstupanja i u čijoj je ovlasti Općina Krško.

Članak 15.

Kvaliteta pročišćene vode i uređaja za pročišćavanje mora udovoljavati zahtjevima danog vodnogospodarskog mišljenja.

Članak 18.

Pri praćenju toplinskog onečišćenja rijeke Save mijenja se i stupanj dotoka vode iz Save u podzemne vode čija temperatura ne smije porasti na +15 Celzijevih stupnjeva.
Uvjeti za prikupljanje vode iz rijeke Save i ispuštanje rashladne vode u nju utvrđuju se vodoprivrednom suglasnošću. Zbog utjecaja rashladnih voda na temperaturu rijeke Save, mora se redovito pratiti i utjecaj rijeke Save na temperaturu podzemne vode.

Članak 19.

Polazna točka za kapacitet skladištenja i odlaganja nisko- i srednjoradioaktivnog otpada je da maksimalna ekvivalentna doza zračenja iz cijelog kompleksa nuklearne elektrane smije iznositi 0,2 mSv godišnje na ogradi NEK-a. Mjerenja se provode na zaštitnoj ogradi nuklearne elektrane, osim na području postojeće i planirane distribucijske transformatorske stanice (LN*198/86) gdje se mjerenje obavlja na unutarnjoj sigurnosnoj ogradi (između elektrane i RTP-a). Ograda se ne smije pomicati.
Postojeće privremeno skladište za nisko- i srednjoradioaktivan otpad ne smije se povećavati niti nadograđivati.
Na području plana prostornog uređenja i zaštitnih zona kompleksa NE nije predviđeno konačno odlagalište nisko- i srednjoradioaktivnog otpada.

Članak 20.

Svi zahvati u prostoru moraju biti planirani na način da aktivnosti na području upravljanja ne prelaze graničnu razinu buke za IV. stupanj zaštite od buke (70 dB/A). U slučaju prekoračenja graničnih razina provodi se dodatna zaštita od buke.

Članak 21.

Samostalna meteorološka postaja obvezna je dok god postoji NEK. Program mjerenja mora biti usklađen s programom mjerenja i metodologijom primjenjivom na globalnoj nacionalnoj mreži s kojom postaja mora biti telemetrijski povezana. Program mjerenja utvrđuje Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost odlukom.

Članak 26.

Plan uređenja ne rješava uvjete za zatvaranje NEK-a nakon isteka vijeka trajanja nuklearne elektrane. To je predmet posebnih prostorno provedbenih akata.

Članak 27.

Plan uređenja ne bavi se konačnim skladištenjem istrošenog goriva.

1.8.3 Podaci o zaštićenim područjima i ograničenjima

- Zemljište je u području infrastrukture – Zračna luka – ograničena namjena;
- Zemljište je u zaštitnom pojasu NEK-a: kontrolirano područje, uže područje kontrolirane uporabe i šire područje kontrolirane uporabe (Uredba o područjima ograničene uporabe prostora zbog nuklearnog objekta i o uvjetima izgradnje objekata na tim područjima, Službeni list Republike Slovenije, br. 78/19).[2]

1.8.4 Zahtjevi koji proizlaze iz radnih dozvola

- Odluka – Suglasnost za početak rada NEK-a, Odluka Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04 / 83-5 od 6. veljače 1984. godine, Izmjena dozvole za rad NEK-a, Odluka Uprave Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) br. 3570-8/2012/5 od 22. travnja 2013. i NPP Krško Updated Safety Analysis Report (u daljnjem tekstu USAR);
- Pravilnik o obvezama osoba koje obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja i nositelja izvora ionizirajućeg zračenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18) SV8;
- Pravilnik o mjerama zaštite od zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 47/18) SV8A;
- Uredba o područjima ograničene uporabe prostora zbog nuklearnog objekta i o uvjetima izgradnje objekata na tim područjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 78/19) UV3;
- Okolišna dozvola br.: 35441-103/2006-24 od 30. lipnja 2010, kada su izmijenjene tri točke (izmijenjene točke 1.1., 1.4. i 1.8. OVD-a) i ponovno odlučeno Odlukom br. 35441-103/2006-33 od 4. lipnja 2012. godine te izmijenjena (izmijenjena točka 1.5., tablica 3) Odlukom br. 35444-11/2013-3 od 10. listopada 2013.

Radna dozvola i sigurnosni izvještaj (USAR)

Najvažniji dokument za rad NEK-a je radna dozvola, koja je neposredno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a (USAR – Updated Safety Analysis Report) i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane.

Pravilnik o obvezama osoba koje obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja i nositelja izvora ionizirajućeg zračenja (SV8) / Pravilnik o mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima (SV8A)

Pri radu NEK-a također se poštuje Pravilnik SV8 o obvezama osoba koje obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja i nositelja izvora ionizirajućeg zračenja ili Pravilnik SV8A o mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima, koji ograničava brzinu doze na granici objekta (3 μSv/h), a plan prostornog uređenja NEK-a ograničava maksimalnu godišnju ekvivalentnu dozu zračenja iz cijelog kompleksa na ogradi NEK-a (0,2 mSv/god.).

Uredba o područjima ograničene uporabe prostora zbog nuklearnog objekta i o uvjetima izgradnje objekata na tim područjima (UV3)

Uredba UV3 definira područja ograničene uporabe prostora, među kojima razlikujemo: kontrolirano područje, područje kontrolirane uporabe i šire područje kontrolirane uporabe. Na NEK se odnosi odredba kontroliranog područja iz članka 6. stavka 1. UV3-a koja određuje radijus od 500 metara oko osi reaktora.

[2] Kontrolirano područje je područje kruga s centrom u središtu reaktora nuklearne elektrane i polumjerom od 500 m; uže područje kontrolirane uporabe je područje izvan kontroliranog područja i unutar područja omeđenog izvana kružnicom kruga sa središtem u središtu reaktora nuklearne elektrane i polumjerom od 650 m te linijom koja tu kružnicu siječe u točkama s koordinatama y = 540 010,62 m i x = 88 927,02 m i koordinatama y = 540 772,11 m i x = 88 834,04 m; šire područje kontrolirane uporabe je područje izvan užeg područja kontrolirane uporabe i unutar kruga sa središtem u središtu reaktora nuklearne elektrane i polumjerom od 1500 m.

1.8.5 Strateška procjena utjecaja na okoliš

U postupku strateške procjene utjecaja na okoliš Izmjena i dopuna plana prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško radi prostornog planiranja od zajedničkog interesa, sastavljač plana je Općina Krško, Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja donijelo je Odluku br. 35409-155/2019 od 14. kolovoza 2019., u kojem je utvrđeno sljedeće:

1. U postupku pripreme i donošenja plana, izmjena i dopuna plana prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško za prostorno planiranje od zajedničkog državnog i lokalnog značaja potrebno je provesti postupak strateške procjene utjecaja na okoliš.
2. U postupku izrade i donošenja Plana, Izmjena i dopuna plana prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško za prostorno planiranje od zajedničkog državnog i lokalnog značaja nije potrebno provoditi postupak Procjene prihvatljivosti zaštićenih područja.
3. U postupku izrade i donošenja Plana, Izmjena i dopuna plana prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško za prostorno planiranje od zajedničkog nacionalnog i lokalnog značaja potrebno je provesti prekogranično savjetovanje.
4. Utvrđuje se monitoring plana kao što je određeno u članku 10. Uredbe o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško, točki 11.

Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja u odluci o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš br. 35409-155/2019/68 od 3. ožujka 2020. utvrdilo je prihvatljivost utjecaja provedbe plana i to obrazložilo na sljedeći način:
U postupku utvrđivanja prihvatljivosti utjecaja provedbe plana na okoliš Ministarstvo je razmotrilo dobivena mišljenja ministarstava i organizacija koji sudjeluju u postupku strateške procjene utjecaja na okoliš te zemalja Austrije i Hrvatske.

Nakon uvida u materijal Ministarstvo utvrđuje da su sva mišljenja ministarstava i organizacija u Sloveniji za stratešku procjenu utjecaja na okoliš pozitivna te da nema dodatnih zahtjeva za smanjenje plana zaštite okoliša za fazu strateške procjene utjecaja na okoliš. Nakon provjere svih materijala, Ministarstvo smatra da su utjecaji provedbe na okoliš prihvatljivi.

Sukladno članku 22. stavku 6. Uredbe o izvještaju o stanju okoliša i o detaljnom postupku strateške procjene utjecaja provedbe planova na okoliš (Službeni list Republike Slovenije, br. 73/05), u odluci o potvrđivanju plana moraju biti navedene i mjere ublažavanja za otklanjanje očekivanih značajnih ili uništavajućih utjecaja, kriteriji i uvjeti koji moraju biti ispunjeni da bi se plan mogao provesti te načini na koje se može pratiti provedba plana.

Ministarstvo utvrđuje da su sve mjere planirane i obrazložene u izvještaju o okolišu te da nema prijedloga dodatnih mjera u fazi prostornog plana. U skladu s prvim stavkom članka 23. Uredbe o izvještaju o stanju okoliša i o detaljnom postupku strateške procjene utjecaja provedbe planova na okoliš, odluka o praćenju provedbe plana donosi se nakon odobrenja. Praćenje stanja okoliša provodi se u skladu sa sektorskim propisima, a dodatno je definirano člankom 10. Uredbe o Izmjenama i dopunama plana prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško od zajedničkog značaja za prostorno planiranje.

2. VRSTA I KARAKTERISTIKE ZAHVATA:

2.1 OPĆENITO

Nositelj zahvata planira produljiti pogonski vijek NEK-a s 40 na 60 godina, odnosno od 2023. do 2043. godine.

Predmet procjene utjecaja na okoliš je produljenje pogonskog vijeka NEK-a, pri čemu se mijenja vijek pogona elektrane tako da se on produlji za 20 godina, s 40 na 60 godina. Pri tome se:

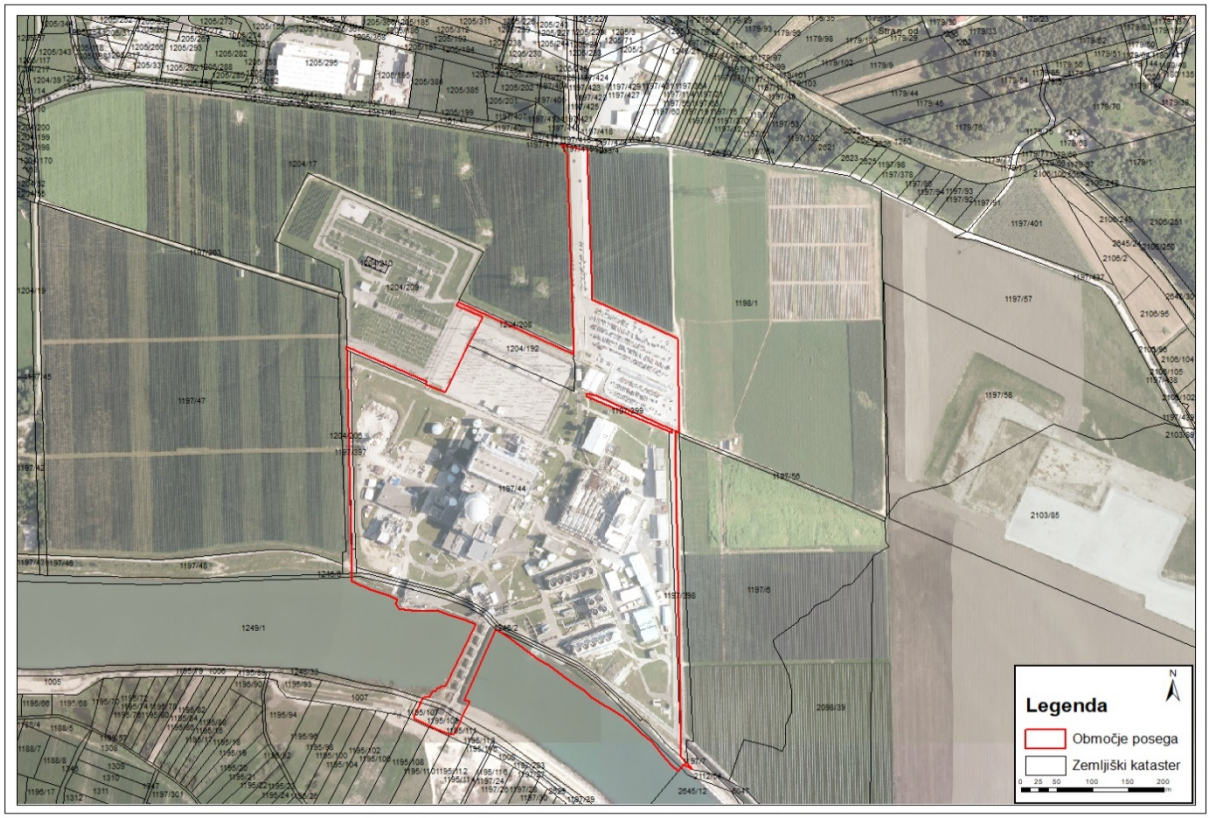
- **ne mijenja** položaj ili lokacija NEK-a prostorno;
- **ne mijenjaju** dimenzije ni plan NEK-a tehnologijom;
- **ne mijenjaju** proizvodni kapacitet NEK-a i način rada.

Produljenjem pogonskog vijeka nije predviđena izgradnja novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizička svojstva NEK-a.

Nuklearna elektrana Krško (NEK) sa snagom od 696 MWe čini ~38 % ukupne proizvodnje u Sloveniji te je tako uvrštena u sam vrh slovenske proizvodnje električne energije. Polovica proizvedene energije izvozi se u Republiku Hrvatsku.

NEK je opremljen Westinghouseovim lakovodnim tlačnim reaktorom toplinske snage 1994 MW. Snaga elektrane na pragu je 696 MW. Priključena je na mrežu od 400 kV za opskrbu potrošačkih središta u Sloveniji i Hrvatskoj.

Namjena cijelog kompleksa je proizvodnja električne energije.



Slika 2: Prikaz predmetnog područja u mjerilu 1:4000 (izvor:/1/)

LEGENDA
Područje zahvata
Zemljišni katastar

NEK prema svojim pogonskim karakteristikama pokriva osnovno opterećenje cijele godine. Osim toga, kao pouzdan izvor radne snage i jalove snage, važna je točka potpore elektroenergetskom sustavu unutar europskog okvira ENTSO-E – Europske mreže operatora prijenosnog sustava za električnu energiju. To je bitan čimbenik u stabilizaciji kritičnih radnih uvjeta i naponskih uvjeta, posebno u slučaju velikih prijelaznih pojava unutar ENTSO-E-a.

Rad elektrane između dva remonta naziva se gorivni ciklus. Tijekom remonta dio istrošenog goriva zamjenjuje se novim gorivom, provode se preventivni pregledi opreme i zamjena dijelova, provjera integriteta materijala, kontrolna ispitivanja i korektivne mjere glede utvrđenog stanja.

Najvažniji dokument za rad NEK-a je radna dozvola, koja je neposredno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a (USAR – Updated Safety Analysis Report) i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. Nakon implementacije sustava suhog skladištenja u NEK-u sigurnosni izvještaj bit će proširen i dopunjen uvjetima i ograničenjima za rad.

NEK radi sukladno odluci – suglasnosti za početak rada NEK-a – Odluci Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine, izmjena radne dozvole NEK-a – Odluci URSJV-a br. 3570-8/2012/5 od 22. travnja 2013. /4/ i NPP Krško Updated Safety Analysis Report /3/ (u daljnjem tekstu USAR).

NEK – u postojećem stanju i nakon produljenja pogonskog vijeka – ne uvrštava se među djelatnosti i uređaje koji mogu u većoj mjeri onečistiti okoliš prema Uredbi o vrsti djelatnosti i uređaja koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većeg razmjera (Službeni list Republike Slovenije, broj 57/15).

NEK – u postojećem stanju i nakon produljenja pogonskog vijeka – ne uvrštava se među postrojenja manjeg ili većeg rizika za okoliš prema Uredbi o sprječavanju većih nesreća i smanjenju njihovih posljedica (Službeni list Republike Slovenije, br. 22/16).

2.2 LOKACIJA ZAHVATA

2.2.1 Opis lokacije

NEK se nalazi u općini Krško, jugoistočno od mjesta Krško, u katastarskoj općini Leskovec, na adresi Vrbina 12, Krško, na području dugogodišnje uporabe energije na lijevoj obali rijeke Save. NEK je na zemljopisnoj širini: 45,938210 (sjever) i zemljopisnoj dužini: 15,515288 (istok), odnosno 455617,556 (sjever) i 153055,037 (istok) po WGS-84 koordinatama i po Gauss-Kruger koordinatama x = 88353,76 m i y = 540326,67 m.

Uže područje lokacije zahvata prikazano je na slici u poglavlju 11.2.

Kada je Krško polje postalo moguća lokacija za nuklearnu elektranu, prva istraživanja provela je radna skupina Poslovne udruge energetike Slovenije od 1964. do 1969. Investitori prvog NEK-a bili su Savska elektrarna Ljubljana i Elektroprivreda Zagreb, koje su s investicijskom grupom obavile pripremne radove, natječaj i odabrale najpovoljnijeg ponuđača.

U kolovozu 1974. investitori su sklopili ugovor s američkim poduzećem Westinghouse Electric Corporation za nabavu opreme i izgradnju nuklearne elektrane snage 632 MW. Projektant je bilo poduzeće Gilbert Associates Inc., izvođači radova na gradilištu su domaća poduzeća Gradis i Hidroelektra, a montažu su izveli Hidromontaža i Đuro Đaković.

Prvog prosinca 1974. godine položen je kamen temeljac za Nuklearnu elektranu Krško. U veljači 1984. NEK je dobio dozvolu za redoviti rad /4/.

Područje ima dobru cestovnu i željezničku povezanost jer je u blizini križanja regionalnih cesta i u neposrednoj blizini željezničke pruge. Najbliža stambena naselja nalaze se sjeveroistočno (objekti u

Spodnjem Starom Gradu), na udaljenosti od cca 500 m, sjeverno (objekti u Spodnji Libni) na udaljenosti od cca 550 m i cca 1,4 km zapadno (Žadovinek) od lokacije planiranog zahvata.
Najbliži dječji vrtići (Vrtec Dolenja Vas, Vrtec Krško,) nalaze se više od 2 km sjeveroistočno i sjeverozapadno, najbliža osnovna škola (Osnovna škola Leskovec pri Krškem) cca 2,6 km zapadno i najbliža srednja škola (Školski centar Krško-Sevnica) 2,2 km sjeverozapadno od lokacije NEK-a. Dom za starije osobe Krško udaljen je više od 2 km od lokacije planiranog zahvata.

Teren je ravan i na lokaciji zahvata nalazi se na nadmorskoj visini od cca 155 m.

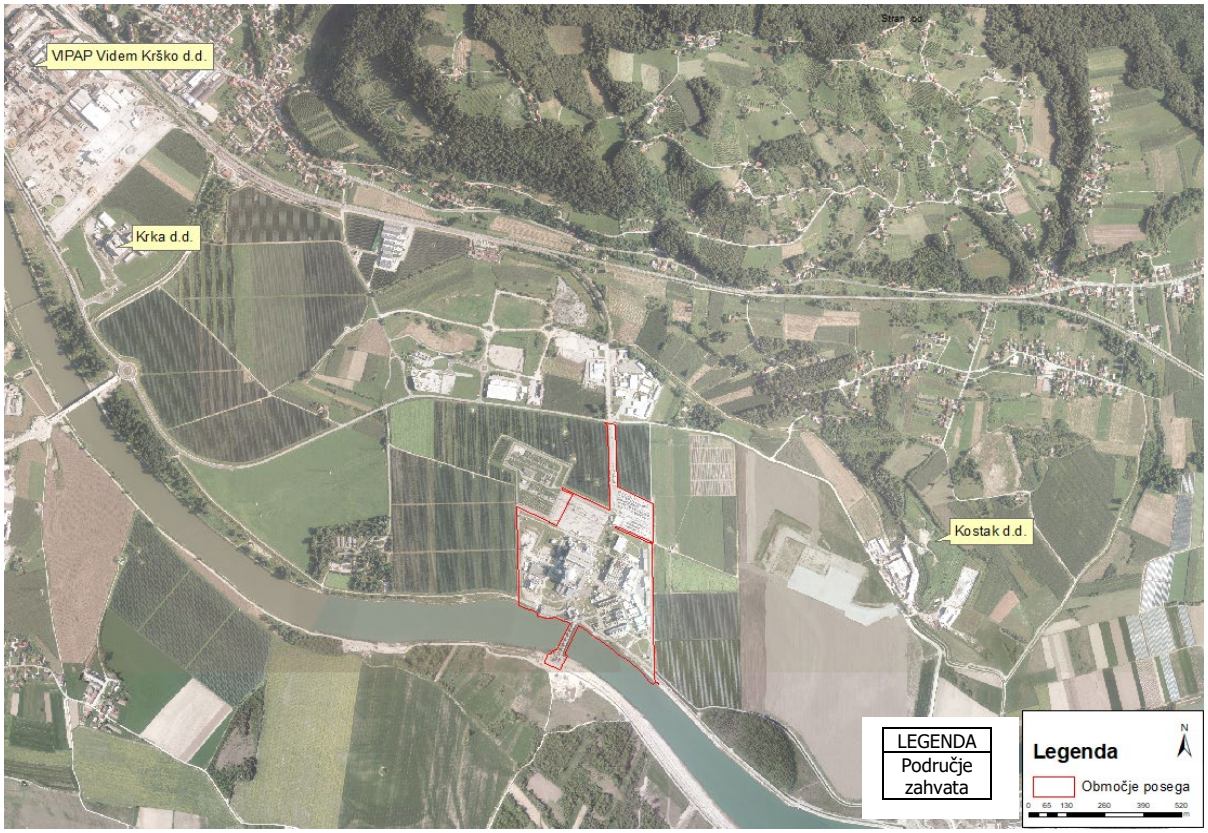
Sjeverno od predmetne lokacije djeluju sljedeće proizvodne tvrtke:

- SECOM d.o.o.,
  glavna djelatnost: 22.230 (Proizvodnja proizvoda od plastičnih masa za graditeljstvo);
- GEN energija d.o.o.,
  glavna djelatnost: 64.200 (Djelatnosti holding društava);
- GEN-I d.o.o.,
  glavna djelatnost: 35.140 (Trgovanje električnom energijom);
- Saramati Adem, d.o.o.,
  glavna djelatnost: 41.200 (Gradnja stambenih i nestambenih zgrada);

Istočno od predmetne lokacije, djeluju:

- KOSTAK d.d. Centar za upravljanje otpadom (IED Naprava),
  glavna djelatnost: 36.000 (Skupljanje, pročišćavanje i distribucija vode);

Na udaljenosti 800 – 2000 m od predmetne lokacije su tri IED naprave VIPAP VIDEM KRŠKO d.d., KRKA d.d. i KOSTAK d.d. (Slika 3). Na području Krškog trenutačno nema većih ili manje rizičnih postrojenja (Seveso) /59/.



Slika 3: IED naprave u široj okolici zahvata, mjerilo 1:15.000 (izvor: Atlas okoliša /60/)

2.2.2 Brojevi parcela

Područje zahvata nalazi se na zemljištima sa sljedećim brojevima parcela:

- parcele u vlasništvu NEK-a: 1197/44, 1204/192, 1197/397, 1246/2, 1197/398 (djelomično) i 1204/206 (djelomično), sve k. o. (1321) Leskovec.

- dijelovi parcela na kojima NEK ima stambeno pravo: 1204/209, 1246/6, 1249/1, 1246/33, 1195/107, 1195/109, 1195/111, sve k. o. (1321) Leskovec.

Grafički prikaz prostornih karakteristika zahvata nalazi se u poglavlju 11.2., pregled situacije i područje zahvata prikazani su u **Prilogu 2**.

2.3 VELIČINA / KAPACITET ZAHVATA

2.3.1 Snaga reaktora

NEK je nuklearni objekt opremljen Westinghouseovim lakovodnim tlačnim reaktorom toplinske snage 1994 MW.

Snaga elektrane na pragu je 696 MW. Priključena je na mrežu od 400 kV za opskrbu potrošačkih središta u Sloveniji i Hrvatskoj.

Godišnje proizvede više od pet milijardi kWh električne energije, što je oko 38 % ukupno proizvedene električne energije u Sloveniji. Polovica proizvedene energije izvozi se u Republiku Hrvatsku.
Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a mijenja se razdoblje pogona elektrane tako da se ono produlji za 20 godina, s 40 na 60 godina. Pri tome se:

- **ne mijenja** položaj ili lokacija NEK-a prostorno;
- **ne mijenjaju** dimenzije ni plan NEK-a tehnologijom;
- **ne mijenjaju** proizvodni kapacitet NEK-a i način rada.

Produljenjem pogonskog vijeka **nije predviđena** izgradnja novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizička svojstva NEK-a.

2.4 PROSTORNE KARAKTERISTIKE ZAHVATA

2.4.1 Uporaba prostora / zemljišta radi zahvata

Većina objekata vezanih za rad elektrane nalazi se na užem kontroliranom području NEK-a (k.č. br. 1197/44, k.o. Leskovec). Detaljna namjena zemljišta sukladno prostornom planu je E – energetska infrastruktura.

Teren je u području zahvata ravan i na visini od približno 155 m n. v. Područje zahvata prikazano je na slici (Slika 2) u poglavlju 2.1

2.4.2 Zahtjevi u vezi s infrastrukturnom opremom

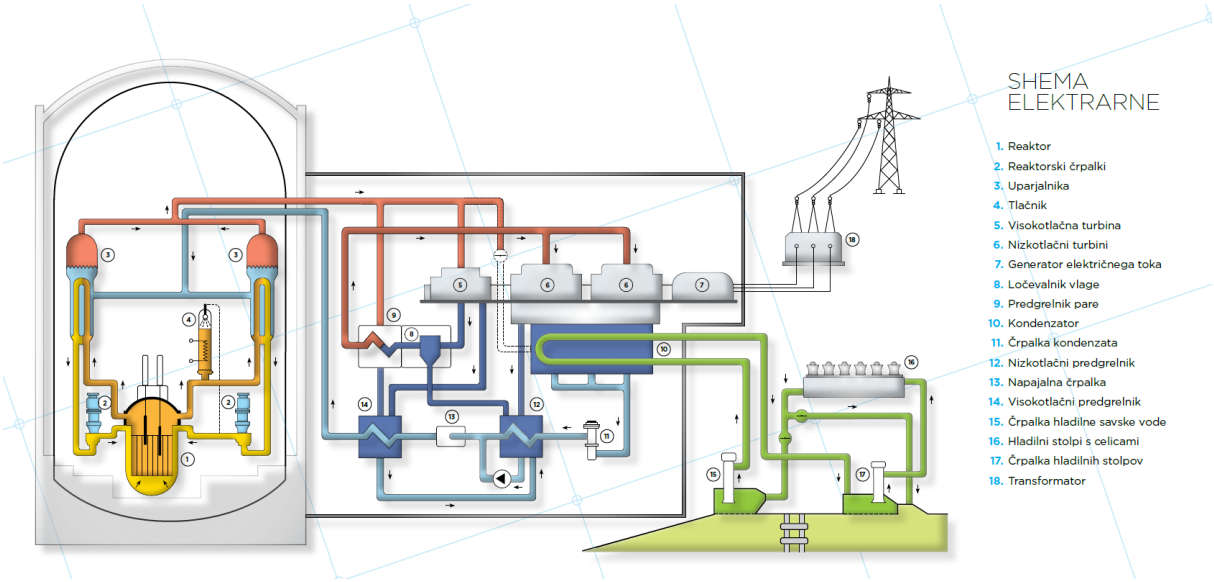
Zbog planiranog produljenja pogonskog vijeka ne planiraju se zahvati na postojećim priključcima javne infrastrukture.

2.5 SVOJSTVA NEK-a

2.5.1 Općenito

Najveći i najvažniji nuklearni objekt u državi je Nuklearna elektrana Krško (NEK), čije vlasništvo dijele Republika Slovenija i Republika Hrvatska. NEK proizvedenom električnom energijom opskrbljuje partnere Gen energiju i Hrvatsku elektroprivredu u skladu s Ugovorom između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u NEK, njegovo iskorištavanje i razgradnju. Svaki od partnera preuzima polovicu proizvedene električne energije. NEK posluje neprofitno, troškove proizvodnje električne energije snose oba partnera.

Namjena cijelog kompleksa je proizvodnja električne energije.



Slika 4: Shema NEK-a (izvor:/1/)

SHEMA NUKLEARNE ELEKTRANE
1. Reaktor
2. Pumpe reaktora
3. Parogenerator
4. Tlačnik
5. Visokotlačna turbina
6. Niskotlačne turbine
7. Generator električnog toka
8. Separator vlage
9. Dampfvorwärmer
10. Kondenzator
11. Pumpa kondenzata
12. Niskotlačni predgrijač
13. Napojna pumpa
14. Visokotlačni predgrijač
15. Pumpa rashladne vode Save
16. Rashladni tornjevi s ćelijama
17. Pumpa rashladnih tornjeva
18. Transformator

Izgradnja elektrane, čiji je dobavljač bilo poduzeće Westinghouse iz Sjedinjenih Američkih Država, počela je 1974. godine. Gorivo je prvi put u reaktor uvedeno 1981., kada je elektrana također sinkronizirana s elektroenergetskom mrežom. 1983. godine elektrana je počela s komercijalnim radom. U tom je razdoblju ispunila osnovna očekivanja i smjernice u pogledu sigurnosti i stabilnosti rada, upravljanja okolišem, konkurentnosti proizvodnje u odnosu na druge izvore i prihvaćanja u javnosti. Danas se NEK prema standardnim kriterijima nuklearne sigurnosti i operativne stabilnosti koje je

definirala Svjetska udruga operatera nuklearnih elektrana (WANO) uvrštava u prvu četvrtinu operativnih nuklearnih elektrana u svijetu.

Nuklearna elektrana Krško opremljena je Westinghouseovim lakovodnim tlačnim reaktorom toplinske snage 1994 MW. Nominalna električna snaga na NEK-ovu generatoru je oko 730 MWe, a na pragu elektrane 696 MWe. Priključena je na 400-kilovoltnu mrežu za opskrbu potrošačkih središta u Republici Sloveniji i Republici Hrvatskoj.

2.5.2 Zgrade

Svi tehnološki važni objekti NEK-a stoje na masivnoj armiranobetonskoj ploči, usidrenoj u glineno-pješčanim slojevima pliocenskih sedimenata Krškog polja. Ta ploča tvori čvrst temelj siguran od potresa. Zgrade su projektirane i izgrađene tako da izdrže očekivane potrese na tom području bez većih oštećenja.

Zgrada reaktora, u kojoj se nalazi reaktor s rashladnim petljama i sigurnosnim sustavima, sastoji se od unutarnjeg tlačnog čeličnog plašta i vanjske armiranobetonske zaštitne zgrade. Tuneli u zgradi reaktora za ljude i opremu opremljeni su zrakonepropusnim prijelaznim komorama s dvostrukim vratima. Mnogi tuneli kroz zidove za cjevovode i kabele dvostruko su zabrtvljeni. Pokraj zgrade reaktora su objekti za pomoćne sustave, hlađenje komponenti, upravljanje gorivom, hitne dizelske generatore i zgrada turbine.

Rashladna voda i bitna opskrbna voda uzimaju se na obali rijeke Save iznad brane, čime se osigurava dovoljna visina vode na svim vodostajima. Ispust rashladne vode je ispod brane. U slučaju nedovoljnog protoka vode u Savi, rashladnu vodu kondenzatora hlade rashladni tornjevi, s rashladnim ćelijama s prisilnom vučom.

Skladište srednje- i niskoradioaktivnog otpada nalazi se na jugozapadnom rubu elektrane. Upravna zgrada s radionicama i rasklopno postrojenje na sjevernom su rubu, na ulazu u elektranu.

2.5.3 Reaktor s rashladnim petljama

Westinghouseov tlačni reaktor s dvije rashladne petlje sastoji se od reaktorske posude s unutarnjom opremom i poklopcem, dva parogeneratora, dvije pumpe rashladne tekućine reaktora, tlačnika, cjevovoda, ventila i pomoćnih reaktorskih sustava.

Kao rashladna tekućina reaktora, moderator neutrona i otapalo borne kiseline rabi se uobičajena demineralizirana voda. U parogeneratoru rashladna tekućina reaktora oslobađa toplinu, koja zagrijava napojnu vodu na sekundarnoj strani parogeneratora i pretvara je u paru. Tlak rashladne tekućine održava tlačnik s pomoću električnih grijača i vodnih tuševa, koji se napajaju vodom iz hladnog ogranka rashladne petlje reaktorske rashladne tekućine.

Mjerači neutronskog toka, temperature i protoka rashladne tekućine reaktora te tlaka i razine vode u tlačniku osiguravaju potrebne podatke za kontrolu procesa rada i zaštitu reaktorskog sustava.

Snaga reaktora regulirana je regulacijskim šipkama. Pogonski mehanizmi regulacijskih šipki su pričvršćeni na poklopac reaktora i njihove apsorpcijske šipke se protežu u jezgru reaktora. Dugotrajne promjene reaktivnosti jezgre i njezino kontaminiranje proizvodima fisije kompenziraju se promjenom koncentracije borne kiseline u rashladnoj tekućini reaktora.

2.5.4 Nuklearno gorivo

Jezgra reaktora sastoji se od 121 gorivnog elementa. Gorivni element tvore gorivne šipke, donje i gornje mlaznice, odstojnici i vodilica apsorpcijskih šipki i instrumenti. Gorivne šipke sastoje se od tableta uranijeva dioksida koje su umetnute u košuljice od legure cirkonija.

Tijekom remonta gotovo polovica gorivnih elemenata je zamijenjena novima. Novi gorivni elementi pohranjuju se u suho skladište goriva. Istrošeni gorivni elementi pohranjuju se u bazenu istrošenog goriva pod vodom gdje se hlade.

U tijeku je modernizacija tehnologije skladištenja istrošenog goriva (IG) uvođenjem suhog skladištenja. Zgrada za suho skladištenje istrošenog goriva gradi se u sklopu postojećeg nuklearnog objekta (vidi poglavlje 2.7.11.).

Tijekom izmjene goriva gorivni elementi se transportiraju po vodenom kanalu kroz zid reaktorske zgrade u bazen reaktora. Gorivo se puni pri otvorenom reaktoru kada se prostor iznad njega napuni vodom. Stroj za punjenje podiže stare gorivne elemente iz jezgre reaktora i ugrađuje nove. Gorivni element u principu ostaje u jezgri najmanje dva gorivna ciklusa. Jedan gorivni ciklus traje 18 mjeseci.

2.5.5 Turbogenerator i električni sustav

Parogeneratori proizvode zasićenu paru koja pokreće turbinu. Para se širi u dvokrilnom visokotlačnom dijelu turbine do tlaka od 0,8 MPa, a zatim se nakon uklanjanja vlage i pregrijavanja u dva niskotlačna dijela turbine širi do tlaka od 5 kPa. Ukapljuje se u četverodijelnom kondenzatoru, a napojne pumpe vraćaju kondenzat kroz grijače u parogenerator.

Kod protoka rijeke Save većih od 100 kubičnih metara u sekundi hlađenje kondenzatora je protočno. Kod nižih protoka protočno hlađenje se kombinira s rashladnim tornjevima, tako da se manji dio vode uzima iz Save, a ostatak se recirkulira rashladnim tornjevima. Temperatura vode u Savi može porasti za najviše 3 °C nakon miješanja s rashladnom vodom.

Generator električnog toka je trofazni, snage 850 MVA i cos fi 0,876 te napona 21 kV. Rotor trofaznog generatora hladi se vodikom, a stator vodom. Uzbudnik nema četke.

Nuklearna elektrana Krško uključena je u 400-kilovoltni prijenosni elektroenergetski sustav. Električna energija od generatora preko dva transformatora teče do rasklopnog postrojenja elektrane, a odande jednim dalekovodom do Maribora, dvama do Ljubljane i Zagreba te preko dva transformatora do 110-kilovoltne sabirnice RTP-a (razvodno-transformatorske stanice) Krško.

Elektrana se opskrbljuje električnom energijom iz vlastitog generatora ili iz 400-kilovoltnog sustava, a u slučaju nestanka struje, preko 110-kilovoltnog kabelskog voda iz RTF-a Krško. Dodatno napajanje elektrane može osigurati Termoelektrana Brestanica, koja je od NEK-a udaljena oko 7 km. Elektrana Brestanica može isključiti sve ostale potrošače i opskrbljivati samo NEK.

U slučaju kvara vanjskih izvora energije, NEK ima tri neovisna dizelska generatora (DG#1 i DG#2 od 3,5 MW i DG#3 od 4 MW) koji mogu isporučiti energiju za samo 10 sekundi. Snaga svakog je dovoljna za napajanje potrebne opreme, što osigurava sigurno zaustavljanje elektrane. U NEK-u su ugrađeni i mobilni generatori koji bi se koristili u slučaju potrebe za hitnim napajanjem zbog oštećenja interne električne mreže.

2.5.6 Radioaktivni otpad

Tijekom rada NEK-a nastaje plinoviti, tekući i kruti radioaktivni otpad. Za obradu radioaktivnih otpadnih plinova elektrana ima dva paralelno zatvorena kruga s kompresorom i katalitičkom peći za izgaranje vodika te šest kolektora za razgradnju i zadržavanje komprimiranih fisijskih plinova. Za vrijeme redovitog rada elektrane rabe se četiri plinska kolektora, a dva uz ugašen reaktor. Kapacitet kolektora dovoljan je za više od mjesec dana zadržavanja plina. Za to vrijeme većina kratkoživućih fisijskih plinova se razgrađuje, a preostali plinovi odlaze u atmosferu pod povoljnim meteorološkim uvjetima. Automatski mjerači radioaktivnosti u ventilacijskom šahtu sprječavaju nekontrolirana ispuštanja kada je koncentracija radioaktivnih plinova veća od dopuštene /3/.

Tekući radioaktivni otpad obrađuje se u sustavu koji se sastoji od spremnika, pumpi, filtara, isparivača i dva ionska izmjenjivača. Voda iz slivnika parogeneratora čisti se zasebno. Radioaktivnost otpadnih voda koje se ispuštaju u rijeku Savu znatno je niža od dopuštenih vrijednosti. U poglavlju 4.4.7.1. obrađena su tekuća ispuštanja. Efektivna doza za odraslu osobu zbog ispusta u rijeku Savu u 2020. godini iznosi 0,006 µSv godišnje u Brežicama (boravak na obali i konzumacija ribe). Na lokaciji 350 m ispod brane NEK-a izračunata je godišnja efektivna doza za odraslu osobu od 0,014 µSv. Kad bi se uzele u obzir prosječne navike referentne osobe, primljene efektivne doze bile bi nekoliko puta niže. U ukupnoj efektivnoj dozi tako najviše pridonosi H-3 (44 %), pri čemu prevladava prijenosni put konzumacije ribe.

Procijenjene efektivne doze su više od 1000 puta niže od doze od 0,1 mSv koja je u Uredbi o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji (Službeni list Republike Slovenije, br. 18/18) u članku 18. određena kao doza s pomoću koje se izračunavaju izvedene koncentracije za pitku vodu.

Sav kruti radioaktivni otpad koji nastane tijekom rada elektrane, tijekom radova održavanja i popravaka prikuplja se u postrojenju za kruti otpad. Većina otpada su istrošeni ionski izmjenjivači, talog iz isparivača, istrošeni filtri i drugi kontaminirani kruti otpad kao što su plastika, papir, krpe, osobna zaštitna oprema, alati i dijelovi strojeva.

Ovisno o namjeni, kruti radioaktivni otpad nakon obrade, kao što je kompresija ili stvrdnjavanje, utovaruje se u različite pakete: Bačva od nehrđajućeg čelika od 208 l, bačva od nehrđajućeg čelika od 200 l ili bačva od nehrđajućeg čelika od 150 l s biološkim štitom. Bačve i otpresci se dalje stavljaju u cjevaste spremnike (Tube Type Container). Paketi se privremeno pohranjuju u skladište u elektrani. Tijekom rada elektrane doprinos doze u okolici zbog NEK-a je manji od 0,1 % godišnje primljene doze zbog prirodne pozadine i umjetnih izvora. To osiguravaju suvremeni uređaji za čišćenje i stalni nadzor okoline elektrane /3/.

Radioaktivnost u Krškom polju mjeri se od 1974. godine na pedesetak mjesta oko elektrane. Na istim mjernim mjestima tijekom rada provode se i mjerenja zraka, vode, oborina i bioloških uzoraka. Ti podaci uspoređuju se s onima o prirodnoj radioaktivnosti i atmosferskom taloženju prije rada.
Praćeno je i stanje voda i biotopa u rijeci Savi i podzemnim vodama. Ta mjerenja nastavljaju se i tijekom rada. Detaljan prikaz stanja i izloženosti okoliša zračenju naveden je u poglavlju 4.4.

2.5.7 Priprema vode u tehnološke svrhe

Sustavi tehnološke vode obuhvaćaju dva sustava:

-
- sustav filtrirane vode (PW – Water Pretreatment System) i
- sustav pripreme deionizirane vode (WT – Water Treatment System).
-

Sustav filtrirane vode (PW) i sustav deionizirane vode (WT) ugrađeni su u objektu za pročišćavanje vode. Cjelokupni sustav pripreme tehnološke vode računalno je upravljan. Upravlja se daljinski s pomoću dvaju PLC-a (Programmable Logic Controller). Sustavi tehnološke vode ne pripadaju klasi sigurnosti, ali kvar tih sustava može izazvati automatski kvar komponenti kojima je potrebna tehnološka voda za uobičajeni rad.

Oni pumpaju sirovu vodu iz bunara ili koriste vodovodnu vodu. Sirova voda se skuplja u bazenu sa sirovom vodom. Odande se pumpa kroz dvoslojne filtre, gdje se dodaje sredstvo za sterilizaciju vode (natrijev hipoklorit) u spremnik za filtriranu vodu (PW spremnika). Svrha sustava filtrirane vode je opskrbiti sve potrošače filtrirane vode. Svrha sustava za pripreme deionizirane vode je priprema što čišće vode i opskrba potrošača njome u primarnom i sekundarnom krugu.

Sustav za obradu sirove vode dizajniran je za osiguravanje filtrirane vode za sustav za pripremu vode (WT), brtvene vode CW i CT pumpe te distribuciju PW vode:

- tijekom normalnog rada elektrane sustav proizvodi 45,9 m^3/h PW vode;
- u razdoblju povećane potrošnje nakon godišnjeg remonta sustav osigurava 129,2 m^3/h PW vode.

Sustav za pripremu vode WT uključuje:
- proizvodnju deionizirane vode,
- pripremu kemikalija za potporu procesa pročišćavanja vode,
- skladištenje i distribuciju deionizirane vode.

Svrha sustava za pripremu deionizirane vode (WT) je priprema potrebne količine vode propisane kvalitete. Također omogućuje skladištenje i pumpanje deionizirane vode (DD) do pojedinačnih potrošača. Svrha DD sustava je distribucija vode visoke čistoće iz WT sustava do potrošača na primarnoj i sekundarnoj strani elektrane.

Sustav deionizirane vode (DD) dizajniran je za osiguravanje maksimalnog protoka od 70 m^3/h (308,2 gpm) u spremniku DD. Spremnici DD imaju kapacitet od 379 m^3 (10.000 galona) i 1000 m^3 (26.000 galona).

2.6 TEHNOLOGIJA NEK-a

NEK proizvodi toplinu fisijom jezgri uranija u reaktoru. Reaktor se sastoji od reaktorske posude s gorivnim elementima koji čine jezgru. U primarnom krugu kroz reaktor cirkulira pročišćena voda s dodatkom borne kiseline koja pod tlakom odvaja oslobođenu toplinu u parogenerator.

U parogeneratorima na sekundarnoj strani nastaje para koja pokreće turbinu, koja zatim pokreće električni generator. Nakon što para izađe iz turbine, kondenzira se u kondenzatoru hlađenom vodom iz Save. Kondenzat se zatim pumpa natrag u parogenerator gdje ponovno isparava.

Voda iz Save teče kroz kondenzator (tj. tercijarni krug) gdje se kondenzira para i ispušta višak energije u rijeku Savu. Sva oprema reaktora i pripadajućeg primarnog rashladnog kruga je u zgradi reaktora, koja se zbog svoje funkcije naziva i zaštitna zgrada.

Reaktorska je posuda, u kojoj su gorivni elementi, tijekom rada čvrsto zatvorena i pod visokim tlakom. Za planiranu izmjenu goriva elektrana se mora zaustaviti i ohladiti. Razdoblje između dvije izmjene goriva naziva se gorivni ciklus koji u NEK-u traje 18 mjeseci. Na kraju svakog gorivnog ciklusa istrošeni gorivni elementi se zamjenjuju novima. Gorivni element u principu ostaje u jezgri najmanje dva gorivna ciklusa.

2.6.1 Primarni krug

Primarni krug se sastoji od:
- reaktora,
- parogeneratora,
- reaktorske pumpe,
- tlačnika i cjevovoda.

Toplina koja se otpušta u jezgri reaktora, zagrijava vodu koja kruži u primarnom krugu. Toplina vode se preko stijenka cijevi u parogeneratorima prenosi na vodu sekundarnog kruga. Kruženje vode u primarnom krugu osiguravaju reaktorske pumpe. Tlačnik zadržava tlak u primarnom krugu i sprječava vrenje vode u jezgri. Sve komponente primarnog kruga smještene su u zaštitnoj zgradi koja ima zadatak i u slučaju nesreće izolirati primarni sustav od okoliša.

2.6.2 Sekundarni krug

Sekundarni krug sastoji se od:
- parogeneratora,
- turbina,
- generatora,
- kondenzatora,
- napojne pumpe i cjevovoda.

Parogeneratori su u principu parni kotlovi u kojima se iz vode sekundarnog kruga stvara voda koja pokreće turbinu. U turbini se energija pare pretvara u mehaničku energiju. Tu energiju generator pretvara u električnu energiju i preko transformatora je prenosi u elektroenergetsku mrežu.

Istrošena para iz turbine teče u kondenzator gdje se pretvara u vodu ili kondenzira u dodiru s rashladnim cijevima kondenzatora. Napojne pumpe potiskuju vodu iz kondenzatora natrag u parogenerator gdje se ponovno stvara para.

2.6.3 Tercijarni krug

Tercijarni krug sastoji se od:
- kondenzatora,
- rashladne pumpe,
- rashladnih tornjeva i cjevovoda.

Tercijarni krug dizajniran je za hlađenje kondenzatora i odvođenje topline koja se ne može dobro iskoristiti za proizvodnju električne energije.

Rashladne pumpe potiskuju vodu iz Save u kondenzator i vraćaju je u rijeku. Pri protjecanju kroz kondenzator voda iz Save se zagrijava jer upija toplinu istrošene pare. Zagrijavanje vode iz Save najvažniji je utjecaj NEK-a na okoliš jer može utjecati na biološka svojstva te rijeke. Zagrijavanje Save ograničeno je upravnim odlukama koje određuju dopušteni porast temperature i količinu vode koja se uzima. U slučaju nepovoljnih vremenskih uvjeta rabe se rashladni tornjevi. U izrazito nepovoljnim vremenskim uvjetima potrebno je smanjiti i snagu elektrane kako bi se poštovala ograničenja.

2.6.4 Tehnički podaci o objektu

Tehnički su podaci o objektu prikazani u tablicama u nastavku:

Tablica 1: Osnovni podaci o elektrani

Vrsta reaktora:	Lakovodni tlačni reaktor
Toplinska snaga reaktora:	1994 MW
Električna snaga na terminalima generatora:	727 MW
Snaga na pragu elektrane:	696 MW
Toplinska učinkovitost:	36,6 %

Tablica 2: Osnovni podaci o gorivu

Broj gorivnih elemenata:	121
Broj gorivnih šipki u gorivnom elementu:	235
Raspoređivanje gorivnih šipki:	16 x 16
Dužina gorivnih šipki:	3,658 m
Materijal košuljice:	Zircaloy-4, ZIRLO
Kemijski sastav goriva:	UO_2

Ukupna količina uranija:	48,7 t

Tablica 3: Osnovni podaci o reaktorskoj rashladnoj tekućini

Tvar:	H_2O
Dodaci:	H_3BO_3
Broj rashladnih petlja:	2
Tlak:	15,41 MPa (157,1 kp/cm^2)
Temperatura na ulazu u reaktor:	287 °C
Temperatura na izlazu iz reaktora:	324 °C

Tablica 4: Osnovni podaci o regulacijskim šipkama

Broj svežnjeva:	33
Apsorber neutrona:	Ag-In-Cd
Postotni sastav:	80-15-5 %

Tablica 5: Osnovni podaci o parogeneratorima

Materijal:	INCONEL 690 TT
Broj parogeneratora:	2
Tlak pare pri izlazu:	6,4 MPa (65,6 kg/cm^2)
Maseni protok pare iz oba parogeneratora:	1088 kg/s

Tablica 6: Osnovni podaci o turbini i generatoru

Maksimalna snaga:	730 MW
Ulazni tlak svježe pare:	6,4 MPa (63 ata)
Temperatura svježe pare:	280,7 °C
Brzina rotacije turbine:	157 rad/s (1500 okr./min)
Vlažnost pare pri ulazu:	0,10 %
Kondenzacijski tlak (vakuum):	5,1 kPa (0,052 ata)
Prosječna temperatura kondenzata:	33 °C
Nazivna snaga generatora:	850 MVA

Nazivna napetost:	21 kV
Nazivna frekvencija generatora:	50 Hz
Nazivni cos 0:	0,876

Tablica 7: Osnovni podaci o transformatorima

Blok transformatori	
Nazivna snaga:	2 x 500 MVA
Prijenosni omjer:	21/400 kV
Transformator za vlastite namjene	
Maksimalno dopuštena trajna snaga:	2 x 30 MVA
Prijenosni omjer:	21/6,3 kV
Pomoćni transformator	
Maksimalno dopuštena trajna snaga:	60 MVA
Prijenosni omjer:	105/6,3/6,3 kV

2.7 OSIGURAVANJE SIGURNOG POGONA NEK-a

2.7.1 Sigurnosni sustavi

Sigurnosni sustavi **sprječavaju** nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Velika se pozornost posvećuje nuklearnoj sigurnosti već u fazi planiranja reaktora i projektiranja elektrane. Sigurnosni sustavi dizajnirani su za pružanje sigurnosnih funkcija u svim radnim uvjetima, čak i u slučaju kvara određene opreme.

Nuklearna elektrana je u sigurnom stanju ako su u svakom trenutku ispunjena tri osnovna sigurnosna uvjeta:

1. učinkovita kontrola reaktivnosti (kontrola snage reaktora),
2. hlađenje nuklearnog goriva u reaktoru, bazenu istrošenog goriva i u suhom skladištu istrošenog goriva,
3. zadržavanje radioaktivnih tvari (onemogućeno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš).

Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš **sprječavaju 4 uzastopne** sigurnosne barijere:

1. **Prva** barijera je nuklearno gorivo (tablete nuklearnog goriva) koje zadržava radioaktivne tvari u sebi.
2. **Druga** barijera je vodootporna košuljica koja okružuje gorivne tablete i sprječava izlazak radioaktivnih plinova iz goriva.
3. **Treća** barijera je granica primarnog sustava (stijenke cijevi, reaktorske posude i druge primarne komponente) koja zadržava radioaktivnu vodu za hlađenje reaktora.
4. **Četvrta** barijera je zaštitna zgrada koja hermetički odvaja primarni sustav od okoliša.

Osnovni cilj prvih triju barijera je **spriječiti** prolazak radioaktivnih tvari do sljedeće barijere, a četvrta barijera sprječava izravno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš NEK-a.

Kako je rad sigurnosnih sustava u slučaju kvara i otkazivanja ili vrlo malo vjerojatne nesreće u nuklearnoj elektrani od najveće važnosti, svi sigurnosni sustavi su duplicirani (nuklearna elektrana ima dvije linije sigurnosnih sustava).

Kako bi se ispunili sigurnosni uvjeti i održale sigurnosne barijere, uvijek je dovoljno upravljati samo jednom linijom sigurnosnih sustava. Osim toga, svi sigurnosni sustavi odnosno njihovi pojedinačni uređaji sustavno se ispituju tijekom rada elektrane i redovitih remonta.

2.7.2 Osiguravanje zaštitnih funkcija

Tijekom pogonskih uvjeta, projektne nesreće i proširene projektne nesreće NEK mora osigurati tzv. kritične sigurnosne funkcije:

- Praćenje reaktivnosti nuklearnog goriva (i istrošenog goriva u bazenu odnosno skladištu istrošenog goriva).
- Odvođenje topline iz jezgre i bazena istrošenog goriva putem sustava osnovne opskrbne vode (SW sustav), koji uzimanjem vode iz Save iz bazena ispred praga brane preko toplinskih izmjenjivača hladi sustav za hlađenje komponenata (CC sustav). Na taj se način preostala toplina odvaja iz bazena istrošenog goriva kao preostala toplina kada se reaktor zaustavi. Sustav je dupliciran i ima fizički i električni neovisnu petlju s ugrađenim toplinskim izmjenjivačem, jednu pumpu s pripadajućim filtrima i ventilima. Treća pumpa je također spojena na sustav preko priključne linije, koji se može spojiti na bilo koju od dvije rashladne petlje. Sustav omogućuje uklanjanje preostale topline kako u stanjima normalne zaustave tako i u stanjima nesreće.
- Zadržavanje radioaktivnih tvari i sprječavanje njihova nekontroliranog ispuštanja u okoliš.

Kod osiguravanja sigurnosnih funkcija potrebno je uzeti u obzir sljedeće:
- načelo obrane po dubini;
- načelo jednokratnog otkazivanja;
- načelo neovisnosti;
- načelo raznolikosti;
- načelo redundancije;
- načelo sigurnog otkazivanja;
- načelo provjerenih komponenti;
- načelo slojevitog pristupa.

NEK mora redovito provjeravati projektne osnove koje osiguravaju sigurnost objekta. Pregled projektnih osnova također treba provesti kod svakog periodičnog sigurnosnog pregleda i nakon pogonskih događaja koji utječu na radiološku ili nuklearnu sigurnost, kao i nove relevantne informacije o radiološkoj ili nuklearnoj sigurnosti (npr. procjena svojstava lokacije, sigurnosne analize i razvoj sigurnosnih standarda ili prakse).

Deterministične i probabilistične sigurnosne analize ili inženjerska procjena koriste se za prepoznavanje potreba i mogućnosti poboljšanja pri pregledu projektnih osnova, a rješenja u projektu uspoređuju se s propisanim zahtjevima i dobrom praksom. Nalaz tih analiza NEK iskorištava na način da logično modernizira sustave i strukture ili provede druge mjere potrebne za osiguranje radiološke ili nuklearne sigurnosti.

U sklopu izmjena i moderniziranja projekta (proces modifikacije), NEK također provjerava utjecaj na postojeće projektne osnove objekta ili sustava/komponente. Pregled izmjena projektnih osnova također je predmet pregleda u sklopu PSR-a koji se provodi periodično svakih deset godina. U slučaju otkrivenog mogućeg utjecaja, s pomoću analiza, utvrđuju se vrsta i način utjecaja te potrebne modernizacije projektnih osnova. Pregledi se provode u skladu s člankom 19. Pravilnika o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1).

Isto tako analizama proširenih projektnih događaja NEK osigurava da postoje dovoljne rezerve za sprječavanje slučajeva u kojima bi mala promjena pojedinog parametra prouzročila teške i neprihvatljive posljedice (eng. „cliff edge effect").

2.7.2.1 Vanjski i unutrašnji početni događaji

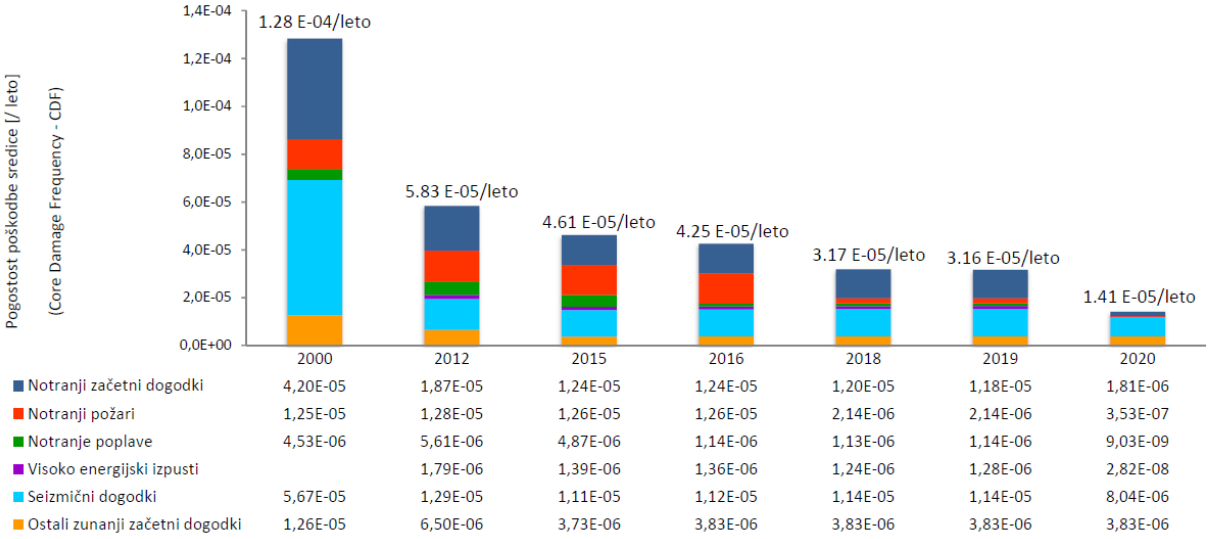
U radu elektrane početni događaj je svaki onaj koji može pokrenuti slijed događaja (scenarij) i izazvati do neželjene posljedice. Detaljni podaci mogu se pronaći u godišnjem izvještaju o vjerojatnosnim analizama sigurnosti /21/. Opći pregled početnih događaja:

a) Unutrašnji početni događaji ("Internal Initiating Events", IIE)

Unutrašnji početni događaji podijeljeni su u sljedeće kategorije:
- Kategorija „LOCA", odnosno lom cijevi sustava primarne rashladne tekućine („Loss od Coolant Accident");
- Kategorija „Non LOCA" koja uključuje: lom cijevi na sekundarnoj strani, prijelazne pojave („Tranzijent"), gubitke potpornih sustava, događaje s gubitkom vanjskog napajanja i prijelazne pojave bez automatskog zaustavljanja reaktora.

b) Vanjski početni događaji iz elektrane ili unutrašnji rizici, kao što su unutrašnje poplave, unutrašnji požari i lomovi visokoenergetskih cijevi (HELB).

c) Vanjski početni događaji iz okoliša odnosno vanjski rizici („external hazards/external initiating events outside of plant"), kao što su seizmički događaji, jaki vjetrovi, vanjske poplave, događaji povezani s ljudskom aktivnošću (pad zrakoplova, transportni i industrijski događaji) i drugi vanjski događaji.



Slika 5: Povijest vjerojatnosti učestalosti oštećenja jezgre zbog unutrašnjih početnih događaja, vanjskih početnih događaja iz elektrane i vanjskih početnih događaja iz okoline (izvor:/1/)

Pogostost poškodbe sredice [/leto]	Učestalost oštećenja jezgre [/god.]
Notranji začetni dogodk	Unutarnji početni događaji
Notranji požari	Unutarnji požari
Notarnje poplave	Unutarnje poplave
Visoko energijski izpusti	Visoko energijski ispusti
Seizmični dogodki	Seizmički događaji
Ostali zunanji začetni dogodki	Ostali vanjski početni događaji

Iz grafikona je u 2012. godini vidljivo smanjenje učestalosti oštećenja jezgre zbog seizmičkih događaja i unutrašnjih događaja, što je posljedica ugradnje dodatnog sigurnosnog dizelskog generatora (DG3). DG3 je projektiran za veća seizmička opterećenja, što pridonosi nižem CDF-u. Isto tako se izgradnjom pomoćne komandne sobe 2018. godine smanjila vjerojatnost učestalosti oštećenja jezgre zbog unutrašnjih požara.

2.7.3 Pripravnost za hitne slučajeve i stanja nesreća elektrane

2.7.3.1 Plan zaštite i spašavanja (NZIR)

NEK je izradio poseban plan za izvanredne situacije. Plan zaštite i spašavanja u izvanrednim slučajevima NEK-a (NZIR /224/) bavi se nuklearnom i radiološkom nesrećom u elektrani.

Osnovna svrha planiranja i održavanja pripravnosti u slučaju izvanrednih situacija jest osigurati zaštitu, zdravlje i sigurnost okoliša i osoblja u elektrani u slučaju izvanrednog događaja, sprječavanjem pogoršanja razvoja izvanredne situacije odnosno otklanjanjem ili ublažavanjem posljedica izvanredne situacije i osiguravanjem uvjeta za ponovno uspostavljanje normalnog stanja.
NEK je zadužen i odgovoran za održavanje pripravnosti i djelovanje u slučaju izvanredne situacije na području elektrane, a također daje informacije mjerodavnim institucijama o izvanrednom stanju u elektrani zbog zaštitnih djelovanja u okolišu.

Svrha NZIR-a /224/ NEK-a je utvrditi:
1. opseg planiranja, pretpostavke plana i koncept odaziva;
2. snage i organiziranost NEK-a u slučaju izvanrednog događaja s unaprijed određenim odgovornostima i zadacima za upravljanje, koordinaciju i provedbu mjera za upravljanje izvanrednom situacijom;
3. dodatnu potporu NEK-a za upravljanje izvanrednim situacijama;
4. mjere upravljanja izvanrednom situacijom koje uključuju:
- utvrđivanje nastanka izvanredne situacije, klasifikaciju stupnja opasnosti i aktiviranje interventnih snaga;
- operativne i korektivne mjere u elektrani u slučaju izvanredne situacije;
- mjere u elektrani u slučaju proširenih projektnih stanja i strategije upravljanja izvanprojektnim nesrećama;
- procjenu nuklearne sigurnosti i posljedica izvanrednog događaja; predlaganje hitnih mjera zaštite stanovništva;
- obavještavanje zapovjednika i stožera CZ-a i drugih mjerodavnih tijela u okolici o nastanku i stanju izvanredne situacije te o predloženim mjerama zaštite stanovništva u ugroženim područjima;
- obavještavanje javnosti o izvanrednoj situaciji;
- zaštitne mjere zadatka zaštite, spašavanja i pomoći u elektrani;
5. sredstva, centre, opremu i povezanost NEK-a za upravljanje izvanrednim situacijama;
6. stručno osposobljavanje osoblja u organizaciji NEK-a u slučaju izvanredne situacije i vanjskog pomoćnog osoblja za obavljanje zadataka upravljanja izvanrednim situacijama navedenim u NZRI-ju;
7. informiranje osoblja u NEK-u o zaštitnim i drugim mjerama u slučaju izvanredne situacije;
8. održavanje pripravnosti, koordinaciju aktivnosti NEK-a s mjerodavnim tijelima na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini u osiguravanju pripravnosti i poduzimanju mjera u slučaju izvanredne situacije;
9. uspostavljanje uvjeta za vraćanje elektrane u normalno stanje.

Uzimajući u obzir rezultate sigurnosnih analiza NEK-a, procjenjuje se da su izvor opasnosti za okoliš uglavnom radioaktivne tvari koje se nakupljaju u jezgri reaktora i istrošenom gorivu.

2.7.3.2 Projektne i proširene projektne (DEC) nesreće

NEK planira i održava pripravnost za niz izvanrednih situacija koje su mogle ili su rezultirale smanjenjem nuklearne sigurnosti elektrane i ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. To uključuje radiološke nesreće, događaje ili stanja u elektrani koji mogu neizravno utjecati na nuklearnu sigurnost elektrane, nuklearne nesreće s minimalnim radiološkim posljedicama u okolišu i vrlo malo vjerojatne projektne i izvanprojektne nuklearne nesreće s radiološkim posljedicama u elektrani i okolišu.

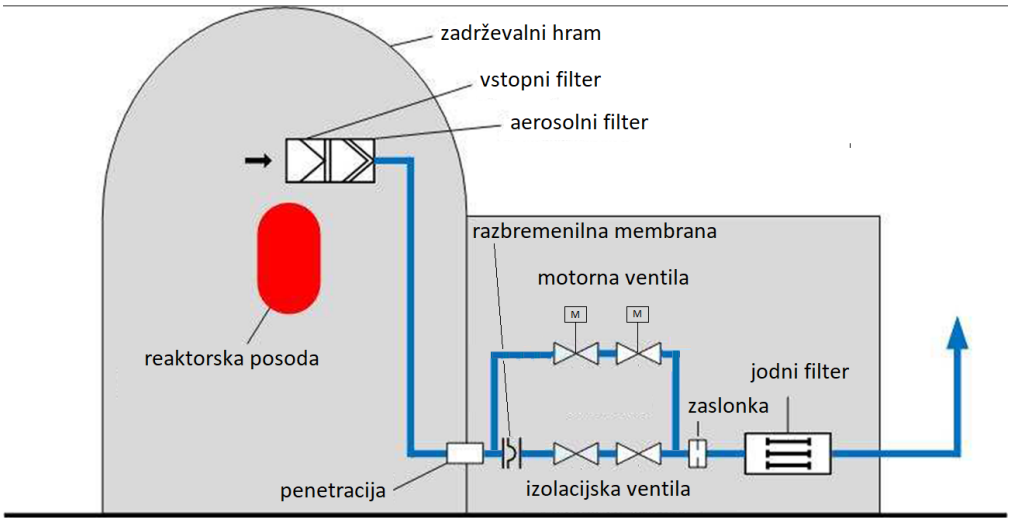
NEK je projektiran tako da može izdržati tzv. projektne nesreće i upravljati njima svojim sigurnosnim sustavima. U poglavlju 15 ACCIDENT ANALYSIS i u poglavlju 20 DESIGN EXTENSION CONDITIONS

ažuriranog sigurnosnog izvještaja USAR /3/ opisne su projektne nesreće i DEC nesreće. Dodatno je u poglavlju 19 opisan način upravljanja izvan projektnim teškim nesrećama (accident management). Svrha analize postuliranih projektnih nesreća je postavljanje zahtjeva i prihvatljivih kriterija za sustave, strukture i komponente (SSK). S tim zahtjevima SSK-ovi su u mogućnosti osigurati svoju sigurnosnu funkciju i utvrđuju se kriteriji za sposobnost rada tijekom i nakon događaja. Svi sigurnosni sustavi dizajnirani su za zaštitu ljudi od emisija i zračenja. NEK je projektiran u skladu s ograničenjima 10 CFR 50, Appendix A, General Design Criterion 19 exposure limits. NEK kontinuirano prati svjetsku praksu u području nadogradnje i razvoja modela za poboljšanje analiza u brojnim tehničkim izvještajima. Izvještaj FER-MEIS-a „Izračun doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško" /196/ odražava procijenjenu dozu za projektne nesreće na određenim udaljenostima od NEK-a.

Nakon nesreće u Fukushimi NEK je izradio niz analiza proširenih projektnih nesreća. Te nesreće nisu obrađene u osnovnom projektu elektrane odnosno kao dio projektnih nesreća. Analize su se bavile kombinacijama nesreća i zahtijevale dodatne nadogradnje elektrane (Design Extension Conditions – DEC nesreće). Nadogradnja se odvijala u sklopu PNV programa opisanog u poglavlju 3.4. Novi dodatni sustavi ugrađeni unutar PNV-a osiguravaju da će NEK upravljati nesrećama izvan projekta s proširenom opremom i ažuriranjima. Oprema je podijeljena na DEC-A i DEC-B.

Opremu DEC-A NEK može koristiti za sprječavanje taljenja jezgre reaktora. Oprema DEC-B je, međutim, osigurana za rješavanje događaja tijekom kojih bi moglo doći do vrlo malo vjerojatnog taljenja jezgre, a usmjerena je na zaštitu stražnje barijere od ispuštanja, tj. integriteta zaštitne zgrade. Pasivni filtarski sustav (PCFVS) služi za rasterećenje tlaka zaštitne zgrade, pritom štetne tvari za okoliš ostaju zarobljene u filtrima. Međutim, malo je vjerojatno da bi u slučaju taljenja jezgre došlo do izravnog ispuštanja u okoliš.

Procijenjene doze na različitim udaljenostima od NEK-a u slučaju nesreće gdje bi bila predviđena uporaba PCFV sustava navedene su u izvještaju FER-MEIS „Izračun doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško" /196/.



Slika 6: Shematski prikaz pasivnog filtarskog sustava za rasterećenje zaštitne zgrade (izvor:/1/)

Zadrževalni hram	Zaštitna zgrada
Vstopni filter	Ulazni filtar
Aerosolni filter	Aerosolni filtar
Reaktorska posoda	Reaktorska posuda
Penetracija	Penetracija
Razbremenilna membrana	Rasterećujuća membrana
Motorna ventila	Ventili motora
Izolacijska ventila	Izolacijski ventili
zaslonka	Blenda
Jodni filter	Filtar za jod

Navedeni pristupi projektnim i izvanprojektnim nesrećama nadogradnja su već prihvaćenih zahtjeva iz američke regulative i u skladu su sa slovenskim Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti ZVISJV-1.

2.7.4 Nadzor starenja

NEK je uveo program starenja opreme (AMP) koji je namijenjen praćenju sustava, konstrukcija i komponenti (SSK) tijekom rada elektrane kroz osnovni (40 godina) i produljeno pogonski vijek. Program AMP sveobuhvatno definira odgovornosti, aktivnosti i metodologiju praćenja starenja opreme. Taj program AMP također predviđa mjere za smanjenje odnosno uklanjanje učinaka starenja.

AMP se sastoji od različitih programa, postupaka i aktivnosti NEK-a koji osiguravaju da se sve predviđene funkcije sustava, struktura i komponenti (SSK) kojima upravlja AMP identificiraju i propisno revidiraju s obzirom na učinke starenja. Pomno se promatraju učinci starenja. Na temelju njih utvrđene su određene radnje koje omogućavaju SSK-u da ispuni svoju predviđenu funkciju do kraja pogonskog vijeka NEK-a te u slučaju produljenja pogonskog vijeka elektrane. AMP NEK je temeljen i u skladu s NUREG-1801 – Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report. Program AMP tako sveobuhvatno pokriva nadzor starenja elektrane, što uključuje mehaničke, električne i građevinske SSK-ove, koji sustavno identificiraju mehanizme starenja i njihove učinke za SSK važne za sigurnost, utvrđuju se moguće posljedice starenja i potrebne mjere za održavanje operativnosti i pouzdanosti SSK-a.

Stvarna kontrola SSK-a zbog starenja i druge aktivnosti vezane uz kontrolu opreme dane u postupcima provode se preko sustava radnih naloga i programa preventivnog održavanja.

Program starenja NEK-a stoga se temelji na 10 CFR 54 – „Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants". Ostale aktivnosti kontroliraju se putem Praćenja učinkovitosti održavanja (NUV) – Maintenance rule (10 CFR 50.56), INPO API 913 (Reliability Centred Maintenance) i Programa kvalifikacije zaštite okoliša Environmental Qualification programs (10 CFR 50.49). Aktivnosti vezane uz zamjenu opreme uključene su u dugoročni plan ulaganja i aktivnosti održavanja.

2.7.5 Zaštita od požara

NEK ima izrađen Program zaštite od požara u NEK-u – Protupožarni red /23/, kojim se utvrđuje: organizacija zaštite od požara, mjere zaštite od požara i nadzor nad njihovim provođenjem, daju se upute za postupanje u slučaju požara i propisuje se program osposobljavanja koji podupire uspješnu zaštitu od požara.

NEK je podijeljen na pojedinačne zgrade koje su protupožarno odvojene. Zgrade su podijeljene na protupožarne sektore, čija je svrha ograničavanje potencijalnog požara na manje područje i protupožarno odvajanje redundantnih linija sigurnosnih sustava. Uvođenjem sigurnosnih sustava u zasebne požarne sektore, dodatnom zaštitom od širenja požara, sustavima samostalnog gašenja i javljanjem požara smanjuje se utjecaj potencijalnog požara na osiguravanje sigurnosnih funkcija (USAR /3/ Poglavlje 9.5.1.).

U NEK-u se provodi kako pasivna tako i aktivna zaštita od požara. Pasivna zaštita od požara osigurava se građevinskim i drugim mjerama kojima se smanjuje vjerojatnost nastanka požara i sprječava njegovo širenje među požarnim sektorima. Elementi pasivne zaštite od požara su požarni zidovi, zapečaćeni prodori, protupožarna vrata i automatske protupožarne zaklopke.

Mjere aktivne zaštite od požara namijenjene su gašenju mogućeg požara. U NEK-u ugrađeni sustavi koji osiguravaju aktivnu zaštitu od požara su: sustav detekcije i dojave, zaštitna rasvjeta, sustav za osiguravanje vodoopskrbe požara, automatski sustavi za gašenje požara (sprinkler), sustavi za odvođenje dima i topline.

U provedbi zaštite od požara u NEK-u poštuje se načelo obrane po dubini. Pri tome potrebno je osigurati da se u skladu s Pravilnikom o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1) izvedu:

- mjere za sprječavanje nastanka požara,
- brzo otkrivanje, nadzor i gašenje svakog požara te
- smanjenje utjecaja potencijalnog požara na bitne sigurnosne funkcije elektrane tako da ne utječe na sposobnost sigurnog zaustavljanja.

Mjere zaštite od požara su sve aktivnosti koje osiguravaju minimalnu vjerojatnost požara. To su: održavanje reda i čistoće, kontrola dijelova s toplinskim učincima, kontrola gorivnih tvari, protupožarna dozvola, protupožarna zaštita i protupožarne barijere. Ostale preventivne i aktivne mjere zaštite od požara uključuju protupožarne postupke i aktivnosti za rad, održavanje, ispitivanje i tehničke upute protupožarnih sustava.

Dodatno su u NEK-u utvrđene mjere za sprječavanje opasnosti od eksplozije i sigurnost zapaljivog otpada, električnih, plinskih uređaja i drugih izvora paljenja, koji su definirani u Elaboratu opasnosti od eksplozije.

U slučaju razvoja neželjenih događaja također se definiraju mjere za sigurnu evakuaciju i brzu intervenciju. To uključuje aktivnosti kao što su: uvijek prohodni i uređeni evakuacijski putovi, poznavanje zvučnog alarma za evakuaciju, obuka, poznavanje objekta i razumijevanje svojeg zadatka tijekom evakuacije, odgovarajuća rasvjeta evakuacijskih putova itd.

Ostale preventivne i aktivne mjere zaštite od požara uključuju protupožarne postupke i aktivnosti za rad, održavanje, ispitivanje i tehničke upute protupožarnih sustava.

Za zaštitu od požara odgovoran je voditelj zaštite od požara, ovlašten za provođenje mjera zaštite od požara.

Operativni i preventivni rad u NEK-u obavljaju profesionalni vatrogasci pod vodstvom voditelja dežurne vatrogasne postrojbe koja je organizirana na način da u smjeni budu prisutna najmanje tri vatrogasca. Ugovorom između NEK-a i profesionalne vatrogasne postrojbe Krško osigurano je da u Profesionalnoj vatrogasnoj postrojbi Krško cijelo vrijeme dežuraju tri profesionalna vatrogasca za potrebe intervencije u NEK-u.

Dodatnu pomoć profesionalnim vatrogascima u ime voditelja smjene mogu pružiti i četiri operatera opreme iz pogonskog tima.
Za pomoć pri gašenju požara NEK ima na raspolaganju i vod za zaštitu od požara koji se sastoji od:

- voditelja voda za zaštitu od požara koji je profesionalni vatrogasac;
- zamjenika voditelja voda za zaštitu od požara koji je osposobljen za gašenje požara;
- dva odjela (voditelj odjela koji je profesionalni vatrogasac; svaki odjel s najmanje deset vatrogasaca osposobljenih u skladu s postupkom NEK-a).

Možebitna intervencija počinje od mjesta PMO (područja mobilne opreme) gdje se nalazi sjedište vatrogasne postrojbe, glavna vatrogasna centrala i oprema za hitne slučajeve.

2.7.6 Seizmička sigurnost

Projektna načela 10 CFR 100 App. A, koja su korištena tijekom projektiranja i izgradnje NEK-a, zahtijevaju da se zgrade, komponente i sustavi važni za nuklearnu sigurnost projektiraju i grade tako da budu otporni na potres, što je također u skladu sa slovenskim zakonodavstvom (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije br. 74/16, 76/17 – ZVISJV-1)). Zgrade i sustavi NEK-a projektirani su tako da budu otporni na potres u skladu s RG 1.60. Prvobitno je razmatran projektni potres za sigurno zaustavljanje elektrane (SSE) s maksimalnim ubrzanjem tla („peak ground acceleration" odnosno PGA) na razini temelja od 0,3 g, pri čemu su sve zgrade projektirane uz pretpostavku da je temelj na površini, što se pokazalo kao vrlo konzervativna

pretpostavka. To je jedna od ključnih pretpostavki koja osigurava visoku seizmičku sigurnost NEK-a, što je već dokazano u sklopu seizmičke vjerojatnosne analize sigurnosti /225/.

Nakon završetka opsežne seizmičke vjerojatnosne analize sigurnosti /225/, koja je uključivala i analizu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a, u neposrednoj blizini NEK-a provedena su opsežna dodatna geološka, geotehnička i seizmološka istraživanja u sklopu lokacije NSRAO i JEK2. Ta istraživanja usmjerena su na pojedine geološke strukture (seizmičke izvore i rasjede) radi boljeg razumijevanja seizmičko-tektonske strukture Krške kotline i smanjenja nesigurnosti u ulaznim podacima za određivanje seizmičke opasnosti lokacije i pružanje temelja za procjenu mogućih rasjeda (tzv. capable fault). U sklopu preliminarnih zaključaka ovih multidisciplinarnih istraživanja koja su se provela na širem području lokacije od 2008. godine /274/,/275/ nije dana osnova koja bi upućivala na sposobnost rasjeda ili geoloških struktura koje bi mogle trajno deformirati površinu lokacije tijekom potresa („capable faults") odnosno nije bilo novih saznanja koja bi bitno promijenila postojeću procjenu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a /271/ koja je napravljena 2002. – 2004. nakon prethodnih 10-godišnjih istraživanja.

„Stres-testovima" Nuklearne elektrane Krško /26/ dokazano je da su ubrzanja tijekom potresa, za koja se može očekivati da će utjecati na objekte i sustave elektrane, znatno veća od projektnih ubrzanja, što potvrđuje visoku nuklearnu i seizmičku sigurnost nuklearnih objekata NEK-a. Dodatno je poslije povećana seizmička i nuklearna sigurnost osiguravanjem mobilne opreme i priključaka za nju, izgradnjom trećeg dizelskog generatora DG3 i provedbom programa nadogradnje sigurnosti elektrane. Sve nove zgrade i sustavi koji se implementiraju u sklopu programa sigurnosne nadogradnje na glavnom nuklearnom otoku projektirani su za maksimalno ubrzanje tla na površini, što je dvostruko veće od projektnog ubrzanja na temelju postojećih objekata i sustava NEK-a (tj. 0,6 g). Nove zgrade i sustavi izgrađeni izvan glavnog otoka (posebno utvrđena sigurnosna zgrada, novi centar tehničke podrške) kao i suho skladište istrošenog nuklearnog goriva, u izgradnji, projektirani su tako da su seizmički otporni već za 30-postotno povećanje ubrzanja projekta na površini (0,78 g), čime se osigurava uzimanje u obzir mogućih nesigurnosti u analizi seizmičke opasnosti. Prema analizi seizmičke opasnosti lokacije NEK-a /274/ očekuju se potresi s ubrzanjem (PGA) od 0,56 g s povratnim razdobljem od 10.000 godina.

Izvještaj o stres-testovima daje procjenu seizmičke granice na kojoj bi se dogodilo oštećenje jezgre, zaštitne zgrade i tzv. cliff edge efekta. Maksimalna ubrzanja tla pri kojima bi se mogla oštetiti jezgra reaktora procijenjena su u rasponu od 0,8 g peak ground acceleration (PGA). Ubrzanja tla pri kojima bi moglo doći do ranih velikih ispusta trebala bi biti veća od 1 g PGA. Naknadni filtrirani ispusti mogu se pojaviti u rasponu ubrzanja tla između 0,8 i 0,9 g. Integritet bazena istrošenog goriva ne bi bio ugrožen do ubrzanja tla većih od 0,9 g /26/. Seizmičke analize su pokazale da su potresi s PGA većim od 0,8 g na lokaciji nuklearne elektrane vrlo rijetki i da imaju očekivano vrijeme povratka procijenjeno na više od 50.000 godina /26/.

Sukladno američkim regulatornim smjernicama, NEK ima ugrađenu seizmičku instrumentaciju (11 senzora) za detekciju seizmike koja omogućuje usporedbu spektra odgovora (izračunatih iz izmjerenih akcelerograma) s projektnim spektrima odgovora za pojedinačne lokacije senzora. U slučaju da maksimalno ubrzanje tla na otvorenoj površini prijeđe vrijednost od 0,01 g, senzori bilježe seizmičko kretanje tla. U tom slučaju se nakon potresa pregledavaju svi vitalni dijelovi elektrane. U slučaju da intenzitet potresa, izražen maksimalnim ubrzanjem tla, prijeđe polovicu maksimalnog projektnog ubrzanja, elektrana se zaustavlja i ponovno pokreće tek nakon potvrde da nema oštećenja na zgradama, sustavima ili opremi kao posljedice potresa.

2.7.7 Fizička zaštita

Zaštita NEK-a iz aspekta terorizma definirana je i opisana u posebnom dokumentu „Plan fizičke zaštite NEK-a", koji je označen u skladu sa ZVISJV-1 i tretira se kao tajni dokument u skladu sa Zakonom o tajnim podacima.

Fizičku zaštitu nuklearnog objekta (NEK) osigurava Služba sigurnosti NEK-a u suradnji s policijom. Fizička zaštita provodi se u skladu s Planom fizičke zaštite NEK-a (NFV). Na temelju Procjene opasnosti koju izrađuje policija, najmanje jednom godišnje, NFV se ažurira u svjetlu nalaza ove procjene. Sa sadržajem

NFV-a suglasan je URSJV i odobrilo ga je Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Slovenije. Sukladno ZVISJV-u i Zakonu o tajnim podacima (ZTP), sadržaj NFV-a i povezanih provedbenih postupaka ocijenjen je kao tajni podatak. Pristup tajnim podacima ograničen je u skladu sa ZTP-om.

2.7.8 Poplave

Zaštita od poplava provedena je već tijekom planiranja elektrane i izgradnje nasipa rijeke Save uzvodno i nizvodno od elektrane. Ulazi i otvori zgrada izgrađeni su iznad nadmorske visine predviđenih poplava u razdoblju od deset tisuća godina. Elektrana je sigurna u slučaju projektom predviđene poplave, čak i bez zaštitnog nasipa.

Osim projektom predviđene poplave (DBF), elektrana je također zaštićena od najvećih vjerojatnih poplava (PMF) s odgovarajućim projektom međustruktura između rijeke Save i vanjskih uređaja te sa zaštitnim nasipom za zaštitu od prodora vode u područje.

U slučaju izrazito jake lokalne kiše i nevremena, prostor je zaštićen osnovnim dizajnom i ugrađenim sustavom odvodnje. Više informacija možete pronaći u stres-testovima /26//25/. Poplavna sigurnost objekata NEK-a također je osigurana u slučaju kvara brane na uzvodnim hidroelektranama (vidi poglavlje 2.13.1.).

2.7.8.1 Projektna poplava (DBF)

NEK je projektiran protiv poplava s učestalošću od 0,01 % godišnje (poplave s povratnim razdobljem od 10.000 godina određene su na temelju hidroloških podataka iz razdoblja od 1926. do 2000.). Procijenjeni maksimalni protok rijeke Save u slučaju ove poplave iznosi 4790 m^3/s, što odgovara visini od 155,35 metara iznad Jadranskog mora. Visina ploče na kojoj se nalazi NEK iznosi 155,20 m n. v. Zgrade u NEK-u, smještene u središtu područja, imaju ulaze i otvore iznad visine od 155,50 m n. v. Time se osigurava da u slučaju propadanja nasipa uz rijeku Savu nije moguć prodor vode u zgrade.

2.7.8.2 Najveće vjerojatne poplave (PMF)

Osim projektnih poplava (10.000-godišnje povratno razdoblje), NEK je zaštićen od najvećih vjerojatnih poplava (PMF) u kojima maksimalni protok rijeke Save doseže 7081 m^3/s. PMF predstavlja hipotetičku poplavu koja se smatra najgorom razumno mogućom na temelju korištenja vjerojatnih najvećih oborina i drugih hidroloških čimbenika koji uzrokuju najveće izlijevanje vode, kao što su uzastopne oluje i istovremeno otapanje snijega. Visina PMF-a 7081 m^3/s na brani NEK-a iznosi 155,61 m n. v. /3/. NEK je od PMF-a zaštićen protupoplavnim nasipima.

„Cliff edge efekt" za poplave procjenjuje se na protocima rijeke Save koji su 2, 3 puta veći od projektne 10.000-godišnje poplave i 1,7 puta veći od PMF-a. Razdoblja povrata za protoke tih veličina procjenjuju se na povratno razdoblje od milijun (1.000.000) godina /26/.

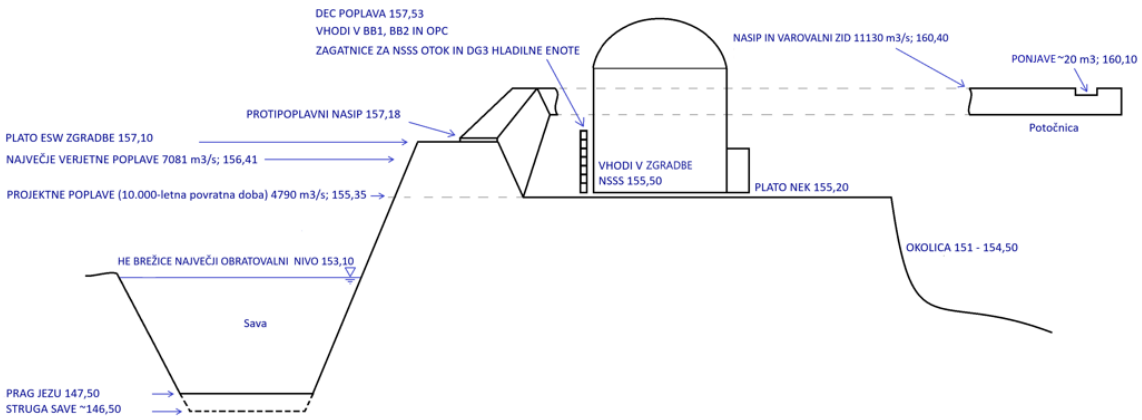
2.7.8.3 Kronologija poboljšanja zaštite od poplave NEK-a od 2010. godine nadalje

U 2010. godini u studiji „Preparation of new revision of PMF study and Conceptual design package for flood protection" (FGG, 2010.) na temelju većeg broja nepovoljnih scenarija oborina postavljen je PMF na visini od 7081 m^3/s u skladu sa standardom ANSI/ANS-2,8-1992 (ANS, 1992).

Na temelju ove procjene PMF je NEK-u 2012. godine podigao protupoplavne nasipe uz Savu na dužini od 1430 m i na Potočnici na dužini od 460 m, čime je osigurana dodatna sigurnosna visina od najmanje 75 cm glede studije A. Visina nasipa kod Potočnice podignuta je na 159,90 m nadmorske visine uz Savu, razina nasipa pala je između 158,82 m nadmorske visine na novom cestovnom kružnom toku do 157,18 kod brane NEK-a.

Prema rezultatima studije NEKSIS-A200/081D: „NEK – Mjere održavanja poplavne sigurnosti NEK, Studija varijanti, revizija B (IBE, kolovoz 2015.)", zbog nesigurnosti hidrauličkog modela, kojim su

provjereni utjecaji izgradnje HE Brežice i drugih infrastrukturnih uređenja na rijeci Savi i uz nju na sigurnost NEK-a pri iznimno velikim protocima, bilo je potrebno poduzeti dodatne mjere za poboljšanje sigurnosti od poplava NEK-a.



Slika 7: Zaštita NEK-a od poplava

DEC POPLAVA 157,53	DEC POPLAVA 157,53
VHODI V BB1, BB2 IN OPC	ULAZI U BB1, BB2 I OPC
ZAGATNICE ZA NSSS OTOK IN DG3 HLADILNE ENOTE	TALPE ZA NSSS OTOK I DG3 RASHLADNE JEDINICE
NASIP IN VAROVALNI ZID 11130 m^3/s; 160,40	NASIP I ZAŠTITNI ZID 11130 m^3/s; 160,40
VREČE S PESKOM ~20 m3; 160,10	VREĆE S PIJESKOM ~20 m^3; 160,10
Potočnica	Potok Potočnica
PROTIPOPLAVNI NASIP 157,18	PROTUPOPLAVNI NASIP 157,18
PLATO ESW ZGRADBE 157,10	PLATO ESW ZGRADE 157,10
NAJVEČJE VERJETNE POPLAVE 7081 m^3/s; 156,41	NAJVEĆE VJEROJATNE POPLAVE 7081 m^3/s; 156,41
PROJEKTNE POPLAVE (10.000-letna povratna doba) 4790 m^3/s; 155,35	PROJEKTNE POPLAVE (povratni period 10.000 godina) 4790 m^3/s; 155,35
VHODI V STRUKTURE NSSS 155-50	ULAZI U STRUKTURE NSSS 155-50
PLATO NEK 155,20	PLATO NEK 155,20
OKOLICA 151 - 154,50	OKOLICA 151 – 154,50
HE BREŽICE NAJVEČJI OBRATOVALNI NIVO 153,10	HE BREŽICE NAJVEĆI POGONSKI NIVO 153,10
Sava	Sava
PRAG JEZU 147,50	PRAG BRANE 147,50
STRUGA SAVE ~146,50	KORITO SAVE ~146,50

U 2018. godini, na temelju analize studije NEKSIS-A200/081D, drugi su put rekonstruirani protupoplavni nasipi uz Savu i Potočnicu. Kut obrane od poplave uz Potočnicu podignut je za 0,5 m izgradnjom parapetnog zida na nasipu, na sadašnju razinu zaštite od 160,10 m n. v. Na nasipu uz Savu izvršena je samo mala korekcija visine od 10 cm na dužini od 100 m.

Za tako povišene nasipe izračunat je protok Save pri kojem razina doseže krunu obrane od poplava. Taj protok je 11.130 m^3/s. Prije izgradnje akumulacije HE Brežice tok pri kojem bi se Sava prelijevala iznosio je 10.600 m^3/s.

2.7.9 Ostali ekstremni vremenski uvjeti

NEK je pripremio tehnički izvještaj Screening of External Hazards /34/ u kojem je dokumentiran pregled vanjskih opasnosti, odnosno svih vanjskih opasnosti osim potresa, i svih ostalih opasnosti koje nisu obuhvaćene unutarnjim događajima, unutarnjim poplavama, unutarnjim požarima i pucanjem visokoenergetskih cijevi.

Vanjske opasnosti uključene u ispitivanje preuzete su iz izvještaja EPRI – Identification of External Hazards for Analysis in WENRA Issue T: Natural hazards, Guidance Document /234/. Pregledom vanjskih

opasnosti utvrđeno je da su u analizama i postupcima NEK-a sve vanjske opasnosti propisno uzete u obzir, stoga su izmjene postojećeg modela vjerojatnosnih analiza sigurnosti (eng. PSA) nisu potrebne.

Sve vanjske opasnosti (osim zrakoplovnih nesreća, vanjskih poplava, jakih vjetrova, leda i ekstremnih suša koje su kvantitativno procijenjene) pregledane su i analizirane prema određenim kriterijima i zato nisu zahtijevale posebnu daljnju procjenu njihova kvantitativnog utjecaja na učestalost oštećenja jezgre (CDF).

U NEK-u ESD-TR-18/16, Screening of External Hazards /34/, definirana su 104 vanjska događaja.

Projektne vrijednosti, odnosno zaštita od važnih ekstremnih vremenskih uvjeta opisana je u sljedećoj tablici (Tablica 8).

Tablica 8: Ekstremni vremenski uvjeti

Ekstremni vremenski uvjeti	**Projektne vrijednosti**
Snažan vjetar	Zaštitne zgrade su projektirane za vjetrove do 140 km/h. Prošireni projektni uvjeti zahtijevaju otpornost novog DEC SSK na jake vjetrove s maksimalnom brzinom do 240 km/h.
Ekstremne temperature (niske, visoke)	Projektna sigurnosna oprema i zgrade projektirane su za temperature od -28 do 40 °C. Novonadograđena DEC sigurnosna oprema i zgrade dizajnirane su za niže/više vanjske temperature (-35,1 / +46 °C).
Udar groma	NEK-ova zaštita od udara groma predviđena je za povratno razdoblje od 10.000 godina (amplituda struje do 400 kA; specifična gustoća udara 1,4 km^2/god).
Snijeg i susnježica	NEK-ovi konstrukcije i sustavi građeni su na visokim opterećenjima (od 120 do 375 kg/m^2).

2.7.10 Radioaktivni otpad

Od početka uporabe nuklearne energije u Sloveniji, struka je svjesna njezinih prednosti i rizika. Stoga međunarodna i slovenska nuklearna energija podliježu vrlo visokim ekološkim, sigurnosnim i etičkim standardima za gospodarenje radioaktivnim otpadom. Sve radioaktivne tvari odnosno svi predmeti koji sadržavaju radioaktivne tvari pod stalnom su kontrolom od nastanka do zbrinjavanja.

NEK vodi točnu evidenciju o korištenju radioaktivnih tvari. Uvijek postoji netko odgovoran za radioaktivni otpad od trenutka kada je nastao do konačnog odlaganja. Sve ove mjere osiguravaju sigurnu upotrebu nuklearne energije danas i ubuduće. Već danas u Sloveniji vladamo tehnologijama sigurnog gospodarenja svim vrstama radioaktivnog otpada, zato je nuklearna energija primjer održivog izvora energije. U nastavku su navedeni osnovni podaci o RAO-u sa stajališta osiguravanja sigurnog rada, a detaljniji podaci o inventaru RAO-a i načinima gospodarenja RAO-ima navedeni su u poglavlju 4.4.10.

2.7.10.1 Plinoviti radioaktivni otpad

Smjesa plinova koja potječe iz primarnog rashladnog sustava i koja sadržava radionuklide plemenitih plinova ili druge elemente u obliku para i aerosola smatra se plinovitim RAO-ima.

Čuvaju se u spremnicima za razgradnju plina, gdje se njihova aktivnost smanjuje zbog prirodnog radioaktivnog raspadanja. Plinovi se filtriraju prije kontroliranog ispusta s pomoću ugljenih filtara i visokoučinkovitih filtara za čestice u ventilacijskom sustavu.

Istrošeni ugljeni filtri postaju otpad. Ako su filtri kontaminirani, tretiraju se kao RAO. Ako nisu kontaminirani, predaju se ovlaštenoj organizaciji za skupljanje takvog otpada (sukladno zakonskim propisima).

2.7.10.2 Tekući radioaktivni otpad

Tekućim RAO-om smatraju se tekućine kontaminirane radionuklidima čija koncentracija prelazi vrijednost za otpuštanje iz radiološkog nadzora.

Taj otpad čini važan udio u odnosu na ukupnu količinu RAO-a nastalog u nuklearnoj elektrani, zato se posebno obrađuje i priprema kako bi se smanjio njegov volumen. Koristi se nekoliko postupaka i metoda obrade tekućih RAO-a, a njihov izbor ovisi o količini i fizikalno-kemijskim svojstvima. Nakon tretmana odvojeno se dobivaju dva proizvoda, i to koncentrat u kojem je povišena koncentracija radionuklida i dekontaminirana tekućina. Koncentrat se zatim dalje prerađuje u kruti stabilni oblik koji je prihvatljiv za transport i skladištenje. Dekontaminirana tekućina odnosno voda ponovno se rabi ili ispušta na temelju radiokemijskih analiza i pod posebnom kontrolom i odobrenjem. Postupci koji se rabe za obradu tekućih RAO-a u NEK-u navedeni su u sljedećoj tablici (Tablica 9).

Tablica 9: Postupci koji se koriste za obradu tekućih RAO-a u NEK-u

Proces	Medij	Oblik otpada
Isparavanje u isparivaču	Tekućine	Talog nakon isparavanja (koncentrat)
Ionska izmjena	Voda s ionskim kontaminantima	Potrošeni ionski izmjenjivači (osušeni)
Filtriranje	Sve tekućine s česticama	Filtarski ulošci

2.7.10.3 Kruti radioaktivni otpad

Kruti RAO-i su otpadne tvari čija je specifična aktivnost veća od vrijednosti za otpuštanje iz nadzora u skladu s propisom kojim se uređuju djelatnosti povezane s izvorima ionizirajućeg zračenja.

Ovisno o stupnju i vrsti radioaktivnosti, kruti RAO-i razvrstavaju se u kategorije: prolazno radioaktivni, vrlo niskoradioaktivni, nisko- i srednjoradioaktivni (oni se dalje razvrstavaju u potkategoriju kratkoživući i dugoživući), visokoradioaktivni i radioaktivni otpad s prirodnim radionuklidima. Kategorija koja je količinski najzastupljenija i posljedično zauzima najviše prostora u skladištu NEK-a je kratkoživući nisko- i srednjoradioaktivni otpad.

Kruti RAO uključuje solidificirane i kapsulirane RAO-e (ostaci isparavanja u silikatnom betonu), filtre i kontaminirane krute otpadne tvari kao što su plastika, papir, krpe, osobna zaštitna oprema, alati i dijelovi strojeva.

Sukladno Uredbi o djelatnostima povezanima s izvorima ionizirajućeg zračenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 19/18) utvrđuju se kriteriji na temelju kojih se veća količina otpada čije je djelovanje ispod regulatornih granica može otpustiti iz daljnjeg regulatornog nadzora. Različitim mjerama (razvrstavanje, zaštita, dekontaminacija, pravilna uporaba…) možemo spriječiti odnosno smanjiti mogućnost kontaminacije ili aktivacije materijala i time smanjujemo nastajanje radioaktivnog otpada. Ako specifična aktivnost i površinska kontaminacija materijala koji može biti namijenjen ponovnoj upotrebi, preradi, uobičajenom odlaganju ili spaljivanju ne prelaze vrijednosti navedene u Uredbi o djelatnostima s izvorima ionizirajućeg zračenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 19/18) i preuzete su iz europskih, IAEA-inih i međunarodnih standarda, takav materijal može dobiti dozvolu za otpuštanje iz nadzora radioaktivnog materijala koju je izdao URSJV u skladu s člankom 24. ZVISJV-1, pod uvjetom da su ispunjeni svi potrebni kriteriji za namjeravano otpuštanje iz nadzora.

S tvarima i predmetima koji nisu kontaminirani tijekom njihove uporabe u radiološkom nadzornom području (RNO) ili koji se nakon radiološke kontrole mogu iznositi u malim količinama postupa se u skladu s postupkom Iznošenje opreme, alata, čistih tvari i uzoraka iz radiološki kontroliranog područja NEK-a. Postupkom je propisana radiološka kontrola čiste opreme, alata i čistih tvari koje korisnik ili odgovorna osoba želi bezuvjetno iznijeti iz radiološki kontroliranog prostora. Za daljnju analizu uključene su i manje količine tvari u obliku uzoraka.

Prije iznošenja opreme i alata provjerava se površinska kontaminacija vanjskih i unutarnjih površina. Prije iznošenja čistih tvari koje nisu korištene i nisu kontaminirane, provjerava se njihova specifična aktivnost i površinska kontaminacija ambalaže. To se čini prijenosnim detektorom ili u monitoru za male objekte na izlazu iz RNO-a koji mjeri aktivnost. Ambalaža uzorka ne smije biti kontaminirana i mora biti otporna na udarce i prikladna za transport. Bezuvjetno iznošenje dopušteno je samo kada je razina površinske kontaminacije i specifičnih aktivnosti ispod propisane granice u skladu s Uredbom o djelatnostima s izvorima ionizirajućeg zračenja (Uredba o djelatnostima s izvorima ionizirajućeg zračenja, Službeni list Republike Slovenije, br. 19/18).

Sukladno Uredbi o djelatnostima s izvorima ionizirajućeg zračenja utvrđeni su kriteriji za otpad na temelju kojih se veća količina otpada čije su aktivnosti ispod regulatornih granica može isključiti iz daljnjeg regulatornog nadzora. To se radi u skladu s postupkom Zahtjev za otpuštanje iz radiološkog nadzora otpada.

Smanjenje volumena krutih nesolidificiranih RAO-a postiže se mehaničkim i kemijskim procesima čiji izbor ovisi o svojstvima otpada. Donja tablica (Tablica 10) prikazuje postupke koji se koriste za smanjenje volumena nesolidificiranih krutih RAO-a.

Tablica 10: Postupci za smanjenje volumena nesolidificiranih krutih RAO-a /228/

Proces	**Tvari za koje se upotrebljava proces**	**Redukcijski faktor**
Kompresija niskotlačnom prešom u bačvi	Tkanina, plastika, lim, kabeli, sitna oprema...	< 4
Superkompaktiranje bačvi	Tkanina, plastika, papir, lim, sitni metalni dijelovi...	< 10
Spaljivanje	Sve zapaljive tvari	< 30
Piroliza	Zapaljive tvari, ionski izmjenjivači	< 60
Taljenje	Metali	< 10
Rezanje, drobljenje	Sve tvari	< 2

Otpad se skladišti unutar ograde NEK-a u RWSB-u (Radioactive Waste Storage Building) i opisan je u poglavlju 11 USAR /3/, pod naslovom RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT. Pohranjeni otpad ispunjava posebne kriterije skladištenja koji su u skladu s Pravilnikom o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list Republike Slovenije, br. 125/21). Tim se pravilnikom uređuje razvrstavanje radioaktivnog otpada prema stupnju i vrsti radioaktivnosti, postupanje s radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom, opseg izvještavanja o nastanku radioaktivnog otpada i istrošenog goriva te način i opseg vođenja središnje evidencije nastajanja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva te vođenje evidencija skladištenog i odloženog radioaktivnog otpada i istrošenog goriva.

Kapacitet skladišta NSRAO (RWSB) iznosi 11.200 bačvi ili 3000 cijevnih kontejnera (TTC-tube type container), što je najčešći oblik pakiranja s NSRAO-om u NEK-u. Kapacitet skladišta dovoljan je dok, prema međudržavnom ugovoru, javne službe Republike Slovenije i Republike Hrvatske ne preuzmu svaka polovicu radioaktivnog otpada /11/.

2.7.11 Istrošeno gorivo

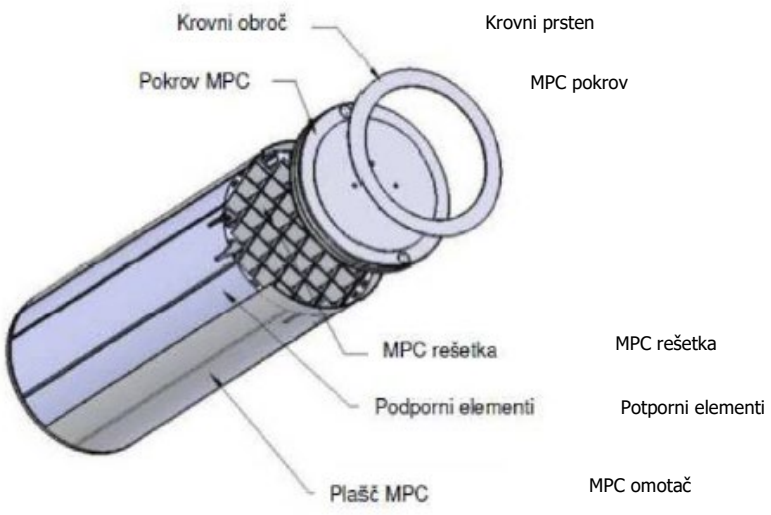
NEK od početka rada sve istrošeno gorivo (IG) skladišti unutar ograde tehnološkog dijela elektrane, u bazenu za istrošeno gorivo (SFP, Spent Fuel Pit) u zgradi za rukovanje gorivom (FHB, Fuel Handling Building), kako je predviđeno u osnovnom dizajnu elektrane. Preostala toplina se uklanja iz IG-a preko aktivnog rashladnog sustava bazena za IG. U sklopu sigurnosne nadogradnje poboljšano je alternativno hlađenje bazena za istrošeno gorivo.

Analiza mogućih poboljšanja skladištenja nuklearnog goriva bila je dio odgovora nuklearne industrije i regulatornih tijela nakon nesreće u Fukushimi. Iz zaključaka analiza NEK-a i analiza te odluka Uprave za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije proizlazi da je zbog novih sigurnosnih zahtjeva uvođenje suhog skladištenja IG-a važna sigurnosna nadogradnja. Predloženo rješenje tehnologije suhog skladištenja IG-a uvršteno je u Rezoluciju o Nacionalnom programu gospodarenja radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom za razdoblje 2016. – 2025. (ReNPRRO16-25) /28/.

Osnovna namjena zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva (IG) jest modernizacija tehnologije privremenog skladištenja IG-a. Uvođenje tehnologije suhog skladištenja IG-a znači sigurniji način njegova skladištenja. Budući da je sustav hlađenja pasivan, za hlađenje i rad nije nam potreban nikakav uređaj, sustav ili izvor energije. Osim toga, poboljšana je zaštita od izvora ionizirajućeg zračenja i robusnost sustava. Zgrada i spremnici s istrošenim gorivom bit će smješteni na lokaciji NEK-a, unutar ograde tehnološkog dijela elektrane.

Implementacija tehnologije suhog skladištenja istrošenog goriva znači sigurniji način skladištenja IG-a pod istim okolišnim uvjetima i uvjetima zaštite od izvora ionizirajućeg zračenja kao što je navedeno u postojećoj radnoj dozvoli. Suho skladištenje je u svijetu prepoznato kao najsigurnije i najraširenije tehnološko rješenje za skladištenje IG-a. Osim pasivnog načina hlađenja, bolje radiološke sigurnosti i robusnosti, suho skladištenje IG-a ima i druge prednosti, prije svega zbog bolje zaštite od namjernih i nenamjernih negativnih utjecaja odnosno ljudskih djelovanja.

Nakon višegodišnjeg hlađenja u bazenu za istrošeno gorivo (SFP), IG se prenosi u posebne spremnike (Slika 8) koji su hermetički zatvoreni i postavljeni u odgovarajući omotač (za prijenos/transfer, skladištenje ili transport).

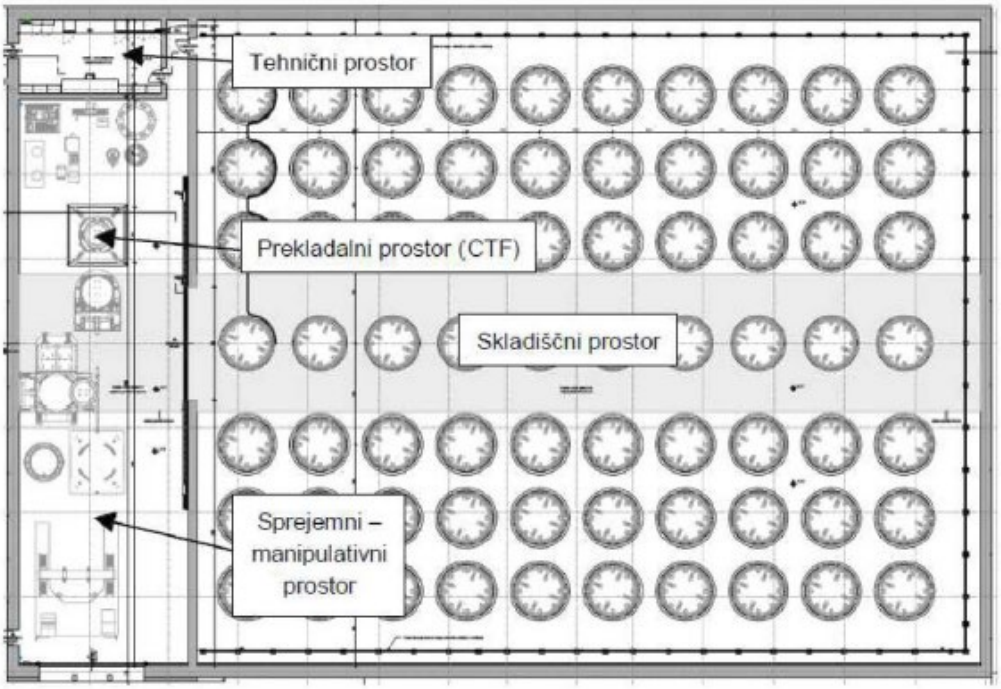


Slika 8: Shematski prikaz spremnika za istrošeno gorivo (izvor: /226/)

Spremnici se zatim stavljaju u posebne skladišne omotače u zgradu za suho skladištenje IG-a (Slika 9). Zgrada se sastoji od nekoliko dijelova: manipulativnog, tehničkog i skladišnog prostora.

Suho skladište osigurat će skladištenje istrošenog goriva u 70 spremnika, u kojima se (u svakom) može pohraniti 37 gorivnih elemenata, pri čemu su 62 spremnika predviđena za skladištenje goriva u predviđenom vijeku trajanja elektrane, a njih 8 rezervni su skladišni kapaciteti.

IG će biti smješten u zgradi do donošenja odluke o izboru nacionalne strategije zbrinjavanja ili ponovne obrade IG-a. Krajem 2020. godine u bazenu za istrošeno gorivo pohranjena su ukupno 1323 gorivna elementa, uključujući dva posebna spremnika s gorivnim šipkama i fisijskom ćelijom iz 2017. Godine 2023. bit će dovršena prva faza suhog skladištenja, kada će biti premještena prva 592 istrošena gorivna elementa. Zatim će se u drugoj fazi 2028. godine premjestiti sljedeća 592 istrošena gorivna elementa.



Slika 9: Tlocrt zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva (izvor: /226/)

Tehnični prostor	Tehnički prostor
Prekladalni prostor (CTF)	Prostor za prijenos (CTF
Skladiščni prostor	Skladišni prostor
Sprejemni - manipulativni prostor	Prihvatni – manipulativni prostor

2.7.12 Program nadogradnje sigurnosti (PNV)

U skladu sa slovenskim zakonodavstvom iz područja nuklearne sigurnosti (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti), NEK je analizirao sustave, strukture i komponente sa stajališta teških nesreća. Na temelju analiza NEK je dužan poduzeti sve razumne mjere za sprječavanje i ublažavanje posljedica teških nesreća u zadanim rokovima. Nakon nesreće u japanskoj elektrani Fukushima Daiichi u ožujku 2011., taj je proces dobio visoki prioritet. S odlukom URSJV-a br. 3570-11/2011-7 od 1. rujna 2011. godine bila je potrebna analiza teških nesreća i izrada programa nadogradnje sigurnosti. Navedena odluka u svom obrazloženju ističe dobru praksu u Europi, koju NEK treba uzeti u obzir u svojoj analizi.

Zbog nuklearne nesreće u elektrani Fukushima cijela je nuklearna industrija shvatila da su velike nesreće moguće i da je potrebna tehnološka spremnost za sprječavanje teških nesreća i upravljanje njima. Nesreća je izazvala brze reakcije u svim zemljama s nuklearnom tehnologijom. Na temelju metodologije koju su zajednički razvile sve zemlje Europske unije, također je URSJV 30. svibnja 2011. godine odlukom br. 3570-9/2011/2 NEK-u naložio izvanredni sigurnosni pregled. Izvještaj je pripremljen do 31. listopada 2011. i uglavnom je odražavao procjenu tadašnjih mjera za osiguranje nuklearne sigurnosti u slučaju

vanjskih izvanrednih situacija i pripremu prijedloga kratkoročnih poboljšanja. U sklopu toga, napravljene su dodatne modifikacije za mogućnost povezivanja mobilne opreme. Dana 23. prosinca 2011. URSJV je predao ENSREG-u Nacionalni izvještaj o stres-testovima /26/ i objavio ga na svojim internetskim stranicama. NEK-ov program nadogradnje sigurnosti nije dio procjene utjecaja na okoliš. Sigurnosna nadogradnja provodila bi se bez obzira na produljenje pogonskog vijeka NEK-a, na temelju nacionalnog akcijskog plana nakon Fukushime prema stres-testovima Europske unije.

NEK je oduvijek djelovao preventivno i reagirao na važne događaje u nuklearnoj industriji, osiguravajući na taj način odgovarajuću nuklearnu sigurnost. Prije događaja u Japanu NEK je već bio u procesu moderniziranja, poput ugradnje trećeg dizelskog generatora za napajanje sigurnosnih sustava, što pridonosi podizanju sigurnosti, a ujedno podržava inicijative za modernizaciju nakon nesreće u Fukushimi. Reagirao je brzo i učinkovito čak i nakon nesreće u Fukushimi. Program koji je NEK predložio kao odgovor na odluku URSJV-a u skladu je sa zahtjevima WENRA-e i usporediv je s industrijskom praksom drugih europskih zemalja.

U kolovozu 2013. Europska komisija objavila je konačni izvještaj s rezultatima izvanrednih sigurnosnih pregleda svih elektrana /8/. Njime se potvrđuje da NEK ima izuzetno dobre rezultate i da je adekvatno pripremljen za ekstremne događaje. Izvještaj uključuje i tablicu preporuka za poboljšanje sigurnosti u pojedinačnim nuklearnim elektranama. Prema toj tablici, NEK je jedina nuklearna elektrana koja nije dobila niti jednu preporuku – i zato što je već provela radnje B.5.b (iz napada na WTC 11. rujna 2001.), imala je nacrt PNV-a i uspjela je dokazati velike ugrađene sigurnosne rezerve u seizmičkoj sigurnosti i sigurnosti od poplava.

Modernizacija sigurnosnih rješenja u NEK-u uključuje najbolja dostupna tehnološka rješenja i prati međunarodnu praksu (npr. Švicarska, Belgija, Švedska, Francuska). To se posebno odnosi na pouzdano hlađenje jezgre, osiguravanje integriteta zaštitne zgrade, kontrolu teških nesreća i hlađenje istrošenog goriva.

Uz jezgru reaktora, bazen s istrošenim gorivom u NEK-u glavni je potencijalni izvor radiološkog ugrožavanja okoliša u slučaju nuklearne nesreće. Strategija skladištenja istrošenog goriva izmijenjena je zbog najnovijih događaja i saznanja iz nesreće u Fukushimi te zbog revizije dokumenta „Rezolucije o nacionalnom programu gospodarenja radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom za razdoblje 2016. – 2025. /28/". U 2023. godini bit će dovršen projekt izgradnje suhog skladišta za istrošeno gorivo /2/. Na taj način dodatno će se poboljšati nuklearna sigurnost i smanjiti rizik od potencijalnih nesreća u bazenu s istrošenim gorivom.

Na temelju vlastitih analiza te preporuka međunarodnih organizacija i upravnih tijela poduzete su određene kratkoročne i dugoročne akcije u NEK-u. U sklopu kratkoročnih akcija nabavljena je određena mobilna oprema (npr.: dizelski generatori raznih snaga, zračni kompresori, pumpe za vodu, vučna vozila). Na pojedinim sustavima u elektrani postavljene su odgovarajuće priključne točke za priključivanje mobilne opreme. U sklopu dugoročnih akcija, a na temelju Odluke URJSV-a, izvršena je sveobuhvatna analiza i oblikovan sveobuhvatni program modernizacije za sprječavanje teških nesreća i ublažavanja njihovih posljedica u 2021. godini, s izuzetkom završetka izgradnje suhog skladišta i premještanja IG-a (prva kampanja), što će biti izvedeno u prvoj polovici 2023.

2.7.13 Periodični sigurnosni pregled (PSR)

Članak 112. Zakona o zaštiti od izvora ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti (ZVISJV-1, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19) zahtijeva od operatera radiološkog ili nuklearnog objekta da „osigura redovitu, sveobuhvatnu i sustavnu procjenu i provjeru radiološke ili nuklearne sigurnosti objekta s periodičnim sigurnosnim pregledima".

Učestalost, sadržaj i opseg, trajanje i način obavljanja periodičnih sigurnosnih pregleda i način izvještavanja o tim pregledima utvrđeni su Pravilnikom o osiguravanju sigurnosti nakon početka rada radioloških ili nuklearnih objekata (Službeni list Republike Slovenije, br. 87/11, 76/17). Uspješno proveden PSR uvjet je za produljenje pogonskog vijeka na deset godina.

Svrha je periodičnog sigurnosnog pregleda da operater radiološkog ili nuklearnog objekta:

- provjeri ukupne učinke starenja objekta, učinke promjena na objektu, pogonsko iskustvo, tehnički razvoj, utjecaje promjena na lokaciji i sve druge moguće utjecaje na radiološku ili nuklearnu sigurnost te utvrdi usklađenost s projektnim osnovama, na temelju kojih je izdana radna dozvola, s valjanim međunarodnim sigurnosnim standardima i međunarodnom praksom, čime je potvrđeno da je objekt siguran barem onoliko koliko je predviđeno tijekom projektiranja te da i dalje može sigurno raditi;
- koristi najnoviju, primjerenu, sustavnu i dokumentiranu metodologiju koja se temelji na determinističkom i vjerojatnosnom pristupu analizama i procjenama radiološke i nuklearne sigurnosti;
- što je prije moguće otkloni sva odstupanja od projekta objekta utvrđena tijekom periodičnog sigurnosnog pregleda, uzimajući u obzir njihovu važnost za nuklearnu sigurnost;
- provjerava i uređuje saznanja o objektu i procesima te svu tehničku dokumentaciju;
- identificira i procijeni sigurnosni značaj odstupanja od valjanih standarda i najbolje međunarodne prakse;
- izvrši sve prikladne i razumne promjene koje proizlaze iz povremenih sigurnosnih provjera;
- promjene provede tako da izradi pisanu procjenu stanja za svaki sadržaj koja je dokumentirana i potkrijepljena odgovarajućim analizama.

U skladu sa zahtjevima NEK je uspješno proveo dva periodična sigurnosna pregleda, prvi 2003. i drugi 2013. godine, koje je odobrio URSJV odlukama. Sveobuhvatne sigurnosne procjene unutar PSR-a potvrdile su da je elektrana sigurna i da može sigurno raditi do sljedećeg PSR-a. Treći periodični sigurnosni pregled trenutačno je u tijeku i bit će dovršen 2023. godine.

2.7.14 Neovisni međunarodni stručni pregledi

NEK sudjeluje u brojnim neovisnim međunarodnim stručnim pregledima (misijama) koji temeljito ispituju sve aspekte sigurnog i pouzdanog rada elektrane. Preglede provode različite organizacije, kao što su IAEA – Međunarodna agencija za atomsku energiju, WANO – Svjetska udruga operatera nuklearnih elektrana i druge.

Svrha misija je promicanje poboljšanja u području nuklearne sigurnosti i pouzdanosti nuklearnih elektrana razmjenom informacija između inozemnih stručnjaka i NEK-a te promicanje komunikacije i usporedbe među članicama WANO-a. Uspoređujući vlastitu praksu sa svjetskim iskustvima i objektivno ocjenjujući stanje rada, cilj je postizanje najviših standarda nuklearne sigurnosti, dostupnosti i izvrsnosti u radu nuklearnih elektrana.

Revizori su NEK usporedili s visokim operativnim standardima nuklearne industrije u područjima sigurnosne kulture i ljudskog ponašanja, organizacije i administracije, poboljšanja učinkovitosti i operativnog iskustva, pogona, održavanja, kemije, upravljanja radnim procesima, inženjeringa, kontrole konfiguracije, učinkovitosti nuklearnog goriva, pouzdanosti opreme, radiološke zaštite, osposobljenosti i kvalifikacija, zaštite od požara, zdravlja i sigurnost na radu, organizacije i mjera u slučaju izvanrednog događaja te primjene međunarodnih preporuka. Promatrači također prate provedbu scenarija operativnih izmjena kako bi procijenili reakciju operativnog osoblja na neplanirane događaje.

Sredinom 1990-ih, u sklopu vjerojatnosnih sigurnosnih analiza razine 2 za elektranu, provedene su, među ostalim, analize odabranih scenarija nesreća koji nadilaze projektne nesreće. Analize su uključivale stanja s oštećenjem jezgre reaktora i kvarom zaštitne zgrade, poznate kao analize teških nesreća. Takve su analize također služile kao osnova za razvoj Smjernica za upravljanje teškim nesrećama (tzv. SAMG – Severe Accident Management Guidelines). Istodobno su obavljeni pregledi opreme i izvršene neke izmjene koje omogućavaju primjereniji odgovor opreme i osoblja u slučaju takvih nesreća. Primjeri su: strategija poplavljivanja prostora ispod reaktorske posude („wet cavity“) u slučaju taljenja reaktorske posude, zamjena rešetke kolektora zaštitne zgrade i toplinske izolacije cjevovoda u zaštitnoj zgradi. Nakon nabave simulatora za obuku operatera i pripremu SAMG-ova, NEK može izvoditi i vježbe pripravnosti za izvanredne slučajeve nesreća koje nadilaze projektne nesreće. Tijekom vježbi funkcionalno su ispitani i SAMG postupci.

Na poziv URSJV-a, 2001. godine u NEK-u je održana misija RAMP u organizaciji IAEA-e u kojoj je ispitan opseg i primjerenost navedenih analiza i smjernica za postupanje u teškim nesrećama. Dio preporuka misije RAMP proveden je u razdoblju poslije inspekcijske misije, ostale preporuke zahtijevale su dodatne, dublje analize, a proveo ih je NEK kao dio prvog akcijskog plana periodičnih sigurnosnih pregleda (npr. proizvodnja, raspodjela vodika te svladavanje opasnosti eksplozije vodika u zaštitnoj zgradi u slučaju teške nesreće). U sklopu akcijskog plana periodičnih sigurnosnih pregleda, NEK je pripremio i posebne podloge za upute za postupanje u izvanrednim situacijama (EOP) te na temelju analiza revidirao kriterije („setpoint") za te upute. Sve radnje iz ovog akcijskog plana su dovršene (pregledao ih je i odobrio URSJV u sklopu različitih upravnih postupaka).

U sklopu provedbe stres-testova pregledano je i upravljanje teškim nesrećama (oprema, postupci, organizacija…). Dodatno je, u sklopu pregleda IAEA-e i WANO-a 2017. i 2019. godine, ispitana prikladnost organizacije za upravljanje nesrećama /26/. Također, u 2018. uspješno je obavljena validacija novih SAMG-ova na simulatoru NEK-a.

2.7.15 Program upravljanja starenjem opreme – Aging management program (AMP)

Program upravljanja starenjem (Aging management program, AMP) razvijen je kao dio periodičnog pregleda sigurnosti (PSR1) i s radnjama koje proizlaze iz završnog izvještaja PSR1.

NEK je u cijelosti dovršio radnje iz periodičnog sigurnosnog pregleda koje su se odnosile na produljenje pogonskog vijeka NEK-a. U sklopu regulatornog postupka, URSJV je odobrio one dijelove izmjena Izvještaja o sigurnosti NEK-a (USAR) i Tehničkih specifikacija NEK-a (TS – NEK Technical Specifications) koji se odnose na produljenje pogonskog vijeka NEK-a (Odluka URSJV broj 3570-6/2009/28 od 20. travnja 2012. godine i Odluka URSJV br. 3570-6/2009/32 od 20. lipnja 2012.) te odobrio program cjelokupnog programa starenja (eng. AMP – Aging Management Program).

NEK-ov program starenja temelji se na američkom zakonodavstvu NUREG-1801, Generic Aging Lessons Learned, Revision 2. Program AMP tako pokriva sve pasivne i „dugoživuće" sustave, strukture i komponente. Europski program AMP koji je osmislila IAEA (International Generic Aging Lessons Learned (IGALL) for Nuclear Power Plants) predviđa da se program starenja također bavi aktivnim komponentama. NEK ima pregled nad aktivnim komponentama izveden u skladu s Nadzorom učinkovitosti održavanja (NUV) – Maintenance Rule (10 CFR 50.65) i programom „Environmental Qualification" (10 CFR 50.49).

Pregled starenja aktivnih komponenti i samog održavanja napravljen je na temelju:
- 0 CFR 50.65 – Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants, Regulatory Guide 1.160,
- "Monitoring the Effectiveness of Maintenance Rule at Nuclear Power Plants" Rev. 3 i NUMARC 93-01,
- "Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants", Rev. 4A.

Važan dio programa AMP bile su i vremenski ograničene sigurnosne analize (analize TLAA), među kojima treba istaknuti analizu AMP-TA-10 „Ažuriranje USAR poglavlja 11 i 15", koja je pokazala da produljenje pogonskog vijeka NEK-a ne mijenja postojeće stanje koje bi donijelo nove opasnosti i opterećenja okolišu.

Dosljednost i cjelovitost programa starenja provjerene su nizom misija:
- 2014. godine misija WANO Peer Review u NEK-u (AMP),
- 2017. godine misija IAEA OSART + LTO + PSA,
- 2017. godine NEK je aktivno sudjelovao u pripremi nacionalnog izvještaja ENSREG Topical Peer Review (TPR) on Aging Management,
- 2019. godine pregled WANO Peer Review NEK AMP.

Za projekt suhog skladištenja razvijen je poseban program upravljanja starenjem.

Sve misije (uključujući misiju OSART iz 2017.) te pregled UNS-a i odluka donesena u prethodno opisanom upravnom postupku pokazali su usklađenost programa starenja s međunarodnim preporukama i Pravilnikom o osiguranju sigurnosti nakon početka rada radioloških ili nuklearnih objekata.

Osim toga, 2021. godine program NEK AMP bit će revidiran i ocijenjen u sklopu misije IAEA-e pre-SALTO (Safety Aspects of Long Term Operation). Misija pre-SALTO temeljito će revidirati programe kontrole starenja i njihovu provedbu na temelju standarda IAEA-e i najbolje međunarodne prakse. Program starenja će se sveobuhvatno i sustavno vrednovati u sklopu trećeg periodičnog sigurnosnog pregleda (PSR3), u skladu s programom koji je odobrio URSJV odlukom br. 3570-7 / 2020/22 od 23. prosinca 2020.

2.7.16 Sustavi vođenja

Vanjski okvir za rad i poslovanje NEK-a određen je zakonodavstvom, međudržavnim ugovorom, standardima nuklearne industrije i standardima za učinkovito upravljanje gospodarskim društvima.

Unutarnja organizacija društva osmišljena je tako da uključuje sve funkcije koje su potrebne za kvalitetno provođenje radnih procesa u skladu sa standardima nuklearne industrije i propisima. Pritom se uzima u obzir specifična uloga društva, koja osim operativne obuhvaća i inženjerske i korporativne funkcije, uključujući neovisni nadzor nad nuklearnom sigurnošću. NEK-ov sustav upravljanja MD-2, kao jedan od ključnih dokumenata, sustavno prikazuje osnovne organizacijske karakteristike, definira odgovornosti za upravljanje, ključne i potporne procese te neovisni nadzor nad nuklearnom sigurnošću.

Integrirani sustav upravljanja opisan u NEK MD-2 Sustav upravljanja – Organizacija procesa u skladu je sa zahtjevima propisanima Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti, ZVISJV-1, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17, 26/19, i to detaljnije u Pravilniku o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti, Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16, 76/17) u poglavlju 5. (Sustav upravljanja). Program je također usklađen s IAEA General Safety Requirements No. GSR Part 2, Leadership and Management for Safety, 2016.

Sastavni dio integriranog sustava upravljanja je Program osiguranja kvalitete kao dio neovisnog nadzora nad nuklearnom sigurnošću, koji je u skladu sa zahtjevima slovenskog zakonodavstva i američkog zakonika 10 CFR 50 Appendix B Dodatak B Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants. Programom je propisana kontrola onih aktivnosti koje utječu na nuklearnu sigurnost i spremnost nuklearnog goriva, konstrukcije, sustava i komponenti (SSK) te na kvalitetu povezanih usluga.

Sastavni dio sustava upravljanja je i sustav upravljanja okolišem koji je u NEK-u uveden 2008. godine u skladu s normom ISO 14001:2004. U studenom 2017. godine izvršen je recertifikacijski audit sustava upravljanja okolišem i uspješan prelazak na novo izdanje norme ISO 14001:2015, što je potvrđeno izdavanjem certifikata. Certifikati se izdaju na razdoblje od tri godine, tako da je nakon dva kontrolna audita u listopadu 2020. proveden uspješan recertifikacijski audit. NEK je dobio novi certifikat ISO 14001:2015 br. SI008072 za sljedeće trogodišnje razdoblje (do kraja 2023.)/26/.

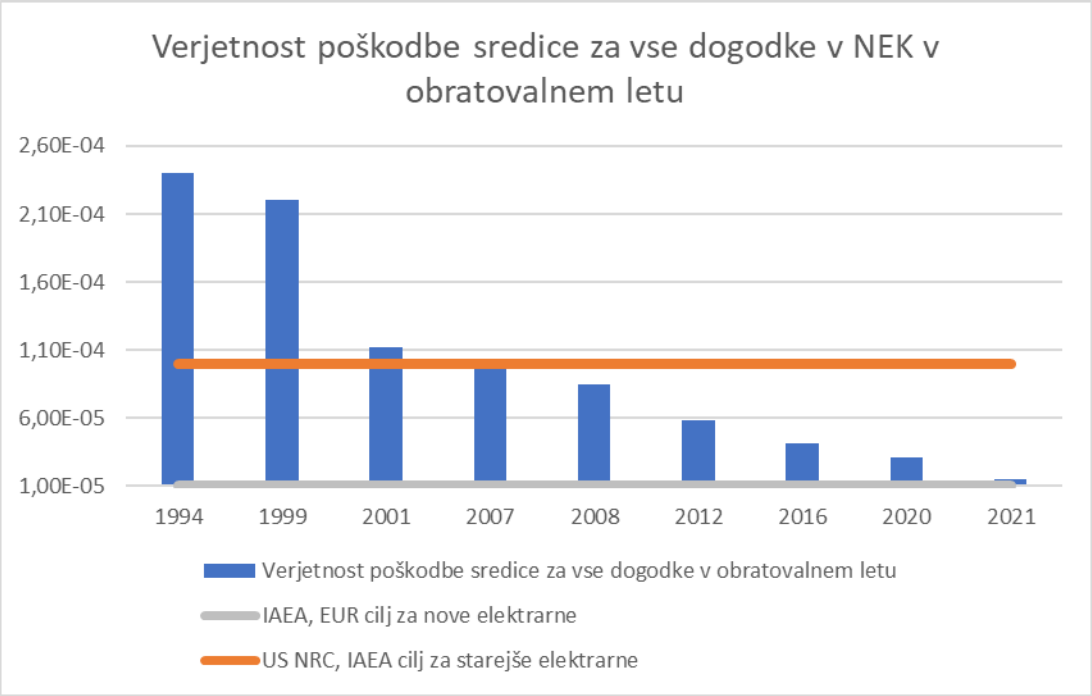
Sustav sigurnosti i zdravlja na radu prema standardu BS OHSAS 18001:2007 uveden je 2011. godine. Njegovu prikladnost i učinkovitost redovito provjerava vanjska certifikacijska kuća.

Sustav sigurnosti i zdravlja na radu prema standardu BS OHSAS 18001:2007 uveden je 2011. godine. Nakon izdavanja nove norme za područje sigurnosti i zdravlja na radu u 2018. godini, postupno su uvedene izmjene i dopune sustava upravljanja sa sigurnošću i zdravljem na radu potrebne za prelazak s norme BS OHSAS 18001:2007 na normu ISO 45001:2018. U listopadu 2020. prelazak na novu normu temeljito je pregledan i potvrđen na recertifikacijskom auditu vanjske certifikacijske kuće Bureau Veritas. NEK je dobio certifikat ISO 45001:2018 br. SI008176 na razdoblje od tri godine /30/.

2.8 KLJUČNE KARAKTERISTIKE SIGURNOSTI ELEKTRANE U 2021. GODINI

Sigurnosne modernizacije i nadogradnje NEK-a **ne** podliježu ovoj procjeni. Navodimo ih kako bismo prikazali što je u prošlosti učinjeno za unaprjeđenje sigurnog i učinkovitog rada NEK-a. Sva navedena sigurnosna ažuriranja i nadogradnje u nastavku predstavljaju najnovije stanje tehnike u NEK-u u sadašnjem stanju.

Promišljene i usmjerene nadogradnje sigurnosti posljednjih desetljeća u NEK-u, posebice provedbom Programa nadogradnje sigurnosti (PNV), neprestano poboljšavaju razinu sigurnosti, kao što je vidljivo na sljedećoj slici (Slika 10) koja prikazuje vjerojatnost oštećenja jezgre zbog svih mogućih unutarnjih događaja (otkazivanje opreme, lomovi cjevovoda, požari...) i vanjskih događaja (potresi, poplave...).



Slika 10: Prikaz razine sigurnosti mjerene vjerojatnošću oštećenja jezgre po godini rada (CDF/ry) (izvor:/1/)

Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v NEK v obratovalnem letu	Vjerojatnost oštećenja jezgre za sve događaje u NEK-u u pogonskoj godini
Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v obratovalnem letu	Vjerojatnost oštećenja za sve događaje u pogonskoj godini
IAEA, EUR cilj za nove elektrarne	IAEA, EUR cilj za nove elektrane
US NRC, IAEA cilj za starejše elektrarne	US NRC, IAEA cilj za starije elektrane

Slika prikazuje vjerojatnost oštećenja jezgre za sve događaje u NEK-u u pogonskoj godini tijekom povijesti rada u usporedbi s ciljnim vrijednostima američkog US NRC-a i IAEA-e za nuklearne elektrane 2. generacije prikazane narančastom bojom i s ciljnim vrijednostima IAEA-e i EUR-a za nove elektrane treće generacije, siva crta, izvedeno iz NEA/CSNI/R (2009.) 16. Oštećenje jezgre u NEK-u u skladu je s definicijom US NRC 10 CFR 50.46, odjeljak 1b. Iz slike se vidi da je u posljednjih 20 godina došlo do znatnog smanjenja vjerojatnosti oštećenja jezgre, što je rezultat velikih ulaganja u sigurnosnu nadogradnju elektrane. Učinjena su važna ažuriranja u vezi s rizikom od potresa, zaštitom od poplava, ublažavanjem posljedica požara, osiguravanjem dodatnih izvora električne energije u slučaju nesreća ili nestanka električne energije i još mnogo toga. Kao primjer možemo spomenuti alternativnu opciju odvođenja topline s novim sustavima DEC (spremnik ASI, spremnik AAF i bunar), koji osiguravaju dugotrajno hlađenje elektrane. Smanjenje rizika u posljednjih nekoliko godina i planirana smanjenja u 2021. rezultat su Programa nadogradnje sigurnosti NEK-a /18/.

2.8.1 Najvažnije projektne promjene primarnog kruga

2.8.1.1 Zamjena parogeneratora

Zamjena parogeneratora odvijala se u sklopu modernizacije elektrane. Modernizacija se sastojala od niza potprojekata. Prvi je uključivao projektiranje, proizvodnju, doradu, sastavljanje, ispitivanje i transport novih parogeneratora. Drugi je uključivao sigurnosne analize i dobivanje dozvola za zamjenu. Treći, koji je završen početkom remonta, bio je izgradnja kompletnog simulatora za obuku osoblja i analizu ponašanja elektrane u slučaju različitih događaja. Zamjena parogeneratora i izgradnja simulatora provodila se 2000. godine.

2.8.1.2 Uvođenje novog sustava za mjerenje temperature primarnog kruga

Sustav za mjerenje temperature primarne rashladne tekućine imao je premosnicu ugrađenu na rashladne petlje A i B, koja je bila pričvršćena na toplu, hladnu i međugranu i imala je ukupno 30 ventila. Zbog otežanog održavanja i mogućih propuštanja, tijekom remonta 2013. godine uklonjeni su svi ventili i obilazni vodovi, a senzori za mjerenje temperature ugrađeni su izravno u primarnu cijev rashladne tekućine. Takvo rješenje smanjuje zahvate u radu i održavanju te rizik od curenja primarne rashladne tekućine.

2.8.1.3 Modernizacija motora reaktorske pumpe

Oba elektromotora pumpe rashladne tekućine reaktora su obnovljena i modernizirana. Također su modernizirani kontrolni instrumenti i vizualni zasloni za praćenje temperature ležajeva, razine ulja u ležajevima i vibracija motora. Modernizacija je provedena 2007. i 2010. godine.

2.8.1.4 Zamjena reaktorske glave

Na temelju operativnih iskustava industrije zamijenjena je reaktorska glava. Materijali otporniji na koroziju i bolji proizvodni procesi osiguravaju sigurniji i pouzdaniji rad elektrane. Reaktorska glava zamijenjena je 2012. godine.

2.8.2 Najvažnije projektne promjene sekundarnog kruga i električnih sustava

2.8.2.1 Zamjena niskotlačnih turbina

NEK je zbog dotrajalih turbina i potrebe za optimizacijom proizvodnje električne energije zamijenio obje niskotlačne turbine. Nove niskotlačne turbine imaju veću unutarnju učinkovitost u usporedbi sa starim turbinama. Zamjena je provedena 2006. godine.

2.8.2.2 Zamjena statora i rotora glavnog generatora

Modifikacija je uključivala zamjenu statorskog dijela generatora (vanjsko i unutarnje kućište, jezgra, namot, glavni priključci s čahurama, vodikovi hladnjaci), sustava rashladne vode statora, ventila za kontrolu temperature vodika, lokalne alarmne ploče, ugradnju nove sušilice vodika i modernizaciju kontrolnih instrumenata prijenosom podataka u glavnu komandnu sobu.

NEK je odlučio zamijeniti rotor glavnog generatora na temelju procjene da je projektiran i pri izradi poštovan pogonski vijek svih potkomponenti generatora od 30 godina, uzimajući u obzir normalne uvjete i pogonsku pouzdanost. Rotor generatora zamijenjen je novim koji pokazuje bolje karakteristike pouzdanosti i učinkovitosti. Stator i rotor glavnog generatora zamijenjeni su 2010. i 2012. godine.

2.8.2.3 Zamjena sustava upravljanja i zaštite turbine (sustav upravljanja i nadzora turbine)

Stari digitalni elektrohidraulični sustav DEH (Digital Electro Hydraulic) sustava upravljanja turbinom zamijenjen je novim digitalnim elektrohidrauličnim sustavom s mogućnošću programiranja PDEH (Programmable Digital Electro Hydraulic) koji je izradio originalni dobavljač.

Ugradnja novog sustava upravljanja i nadzora turbine (PDEH) uključivala je i zamjenu sustava zaštite turbine (Emergency Trip System) i sustava za regulaciju pregrijavanja pare i odvlaživača te prebacivanje upravljačkih i ispitnih naredbi dvanaest ventila sustava za separaciju pare s neovisne ploče na novi sustav PDEH. Zamjena je provedena 2012. godine.

2.8.2.4 Zamjena uzbudnika i regulatora napona te glavnog prekidača generatora

Treći projekt modernizacije generatorskog sustava uključivao je zamjenu uzbudnika i regulatora napona glavnog generatora.

Zamjena glavne sklopke generatora bila je jedna od izvršenih modernizacija generatorskog sustava, čime se povećava pouzdanost rada elektrane. Projekt je uključivao zamjenu glavne sklopke generatora sa svom pripadajućom opremom i zamjenu zaštite od prenapona. Budući da nova sklopka generatora ne zahtijeva vodno hlađenje i komprimirani zrak za pogon, uklonjeni su i postojeća kompresorska stanica i rashladni sustav stare sklopke generatora. Sustav je zamijenjen 2016. godine.

2.8.2.5 Obnova rasklopnog postrojenja i zamjena sabirnica 400-kilovoltnog sustava

U skladu s Ugovorom o tehničkim aspektima ulaganja, NEK i operator sustava ELES temeljito su obnovili rasklopno postrojenje. Obnova je počela već u remontu 2010. godine, a nastavljena je u remontima 2012. i 2013. zamjenom sve primarne opreme, kao što su prekidači, izolatori i sabirnice te zamjenom mjernih i kontrolnih sustava.

Od mjesta dvostruke ograde između NEK-a i RTP-a Krško do transformatorskog polja NEK-a zamijenjen je dio 400-kilovoltnih sabirnica s potpornim izolatorima i portalima. Zamjena sabirnica prva je faza zajedničkog projekta NEK-a i ELES-a na području rekonstrukcije 400-kilovoltnog rasklopnog postrojenja.

2.8.2.6 Ugradnja i priključivanje energetskog transformatora

NEK je zamijenio glavni transformator nazivne snage 400 MVA novim snage 500 MVA. Novi transformator otklanja usko grlo u distribuciji električne energije u elektroenergetski sustav i vraća elektranu u osnovnu konfiguraciju s dva transformatora jednake snage. Zamjena je provedena 2013. godine.

2.8.3 Najvažnije projektne promjene tercijarnog kruga i podsustava

2.8.3.1 Proširenje sustava rashladnih tornjeva

Projekt je promijenjen zbog promjena u elektrani i okolišu. Odabranim tehničkim rješenjima unaprijeđen je rashladni sustav tercijarnog kruga NEK-a. Ugrađene su četiri nove rashladne ćelije (novi rashladni toranj – CT3) te je potpuno zamijenjena električna oprema sustava rashladnog tornja. Proširenje je provedeno 2008. godine.

2.8.3.2 Rekonstrukcije zbog izgradnje HE Brežice

Zbog HE Brežice razina rijeke Save na području NEK-a porasla je za 3 m, na razinu od 153,20 m nadmorske visine. Zbog promijenjenih hidrauličkih uvjeta, na području NEK-a bilo je potrebno rekonstruirati određene sustave kako bi se nakon porasta razine rijeke Save omogućio rad sustava unutar postojećih projektnih baza te omogućilo normalno održavanje zahvaćenih sustava i struktura.

2.8.3.2.1 Modifikacija na hidrauličnom sustavu zgrade brane

Modifikacija je sadržavala sve potrebne mehaničke, građevinske, električne i I&C aktivnosti potrebne na zgradi brane NEK-a zbog izgradnje HE Brežice. Zbog hidrauličnih promjena na rijeci Savi uzvodno i nizvodno od brane NEK-a morali su se izvesti sljedeći zahvati:

Građevinski dio:
- uređenje prilaza i okoline brane,
- proširenje odlagališta remontnih protuprovalnih pregrada,
- nadvisivanje stupova preljevnih polja i izgradnja novog mosta za kransko dizalo,
- rekonstrukcija temelja podslapa s dodatnim čeličnim pragom,
- ugradnja dodatnih vodilica na krilne zidove brane,
- proširenje temelja kranske staze,
- dodatni nasip za uređenje platoa proširenog odlagališta.

Strojni dio:
- nabava i montaža nizvodnih remontnih segmentnih protuprovalnih pregrada (6 novih elemenata),
- isporuka i montaža ulaznih remontnih protuprovalnih pregrada (2 nova valjkasta segmenta),
- isporuka i montaža nove mosne dizalice 2 x 100 kN za manipulaciju nizvodnim remontnim protuprovalnim pregradama na protočnim poljima s kranskom stazom,
- nabava i montaža kliješta za podizanje, hvatanje i spuštanje elemenata nizvodnih remontnih protuprovalnih pregrada koje su obješene na portalno dizalo,
- nabava i montaža pretovarnog mobilnog hidrauličkog uređaja za transport nizvodnih remontnih protuprovalnih pregrada od mosne dizalice do odlagališta protuprovalnih pregrada s kranskom stazom,
- nabava i montaža opreme odlagališta nizvodnih remontnih protuprovalnih pregrada, što uključuje komplet baza za postavljanje protuprovalnih pregrada,
- rekonstrukcija hidraulične opreme za dizanje radijalnih protuprovalnih pregrada koja uključuje hidraulične agregate na električni, motorni i ručni pogon, hidraulične cilindre i crijeva s fleksibilnim cijevima za fleksibilne priključke.

Električni dio i upravljanje:
Dosadašnji sustav upravljanja i kontrole opreme na brani NEK-a, koji uključuje regulaciju razine rijeke Save putem snimanja protoka i mjerenja razine, zamijenjen je novim sustavom. Provedene su i dvosmjerne podatkovne veze na kontrolnu opremu brana HE Brežice i HE Krško, koje omogućuju zajedničko upravljanje ovim branama s branom NEK-a.

2.8.3.2.2 Rekonstrukcija na sustavu CW

Kako bi se osigurao normalan i siguran rad elektrane pri povišenoj razini rijeke Save tijekom izgradnje HE Brežice, na tercijarnom rashladnom sustavu (CW CIRCULATING WATER SYSTEM) bile su potrebne određene rekonstrukcije koje su uključivale:

- uvođenje dodatnih protuprovalnih pregrada (stop logs) za izolaciju dotočnih objekata CW, što omogućuje održavanje na grubim rešetkama, putujućim sitima i pumpama CW;
- rekonstrukciju i modernizaciju sustava za čišćenje CW – novi uređaj za čišćenje rešetki (dva nova stroja veće učinkovitosti);
- putujuća sita CW 105TSC-001; -006 modernizacija (povećana brzina pomicanja sita, modifikacija sigurnosnih zaklopki);
- ugradnju dodatne pumpe za ispiranje sita i dodatnih mlaznica za svako sito;
- zamjenu električnih ormara i modernizaciju upravljanja, modernizaciju mjerenja razlike razina vode na grubim rešetkama i putujućim sitima);
- rekonstrukciju cjevovoda za odleđivanje CW-a za sprječavanje stvaranja leda u CW-u;
- ugradnju nove pumpe kako bi se zadovoljili operativni zahtjevi sustava za odleđivanje;
- modifikaciju mlaznica za odleđivanje cijevi (uvođenje dodatnih mlaznica na cjevovod za odleđivanje CW-a);
- obnovu manipulacijskih ploča (platformi).

2.8.3.2.3 Rekonstrukcija na sustavu SW

Zbog izgradnje HE Brežice bilo je potrebno i rekonstruirati tercijarni sigurnosni rashladni sustav (sustav SW) koji osigurava hlađenje sigurnosnih komponenti. Rekonstrukcija je uključivala:

- ugradnju dodatnih talpi i prekvalifikaciju postojećih,
- prethodno projektiranje sustava sabirnica pumpe SW,
- ugradnju novih radnih platformi,
- nadogradnju odnosno zamjenu postojećeg sustava odmuljivanja,
- modernizaciju sustava mjerenja razine mulja u usisnom bazenu,
- adaptaciju sustava katodne zaštite podvodnih struktura i cjevovoda.

2.8.3.2.4 Rekonstrukcija na sustavima PW i SV

Zbog izgradnje HE Brežice bila je potrebna rekonstrukcija sustava podzemnih bunara, meteorske i fekalne kanalizacije:

- Podzemni bunari

Kako bi se razina podzemne vode održala na istoj onoj kao i prije izgradnje, unutar injekcijske zavjese ugrađuju se tri podzemna bunara s pripadajućim spojnim cjevovodima na postojeću zgradu PB.

- Meteorska kanalizacija:

Rušenje postojećeg crpilišta meteorske kanalizacije i izgradnja nove na istoj lokaciji.

- Fekalna kanalizacija:
  - izgradnja novog gravitacijskog ispusta iznad buduće visine brane HE Brežice, na visini od 153,50 m n. v.
  - zamjena dviju postojećih potopnih pumpi.

2.8.4 Ostale projektne promjene za poboljšanje sigurnosti

2.8.4.1 Poboljšanje izmjeničnog zaštitnog napajanja – DG3

Riječ je o poboljšanju izmjeničnog sigurnosnog napajanja elektrane osiguravanjem alternativnog izvora u slučaju eventualnog gubitka cjelokupnog izmjeničnog napajanja (Station blackout – SBO). Nadogradnja sigurnosnog napajanja uključivala je ugradnju dodatnog dizelskog generatora (DG3), snage 4 megavata (6,3 kV, 50 Hz, vrijeme pokretanja manje od 10 sekundi) koji je preko nove sabirnice od 6,3 kV (MD3) spojen na sigurnosne sabirnice MD1 ili MD2. Poboljšanja su provedena 2006. i 2013. godine.

2.8.5 Projekti nadogradnje sigurnosti NEK-a

NEK je provedenim Programom nadogradnje sigurnosti (PNV) /18/ pripremljen za teške nesreće u skladu sa ZVISJV-1 (Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17, 26/19) i Pravilnikom o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17– ZVISJV-1). PNV je pregledao i odobrio URSJV u veljači 2012. odlukom br. 3570-11/2011/09. NEK je 2012. godine započeo izradu projektne dokumentacije PNV i 2013. podnio prvu prijavu za prve dvije sigurnosne nadogradnje (ugradnja pasivnog autokatalitičkog sustava za vezanje vodika i ugradnja pasivnog filtarskog ventilacijskog sustava zaštitne zgrade). Te dvije izmjene, koje su ključna rješenja za uvjete teških nesreća, odobrio je URSJV u listopadu 2013. godine.

2.8.5.1 Faza 1

Ugradnja pasivnih autokatalitičkih peći za regulaciju vodika u zaštitnoj zgradi

Ugradnjom pasivnih autokatalitičkih peći za vodik ograničena je koncentracija eksplozivnih plinova (vodika i ugljičnog monoksida) u zaštitnoj zgradi u slučaju najgore moguće nesreće. Ugrađena oprema ne zahtijeva nikakvo električno napajanje za svoj rad i zato radi čak i uz kompletan nestanak izmjeničnog napajanja elektrane. Sigurnosnom modernizacijom osigurava se integritet zaštitne zgrade u slučaju najgore moguće nesreće. Ugradnja autokatalitičkih peći provedena je 2013. godine.

Izgradnja sustava za filtrirano rasterećenje zaštitne zgrade

Ugradnjom pasivnog ventilacijskog sustava (rasterećenja) zaštitne zgrade osigurava se minimalno ispuštanje (manje od 0,1 %) radioaktivnih fisijskih produkata jezgre (osim plemenitih plinova) koji se ispuštaju u zaštitnu zgradu u slučaju najgore nesreće, koja uključuje porast tlaka u zaštitnoj zgradi, koji je veći od projektnog tlaka. Na taj se način čuva integritet zaštitne zgrade kao barijere, čime se sprječava nekontrolirano ispuštanje radioaktivnog materijala u okoliš.

Ugrađen je sustav suhog filtra koji se sastoji od pet aerosolnih filtara u zaštitnoj zgradi, filtra joda u pomoćnoj zgradi, cjevovoda s rasterećenom pločom, ventila, prigušnice, dušikove postaje, radiološkog monitora i potrebne instrumentacije. Primarni cilj modifikacije je održati cjelovitost zaštitne zgrade sprječavajući njezino urušavanje u slučaju najgore nesreće, koja bi mogla rezultirati nekontroliranim povećanjem tlaka. Sustav je ugrađen 2013. godine.

2.8.5.2 Faza 2

Poplavna sigurnost objekata NEK-a

U 2012. godini izrađena su projektna rješenja za osiguranje zaštite od poplave objekata NEK-a do visine od 157,530 m nadmorske visine, što uključuje i slučaj rušenja nizvodnih i uzvodnih nasipa rijeke Save. Projektna rješenja uključivala su pasivne i aktivne elemente zaštite od poplava. Pasivni elementi uključuju vodonepropusne vanjske zidove objekata, zamjenu vanjskih vrata vodonepropusnima i zamjenu brtvi na prodorima u vanjskim zidovima vodonepropusnima. Aktivna zaštita od poplava osigurava se postavljanjem vodenih barijera i ugradnjom nepovratnih ventila na sustave odvodnje. Nova zaštita od poplava NEK-a projektirana je i dimenzionirana tako da pruža funkcionalnu zaštitu i u slučaju potresa s ubrzanjem tla od 0,6 g. Projekt je završen 2017. godine.

Izgradnja pomoćne komandne sobe

Glavna svrha izgradnje pomoćne komandne sobe bila je uspostaviti alternativnu kontrolnu lokaciju koja omogućuje sigurno zaustavljanje i hlađenje elektrane u slučaju evakuacije glavne komandne sobe te osigurava kontrolu situacije u zaštitnoj zgradi u slučaju teške nesreće s oštećenjem jezgre. Izgradnja komandne sobe završena je 2019. godine.

Nova pomoćna komandna soba osigurava dostupnost alternativne lokacije za zaustavljanje i hlađenje elektrane (u slučaju gubitka glavne komandne sobe), čime se NEK izjednačava s usporedivim nuklearnim elektranama u sjevernoj Europi koje su izgradile slične „bunkerske" pomoćne komandne sobe 90-ih godina. Novije elektrane takvo rješenje imaju već uključeno u osnovnom projektu.

U pomoćnu komandnu sobu ugrađena je dodatna i glavnoj komandnoj sobi neovisna instrumentacija za nadzor elektrane u slučaju teške nesreće.

Nadogradnja centra tehničke i operativne podrške

Uz izgradnju pomoćne komandne sobe, dograđen je i novi centar za tehničku podršku (TPC). Kapacitet postojećeg podzemnog skloništa je povećan, a nova zgrada centra za operativnu podršku (OPC) pruža uvjete za dugotrajan rad i smještaj tima do 200 ljudi čak i u slučaju ekstremnih potresa, poplava i drugih malo vjerojatnih izvanrednih događaja. Osim dodatnih zračnih filtara, zgrada ima novi dizelski generator koji osigurava samostalno električno napajanje centra. Nadogradnja je završena 2021. godine.

Alternativno hlađenje bazena za istrošeno gorivo

Projekt je uključivao: novi sustav prskanja (fiksni razvod vodnih tuševa za ispiranje bazena s istrošenim gorivom), sustav hlađenja bazena s mobilnim izmjenjivačem topline (novi prijenosni izmjenjivač topline za alternativno hlađenje bazena istrošenog goriva) i zaklopku za tlačno rasterećenje zgrade za istrošeno gorivo (FHB). Modernizacija sustava završena je 2020. godine.

Ugradnja premosnih motornih ventila za rasterećenje tlaka primarnog sustava

Projektnom promjenom osigurao se put protoka koji omogućuje kontrolirano rasterećenje primarnog sustava u proširenim projektnim uvjetima ako postojeći ventili za rasterećenje nisu dostupni. Provedbom strategije usklađenog rasterećenja i nadopune primarnog sustava osigurava se hlađenje jezgre i sprječava oštećenje jezgre. Promjena projekta završena je 2018. godine.

Alternativno hlađenje rashladnog sustava reaktora i zaštitne zgrade

Glavna svrha promjene projekta bila je ugradnja alternativnog sustava za dugotrajno odvajanje zaostale topline. Primarna funkcija novog sustava je odvajanje zaostale topline iz rashladnog sustava reaktora u uvjetima proširenih projektnih osnova uklanjanjem rashladne tekućine iz vruće grane rashladnog sustava reaktora, hlađenjem preko izmjenjivača topline i vraćanjem rashladne tekućine u hladnu granu reaktorskog rashladnog sustava te odvajanje zaostale topline iz rashladnog sustava reaktora s recirkulacijom vode kolektora zaštitne zgrade natrag u rashladni sustav reaktora. Dodatno je moguće provesti hlađenje zaštitne zgrade tuširanjem. Promjena projekta završena je 2021. godine.

2.8.5.3 Faza 3

Izgradnja dodatne utvrđene zgrade (BB2) s dodatnim spremnicima vode za uklanjanje zaostale topline reaktora

Modernizacija uključuje izgradnju nove utvrđene zgrade 2 (Bunkered Building 2 – BB2) s pomoćnim sustavima te provedbu spajanja različitih novih sustava unutar nove zgrade na postojeće sustave, zgrade i komponente NEK-a. Zgrada BB2 dizajnirana je za smještaj alternativnih sustava sigurnosnog ubrizgavanja (ASI), alternativnog sustava pomoćne napojne vode (AAF) i sigurnosnog električnog napajanja zgrade BB2. Izgradnja BB2 i ugradnja alternativnog sigurnosnog sustava ubrizgavanja (ASI) i alternativnog sustava pomoćne napojne vode (AAF) osiguravaju alternativni ponor topline (AUHS). Za izgradnju tog objekta zajedno sa svim ugrađenim sustavima (AAF, ASI...) ishođena je građevinska dozvola (br. 35105-68/2018/8 1093 i 35105-29/2018/6 1093-04 od 24. srpnja 2018.). Izgradnja je završena 2021. godine.

Alternativni sustav za punjenje parogeneratora (AAF)

Ažuriranje je dio treće faze Programa nadogradnje sigurnosti i uključuje ugradnju dodatne pumpe za punjenje parogeneratora sa svim cjevovodima i ventilima koji omogućuju spajanje novog sustava na postojeći sustav pomoćne napojne vode parogeneratora. Novi alternativni sustav za punjenje parogeneratora osigurat će alternativni izvor rashladne vode za jedan ili oba parogeneratora u proširenim projektnim uvjetima, u slučaju kvara postojećeg sustava pomoćne napojne vode parogeneratora, čime će se omogućiti odvođenje topline iz primarnog kruga i hlađenje reaktora. Promjena projekta završena je 2021. godine.

Alternativno sigurnosno ubrizgavanje (ASI)

Nadogradnja, koja je također dio treće faze PNV-a, uključuje ugradnju alternativnog sigurnosnog sustava za ubrizgavanje borirane vode u primarni krug rashladne tekućine reaktora. Sustav, instaliran u novoj utvrđenoj sigurnosnoj zgradi BB2, sastoji se od spremnika za 1600 m^3 borirane vode, visokotlačne pumpe i glavnog motornog ventila, iz pripadajućeg cjevovoda spojenog na postojeći sustav NEK-a te opreme za podršku upravljanja i kontrole sustava. Projekt je dovršen 2021. godine.

Suho skladištenje istrošenog goriva (SFDS)

Suho skladište istrošenog goriva (IG) tehnološka je modernizacija i sigurnosna nadogradnja unutar postojećeg energetskog kompleksa NEK-a. Osim pasivnog načina hlađenja, bolje radiološke sigurnosti i robusnosti, suho skladištenje istrošenog goriva ima i druge prednosti, prije svega bolju zaštitu od namjernih i nenamjernih negativnih čovječjih utjecaja odnosno djelovanja. Suho skladištenje IG-a je privremeno, sigurnije skladištenje IG-a tijekom rada NEK-a, kao i nakon njegova zaustavljanja, ali nije predviđeno kao trajno konačno odlaganje IG-a. Suho skladište je u izgradnji, predviđeni rok je prva polovica 2023. godine.

Suho skladište istrošenog goriva nalazi se u tehnološkom dijelu NEK-a, zapadno od lokacije bazena u kojem se istrošeno gorivo danas skladišti.

Ugradnja visokotemperaturnih brtva u pumpu rashladne tekućine reaktora

Nadogradnja uključuje ugradnju novog brtvenog umetka pumpe rashladne tekućine reaktora s visokotemperaturnim brtvama (HTS). Brtve HTS namijenjene su boljem odazivu elektrane na potencijalni gubitak cjelokupnog napajanja izmjeničnom strujom kada bi se prekinula opskrba brtvenom i rashladnom vodom za brtve pumpe rashladne tekućine reaktora i posljedično istekla primarna rashladna tekućina. U tom slučaju, ugradnja HTS-a sprječava gubitak primarne rashladne tekućine. Projekt je dovršen 2021. godine.

2.8.6 Praćenje iskustva, istraživanja i razvoja znanosti i tehnologije

Operativno iskustvo (OE) iz drugih nuklearnih elektrana vrijedan je izvor informacija za učenje i poboljšanje sigurnosti i pouzdanosti nuklearnog objekta. U NEK-u se sustavno preispituju i proučavaju iskustva iz drugih nuklearnih elektrana u smislu važnosti za NEK, moguće primjene preporuka i vjerojatnosti da će se sličan događaj dogoditi u NEK-u. Korektivne mjere za uočavanje nedostataka utvrđuju se i provode u programu korektivnih mjera NEK-a. S time povezani procesi dobro su definirani i dokumentirani.

Postoje različiti programi za proširenje radnih iskustava od organizacija IAEA, WANO, Institute of Nuclear Power Operations (INPO), raznih grupa nuklearnih vlasnika (PWROG, WOG), publikacija regulatornih tijela, korespondencija s dobavljačima i arhitektima/inženjerima, EPRI i Agencije za nuklearnu energiju OECD. Program OE u NEK-u određuje da se s industrijom dijele analize i događaji u NEK-u. Osoblje NEK-a sudjeluje u raznim aktivnostima, kao što su delegacija OSART (IAEA), delegacija WANO i mnoge aktivnosti EPRI-ja. Ove informacije su vrijedan izvor radnog iskustva. Mnoge aktivnosti također su obuhvaćene u programima informiranja WANO/INPO, Nuclear Operation and Maintenance Information System (NOMIS) i Nuclear Maintenance Experience Information System (NUMEX).

Skupina za neovisnu ocjenu sigurnosti (ISEG) provodi neovisne procjene regulatornih pitanja, upozorenja industrije, izvještaja o događajima licencije i drugih izvora projektnih i radnih informacija elektrane, uključujući elektrane slične konstrukcije koje bi mogle upozoriti na područja za poboljšanje sigurnosti.

Sve preporuke WANO SOER-a pregledala je i odobrila elektrana te su poduzete odgovarajuće korektivne mjere predviđene za pravodobnu provedbu i praćenje do zaključka.

NEK sudjeluje u brojnim istraživanjima i na mnogim međunarodnim konferencijama iz različitih područja. Tu pripadaju:

- sudjelovanje u projektima grupe PWROG (istraživanja u području ispitivanja PAR autokatalitičkih ploča),
- razvoj modela disperzije – Lagrangeov model širenja nuklida u okolišu,
- sufinanciranje primijenjenih istraživačkih projekata iz natječaja Agencije za istraživačke aktivnosti Republike Slovenije (ARRS) svake godine,
- sudjelovanje u programima U.S. NRC CAMP i CSARP,
- sudjelovanje u međunarodnim projektima Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) itd.

NEK u skladu sa zahtjevima ZVISJV-1 i Pravilnika o osiguravanju sigurnosti nakon početka rada radioloških ili nuklearnih objekata (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/16 i 76/17 – ZVISJV-1), svakih 10 godina provodi periodični sigurnosni pregled (PSR), u sklopu kojeg se provjerava i procjenjuje usklađenost s valjanim međunarodnim standardima i najboljom međunarodnom praksom. PSR također procjenjuje uzimanje u obzir vlastitog i inozemnog radnog iskustva, novih spoznaja stečenih u tehničkim istraživanjima i napretku te upravljanja drugim radiološkim odnosno nuklearnim objektima.

2.9 OPASNE TVARI U NEK-u

NEK – u postojećem stanju i nakon produljenja pogonskog vijeka – **ne uvrštava** se među postrojenja manjeg ili većeg rizika za okoliš prema Uredbi o sprječavanju većih nesreća i smanjenju njihovih posljedica (Službeni list Republike Slovenije, br. 22/16).

NEK – u postojećem stanju i nakon produljenja pogonskog vijeka – **ne uvrštava** se među djelatnosti i uređaje koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većih razmjera, prema Uredbi o vrsti djelatnosti i uređajima koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većih razmjera (Službeni list Republike Slovenije, br. 57/15).

U tablici u nastavku pregled je važnih opasnih tvari koje se nalaze na području NEK-a.

Tablica 11: Pregled važnijih opasnih tvari u NEK-u /17/

Vrsta opasne tvari i agregatno stanje	Vrsta opasnosti	Lokacija nalaženja	Količina
Vodik (plinasto)	eksplozivno	skladište plinova, boce	168 kg
Dušik (plinasto)	plin pod tlakom	skladište plinova, boce	8000 kg
Borova kiselina (kruto)	reproduktivna toksičnost	skladište opasnih tvari	7000 kg
Amonijak (tekuće)	nagrizajuće, otrovno za vodene organizme	skladište opasnih tvari	8000 l
Hidrazin hidrat (tekuće)	otrovno, nagrizajuće, otrovno za vodene organizme	skladište opasnih tvari	3000 l
SF6 (plinasto)	plin pod tlakom	transformatorsko polje	240 kg
dizelsko ulje (tekuće)	zapaljivo, otrovno	3 podzemna spremnika i bačve	439 m^3 + 10 m^3
izrazito lako zapaljivo loživo ulje (tekuće)	zapaljivo, otrovno	5 podzemnih spremnika + nadzemni spremnik	5 x 113 m^3 + 240 m^3
ulje za podmazivanje (tekuće)	zapaljivo, otrovno	podzemna spremnika	105 m^3 + 56 m^3
laboratorijski otpad (kruto i tekuće)	nagrizajuće	skladište opasnog otpada	400 kg/godišnje

NEK-u su za normalan rad potrebne manje količine opasnih kemikalija. Tablica 11 /11/ definira najvažnije opasne tvari u NEK-u i njihove prosječne količine. Opasne tvari skladište se u skladu s Pravilnikom o tehničkim i organizacijskim mjerama skladištenja opasnih kemikalija (Službeni list Republike Slovenije, br. 23/18). Ovisno o specifičnim svojstvima svake kemikalije i zahtjevima koji proizlaze iz sigurnosnih listova proizvođača, osigurava se pravilno rukovanje, skladištenje i krajnja uporaba.

Nakon završetka uporabe opasnih tvari one postaju opasni otpad. U skladu sa zahtjevima zakonodavstva, oni se klasificiraju pod odgovarajuće klasifikacijske brojke otpada te se sukladno tome skladište i pohranjuju do prikupljanja. Kod stvaranja opasnog otpada redoviti odvoz osigurava ovlaštena organizacija za odvoz opasnog otpada. Time se osigurava minimalna količina opasnog otpada na lokaciji NEK-a.

Kao što je navedeno u uvodu poglavlja, NEK nije odgovoran za SEVESO ili IPPC.

2.10 POSTOJEĆE KOMUNALNO, ENERGETSKO I PROMETNO UREĐENJE

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a komunalno, energetsko i prometno uređenje **ne mijenja** se i ostaje isto kao u postojećem stanju.

2.10.1 Opskrba pitkom vodom

Priključak na javnu vodovodnu mrežu postoji. Pitka se voda koristi u sanitarne svrhe i za zaštitu od požara (hidranti).

2.10.2 Opskrba vodom za tehnološke potrebe

Uzimanje rashladne vode i sigurnosne opskrbne vode je na obali rijeke Save iznad preljevne brane, čime se osigurava dovoljna visina vode na svim vodostajima. Ispust rashladne vode je ispod brane. U slučaju nedovoljnog protoka vode u Savi rashladnu vodu kondenzatora hlade rashladni tornjevi s rashladnim ćelijama s prisilnom vučom.

Nositelj zahvata vodu iz Save koristi u tehnološke svrhe, na temelju djelomične vodopravne dozvole br. 35536-31/2006 od 15. listopada 2009. godine, Odluke br. 35536-26/2011/9 od 23. svibnja 2013. godine i Odluke o promjeni vodopravne dozvole br. 35530-7/2018/2 od 22. lipnja 2018. godine, kojima je nositelju zahvata dodijeljeno vodno pravo za neposredno korištenje vode u tehnološke svrhe (Sava i bunar na desnoj obali) u količini od najviše 29.000 l/s, a najviše 915.000.000 m³/god., a vrijedi do 31. kolovoza 2039. Godine 2020. dobivena je i vodopravna dozvola br. 35530-100/2020/4 od 14. studenog 2020. (vrijedi do 31. listopada 2050.) za tri bunara na nuklearnom otoku, u maksimalnoj količini 3 x 5 l/s i ukupno do 3 x 70.000 m^3/god. Dana 9. rujna 2021. izdana je i vodopravna dozvola br. 35530-48/2020-3 /276/ za potrebe dodatne opskrbe spremnika boririane vode i demineralizirane vode, za čišćenje i ispitivanje bunarske pumpe te u slučaju nesreće. Uzimanje vode iz bunara SPW006 BB2 je u rasponu maksimalno 8,0 l/s i maksimalno do 230 m^3/god.

Uzimanje vode iz rijeke Save provodi se na mjestu određenom koordinatama GKY = 540294, GKX = 88198, na parceli 1246/6, k. o. 1321 Leskovec.

2.10.3 Odvajanje otpadnih voda

Sve otpadne vode (komunalne, industrijske, oborinske) iz pogona NEK-a odvode se u rijeku Savu preko 9 ispusta i 12 odvoda. Nositelj zahvata ishodio je okolišnu dozvolu za emisije u vode br. 35441-103/2006-24 dana 30. lipnja 2010., promijenjenu odlukom br. 35441-103/2006-33 dana 4. lipnja 2012. /49/, po kojoj su sažeti i podaci o ispustima i najvećim dopuštenim količinama te protocima u sljedećoj tablici.

Tablica 12: Postojeći ispusti i odvodi NEK-a (izvor: OVD /49/)

Oznaka ispusta (MM)	Vrste otpadnih voda	Lokacija (koordinate)	Najveća godišnja količina, dnevni i 6-satni prosječni protok
V1	Industrijske otpadne vode	GKX = 88198 GKY = 540250	26.002.500 m³/godišnje 1606 l/s 1606 l/s
	od toga:		od toga:
V1-1 MM1	- Industrijska otpadna voda iz odvoda V1-1, ispuštanje sigurnosne opskrbe	GKX = 88332 GKY = 540280	26.000.000 m³/godišnje 1600 l/s 1600 l/s
V1-12 MM2	- Industrijska otpadna voda iz odvoda V1-12 NEK spremnik tekućih otpada	GKX = 88320 GKY = 540893	2500 m³/godišnje 1600 l/s 6 l/s
V2	- Industrijska otpadna voda (ispiranje rotacijskih rešetki)	GKX = 88199 GKY = 540231	
V3	- Industrijska otpadna voda (ispust protupožarnih pumpi)	GKX = 88197 GKY = 540219	
V4	- Industrijska otpadna voda (sigurnosna opskrbna voda)	GKX = 88196 GKY = 540243	
V5	- Industrijska otpadna voda (ispiranje putujućih rešetki)	GKX = 88178 GKY = 540364	
V6	- Industrijska otpadna voda (prebacivanje tijekom remonta)	GKX = 88177 GKY = 540362	
V7	- Rashladne otpadne vode i vode iz pripreme vode	GKX = 88103 GKY = 540438	791.000.000 m³/godišnje 25.000 l/s 25.000 l/s
	Od toga:		
V7-7 MM3	- Rashladne otpadne vode (ispuštanje rashladne vode preko mjesta mjerenja MM3)	GKX = 88162 GKY = 540400	331.000.000 m³/godišnje 25.000 l/s 25.000 l/s
	- U razdoblju od listopada do travnja sljedećeg kalendarskog dijela		460.000.000 m³/godišnje 25.000 l/s 25.000 l/s
V7-10 MM4	- Rashladne otpadne vode (NEK – rashladni tornjevi preko mjesta mjerenja MM4)	GKX = 88154 GKY = 540435	52.000.000 m³/godišnje 15.000 l/s 15.000 l/s
	- U razdoblju od listopada do travnja sljedećeg kalendarskog dijela		104.000.000 m³/godišnje 15.000 l/s 15.000 l/s

Oznaka ispusta (MM)	Vrste otpadnih voda	Lokacija (koordinate)	Najveća godišnja količina, dnevni i 6-satni prosječni protok
V7-11 MM5	- Otpadne vode iz pripreme vode (odvod iz bazena za pripremu vode preko neutralizacijskog bazena preko mjesta mjerenja MM5) - U razdoblju od listopada do travnja sljedećeg kalendarskog dijela	GKX = 88370 GKY = 540418	6000 m³/godišnje 6 l/s 6 l/s 9000 m³/godišnje 6 l/s 6 l/s
V8	- Oborinska otpadna voda (tijekom remonta i rashladne otpadne vode iz kotlovnice) tlačni vod 1 tlačni vod 2 tlačni vod 3 tlačni vod 4	GKX = 88010 GKY = 540582 GKX = 88012 GKY = 540580 GKX = 88014 GKY = 540578 GKX = 88016 GKY = 540576	
V9 MM6	- Komunalne otpadne vode iz malog komunalnog uređaja za pročišćavanje	GKX = 87993 GKY = 540587	10.000 m³/godišnje 2,9 l/s 2,9 l/s

U tablici su ispusti označeni slovom V i rednim brojem (npr. V1) i znače ispust u rijeku Savu. Odvodi su označeni brojem ispusta, u koji su provedeni, i brojem odvoda (npr. V1-1) te znače ispust iz NEK-a. Mjesta mjerenja su označena oznakom MM i rednim brojem (npr. MM1).

<u>Veliki rashladni sustav – CW 8</u> (sustav optočne rashladne vode) (odvod 7 i 10; ispust 7 – V7-7 i V7-10)

Namijenjen je hlađenju glavnog kondenzatora i TC sustava (*TC – Turbine Closed Cycle Cooling System*) koji predstavlja sustav za hlađenje sekundarnih komponenata. Protok CW vode kroz TC sustav je reda veličine 1 m^3/s. Za protoke Save veće od 100 m^3/s hlađenje kondenzatora je protočno (odvod 7, ispust 7 – V7-7). Pri manjim protocima (manji od 100 m^3/s, mogućnost zagrijavanja Save za više od 3 K) protočno hlađenje kombinira se s rashladnim tornjevima koji koriste prisilno hlađenje tercijarnog sustava s ventilacijskim rashladnim ćelijama (odvod 7, ispust 10 – V7-10). U svim slučajevima je količina vode koja cirkulira kroz kondenzator cca 25 m^3/s.

Prije i nakon pumpanja voda se čisti samo mehanički. Kemikalije se dodaju samo u sustav TC, odnosno mješavina natrijeva nitrita i natrijeva tetraborata, u omjeru 30/70. Taj sustav je zatvoren i nema izravnu vezu s odvodom ili ispustom u rijeku Savu.

<u>Mali rashladni sustav – SW</u> (sustav bitne opskrbne vode) (odvod 1; ispust 1 – V1-1)

Rashladna voda hladi sustav CC (CC – Component Cooling System) preko izmjenjivača topline. Sustav CC je namijenjen za hlađenje komponenti u elektrani (pumpe, izmjenjivači). Na CC strani izmjenjivača topline sustava CC vodi se dodaje molibdat (MoO_4^{-2}) – u koncentraciji od 200 do 1000 mg/l (od jednom do dva puta godišnje, u količini između 300 i 400 l godišnje). Kako se radi o potpuno zatvorenom sustavu, ne može doći do ispusta u rijeku Savu. U mali rashladni sustav (SW) ne dodaju se opasne tvari.

<u>Objekti i uređaji za pripremu vode</u> (odvod 11; ispust 7 – V7-11)

NEK kao primarni izvor sirove vode upotrebljava vlastite bunare (poglavlje 2.10.2.). Kao rezervni izvor koristi se voda iz vodovodne mreže. Prije nego što sirova voda uđe u sam sustav za pripremu vode,

mehanički se pročišćuje putem tzv. Dual Media Filtra (pješčani filtar s pijeskom raznih granulacija i dodatkom antracita). Tako pročišćena voda pohranjuje se u dva spremnika za prethodno obrađenu ili filtriranu vodu (PW) te se dalje koristi u dvije svrhe: za brtvljenje vode raznih pumpi i kao ulazna voda u sustav za pripremu deionizirane vode, koji počinje mokrom filtracijom na filtrima s filtarskim uloščima. Odande se voda dalje pročišćava preko dvostupanjskih modula reverzne osmoze i dalje prolaskom kroz jedinicu za omekšavanje (mješoviti ionski izmjenjivač). Završno fino čišćenje postiže se elektrodeionizacijom (EDI).

Pri povremenom čišćenju sustava (reverzna osmoza, otplinjavač, EDI), koje NEK može obaviti u slučaju pogoršanja parametara u sustavu (zadnjih nekoliko godina nije se provodio), koriste se kemikalije kao što su: limunska kiselina i klorovodična kiselina. U tom se slučaju sustav preusmjerava na način da se otpadna voda prvo skuplja u bazenu za neutralizaciju, gdje se pH kontinuirano prati i također regulira na neutralnu vrijednost prije samog ispusta (tj. odvod 11 i ispust 7 – V7-11) .

WP (L) sustav (odvod 12; ispust 1 – V1-12)

Sustav WP (waste processing) namijenjen je za obradu tekućeg radioaktivnog otpada, gdje bor u obliku borne kiseline djeluje kao apsorbent neutrona. Apsorpcijom neutrona regulira se kritičnost lančane reakcije. Tekući radioaktivni otpad koji potječe iz primarnog kruga koncentriran je u isparivaču. Koncentrat (talog) se zatim suši, tekući otpad pretvara u krute tvari, a isparena voda, koja još uvijek sadržava male količine bora, odvaja se u prvi spremnik za kontrolu tekućeg radioaktivnog otpada. U slučaju da je ta otpadna voda neosporno radioaktivna, ispušta se u Savu preko odvoda br. 12, koji se poslije spaja s odvodom br.: 1 – mali rashladni sustav) i odvodi u ispust br.: 1.

Drugi izvor bora su deterdženti koji se koriste u praonici kombinezona. Zbog moguće radioaktivne kontaminacije, otpadne vode iz praonice također se skupljaju u drugom kontrolnom spremniku tekućeg radioaktivnog otpada.

Osnovna kemikalija koja se dodaje je dakle borna kiselina. Godišnja količina ispuštenog bora u 2020. iznosila je 17 kg. Podaci su vidljivi iz internih mjerenja NEK-a, koji se čuvaju u arhivi NEK-a, a dostupni su i na uvid inženjeru zaštite okoliša. Koncentracija bora određuje se prije svakog ispusta. Time se ispunjava zahtjev iz točke 1.3. OVD-a u pogledu emisija u vodu.

OSTALE OTPADNE VODE

Na lokaciji se također stvaraju otpadne vode koje se ne mjere (ispiranje rotirajućih rešetki, ispust vatrogasnih pumpa, čišćenje filtara, čišćenje pokretnih rešetki i pražnjenje kanala za potrebe održavanja), komunalne otpadne vode zaposlenika i otpadne vode nastale tijekom pročišćavanja vode.

Komunalne otpadne vode

Mali komunalni uređaj za pročišćavanje je biološki uređaj za pročišćavanje s rotirajućim kontaktorom tipa EKOROL – 22. Komunalne otpadne vode s lokacije NEK-a teku u uređaj za pročišćavanje. Kapacitet uređaja za pročišćavanje je 700 PE, a prosječna izračunata dnevna količina otpadnih voda na dotoku je cca 140 m^3, počeo je s radom 2001. godine, a ispust je izveden u rijeku Savu.

Osnovni tehnički podaci o uređaju za pročišćavanje:
LINIJA VODE:

- primarno taloženje u Emscher taložnici, rotirajući kontaktor – 2 x, naknadni taložnik

LINIJA BLATA:

- anaerobna stabilizacija blata u trulištu „Emsher" (primarno blato i višak blata iz naknadnog taložnika).

Otpadne vode iz NEK-a ispuštaju se kroz nekoliko ispusta, a monitoring se provodi na nekoliko mjernih mjesta. Ispusti i mjerna mjesta navedeni su u nastavku, a njihove lokacije prikazane su na slici u nastavku (Slika 11).
Ispust V1: sigurnosna opskrbna voda (Y = 540250, X = 88198)

- Odvod V1-1: rashladna otpadna voda (sigurnosna opskrba) preko mjernog mjesta MM1 (Y = 540280, X = 88332)
- Odvod V1-12: spremnik za tekući otpad preko mjernog mjesta MM2 (Y = 540893, X = 88320)

Ispust V2: otpadna voda od ispiranja rotirajućih rešetki (Y = 540231, X = 88199)

Ispust V3: ispust vatrogasnih pumpi (Y = 540219, X = 88197)

Ispust V4: sigurnosna opskrbna voda (Y = 540243, X = 88196)

Ispust V5: otpadna voda od ispiranja pokretnih rešetki (Y = 540364, X = 88178)

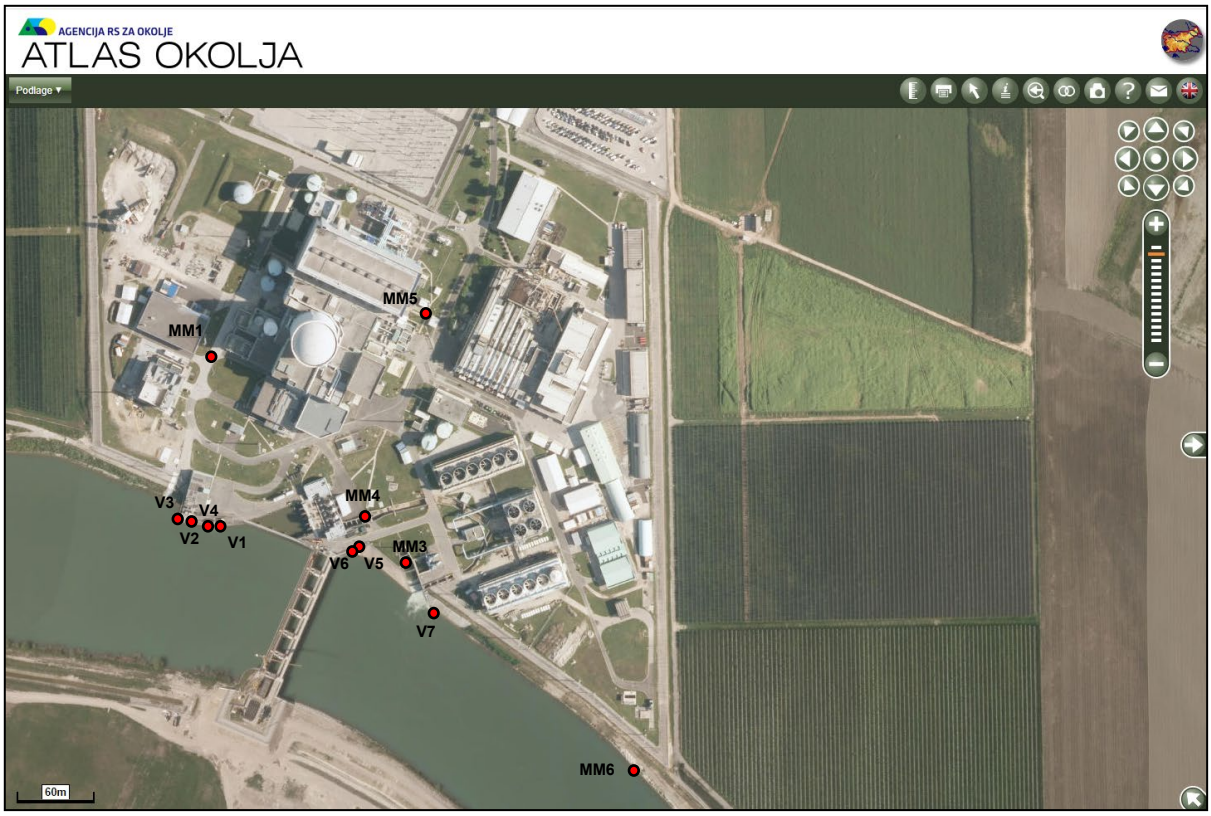
Ispust V6: pumpanje tijekom remonta (Y = 540362, X = 88177)

Ispust V7: ispust rashladne vode (Y = 540438, X = 88103)
- Odvod V7-7: ispust rashladne vode preko mjernog mjesta MM3 (Y = 540400, X = 88162)
- Odvod V7-10: ispust rashladne vode preko rashladnih tornjeva preko mjernog mjesta MM4
- Odvod V7-11: ispust iz bazena za pripremu vode preko bazena za neutralizaciju i preko mjernog mjesta MM5

Oborinska voda se preko separatora ulja odvodi u meteorsku kanalizaciju, koja završava (ispust V8) u rijeci Savi. Svi separatori ulja imaju izrađeni poslovnik i dnevnik te se redovito pregledavaju. Na lokaciji NEK-a nalazi se ukupno 17 separatora ulja.

Ispust V9: ispust iz uređaja za pročišćavanje (mali komunalni uređaj za pročišćavanje kapaciteta 700 PE) preko mjernog mjesta MM6 (Y = 540587, X = 87993).

Komunalne otpadne vode odvajaju se u mali komunalni uređaj za pročišćavanje čiji se ispust (V9) vodi u rijeku Savu.



Slika 11: Lokacije ispusta i mjernih točaka otpadne vode NEK-a (izvor:/60/)

2.10.3.1 Gospodarenje otpadnim vodama suhog skladišta

Oborinske vode tijekom rada
Odvod oborinskih voda s krova zgrade predviđen je preko sustava podtlačnog odvoda meteorske vode iz dvaju grijanih oluka uzduž dužih fasada zgrade. Vertikalni odvodi cijevi nalaze se u kutovima na zapadnoj strani objekta i provedeni su u šahtove PEHD. Kanalizacija će se od sjevernog šahta voditi do južnog, od toga pa cijev u armiranobetonski retencijski spremnik vode obujma 100 m^3, koji je predviđen na južnoj strani objekta ispod zapadne strane manipulativne površine; kapacitet mu je prilagođen kapacitetu odvajanja oborinske vode zajedničkog sustava meteorske kanalizacije NEK-a. Iz retencijskog spremnika oborinska voda će se voditi u meteorsku kanalizaciju oborinskih voda.

U sustavu meteorološke kanalizacije NEK-a voda se prikuplja s površina cesta i objekata. Objekti su spojeni izravno ili preko retencijskog spremnika na meteorsku kanalizaciju, a prikupljena voda s manipulativnih površina odvodi se kroz lokalno postavljene separatore ulja. Sva meteorska kanalizacija prikuplja se na JI kutu NEK-a i preko crpilišta se voda pumpa preko ispusta V8 u Savu.

Otpadne vode tijekom betoniranja omotača spremnika
Na južnoj je strani pred objektom predviđena manipulativna površina veličine otprilike 13 x 89 m, s gornjim kutom od 155,75 m. Izvest će se kao armiranobetonska ploča s nagibom (minimalno 1 %) od objekta.
Pristupna platforma namijenjena je prometu i pristupu zgradi DSB-a te služi kao manipulativna površina. Povremeno se koristi za betoniranje omotača spremnika. Beton za betoniranje omotača spremnika nabavit će se iz obližnje certificirane betonare.

Oplata za betoniranje kontejnera sastoji se od unutarnjeg i vanjskog valjkastog, čeličnog omotača iz kojeg se neće ispuštati cementno mlijeko. Ispuštanje male količine cementnog mlijeka moguće je samo u slučaju prelijevanja na vrhu omotača.

Odvodnjavanje pristupne platforme omogućeno je odgovarajućim uzdužnim i poprečnim padovima. Sva oborinska voda odvodi se kroz linijsko grlo s južne strane i pjeskolovke, koji služe za taloženje krupnih čestica, u dvokomorski taložnik gdje se umiruje, a krute čestice talože se na dno. Prije svakog betoniranja betonskih omotača HI-STORM FW taložnici se prazne i čiste. Taložnici se prazne i čiste i nakon svakodnevnog betoniranja.

Betoniranje će se obavljati svakodnevno na tri kontejnera. Otpadne vode nastale betoniranjem tih kontejnera prikupljaju se u taložnike (volumen svakog taložnika 3,8 m^3) te se uzorkuju i analiziraju nakon betoniranja i čišćenja platforme. Procjenjuje se da bi tijekom betoniranja pojedinog kontejnera moglo nastati najviše 0,25 m^3 otpadnih voda.

U slučaju prekoračenja vrijednosti za ispust u vode, otpadna voda se odvozi na preradu ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takve vrste otpada.

Ako vrijednosti nisu prekoračene, voda se pumpa u unutarnju oborinsku kanalizacijsku mrežu, a taložnik se čisti od krutih čestica.

Vozila koja će dovoziti beton za betoniranje skladišnih omotača neće se ispirati na platformi, što bi izazvalo dodatne količine otpadnih voda, već će se čistiti u betonari.

2.10.4 Otpadne vode nastale tijekom gašenja požara

U slučaju požara požarna voda se prikuplja u spremnicima drenaže u pojedinačnim zgradama. U objektu za suho skladištenje istrošenog goriva čuvat će se unutar zgrade suhog skladišta s protupoplavnim talpama. One štite unutrašnjost zgrade od prodora poplavnih voda. Talpe su vodootporne i uvijek se postavljaju ispred rolo vrata. Prolaz za osobe ima ugrađena protupoplavna vrata. Kako talpe tako i vrata sprječavaju prolazak vode u bilo kojem smjeru. Po završetku gašenja voda će se uzorkovati, ispumpati iz zgrade i predati na obradu ovlaštenoj organizaciji za gospodarenje opasnim otpadom.

U objektima gdje bi požarna voda potencijalno mogla doći u kontakt s radioaktivnim materijalom osigurava se skupljanje svih drenaža u retencijskom spremniku čiji se sadržaj analizira i čisti prije pražnjenja. Kada bi količina požarne vode premašila kapacitet tog retencijskog spremnika, ne bi bilo propuštanja u okolinu, već bi sva voda ostala u zatvorenoj zgradi.

Svi ostali objekti tehnološkog dijela elektrane također su opremljeni prihvatnim posudama, gdje teku drenaže, kroz koje bi tekla požarna voda. Ako bi količina požarne vode premašila kapacitet ovih prihvatnih posuda, ona bi preko pumpi ili u nekim slučajevima gravitacijom tekla u zajednički sustav vanjske meteorske kanalizacije.

U taj sustav također bi dotjecala i požarna voda u slučaju gašenja vanjskog požara. Cijeli sustav meteorske kanalizacije skuplja se u vanjsku prihvatnu posudu iz koje se zatim pumpa u okolinu.
Nakon požara sve onečišćene površine bit će očišćene i sanirane. Onečišćeno tlo će se iskopati i predati ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takve vrste otpada. Otpadne vode od čišćenja odnosno onečišćeni apsorpcijski materijal predat će se ovlaštenim skupljačima odnosno prerađivačima takve vrste otpada.

2.10.5 Električna energija

Za napajanje potrošača NEK-a na području zahvata ugrađeno je više transformatorskih stanica (TP) kojima upravlja nositelj zahvata.

2.10.6 Prometno uređenje

NEK se nalazi na lijevoj obali rijeke Save, u industrijsko-energetskoj zoni Krško. Do elektrane vodi lokalna cesta koja je obilaznicom priključena na regionalnu cestu R1 Krško – Spodnja Pohanca. Elektrana također ima i industrijski kolosijek koji je povezuje sa željezničkom postajom u Krškom.

Od mjesta priključivanja na buduću državnu cestu do ograđenog ulaza u NEK vodi pristupna cesta duga 320 m, uz koju su željeznička pruga, uzdužna i poprečna parkirališta. Na kraju se na pristupnu cestu priključuje parkiralište veličine otprilike 9000 m^2 i još u nastavku parkiralište veličine otprilike 5200 m^2

Pregled postojećih parkirališnih mjesta:
- Uz pristupnu cestu nalazi se 37 uzdužnih parkirališnih mjesta.
- Uz pristupnu cestu nalazi se 58 ukošenih parkirališnih mjesta pod kutom od 45 °.
- Na sjeveroistočnoj strani NEK-a nalazi se 368 parkirališnih mjesta.
- Na istočnoj strani NEK-a nalaze se 153 parkirališna mjesta.
- Novo su uređena parkirališna mjesta na pješčanoj površini uz pristupnu cestu, otprilike 60 parkirališnih mjesta.

2.10.7 Grijanje

Za grijanje objekata koristi se toplinska stanica, čija je namjena priprema tople vode. Medij za grijanje je zasićena para iz pomoćnog sustava za pripremu pare. Izmjenjivač topline zagrijava vodu na 110 °C, što je izlazna temperatura. Povratna voda za grijanje na ulazu u izmjenjivač topline ima 70 °C.

2.10.8 Hlađenje

Za hlađenje zgrada u netehničkom dijelu objekata NEK-a ne postoji centralni sustav. U principu svaka zgrada ima svoj agregat za hlađenje.

2.10.9 Vrste i količine potrebne energije

Tijekom rada na punoj snazi NEK upotrebljava približno 35 MW električne energije za vlastitu uporabu. U lošim hidrološkim uvjetima za proizvodni proces upotrebljava oko 40 MW električne energije.

2.10.10 Broj zaposlenih

Krajem 2020. godine u NEK-u je bilo 630 zaposlenih, od toga 46,7 % s visokom stručnom i sveučilišnom spremom ili akademskom titulom. Među zaposlenicima je 12 doktora i 16 magistara znanosti.

2.10.11 Vrijeme rada

Proizvodnja električne energije povezana je s gorivnim ciklusima – razdobljima neprekidnog rada. Slijedi remontno zaustavljanje elektrane s izmjenom nuklearnog goriva (dio istrošenog goriva se zamjenjuje novim), provode se preventivni pregledi opreme i zamjena dijelova, provjera integriteta materijala, kontrolna ispitivanja i korektivne mjere glede utvrđenog stanja. Remont s izmjenom goriva obično traje 30 dana. Trideset i prvi (31.) gorivni ciklus koji je započeo priključenjem elektrane na mrežu 28. listopada 2019. je 18-mjesečni.

2.11 SUSTAVI ZA OSIGURAVANJE SIGURNOSTI

2.11.1 Pravne i druge osnove

Osiguravanje sigurnosti temelji se na valjanom slovenskom zakonodavstvu, međunarodnim standardima i smjernicama Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Udruge zapadnoeuropskih nuklearnih regulatora (WENRA) te američkom zakonodavstvu o nuklearnoj sigurnosti (Američka komisija za nuklearnu regulaciju SAD – US NRC) i drugim osnovama, navedenima u nastavku.

- Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti, ZVISJV-1 (Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19),
- Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1),
- Pravilnik o osiguravanju sigurnosti nakon početka rada radioloških i nuklearnih objekata (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/16 i 76/17 – ZVISJV-1),
- Pravilnik o mehaničkoj otpornosti i stabilnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 101/05),
- Zakon o prijevozu opasnog tereta, ZPNB (Službeni list Republike Slovenije, br. UPB1 33/06, 41/09, 97/10, 56/15),
- WENRA Report Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels, Report of Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD), Version 2.2, April 2014,
- WENRA Report – Guidance Document Issue T: Natural Hazards Head Document; 21 April 2015,
- IAEA Safety Standards, External Event Including Earthquake in the Design of Nuclear Power Plants, NS-G-1.5; 2003,
- IAEA Safety Standards, Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, NS-R-5, Rev 1; 2014 (superseded by SSR-4; 2017),
- IAEA Safety Guide, External Human Induced Events in Site Evaluation for NP, NS-G-3.1; 2002,
- IAEA Specific Safety Guide Storage of Spent Nuclear Fuel, SSG-15; 2012,
- IAEA Specific Safety Standard – Safety Guide Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, GS-G-4.1; 2004,
- IAEA Safety Standards – General Safety Guide the Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste, GSG-3; 2013,
- US NRC Regulation 10 CFR 71 Packaging and Transportation of radioactive material,
- US NRC NEI 06-12 Guidelines, Section B.5.b ICM,
- IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Specific Safety Requirements, No. SSR-6 (Rev. 1), 2018,
- Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnog tereta (ADR) (Službeni list SFRJ – MP, br. 59/72, 8/77, akt notifikacije o sukcesiji, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 9/92, dopunski protokol, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 7/97),
- Konvencija o međunarodnom željezničkom prijevozu (COTIF) s Pravilnikom o međunarodnom željezničkom prijevozu opasnog tereta (RID) (Službeni list SFRJ – MP, br. 8/84, akt notifikacije o sukcesiji, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 9/92),

- ASME Boiler & Pressure Vessel Code (B&PVC) Section XI, Article IWA-2200,
- US NRC RG 1.60 Design response spectra for seismic design of nuclear power plants, Revision 1, December 1973,
- US NRC RG 1.61 Damping values for seismic design of nuclear power plants, October 1973,
- US NRC RG 1,76: Design-basis tornado and tornado missiles for nuclear power plants, Revision 1, March 2007,
- US NRC RG 1.92 Combining modal response and spatial components in seismic response analysis, Revision 2, July 2006,
- US NRC RG 1.142: Safety-related concrete structures for nuclear power plants (other than reactor vessels and containment), Revision 1, October 1981,
- US NRC RG 1.142: Safety-related concrete structures for nuclear power plants (other than reactor vessels and containment), Revision 2, November 2001,
- US NRC NUREG-0800 Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition.

2.12 SUSTAVI I UREĐAJI ZA SPRJEČAVANJE I UBLAŽIVANJE NESREĆA

Za sprječavanje nuklearnih nesreća i smanjenje njihovih posljedica u NEK-u su ugrađeni sljedeći sustavi (USAR /3/):

- sigurnosni sustavi,
- tehnički sigurnosni uređaji,
- zaštitni sustavi,
- napajanje u nuždi.

Zajednički zadatak svih sigurnosnih sustava je spriječiti nekontrolirano istjecanje radioaktivnih tvari u okolinu NEK-a u svim pogonskim uvjetima i nesrećama.

Zadatak zaštitnih sustava je utvrđivanje odstupanja od normalnih radnih stanja elektrane, upozoravanje operatera i aktiviranje svih ostalih sigurnosnih sustava ako odstupanja sigurnosnih parametara elektrane prelaze zadane granične vrijednosti. Najvažnije automatske mjere u takvim slučajevima su:

- brzo gašenje reaktora,
- aktiviranje hlađenja reaktora u nuždi,
- izolacija zaštitne zgrade,
- uključivanje dizelskih generatora.

Tehnički sigurnosni uređaji ponajprije su odgovorni za hlađenje goriva u svim izvanrednim situacijama elektrane. Nuklearno gorivo je stalan izvor topline i zračenja, zbog nakupljanja fisijskih produkata nastalih izgaranjem uranija, koji su svi radioaktivni dok se ne razgrade u stabilne atome. Stoga se gorivo uvijek mora hladiti kako se ne bi pregrijalo ili oštetilo zbog preostale topline. Neposredno nakon gašenja reaktora, njegova toplinska snaga je zbog preostale topline u gorivu na još nekoliko posto snage na kojoj je reaktor radio prije gašenja. Tri sustava za sigurno ubrizgavanje vode u reaktor osiguravaju hlađenje gorivnih elemenata u reaktoru, čak i u slučaju bilo kakvog izvanrednog događaja koji bi rezultirao gubitkom primarne rashladne vode (lom cijevi, blokiran otvoreni ventil itd.):

- u akumulatorima za sigurnosno ubrizgavanje nalazi se 70 m^3 borirane vode,
- dvije visokotlačne pumpe mogu dovesti 0,088 m^3/s borirane vode,
- dvije visokotlačne pumpe mogu dovesti 0,28 m^3/s borirane vode u reaktor,

Dodatno je u sklopu PNV-a ugrađena i dodatna pumpa koja omogućuje ubrizgavanje vode iz dodatnog spremnika s boriranom vodom izravno u reaktor. Osim toga, u slučaju cjelovitosti primarnog kruga, u ovoj istoj zgradi ugrađuje se poseban spremnik za vodu i posebna pumpa koja može opskrbiti vodom oba parogeneratora i tako osigurati dugotrajno hlađenje jezgre, odvođenje ostataka topline.

Raznolikost sustava za hlađenje reaktora u nuždi i njihovo dupliciranje osiguravaju da se temperatura goriva u reaktoru održava ispod kritične temperature, što bi dovelo do prekomjernog oštećenja košuljica gorivnih šipki zbog oksidacije ili čak taljenja samog keramičkog goriva.

Zaštitni sustavi zaduženi su za zadržavanje plinovitih i tekućih radioaktivnih tvari u NEK-u i sprječavanje njihova nekontroliranoga istjecanja u okolicu elektrane. Najvažniji zaštitni sustavi su:

- zaštitna zgrada koja se sastoji od čeličnog i betonskog plašta i okružuje cijeli primarni sustav s reaktorom i parogeneratorima. Sastavni dio zaštitne zgrade su svi zatvoreni ulazi i prodori kroz nju s izolacijskim ventilima,
- zračni filtri koji zadržavaju radioaktivnu prašinu i radioaktivni jod na svim ventilacijskim sustavima,
- spremnici za razgradnju radioaktivnih plinova,
- ionski izmjenjivači i parogeneratori za čišćenje tekućih radioaktivnih tvari iz otpadnih voda elektrane,
- tuševi, rekombinatori vodika, zračni filtri i hladnjaci zraka u zaštitnoj zgradi za ispiranje, čišćenje i hlađenje atmosfere u zaštitnoj zgradi u slučaju gubitka primarne rashladne tekućine iz reaktora.

Rad sustava zaštite važan je kako u normalnim tako i u izvanrednim situacijama NEK-a. U tom smislu najvažnije funkcionalno i konstruktivno stanje zaštitne zgrade je da je u svakom slučaju osigurana njezina projektno dopuštena vrijednost propuštanja, vrijednost od 0,1 % propuštanja, odnosno 0,2 % pri povišenom tlaku u zaštitnoj zgradi tijekom 24 sata.

Sustavi za napajanje u nuždi moraju osigurati dostupnost električne energije za sve sigurnosne sustave u svim izvanrednim uvjetima elektrane. Među najvažnijim sustavima za napajanje u nuždi: dva dizelska generatora od 3,5 MW, jedan dizelski generator od 4 MW i baterije.

U slučaju gubitka cjelokupnog vanjskog napajanja i istovremenog gubitka svih načina hlađenja jezgre, uključujući gubitak radne posade, jezgra bi se mogla rastopiti i posljedično povećati tlak u zaštitnoj zgradi. Kako bi se osigurao integritet ove tlačne barijere, u sklopu programa nadogradnje sigurnosti (PNV) ugrađen je pasivni sustav filtra za rasterećenje tlaka koji omogućuje rasterećenje tlaka zaštitne zgrade. Sustav je dizajniran da zadrži više od 99,99 % fisijskih produkata u partikularnom obliku (npr. Cs-137, Sr-90 itd.) i više od 90 % svih izotopa radioaktivnog joda (npr. I-131).

Dodatna oprema i sustavi za upravljanje izvanprojektnim stanjima također osiguravaju svladavanje malo vjerojatnih izvanrednih događaja sa strategijama koje nisu uzete u obzir u početnom projektu elektrane. To uključuje pasivni autokatalitički sustav za eliminaciju zapaljivih plinova (vodika i ugljičnog monoksida) u zaštitnoj zgradi, pasivni filtarski sustav za ventilaciju zaštitne zgrade, mobilnu opremu (pumpe, agregatori, kompresori, transformatori, transportna vozila, oprema za gašenje požara) i opremu za postavljanje zaštite od poplava.

Elektrana ima instrumente i sustave za procjenu pogonskog stanja i nuklearne sigurnosti te za upravljanje izvanrednim situacijama. To uključuje procesnu instrumentaciju, sustave radiološke kontrole, sustave uzorkovanja, meteorološku instrumentaciju, seizmičku instrumentaciju, sustave za detekciju požara, informacijske i komunikacijske sustave, zaštitnu i drugu opremu te pomoćnu komandnu sobu i centre za upravljanje izvanrednim situacijama smještene u tehnološkom području, na području elektrane i izvan područja elektrane. Elektrana ima razvijene operativne postupke za normalan rad, za upravljanje nenormalnim stanjima (AOP), stanjima nesreće (EOP) i izvanprojektnim stanjima (SAMG) elektrane.

2.13 KLASIFIKACIJA STANJA ELEKTRANE

Prema dokumentu navodimo: Procjena opasnosti – revizija 6, DCM-RP-051, NEK, rujan 2021./17/

Prema vjerojatnosti njihova nastanka po godini rada reaktora, opsegu radioloških posljedica u okolišu i pouzdanosti rada sigurnosnih sustava, stanja elektrane razvrstavaju se u tri skupine:

- Radna stanja koja se sastoje od dva razreda, i to:
  - (1) redoviti rad
  - (2) rad s prolaznim pojavama

- Stanja nuklearnih nesreća, koja se također sastoje od dva razreda:
  - (3) očekivani pogonski događaji
  - (4) manje vjerojatni pogonski događaji

- Stanja nuklearnih nesreća koja se sastoje od tri razreda:
  - (5) projektne nuklearne nesreće
  - (6) proširene projektne nuklearne nesreće
  - (7) teške nuklearne nesreće

Za potrebe planiranja mjera zaštite i spašavanja, kako u pogledu stupnja ugroženosti tako i glede vjerojatnosti nastanka pojedinačnih izvanrednih situacija ili nuklearnih nesreća, vrijedi po dosadašnjim iskustvima i teoretskim izračunima vjerojatnosti, da stupanj ugroženosti raste od razreda do razreda za faktor 10, pri čemu se vjerojatnost nastanka događaja u svakom idućem razredu također smanjuje za faktor 10. Ti faktori su malo manji samo između 1. i 2. razreda i možda između 6. i 7. razreda.

U razredu pogona s **prolaznim pojavama**, koji uključuje i godišnje remonte te zamjenu goriva u reaktoru, ispuštanja iz elektrane su malo veća zbog toga što se moraju pročišćavati znatno veće količine otpadnih voda, zraka iz zaštitne zgrade, filtara i drugih sustava koje treba pripremiti za remont. Međutim, ta puštanja u većini slučajeva ostaju na razini od jedan posto godišnje doze koju primaju stanovnici u okolici NEK-a zbog prirodnog zračenja. Radnici u nuklearnoj elektrani primaju znatno veće doze u ovom razredu, koje za neke posebne remontne radove prelaze polovicu zakonski utvrđene godišnje granice za profesionalne radnike, a to je 20 mSv.

Nesreća je nepoželjna situacija s posljedicama koje nisu zanemarive sa stajališta zaštite od zračenja ili nuklearne sigurnosti. Nesreća može biti uzrokovana nepravilnim ljudskim djelovanjem ili nepravilnim radom sustava ili komponente. Nesreća zahtijeva utvrđivanje kvara i njegovo otklanjanje odnosno mjeru popravka/Pravilnik o čimbenicima radiološke ili nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1)/. Razred **očekivanih pogonskih događaja** obuhvaća sva stanja NEK-a koja se gotovo sa sigurnošću moraju očekivati tijekom životnog vijeka elektrane, bilo da je njihov izvor u samoj elektrani (kvarovi opreme, ispadi, manji požari koji se mogu ugasiti u kratkom vremenu, pogreške i pogrešne mjere operatera ili radnika na održavanju) ili izvan elektrane (kvar vanjskog napajanja, kvar sustava prijenosa električne energije, poplava, manji potres).

U ovom razredu dopušteni su i manji pojedinačni kvarovi na sigurnosnim sustavima, ali niti jedan od tih kvarova neće uzrokovati ispad zahvaćenog sigurnosnog sustava ili gubitak njegove funkcije. Najčešći kvarovi u ovom razredu, koji dovode do ispuštanja radioaktivnih tvari u okoliš, događaju se u pomoćnoj zgradi reaktora, gdje se nalaze svi pomoćni reaktorski sustavi, sustavi za pročišćavanje primarne rashladne vode, spremnici otpadnih plinova i sustavi obrade radioaktivnog otpada. Moguća su i manja propuštanja cijevi u parogeneratorima, zbog kojih aktivna primarna rashladna voda ulazi na sekundarnu stranu, gdje se miješa s napojnom vodom i zatim s parom odlazi u turbinu i kondenzator, odakle također može izaći u okoliš. Međutim, sva ta ispuštanja ne uzrokuju u okolišu veće doze od 1/10 doze zbog prirodnog zračenja, a uglavnom su i nekoliko puta manje.

Manje vjerojatni pogonski događaji uključuju teške kvarove opreme, velike požare u elektranama, pucanje cijevi primarnog rashladnog sustava manjih promjera, kvarove svih električnih napajanja,

također velike kvarove komponenti sigurnosnog sustava, ali i dalje bez gubitka sigurnosne funkcije. Ovaj razred može uključiti i pucanje cijevi u parogeneratoru s većim ispuštanjem radioaktivno onečišćene pare u okoliš kroz ispusne i sigurnosne ventile na glavnom parovodu. U okolici NEK-a moramo za taj razred izvanrednih događaja očekivati doze koje dosegnu godišnju dozu zbog prirodnog zračenja.

Nuklearna nesreća podrazumijeva samo one događaje u kojima se mogu dogoditi velika ispuštanja radioaktivnih tvari u okolicu elektrane da su mjere zaštite života i zdravlja građana nužne ili iz preventivnih razloga potrebne. Međutim, takva velika ispuštanja moguća su samo ako, zbog jednog ili više uzroka, nekoliko uzastopnih prepreka za zadržavanje radioaktivnih tvari u nuklearnom gorivu propadne, pri čemu moraju otkazati barem neki bitni sigurnosni sustavi. Koliko sigurnosnih sustava otkaže, to određuje razred nuklearne nesreće. Pri tome je važan i način i opseg kvara, što sve utječe na veličinu i vrijeme ispuštanja radioaktivnih tvari u okolicu. U razred nuklearnih nesreća, osim projektnih nesreća, svrstavamo i proširene projektne nesreće i teške projektne nesreće.
Proširena projektna nesreća je ona koja je uzrokovana proširenim projektnim događajima. Prošireni projektni događaj je događaj ili kombinacija događaja s iznimno malom vjerojatnošću i težim posljedicama od projektnih događaja odnosno uključuje više kvarova nego što se pretpostavlja u projektnoj osnovi nuklearnog objekta. Postoje dvije kategorije proširenih projektnih događaja:

- prošireni projektni događaji kategorije A kod kojih se može osigurati sprječavanje štete goriva u reaktoru ili skladištu s istrošenim gorivom i ne uzrokuju teške nuklearne nesreće;
- prošireni projektni događaji kategorije B za koje se očekuju teška oštećenja goriva koja su veća od projektne štete goriva.

Teška nuklearna nesreća po svojim posljedicama premašuje proširenu projektnu nesreću kategorije A i dovodi do oštećenja/taljenja jezgre ili istrošenog goriva i ugrožava okoliš odnosno može uzrokovati zračenje ili kontaminaciju ljudi ili okoliša. Može se dogoditi zbog višestrukih kvarova, kao što je gubitak svih grana sigurnosnih sustava, ili zbog krajnje malo vjerojatnog događaja za koji elektrana nije projektirana. Oštećenje jezgre je otkrivanje i zagrijavanje jezgre reaktora do točke u kojoj se očekuju povećana oksidacija i ozbiljna oštećenja gorivnih elemenata većeg dijela jezgre.

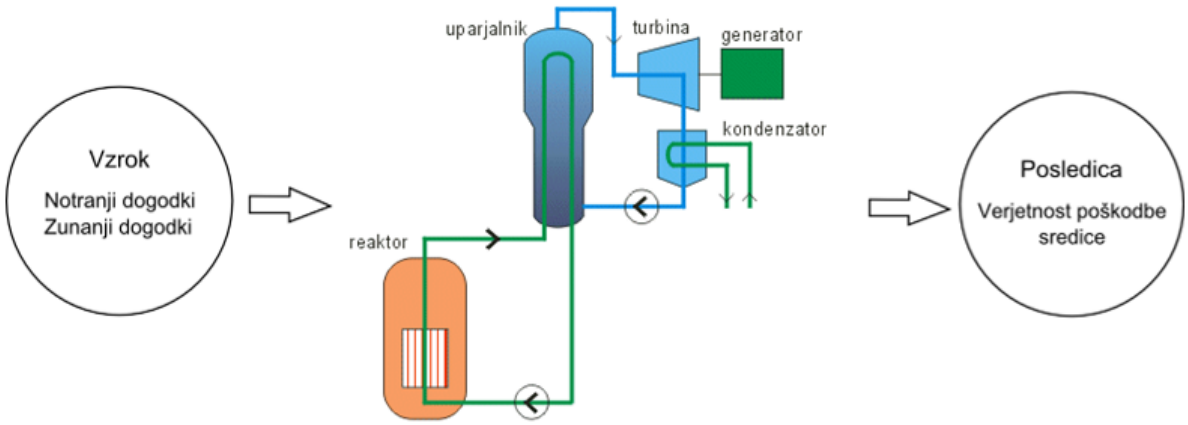
Dovoljne količine radioaktivnih tvari da uzrokuju **nuklearnu nesreću** nalaze se samo u nuklearnom gorivu u reaktoru koji radi najmanje nekoliko mjeseci i u istrošenom gorivu u bazenu za istrošeno gorivo. Da bi dovoljne količine tih tvari izašle iz keramičkih tableta, gorivo se mora pregrijati kako bi većina plinovitih i veći dio hlapljivih radioaktivnih tvari izašli. Također morale bi se oštetiti košuljice gorivnih šipki, što je moguće samo ako izostane redovito hlađenje gorivnih elemenata, a u slučaju reaktora, da izostane hlađenje u nuždi na ograničeno vrijeme, bilo zbog kvara sigurnosnih sustava ili neispravnog djelovanja operatera. U slučaju izostanka svih načina hlađenja goriva na duže vrijeme postupno bi se talile keramičke tablete zbog preostale toplinske snage u gorivu. U tom slučaju ne samo da se potpuno oslobađaju sve plinovite i hlapljive tvari, već i isparavaju teže hlapljive tvari i samo gorivo u talini s građevinskim materijalima. Vjerojatnost taljenja jezgre vrlo je malo vjerojatan događaj.

2.13.1 Vjerojatnosna analiza sigurnosti – razina 1

U sklopu vjerojatnosne analize sigurnosti NEK-a – razina 1 procjenjuje se vjerojatnost oštećenja i taljenja jezgre zbog početnih događaja. Početni događaj je onaj koji može pokrenuti slijed događaja (scenarij) koji može oštetiti jezgru.

Početni događaji se dijele na:

- unutarnje početne događaje – otkazivanja u tehnološkom procesu (npr. pucanje cijevi primarnog rashladnog sustava, pucanje na sekundarnoj strani, prijelazne pojave, gubitak potpornih sustava, gubitak cijelog izmjeničnog napajanja, prijelazne pojave bez automatskog zaustavljanja reaktora);
- vanjske početne događaje iz elektrane odnosno unutarnje rizike (npr. unutarnje poplave, unutarnji požari, visokoenergijski ispusti);
- vanjske početne događaje iz okoliša odnosno vanjske rizike (npr. potres, jaki vjetrovi, pad zrakoplova, poplava).



Slika 12: Shematski prikaz PSA razina 1

Vzrok	Uzrok
Notranji dogodki	Unutarnji događaji
Zunanji dogodki	Vanjski događaji
Uparjalnik	Parogenerator
Turbina	Turbina
Generator	Generator
Kondenzator	Kondenzator
Reaktor	Reaktor
Posledica	Posljedica
Verjetnost poškodbe sredice	Vjerojatnost oštećenja jezgre

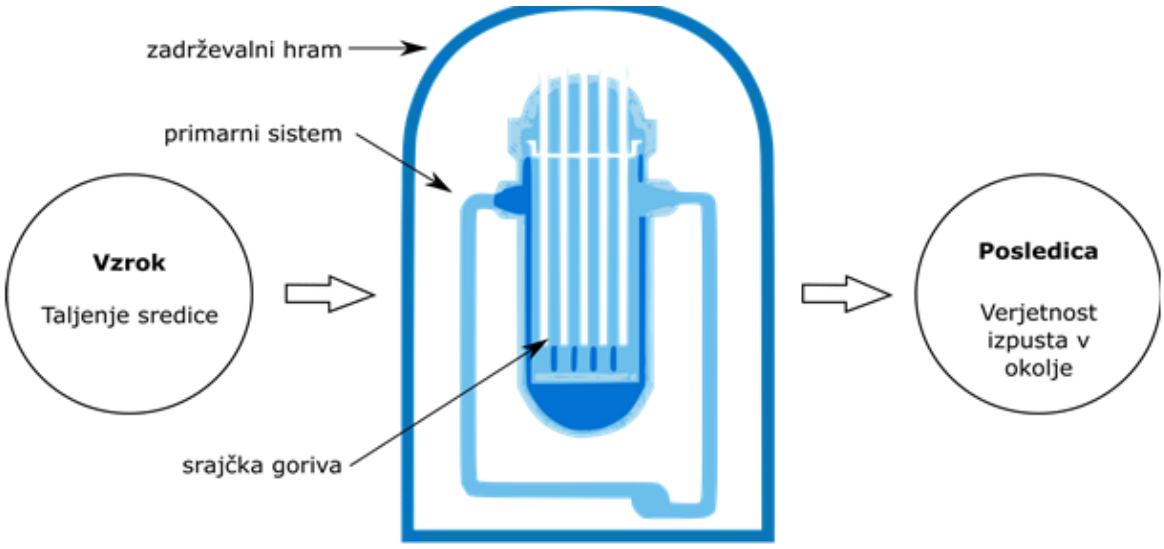
U blizini NEK-a do udaljenosti od 1,5 km nema proizvodnih ili skladišnih pogona koji bi svojim radom bili prijetnja okolišu odnosno čije bi posljedice događaja u tim pogonima (nesreće, požari, eksplozije) s vjerojatnošću, koju bi trebalo razumno uzeti u obzir, mogle utjecati na siguran rad NEK-a. Na udaljenosti od 2 km od NEK-a nalazi se tvornica Krka d.d. koja skladišti velike količine opasnih kemikalija. Analize su pokazale da u slučaju izvanrednog događaja – ispuštanja opasnih tvari iz pogona Krka zbog tehničkih rješenja, nisu ugroženi sigurnost i rad NEK-a. U Brestanici, na udaljenosti od oko 7 km od NEK-a, u sklopu Elektrane Brestanica, tri su spremnika D2 s kapacitetom skladištenja loživog ulja u količini od 19.500 m^3. Željeznička pruga Ljubljana – Zagreb proteže se 1,08 km od NEK-a, a autocesta Ljubljana – Novo Mesto – Zagreb približno 3 km južno od lokacije. Autocestom Ljubljana – Zagreb voze plinske i naftne cisterne kapaciteta do 30.000 litara. Željezničkom prugom Ljubljana – Zidani Most – Zagreb često se prevoze opasne kemikalije i eksplozivi; treba napomenuti da su maksimalne količine tih tvari koje se mogu transportirati odjednom ograničene propisima. Utjecaj izlijevanja ili eksplozije tvari koje se prevoze cestom ili željeznicom u slučaju nesreće u NEK-u se procjenjuje zanemarivim.

U Cerklju ob Krki, oko 6 km od NEK-a, smještene su vojarna i zračna luka. U sklopu sigurnosnih procjena NEK-a razmatra se i rizik od nesreće vojnog ili komercijalnog zrakoplova na području NEK-a, uzimajući u obzir sve prelete na toj lokaciji i ne samo zbog zračne luke u Cerklju. Ukupna procijenjena vjerojatnost oštećenja jezgre zbog pada zrakoplova na lokaciji NEK-a manja je od 2 E-7/god., a vjerojatnost ranog ispusta radioaktivnih tvari u okoliš zbog ovog događaja je reda veličine 1 E-8/god. /254/.

Rijeka Sava u blizini NEK-a nije plovna. Uzvodno od NEK-a na rijeci Savi nalazi se 7 hidroelektrana i jedna hidroelektrana nizvodno. Mogućnosti utjecaja na siguran rad NEK-a zbog otkazivanja brana na hidroelektranama ocijenjene su u poglavlju 2.4.4. USAR NEK. Uzimaju se u obzir posljedice simultanog otkazivanja više brana u isto vrijeme odnosno istovremenog uzastopnog otkazivanja brana, uz pretpostavku istovremene 25-godišnje poplave. Stanje na području NEK-a analizirano je na temelju 2D modeliranja. U slučaju istovremenog otkazivanja svih brana, ne doseže se poplavna razina za područje NEK-a te je osigurana sigurnost elektrane. U slučaju urušavanja nizvodne brane predviđen je odgovarajući ponor topline za sigurno zaustavljanje elektrane.

2.13.2 Vjerojatnosna analiza sigurnosti – razina 2

U vjerojatnosnoj analizi sigurnosti – razina 2 (u daljnjem tekstu: PSA – razina 2) pri analizi se uzimao u obzir odgovor zaštitne zgrade i pripadajućih sigurnosnih sustava (tuševi, sustav za izolaciju zaštitne zgrade, pasivnog filtarskog sustava, pasivnih autokatalitičkih elemenata za izgaranje vodika, poplavljenost komore ispod reaktorske posude...).



Slika 13: Shematski prikaz PSA razina 2

Vzrok	Uzrok
Taljenje sredice	Taljenje jezgre
Zadrževalni hram	Zaštitna zgrada
Primarni sistem	Primarni sustav
Srajčka goriva	Košuljica goriva
Posledica	Posljedica
Verjetnost izpusta v okolje	Vjerojatnost ispuštanja u okoliš

PSA – razina 2 određuje vjerojatnost ispusta iz zaštitne zgrade te vremensku trajektoriju i količinu ispusta radioaktivnih tvari. U tu su svrhu sva moguća stanja, koja već uzimaju u obzir reakciju zaštitne zgrade i njezinih sigurnosnih sustava, grupirana u svladivi broj tzv. nezgodnih stanja i za svako između njih dodjeljuje se reprezentativna nesreća.

U analizi PSA – razine 2 stablo događaja podijeljeno je u četiri vremenska razdoblja, prije svega sa svrhom opisa vremenske ovisnosti događaja. Događaji su determinističke prirode (npr. eksplozija vodika u zaštitnoj zgradi). Da bi se pojedinačni deterministički događaj mogao klasificirati u stablo kvarova, mora se dogoditi unutar vremenskog okvira opisanog stablom događaja i ispunjavati barem jedan od niže navedenih kriterija:

- da može izravno utjecati na cjelovitost zaštitne zgrade ili utjecati na oblik i veličinu ispusta;
- da može utjecati na događaje koji su raspoređeni niže (iza dotičnog događaja) u stablu kvarova;
- da predstavlja funkciju sustava koja nije eksplicitno definirana stanjem kvara elektrane i može bitno utjecati na događaje (na taj način omogućujemo izvođenje analize osjetljivosti, evaluaciju utjecaja pojedinih sustava koji nisu dio postojećeg projekta).

U PSA – razina 2 NEK-a vremenski okviri (razdoblja) otkazivanja zaštitne zgrade definirani su kako slijedi:

a) prvo vremensko razdoblje (otkazivanje zaštitne zgrade prije otkazivanja reaktorske posude) – vrijeme je od početka intenzivne reakcije vode s cirkonijem do vremena neposredno prije otkazivanja reaktorske posude;

b) drugo vremensko razdoblje (otkazivanje zaštitne zgrade u trenutku otkazivanja reaktorske posude) – definira se od trenutka neposredno prije otkazivanja reaktorske posude pa do kraja dinamične reakcije zaštitne zgrade na otkazivanje reaktorske posude;
c) treće vremensko razdoblje (nema otkazivanja zaštitne zgrade – srednjoročni ispust kroz PFCV prije 24 h) – definira se od kraja dinamične reakcije zaštitne zgrade (reakcije taline i rashladne tekućine izvan reaktorske posude) do 24 sata nakon početka nesreće;
d) četvrto vremensko razdoblje (nema otkazivanja zaštitne zgrade, kasni ispust kroz PFCV nakon 24 sata) – definira se od 24 sata nadalje.

Glavne deterministične pojave ili događaji koji se obrađuju u stablu događaja su sljedeći:

a) „bypass" mimo zaštitne zgrade;
b) otkazivanje primarnog kruga zbog visoke temperature;
c) način ispusta iz zaštitne zgrade (ispust preko sloja vode, izravni ispust, prodiranje temelja zaštitne zgrade);
d) način otkazivanja reaktorske posude;
e) skrućivanje taline nakon otkazivanja reaktorske posude;
f) interakcija taline i betona;
g) gorenje odnosno eksplozija vodika;
h) integritet zaštitne zgrade u određenom vremenskom razdoblju.

Kategorije ispusta

Definicija kategorija ispusta trebala bi uključivati ključne elemente napredovanja nesreće koji utječu na sastav i veličinu ispusta. To znači da se moraju uzeti u obzir sljedeći elementi: status zaštitne zgrade (zajamčen integritet, kvar izolacije zaštitne zgrade, funkcija zaštitne zgrade „bypasirana", integritet zaštitne zgrade narušen u jednom od vremenskih razdoblja);

- postoji li interakcija rastaljene jezgre i betona;
- je li ispust smanjen zbog sloja vode kroz koji radioaktivne tvari moraju proći;
- je li došlo do uspostavljanja stabilnog stanja – hlađenja, skrućivanja jezgre u reaktorskoj posudi i do kvara reaktorske posude uopće nije došlo.

Tako možemo lako definirati kategorije ispusta („release category" – RC), koje su prikazane u sljedećoj tablici (Tablica 13).

Tablica 13: Kategorije ispusta (izvor: /17/)

	Kategorija ispusta	Opis
1	**RC1**	Talina ostaje u reaktorskoj posudi i ne dolazi do otkazivanja reaktorske posude i zaštitne zgrade.
2	**RC2**	Ne dolazi do otkazivanja zaštitne zgrade.
3	**RC4**	Proboj temelja zaštitne zgrade.
4	**RC6**	Prijevremeno otkazivanje zaštitne zgrade (u prvom i drugom vremenskom razdoblju).
5	**RC7A**	Otkazivanje zaštitne zgrade, nema interakcije taline i betona.
6	**RC7B**	Otkazivanje izolacije zaštitne zgrade, interakcija taline i betona.
7	**RC8A**	Ispust mimo zaštitne zgrade – ispust smanjen zbog sloja vode kroz koji radioaktivne tvari moraju proći; („scrubbed release").
8	**RC8B**	Ispust mimo zaštitne zgrade – izravan ispust („unscrubbed release").
9	**RCV3**	Pasivno filtrirano rasterećenje zaštitne zgrade u četvrtom vremenskom razdoblju.
10	**RCV5**	Pasivno filtrirano rasterećenje zaštitne zgrade u trećem vremenskom razdoblju, nema interakcije taline i betona.

Za svaku skupinu početnih događaja izračunava se rizik (LERF) za rani, velik ispust radioaktivnih tvari u okoliš kod oštećenja jezgre (LERF) s međuzbrojem svih kategorija velikih ispusta (RC6, RC7A, RC7B, RC8A i RC8B).

2.13.3 Klasifikacija ugroženosti

Klasifikacija ugroženosti temelji se na unaprijed određenim stupnjevima opasnosti te metodologiji i uputama o tome kako određeni izvanredni događaj, prema njegovim stvarnim ili očekivanim posljedicama u elektrani i okolišu, klasificirati u odgovarajući stupanj opasnosti.

Određena su četiri stupnja opasnosti:
- a) 0. stupanj opasnosti ili neuobičajeni događaj;
- b) I. stupanj opasnosti ili početna opasnost;
- c) II. stupanj opasnosti ili objektna opasnost;
- e) III. stupanj opasnosti ili opća opasnost.

Sljedeća tablica (Tablica 14) definira pojedinačne stupnjeve opasnosti, važnost njihova proglašenja i glavne mjere na razini elektrane i okoliša nakon proglašenja svakog stupnja opasnosti.

Tablica 14: Određivanje stupnjeva opasnosti (izvor: /17/)

Svrha proglašenja	Mjere u elektrani	Mjere u okolišu
Neuobičajeni događaj To je stupanj opasnosti na kojem nastanak ili razvoj događaja uzrokuje situaciju koja bi u slučaju nepravilne provedbe operativnih mjera ili daljnjeg nekontroliranog razvoja događaja mogla smanjiti nuklearnu sigurnosti elektrane ili gdje događaji upozoravaju na mogućnost ugrožavanja fizičke zaštite elektrane. Nema ispuštanja radioaktivnih tvari u mjeri u kojoj je potrebno provoditi radiološku kontrolu i mjere zaštite okoliša.		
1. Osigurati organizirano upravljanje izvanrednim situacijama i odgovarajuće početne mjere u slučaju pogoršanja; 2. Osigurati odgovarajuću pripremljenost operativnog osoblja elektrane u slučaju pogoršanja; 3. Osigurati sustavnu identifikaciju, evidentiranje i analiziranje tog stupnja opasnosti.	1. Obavijestiti o nastanku i zatim kontinuirano izvještavati o stanju izvanrednog događaja mjerodavna tijela u okolici, sve do proglašenja prestanka opasnosti; 2. Osigurati dodatnu podršku osoblju u smjeni ako je potrebno; 3. Procijeniti situaciju i poduzeti korektivne mjere; 4. Proglasiti višu razinu opasnosti ako se stanje pogorša ili proglasiti prestanak opasnosti kada su ispunjeni uvjeti za proglašenje prestanka opasnosti.	1. Po potrebi pružiti dodatnu potporu elektrani (npr. vatrogasci, medicinska pomoć, policija); 2. U slučaju pogoršanja, prelazak na viši stupanj pripravnosti; 3. Biti u pripravnosti do proglašenja prestanka opasnosti.
Početna opasnost To je stupanj opasnosti na kojem pojava ili razvoj događaja dovodi do ili rezultira znatnim smanjenjem nuklearne sigurnosti elektrane ili na kojem neprijateljska aktivnost povećava rizik za osoblje ili opremu u elektrani. Postoji mogućnost ograničenog ispuštanja radioaktivnih materijala koji mogu prelaziti granice radioloških tehničkih specifikacija, ali ne toliko da su potrebne zaštitne mjere u okolici elektrane. Za sanaciju nastalog stanja u elektrani potrebne su automatske ili nešto zahtjevnije ručne mjere.		
1. Osigurati punu raspoloživost snaga za upravljanje izvanrednom situacijom u slučaju pogoršanja stanja ili potrebe za radiološkom kontrolom; 2. Mjerodavnim tijelima i institucijama u okolici pružati stalne informacije o stanju i tijeku izvanredne situacije.	1. Odmah obavijestiti mjerodavna tijela u okolici o nastanku i uzroku stupnja opasnosti; 2. Aktivirati centar tehničke podrške i centar operativne podrške elektrane u cijelosti i osigurati odgovarajuću pripravnost vanjskog centra za podršku elektrane i drugog ključnog osoblja elektrane; 3. Analizirati stanje u elektrani i poduzeti korektivne mjere; 4. Osigurati zaštitne mjere za osoblje u elektrani; 5. Rasporediti timove za radiološku kontrolu oko područja elektrane i uspostaviti odgovarajuću komunikaciju;	1. Po potrebi pružiti dodatnu potporu elektrani (npr. vatrogasci, medicinska pomoć, policija); 2. Biti u stanju pripravnosti u skladu s planovima mjera zaštite i spašavanja; 3. Osigurati spremnost ključnog osoblja u organizaciji zaštite, spašavanja i pomoći u okolici, uključujući timove radiološku kontrolu te uspostaviti odgovarajuću komunikaciju; 4. Osigurati radiološku kontrolu u okolišu i procjenu doze zbog izloženosti radioaktivnosti duž hranidbenog lanca u slučaju ispuštanja radioaktivnosti u okoliš u mjeri koja znatno prelazi ograničenja u uvjetima rada i ograničenja elektrane; 5. Prelazak na viši stupanj opasnosti, ako je potrebno;

Svrha proglašenja	Mjere u elektrani	Mjere u okolišu
	6. Kontinuirano dostavljati mjerodavnim tijelima u okolici informacije o stanju i razvoju izvanrednog događaja u elektrani; 7. Kontinuirano pratiti meteorološke uvjete i, ako dođe do ispuštanja radioaktivnosti u okoliš, procijeniti dozu u okolišu i obavijestiti mjerodavna tijela u okolici; 8. Proglasiti višu razinu opasnosti ako se situacija pogorša ili proglasiti prestanak opasnosti kada se steknu uvjeti za proglašenje prestanka opasnosti.	6. Održavati pripravnost na tom stupnju opasnosti sve do prestanka opasnosti ili proglašenja nižeg stupnja.
Objektna opasnost To je stupanj opasnosti na kojem pojava ili razvoj događaja rezultira kvarom sigurnosne funkcije elektrane ili postoji velika vjerojatnost da će se to dogoditi, odnosno na kojem je zbog neprijateljske aktivnosti osoblje ili oprema u elektrani u opasnosti ili je onemogućen učinkovit pristup opremi i sustavima važnima za sigurnost elektrane. Postoji mogućnost ispuštanja radioaktivnih tvari do te mjere da se moraju uvesti zaštitne mjere na području elektrane, a u iznimnim slučajevima i u neposrednoj okolici elektrane.		
1. Osigurati da svi centri, snage i sredstva zaštite, spašavanja i pomoći budu aktivirani u skladu s planovima zaštite i spašavanja; 2. Osigurati da su timovi raspoređeni za obavljanje radiološke kontrole; 3. Osigurati punu pripravnost snaga za zaštitu, spašavanje i pomoć odgovornih za provođenje evakuacije u neposrednoj blizini elektrane, koja bi bila nužna u slučaju pogoršanja situacije; 4. Uspostaviti komunikaciju između elektrane i relevantnih vanjskih tijela i institucija; 5. Kontinuirano obavještavati lokalne i nacionalne centre te obavještavati javnost o pojavi i stanju izvanrednog događaja.	1. O nastanku i uzroku nastanka objektne opasnosti odmah obavijestiti mjerodavna tijela na lokalnoj i državnoj razini; 2. Aktivirati u cijelom opsegu snage i centre za upravljanje i kontrolu izvanrednih situacija (centar tehničke podrške, centar operativne potpore i vanjski centar potpore elektrane); 3. Analizirati stanje u elektrani i poduzeti korektivne mjere; 4. Osigurati zaštitne mjere za osoblje u elektrani uključujući evakuaciju elektrane; 5. Rasporediti timove i provoditi radiološku kontrolu oko područja elektrane i u okolici te uspostaviti odgovarajuću komunikaciju; 6. Kontinuirano dostavljati mjerodavnim tijelima u okolici informacije o stanju i razvoju izvanrednog događaja u elektrani;	1. Osigurati dodatnu potporu elektrani; 2. Ako se preporučuje zaklanjanje, kao zaštitna mjera u neposrednoj blizini elektrane, osigurati odgovarajuće obavještavanje stanovništva na području radijusa od 3 km oko elektrane; 3. Osigurati upute i informacije stanovništvu u okruženju elektrane o stanju ugroženosti; 4. Aktiviranje svih snaga zaštite i spašavanja na lokalnoj i nacionalnoj razini; 5. Postupanje u skladu s planovima zaštite, spašavanja i pomoći, uključujući raspoređivanje timova radiološku kontrolu i uspostavljanje odgovarajućih komunikacija; 6. Osigurati odgovarajuću spremnost snaga za evakuaciju u blizini elektrane, ako je potrebno; 7. Razmjena i zajednička evaluacija rezultata radiološke kontrole okoliša; 8. Kontinuirano procjenjivanje informacija o stanju elektrane i rezultata radiološke kontrole okoliša i

Svrha proglašenja	Mjere u elektrani	Mjere u okolišu
	7. Uspostaviti komunikaciju između elektrane i mjerodavnih tijela i institucija u okolici; 8. Kontinuirano pratiti meteorološke prilike, procjenjivati doze u okolišu i predlagati zaštitne mjere stožera civilne zaštite u okolišu za stanovništvo na ugroženom području; 9. Na temelju stanja u elektrani i predviđenog razvoja događaja osiguravati podatke stožeru civilne zaštite u okoliš u glede stvarnog ili predviđenog opsega i vrste ispuštanja radioaktivnih tvari u okoliš; 10. Proglasiti viši stupanj opasnosti ako se stanje pogorša ili proglasiti prestanak opasnosti kada su ispunjeni uvjeti za ponovno proglašenje normalnog stanja.	na temelju toga odlučivanje o primjerenosti zaštitnih mjera koje se provode i o potrebi za promjenu istih te o mobilizaciji za provedbu evakuacije po potrebi; 9. Informiranje stanovništva u područjima planiranja pripravnosti i provođenje potrebnih mjera zaštite; 10. Informiranje javnosti i priprema novinarskih konferencija zajedno s elektranom; 11. U slučaju pogoršanja stanja, eskalacija do stupnja opasnosti opća opasnost; 12. Održavati pripravnost na tom stupnju opasnosti sve dok se ponovno ne uspostavi normalno stanje ili se ne proglasi niži stupanj.
Opća opasnost To je stupanj opasnosti pri kojem pojava ili razvoj događaja rezultira oštećenjem/topljenjem jezgre i gubitkom integriteta zaštitne zgrade ili postoji velika vjerojatnost da će se to dogoditi, odnosno pri kojem razvoj događaja zbog neprijateljske aktivnosti rezultira gubitkom fizičke kontrole elektrane. Postoji mogućnost za ispust radioaktivnih tvari u većem opsegu, tako da su prekoračene razine intervencija za uvođenje zaštitnih mjera u okolišu.		
1. Preventivno zaštititi stanovništvo; 2. Osigurati kontinuirano procjenu stanja na temelju informacija iz elektrane i mjerenja u okolišu; 3. Ovisno o stupnju stvarnog ili predviđenog ispuštanja radioaktivnog materijala, provesti dodatne mjere zaštite stanovništva; 4. Uspostaviti komunikaciju između elektrane i mjerodavnih tijela, institucija i snaga zaštite, spašavanja i pomoći u okolici; 5. Kontinuirano obavještavati i informirati javnost o stanju ugroženosti.	1. O nastanku i uzroku nastanka opće opasnosti odmah obavijestiti mjerodavna tijela na lokalnoj i državnoj razini; 2. Aktivirati u cijelom opsegu snage i centre za upravljanje i kontrolu izvanrednih situacija (centar tehničke podrške, centar operativne potpore i vanjski centar potpore elektrane), ako nisu bili aktivirani već prije; 3. Analizirati stanje u elektrani i poduzeti korektivne mjere; 4. Osigurati zaštitne mjere za osoblje u elektrani uključujući evakuaciju elektrane, ako nije bila provedena prije; 5. Rasporediti timove i provoditi radiološku kontrolu oko područja elektrane i u okolici te	1. Osigurati dodatnu potporu elektrani; 2. Aktivirati sustav trenutačnog obavještavanja stanovništva o stanju opasnosti u područjima planiranja mjera zaštite i kontinuirano obavještavati stanovništvo o stanju opasnosti; 3. Kao osnovnu mjeru zaštite preporučiti hitnu evakuaciju stanovništva u radijusu od 3 km te odlučiti treba li se ova mjera zaštite provoditi na većem području. Odlučiti o upotrebi tableta KJ (unutar područja od 10 km ili šire); 4. Aktiviranje svih snaga zaštite, pomoći na lokalnoj i nacionalnoj razini; 5. Postupanje u skladu s planovima zaštite, spašavanja i pomoći, uključujući raspoređivanje timova radiološku kontrolu i uspostavljanje odgovarajućih komunikacija;

Svrha proglašenja	Mjere u elektrani	Mjere u okolišu
	uspostaviti odgovarajuću komunikaciju; 6. Kontinuirano dostavljati mjerodavnim tijelima u okolici informacije o stanju i razvoju izvanrednog događaja u elektrani; 7. Uspostaviti komunikaciju između elektrane i mjerodavnih tijela i institucija u okolici; 8. Kontinuirano pratiti meteorološke prilike, procjenjivati doze u okolišu i predlagati zaštitne mjere stožera civilne zaštite u okolišu za stanovništvo na ugroženom području; 9. Na temelju stanja u elektrani i predviđenog razvoja događaja osiguravati podatke stožeru civilne zaštite u okoliš u glede stvarnog ili predviđenog opsega i vrste ispuštanja radioaktivnih tvari u okoliš; 10. Proglasiti prestanak opasnosti kada su ispunjeni uvjeti za ponovno proglašenje normalnog stanja.	6. Osigurati punu pripravnost svih snaga zaštite i spašavanja na području od 10 km oko elektrane i pripravnost ostalih snaga izvan tog područja u slučaju potrebe; 7. Razmjena i zajednička evaluacija rezultata radiološke kontrole okoliša; 8. Kontinuirano procjenjivanje informacija o stanju elektrane i rezultata radiološke kontrole okoliša i na temelju toga odlučivanje o primjerenosti zaštitnih mjera koje se provode i o potrebi za promjenu istih te o mobilizaciji za provedbu evakuacije po potrebi; 9. Informiranje stanovništva u područjima planiranja zaštitnih mjera te provođenje potrebnih mjera zaštite; 10. Preporuka za korištenje suhe hrane za krave mljekarice na području od 25 km oko elektrane i odlučiti o proširenju ovog područja; 11. Informiranje javnosti i priprema novinarskih konferencija zajedno s elektranom; 12. Održavati pripravnost na tom stupnju opasnosti sve dok se ponovno ne uspostavi normalno stanje.

2.13.4 Područja planiranja zaštitnih mjera

Određena su četiri područja planiranja mjera zaštite (Emergency Planing Zones – EPZ) oko NEK-a:

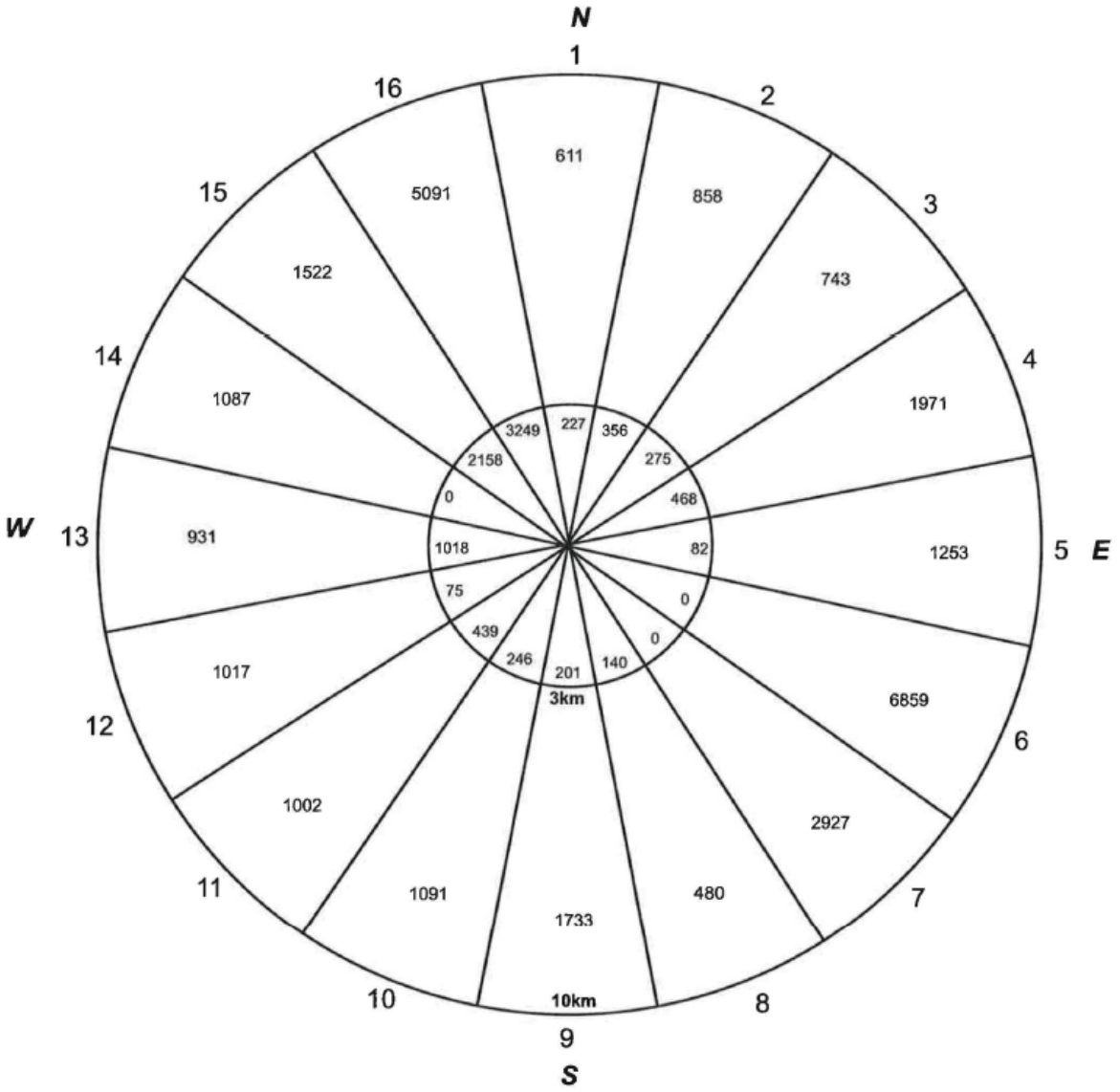
1. Područje preventivnih mjera zaštite (OPU) – područje udaljeno 3 km od NEK-a, na kojem se preventivno poduzimaju hitne mjere zaštite zbog njegove blizine. OPU obuhvaća naselja u cijelosti, čak i ako se protežu izvan pojasa od 3 km. Mjere zaštite u OPU-u su trenutačne i prehrambene, s naglaskom na zaklanjanje, evakuaciju te prihvat i zbrinjavanje evakuiranih stanovnika iz OPU-a. Provedba mjera zaštite trebala bi započeti odmah nakon proglašenja opće opasnosti.
2. Područje trenutačnih zaštitnih mjera (OTU) – područje udaljenosti od 10 km od NEK-a. Radi lakšeg planiranja i provedbe mjera zaštite, cjelokupni OTU je podijeljen na područja naselja pokrivena mrežom od 16 sektora (kružnih isječaka), od prvog teče prema sjeveru. Mjere zaštite u OTU-u su trenutačne, prehrambene, s naglaskom na evakuaciju te prihvat i zbrinjavanje evakuiranih iz OTU-a.
3. Područje planiranja i provedbe dugoročnih mjera zaštite (ODU) – područje udaljeno 25 km od NEK-a. Mjere zaštite na području ODU provode se na temelju rezultata modela i mjerenja radioaktivnosti.
   Kako bi se olakšalo planiranje i provedba mjera zaštite, cjelokupni ODU podijeljen je na područja naselja pokrivena mrežom od 16 sektora (kutnih isječaka) po 22,5 °. Mjere zaštite su dugoročne, prehrambene i trenutačne.

4. Područje opće pripravnosti (OSP) je cijelo područje Republike Slovenije – mjere zaštite na cijelom području Republike Slovenije provode se na temelju rezultata modela i mjerenja radioaktivnosti. Mjere zaštite na cijelom području Republike Slovenije su dugoročne, prehrambene i trenutačne.

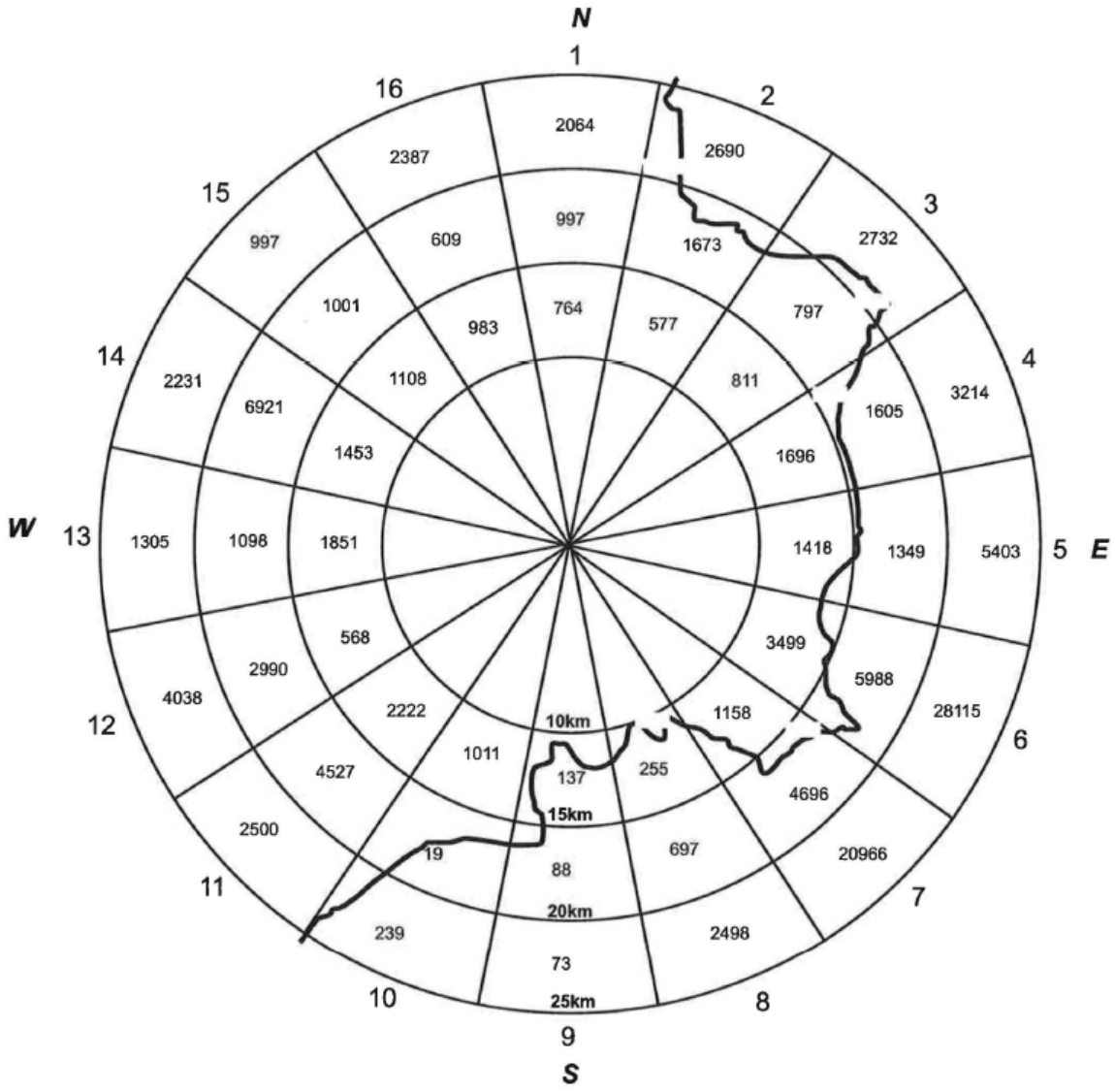
Sljedeća tablica (Tablica 15) sadržava podatke o broju stanovnika za područja EPZ oko NEK-a. Raspodjela stanovništva po sektorima i udaljenosti od NEK-a u području planiranja trenutačnih mjera zaštite i u području planiranja dugoročnih mjera zaštite prikazani su na slikama u nastavku (Slika 12, Slika 13). Meteorološki i drugi podaci važni za planiranje mjera zaštite okoliša prate se i predaju u USAR NEK-u.

Tablica 15: Podaci o broju stanovnika u okolici NEK-a (izvor: /37/, /17/)

Područje	**Broj stanovnika**	**Prosječna gustoća (br. stan. / km^2)**
0 – 3 km	9087	321
3 – 10 km	29.303	103
10 – 25 km	136.191	84
Ukupno 0 – 10 km	38.390	122
Ukupno 0 – 25 km	174.581	89
Referencije: Statistični urad Republike Slovenije, stanje 1. siječnja 2020. Republika Hrvatska – Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva 2011.		



Slika 14: Raspodjela stanovništva – područje 10 km oko NEK-a (izvor:/17/)



Slika 15: Raspodjela stanovništva – područje od 10 km do 25 km oko NEK-a (izvor:/17/)

2.13.5 Pomoć elektrani u slučaju izvanredne situacije

U slučaju najtežih izvanrednih situacija moguće je da elektrana ostane bez struje i izvora rashladne vode za hlađenje reaktora ili istrošenog goriva. Za takve slučajeve NEK ima mobilnu opremu za osiguravanje struje, hlađenja i tehnološkog zraka za dulje razdoblje. NEK je u mogućnosti upravljati najtežim izvanrednim događajima s opremom u području elektrane i osobljem u smjeni bez ikakve vanjske potpore u sredstvima ili snagama u prva 24 sata od nastanka takvih događaja odnosno 7 dana bez osiguravanja veće opreme.

Potporu elektrani u upravljanju izvanrednim situacijama pružaju ugovorne potporne organizacije, dobavljači opreme i projektantske organizacije te međunarodne stručne organizacije i udruge. Potpora elektrani od institucija potpore osigurava se unaprijed sklopljenim ugovorima koji se redovito obnavljaju. Članstvom NEK-a u tim institucijama osigurava se pomoć međunarodnih stručnih organizacija i udruga. Dodatnu potporu elektrani daje država u sklopu Nacionalnog plana zaštite i spašavanja u slučaju nuklearne ili radiološke nesreće, iz državnih rezervi u slučaju prirodnih i drugih katastrofa ili iz državnih robnih rezervi odnosno u sklopu međunarodne pomoći temeljene na međudržavnim sporazumima.

Potpora elektrani u slučaju izvanrednog događaja uključuje prije svega:

- stručnu tehničku, projektantsku i inženjersku podršku;
- gašenje požara i pružanje zaštite od požara;
- intervencije u rukovanju opasnim tvarima, ispumpavanje, uspostavu zaštite od poplava;
- pomoć u provedbi mobilnih strategija za upravljanje izvanprojektnim nesrećama;
- spašavanje, pomoć i pružanje medicinske skrbi unesrećenima u elektrani;
- obavljanje radiološke kontrole i mjerenja u blizini elektrane;
- informiranje elektrane o događajima i uvjetima u okolišu koji bi mogli utjecati na sigurnost elektrane;
- osiguravanje prostora za rad vanjskog centra za potporu i drugih vanjskih lokacija elektrane važnih za upravljanje izvanrednim situacijama;
- logističku podršku (hrana, transport).

2.14 POSTOJEĆE DOZVOLE

NEK radi u skladu s vremenski neograničenom radnom dozvolom (Odluka Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04 / 83-5, Odluka URSJV br. 3570-8/2012/5, izmjena Dozvole za rad NEK-a od 22. ožujka 2013.) /4/, koja je izravno povezana sa Sigurnosnim izvještajem NEK-a (engl. USAR – Safety Analysis Report – rev. 26) /3/ i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK je tehnički sposoban za rad dodatnih 20 godina, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih 10 godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review; po ZVISJV-1 periodični sigurnosni pregled).

Izgradnja NEK-a počela je 1974. godine. Uporabna dozvola za rad NEK-a izgrađenog uz građevinske dozvole Republičkog sekretarijata za industriju SRS Ljubljana izdana je 17. srpnja 1989. odlukom Republičkog odbora za industriju i graditeljstvo Ljubljana br. 351-02/89-15. Dobavljač elektrane je poduzeće Westinghouse iz Sjedinjenih Američkih Država. NEK je postavljen u prostor u skladu s lokacijskom dozvolom i tadašnjim zakonskim propisima.

2.14.1 Radna dozvola

Gorivo je prvi put stavljeno u reaktor u svibnju 1981. nakon dobivanja posebne dozvole. Elektrana je sinkronizirana na elektroenergetsku mrežu u listopadu te godine.

Tijekom probnog rada puna snaga postignuta je u kolovozu 1982. godine. S odlukom br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984., koju je izdao Republički energetski inspektorat u Ljubljani, NEK je dobio posebnu suglasnost za početak rada (dozvolu za rad). Upravni postupak proveden je na temelju preliminarnog i konačnog sigurnosnog izvještaja NEK-a u skladu s propisima zemlje dobavljača i uz pomoć misija Međunarodne agencije za atomsku energiju.

NEK je zatim 17. srpnja 1989. od Republičkog odbora za industriju i graditeljstvo SRS-a dobio uporabnu dozvolu br. 351-02/89-15 od 17. srpnja 1989. Sva sigurnosna oprema u NEK-u projektirana je u skladu sa zahtjevima regulatornog tijela Sjedinjenih Američkih Država (US Nuclear Regulatory Commission) od 1973. godine.

Poduzeće Westinghouse, kao glavni ugovorni partner, bio je odgovoran za implementaciju tih zahtjeva u fazama projektiranja, izgradnje i ispitivanja.

Tijekom rada već su napravljene mnoge izmjene opreme kako bi se poboljšala sigurnost. NEK je u skladu s odlukom URSJV-a br. 390-2/2004/1-13 od 8. srpnja 2004. bio uvršten među nuklearne objekte.

NEK je upisan u registar radioloških i nuklearnih objekata pod rednim br. 1.

2.14.2 Okolišna dozvola za emisije tvari u vodu

NEK je 2006. godine podnio zahtjev Ministarstvu okoliša i prostornog planiranja (MOP) i Agenciji za okoliš Republike Slovenije (ARSO) za izdavanje okolišne dozvole za rad NEK-a.

MOP je 30. lipnja 2010. godine donio odluku br. 35441-103/2006-24, Okolišna dozvola za rad NEK-a u pogledu emisija u vode /49/, u kojoj su postavljeni posebni uvjeti za rad postrojenja. Poslije su 4. lipnja 2012 i 10. listopada 2013. godine bile izdane odluke br. 35441-103/2006-33 i 35444-11/2013-3, kojima su uvedene promjene u točkama koje određuju uvjete za rad postrojenja. NEK radi u skladu s valjanom okolišnom dozvolom.

2.14.3 Vodopravne dozvole

NEK posluje u skladu s vodopravnim dozvolama za uzimanje vode u tehnološke svrhe. Prva djelomična vodopravna dozvola izdana je 15. listopada 2009. godine br. 35536-31/2006-16 /50/, koja je zbog promjene količine uzimanja vode iz Save izmijenjena Odlukom br. 35536-54/2011-4 od 8. studenog 2011. godine te Odlukom br. 35530-7/2018/2 od 22. lipnja 2018. U posljednje dvije godine izdane su vodopravne dozvole za nove bunare: vodopravna dozvola br. 35530-100/2020-4 od 14. studenog 2020. i vodopravna dozvola br. 35530-48/2020-3 od 9. rujna 2021. /276/.

2.14.4 Izmjena radne dozvole – neograničen rad

Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) 2012. godine rješenjima br. 3570-6/2009/28 i br. 3570-6/2009/32 potvrdila je i odobrila izmjene Sigurnosnog izvještaja NEK-a (USAR) /3/ i pripadajuće dokumentacije, koji su do tada ograničavali pogonski vijek na 40 godina. Odobrene izmjene sada daju mogućnost pogona NEK-a još 20 godina, tj. ukupno 60 godina.

Time je pogon NEK-a produljen s planirane 2023. na 2043. godinu, pod uvjetom da će biti uspješno provedeni periodični sigurnosni pregledi 2023. i 2033. godine. Na temelju navedenih odluka URSJV-a, Republika Slovenija i Republika Hrvatska, kao vlasnici NEK-a na temelju Međudržavnog ugovora /11/, podržale su odluku o produljenju pogonskog vijeka NEK-a do 2043. godine /33/.

2.15 CJELOVIT NACIONALNI ENERGETSKI I KLIMATSKI PLAN REPUBLIKE SLOVENIJE – NEPN

NEPN /20/ je strateški dokument koji postavlja ciljeve, politike i mjere za pet dimenzija energetske unije za razdoblje do 2030. (i viziju do 2040. godine):
1. dekarbonizacija (emisije stakleničkih plinova (SP) i obnovljivi izvori energije (OIE)),
2. energetska učinkovitost,
3. energetska sigurnost,
4. unutarnje tržište energije i
5. istraživanje, inovativnost i konkurentnost.

Projekti i mjere utvrđeni NEPN-om od javnog su interesa sa stajališta energetske i klimatske politike sukladno Zakonu o energetici.

U sklopu NEPN-a razmatraju se i analiziraju sljedeći scenariji za buduću upotrebu i opskrbu energijom:
- scenarij s postojećim mjerama (OU) – daljnji razvoj temelji se na nastavku provedbe svih mjera koje su već donesene do 1. listopada 2018.,
- scenarij NEPN.

Scenarij s postojećim mjerama je komparativne prirode i predviđa minimalna dodatna ulaganja u velike uređaje. Njime je predviđen završetak lanca hidroelektrana na donjoj Savi, a ne predviđaju se druga ulaganja u obnovljive izvore energije (OIE). Također je pretpostavljen rad postojećeg NEK-a do kraja produljenog pogonskog vijeka (2043. godine) uz dobivanje odgovarajuće okolišne dozvole. Scenarij

NEPN, koji je razvojno orijentiran, predviđa veću proizvodnju električne energije iz hidroenergije, kao i iz vjetra i sunca, koji pripadaju raspršenim izvorima, u kombinaciji sa skladištem električne energije. Scenarij NEPN razmatra dvije opcije, jednu temeljenu na korištenju sintetičkog plina i drugu koja planira novu nuklearnu elektranu. Kako prva tako i druga sačuvat će postojeći NEK do 2043. godine, nakon dobivanja okolišne dozvole.

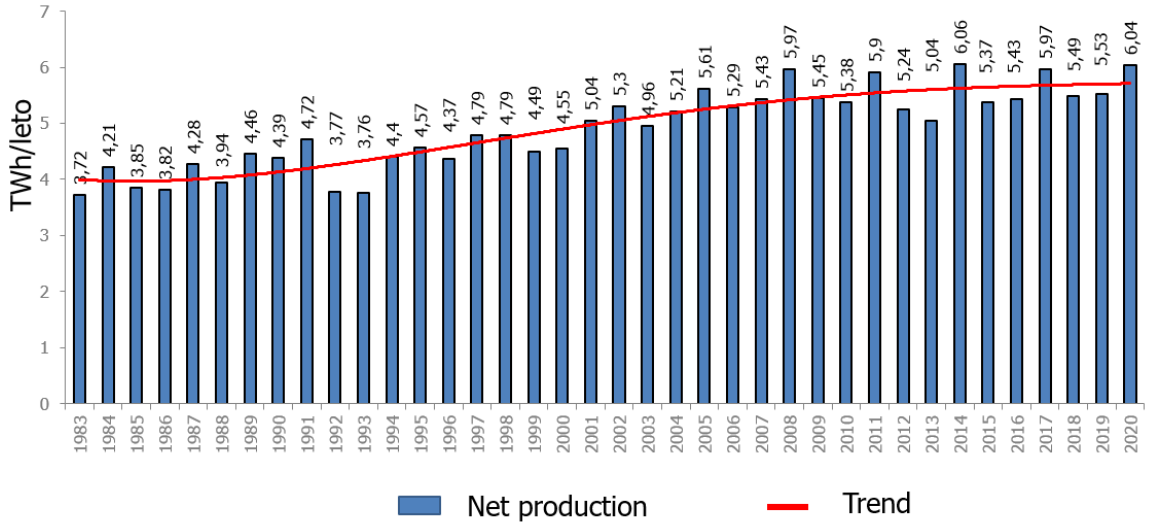
Usporedno s izradom NEPN-a tekla je i sveobuhvatna procjena utjecaja provedbe NEPN-a na okoliš. U sklopu pripreme NEPN-a i njegove sveobuhvatne procjene raspravljalo se i o složenosti ciljeva i doprinosa do 2030. godine. Široka i utemeljena rasprava vodila se na stručnoj osnovi i bila je ključna za postizanje konsenzusa najširih mogućih sudionika o zahtjevnim, ali izvedivim slovenskim ciljevima do 2030., koji uzimaju u obzir važne nacionalne okolnosti i odgovarajući su korak prema klimatski neutralnoj Sloveniji do 2050. godine.

Među ciljevima Slovenije sa stajališta NEPN-a su:
- dekarbonizacija energetike,
- osiguravanje sigurne i konkurentne opskrbe energijom,
- održavanje visoke razine elektroenergetske povezanosti sa susjednim zemljama,
- najmanje 75 % opskrbe električnom energijom iz izvora u Sloveniji do 2030. i do 2040. godine i osiguravanje odgovarajuće sigurnosti opskrbe električnom energijom,
- nastavak korištenja nuklearne energije i održavanje izvrsnosti u radu nuklearnih objekata u Sloveniji,
- smanjenje uvozne ovisnosti o fosilnim gorivima,
- povećanje otpornosti elektrodistribucijske mreže na smetnje – povećati udio podzemne srednjonaponske mreže sa sadašnjih 35 na najmanje 50 %.

Iz gore navedenog vidljivo je da rad NEK-a igra bitnu ulogu u postizanju ostvarivanja ciljeva postavljenih u NEPN-u.

Modernizacija radnih procesa, tehnološke nadogradnje, 18-mjesečni gorivni ciklus i predanost zaposlenika osiguravaju stabilnu proizvodnju i povećanje proizvodnje električne energije. U vrijeme kada cijeli svijet, Europa posebno, razvijaju energetske strategije za borbu protiv klimatskih promjena, takvi rezultati također su dio potpore razumijevanju da je nuklearna energija od strateške važnosti za prelazak na niskougljično društvo, nuklearna energija će sačuvati energetsku neovisnost zemalja, omogućiti konkurentnost gospodarstva i dostupnost električne energije državljanima.

Slika ispod (Slika 16) prikazuje povećanje proizvodnje električne energije od početka rada NEK-a.



Slika 16: Neto proizvodnja električne energije od 1984. do 2020. (izvor:/1/)

2.16 PROJEKTNE OSNOVE DUGOROČNOG POGONA NEK-a

Na temelju niza studija i analiza Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) donijela je odluku br. 3570-6/2009/32 od 20. lipnja 2012. godine kojom se potvrđuje da je stanje opreme u NEK-u zadovoljavajuće te da su pritom zadovoljene sve sigurnosne rezerve i funkcionalnost opreme.

Sposobnost za produljeni pogonski vijek NEK-a temelji se ponajprije na sljedećim činjenicama:
1. elektrana ima ugrađene materijale i opremu koji imaju dovoljno sigurnosnih rezervi;
2. zamijenjena je sva oprema koja utječe na pouzdanost rada;
3. elektrana radi stabilno;
4. izvršena je sigurnosna nadogradnja u skladu sa zahtjevom ZVISJV-1 i naučenim lekcijama iz svih većih nuklearnih nesreća do danas, što se odražava u ENSREG-u (slov. nacionalni plan nakon Fukushime)
5. NEK ima temeljit program starenja opreme AMP koji prati starenje svih pasivnih konstrukcija i komponenti (reaktorske posude, betona, podzemnih cjevovoda, čeličnih konstrukcija, električnih kabela itd.). Isto tako se s pomoću učinkovitog programa preventivnog održavanja prati i starenje aktivnih komponenata.

Navedenim radnjama stvoreni su svi potrebni tehnički preduvjeti za produljenje pogonskog vijeka elektrane.

2.17 POSTOJEĆI ZAHVATI NA PODRUČJU POVEZNICE S PREDMETNIM ZAHVATOM

Na području zahvata NEK radi na temelju radne dozvole /4/ koja je izravno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a /3/ i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK trenutačno posjeduje valjanu i vremenski neograničenu radnu dozvolu i tehnički je sposoban za rad do 2043. godine, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih 10 godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review) koji potvrđuje upravno tijelo, tj. Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije. Obveza NEK-a je osigurati sve preduvjete za siguran rad elektrane.

Predmetni zahvat je produljenje pogonskog vijeka za 20 godina, i to s 2023. na 2043. godinu.

U blizini NEK-a planirana je izgradnja odlagališta NSRAO Vrbina, Krško. Za planirani zahvat izvršena je procjena utjecaja na okoliš te je dobivena okolišna dozvola broj: 35402-29/2017-169 od 30. lipnja 2021. i dopunska odluka broj: 35402-29/2017-172 od 5. srpnja 2021.

2.18 AKTIVNOSTI VEZANE UZ ZAUSTAVLJANJE POGONA I NAKON NJEGA

Zaustavljanje pogona, odnosno prekid rada, definirano je kao prestanak rada nuklearne elektrane, pri čemu:

- nema više proizvodnje električne energije,
- nuklearno gorivo više nije u reaktoru, već je sigurno pohranjeno u bazenu istrošenog goriva i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo (IG).

U trenutku zaustavljanja pogona proces razgradnje još **nije počeo**.

Tijekom tog razdoblja (zaustavljanja) i dalje je potrebno osigurati kontrolu nad nuklearnim materijalima i osigurati aktivno hlađenje nuklearnog goriva u bazenu.

Nakon zaustavljanja pogona razgrađuje se cijeli objekt u skladu s programom razgradnje /13/.

Razgradnja objekta **nije predmet** ove procjene i bit će predmet ostalih regulatornih postupaka iz područja izgradnje objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša, stoga se u ovoj studiji **ne obrađuje** u dijelovima koji se odnose na utjecaje u slučaju zaustavljanja pogona.

U razdoblju zaustavljanja pogona učinci na okoliš ne mijenjaju se bitno jer je to još uvijek nuklearni objekt koji mora osigurati gotovo sve funkcije kao i tijekom redovitog rada.

Utjecaji na okoliš zbog produljenja pogonskog vijeka NEK-a stoga se opisuju i procjenjuju odnosno ocjenjuju za vrijeme trajanja rada i tijekom zaustavljanja pogona, s naglaskom da zaustavljanje pogona **ne uključuje** program razgradnje iz razloga opisanih na početku ovog poglavlja.

2.18.1 Općenito o razgradnji[3]

Razgradnja nuklearnog objekta su sve mjere kojima se objekt dovodi u stanje kada nadzor nad objektom prema odredbama propisa iz područja nuklearne sigurnosti i zaštite od zračenja više nije potreban i kada objekt može prijeći u neograničenu uporabu. Razgradnja uključuje postupke dekontaminacije, rušenja i uklanjanja zgrada, postupke demontaže sustava i uređaja te odvoz radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz objekta.[4]

U skladu s najnovijim izdanjem Programa razgradnje NEK /13/, razgradnja će se odvijati u dvije faze.

U **prvoj fazi**, nakon završetka rada NEK-a, provest će se razgradnja energetskog dijela NEK-a tako da će se iz svih objekata osim iz suhog skladišta ukloniti radioaktivne tvari i na taj način će se za veći dio objekata i površina postići stanje za koje ne vrijede više zahtjevi za nuklearne objekte (brown field). U pogonu će ostati samo suho skladište te objekti, sustavi i uređaji potrebni za rad suhog skladišta (opskrba električnom energijom, zaštita, mjerenje temperature, zračenja i vlage te protupožarna zaštita).

U **drugoj fazi** razgradnje radioaktivne tvari će se također ukloniti iz suhog skladišta. Suho skladište će se rušiti, kao i svi ostali objekti na lokaciji NEK-a, što će rezultirati potpunom sanacijom lokacije i mogućnošću neograničenog korištenja (green field). Dodatno će se u sljedećoj reviziji Programa razgradnje NEK-a (4th Revision of the NPP Krško Decommissioning Program) obraditi opcija u kojoj bi zgrada za upravljanje gorivom (FHB) ostala na raspolaganju za potrebe popravka višenamjenskih spremnika čak i nakon razgradnje ostalih objekata NEK-a, koja se također spominje u PVO-u za SFDS.

Aktivnosti razgradnje počet će nakon završetka rada NEK-a 2043. godine i trajat će do završetka razgradnje suhog skladišta IG-a, koje će prema osnovnom scenariju raditi do 2103. godine, a prema scenariju osjetljivosti do 2075. godine.

2.19 OKOLIŠNE KARAKTERISTIKE ZAHVATA

2.19.1 Korištenje/iskorištavanje prirodnih izvora

Prema definiciji Zakona o zaštiti okoliša /ZVO-1/, prirodni izvor je dio okoliša kada je predmet gospodarskog korištenja, a dijelovi okoliša su tlo, minerali, voda, zrak te životinjske i biljne vrste, uključujući njihov genski materijal.

2.19.1.1 Pogon

Korištenje prirodnih izvora u NEK-u uključuje korištenje vode (pitka voda iz javne vodovodne mreže, vode iz bunara i riječne vode iz rijeke Save za tehnološke potrebe). Pitka voda koristi se u sanitarne i

[3] Razgradnja objekta ne podliježe ovoj procjeni i bit će predmet ostalih regulatornih postupaka iz područja izgradnje objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša.
[4] Preuzeto iz Zakona o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti (ZVISJV-1, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19), članak 3. stavak 1. točka 85.

protupožarne svrhe, a riječna i bunarska voda u tehnološke svrhe. Postojeća godišnja potrošnja vode prikazana je u sljedećoj tablici. Planiranim zahvatom potrošnja vode se ne povećava.

Tablica 16: Bilanca potrošene vode u 2020. godini (izvor: /237/)

Izvor vode	**Godina 2020. (u 1000 m³/godišnje)**
Iz javnog vodovoda	31
Iz vlastitog izvora	204
Drugo	768.622
Opskrba vodom – ukupno	**768.857**
Upotreba vode	
Rashladne otpadne vode	190
Komunalne otpadne vode	10
Industrijske otpadne vode	768.626
Isparena voda	30
Gubitak vode zbog kvara sustava	1
Upotreba vode – ukupno	**768.857**

2.19.1.2 Prestanak rada

Korištenje/potrošnja prirodnih izvora u slučaju prestanka rada bit će znatno smanjena u odnosu na redoviti rad. I dalje će biti potrebno hlađenje bazena za istrošeno gorivo i nekih drugih sigurnosnih komponenti – uzimanje vode i povratak u rijeku Savu bit će na razini od približno 1,6 m^3/s.

2.19.2 Nusproizvodi i rukovanje njima

Kod predmetnog zahvata neće biti nusproizvoda.

2.19.3 Emisije ionizirajućeg zračenja

2.19.3.1 Pogon

Produljenjem pogonskog vijeka emisije radioaktivnih tvari u okoliš bit će jednake ili manje nego u postojećem stanju. NEK kontinuirano nadograđuje i unapređuje sigurnosne i procesne sustave, što ujedno znači sve manje opterećenje za okoliš. Na temelju dosadašnjeg stanja procijenjena je godišnja efektivna doza za najizloženijeg stanovnika za utjecaje koje uzrokuje NEK, najviše oko 0,1 µSv. To je približno 0,005 % prirodne razine.

Početkom rada suhog skladišta za istrošeno gorivo povećat će se doza na ogradi NEK-a u blizini lokacije skladišta. Međutim, godišnja doza na ogradi NEK-a nakon skladištenja istrošenog goriva neće prijeći granicu od 200 µSv (RETS 3.11.7).

Brzina doze na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva neće prelaziti granicu od 3 µSv/h određenu točkom 3.2.b.2.1. specifikacije SP-ES5104 odnosno granicu iz članka 4. stavka 1. točke 4. Pravilnika o mjerama zaštite od zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima – SV8A (Službeni list Republike Slovenije, br. 47/18) kojom se utvrđuje granična prosječna brzina doze u osam sati za kontrolirana područja. Okolicu zgrade za skladištenje istrošenog goriva stoga ne treba definirati kao kontrolirano područje.

2.19.3.2 Prestanak rada

Nakon prestanka rada NEK-a nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će biti sigurno pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo (IG). Ionizirajuće zračenje zbog suhog skladišta bit će prisutno na ogradi NEK-a, kao što je prikazano u tablici (Tablica 127), u poglavlju (5.11.1), a zračne i tekuće emisije znatno će se smanjiti ili će biti eliminirane.

2.19.4 Vrste i količine otpada i gospodarenje njime

Zbog produljenja pogonskog vijeka, vrste i godišnje količine otpada (uključujući radioaktivni) u NEK-u se neće bitno mijenjati u odnosu na postojeće stanje. Dinamika stvaranja otpada ostaje ista.

2.19.4.1 Pogon

Radioaktivni otpad
Dinamika stvaranja otpada ostaje **nepromijenjena** i bit će unutar odredbi USAR /3/ i RETS /7/. Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 547 m^3 ili 884 tone nisko- i srednjoradioaktivnog otpada (NSRAO).

Količina otpada NSRAO 31. prosinca 2020. navedena je u sljedećoj tablici (Tablica 17).

Tablica 17: Popis NSRAO otpada nakon obrade koji se nalazi u zgradi za skladištenje – stanje na dan 31. prosinca 2020. (izvor: podaci NEK-a /469/)

Vrsta otpada	Oznaka	Broj paketa	Aktivnost gama [Bq]	Aktivnost alfa [Bq]*	Obujam [m^3]
Proizvod spaljivanja	A	[1]70	$5{,}14\cdot10^{9}$	$1{,}14\cdot10^{8}$	14,6
Osušena istrošena smola ionskih izmjenjivača iz sekundarnoga kruga	BR	[2]1	$8{,}80\cdot10^{8}$	$1{,}33\cdot10^{6}$	0,2
Stlačivi otpad	CW	[3]7	$1{,}95\cdot10^{8}$	$3{,}34\cdot10^{5}$	1,5
Osušeni koncentrat isparivača	DC	9	$1{,}75\cdot10^{9}$	$1{,}70\cdot10^{5}$	1,8
Osušeni sedimenti	DS	1	$3{,}39\cdot10^{7}$	$6{,}30\cdot10^{3}$	0,2
Koncentrat isparivača	EB	2	$2{,}28\cdot10^{8}$	$1{,}19\cdot10^{5}$	0,4
Istrošeni filtri	F	117	$1{,}10\cdot10^{11}$	$4{,}74\cdot10^{7}$	24,3
Drugi otpad	O	[4]7	$3{,}56\cdot10^{8}$	$1{,}28\cdot10^{6}$	1,5
Osušena istrošena smola ionskih izmjenjivača iz primarnog kruga	PR	1	$1{,}43\cdot10^{10}$	$9{,}69\cdot10^{6}$	0,15
Stlačivi otpad 1988., 1989.	SC	617	$1{,}29\cdot10^{10}$	$2{,}09\cdot10^{8}$	197,4
Istrošeni ionski izmjenjivači	SR	689	$1{,}87\cdot10^{12}$	$3{,}75\cdot10^{9}$	143,3
TTC, u koje je umetnut stlačeni otpad 1994. i 1995. te otpresci nastali superkompaktiranjem 2006., 2007., 2008., 2010., 2011., 2012., 2013., 2014.	ST	1853	$5{,}32\cdot10^{11}$	$6{,}73\cdot10^{8}$	1601,0

Vrsta otpada	Oznaka	Broj paketa	Aktivnost gama [Bq]	Aktivnost alfa [Bq]*	Obujam [m³]
TTC, u koje su umetnute standardne nekomprimirane bačve	TI	364	$1{,}23 \cdot 10^{13}$	$1{,}93 \cdot 10^{10}$	316,2
Ukupno		**3.738**	**$1{,}49 \cdot 10^{13}$**	**$2{,}41 \cdot 10^{10}$**	**2.302,6**

* Aktivnost alfa je određena na temelju odnosa aktivnosti alfa emitera i radionuklida 137Cs, kao što je bilo ustanovljeno u referentnim uzrocima.

[1] Dodatnih 19 paketa je u dekontaminacijskoj zgradi i bit će premješteni u skladište NSRAO-a u NEK (4,0 m³)
[1] Dodatna 53 paketa su u dekontaminacijskoj zgradi, pripremljena na spaljivanje (10,6 m³)
[1] Dodatna 393 paketa su u WMB-u i DB-u, spremna za pošiljku na spaljivanje (81,7 m³)
[1] Dodatnih 28 paketa je u WMB-u prije mjerenja i skladištenja u RWSB-u (5,8 m³)
[1] Dodatnih 80 ingota je u dekontaminacijskoj zgradi (8,8 m³; 49,5 t)

Na 13. sjednici Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju[5] (MDP), koja je provedena 30. rujna 2019., odlučeno je na temelju izvještaja Koordinacijskog odbora da ne postoji zajedničko rješenje za skladištenje NSRAO-a.

Ukupne količine NSRAO-a koje će se morati podijeliti između slovenske i hrvatske strane, određene na temelju inventara otpada u skladištu NEK-a i procjena budućeg stvaranja NSRAO-a tijekom rada i razgradnje NEK-a, prikazane su u sljedećoj tablici (Tablica 18).

Tablica 18: Ukupne količine NSRAO-a koje će morati podijeliti slovenska i hrvatska strana /36/.

Razdoblje nastajanja NSRAO-a	Izvor podataka	Masa (t)	Obujam (m³)	Aktivnost (Bq)[6]
1983. – 2018.[7]	inventar	4877,4	2294,9	5,98 E13
2018. – 2023.	ocjena	264	163,4	1,44 E13
ukupno do 2023.	ocjena	5141,4	2458,3	7,42 E13
2024. – 2043.	ocjena	883,7	546,6	4,83 E13
razgradnja NEK-a	PO3[8]	2860	2.842	/
razgradnja suhog skladišta IG-a	PO3	392	407	/

Svaka strana će upravljati svojom polovicom NSRAO-a u skladu s nacionalnim strategijama u programima upravljanja s RAO-om /36/.

Prema osnovnom scenariju, zbrinjavanje slovenske polovice otpada u Vrbini planirano je u dvije faze: u prvoj fazi, od 2023. do 2025. godine, odlagat će se sada skladišteni NSRAO iz pogona i drugih izvora, u drugoj fazi, od 2050. do 2058. godine, ostatak NSRAO-a iz rada NEK-a zajedno s NSRAO-om iz razgradnje, a tada će početi postupci za konačno zatvaranje odlagališta. NSRAO iz ostalih izvora je onaj koji zadovoljava kriterije prihvatljivosti otpada za odlaganje i potječe iz središnjeg skladišta radioaktivnog otpada.

[5] Razgradnja objekta ne podliježe ovoj procjeni i bit će predmet ostalih regulatornih postupaka iz područja izgradnje objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša.
[6] Vrijednost bez uzimanja u obzir radioaktivnog raspada.
[7] U vremenu do 2020. godine dio otpada je dodatno prerađen.
[8] Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program, version 1.3, September 2019, ARAO – Agency for Radwaste Management, Ljubljana, Fund for financing the decommissioning of the Krško NPP, Zagreb (PO3), Table 4-17

Hrvatski scenarij pretpostavlja da će se hrvatski dio operativnog NSRAO-a transportirati u Hrvatsku, u Centar za gospodarenje radioaktivnim otpadom (CRAO) koji će se graditi u skladu sa Strategijom. Preferirana lokacija CRAO-a je Čerkezovac, lokacija vojnog logističkog kompleksa, koji vojska u budućnosti ne namjerava koristiti. Čerkezovac se nalazi u općini Dvor na južnim obroncima masiva Trgovske gore.

Istrošeno gorivo
Sve istrošeno gorivo u NEK-u trenutačno je pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo, gdje su u rešetkama za skladištenje dostupne 1694 ćelije. Krajem 2020. godine u bazenu za istrošeno gorivo pohranjena su ukupno 1323 gorivna elementa, uključujući dva posebna spremnika s gorivnim šipkama i fisijskom ćelijom iz 2017.

Istrošeni gorivni elementi iz bazena za istrošeno gorivo bit će prebačeni u skladište u četiri kampanje navedene u sljedećoj tablici (Tablica 19).

Tablica 19: Kampanje za premještanje IG-a iz bazena u suho skladište

Kampanje premještanja:	Realizacija	Okvirni broj gorivnih elemenata
Kampanja I	2023.	592 gorivna elementa
Kampanja II	2028.	592 gorivna elementa
Kampanja III	2038.	444 gorivna elementa
Kampanja IV	2048.	ostali gorivni elementi

Ako bi NEK radio do kraja 2023. godine, stvorila bi se 1553 IG elementa, a u slučaju rada do kraja 2043. godine stvorio bi se ukupno 2281.

Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 728 elemenata IG-a.

Gospodarenje ostalim otpadom
U sljedećoj tablici prikazani su podaci iz službene evidencije Agencije za okoliš Republike Slovenije o vrstama i količini nastalog otpada u 2020. godini. Ponajprije građevinski otpad i neki drugi otpad nastali su zbog građevinskih radova i nisu dio normalnog rada NEK-a.

Tablica 20: Vrste i količina nastalog otpada u 2020. godini (izvor: /132/)

Ser. br.	Broj otpada	Naziv otpada	Količina 2020. (kg)
	08	OTPAD IZ PROIZVODNJE, PRIPREME, DOBAVE I UPOTREBE (PPDU) SREDSTAVA ZA POVRŠINSKU ZAŠTITU (BOJE, LAKOVI I EMAJLI), LJEPILA, BRTVI I TISKARSKE BOJE	
	08 01	Otpad iz proizvodnje, pripreme, dobave, upotrebe i uklanjanja boja i lakova	
1	08 01 11*	Otpadne boje i lakovi koji sadržavaju organska otapala ili druge opasne tvari	100
	12	OTPAD IZ OBLIKOVANJA I FIZIČKE I MEHANIČKE POVRŠINSKE OBRADE METALA I PLASTIKE	
	12 01	Otpad iz oblikovanja i fizičke i mehaničke površinske obrade metala i plastike	
2	12 01 09*	Strojne emulzije i otopine koje ne sadržavaju halogene	564
3	12 01 12*	Istrošeni voskovi i masti	91
	12 03	Otpad iz procesa odmašćivanja vodom i parom (osim 11)	
4	12 03 02*	Otpad iz odmašćivanja parom	202

Ser. br.	Broj otpada	Naziv otpada	Količina 2020. (kg)
	13	OTPAD ULJA I OTPAD TEKUĆIH GORIVA (osim jestivih ulja i ulja navedenih u poglavljima 5, 12 i 19)	
	13 01	Otpadna hidraulična ulja	
5	13 01 10*	Mineralna neklorirana hidraulična ulja	89
	13 02	Otpadna motorna ulja, ulja za prijenosne mehanizme i ulja za podmazivanje	
6	13 02 05*	Mineralna neklorirana motorna ulja, ulja za prijenosne mehanizme i ulja za podmazivanje	3143
	13 03	Otpadna ulja za izolaciju i prijenos topline	
7	13 03 10*	Druga ulja za izolaciju i prijenos topline	148
	13 07	Otpad tekućih goriva	
8	13 07 01*	Loživo ulje i dizel	431
	15	AMBALAŽNI OTPAD; APSORBENTI, KRPE ZA ČIŠĆENJE, FILTRIRANA SREDSTVA I ZAŠTITNA ODJEĆA, KOJI NISU DRUGDJE NAVEDENI	
	15 01	Ambalaža (uključujući ambalažu koja se zasebno prikuplja kao komunalni otpad)	
9	15 01 10*	Ambalaža koja sadržava ostatke opasnih tvari ili je kontaminirana opasnim tvarima	3175
	15 02	Apsorbenti, filtrirana sredstva, krpe za čišćenje i zaštitna odjeća	
10	15 02 02*	Apsorbenti, filtrirana sredstva (uključujući filtre za ulje koji nisu navedeni drugdje), krpe za čišćenje i zaštitna odjeća koja je kontaminirana opasnim tvarima	657
	16	OTPAD KOJI NIJE NAVEDEN DRUGDJE NA POPISU	
	16 01	Otpadna vozila iz različitih vrsta prijevoza (uključujući mobilne strojeve) i otpad od rastavljanja otpadnih vozila i održavanja vozila (osim 13, 14, 16 06 i 16 08)	
11	16 01 07*	Filtri za ulje	249
12	16 01 14*	Tekućine protiv smrzavanja koje sadržavaju opasne tvari	30
	16 05	Plinovi u posudama pod tlakom i odbačene kemikalije	
13	16 05 04*	Plinovi u posudama pod tlakom (uključujući halone) koji sadržavaju opasne tvari	5
14	16 05 06*	Odvojeno prikupljeni elektroliti iz baterija i akumulatora	155
15	16 05 07*	Odbačene anorganske kemikalije koje se sastoje od ili sadržavaju opasne tvari	127
	16 06	Baterije i akumulatori	
16	16 06 01*	Olovne baterije	2450
	16 09	Oksidanti	
17	16 09 02*	Kromati, na pr. kalijev kromat, kalijev ili natrijev dikromat	481
	17	GRAĐEVINSKI OTPAD I OTPAD OD RUŠENJA OBJEKATA (UKLJUČUJUĆI ISKOPE ZEMLJE IZ ONEČIŠĆENIH PODRUČJA)	
	17 01	Beton, cigla, pločice i keramika	
18	17 01 01	Beton	1546880
	17 02	Drvo, staklo i plastika	
19	17 02 03	Plastika	27120
	17 03	Bitumenske smjese, ugljeni katran i proizvodi koji sadržavaju katran	
20	17 03 02	Bitumenske smjese, koje nisu navedene u 17 03 01	321300
	17 04	Metali (uključujući legure)	
21	17 04 05	Željezo i čelik	18100
22	17 04 11	Kabeli, koji nisu navedeni u 17 04 10	230
	17 05	Zemlja (uključujući iskope s onečišćenih mjesta), kamenje i iskopani materijal	
23	17 05 04	Zemlja i kamenje, koji nisu navedeni u 17 05 03	234200

Ser. br.	Broj otpada	Naziv otpada	Količina 2020. (kg)
	17 08	Građevinski materijal na bazi gipsa	
24	17 08 02	Građevinski materijali na bazi gipsa, koji nisu navedeni u 17 08 01	15960
	17 09	Ostali građevinski otpad i otpad od rušenja objekata	
25	17 09 04	Mješavine građevinskog otpada i otpada od rušenja objekata, koji nisu navedeni u 17 09 01, 17 09 02 i 17 09 03	28040
	19	OTPAD IZ UREĐAJA ZA GOSPODARENJE OTPADOM, UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE IZVAN MJESTA NASTANKA I IZ PRIPREME VODE ZA PIĆE I VODE ZA INDUSTRIJSKU UPOTREBU	
	19 08	Otpad iz uređaja za pročišćavanje koji nije naveden drugdje	
26	19 08 09	Mješavine masti i ulja od odvajanja ulja i vode, koje sadržavaju samo jestiva ulja i masti	2000
	19 09	Otpad od pripreme vode za piće ili vode za industrijsku upotrebu	
27	19 09 05	Zasićene ili isušene smole ionskih izmjenjivača	9240
	20	KOMUNALNI OTPAD (KUĆANSKI OTPAD I SLIČAN OTPAD IZ TRGOVINE, INDUSTRIJE I USTANOVA), UKLJUČUJUĆI ODVOJENO SKUPLJENE FRAKCIJE	
	20 01	Odvojeno skupljene frakcije (osim 15 01)	
28	20 01 08	Biorazgradivi kuhinjski i restoranski otpad	43425
29	20 01 21*	Fluorescentne cijevi i drugi otpad koji sadržavaju živu	120
30	20 01 25	Jestiva ulja i masti	2185
31	20 01 33*	Baterije i akumulatori navedeni u 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nerazvrstane baterije i akumulatori koji sadržavaju te baterije i akumulatore	180
32	20 01 36	Otpad električne i elektroničke opreme osim one navedene u 20 01 21, 20 01 23 i 20 01 35	880
33	20 01 38	Drvo osim onog navedenog u 20 01 37	36280
34	20 01 40	Metali	2720
	20 02	Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad s groblja)	
35	20 02 01	Biorazgradivi otpad	1040
	20 03	Drugi komunalni otpad	
36	20 03 07	Glomazni otpad	280

Legenda:

* opasan otpad

Sav nastali otpad u prethodnoj tablici bio je predan drugoj osobi (ovlaštenom preuzimatelju) u Republici Sloveniji.

2.19.4.2 Prestanak rada

Nakon prestanka rada, pri održavanju, pražnjenju sustava tekućina te dekontaminaciji uređaja i objekata proizvodit će se RAO u obujmu i obliku kao i tijekom rada.
Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 547 m^3 ili 884 tone nisko- i srednjoradioaktivnog otpada (NSRAO).

Zbog produljenog pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 728 elemenata istrošenog goriva (IG).

2.19.5 Emisije onečišćenja u tlo

2.19.5.1 Pogon

Tijekom rada neće biti emisija onečišćujućih tvari u tlo. Sva otpadna voda iz postojećeg postrojenja NEK-a ispušta se u rijeku Savu u postojećem stanju nakon odgovarajućeg tretmana odvajanja. Međutim, sav se otpad pravilno skladišti i nije opasnost za onečišćenje tla.

2.19.5.2 Prestanak rada

Neće biti emisija onečišćujućih tvari u tlo kada NEK prestane s radom.

2.19.6 Emisije onečišćenja u vodu

2.19.6.1 Rad (toplinsko onečišćenje)

Prema definiciji iz Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15), emisija topline u vodu je emisija topline pri odvajanju otpadnih voda iz pojedinog uređaja izravno u vodu.

NEK odvaja otpadne vode u rijeku Savu sukladno okolišnoj dozvoli br. 35441-103/2006-24 od 30. lipnja 2010., kada su izmijenjene tri točke (izmijenjene točke 1.1., 1.4. i 1.8. OVD-a) i ponovno odlučeno Odlukom br. 35441-103/2006-33 od 4. lipnja 2012. godine te izmijenjena (izmijenjena točka 1.5., tablica 3) Odlukom br. 35444-11/2013-3 od 10. listopada 2013. /49/.

Opis utjecaja toplinskog onečišćenja u postojećem stanju nalazi se u poglavlju 4.1.4.1.

2.19.6.2 Rad (površinske vode)

Zbog produljenja pogonskog vijeka neće biti novih ispuštanja otpadnih voda. Količine ispuštenih onečišćujućih tvari ostat će iste kao u postojećem stanju, što je detaljnije opisano u poglavlju 4.4.4.1. Emisije tvari i topline iz NEK-a u 2020. godini.

Na predmetnoj su lokaciji u sklopu osnovne djelatnosti proizvodnje električne energije i objekti i uređaji koji se smatraju izvorima proizvodnje otpadnih voda, i to:
- veliki rashladni sustav,
- mali rashladni sustav,
- objekti i uređaji za pripremu vode i
- WP sustavi (obrada tekućih radioaktivnih otpada).

Vodopravna dozvola /50/ omogućuje uzimanje vode u tehnološke svrhe (Sava i bunar na desnoj obali), ukupno do 915.000.000 m^3 (29.000 l/s) godišnje.

Detaljniji opis zbrinjavanja otpadnih voda je u poglavlju 2.10.3.

2.19.6.3 Prestanak rada

Prestankom rada nema potrebe za rashladnom vodom za tehnološki proces proizvodnje električne energije. Prestankom rada NEK-a toplinsko opterećenje rijeke Save više neće biti prisutno na toj lokaciji.

I dalje će biti potrebno hlađenje bazena za istrošeno gorivo i neke druge sigurnosne komponente. Uzimanje vode i njezin povratak u rijeku Savu procjenjuje se na razini od cca 1,6 m^3/s.

Nakon prestanka rada NEK-a povremeno mogu nastati manje količine otpadnih voda, kao posljedica čišćenja objekata, koje će se odvoditi u mali komunalni uređaj za pročišćavanje.

Tijekom uzimanja uzoraka i analiza skupljenih tekućih ispuštanja te daljnjim gospodarenjem njima, osim radioloških parametara, poštuju se i Pravilnik o početnim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 94/14, 98/15), Uredba o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15) i Uredba o odvajanju i čišćenju komunalnih i oborinskih otpadnih voda na području općine Krško (Službeni Republike Slovenije, br. 73/12, 84/13) odnosno relevantni propisi prema valjanom zakonodavstvu u to vrijeme.

U slučaju radiološkog onečišćenja, otpadne vode će se obraditi na odgovarajući način u postojećim sustavima NEK-a.

Ako voda nije radiološki onečišćena i izmjerene vrijednosti parametara u tim ispustima prelaze granične vrijednosti za ispust u vodotok prema tada valjanom zakonodavstvu, te se vode neće ispuštati u kanalizacijski sustav, koji ima ispust u Savu, nego će se predati ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takve vrste otpada.

2.19.7 Emisije onečišćenja u zrak

2.19.7.1 Pogon

Emisija tvari u zrak bit će ista kao u postojećem stanju. Emisije tvari koje utječu na kvalitetu zraka vrlo su niske (vidi tablicu (Tablica 84) i rezultat su izgaranja fosilnih goriva na području zahvata, odnose se na: dizelske generatore za napajanje u slučaju nužde (DG1, DG2 i DG3), pomoćnu kotlovnicu, domaći teretni promet, promet osobnih automobila na prostoru parkirališta.

Izvor neizravnih emisija onečišćujućih tvari u zrak bit će i promet javnim cestama – osobna vozila zaposlenih i teretni promet.

2.19.7.2 Prestanak rada

Emisije onečišćujućih tvari u zrak nakon prestanka rada NEK-a privremeno će biti prisutne iz pomoćne kotlovnice koja će se koristiti za grijanje prostora i sigurnosne potrebe (protiv zaleđivanja). Ukupna potrošnja goriva bit će smanjena jer toplina više neće biti potrebna za proizvodnju rezervne pare. Povremene emisije bit će prisutne pri ispitivanju dizelskih generatora koji će ostati kao rezervni izvor električne energije na lokaciji.

2.19.8 Emisije stakleničkih plinova

2.19.8.1 Pogon

Nuklearna elektrana ne ispušta stakleničke plinove iz tehnološkog procesa proizvodnje električne energije. To će ostati tako tijekom produljenja pogonskog vijeka.

Zahvat će imati vrlo niske emisije stakleničkih plinova zbog potrošnje plinskog ulja u dizelskim generatorima za napajanje u slučaju nužde (tri dizelska motora, emisije iz pomoćne kotlovnice (tehnički podaci u ovom poglavlju 4.4.5.6.)). Dizelski motori rade samo pri ispitivanju pogona, a kotlovnica služi kao rezervni izvor topline kada elektrana ne radi i/ili kada je para potrebna za zagrijavanje sustava pri pokretanju elektrane. Emisije su izračunate korištenjem IPCC-ove metode i faktora emisije iz Slovenian National Inventory Report 2021 /152/, za plinsko ulje CO_2 EF = 74,1 t/TJ, CH4 EF = 0,003 t/TJ i N_2O EF = 0,0006 t/TJ. Emisije stakleničkih plinova iz NEK-a iznose 0,609 ktCO_2-eq/god., kao prosjek za posljednjih sedam godina (Tablica 21). Emisije se zbog zahvata neće mijenjati, ostat će iste u razdoblju do 2043. godine, ali su, naravno, moguće manje varijacije.

Tablica 21: Emisija stakleničkih plinova NEK-a (prosjek u razdoblju od 2014. do 2020.)

	$ktCO_2$-eq/godišnje
Emisija triju dizelskih motora za generatore	0,223
Emisija pomoćne kotlovnice	0,386
Ukupno	0,609

Emisija stakleničkih plinova u Republici Sloveniji u 2019. godini iznosila je 17.065 $ktCO_2$-eq, od čega 4576 $ktCO_2$-eq iz sektora javne proizvodnje električne i toplinske energije /152/. Emisija stakleničkih plinova iz NEK-a iznosi 0,003 % emisije Republike Slovenije i 0,013 % emisija iz sektora javne električne i toplinske energije.

Uredbom o uporabi fluoriranih stakleničkih plinova i tvari koje oštećuju ozonski omotač (Službeni list Republike Slovenije, br. 60/16) također je propisana obveza prijave nepokretne opreme od operatera te obveza izvještavanja operatera, službe za održavanje i ovlaštene tvrtke o korištenju, uključivanju i odlaganju fluoriranih stakleničkih plinova ili otpadnih tvari koje oštećuju ozonski omotač skupljaču otpada. NEK je ARSO-u prijavio prisutnost nepokretne opreme koja sadržava fluorirane stakleničke plinove (F-plinovi) i plin SF6. F-plinovi se nalaze u opremi za hlađenje, klimatizaciju i toplinskih pumpi (HKTČ) te opremi za gašenje požara, plin SF6 je u električnim prekidačima i razvodnim uređajima. Od F-plinova koriste se plinovi s industrijskim nazivima mješavina R134a, R407c i R410a te plin s vrlo visokim stakleničkim potencijalom SF6 (22.800). Plin SF6 ima iznimno visoka izolacijska svojstva i njegova uporaba smanjuje veličinu opreme, zato je danas standard u novim postrojenjima. Ti plinovi su potencijalni izvori emisija. Emisije bi se pojavile ako plin iscuri iz opreme. Kako bi se prikazala veličina potencijalne emisije, izračunava se emisija svih plinova uz pretpostavku prosječnog istjecanja iz opreme, koristeći faktor emisije iz /152/. Ukupna potencijalna emisija F-plinova iz tehnološkog dijela iznosi 0,323 ktCO-eq, SF6 0,135 $ktCO_2$-e, netehnološkog dijela 0,043 $ktCO_2$-eq, ukupno 0,501 $ktCO_2$-eq.

2.19.8.2 Prestanak rada

Nakon prestanka rada NEK-a emisije stakleničkih plinova privremeno će biti prisutne iz pomoćne kotlovnice koja će se koristiti za grijanje prostora i sigurnost (protiv smrzavanja). Povremene emisije bit će prisutne pri ispitivanju dizelskih generatora koji će ostati kao rezervni izvor električne energije na lokaciji.

F-plinovi ostaju u rashladnim uređajima, klima-uređajima, toplinskim pumpama, opremi za gašenje požara. SF6 plin također ostaje u električnim prekidačima i razvodnim uređajima. Navedeni su mogući izvori emisije stakleničkih plinova, zato je potrebno te uređaje redovito održavati i nadzirati sukladno Uredbi (Službeni list Republike Slovenije, br. 60/16).

2.19.9 Emisije buke

2.19.9.1 Pogon

Produženjem pogonskog novi izvori emisije buke, kao npr. ventilacijski ili rashladni uređaji, nisu predviđeni.

Emisije buke tijekom rada bit će iste kao i postojeće (opis u poglavlju 4.4.12.). Klimatske promjene mogle bi dovesti do pojačanog rada rashladnih tornjeva.

2.19.9.2 Prestanak rada

Emisije buke nakon prestanka rada NEK-a neće biti ili će biti privremeno prisutne samo kao rezultat aktivnosti vezanih za zaustavljanje pogona.

2.19.10 Elektromagnetsko zračenje

2.19.10.1 Pogon

Novi izvori elektromagnetskog zračenja, kao npr. nove transformatorske stanice (TP), nisu predviđene produljenjem pogonskog vijeka.

Emisije elektromagnetskog zračenja bit će iste kao u postojećem stanju (opis u poglavlju 4.4.14.)

2.19.10.2 Prestanak rada

Svi izvori elektromagnetskog zračenja po prestanku rada NEK-a neće više biti prisutni.

2.19.11 Svjetlosne emisije

2.19.11.1 Pogon

S produljenjem pogonskog vijeka ne mijenja se utjecaj svjetlosnog zračenja u okolinu NEK-a. Svjetlosne emisije u okolinu bit će jednake kao u postojećem stanju.

Vanjska rasvjeta NEK-a sastavni je dio tehničkih sustava za osiguravanje fizičke zaštite objekta te stoga NEK nije obvezan postupati u skladu s Uredbom o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13), nego prema Pravilniku o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1).

2.19.11.2 Prestanak rada

Nakon prestanka rada NEK-a, svjetlosna emisija u okolinu bit će ista kao u postojećem stanju jer će se i dalje sigurnosno nadzirati objekt.

2.19.12 Rizici povezani sa zaštitom od okolišnih i drugih nesreća

Prema definiciji Zakona o zaštiti okoliša /ZVO-1/, okolišna nesreća je nekontrolirani ili nepredviđeni događaj koji nastaje zbog zahvata u okoliš i neposredno ili poslije rezultira izravnom ili neizravnom prijetnjom životu ili zdravlju ljudi ili kvaliteti okoliša. Okolišna nesreća je i ekološka nesreća prema propisima o zaštiti od prirodnih i drugih nesreća.

Druga nesreća je, prema definiciji Zakona o zaštiti od prirodnih i drugih nesreća (ZVNDN) (Službeni list Republike Slovenije, br. 51/06-ZVNDN-UPB1, 97/10, 21/18-ZNOrg), između ostalih nesreća u cestovnom, željezničkom i zračnom prometu, požar i druga ekološka i industrijska nesreća koju uzrokuje čovjek svojim djelovanjem i ponašanjem.

2.19.12.1 Pogon

NEK radi na temelju radne dozvole /4/ koja je izravno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a /3/ i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK trenutačno posjeduje valjanu i vremenski neograničenu radnu dozvolu i tehnički je sposoban za rad do 2043. godine, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih 10 godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review) koji potvrđuje upravno tijelo, tj. Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije. Obveza NEK-a je osigurati sve preduvjete za siguran rad elektrane.

NEK radi sukladno odluci – suglasnosti za početak pogona NEK-a, Odluci Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine, Izmjenama dozvole za rad NEK-a, Odluci URSJV-a br. 3570-8/2012/5 od 22. travnja 2013. i NPP Krško Updated Safety Analysis Reportu (u daljnjem tekstu USAR).

NEK se ne uvrštava među djelatnosti i uređaje koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većih razmjera (Uredba o vrsti djelatnosti i uređajima koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većih razmjera, Službeni list Republike Slovenije, br. 57/15) i također ne među postrojenja manjeg ili većeg rizika za okoliš (Uredba o sprječavanju većih nesreća i smanjenju njihovih posljedica; Službeni list Republike Slovenije, br. 22/16).

Osiguravanje sigurnosnih funkcija za rad elektrane vidljivo je iz poglavlja, 2.11., 2.12. i 2.13. Proučavani su različiti scenariji izvanrednih situacija na temelju kojih su predviđena rješenja i projektne osnove koji osiguravaju sigurnost u radu.

2.19.12.2 Prestanak rada

Nakon prestanka rada NEK-a (vidi poglavlje 2.18.), nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će se sigurno pohraniti u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo (IG). Pritom se ne očekuju posebni rizici vezani uz zaštitu od okolišnih i drugih nesreća.

2.20 PROPISI IZ PODRUČJA ZAŠTITE OKOLIŠA

Propisi s područja zaštite okoliša i povezanih područja koji su uzeti u obzir u studiji utjecaja na okoliš i odnose se na predmetni zahvat:

- **Općenito**
  - Zakon o zaštiti okoliša /ZVO-1/ (Službeni list Republike Slovenije, br. 39/06-ZVO-1-UPB1, 49/06-ZMetD, 66/06-Odl.US, 112/06-Odl.US, 33/07-ZPNačrt, 57/08-ZFO-1A, 70/08-ZVO-1B, 108/09-ZVO-1C, 48/12-ZVO-1D, 57/12-ZVO-1E, 92/13-ZVO-1F, 56/15-ZVO-1G, 102/15-ZVO-1H, 30/16-ZVO-1I, 61/17-GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE, 49/20-ZIUZEOP, 61/20-ZIUZEOP-A, 158/20);
  - Zakon o zaštiti od prirodnih nepogoda i drugih nesreća (ZVNDN) (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/94, 33/00 – odl. US, 87/01 – ZMatD, 41/04 – ZVO-1, 28/06, 97/10, 21/18 – ZNOrg);
  - Uredba o zahvatima na okoliš za koje se mora izvršiti procjena utjecaja na okoliš (Službeni list Republike Slovenije, br. 51/14, 57/15, 26/17 i 105/20);
  - Uredba o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17);
  - Konvencija o nuklearnoj sigurnosti (MKJV), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 16/96);
  - Konvencija o ranom upozoravanju na nuklearne nesreće SFRJ-MP, br. 15/89;
  - Zajednička konvencija o sigurnosti gospodarenja istrošenim gorivom i o sigurnosti gospodarenja radioaktivnim otpadom (MKVIGRO), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 3/99;
  - Sustav izvještavanja o incidentima IAEA (IAEA-IRS), SFRJ-MP, br. 1/87;
  - Konvencija o pomoći u slučaju nuklearne nesreće ili radiološke izvanredne situacije, SFRJ-MP, br. 4/91;
  - Konvencija o fizičkoj zaštiti nuklearnog materijala, SFRJ-MP, br. 33/73; Izmjena Konvencije o fizičkoj zaštiti nuklearnog materijala, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 14/09;
  - Konvencija o odgovornosti prema trećim stranama u području nuklearne energije od 29. srpnja 1960., izmijenjena Dodatnim protokolom od 28. siječnja 1964. i Protokolom od 16. studenog 1982. (MKOTJE), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 18/00; Protokol o izmjenama Konvencije o odgovornosti prema trećim stranama u području nuklearne energije od 29. srpnja 1960., izmijenjen Dodatnim protokolom od 28. siječnja 1964. i Protokolom od 16. studenog 1982. (MPSKOJE), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 4/10; Zajednički protokol o primjeni Bečke konvencije i Pariške konvencije (MSPDKPK), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 22/94;
  - Ugovor o osnivanju Europske zajednice za atomsku energiju od 25. ožujka 1957. – pročišćena verzija (Službeni list C 203, 7. lipnja 2016., str. 1 – 112);
  - Konvencija o biološkoj raznovrsnosti (MKBR), Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 7/96;
  - Konvencija o pristupu informacijama, sudjelovanju javnosti u donošenju odluka i pristupu pravne zaštite u pitanjima zaštite okoliša – Aarhuška konvencija (Službeni list Republike Slovenije – Međunarodni ugovori, br. 17/04, 1/10);
  - Konvencija o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu – konvencija Espoo konvencija, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 11/98; Protokol o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš uz Konvenciju o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 1/10, Izmjene i Ostale izmjene Konvencije o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu (MPCVO-A) Službeni list Republike Slovenije br. 105/13.
  - Zakon o ratifikaciji Konvencije o pristupu informacijama, sudjelovanju javnosti u donošenju odluka i pristupu pravne zaštite u pitanjima zaštite okoliša (Službeni list Republike Slovenije – Međunarodni ugovori, br. 17/04, 27/04, 1/10 – MSKIVOZ)

- **Zaštita prirode**
  - Zakon o zaštiti prirode (Službeni list Republike Slovenije, br. 96/04 – službeni pročišćeni tekst, 61/06 – ZDru-1, 8/10 – ZSKZ-B, 46/14, 21/18 – ZNOrg,31/18 i 82/20);

- Uredba o posebnim zaštićenim područjima (područja Natura 2000) (Službeni list Republike Slovenije, br. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14, 21/16 i 47/18);
- Uredba o ekološki važnim područjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 48/04, 33/13, 99/13 i 47/18);
- Uredba o vrstama prirodnih vrijednosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 52/02, 67/03);
- Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14, 64/16, 62/19);
- Uredba o zaštićenim samoniklim biljnim vrstama (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 110/04, 115/07, 36/09, 15/14);
- Uredba o tipovima staništa (Službeni list Republike Slovenije, br. 112/03, 36/09, 33/13);
- Uredba o vrstama mjera za sanaciju štete u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 55/09);
- Pravilnik o detaljnijim kriterijima za utvrđivanje štete u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/09);
- Pravilnik o procjeni prihvatljivosti utjecaja provedbe planova i zahvata u prirodi na zaštićena područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 130/04, 53/06, 38/10, 3/11);
- Pravilnik o uvrštavanju ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na crveni popis (Službeni list Republike Slovenije, br. 82/02, 42/10) (u tekstu „Crveni popis“);
- Pravilnik o utvrđivanju i zaštiti prirodnih vrijednosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 111/04, 70/06, 58/09, 93/10, 23/15, 7/19);
- Pravilnik o zaštiti šuma (Službeni list Republike Slovenije, br. 114/09, 31/16);
- Direktiva 2009/147/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 30. studenog 2009. o očuvanju divljih ptica (kodificirana verzija) (Službeni list L, br. 20 od 26. siječnja 2010., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi pojedinih direktiva iz područja okoliša, zbog pristupanja Republike Hrvatske (Službeni list L, br. 158 od 10. lipnja 2013., str. 193) (Direktiva o pticama);
- Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa te divlje flore i faune (Službeni list L, br. 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi pojedinih direktiva iz područja okoliša, zbog pristupanja Republike Hrvatske (Službeni list L, br. 158 od 10. lipnja 2013., str. 193) (Direktiva o staništima);
- Uredba (EU) br. 1143/2014 Europskoga parlamenta i Vijeća od 22. listopada 2014. o sprečavanju i kontroli unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta (OJ L 317, 4. studenog 2014., p. 35 – 55);
- Strategija očuvanja biološke raznolikosti u Sloveniji (prihvaćena na vladi Republike Slovenije 20. prosinca 2001.);
- Program upravljanja područjima Natura 2000 (2015. – 2020.) (prihvaćen na vladi Republike Slovenije, 9. travnja 2015., ispravak dvaju dodataka 28. svibnja 2015. i 24. ožujka 2016.).

- **Zrak**
  - Uredba o kakvoći zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 9/11, 8/15, 66/18);
  - Uredba o arsenu, kadmiju, živi, niklu i policikličkim aromatskim ugljikovodicima u zraku (Službeni list Republike Slovenije, br. 56/06);
  - Uredba o emisiji tvari u zrak iz stacionarnih izvora onečišćenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 31/07, 70/08, 61/09, 50/13);
  - Uredba o emisiji tvari u zrak iz srednjih uređaja za loženje, plinskih turbina i stacionarnih motora (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/18 i 59/18);
  - Uredba o emisiji tvari u zrak iz malih uređaja za loženje (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/19);
  - Uredba o pregledima, čišćenju i mjerenjima na malim uređajima za loženje (Službeni list Republike Slovenije, br. 77/17);
  - Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu emisije tvari u zrak iz stacionarnih izvora onečišćenja te o uvjetima za njegovu provedbu (Službeni list Republike Slovenije, br. 105/08);
  - Pravilnik o kriterijima i metodologiji za provjeru usklađenosti s osnovnim zahtjevima malih uređaja za loženje (Službeni list Republike Slovenije, br. 12/18);

- Pravilnik o utovaru i osiguranju tereta u cestovnom prometu (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/11);
- Odredba o klasifikaciji područja, aglomeracija i potpodručja prema onečišćenju zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 38/17, 3/20);
- Odluka o utvrđivanju potpodručja za upravljanje kakvoćom zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 67/18, 2/20).

- **Staklenički plinovi**
  - Energetski zakon (EZ-1) (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/14, 81/15, 43/19, 65/20);
  - Uredba o stakleničkim plinovima, djelatnostima i uređajima za koje se mora ishoditi dozvola za emisiju stakleničkih plinova ili praćenje emisije stakleničkih plinova (Službeni list Republike Slovenije, br. 55/11, 1/13);
  - Uredba (EU) br. 517/2014 EUROPSKOGA PARLAMENTA I VIJEĆA od 16. travnja 2014. o fluoriranim stakleničkim plinovima i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 842/2006;
  - Uredba o provedbi Uredbe (EZ) o određenim fluoriranim stakleničkim plinovima (Službeni list Republike Slovenije, br. 32/07);
  - Uredba o uporabi fluoriranih stakleničkih plinova i tvari štetnih za ozonski omotač (Službeni list Republike Slovenije, br. 60/16);
  - Uredba o provedbi Uredbe (EZ) o tvarima koje smanjuju ozonski omotač (Službeni list Republike Slovenije, br. 57/11).

- **Ionizirajuće zračenje**
  - Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti, ZVISJV-1 (Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17, 26/19);
  - Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti, (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1);
  - Pravilnik o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1);
  - Pravilnik o obvezama osoba koje obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja i nositelja izvora ionizirajućeg zračenja, SV8 (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18);
  - Pravilnik o mjerama zaštite od zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima, SV8A (Službeni list Republike Slovenije, br. 47/18);
  - Pravilnik o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list Republike Slovenije, br. 125/21);
  - Pravilnik o osiguravanju sigurnosti nakon početka rada radioloških i nuklearnih objekata, (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/16 i 76/17 – ZVISJV-1);
  - Rezolucija o Nacionalnom programu gospodarenja radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom za razdoblje 2016. – 2025., ReNPRRO16–25 (Službeni list Republike Slovenije, br. 31/61);
  - Uredba o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji, UV2 (Službeni list Republike Slovenije, br. 18/18);
  - Uredba o djelatnostima s izvorima ionizirajućeg zračenja, UV1 (Službeni list Republike Slovenije, br. 19/18);
  - Uredba o zaštiti nuklearnog materijala, UV6 (Službeni list Republike Slovenije 34/08 i 76/17 – ZVISJV-1).

- **Tla**
  - Uredba o graničnim, upozoravajućim i kritičnim vrijednostima imisije opasnih tvari u tlu (Službeni list Republike Slovenije, br. 68/96, 41/04-ZVO-1);
  - Uredba o kontaminaciji tla unosom otpada (Službeni list Republike Slovenije, br. 34/08, 61/11);
  - Pravilnik o pogonskom monitoringu stanja tla (Službeni list Republike Slovenije, br. 66/17, 4/18).

- **Vode**

- Zakon o vodama /ZV-1/ (Službeni list Republike Slovenije, br. 67/02, 110/02-ZGO-1, 2/04-ZZdrl-A, 41/04-ZVO-1, 57/08-ZV-1A, 57/12-ZV-1B, 100/13-ZV-1C, 40/14-ZV-1D, 56/15-ZV-1E, 60/17-ZDMHS, 49/20-ZIUZEOP, 65/20, 80/20-ZIUOOPE);
- Uredba o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15, 203/20);
- Uredba o emisiji tvari pri odvajanju oborinskih voda s javnih cesta (Službeni list Republike Slovenije, br. 47/05);
- Uredba o emisiji tvari pri odvajanju otpadnih voda iz rashladnih uređaja te parnih i toplovodnih postrojenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 28/00, 41/04-ZVO-1);
- Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 94/14, 98/15);
- Pravilnik o pogonskom monitoringu stanja podzemne vode (Službeni list Republike Slovenije, br. 66/17, 4/18, 77/19);
- Pravilnik o kriterijima za određivanje vodozaštitnog područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/04, 5/06, 58/11, 15/16).
- Direktiva Europskoga parlamenta i Vijeća 2000/60/EZ od 23. listopada 2000. o uspostavljanju okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Službeni list L, br. 327 od 22. prosinca 2000., str. 1), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/64/EU od 17. prosinca 2013. o izmjeni direktiva Vijeća 91/271/EEZ i 1999/74/EZ i direktiva 2000/60/EZ, 2006/7/EZ, 2006/25/EZ/ i 2011/24/EU Europskoga parlamenta i Vijeća zbog promjene stajališta Mayottea prema Europskoj uniji (Službeni list L, br. 353, od 28. prosinca 2013., str. 8), (u daljnjem tekstu: Direktiva 2000/60/EZ);
- Direktiva 2007/60/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava (Službeni list L, br. 288 od 6. studenog 2007., str. 27).
- Uredba o odvajanju i čišćenju komunalne otpadne vode (Službeni list Republike Slovenije, br. 98/15, 76/17, 81/19 i 194/21)

- **Buka**
  - Uredba o procjeni i regulaciji buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 121/04, 59/19);
  - Uredba o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18, 59/19);
  - Pravilnik o prvoj procjeni i pogonskom monitoringu izvora buke te o uvjetima za njegovu provedbu (Službeni list Republike Slovenije, br. 105/08);
  - Propisi o emisiji buke za strojeve koji se koriste na otvorenom (Službeni list Republike Slovenije, br. 106/02, 50/05, 49/06, 17/11-ZTZPUS-1).

- **Otpad**
  - Uredba o otpadu (Službeni list Republike Slovenije, br. 37/15, 69/15, 129/20);
  - Uredba o gospodarenju otpadom nastalim tijekom građevinskih radova (Službeni list Republike Slovenije, br. 34/08);
  - Uredba o kontaminaciji tla unosom otpada (Službeni list Republike Slovenije, br. 34/08, 61/11);
  - Uredba o gospodarenju baterijama i akumulatorima te otpadnim baterijama i akumulatorima (Službeni list Republike Slovenije, br. 3/10, 64/12, 93/12, 103/15, 84/18, 101/20);
  - Uredba o otpadnim uljima (Službeni list Republike Slovenije, br. 24/12);
  - Uredba o gospodarenju ambalažom i ambalažnim otpadom (Službeni list Republike Slovenije, br. 84/06, 106/06, 110/07, 67/11, 68/11 – popr., 18/14, 57/15, 103/15, 2/16 – popr., 35/17, 60/18, 68/18, 84/18 – ZIURKOE i 54/21);
  - Uredba o otpadu električne i elektroničke opreme (Službeni list Republike Slovenije, br. 55/15, 47/16, 72/18, 84/18, 108/20);
  - Uredba o provedbi Uredbe (EZ) o pošiljkama otpada (Službeni list Republike Slovenije, br. 78/16, 94/21);
  - Odluka Komisije od 18. prosinca 2014. o izmjeni Odluke Komisije 2000/532/EZ o popisu otpada u skladu s Direktivom 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (2014/955/EU);
  - Uredba o gospodarenju biorazgradivim kuhinjskim otpadom i zelenim vrtnim otpadom (Službeni list Republike Slovenije, br. 39/10).

- **Elektromagnetsko zračenje**
  - Uredba o elektromagnetskom zračenju u prirodnom i životnom okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/96, 41/04-ZVO-1);
  - Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu za izvore elektromagnetskog zračenja te o uvjetima za njegovu provedbu (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/96, 41/04-ZVO-1, 17/11-ZTZPUS-1).

- **Svjetlost**
  - Uredba o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13).

- **Kulturna baština**
  - Zakon o zaštiti kulturne baštine /ZVKD-1/ (Službeni list Republike Slovenije, br. 16/08, 123/08-ZVKD-1A, 8/11, 30/11-Odl.US, 90/12-ZVKD-1B, 111/13-ZVKD-1C, 32/16-ZVKD-1D, 21/18-ZNOrg);
  - Pravilnik o registru kulturnih dobara i zaštiti (Službeni list Republike Slovenije, br. 102/10);
  - Pravilnik o arheološkim istraživanjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 3/13).

- **Opasne tvari (kemikalije)**
  - Zakon o kemikalijama /ZKem/ (Službeni list Republike Slovenije, br. 110/03-ZKem-UPB1, 47/04-ZdZPZ, 61/06-ZBioP, 16/08, 9/11-ZKem-C, 83/12-ZFfS-1);
  - Uredba o skladištenju opasnih tekućina u stacionarnim spremnicima (Službeni list Republike Slovenije, br. 104/09, 29/10, 105/10);
  - Pravilnik o tehničkim i organizacijskim mjerama skladištenja opasnih kemikalija (Službeni list Republike Slovenije, br. 23/18);
  - Pravilnik o razvrstavanju, označavanju, obilježavanju i pakiranju opasnih tvari (Službeni list Republike Slovenije, br. 35/05, 54/07, 88/08, 6/14, 43/19);
  - Pravilnik o razvrstavanju, označavanju, obilježavanju i pakiranju opasnih kemikalija (Službeni list Republike Slovenije, br. 67/05, 137/06, 88/08, 81/09, 6/14, 43/19).

2.21 DOKUMENTI EU-a (BREF)

Ne postoje referentni dokumenti (BREF) koji identificiraju najbolje dostupne tehnike (NRT) koje bi trebalo uzeti u obzir u predmetnoj intervenciji. Ovo se odnosi na cijelo postrojenje kao tehnološko rješenje (nuklearna elektrana).

Iako nuklearne elektrane nisu dio područja primjene Priloga I Direktive IED[9], ovaj dokument uzima u obzir korištene ekološke tehnike koje se odnose na rashladne sustave uobičajenog rada ovih uređaja. Od horizontalnih BREF dokumenata koji se odnose na pojedinačne sustave, BREF se koristi za industrijske rashladne sustave.

U nastavku je dana analiza stanja u smislu zahtjeva „Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems, December 2001 (BREF ICS)".

1. Proces i lokacija

   Protočni sustav hlađenja učinkovitiji je od sustava za recikliranje. Izborom protočnog sustava kada su na lokaciji raspoložive veće količine vode smatra se BAT (najbolja dostupna tehnologija). Za protočni sustav, povećanje temperature nakon miješanja prema BAT-u je 3 – 5 °C. NEK koristi kombinirani rashladni sustav, protočni sustav koji rabi vodu iz rijeke Save i reciklirajući sustav hlađenja s mehaničkim rashladnim tornjevima, koji održava temperaturu

[9] DIREKTIVA 2010/75/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 24. studenog 2010. o industrijskim emisijama (sveobuhvatna prevencija i kontrola onečišćenja)

rijeke Save ispod 3 °C u dnevnom prosjeku (00:00 – 24:00). U razdoblju 2010. – 2019. ΔT °C iznosila je 1,95 °C, što je 65 % od maksimalnog dopuštenog odvoda topline. NEK ne koristi podzemne vode za hlađenje, što je BAT.

2. Smanjenje izravne potrošnje energije i povrat energije

   Rashladni tornjevi imaju tri baterije s ukupno 16 ventilatorskih jedinica, što omogućuje postupno povećanje snage hlađenja i optimizaciju potrošnje energije. Programom preventivnog održavanja pumpi, zupčanika i rashladnih tornjeva sekundarnog sustava održava se visoka pouzdanost rada cijelog sustava.

3. Smanjenje potrošnje vode i smanjenje emisije topline u vodu

   Kombiniranim sustavom hlađenja, korištenjem protočnog sustava i reciklirajućeg sustava rashladnih tornjeva, koji se obično uključuju pri protocima ispod 100 m^3/s, moguće je održavanje porasta temperature u rijeci Savi do 3 °C u dnevnom prosjeku. Od ukupno 25 m^3/s rashladne vode potrebne za hlađenje iz rijeke Save, rashladni tornjevi mogu primiti 15 m^3, tako da se pri malom protoku iz rijeke Save uzima 10 m^3/s. Kod velikih protoka Save uključuju se rashladni tornjevi kako bi se smanjila potrošnja, a time i nanos nečistoća u sustavima za čišćenje CW-a.

4. Smanjenje usisavanja organizama

   Iz rijeke Save uzima se 25 m^3/s (maksimalno do 27,4 m^3/s), a minimalno 10 m^3/s. Na taj je način omogućena slobodna migracija organizama duž vodotoka. CW rešetke su široke 8 cm i visoke 1 m ili više, a pokretne oko 5 x 5 mm, čime se sprječava usisavanje većih organizama.

5. Smanjenje ispuštanja kemikalija u vodu

   Cijevi kondenzatora izrađene su od nehrđajućeg čelika, tako da nije potrebna uporaba antikorozivnog premaza i zaštite. Čisti se mehanički s pomoću Taproga, sustava gumenih kuglica u kontinuiranoj cirkulaciji. Napuštena je primjena biocida uz kratkotrajno kontrolirano doziranje za čišćenje. NEK već niz godina ne upotrebljava biocide za čišćenje rashladnog sustava.

6. Smanjenje ispuštanja uz optimiziranu obradu rashladne vode

   Jedino ispuštanje iz rashladnih tornjeva je vlažan zrak i sitne kapljice. Gubitak vode u zrak ovisi o uvjetima okoline – vlažnosti zraka, temperaturi i slično.

7. Smanjenje utjecaja ispuštanja i mikrobiološkog rizika

   Voda iz rijeke Save koristi se u otvorenom sustavu bez prethodne mehaničke ili kemijske obrade (osim filtriranja na CW usisu i doziranja biocida u slučaju izražene potrebe), tako da postoji nizak rizik od mikrobioloških organizama, odnosno manji nego kod zatvorenih rashladnih sustava.

8. Otpad

   Mulj iz bazena rashladne vode tijekom remonta se čisti mehanički i uklanja kao kruti otpad.

S obzirom na navedeno, možemo zaključiti da NEK-ov sustav hlađenja zadovoljava odluke BAT/BREF dokumenta za rashladne sustave.

3. ALTERNATIVA RJEŠENJA U POGLEDU INTERVENCIJE

3.1 POLAZIŠNE TOČKE

Cjelovit nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije (NEPN)[10]strateški je dokument koji postavlja ciljeve, politike i mjere za pet dimenzija energetske unije za razdoblje do 2030. godine (s pogledom na 2040. godinu): dekarbonizacija (emisije stakleničkih plinova (TGP) i obnovljivi izvori energije (OVE)), energetska učinkovitost, energetska sigurnost, unutarnje energetsko tržište i istraživanje, inovacije i konkurentnost.

Više detalja o klimatskoj i energetskoj politici te ulozi nuklearne energije možete pronaći u poglavlju 5.5.1.

Veliki objekti za proizvodnju električne energije ključni su za osiguranje sigurne opskrbe električnom energijom jer pokrivaju razliku od proizvodnje iz disperziranih izvora i proizvodnju potrebnu za osiguranje sigurne opskrbe. Tako scenarij s postojećim mjerama, kao i scenarij NEPN-a, koji je razvojno orijentiran i predviđa veću proizvodnju električne energije iz OVE-a, obuhvaća rad postojećeg NEK-a do kraja produljenog razdoblja rada (2043. godine) uz dobivanje ekološke suglasnosti.

U sklopu pripreme NEPN-a i njegove sveobuhvatne procjene, vodila se i rasprava s obzirom na složenost ciljeva i doprinosa do 2030. godine. Široka i utemeljena rasprava tekla je na stručnoj osnovi i bila je ključna za postizanje konsenzusa što šireg kruga sudionika o zahtjevnim, ali izvedivim slovenskim ciljevima do 2030. godine, koji uzimaju u obzir važne nacionalne okolnosti i odgovarajući su korak prema klimatski neutralnoj Sloveniji do 2050. godine.

Istraživanja na području proizvodnje električne energije, sustava, utjecaja na okoliš i ekonomske učinkovitosti pokazuju da je produljenje pogonskog vijeka NEK-a najbolja alternativa svim drugim tehnologijama za proizvodnju električne energije koje će biti na raspolaganju do 2023. godine.

Prednosti nuklearne elektrane su osobito velike u smislu:

- preuzimanja uloge potporne točke mreže od 400 kV u normalnom radu i u radu sa smetnjama,
- pozitivnog utjecaja na upravljanje međunarodnim obvezama Republike Slovenije glede emisije CO_2, jer uzrokuje minimalne emisije CO_2, a alternativne tehnologije na fosilna goriva udaljile bi Republiku Sloveniju od ispunjavanja zahtjeva pariškog sporazuma, europskog zelenog sporazuma, rezolucije o Dugoročnoj klimatskoj strategiji do 2050. godine itd.
- korištenja prostora, jer ne zahtijeva nove zahvate u prostoru, i
- ekonomičnosti poslovanja, jer ima puno niže troškove rada od bilo koje od alternativnih tehnologija, kao i od nabave alternativne energije na tržištu.

U slučaju da se ne izvede produljenje pogonskog vijeka NEK-a, ugrozila bi se energetska neovisnost Republike Slovenije. Nedostatak energije morat će se proizvoditi iz drugih izvora ili kupiti električna energija od drugih zemalja. Posljedice će biti ekonomske, političke i ekološke.

Posljedice nulte varijante dodatno su opisane u studiji „Produljenje pogonskog vijeka (POD) NEK-a iz energetske, sustavne, ekonomske i ekološke perspektive", EIMV, Ljubljana, srpanj 2021./243/.

3.2 EKOLOŠKE POSLJEDICE NULTE VARIJANTE

Za opis nulte varijante vidi poglavlje 4.5.

[10] Vlada Republike Slovenije usvojila je NEPN 27. veljače 2020., nakon što je primila odluku o prihvatljivosti učinaka provedbe na okoliš. NEPN je također dostavljen Europskoj komisiji u skladu s Uredbom EU 2018/1999 o upravljanju energetskom unijom i klimatskim mjerama.

3.2.1 Klima

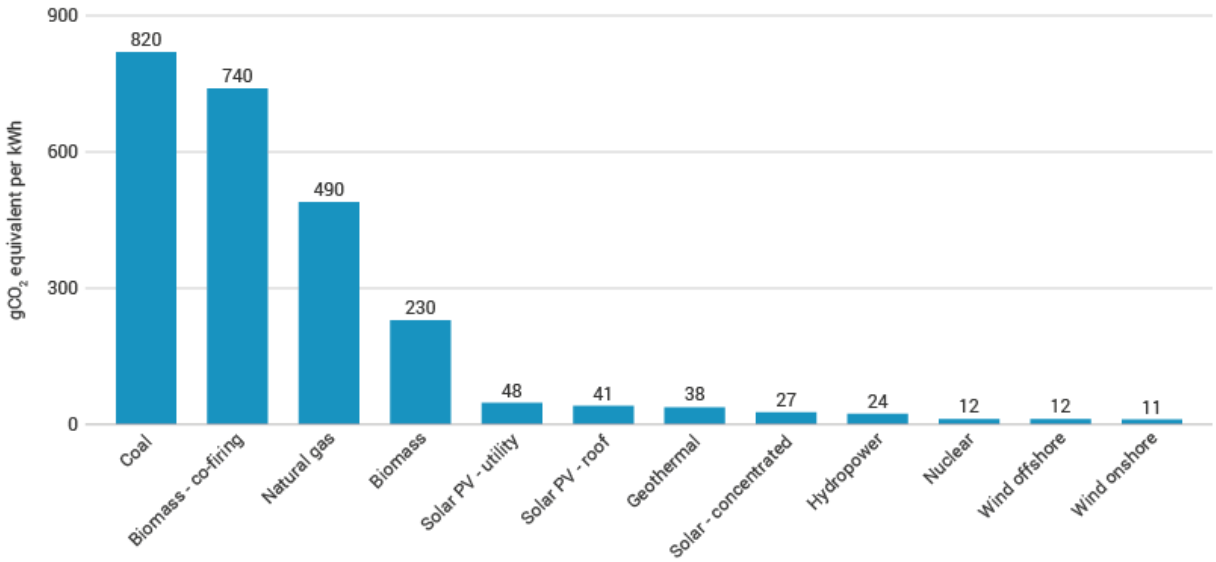
NEK proizvodi neto 696 MW električne energije. U slučaju gašenja NEK-a energiju je potrebno zamijeniti drugim izvorima. Studija IPCC-a iz 2006. godine procjenjuje da nuklearna elektrana tijekom cijelog životnog ciklusa ispusti 0,012 kg CO_2 po kWh električne energije (izgradnja, pogon, razgradnja i vađenje i prerada rude uranija).

U prosjeku možemo procijeniti da energija iz nuklearne elektrane snage NEK-a proizvede 8,3 t CO_2 za svaki sat svoje proizvodnje (izravna i neizravna emisija).

Prema vrlo konzervativnim pretpostavkama, termoelektrana na ugljen proizvodi 0,82 kg CO_2 za svaki kWh proizvedene električne energije. To znači da termoelektrana snage 696 MW svakih sat vremena proizvede čak 570.720 kg CO_2, koji ispušta u atmosferu.

Plinske elektrane proizvode otprilike upola manje emisije CO_2, što iznosi 341.040 kg CO_2 za svaki sat pogona.

U poglavlju 5.5.1. dana je detaljnija usporedba emisija stakleničkih plinova različitih tehnologija.



Slika 17: Prosječna emisija ekvivalenta ugljičnog dioksida u životnom ciklusu za različite proizvođače električne energije (izvor: IPCC, /1/, /176/)

Utjecaj na okoliš bio bi najvažniji u smislu stakleničkih plinova, jer ne postoje drugi izvori koji bi u takvom kapacitetu, pouzdanosti i ekonomičnosti mogli pokriti manjak električne energije.

3.2.2 Uporaba zemljišta

Pod pretpostavkom da Slovenija želi zamijeniti postojeće proizvodne kapacitete, grafikon na sljedećoj slici pokazuje da nuklearna energija ima najmanji mogući otisak na uporabu zemljišta u usporedbi s drugim proizvodnim izvorima. Kod novih energetskih objekata, osim uporabe prostora za same objekte, mora se uzeti u obzir i potreba izgradnje nove prijenosne dalekovodne infrastrukture koja ove objekte povezuje u EES.

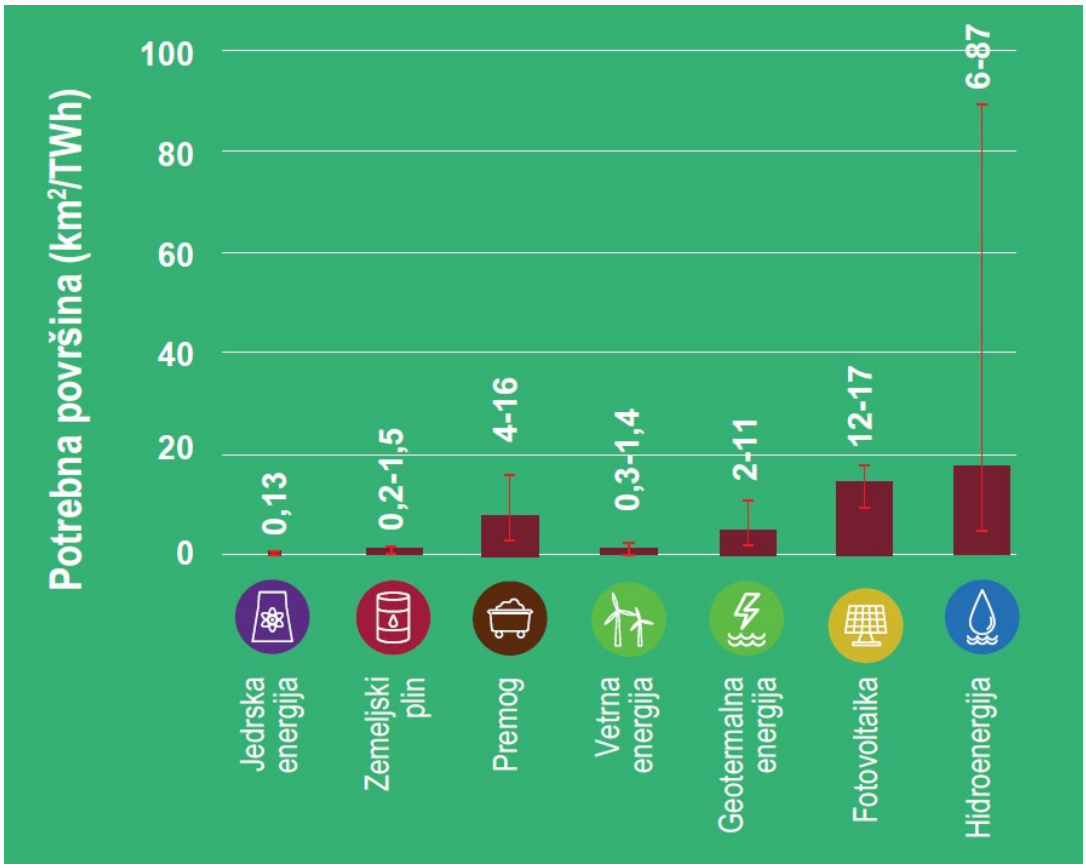
Uz to, treba imati na umu da ista instalirana snaga elektrana ne znači i istu godišnju proizvodnju; npr. solarne elektrane ne rade noću ili rade u smanjenom obujmu po oblačnom vremenu, obujam proizvodnje

vjetroelektrana mijenja se tijekom vremena, ne rade bez vjetra ili pri prevelikim brzinama vjetra, čak i hidroelektrane rijetko proizvode električnu energiju nazivne snage.

U prosjeku NEK u godinama bez remonta proizvede ukupno 5900 GWh električne energije. Godišnja proizvodnja HE Brežice u prosjeku iznosi 161 GWh, što znači da bi za zamjenu godišnje proizvodnje NEK-a bilo potrebno 36 usporedivih hidroelektrana, odnosno 18 za slovensku polovicu proizvodnje. Uzmemo li u obzir proizvodnju naše najveće hidroelektrane HE Zlatoličje (577 GWh/god.) /221/, trebalo bi nam pet takvih hidroelektrana za nadoknadu slovenskog dijela godišnje proizvodnje NEK-a. Akumulacija HE Zlatoličje duga je 6,5 km, a površine je približno 1,14 km^2 ili 114 ha.

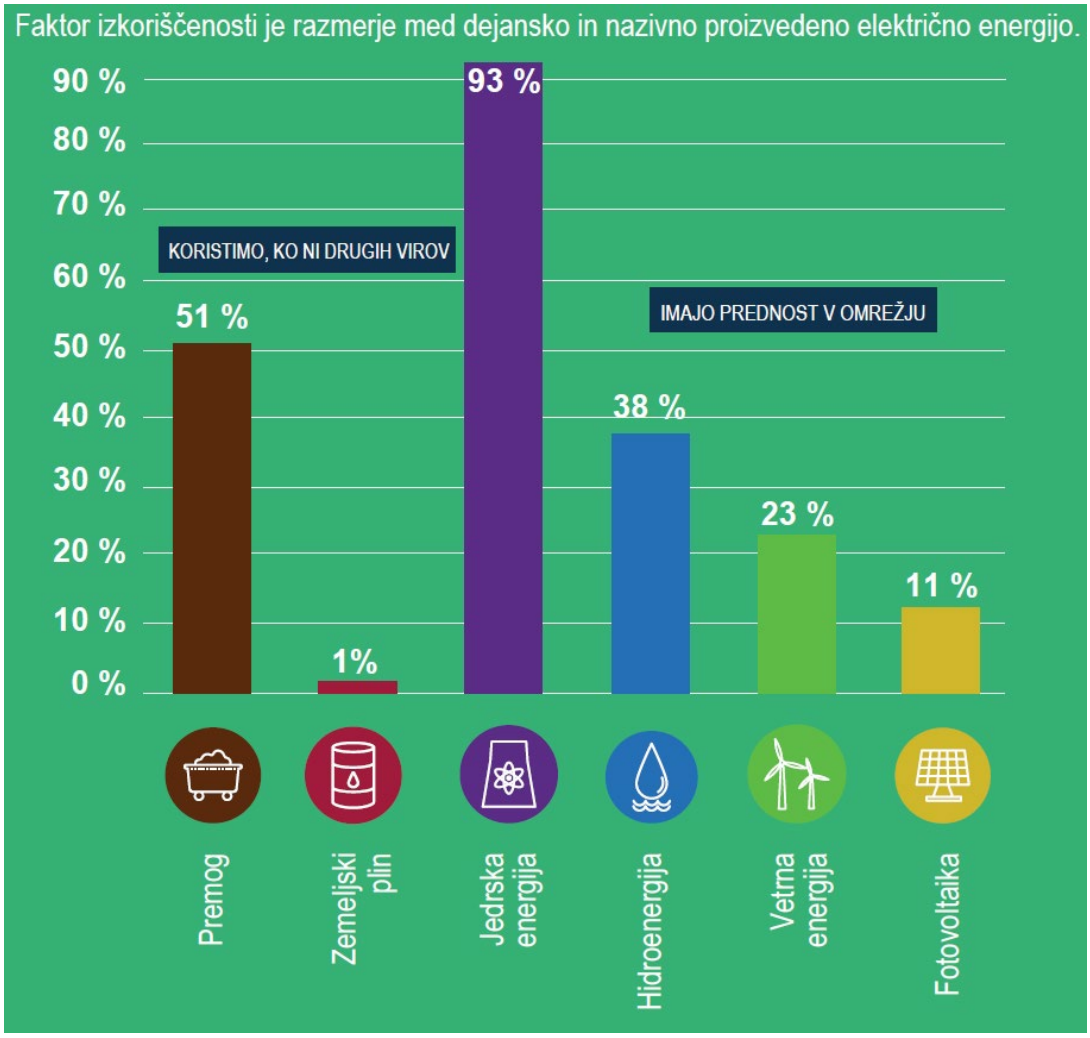
Vjetrenjača od 2,3 MW u Dolenji Vasi kod Senožeča godišnje proizvodi oko 4,5 GWh /222/, što znači da bi za nadoknadu slovenskog dijela godišnje proizvodnje u NEK-u bilo potrebno 655 takvih velikih vjetrenjača. U svijetu je udaljenost između vjetrenjača postavljena na razmak od 7 promjera rotora, što bi za vjetrenjaču navedene veličine (promjer rotora 71 m) značilo međusobnu udaljenost od oko 500 m i utrošak prostora od oko 25 ha/vjetrenjači. Na ukupno 163,75 km^2 moglo bi se postaviti 655 vjetrenjača.

Godišnja proizvodnja velike solarne elektrane u kompleksu Lauingen Energy Park u Bavarskoj nominalnog kapaciteta 25,7 MW, koja pokriva površinu od 63 ha, iznosi oko 27 GWh /223/. Za nadoknadu slovenskog dijela proizvodnje u NEK-u usporedive solarne elektrane zauzimale bi oko 6883 ha ili 68,83 km^2.



Slika 18: Uporaba zemljišta prema proizvodnom izvoru električne energije (izvor: /236/)

Potrebna površina (km2/TWH)	Potrebna površina (km2/TWH)
Jedrska energija	Nuklearna energija
Zemeljski plin	Zemni plin
Vetrna energija	Energija vjetra
Geotermalna energija	Geotermalna energija
Fotovoltaika	Fotovoltaika
Hidroenergija	Hidroenergija



Slika 19: Procijenjena prosječna godišnja proizvodnja električne energije prema instaliranoj snazi (izvor: /236/)

Faktor izkoriščenosti je razmerje meddejansko in nazivno proizvedeno električno energijo	Faktor iskorištenosti je omjer između stvarno i nazivno proizvedene električne energije
Koristimo, ko ni drugih virov	Rabimo kada nema drugih izvora
Imajo prednost v omrežju	Imaju prednost u mreži
Premog	Ugljen
Zemeljski plin	Zemni plin
Jedrska energija	Nuklearna energija
Hidroenergija	Hidroenergija
Vetrna energija	Energija vjetra
Fotovoltaika	Fotovoltaika

3.2.3 Ostali utjecaji

Jedan od ciljeva prihvaćenog Cjelovitog nacionalnog energetskog i klimatskog plana Republike Slovenije (NEPN, 2020.) u području energetske sigurnosti jest nastavak korištenja nuklearne energije i održavanje izvrsnosti u radu nuklearnih objekata u Sloveniji. U području dekarbonizacije ključni je cilj postići minimalno 27 % udjela obnovljivih izvora u finalnoj potrošnji energije do 2030. godine, od čega je 43 % udjela u sektoru električne energije. Iz ovoga se može zaključiti da se u slučaju neproduljenja pogonskog vijeka NEK-a, barem u početnom razdoblju, očekuje nadoknada nedostatne proizvodnje uvozom i srednjoročno iz obnovljivih izvora.

Osim pozitivnih, svi energetski resursi imaju i negativne utjecaje na okoliš. Vrsta i intenzitet utjecaja variraju ovisno o korištenoj tehnologiji, zemljopisnom položaju i mnogim drugim čimbenicima. Iako se

o utjecaju neobnovljivih izvora na okoliš u stručnoj i široj javnosti dosta zna, barem se neki obnovljivi izvori često smatraju potpuno neproblematičnima s gledišta utjecaja na okoliš, a utjecaj opterećenja na okoliš zbog obnovljivih izvora energije vrlo se ili potpuno zanemaruje (solarna: proizvodnja i razgradnja solarnih ćelija i uređaja za pohranu energije – akumulatora, vjetroelektrane: niskofrekventna buka i ptice, hidroelektrane: zauzimanje prirodnih staništa i prekomjeran rast algi).

U nastavku je kratak pregled potencijalnih negativnih utjecaja obnovljivih izvora energije na okoliš.

Tablica 22: Sažetak mogućih negativnih utjecaja obnovljivih izvora energije (izvor: /119/, /120/)

Obnovljivi izvori energije	Mogući negativni učinci
Proizvodnja biomase: centralizirani sustavi	negativni utjecaji tipični za velike plantaže: degradacija zemljišta, korištenje vode, pogoršanje kvalitete vode, negativni utjecaji na ekosustav itd.
	smanjenje površine zemljišta za proizvodnju hrane, podizanje cijena hrane
Proizvodnja biomase: raspršeni sustavi	iscrpljivanje šuma, narušavanje prirodnog okoliša zbog djelovanja čovjeka
Loženje biomase	onečišćenje zraka, ispuštanje CO_2 (drvo je trenutačno najučinkovitiji oblik dugotrajno pohranjenog CO_2)
Solarna energija: centralizirani sustavi	degradacija velikih površina – pokrivenost solarnim panelima
	posljedični gubitak staništa na ovim površinama
	neizravno onečišćenje tijekom proizvodnje solarnih panela i uređaja za pohranu energije
	stvaranje opasnih zagađivača tijekom razgradnje
Solarna energija: raspršeni sustavi	u urbanim sredinama zagrijavanje ugrađenih panela može utjecati na pojavu toplinskog otoka
	interferencija s krošnjama drveća oko zgrada s ugrađenim solarnim panelima – uklanjanje stabala koja zasjenjuju ploče
	mogućnost požara
Energija vjetra: centralizirani sustavi	buka zbog turbina (niskofrekventni, infracrveni)
	vizualna degradacija i zasjenjenje (lokalno)
	interferencija preletima ptica
	negativan utjecaj na ekosustav zbog manjih brzina vjetra iza turbina
	smetnje TV signala
	onečišćenje zbog izlijevanja nafte u slučaju havarije
	dodatno zauzimanje prostora prilazima i dalekovodima
Hidroenergija: centralizirani sustavi	gubitak staništa (šume, livade)
	pogoršanje kvalitete vode
	stvaranje stakleničkih plinova zbog raspadanja vegetacije u akumulaciji
	prepreka u toku rijeke, izmijenjena hidrodinamika
	promjene životnih uvjeta za život u vodi, prekid kontakta među populacijama
	mogućnost rušenja barijere ili popuštanja nasipa
	promjena lokalne mikroklime
Hidroenergija: male HE i mikro HE	slični učinci kao i kod velikih sustava
Pretvorba oceanske toplinske energije (OTEC)	utjecaj na morske ekosustave: promjena temperature vode
	promjena kemijskog sastava vode
	eutrofikacija i cvjetanje algi
	unos biocida
Geotermalna energija	zauzimanje/narušavanje zemljišta
	slijeganje/urušavanje tla, mikropotresi
	buka
	toplinsko onečišćenje

Obnovljivi izvori energije	Mogući negativni učinci
	onečišćenje zraka (sumporovodik, metan, amonijak, radon)
	onečišćenje vode
Spaljivanje otpada	onečišćenje zraka (osobito dioksini, furani i otrovni metali), stvaranje opasnog i neopasnog otpada

3.3 EKONOMSKE POSLJEDICE NULTE VARIJANTE

Oba vlasnika već su uložila u modernizaciju i zamjenu opreme kao i u sigurnosnu nadogradnju. Uz izgubljena ulaganja, oba vlasnika (Republika Slovenija i Republika Hrvatska) trebala bi osigurati nedostatna financijska sredstva za razgradnju NEK-a i zbrinjavanje radioaktivnog otpada u sljedećih 10 godina.

Ako NEK bude u pogonu dodatnih 20 godina, ta će se sredstva prikupljati kao davanja u oba fonda za razgradnju NEK-a.

Čak ni u slučaju nadoknade proizvodnje električne energije NEK-a iz drugih izvora energije, ne bi je bilo moguće nadoknaditi odmah nakon isteka pogonskog vijeka NEK-a zbog dugotrajnih postupaka montaže i dodatnog razdoblja potrebnog za izgradnju zamjenskih objekata. To znači da bi za dio koji nedostaje (ukupno prosječno 5900 GWh u godinama bez remonta) u početnom razdoblju neposredno nakon 2023. godine Republika Slovenija i Republika Hrvatska bile u potpunosti ovisne o zakupu električne energije od drugih država.

Opis nulte varijante dan je u točki 4.5. Polazište i nacrt vjerojatnog daljnjeg razvoja bez provođenja zahvata (nulta varijanta).

3.4 POSTAVLJANJE U PROSTOR

Planiranim zahvatom produljenja pogonskog vijeka NEK-a ne mijenja se položaj i lokacija objekata te dalekovodnih priključaka, stoga ne postoji prikladnije rješenje sa stajališta postavljanja u prostor.

4. OPIS POSTOJEĆEG STANJA OKOLIŠA

4.1 OSNOVNE KARAKTERISTIKE LOKACIJE ZAHVATA

4.1.1 Položaj i geografske karakteristike područja

Geografski, lokacija zahvata je na području Krške ravni, koja je najjužnija regija slovenskog panonskog svijeta. Krška ravan na sjeveru graniči s panonskim Bizeljskim i Krškim gričevjem, na zapadu s dinarskom Novomeškom pokrajinom, na jugu s dinarskim Gorjancima, a na istoku dopire do Sutle, po kojoj prolazi granica s Hrvatskom. Veći dio Krške ravni nalazi se u visinskom pojasu između 100 i 200 m. Ima najnižu prosječnu nadmorsku visinu (161 m) u Sloveniji. Čak tri četvrtine površine su ravne s nagibom ispod 2 ° (prosjek je 1,6 °). Na području Krške ravni nalaze se tri veće rijeke: Sava, Krka i Sutla. Čak trećina Krške ravni su poplavna područja. Poplavljuju je sve tri najveće rijeke, kao i većina njihovih pritoka, posebice one iz Krških i Bizeljskih gorica. Uz Savu, poplavno je područje usječeno između Krškog i Brežičkog polja, a od Brežica nadalje ide rubom Gorjanaca i na granici s Hrvatskom susreće se s poplavnim područjem uz Sutlu. Sastav raslinja Krške ravni relativno je jednostavan: na svim nanosima uz vodotoke rastu vrbe, johe i topole, naviše na poplavnom području na pjeskovitim nanosima rastu vrbe, johe i topole, a na nanosima gline hrast lužnjak i bijeli grab, a iznad poplavnog područja na svim nanosima prevladava bijeli grab. Krška ravan je zbog svojih prostranih šuma i poplavnog područja naseljena kasnije od sušnijih i sunčanijih brežuljaka na njezinu rubu. Poplavna područja uglavnom su se kultivirala tek u rimsko doba. Najveće naselje Krške ravni je Krško, zatim slijede Brežice i Šentjernej.

Detaljnije mjesto zahvata je na rubu aluvijalne ravni Krškog polja, na lijevoj obali rijeke Save. Uže područje lokacije također je dio poplavne pokrajine Vrbina, koja čini prolaz između istočnog ruba Krškog polja i zapadnog ruba Brežičkog polja. /133/.

Krško polje je šljunčana dolina isprepletena livadama i poljima, preko kojih na južnom rubu vijuga rijeka Krka. Na sjeveru, preko rijeke Save, Krško polje graniči sa šumovitom padinom Bohora. Cijelo Krško polje okruženo je manjim brežuljcima, obraslim voćnjacima i vinogradima, koje na jugu završava podno Gorjanaca, obraslih bukovim šumama, u kojima boravi mnogobrojna divljač. Na zapadu dolinu okružuje Krakovska prašuma, koja je zaštićeno područje nekih rijetkih i ugroženih životinjskih i biljnih vrsta.

Lokacija NEK-a nalazi se u općini Krško, 2,5 km jugoistočno od grada Krškog, na nadmorskoj visini između 154 i 155 m.

4.1.2 Meteorološke karakteristike područja, klimatski podaci

4.1.2.1 Klima

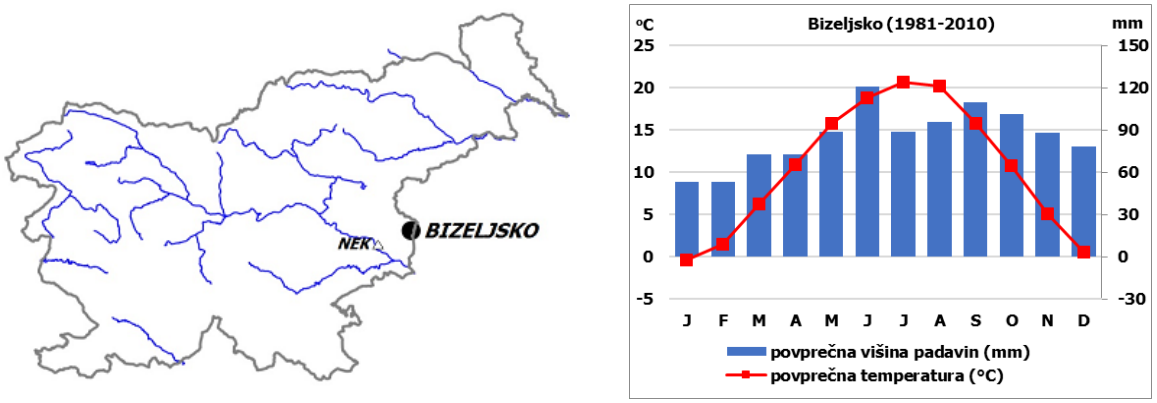
Krško ima umjereno kontinentalnu klimu. Za šire područje Krškog karakteristična su relativno topla ljeta i relativno blage zime. Prosječne siječanjske temperature su ispod nule, a prosječne srpanjske su gotovo 20 °C /107/.

4.1.2.2 Klimatski podaci

Najbliža meteorološka postaja za koju su dostupni klimatski podaci je Bizeljsko (46°1’ S, 15°41’ I, 174 m n. v.), 16 kilometara sjeverozapadno od NEK-a (Slika 20). Prema programu meteoroloških mjerenja, Bizeljsko je klimatološka postaja. Meteorološka mjerenja temperature, relativne vlažnosti zraka i promatranja oblaka obavljaju se u 7, 14 i 21 sat, a mjerenja oborina i visine snježnog pokrivača jednom dnevno (u 7 sati). Za opis vjetrova korišteni su podaci mjerenja anemometrom na meteorološkom tornju u krugu NEK-a.

Klima se definira kao prosječno vremensko stanje na nekom području tijekom dužeg razdoblja. Prema Svjetskoj meteorološkoj organizaciji, klimatski podaci (npr. prosječna godišnja temperatura zraka, prosječna godišnja količina oborina itd.) izračunavaju se za 30-godišnja razdoblja. Klimatski prosjeci za

razdoblje 1981. – 2010.[11] za postaju Bizeljsko prikazani su u nastavku. Godišnja putanja temperature zraka i količine oborina prikazana je na slici (Slika 20), a pregled mjesečnih vrijednosti klimatskih parametara u tablici (Tablica 23).



Slika 20: Položaj klimatološke postaje Bizeljsko i klimatski dijagram za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /106/)

Povprečna višina padavin (mm)	Prosječna visina oborina (mm)
Povprečna temperatura (°C)	Prosječna temperatura (°C)

Prosječna godišnja temperatura zraka za Bizeljsko, za razdoblje 1981. – 2010., iznosila je 10,5 °C. Prosječno je najhladniji mjesec bio siječanj s temperaturom od -0,4 °C, a najtopliji srpanj s prosječnom mjesečnom temperaturom od 20,7 °C. Od 1981. do 2010. godine u siječnju je zabilježena apsolutno najniža temperatura zraka od -26,5 °C, a u kolovozu apsolutno najviša temperatura zraka iznosila je 39,4 °C. Od 1981. – 2010. u prosjeku je bilo:

- 18 ledenih dana između studenog i veljače, s najvećim brojem u siječnju (7),
- 92 hladna dana između listopada i travnja, s najvećim brojem u siječnju (24),
- 81 topli dan između travnja i listopada, s najvećim brojem u srpnju (23),
- 24 vruća dana između svibnja i kolovoza, s najvećim brojem u srpnju (10).

Od 1981. do 2010. godine prosječna godišnja količina oborina u Bizeljskom iznosila je 1024 mm. U prosjeku je najviše oborina bilo u lipnju (121 mm). Ta godišnja maksimalna količina oborina karakteristika je kontinentalnog režima oborina. Po količini oborina ističu se mjeseci rujan (101 mm) i listopad (110 mm). U razdoblju 1981. – 2010. bilo je prosječno 125 dana s oborinama godišnje (dani s više od 0,1 mm oborina). U prosjeku je bilo 35 dana godišnje s oborinama većim od 10 mm, a u prosjeku najviše dana (4) bilo je u lipnju i rujnu.

U razdoblju 1981. – 2010. bilo je prosječno 57 vedrih dana godišnje (oblačnost < 2/10) i 113 oblačnih dana godišnje (oblačnost > 8/10). Srpanj i kolovoz su mjeseci s najviše vedrih dana (9 dana) i najmanje oblačnih dana (4 dana) u godini. Prosinac je mjesec s najviše oblačnih dana (17 dana), zatim slijede studeni i siječanj (15 dana). Uz prosinac, najmanje vedrih dana u godini imaju listopad i studeni (2 dana).

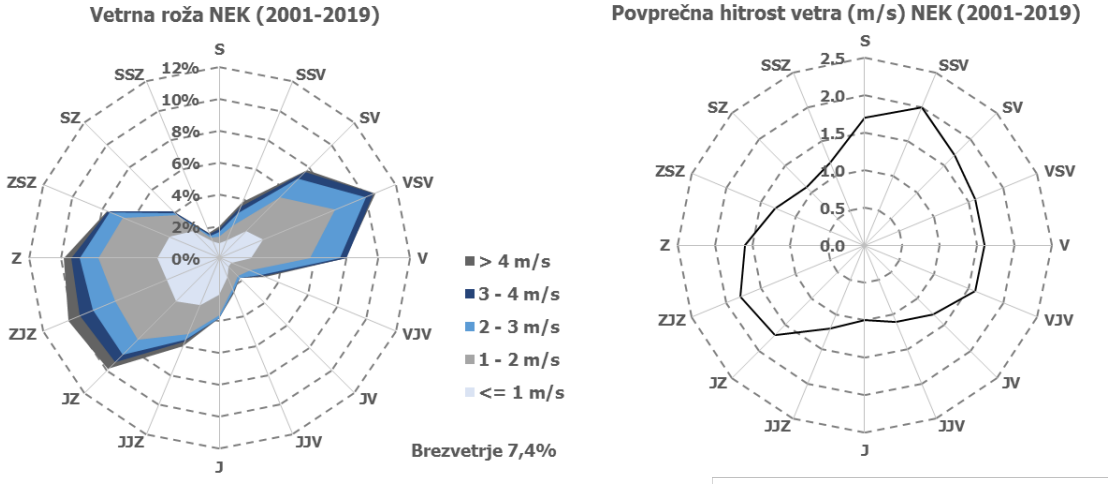
U razdoblju 1981. – 2010. snijeg se pojavio na meteorološkoj postaji Bizeljsko u razdoblju od studenog do ožujka. U prosjeku je bilo 40 dana sa snježnim pokrivačem. Najviše snježnih dana u prosjeku je bilo u siječnju (13).

[11] Klimatski podaci koji se odnose na precizno utvrđena tridesetogodišnja vremenska razdoblja, počevši od razdoblja 1901. – 1930., nazivaju se klimatskim prosjecima.

Tablica 23: Klimatski podaci za Bizeljsko za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /106/)

	SIJ	VELJ	OŽU	TRA	SVI	LIP	SRP	KOL	RUJ	LIS	STU	PRO	GODINA
prosječna temperatura (°C)*	-0,4	1,5	6,2	10,9	15,8	18,8	20,7	20,2	15,8	10,8	5,1	0,6	10,5
prosječna najviša dnevna temperatura (°C)*	3,3	6,5	12,1	17,3	22,8	25,8	28,1	27,6	22,5	16,4	9,1	3,8	16,3
prosječna najniža dnevna temperatura (°C)*	-3,6	-2,9	1,0	5,2	9,9	13,1	14,9	14,5	10,8	6,5	1,7	-2,2	5,7
apsolutno najviša temperatura (°C)	17,6	21,8	26,2	29,8	33,6	36,0	38,0	39,4	31,6	27,0	22,2	20,6	39,4
apsolutno najniža temperatura (°C)	-26,5	-23,0	-15,2	-5,4	0,2	4,2	6,6	4,6	1,6	-4,8	-16,2	-18,6	-26,5
prosječni broj dana s najvišom temp. < 0 °C	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	18
prosječni broj dana s najnižom temp. < 0 °C	24	21	11	2	0	0	0	0	0	2	11	21	92
prosječni broj dana s najvišom temp. > 25 °C	0	0	0	1	9	16	23	22	8	1	0	0	81
prosječni broj dana s najvišom temp. > 30 °C	0	0	0	0	1	5	10	8	0	0	0	0	24
prosječna relativna vlažnost zraka u 7 sati (%)	89	89	87	87	87	88	89	91	92	93	92	91	90
prosječna relativna vlažnost zraka u 14 sati (%)	73	60	53	50	50	53	51	52	57	64	72	79	59
prosječna relativna vlažnost zraka u 21 sat (%)	86	80	74	72	75	78	77	80	85	88	88	89	81
prosječna naoblaka u 7 sati (u desetinama)	7,5	6,5	6,3	6,0	5,4	5,4	4,5	5,2	7,4	8,1	8,0	8,2	6,5
prosječna naoblaka u 14 sati (u desetinama)	6,6	5,6	6,0	6,1	5,7	5,5	4,5	4,4	5,3	5,7	7,0	7,2	5,8
prosječna naoblaka u 21 sat (u desetinama)	6,2	5,1	4,9	5,0	4,4	4,8	3,8	3,3	4,1	4,7	6,4	6,7	4,9
prosječni broj vedrih dana (naoblaka < 2/10)	3	5	5	4	6	6	9	9	3	2	2	2	57
prosječni broj oblačnih dana (naoblaka > 8/10)	15	9	9	8	6	6	4	4	8	10	15	17	113
prosječna količina oborina (mm)*	53	53	73	73	89	121	89	96	110	101	88	78	1024
prosječan broj dana s minimalno 0,1 mm oborina	8	8	10	12	12	13	10	10	10	10	11	12	125
prosječan broj dana s minimalno 1 mm oborina	7	7	8	10	10	11	8	8	9	8	9	9	105
prosječan broj dana s minimalno 10 mm oborina	2	2	2	2	3	4	3	3	4	3	3	2	35
prosječan broj dana sa snježnim pokrivačem u 7 sati	13	10	3	0	0	0	0	0	0	0	3	10	40
prosječna visina snježnog pokrivača u 7 sati (cm)*	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1,2
maksimalna visina snježnog pokrivača u 7 sati (cm)	45	59	45	7	2	0	0	0	0	0	35	56	59
zbroj dnevnih visina novoga snijega (cm)*	16	17	5	1	0	0	0	0	0	0	7	16	61

Slika (Slika 21) prikazuje ružu vjetrova na visini od 10 metara iznad tla, prema mjerenjima na meteorološkom tornju u krugu NEK-a od 2001. do 2019. godine. Na području Krškog najčešće pušu slabi vjetrovi iz jugozapadnog kvadranta (smjerovi: JZ – 9,9 %, ZJZ – 10,3 % i Z – 8 %), zatim slijedi vjetar iz sjeveroistočnog smjera (ISI – 10,6 %). Vjetrovi s brzinama iznad 5 m/s su rijetki (1,1 % godišnje) i pušu iz jugozapadnog kvadranta (smjerovi: JZ, ZJZ i Z). Najveću prosječnu brzinu ima sjevero-sjeveroistočni vjetar (2,0 m/s), a slijedi ga jugo-jugozapadni vjetar (1,8 m/s). Tišine ili razdoblja s vjetrovima manjim od 0,3 m/s uobičajena su pojava na lokaciji NEK-a. U razdoblju 2001. – 2019. učestalost pojave tišine u prosjeku je iznosila 7,4 % godišnje.



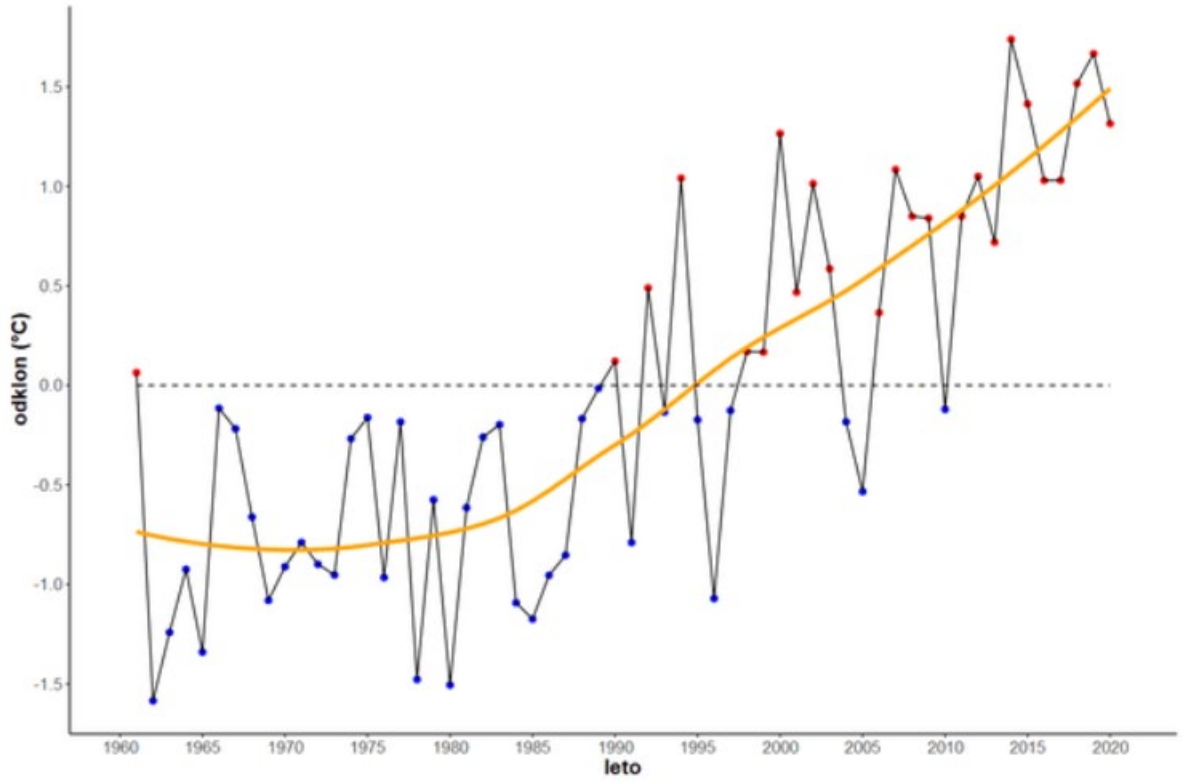
Slika 21: Ruža vjetrova (lijevo) i prosječne brzine vjetra po smjerovima (desno) za meteorološki toranj NEK-a (visina 10 metara iznad tla) za razdoblje 2001. – 2019. (izvor: /107/, Obrada: EKONERG)

4.1.2.3 Uočene klimatske promjene

Globalna prosječna temperatura za 2019. bila je 1,1 ± 0,1 °C viša od predindustrijske razine. Godina 2019. bila je vjerojatno druga najtoplija godina od početka mjerenja, a posljednje desetljeće, 2010. – 2019., najtoplije je prema zapisima o mjerenjima. Od osamdesetih godina svako desetljeće je toplije od prethodnih /67/.

Procjenjuje se da su ljudske aktivnosti do sada uzrokovale „globalno zatopljenje" ili „povećanje globalne temperature" za oko 1,0 °C u odnosu na predindustrijsko razdoblje. Ako se trenutačni trend nastavi, očekuje se da će globalno zatopljenje dosegnuti 1,5 °C između 2030. i 2052. godine. /68/.

Povećanje prosječne godišnje temperature zraka od 1961. do 2020. godine na području Slovenije prikazano na sljedećoj slici (Slika 22) pokazuje snažan porast temperature krajem 20. i početkom 21. stoljeća.



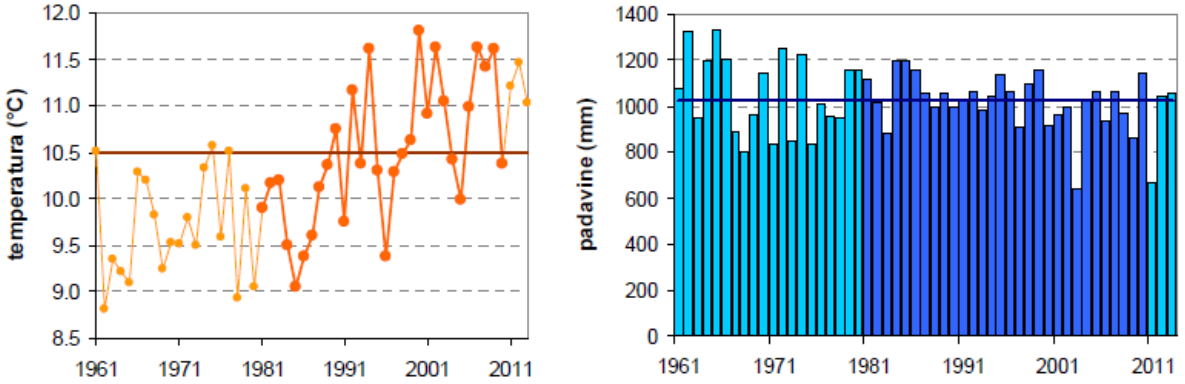
Slika 22: Odstupanje prosječne godišnje temperature zraka od prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. (izvor: /68/).

Odklon (°C)	Odstupanje (°C)
Leto	Godina

Od 1961. do 2011. godine na području Slovenije zabilježene su sljedeće klimatske promjene /70/:

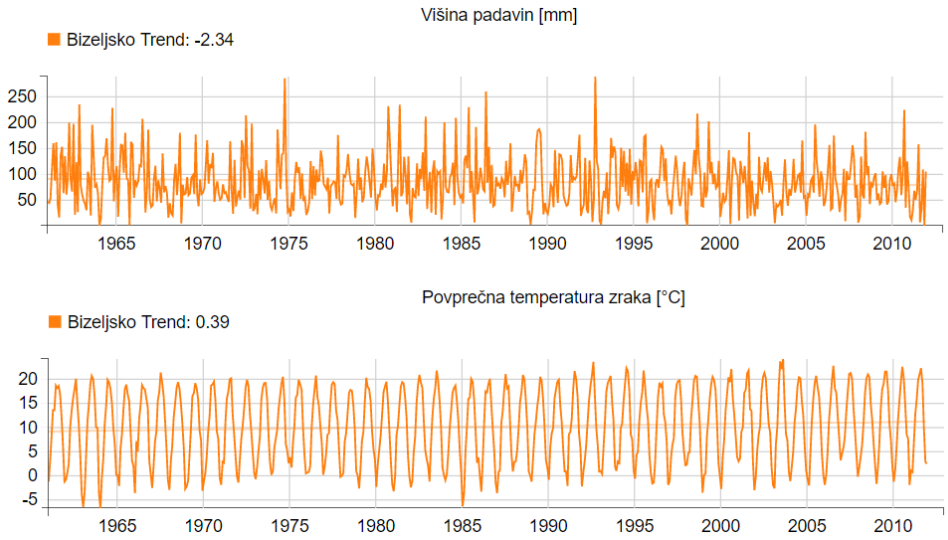
- Prosječna temperatura zraka porasla je za 1,7 °C.
- Trend porasta temperature zraka malo je veći u istočnoj nego u zapadnoj polovici zemlje.
- Najviše je temperatura porasla ljeti i na proljeće, malo manje po zimi. Temperatura na jesen nije porasla.
- Godišnja količina oborina smanjena je za oko 15 % u zapadnoj polovici države, malo manje (10 %) u istočnoj polovici države, gdje promjene nisu statistički bitne.
- Oborine su se najviše smanjile na proljeće (u cijeloj državi) i na ljeto (u južnoj polovici države).
- Ukupna visina snježnog pokrivača smanjena je za oko 55 %.
- Količina novog snijega smanjena je za 40 %.
- Na godišnjoj razini trajanje Sunčeva zračenja se u prosjeku povećalo za 10 %, ponajviše zbog povećanja u proljeće i ljeto. Trajanje Sunčeva zračenja povećalo se za 30 – 40 sati po desetljeću.
- Isparavanje se povećalo za oko 20 % od 1971. godine, uglavnom na račun povećanja u proljeće i ljeto.
- Na godišnjoj razini tlak zraka je u prosjeku porastao za 1,5 hPa.
- Tlak zraka najviše je porastao zimi, tek malo manje u proljeće. Porast tlaka zraka znatno je manji ljeti, a najmanji u jesen.
- Temperatura vode rasla je s trendom od 0,2 °C po desetljeću za površinske vode (razdoblje 1953. – 2015.) i 0,3 °C po desetljeću za podzemne vode (razdoblje 1969. – 2015.).

Slika (Slika 23) prikazuje prosječne godišnje temperature zraka i godišnje količine oborina na meteorološkoj postaji Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2011. Očito je povećanje temperature zraka i smanjenje količine oborina tijekom promatranog razdoblja, ali treba napomenuti da je varijabilnost oborina prirodno bitno veća od varijabilnosti temperature zraka. Trend promjene mjesečnih vrijednosti temperature zraka iznosio je +0,39 °C po desetljeću, a smanjenje količine oborina -2,34 mm po desetljeću, kao što je prikazano na slici (Slika 24).



Slika 23: Prosječne godišnje temperature zraka i godišnje količine oborina za Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2011. (izvor: /106/)

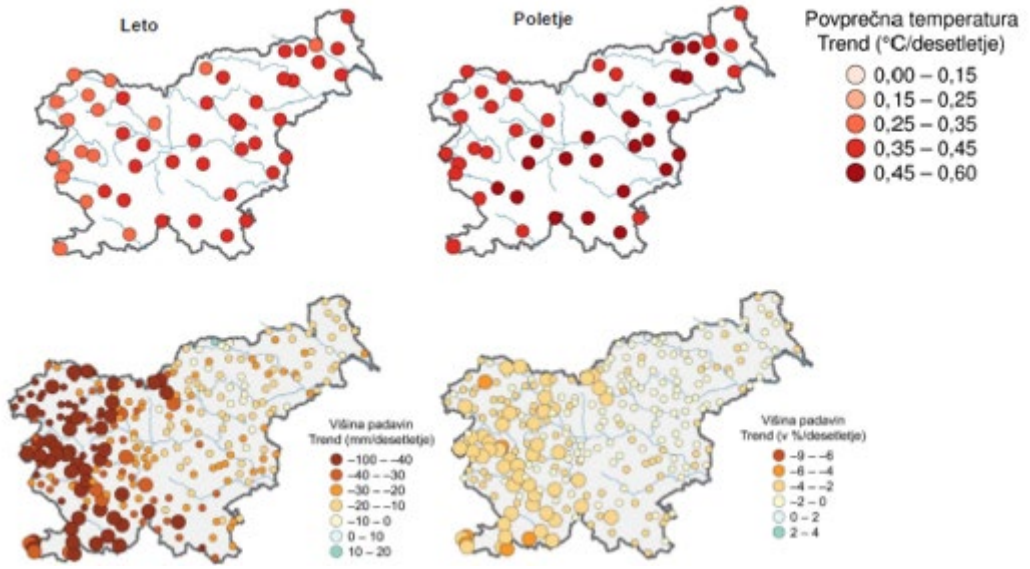
Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
Padavine (mm)	Oborine (mm)



Slika 24: Trend oborina i temperature na klimatološkoj postaji Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2011.

Bizeljsko Trend -2,34	Bizeljsko Trend -2,34
Višina padavin (mm)	Visina oborina (mm)
Bizeljsko Trend 0,39	Bizeljsko Trend 0,39
Povprečna temperatura zraka (°C)	Prosječna temperatura zraka (°C)

U razdoblju 1961. – 2011. prosječna godišnja temperatura zraka na svim meteorološkim postajama u blizini NEK-a rasla je za oko 0,4 °C po desetljeću, a količina oborina smanjena je za oko 20 – 40 mm, odnosno za 2 – 4 % po desetljeću (Slika 25). Porast temperature zabilježen je u svim godišnjim dobima, a najveći je bio ljeti. Smanjenje godišnjih oborina uglavnom je posljedica smanjenja proljetnih i ljetnih oborina /73/.



Slika 25: Trend promjene temperature i oborina (izvor: /72/)

Leto	Godina
Poletje	Ljeto
Povprečna temperatura Trend (°C/desetletje)	Prosječna temperatura Trend (°C/desetljeće)
Višina padavin Trend (mm/desetletje)	Visina oborina Trend (mm/desetljeće)
Višina padavin Trend (v %/desetletje)	Visina oborina Trend (v %/desetljeće)

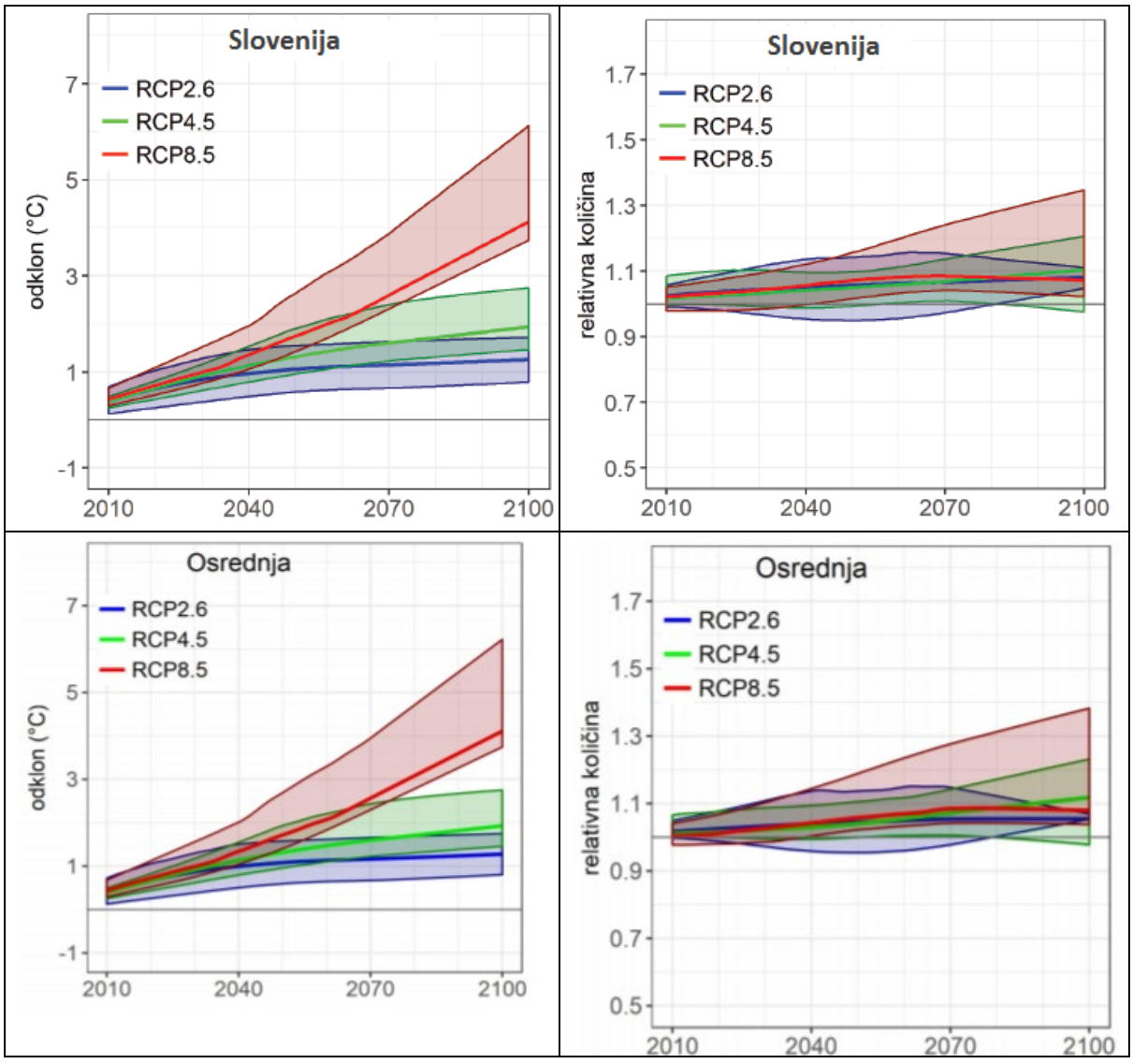
Klimatske promjene, koje utječu na oborine, tokove i temperature rijeke Save, periodično se obrađuju kao dio povremenog sigurnosnog pregleda. (Periodic Safety Review), odnosno minimalno jednom svakih 10 godina. Utjecaj promjena u slivu rijeke Save, odnosno promjena u korištenju prostora u okolici, procjenjuje se i prije provedbe promjene (npr. izgradnja HE Brežice). Mjerenje profila korita rijeke Save provodi se periodično najmanje jednom svakih 5 godina ili nakon ekstremno visokih voda koje prelaze 50-godišnje povratno razdoblje (3060 m^3/s).

4.1.2.4 Očekivane klimatske promjene u 21. stoljeću

Tijek klimatskih promjena u budućnosti ovisi o stvarnim emisijama stakleničkih plinova koje se nastoje zabilježiti korištenjem različitih scenarija tipičnih tokova sadržaja stakleničkih plinova (Representative Concentration Pathways – RCP). Scenariji se temelje na ljudskoj aktivnosti i povezanim emisijama CO_2, CH_4, N_2O i drugih onečišćivača zraka. Svaki scenarij u osnovi ovisi o globalnim socioekonomskim čimbenicima kao što su stopa rasta stanovništva i bruto domaći proizvod te tehnološki razvoj u 21. stoljeću, koji imaju izravan utjecaj na potrošnju primarnih izvora energije i nafte te na promjenu namjene zemljišta. Scenariji se mogu razlikovati po brojčanoj oznaci ukupnog doprinosa zračenja, što je u općem smislu mjera pojačanog efekta staklenika u odnosu na predindustrijska vremena i izražava se u vatima po četvornom metru (W m^{-2}). Najoptimističniji scenarij je RCP2.6, koji predviđa aktivnu politiku ublažavanja klimatskih promjena i posljedično niske emisije stakleničkih plinova, čiji se vrhunac očekuje početkom 21. stoljeća, a zatim će postupno početi opadati, a očekuje se da će doprinos zračenja biti 2,6 Wm^{-2} na kraju stoljeća. Stabilizacijski scenarij RCP4.5, koji se na temelju trenutačne situacije smatra umjereno optimističnim, predviđa postupno smanjenje emisija i stabilizaciju doprinosa zračenja na 4,5 Wm^{-2} do 2100. godine. Slično tome i stabilizacijski scenarij RCP6.0 doseže vrijednost od 6,0 Wm^{-2} do 2100. godine i ubrzo nakon toga se stabilizira. Najpesimističniji scenarij bez predviđenog ublažavanja klimatskih promjena je RCP8.5, koji predviđa visoke emisije stakleničkih plinova i posljedično povećanje njihova sadržaja i nakon 2100. godine, uz doprinos zračenja od 8,5 Wm^{-2} na kraju stoljeća. Za potrebe klimatske analize u budućnosti, 21. stoljeće podijeljeno je na tri razdoblja: 1. razdoblje između 2011. i 2040. (središnja godina 2025.), 2. razdoblje između 2041. i 2070. (središnja godina 2055.) i 3. razdoblje između 2071. i 2100. (središnja godina 2085.). Kako bi se pokazale prostorne razlike, prema klimatskoj klasifikaciji obrađeno je šest manjih prostornih regija unutar Slovenije: Gorje, vlažni planinski svijet, sjeveroistočna regija, jugozapadna regija, središnja regija i planinsko-prijelazna regija /74/.

Klimatske projekcije simulacija su klime Zemlje u nadolazećim desetljećima s pomoću klimatskih modela. Obično se rezultati klimatskog modeliranja izražavaju kao odstupanje od referentnog razdoblja. S obzirom na to da su klimatske projekcije uglavnom izvedene iz izračuna s nekoliko klimatskih modela, osim očekivane (medijalne) vrijednosti, u rezultatima se često navodi raspon vrijednosti (minimum i maksimum).

Na sljedećoj slici (Slika 26) prikazan je raspon vrijednosti klimatskih projekcija promjena temperature zraka i oborina za tri scenarija klimatskih projekcija za Sloveniju i „središnju regiju" u kojoj se nalazi Nuklearna elektrana Krško. Linije pokazuju izglađen medijan projekcija modela, gornji i donji rubovi omotača maksimalne i minimalne vrijednosti projekcija modela. Projekcije za „središnju" regiju neznatno se razlikuju od prosječnih vrijednosti klimatskih projekcija za područje Slovenije.



Slika 26: Prikaz tijeka promjena prosječne godišnje temperature zraka i promjene količine oborina tijekom 21. stoljeća u usporedbi s referentnim razdobljem 1981. – 2010. za scenarije RCP2.6, RCP4.5 i RCP8.5, uključujući raspon mogućih odstupanja (izvor: /74/)

Odklon (°C)	Odstupanje (°C)
Slovenija	Slovenija
Relativna količina	Relativna količina
Osrednja	Središnja

Što je veći doprinos zračenja, mogu se očekivati veće promjene u klimatskom sustavu. Scenarij stabilizacije RCP4.5, koji se na temelju sadašnje situacije smatra umjereno optimističnim i najvjerojatnijim u sljedećem stoljeću, predviđa postupno smanjenje emisija i stabilizaciju doprinosa zračenja na 4,5 W m^{-2} do 2100. godine.

Do 2100. godine klimatski scenarij RCP4.5 predviđa povećanje temperature zraka za oko 2 °C; temperatura će u početku rasti i stabilizirati se krajem 21. stoljeća. Slovenija će doživjeti znatne promjene temperature u svim godišnjim dobima, ali se očekuje da će zatopljenje krajem stoljeća biti izraženije od prosječnog godišnjeg zatopljenja, osobito zimi. U gorju, na sjeveroistoku i u središnjoj Sloveniji temperatura će zimi još naglije rasti. Zatopljenje će biti najmanje izraženo u proljeće. Za razliku od temperature, scenariji za promjene oborina su manje pouzdani, jer su vremenski i prostorno raznolikiji. Postoje velike razlike između signala promjena oborina za različite scenarije emisija, posebice za drugu polovicu 21. stoljeća. U slučaju umjereno optimističnog scenarija RCP4.5, ne očekuju se bitne promjene u početnom razdoblju na godišnjoj razini, ali se signali pojačavaju s odmakom u budućnosti. S početkom drugog razdoblja područje sve veće godišnje količine oborina na godišnjoj razini počet će se širiti od istoka prema zapadu. Do 2100. godine na cijelom području Slovenije, s izuzetkom sjeverozapada, očekuje se povećanje prosječne godišnje količine oborina za oko 10 % u odnosu na razdoblje 1981. – 2010. Na razini sezone signal promjene oborina malo je izraženiji, u slučaju umjereno optimističnog scenarija RCP4.5 porast oborina će biti najizraženiji zimi. Predviđa se da će ljeta biti sušnija u prva dva prognozirana razdoblja u usporedbi s prosjekom iz razdoblja 1981. – 2010., a čini se da će kraj stoljeća biti vlažniji. Znak sezonskih promjena oborina uvelike ovisi o tijeku emisije stakleničkih plinova. Dakle, u slučaju scenarija RCP4.5 oborine se najprije smanjuju ljeti, a povećavaju se na kraju stoljeća. Zimske oborine ne znače povećanu mogućnost snijega, jer će snježne oborine s porastom temperature zraka vjerojatno postati rjeđe.

Sažetak klimatskih scenarija za prvo (2011. – 2040.) i drugo (2041. – 2070.) tridesetogodišnje razdoblje za umjereno optimističan scenarij RCP4.5, koji pretpostavlja znatne mjere ublažavanja emisija stakleničkih plinova, u usporedbi s prosjekom iz razdoblja 1981. – 2010.:

- promjene temperature zraka:
  - 2011. – 2040.: Slovenija će se u prosjeku godišnje zagrijavati za 1 °C. Približni porast temperature od jednog stupnja očekuje se u svim godišnjim dobima osim u proljeće, gdje je očekivani porast manji od 0,5 °C;
  - 2041. – 2070.: do sredine 21. stoljeća Slovenija će se zagrijavati za 2 °C godišnje. Kao i prethodnih tridesetak godina i ovo razdoblje pokazuje prilično stalan porast temperature ljeti, jeseni i zimi te malo manje izražen porast temperature u proljeće;
- promjene oborina:
  - 2011. – 2040.: nema znatnih promjena u količini oborina na godišnjoj razini, ali se prognoziraju malo izraženiji signali promjena na razini sezone. Najizraženija promjena prognozira se za zimu, kada je vjerojatno da će količina se oborina povećati;
  - 2041. – 2070.: do sredine stoljeća promjene u oborinama će se pojačati. Na godišnjoj razini prognozira da će količina oborina porasti u polovici države, a za Z polovicu države signal povećanja oborina je slabiji. Veće promjene očekuju se na sezonskoj nego na godišnjoj razini. Signal porasta oborina zimi je sve veći u odnosu na prethodnih trideset godina, više oborina može se očekivati na jesen u I polovici države. Ljeti, posebno za J polovicu države, signalizira se smanjenje oborina, a najmanji signal promjene oborina izražen je za proljeće, pri čemu će blago porasti oborine na Z države;
- promjene potencijalne evapotranspiracije:
  - 2011. – 2040.: velike promjene potencijalne evapotranspiracije ne očekuju se u bliskoj budućnosti, a najjasniji je signal za povećanje isparavanja u jesen;
  - 2041. – 2070.: do sredine stoljeća promjene potencijalne evapotranspiracije bit će izraženije. Povećat će se na godišnjoj razini, najviše na JZ države. Povećanje potencijalne evapotranspiracije ljeti i jeseni bit će glavni doprinos promjeni na godišnjoj razini, a porast na proljeće i zimu bit će manji.

Prema klimatskim projekcijama za 21. stoljeće, u Sloveniji se mogu očekivati sljedeće promjene hidroloških prilika /74/:

- Veće se promjene srednjih godišnjih protoka u Sloveniji u odnosu na razdoblje 1981. – 2010. za sve scenarije emisija ne očekuju, s iznimkom sjeveroistoka gdje bi se protoci u umjereno optimističnom scenariju (RCP4.5) ispuštanja do kraja stoljeća mogli povećati za 30 %. U slučaju pesimističnog scenarija (RCO8.5) ispuštanja se mogu povećati i do 40 % na sjeveroistoku do sredine stoljeća.
- U usporedbi s razdobljem 1981. – 2010., prosječni godišnji vrhunci po svim scenarijima ispuštanja povećat će se u cijeloj državi, u prosjeku za 20 do 30 %. Povećanje se pojačava od bliže budućnosti prema kraju stoljeća. Najveći porast vrhunaca bit će na sjeveroistoku zemlje, gdje će u slučaju umjereno optimističnog scenarija ispuštanja iznositi do oko 30 %. U slučaju pesimističnog scenarija ispuštanja će porasti krajem stoljeća biti između 20 i 40 % na gotovo svim vodomjernim postajama. Prema umjereno optimističnom i pesimističnom scenariju, promjene srednjih malih tokova su prostorno nedosljedne i samo u nekim dijelovima sjeverne polovice Slovenije pokazuju znatan porast od oko 20 %.
- Za godišnje vrhunce protoka velikih voda sa 100-godišnjim povratnim razdobljem u usporednom razdoblju, u svim scenarijima emisija očekuje se povećanje 100-godišnjih razina za sva buduća razdoblja u usporedbi s 1981. – 2010., uglavnom u cijeloj državi. U slučaju scenarija ispuštanja RCP2.6, najveći porast bit će u istočnom dijelu države i na jadranskim rijekama. U slučaju scenarija ispuštanja RCP 4.5 i RCP8.5 povećanje 100-godišnjih velikih protoka nije tako visoko kao u scenariju RCP 2.6. Veća povećanja očekuju se na sjeveroistoku države.

Tablica (Tablica 24) prikazuje klimatske projekcije temperature i oborina za „središnju regiju", za 2025. kao središnju godinu razdoblja 2011. – 2040. i za 2055. kao središnju godinu razdoblja 2041. – 2070. Navedene su projekcije za sva tri klimatska scenarija (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) i iskazane kao odstupanje od referentnog razdoblja 1981. – 2010. Zbog jednostavnosti u tablici (Tablica 24) nisu navedene minimalne i maksimalne vrijednosti, nego su prikazane samo srednje vrijednosti klimatskih projekcija.

Sve klimatske projekcije pokazuju trend zatopljenja u 21. stoljeću, pri čemu je porast temperature u drugoj polovici 21. stoljeća posebno snažan za scenarij RCP8.5. Osim porasta prosječnih i maksimalnih dnevnih temperatura zraka, zatopljenje u 21. stoljeću utječe i na porast toplih temperaturnih indeksa (broj toplih dana, broj vrućih dana, broj tropskih noći) i smanjenje hladnih temperaturnih indeksa (broj hladnih dana, broj ledenih dana) kako je prikazano u tablicama (Tablica 24, Tablica 25).

Trend promjene količine oborina nije jednoznačan u svim modelima, što se može vidjeti i na slici (Slika 26), gdje vrijednosti manje od 1 upućuju na trend smanjenja, a vrijednosti veće od 1 upozoravaju na trend povećanja količine oborina. Iako većina klimatskih projekcija pokazuje povećanje količine oborina, neke upozoravaju na smanjenje oborina, posebno sredinom 21. stoljeća za scenarij RCP2.5. Srednja vrijednost projekcija za sve klimatske scenarije pokazuje povećanje prosječne količine oborina i maksimalne dnevne količine, kao i na povećanje broja dana s oborinama većima od 10 mm. Za razliku od temperaturnih indeksa koji imaju jasan trend zatopljenja, indeksi oborina nemaju jasno izražen trend smanjenja trajanja sušnih razdoblja (CDD) i povećanja trajanja vlažnih razdoblja (CWD), kao što je prikazano u tablici (Tablica 24).

Tablica 24: Klimatske projekcije promjena temperature i oborina za „središnju" regiju izražene kao odstupanja od razdoblja 1981. – 2010. (izvor podataka: /75/, /76/)

	RAZDOBLJE 2011. – 2040. (za središnju 2025.)			RAZDOBLJE 2041. – 2070. (za središnju 2055.)		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Prosječna temperatura (°C)	0,8	0,8	0,8	1,1	1,4	1,8
Prosječna dnevna najviša temperatura (°C)	0,8	0,8	0,8	1,1	1,4	1,7
Prosječna dnevna najniža temperatura (°C)	0,9	0,8	0,8	1,2	1,4	1,8
Broj toplih dana (SU)	11,4	10,5	11,2	13,9	19,9	22,5
Broj vrućih dana	7,7	5,9	6,4	7,6	12,7	14,3
Broj tropskih noći (TR)	1,3	1,6	1,7	2,3	5,0	7,7
Broj hladnih dana (FD)	-10,9	-9,0	-9,3	-16,2	-16,7	-23,5
Broj ledenih dana (ID)	-3,1	-3,6	-3,9	-4,9	-7,4	-9,4
Količina oborina (%)	4	4	3	7	6	10
Maksimalna dnevna količina oborina mjesečno (Rx1day) (%)	3,0	4,8	4,4	6,9	9,3	12,4
Broj dana u godini s više od 10 mm oborina (R 10 mm)	1,2	0,8	0,2	2,1	1,5	2,6
Duljina najduljeg sušnog razdoblja u godini (CDD) (broj dana)	-1,1	-0,3	0,3	-1,2	0,3	-0,5
Duljina najduljeg vlažnog razdoblja u godini (CWD) (broj dana)	0,0	-0,1	-0,1	0,3	0,0	-0,1

Promjene prosječnog godišnjeg protoka tijekom 21. stoljeća za rijeku Savu ne pokazuju velike razlike između pojedinih scenarija ispusta /70/. Tablica (Tablica 25) daje pregled promjena hidroloških pokazatelja za sva tri klimatska scenarija (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) u dva klimatska razdoblja (2011. – 2040. i 2041. – 2070.) te prikazuje njihovu statističku značajnost. Promjene malih protoka kreću se u rasponu od -5 % do 5 % za sva tri klimatska scenarija (RCP2.5, RCP4.5, RCP8.5) u oba klimatska razdoblja (2011. – 2040. i 2041. – 2070.) i nisu statistički važne. Samo promjene u razdoblju 2041. – 2070. ocijenjene su kao statistički važne, i to: povećanje prosječnog protoka do 20 % za klimatski scenarij RCP8.5 te povećanje velikih protoka do 20 % za scenarije RCP4.5 i RCP8.5.

Tablica 25: Klimatske projekcije hidroloških varijabli za lokaciju Sava – Čatež (izvor: /77/)

	RAZDOBLJE 2011. – 2040.			RAZDOBLJE 2041. – 2070.		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Srednji protok	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	+5 % – +20 %	+5 % – +20 %	+5 % – +20 %
Veliki protok	5 % – +20 %	5 % – +20 %	5 % – +20 %	5 % – +20 %	5 % – +20 %	5 % – +20 %
Srednji mali protok	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**	**-5 % – +5 %**

Oznaka:

Međutim, niski stupanj pouzdanosti upozorava na bitne razlike u klimatskim modelima, što dovodi do oprečnih rezultata.

Međutim, stupanj pouzdanosti „bez promjene" može se shvatiti da skup primijenjenih kombinacija modela upućuje na malu, statistički beznačajnu promjenu, koja je vjerojatno prikrivena prirodnom varijabilnosti klime.

Visoki stupanj pouzdanosti znači da se vrlo vjerojatno mogu očekivati promjene u određenom smjeru.

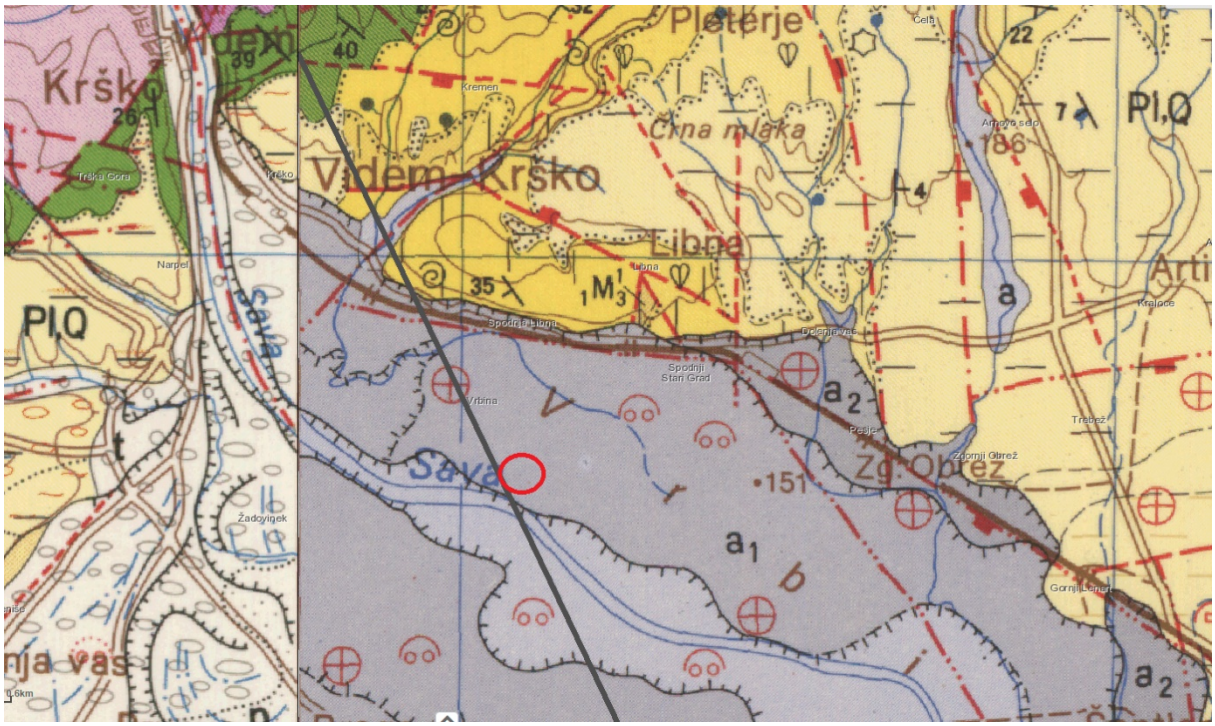
4.1.3 Geološke i hidrogeološke karakteristike područja

4.1.3.1 Geološke karakteristike

Lokacija zahvata nalazi se na području Krškog polja. U geotektonskom smislu, šire područje Krškog leži na sjeverozapadnom rubu lijevo nagnute Srednjomađarske zone, u blizini jugoistočne granice Savskog tektonskog klina s Posavskim nabranim gorjem orijentiranim na istok-zapad. Glavne (vodeće) strukture Srednjomađarske zone su SZ orijentirani rasjedi s pomakom („balatonski"). Vodeća (glavna) struktura ove rasjedne zone s pomakom na lijevo je rasjed Sveta Nedelja, na južnom rubu Gorjanaca i Zagrebački rasjed uz južni rub Medvednice. Rasjed Sveta Nedelja nastavak je Zagrebačkog rasjeda. Orliški rasjed je najsjeverozapadniji od balatonskih rasjeda i izražava postbadensku aktivnost pomaka na lijevo, smatra se vanjskom granicom Srednjomađarske zone pomaka. Učestalost balatonskih rasjeda raste od Orliškog rasjeda prema JI.

Krška sinklinala je najvažnija plikativna struktura u rubnom dijelu Srednjomađarske zone. Prema seizmičkim i gravimetrijskim istraživanjima te brojnim bušotinama, krška sinklinala ima sjeveroistočni smjer u središnjem dijelu Krške kotline i skreće na zapad u smjeru istok-zapad kako se približava JZ nastavku Orliškog rasjeda. Središnji i istočni dio Krške sinklinale nije paralelan s balatonskim rasjedima, jer međusobni kut iznosi oko 30 °. Ako uzmemo u obzir karakter balatonskih rasjeda s pomakom u lijevo, Kršku sinklinalu možemo shvatiti kao „fault-flank depresiju" između ili u vezi s Orliškim i Artiškim rasjedima prema sjeveru i grupu subparalelnih balatonskih rasjeda južno od sinklinale, koji su uočeni na Gorjancima /82/.

Šire područje lokacije čini Krška kotlina u kojoj ispod Krške sinklinale tercijarnih sedimenata leže sedimenti iz mezozoika nepoznate debljine. Najstariji tercijarni sediment je ottnangski glinoviti silikatni šljunak s ugljenom. Srednje je do vrlo velike granulacije. Slijedi erozivno neskladno taloženi masivni vapnenac badenske starosti, ponegdje prekriven vapnenačkim sarmatijskim resedimentima. Ti sedimenti su u Krškoj kotlini prekriveni debelim pokrovom sarmatijskih klastita sitne granulacije debljine više od 1000 m (dobro konsolidirani glinokarbonatni mulj, mulj, pjeskovit mulj i pijesak sitne granulacije), panonske i pontske starosti. Posljednja i najmlađa jedinica ovog područja je pokrov pliokvartarnih klastita: savski šljunak srednje do krupne granulacije, različite debljine. Debljina posljednjeg kvartarnog savskog nanosa je mala, do 15 m.



Slika 27: Isječak iz osnovne geološke karte 1:100.000, s naznačenim mjestom zahvata (izvor: /79/)

4.1.3.2 Geološke karakteristike na lokaciji zahvata

Geološki uvjeti za predviđenu lokaciju sažeti su prema „Geological – geotechnical Report For Dry Storage Building – DSB" (IRGO) /80/.

Gornji sloj (IG0b) umjetnog nasipa, označen kao NA, srednje je do vrlo gust pješčani šljunak.

Nakon toga slijedi tanak sloj gline kvartarnih nanosa (IG1a), koji leži ispod umjetnog nasipa, debljine 1 – 2,0 m. Označen je kao CL, SM i niskoplastični glina i mulj.

Ispod gline je vrlo tanak sloj mulja i pijeska (IG1b) s oznakom SM. Relativno debeo sloj šljunka s pijeskom (IG1c) – GW, GM je sljedeći sloj, srednje gust do gusto zbijen.

Osnovni sloj čine miocenske gline i naslage mulja (IG2a), vrlo tvrde do vrlo guste (ML) konzistencije.

4.1.3.3 Hidrogeološke karakteristike

Lokacija NEK-a nalazi se na sjeverozapadnom rubu Krško-brežičkog polja na lijevoj obali rijeke Save, nekoliko kilometara nizvodno od grada Krškog. Geološki je to vrlo kompleksno granično područje Dinarida, alpskih struktura i Panonskog bazena. Najstarije registrirane stijene na površini terena potječu iz razdoblja perma i trijasa i čine jezgre antiklinalnih oblika u rubnim dijelovima Krško-brežičkog polja /154/.

Depresija Krško-brežičkog polja nastala je u ranoj fazi neogena kao dio Paratethysa u široj Panonskoj depresiji na sjeveroistočnoj strani Dinarske platforme, koja je svojim podizanjem razdvojila nekadašnje more Tethys na Panonski i Jadranski bazen. S obzirom na to, Krško-brežičko polje u neogenu je bilo dio Panonskog sedimentnog područja i slojevi neogenske starosti mogu se kontinuirano pratiti u smjeru Hrvatskog zagorja od Krško-brežičke depresije prema sjeveroistoku. Karbonatni i klastični slojevi rubova depresije djelomično su prekriveni neogenskim slojevima koji su transgresivni na starijoj podlozi.
Slojevi neogenske starosti (M, Pl) litološki su pretežno klastični, započinju pješčanim i glinovitim slojevima miocenske starosti. Ukupna debljina neogenskog sloja procjenjuje se na 700 m /158/.

Prijelaz u geološko razdoblje kvartara vidljiv je na površini terena nakon erozivnih ostataka pliokvartarne starosti u gornjem dijelu grebena Libne. Riječ je o silikatnim muljevito-pješčanim slojevima čija se rasprostranjenost može očekivati po cijelom Krško-brežičkom polju u različitim debljinama, ovisno o morfologiji sedimentacijskog bazena na prijelazu iz neogena u kvartar. Kraj neogena i početak kvartara u Dinaridima karakterizira stvaranje depresija s površinskim pritocima vode iz izravnih slivnih područja i stvaranje „zatvorenih" jezera – močvara. Povećanje količine vode tijekom ledenih doba rezultiralo je intenziviranjem procesa urušavanja, širenja riječnih slivova i povezanosti krških vodnih sustava s poniranjem vode i njezinim ponovnim izviranjem na nižim razinama sliva. Slično se događalo tijekom pleistocena na Krško-brežičkom polju, gdje su sedimenti pliokvartarne starosti ispunjavali depresije u reljefu.

U holocenu su zbog znatnog porasta površinskih voda u slivovima rijeka Save i Krke njihovi tokovi prodrli iz danas udaljenih dijelova sliva stvarajući takozvanu treću riječnu terasu, koja je nastala taloženjem nanosa obiju rijeka. Druga riječna terasa se proteže uzduž većeg dijela toka rijeke Save, a prva terasa uzduž njezina cijelog toka. To su uglavnom šljunkovito-pjeskoviti sedimenti debljine od 7 do 20 m, prosječne debljine oko 12 m /158/.

Tektonika je vrlo složena zbog dodira dvaju makrostrukturnih oblika Alpa i Dinarida /156/). Otvaranje Panonskog bazena počelo je na prijelazu iz oligocena u rani miocen izdizanjem karbonatne platforme Dinarida, čime su odvojeni Jadranski i Panonski bazen. Važnu ulogu u otvaranju „velikog" Panonskog bazena i lokalnih bazena odigralo je regionalno pomicanje strukturnih blokova u smjeru sjeveroistoka uzduž rasjeda Medvednice. Na taj je način u srednjem miocenu otvoren sedimentacijski bazen širine od Novog Mesta u smjeru Hrvatskog zagorja, a u toj zoni je se i Krško-brežičko polje.

Hidrogeološki odnosi izravno su povezani s geološkim karakteristikama terena – litološkim i tektonskim odnosima. Na širem području Krško-brežičkog polja i dalje nizvodno do Zagrebačkog vodonosnika u Republici Hrvatskoj razlikuju se tri osnovne skupine stijena i sedimenata različitih hidrogeoloških karakteristika. Riječ je o središnjim do slabo vodopropusnim stijenama pukotinske poroznosti na području okolnih brda, zatim potpuno vodonepropusnim finim klastičnim sedimentima neogenske starosti i vodopropusnim klastičnim sedimentima kvartarne starosti.

Stijene okolnih brda čine osnovu pretežno klastičnih sedimentnih stijena neogenske starosti Panonskog bazena. Na jugoistočnoj strani Krško-brežičkog bazena radi se o antiklinalnom obliku Žumberačke gore u litološkom smislu izmjene klastita, dolomita i manje vapnenca, što cijeli ovaj kompleks svrstava u skupinu srednje do slabo vodopropusnih stijena. Posljedica toga je nedostatak velikih krških izvora uzduž desne obale rijeke Krke koja teče Krško-brežičkim poljem uzduž sjevernih padina Žumberačke gore. Sjeverozapadna strana Krško-brežičkog polja slične je geološke strukture kao i jugoistočna. Antiklinalni oblik dominira s dolomitima trijasne starosti u jezgri širenja od Krškog do Bizeljskog, gdje postupno „tone" ispod slojeva neogenske starosti dijela Panonskog bazena. Riječ je o stijenama pukotinske poroznosti čija je vodopropusnost ograničena zbog velike mase klastičnih stijena, kao i stvaranje aktivnih vodonosnika. Ni na ovom području nema jačih izvora podzemnih voda, odvodnja oborinskih voda je uglavnom površinska, s bujičnim vodotocima prema rijeci Savi /154//157/.

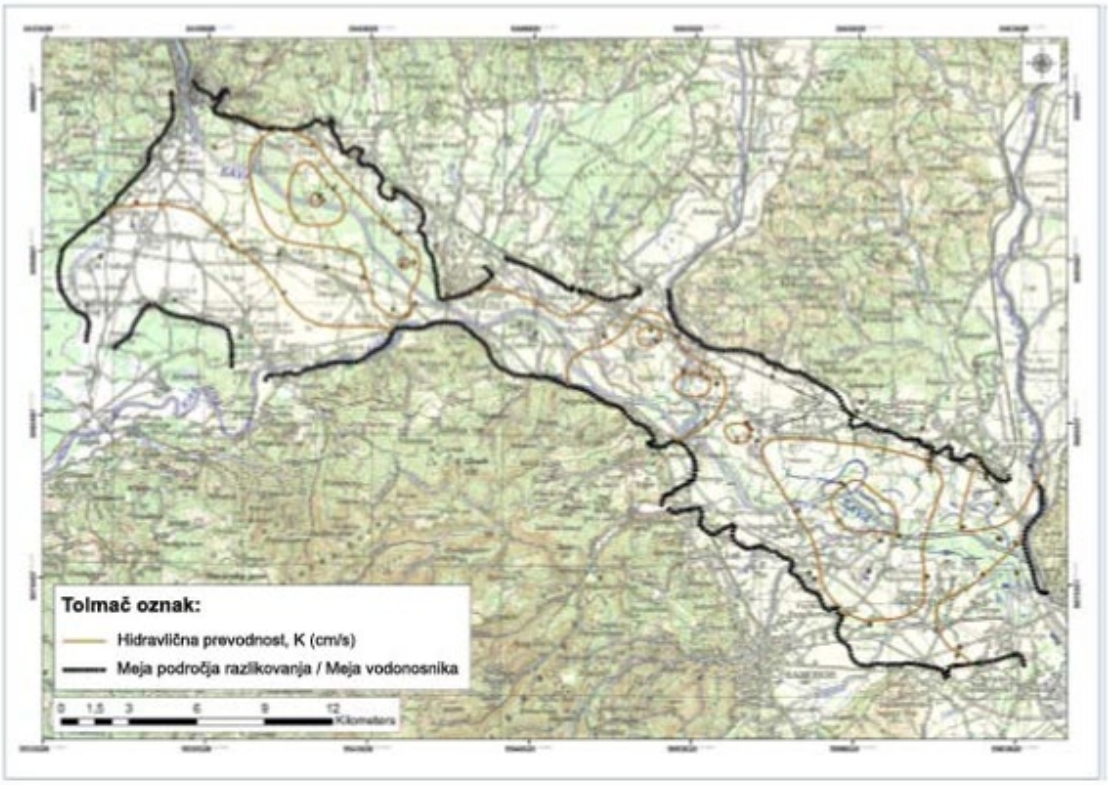
Finoklastični slojevi neogenske starosti i ukupne debljine iznad 700 m ispunjavaju depresiju Krško-brežičkog polja, što je utvrđeno geofizičkim ispitivanjima /158/. U hidrogeološkim studijama za potrebe vodoopskrbe i drugih zahvata u vodoprivredi najveći dio klastičnih slojeva neogenske starosti, osim litotamnijskih vapnenaca, smatra se vodonepropusnom cjelinom. Ispitivanja hidrauličke provodljivosti s eksperimentalnim pumpama u blizini NEK-a pokazale su vrijednosti hidrauličke provodljivosti neogenskih slojeva oko $3x10^{-7}$ m/s /159/.

Klastični slojevi pliokvartara i kvartara nastali su nanosima rijeka Save i Krke. Slojevi pliokvartarne starosti u litološkom smislu mješavina su šljunka, pijeska, mulja i gline te ispunjavaju uglavnom depresije u reljefu, izgrađenom od neogenskih sedimenata. Nastali su erozijom i otjecanjem iz lokalnih slivova Krško-brežičke depresije i nanosa eolskih materijala, što je razlog većeg sadržaja gline u sedimentu s relativno niskim vrijednostima hidrauličke provodljivosti od 1×10^{-6}do 1×10^{-8}m/s. Slojevi kvartarne starosti (holocen) rezultat su „proboja" rijeke Save iz alpskog područja bogatog oborinama do Krško-brežičkog polja i dalje nizvodno do Dunava. Litološki je riječ o klasičnom šljunkovitom aluvijalnom nanosu rijeke Save i djelomično njezina desnog pritoka Krke na području Brežica, debljine od 7 do 20 m. Hidraulička provodljivost aluvijalnog nanosa rijeke Save je visoka i varira od 1×10^{-1} do 1×10^{-3} m /160/.

Posljedica opisanih geoloških i hidrogeoloških uvjeta Krško-brežičke depresije je da je jedini aktivni vodonosni sustav povezan je s aluvijalnim nanosom rijeke Save i samom rijekom Savom, koja je glavni nositelj vode iz udaljenog planinskog područja bogatog oborinama i glavna drenaža za održavanje uravnoteženog odnosa s „lokalnim" podzemnim vodama u Krško-brežičkom polju. Rijeka Sava također jako utječe na praktični vodonepropusni fini klastični sloj neogenske starosti, što potvrđuju istovremena mjerenja razine podzemnih voda u dubokim neogenskim i plićim kvartarnim slojevima 2009. i 2010. godine. Ona su pokazala sličnost potencijala podzemnih voda u oba vodonosnika /159/, što izravno ne utječe na opću hidrogeološku sliku područja polja.

Rijeka Sava na području Krškog ulijeva se u široku dolinu do Brežica i nakon ulijevanja Krke u Savu ponovno se sužava te nakon Brežica otvara prema Čatežu i dalje nizvodno prema Samoborskom bazenu u Republici Hrvatskoj, do suženja vodonosnika između Medvednice i Samoborskog gorja /160/.

S hidrogeološkog stajališta riječ je o povezanim vodonosnicima s proširenjima nizvodno od Krškog i preko Čateškog polja do Samoborskog i na kraju Zagrebačkog vodonosnika, gdje je rijeka Sava s povezanim podzemnim vodonosnicima na neki način „koridor" između Krško-brežičkog i Zagrebačkog vodonosnika. Uzduž navedenog koridora vodonosnika izgrađena su brojna vodoopskrbna crpilišta u Republici Sloveniji i Republici Hrvatskoj.

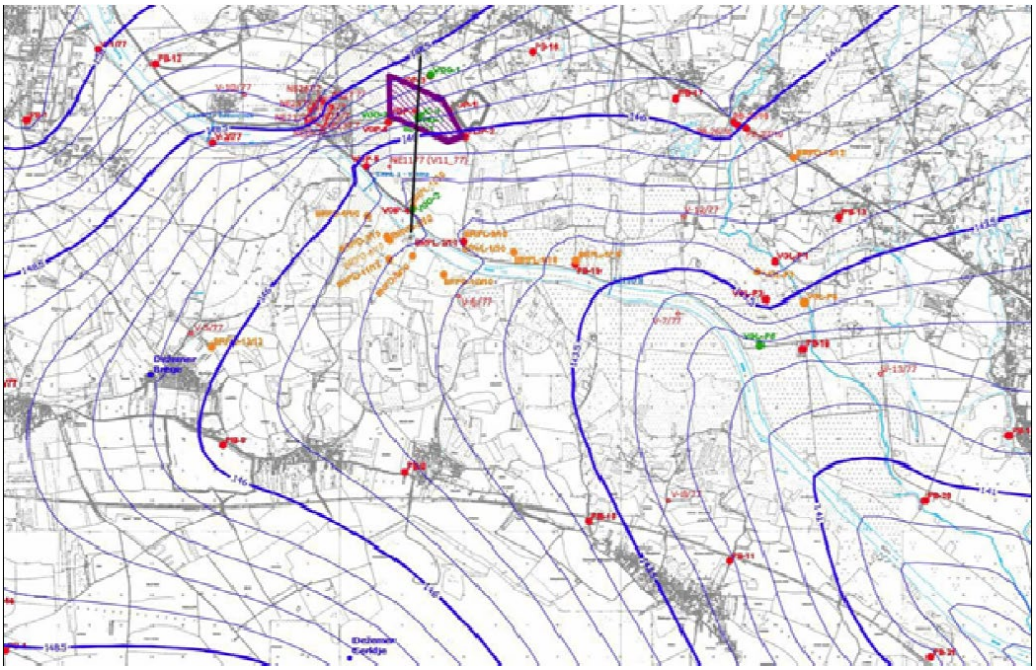


Slika 28: Granice vodonosnika od Krškog do kraja Samoborskog vodonosnika s dijeljenjem hidrauličke provodljivosti vodonosnika (izvor: /160/)

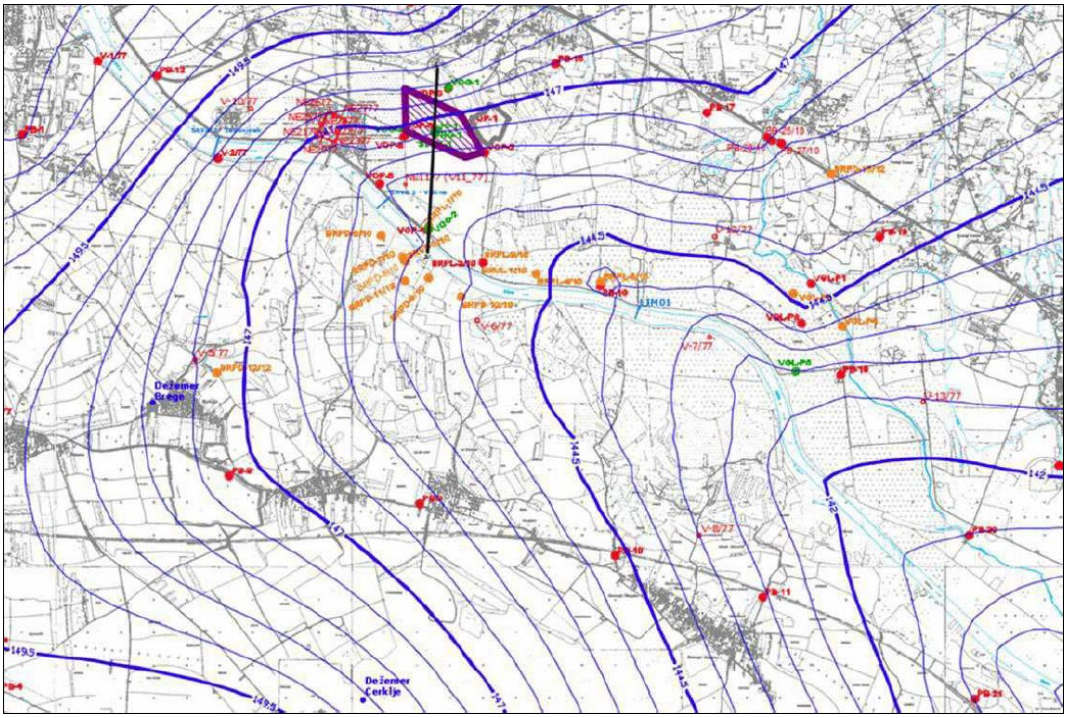
Tolmač oznak:	Tumač oznaka
Hidravlična prevodnost, K (cm/s)	Hidraulička provodljivost, K (cm/s)
Meja področja razlikovanja / Meja vodonosnika	Granica područja razlikovanja / granica vodonosnika

Raspodjela hidrauličke provodljivosti aluvijalnih naslaga uzduž rijeke Save (Slika 28) pokazuje da su najviše vrijednosti (K = 4 cm/s) u središnjem dijelu Krško-brežičkog polja, kao i u središnjem dijelu Samoborskog bazena. Hidraulička provodljivost aluvijalnog nanosa rijeke Save opada u smjeru „sužavanja" vodonosnika na području Brežica, Čateškog polja i na prijelazu iz Samoborskog u Zagrebački vodonosnik. /160/.

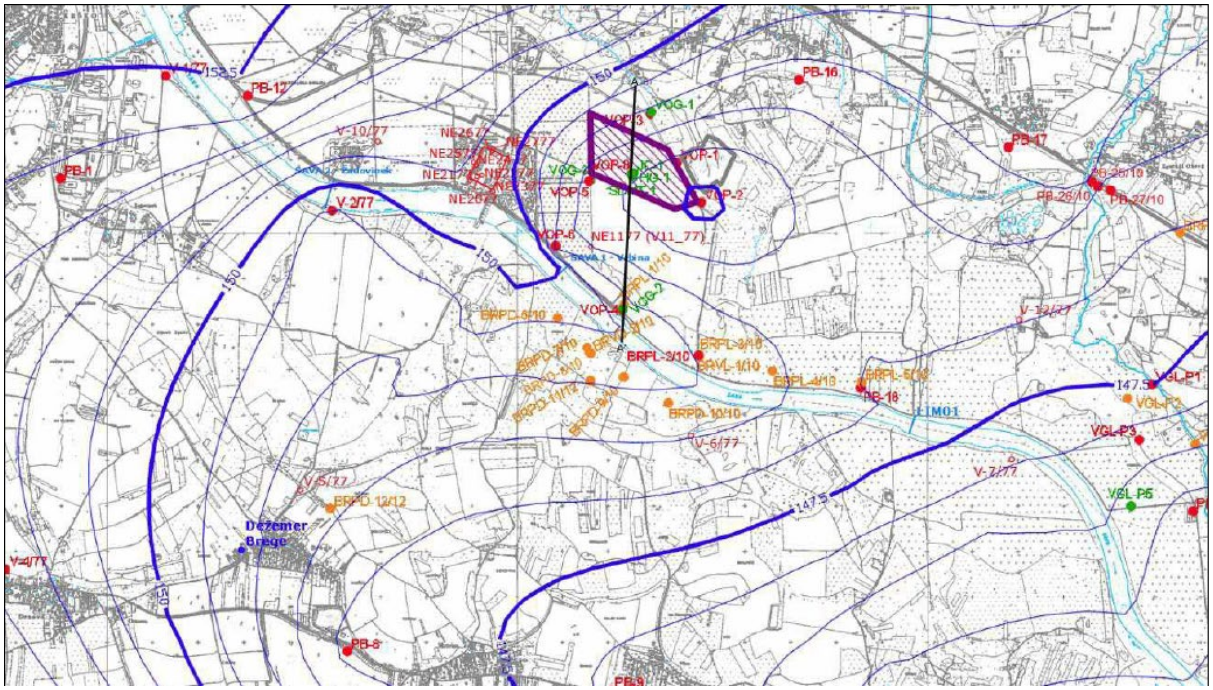
Smjer toka podzemne vode u aluvijalnom vodonosniku je globalno jug i jugoistok u hidrološkim uvjetima pri niskom i srednjem vodostaju (Slika 29 i Slika 30). Iznimka se javlja kod visokog vodostaja rijeke Save, kada rijeka cijelom svojom dužinom napaja aluvijalni vodonosnik (Slika 31).



Slika 29: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za niske vode (izvor: /189/)



Slika 30: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za srednje vode (izvor: /189/)



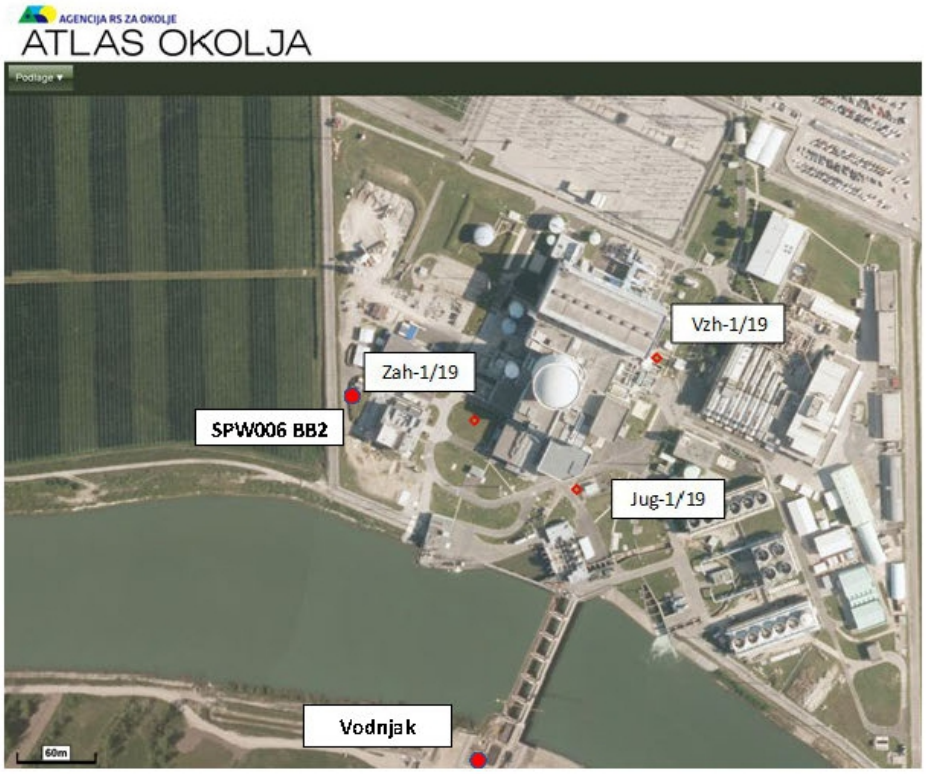
Slika 31: Karta izohipsa podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku za visoke vode (izvor: /189/)

Nuklearna elektrana Krško izgrađena je na lijevoj obali rijeke Save u dijelu aluvijalnog vodonosnika. Uz elektranu na toj rijeci izgrađena je brana kojom je podignut vodostaj rijeke zbog mogućnosti gravitacijske opskrbe NEK-a potrebnom rashladnom vodom. Usporavanje vode rijeke Save na brani rezultira porastom razine podzemne vode na lijevoj i desnoj obali uzvodno od NEK-a i opskrbom podzemnih voda u svim hidrološkim uvjetima (niski, srednji i visoki vodostaj).

Nuklearna elektrana Krško projektirana je na lijevoj obali rijeke Save u obliku „otoka" izgrađenog s pomoću injekcijske zavjese dimenzija 144,0 x 192,0 m, unutar kojeg su sve instalacije i pogon NEK-a /161/. Kota vrha injekcijske zavjese izgrađena je na 154,5 m n. v., kota dna na 141,0 m n. v. ili ukupne dubine 13 m, čime je NEK gotovo izoliran od kvartarnog vodonosnika visoke vodopropusnosti. Izgradnjom HE Brežice zabilježen je porast maksimalnih voda rijeke Save do kote od 153,20 m n. v. u odnosu na maksimalni vodostaj rijeke Save od 151,21 m n. v. prije izgradnje HE Brežice.

U sklopu kontrole rada injekcijske zavjese, uz bočne strane injekcijske zavjese s unutarnje i vanjske strane, tijekom 2009. godine izbušeni su parovi piezometarskih bunara te su izvršena paralelna mjerenja razine podzemnih voda unutar i izvan injekcijske zavjese. Zabilježen je pad potencijala Δh od 0,3 do 1,3 m, na različitim stranama injekcijske zavjese.

Negativan gradijent podzemnih voda u odnosu na područje NEK-a okruženo injekcijskom zavjesom i okolni prostor pokazuje da su tokovi podzemnih voda „zaobišli" zaštićeno područje NEK-a i teku bez izravnog utjecaja prema rijeci Savi, koja drenira podzemne vode na svojoj lijevoj obali /155/.



Slika 32: Lokacije bunara: bunar na desnoj obali Save, bunar unutar prostora injekcijske zavjese (bunar 1/19), bunar SPWW006 BB2 (izvor: /163/, /276/)

Na svim parovima piezometara postoji razlika u razini podzemne vode, a najmanja je na jugoistočnoj strani NEK-a, što može upućivati na najmanji otpor protoku podzemne vode s ove strane injekcijske zavjese. U svakom slučaju, zabilježena je malo niža razina podzemne vode u gabaritima injekcijske zavjese, no izgradnjom HE Brežice razina površinskih i podzemnih voda uglavnom je porasla za oko 1 m. Kako bi se održavala razina podzemne vode na razinama prije izgradnje HE Brežice, Direkcija za vode Republike Slovenije izdala je 2020. godine vodopravnu dozvolu za izvođenje triju bunara unutar prostora injekcijske zavjese s maksimalnim dopuštenim pumpanjem od 5,0 l/s u pojedinačnom bunaru, odnosno ukupno 70.000 m^3/godišnje po bunaru (Slika 32) /163/. Bunari su izvedeni i izvršena su probna pumpanja. Debljina kvartarnog vodonosnika na lokacijama bunara je oko 3,2 m, propusnost je 2,3 x 10^{-3} m/s. Na taj se način održava razina podzemne vode unutar prostora omeđenog injekcijskom zavjesom na razini na kojoj je bila prije.

Unutar ograde NEK-a od 9. rujna 2021. godine u uporabi je još jedan bunar dubine oko 13 m. Uzimanje vode iz bunara je u rasponu maksimalno od 8,0 l/s i maksimalno do 230 m^3/god. Srednja vrijednost koeficijenta propusnosti dobivena probnim pumpanjem je 1,4*10 – 2 m/s. Sukladno vodopravnoj dozvoli /276/ kontrola utjecaja na vodni režim provodi se mjerenjem trenutačne i ukupne prikupljene vode najmanje jednom dnevno, provođenjem mjerenja razine podzemnih voda najmanje jednom dnevno. Iz mjerenja mora biti evidentna razina podzemne vode tijekom mirovanja bunara i tijekom pumpanja.

4.1.3.4 Vodno tijelo podzemne vode Krška kotlina

Na području Republike Slovenije definirana su **dva osnovna vodna područja – Dunavski i Jadranski sliv**. U sustavu otjecanja voda s područja Slovenije, po svojim dimenzijama i količinama, dominira Dunavski sliv s najvećim rijekama u Sloveniji: Savom, Dravom i Murom s pritocima. Najveći riječni sliv u Sloveniji ima rijeka Sava, koja izvire u Alpama i teče po središnjem dijelu Republike Slovenije do granice s Republikom Hrvatskom. Kod grada Krškog ulijeva se u **Vodno tijelo podzemne vode *VTPodV_1003 Krška kotlina,*** koja obuhvaća cijelo Krško-brežičko polje /164/. Obuhvaća površinu veličine 96,76 km^2. Širina je oko 9 km, a dužina oko 18 km. Prema planu upravljanja vodnim

područjima iz 2016. godine, VTPodV_1003, Krška kotlina je jedno od tijela podzemnih voda procijenjeno kao izrazito ranjivo /164/.

Unutar sklopa VTPodV_1003 Krška kotlina identificirana su tri tipična vodonosnika. Prvi je **međuzrnski (intergranularni) aluvijalni** nastao nanosima rijeka Save te Krke i njezinih pritoka. To su veliki i lokalni vodonosnici sa srednjim do visoko obilnim prinosom. Drugi vodonosnik ili skupina **vodonosnika nastala je u pleistocenskim i tercijarnim sedimentima** ispod aluvijalnih nanosa rijeke Save. Riječ je o međuzrnskim velikim i lokalnim vodonosnicima slabog do srednjeg prinosa. Treći vodonosnik ili skupina vodonosnika nastala je u **karbonatnim stijenama** na podlozi tercijarnih slojeva i u njima su nastali **termalni vodonosnici.** Vodonosnici u karbonatnim stijenama su kraškog tipa/s pukotinama. Mogu biti veliki i lokalni, niskog do visokog prinosa.

U VTPodV_1003 Krškoj kotlini postoji jedno veće crpilište podzemne vode Brege (oko 60 l/s) za opskrbu grada Krškog vodom i 8 manjih lokalnih crpilišta. Crpilište Drnovo trenutačno nije u uporabi zbog visokih nitrata. Za crpilišta pitke vode definirana su vodozaštitna područja. Vodozaštitno područje najvećeg crpilišta Brege proteže se do rijeke Save uzvodno i nizvodno od brane NEK-a.

Izgradnjom akumulacije HE Brežice promijenjene su hidrološke i hidrogeološke prilike u VTPodV_1003 Krška kotlina. Izgradnjom brane usporeno je otjecanje vode rijekom Savom prema Brežicama, što usporava protok vode do kote od 153,20 m – maksimalnog nivoa akumulacijskog jezera volumena oko 3.120.000,0 m^3. Svi prateći objekti uz branu HE Brežice i uzvodni dio akumulacije napravljeni su kako bi se očuvao odnos između jezera, podzemnih voda i biosfere u prvotnom stanju. Uz sjeveroistočnu i jugozapadnu stranu jezera izgrađeni su nasipi koji ograničavaju nekontrolirano širenje jezerskog prostora na područje Krške kotline. Propuštanje kroz nasipe s obje strane jezera riješeno je odvodnim kanalima uz nasipe, gravitacijskim otjecanjem u rijeku Savu nizvodno od brane. Nasip uz NEK, od brane do kote od 154,5 m, ima sve karakteristike visokovodnih energetskih nasipa bez istjecanja vode na lijevu obalu. Uzvodno od brane NEK-a na desnoj obali rijeke Save izgrađen je objekt za obogaćivanje podzemnih voda, koje teku u smjeru crpilišta pitke vode na desnoj obali rijeke i crpilišta NEK-a. Opisanim načinom zaštićeno je šire područje NEK-a od projektiranog visokog vodostaja akumulacije HE Brežice, povećana je infiltracija rijeke Save u desnu obalu, gdje su važna crpilišta pitke vode te je osiguran odnos prema podzemnim vodama na obje obale s povišenim razinama od oko 1 m.

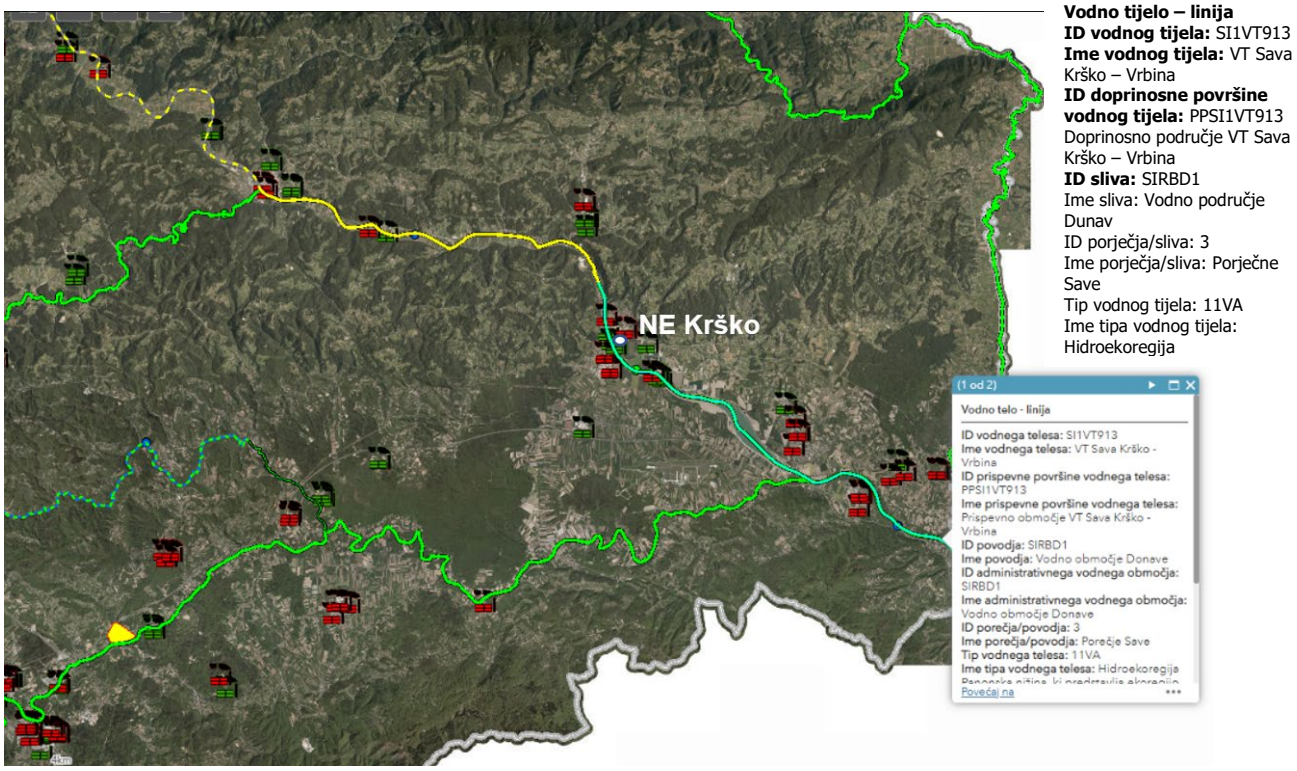
4.1.4 Površinske vode

Vodno tijelo površinskih voda u koje se ispuštaju otpadne vode NEK-a i koje elektrana koristi za tehnološke potrebe i hlađenje je vodno tijelo Sava Krško – Vrbina (Slika 33). U skladu s Pravilnikom o određivanju i klasifikaciji površinskih vodnih tijela (Službeni list Republike Slovenije, br. 63/05, 26/06, 32/11 i 8/18) u tablici (Tablica 26) su navedene karakteristike ovog vodnog tijela.

Tablica 26: Karakteristike vodnog tijela Sava Krško – Vrbina (izvor: /93/)

Šifra	Sliv	Površinsk. voda	Vodno tijelo	Vrsta	Klasif. po tipu	Kriteriji koji se koriste za definiranje vodnoga tijela				
						Vrsta	Važna hidromorf. promjena	Prekid	Važna antropog. fizička promjena	Važno drukčije stanje
SI1V T913	Sava	Sava	VT Sava Krško – Vrbina	V	11VA	x	x			

V – veliko doprinosno područje (više od 10 000 km^2), 11 – Hidroekoregija Panonska nizina, koja je 11. mađarska nizina prema Illiesu, A – vapnenačka



Vodno tijelo – linija
ID vodnog tijela: SI1VT913
Ime vodnog tijela: VT Sava Krško – Vrbina
ID doprinosne površine vodnog tijela: PPSI1VT913
Doprinosno područje VT Sava Krško – Vrbina
ID sliva: SIRBD1
Ime sliva: Vodno područje Dunav
ID porječja/sliva: 3
Ime porječja/sliva: Porječne Save
Tip vodnog tijela: 11VA
Ime tipa vodnog tijela: Hidroekoregija

Slika 33: Područje VP Sava Krško – Vrbina (izvor: /61/)

Kvaliteta rijeke Save ocjenjuje se na temelju redovitog monitoringa koji provodi Agencija za okoliš Republike Slovenije. Prema podacima ARSO-a, kemijsko stanje rijeke Save u vodnom tijelu VT Sava Krško – Vrbina ocijenjeno je dobrim od 2009. do 2013. godine, s visokom stupnjem pouzdanosti, a prema parametru živa u organizmima ocijenjeno je kao loše, s niskim stupnjem pouzdanosti (kemijsko stanje za ovaj parametar ocjenjuje se kao loše za sva vodna tijela osim VT Krupa).

Od 2009. do 2015. godine ekološko stanje rijeke Save na vodnom tijelu VT Sava Krško – Vrbina ocijenjeno je dobrim s visokim stupnjem pouzdanosti, kao i njezino ekološko stanje s obzirom na sadržaj posebnih onečišćujućih tvari (/166/).

U Planu upravljanja vodama na vodnom području sliva Dunava za razdoblje 2016. – 2021. (NUV 2) stanje ovoga vodnog tijela ocijenjeno je u skladu s navedenim rezultatima monitoringa.

Za Plan upravljanja vodama 2022. – 2027. dana je ocjena stanja vodnih tijela na temelju podataka monitoringa u razdoblju od 2014. do 2019. godine.

Za Plan upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2022. – 2027. (NUV 3) /283/, koji je u izradi, daje se ocjena stanja vodnih tijela na temelju podataka monitoringa za razdoblje od 2014. do 2019. godine. Pregled procjene stanja NUV 3 za VT Sava Krško – Vrbina i susjedna vodna tijela Sava Boštanj – Krško i Sava granična dionica prikazan je u tablicama ispod (Tablica 27, Tablica 28 i Tablica 29). Stanje vodnoga tijela Sava Krško – Vrbina za specifične onečišćujuće tvari ocjenjuje se kao vrlo dobro s visokim stupnjem pouzdanosti. Procjena kemijskog stanja daje se za stanje voda i za stanje biote, kemijsko stanje vode ocjenjuje se dobrim, a biote lošim, odnosno zajedno lošim s visokim stupnjem pouzdanosti. Ekološko stanje ocjenjuje se dobrim na srednjem stupnju pouzdanosti. Ekološko stanje ocjenjuje se vrlo dobrim u pogledu sadržaja posebnih onečišćujućih tvari. Stanje vodnoga tijela Sava Krško – Vrbina za specifične onečišćujuće tvari ocjenjuje se kao vrlo dobro s visokim stupnjem pouzdanosti.

Povišene vrijednosti žive i BDE-a u bioti nisu povezane s pogonom NEK-a. U nacrtu plana upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2022. – 2027. navedeno je sljedeće:

„Procjene kemijskog stanja površinskih voda za matricu biote pokazuju da su u Sloveniji, kao i u svim europskim zemljama, tvari koje uzrokuju loše kemijsko stanje površinskih voda zbog prekoračenja OSK-a u bioti, živa i bromirani difenil eteri (BDE). Loše kemijsko stanje zbog prekoračenja standarda kvalitete okoliša (OSK) za živu u bioti utvrđeno je za 98,6 % vodnih tijela površinskih voda već u prethodnom planu upravljanja vodama. Živa i bromirani difenil eteri tvari su koje spadaju u uobičajeno prisutne onečišćivače (tj. PBT onečišćivači) i akumuliraju se u organizmima. Slično stanje je u svim europskim zemljama koje su već provele analize ovih tvari u ribama.

U Sloveniji je monitoring u bioti obavljen na 60 vodnih tijela površinskih voda, kako na međudržavnim profilima, na područjima bez utjecaja ljudske aktivnosti, tako i na kontaminiranim područjima. Na svim mjernim mjestima na kojima su provedene analize žive i bromiranih difenil etera utvrđena su prekoračenja OSK-a za organizme. S obzirom na navedeno, na svim vodnim tijelima površinskih voda izvedena je ekstrapolacija lošeg kemijskog stanja za parametre žive i bromiranih difenil etera. Zato je loše kemijsko stanje u bioti utvrđeno za sva tijela površinskih voda u Sloveniji, pri čemu vodna tijela površinskih voda, kod kojih je procjena kemijskog stanja vodnih tijela određena ekstrapolacijskim pristupom, imaju nisku razinu pouzdanosti."

Procjene pokazuju da je najveći unos predmetnih onečišćujućih tvari u VO-u Dunav uzrokovan atmosferskim taloženjem u slivovima Drave, Srednje Save, Donje Save i Savinje. Procjene nadalje pokazuju da su se unos dušika i sumpora s atmosferskim taloženjem smanjili od 2013. do 2015., a u 2016. ustanovljen je mali porast. Podaci za preostale odabrane onečišćujuće tvari bili su dostupni za razdoblje 2015. i 2016. godine, zbog čega se moguće povećanje ili smanjenje unosa onečišćujućih tvari u površinske vode ne može dovoljno pouzdano procijeniti.

Uzimajući u obzir navedeno i uspoređujući procijenjene podatke o vrstama i jačini opterećenja zbog atmosferskog taloženja s procjenom stanja vodnih tijela površinskih voda, utvrđeno je da je atmosfersko taloženje važno opterećenje koje uzrokuje loše kemijsko stanje zbog prekoračenja ekološkog standarda kvalitete za živu u bioti.

Procjena ekološkog stanja vodnog tijela VT Krško Vrbina je dobra i vrlo dobra za pojedine elemente kvalitete, što je prikazano u tablici (Tablica 30). U slučaju hidromorfoloških stanja procjenjuju se važna hidromorfološka opterećenja za neke elemente na vodnom tijelu: hidrološki režim u glavnom toku i pritoku, kontinuitet glavnog toka i morfološki uvjeti glavnog toka (Tablica 31).

Tablica 27: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela površinskih voda za Plan upravljanja 2022. – 2027. (NUV 3) *(izvor: /239/)*

Šifra VTPV	**Naziv vodnog tijela**	**Površinska voda**	**Vodno područje**	**Razdoblje**	**Kemijsko stanje NUV3 – voda**	**Razina pouzdanosti procjene kemijskog stanja – voda**	**Razlog lošeg kemijskog stanja – voda**
SI1VT739	VT Sava Boštanj – Krško	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	srednje	
SI1VT913	VT Sava Krško – Vrbina	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	visoko	
SI1VT930	VT Sava granični dio	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	visoko	

Nastavak tablice

Naziv vodnog tijela	Razdoblje	Kemijsko stanje NUV3 – biota	Razina pouzdanosti procjene kem. stanja – biota	Razlog lošeg kem. stanja – biota	Kemijsko stanje NUV3 – voda i biota ukupno	Razina pouzdanosti procjene kemijskog stanja – voda i biota ukupno	Razlog lošeg kemijskog stanja – voda i biota ukupno
VT Sava Boštanj – Krško	2014. – 2019.	loše	nisko	Hg, BDE	loše	nisko	Hg, BDE
VT Sava Krško – Vrbina	2014. – 2019.	loše	visoko	Hg, BDE	loše	visoko	Hg, BDE
VT Sava granični dio	2014. – 2019.	loše	visoko	Hg, BDE	loše	visoko	Hg, BDE

Tablica 28: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela površinskih voda za Plan upravljanja 2022. – 2027. bez opće sveprisutnih tvari (PBT) (NUV 3) (izvor: /239/)

Šifra VTPV	Naziv vodnog tijela	Površinska voda	Vodno područje	Razdoblje	Kemijsko stanje za VTPV za NUV3 – bez PBT tvari	Razina pouzdanosti procjene kemijskog stanja VTPV za NUV3 – bez PBT tvari
SI1VT739	VT Sava Boštanj – Krško	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	visoko
SI1VT913	VT Sava Krško – Vrbina	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	visoko
SI1VT930	VT Sava granični dio	SAVA	RBD_1	2014. – 2019.	dobro	visoko

Tablica 29: Procjena stanja VT površinskih voda s obzirom na specifične onečišćujuće tvari za Plan upravljanja vodama 2022. – 2027. (NUV 3) (izvor: /239/)

Šifra VTPV	Naziv vodnog tijela	Razdoblje	Ekološko stanje s obzirom na specifične onečišćujuće tvari za VT površinskih voda za NUV3	Razina pouzdanosti procjene ekološkog stanja s obzirom na specifične onečišćujuće tvari za VT površinskih voda za NUV3
SI1VT739	VT Sava Boštanj – Krško	2014. – 2019.	dobro	visoko
SI1VT913	VT Sava Krško – Vrbina	2014. – 2019.	vrlo dobro	visoko
SI1VT930	VT Sava granični dio	2014. – 2019.	vrlo dobro	srednje

Tablica 30: Procjena ekološkog stanja vodnih tijela površinskih voda (NUV3) (izvor: /239/)

Šifra VT	Naziv vodnog tijela	Opterećenje hranjivim tvarima	Opterećenje organskim tvarima	Hidromorfološka promjena i opća degradacija	Posebni onečišćivači	Ekološko stanje/Ekološki potencijal VTPV
SI1VT739	VT Sava Boštanj – Krško	dobro	umjereno	umjereno	dobro	umjereno
SI1VT913	VT Sava Krško – Vrbina	dobro	dobro	dobro	vrlo dobro	dobro

SI1VT930	VT Sava granični dio	vrlo dobro	vrlo dobro	dobro	vrlo dobro	dobro

Legenda:
Opterećenje hranjivim tvarima – procjena ekološkog stanja VTPV-a prema biološkim elementima kakvoće (fitobentos i makrofiti za vodotoke; fitobentos i makrofiti i fitoplankton za jezera; fitoplankton i makroalge za more) i općim fizikalno-kemijskim elementima kakvoće
Onečišćenje organskim tvarima – procjena ekološkog stanja VTPV-a prema biološkim elementima kakvoće (fitobentos i makrofiti te bentoški beskralježnjaci) za vodotoke i opće fizikalno-kemijske elemente kakvoće
Hidromorfološka promjena i opća degradacija – procjena ekološkog stanja VTPV-a prema biološkim elementima kakvoće (bentoški beskralježnjaci i ribe)
Posebne onečišćujuće tvari – procjena ekološkog stanja VTPV-a u odnosu na posebne onečišćujuće tvari utvrđene propisom kojim se uređuje stanje površinskih voda
Ekološko stanje/Ekološki potencijal VTPV-a – zajednička procjena ekološkog stanja VTPV-a
NR – element kakvoće nije relevantan za procjenu situacije, odnosno metodologija za element kakvoće još nije razvijena

Tablica 31: Važna hidromorfološka opterećenja vodnih tijela površinskih voda (NUV3) /239/

Šifra VTPV	Ime VTPV	Važna hidromorfološka opterećenja (PO)					
		PO hidrološki režim GT	PO hidrološki režim PR	PO kontinuitet toka GT	PO kontinuitet toka PR	PO morfološki uvjeti GT	PO morfološki uvjeti PR
SI1VT739	VT Sava Boštanj – Krško	1	0	1	0	1	1
SI1VT913	VT Sava Krško – Vrbina	1	1	1	0	1	0
SI1VT930	VT Sava granični dio	0	0	0	0	0	1

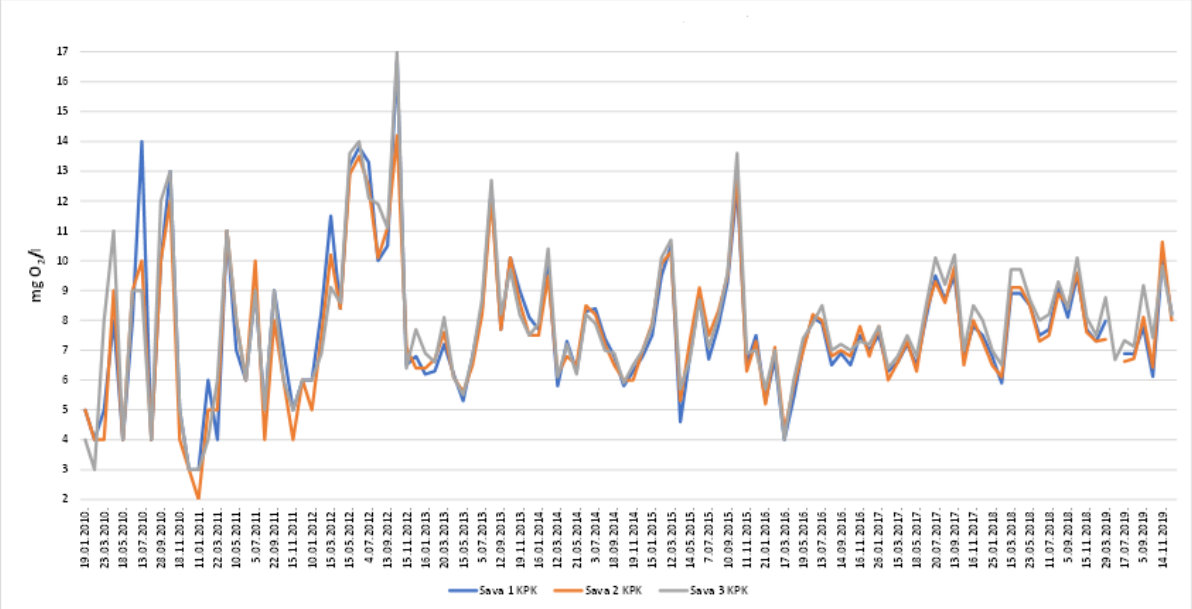
Legenda:
PO – važna hidromorfološka opterećenja
PO hidrološki režim GT – važno hidromorfološko opterećenje na glavnom toku VTPV-a, što može utjecati na hidrološki režim
PO hidrološki režim PR – važno hidromorfološko opterećenje na pritoku VTPV-a, što može utjecati na hidrološki režim
PO kontinuitet toka GT – važno hidromorfološko opterećenje na glavnom toku VTPV-a, što može utjecati na kontinuitet toka
PO kontinuitet toka PR – važno hidromorfološko opterećenje na pritoku VTPV-a, što može utjecati na kontinuitet toka
PO morfološki uvjeti GT – važno hidromorfološko opterećenje na glavnom toku VTPV-a, što može utjecati na morfološke uvjete
PO morfološki uvjeti PR – važno hidromorfološko opterećenje na pritoku VTPV-a, što može utjecati na morfološke uvjete
1 – utvrđena su važna hidromorfološka opterećenja
0 – na VTPV-u nisu utvrđena važna hidromorfološka opterećenja

Za potrebe NEK-a već se niz godina provodi monitoring pokazatelja organskog opterećenja rijeke Save, odnosno KPK i BPK_5. Uzorkovanje se odvija na tri lokacije svakog mjeseca u kalendarskoj godini. Lokacije su navedene u donjoj tablici (Tablica 32).

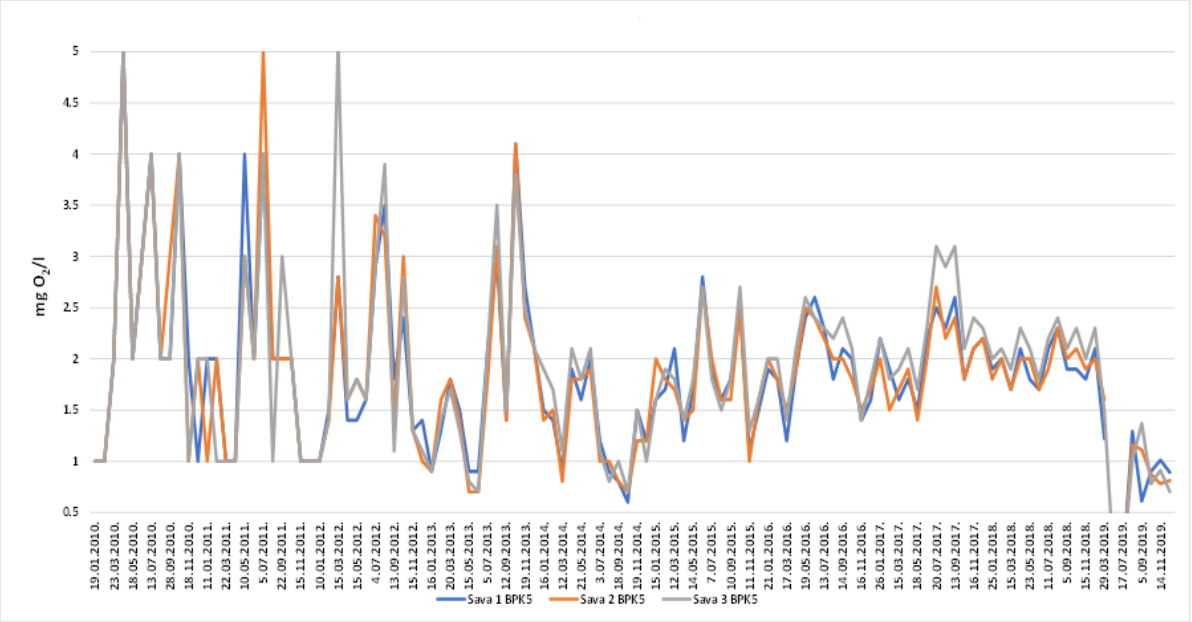
Tablica 32: Lokacije uzorkovanja vode rijeke Save (izvor: /103/)

Lokacija uzorkovanja	Opis
Lokacija 1	U NEK-u, na mjestu ispusta rashladnih voda
Lokacija 2	Prije NEK-a, na desnoj obali Save
Lokacija 3	U Brežicama, pokraj cestovnog mosta

Kretanje koncentracija ovih pokazatelja u razdoblju 2010. – 2019. prikazano je na slikama u nastavku (Slika 34 i Slika 35).



Slika 34: Rezultati praćenja KPK-a u rijeci Savi na tri lokacije (razdoblje 2010. – 2019.) (izvor: /103/)



Slika 35: Rezultati praćenja BPK5-a u rijeci Savi na tri lokacije (razdoblje 2010. – 2019.) (izvor: /103/)

4.1.4.1 Toplinsko onečišćenje

Za potrebe proizvodnog procesa NEK-u je nužna rashladna voda iz Save, koja se pumpa na dva mjesta uzvodno od brane NEK-a:

- za mali sustav za hlađenje (essential service water, ESW) u manjem crpilištu na krajnjem JI dijelu kompleksa NEK-a, gdje se pumpa do 1606 m^3/s, i
- za veliki sustav za hlađenje (circulating water, CW) u crpilištu, koji se nalazi iza podvodnog zida, uzvodno od brane NEK-a, gdje se pumpa do 25 m^3/s.

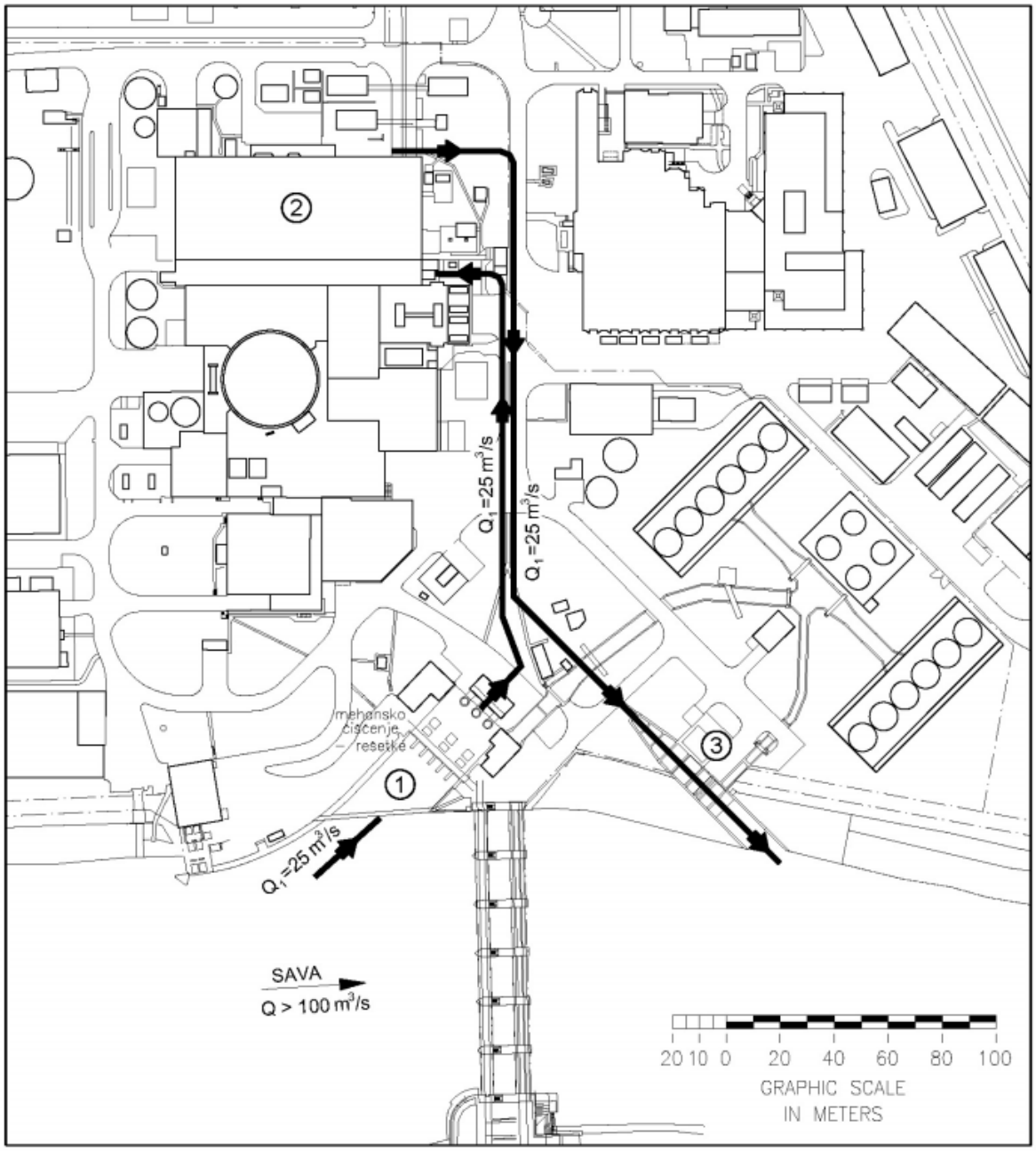
Voda iz sustava ESW vraća se u Savu uzvodno od brane na ispustu V1, a voda iz sustava CW kroz građevinu za ispuštanje CW na lokaciji V7. Voda iz Save se u sustavu CW kod prolaska kroz kondenzator zagrijava, pri čemu je NEK u skladu s OVD-om /49/ dužan osigurati, da:

1. je granična vrijednost emisije oslobođene topline u 24-satnom prosjeku za ispuštanje otpadnih voda u Savu preko ispusta V1 i V7 jednaka 1;
2. da rijeka Sava ne prijeđe prirodnu temperaturu za više od 3 °C ni u jednom razdoblju godine zbog sinergijskog djelovanja gore navedenih ispuštanja kao i drugih ispuštanja iz NEK-a;
3. pravovremeno uključi sustav recirkulacije rashladne vode preko rashladnih tornjeva kako Sava ne bi prešla prirodnu temperaturu za više od 3 °C;
4. kada kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da ispuni ovaj uvjet, NEK mora pravodobno smanjiti snagu elektrane (nakon dogradnje rashladnih tornjeva nije se smanjila snaga elektrane);
5. temperatura ispuštene vode na ispustu V7 ne premašuje 43 °C.

Količina uzete vode iz Save određena je djelomičnom vodopravnom dozvolom izdanom 15. listopada 2009. godine br. 35536-31/2006-16 /57/, koja je zbog promjene količine uzimanja vode iz Save izmijenjena Odlukom br. 35536-54/2011-4 od 8. studenog 2011. godine te Odlukom br. 35530-7/2018/2 od 22. lipnja 2018.) /50/.

Promjenom vodopravne dozvole 22. lipnja 2018. ukupna dopuštena količina vode za uzimanje iz rijeke Save iznosi 29 m^3/s. Dopuštena godišnja količina uzimanja za tehnološke potrebe (Sava i bunara na desnoj obali) je 915.000.000 m^3.

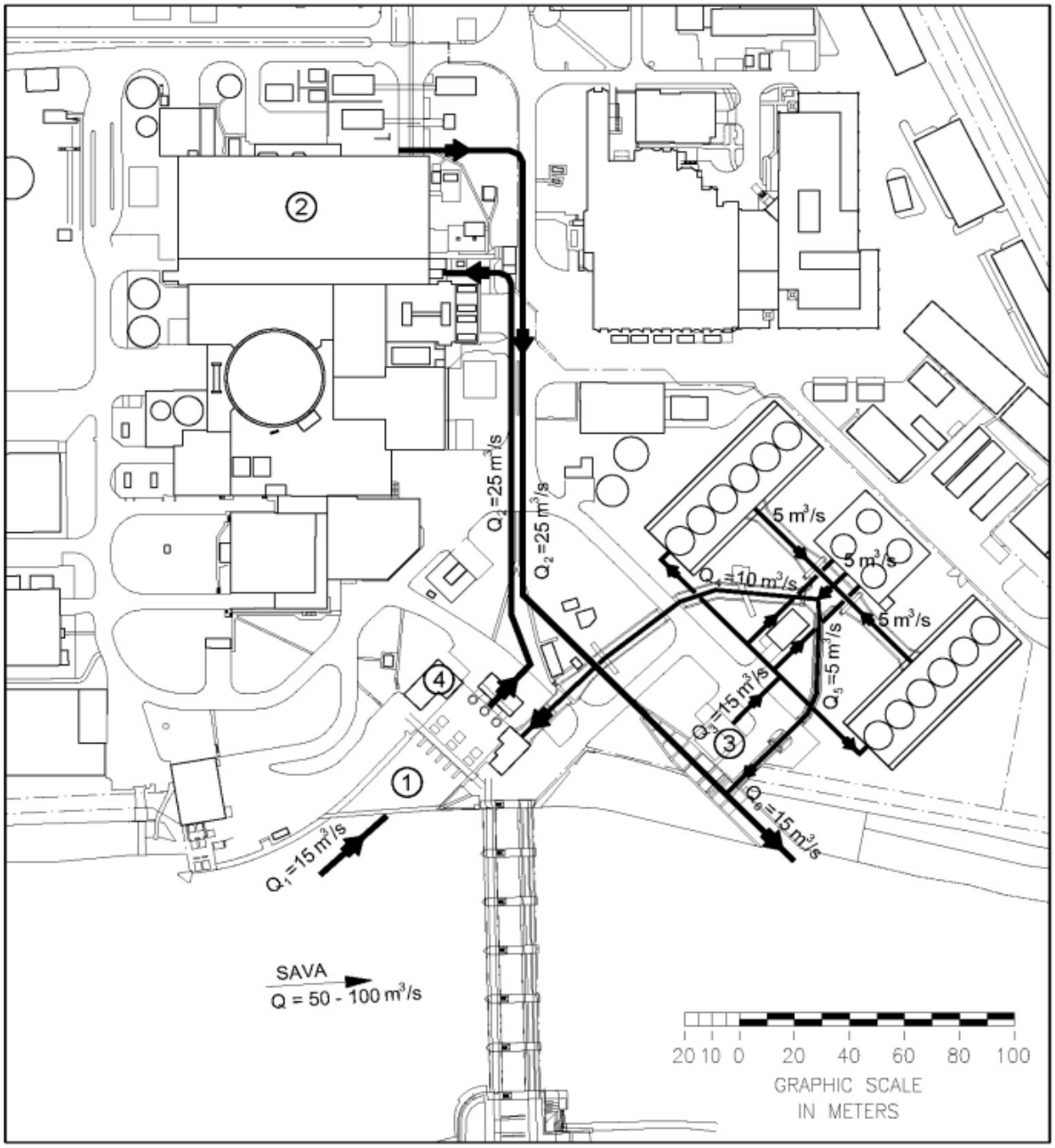
U nastavku su prikazana tri osnovna načina pogona sustava za hlađenje s obzirom na protok u Savi.



LEGENDA:
1. vtočni objekt, 2. turbinska zgradba, 3. iztočni objekt,
Q - pretok Save, Q_1 - odvzem in pretok hladilne vode skozi kondenzator

Slika 36: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: Q Save > 100 m³/s (izvor: /237/)

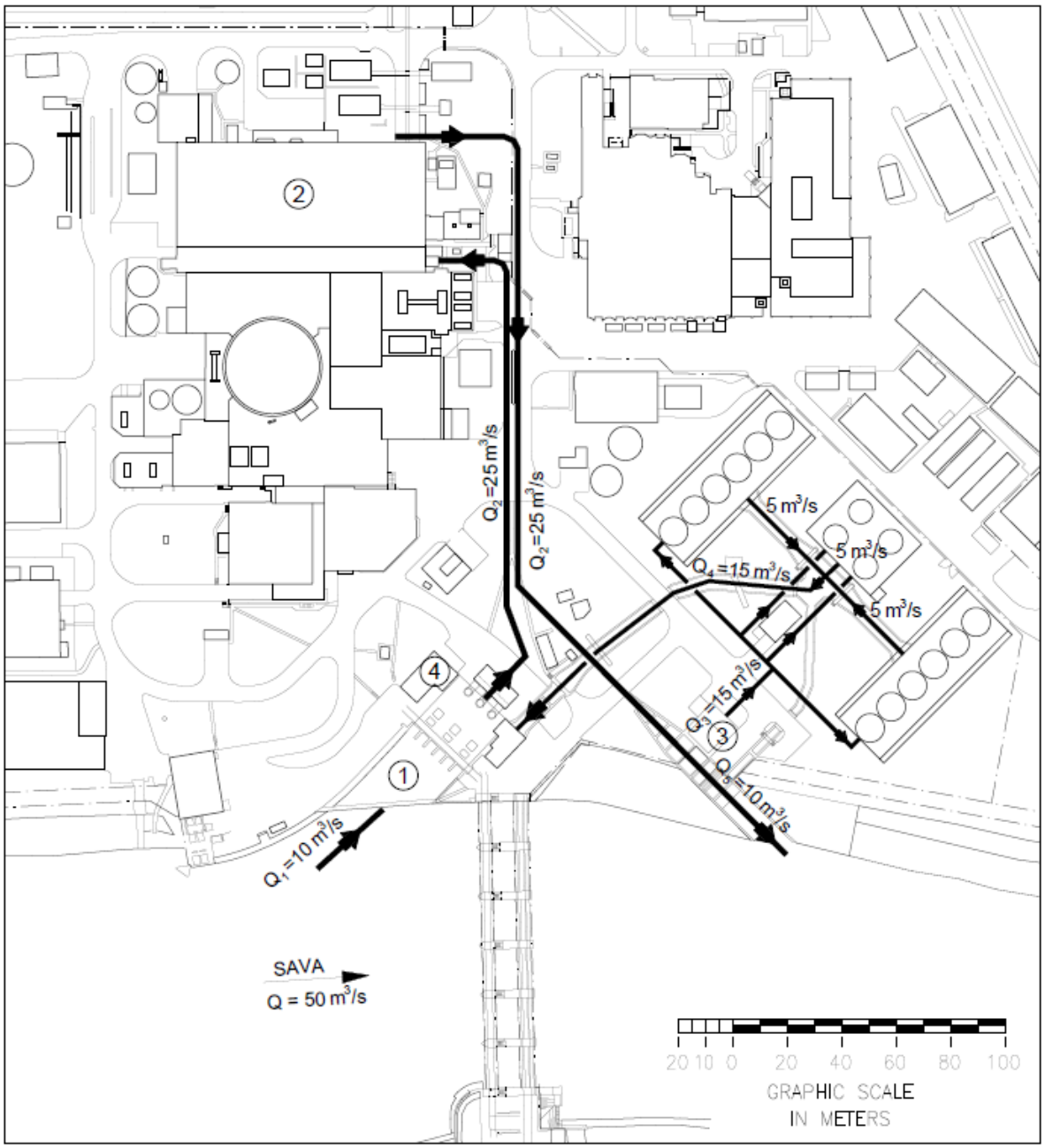
LEGENDA:
1. ulazni objekt, 2. turbinska zgrada, 3. izlazni objekt,
Q – protok Save, Q_1 – uzimanje i protok rashladne vode kroz kondenzator



LEGENDA:
1. vtočni objekt, 2. turbinska zgradba, 3. iztočni objekt, 4. mešalni bazen pri vtočnem objektu, Q - pretok Save, Q_1 - odvzem hladilne vode, Q_2- pretok hladilne vode skozi kondenzator, Q_3- delež hlajene hladilne vode na celicah, Q_4- delež recirkulirane hladilne vode, Q_5- delež izpuščene ohlajene hladilne vode, Q_6 - pretok izpuščene hladilne vode

Slika 37: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: 100 m³/s > Q Save > 60 m³/s (izvor: /237/)

LEGENDA:
1. ulazni objekt, 2. turbinska zgrada, 3. izlazni objekt, 4. bazen miješanja kod ulaznog objekta,
Q – protok Save, Q_1 – uzimanje i protok rashladne vode kroz kondenzator, Q_2 – protok rashladne vode kroz kondenzator, Q_3 – udio hlađene rashladne vode na ćelijama, Q_4 –udio recirkulirane rashladne vode, Q_5 – udio ispuštene ohlađene rashladne vode, Q_6 – protok ispuštene rashladne vode



LEGENDA:
1. vtočni objekt, 2. turbinska zgradba, 3. iztočni objekt, 4. mešalni bazen pri vtočnem objektu, Q - pretok Save, Q_1 - odvzem hladilne vode, Q_2- pretok hladilne vode skozi kondenzator, Q_3- delež hlajene hladilne vode na celicah, Q_4- delež recirkulirane hladilne vode, Q_5- pretok izpuščene hladilne vode

Slika 38: Shema rada sustava za hlađenje CW za protok Save: Q Save < 60 m³/s (izvor: /237/)

LEGENDA:
1. ulazni objekt, 2. turbinska zgrada, 3. izlazni objekt, 4. bazen miješanja kod ulaznog objekta,
Q – protok Save, Q_1 – uzimanje rashladne vode, Q_2 – protok rashladne vode kroz kondenzator, Q_3 – udio hlađene rashladne vode na ćelijama, Q_4 –udio recirkulirane rashladne vode, Q_5 – protok ispuštene rashladne vode

4.1.4.2 Temperature rijeke Save kod NEK-a

Temperatura rijeke Save prije ulaska u NEK redovito se mjeri u sklopu pogonskog monitoringa NEK-a, u svrhu kontrole procesa i kontrole maksimalne temperature ispuštanja i kontrole porasta Save T nakon potpunog miješanja (3 °C), ali to nije statistički obrađeno. Stoga se neke starije obrade uzimaju iz izvora izvan NEK-a: Interakcije energetskih objekata uz i na rijeci Savi u smislu toplinskog opterećenja Save – revizija A /147/.

Tablica 33: Srednje mjesečne temperature Save u Radeču i NEK-u (izvor: /147/)

Razdoblje	SIJ	VELJ	OŽU	TRA	SVI	LIP	SRP	KOL	RUJ	LIS	STU	PRO	Saž
Radeče '54. – '63.	3,27	3,39	5,89	8,87	11,4	14,2	15,9	16,4	14,1	10,5	7,51	4,58	9,66
Radeče '64. – '73.	3,02	4,10	5,94	8,69	11,7	14,4	16,6	16,7	14,2	11,0	7,76	4,52	9,87
Radeče '74. – '83.	4,59	5,35	6,97	9,30	11,5	14,3	16,1	16,8	14,7	11,1	7,63	5,43	10,3
Radeče '84. – '93.	4,15	4,69	7,24	9,50	12,8	14,7	17,6	18,2	15,2	11,5	7,76	5,60	10,8
NEK 1984. – 1993.	4,3	5,1	7,4	10,1	13,5	15,1	18,8	19,6	16,4	11,6	7,7	5,60	10,9
NEK 1994. – 2001.	5,6	6,6	8,8	11,7	14,1	17,9	19,5	20,6	15,9	12,5	8,8	6,00	11,0

Mjerenje u Radeču provodilo se na VP-u Radeče, koje je u razdoblju 1909. – 1998. bilo osnovna državna vodomjerna postaja za dionicu donje Save. Nakon 1998. godine postaja je ugašena zbog lokacije u akumulaciji HE Vrhovo, nastavak niza podataka moguć je uzimajući u obzir mjerenja na Savi u Hrastniku i Savinji kod Velikog Širja gdje su sadašnje vodomjerne postaje državne mreže. Mjerenja ispred ulaza u NEK provode se na mjernom mjestu MM1, definiranom u OVD-u /49/ na lokaciji: Y=540280, X=88332, Z=150 m n. m., na broju parcele 1246/6, k.o. 1321-Leskovec, općina Krško.

U rujnu 2017. godine počela je s radom akumulacija Brežice, što ne predstavlja bitnu promjenu za rad NEK-a u smislu toplinskog opterećenja Save. Studije toplinskog opterećenja Save, izrađene prije izgradnje akumulacije (/147/) te mjerenja i analize nakon punjenja akumulacije (/148/, /149/), utvrdili su sljedeće:

- prosječna mjesečna temperatura dotoka vode u lanac HE (u sliv Vrhovo) porasla je za 1,5 do 2 °C posljednjih desetljeća u ljetnim mjesecima, a temperaturni vrhunci su također porasli za 3 do 4 °C u istom razdoblju. To znači znatno višu „prirodnu temperaturnu pozadinu" za rad NEK-a;
- akumulacije HE na donjoj Savi ne uzrokuju dodatno zagrijavanje rijeke u odnosu na stanje bez brane;
- u kritičnim ljetnim situacijama s niskim tokovima Save i visokim temperaturama zraka bazeni HE znatno smanjuju dnevne temperaturne fluktuacije u rijeci u odnosu na stanje bez brane te zbog toplinske slojevitosti i opskrbljuju hladnijom vodom u nižim slojevima bazena;
- to se odražava i u akumulaciji Brežice, gdje je utvrđeno čak i ubrzano oslobađanje topline iz bazena u atmosferu u odnosu na prirodno stanje;
- zbog navedenih utjecaja bazeni HE su mjera za ublažavanje posljedica klimatskih promjena sa stajališta toplinskog opterećenja Save, što također pozitivno utječe na rad NEK-a u uvjetima smanjenih protoka Save i visokih temperatura riječne vode i zraka.

U nastavku su navedene prosječne dnevne i mjesečne vrijednosti temperature Save za godine 2018., 2019. i 2020.

Tablica 34: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2018. (izvor: /48/)

Temperatura rijeke Save na ulazu SW/CW [°C], godina 2019. - MM1

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	4,6	5,0	7,4	10,2	11,2	12,3	22,7	20,4	21,4	16,3	12,0	9,0
2	4,4	5,4	7,8	10,9	11,6	13,2	22,7	21,0	21,6	16,1	11,7	8,3
3	4,4	6,4	8,2	11,4	12,3	14,3	22,3	21,1	21,1	16,2	11,6	8,0
4	4,4	7,0	8,5	11,8	12,9	15,3	21,8	20,9	20,5	15,2	11,1	7,7
5	4,4	6,8	8,6	12,1	12,2	15,9	21,3	19,9	19,5	14,4	11,3	7,1
6	4,5	6,3	9,0	12,1	11,0	16,6	21,1	20,3	18,9	13,7	11,0	6,7
7	4,1	6,0	9,3	11,0	10,3	17,2	20,3	20,5	18,5	13,4	10,7	6,5
8	3,6	5,7	9,5	10,7	10,6	17,7	20,7	20,7	17,9	13,1	10,3	6,7
9	3,5	5,7	9,5	10,6	11,0	18,0	20,9	21,0	16,5	13,3	10,1	6,9
10	3,6	5,9	9,8	10,8	11,5	18,4	19,8	21,9	15,3	13,1	10,1	7,2
11	3,6	6,2	9,8	10,8	11,9	18,7	19,5	22,2	15,3	13,0	9,7	7,3
12	3,7	6,3	9,6	10,2	12,4	18,9	19,3	21,8	15,0	13,0	9,4	6,7
13	3,8	6,1	9,5	9,5	12,1	19,2	19,2	21,8	15,5	13,4	9,6	5,9
14	4,2	6,0	9,4	9,4	10,8	19,1	19,5	21,9	15,6	13,8	9,6	5,9
15	4,3	6,0	8,8	9,7	10,1	19,3	19,8	22,0	16,1	14,0	9,5	6,0
16	4,4	6,2	8,9	10,0	9,7	19,7	20,0	21,8	16,9	14,0	9,7	6,2
17	4,3	6,3	9,1	10,4	10,0	19,8	19,9	21,7	17,6	13,9	10,0	6,9
18	4,5	6,3	9,3	11,3	11,0	19,5	20,4	21,4	17,6	14,1	10,3	8,0
19	4,9	6,4	9,3	11,8	12,1	20,0	20,7	21,1	17,5	14,2	9,8	8,5
20	5,5	6,6	9,6	12,4	12,5	20,1	21,2	21,2	17,5	14,3	9,7	8,7
21	5,5	6,8	9,4	12,9	12,8	20,2	21,8	21,6	17,3	14,6	9,8	9,0
22	4,8	7,0	8,8	13,4	12,6	20,1	21,9	21,5	17,2	14,4	9,9	9,0
23	4,5	6,8	9,0	13,8	12,5	18,7	22,1	21,6	16,4	14,3	9,9	8,5
24	4,4	6,8	9,4	14,1	13,3	17,3	22,4	22,0	15,8	14,6	9,8	8,3
25	4,4	6,9	9,7	13,9	14,5	18,0	22,9	21,3	15,3	14,6	9,8	7,7
26	4,1	6,3	10,0	13,4	15,0	18,6	23,4	20,5	15,4	14,5	9,7	7,3
27	3,9	6,2	10,3	13,4	15,1	20,0	23,8	20,3	15,9	14,3	9,5	7,1
28	4,0	6,9	9,8	13,0	14,7	20,7	23,4	20,3	15,9	14,2	9,5	6,9
29	4,0		9,7	12,3	13,1	21,5	22,8	20,4	15,8	13,8	9,8	6,6
30	4,0		9,8	11,5	11,5	22,0	22,0	20,6	16,1	13,1	9,5	5,8
31	4,6		9,8		11,5		20,5	20,9		12,4		5,2
prosjek.	**4,3**	**6,3**	**9,2**	**11,6**	**12,1**	**18,3**	**21,3**	**21,1**	**17,2**	**14,1**	**10,1**	**7,3**

Tablica 35: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2019. (izvor: /48/)

Temperatura rijeke Save na ulazu SW/CW [°C], godina 2019. - MM1

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	4,6	5,0	7,4	10,2	11,2	12,3	22,7	20,4	21,4	16,3	12,0	9,0
2	4,4	5,4	7,8	10,9	11,6	13,2	22,7	21,0	21,6	16,1	11,7	8,3
3	4,4	6,4	8,2	11,4	12,3	14,3	22,3	21,1	21,1	16,2	11,6	8,0
4	4,4	7,0	8,5	11,8	12,9	15,3	21,8	20,9	20,5	15,2	11,1	7,7
5	4,4	6,8	8,6	12,1	12,2	15,9	21,3	19,9	19,5	14,4	11,3	7,1
6	4,5	6,3	9,0	12,1	11,0	16,6	21,1	20,3	18,9	13,7	11,0	6,7
7	4,1	6,0	9,3	11,0	10,3	17,2	20,3	20,5	18,5	13,4	10,7	6,5
8	3,6	5,7	9,5	10,7	10,6	17,7	20,7	20,7	17,9	13,1	10,3	6,7
9	3,5	5,7	9,5	10,6	11,0	18,0	20,9	21,0	16,5	13,3	10,1	6,9
10	3,6	5,9	9,8	10,8	11,5	18,4	19,8	21,9	15,3	13,1	10,1	7,2
11	3,6	6,2	9,8	10,8	11,9	18,7	19,5	22,2	15,3	13,0	9,7	7,3
12	3,7	6,3	9,6	10,2	12,4	18,9	19,3	21,8	15,0	13,0	9,4	6,7
13	3,8	6,1	9,5	9,5	12,1	19,2	19,2	21,8	15,5	13,4	9,6	5,9
14	4,2	6,0	9,4	9,4	10,8	19,1	19,5	21,9	15,6	13,8	9,6	5,9
15	4,3	6,0	8,8	9,7	10,1	19,3	19,8	22,0	16,1	14,0	9,5	6,0
16	4,4	6,2	8,9	10,0	9,7	19,7	20,0	21,8	16,9	14,0	9,7	6,2
17	4,3	6,3	9,1	10,4	10,0	19,8	19,9	21,7	17,6	13,9	10,0	6,9
18	4,5	6,3	9,3	11,3	11,0	19,5	20,4	21,4	17,6	14,1	10,3	8,0
19	4,9	6,4	9,3	11,8	12,1	20,0	20,7	21,1	17,5	14,2	9,8	8,5
20	5,5	6,6	9,6	12,4	12,5	20,1	21,2	21,2	17,5	14,3	9,7	8,7
21	5,5	6,8	9,4	12,9	12,8	20,2	21,8	21,6	17,3	14,6	9,8	9,0
22	4,8	7,0	8,8	13,4	12,6	20,1	21,9	21,5	17,2	14,4	9,9	9,0
23	4,5	6,8	9,0	13,8	12,5	18,7	22,1	21,6	16,4	14,3	9,9	8,5
24	4,4	6,8	9,4	14,1	13,3	17,3	22,4	22,0	15,8	14,6	9,8	8,3
25	4,4	6,9	9,7	13,9	14,5	18,0	22,9	21,3	15,3	14,6	9,8	7,7
26	4,1	6,3	10,0	13,4	15,0	18,6	23,4	20,5	15,4	14,5	9,7	7,3
27	3,9	6,2	10,3	13,4	15,1	20,0	23,8	20,3	15,9	14,3	9,5	7,1
28	4,0	6,9	9,8	13,0	14,7	20,7	23,4	20,3	15,9	14,2	9,5	6,9
29	4,0		9,7	12,3	13,1	21,5	22,8	20,4	15,8	13,8	9,8	6,6
30	4,0		9,8	11,5	11,5	22,0	22,0	20,6	16,1	13,1	9,5	5,8
31	4,6		9,8		11,5		20,5	20,9		12,4		5,2
prosjek.	**4,3**	**6,3**	**9,2**	**11,6**	**12,1**	**18,3**	**21,3**	**21,1**	**17,2**	**14,1**	**10,1**	**7,3**

Tablica 36: Prosječne dnevne i mjesečne temperature Save kod NEK-a 2020. (izvor: /48/)

Temperatura rieke Save na ulazu SW/CW [°C], godina 2020. - MM1

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	4,9	7,1	7,6	8,8	16,4	15,6	20,3	21,5	18,8	12,6	11,1	6,0
2	5,0	7,1	7,8	9,6	16,0	15,8	20,9	21,7	16,8	12,9	11,3	5,9
3	4,9	7,1	8,3	9,4	15,4	16,5	20,5	21,7	16,3	13,0	11,3	5,6
4	4,9	7,7	8,3	9,1	15,8	16,4	20,3	20,3	15,8	13,6	11,3	5,3
5	4,9	7,7	8,1	9,3	15,6	16,8	20,2	17,8	16,0	13,4	11,5	5,1
6	4,8	7,7	8,0	9,9	15,4	15,5	19,7	17,2	16,5	12,5	11,5	5,2
7	4,8	7,7	8,0	10,4	15,4	13,0	19,8	16,9	16,9	12,0	11,1	6,4
8	4,4	7,2	7,8	11,0	15,7	13,2	19,5	17,4	17,4	12,1	10,9	7,2
9	4,1	6,2	8,2	11,4	16,2	13,6	19,0	18,7	17,7	12,1	10,1	7,1
10	4,1	6,0	8,3	12,0	15,9	12,5	18,7	19,7	17,6	12,1	9,6	6,7
11	4,2	5,9	8,6	12,5	16,0	12,6	19,6	20,1	17,2	12,1	9,3	7,0
12	4,5	6,1	9,0	12,9	16,0	13,5	20,0	20,6	17,6	11,2	9,1	7,2
13	4,7	6,2	9,2	13,4	16,2	14,4	20,1	21,0	17,9	10,8	9,0	7,2
14	4,9	7,2	9,6	13,4	15,5	15,5	19,0	21,2	18,3	10,8	9,1	7,1
15	5,0	7,7	9,8	13,5	14,2	16,0	19,0	20,9	18,5	10,9	9,1	7,0
16	4,9	7,8	9,4	13,8	14,1	16,1	18,9	21,0	18,7	10,6	9,4	6,8
17	4,9	7,7	9,6	14,2	13,5	15,8	18,8	21,1	18,7	10,7	9,5	6,6
18	5,0	7,9	9,7	13,7	13,5	16,0	18,8	20,7	18,7	10,8	9,4	6,6
19	5,3	8,1	9,5	13,3	13,3	16,6	19,2	20,6	18,4	10,9	9,2	6,7
20	5,4	7,8	9,9	13,7	13,5	16,8	19,4	20,7	18,2	10,9	9,0	6,8
21	5,6	7,8	10,7	14,0	13,8	17,4	19,6	20,9	18,1	11,0	8,5	6,8
22	5,5	8,1	10,9	14,5	14,1	17,3	19,6	20,8	18,0	11,1	8,1	7,0
23	5,3	8,4	10,4	14,8	14,8	17,4	20,3	20,8	17,9	11,3	7,6	7,3
24	5,2	8,3	9,9	14,9	15,4	17,5	21,0	21,0	17,6	11,7	7,0	7,7
25	5,0	7,8	9,1	14,7	15,8	18,2	20,5	21,3	17,3	11,9	6,4	8,1
26	4,8	7,5	7,7	14,7	16,3	18,8	19,7	21,5	15,8	11,9	6,4	7,6
27	4,9	7,9	7,2	15,1	16,6	18,5	18,8	21,5	13,2	11,8	6,5	6,8
28	5,0	8,1	7,4	15,5	15,9	18,4	19,3	20,9	12,4	11,7	6,3	6,1
29	5,6	8,0	7,4	15,7	16,0	19,4	20,0	20,8	12,6	11,4	6,1	6,1
30	6,4		7,4	16,1	15,9	19,9	20,8	21,1	12,6	11,1	6,1	6,3
31	6,9		8,1		15,7		21,7	20,6		11,0		6,8
prosjek	**5,0**	**7,4**	**8,7**	**12,8**	**15,3**	**16,2**	**19,8**	**20,4**	**16,9**	**11,7**	**9,0**	**6,7**

4.1.5 Pedološke karakteristike područja

Područje zahvata je izgrađeno područje s dugotrajnim korištenjem energije (energetska infrastruktura).

Prema podacima iz pedološke karte (1:25.000) /60/, tla na širem području razmatrane lokacije kartirana su kao priobalna, karbonatna, srednje duboka, na pjeskovitom šljunkovitom aluviju 70 %; priobalna tla, karbonatna, duboka, na pjeskovitom šljunkovitom aluviju 30 %.

4.1.6 Biološke karakteristike područja, ekosustavi, flora i fauna i njihova staništa

4.1.6.1 Općenito

Područje zahvata je gusto izgrađeno područje s dugotrajnim korištenjem energije (energetska infrastruktura), ograđeno i okruženo brojnim cestovnim infrastrukturnim objektima, poljoprivrednim zemljištima i drugim industrijskim objektima u industrijskoj zoni Vrbina. U bližoj okolici, koja je većim dijelom izgrađena, nema većih šumskih zemljišta. Na samoj lokaciji zahvata i u neposrednoj okolici nema elemenata zaštite prirode, područje nije važno stanište za biljke i životinje osim rijeke Save koja teče pokraj kompleksa NEK-a i na kojoj elektrana ima postavljenu branu.

Zaštićena područja, područja Natura 2000, prirodne vrijednosti i ekološki važna područja u široj okolici predmetne lokacije prikazana su u nastavku i na slikama u poglavlju 11.2.

4.1.6.2 Zaštićena područja

U području utjecaja na daljinu 2000 m prema Pravilniku o procjeni prihvatljivosti utjecaja provedbe planova i zahvata u prirodi na zaštićena područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 130/04, 53/06, 38/10, 3/11) nema zaštićenih područja. Najbliže zaštićeno područje je Kozjanski park (ID 1413 od državne važnosti), koji je udaljen oko 5060 m sjeverozapadno. Sukladno članku 20. Pravilnika, utvrđeno područje utjecaja na daljinu za određeni zahvat u prirodi može se u svakom trenutku razlikovati od područja utjecaja na daljinu zahvata u prirodi iz Priloga 2 ovoga Pravilnika, ako to proizlazi iz terenskih nalaza, detaljnijih informacija o provedbi zahvata u prirodi i iz drugih činjeničnih okolnosti. Osim utjecaja na daljinu definiranog Pravilnikom u području radijusa od 2000 m, moguć je i utjecaj na daljinu nizvodno uz rijeku Savu gdje nema zaštićenih područja. Stoga se u nastavku ne obrađuju zaštićena područja.

4.1.6.3 Natura 2000

U području utjecaja na daljinu 2000 m prema Pravilniku o procjeni prihvatljivosti utjecaja provedbe planova i zahvata u prirodi na zaštićena područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 130/04, 53/06, 38 /10, 3/11) jedno područje Natura 2000 utvrđeno je Uredbom o posebnim zaštićenim područjima (područje Natura 2000) (Službeni list Republike Slovenije, br. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13-ispr., 39/13-Odl.US, 3/14, 21/16, 47/18), **POO Vrbina (SI3000234)**, koje je od predmetnog zahvata udaljeno oko 350 m. Sukladno članku 20. Pravilnika, utvrđeno područje utjecaja na daljinu za konkretni zahvat u prirodi može se u svakom trenutku razlikovati od područja utjecaja na daljinu zahvata u prirodi iz Priloga 2 ovog Pravilnika ako to proizlazi iz terenskih nalaza, detaljnijih podataka o provedbi zahvata u prirodu i iz drugih stvarnih okolnosti. Osim utjecaja na daljinu definiranog Pravilnikom u području radijusa od 2000 m, moguć je i utjecaj na daljinu nizvodno uz rijeku Savu. Pretpostavljamo da se područje utjecaja na daljinu nizvodno na tu rijeku proteže do 8 km nizvodno od ispusta iz NEK-a, gdje je rijeka Sava proglašena područjem Natura 2000 **POO donja Sava (SI3000304).** Opis područja Natura 2000 nalazi se u poglavlju 4.4.1.4.

4.1.6.4 Prirodne vrijednosti

Najbliže prirodne vrijednosti utvrđene su Pravilnikom o utvrđivanju i zaštiti prirodnih vrijednosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 111/04, 70/06, 58/09, 93/10, 23/15 i 7/19):

- Libna – stablo lipe kod crkve (ID 7860; botanička prirodna vrijednost za lokalnu sredinu) – oko 1270 m sjeverno od planiranog zahvata;
- Stari Grad – šljunčara (ID 7861; Vodeni biotop, migracijska postaja i gnjezdilište ugroženih vrsta, ekološka i zoološka vrijednost za lokalnu sredinu) – oko 1415 m istočno od planiranog zahvata.

4.1.6.5 Ekološki važna područja

Na području planiranog zahvata nalazi se jedno ekološki važno područje, utvrđeno Uredbom o ekološki važnim područjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 48/04, 33/13, 99/13 i 47/18):

- Sava od Radeča do državne granice (ID 63700).

4.1.7 Karakteristike izgrađenog okoliša i prisutnost posebnih materijalnih dobara

4.1.7.1 Karakteristike izgrađenog okoliša

Područje NEK-a, čiji je dio i područje zahvata, nalazi se u općini Krško, 2,5 km jugoistočno od grada Krškog. Područje NEK-a ograničeno je na jugu koritom rijeke Save i industrijskom zonom Vrbina na sjeveru. Lokacija zahvata dostupna je s regionalne ceste R1 Krško – Spodnja Pohanca, a zatim s lokalne ceste koja vodi od područja naselja Vrbina u smjeru jugoistoka, prema području NEK-a.

Sa zapada, sjevera i istoka okolica ograđenog prostora NEK-a okružena je voćnjacima, a na jugu teče rijeka Sava. Unatoč činjenici što se u literaturi spominje naselje Vrbina, koje se nalazi oko 490 m sjeverozapadno od mjesta zahvata, prema podacima PISO-a /63/ ono je područje središnje djelatnosti

koje nije naseljeno. Najbliže gusto naseljeno naselje, Spodnji Stari Grad, nalazi se oko 700 m sjeveroistočno od lokacije zahvata.

Grad Krško, koji je smješten sjeverozapadno od lokacije zahvata, gospodarsko je, upravno, obrazovno i kulturno središte donjeg Posavlja. Mjesto se prvi put spominje 895. godine. Godine 1189. na strateški važnom mjestu, na ulazu u kanjon Save, spominje se dvorac ispod kojeg se razvio trg koji je 1477. godine dobio status grada, a 1480. bio je opasan zidinama. U srednjem vijeku razvijaju se kožarstvo, obućarstvo i krojački obrti. Poslije postaje sve važnija trgovina vezana uz plovidbu Savom, koja je snažno utjecala na gradsko gospodarstvo, sve do 1862. godine, kada ju je zamijenila željeznica. Industrija se počela razvijati 1937. kada je otvorena mala tvornica papira u Vidmu, u današnjoj industrijskoj zoni Krško, koja je prerasla u industriju celuloze, papira i proizvoda od papira /133/. Poslije se razvila još jedna industrija, tako da je danas gotovo dvije trećine stanovništva zaposleno u industriji. Naselja nizvodno od Krškog i Vidma nastala su uglavnom na desnoj obali Save, uz glavnu cestu Ljubljana – Zagreb.

4.1.7.2 Kulturna baština

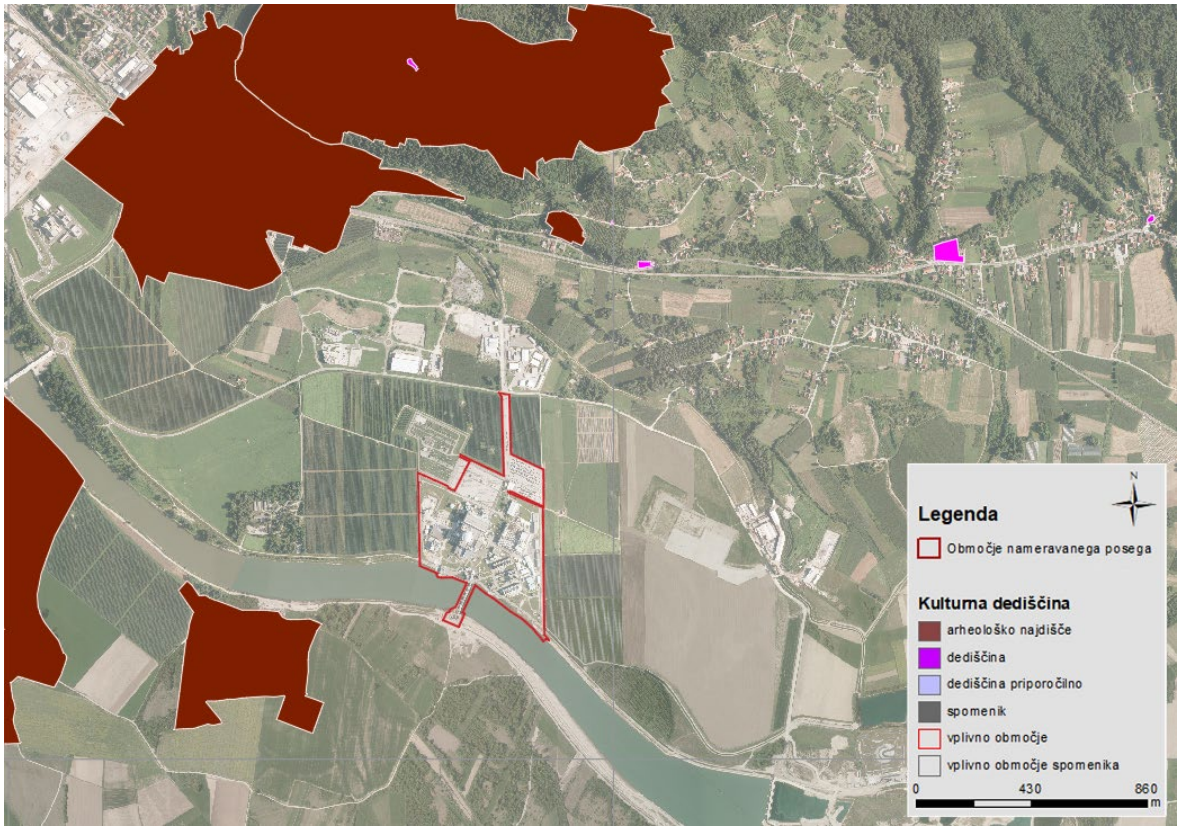
Šire područje zahvata oduvijek je bilo pogodno za naseljavanje, ovdje su povijesni ostaci iz prapovijesti (Kartuševa i Jermanova špilja), ilirski i keltski ostaci (Libna, Beč) te iz rimskog doba ostaci grada i luke u blizini današnjeg sela Drnovo (Neviodunum).

Kompleks nuklearne elektrane leži na savskoj ravnici jugoistočno od nekadašnjeg Vidma, gdje je Sava u prošlosti često mijenjala tok, pa je uže područje bilo manje pogodno za naseljavanje. Dokaz o pomicanju korita, koje je bilo pokrajinska granica, jest i lokacija nekadašnjeg graničnog kamena između Kranjske i Štajerske kod Spodnjeg Staroga Grada, koji stoji daleko od današnjeg korita Save. Ostaci nekadašnjih riječnih korita i danas su vidljivi na širem području kao mikroreljefni fenomeni.

U blizini NEK-a za potrebe izrade državnog prostornog plana za odlagalište NSRAO Vrbina izrađene su stručne podloge „Izvještaj o arheološkoj procjeni potencijalne lokacije Vrbina za odlagalište NSRAO", Zavod za zaštitu kulturne baštine – područna jedinica Novo Mesto, prosinac 2006. Na širem području planirane izgradnje odlagališta Vrbina, koje se nalazi sjeveroistočno od NEK-a, izvršeno je 108 probnih iskopa jaraka dimenzija 120 x 120 cm za potrebe ispitivanja. Kod procjene uzeta je u obzir SAAS metodologija (Arheologija na autocestama Slovenije, Metode i postupci, Ljubljana, travanj 1994.). Rezultati arheološkog istraživanja pokazali su da područje u prošlosti nije bilo naseljeno ili da nema vidljivih znakova prisutnosti ljudi na ovom području u prošlosti.

Tijekom izgradnje elektrane iskopan je i zamijenjen materijal na cijelom području platoa elektrane, pa procjenjujemo da se ne očekuje pronalazak arheoloških ostataka unutar energetskog kompleksa NEK-a.

Na području zahvata (unutar postojećeg kompleksa NEK-a) nema kulturno-zaštitnih elemenata, a prostor se nalazi i izvan područja utjecaja na objekte i područja kulturne baštine u okolici. Najbliže jedinice kulturne baštine udaljene su više od 470 m od mjesta zahvata i izvan su područja NEK-a. Opis jedinica je u sljedećoj tablici, a grafički prikaz nalazi se na sljedećoj slici i u poglavlju 11.2.



Slika 39: Kulturna baština u široj okolici lokacije zahvata (izvor: /64/)

Legenda	Legenda:
Območje nameravanog posega	Područje planiranog zahvata
Kulturna dediščina	Kulturna baština
Arheološko najdišče	Arheološko nalazište
dediščina	Baština
Dediščina priporočeno	Baština preporučeno
spomenik	Spomenik
Vplivno območje	Područje utjecaja
Vplivno območje spomenika	Područje utjecaja spomenika

Tablica 37: Objekti i područja nepokretne kulturne baštine u blizini lokacije zahvata (izvor: /64/)

NKD jedinica	EBB	Vrsta / Tip	Opseg	Opis
Žadovinek – Arheološko nalazište Remen-Tribeže	28988	arheološka baština	područje	Prostor nekadašnjeg imanja Globočnik (Globotshnig) i Čečkerjevog pristaništa (Zhezhker Maierhof) te potencijalna lokacija nekadašnjeg dvorskog pristaništa Šrajbarskog turna. Nalazište je od područja zahvata udaljeno oko 450 m.
Krško – Arheološko nalazište Stara Vas	16518	arheološka baština	područje	Tragovi prapovijesnog i rimskog naselja (nalazi keramike) i gomila iz starijeg željeznog doba, istražena 1890. (među grobovima je otkrivena i grobnica konjanika sa šljemom). Pisani izvori spominju i grobnice iz mlađeg željeznog i rimskog doba. Nalazište je od područja zahvata udaljeno oko 730 m.
Žadovinek – Arheološko nalazište Petrovce	1327	arheološka baština	područje	Groblje s kasnobrončanodobnim ukopima (otkriveno 26 grobova), potencijalno groblje iz željeznog doba prema slučajno otkrivenoj keltskoj grobnici i lokacija pristaništa gospodarstva Šrajbarski turn, koje se prvi put spominje 1436. (Gornji i Srednji Mairhof). Nalazište je od područja zahvata udaljeno oko 1240 m.

NKD jedinica	EBB	Vrsta / Tip	Opseg	Opis
Spodnja Libna – prapovijesno groblje gomila	24419	arheološka baština	područje	Groblje gomila: tri gomile, od kojih je jednu djelomično istražio M. Hoernes (skeletni grobovi iz starijeg željeznog doba). Ovdje su navodno otkrivene i spaljene grobnice iz mlađeg željeznog doba (neistraženo). Nalazište je od područja zahvata udaljeno oko 610 m.
Spodnja Libna – gospodarstvo Spodnja Libna 13	17422	profana građevinska baština	grupa objekata	Gospodarstvo se sastoji od prizemne zidane kuće s katnim, prema van, naglašenim zabatom oslonjenim na tri stupa, drvenom sjenicom i nizom gospodarskih zgrada s lijeve i desne strane kuće. Gospodarstvo je od područja zahvata udaljeno oko 670 m.
Libna – kapelica u Spodnji Libni	16233	sakralna građevinska baština	objekt	Povijesna kapelica otvorenog tipa s početka 20. stoljeća U unutrašnjosti se nalazi raspelo s Isusom. Kapelica je od područja zahvata udaljena oko 740 m.
Stari grad pri Vidmu – crkva sv. Nikolaja	3487	sakralna građevinska baština	objekt	Barokna crkva sagrađena je 1627. godine u spomen na kugu. Sastoji se od pravokutne lađe, trostranog prezbiterija i zvonika na zapadu. Oltarska oprema iz 19. stoljeća. Crkva je od područja zahvata udaljena oko 1650 m.
Libna – crkva sv. Marjete	3489	sakralna građevinska baština	objekt	Crkva s pravokutnom lađom s ravnim stropom, kapelom sv. Ane, trostranim prezbiterijem i zvonikom na zapadnoj strani barokizirana je 1765. godine. Glavni oltar je iz 1849., bočni su barokni. Crkva se nalazi na brdu Libna (354 m n. v.), sjeverno od istoimenog naselja. Crkva je od područja zahvata udaljena oko 240 m (zračna udaljenost).

Zavod Republike Slovenije za zaštitu kulturne baštine, OE Ljubljana, izdao je Mišljenje o podacima koje treba sadržavati Studiju utjecaja na okoliš prema trećem stavku članka 52. Zakona o zaštiti okoliša za produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina (prethodna informacija) 350-0051/2016-16, od 10. prosinca 2020.

Uvidom u materijale na internetskom poslužitelju, utvrđuju da planirani zahvat ne utječe na registrirane jedinice kulturne baštine, zato nemamo podatke koji bi trebali biti uključeni u studiju utjecaja na okoliš. Također smatraju da za produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina nije potrebna procjena utjecaja na okoliš i ishođenje okolišne dozvole za zaštitu kulturne baštine

4.1.8 Vrste zemljišta na području

Lokacija zahvata je na području građevinskog zemljišta, pretežno izgrađenog industrijskim objektima, s namjenom E – energetska infrastruktura i VI – područje vodne infrastrukture (namjena je prikazana u poglavlju 1.8.1.). Područja sjeverno, istočno i južno također su izgrađena, a poljoprivredna zemljišta nalaze se zapadno i jugozapadno. U blizini nema šumskih zemljišta.

4.1.9 Rizik od poplava i erozije

Šire područje zahvata nije ugroženo erozijom, zbog svog ravnog položaja nalazi se i izvan područja klizišta i odrona. Karta opasnosti od poplava prikazana je u poglavlju 11.2.

Područje NEK-a nalazi se na području poplavne pokrajine Vrbina, koje je prijelaz između istočnog ruba Krškog polja i zapadnog ruba Brežičkog polja /133/. Prema karti upozorenja o poplavama (ARSO /60/), rijetke i katastrofalne poplave ne događaju se na području NEK-a, ali se pojavljuju sjeverno, istočno i južno od granice područja NEK-a. Prema karti poplava (iKRPN), područje klase visoke opasnosti od poplava definirano je duž cijelog korita rijeke Save, koje prolazi paralelno s južnom granicom područja NEK-a.

Opasnost od poplave

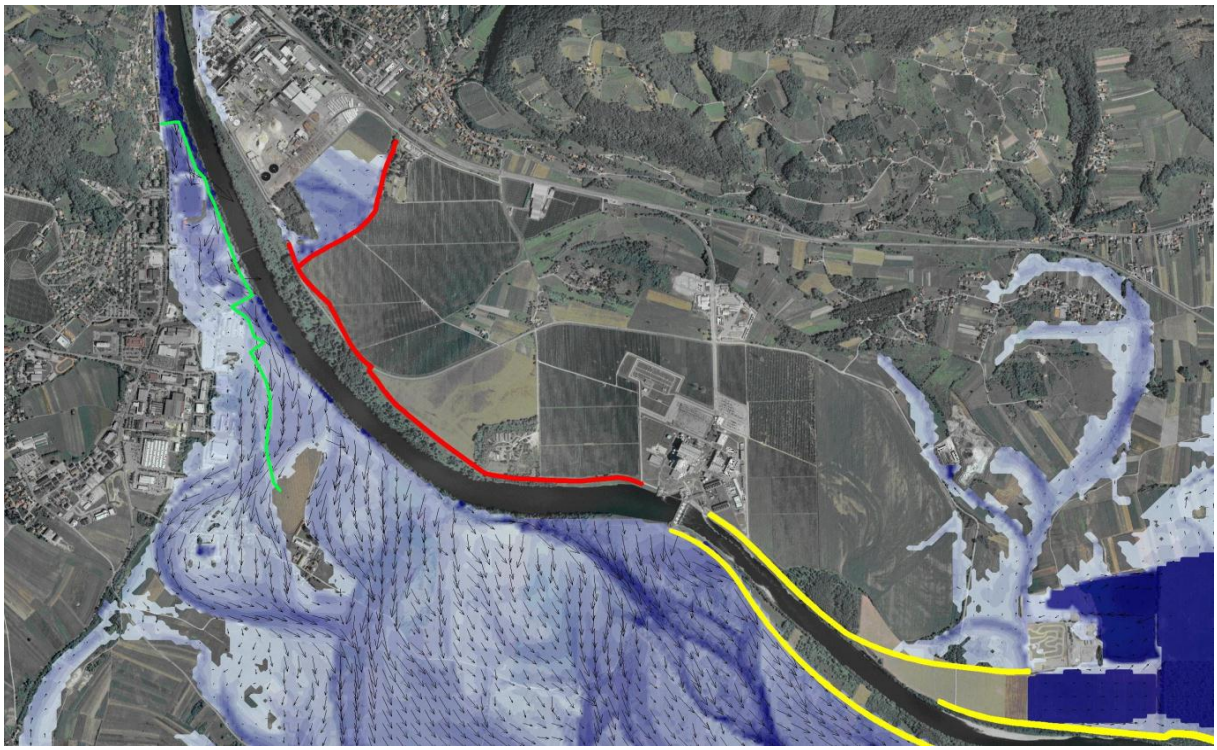
NEK se nalazi na nekadašnjoj poplavnoj ravnici Save koja je tijekom izgradnje NEK-a bila zaštićena od poplava nasipima uz Savu i Potočnicu. Savski nasip se proteže oko 2 km uzvodno i 1 km nizvodno od NEK-a, a nasip uz Potočnicu dugačak je 750 m i teče od mjesta ulijevanja Potočnice u Savu do željezničke pruge. Tijekom izgradnje NEK-a desna obala rijeke Save ostala je u svom prirodnom stanju i kao takva osigurala da se eventualna ekstremna poplava prelije na desnu poplavnu ravnicu uz rijeku Savu. U vrijeme izgradnje NEK-a relevantna poplava Q10.000 iznosila je 4272 m^3/s.

U 2011. godini ponovno je procijenjena poplavna sigurnost NEK-a te je u sklopu proširenih analiza utvrđen novi mjerodavni protok Q10.000 = 4790 m^3/s. Na temelju ovih analiza dovršena je prilagodba protupoplavnih nasipa u veljači 2012. (projekt NEKPMF-B056/186-2). Kruna nasipa uz Savu podignuta je na 1 m u dužini od 1430 m, a kruna nasipa uz Potočnicu na 1,8 m, pri čemu je na krajnjem uzvodnom dijelu izveden zaštitni betonski zid.

Druga, manja prilagodba nasipa uz Savu i Potočnicu, kao rezultat izgradnje HE Brežice, završena je u ožujku 2018. godine (projekt NEKPOT-A201/019), a investitori su bili INFRA, HESS, DRSI i Općina Krško. Kruna nasipa uz Savu samo je minimalno korigirana u dužini od 100 m (do 10 cm), a uzduž Potočnice je podignuta zaštita od poplava za dodatnih 0,5 m izgradnjom parapetnog zida i podizanjem postojećeg protupoplavnog zida.

Kao rezultat prilagodbe protupoplavnih nasipa uz Savu i Potočnicu 2011. i 2018. godine, NEK je zaštićen do protoka od 11.130 m^3/s /3/.

Struktura suhog skladišta IG-a dizajnirana je da omogući poplavnu sigurnost s visokovodnim nasipima (PMF) i u slučaju poplave PMF-a nakon potresa iznad 0,3 g zaštićena je potpornim ili brtvenim sustavom do kote od 157,53 m n. v. Nepropusnost građevine prije poplave osigurava se obodnim AB zidovima, a prodor vode kroz vrata spriječen je demontažnim protupoplavnim barijerama.



Slika 40: Razmjer poplava na području NEK-a i vektori lokalne brzine vode pri QPMF = 7081 m^3/s (nestabilan protok) za status s HE Brežice (izvor: /151/)

Crvenom linijom prikazani su nasipi NEK-a uz Savu i Potočnicu, zelenom visokovodni nasipi u sklopu projekta HE Brežice i žutom energetski nasipi HE Brežice. Po: Hidraulička analiza visokih voda rijeke

Save na području NEK-a pri maksimalnom vjerojatnom protoku (PMF) za status nakon izgradnje HE Brežice /151/.

Tablica 38: Po veličini najveći dosad zabilježeni protoci Save u Radeču, koji je do 1994. godine bio referentna vodomjerna postaja za NEK (izvor: /3/)

Year	Flow	Year	Flow	Year	Flow	Year	Flow
1990	**2991**	*1909*	1863	*1916*	1466	*1952*	1302
1998	2940	*1991*	1862	*1960*	1458	*1928*	1294
1933	2809	*1987*	1857	*1939*	1458	*1944*	1264
1964	2699	*1969*	1839	*1918*	1458	*1997*	1250
1923	2676	*1985*	1831	*1983*	1450	*1994*	1217
1979	2498	*1949*	1820	*1959*	1420	*1978*	1216
1973	2460	*1962*	1789	*1956*	1420	*1999*	1133
1980	2391	*1940*	1772	*1921*	1420	*1911*	1131
1966	2350	*1915*	1754	*1984*	1416	*1910*	1119
1982	2313	*1993*	1735	*1947*	1412	*1912*	1104
1936	2228	*1967*	1712	*1919*	1400	*1955*	1068
1974	2213	*1968*	1708	*1989*	1391	*1953*	1018
1992	2153	*1948*	1693	*1995*	1390	*1913*	1007
1927	2134	*1963*	1661	*1976*	1380	*1957*	1000
1926	2109	*1931*	1661	*1937*	1380	*1924*	997
1930	2087	*1925*	1576	*1977*	1370	*1971*	973
2000	2080	*1922*	1576	*1970*	1346	*1981*	942
1961	2024	*1951*	1552	*1943*	1341	*1950*	929
1934	1998	*1954*	1536	*1988*	1331	*1941*	849
1965	1957	*1935*	1536	*1932*	1325	*1920*	832
1975	1930	*1917*	1513	*1914*	1321	*1945*	815
1972	1913	*1986*	1492	*1908*	1317	*1942*	805
1996	1865	*1938*	1482	*1958*	1309	*1929*	805
						1946	582

Tablica 39: Šest najvećih zabilježenih tokova rijeke Save u profilu HE Krško (izvor: /246/)

Year	Date	Flow
1933	23.9.	*2940*
1964	25.10.	*2733*
1973	25.9.	*2549*
1979	29.1.	*2630*
1990	1.11.	*3050*
1998	4.11.	*3001*

Na temelju dosadašnjih opisa zaštite i do sada dokumentiranih poplava, zaključuje se da će NEK biti adekvatno zaštićen od poplava do 2043. godine, uzimajući u obzir posljedice klimatskih promjena.

4.1.10 Prometne veze i cestovna opterećenja

NEK je smješten na lijevoj obali rijeke Save, u industrijskoj zoni Krško. Do elektrane vodi lokalna cesta koja je krškom obilaznicom priključena na regionalnu cestu R1 Krško – Spodnja Pohanca. Elektrana također ima i industrijski kolosijek koji je povezuje sa željezničkom postajom u Krškom.

Prometna opterećenja regionalne ceste prikazana su u sljedećoj tablici. Posljednji dostupni podaci su za 2018. godinu.

Tablica 40: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) po regionalnoj cesti u razdoblju 2016. – 2018. (izvor: /123/)

Kat. ceste	**Br. ceste**	**Br. dionice**	**Dionica**	**Mjesto brojača**	**Sva vozila (PLDP)**		
					2016.	**2017.**	**2018.**
R1	220	1334	Krško – Spodnja Pohanca	367 Dolenja Vas	5904	5810	6026

Tablica 41: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) po regionalnim cestama u okolici lokacije zahvata prema vrsti vozila u 2018. godini (izvor: /123/)

Kat. i br. ceste Dionica	Sva vozila (PLDP)	Motori	Os. vozila	Auto-busi	Lak. ter. < 3,5 t	Sr. ter. 3,5 – 7 t	Tež. ter. > 7 t	Ter. s prik.	Teglja-či
R1 220 1334 Krško – Spodnja Pohanca	**6.026**	44	5398	43	334	58	61	22	63

Iz prethodne tablice evidentno je da je udio srednjih i teških teretnih vozila u ukupnom prometu na regionalnim cestama u okolici relativno malen te da većinu prometa čine osobna vozila.

Glavna željeznička pruga Ljubljana – Zagreb – d. m. prolazi sjeverno od NEK-a, željeznička postaja Krško je oko 2500 m sjeverozapadno i dostupna je cestom R1 dionica 220.

4.1.11 Seizmički rizik

Slovenija je zemlja srednjeg seizmičkog rizika. Iako potresi u Sloveniji nisu jako visoke vrijednosti magnitude, njihovi učinci mogu biti prilično jaki zbog relativno plitkih žarišta. Zona veće seizmičke opasnosti proteže se središnjim dijelom Slovenije, u zatvorenom pojasu od krajnjeg sjeverozapada do krajnjeg jugoistoka države. Udaljavanjem od ovog pojasa prema sjeveroistoku i jugozapadu smanjuje se seizmička opasnost.

Razmatrano područje je klasificirano u 8. stupanj seizmičkog intenziteta prema EMS ljestvici (European Macroseismic Scale). U tom području mogu se očekivati seizmička ubrzanja do 0,2 g PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina i 0,45 g PGA za povratno razdoblje od 10.000 godina. Podaci su sažeti prema kartama makroseizmičkih intenziteta Slovenije za povratno razdoblje potresa od 475 i 10.000 godina /60/.

Detaljna geomehanička, hidrološka, geofizička i seizmološka istraživanja provedena su u nekoliko faza na lokaciji NEK-a. Prva faza provedena je 1972. – 1973. i uključivala je bušenje do dubine od 12 do 13 m, mjerenje brzine P i S valova. Istraživanja su izvedena u široj okolici NEK-a i korištena za utvrđivanje konačne lokacije.

Druga faza istraživanja izvodila se u drugoj polovici 1973. godine. Uključuje mjerenja seizmičkih P i S valova i mikroseizmičke buke u tlu na lokaciji NEK-a. Istraživanja su korištena za izradu geotehničkog modela i određivanje parametara seizmičkog opterećenja.

Treća faza istraživanja provedena je sredinom 1974. godine. Napravljeno je 30 geomehaničkih bušotina dubine 30 – 90 m, obavljena su laboratorijska istraživanja i izmjerene su brzine P i S valova do dubine od 45 m.

Četvrta faza istraživanja provedena je 1974. godine. Dodatno su napravljene 24 nove geomehaničke bušotine do dubine od 100 m s mjerenjima brzine P i S valova, laboratorijskim ispitivanjima, mjerenjima gama-gama gustoće materijala i geoelektričnim sondiranjem terena. Istraživanja provedena u drugoj, trećoj i četvrtoj fazi provedena su na lokaciji NEK-a i odnose se na objekte I. kategorije.

Daljnja istraživanja na licu mjesta provedena su u vezi s dovršetkom sigurnosne analize seizmičke vjerojatnosti za procjenu ranjivosti elektrane na seizmičke događaje. Geološka, seizmološka i geofizička istraživanja završena su između 1994. i 1996. godine. Na temelju preliminarnih rezultata i preporuka IAEA-e, „Program for additional site investigations", provedena su dodatna geološka, seizmološka i geofizička istraživanja. Studije su se fokusirale na područje NEK-a i okolno područje (radijus od 25 km) i obuhvaćale su:

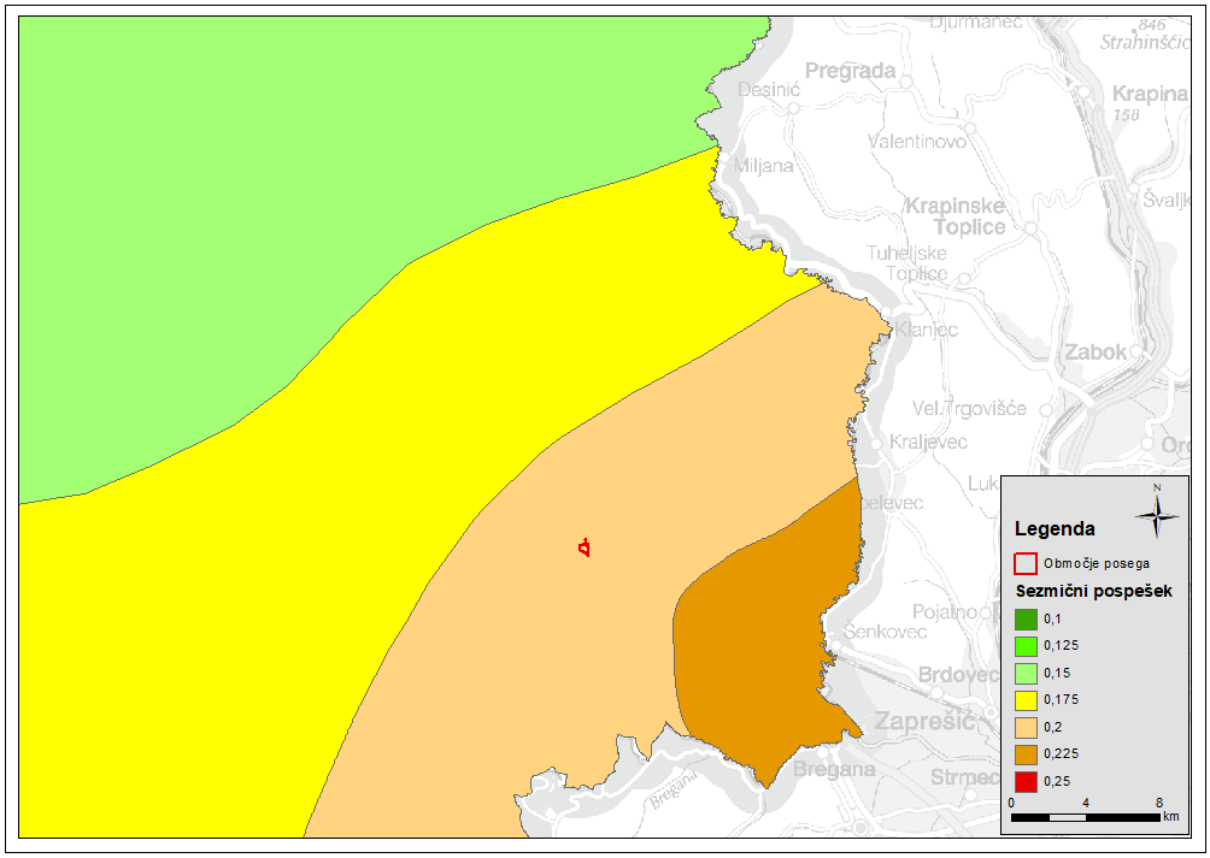
- ažuriranje baze podataka seizmičkih događaja;
- detaljno geološko kartiranje Krškog porječja i susjednih regija u blizini lokacije u mjerilu 1:5000;
- geofizička istraživanja;

- detaljna istraživanja kvartarnih naslaga, tala i geomorfnih površina koja se mogu koristiti za procjenu neotektonske deformacije;
- dobivanje i analiziranje podataka o geodetskom izravnanju i GPS mjerenjima.

Rezultati geoloških, seizmoloških i geofizičkih istraživanja, koji predstavljaju aktualizirani seizmotektonski model Krške kotline, prikazani su u izvještaju prvog periodičnog sigurnosnog pregleda (PSR). Taj izvještaj pruža osnovu za ponovnu procjenu i reviziju analize seizmičkih opasnosti (PSHA, 2002. – 2004.).

Nakon završetka opsežne analize seizmičke vjerojatnosti /225/, koja je uključivala i analizu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a, u sklopu istraživanja lokacija za NSRAO i JEK2 u neposrednoj blizini NEK-a provedena su opsežna dodatna istraživanja. Ona su usmjerena na pojedine geološke strukture (seizmičke izvore i rasjede) radi boljeg razumijevanja seizmičko-tektonske strukture Krške kotline i smanjenja nesigurnosti u utvrđivanju seizmičke opasnosti lokacije. U sklopu tih istraživanja, koja su provedena okvirno u posljednjih 10-ak godina, nije potvrđeno postojanje takvih novih rasjeda ili geoloških struktura koji bi mogli trajno deformirati površinu lokacije tijekom potresa („capable faults"), odnosno nema novih saznanja koja bi bitno promijenila postojeću procjenu seizmičke opasnosti lokacije NEK /271/ koja je napravljena 2002. – 2004. nakon prethodnih 10 godina istraživanja.

Elektrane su projektirane za potrese s povratnim razdobljem koje znatno premašuje povratna razdoblja potresa za koja su projektirani uobičajeni objekti. Potres u Petrinji, 29. prosinca 2020., koji smo osjetili i na području Krškog, nije predstavljao nikakvu opasnost za NEK i nije prouzročio nikakvu štetu.



Slika 41: PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina (izvor: /60/)

Legenda:

Područje zahvata

Seizmička ubrzanja

4.2 PODRUČJA S POSEBNIM PRAVNIM REŽIMOM

Lokacija zahvata je izvan područja ugroženih poplavama i područja zaštićenih propisima o zaštiti prirode i zaštiti kulturne baštine.

Vodozaštitna područja, objekti i područja kulturne baštine te područja zaštićena propisima o zaštiti prirode u blizini mjesta zahvata prikazani su slikama u poglavlju 11.2.

4.2.1 Zaštita vode za piće

Lokacija zahvata na krajnjem južnom području zahvata (područje brane) prema Uredbi o zaštiti podzemnih voda na području zaštitnih zona crpilišta vodovoda Krško (Službeni list SRS-a 12/85) u manjem je dijelu u VVO-u Drnovo – II. režim zaštite.

Područje Krškog smatra se jedinstvenim tijelom podzemne vode VTPodV_1003 Krška kotlina i obuhvaća aluvijalni vodonosnik na lijevoj i desnoj obali rijeke Save od ulaska rijeke u ravnicu kod grada Krškog i njezina izlaska iz ravnice kod Brežica. Prema geološkom sastavu Krško-brežičkog polja, najvažniji izvori vode vezani su uz aluvijalne slojeve rijeke Save kvartarne starosti. Debljina vodonosnika varira između 12 i 20 m, ovisno o morfologiji supstrata koji se sastoji od praktički vodonepropusnih stijena neogenske starosti.

Na širem području grada Krškog za vodoopskrbu se koristi ukupno 9 različitih izvora, a u VTPodV_1003 Krška kotlina koriste se samo dva crpilišta, Brege i Drnovo, koja pitkom vodom pokrivaju najveći dio šireg urbanog područja. Izvor Drnovo trenutačno nije u uporabi zbog visokih koncentracija nitrata u vodi. Osim nitrata problem su i pesticidi. Kontrola pitke vode u Krškom polju pokazala je da su koncentracije desetil atrazina premašile graničnu vrijednost od 2003. godine i dostigle maksimum 2005. i 2006. godine, kada su vrijednosti bile četiri puta veće od granične vrijednosti. U 2010. godini na slivu Drnova pojavili su se i pesticidi bentazon i S-metaloklor u prekomjernim koncentracijama. Od listopada 2010. Drnovo se koristi kao rezervni izvor vode u slučaju većih oštećenja na vodoopskrbnom sustavu Krško /258/. Istraživanja pokazuju da na vodnom tijelu 1003 Krška kotlina ne postoji trend poboljšanja, a na crpilištu Drnovo trend raste /259/, /89/. Izvor Brege ima ukupni kapacitet od oko 60 l/s i zajedno s izvorom Drnovo definirane pojaseve vodozaštitnog područja koji se protežu sve do desne obale rijeke Save.

U II. režimu zaštite vodoopskrbnih crpilišta Brege i Drnovo izgrađena je crpni bunar NEK-a kod njegove brane na rijeci Savi. Bunar radi na temelju ARSO dozvole od 15. listopada 2009., koja vrijedi do 31. kolovoza 2039. /50/. Maksimalna količina pumpanja iz bunara za potrebe opskrbe NEK-a tehnološkom vodom ograničena je na 16 l/s, odnosno 504.576 m^3/god. U 2020. iz bunara je ispumpano cca 204.000 m3, što je manje od polovice dopuštene količine pumpanja. Slične količine pumpane su i u posljednjih 10 godina.

Šire područje grada Brežica opskrbljuje se pitkom vodom s ukupno 12 crpilišta koja su izvan VTPodV_1003 Krške kotline. Od 12 crpilišta, šest je prirodnih izvora malog kapaciteta (do 2,2 l/s) i uglavnom su namijenjena manjim naseljima na širem području grada. Najveća crpilišta su Glogov Brod s oko 60 l/s ukupno i Brezina s oko 20 l/s u naseljima sjeverno od grada. Sva crpilišta pitke vode imaju posebno vodozaštitno područje.

4.2.2 Stupanj zaštite od buke

Prema Pravilniku o prostornom planu općine (OPN) za područje Općine Krško (Službeni list Republike Slovenije, br. 61/15), lokacija zahvata nalazi se na području namjene E – energetska infrastruktura, koja se u skladu s prostornim aktom klasificira u područje **IV. stupnja zaštite od buke**. IV. stupanj zaštite od buke obuhvaća i neposrednu okolinu područja zahvata – površine K1 (najbolja poljoprivredna zemljišta), IG (područja gospodarske djelatnosti) VI (područja vodne infrastrukture) i PC (područja prometnih površina). Namjena na širem području lokacije zahvata prikazana je na slici u poglavlju 1.8.1.

Najbliža stambena naselja su sjeverno i sjeveroistočno od područja intervencije (udaljenost minimalno 550 m), u EUP:

- SSG 04 s namjenskom uporabom SS (stambena područja),
- SSG 131 s namjenskom uporabom A (površine raspršene naseljenosti),
- SLI 052 s namjenskom uporabom SS (stambena područja).

koji se uvrštavaju u **III. stupanj zaštite od buke**.

Granične vrijednosti pokazatelja buke za IV. i III. područje zaštite od buke (VPH), prikazane u sljedećim tablicama, utvrđene su Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/ 18, 59/19).

Tablica 42: Granične vrijednosti pokazatelja buke u tablicama 1 i 2 Uredbe o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu – područje

Područje VPH	Granične vrijednosti tablica 1		Granične vrijednosti tablica 2	
	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV	65	75	80	80
III	50	60	59	69

Tablica 43: Granične vrijednosti pokazatelja buke – uređaj ili postrojenje iz tablice 4 Uredbe o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu

Područje VPH	Granične vrijednosti			
	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV	73	68	63	73
III	58	53	48	58

Legenda uz gornje tablice:

L_{dan} pokazatelj dnevne buke (od 6 do 18 sati)
$L_{večer}$ pokazatelj večernje buke (od 18 do 22 sata)
$L_{noć}$ pokazatelj noćne buke (od 22 do 6 sati)
L_{dvn} kombinirani pokazatelj dan-večer-noć

Tablica 44: Granične vrijednosti vršne vrijednosti buke L_1 – uređaj ili postrojenje

Područje VPH	Granične vrijednosti vršne vrijednosti L_1	
	Razdoblje večeri i noći (dBA)	Razdoblje dana (dBA)
IV	90	90
III	70	85

4.2.3 Stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja

Prema Pravilniku o prostornom planu općine (OPN) za područje Općine Krško (Službeni list Republike Slovenije, br. 61/15), lokacija zahvata nalazi se na području namjene E – energetska infrastruktura, koja se u skladu s prostornim aktom klasificira u područje **II. stupnja zaštite od zračenja**. U II. stupnju zaštite od zračenja obuhvaćena je i neposredna okolica područja zahvata – K1 (najbolja poljoprivredna zemljišta), IG (područja gospodarske djelatnosti), VI (područja vodne infrastrukture) i PC (područja prometnih površina). Namjena na širem području lokacije zahvata prikazana je na slici u poglavlju 1.8.1.

U području **I. stupnja zaštite od zračenja**, koje zahtijeva povećanu zaštitu od zračenja, uvrštena su najbliža stambena područja (udaljenost minimalno 550 m), koja su sjeverno i sjeverozapadno od područja zahvata u EUP:

- SSG 04 s namjenskom uporabom SS (stambena područja),
- SSG 131 s namjenskom uporabom A (površine raspršene naseljenosti),
- SLI 052 s namjenskom uporabom SS (stambena područja).

Granične vrijednosti elektromagnetskog zračenja prema Uredbi o elektromagnetskom zračenju u prirodnoj i životnoj sredini (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/96, 41/04-ZVO-1) za niskofrekventno zračenje frekvencije 50 Hz su prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 45: Granične vrijednosti veličina EMS za niskofrekventna zračenja na frekvenciji od 50 Hz

Frekvencija (Hz)	**Jačina električnog polja – E (V/m)**		**Gustoća magnetskog toka – B (μT)**	
	I. područje	II. područje	I. područje	II. područje
50	500	10.000	10	100

4.3 NASELJENOST I UVJETI ŽIVOTA U OKOLICI

Lokacija NEK-a nalazi se u općini Krško, 2,5 km jugoistočno od grada Krškog. Područje je na jugu omeđeno koritom rijeke Save i industrijskom zonom Vrbina na sjeveru. Lokacija zahvata dostupna je s regionalne ceste R1 Krško – Spodnja Pohanca, a zatim s lokalne ceste, koja vodi od područja naselja Vrbine u smjeru jugoistoka, prema području NEK-a.

Sa zapada, sjevera i istoka okolica ograđenog prostora NEK-a okružena je voćnjacima, a na jugu teče rijeka Sava. Unatoč činjenici što se u literaturi spominje naselje Vrbina, koje se nalazi oko 490 m sjeverozapadno od mjesta zahvata, prema podacima PISO-a /63/, ono je područje središnje djelatnosti koje nije naseljeno. Najbliže gusto naseljeno naselje, Spodnji Stari Grad, oko 700 m je sjeveroistočno od lokacije zahvata.

Grad Krško, koji je smješten sjeverozapadno od lokacije zahvata, gospodarsko je, upravno, obrazovno i kulturno središte donjeg Posavlja. Mjesto se prvi put spominje 895. godine. Godine 1189. na strateški važnom mjestu, na ulazu u kanjon Save, spominje se dvorac ispod kojeg se razvio trg koji je 1477. godine dobio status grada, a 1480. bio je opasan zidinama. U srednjem vijeku razvija se obrtništvo, a kasnije postaje sve važnija trgovina vezana uz plovidbu Savom, koja snažno utječe na gradsko gospodarstvo sve do 1862. godine, kada je mijenja željeznica. Industrija se počela razvijati 1937. kada je otvorena mala tvornica papira u Vidmu, u današnjoj industrijskoj zoni Krško, koja je prerasla u industriju celuloze, papira i proizvoda od papira /133/. Poslije se razvila još jedna industrija, tako da je danas gotovo dvije trećine stanovništva zaposleno u industriji. Naselja nizvodno od Krškog i Vidma nastala su uglavnom na desnoj obali Save, uz glavnu cestu Ljubljana – Zagreb.

U drugoj polovici 2019. godine općina je imala oko 25.996 stanovnika (13.358 muškaraca i 12.638 žena). Po broju stanovnika zauzima 11. mjesto među slovenskim općinama. Gustoća naseljenosti je 90 ljudi po četvornom kilometru, što je niže od državnog prosjeka od 102 stanovnika po četvornom kilometru.

U općini vlada povoljna poslovna klima, a stvaranje novih poslovno-obrtničkih zona jedan je od najvažnijih čimbenika daljnjeg razvoja i otvaranja novih radnih mjesta. Poslovno okružje općine Krško najveći je energetski bazen u Sloveniji jer u njemu su smještene brojne uspješne energetske kompanije kao što su Nuklearna elektrarna, Hidroelektrarna Brežice, GEN energija, Termoelektrarna Brestanica, kao i Fakultet za energetiku.

Među većim infrastrukturnim projektima u posljednjem desetljeću izgrađena je obilaznica oko Krškog, koja je 2019. godine uključena u prometnu mrežu.

Temelj gospodarskog razvoja također je određen konkurentnom ponudom komunalno opremljenog zemljišta u poslovnim zonama koje imaju izniman strateški položaj. Smještena su uz glavne cestovne i željezničke koridore te na taj način omogućuju vrlo povoljnu logističku povezanost, što je uz razvijene potporne djelatnosti, dobro organiziranu infrastrukturu i zapošljavanje konkurentska prednost koju iskorištavaju mnoge lokalne, nacionalne i svjetske tvrtke. Investitorima su na raspolaganju 83 hektara slobodnog prostora, a na preostala 82 hektara već su smještene poslovne djelatnosti, koje su proteklih godina u općini Krško osigurale više od 700 radnih mjesta.

Raznolikost pokrajine omogućuje odmor i opuštanje. Mogućnosti bicikliranja, trčanja, planinarenja ili jahanja su brojne. Tu su i brojni sportski događaji posebice speedway, konjske utrke, nogometne, rukometne i košarkaške utakmice te biciklistički maratoni. Brojni teniski tereni i terenske staze pogodni za vožnju biciklom omogućuju aktivnu rekreaciju.

Položaj krške pokrajine i njezina reljefa također su pogodni za razvoj poljoprivrednih i turističkih djelatnosti. Mještani su brda krške kotline pretvorili u voćnjake i vinograde u kojima proizvode autohtono vino 'Cviček'.

Prema podacima Nacionalnog zavoda za javno zdravstvo (NIJZ) /134/, zdravstvena slika stanovništva u općini Krško malo je lošija od slovenskog prosjeka za većinu zdravstvenih pokazatelja (prikazano u sljedećoj tablici).

Tablica 46: Neki pokazatelji zdravlja stanovništva u općini Krško – 2020. (izvor: /134/)

Pokazatelji	**Općina**	**Slovenija**	**Jedinica***
Stanovnici i zajednica			
Razvijenost općine	1,13	1,0	indeks
Prirast stanovništva	6,1	6,8	‰
Starije stanovništvo (iznad 80 godina)	5,2	5,3	%
Stopa radne aktivnosti	65,7	64,4	%
Zdravstveno stanje			
Bolovanje	16,9	16,4	dani
Astma u djece i adolescenata (0-19 godina)	0,6	1,0	sss/1000
Primatelji lijekova za dijabetes	5,9	5,2	sss/100
Primatelji lijekova za visoki krvni tlak	26,1	23,0	sss/100
Srčani udar (35 – 74 godine)	3,3	2,1	sss/1000
Moždani udar (35 – 84 godine)	3,4	2,6	sss/1000
Novi slučajevi raka	563	563	sss/100000
Smrtnost			
Smrtnost prema prebivalištu	965	916	sss/100000
Kardiovaskularna smrtnost (0 – 74 godine)	83	77	sss/100000
Smrtnost od svih vrsta raka (0 – 74 godine)	165	162	sss/100000

* sss: dobno standardizirana stopa na 100, 1000 ili 100.000 stanovnika, po slovenskom stanovništvu 1. 7. 2014.

- Bolovanje radno aktivnog stanovništva u prosjeku je trajalo 16,9 kalendarskih dana godišnje, a u Sloveniji je iznosilo 16,4 dana.
- Udio osoba koje su primale lijekove za visoki krvni tlak bio je veći od slovenskog prosjeka, isto tako i za dijabetes.
- Stopa hospitalizacija zbog infarkta iznosila je 3,3 na 1000 stanovnika u dobi od 35 do 74 godine, a u Sloveniji 2,1.
- Kod starijeg stanovništva općine stopa hospitalizacija zbog prijeloma kuka iznosila je 9,5 na 1000, a u Sloveniji 6,5.
- Udio korisnika pomoći u kući bio je veći od slovenskog prosjeka.
- Stopa smrtnosti od samoubojstava bila je 17 na 100.000 stanovnika, a u Sloveniji 19.

Za smještanje u širi kontekst, usporedba regije Posavje (općine: Bistrica ob Sotli, Brežice, Kostanjevice na Krki, Krško, Radeče i Sevnica) sa slovenskim prosjekom. Podaci su preuzeti iz publikacije NIJZ Zdravlje u regiji 2018. /111/.

Zdravlje stanovništva Posavja prema mnogim pokazateljima lošije je od slovenskog prosjeka, posebice u pogledu čimbenika zdravstvenog rizika, u području prevencije i smrtnosti. U malo lošijoj poziciji je i zdravstveni sustav, pri čemu se regija ističe po manjem broju medicinskog osoblja i niskom broju bolničkih kreveta na 1000 stanovnika.

Zdravstveni pokazatelji regije Posavje u usporedbi s prosjekom Slovenije pokazuju:

- Udio prekomjerno uhranjene djece bio je znatno veći nego u cijeloj Sloveniji.
- Postotak prometnih nesreća s alkoholiziranim počiniteljima bio je najveći u državi. Među višima je bila stopa bolničkog liječenja bolesti koje se mogu izravno pripisati alkoholu.
- Odaziv u programima probira za otkrivanje raka *Svit* i *Zora* bio je znatno niži od slovenskog prosjeka.
- Udjeli osoba koje primaju lijekove za visoki krvni tlak, šećernu bolest i psihičke poremećaje znatno su veći od slovenskog prosjeka.
- Stopa hospitalizacija zbog prijeloma kuka kod starije populacije u regiji bila je među najvišima u zemlji.
- Udio korisnika pomoći u kući bio je znatno veći od slovenskog prosjeka.
- Broj hospitalizacija zbog krpeljnog meningoencefalitisa bio je među najnižima u zemlji.
- Ukupna smrtnost i smrtnost od kardiovaskularnih bolesti bile su znatno veće od slovenskog prosjeka.

4.4 POSTOJEĆE STANJE, OPTEREĆENOST I KVALITETA OKOLIŠA

4.4.1 Ekosustavi, flora i fauna i njihova staništa

Podaci o flori i fauni (osim riba) i tipovima staništa razmatranog područja temelje se uglavnom na rezultatima studije iz 2008. godine, koja je izvedena kao stručna podloga za smještaj HE Brežice i HE Mokrice u prostoru: Pregled životinjskih i biljnih vrsta, njihovih staništa i kartiranje tipova staništa s posebnim osvrtom na europske važne vrste, ekološki važna područja, područja posebne zaštite, zaštićena područja i prirodne vrijednosti na području utjecaja planirane HE Brežice i HE Mokrice. Urednici: Govedič, M., A. Lešnik & M. Kotarac. Centar za kartografiju faune i flore u suradnji s Lutrom, Zavodom za očuvanje prirodne baštine, Znanstveno-istraživačkim centrom SAZU, Nacionalnim institutom za biologiju, Vodnogospodarskim zavodom Maribor i Sveučilištem u Ljubljani, Biotehnološkim fakultetom, Odsjekom za biologiju. Ova studija se u nastavku naziva: CKFF, 2008., izvor /136/.

4.4.1.1 Vegetacija i tipovi staništa

Područje samog planiranog zahvata je izgrađeno područje unutar ograde kompleksa NEK-a, parkiralište, pristupni put, brana na Savi i bunar na desnoj obali. U neposrednoj blizini kompleksa NEK-a su površine intenzivnih voćnjaka (HT 83.22 Nisko rastući i grmoliki voćnjaci). Na lijevoj obali Save područje je većinom pod utjecajem intenzivne poljoprivrede (voćnjaci, polja) i industrijske zone Vrbina. Unutar užeg područja kontrolirane uporabe (650 m) na lijevoj obali Save nema većih vrsta staništa koja su važna u očuvanju prirode.

Na širem području kontrolirane uporabe (1500 m) sjeverno i istočno od industrijske zone Vrbina nalaze se očuvani ekstenzivni travnjaci (HT 34.322 Srednjoeuropski umjereno suhi travnjaci s prevladavajućim uspravnim stoklasom). U prošlosti su ovi travnjaci bili uobičajeni na karbonatnim šljunčanim naslagama uz rijeke, a danas ih gotovo da i nema, jer su pretvoreni u polja ili intenzivne travnjake. Prema Uredbi o tipovima staništa (Službeni list Republike Slovenije, br. 112/03, 36/09 i 33/13), spadaju u tipove staništa kojima prijeti nestanak na području Europske unije i nalaze se u propisima Europske unije koja regulira zaštitu divljih biljnih i životinjskih vrsta identificiranih kao prioritet. Prepoznatljivi su po uspravnoj stoklasi *(Bromus erectus*), koja je tipičan graditelj travnjaka, među uobičajenim vrstama trava su i obična treslica (*Briza media*), kostrika (*Brachypodium pinnatum agg.*), oštrica (*Dactylis glomerata*) i vlasulja (*Festuca rupicola*). Ovaj tip staništa karakterizira i prisutnost kaćuna (Orchidaceae).

Uz potok Struga još je očuvana obalna šumska vegetacija (HT 44.132 Istočnoeuropske bijele vrbe s topolama). Prema Uredbi o tipovima staništa (Službeni list Republike Slovenije, br. 112/03, 36/09 i 33/13), ovaj tip staništa također je jedan od onih koji su u opasnosti od izumiranja u Europskoj uniji, a identificirani su kao prioritet u propisima Europske unije koji reguliraju zaštitu divlje flore i faune.

Na jugu uz kompleks NEK-a teče rijeka Sava. Uz rijeku, neposredno uz kompleks NEK-a, rastu visoke stabljike (HT 37.7 Nitrofilni rubovi šuma i vlažne obalne visoke stabljike), a uzvodno i nizvodno u uskom pojasu uz obalu su i HT 44.132 Istočnoeuropske bijele vrbe s topolama te HT 44,42 Ostaci srednjoeuropskih trupaca hrasta-jasena-brijesta. Na desnoj obali Save izvorna šumska obalna vegetacija uglavnom je iskrčena. Na ovom području, koje je također definirano kao Natura 2000 POO Vrbina, nalazi se mozaik različitih tipova staništa. Ovdje nalazimo ekstenzivne livade (HT 34.322 Srednjoeuropski umjereno suhi travnjaci s dominantnom uspravnom stoklasom i HT 34.323 Srednjoeuropski umjereno suhi travnjaci s kostrikom) i umjereno kultivirani travnjaci (HT 38.221 Srednjoeuropski kseromezofilni nizinski travnjaci na relativno suhim tlima i nagnutim položajima s prevladavajućom visokom pahovkom). Na pojedinim mjestima područje je obraslo stablima i grmljem (HT 31.8121 Srednjoeuropski termofilni bazofilni grmovi s kalinom i trninom, HT 31.8D Grmolike listopadne šume i površine obrasle listopadnim vrstama drveća). Prisutna je i strana vrsta drveća bagrem (*Robinia pseudoacacia*) – HT 83.324 Nasadi i šume robinije.

Kao što je već spomenuto, u srednjoeuropskim umjereno suhim travnjacima s prevladavajućim uspravnim stoklasom uspijevaju mnoge vrste orhideja. Među ostalim, na ovom području zabilježena je i pojava malog kaćuna (*Orchis morio*), kožastog kaćuna (*Orchis coriophora*) i kokice paučice (*Ophrys sphegodes*). Sve tri vrste uvrštene su na Crveni popis paprati i sjemena (Pravilnik o svrstavanju ugroženih biljnih i životinjskih vrsta (Službeni list Republike Slovenije, br. 82/02 i 42/10)) kao ranjive vrste. Na širem području zabilježena je i crnkasta sasa (*Pulsatilla nigricans*), koja je također uvrštena na Crveni popis kao ranjiva vrsta (Bioportal, 2020. /138/). Prema podacima iz 2008. godine, na širem području pojavljuje se još 9 vrsta orhideja, a od biljaka s Crvenog popisa metličasta mačica (*Phleum paniculatum*, rijetka vrsta), poljski kukolj (*Agrostemma githago*, ranjiva vrsta), crnoglavac (*Ballota nigra*, malo poznata vrsta), šumska jagoda (*Fragaria viridis*, ranjiva vrsta), plava i kitnjasta presličica (*Muscari botryoides* i *M. comosum*, ranjive vrste) te volovod (*Orobanche teucrii*, malo poznata vrsta). Neke vrste orhideja i trava kršin (*Chrysopogon gryllus*), šaš (*Carex liparocarpos*) i devesilje (*Seseli annuum*) imaju vrlo velike populacije na širem području POO Vrbina (CKFF, 2008. /136/).

4.4.1.2 Životinje

Sisavci (Mammalia)

Šišmiši (Chiroptera)

U neposrednoj okolici NEK-a postoje i staništa koja su pogodna za šišmiše. Tim su životinjama za hranjenje posebno važni vlažni dijelovi šume ili šumskog ruba koji održavaju velik broj člankonožaca, osobito kukaca. Oni su glavni izvor hrane šišmišima koji su prisutni na tom području. Hranu pronalaze na obalama voda obraslima starim drvećem, kao što su npr. obale Save i okolica potoka Struga, te obraslo područje na desnoj obali Save. Mnogo vrsta šišmiša (npr. bjelorubi šišmiš, kasni noćnjak) ima utočišta u raznim pukotinama zgrada. Vrste šišmiša koje žive u drveću (npr. večernjak, riječni šišmiš) utočište traže u šupljinama i pukotinama starijih listopadnih stabala, što se može očekivati na istraživanom području u tipovima staništa kao što su istočnoeuropske bijele vrbe s topolama i ostacima srednjoeuropskih trupaca hrasta-jasena-brijesta. Mnoge vrste prezimljuju u špiljama i drugim podzemnim prostorima. Svi šišmiši su klasificirani kao ugrožene vrste (Pravilnik o Crvenom popisu ugroženih vrsta divlje faune i flore (Službeni list Republike Slovenije, br. 82/02 i 42/10)) i zaštićeni su Uredbom o zaštićenim divljim životinjskim vrstama (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, Odluka US od 13. ožujka 2008., 96/08, 36/09, 102/11, 15/14, 64/16 i 62/19). Na širem području predmetnog područja šišmiši su uočeni u crkvi sv. Ane u Leskovcu (veliki potkovnjak – *Rhinolophus ferrumequinum*), u zvoniku crkve sv. Rupert u Krškom (veliki šišmiš – *Myotis myotis*), glasanje sivog dugoušana (*Plecotus* sp.) evidentirano je u Krškom, a pokraj rijeke Save posebno je brojno glasanje riječnog šišmiša (*Myotis daubentonii*), a na jesen i ranog večernjaka (*Nyctalus noctula*). Na obalama rijeke Save i u naseljima šireg područja evidentirani su patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pipistrellus*), močvarni patuljasti šišmiš *(Pipistrellus pygmaeus*), bjelorubi šišmiš (*Pipistrellus kuhlii*) i kasni noćnjak (*Eptesicus serotinus*). Pojedinačni primjerci potkovastog šišmiša (*Rhinolophus euryale*) mogu se pronaći uz obalu Save u okolici Krškog, a isto tako pokraj vode se može pronaći riđi šišmiš (*Myotis emarginatus*) (CKFF, 2008. /136/). Status zaštite šišmiša na širem obrađivanom području je u donjoj tablici.

Tablica 47: Status zaštite šišmiša u prirodi na širem području (izvor: /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Eptesicus serotinus	kasni noćnjak	O1	1	IV
Myotis daubentonii	riječni šišmiš	O1	1	IV
Myotis emarginatus	riđi šišmiš	V	1, 2	II, IV
Myotis	veliki šišmiš	E	1, 2	II, IV
Nyctalus noctula	rani večernjak	O1	1	IV
Pipistrellus kuhlii	bjelorubi šišmiš	O1	1	IV
Pipistrellus pistrellus	patuljasti šišmiš	O1	1, 2	IV
Pipistrellus pygmaeus	močvarni patuljasti šišmiš	K	1	IV
Plecotus austriacus	sivi dugoušan	V	1, 2	IV
Rhinolophus euryale	potkovasti šišmiš	E	1, 2	II, IV
Rhinolophus ferrumequinum	veliki potkovnjak	E	1, 2	II, IV

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): Životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): Prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. 12.2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije su očuvanje potrebna posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene.

Vidra (*Lutra lutra*)
Vidra je stalno prisutna na području rijeke Save. Njezini tragovi ili drugi znakovi prisutnosti zabilježeni su u riječnim i obalnim staništima. Šljunčare su također važan dio njezina staništa. Pritoci, posebice njihov izljevni dio, omogućuju im dovoljan izbor ribljih vrsta kojima se hrane, ali i odgovarajuću količinu hrane. Područje kompleksa NEK-a i njegova neposredna okolica nisu povoljno stanište za vidre, u blizini elektrane nisu uočeni znakovi njihove prisutnosti (CKFF, 2008. /136/).

Dabar (*Castor fiber*)
Područje rijeke Save u neposrednoj blizini NEK-a nije pogodno stanište za dabrove, ali je rijeka Sava, posebice u donjem toku, važan koridor za njihovu repopulaciju u povijesna staništa u Sloveniji (CKFF, 2008. /136/). U Krškom su već otkriveni tragovi aktivnosti dabrova, no vjerojatno se ne radi o obitelji.

Velike zvijeri
Zbog naseljenosti i prometne gužve, Krško-brežička kotlina za vukove (*Canis lupus*) i medvjede (*Ursus arctos*) ograničena je na – inače važno – prijelazno mikrostanište. Obje vrste su stalno prisutne u Gorjancima, a povremeno se pojavljuju i u Krško-brežičkoj kotlini. Pretpostavlja se da vukovi iz Gorjanaca prelaze Krakovsku šumu i Krško-brežičku kotlinu u područje Bohora i Orlice te dalje prema sjeveroistoku. Pojedini medvjedi koji se kreću na sjever prelaze Savu u okolici Sevnice i nastavljaju put prema Bohoru i Orlici. Za prelazak im je potrebno prirodno priobalno područje s najmanje dvije pristupačne i prohodne obale (CKFF, 2008. /136/).

Jelen (*Cervus elaphus*)
Krško-brežička kotlina je prijelaz, odnosno funkcionalna veza između Gorjanaca na jugu i Posavskog gorja te Bohor-Orlice na sjeveru. Današnji uvjeti staništa jelena su povoljni, ponajviše zbog očuvanja obalne vegetacije i drugih stanišnih tipova s naglašenom nutritivno-zaštitnom funkcijom (raznoliko

očuvani šumski otoci, međe i sl.). Trenutačno područje između Krškog i Brežica još uvijek osigurava propusnost za prolazak jelena između Gorjanaca, Bohora nadalje prema Pohorju, čime se osigurava protok alela između populacijskih jedinica na njegovoj periferiji. Jelen je vješt plivač, ali tekuću vodu nastoji prijeći u plićacima, na mjestima s prikladno oblikovanim obalama i obalnim raslinjem u kojima se u pravilu zadržava kraće vrijeme nakon prelaska vodotoka. Zbog prilično prirodne dinamike riječnog toka, između Brežica i Obrežja danas ima dovoljno plićaka, sprudova, izoliranih stijena i područja s obalnim raslinjem, važnih za prelazak i skrivanje jelena (CKFF, 2008. /136/).

Ostali sisavci

Krško-brežička kotlina je središnje optimalno stanište poljskog zeca (*Lepus europaeus*). Ovdje se povremeno pojavljuje i divlja svinja (*Sus scrofa*), koja se seli iz jugoistočnih dijelova Gorjanaca na poljoprivredne površine do polja. Zbog prisutnosti šumskih sastojina u Krško-brežičkoj kotlini javljaju se i srna (*Capreolus capreolus*), jazavac (*Meles meles*), kuna bjelica (*Martes foina*), kuna zlatica (*Martes martes*) i lisica (*Vulpes vulpes*). Obalna staništa uz rijeku Savu vrlo su važno hranilište za tvorove (*Mustela putorius*). Na poljima, livadama i vlažnim staništima vjerojatno je prisutan i hermelin (*Mustela erminea*), a na otvorenim ravnicama vjerojatno je prisutna i lasica (*Mustela nivalis*) (CKFF, 2008. /136/). U širem području javljaju se i mnoge vrste rovki i drugih malih sisavaca (Kryštufek, B., 1991. /247/) (tablica ispod).

Tablica 48: Popis sisavaca (osim šišmiša) šireg područja i njihov status zaštićenosti (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Canis lupus	vuk	E	1,2	II, IV *
Capreolus	srna	-	-	-
Castor fiber	dabar	Ex/E	1,2	II, IV
Cervus elaphus	obični jelen	-	-	-
Crocidura suaveolens	vrtna rovka	O1	2	-
Crocidura leucodon	poljska rovka	O1	2	-
Erinaceus concolor	bjeloprsi jež	O1	1	-
Lepus europaeus	poljski zec	-	-	-
Lutra	vidra	V	1, 2	II, IV
Martes	kuna zlatica	-	-	V
Muscardinus avellanarius	puh orašar	O1	1,2	-
Mustela erminea	hermelin (velika lasica)	O1	1,2	-
Mustela nivalis	mala lasica	O1	1,2	-
Mustela putorius	tvor	O1		V
Neomys anomalus	močvarna rovka	O1	2	
Sciurus vulgaris	vjeverica	O1	1	
Sorex araneus	šumska rovka	O1	2	IV
Sorex minutus	mala rovka	O1	2	IV
Sus scropha	divlja svinja	-	-	-
Talpa europaea	europska krtica	O1	-	-
Ursus arctos	medvjed	E	1,2	II, IV *

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.

FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno odrediti posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno odrediti posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; **V** – Prilog V.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice kod kojih uklanjanje iz prirode i eksploatacija mogu biti predmet mjera upravljanja, * preferirana vrsta.

Ptice (Aves)

Rijeka Sava je stanište mnogih vrsta ptica, među ostalima, ondje se gnijezde mala prutka (*Actitis hypoleucos*) i vodomar (*Alcedo atthis*). Najzastupljenije vrste u poljoprivrednom krajoliku šireg područja su poljska ševa (*Alauda arvensis*), obični vrabac (*Passer domesticus*) i crnokapa grmuša (*Sylvia atricapilla*), također je važno hranilište za gačaca (*Corvus frugilegus*) i gnjezdište za ranjive vrste kao što su slavuj (*Luscinia megarhynchos*), poljska ševa (*Alauda arvensis*) i kukmasta ševa (*Galerida cristata*) te vivak pozviždač (*Vanellus vanellus*). Na područjima gdje se isprepleću suhe livade i grmlje najčešće su vrste osim crnokape grmuše još velika sjenica (*Parus major*) i fazan (*Phasianus colchicus*), a populacije važne za zaštitu u prirodi su pjegava grmuša (*Sylvia nisoria*) i divlja grlica (*Streptopelia turtur*). Od sova u široj okolici zabilježene su mala ušara (*Asio otus*) i šumska sova (*Strix aluco*) (CKFF, 2008. /136/).

Popis ptica evidentiranih na rijeci Savi između Krškog i Brežica u sljedećoj je tablici (CKFF, 2008. /136/).

Tablica 49: Popis ptica zabilježenih na rijeci Savi i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	Direktiva
Acrocephalus schoenobaenus	trstenjak rogožar	V	1	
Actitis hypoleucos	mala prutka	E2	1, 2	
Alcedo atthis	vodomar	E2	1, 2	1
Anas platyrhynchos	divlja patka			2/1, 3/1
Ardea cinerea	siva čaplja	O1	1	
Buteo buteo	obični škanjac	O1	1	
Circus cyaneus	eja strnjarica		1, 2	1
Falco subbuteo	sokol lastavičar	V1	1	
Haliaeetus albicilla	orao štekavac	E1	1, 2	1
Hippolais icterina	žuti voljić	K	1	
Locustella fluviatilis	cvrčić potočar	V	1	
Merops apiaster	žuta pčelarica	E2	1, 2	
Milvus migrans	crna lunja	E2	1, 2	1
Motacilla cinerea	gorska pastirica		1	
Phalacrocorax carbo	kormoran		1, 2	
Podiceps cristatus	ćubasti gnjurac	V1	1	
Remiz pendulinus	sjenica mošnjarka	V	1	
Riparia riparia	bregunica	E2	1, 2	
Sterna hirundo	crvenokljuna čigra	E2	1, 2	1

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije, br. 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
Uredba: vrsta je upisana u Uredbu o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.

Direktiva: Direktiva Vijeća 79/409 / EEZ od 2. travnja 1979. o očuvanju divljih ptica (Službeni list L, 103, od 25. travnja 1979., str. 1), **1** –Vrste navedene u Prilogu I. podliježu posebnim mjerama očuvanja njihovih staništa kako bi se osigurao opstanak i reprodukcija tih vrsta u njihovu području; **2/1 –** Vrste navedene u Prilogu II/1 mogu se loviti u zemljopisnom području mora i kopna gdje se primjenjuje ova Direktiva; **2/2** – Vrste navedene u Prilogu II/2 koje se smiju loviti samo u državama članicama za koje su navedene, **3/1 i 3/2** – vrste u prilozima **III/1** i **III/2.**

Vodozemci (Amphibia)

Samo područje zahvata i površine intenzivnih voćnjaka u neposrednoj blizini kompleksa NEK-a nisu pogodno stanište za vodozemce. Pogodna staništa za vodozemce su uglavnom u blizini potoka Struge, ostaci mrtvica, kanala, šljunčara te mozaik šumskih staništa na lijevoj i desnoj obali rijeke. U široj okolici možemo pronaći gatalinku (*Hyla arborea*), šumsku smeđu žabu (*Rana dalmatina*), livadnu smeđu žabu (*Rana temporaria*), smeđu krastaču (*Bufo bufo*), zelenu žabu (*Pelophylax* sp.), velikog vodenjaka (*Triturus carnifex*), malog vodenjaka (*Lissotriton vulgaris*) i planinskog vodenjaka (*Ichthyosaura alpestris*) te zelenu krastaču (*Bufotes viridis*) (CKFF, 2008. /136/).

Status zaštite vodozemaca u prirodi s obrađivanog područja u sljedećoj je tablici.

Tablica 50: Popis vodozemaca šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Bufo	smeđa krastača	V	1, 2	-
Bufotes viridis	zelena krastača	V	1, 2	IV
Hyla arborea	obična gatalinka	V	1, 2	IV
Ichthyosaura alpestris	planinski vodenjak	V	1, 2	-
Lissotriton vulgaris	mali vodenjak	V	1, 2	-
Pelophylax sp.	zelena žaba	V	1, 2	IV, V
Rana dalmatina	šumska žaba	V	1, 2	IV
Rana temporaria	livadska žaba	V	1	V
Triturus carnifex	veliki vodenjak	V	1, 2	II, IV

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirana vrsta; **V** – Prilog V.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice za koje oduzimanje iz prirode i eksploatacija mogu biti podložni mjerama upravljanja.
Uredba: vrsta je upisana u Uredbu o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.

Gmazovi (Reptilia)

Unutar područja zahvata samo u antropogenim staništima često možemo očekivati zidnu guštericu (*Podarcis muralis*). Na vlažnim mjestima u blizini vode, djelomično obraslima grmljem ili visokim stabljikama, možete pronaći livadnu guštericu (*Lacerta agilis*). Na dijelu obraslim grmljem na desnoj obali Save, nasuprot NEK-u zabilježen je u velikom broju zelembać (*Lacerta viridis*). Rijeka Sava sa svojim obalnim pojasom važno je stanište ribarice (*Natrix tessellata*), a uz (osobito stajaće) vode možete pronaći i bjeloušku (*Natrix natrix*). U ekstenzivno kultiviranim poljoprivrednim površinama i grmlju očekujemo opće rasprostranjenog sljepića (*Anguis fragilis*) i rjeđe bjelicu (*Zamenis longissimus*), a grmlje je stanište smukulje (*Coronella austriaca*). Status zaštite gmazova u prirodi iz obrađivanog područja u sljedećoj je tablici.

Tablica 51: Popis gmazova šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Anguis fragilis	sljepić	O1	1	-
Coronella austriaca	obična smukulja	V	1	IV
Lacerta agilis	livadna gušterica	E	1, 2	IV
Lacerta viridis	obični zelembać	V	1	IV
Natrix	bjelouška	O1	1	-
Natrix tessellata	ribarica	V	1	IV
Podarcis muralis	zidna gušterica	O1	1	IV
Zamenis longissimus	bjelica	V	1	IV

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirana vrsta; **V** – Prilog V.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice za koje oduzimanje iz prirode i eksploatacija mogu biti podložni mjerama upravljanja.
Uredba: vrsta je upisana u Uredbu o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.

Ribe (Pisces) i rakovi (Crustacea)

Potok Struga nema ribolovno gospodarenje i nije upisan u katastar ribarstva. Rijeka Sava u dijelu koji teče područjem NEK-a pripada području Sava 19 (Sava od mjesta izljeva Blanščice do Turskog broda). Katastar ribarstva (RibKat, 2019. /137/) navodi 40 vrsta riba za područje Sava 19. Popis riba ribolovnog područja Sava 19 u donjoj je tablici.

Tablica 52: Popis riba u ribarskom području Sava 19 i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: RibKat, 2019. /137/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH	Razdoblje zaštite
Abramis brama	deverika	-	-	-	1. 5. – 30. 6.
Alburnoides bipunctatus	dvoprugasta uklija	O1	-	-	-
Alburnus alburnus	uklija	-	-	-	1. 4. – 30. 6.
Aspius aspius	bolen	E	2	II	1. 5. – 30. 6.
Barbatula barbatula	brkica	O1	-	-	-
Barbus balcanicus	potočna mrena	-	2	II, V	1. 5. – 30. 6.
Barbus barbus	obična mrena	E	2	V	1. 5. – 30. 6.
Blicca bjoerkna	krupatica	-	-	-	1. 5. – 30. 6.
Carassius auratus	zlatna ribica	-	-	-	/
Carassius gibelio	babuška	-	-	-	/
Chondrostoma nasus	podust	E	2	-	1. 3. – 31. 5.
Cobitis elongata	veliki vijun	E	1, 2	II	-

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH	Razdoblje zaštite
Cobitis elongatoides	vijun	V	1, 2	II	-
Cottus gobio	peš	V	2	II	-
Cyprinus carpio	šaran (iz uzgoja)	-	-	-	/
Esox lucius	štuka	V	2	-	1. 2. – 30. 4.
Gobio obtusirostris	krkuša	-	-	-	-
Gymnocephalus cernua	balavac	O1	2	-	-
Hucho hucho	mladica	E	2	II, V	15. 2. – 30. 9.
Lepomis gibbosus	sunčanica	-	-	-	/
Leuciscus idus	jez	E	2	-	1. 3. – 31. 5.
Perca fluviatilis	grgeč	-	-	-	1. 3. – 31. 5.
Phoxinus phoxinus	pijor	-	-	-	1. 4. – 30. 6.
Pseudorasbora parva	bezribica	-	-	-	/
Rhodeus amarus	gavčica	E	2	II	-
Romanogobio kesslerii	keslerova krkuša	V	1, 2	II	-
Romanogobio uranoscopus	tankorepa krkuša	V	2	II	-
Romanogobio vladykovi	dunavska bjeloperajna krkuša	V	1, 2	II	-
Rutilus rutilus	bodorka	-	-	-	1. 4. – 30. 6.
Rutilus virgo	plotica	E	2	II	1. 3. – 31. 5.
Sabanejewia balcanica	zlatna nežica	E	2	II	-
Salmo trutta fario	potočna pastrva	E	-	-	1. 10. – 28. 2.
Sander lucioperca	smuđ	E	-	-	1. 3. – 31. 5.
Scardinius erythrophthalmus	crvenperka	-	-	-	1. 4. – 30. 6.
Silurus glanis	som	V	-	-	1. 5. – 30. 6.
Squalius cephalus	klen	-	-	-	1. 5. – 30. 6.
Telestes souffia	blistavac	E	1, 2	II	-
Vimba vimba	nosara	E	-	-	1. 5. – 30. 6.
Zingel streber	mali vretenac	E	2	II	-

Legenda:
Crveni popis: vrsta je upisana u Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). Ex – izumrla vrsta; Ex? – navodno izumrla vrsta; E – zahvaćena vrsta; V – ranjiva vrsta; R – rijetka vrsta; K – malo poznata vrsta; O/O1 – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, I – neodređena vrsta.
Uredba: vrsta je upisana u Uredbu o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. 7,1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirana vrsta; **V** – Prilog V.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice za koje oduzimanje iz prirode i eksploatacija mogu biti podložni mjerama upravljanja.

U sklopu ihtiološkog istraživanja akumulacije HE Brežice, tijekom 2019. godine potvrđena je prisutnost 27 vrsta riba, od toga dvadeset četiri autohtone vrste i tri alohtone vrste (bezribica (*Pseudorasbora parva*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*) i babuška (*Carassius gibelio*)) /139/.

Beskralježnjaci (Invertebrata)

Mekušci (Mollusca)

Od važnijih vrsta zaštićenih u prirodi u izvoru potoka Struga pronađen je puž uskoušćani zvrčić (*Vertigo angustior*), a njegovo potencijalno stanište su i obale rijeke Save. U šljunčari Stari Grad uočen je puž radiks velikog uha (*Radix auricularia*). U neposrednoj blizini NEK-a nisu uočene druge zaštićene ili ugrožene vrste mekušaca. Za mekušce je važno i područje travnjaka i grmlja na desnoj obali rijeke Save gdje je raznolikost vrsta mekušaca vrlo velika (CKFF, 2008. /136/).

Tablica 53: Vrste mekušaca važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Radix auricularia	radiks velikog uha	R	-	-
Vertigo angustior	uskoušćani zvrčić		2	II

Legenda:
Crveni popis: Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). **Ex** – izumrla vrsta; **Ex?** – navodno izumrla vrsta; **E** – zahvaćena vrsta; **V** – ranjiva vrsta; **R** – rijetka vrsta; **K** – malo poznata vrsta; **O/O1** – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, **I** – nedefinirana vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; * – preferirane vrste.

Leptiri (Lepidoptera)

Popisi leptira obavljeni su na području suhih travnjaka i grmlja na desnoj obali Save, ali se uočene vrste leptira mogu očekivati i na suhim travnjacima i grmovima u okolici industrijske zone Vrbina i potoka Struga. Na travnjacima na desnoj obali Save 2001. godine evidentiran je kiseličin vatreni plavac (*Lycaena dispar*), a u istraživanjima u 2008. zabilježeno je na lokaciji 58 vrsta, među ostalima uskršnji leptir (Z*erynthia polyxena*), zlaćana riđa (*Melitaea aurelia*), tamna riđa (*Melitaea britomartis*), ognjičin bijelac (*Pieris mannii*), glatkonogi plavac (*Plebeius idas*), sljezov debeloglavac (*Carcharodus alceae*), pernati lakaj (*Spiris striata*) i vrećasti moljac (*Ptilocephala plumifera*). Područje je važno i kao povoljno stanište za neke livadske i grmolike kserotermofilne vrste dnevnih leptira kao što su prugasto jedarce (*Iphiclides podalirius*), trninin repić (*Satyrium pruni*), bagremov repić (*S. acaciae*) i crvena riđa (*Melitaea didyma*) (CKFF, 2008. /136/). 2018. na lokaciji su opažene i gusjenice kataksa (*Eriogaster catax*) (Bioportal, 2020. /138/).

Tablica 54: Vrste leptira važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Carcharodus alceae	sljezov debeloglavac	V	-	-
Eriogaster catax	kataks	E	1, 2	II, IV
Lycaena dispar	kiseličin vatreni plavac	V	1, 2	II, IV
Melitaea aurelia	zlaćana riđa	V	-	-
Melitaea britomartis	tamna riđa	V	-	-
Pieris mannii	ognjičin bijelac	V	-	-
Plebeius idas	glatkonogi plavac	V	-	-

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Spiris striata	pernati lakaj	-	2	-
Zerynthia polyxena	uskršnji leptir	V	1, 2	IV

Legenda:
Crveni popis: Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). **Ex** – izumrla vrsta; **Ex?** – navodno izumrla vrsta; **E** – zahvaćena vrsta; **V** – ranjiva vrsta; **R** – rijetka vrsta; **K** – malo poznata vrsta; **O/O1** – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, **I** – nedefinirana vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore i faune Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirane vrste.

Vretenci (Odonata)

Na obalnoj vegetaciji rijeke Save 800 m niže od brane NEK-a pronađen je rogati regoč (*Ophiogomphus cecilia*). Rogati regoč je vrsta koja obitava u nizinskim rijekama, ličinke su u mirnijim dijelovima, zakopane u pjeskovito ili pješčano dno (CKFF, 2008.). Zaštićen je Uredbom o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16) kao vrsta čije su životinje zaštićene i čija su staništa zaštićena. Uvršten je na Crveni popis vretenaca Slovenije kao ranjiva vrsta. Rijeka Sava je stanište i klinastog vretenca (*Gomphus vulgatissimus*), koja je također na Crvenom popisu vretenaca Slovenije kao ranjiva vrsta. Budući da osim rijeke Save i potoka Struga u neposrednoj blizini područja zahvata nema drugih voda, raznolikost vrsta vretenaca na ovom području znatno je manja nego u udaljenijim šljunčarama i mrtvicama. U šljunčari Stari Grad evidentirana je modra kosjenka (*Erythromma lindenii*), a u napuštenoj šljunčari uz potok Močnik u Vrbini kratkozuba vrbova djevica (*Chalcolestes parvidens*), zelendjevica (*Lestes barbarus*), ljupka vodendjevica (*Coenagrion pulchellum*) i primorska vodendjevica (*Coenagrion scitulum*) (CKFF, 2008. /136/).

Tablica 55: Vrste vretenaca važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštite u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/)

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Chalcolestes parvidens	kratkozuba vrbova djevica	I	-	-
Coenagrion pulchellum	ljupka vodendjevica	V	-	-
Coenagrion scitulum	primorska vodendjevica	V	-	-
Erythromma lindenii	modra kosjenka	V	-	-
Gomphus vulgatissimus	klinasti vretenac	V	-	-
Lestes barbarus	zelendjevica	V	-	-
Ophiogomphus cecilia	rogati regoč	V	1, 2	II, IV

Legenda:
Crveni popis: Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). **Ex** – izumrla vrsta; **Ex?** – navodno izumrla vrsta; **E** – zahvaćena vrsta; **V** – ranjiva vrsta; **R** – rijetka vrsta; **K** – malo poznata vrsta; **O/O1** – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, **I** – nedefinirana vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je

očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirane vrste

Kornjaši (Coleoptera)

Očuvana prirodna vegetacija stabala uz potok Struga stanište je jelenka (*Lucanus cervus*), za kojeg je u studiji iz 2008. utvrđena srednje velika gustoća (CKFF, 2008. /136/). Njegovo potencijalno stanište također je vegetacija drveća uz rijeku Savu. Pojedina starija stabla koja se javljaju uz potok Strugu i uz rijeku Savu potencijalno su stanište mirišljavog samotara (*Osmoderma eremita*) i zlatokrilca (*Liocola lugubris*). Šljunčare na rijeci Savi potencijalno su stanište kornjaša *Bembidion friebi* i *Lionychus quadrillum* (CKFF, 2008. /136/). U 2018. godini rijetka neleteća vrsta pronađena je na zaraslim livadama 1,1 km JI od brane NEK-a vrbina strizibuba (*Lamia textor*), koja inače živi pretežno u mekim listopadnim stablima (Bioportal, 2020. /138/).

Tablica 56: Vrste kornjaša važne za zaštitu u prirodi šireg područja i njihov status zaštićenosti u prirodi (izvor podataka: CKFF, 2008. /136/ ;Bioportal, 2020. /138/).

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Crveni popis	Uredba	FFH
Bembidion friebi	-	V	1, 2	-
Lucanus cervus	jelenak	E	1, 2	II
Lamia textor	vrbina strizibuba	E	-	-
Liocola lugubris	zlatokrilci	E	-	-
Lionychus quadrillum	-	-	2	-
Osmoderma eremita	mirišljavi samotar	E	-	II, IV

Legenda:
Crveni popis: Pravilnik o klasifikaciji ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na Crveni popis (Službeni list Republike Slovenije 82/02). **Ex** – izumrla vrsta; **Ex?** – navodno izumrla vrsta; **E** – zahvaćena vrsta; **V** – ranjiva vrsta; **R** – rijetka vrsta; **K** – malo poznata vrsta; **O/O1** – vrsta izvan opasnosti/ mogućnost ponovne ugroženosti, **I** – nedefinirana vrsta.
Uredba: Uredba o zaštićenim vrstama divljih životinja (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 i 64/16). **1** – Prilog 1. (Poglavlje A): vrste za koje je uspostavljen režim zaštite radi zaštite životinja i populacija; **2** – Prilog 2. (Poglavlje A): životinjske vrste za koje su propisane mjere zaštite staništa i smjernice za održavanje povoljnog statusa njihovih staništa; **2*** – Prilog 2. (Poglavlje A): prioritetne vrste za koje je Europska unija posebno odgovorna za očuvanje udjela njihova prirodnog područja rasprostranjenja koje se nalazi na području Europske unije.
FFH: Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Službeni list L, 206 od 22. srpnja 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2006/105/EZ od 20. studenog 2006. (Službeni list L, 363 od 20. prosinca 2006., str. 368) (Direktiva o staništima). **I** – Prilog I.: tipovi prirodnih staništa od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna očuvana područja; **II** – Prilog II.: vrste životinja i biljaka od interesa Zajednice za čije je očuvanje potrebno utvrditi posebna područja očuvanja; **IV** – Prilog IV.: životinjske i biljne vrste od interesa Zajednice koje moraju biti strogo zaštićene; ***** – preferirane vrste.

4.4.1.3 EPO i prirodne vrijednosti

Na području planiranog zahvata nalazi se jedno ekološki važno područje, utvrđeno Uredbom o ekološki važnim područjima (Službeni list Republike Slovenije, br. 48/04, 33/13, 99/13 i 47/18):

- Sava od Radeča do državne granice (ID 63700).

EPO Sava od Radeča do državne granice (ID 63700).

To je ravni dio Save u Krško-brežičkom polju od Krškog do ušća Sutle, gdje rijeka stvara prostranu poplavnu ravnicu. Ovo je područje velike raznolikosti staništa na relativno malom prostoru. Očuvane šljunčare, dijelovi erodiranih zidova, povremeno poplavljena riječna korita, trajne mrtvice, lukovi i fragmenti nizinskih poplavnih šuma stanište su mnogih zaštićenih i ugroženih vrsta. Među vrstama riba to su bolen, mali vretenac, tankorepa krkuša i veliki vijun. Prisutno je devet vrsta vodozemaca, a raznolika je i fauna ptica. Fragmenti poplavnih šuma od drveća mekih vrsta, u odnosu s ostacima nasada topola i pojasevima obalne vegetacije uz potoke Močnik i Struga, stanište su saproksilnih kornjaša (grimizna plosnatica, mirišljavi samotar, jelenak) i puževa vrste uskoušćani zvrčić. Na desnoj obali, na području Vrbine, sačuvani su fragmenti nekada prostranih suhih travnjaka koji su važni kao staništa kaćuna. /62/.

Prirodne vrijednosti
Najbliže prirodne vrijednosti utvrđene su Pravilnikom o utvrđivanju i zaštiti prirodnih vrijednosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 111/04, 70/06, 58/09, 93/10, 23/15):

- Libna – stablo lipe kod crkve (ID 7860). Stablo lipe kod crkve sv. Marjete u Libni, istočno od Krškog. Botanička prirodna vrijednost od lokalnog interesa, udaljena oko 1270 m sjeverno od planiranog zahvata.
- Stari Grad – šljunčara (ID 7861). Vodni biotop, preletna stanica i gnijezdilište ugroženih vrsta ptica jugoistočno od Krškog. Ekološka i zoološka vrijednost od lokalnog interesa, udaljena oko 1415 m istočno od planiranog zahvata.

4.4.1.4 Zaštićena područja

U području utjecaja na daljinu 2000 m prema Pravilniku o procjeni prihvatljivosti utjecaja provedbe planova i zahvata u prirodi na zaštićena područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 130/04, 53/06, 38 /10, 3/11) jedno područje Natura 2000 utvrđeno je Uredbom o posebnim zaštićenim područjima (područja Natura 2000) (Službeni list Republike Slovenije, br. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13-ispr., 39/13-Odl.US, 3/14, 21/16, 47/18), **POO Vrbina (SI3000234)**, koje je od predmetnog zahvata udaljeno oko 350 m. Sukladno članku 20. Pravilnika, utvrđeno područje utjecaja na daljinu za konkretni zahvat u prirodi može se u svakom trenutku razlikovati od područja utjecaja na daljinu zahvata u prirodi iz Priloga 2 ovog Pravilnika ako to proizlazi iz terenskih nalaza, detaljnijih podataka o provedbi zahvata u prirodu i iz drugih stvarnih okolnosti. Osim utjecaja na daljinu definiranog Pravilnikom u području radijusa od 2000 m, moguć je i utjecaj na daljinu nizvodno uz rijeku Savu. Pretpostavljamo da se područje utjecaja na daljinu nizvodno na rijeku Savu proteže do 8 km nizvodno od ispusta iz NEK-a, gdje je rijeka Sava proglašena Natura 2000 područjem **POO donja Sava (SI3000304)**.

POO Vrbina (SI3000234)
Na poplavnoj ravnici Save između Krškog i Brežica na desnoj obali definirana su tri manja područja suhih travnjaka na karbonatnom tlu sa staništima kaćuna, na lijevoj obali u Vrbini fragmenti poplavne šume drveća meke vrste u vezi s ostacima nasada topole i pojaseva obalne vegetacije pokraj Močnika i Struge, kao staništa saproksilnih kornjaša (grimizna plosnatica, mirišljavi samotar, jelenak) i puža uskoušćanog zvrčića /62/.

Kvalifikacijske vrste:

- grimizna plosnatica – *Cucujus cinnaberinus* (1086)

Grimizna plosnatica je od 11 do 15 mm velik kornjaš s izduženim, paralelnim i spljoštenim tijelom. Glava, ovratnik i oklop su izrazito crvene boje, a noge i ticala crni. Glava je kvrgava, a ovratnik i oklop rebrasti. Vrsta preferira živjeti ispod trule vlažne kore listopadnih stabala (hrast, topola, javor i bukva) ili četinjača (smreka, jela i bor). U obje razvojne faze hrani se kao grabežljivac, a ličinke se djelomično hrane i ostacima drva. Potonji se često nalaze zajedno s ličinkama strizibuba, kojima se također hrane. Razvoj traje dvije godine ili više. Vrsta je ugrožena načinom gospodarenja šumama, pri čemu se uklanjaju stara i umiruća stabla /62/.

- jelenak – *Lucanus cervus* (1083)

Spada u najveće vrste kornjaša u Europi. Spolni dimorfizam kod vrste je jako izražen. Mužjaci su obično veći i narastu od 25 do 75 mm. Ženke su obično manje i narastu 30 – 50 mm. Veliki raspon veličine posljedica je različite kvalitete hrane koja je dostupna ličinkama. Tijelo je izduženo, široko i djelomično spljošteno. Ženke imaju male čeljusti, a ona mužjaka pretvorena je u tvorbu nalik na rog – otuda i slovenski naziv vrste – rogač (jelenak). Glava, ovratnik i noge su crni ili tamnosmeđi, boja oklopa varira od tamnosmeđe do kesten crvene. Razvoj je vezan uz različite vrste listopadnog drveća, među kojima prevladavaju hrastovi. Ženke jelenka polažu jaja u panjeve ili pokraj njih, u stara ili oborena stabla. Ličinke se hrane mrtvim ili nagnutim korijenjem drveća ukopavajući se u tlo (dubine 15 – 20 cm). Cjelokupni razvoj je vrlo spor, traje čak i do pet godina. Odrasli kornjaši, koji žive samo nekoliko tjedana, uglavnom su aktivni u sumrak i hrane se raznim biljnim izlučevinama. Procjenjujemo da vrsta još nije ugrožena u Sloveniji, iako je uvrštena na Crveni popis zbog pretjeranog skupljačkog žara (osobito vrlo velikih primjeraka mužjaka). Neprikladan zahvat u gospodarenju šumama je, s gledišta vrste, preniska sječa stabala (tik iznad zemlje) /62/.

- mirišljavi samotar – *Osmoderma eremita* (1084)

Mirišljavi samotar je relativno velika (20 – 35 mm) vrsta zlatokrilca, tamnosmeđe do ljubičaste i teško ga je zamijeniti s drugim vrstama zlatokrilaca. Razvija se u dubokim šupljinama drveća, uglavnom listopadnim (hrast, vrba, voćke, lipa, jasen) s većom količinom truleži kojom se ličinke hrane. Razvoj traje od dvije do tri ili čak četiri godine, ovisno o nutritivnoj kvaliteti truleži. Odrasli mužjaci žive samo nekoliko dana (10 – 20), a ženke također žive samo nekoliko mjeseci. Hrane se biljnim materijalom i ispijaju slatki sok od stabala. Malo su pokretni i uglavnom se zadržavaju u blizini mjesta razvoja (otuda i naziv „mirišljavi samotar"), zbog čega je za njihovo postojanje važna blizina ili gustoća duplji drveća. Kao rezultat ljudske aktivnosti, ta je gustoća najveća u antropogenim sredinama poput starih drvoreda, obalnih vrba ili visokih voćnjaka. Tako je jedan od čimbenika ugroze napuštanje određenih navika – primjerice uklanjanje velikih i starih vrba s obala, promijenjen način uzgoja i nestanak voćnjaka s visokim stablima /62/.

- uskoušćani zvrčić – *Vertigo angustior* (1014)

Kućica ovog malog puža visoka je 1,8 mm i široka 0,9 mm, ulijevo s 5 zavoja, površina je fino rebrasta, crvenkastosmeđa, sjajna. Živi u visokim stabljikama na močvarnim livadama i dolinskim balvanima, u šašu i mahovini u močvarama, u prostirci obalnog grmlja. Često živi na granicama različitih staništa, poput granice trske i močvare ili u prijelaznoj zoni između travnjaka i slane močvare, ali može živjeti i u potpuno suhim okružjima poput suhih šuma. Osjetljiv je na brze promjene vlažnosti staništa, promjene uvjeta ispaše (donekle tolerira ispašu) i na fizičke smetnje. Važno je na poplavnim područjima očuvati više predjele močvara i trske koji su zaklon za vrijeme poplava /62/.

Kvalifikacijski tipovi staništa:

- 6210[12] Poluprirodni suhi travnjaci i faze grmlja na karbonatnom tlu (*Festuco-Brometalia*)

Ovaj tip staništa čine travnjaci ili pašnjaci na vapnencima, dolomitima, rjeđe na flišu ili pijesku i starim šljunčarama. Staništa su im suha, svijetla i topla, podloga je neutralna ili blago alkalna, s malo hranjivih tvari. Ne podnose gnojidbu, osim na vrlo neplodnom tlu gdje uspijevaju i uz umjerenu gnojidbu. Rastu na padinama brežuljaka (osim sjevernih) rastu, gdje je tlo plitko, mjestimično ogoljeno. Ne podnose jaku vlagu ni stajaću vodu. Potrebna im je ekstenzivna ispaša ili košnja 1 – 2 puta godišnje, prvi put nakon cvatnje većine livadskih biljaka, bez gnojidbe, sušenjem sijena na travnjaku, ne šteti im ispaša na kraju sezone (kolovoz-listopad). U Sloveniji se ovaj tip staništa javlja raspršeno na prikladnim područjima (nepognojena, osobito karbonatna tla, sunčane padine). Ugrožava ga gnojidba travnjaka, baliranje sijena, pretvaranje travnjaka u njive, zarastanje šumskim vrstama, ponegdje i planinarenje i izgradnja infrastrukture /62/.

- 6510 Nizinski ekstenzivno uzgajani travnjaci (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)

Nizinski ekstenzivno kultivirani travnjaci uspijevaju na umjereno pognojenom, vlažnom do umjereno suhom tlu. Kose se dva-tri puta godišnje. U tradicionalnom kulturnom krajoliku obično se pojavljuju u mozaiku sa suhim i vlažnim travnjacima. U Sloveniji ih ima posvuda, rijetki su u slovenskoj Istri i na Krasu, nema ih u gorju. Postoje tri oblika ovoga tipa staništa: vlažni, suhi i mezofilni. Potonje je trenutačno najmanje ugroženo, suho je najviše ugroženo zarastanjem, a vlažno sušenjem i intenziviranjem travnjaka (prenamjena u njive, sjetva travnatih mješavina, baliranje, prekomjerna gnojidba, prečesta košnja) /62/.

POO donja Sava (SI3000304) – udaljeno oko 8 km od područja zahvata.

Rijeka Sava, od mjesta ulijevanja rijeke Krke do državne granice, spojno je stanište populacija plotice iz Sutle i Krke. /62/. Na temelju zaključka biogeografskog seminara (Ljubljana, lipanj 2014.), kako bi se osigurala povezanost populacije ribe plotice između Krke i Sutle, za vrstu *Rutilus pigus* utvrđeno je novo područje na Savi između ušća Krke i Republike Hrvatske. U Sloveniji žive plotice koje pripadaju vrsti s latinskim nazivom *Rutilus virgo*, koja se nekada definirala kao podvrsta *Rutilus pigus virgo*. Danas je to samostalna vrsta koja nastanjuje dunavski sliv, za razliku od vrste *Rutilus pigus* koja prirodno nastanjuje sjeverni dio jadranskog sliva. Jezerske populacije *Rutilus pigus* naseljavaju duboka protočna alpska jezera Italije, a riječne populacije pritoke rijeke Pad. Rasprostranjenost obiju vrsta se ne preklapa, vrsta *Rutilus pigus* ne živi u Sloveniji. *Rutilus pigus* je definiran kao kvalifikacijska vrsta za sva Natura 2000

[12] važna staništa kaćuna

područja u Sloveniji na referentnom popisu Natura 2000 vrsta, budući da takav naziv potječe iz Direktive o staništima i u slučaju Slovenije pokriva vrstu *Rutilus virgo* (tumačenje ZRSVN-a).

Kvalifikacijska vrsta:

- plotica – *Rutilus pigus* (1114)

Plotica je riba duga do 60 cm s bočno spljoštenim tijelom srebrne boje, koja na leđima prelazi u sivozelenu. Usta se nalaze ispod. Živi u brzim tekućim srednje velikim do velikim vodotocima. Tijekom mriještenja ulazi i u manje vodotoke s potopljenom vodenom vegetacijom i/ili šljunčanim dnom. Čak i tada joj odgovaraju brži tokovi vode. Mrijesti se od travnja do svibnja u pritocima i riječnim rukavcima, obično polažući ikru na biljke ili dno. Za to vrijeme mužjaci imaju velike bijele bradavice za mriještenje na leđima i glavi. Plotica se hrani vodenim biljkama i vodenim beskralježnjacima. U Sloveniji se nalazi u svim vodotocima sliva Dunava, a najveće populacije su u slivu Ljubljanice, donjem toku Save, Mirne, Krke i Kupe. To je dunavski endem. Prema ekološkim karakteristikama, plotica se svrstava u kategorije reofilnih, reopotamskih, litofilnih, odnosno lito-fitofilnih invertivora /141/, /142/, koja se prema nekim izvorima kreće na kratkim udaljenostima, /140/ a prema drugim izvorima i više od 150 km /143/.

4.4.2 Kvaliteta i karakteristike tla

Lokacija zahvata nalazi se u pretežno izgrađenom području s dugotrajnim korištenjem energije, na kojem prirodni površinski horizont tla uglavnom više nije prisutan. To su urbana tla koja se po sastavu i namjeni razlikuju od neurbanih (poljoprivrednih, šumskih...). Najčešće se uočava izostanak prirodnih horizonata, odnosno slojeva, materijal je izmiješan, a često nalazimo i ostatke građevinskog ili drugog materijala. Budući da se tla u urbanim sredinama često razvijaju na materijalima neautohtonog podrijetla, poput materijala uvezenog odnekud, često su vrlo heterogena i obično su zbijenija od poljoprivrednog tla, zbog upotrebe teških strojeva u građevinarstvu itd.

U **2020. godini** izvršene su analize tla na temelju kojih je izrađeno Izvještaj o stanju tla na lokaciji planirane izgradnje suhog skladišta za istrošenog gorivo /16/.

Na temelju iskopa i opisa tla, izvođač analize tla razvrstava: tlo uz rijeku, tipično, (duboko, eutrično, prstenasto, srednje duboko humusno), na karbonatnom šljunku.

Konačna ocjena

Na parceli br. 1197/44, k. o. 1321 Leskovec za potrebe izgradnje SFDS-a površine 3312 m2 za Nuklearnu elektranu Krško d.o.o., pregledano je tlo u skladu s Pravilnikom o pogonskom monitoringu stanja tla (Službeni list Republike Slovenije, br. 66/17, 4/18) s detaljnijim opisom i izvedbom onečišćenja.

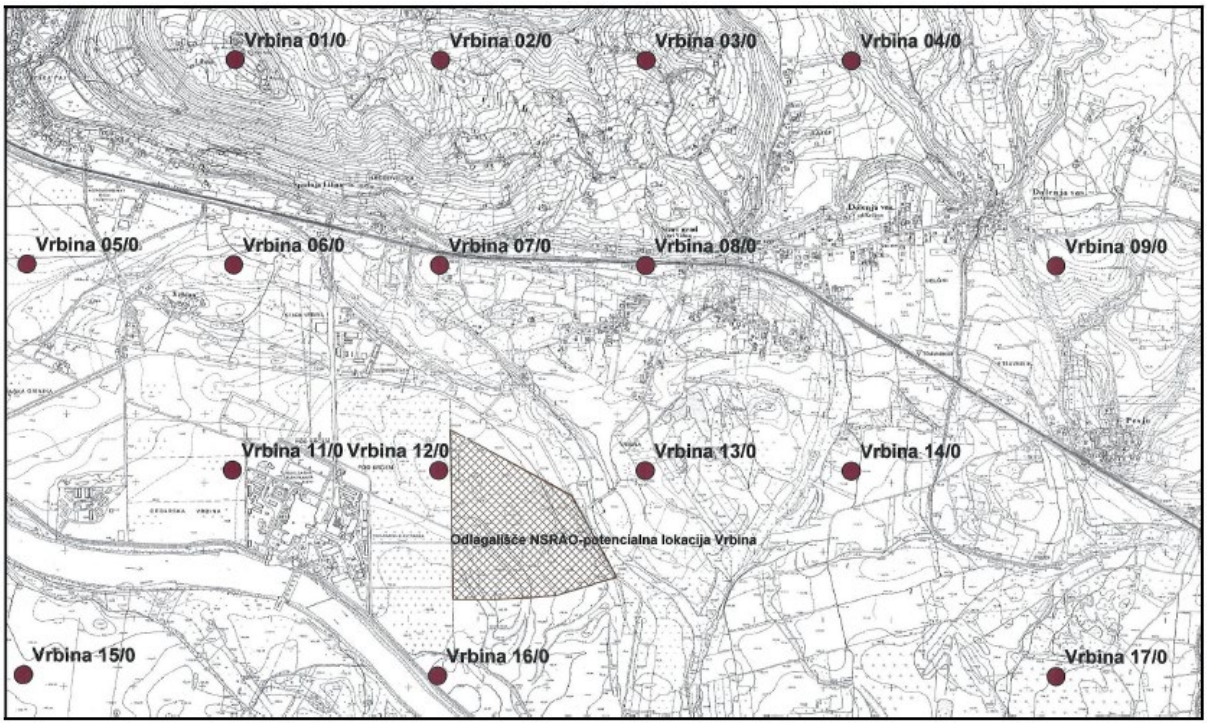
Nakon procjene sadržaja opasnih tvari prema Uredbi o graničnim, upozoravajućim i kritičnim vrijednostima imisije opasnih tvari u tlu (Službeni list Republike Slovenije, br. 68/96 i 41/04 – ZVO-1), izvođač analize utvrđuje da vrijednosti parametara ne prelaze granične vrijednosti imisije, što znači da se radi o takvom opterećenju tla kod kojeg se kvaliteta podzemnih voda i tla ne pogoršava. Na dobivenim vrijednostima su učinci ili utjecaji na zdravlje ljudi ili okoliš i dalje prihvatljivi.

Izvještaj o analizi tla priložen je studiji kao poseban prilog.

Ostale analize tla na tom području

U analizi onečišćenja tla iz 1991. godine u široj okolici obrađivane lokacije, na mjestu uzorka 13657 Spodnji Stari Grad (polje), koje se nalazi u blizini Krškog oko 800 m istočno (GKX = 541000, GKY = 88000), provedenog u sklopu državnog monitoringa (ROTS), analizirane su anorganske opasne tvari ispod granične vrijednosti prema Uredbi o graničnim, upozoravajućim i kritičnim imisijskim vrijednostima opasnih tvari u tlu (Službeni list Republike Slovenije, br. 68/96, 41/04-ZVO-1). Od organskih opasnih tvari atrazin i simazin bili su iznad granične vrijednosti, ali još uvijek ispod upozoravajuće vrijednosti. Razine distil-atrazina i ala-klora također su bile povišene. Vrijednosti ostalih organskih opasnih tvari bile su ispod granice detekcije (LOD) /60/.

U 2006. godini planirana je lokacija odlagališta NSRAO-a na tom području (udaljeno oko 350 m od područja zahvata) Vrbina u općini Krško; provedena su istraživanja onečišćenja tla i pedološka istraživanja kao temelj za ocjenu proizvodnog potencijala poljoprivrednog zemljišta, sukladno smjernicama MKGP-a u postupku cjelovite procjene utjecaja na okoliš /85/.



Slika 42: Pregled mjesta uzorkovanja za ispitivanje onečišćenja tla na širem području (izvor: /85/)

Rezultati ispitivanja pokazali su da granične vrijednosti imisije (mg/kg) za kemijske elemente iz programa ispitivanja nisu prekoračene. Iznimka su samo izmjereni sadržaji olova i žive na lokaciji Vrbina 16/0, područje Žadovinek, a prekoračenje se smatra neznatnim s obzirom na mjernu nesigurnost. Procjenjuje se da će sadržaj žive biti povećan i na lokacijama Vrbina 1/0, Vrbina 11/0 i Vrbina 12/0, ali nije prekoračena granična vrijednost imisije. Na lokaciji Vrbina 16/0, područje Žadovinek, nisu prekoračene imisijske upozoravajuće vrijednosti (za olovo i živu).

Izmjerene vrijednosti za mangan su unutar očekivanih prirodnih vrijednosti za sedimentne karbonatne geološke podloge. Izmjereni sadržaji za talij i vanadij ne prelaze ciljne vrijednosti definirane nizozemskim popisom. Iznimka su sadržaji vanadija na lokacijama Vrbina 2/0 i Vrbina 3/0, a prekoračenje se procjenjuje neznatnim s obzirom na mjernu nesigurnost. U tom slučaju, indikativne vrijednosti nisu prekoračene.

Izmjereni sadržaji selena su ispod donje granice utvrđivanja za korištenu metodu ispitivanja, ciljana vrijednost definirana nizozemskim popisom nije prekoračena. U istraživanom tlu nije utvrđena prisutnost organoklorovih spojeva iz skupine DDT, drin, HCH i PCB. Također nije utvrđena prisutnost drugih organoklorovih spojeva za koje granične vrijednosti nisu utvrđene propisima Republike Slovenije. Za sve organoklorove spojeve mjerene su granice detekcije za korištene metode ispitivanja.

U istraživanom tlu nije utvrđen sadržaj mineralnih ulja iznad granične vrijednosti imisije.

Izmjereni sadržaji fenolnih tvari na mjestima uzorkovanja Vrbina 3/0, Vrbina 6/0, Vrbina 7/0 i Vrbina 13/0 premašuju graničnu vrijednost imisije. Uzimajući u obzir mogućnost da fenolne tvari u koncentracijama oko granice od 0,1 mg/kg također mogu biti prirodnog podrijetla, a uzimajući u obzir mjernu nesigurnost, prekoračenje se smatra neznatnim. U svim tim slučajevima nije prekoračena vrijednost upozorenja imisije.

Izmjereni sadržaji zbroja policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAO) nisu prelazili graničnu vrijednost imisije.

4.4.3 Kvaliteta i količine podzemnih voda i njihova primjena

U sklopu nacionalnog monitoringa podzemnih voda, kakvoća podzemnih voda u vodnom tijelu Krška kotlina (VTPodV 1003) prati se na više mjernih točaka čiji se broj mijenja tijekom godina. Kemijsko stanje vodnog tijela od 2009. godine prikazano je u sljedećoj tablici. U 2019. i 2020. vodno tijelo Krške kotline, prema rezultatima mjerenja, mjerno mjesto Drnovo nije bilo odgovarajuće zbog nitrata i pesticida desetil atrazina. Drnovo također nije bilo odgovarajuće mjerno mjesto u povijesnom nizu, a nekoliko godina mjerno mjesto Brege također nije bilo odgovarajuće zbog desetil atrazina /89/.

Tablica 57: Kemijsko stanje VTPodV 1003 Krška kotlina u razdoblju 2009. – 2020. (izvor: ARSO /89/)

Godina	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**	**2018.**
Kemijsko stanje	loše	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Br. MM	*8*	*8*	*11*	*11*	*11*	*11*	*11*	*14*	*14*	*14*
Br. neprikladnih MM	*2*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*2*	*1*	*1*	*2*

Godina	**2019.**	**2020.**
Kemijsko stanje	dobro	dobro
Br. MM	*14*	*13*
Br. neprikladnih MM	*1*	*1*

Kvaliteta podzemnih voda na užem području ne prati se u sklopu državnog monitoringa. Najbliža su mjerna mjesta u Krškom polju, zapadno i jugoistočno od obrađivane lokacije su Vrbina NE-1077 (P62060) – oko 0,5 km zapadno, i Stari Grad NE 1177 (P62120) – oko 0,8 km jugoistočno.

Tablica 58: Adekvatnost najbližih mjernih mjesta od 2006. do 2020. godine u Krškom polju (izvor: ARSO /89/)

Mjesto mjerenja (MM)	**Udaljenost**	**Godina**	**Relevantnost**
Vrbina NE-1077 (P62060)	0,5 km Z	2006. – 2020.	odgovara
Stari Grad NE 1177 (P62120)	0,8 km JI	2006. – 2020.	odgovara

Na području zahvata dopušteno je uzimanje vode iz jednog bunara, u količini do 16 l/s (vodopravna dozvola br. 35536-31/2006-16 od 15. rujna 2009.) /50/, iz tri bunara, svaki u količini ne većoj od 5 l/s, godišnje 70.000 m3 (vodopravna dozvola br. 35530-100/2020-4 od 14. studenog 2020.) /163/ i iz jednog bunara u količini od 8 l/s, godišnje 230 m^3 (vodopravna dozvola br. 35530-48/2020-3 od 9. rujna 2021.) /276/ (Slika 32). U blizini predmetne lokacije podzemne vode se pumpaju i koriste za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta, u tehnološke svrhe, za proizvodnju topline i druge namjene.

Procjena stanja vodnog tijela 1003 – Krška kotlina na osnovi Plana upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2022. – 2027. /283/ navedena je u tablicama (Tablica 59, Tablica 60, Tablica 61) u nastavku. Kemijsko stanje i količinsko stanje je procijenjeno kao dobro.

Tablica 59: Procjena kemijskog stanja vodnih tijela podzemne vode za razdoblje 2014. – 2019. /283/

Šifra vodnog tijela	Naziv vodnog tijela	Razdoblje	Kemijsko stanje	Razina pouzdanosti	Razlog lošeg kemijskog stanja
1003	Krška kotlina	2014. – 2019.	Dobra	Srednja	

Tablica 60: Trend sadržaja nitrata u vodnim tijelima lošeg kemijskog stanja i onečišćenijim vodnim tijelima podzemnih voda za razdoblje 1998. – 2019. /283/

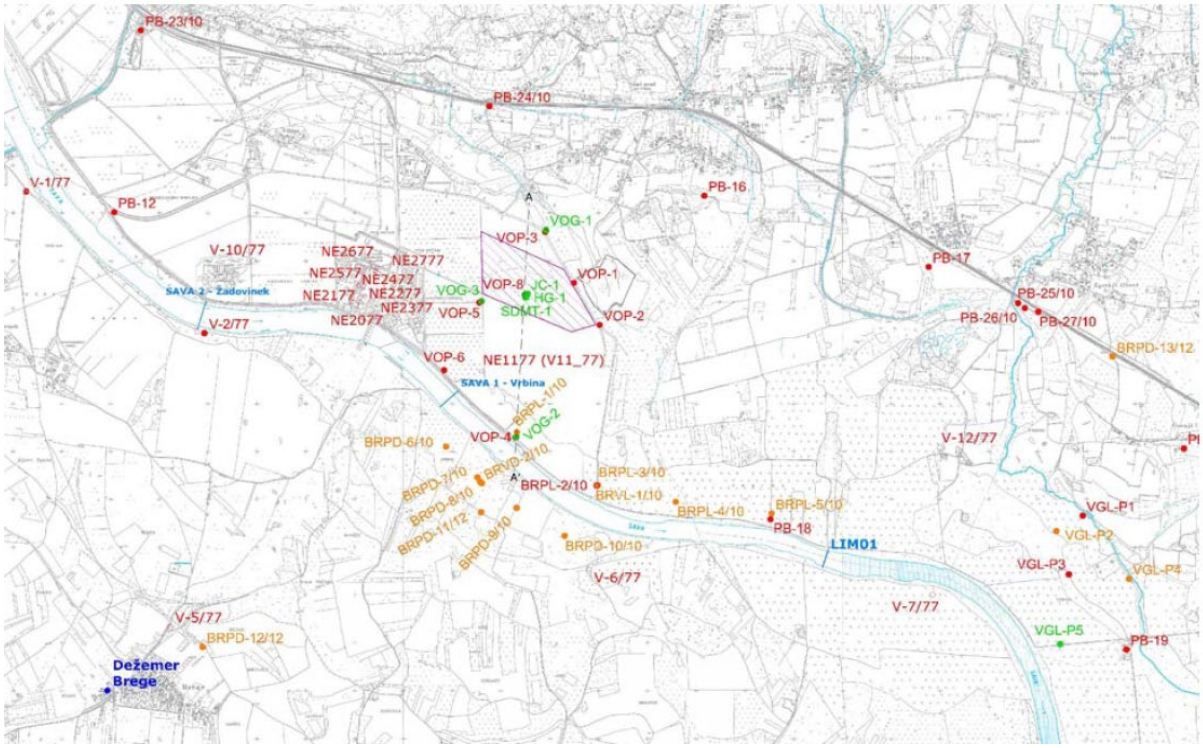
Šifra vodnog tijela	Naziv vodnog tijela	Razdoblje	Trend nitrata	Trend atrazina
1003	Krška kotlina	1998. – 2019.	Nema trenda	

Tablica 61: Ukupna ocjena količinskog stanja vodnih tijela podzemnih voda /283/

Vodno tijelo podzemne vode (šifra i ime)	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Stupanj pouzdanosti	Procjena stanja
1003 Krška kotlina	+				Visok stupanj	DOBRO

Za potrebe postavljanja odlagališta otpada NSRAO-a izrađena je „Nadogradnja hidrogeološke interpretacije podataka monitoringa na širem području odlagališta otpada NSRAO u Vrbini u općini Krško", Institut IRGO, ožujak 2016. /86/, s izmjenama i dopunama 2018. i 2019. godine /257/.

Na sljedećoj slici prikazane su lokacije mjernih mjesta za mjerenje parametara podzemnih voda na istraživanom području.



Slika 43: Pregled lokacija piezometara (izvor: /86/)

Raspon razina podzemnih voda u užem području nizvodno ograničen je rijekom Savom kao odvodnom bazom područja. Najveće vrijednosti razina podzemne vode vezane su uz piezometar PB-12 koji se nalazi maksimalno uzvodno od brane za NEK. Osim navedenog piezometra, na području NEK-a uzvodno se nalaze i neki piezometri serije NE te piezometar V-10/77. Brana NEK-a ima veliki utjecaj na tok podzemnih voda u kvartarnom vodonosniku. Osim toga, ovaj utjecaj pojačava prisutnost injekcijske zavjese na miocensku podlogu na području NEK-a.

Općenito, podaci monitoringa mogu potvrditi utvrđene hidrogeološke uvjete, odnosno da razine podzemne vode padaju uzduž toka rijeke i od ruba vodonosnika prema rijeci. Amplitude oscilacija najveće su uz rijeku (VOP-4 i piezometri serije BRPL/D) i smanjuju se prema unutrašnjosti vodonosnika, što je u skladu s prigušenim titranjem tlačnog vala induciranog Savom. Oscilacije razina su također prigušene do dubine, odnosno u miocenskom sloju, gdje su amplitude oscilacija još niže (od 0,95 m u VOG-1 do 2,83 m u VOG-2). Podaci piezometara serije BRPL i BRPD pokazuju da podzemna voda u gornjem dijelu pliokvartarnog vodonosnika vrlo dobro reagira na tlačne valove izazvane rijekom, jer su statistički podaci vrlo usporedivi s podacima rijeke Save na mjernom mjestu Sava-1. /86/.

Rezultati istraživanja pokazuju da je smjer toka podzemnih voda za vrijeme niskog i prevladavajućeg stanja podzemnih voda prema jugu, a tijekom visokog vodostaja prema istoku i jugoistoku. /257/.

Mogu se uočiti sezonske fluktuacije temperature ovisno o temperaturi atmosfere, a posljedično i temperaturi infiltrirane površinske (riječne i oborinske) vode. Rasponi temperatura podzemne vode u pojedinim piezometrima u miocenskim slojevima relativno su mali jer se utjecaj temperaturnih fluktuacija atmosfere i površinskih voda smanjuje prema dubini. Od dubokih piezometara veći domet ima samo VOG-2 koji se nalazi uz rijeku Savu. Piezometri u kvartarnom vodonosniku pokazuju šire raspone vrijednosti, među kojima najveći raspon pripada piezometru VOP-4. Veći rasponi u mjerenjima temperature također su karakteristični za piezometre NE0277, NE0377 i V-1/77. Svi navedeni piezometri u neposrednoj su blizini rijeke Save /86/. Nakon punjenja akumulacijskog bazena HE Brežice, PV temperatura u piezometrima na desnoj obali Save nije se bitno mijenjala, a su u piezometrima na lijevoj obali Save uočene su fluktuacije temperature veće amplitude, posebno u piezometrima VOP-4, VOP-6 i PB-20, koji su svi u blizini rijeke Save /257/.

Piezometre u kvartarnom vodonosniku na području NEK-a karakteriziraju male fluktuacije temperature i veće vrijednosti za piezometre smještene unutar injekcijske zavjese ispod objekta (NE2077, NE2277, NE2477 i NE2677). Najviše temperature, koje u najvećoj mjeri odstupaju od ostalih, izmjerene su piezometrom NE2677. Piezometar se nalazi unutar injekcijske zavjese objekta NEK. Piezometri u pliokvatarnom vodonosniku (BRPD i BRPL serije) pokazuju male fluktuacije u temperaturi, među kojima samo piezometar BRPD-6/10 ima malo veći raspon. Najniže temperature izmjerene su u piezometru NE0277 koji se nalazi u blizini rijeke. Niske vrijednosti izmjerene su i u piezometrima NE0377, V-12, V-1/77 i PB-18. Također postoji velika fluktuacija između vrijednosti, što znači da je prijenos između površinske i podzemne vode prilično brz i neodrživ.

Kontinuirana mjerenja električne vodljivosti provode se na sljedećim piezometrima unutar užeg područja: VOG-3, VOP-1, VOP-2, VOP-3, VOP-4, VOP-5, VOP-6, VOP-8, HG-1, JC-1, SDMT-1, NE2077, NE2177, NE2277, NE2377, NE2477, NE2577, NE2677 i NE2777.

Na temelju prikazanih mjerenja i mjerenja električne vodljivosti podzemne vode pliokvartarnog vodonosnika na području Vrbina uz Savu, koji su izvršeni tijekom probnih pumpanja, utvrđeno je da je električna vodljivost kvartarnog vodonosnika oko 800 µS/cm, dok su vrijednosti za pliokvartarni vodonosnik niže između 420 i 480 µS/cm. Može se utvrditi da je električna vodljivost u kvartarnim slojevima veća nego u pliokvartarnim slojevima, jer potonji sadržavaju pretežno silikatne oblutke, dok kvartarni sedimenti sadržavaju i karbonatne oblutke koji se lakše otapaju i pridonose povećanju ukupne otopljene mase i povećanju električne vodljivosti. Najniža električna vodljivost je u miocenskim rasjedima, koji su pretežno sastavljeni od silikatnih minerala. Međutim, za tako visoke vrijednosti u kvartarnom vodonosniku vjerojatno je potrebno tražiti uzroke u antropogenim utjecajima (poljoprivreda, urbanizacija itd.).

Rezultati radioloških mjerenja podzemnih voda iz kvartarnog vodonosnika pokazuju očekivanu radiološku sliku gama-zračenja i Sr-90/Sr-89, koja je karakteristična za podzemne vode s Krško-brežičkog područja. Samo su koncentracije K-40 nešto više zbog opće proširenosti kalija u gornjem sloju tla. Koncentracija Ra-226 ne razlikuje se znatno od slovenskog prosjeka. Koncentracija Cs-137 u uzorcima bila je ispod granice detekcije. Rezultati mjerenja koncentracije Sr-90/Sr-89 pokazali su da su te vrijednosti usporedive s vrijednostima iz mjerenja u uzorcima iz bušotina E1 NEK i podzemnih voda u Hrvatskoj, dok su koncentracije Sr-90/Sr-89 u vodoopskrbi i crpilištima 2-3 puta niže. Rezultati mjerenja pokazuju radiološku sliku, koja je karakteristična za vodovode i crpilišta na krško-brežičkom

području, za sve gama-emitere. Samo je specifična aktivnost Ra-226 neznatno povećana. Vrijednosti za tricij su unutar očekivanja. Prihvatljivi su i za vodu za piće /86/.

4.4.4 Kvaliteta i količine površinskih voda i njihova primjena

Na kemijsko i ekološko stanje Save na ovoj dionici utječe prisutnost zagađivača u cijelom doprinosnom dijelu Save, što u ovom slučaju podrazumijeva znatan dio Slovenije, uključujući i najzagađenija područja poput Ljubljane i Celja te industrijska područja kao što su Jesenice, Zagorje, Trbovlje i Hrastnik. Na onečišćenje vodotoka uvelike utječe i poljoprivredna djelatnost (uporaba životinjskih i umjetnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja na obradivim površinama).

Procjena kemijskog stanja vodnih tijela za razdoblje 2014. – 2019. pokazuje da je kemijsko stanje vodnog tijela VT Sava Krško – Vrbina dobro za matricu voda, za matricu biota loše i za matricu voda i biota zajedno loše. Ocjena (loše stanje) daje se zbog parametara koji se ne odnose na emisije iz NEK-a, žive i difenil etera (BDE) (vidi poglavlje 4.1.4.), a posljedica je općeg onečišćenja.

Prema podacima Agencije za okoliš Republike Slovenije o izdanim koncesijama i vodopravnim dozvolama /61/, voda iz rijeke Save na dionici kroz Krško koristi se u tehnološke svrhe i za navodnjavanje.

Nositelj zahvata vodu iz Save koristi u tehnološke svrhe, na temelju djelomične vodopravne dozvole br. 35536-31/2006-16 od 15. listopada 2009. godine, Odluke br. 35536-26/2011/9 od 23. svibnja 2013. godine i Odluke o promjeni vodopravne dozvole br. 35530-7/2018/2 od 22. lipnja 2018. /50/; Vodno pravo za izravno korištenje vode u tehnološke svrhe klijentu, Nuklearnoj elektrani Krško, kojim je nositelju zahvata dodijeljeno vodno pravo za izravno korištenje vode u tehnološke svrhe (Sava i bunar na desnoj obali) u količini od najviše 29.000 l/s, a najviše 915.000.000 m³/god., vrijedi do 31. kolovoza 2039.

Prema podacima Agencije za okoliš Republike Slovenije /94/, scenariji budućih promjena hidroloških uvjeta za umjereno optimistični klimatski scenarij RCP4.5, koji pretpostavlja znatne mjere ublažavanja emisija stakleničkih plinova, za razdoblje 2021. – 2050. (u usporedbi s referentnim razdobljem) 1981. – 2010.) pokazuju sljedeću sliku:

- u sjevernoj polovici države prosječni godišnji protoci će se neznatno povećati, a južna polovica države pokazuje pad protočnih količina;
- pokazatelj malih prosječnih dnevnih protoka 90 percentila (Q90) pokazuje porast malih protoka u sjevernoj polovici države i pad u južnoj polovici države;
- najveći godišnji protoci pokazuju smanjenje u istočnoj polovici države i povećanje u zapadnoj polovici države, najviše u sjeverozapadnom dijelu;
- najveći godišnji protoci pokazuju na smanjenje u istočnoj polovici države i povećanje u zapadnoj polovici države, najviše u sjeverozapadnom dijelu;

4.4.4.1 Emisije tvari i topline iz NEK-a u 2020. godini

Stanje u pogledu ispuštanja tvari i topline u vodu sažeto je prema Izvještaju o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrana Krško, koji je za 2020. godinu izradio NLZOH, Novo Mesto /237/.

Određivanje prekomjernog opterećenja u pogledu godišnjih količina onečišćujućih tvari i/ili emisijskog udjela oslobođene topline u slučajevima ispuštanja u vodotoke (za cjelokupno postrojenje) provodi se u skladu s Uredbom o emisijama tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15).
Emisijski udio oslobođene topline (EDOT) izračunava se prema jednadžbi:

$$EDOT = \frac{\Delta \text{T reke Save } [°\text{C}]}{3\ [°\text{C}]}$$

Pritom se ΔT za veliki rashladni sustav CW izračunava jednadžbom:

$$\Delta T = \frac{(T\_izst - T\_vst) \bullet Q\_kond + (T\_hl - T\_vst) \bullet Q\_hlad}{Q\_sk}$$

Varijable u jednadžbi su:

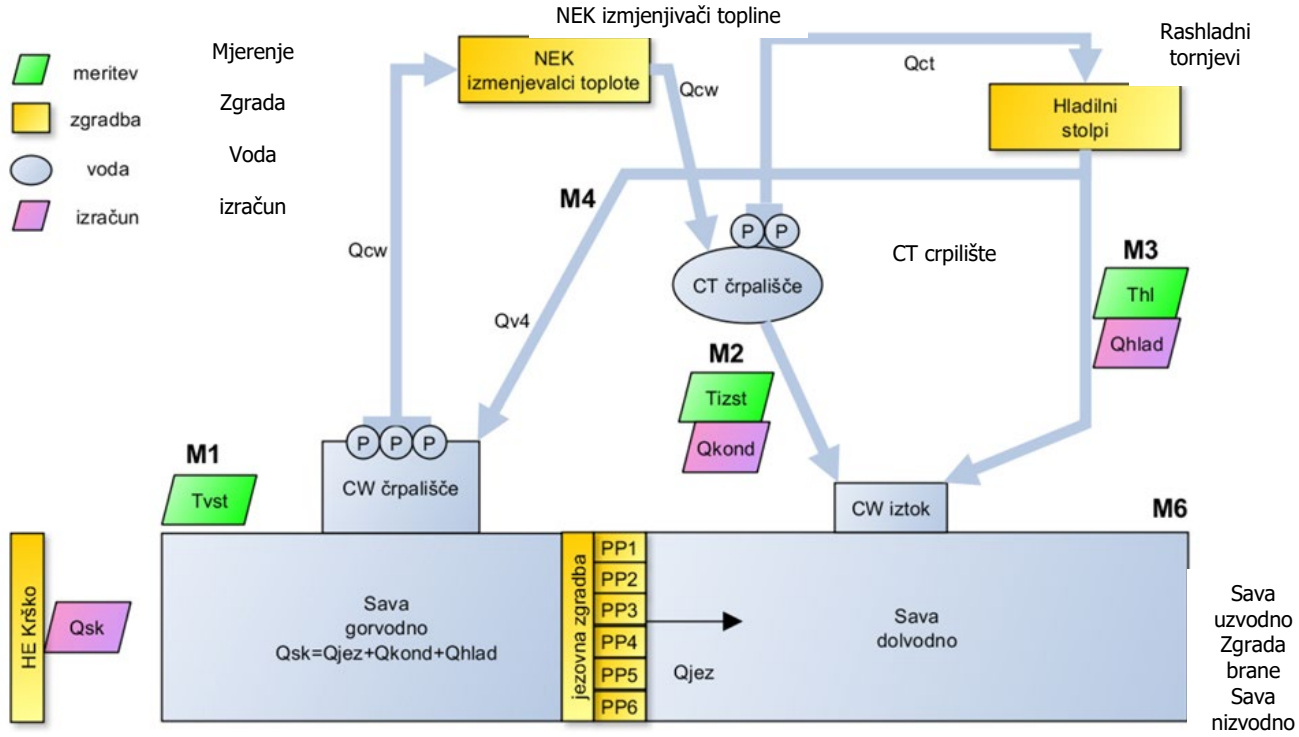
T_izl – temperatura izlazne vode iz kondenzatora mjerena u točki M2
T_ul – temperatura Save na ulazu u NEK mjerena u točki M1
Q_kond – protok kroz kondenzator u točki M2
T_hl – temperatura ohlađene vode iz rashladnih tornjeva mjerena u točki M3
Q_hlad – protok rashladne vode u točki M3

Vrijednost varijable Q_sk ovisi o načinu pogona HE Brežice i brane NEK-a:

- U slučaju kada HE Brežice radi, a brana NEK-a nije u funkciji, Q_sk je jednak protoku preko HE Krško, što je zbroj protoka kroz agregate 1, 2 i 3, protoka ispod segmentnih protuprovalnih pregrada 1 – 5 i protoka preko zaklopki 1 – 5.
- U slučaju kada HE Brežice ne radi, a brana NEK-a radi (taj način rada bio je na snazi samo ograničeno vrijeme tijekom remonta HE Brežice 2018., 2019. i 2020.), Q_sk se izračunava po jednadžbi za koju se sve količine mjere u NEK-u:

$$Q\_sk = Qkond + Qhlad + Qbran$$

Važnost svih varijabli i mjesta njihovih mjerenja ili izračuna može se vidjeti u shemi pogona NEK-a na sljedećoj slici.



Slika 44: Shema rada i mjerenja NEK-a za nadzor toplinskog onečišćenja Save (izvor: /48/)

Lokacije mjerenja temperatura vode i jednadžbe i sheme rada su:

- Tul: Y=540280 X=88332 (točka M1 u shemi odnosno MM1 iz OVD-a)
- Tizl: Y=540400 X=88162 (točka M2 u shemi odnosno MM3 iz OVD-a)
- Thl: Y=540435 X=88154 (točka M3 u shemi odnosno MM4 iz OVD-a)

Zagrijavanje vode (ΔT) u malom rashladnom sustavu se računa se kao razlika mjerenja u točki dotoka:
- TE 2800 (dotok u uzimanje ESW): Y=540222 X=88200

i točka ispusta na lokaciji V1 (iz OVD-a):
- TE 2836A (istočni ispust odnosno pruga A ESW): Y=540252 X=88202
- TE 2836B (zapadni ispust odnosno pruga B ESW): Y=540250 X=88202

Pritom je mjerenje na ispustu ovisno o tome koja od pruga ESW sustava tada radi.

Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list br. 64/12, 64/14 i 98/15), obrađuje se cjelokupno postrojenje.

EDOT za cijeli uređaj izračunava se kao zbroj EDOT-a za veliki rashladni sustav CW i mali rashladni sustav SW. Udio EDOT-a iz malog rashladnog sustava SW u rezultatima nije primjetan jer se odražava samo na trećem decimalnom mjestu, a ukupna vrijednost je prikazana samo na jednoj decimali točno.

U uvjetima niskih protoka Save NEK povremeno vraća dio rashladne vode kondenzatora, koja bi inače otjecala u Savu, u crpilište CW (recirkulira), što dovodi do odstupanja u izračunu EDOT-a odnosno prikazanih visokih vrijednosti. One se mogu dodatno povećati zaokruživanjem na jednu decimalu. U prikazanim podacima u nastavku takve su se situacije dogodile 29. prosinca 2020., 19. veljače 2020., 25. rujna 2020., 21. 22. i 23. rujna 2020. te 4. studenog 2020. Glavni razlog za visoke vrijednosti EDOT-a u svim slučajevima je poštovanje Tizsta i Qkonda u izračunu EDOT-a, iako se ta voda zapravo ne ispušta u Savu, već se vraća u crpilište CW (recirkulira), a u Savu se ispušta ponajprije ohlađena voda iz rashladnih tornjeva.

Cijelo postrojenje ne preopterećuje okoliš ispuštanjem industrijskih otpadnih voda jer nisu prekoračene godišnje količine opasne tvari AOX i jer cijelo postrojenje nije premašilo kriterije preopterećenja okoliša emisijom topline.

Tablica 62: Emisijski udio oslobođene topline u NEK-u za 2020. godinu (izvor: NLZOH /237/)

	JANUAR	FEBRUAR	MAREC	APRIL	MAJ	JUNIJ	JULIJ	AVGUST	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DECEMBER
1	0.5	0.9	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.3	0.5	0.5	1.0
2	0.5	1.0	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.5	0.5	1.0
3	0.6	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	1.0
4	0.6	1.0	0.2	1.0	1.0	0.9	0.7	0.3	0.6	0.2	0.7	1.0
5	0.6	1.0	0.2	1.0	1.0	0.5	0.9	0.3	0.9	0.2	0.7	0.8
6	0.6	0.9	0.3	1.0	1.0	0.2	1.0	0.5	0.9	0.2	0.7	0.3
7	0.7	1.0	0.3	1.0	1.0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.2	0.7	0.1
8	0.7	0.9	0.4	1.0	1.0	0.4	0.4	0.7	0.8	0.2	0.9	0.2
9	0.7	1.0	0.4	1.0	1.0	0.2	0.8	0.9	1.0	0.3	0.7	0.1
10	0.7	1.0	0.5	0.9	1.0	0.2	0.9	0.9	0.9	0.3	0.8	0.2
11	0.8	1.0	0.5	1.0	1.0	0.2	0.9	0.9	1.0	0.3	0.8	0.2
12	0.8	1.0	0.7	0.9	0.7	0.3	0.6	0.9	1.0	0.1	0.8	0.3
13	0.7	1.0	0.6	0.9	0.6	0.4	0.6	1.0	1.0	0.2	0.9	0.3
14	0.8	1.0	0.6	0.9	0.6	0.4	0.8	0.9	1.0	0.2	1.0	0.3
15	0.9	1.0	0.7	1.0	0.6	0.5	1.0	0.9	1.0	0.2	1.0	0.4
16	1.0	1.0	0.7	1.0	0.5	0.5	1.0	0.8	1.0	0.2	0.7	0.4
17	0.9	1.0	0.7	1.0	0.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.2	0.2	0.5
18	0.9	1.0	0.8	1.0	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	0.2	0.4	0.5
19	1.0	1.0	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	0.3	0.4	0.6
20	0.9	0.9	0.8	1.0	0.5	0.6	1.0	1.0	1.0	0.3	0.5	0.6
21	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	0.3	0.7	0.6
22	1.0	1.0	0.7	1.0	0.8	0.7	1.0	1.0	0.9	0.4	0.7	0.6
23	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.9	0.4	0.7	0.6
24	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.9	0.6	1.0	0.9	0.4	0.8	0.6
25	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.9	0.5	1.0	0.7	0.4	0.7	0.3
26	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	0.6	0.7	1.0	0.2	0.4	0.9	0.2
27	1.0	0.7	1.0	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	0.3	0.4	0.9	0.3
28	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	0.3	0.3	0.9	0.3
29	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.3	1.0	0.1
30	0.8		1.0	0.7	1.0	1.0	0.5	0.9	0.3	0.4	1.0	0.0
31	0.9		1.0		1.0		0.8	0.5		0.5		0.1

Remont NEK 2020: Remonta v letu 2020 ni bilo!
Remont NEK 2020.: Remonta u 2020. nije bilo!

Zbog ispuštanja otpadnih voda iz rashladnih sustava i drugih izvora, ni u jednom danu pogona temperatura rijeke Save nije premašila prirodnu temperaturu za više od 3 °C.

Tablica 63: ΔT rijeke Save (°C) u 2020. godini (izvor: NLZOH /237/)

	JANUAR	FEBRUAR	MAREC	APRIL	MAJ	JUNIJ	JULIJ	AVGUST	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DECEMBER
1	1.36	2.84	2.34	2.88	2.54	3.00	2.99	2.97	0.98	1.37	1.63	2.86
2	1.46	2.97	0.76	2.92	2.85	3.00	2.93	2.98	1.35	1.61	1.51	2.91
3	1.78	2.98	0.49	2.95	3.00	3.00	1.78	2.22	1.76	1.56	1.70	2.90
4	1.73	2.96	0.53	2.97	2.99	2.82	2.21	0.85	1.93	0.68	2.11	2.91
5	1.75	2.91	0.73	2.98	3.00	1.59	2.85	0.88	2.56	0.67	2.10	2.45
6	1.87	2.78	0.88	2.90	2.98	0.60	2.89	1.59	2.70	0.58	2.01	0.78
7	2.01	2.91	1.00	2.98	3.00	0.87	1.27	1.82	2.12	0.68	2.03	0.29
8	2.06	2.79	1.06	2.96	3.00	1.15	1.35	2.19	2.25	0.68	2.57	0.46
9	2.17	2.92	1.34	2.91	2.98	0.59	2.32	2.62	2.88	0.88	2.06	0.43
10	2.18	2.97	1.36	2.82	2.96	0.51	2.70	2.63	2.78	0.97	2.48	0.56
11	2.46	2.99	1.49	2.89	3.00	0.70	2.73	2.71	2.97	1.01	2.55	0.64
12	2.30	2.92	2.07	2.82	2.23	0.91	1.80	2.82	2.98	0.25	2.52	0.78
13	2.23	3.00	1.81	2.77	1.78	1.14	1.72	2.93	2.97	0.51	2.60	0.93
14	2.30	3.00	1.85	2.56	1.75	1.19	2.46	2.82	2.91	0.66	2.94	1.00
15	2.73	2.99	2.09	2.91	1.82	1.49	2.99	2.67	2.94	0.65	2.90	1.32
16	2.90	2.96	2.18	3.00	1.48	1.57	2.98	2.52	2.96	0.46	2.16	1.27
17	2.79	3.00	2.24	3.00	1.24	2.15	2.60	2.87	2.97	0.62	0.62	1.51
18	2.66	2.97	2.51	3.00	1.63	1.92	2.48	2.79	2.91	0.70	1.14	1.43
19	2.93	2.87	2.26	3.00	1.73	2.40	2.94	2.92	3.00	0.85	1.23	1.68
20	2.82	2.83	2.46	2.96	1.62	1.92	2.95	3.00	2.88	0.93	1.62	1.93
21	2.77	2.96	2.89	2.94	2.13	2.11	2.98	2.91	2.93	1.04	2.09	1.71
22	2.93	3.00	2.24	2.92	2.25	2.18	2.98	2.98	2.69	1.17	2.01	1.82
23	2.97	2.99	2.34	2.98	2.92	2.36	3.00	2.96	2.65	1.21	2.09	1.85
24	2.98	3.00	2.53	2.90	2.32	2.60	1.94	2.96	2.85	1.21	2.43	1.81
25	2.95	3.00	2.93	2.99	1.78	2.70	1.53	2.94	2.25	1.05	2.22	0.78
26	2.99	2.85	2.68	2.90	2.31	1.75	2.22	2.97	0.58	1.18	2.70	0.57
27	2.97	2.01	2.89	2.62	2.97	2.08	2.94	2.96	0.76	1.09	2.64	0.79
28	2.98	2.82	2.83	2.42	2.96	2.83	2.81	3.00	0.79	0.84	2.80	0.92
29	2.54	2.93	2.90	2.28	2.95	2.95	2.93	2.97	0.74	0.97	2.96	0.35
30	2.47		2.88	2.13	2.98	2.96	1.38	2.66	0.96	1.31	2.91	0.00
31	2.69		2.98		2.95		2.36	1.61		1.51		0.44
Povprečje	**2.44**	**2.90**	**1.98**	**2.84**	**2.45**	**1.90**	**2.45**	**2.57**	**2.27**	**0.93**	**2.18**	**1.29**

Prosjek

Ispust V9 – Ispust iz uređaja za pročišćavanje

Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM6 (V-9) u 2020. godini navedeni su u tablici u nastavku (izvor: Tablica 64)

Tablica 64: Rezultati praćenja otpadnih voda na mjernom mjestu MM6 (V-9) u 2020. godini (izvor:/237/)

Parametar	MVE	21. 4. 20.	08. 10. 20.
KPK	150 mg/l	40	58
BPK_5	30 mg/l	2,0	7,8

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti)
Sukladno članku 10. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. godini nije prelazio granične vrijednosti utvrđene okolišnom dozvolom br.: 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3 /49/.

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernog opterećenja)
Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na tom ispustu u 2020. godini nije pretjerano opterećivao okoliš.

Ispusti V2, V3, V4, V5 i V6

Mjerenja nisu predviđena za komunalnu ili rashladnu vodu (osim za rashladnu vodu s otjecanjem u vodu, gdje je mjerenje temperature obavezno) /237/.

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti) – nije predviđeno za rashladnu vodu.

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernih opterećenja) – nije predviđeno za rashladnu vodu.

Ispust V7-11 odvod iz bazena za pripremu vode

Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM5 (V7-11) u 2020. godini navedeni su u tablici u nastavku (izvor: Tablica 65)

Tablica 65: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM5 (V7-11) u 2020. godini (izvor: /237/)

Parametar	MVE	10. 3. 20.	21. 3. 20.	08. 12. 20.
Temperatura	30 °C	15,2	23,5	15,8
pH	6,5 – 9,0	8,7	7,3	7,7
Sedimentne tvari	0,3 ml/l	LOD	LOD	0,1
Neotopljene tvari	80 mg/l	2	2	2
Toksičnost za vodene buhe	3	2	1	1
Slobodni klor	0,2 mg/l	0,05	0,05	0,05
KPK	90 mg/l	17	10	9
BPK_5	25 mg/l	5,6	5,0	7,5
AOX	1 mg/l	LOD	LOD	0,03

LOD ili podcrtano – između granice detekcije i granice odredivosti; LOD – ispod granice detekcije

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti)
Sukladno članku 10. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. nije prelazio granične vrijednosti utvrđene okolišnom dozvolom br. 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3.

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernog opterećenja)
Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. godini nije pretjerano opterećivao okoliš. Godišnja količina opasne tvari AOX navedena u okolišnoj dozvoli nije prekoračena. Najveća dopuštena godišnja količina AOX tvari je 3810,3 kg godišnje, količina emitirane je 0,04 kg.

Ispust V7-10 NEK – rashladni tornjevi

Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM4 (V7-10) u 2020. godini navedeni su u tablici u nastavku (izvor: Tablica 66)

Tablica 66: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM4 (V7-10) u 2020. godini (izvor: /237/)

Parametar	MVE (svibanj – rujan)	MVE (listopad – travanj)	17. 2. 20.	20. 4. 20.	08. 5. 20.	14. 9. 20.	07. 12. 20.
Temperatura	43 °C	30 °C	18,1,	18,0	16,4	19,4	19,7
pH	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0	8,4	8,3	8,6	8,2	8,6
Sedimentne tvari	0,5 ml/l	0,5 ml/l	LOD	LOD	LOD	LOD	0,1
Neotopljene tvari	80 mg/l	80 mg/l	2,0	7,9	5,0	3,2	190
Toksičnost za vodene buhe	3	3	1	1	1	1	1

Parametar	MVE (svibanj – rujan)	MVE (listopad – travanj)	17. 2. 20.	20. 4. 20.	08. 5. 20.	14. 9. 20.	07. 12. 20.
KPK	120 mg/l	120 mg/l					
BPK_5	25 mg/l	25 mg/l	2,0	2,4	LOD	2,0	2,0
AOX	(a)	(a)					
Slobodni klor	0,3 mg/l	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Protok Save – 24 satni prosjek	m^3/s	m^3/s	75	79	74	81	965

LOD ili podcrtano – između granice detekcije i granice odredivosti; LOD – ispod granice detekcije; KPK u tekstu

AOX i brom se analiziraju 4 puta godišnje u vrijeme dodavanja biocida natrijeva hipoklorita i natrijeva bromida.

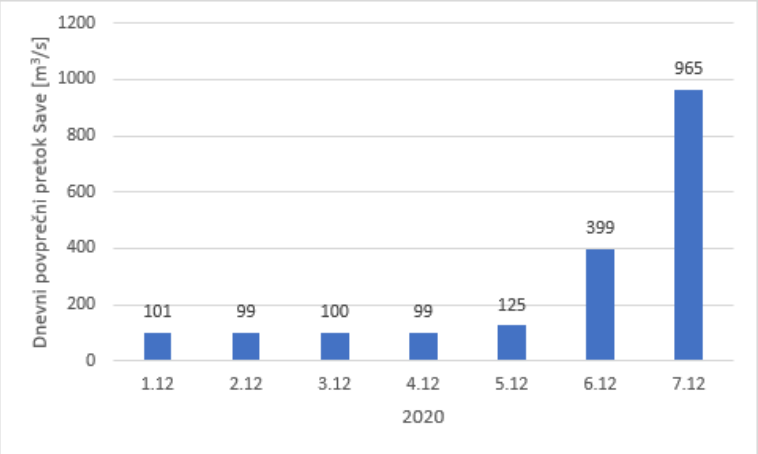
(a) U otpadnoj vodi ne smije biti AOX spojeva osim onih sadržanih u sirovoj vodi. U slučaju šok-obrade vrijedi MVE 0,15 mg/l

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti)
Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj je na ovom ispustu u 2020. premašio granične vrijednosti koje propisuje Okolišna dozvola br.: 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3, i to 1 x u parametru neotopljene tvari.

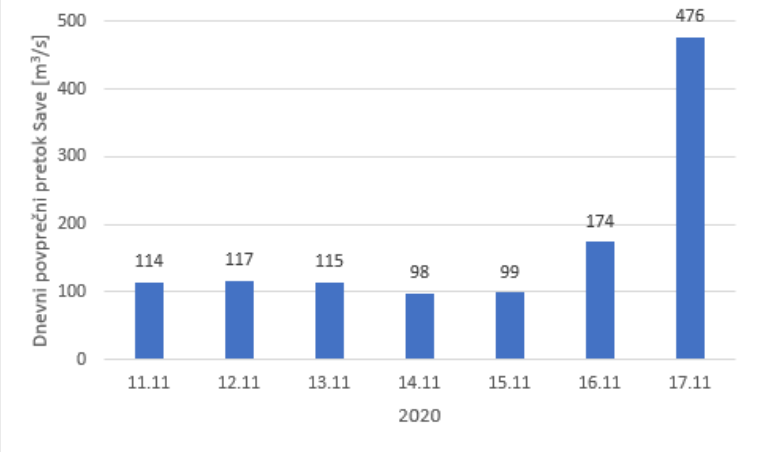
Izmjerene vrijednosti KPK-a su:
- 6 mg/l O_2
- 9 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 8 mg/l O_2
- 20 mg/l O_2

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernog opterećenja)
Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. pretjerano je opteretio okoliš jer je parametar neotopljene tvari u jednom mjerenju premašio graničnu vrijednost za više od 50 %.

Rezultati mjerenja na ovom mjernom mjestu u razdoblju 2015. – 2020. pokazuju da je prekoračenje bilo i u 2016. godini. Provjereno je radi li se na sustavu (za dan 7. prosinca 2020.), što bi moglo utjecati na prekoračenje koncentracije suspendiranih tvari, a utvrđeno je da dijelova nije bilo. U monitoringu otpadnih voda povremeno se javljaju slična prekoračenja neotopljenih tvari. Razlog tome je nagli porast protoka Save tijekom uzorkovanja, koji inače traje 24 sata, jednom mjesečno. S takvom pojavom povećava se zamućenost vode iz rijeke Save, a povećanje neotopljenih tvari je očekivano i na njega NEK ne može utjecati. Prikaz pretoka Save tijekom prekoračenja i 6 dana prije, za datume 17. studenog 2020. i 7. prosinca 2020., prikazan je na sljedećoj slici Slika 45: Protoci 6 dana prije i tijekom uzorkovanja neotopljenih tvari i krutih čestica na mjestima mjerenja: 1) sigurnosne opskrbne vode (V1-1) MM1, 2) rashladne vode (V7-7) MM3 i vode rashladnih tornjeva CW (V7-10) MM4, dani prekoračenja zbog nečistoća u SaviSlika 45). Vidljivo je da je u danima kada se provodilo mjerenje i dan prije došlo do povećanja protoka Save.



Dnevni prosječni protok Save (m^3/s)



Dnevni prosječni protok Save (m^3/s)

Slika 45: Protoci 6 dana prije i tijekom uzorkovanja neotopljenih tvari i krutih čestica na mjestima mjerenja: 1) sigurnosne opskrbne vode (V1-1) MM1, 2) rashladne vode (V7-7) MM3 i vode rashladnih tornjeva CW (V7-10) MM4, dani prekoračenja zbog nečistoća u Savi

Ispust V1-1 – Ispuštanje vode za sigurnosnu opskrbu

Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu (V1-1) MM1 u 2020. godini navedeni su u tablici u nastavku (Tablica 67)

Tablica 67: Rezultati praćenja emisija otpadnih voda na mjernom mjestu (V1-1) MM1 u 2020. godini (izvor: /237/)

		Kalendarski mjeseci											
Parametar	MVE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura	30 °C	9,2	10,6	10,9	16,4	17,8	15,1	17,7	23,5	21,0	14,3	11,0	11,0
ΔT max (°C)	10°C	2,9	2,7	2,8	2,6	2,6	2,6	2,5	3,1	2,6	2,6	2,9	2,8
pH	6,5 – 9,0	8,3	8,4	8,2	8,6	8,5	8,1	8,2	8,1	8,1	8,3	7,6	7,6
Sedimentne tvari	0,5 ml/l	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	0,1	0,1	***1,1***
Neotopljene tvari	80 mg/l	2	3,6	3,3	11	4,5	9,9	4,0	4,9	4,1	20	***96***	***290***
Toksičnost za vodene buhe	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1

Kalendarski mjeseci													
KPK	120 mg/l												
BPK_5	25 mg/l	3,8	LOD	2,0	2,8	LOD	2,0	2,0	2,2	LOD	LOD	2,0	3,1
Protok Save – 24 satni prosjek	m3/s	130,3	94,2	199,5	87,0	126,1	209,1	135,2	122,6	164,4	379,1	165,5	338,1

LOD ili podcrtano – između granice detekcije i granice odredivosti; LOD – ispod granice detekcije, istaknuto, crveno i koso-iznad granične vrijednosti; KPK u tekstu

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti)
Sukladno članku 10. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj je na ovom ispustu u 2020. premašio granične vrijednosti koje propisuje Okolišna dozvola br.: 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3 i to 2 x u parametru neotopljene tvari i 1x u parametru sedimentne tvari.

Izmjerene vrijednosti KPK-a:
- < 5 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 6 mg/l O_2
- 11 mg/l O_2
- 9 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 9 mg/l O_2
- 9 mg/l O_2
- 6 mg/l O_2
- 10 mg/l O_2
- 16 mg/l O_2
- 111 mg/l O_2

Porast temperature
Porast temperature malog sustava za hlađenje SW – MM1 za 2020. godinu prikazan je u donjoj tablici (Tablica 69).

Granična vrijednost porasta temperature malog protočnog sustava za hlađenje (10 °C), propisana Okolišnom dozvolom br. 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3, nije prekoračena! Najveći porast iznosio je 3,1 °C.

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernog opterećenja)
Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. pretjerano je opteretio okoliš, jer je parametar neotopljene tvari u jednom mjerenju premašio graničnu vrijednost za više od 50 % te je parametar sedimenta u jednom mjerenju premašio graničnu vrijednost za više od 50 %. U 2019. uređaj nije preopteretio okoliš na ovom ispustu. Pregledom podataka iz mjerenja 2015. – 2020. otkriveno je da je prekoračenje za neotopljene tvari i sedimentne tvari posljedica povišenih parametara u rijeci Savi.

Emisijski udio oslobođene topline
Emisijski udio oslobođene topline – mali rashladni sustav SW za 2020. godinu naveden je u donjoj tablici (Tablica 68).

Emisijski udio oslobođene topline na ovom izvoru; ni u jednom od dnevnih prosjeka od 366 radnih dana u 2020. godini ispust vode za sigurnosnu opskrbu (mali rashladni sustav – SW) nije prekoračio graničnu vrijednost (1) utvrđenu Okolišnom dozvolom br.: 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3.

Tablica 68: Emisijski udio oslobođene topline – mali rashl. sustav SW za 2020. (izvor: NLZOH /237/)

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	0.003	0.006	0.004	0.005	0.004	0.007	0.005	0.005	0.002	0.002	0.003	0.006
2	0.003	0.006	0.001	0.005	0.005	0.007	0.005	0.005	0.002	0.003	0.003	0.006
3	0.003	0.006	0.001	0.006	0.006	0.007	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.006
4	0.003	0.006	0.001	0.006	0.005	0.006	0.004	0.002	0.003	0.001	0.004	0.006
5	0.003	0.006	0.001	0.007	0.006	0.003	0.005	0.002	0.005	0.001	0.004	0.004
6	0.003	0.005	0.002	0.007	0.007	0.001	0.005	0.003	0.005	0.001	0.003	0.001
7	0.004	0.006	0.002	0.006	0.007	0.002	0.002	0.004	0.004	0.001	0.004	0.001
8	0.004	0.006	0.002	0.006	0.007	0.002	0.002	0.004	0.004	0.001	0.004	0.001
9	0.004	0.006	0.002	0.007	0.007	0.001	0.004	0.004	0.005	0.002	0.004	0.001
10	0.004	0.006	0.003	0.007	0.007	0.001	0.005	0.004	0.005	0.002	0.004	0.001
11	0.005	0.007	0.003	0.006	0.007	0.001	0.005	0.005	0.005	0.001	0.005	0.001
12	0.004	0.007	0.004	0.006	0.005	0.002	0.003	0.005	0.006	0.001	0.005	0.001
13	0.004	0.006	0.003	0.006	0.003	0.002	0.003	0.005	0.006	0.001	0.005	0.002
14	0.004	0.006	0.003	0.006	0.003	0.002	0.004	0.005	0.007	0.001	0.005	0.002
15	0.005	0.006	0.004	0.005	0.003	0.002	0.005	0.005	0.007	0.001	0.005	0.002
16	0.006	0.006	0.004	0.005	0.003	0.003	0.005	0.004	0.007	0.001	0.003	0.002
17	0.006	0.008	0.004	0.006	0.002	0.004	0.004	0.005	0.007	0.001	0.001	0.003
18	0.005	0.007	0.005	0.007	0.003	0.003	0.004	0.005	0.007	0.001	0.002	0.003
19	0.006	0.007	0.004	0.007	0.003	0.004	0.005	0.005	0.007	0.002	0.002	0.003
20	0.006	0.007	0.004	0.007	0.003	0.003	0.005	0.005	0.009	0.002	0.003	0.003
21	0.006	0.005	0.006	0.006	0.004	0.004	0.005	0.005	0.009	0.002	0.004	0.003
22	0.006	0.007	0.004	0.006	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.002	0.004	0.003
23	0.006	0.007	0.004	0.006	0.005	0.004	0.005	0.006	0.007	0.002	0.004	0.003
24	0.006	0.007	0.005	0.006	0.004	0.005	0.003	0.007	0.006	0.002	0.004	0.003
25	0.006	0.007	0.006	0.007	0.003	0.005	0.003	0.006	0.003	0.002	0.004	0.001
26	0.006	0.006	0.005	0.009	0.004	0.002	0.004	0.006	0.001	0.002	0.005	0.001
27	0.006	0.004	0.006	0.008	0.005	0.004	0.005	0.007	0.001	0.002	0.005	0.001
28	0.006	0.005	0.005	0.007	0.005	0.005	0.005	0.007	0.001	0.002	0.005	0.002
29	0.005	0.006	0.006	0.007	0.005	0.005	0.005	0.009	0.001	0.002	0.005	0.001
30	0.005		0.006	0.003	0.005	0.005	0.002	0.007	0.002	0.002	0.006	0.001
31	0.004		0.006		0.007		0.004	0.003		0.003		0.001
Remont NEK 2020.: Remonta u 2020. nije bilo.												

Tablica 69: Porast temperature malog rashladnog sustava SW – MM1 za 2020. godinu (izvor: NLZOH /237/)

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	2.8	2.7	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.6
2	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	2.4	2.6
3	2.7	2.6	2.5	2.6	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.8
4	2.7	2.6	2.5	2.6	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.5	2.6
5	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.7	2.4	2.5	2.4	2.6
6	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.6	2.4	2.6	2.3	2.5	1.8	2.6
7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.3	2.4	2.2	3.1	2.3	2.4	2.5	2.5
8	2.8	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.4	2.4	2.3	2.4	2.5	2.5
9	2.8	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.2	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5
10	2.9	2.6	2.5	2.6	2.4	2.5	2.5	2.2	2.3	2.5	2.5	2.4
11	2.8	2.6	2.5	2.5	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.5	2.5	1.7
12	2.8	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2	2.5	2.6	2.6	2.5
13	2.8	2.6	2.5	2.5	2.3	2.5	2.4	2.2	2.4	2.5	2.6	2.5
14	2.8	2.5	2.4	2.5	2.6	2.4	2.5	2.2	2.4	2.6	2.5	2.5
15	2.8	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.2	2.5	2.5	2.5	2.7
16	2.8	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.2	2.5	2.2	2.5	2.7
17	2.8	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.1	2.2	2.4	2.4	2.4	2.8
18	2.7	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.2	2.5	2.4	2.5	2.7
19	2.7	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.2	2.5	2.4	2.5	2.6
20	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2	2.4	2.4	2.5	2.6
21	2.8	1.9	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4	2.2	2.6	2.4	2.5	2.6
22	2.7	2.5	2.5	2.5	1.8	2.5	2.4	2.3	2.5	2.3	2.6	2.6
23	2.7	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.5	2.3	2.6	2.6
24	2.7	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.5	2.2	2.5	2.3	2.6	2.6
25	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2	2.5	2.3	2.7	2.6
26	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	1.6	2.5	2.2	2.6	2.5	2.8	2.6
27	2.7	2.5	2.8	2.5	2.4	2.5	2.5	2.3	2.4	2.4	2.9	2.6
28	2.7	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.5	2.4	2.6	2.5
29	2.7	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5
30	2.6		2.6	1.6	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.6	2.7
31	2.0		2.6		2.4		2.3	2.3		2.4		2.5
Remont NEK 2020.: Remonta u 2020. nije bilo.												

Ispust V7-7 – Ispuštanje vode za sigurnosnu opskrbu

Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM3 (V7-7) u 2020. godini navedeni su u tablici u nastavku (izvor: Tablica 70)

Tablica 70: Rezultati praćenja ispuštanja otpadnih voda na mjernom mjestu MM3 (V7-7) u 2020. godini (izvor: /237/)

Kalendarski mjeseci													
Parametar	MVE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura	43 °C	18,2	22,2	19,7	26,6	27,4	25,1	24,1	32,8	30,6	23,7	21,1	21,1
pH	6,5 – 9,0	8,4	8,2	7,9	8,8	8,8	8,1	8,2	8,3	8,0	8,2	7,8	8,1
Sedimentne tvari	0,5 ml/l	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	0,1	0,1	***1,4***
Neotopljene tvari	80 mg/l	2	2,5	4,6	6,1	2	7,4	4,0	6,2	3,0	38	47	***340***
Toksičnost za vodene buhe	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KPK	120 mg/l												
BPK_5	25 mg/l	LOD	2,0	2,0	2,0	LOD	2,0	2,0	2,0	2,0	LOD	2,0	2,2
AOX	(a)												
Slobodni klor	0,3 mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Protok Save – 24 satni prosjek	m3/s	130,3	94,2	199,5	87,0	126,1	209,1	135,2	122,6	164,4	379,1	165,5	338,1

LOD ili podcrtano – između granice detekcije i granice odredivosti; LOD – ispod granice detekcije, istaknuto, crveno i koso-iznad granične vrijednosti; KPK u tekstu

AOX i brom se analiziraju 4 puta godišnje u vrijeme dodavanja biocida natrijeva hipoklorita i natrijeva bromida.

(a) U otpadnoj vodi ne smije biti AOX spojeva osim onih sadržanih u sirovoj vodi. U slučaju šok-obrade vrijedi MVE 0,15 mg/l

Evaluacija prema članku 10. (prekoračivanje graničnih vrijednosti)

Sukladno članku 10. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj je na ovom ispustu u 2020. premašio granične vrijednosti koje propisuje Okolišna dozvola br. 35441-103/2006-24; 35402-10/2010-4; 35441-103/2006-33; 35444-11/2013-3, i to 1 x u parametru neotopljene tvari i 1 x u parametru sedimentne tvari.

Izmjerene vrijednosti KPK-a su:

- < 5 mg/l O_2
- 6 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 8 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 7 mg/l O_2
- 9 mg/l O_2
- 18 mg/l O_2
- 36 mg/l O_2

Evaluacija prema članku 11. (utvrđivanje prekomjernog opterećenja)

Sukladno članku 11. Uredbe o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15), uređaj na ovom ispustu u 2020. pretjerano je opteretio okoliš, jer je parametar neotopljene tvari u jednom mjerenju premašio graničnu vrijednost za više od 50 % te je parametar sedimenta u jednom mjerenju premašio graničnu

vrijednost za više od 50 %. Pregled mjernih podataka za razdoblje 2015. – 2020. pokazao je jedno prekoračenje u 2016. godini. Kako je prethodno objašnjeno, prekoračenja nisu rezultat emisija ili aktivnosti NEK-a.

U 2019. uređaj nije prekomjerno opteretio okoliš na ovom ispustu.

Tablica 71: Emisijski udio oslobođene topline – veliki rashladni sustav CW za 2020. (izvor: NLZOH /237/)

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	0.4	1.0	0.7	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.3	0.4	0.5	1.0
2	0.5	1.0	0.2	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	0.4	0.5	0.5	1.0
3	0.5	1.0	0.1	1.0	1.0	1.0	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	1.0
4	0.5	1.0	0.2	1.0	1.0	0.9	0.7	0.3	0.6	0.2	0.7	1.0
5	0.5	1.0	0.2	0.8	1.0	0.5	0.9	0.3	0.8	0.2	0.7	0.8
6	0.6	0.9	0.3	0.7	0.9	0.2	1.0	0.5	0.9	0.2	0.6	0.2
7	0.6	1.0	0.3	1.0	0.9	0.3	0.3	0.6	0.7	0.2	0.6	0.1
8	0.6	0.9	0.3	1.0	0.9	0.3	0.4	0.7	0.7	0.2	0.8	0.1
9	0.6	1.0	0.4	1.0	0.9	0.2	0.8	0.9	1.0	0.3	0.6	0.1
10	0.7	1.0	0.4	0.9	0.9	0.2	0.9	0.9	0.9	0.3	0.8	0.2
11	0.8	1.0	0.5	0.9	0.9	0.2	0.9	0.9	1.0	0.2	0.8	0.2
12	0.7	0.7	0.6	0.8	0.6	0.3	0.6	0.9	1.0	0.1	0.8	0.3
13	0.7	1.0	0.6	0.9	0.6	0.4	0.6	1.0	1.0	0.2	0.8	0.3
14	0.7	1.0	0.6	0.7	0.6	0.4	0.8	0.9	0.9	0.2	1.0	0.3
15	0.9	1.0	0.7	1.0	0.6	0.5	1.0	0.9	0.9	0.2	1.0	0.4
16	1.0	1.0	0.7	1.0	0.5	0.5	1.0	0.8	0.9	0.1	0.6	0.4
17	0.9	0.7	0.7	1.0	0.4	0.6	0.9	1.0	0.9	0.2	0.2	0.4
18	0.9	0.7	0.8	0.9	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	0.2	0.4	0.4
19	1.0	0.6	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0	0.3	0.4	0.5
20	0.9	0.7	0.8	0.9	0.5	0.6	1.0	1.0	0.8	0.3	0.5	0.6
21	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	0.7	1.0	0.9	0.8	0.3	0.7	0.5
22	1.0	0.9	0.7	0.8	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.4	0.6	0.6
23	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	0.9	0.6	0.4	0.7	0.6
24	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.6	0.9	0.9	0.4	0.8	0.6
25	1.0	0.9	1.0	0.8	0.6	0.9	0.5	0.9	0.5	0.3	0.7	0.2
26	1.0	0.9	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.2	0.4	0.9	0.2
27	1.0	0.7	1.0	0.6	1.0	0.7	1.0	0.9	0.2	0.3	0.9	0.3
28	1.0	0.9	0.9	0.6	1.0	0.9	0.9	0.9	0.3	0.3	0.9	0.3
29	0.8	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.3	1.0	0.2
30	0.8		1.0	0.7	1.0	1.0	0.4	0.9	0.3	0.4	1.0	0.0
31	0.9		1.0		0.9		0.8	0.5		0.5		0.1
Remont NEK 2020.: Remonta u 2020. nije bilo.												

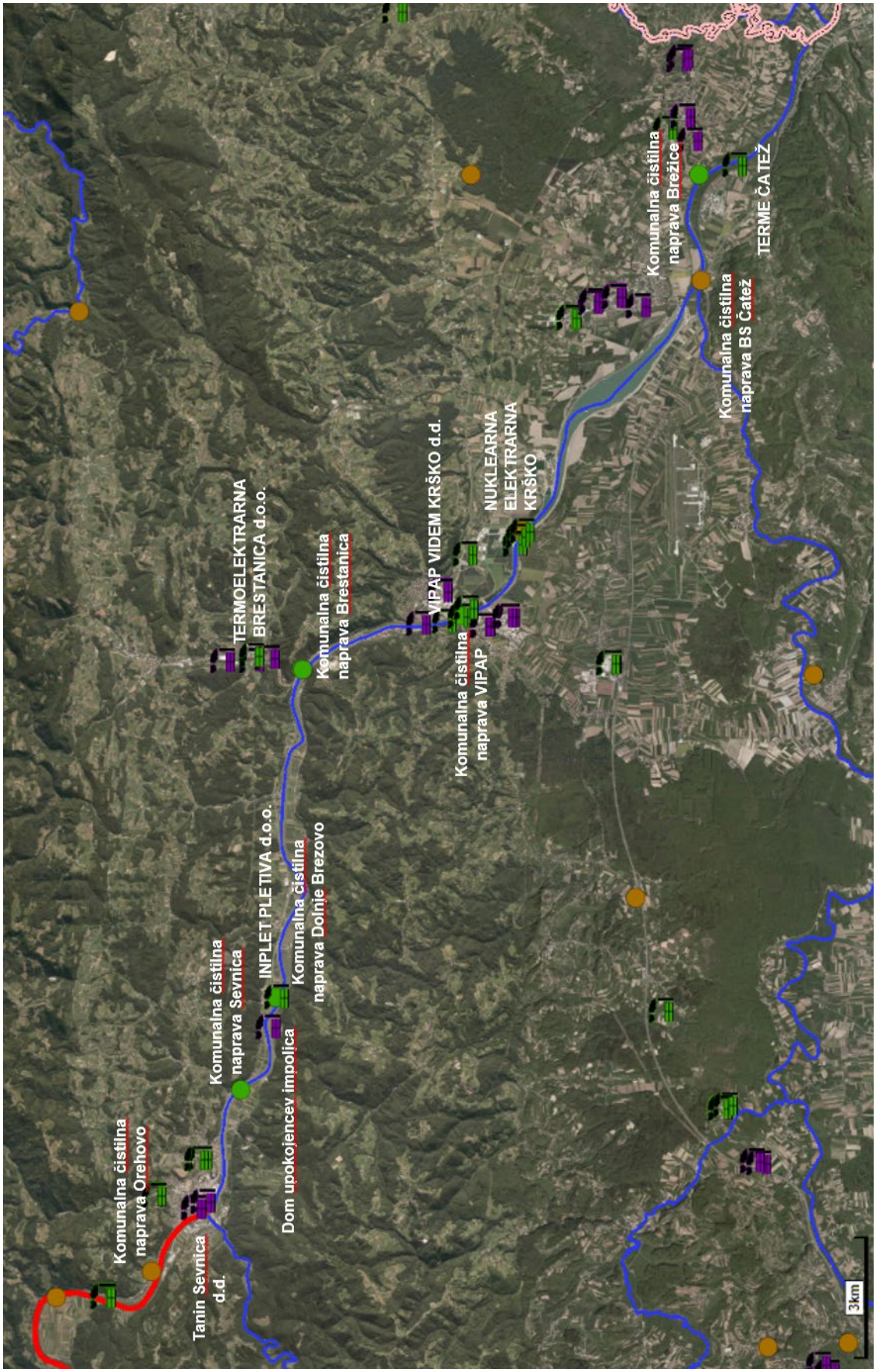
Tablica 72: Godišnji ispusti otpadnih voda u razdoblju od 2015. do 2020.

Ispuštanje otpadnih voda, 1000 m^3/godinu	V1-1	V2, V3, V4, V5, V6	V7-7	V7-10	V7-11	V9
2015.	21.766	105	609.465	20.299	4	10
2016.	22.249	120	598.714	27.726	4	10
2017.	22.007	159	603.397	54.586	4	10
2018.	21.394	146	655.863	30.060	4	10
2019.	21.203	140	654.246	26.496	4	10
2020.	20.835	170	725.562	22.225	4	10

Podaci o količinama ispuštenih otpadnih voda sumirani su prema godišnjim izvještajima o pogonskom monitoringu otpadnih voda NEK-a.

Drugi izvori ispuštanja otpadnih voda u vodno tijelo Sava Krško – Vrbina

Izvori ispuštanja otpadnih voda na širem području NEK-a prikazani su na sljedećoj slici, a godišnje količine otpadnih voda iz ovih izvora u 2019. godini u tablici u nastavku (Tablica 73).



Slika 46: Ispusti u rijeku Savu na širem području NEK-a (izvor: /60/)

Tablica 73: Godišnje količine otpadnih voda u rijeku Savu sa šireg područja NEK-a u 2019. (izvor: /60/)

Ispusti otpadnih voda u Savu	**Količine ispuštanja otpadnih voda, m^3/godini**
Komunalni uređaj za pročišćavanje Orehovo, sekundarni stupanj pročišćavanja	3194 27 PE
Tanin Sevnica d.d.	Rashladna voda za vakuumske pumpe i hladnjake kondenzata: 44.000 (ispust u potok Sevnična)
Komunalni uređaj za pročišćavanje Sevnica, sekundarni stupanj pročišćavanja	970.800 6339 PE
Dom umirovljenika Impoljca, praonica rublja	25.979
INPLET PLETIVA d.o.o.	125.163
Komunalni uređaj za pročišćavanje Dolnje Brezovo, tercijarni stupanj pročišćavanja	158.119 1880 PE
Komunalni uređaj za pročišćavanje Brestanica, sekundarni stupanj pročišćavanja	520.800 2142 PE
TERMOELEKTRARNA BRESTANICA d.o.o.	40 (ispust u Brestaniški potok)
VIPAP VIDEM KRŠKO d.d., proizvodnja papira i kartona	V1 – Kanal KIIT (MMV1): 782.414 V2 – Kanal KVT – uređaj za pročišćavanje (MMV2): 3.856.425
Komunalni uređaj za pročišćavanje VIPAP, tercijarni stupanj pročišćavanja	5.010.585 (180.084 PE)
Komunalni uređaj za pročišćavanje BS Čatež, sekundarni stupanj pročišćavanja	2946 69 PE
Komunalni uređaj za pročišćavanje Brežice, tercijarni stupanj pročišćavanja (ispust: infiltracija)	1.456.389 17562 PE
TERME ČATEŽ	V2 – Bazenske OV – odvod V1-2 (OV iz unutarnjih bazena): 461.900 V1 – Bazenska OV – odvod V1-1 (OV iz vanjskih bazena): 479.100 Otpadne vode iz komunalnog uređaja za pročišćavanje: 198.000

4.4.5 Kvaliteta zraka

4.4.5.1 Kvaliteta vanjskog zraka

Slovenija je, prema Uredbi o kvaliteti vanjskog zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 9/11, 8/15, 66/18), za procjenu kvalitete zraka podijeljena na dva područja i dvije aglomeracije koje su različite za teške metale i druge zagađivače. Za procjenu kvalitete zraka, s obzirom na razine SO_2, NO_2, NO_x, CO, O_3,C_6H_6, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i BaP, dijeli se na kontinentalni (SIC) i priobalni (SIP) dio. Gornja Mežička dolina je zbog svoje specifičnosti isključena iz područja cijele Slovenije za teške metale i tretira se posebno, a ostali su dijelovi Slovenije na području SITK-a (područje teških metala).

Prema Uredbi o kvaliteti vanjskog zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 9/11, 8/15, 66/18), općina Krško klasificira se u:

- kontinentalno područje (SIC) s obzirom na sumporov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, PM_{10} i $PM_{2,5}$ čestice, benzen, ugljični monoksid i benzo(a)piren.
- područje teških metala (SITK) s obzirom na olovo, arsen, kadmij i nikal.

Pojedina zona, potpodručje ili aglomeracija svrstava se u I. ili II. stupanj onečišćenja zraka:

- I. stupanj onečišćenja zraka utvrđuje se ako razina onečišćujuće tvari prelazi graničnu ili ciljane vrijednosti ili ako postoji rizik da će razina onečišćujuće tvari premašiti alarmantnu vrijednost;
- II. stupanj onečišćenja zraka utvrđuje se ako razina onečišćujuće tvari ne prelazi graničnu ili ciljanu vrijednost.

Odredbom o klasifikaciji područja, aglomeracija i potpodručja s obzirom na onečišćenje vanjskog zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 38/17, 3/20, 152/20) određuju se za područje SIC i SITK stupnjevi onečišćenja zraka i klasifikacija prema donjem i gornjem pragu procjene, kao što je prikazano u tablicama u nastavku.

Tablica 74: Stupanj onečišćenja zraka u potpodručjima SIC i SITK prema graničnim vrijednostima

Oznaka	SO_2	NO_2	NO_x	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Olovo	CO	Benzen
SIC	II	II	II	/	II	/	II	II
SIC osim SIC_CE, SIC_MS, SIC_ZS	/	/	/	II	/	/	/	/
SITK	/	/	/	/	/	II	/	/

Legenda: II = ispod granične vrijednosti, / = nije relevantno

Tablica 75: Stupanj onečišćenja zraka u potpodručjima SIC i SITK prema ciljanim vrijednostima

Oznaka	Ozon	Arsen	Kadmij	Nikal	Benzo(a)piren
SIC	I	/	/	/	II
SIC osim SIC_CE, SIC_MS, SIC_ZS	/	/	/	/	/
SITK	/	II	II	II	/

Legenda: I = iznad granične vrijednosti, II = ispod granične vrijednosti, / = nije relevantno

Tablica 76: Razine onečišćujućih tvari u vanjskom zraku u području SIC-a s obzirom na donji i gornji prag procjene

Oznaka	SO_2	NO_2	NO_x	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Olovo	CO	Benzen	Arsen	Kadmij	Nikal	Benzo(a)piren
SIC	1	2	2	3	3	/	1	1	/	/	/	3
SITK	/	/	/	/	/	1	/	/	1	2	1	/

Legenda:

1 = ispod donjeg praga procjene, 2 = između donjeg i gornjeg praga procjene, 3 = iznad gornjeg praga procjene, / = nije relevantno

4.4.5.2 Postojeće emisije iz industrijskih izvora

U sljedećoj tablici prikazani su podaci iz službene evidencije Agencije za okoliš Republike Slovenije o godišnjim količinama ispuštenih tvari u zrak iz ispusta uređaja i procjene raspršenih emisija u 2019. godini nositelja predmetnog zahvata i drugih uređaja u neposrednoj blizini – unutar radijusa od oko 2000 m od predmetne lokacije, koji su obveznici monitoringa emisija tvari u zrak iz stacionarnih izvora onečišćenja. /55/

Tablica 77: Godišnje količine tvari ispuštenih u zrak iz ispusta uređaja i procjena raspršenih emisija u 2019. godini – obveznici monitoringa emisija u neposrednoj okolici (izvor: ARSO /55/)

Obveznik	Onečišćivač	Ispuštanje tvari iz ispusta (kg)	Procjena raspršene emisije (kg)
AVTOLINE KRŠKO trgovina in servis d.o.o.	ukupne praškaste tvari	5,86	0
CGP d.d. – Asfaltna baza Drnovo	ZBROJ kancerogenih tvari III. grupa	134,40	0
	dušikovi oksidi (NO i NO2), izraženi kao NO2	138,43	0
	ukupne praškaste tvari	307,20	0
	ugljični monoksid (CO)	2044,51	0
DS SMITH SLOVENIJA D.O.O.	ukupne praškaste tvari	11,10	0
FARME IHAN – KPM d.o.o. – Krško	amonijak (NH3)		7778
	metan (CH4)		11162
KEMOKOVINA KRŠKO D.O.O.	ukupne praškaste tvari	15,35	5
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)	99,67	0
Kostak d.d.	metan (CH4)		104500
	ugljični dioksid (CO2)		396800
Kostak d.d. Spodnji Stari Grad	ukupne praškaste tvari	82,99	10
	amonijak (NH3)	823,54	99
	metan (CH4)	5602,40	673
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)	8736,00	1048
Krka d.d. Pogon Krško	poliklorirani dibenzodioksini (PCDD) i poliklorirani dibenzofurani (PCDF)	0,00006451	0
	metil-klorid (CH2Cl)	19,35	0
	ukupne praškaste tvari	20,97	0
	ugljični monoksid (CO)	322,56	0
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)	491,90	444
	dušikovi oksidi (NO i NO2), izraženi kao NO2	1.056,38	0
METALNA SENOVO, D.O.O.	ukupne praškaste tvari	125,40	50
RESISTEC UPR. d.o.o. & Co.k.d.	ukupne praškaste tvari	12,96	0
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)	1163,36	0
Šumi bonboni d.o.o. PE Krško	ukupne praškaste tvari	43,58	0
TERMOELEKTRANA BRESTANICA	sumporni oksidi (SO_2 i SO_3), izraženi kao SO_2	177,00	0
	ukupne praškaste tvari	376,26	0
	ugljični monoksid (CO)	509,05	0
	dušikovi oksidi (NO i NO2), izraženi kao NO2	12.281,85	0
	dim		0
VIPAP VIDEM KRŠKO, Proizvodnja papirja in vlaknin d.d.	poliklorirani dibenzodioksini (PCDD) i poliklorirani dibenzofurani (PCDF)	0,00000189	0
	ZBROJ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	2,17	0
	ZBROJ kancerogenih tvari I. skupina opasnosti	4,10	0
	ZBROJ praškaste anorganske tvari III.	6,07	0
	ZBROJ praškaste anorganske tvari II.	21,08	0
	ZBROJ praškaste anorganske tvari I. i II.	21,87	0
	ZBROJ praškaste anorganske tvari I., II. i III.	27,94	0

Obveznik	Onečišćivač	Ispuštanje tvari iz ispusta (kg)	Procjena raspršene emisije (kg)
	anorganski spojevi klora, ako nisu navedeni u I. skupini opasnosti, izraženi kao HCl	120,00	0
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)	563,08	0
	ukupne praškaste tvari	14.545,70	138
	sumporni oksidi (SO_2 i SO_3), izraženi kao SO_2	62.774,00	0
	ugljični monoksid (CO)	75.677,00	0
	dušikovi oksidi (NO i NO2), izraženi kao NO2	261.213,00	0
	fluor i njegovi spojevi, izraženi kao HF		0
	talij i njegovi spojevi, izraženi kao Tl		0
	ZBROJ Cd, Tl		0
	živa i njezini spojevi, izraženi kao Hg		0
Willy Stadler d.o.o.	ukupne praškaste tvari	15,68	0
	organski spojevi izraženi kao ukupni organski ugljik (TOC)		6213

Tablica 78: Ukupno ispuštanje tvari iz industrijskih izvora na području općine Krško, kg/god., prijavljeno ARSO-u za 2019. godinu

	SO_2	NOx	CO	TOC	NH_3	TSP (ukupne praškaste tvari)
Emisija iz ispusta	62.951,0	274.689,7	78.553,1	11.054,0	823,5	15.563,0
Procjena difuzne emisije	0	0	0	7705,0	7877,0	203,0
Ukupno	62.951,0	274.689,7	78.553,1	18.759,0	8.700,5	15.766,0

4.4.5.3 Postojeće emisije iz prometa

Promet na javnim cestama također je izvor emisije tvari u zrak. NEK se nalazi na lijevoj obali Save u industrijskoj zoni Krško. Lokalna cesta vodi do NEK-a krškom obilaznicom i povezuje regionalnu cestu R1 Krško – Spodnja Pohanca. NEK ima i industrijski kolosijek koji ga povezuje sa željezničkom postajom u Krškom. Glavna željeznička pruga Ljubljana – Zagreb – d. m. prolazi sjeverno od NEK-a, željeznička postaja Krško je otprilike 2500 m sjeverozapadno i dostupna je putem R1, dionica 220.

Podaci o prometnom opterećenju regionalne ceste u okolici NEK-a prikazani su u sljedećim tablicama (Tablica 79 i Tablica 80) u kojima je naveden pregled prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) za razdoblje 2015. – 2018. i pregled PLDP-a u 2018. godini prema vrsti vozila za promatranu prometnu dionicu.

Tablica 79: Prosječni godišnji dnevni promet (PLDP) na regionalnim cestama u razdoblju 2015. – 2018. (izvor:/123/)

Kat. ceste	Broj ceste	Broj dionice	Prometna dionica	Mjesto brojanja	Sva vozila (PLDP)			
					2015.	2016.	2017.	2018.
R1	220	1334	Krško-Spodnja Pohanca	367 Dolenja Vas	5859	5904	5810	6026

Tablica 80: Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na regionalnim cestama u blizini mjesta intervencije prema vrsti vozila u 2018. (izvor:/123/)

Kat. i br. ceste prometna dionica	Sva vozila (PLDP)	Motori	Os. vozila	Autobusi	Lak. ter. < 3,5 t	Sr. ter. 3,5 – 7 t	Teš. ter. > 7 t	Ter. s prik.	Tegljači
R1 220 1334 Krško-Spodnja Pohanca	6026	44	5398	43	334	58	61	25	63

Tablica (*Tablica 80*) pokazuje da je udio srednje teških i teških teretnih vozila u ukupnom prometu na regionalnim cestama u blizini NEK-a relativno mali, a najveći dio prometa čini promet osobnih automobila, za koji je dana procjena emisije onečišćujućih tvari u zrak.

Ukupne godišnje emisije iz prometa osobnih automobila na R1, 220, 1334, prometnoj dionici Krško – Brežice, izračunate kao prosječna vrijednost, uz korištenje faktora emisije i podataka o ukupnom broju osobnih automobila u 2018. godini, te podataka o prometnom opterećenju i dužini regionalnih cesta na visini od 12.715 m prikazane su u tablici (Tablica 81). Faktori emisije temelje se na modelu COPERT 5 prijavljenih nacionalnih emisija za osobna vozila u 2018. i na pretpostavci strukture vozila /190/. Procjene emisija osobnih automobila uključuju emisije od izgaranja goriva, emisije od isparavanja benzina iz vozila na benzin, emisije zbog istrošenosti guma i kočnica te emisije od istrošenosti ceste.

Tablica 81: Emisija tvari SO_2, NOx, NMVOC, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz cestovnog prometa, osobna vozila u 2018. godini, kg/godini

Izvor	SO_2	NOx	CO	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NMVOC
Promet osobnih vozila na R1, 220, 1334 Krško-Brežice	24,09	11.177,04	15.391,55	1858,82	1031,29	2643,91
Emisijski faktori, kg/vozilu	0,0045	2,0706	2,8515	0,3444	0,1911	0,4898

4.4.5.4 Emisija iz proizvodnje električne i toplinske energije u Sloveniji

U 2018. godini u pogonu su bile dvije termoelektrane, Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ) i Termoelektrarna Ljubljana (TE-TOL), pri čemu je TE-TOL za proizvodnju električne i toplinske energije radio isključivo uvozni ugljen visoke neto kalorične vrijednosti i niskog udjela sumpora, a TEŠ koristi lignit iz domaćeg ugljenokopa uz samu termoelektranu. Uz spomenute termoelektrane postoji i manja elektrana Brestanica – TEB, koja koristi prirodni plin i djeluje uglavnom kao pomoćna elektrana kada je potrebno više električne energije ili kada se obnavlja druga elektrana.

Ukupna emisija SO_2, NOx, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ 2018. godini iz sektora Proizvodnje električne i toplinske energije iz /190/ prikazana je u tablici (Tablica 82).

Tablica 82: Emisija onečišćujućih tvari SO_2, NO_x, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz sektora Proizvodnja električne i toplinske energije u 2019. godini, kt/godini

Izvor	SO_2	NOx	CO	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NMVOC
Proizvodnja električne i toplinske energije	1,59	3,52	1,32	0,32	0,28	0,15

Prema uočenim emisijama tvari, možemo zaključiti da je Sektor proizvodnje električne i toplinske energije ključni izvor emisija SO_2, NOx, PM_{10} i $PM_{2,5}$ u Republici Sloveniji za 2019. godinu.

4.4.5.5 Nacionalna emisija

Ukupne nacionalne emisije SO_2, NOx, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC u 2019. godini prikazane su u tablici (Tablica 83) zajedno s udjelom zahvata, odnosno izračunatih emisija tijekom rada elektrane i emisija tijekom izgradnje suhog skladišta istrošenog goriva.

Tablica 83: Nacionalna emisija tvari SO_2, NOx, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC, kt/godini i udio svih promatranih izvora u ukupnoj nacionalnoj emisiji u 2019. godini

Izvor	SO_2	NOx	CO	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NMVOC
Nacionalna emisija	4,3	29,2	96,6	13,1	10,6	31,20
Udio sektora Proizvodnja električne i toplinske energije u nacionalnim emisijama	36,9 %	12,0 %	1,4 %	2,4 %	2,6 %	0,5 %
Udio prometa osobnih vozila na R1, 220, 1334 Krško-Brežice	0,0005 %	0,04 %	0,02 %	0,014 %	0,010 %	0,008 %
Udio ukupnih industrijskih emisija u nacionalnim emisijama	1,7 %	1,0 %	0,1 %	-	-	0,1 %
Udio zahvata u nacionalnoj emisiji	0,009 %	0,002 %	0,0001 %	0,0002 %	0,0001 %	0,00002 %

4.4.5.6 Postojeće emisije iz NEK-a – neradioaktivne tvari

Emisije tvari koje utječu na kvalitetu zraka vrlo su niske i nastaju zbog izgaranja fosilnih goriva na području zahvata.

Emisija SO_2, NOx, CO, PM_{10} , $PM_{2,5}$ i NMVOC nastaje iz sljedećih izvora:

- Dizelski generatori za hitno napajanje (DG1 i DG2 po 3500 kW i DG3 4000 kW). Uključuju se samo kada elektrana ostane bez vlastitog napajanja i kada nije moguće osigurati vanjsko napajanje. Ispitivanja radne spremnosti dizelskih generatora provode se svakih 18 mjeseci tijekom remonta. Od 2014. do 2019. godine prosječna potrošnja dizelskog goriva iznosila je 72,8 t/god.
- Pomoćna kotlovnica (dva kotla ukupne snage 16.321 kW, svaki s dimnjakom visine oko 40 m), koja radi tijekom remonta i povremeno daje pomoćnu paru prilikom pokretanja elektrane za održavanje toplog stanja turbine i drugih sustava. Od 2014. do 2019. godine prosječna potrošnja dizelskog goriva iznosila je 125,6 t/god.
- Domaći teretni prijevoz u tvornici. NEK ima desetak vozila za interni transport i njihove emisije su gotovo zanemarive.
- Promet osobnih vozila na parkiralištu. Emisija potječe od vozila na kratkoj dionici prilazne ceste i tijekom parkiranja (sjeverna glavna prilazna cesta i sjeverno parkiralište). To je vrlo niska emisija, deset puta manja od emisije iz stacionarnih izvora (dizelski generatori i pomoćna kotlovnica), pa nije kvantificirana.

Dizelski motori DG1, DG2 i DG3 i kotlovnica, prema Uredbi o emisiji tvari u zrak iz srednjih uređaja za loženje, plinskih turbina i stacionarnih motora (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/18, 59/18), nisu vezani graničnim vrijednostima emisije i nisu obvezni mjeriti emisije jer rade manje od 300 sati godišnje, a namjena im je da služe kao rezervni izvor. U posljednjih pet godina kotao je bio u pogonu 778 sati, u prosjeku 155,6 sati godišnje.

Tablica (Tablica 84) prikazuje prosječne vrijednosti ukupnih godišnjih emisija, uzimajući u obzir faktore emisije i podatke o gorivima iz /190/.

Tablica 84: Emisija tvari SO_2, NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$ i NMVOC iz NEK-a, kg/god.

Izvor	SO_2	NOx	CO	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NMVOC
Dizelski generatori	145,6	198,2	49,4	9,8	2,4	2,4
Pomoćna kotlovnica	251,1	341,7	85,2	16,8	4,2	4,2
Ukupno	396,7	539,9	134,6	26,6	6,6	6,6

4.4.6 Ionizirajuće zračenje (radioaktivno zračenje)

U nastavku navodimo utjecaje ionizirajućeg zračenja na sve čimbenike okoliša. Rezultati monitoringa sažeti su prema dokumentu „Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a", Izvještaj za 2020. godinu /87/.

4.4.6.1 Postojeće emisije tvari u zrak iz NEK-a – radioaktivne tvari

Podaci o postojećim emisijama radioaktivnih tvari u zrak sažeti su prema godišnjem izvještaju o radioaktivnim emisijama iz NEK-a koje je izradio NEK za 2020. godinu /88/ i prema dokumentu „Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a", Izvještaj za 2020. godinu /87/.

Uzorkovanje emisije izvršeno je na glavnom ventilacijskom kanalu NEK-a gdje se uzimaju uzorci za mjerenje joda, tricija (H-3), ugljika (C-14), aerosola (filtri aerosola u monitoru RM-24) i mjerenja plemenitih plinova.

Doza zbog ukupne godišnje aktivnosti emisije plemenitih plinova za 2020. godinu iznosi oko 0,076 % od propisanog godišnjeg ograničenja što je približno jednako podacima iz 2019. godine. Čak i ako pogledamo 2018., 2017., kao i ostale godine, udjeli emisija plemenitih plinova manji su od 0,1 % godišnjeg ograničenja.

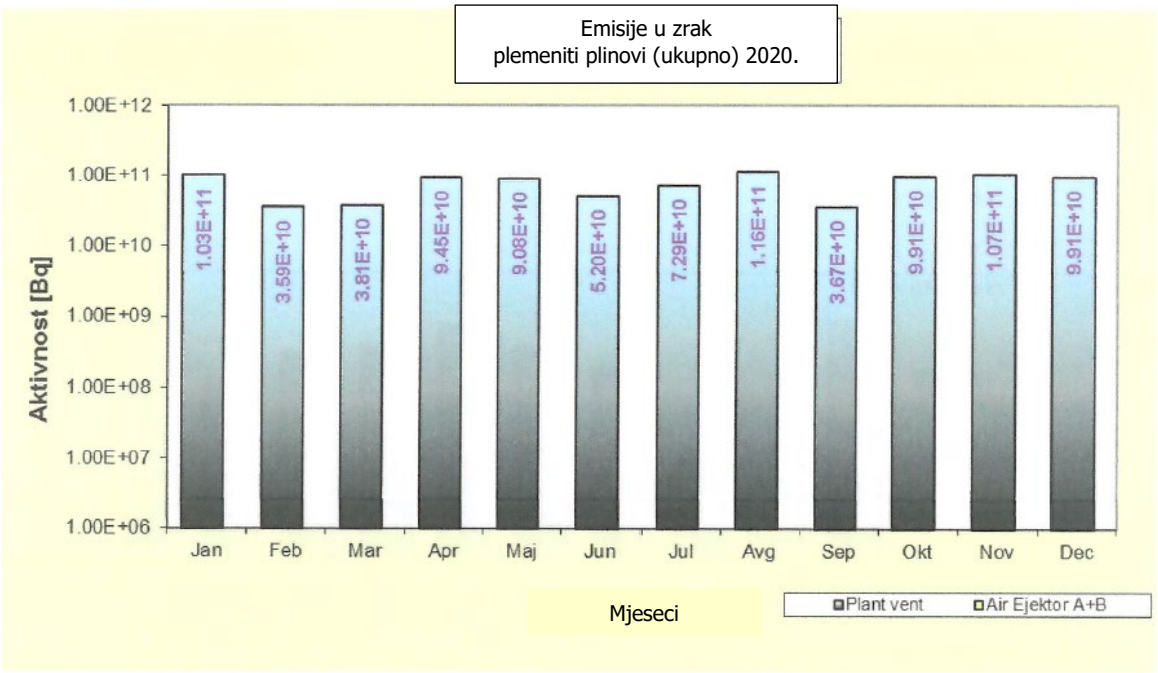
Izotopi radioaktivnog joda nisu izmjereni i detektirani, što je jedan od pokazatelja primjerenog integriteta nuklearnog goriva.

Radioaktivni izotopi kobalta i cezija, koji se javljaju u obliku čestica prašine u zraku, navedeni su u granicama detekcije.

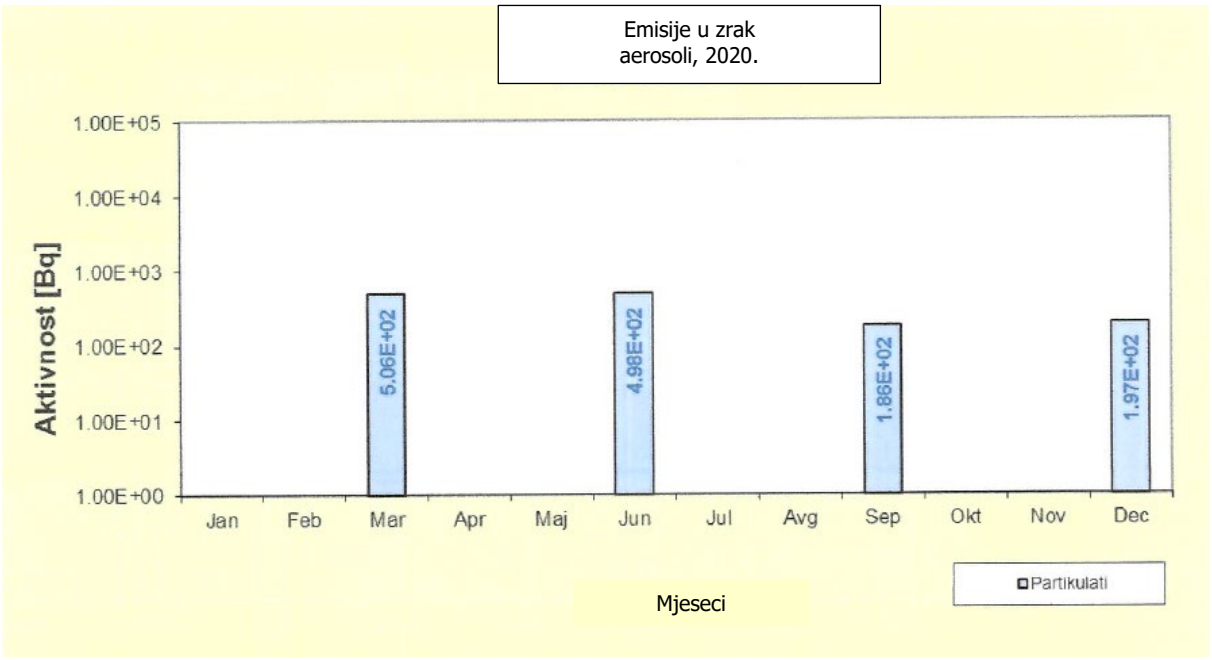
Tablica i slike u nastavku prikazuju detaljnije informacije.

Tablica 85: Podaci o radioaktivnosti u ispuštanjima u zrak za 2020. godinu

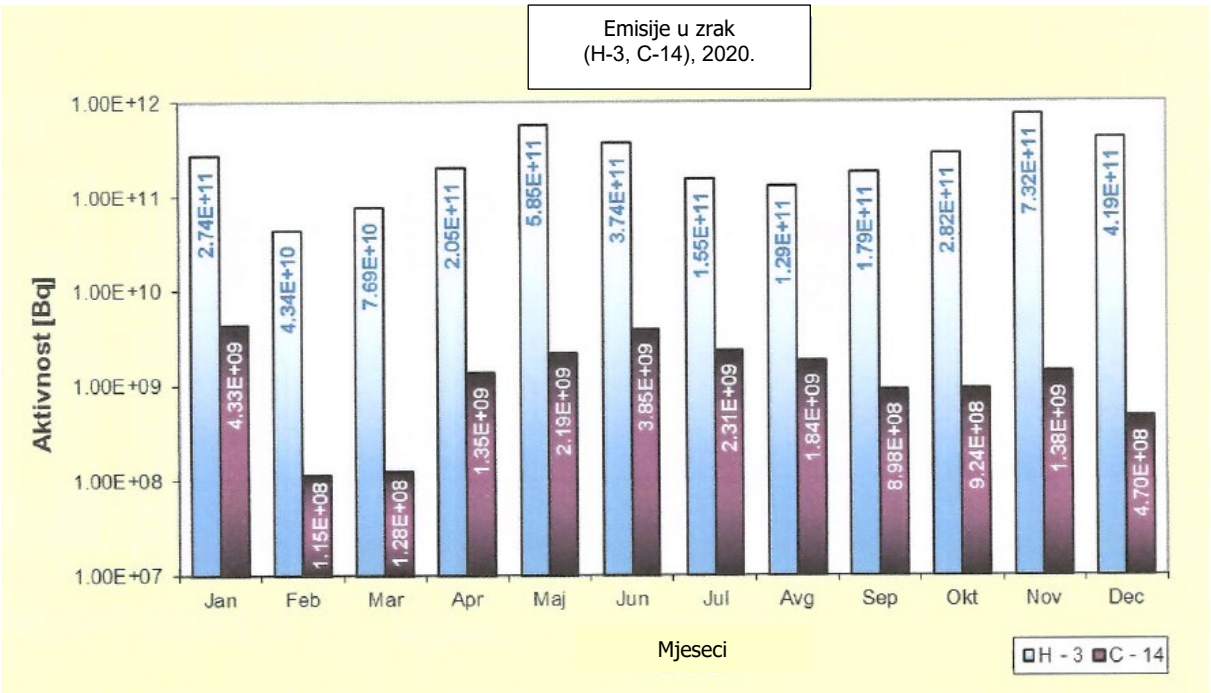
Radioaktivne tvari	godišnje ograničenje	Ispuštena aktivnost	Postotak ograničenja
fisijski i aktivacijski plinovi (ukupno)	doza < 50µSv	0,945 TBq	7,6 E-02
jod (I-131 i ostali)	18,5 GBq (ekvivalent I-131)	0	0
čestice prašine (kobalt, cezij...)	18,5 GBq	1,39 kBq	7,5 E-06
tricij (H-3)	-	3,45 TBq	-
ugljik (C-14)	-	19,8 GBq	-



Slika 47: Mjesečne aktivnosti *plemenitih plinova u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/*)



Slika 48: Mjesečne aktivnosti čestica (aerosola) u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/)



Slika 49: Mjesečne aktivnosti C-14 i H-3 u ispuštanjima u zrak 2020. (izvor: /88/)

Godišnja aktivnost C-14 u emisijama u zrak iz NEK-a je u godinama kada je u remontu nekoliko puta veća nego u godinama kada nema remonta. U 2019. godini, kada je bio remont, godišnja aktivnost C-14 u emisiji u zrak iznosila je 74,7 GBq, a 2020., kada nije bilo remonta, 19,8 GBq. Iako se to na prvi pogled može činiti kao velika razlika, to znači samo mali doprinos dozi i gotovo beznačajnu razliku u ukupnom doprinosu doznom opterećenju referentne populacije.

Uzeti su u obzir svi tehnički normativi za rad elektrane, tako da trenutačna koncentracija radioaktivnih izotopa u zraku ili jačina doze na udaljenosti od 500 metara od reaktora nije prelazila propisanu vrijednost.

Plinovite emisije

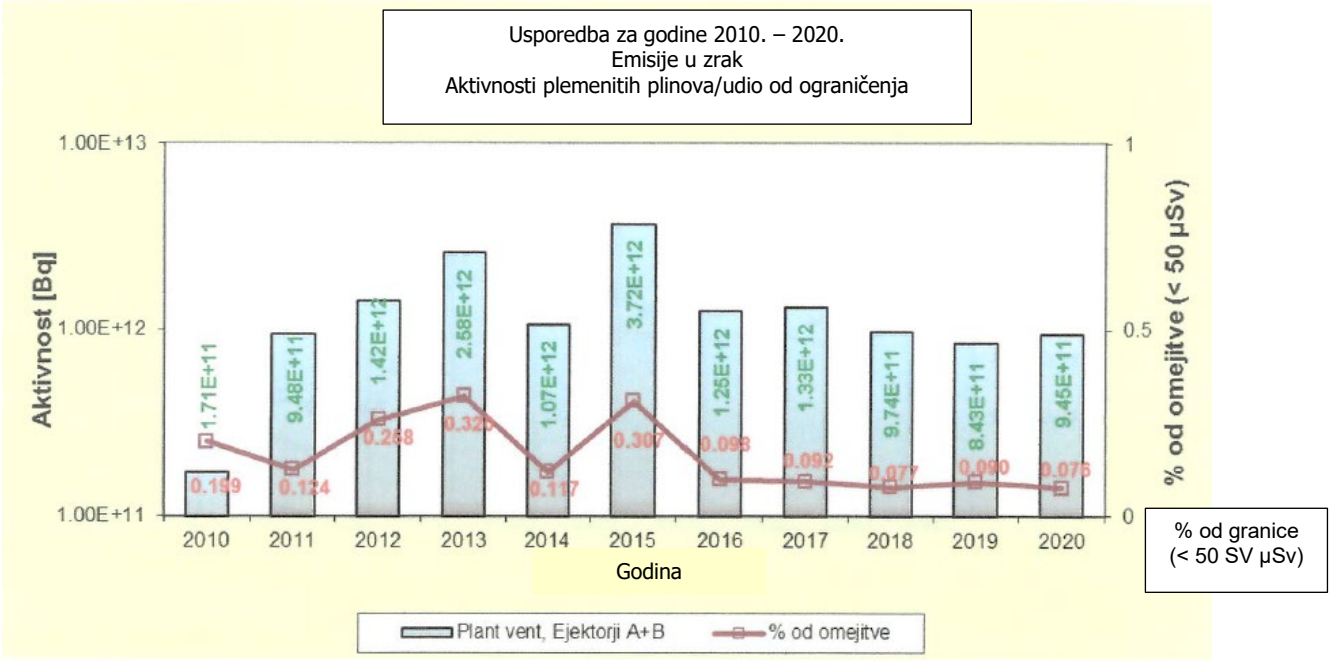
Aktivnost plemenitih plinova u efluentima plinova u 2020. godini bila je usporediva s onom iz prethodne godine, kao i ukupna aktivnost ekvivalenta I-131. Oba podatka potvrđuju ispravan integritet nuklearnog goriva.
Ispuštanje zraka iz ejektora na sekundarnoj strani ne sadržava plemenite plinove u mjerljivim količinama, što znači da isparivači ne propuštaju s primarne na sekundarnu stranu.

Godišnja emitirana aktivnost čestica prašine – aerosola bila je izrazito niska, ukupna aktivnost iznosila je 1,39 kBq ili oko 8 milijuna posto godišnje granice, što je praktički nemjerljivo. Jedini doprinos ovoj aktivnosti je radionuklid Sr-90, koji je na IJS-u utvrđen u glavnim ispušnim filtrima NEK-a.

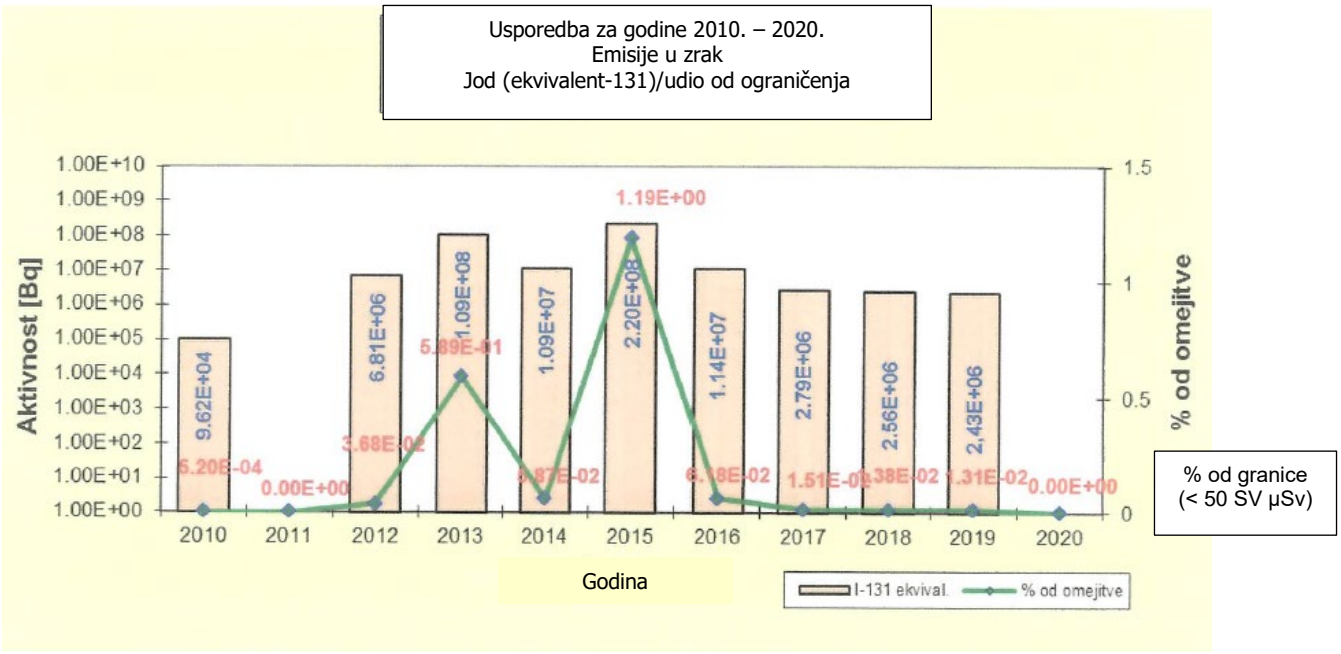
Ukupna godišnja ispuštanja H-3 i C-14 u zrak bila su usporediva s vrijednostima proteklih godina. Izmjerene aktivnosti bile su očekivane.

Aktivnost alfa-emitera u plinovitim emisijama nije otkrivena ili je bila ispod granice detekcije od 0,001 Bq/m^3 za glavni ventilacijski kanal.

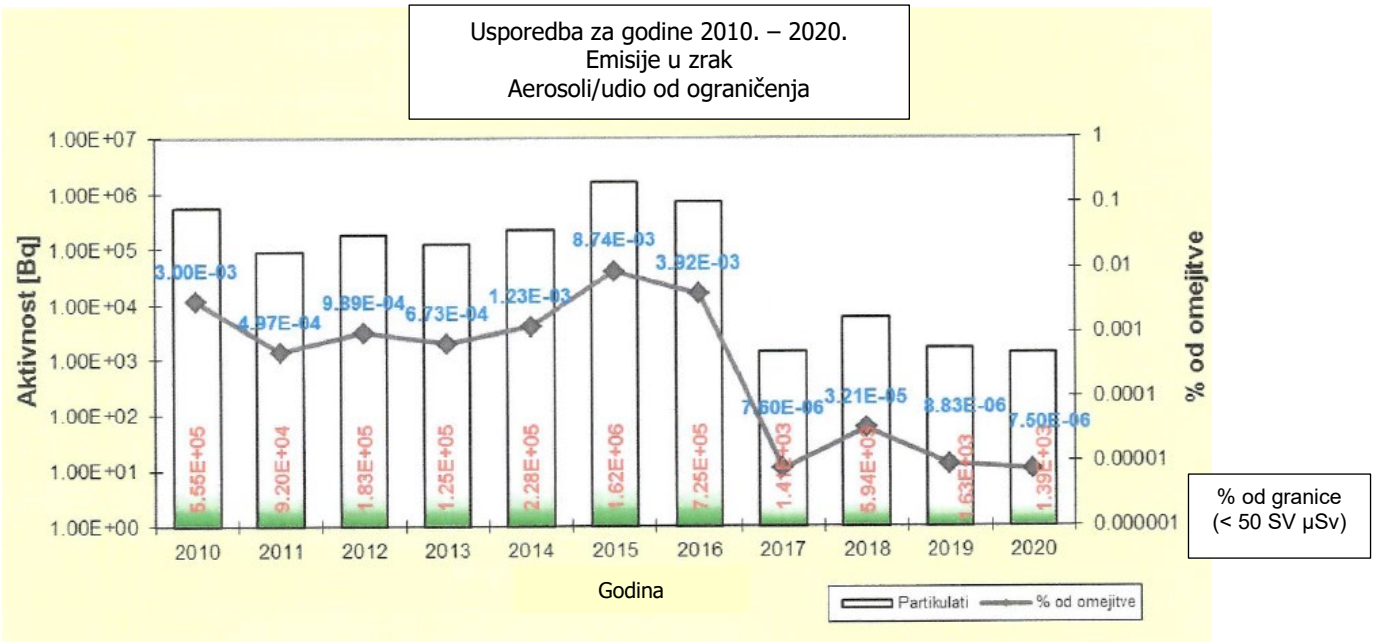
Usporedba tijekom godina prikazana je na slikama u nastavku.



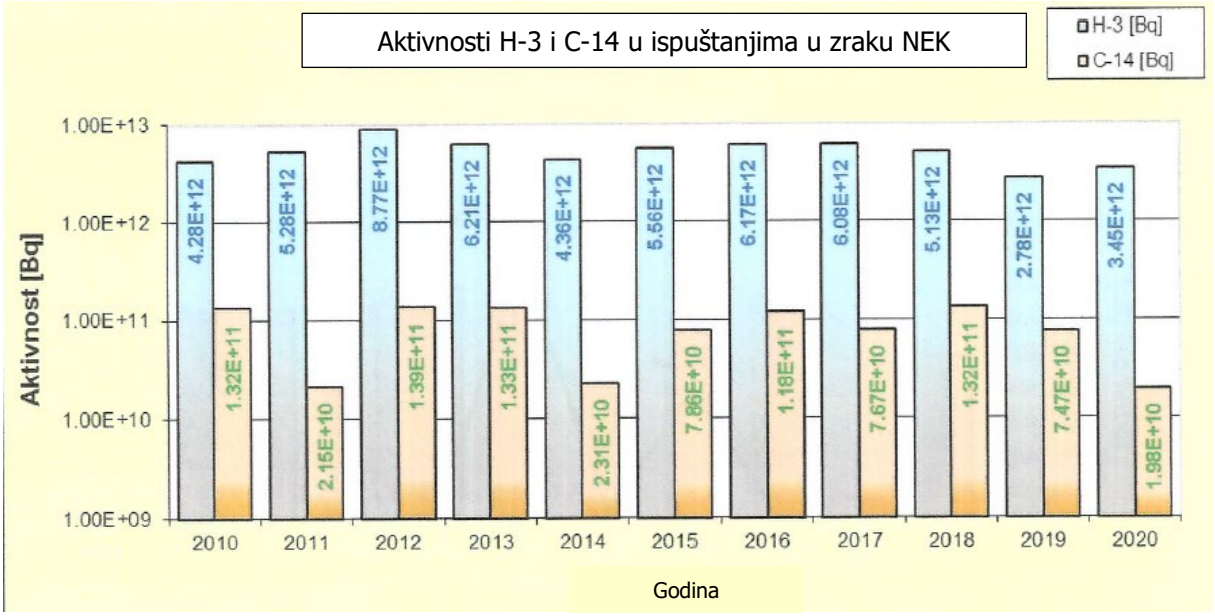
Slika 50: Godišnja usporedba aktivnosti plemenitih plinova u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/)



Slika 51: Godišnja usporedba aktivnosti I-131 u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/)



Slika 52: Godišnja usporedba aktivnosti čestica (aerosola) u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/)



Slika 53: Godišnja usporedba aktivnosti C-14 i H-3 u ispuštanjima u zrak (izvor: /88/)

Emisije radioaktivnih tvari u zrak kontroliraju se i mjerenjima u blizini NEK-a, koja prate širenje radioaktivnih ispuštanja u zrak u okolici.

U nastavku je naveden sažetak rezultata monitoringa za 2020. godinu prema dokumentu: „Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a", Izvještaj za 2020. godinu /87/. Radioaktivnost u zraku prati se na sljedećim lokacijama:

a) aerosol se uzorkuje kontinuiranim pumpanjem zraka kroz aerosolne filtre, koji se mijenjaju svakih 15 dana; pumpe su postavljene na osam lokacija u blizini NEK-a (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara Vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna i referentna lokacija

Dobova) i na kontrolnoj lokaciji u Ljubljani (monitoring radioaktivnosti u okolišu u Republici Sloveniji);
b) jod I-131 se uzorkuje posebnim pumpama i filtrima, na istim lokacijama gdje se uzorkuje i aerosol (osim u Dobovi);
c) uzorkovanje za specifično mjerenje Sr-90/Sr-89 obavlja se posebnom pumpom samo u Dobovi;
d) emisije se mjere na glavnom ventilu NEK-a, uzimanjem uzoraka za mjerenje joda, tricija (H-3), ugljika (C-14), aerosola i mjere se plemeniti plinovi;
e) uzorci ugljika iz zraka C-14 u CO_2 prikupljali su se kontinuirano na dva mjesta na ogradi NEK-a. Kontrolna mjerenja obavljena su u Zagrebu, u Republici Hrvatskoj.

Mjerenja filtara za aerosole i specijalnih filtara za I-131 provode se gama-spektrometrijom visoke razlučivosti, a specifična mjerenja Sr-90/Sr-89 beta-scintilacijskim spektrometrom. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti. Mjerenje specifične aktivnosti C-14 u atmosferskom CO_2 provodi se s pomoću tekućeg scintilacijskog brojača, pri čemu iz CO_2 stvara benzen.

Rezultati 2020.

U emisijama u zrak iz NEK-a (4,5 TBq) najviše je tricija H-3 (3,5 TBq) i C-14 (0,02 TBq). Njegovu prisutnost u okolišu procjenjujemo s pomoću modela raspodjele materijala u zraku na temelju mjerenja na izvorištu, a C-14 se mjeri i na dvije lokacije unutar ograde NEK-a.

Tijekom rada u ispušnim plinovima NEK-a 2020. godine otkrivene su emisije Co-60, Te-125, Te-127m, Cs-137 i Sr-90, ali ti radionuklidi, s iznimkom posljednja dva, nisu detektirani ni u jednom od sedam mjernih mjesta u okolici NEK-a i u Ljubljani. Izračunate koncentracije aktivnosti Cs-137 i Sr-90 su najmanje tri reda veličine niže od izmjerenih vrijednosti na postajama za uzorkovanje. Cs-137 i Sr-90 uglavnom nastaju zbog opće kontaminacije u okolišu.

Prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijama u okolici NEK-a u 2020. godini bile su niže od dugoročnih prosjeka i niže nego drugdje u Sloveniji. Pretpostavljamo da je prisutnost Cs-137 u zraku posljedica upotrebe krutih goriva (ogrjevno drvo, briketi, peleti), a manje resuspenzije čestica prašine iz tla.

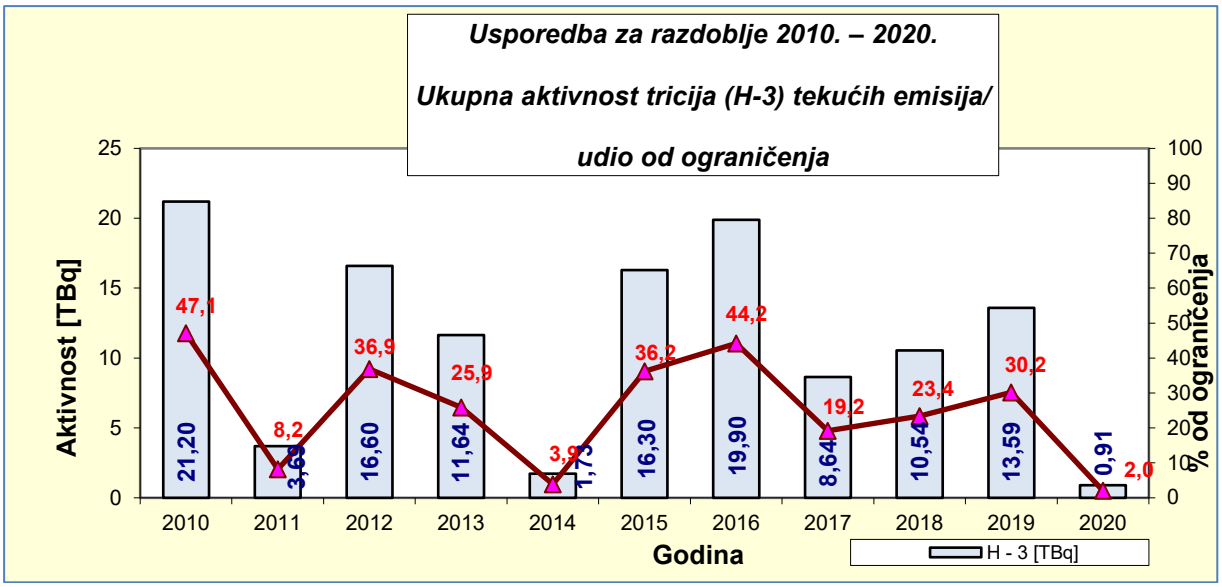
Stroncij Sr-90 u okolišu mjeri se samo u Dobovi, i to samo u kvartalnim kompozitnim uzorcima. Prosječna koncentracija aktivnosti u 2020. iznosila je 0,07 μBq/m^3, ali su sva mjerenja bila ispod granice detekcije. Višegodišnja prosječna koncentracija aktivnosti za Sr-90 je manja od 0,7 μBq/m^3. Radionuklid Sr-89 nije detektiran u emisijama u zrak NEK-a 2020. godine.

Radionuklid I-131 u 2020. godini nije detektiran ni na jednom od sedam mjernih mjesta u blizini NEK-a na kojima su postavljene kombinirane pumpe (aerosolni filtri, ugljični filtri). Ni jače aerosolne pumpe na lokacijama u Dobovi (kontrola radioaktivnosti okoliša u blizini NEK-a) i Ljubljani (kontrola radioaktivnosti okoliša u Republici Sloveniji) nisu pokazivale prisutnost I-131 u zraku.

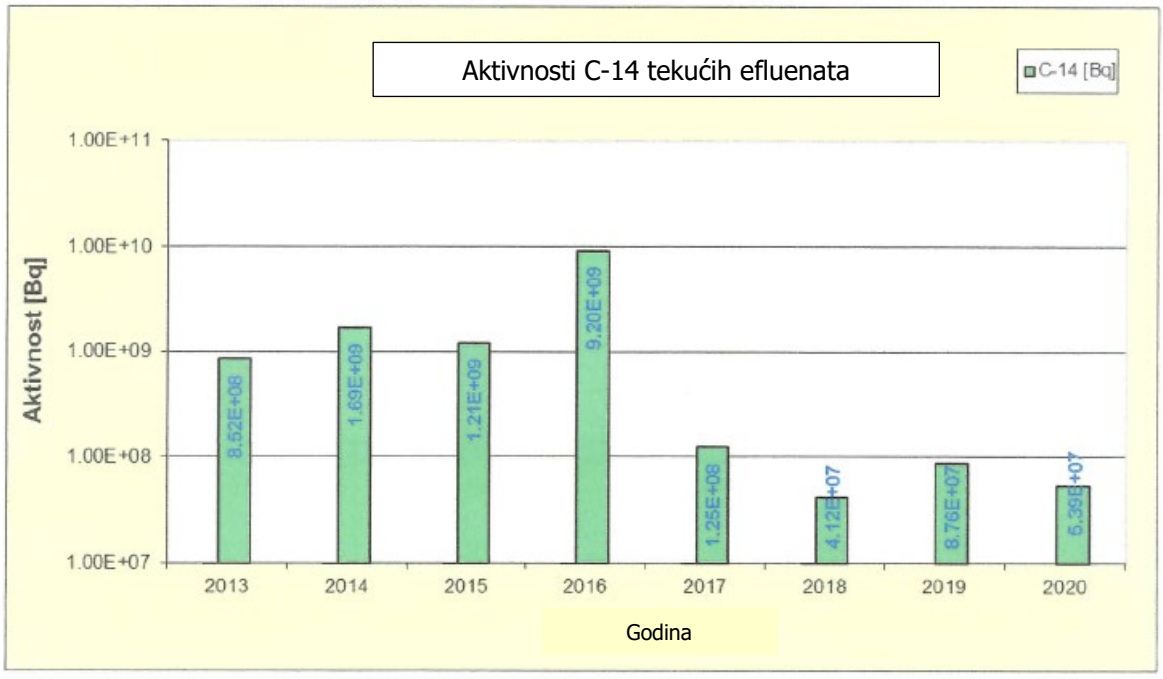
Mjerenja prirodnih radionuklida u aerosolima u uzorcima iz okolice NEK-a pokazuju prisutnost radionuklida koji se mjere u sklopu kontrolnih mjerenja i na drugim mjestima u Sloveniji. Smatra se da se prosječne koncentracije aktivnosti Be-7 i Pb-210 u 2020. godini, unutar nesigurnosti prosjeka, dobro poklapaju na svim mjernim mjestima u okolici NEK-a i Ljubljane. Prosječna koncentracija aktivnosti Be-7 u 2020. godini u okolici NEK-a iznosila je 3,4 mBq/m^3, a Pb-210 0,6 mBq/m^3. U Ljubljani su prosječne koncentracije bile 4,6 i 0,8 mBq/m^3. Za ostale prirodne radionuklide (izotope raspada uranija i torija i K-40) razlike između pojedinih mjernih mjesta u blizini NEK-a bile su malo veće, ali i dalje unutar mjernih nesigurnosti i očekivanih odstupanja, što je posljedica veće resuspenzije na obrađenim poljoprivrednim površinama.

4.4.6.2 Postojeće tekuće emisije – radioaktivne tvari

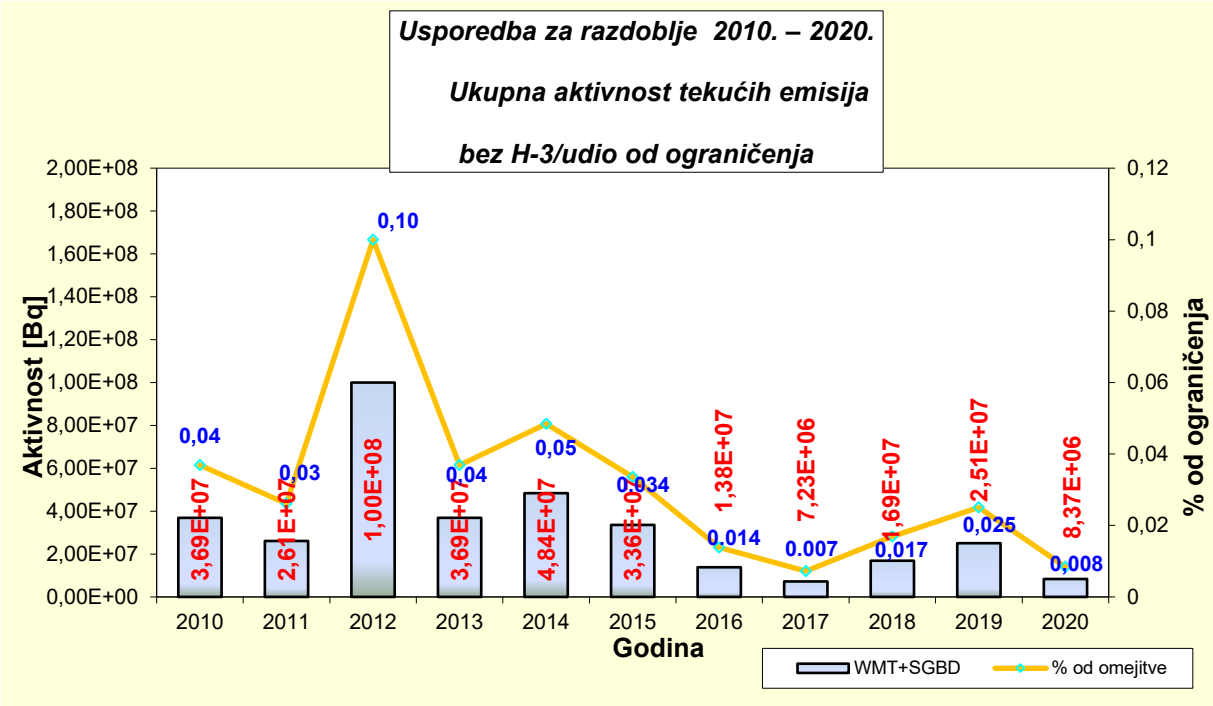
Na slikama u nastavku (Slika 54, Slika 55, Slika 56) godišnje tekuće emisije H-3 i C-14 (Godišnji izvještaj o emisijama iz NEK-a, 2020. godina), a u tablici (Tablica 86) godišnji prosjeci /88/.



Slika 54: Ukupna aktivnost H-3 tekućih emisija (izvor: /88/)



Slika 55: Aktivnost C-14 tekućih emisija (izvor: /88/)



Slika 56: Ukupna aktivnost tekućih emisija bez H-3 (izvor: /88/)

Tablica 86: Prosječne godišnje vrijednosti tekućih emisija radioaktivnosti u razdoblju 2010. – 2020. za H-3 i 2013. – 2019. za C-14.

	Prosječna godišnja vrijednost	Udio godišnjeg ograničenja
Ukupna aktivnost H-3	11,3 TBq	0,25
Ukupna aktivnost C-14	1,7 GBq	n.a.
Ukupna aktivnost bez H-3	33 MBq	0,033

4.4.6.3 Mjerenja radioaktivnosti u vodovodima i crpilištima

NEK u sklopu kontrole radioaktivnosti u okolici obavlja i mjerenja radioaktivnog zračenja u vodovodima i crpilištima. Rezultati monitoringa sažeti su prema dokumentu „Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a", Izvještaj za 2020. godinu /87/. Uzorkovanje je obavljeno na sljedeći način:

- pojedinačni godišnji uzorci vode iz ljubljanskog vodoopskrbnog sustava (referentna lokacija);
- pojedinačni kvartalni uzorci vode iz vodovoda u Krškom i Brežicama;
- mjesečni složeni uzorci iz crpilišta u Bregama, Rorama, Brežicama te vodovoda Spodnji Stari Gradi i Brežice;
- uzorkovanje podzemnih voda u neposrednoj okolici elektrane (kvartalni jednokratni uzorci iz bušotine E1 unutar ograde NEK-a i mjesečni jednokratni uzorci iz bušotine VOP-4, Vrbina) i na dvije lokacije u Hrvatskoj (bušotine Medsava i Šibice);
- mjesečni uzorci iz bušotina VOP-1/06, V-7/77 i V-12/77.

Mjerenja uzoraka uključuju određivanje koncentracije aktivnosti gama-emitera gama-spektrometrijom visoke razlučivosti (VLG), utvrđivanje koncentracije aktivnosti tricija (H-3) tekućinskom scintilacijskom spektrometrijom i utvrđivanje koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-89 radiokemijskom separacijom i brojenjem na proporcionalnom brojaču. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti.

Rezultati za 2020. godinu

Među umjetnim radionuklidima 2020. godine u pitkoj i podzemnoj vodi izmjereni su ili otkriveni stroncij Sr-90 i cezij Cs-137. Potonji je uglavnom otkriven, ali nije izmjeren jer su vrijednosti bile ispod granice kvantifikacije. Kao i prethodnih godina, jod I-131 u 2020. godini nije otkriven ni u jednom uzorku vode iz vodovoda ili podzemne vode. Međutim, izmjeren je H-3 koji je i prirodnog i umjetnog podrijetla.

Koncentracije aktivnosti tricija u pitkoj vodi u blizini NEK-a istog su reda veličine kao i drugdje u Sloveniji. Vrijednosti tricija u crpilištu Brege ili Spodnji Stari Grad, koje je priključeno na krški vodovod, najviše su u Sloveniji i nedvojbeno su posljedica utjecaja NEK-a, međutim, čak i najviše vrijednosti i dalje dosežu malo manje od 2 % graničnih vrijednosti Direktive o vodi za piće EU-a (100 Bq/l).

U tablici (Tablica 87) su srednje vrijednosti koncentracija H-3 u crpilištima i vodovodima u okolici NEK-a za razdoblje od 2017. do 2020. Ovdje promatramo tri kategorije prema koncentracijama aktivnosti H-3: crpilište Brege i vodovod Spodnji Stari Grad, vodovod Brežice i crpilište Glogov Brod te crpilište Rore. Srednje vrijednosti za crpilište Rore, crpilište i vodovod Brežice u tom razdoblju ne mijenjaju se bitno jer se radi o bušotinama koje nisu izravno izložene atmosferskom triciju. U slučaju crpilišta Rore koncentracija H-3 odgovara prirodnoj koncentraciji u površinskim vodama, a u slučaju Brežica riječ je o vodi u kojoj se većina tricija gotovo razgradila jer voda prodire do dubine bušotine više od 20 godina.

Tablica 87: Srednja vrijednost koncentracija H-3 u crpilištima i vodovodima u okolici NEK-a za razdoblje 2017. – 2020.

	2020. godina (Bq/m³)	**2019. godina (Bq/m³)**	**2018. godina (Bq/m³)**	**2017. godina (Bq/m³)**
CRPILIŠTE BREGE	1473 ± 48	1319 ± 46	2043 ± 67	1846 ± 64
CRPILIŠTE RORE	554 ± 18	620 ±24	600± 20	580 ± 22
VODOVOD SP. STARI GRAD	1058 ± 35	1177 ± 41	2010 ± 61	1746 ± 59
VODOVOD BREŽICE	99 ± 8	77 ± 41	83 ± 8	125 ± 11
CRPILIŠTE BREŽICE	114 ± 27	81 ± 18	250 ± 52	125 ± 21

U gornjoj tablici prikazano je smanjenje srednje vrijednosti u uzorcima s crpilišta Brega i vodovoda Spodnji Stari Grad. Ovaj vodovod, odnosno vodovod Krško, pumpa vodu iz oba crpilišta, Brega i Rora, 2020. godine u približno istom omjeru. Godišnje prosječne koncentracije aktivnosti H-3 u oborinama malo su više za lokacije Brega i Krško u odnosu na Dobovu ili Ljubljanu, što također može utjecati na podzemne vode na ovoj lokaciji.

Izravni utjecaj tekućih ispuštanja može se detektirati u kontrolnim bušotinama u blizini rijeke Save. U 2020. godini tekuća ispuštanja prema aktivnosti bila su jedna od najnižih u posljednjih dvadeset godina. Korelacije između ovih bušotina u blizini rijeke Save i ispusta vjerojatno nisu uočene ili nisu bile toliko izražene kao u prethodne dvije godine, kada smo promijenjene vrijednosti u nekim bušotinama povezivali s promijenjenim hidrološkim režimom na Krško-brežičkom polju zbog punjenja akumulacije HE Brežice. S obzirom na razlike u koncentracijama aktivnosti u bušotinama, 2020. godina bila je mirna, jer su najveće izmjerene koncentracije bile praktički iste veličine kao i koncentracije aktivnosti u rijeci Savi. Koncentracije aktivnosti tricija u VOP-4 i bušotini Medsava u 2020. godini nisu međusobno povezane i s ispustima iz NEK-a. U bušotini V-7/77, koja načelno prati ispuste NEK-a s većim zakašnjenjem od bušotine VOP-4 i Medsava, u 2020. godini zabilježili smo samo relaksaciju i pad aktivnosti nakon većih ispuštanja u 2019., koji je nestao u prvoj polovici 2020.

4.4.6.4 Mjerenje radioaktivnosti u rijeci Savi

U sklopu monitoringa radioaktivnosti u okolici, NEK mjeri radioaktivnost u rijeci Savi. Rezultati monitoringa sažeti su po izvještajima: „Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a", Izvještaj za 2019. godinu /71/ i Izvještaj za 2020. godinu /87/. Uzorkovanje na rijeci Savi teklo je kako slijedi:

- kontinuirano uzorkovanje na četiri lokacije (Krško – 3,2 km uzvodno, iznad brane HE Brežice – 7,2 km nizvodno, Brežice – 8,2 km nizvodno i Jesenice na Dolenjskem – 17,5 km nizvodno) za dugovječne radionuklide i jednokratne uzorke nefiltrirane vode u Krškom, lijevoj i desnoj obali

akumulacijskog jezera, u alternativnom staništu, iznad brane HE Brežice, Brežicama, Jesenicama na Dolenjskem i Podsusedu kod Zagreba (HR, oko 30 km nizvodno od NEK-a) za kratkoživuće radionuklide;
- jednokratni kvartalni uzorci rijeke Save u Krškom i Brežicama;
- uzorkovanje nanosa na deset lokacija (Krško uzvodno, ispod NEK brane, Pesje, na lijevoj i desnoj obali akumulacijskog jezera HE Brežice, iznad brane HE Brežice, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused – HR nizvodno);
- uzorci riba: Krško, akumulacijsko jezero, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) i Otok (HR).

Mjerenja uzoraka uključuju određivanje koncentracije aktivnosti gama-emitera gama-spektrometrijom visoke razlučivosti (VLG), utvrđivanje koncentracije aktivnosti tricija (H-3) tekućinskom scintilacijskom spektrometrijom i utvrđivanje koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-89 radiokemijskom separacijom i brojenjem na proporcionalnom brojaču. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti.

Rezultati za 2019. godinu

Tricij (H-3) je redovito prisutan u tekućim efluentima NEK-a. Najveća mjesečna tekuća ispuštanja H-3 u 2019. godini bila su u kolovozu (5,6 TBq), što je usporedivo s maksimalnim mjesečnim ispuštanjima u 2016. i 2017. godini. Ukupna godišnja emisija od 13,6 TBq u kontekstu pretresanja podataka (disperzija je 6 TBq) usporediva je s dugoročnim prosjekom (dugoročni prosjek od 2002. do 2018. je 12,6 TBq).

Rezultati mjesečnih mjerenja s postaja za uzorkovanje HE Brežice i Brežice dobro se podudaraju i pokazuju malo veće koncentracije aktivnosti H-3 iznad brane. Korelacijski koeficijent je 1. Također je dobro podudaranje između mjesečnih ispuštanja i mjesečnih izmjerenih vrijednosti na obje postaje za uzorkovanje (koeficijent korelacije je 0,7). Slično dobro podudaranje je bilo i u 2018. godini, jer je koeficijent korelacije između izmjerenih vrijednosti na obje lokacije bio 0,9, a između mjesečnih ispuštanja i izmjerenih vrijednosti također je 0,9.

Najviša vrijednost mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 prije brane HE Brežice iznosila je (21,5 ± 0,8) kBq/m3 u rujnu. U Brežicama je koncentracija aktivnosti H-3 u ovom razdoblju iznosila (18,6 ± 0,7) kBq/m^3. Za usporedbu, koncentracija aktivnosti H-3 u Krškom prije NEK-a je bila (0,88 ± 0,08) kBq/m3. Najviša izmjerena koncentracija aktivnosti u Brežicama je 21 put veća nego na referentnom mjestu uzimanja vode u Krškom u rujnu, a najveća izmjerena koncentracija aktivnosti H-3 u HE Brežice u rujnu bila je 25 puta veća nego na referentnom mjestu uzimanja vode u Krškom.

Prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti H-3 u Krškom bile su 0,61 kBq/m^3, iznad brane HE Brežice 3,5 kBq/m^3. U Brežicama su prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti bile 3,2 kBq/m3, što je usporedivo s prosjekom mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 iznad brane HE Brežice i niže od dugogodišnjeg prosjeka od 4,1 kBq/m3 u posljednjih 16 godina.

Izmjerene koncentracije aktivnosti ispod brane (Brežice) usporedive su s mjerenjima u Jesenicama na Dolenjskem (godišnji prosjek 3,2 kBq/m^3), što se razlikuje od prije punjenja akumulacijskog jezera. Prije toga koncentracije aktivnosti tricija u Jesenicama na Dolenjskem bile su obično niže zbog dodatnog razrjeđivanja Save Krkom i Sutlom (ispod 1 kBq/m3) za faktor 1,8, a u 2018. i 2019. godini kvocijent je 1,1. Dugogodišnji prosjek mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Jesenicama na Dolenjskem je 2,4 kBq/m^3.

Također je u rujnu i listopadu na svim lokacijama iznad brane HE Brežice detektiran porast koncentracije aktivnosti tricija u pojedinačnim uzorcima nefiltrirane vode. Na lijevoj obali akumulacijskog jezera najveće mjesečne koncentracije pojedinačnih uzoraka bile su 1,7 kBq/m^3 (rujan) i 4,9 kBq/m^3 (listopad), dok su na desnoj obali bile 12 kBq/m^3 (rujan) i 2,2 kBq/m^3 (listopad). Najveća vrijednost zabilježena je na desnoj obali akumulacijskog jezera HE Brežice, što se poklapa s nalazima iz prethodnih godina da matica rijeke teče po akumulacijskom jezeru više desnom obalom.

Ukupna godišnja aktivnost C-14 ispuštenog u Savu u 2019. godini iznosila je 0,09 GBq, što je više nego u prethodnoj godini. Ispusti su za red veličine niži od dugoročnog prosjeka (1,9 GBq) od 2013. godine.

Treba naglasiti da je remont u NEK-u također izveden u listopadu te da su očekivani veći ispusti, a time i eventualno mjerljivi utjecaj na okoliš.

C-14 je radionuklid koji je prisutan u prirodi, a također nastaje tijekom nuklearnih reakcija. U 2019. godini mjeren je C-14 u vodi iz rijeke Save i u ribama. Pojedinačni kvartalni uzorci uzeti su na lokacijama na lijevoj i desnoj obali akumulacije HE Brežice. Prosječne kvartalne koncentracije aktivnosti C-14 na desnoj i lijevoj obali akumulacije bile su 89 pMC (10,1 Bq/m3 vode) i 87 pMC (9,6 Bq/m3). U akumulacijskom jezeru HE Brežice izmjerena su i dva uzorka ribe (klena i šarana). Izmjerena relativna specifična aktivnost C-14 u ribama bila je do 98 pMC (221 Bq/kg ugljika). Sve izmjerene aktivnosti su niže od trenutačnih atmosferskih aktivnosti (103 pMC).

I-131 se koristi u medicini za terapiju štitnjače. U okoliš ulazi kroz izlučevine pacijenata koji su podvrgnuti takvoj terapiji i posljedično se otkriva u rijekama. I-131 je u 2019. godini bio redovito prisutan na svim lokacijama monitoringa rijeke Save, kako uzvodno od elektrane tako i nizvodno u Brežicama i Jesenicama na Dolenjskem. Prosječna koncentracija aktivnosti I-131 u pojedinačnim uzorcima kretala se od 3,1 Bq/m3 do 5,7 Bq/m^3 i bila je najveća na mjestu uzimanja vode HE Brežice. Najveća pojedinačna vrijednost od 20 Bq/m3 izmjerena je na desnoj obali akumulacijskog jezera HE Brežice u listopadu. NEK je u tom mjesecu jednom proveo tekuće ispuštanje I-131 (195 kBq). Usporedimo li rezultate mjerenja u okvirima pogonskog monitoringa radioaktivnosti u okolici NEK-a s rezultatima mjerenja iz monitoringa radioaktivnosti u životnom okolišu u Republici Sloveniji, prosječne koncentracije aktivnosti I-131 u rijeci Savi u Brežicama bile su slične onima izmjerenima u rijeci Savi u Ljubljani (2,3 Bq/m^3) te su također usporedive s dugoročnim prosjekom od 4,6 Bq/m^3 u Brežicama.

U 2019. godini jod u sedimentu tla otkriven je samo u jednom uzorku na lokaciji HE Brežice – lijeva obala (1,3 Bq/kg).

Prisutnost I-131 nije utvrđena u uzorcima ribe iz referentnog mjesta uzorkovanja (u Krškom iznad brane), kao ni u uzorcima s kontrolnih mjesta uzorkovanja ispod brane NEK-a, što je isto kao i prethodnih godina.

Godišnje tekuće ispuštanje Cs-137 iz NEK-a u rijeku Savu iznosilo je 2,2 MBq, što je slično prethodnim godinama.

Prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti u riječnoj vodi bile su 0,17 Bq/m^3 na referentnoj točki u Krškom, 0,28 Bq/m^3 u Brežicama i 0,26 Bq/m^3 u HE Brežice. Na većini mjesta uzorkovanja rezultati mjerenja cezija u vodi rijeke Save bili su ispod granice detekcije. Cs-137 se u prošlosti obično javljao u malo višim koncentracijama u ostatku filtra, kao i u vodnoj suhoj tvari, ali sada su rezultati mjerenja u izvještajima ispod granice detekcije.

Sadržaj Cs-137 u rijeci Savi pripisuje se globalnoj kontaminaciji, jer je izračunato povećanje koncentracije aktivnosti Cs-137 u Brežicama, ako uzmemo u obzir godišnje tekuće ispuštanje i prosječni protok Save i pretpostavimo omjer razrjeđenja na lijevoj obali u Brežicama, 0,5 mBq/m^3. Ovaj doprinos ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije.

Izmjerena koncentracija aktivnosti Cs-137 u rijekama diljem Slovenije varira ovisno o mjestu uzorkovanja, a najveća je (2,2 ± 0,2) Bq/m^3 u rijeci Dravi. U 2019. godini Cs-137 nije detektiran u rijekama Soči i Krki, isto tako u jednom uzorku Save kod Lazah (Ljubljana), Kupe i Save Brežice, te u jednom uzorku rijeka Save kod Lazah (Ljubljana) i Kupe bio je ispod granice kvantifikacije. Prosječna koncentracija aktivnosti Cs-137 u 2019. kretala se od 0,02 Bq/m^3 u Kupi do 1,3 Bq/m^3 u Dravi. Prosječna koncentracija aktivnosti Cs-137 u rijekama u 2019. godini bila je niža od prosjeka između 2008. i 2018. za pojedinačnu rijeku, osim za Dravu.

Prosječna specifična aktivnost radioaktivnog cezija u obalnim sedimentima iznosila je 7,2 Bq/kg u Krškom (ispod mosta), 7,0 Bq/kg ispod brane NEK-a i 9,5 Bq/kg na lijevoj obali HE Brežice (Pesje). U Brežicama 4,0 Bq/kg, u Jesenicama na Dolenjskem 4,5 Bq/kg i u Podsusedu 0,9 Bq/kg. Specifična aktivnost cezija u sedimentima pokazuje najveću prosječnu mjesečnu koncentraciju aktivnosti na lijevoj obali jezera HE Brežice (Pesje). Rezultati mjerenja pokazuju da se specifična aktivnost Cs-137 posljednjih

godina povećava na većini lokacija, kako na referentnom mjestu tako i u akumulacijskom jezeru. Utvrđuju da se specifična aktivnost cezija u sedimentu na svim lokacijama sustavno smanjivala do 2011. godine. To je povezano s raspadom radionuklida (od globalne kontaminacije) i istodobno s ispiranjem sedimenta tla. Od 2011. do 2018. godine povećana je specifična aktivnost Cs-137 u sedimentu tla u Krškom i Brežicama. To se može pripisati zahvatima u okolišu zbog izgradnje hidroelektrana na donjoj Savi u tom razdoblju.

Prosječne specifične aktivnosti Cs-137 u ribama na lokacijama: Krško, prije brana HE Brežice, Brežice i Jesenice na Dolenjskem su od 0,03 Bq/kg do 0,05 Bq/kg, ispod granice kvantifikacije u 11 slučajeva od 16. Najviša vrijednost na referentnoj točki u Krškom prije NEK-a iznosila je 0,03 Bq/kg, u akumulaciji HE Brežice 0,05 Bq/kg, u Brežicama 0,05 Bq/kg, a u Jesenicama na Dolenjskem najveća je specifična aktivnost Cs-137 u ribama manja od 0,045 Bq/kg. U okvirima mjerne nesigurnosti specifične aktivnosti Cs-137 u ribama na svim mjestima uzimanja vode uzvodno i nizvodno od NEK-a su iste.

Radioaktivni stroncij Sr-90, kao i Cs-137, prisutan je u okolišu zbog globalne kontaminacije, odnosno testiranja bombi u šezdesetim godinama dvadesetog stoljeća i nuklearnih nesreća, posebice nesreće u Černobilu 1986. godine. Naravno, javlja se i tijekom nuklearnih reakcija i prati se u okolici nuklearnih objekata. Radioaktivni stroncij (Sr-90) redovito se mjeri u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. U 2019. godini u rijeku Savu je ispušteno 0,08 MBq aktivnosti, što je u okvirima nesigurnosti isto kao i prethodnih godina.

Koncentracija aktivnosti Sr-90 u vodi na referentnom mjestu Krško iznosi 1,0 Bq/m^3, prije brane HE Brežice 1,7 Bq/m^3, u Brežicama 2,0 Bq/m^3 i u Jesenicama na Dolenjskem 2,0 Bq/m^3. Koncentracije aktivnosti Sr-90 u pojedinačnim uzorcima vode u okvirima nesigurnosti iste su kao u kontinuirano uzorkovanim uzorcima filtrirane vode. Na svim lokacijama kvartalni prosjeci kreću se od 1,3 Bq/m^3 do 2,4 Bq/m^3. Najveća pojedinačna izmjerena vrijednost iznosila je 5,8 Bq/m^3 iznad brane HE Brežice na desnoj obali.

Prosječne koncentracije aktivnosti stroncija u ostalim rijekama u Sloveniji slične su ili veće od onih izmjerenih u rijeci Savi u okolici NEK-a. Prosječna koncentracija izmjerena u Savi na lokaciji Laze kod Ljubljane iznosila je 2,2 Bq/m^3, u rijeci Muri 2,3 Bq/m^3 i Dravi 1,5 Bq/m^3.

Specifične aktivnosti stroncija u obalnim sedimentima obično su niže od specifične aktivnosti cezija. Prosječne aktivnosti bile su tipično ispod donje granice detekcije od 0,7 Bq/kg u Krškom, 0,3 Bq/kg na lijevoj obali jezera HE Brežice, 0,5 Bq/kg na desnoj obali jezera HE Brežice, 0,3 Bq/kg u Brežicama i 0,4 Bq/kg. Bq/kg u Jesenicama na Dolenjskem. Prosječna specifična aktivnost Sr-90 u sedimentima tla u Podsusedu kod Zagreba (Republika Hrvatska) iznosila je 0,03 Bq/kg.

Stroncij je također mjeren u svim uzorcima ribe. Prosječne specifične aktivnosti Sr-90 u ribi bile su 0,07 Bq/kg u Krškom i Jesenicama na Dolenjskem i 0,09 Bq/kg u Brežicama do 0,17 Bq/kg prije brane HE Brežice. U sklopu potresa, specifične aktivnosti za sve lokacije su iste ili slične prethodnim godinama.

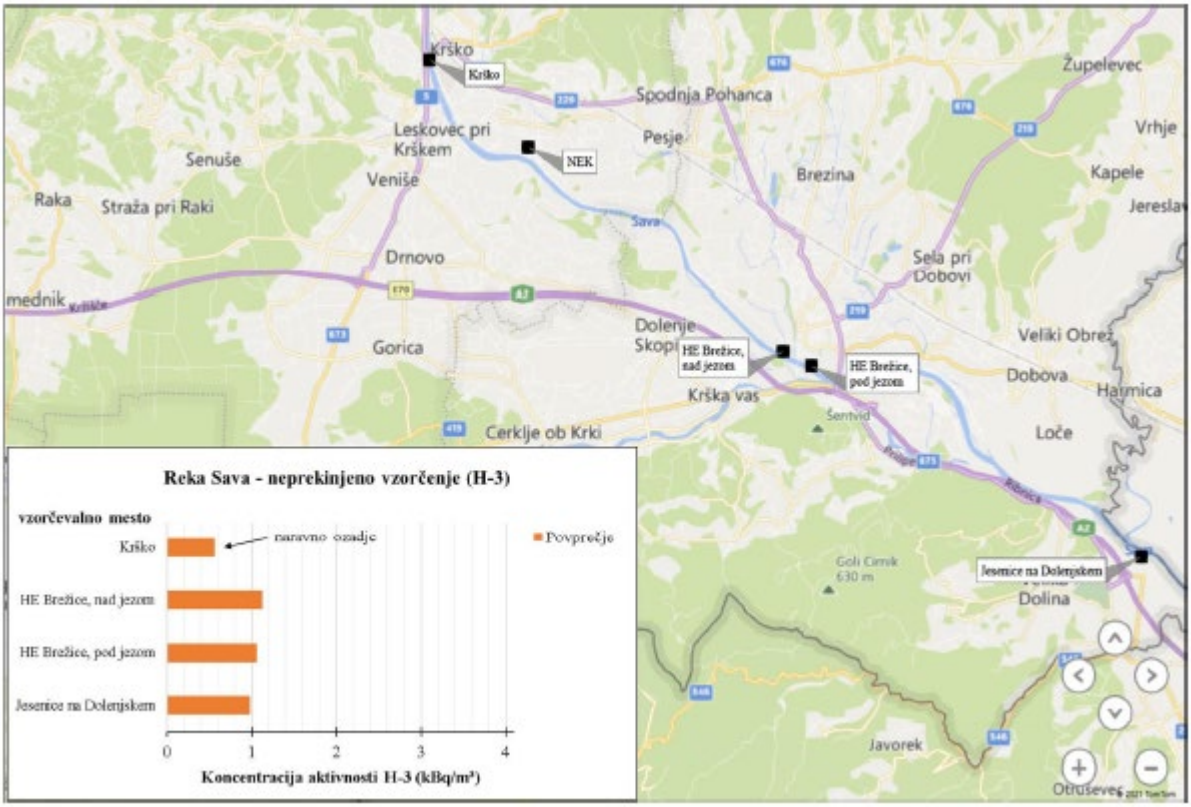
Ostali fisijski i aktivacijski proizvodi (Co-58, Co-60, Ag 110m, Cs-134) redovito se pojavljuju u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. Njihova ukupna aktivnost u 2019. bila je najmanje za šest redova veličine niža nego za tricij. Posljednjih nekoliko godina niti jedan od navedenih radionuklida nije otkriven u okolišu. Co-60 posljednji je put otkriven 2003. i 2006. godine u vodi i sedimentu.

Prirodni radionuklidi uranija (U-238, Ra-226 i Pb-210) i torija (Ra-228 i Th-228) redovito su detektirani u svim uzorcima vode. U nefiltriranoj vodi na svim mjestima uzorkovanja koncentracije aktivnosti bile su U-238 do 19 Bq/m^3, Ra-226 do 32 Bq/m^3, Pb-210 do 58 Bq/m^3, Ra-228 do 11 Bq/m^3 i Th-228 do 8,7 Bq/m^3. Redovito je mjeren i kozmogeni radionuklid Be-7 čije se koncentracije aktivnosti kreću od 4,6 Bq/m^3 do 420 Bq/m^3. Vrijednosti su slične onima izmjerenima u rijekama diljem Slovenije. Koncentracije aktivnosti K-40 kreću se od 35 do 200 Bq/m^3. Posebno K-40 karakteriziraju izrazite fluktuacije, koje su uglavnom povezane s onečišćenjem rijeka, a manje geološkim sastavom tla. U sedimentima su bile specifične aktivnosti na svim mjestima uzorkovanja U-238 do 52 Bq/kg, Ra-226 do 34 Bq/kg, Ra-228 do 39 Bq/kg i Th-228 do 33 Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 bile su od 17 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem)

do 470 Bq/kg (Krško). U sedimentu je detektiran Be-7 s prosjekom od 51 Bq/kg do 62 Bq/kg na svim lokacijama. Specifične aktivnosti Pb-210 znatno su više i bile su od 24 Bq/kg do 93 Bq/kg.

Rezultati za 2020. godinu

Tricij je redovito prisutan u tekućim efluentima NEK-a. Pregled prosječnih mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u rijeci Savi na postajama s kontinuiranim uzorkovanjem (filtrirana voda) uzvodno i nizvodno od brane NEK-a u 2020. godini prikazan je na slici. (Slika 57).



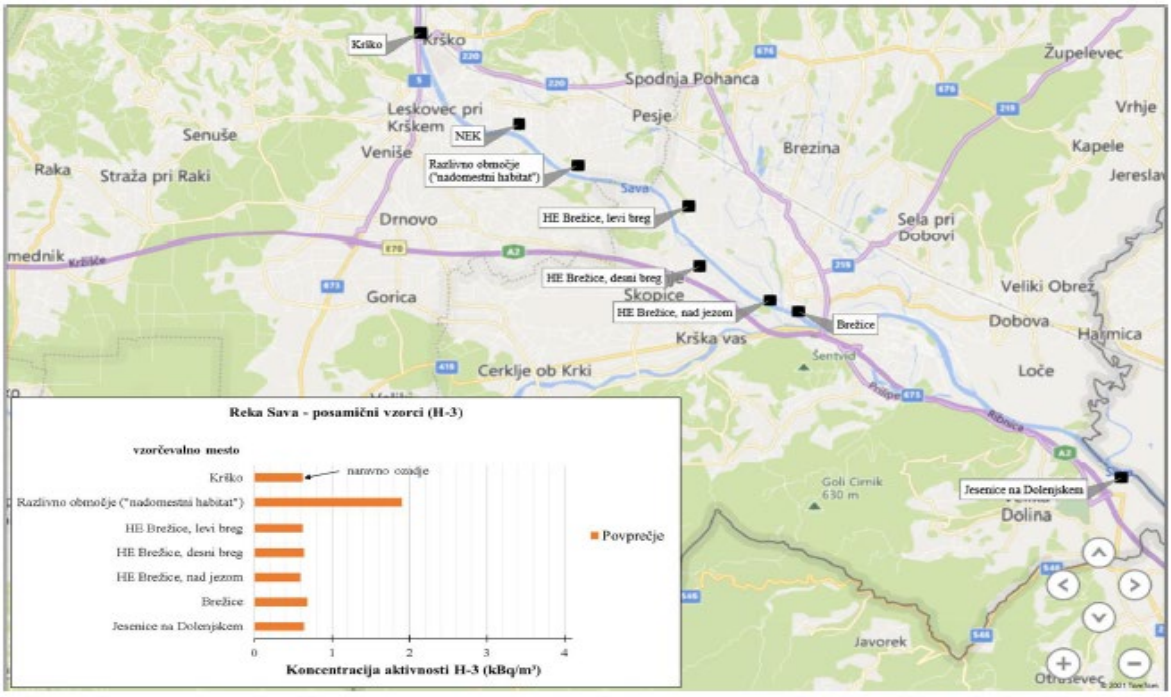
Slika 57: Pregled prosječnih mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u rijeci Savi na postajama s kontinuiranim uzorkovanjem uzvodno i nizvodno od brane NEK-a u 2020. godini. [13] (izvor: /87/)

Rijeka Sava – kontinuirano uzorkovanje (H-3), Mjesto uzorkovanja, Prirodna pozadina, Prosjek, HE Brežice, iznad brane, HE Brežice, ispod brane, Jesenice na Dolenjskem, Koncentracija aktivnosti H-3 (kBq/m3)

Nakon izgradnje i postavljanja HE Brežice promijenio se tok rijeke Save i vremenska trajektorija koncentracije H-3 na mjestima uzorkovanja u akumulaciji HE Brežice (lijeva obala, desna obala, prije brane HE Brežice) se mijenja, ne prati vremensku trajektoriju ispuštanja H-3 iz NEK-a. Isto je bilo i 2020. godine. Uočeno je da su koncentracije H-3 u rijeci Savi, uzorkovane s lijeve i desne strane najšireg dijela akumulacije, usporedive u smislu mjerne nesigurnosti. Možemo pretpostaviti da je tok sporiji, ali izraženiji, na desnoj strani akumulacije do najšireg dijela akumulacije, zatim tok prati maticu rijeke do brane HE Brežice. To se može zaključiti i iz batimetrijskih mjerenja dubine rijeke Save koja su obavljena u ograđivanju iznad brane HE Brežice [25]. Na slici ispod (Slika 58) prikazane su koncentracije aktivnosti H-3 na lokacijama uzvodno i nizvodno od brane NEK-a, gdje se uzorkuju pojedinačni uzorci (nefiltrirana voda) za 2020. godinu. Kako u 2020. nije bilo remonta, koncentracije su niže nego u godinama kada je bio remont (vidi fusnotu).

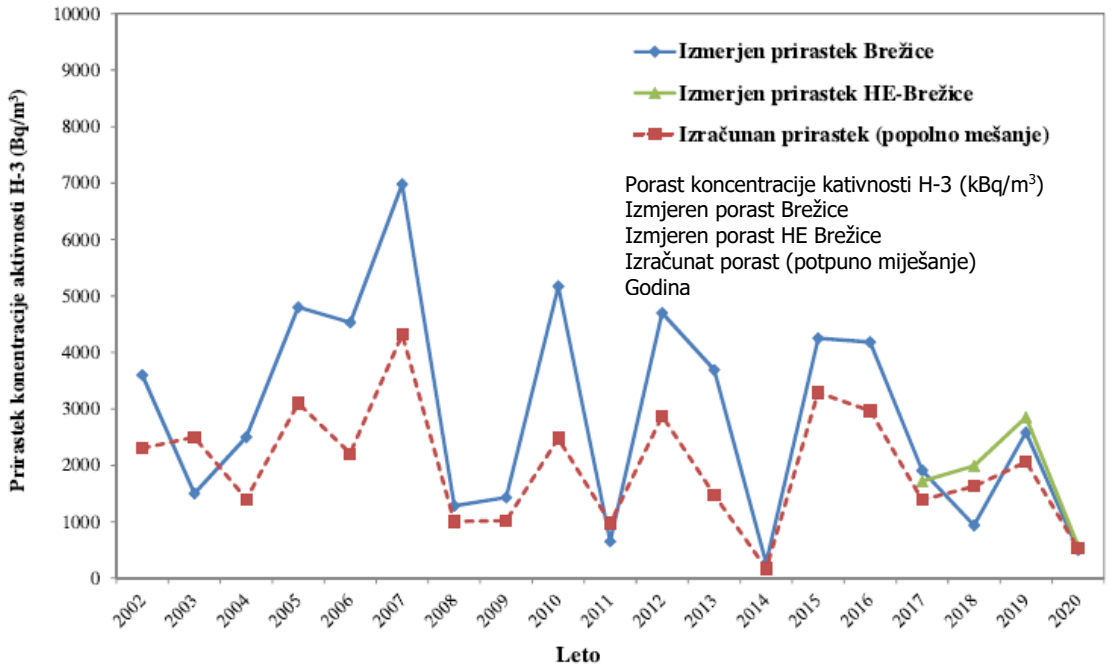
[13] Dugogodišnji prosjek (od 2002. godine) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Brežicama je 4,0 kBq/m^3. Višemjesečni prosjek (od srpnja 2017.) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 na postaji za uzorkovanje prije brane HE Brežice iznosi 2,9 kBq/m^3. Koncentracije aktivnosti tricija u Jesenicama u Dolenjskoj bile su obično niže zbog dodatnog razrjeđivanja Save Krkom i Sutlom Dugogodišnji prosjek mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Jesenicama na Dolenjskem je 2,4 kBq/m^3.

Još nije potpuno jasno kakav učinak ima izgradnja HE Brežice na širenje H-3 u Savi. Promjene svakako ima. Na slici ispod (Slika 59) prikazana je vremenska trajektorija porasta koncentracije aktivnosti H-3 u Brežicama i na HE Brežice te usporedba s izračunatim prirastom (modelski izračun).



Slika 58: Pregled prosječnih mjesečnih koncentracija H-3 u rijeci Savi na lokacijama uzvodno i nizvodno od brane NEK-a gdje se uzorkuju pojedinačni (mjesečni ili kvartalni) uzorci za 2020. godinu (izvor: /87/)

Rijeka Sava – pojedinalni uzorci (H-3), Mjesto uzorkovanja, Krško, Prirodna pozadina, Prosjek, Područje izlijevanja („nadomjesni habitat"), HE Brežice, lijeva obala, HE Brežice, desna obala, HE Brežice, iznad brane, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Koncentracija aktivnosti H-3 (kBq/m^3)



Slika 59: Usporedba godišnjih prosječnih prirasta koncentracije H-3 u rijeci Savi kod brane HE Brežice i iza brane HE Brežice i izračunate koncentracije H-3 prema postojećem modelu širenja radionuklida u rijeci Savi (jednodimenzionalni model) dobivena iz godišnjih tekućih ispuštanja i toka rijeke Save uz pretpostavku potpunog miješanja (izvor: /87/)

Ukupna godišnja ispuštena aktivnost C-14 u Savu u 2020. godini iznosila je 0,3 GBq, što je za red veličine niže od dugogodišnjeg prosjeka (1,9 GBq) od 2013. godine. C-14 je mjeren u vodi iz rijeke Save i u ribama. Pojedinačni kvartalni uzorci uzeti su na lokacijama na lijevoj i desnoj obali akumulacije HE Brežice. Sve izmjerene specifične aktivnosti su niže od trenutačnih atmosferskih aktivnosti (103 pMC ili 226 Bq/kg C). U odnosu na 2019. godinu, specifične aktivnosti C-14 u rijeci Savi i ribama u 2020. godini iste su u pogledu mjerne nesigurnosti.

I-131 je redovito prisutan na svim lokacijama monitoringa rijeke Save, kako uzvodno od elektrane tako i nizvodno u Brežicama i Jesenicama na Dolenjskem. Prosječna koncentracija aktivnosti I-131 u uzorcima filtrirane vode (kontinuirano prikupljanje) kretala se od 0,53 Bq/m^3 prije brane HE Brežice do 1,8 Bq/m^3 u Jesenicama na Dolenjskem. Najviša pojedinačna vrijednost bila je 6,5 Bq/m3 u uzorku iz lipnja u Brežicama, ispod brane HE Brežice. U pojedinačnim uzorcima nefiltrirane vode najveća koncentracija aktivnosti I-131 iznosila je 8,3 Bq/m^3 u uzorku iz Brežica iz prvog kvartala. Prosjek kvartalnih koncentracija aktivnosti kretao se od 1,5 Bq/m^3 na desnoj obali akumulacijskog jezera do 4,0 Bq/m^3 u Brežicama, s najvećom koncentracijom aktivnosti na svim mjestima uzorkovanja u prvom kvartalu 2020. godine. Prisutnost I-131 u rijeci Savi pripisuje se ispuštanjima iz bolnica u rijeke koje se ulijevaju u Savu uzvodno od brane NEK-a (Ljubljanica, Savinja). U tekućim ispuštanjima iz NEK-a I-131 ove godine nije otkriven. Iz kontrole radioaktivnosti u životnom okolišu u Republici Sloveniji u 2020. godini možemo zaključiti da su prosječne koncentracije u rijeci Savi u Brežicama bile slične onima izmjerenima u rijeci Savi u Ljubljani (3,4 Bq/m) i usporedive s dugoročnim prosjekom od 5,1 Bq/m u Brežicama.

U 2020. godini nije otkriven jod u sedimentu tla. U uzorcima riba iz referentnog mjesta uzorkovanja (u Krškom iznad brane), a u uzorcima s kontrolnih mjesta uzorkovanja ispod brane NEK-a nije utvrđena prisutnost I-131 isto kao prethodnih godina.

Godišnje tekuće ispuštanje Cs-137 iz NEK-a u rijeku Savu iznosilo je 0,9 MBq, što je manje nego prethodnih godina (dugoročni prosjek 15,1 MBq). Sadržaj Cs-137 u rijeci Savi pripisuje se globalnoj kontaminaciji, jer je izračunato povećanje koncentracije aktivnosti Cs-137 u Brežicama, ako uzmemo u obzir godišnje tekuće ispuštanje i prosječni protok Save i zadani omjer razrjeđenja na lijevoj obali u Brežicama, jednak 2 E-4 Bq/m^3. Ovaj doprinos ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije.

Prosječne mjesečne koncentracije Cs-137 u riječnoj vodi (filtrirana voda) bile su 0,17 Bq/m3 na referentnoj točki u Krškom, 0,41 Bq/m^3 u HE Brežice, a ispod granice detekcije u Brežicama. U pojedinačnim uzorcima nefiltrirane vode prosječne koncentracije Cs-137 kretale su se od 0,33 Bq/m^3 u Krškom do 0,52 Bq/m^3 na lijevoj strani akumulacijskog jezera i 0,55 Bq/m^3 na desnoj obali akumulacijskog jezera. Ispred brane HE Brežice, u Brežicama i u Jesenicama na Dolenjskem koncentracije Cs-137 bile su ispod granice detekcije. Koncentracije Cs-137 u filtarskom ostatku kretale su se od 0,12 do 0,43 Bq/m^3 u Brežicama i do 1,0 Bq/m^3 u Jesenicama na Dolenjskem. U Krškom i prije brane HE Brežice koncentracije Cs-137 u svim uzorcima filtarskih ostataka bile su ispod granice detekcije.

Izmjerena koncentracija Cs-137 u rijekama diljem Slovenije varira ovisno o mjestu uzorkovanja, a najveća je (9,6 ± 0,8) Bq/m^3 u rijeci Muri. Prosječna koncentracija Cs-137 u 2020. godini kretala se od 0,002 Bq/m^3 u Kupi do 5 Bq/m^3 u Muri.

Radioaktivni stroncij (Sr-90) redovito se mjeri u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. U 2020. godini ispušteno je u rijeku Savu 0,04 MBq, što je manje nego prethodnih godina. Sadržaj Sr-90 u rijeci Savi pripisuje se globalnoj kontaminaciji, jer je izračunato povećanje koncentracije aktivnosti Sr-90 u Brežicama, ako uzmemo u obzir godišnji ispust tekućine i prosječni protok Save i zadani omjer razrjeđenja na lijevoj obali u Brežicama, jednak 1 E-5 Bq/m^3. Ovaj doprinos ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije.

Većina stroncija je otopljena u vodi jer je koncentracija Sr-90 u vodi barem 10 puta veća nego u ostatku filtra. Općenito, koncentracije stroncija u vodi su 10 puta veće nego u ceziju. Prosječna koncentracija Sr-90 u filtriranoj vodi na referentnom mjestu Krško iznosi 1,7 Bq/m^3, prije brane HE Brežice 1,8 Bq/m^3,

u Brežicama 1,6 Bq/m^3 i u Jesenicama na Dolenjskem 2,1 Bq/m^3. U kontekstu raspršivanja podataka, vrijednosti su međusobno usporedive. Također, koncentracije Sr-90 u filtriranoj vodi u okviru raspršenosti usporedive su s dugotrajnim koncentracijama na tim lokacijama. Koncentracije aktivnosti Sr-90 u pojedinačnim uzorcima nefiltrirane vode su u okvirima nesigurnosti iste kao u kontinuirano uzorkovanim uzorcima filtrirane vode. Na svim lokacijama kvartalni prosjeci kreću se od 1,5 do 2,5 Bq/m^3. Najveća pojedinačna izmjerena vrijednost iznosila je 3,0 Bq/m3 iznad brane HE Brežice na desnoj obali.

Prosječne koncentracije stroncija u ostalim rijekama u Sloveniji slične su ili veće od onih izmjerenih u rijeci Savi u okolici NEK-a. Prosječna koncentracija izmjerena u Savi na lokaciji Laze kod Ljubljane iznosila je 2,3 Bq/m^3, u rijeci Muri 0,3 Bq/m^3 i Dravi 1,6 Bq/m^3.

Sadržaj Cs-137 i Sr-90 u sedimentima pripisuje se globalnoj kontaminaciji, budući da tekuća ispuštanja iz NEK-a pridonose specifičnim aktivnostima od 5 E-4 Bq/kg za Cs-137 i 2 E-5 Bq/kg za Sr-90 u obalnim sedimentima u Brežicama. Doprinosi su zanemarivi u odnosu na prosječne specifične aktivnosti od 5,2 Bq/kg za Cs-137 i 0,56 Bq/kg za Sr-90 u obalnim sedimentima 2020. godine u Brežicama.

Izmjerene specifične aktivnosti radionuklida Cs-137 i Sr-90 u ribama pripisuju se globalnoj kontaminaciji, jer su doprinosi radionuklida zbog tekućih ispuštanja iz NEK-a četiri do pet redova veličine niži od izmjerenih specifičnih aktivnosti obaju radionuklida u ribama.

Ostali fisijski i aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-110m, Cs-134, Sb-125) redovito se pojavljuju u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. Ukupna aktivnost ovih radionuklida 2020. bila je najmanje šest redova veličine niža od tricija. Međutim, tricij je izotop koji ima vrlo nisku radiotoksičnost. U slučaju gutanja ili udisanja uzrokuje više od 100 puta manju dozu od iste aktivnosti Cs-137. Cs-134 je posljednji put mjeren u tekućim ispuštanjima 2016. godine. Niti jedan od navedenih radionuklida posljednjih godina nije otkriven u okolišu. Co-60 je posljednji put detektiran 2003. i 2006. godine u vodi i sedimentu, a Cs-134 u sedimentima 2002. godine.

Prirodni radionuklidi uranija (U-238, Ra-226 i Pb-210) i torija (Ra-228 i Th-228) redovito su detektirani u svim uzorcima vode. U nefiltriranoj vodi na svim mjestima uzorkovanja koncentracije aktivnosti U-238 bile su do 8 Bq/m^3, Ra-226 do 6 Bq/m^3, Pb-210 do 39 Bq/m3 i Ra-228 do 3 Bq/m^3. Vrijednosti su slične onima izmjerenima u rijekama diljem Slovenije. U sedimentima su bile specifične aktivnosti na svim mjestima uzorkovanja U-238 do 53 Bq/kg, Ra-226 do 55 Bq/kg, Ra-228 do 62 Bq/kg i Th-228 do 3 Bq/kg. Prosječne specifične aktivnosti K-40 kretale su se od 220 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem) do 560 Bq/kg (Krško ispod brane NEK-a). Be-7 je otkriven u sedimentu u rasponu od 9,3 do 110 Bq/kg na svim lokacijama. Specifične aktivnosti Pb-210 kretale su se od 32 do 90 Bq/kg.

4.4.6.5 Oborinski i suhi talozi

Radioaktivnost u oborinama i suhom talogu prati se na sljedećim lokacijama:
- mjesečni kompozitni uzorci iz oborinskih kolektora u Bregama, Krškom i na referentnoj lokaciji u Dobovi i Ljubljani (kontrolna lokacija; u sklopu kontrole radioaktivnosti u životnom okolišu u Republici Sloveniji);
- mjesečna zamjena vazelinskih kolektora suhog taloga na osam lokacija u užoj i široj okolici NEK-a i u Ljubljani (referentna lokacija).

Kod uzoraka oborina mjerenja su provedena gama-spektrometrijom visoke razlučivosti, koncentracija aktivnosti tricija (H-3) određena je tekućinskom scintilacijskom spektrometrijom, a koncentracija aktivnosti Sr-90/Sr-89 radiokemijskom analizom. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti. Mjerenja su provedena na vazelinskim uzorcima gama-spektrometrijom visoke razlučivosti.

Rezultati za 2020. godinu

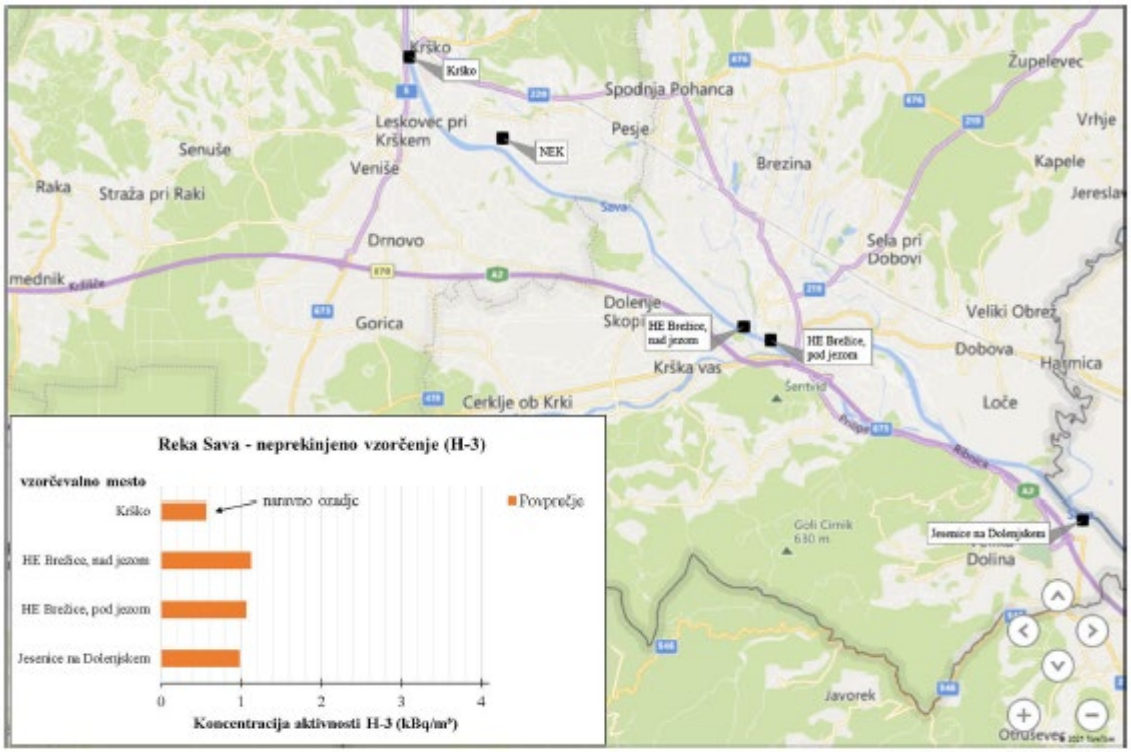
Godišnja količina oborina u Ljubljani je 2020. godine iznosila 1263 mm, u Krškom 1055 mm, u Bregama 914 mm, a najmanja u Dobovi 879 mm. Količina oborina po lokaciji usporediva je s prošlim godinama

u smislu raspršenosti podataka. Raspršenost godišnjih oborina je ± 60 mm. Varijacija količine oborina po mjesecima još je izraženija, u siječnju je bilo vrlo malo oborina pa nismo uspjeli dobiti reprezentativan uzorak. Ekstremno sušni mjeseci javljaju se gotovo svake godine, ne nužno uvijek u isto doba godine.

Koncentracija aktivnosti tricija u oborinama uvelike varira i samo koncentracije aktivnosti iznad 2 kBq/m^3 mogu se pripisati ispuštanjima iz NEK-a. U 2020. godini koncentracija aktivnosti tricija u oborinama bila je četiri puta veća od 2 kBq/m^3, i to tri puta u jesen u Bregama i jednom u proljeće u Krškom. Prosječne mjesečne koncentracije H-3 u oborinama prikazane su na sljedećoj slici (Slika 60).

Utjecaj NEK-a na koncentracije aktivnosti tricija u oborinama u neposrednoj blizini elektrane primjetan je ako pogledamo godišnje prosjeke koji su svake godine veći u Bregama i Krškom (Stara Vas) nego u Dobovi i Ljubljani. U jesen (rujan – studeni) koncentracije aktivnosti tricija u Bregama bile su veće od prosječne vrijednosti, što je u skladu s emisijama u zrak koje su tada bile najveće u godini. Povezanost između emisija u zrak i izmjerenih koncentracija aktivnosti H-3 je umjerena, jer je koeficijent korelacije u Krškom 0,58, u Bregama 0,63, a za Dobovu 0,24, što znači slabu povezanost. Tako za obližnje lokacije možemo utvrditi umjereni učinak zračnih ispuštanja H-3 iz NEK-a u okoliš, dok je u Dobovi učinak slab. Za Ljubljanu (referentna lokacija) koeficijent korelacije je negativan.

U Dobovi je vremenska trajektorija koncentracije aktivnosti H-3 slična onoj na referentnoj lokaciji u Ljubljani. Mjesečne vrijednosti su za 40 % više nego u Ljubljani. Koncentracije aktivnosti tricija otprilike prate prirodna godišnja kretanja tricija u atmosferi sjeverne hemisfere, gdje su ljetne vrijednosti općenito veće nego zimi.



Rijeka Sava – kontinuirano uzorkovanje (H-3)
Mjesto uzorkovanja
Prirodna pozadina
Prosjek
Krško
HE Brežice, iznad brane
HE Brežice, ispod brane
Jesenice na Dolenjskem
Koncentracija aktivnosti H-3 (kBq/m^3)

Slika 60: Prosječne mjesečne koncentracije aktivnosti H-3 u oborinama u okolici NEK-a i Ljubljane (izvor: /87/)

Najveća mjesečna količina oborinskih taloga H-3 izmjerena je u Bregama, do 0,35 kBq/m^2 u listopadu. Vrijednosti i vremenski tijek za Ljubljanu i Dobovu usporedivi su po raspršenosti vrijednosti, vrhunci su u skladu s mjesecima kada je bilo više oborina. Vremenski tijek za Krško i Brege kvalitativno je sličan, malo drugačiji nego u Ljubljani i Dobovi. Najviše vrijednosti slijede mjesece s najvećom količinom oborina.

Najveća koncentracija aktivnosti Cs-137 u oborinama za mjesta u okolici NEK-a utvrđena je u travanjskom uzorku u Bregama (15 ± 1) Bq/m^3, a u Ljubljani je najveća koncentracija aktivnosti Cs-137 u oborinama u siječnju iznosila (16 ± 20) Bq/m^3. Izrazito odstupanje koncentracije aktivnosti Cs-137 od prosjeka u Bregama pripisuje se resuspenziji iz tla, a u Ljubljani je još uvijek mala količina prikupljenog uzorka, što je utjecalo na visoku nesigurnost rezultata mjerenja. Mnogi rezultati mjerenja imaju veliku nesigurnost, što znači da su vrijednosti ispod granice kvantifikacije, a isto tako je bilo i više od polovice (7-8) mjeseci kada Cs-137 nije detektiran u oborinama.

Najveće izmjerene vrijednosti oborina za Cs-137 bile su: u Ljubljani 0,22 Bq/m^2 u siječnju, u Bregama 0,66 Bq/m^2 u travnju, u Krškom 0,041 Bq/m^2 u lipnju i u Dobovi 0,1 Bq/m^2 u ožujku, u svim slučajevima s malom ili malom količinom oborina, osim u Krškom kada je u lipnju pala umjerena količina oborina.
U takvim slučajevima povećanje se pripisuje resuspenziji čestica iz tla, a u zimskim mjesecima i zbog izgaranja krutih goriva.

Koristi se na svim lokacijama usporedivo s vrijednostima iz razdoblja prije Černobila između 1982. i 1985. godine.

4.4.6.6 Izloženost vanjskom zračenju

Vanjsko zračenje

- doza vanjskog zračenja (gama-zračenja i ionizirajuće komponente kozmičkog zračenja) mjeri se s pomoću 57 TL-dozimetara u okolici NEK-a (postavljeni su u krug oko NEK-a na udaljenostima do 10 km) i devet TL-dozimetara na ogradi NEK-a; dozimetri se očitavaju u polugodišnjim intervalima; referentni dozimetar za sva vanjska mjerenja doze zračenja je u Ljubljani; u Hrvatskoj je instalirano dodatnih 10 TL dozimetara;
- mjerenja TL dozimetrima provode se paralelno na 50 lokacija diljem zemlje;
- u blizini NEK-a postavljeno je 14 kontinuiranih mjerača zračenja MFM-203 koji rade u sklopu mreže ranog upozorenja, od čega je 13 mjerača iz mreže NEK-a, a 1 mjerač je pod vodstvom Uprave za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije. Osim ovih, dodatnih 60 kontinuiranih mjerača uključeno je u mrežu ranog upozorenja u Sloveniji.

Svi TL dozimetri u Sloveniji očitavaju se na sustavu IJS MR 200 (C), a dozimetri u Hrvatskoj na sustavu koji se koristi na Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu. Podatke s kontinuiranih mjerača prikuplja i prenosi URSJV.

Zemlja

- uzorci tla prikupljaju se na tri lokacije neobrađenog tla nizvodno od NEK-a u poplavnim područjima (Amerika – 3,5 km od NEK-a, Gmajnice – 2,5 km od NEK-a i Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK-a); uzorkovanje se obavlja dva puta godišnje, odvojeno na dubinama do 30 cm.

Mjerenja gama-emitera provode se gama-spektrometrijom visoke razlučivosti, a radiokemijskom analizom utvrđuje se specifična aktivnost Sr-90/Sr-89. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti.

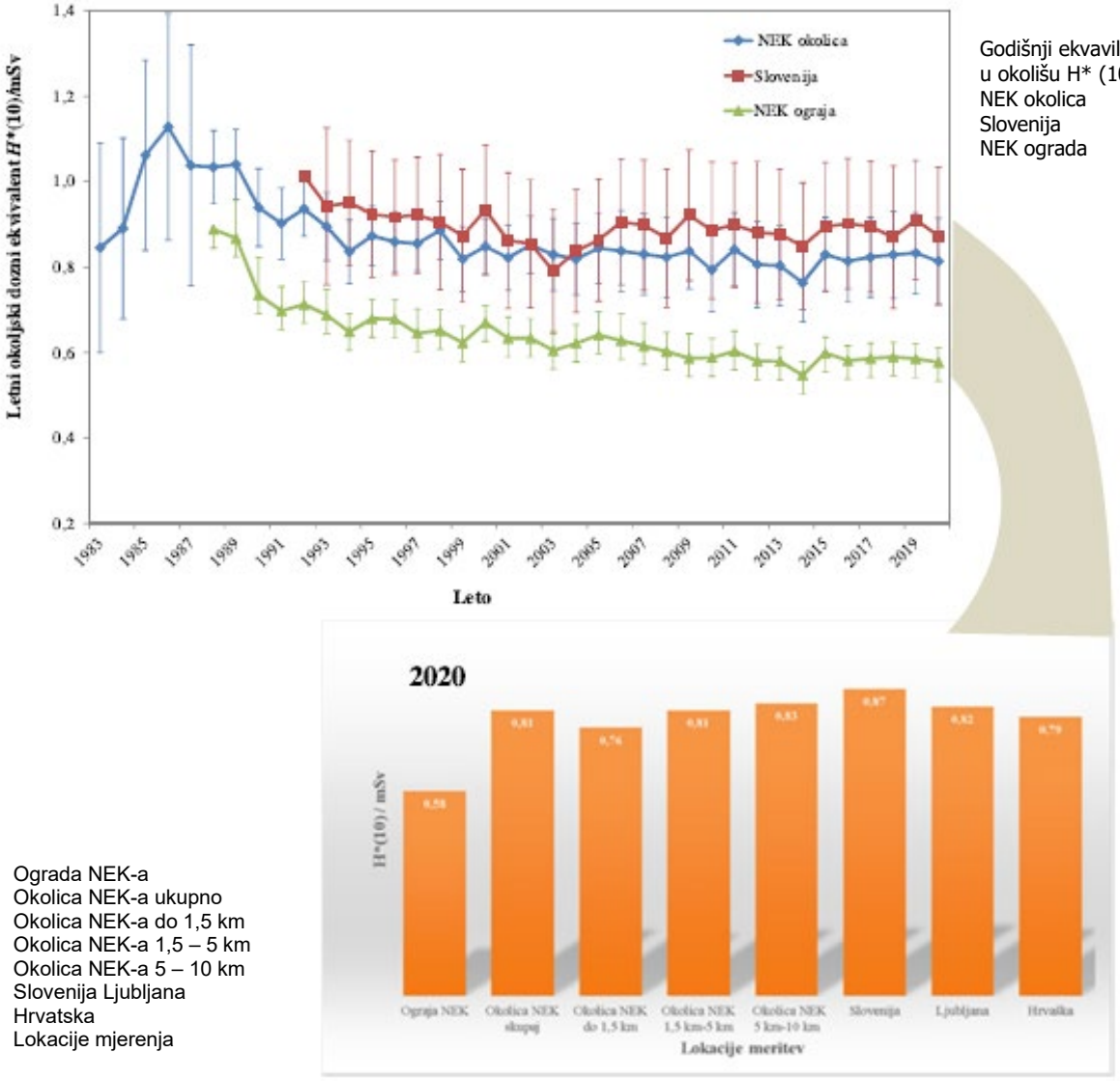
Rezultati 2020. godine – vanjsko zračenje

Vanjsko zračenje kojem je izloženo stanovništvo u blizini NEK-a obuhvaća kozmičko zračenje, zračenje prirodnih radionuklida (uglavnom produkata raspada radona) u atmosferi, zračenja iz radioaktivnog oblaka pri ispuštanju radioaktivnih tvari iz NEK-a u okoliš i vanjskog zračenja zbog prolaska oblaka sedimenta te vanjskog zračenja zbog prirodnih i umjetnih radionuklida u zemlji. Budući da TLD-i iz okoliša ne mjere dozu neutronske komponente kozmičkog zračenja, autori izvještaja /87/ izračunali su je s pomoću programa EXPACS. Program omogućuje izračun doze koja proizlazi iz pojedinih komponenti kozmičkog zračenja, uključujući neutronsku komponentu za bilo koju zemljopisnu dužinu i širinu. TLD mreža tako mjeri ukupnu dozu zračenja gama-prirodnih radionuklida u okolišu, ionizirajuće komponente kozmičkog zračenja i doprinos globalne kontaminacije Cs-137.

Na slici u nastavku (Slika 61) prikazujemo prosječni godišnji ekvivalent doze u okolišu H*(10) u blizini NEK-a, na ogradi NEK-a te u Sloveniji od početka mjerenja do 2020. godine. Za 2020. donosimo i usporedbu između prosječnih ekvivalenata doze u okolišu H*(10) izmjerenih u blizini NEK-a na referentnoj lokaciji u Ljubljani i prosječnih ekvivalenata izmjerenih u Hrvatskoj u sklopu NEK programa praćenja radioaktivnosti i prosječnih ekvivalenata mjereno unutar mjerenja radioaktivnosti u životnom okolišu u Republici Sloveniji. Izmjereni godišnji ekvivalenti doze u okolišu ne odstupaju od višegodišnjeg prosjeka na pojedinim lokacijama u kontekstu skupnih vrijednosti. Najniži godišnji H*(10) je uz ogradu NEK-a jer se ondje nalazi šljunkovito tlo s uklonjenim slojem zemlje. Vanjsko zračenje iz zemlje dodatno je oslabljeno asfaltiranim površinama i zgradama unutar ograde NEK-a.

Mjerenja u Sloveniji pokazuju da je prosječni godišnji ekvivalent doze u okolišu u blizini NEK-a sustavno malo niži nego u životnom okruženju u Sloveniji. To pripisujemo raznolikosti slovenskog krajolika, orografiji, sastavu tla, debljini snježnog pokrivača, neravnomjernom slijeganju Cs-137 nakon nesreće u nuklearnom reaktoru u Černobilu..., što utječe na dozu vanjskog zračenja. Raznolikost krajobraza određena je i na mjestima oko NEK-a, a osim fluktuacija efektivnih doza mjerenih TLD-om na obližnjim lokacijama, pridonose i lokalne posebnosti u postavljanju dozimetara u okoliš (livada, polje, šuma, asfaltirane površine, blizina zgrada, temperatura tla i sl.).

Za mjerenja vanjskog zračenja u Sloveniji u svim slučajevima karakteristično je izrazito smanjenje godišnjeg ekvivalenta doze u okolišu, osobito u prvim godinama nakon nesreće u Černobilu (1986.). Ta trajektorija nastavit će se i u 2020. Razlog je propadanje nataloženih kratkoživućih gama-emitera, koji su u početnom razdoblju najviše pridonijeli vanjskom zračenju, te prodor Cs-137 u tlo. Godišnji ekvivalenti doze u okolišu zbog globalne kontaminacije s Cs-137 na lokacijama u blizini NEK-a, procijenjeni uz pretpostavku stvarne dubinske raspodjele Cs-137, u rasponu su između 0,003 i 0,033 mSv. To je usporedivo s vrijednostima na mjestima gdje se uzorkuje tlo u sklopu monitoringa radioaktivnosti u Republici Sloveniji. Ondje se procijenjene godišnje doze H*(10) kreću od 0,015 do 0,052 mSv.



Godišnji ekvavilent doze u okolišu H* (10)/mSv
NEK okolica
Slovenija
NEK ograda

Ograda NEK-a
Okolica NEK-a ukupno
Okolica NEK-a do 1,5 km
Okolica NEK-a 1,5 – 5 km
Okolica NEK-a 5 – 10 km
Slovenija Ljubljana
Hrvatska
Lokacije mjerenja

Slika 61: Prosječni godišnji ekvivalent doze H(10) u okolici NEK-a, na ogradi NEK-a te u Sloveniji od početka mjerenja do 2020.[14] (izvor: /87/)*

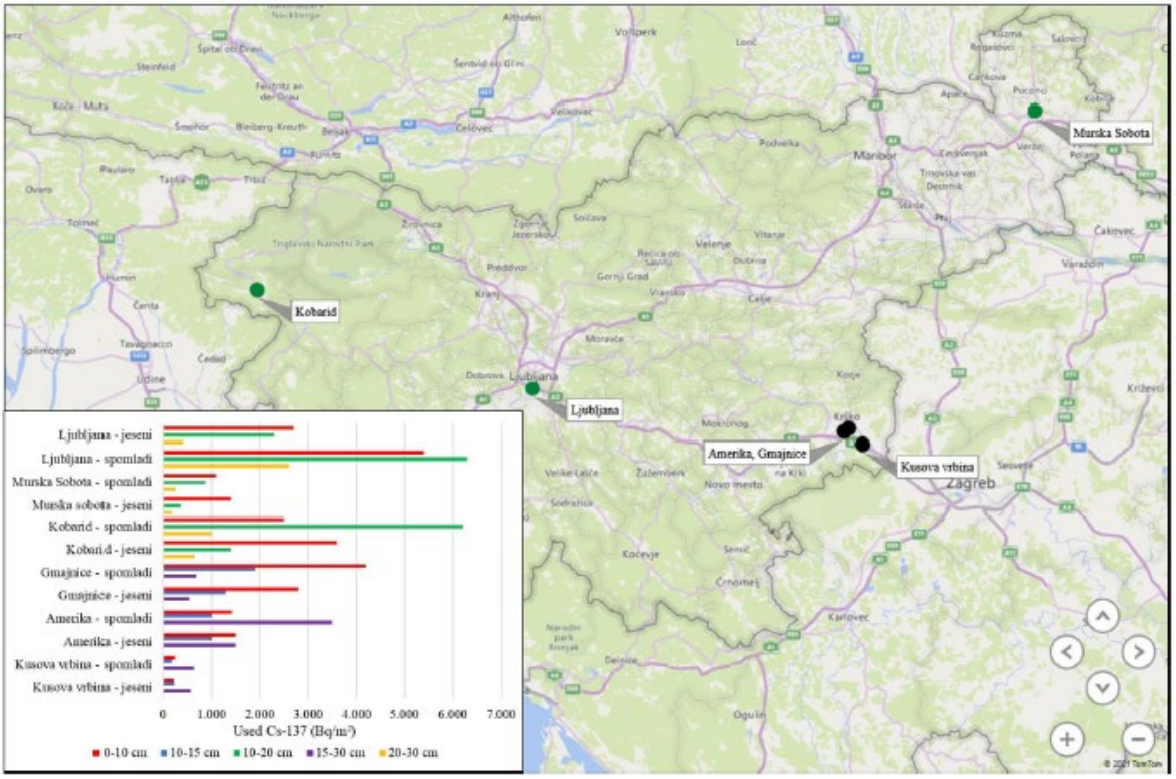
Rezultati 2020. – zemlja

Tlo se uzorkuje u poplavljenim područjima gdje su taloženja iz zraka i poplavljanja prijenosni putovi kojima ispuštanja iz NEK-a mogu doći do mjesta uzorkovanja.

Specifične aktivnosti Cs-137 u tlu u 2020. kretale su se od 2,5 Bq/kg na dubini od 5 do 10 cm na lokaciji Amerika do 63 Bq/kg na dubini od 5 do 10 cm u Gmajnicama. Rezultati mjerenja pokazuju da postoji znatno raspršenje specifičnih aktivnosti Cs-137 na mikrolokaciji u pojedinim godinama. Fluktuacije vrijednosti mogu se pripisati nehomogenosti svježeg nanosa nakon nesreće u Černobilu i preraspodjeli sedimenta na mikrolokaciji. Preraspodjela je posljedica hidrogeoloških procesa koji utječu na prodiranje Cs-137 u tlo. Ovaj nalaz može potkrijepiti utvrđeno pomicanje težišta nanosa u dubinu na lokaciji Kusova Vrbina. Dva izrazita skoka u dubinu težišta zasigurno su posljedica poplava koje su uzrokovale dodatni nanos svježeg pijeska. To je i razlog što je prodiranje Cs-137 u tlo naizgled brže nego na druga dva mjesta. Početna dubina težišta nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, s obzirom na podatke iz 1992. godine,

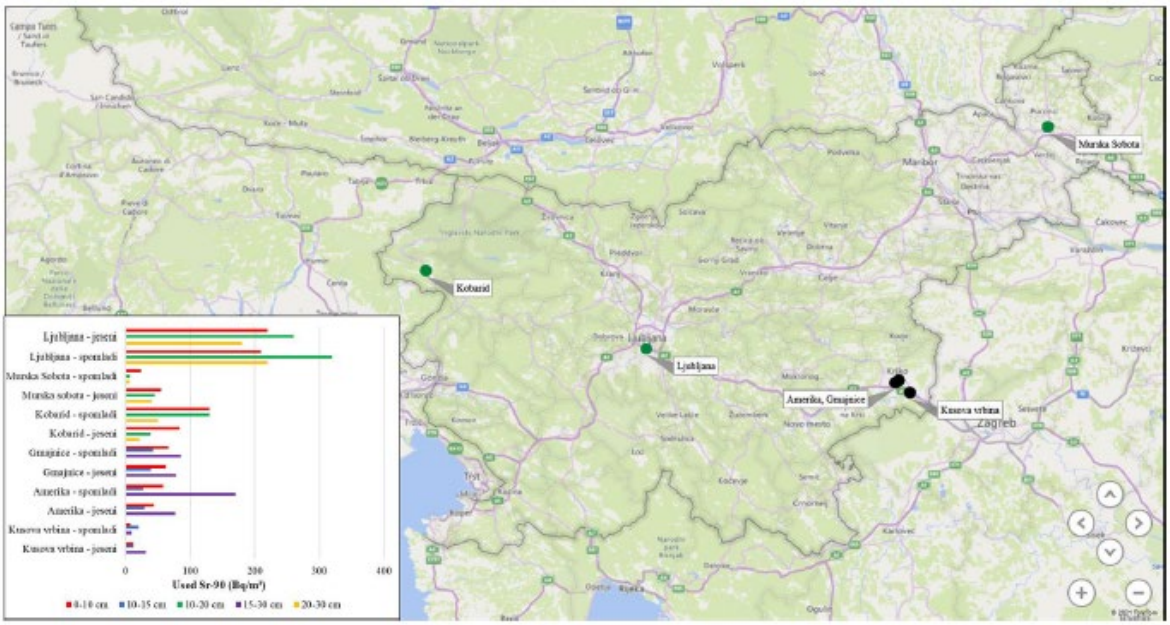
[14] Za 2020. donosimo i usporedbu između prosječnih ekvivalenata doze u okolišu H*(10) izmjerenih u okolici NEK-a na referentnoj lokaciji u Ljubljani i prosječnih ekvivalenata izmjerenih u Hrvatskoj unutar NEK programa praćenja radioaktivnosti i prosječnih ekvivalenata mjereno u sklopu mjerenja radioaktivnosti u životnom okolišu u Republici Sloveniji.

primjereno je veća. Osim toga, može se ustanoviti da se samo u 10-godišnjem kliznom prosjeku sprječava lokalna nehomogenost sedimentacije i utjecaj hidrogeoloških procesa u gornjim slojevima. Na slikama u nastavku (Slika 62 i Slika 63) prikazani su sedimenti Cs-137 i Sr-90 po dubinama za lokacije u okolici NEK-a, a za usporedbu se dodaju sedimenti diljem Slovenije. Možemo primijetiti da su sedimenti u okolici NEK-a niži nego u Sloveniji.



Slika 62: Sedimenti Cs-137 po Sloveniji (izvor: /87/)

jeseni	Na jesen
spomladi	U proljeće



Slika 63: Sedimenti Sr-90 po Sloveniji (izvor: /87/)

4.4.6.7 Hrana

- Mjesta uzorkovanja hrane u 2020. godini, koja su označena na priloženoj karti na kraju studije, bila su: voćnjak uz NEK (voće), Pesje (mlijeko, povrće), Brege (meso, mlijeko, povrće), Vihre (povrće), Vrbina (jaja, voće), Spodnji Stari Grad (meso, jaja, povrće), Žadovinek (povrće, žitarice), Trnje (povrće), Leskovec (meso, voće), Dolenje Skopice (mlijeko, povrće). U 2020. godini uzorkovane su ukupno 32 vrste hrane u blizini NEK-a.
- Povrće, žitarice i voće uzorkovani su od lipnja do listopada, meso i jaja u siječnju, ožujku i srpnju, a mlijeko mjesečno.
- Mjerenja sadržaja C-14 u biljnim uzorcima provedena su u srpnju i rujnu 2020. godine u neposrednoj blizini NEK-a (vanjski krug) i na kontrolnoj točki u Dobovi. Specifična aktivnost C-14 izmjerena je u kukuruzu i pšenici.

Specifične aktivnosti gama-emitera mjerene su gama-spektrometrijom visoke razlučivosti, a specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 radiokemijskom metodom. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 provodi se na istim uzorcima kao i gama-spektrometrija visoke razlučivosti.

Rezultati 2020.
U hrani nisu otkriveni radionuklidi koji se ne nalaze u zraku ni u tekućim ispuštanjima NEK-a. Iznimke su C-14, Cs-137 i Sr-90, koji su uglavnom posljedica kozmogenog podrijetla ili globalne kontaminacije. C-14 se ugrađuje u biljke u procesu fotosinteze, a u životinjski i ljudski organizam ulazi uglavnom konzumacijom biljne hrane. Specifična aktivnost C-14 u neposrednoj blizini NEK-a u 2020. izmjerena je u kukuruzu i pšenici u srpnju i rujnu. Nema statistički bitnih razlika između prosječnih sadržaja C-14 u hrani i vegetaciji mjerenih u srpnju i rujnu na istim lokacijama. Najveća izmjerena specifična aktivnost C-14, (242 ± 3) Bq po kilogramu ugljika, izmjerena je u kukuruzu (lokacija M, Žadovinek) u srpnju.

Izračunate specifične aktivnosti radionuklida koji su dospjeli u okoliš nakon emisija u zrak iz NEK-a najmanje su pet redova veličine niže od izmjerenih specifičnih aktivnosti u hrani. To objašnjava da se razine Cs-137 i Sr-90 u hrani pripisuju globalnom onečišćenju. Specifične aktivnosti radionuklida u hrani u blizini NEK-a i diljem Slovenije uvelike variraju zbog neravnomjernog globalnog onečišćenja, orografije, sastava tla i drugih površinskih karakteristika Republike Slovenije. Unutar nesigurnosti prosjeka po skupinama hranjivih tvari, specifične aktivnosti Cs-137 i Sr-90 usporedive su s onima uzorkovanima u blizini NEK-a i Slovenije.

Među prirodnim radionuklidima u hrani je najzastupljeniji K-40 koji se unosi različitim putovima prijenosa iz tla, umjetnih gnojiva i zraka, a prisutni su i radionuklidi raspadajućih vrsta U-238 i Th-232. U 2020. godini specifična aktivnost K-40 u hrani proizvedenoj u Krško-brežičkom polju kretala se od 27 Bq/kg (krastavci) do 399 Bq/kg (grah u zrnu), u hrani uzorkovanoj drugdje u Sloveniji od 32 Bq/kg (kruška) do 176 Bq/kg (mlijeko). U blizini NEK-a lisnato povrće i voće pripadaju skupini s višom specifičnom aktivnošću K-40, a mlijeko i voće onoj s nižom aktivnošću K-40.

4.4.7 Procjena učinaka ionizirajućeg zračenja

Procjena utjecaja ionizirajućeg zračenja na postojeće stanje temelji se na dokumentu „Monitoring radioaktivnosti u blizini NEK-a", Izvještaj za 2020. godinu /87/.

4.4.7.1 Tekuća ispuštanja u 2020. godini

Radom NEK-a u Krškom koncentracije aktivnosti ispuštenih radionuklida, osim H-3, znatno su ispod granica detekcije u okolišu ili je potencijalni doprinos ovih radionuklida teško odvojiti od pozadine (C-14, Cs-137). Stoga se njihov utjecaj na ljude i okoliš neizravno vrednuje iz podataka o ispuštanjima u atmosferu i tekućim ispuštanjima. Putem modela koji opisuju širenje radionuklida kroz različite prijenosne putove u okolišu procjenjuje se izloženost stanovništva.

Zbog izgradnje HE Brežice i stvaranja akumulacijskog jezera promijenjeni su načini i putovi izlaganja stanovništva. Trenutačna procjena utjecaja ispuštenih radionuklida, opisana u nastavku, temelji se na

starim pretpostavkama i ne uzima u obzir sve hidrauličke parametre i konfiguracije korita rijeke Save, kao što su miješanje na brani, nesigurnosti tokova, protok rijeke Save nizvodno u podzemne vode (prije izgradnje akumulacije HE Brežice).

Modelski izračun, na temelju tekućih ispuštanja i podataka o godišnjem protoku rijeke Save, uzimajući u obzir karakteristike referentne skupine (tj. ribari koji love na akumulacijskom jezeru do 350 m nizvodno od brane NEK-a provode mnogo vremena na obali i jedu ribu iz Save), pokazao je da je efektivna doza za odraslu osobu zbog ispuštanja u rijeku Savu 2020. godine u Brežicama 0,006 µSv godišnje (boravak na obali i konzumacija ribe). Na lokaciji 350 m ispod brane NEK-a izračunata je godišnja efektivna doza za odraslu osobu od 0,014 µSv. Kad bi se uzele u obzir prosječne navike referentne osobe, primljene efektivne doze bile bi nekoliko puta niže. U ukupnoj efektivnoj dozi tako najviše pridonosi H-3 (44 %), pri čemu prevladava prijenosni put konzumacije ribe. Zbog zadržavanja na obali, najveći dio ukupnog opterećenja je zbog ispuštanja Co-60 i Co-58. Uzimajući u obzir pijenje vode iz rijeke Save, što je malo vjerojatan put prijenosa, prevladao bi doprinos H-3 (100 %).

Za crpilište Brege izračunata je najveća procijenjena godišnja efektivna doza u blizini NEK-a u 2020. godini zbog konzumacije vode iz vodovoda na Krško-brežičkom polju (4,5 µSv za odraslu referentnu osobu, 6,4 µSv za djecu i 26,9 µSv za dojenčad). Gotovo cijelo opterećenje ide na račun prirodnih radionuklida. Umjetni radionuklidi pridonose opterećenju s najviše 1,2 %, što je uglavnom posljedica globalne kontaminacije i NEK na njih ne utječe. Za djecu i dojenčad taj je udio još manji. U usporedbi s druga dva crpilišta, kao i s ljubljanskim vodoopskrbnim sustavom, utjecaj prirodnih radionuklida najveći je za Brege. To crpilište pokazuje neposrednu povezanost površinske i podzemne vode u slučaju korištenja kemijskih sredstava u poljoprivredi, što ilustriraju mjerenja iz Izvještaja o kvaliteti vode za piće u javnoj vodoopskrbi u općinama Krško i Kostanjevica na Krki 2019. godine /280/. Slično dokazuje i veća koncentracija prirodnih radionuklida ili kalija K-40 u vodi, što je za Brege oko tri puta više nego za Rore.

Procijenjene godišnje efektivne doze zbog umjetnih radionuklida u pitkoj vodi u vodoopskrbnim sustavima Brežica i Krškog daleko su ispod dopuštene granične doze (50 µSv), a koncentracije aktivnosti ispod izvedenih granica izračunate su uzimajući u obzir da je efektivna granica doze 100 µSv godišnje.

4.4.7.2 Atmosferska ispuštanja u 2020. godini

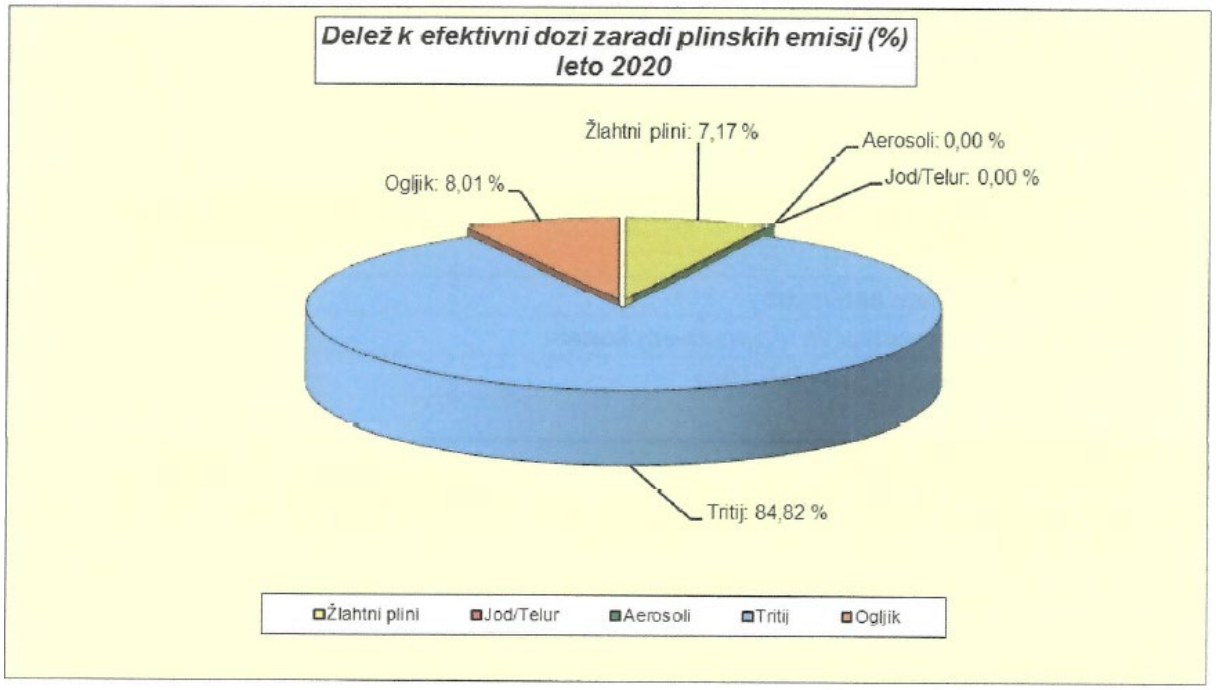
Efektivna doza iz monitoringa imisije
Kod izračunavanja doza uzima se u obzir nekoliko konzervativnih pretpostavki – kao što su vremenski uvjeti (najnepovoljniji godišnji faktor razrjeđenja određenog smjera vjetra), visina ispusta (prizemni ispust) i stalna prisutnost fiktivne osobe na udaljenosti od 500 m. Svrha ovog izračuna je usporedba administrativne granice doze u neposrednoj blizini elektrane, a ne stvarnog zračenja stanovništva, koje je razumljivo znatno niže.

S obzirom na to da je emisija važnijih fisijskih produkata zanemariva, doprinosi H-3 i C-14 (kao CxHy) bili su relativno važniji jer čine 93,0 % ukupne doze.

Doprinos emisije plemenitih plinova iznosio je 7 % ukupne doze, a ostali su radionuklidi bili manje važni.

Doza se izračunava za zračenje iz oblaka plemenitih plinova i za unutarnje zračenje zbog udisanja ostalih radionuklida.

Efektivna doza se izračunava Lagrangeovim modelom godišnje disperzije za ispuštanje u zemlju i na udaljenosti je od 500 m od osi reaktora 0,45 µSv. Doprinosi pojedinih izotopa dozi zbog emisije u zrak prikazani su na slici (Slika 64).



Slika 64: Izračunati doprinos dozi prema pojedinim elementima u plinovitim emisijama na udaljenosti od 500 m od reaktora (izvor: /88/)

Delež k efektivni dozi zaradi plinskih emisij (%)leto 2020	Udio efektivne doze zbog plinovitih emisija (%) 2020.
Žlahtni plini	Plemeniti plinovi
Jod/Telur	Jod/Telur
Aerosoli	Aerosoli
Tritij	Tritij
Ogljik	Ugljik

Efektivna doza iz monitoringa emisija

Kod procjene utjecaja atmosferskih ispuštanja uzimaju se u obzir sljedeće skupine radionuklida:

- plemeniti plinovi koji su od velike važnosti za vanjsko izlaganje tijekom prolaska oblaka;
- čisti beta-emiteri kao što su H-3 i C-14, koji su biološki važni samo zbog unosa u organizam udisanjem (H-3, C-14) i gutanjem (C-14);
- beta/gama-emiteri u aerosolima (Co, Cs, Sr izotopi itd.) prijenosnim putovima: udisanje, vanjsko zračenje iz sedimenta, konzumacija radionuklida nataloženih na biljke;
- izotopi joda u različitim fizikalnim i kemijskim oblicima, važni kod udisanja tijekom prolaska oblaka i zbog unosa u tijelo mlijekom.

U tablicama u nastavku prikazana je procjena emisija u zrak s modelskim izračunom disperzijskog koeficijenta u atmosferi za 2020. godinu i za pojedine skupine radionuklida po najvažnijim prijenosnim putovima za odrasle stanovnike u Spodnjem Starom Gradu, koji je najbliže naselje izvan kontroliranog područja (Tablica 88) i pokraj ograde NEK-a. Procjene se također odnose na udaljenost od 500 m od osi reaktora (Tablica 89). Postoji ograničenje za dodatnu izloženost stanovništva na rubu kontroliranog područja (500 m od osi reaktora) i nadalje, da ukupna godišnja efektivna doza doprinosa svih prijenosnih putova po pojedincu od stanovništva ne smije biti veća od 50 μSv. Iz tablica se može utvrditi da su doprinosi godišnjoj efektivnoj dozi za odraslog stanovnika na ogradi NEK-a 0,0079 vSv, a u naselju Spodnji Stari Grad 0,0066 μSv.

Od 2007. godine disperzijski faktori vanjskog zračenja iz oblaka i inhalacija procjenjuju se s pomoću Lagrangeova modela koji uključuje karakteristike terena u blizini NEK-a i veći skup meteoroloških varijabli. Model koristi sve izmjerene podatke sadržane u EIS-u, ekološkom informacijskom sustavu

kojim upravlja NEK. Za emisije, to je protok plinova kroz glavni ispušni plin. Model također treba brzinu ispušnih plinova i presjek dimnjaka na ispuhu. Nakon konzultacija s NEK-om, temperatura dimnih plinova utvrđena je na 25 °C. Do 2010. godine doprinos radijacije sedimenta procijenjen je Gaussovim modelom, uzimajući u obzir prizemni ispust. Procjena za ispuštanje u zrak u 2020. usporediva je s prethodnim godinama u kontekstu pretresanja podataka.

Tablica 88: Izloženost zračenju stanovništva (odraslih osoba) u naselju Spodnji Stari Grad zbog atmosferskih ispuštanja iz NEK-a u 2020. godini (izvor: /87/)

Način izlaganja	Prijenosni put	Najvažniji radionuklidi	Godišnja doza (mSv)
vanjsko zračenje	inverzija (oblak) zračenje iz sedimenta	plemeniti plinovi (Ar-41, izotopi Xe) aerosoli (izotopi I i Co, Cs-137)	3,6 E–7 7,2 E–16
udisanje	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	6,3 E–6
gutanje	biljna hrana	C-14	0[15]

Tablica 89: Izloženost zračenju stanovništva (odrasla osoba) uz ogradu NEK-a zbog atmosferskih ispuštanja iz NEK-a u 2020. godini (izvor: /87/)

Način izlaganja	Prijenosni put	Najvažniji radionuklidi	Godišnja doza (mSv)
vanjsko zračenje	inverzija (oblak) zračenje iz sedimenta	plemeniti plinovi (Ar-41, izotopi Xe) aerosoli (izotopi I i Co, Cs-137)	5,6 E–7 4,7 E–15
udisanje	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	7,3 E–6
gutanje	biljna hrana	C-14	5,0 E–5

Mjerenja C-14 obavljena su 2020. godine na uzorcima pšenice i kukuruza na Institutu „Jožef Stefan". Rezultati mjerenja pokazuju očekivano blago povećanje specifične aktivnosti C-14 u uzorcima na udaljenosti do 1 km od osi reaktora u usporedbi s uzorcima uzetima na referentnoj točki u Dobovi. Procijenjena godišnja efektivna doza zbog unosa C-14 veća je za 5 E-5 mSv u blizini NEK-a (do 1 km) od kontrolne točke u Dobovi. Kod izračunavanja doze primljene zbog C-14 u blizini NEK-a konzervativno smo pretpostavili da stanovnici dva mjeseca godišnje konzumiraju hranu iz neposredne blizine NEK-a (blizu ruba kontroliranog područja), a ostalih 10 mjeseci hranu iz drugih krajeva (Dobova). Iz toga proizlazi da se pri izračunu doze zbog C-14 također uzima u obzir da stanovnici konzumiraju hranu proizvedenu na području Krško – Brežice (od ograde NEK-a do Dobove).

Razlika između izračunavanja doze zbog C14 i doze zbog unosa drugih radionuklida u hrani je u tome što se za C-14 uzima u obzir ponderirani prosjek specifične aktivnosti C-14 prema mjestu uzorkovanja, ali za ostale radionuklide to nije moguće zbog različitih metoda uzorkovanja. Doza C-14 odnosi se na hranu, a ne na pojedinu vrstu hrane, jer se specifične aktivnosti C-14 (u Bq po kilogramu ugljika) ne razlikuju u različitim vrstama namirnica. Odnos između izotopa C-14 i C-12 je konstantan u svim organizmima i izražava omjer između izotopa u atmosferi. Međutim, u slučaju umjetnog oslobađanja C-14 odnos između izotopa C-14 i C-12 u atmosferi i organizmima može se promijeniti jer izotopi C-14 zamjenjuju izotope C-12 u organskim molekulama.

4.4.7.3 Prirodno zračenje 2020.

Mjerenja vanjskog zračenja u okolici NEK-a i u 2020. godini potvrdila su saznanja iz prošlosti da se radi o tipičnom prirodnom okružju kakvog ima i drugdje u Sloveniji i svijetu. Godišnja ekološka doza ekvivalenta H*(10) gama-zračenja i ionizirajućih komponenti kozmičkog zračenja u blizini NEK-a iznosila je u prosjeku 0,90 mSv na otvorenom. To je više od procijenjene godišnje efektivne unutarnje doze od 0,83 mSv (1998.).

[15] Rezultat je manji od mjerne nesigurnosti.

Tome treba dodati doprinos H*(10) neutronskog kozmičkog zračenja, koje iznosi 0,07 mSv godišnje za područje NEK-a. Tako je ukupna doza prirodnog vanjskog zračenja H*(10) u 2020. godini u blizini NEK-a iznosila 0,97 mSv godišnje. Odgovarajuća godišnja efektivna doza (uzimajući u obzir faktore konverzije iz publikacije Radiation Protection 106) iznosi 0,81 mSv godišnje, što je niže od globalnog prosjeka (0,87 mSv godišnje).

Specifične aktivnosti prirodnih radionuklida u hrani usporedive su s prosječnim vrijednostima u svijetu, pa se efektivna doza zbog unosa hrane temelji na zaključcima iz UNSCEAR-a[16].

Pojedinačni doprinosi dozi prirodnog zračenja prikupljeni su u tablici C izvornog dokumenta. Ukupna godišnja efektivna doza procjenjuje se na 2,39 mSv, što je usporedivo s prethodnim godinama i svjetskim prosjekom od 2,4 mSv godišnje.

Tablica 90: Efektivne doze E zbog prirodnih izvora zračenja u okolici NEK-a u 2020. (izvor:/87/)

Izvor	Godišnja efektivna doza E (mSv)
Gama-zračenje i izravno ionizirajuće kozmičko zračenje kozmički neutroni[17]	0,76 0,06
gutanje (K, U, Th) (55), efektivna doza)	0,27
udisanje (kratkoživući potomci Rn-222, efektivna doza)[18]	1,3
ukupno	**2,39**

4.4.7.4 Prirodni radionuklidi u 2020. godini

Izmjerene aktivnosti prirodnih radionuklida (lanac uranija i torija, K-40, Be-7) ne razlikuju se bitno od vrijednosti izmjerenih u ostalim dijelovima Slovenije i vrijednosti navedenih u literaturi. To se odnosi na rijeku Savu, podzemne vode, vodoopskrbu i sedimente, kao i na zrak i hranu. Isto tako vrijedi i da su vrijednosti usporedive s onima iz prethodnih godina.

4.4.7.5 Černobilska kontaminacija, eksperimentalne nuklearne eksplozije i nesreća u Fukushimi (2020. godina)

U 2020. godini, kao i prethodnih godina, Cs-137 i Sr-90, koji su proizašli iz nesreće u Černobilu i eksperimentalnih nuklearnih eksplozija, bili su mjerljivi među antropogenim radionuklidima u zemlji. Učinak radionuklida koji su ušli u atmosferu nakon nesreće u japanskoj nuklearnoj elektrani Fukushima 2011. godine nije detektiran 2020. godine.

Doprinos Cs-137 vanjskom zračenju procijenjen je na manje od 0,017 mSv godišnje, što je 2,5 % prosječne godišnje vanjske doze zbog prirodnog zračenja u blizini NEK-a. Ocjena je usporediva s onima od prethodnih godina.

Predviđena efektivna doza zbog udisanja radionuklida koji su posljedica opće kontaminacije (Cs-137 i Sr-90) procjenjuje se na 2,7 E-7 mSv po odrasloj osobi godišnje.

Cs-137 i Sr-90 iz nuklearnih pokusa i nesreće u Černobilu izmjereni su u tragovima u pojedinim namirnicama. Efektivna doza zbog konzumacije ove hrane za 2020. godinu procijenjena je na 3 E-4 mSv godišnje za Cs-137 i 1,3 E-3 mSv godišnje za Sr-90, što je ukupno 0,8 % godišnje efektivne doze zbog prirodnih radionuklida (bez K-40) u hrani. Procijenjena doza je usporediva s onima iz prethodnih godina.

[16] UNITED NATIONS, Sources and effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), YN, New York, 2000.
[17] Procjena efektivne doze vanjskog zračenja iz ekvivalenta doze okoliša H*(10) s obzirom na faktor konverzije E/H * (10) = 0,84 za fotone od 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999.). Faktori pretvorbe u rasponu od 100 keV do 6 MeV su u rasponu od 0,84 do 0,89.
[18] Velik doprinos kratkoživućih potomaka radona efektivnoj dozi procijenjen je u izvještaju za 2000. godinu (IJS-DP-8340, #3 na stranici 7).

Godišnjoj efektivnoj dozi u hrani najviše pridonosi C-14, koji je u prehrambeni lanac ušao prirodnim putem i zbog nadzemnih nuklearnih pokusa u šezdesetim godinama prošlog stoljeća.

4.4.7.6 Usporedba s prethodnim godinama (2020. godina)

U tablici (Tablica 91) prikazani su pojedinačni doprinosi godišnjoj efektivnoj dozi zbog emisija NEK-a u godinama 2016. – 2020. za odraslu osobu na ogradi NEK-a. Procjene se također odnose na udaljenost od 500 m od osi reaktora. Iznimka je doza zbog vanjskog zračenja izmjerena TLD-om. Tijekom izgradnje objekta skinut je gornji sloj zemlje pokraj ograde NEK-a i nasut šljunak, zbog čega je prosječni godišnji ekvivalent doze u okolišu u blizini NEK-a 40 % veći od one na ogradi NEK-a. Iz tog razloga navodimo prosječni okolišni ekvivalent doze za okolicu NEK-a.

Tablica 91: Sažetak godišnje izloženosti stanovništva u okolici NEK-a za razdoblje 2016. – 2020. (izvor:/87/)

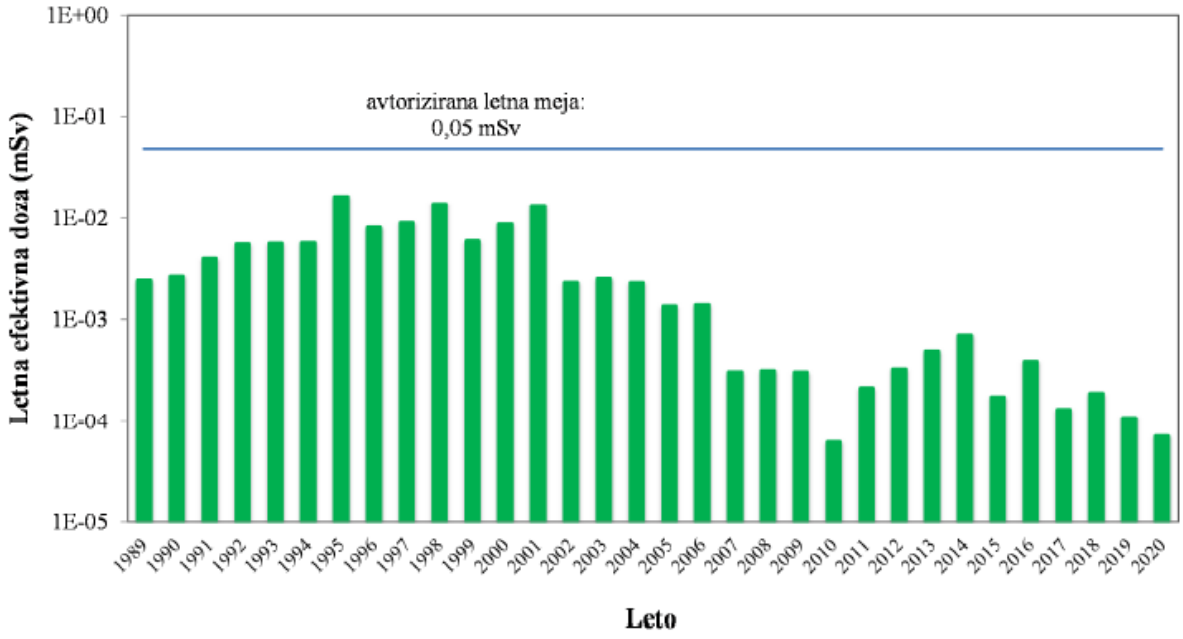
		Godišnja efektivna doza E (mSv)				
Izvor	**Prijenosni put**	**2020. godina**	**2019. godina**	**2018. godina**	**2017. godina**	**2016. godina**
prirodno zračenje	gama i ionizirajuće kozmičko zračenje	0,76**	0,64**	0,70**	0,69**	0,68**
	kozmički neutroni	0,06	0,08	0,09	0,08	0,1
	gutanje (K, U, Th)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	inhalacija (kratkoživuće potomstvo Rn-222)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
	Ukupno prirodno zračenje	2,39	2,29	2,36	2,34	2,35
NEK izravno zračenje uz ogradu NEK-a	izravno zračenje iz objekata NEK-a	nemoguće utvrditi	nemoguće utvrditi	nemoguće utvrditi	nemoguće utvrditi	nemoguće utvrditi
NEK atmosferska ispuštanja* (na ogradi NEK-a)****	vanjsko zračenje iz oblaka	5,6 E–7	1,2E-6	9,4E-7	7,1E-7	6,9E-7
	vanjsko zračenje iz sedimenta (izotopi I i Co, Cs-137)	4,7 E–15	2,7E-12	2,1E-12	1,2E-12	5,8E-12
	inhalacija iz oblaka (H-3, C-14)	7,3 E–6	1,6E-5	3,0E-5	2,4E-5	1,3E-5
	konzumacija (C-14)	5,0 E–5	8,0E-5	8,0E-5	1,0E-4	1,0E-4
NEK tekuća ispuštanja (Sava)	referentna grupa (350 m ispod brane NEK-a)	1,4 E–5	1,2E-5	8,0E-6	8,0E-6	2,7E-4
	odrasla osoba, Brežice	6,3 E–6	5,4E-6	4,0E-6	4,0E-6	1,3E-4

		Godišnja efektivna doza E (mSv)				
Izvor	**Prijenosni put**	**2020. godina**	**2019. godina**	**2018. godina**	**2017. godina**	**2016. godina**
kontaminacija iz Černobila nuklearni pokusi	vanjsko zračenje**	< 1,7E-2***	< 1,3E-2***	< 2,3E-2***	< 3,3E-2***	< 4,0E-2***
	konzumacija biljne i životinjske hrane (bez C-14)	1,6 E–3	1,0E-3	1,5E-3	1,4E-3	Konzumacija ukupno: 1,4E-3
	konzumacija biljne hrane (C-14)	1,5 E–2	1,5E-2	1,5E-2	1,5E-2	
	konzumacija riba	8,9 E–5	1,4E-4	7,5E-4	1,1E-3	

* Ukupan iznos doprinosa NEK-a nije naveden jer nisu svi doprinosi zbrojivi, budući da se ne radi o istim skupinama stanovništva.
**Procjena efektivne doze vanjskog zračenja iz ekvivalenta doze okoliša H*(10) s obzirom na faktor konverzije E/H*(10) = 0,84 za fotone od 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999.).
*** Ova procjena ne uzima u obzir da stanovnik 20 % vremena provodi na otvorenom i da je faktor zaštite kod boravka u kući 0,1. Radi se o konzervativnoj procjeni.
**** Procjena se također okvirno odnosi na udaljenost od 500 m od osi reaktora.

Kada zbrojimo vrijednosti atmosferskih i tekućih ispuštanja, nalazimo da je utjecaj kontroliranih ispusta iz NEK-a na stanovništvo znatno ispod dopuštene granice. Pritom je potrebno naglasiti da se radi o različitim skupinama stanovništva te je stoga zbroj samo gruba procjena godišnje efektivne doze.

Na sljedećoj slici (Slika 65) procijenjene su godišnje efektivne doze pojedinačnih referentnih skupina zbog ispusta iz NEK-a. Označena je i godišnja dopuštena granica (0,05 mSv).



Slika 65: Procijenjene godišnje efektivne doze pojedinačnih referentnih skupina zbog ispusta iz NEK-a (izvor:/87/)

Letna efektivna doza (mSv)	Godišnja efektivna doza (mSv)
Avtorizirana letna meja	Dopuštena godišnja granica
Leto	Godina

Od 2005. do 2011. ukupni zbroj se smanjio, a 2012. godišnja efektivna doza po stanovniku na ogradi NEK-a (procjene se okvirno odnose i na udaljenost od 500 m od osi reaktora) bila je nešto viša zbog utjecaja C-14 na prehrambeni lanac tijekom vegetacije i promijenjenih pretpostavki u izračunu doze, ali i dalje dva reda veličine ispod dopuštene granice. Povećanje godišnje efektivne doze evidentno je i u 2013. i 2014. godini, ali se može pripisati isključivo doprinosu C-14 u tekućim ispuštanjima, što se prethodnih godina nije uzimalo u obzir.

U 2020. godini zbroj daje drugu najnižu vrijednost u posljednju 31 godinu. Najniža je bila 2010. godine. Ovako niske vrijednosti mogu se pripisati malim kontroliranim ispustima iz NEK-a (kvalitetno gorivo) te činjenici da u 2020. godini nije bilo redovitog remonta. Kada se uspoređuju doprinosi u pojedinim godinama, treba imati na umu da se za izračun vanjskog zračenja i udisanja iz oblaka od 2007. koristi Lagrangeov model, koji može dati niže vrijednosti izloženosti, te da su vrijednosti doprinosa dozi zbog potrošnje C-14 (iz atmosferskih ispuštanja) do 2006. godine procijenjene na temelju ispusta i podataka iz sličnih elektrana.

Dakle, možemo zaključiti da su učinci zračenja NEK-a za nekoliko redova veličine manji od globalnog onečišćenja i učinaka primjene radionuklida u medicini. Štoviše, procijenjena vrijednost učinaka zračenja (godišnje efektivne doze) NEK-a na stanovništvo u blizini ograde NEK-a (i približno 500 m od osi reaktora) iznosi približno 0,003 % od karakteristične neizbježne prirodne pozadine.

U okolišu oko NEK-a mjereni su i ostali radionuklidi, koji su najvećim dijelom dio globalne kontaminacije (C-14, Sr-90, Cs-137) ili primjene u medicini (I-131), odnosno kozmogenog izvora (H-3, C-14). Doprinosi godišnjoj efektivnoj dozi putem medija za sve umjetne radionuklide, koje prima stanovništvo (odrasli) iz najbližih naselja ili referentnih lokacija, prikupljeni su u tablici (Tablica 91), dodana je usporedba s prethodnim godinama. U 2020. godini najveći je doprinos zbog vanjskog zračenja – posljedica prisutnosti Cs-137 u tlu (globalno onečišćenje). Drugi najveći doprinos je zbog C-14 u hrani. Također možemo utvrditi da se zbroj doprinosa tijekom godina smanjuje, što je uglavnom posljedica smanjene procjene zbog zračenja Cs-137 iz tla.

Autori izvještaja /87/ **utvrdili su** da su svi načini izloženosti stanovništva **zanemarivi** u usporedbi s prirodnim zračenjem, ograničenjima doze i dopuštenim granicama.

4.4.7.7 Zaključci – 2020. godina

Sažetak izloženosti stanovništva u okolici NEK-a za 2020. godinu nalazi se u tablici (Tablica 91), u kojoj su navedeni doprinosi prirodnog zračenja, utjecaji NEK-a pokraj ograde NEK-a i preostali utjecaji kontaminacije iz Černobila te pokusnih nuklearnih eksplozija:

- u 2020. godini svi učinci zračenja NEK-a na okolno stanovništvo na ogradi NEK-a (procjena se okvirno odnosi i na udaljenost od oko 500 m od osi reaktora) i 350 m nizvodno od brane NEK-a, procijenjeni su na manje od 7,14 E-5 mSv godišnje;
- procijenjena vrijednost učinaka zračenja NEK-a na ogradi NEK-a iznosi približno 0,003 % karakteristične neizbježne prirodne pozadine. Procjena se također okvirno odnosi na udaljenost od 500 m od osi reaktora;
- procijenjena vrijednost je mala u usporedbi s dopuštenom graničnom dozom za stanovništvo u okolici NEK-a (efektivna doza od 50 µSv godišnje na udaljenosti od 500 m i dalje za doprinose po svim putovima prijenosa);
- zbroj svih doprinosa učinaka zračenja drugi je najniži u posljednju 31 godinu. Niske vrijednosti mogu se pripisati malim kontroliranim ispuštanjima iz NEK-a (kvalitetno gorivo) te činjenici da u 2020. godini nije bilo redovitog remonta. Za niske učinke nuklearne elektrane zaslužni su i zaposlenici NEK-a koji se na odgovarajući način brinu o kontroli i ograničavanju ispuštanja;
- ukupnoj efektivnoj dozi najviše pridonosi konzumacija hrane (86,9 %) unosom C-14;

  efektivna doza zbog udisanja pridonosi ukupnoj efektivnoj dozi od 10,2 %. Među radionuklidima najviše pridonosi H-3;

- efektivna doza vanjskog zračenja pridonosi ukupnoj efektivnoj dozi od 2,9 %. Među radionuklidima najviše pridonosi Co-60;
- zbroj doprinosa efektivnih doza izračunatih iz mjerenja uzoraka iz okoliša smanjuje se tijekom godina, uglavnom zbog smanjenog zračenja Cs-137 iz tla. To je ostatak taloga zraka i oborina nakon nesreće 1986. u nuklearnom reaktoru u Černobilu u Ukrajini.

4.4.8 Onečišćenje mirisom

U studiji se ne razmatraju mirisi (objašnjenje u poglavlju 1.7.4.).

4.4.9 Onečišćenje otpadom

Na temelju terenskog obilaska, uže i šire područje razmatrane lokacije nije onečišćeno otpadom. Otpad iz proizvodnih djelatnosti i komunalni otpad redovito se predaju adekvatnim skupljačima / operaterima obrade pojedinih vrsta otpada te pružatelju komunalne djelatnosti gospodarenja komunalnim otpadom.

4.4.10 Onečišćenje radioaktivnim otpadom

4.4.10.1 Općenito

Početkom probnog pogona NEK-a 1981. godine u Sloveniji se počela stvarati znatna količina radioaktivnog otpada. Može biti u plinovitom, tekućem ili krutom stanju. Dio tekućeg i plinovitog radioaktivnog otpada u skladu s ovlaštenim ograničenjima regulatornog tijela kontinuirano ili povremeno ispušta se u okoliš. U sklopu procesa gospodarenja radioaktivnim otpadom, ostali otpadni materijali moraju se pravilno preraditi u kruti oblik, pohraniti i odložiti na odlagalište radioaktivnog otpada.

Raspodjela radioaktivnog otpada u krutom obliku navedena je u Pravilniku o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list Republike Slovenije, br. 125/21). Radioaktivni otpad u krutom obliku s obzirom na stupanj i vrstu radioaktivnosti razvrstava se u sljedeće kategorije:

- prijelazni radioaktivni otpad;
- vrlo niskoradioaktivni otpad;
- nisko- i srednjoradioaktivni otpad (NSRAO);
- visokoradioaktivni otpad (VRAO) i
- radioaktivni otpad s prirodnim radionuklidima.

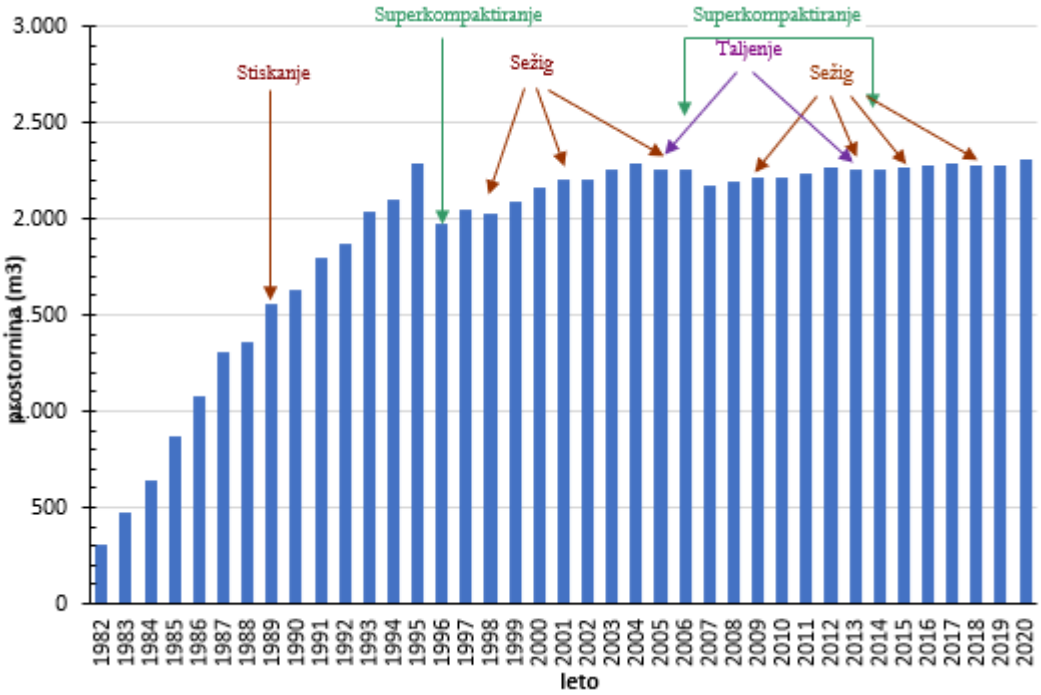
Uz aktivnosti, životni vijek radionuklida sadržanih u otpadu posebno je važan u RAO-u jer on uvjetuje koliko dugo će otpad biti radioaktivan, a samim time određuje i gospodarenje njime te uvjete zbrinjavanja. Sukladno tome, dio RAO-a u NEK-u je prijelazni radioaktivni otpad, u kojem se u nekoliko godina skladištenja specifična aktivnost sadržanih radionuklida svodi na razinu na kojoj se u skladu s propisima, koji reguliraju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, odustaje od nadzora nad radioaktivnim otpadom, a dio RAO-a je vrlo nisko radioaktivni otpad, za koji URSJV može donijeti odluku o otpuštanju iz nadzora. Najveći udio predstavlja NSRAO. Visokoradioaktivni otpad nastajat će samo u fazi razgradnje NEK-a. Radioaktivni otpad s prirodnim radionuklidima nije prisutan u NEK-u.

4.4.10.2 Postojeći RAO inventar

Godišnji volumen uskladištenog NSRAO-a u pogonu, koji je u početnom razdoblju rada NEK-a u prosjeku iznosio 100 m^3, kontinuirano se smanjuje zbog aktivnih mjera smanjenja količine nastalog NSRAO-a i odgovarajućih postupaka obrade i pripreme za skladištenje, tako da je trenutačno ispod 35 m^3, što je i dugoročni operativni cilj NEK25. Pogonski otpad odlaže se u skladište koje je u početku bilo planirano za 5000 bačvi odnosno petogodišnju proizvodnju NSRAO-a, ali je naknadno kapacitet povećan na 11.200 bačvi ili 3000 cjevastih kontejnera (TTC-tube type container) koji su u obliku paketa s NSRAO-om. Na kraju 2019. godine obujam NSRAO-a u skladištu iznosio je 2274 m^3. Kako je popunjenost skladišta radioaktivnog otpada u 2012. godini dosegla 95 % raspoloživog skladišnog kapaciteta, NEK je u 2013. godini počeo planirati objekt za manipulaciju opremom i pošiljkama radioaktivnog tereta (WMB). Nova

zgrada ublažava probleme zbog kašnjenja u izgradnji odlagališta NSRAO-a. Godine 2018. završena je izgradnja navedenog objekta. Nova zgrada omogućuje povlačenje mjerne opreme i superkompaktora iz manipulativnog skladišnog prostora. Ova mjera osigurava prostor u skladištu za rezervni skladišni kapacitet (5 %) u slučaju nužde. Ovakvom reorganizacijom skladišta će se prema procjeni NEK-a do 2022. godine osigurati dovoljno prostora za skladištenje radioaktivnog otpada. Za normalan pogon NEK-a nakon 2022. godine potrebno je ubrzati aktivnosti na izgradnji odlagališta NSRAO-a i osigurati početak preuzimanja tog otpada u 2023. godini[19]. Izgradnja odlagališta NSRAO-a je samostalan projekt koji je potpuno odvojen od projekta produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Za njega je izrađena posebna studija utjecaja na okoliš te je 2021. godine dobivena ekološka suglasnost.

Količina NSRAO-a u pogonu u skladištu NEK-a prikazana je na sljedećoj slici (Slika 66).



Slika 66: Prikaz količine NSRAO-a u skladištu tog otpada u NEK-u (stanje na kraju 2020.) /227/

prostornina (m^3)	Volumen (m^3)
Stiskanje	Preša
Superkompaktiranje	Superkompaktiranje
Sežig	Spaljivanje
Taljenje	Taljenje
Leto	Godina

U NEK-u je 1999. godine izgrađena zgrada za dekontaminaciju u kojoj se nalaze stari parogeneratori koji su ostali nakon zamjene 2000., kao i druga kontaminirana oprema. Ukupni volumen kontaminirane opreme u zgradi za dekontaminaciju iznosi oko 1000 m^3. Nakon zamjene 2012. godine, zamijenjena (stara) glava reaktorske posude pohranjena je u zgradi za dekontaminaciju. Skladištenjem glave reaktora privremeno se znatno iscrpljuju raspoloživi skladišni prostori zgrade za dekontaminaciju. Očekuje se da će većina uskladištene kontaminirane opreme biti bez kontrole prije početka razgradnje, pa se ova oprema može poslati na recikliranje ili zbrinuti kao neradioaktivni otpad.

4.4.10.3 Predviđene količine NSRAO-a /195/

S obzirom na produljenje pogonskog vijeka NEK-a do 2043. godine, u NEK-u će se proizvesti 3005 m^3 (skladišni volumen) ili 6025 t pogonskog NSRAO-a. Ako bi NEK bio u pogonu do 2023. godine, pogonskog NSRAO-a bilo bi za 547 m^3, odnosno 884 t manje; tj. 2458 m^3, odnosno 5141 t.

[19] Nuklearna elektrana Krško, Godišnji izvještaj o radu NEK-a za 2020., veljača 2021.

Osim pogonskog NSRAO-a, nakon zaustavljanja pogona NEK-a nastat će NSRAO koji će biti posljedica razgradnje[20]. Dio tog NSRAO-a nastat će tijekom razgradnje NEK-a nakon završetka pogona. Ovog NSRAO-a će biti 2860 t, odnosno 2842 m^3 (skladišni volumen), bez obzira na to hoće li NEK biti u pogonu do 2023. ili 2043. godine. Dio NSRAO-a iz razgradnje nastat će tijekom razgradnje zgrade suhog skladišta (2103. – 2106.). Ovog NSRAO-a će biti 392 t, odnosno 407 m^3.[21] Tijekom razgradnje nastat će i manja količina VRAO-a.

4.4.10.4 Pretpriprema otpada za NSRAO Vrbina

Pakete NSRAO-a preuzimat će mjerodavne organizacije iz Republike Slovenije (ARAO) i Republike Hrvatske (FOND). Sama podjela će biti u zgradi Waste Manipulation Building (WMB). Pritom će se upotrebljavati postojeći alati i uređaji. Za smanjenje radiološkog opterećenja izvođač aktivnosti koristit će dodatnu zaštitu u obliku pokretnih zaštitnih zidova, daljinskog upravljanja itd. Zgrada WMB (Waste Manipulation Building) projektirana je s ciljem pripreme NSRAO-a za otpremu na preradu (spaljivanje, taljenje), aktivnosti koje već provodi NEK, te za konačnu isporuku i pakiranje u posebne kontejnere kako bi ga konačno preuzeli ARAO i FOND.

Postojeći paketi izravno će se umetati u planirane N2d, RCC ili ISO IP2 transportne kontejnere u zgradi WMB. Zgrada je projektirana na način da se osigura radiološka zaštita od okoliša, zaštita okoliša, kao i uvjeti radnog ambijenta u samoj zgradi (debljina zidova, zatvoreni filtarski sustav ventilacije, izvedba prizemnog zatvorenog drenažnog sustava…). Prije stavljanja paketa u kontejnere formalno će se prenijeti vlasništvo NSRAO-a s NEK-a na preuzimatelja (ARAO i FOND). U zgradi WMB planirano je i zalijevanje kontejnera N2d i RCC žbukom za punjenje s pomoću mobilne opreme. Nakon sušenja i stvrdnjavanja žbuke za punjenje, kontejneri će se utovariti na kamione i transportirati s lokacije NEK-a u skladu sa svim zahtjevima za transport radioaktivnog materijala. Za organizaciju transporta odgovorni su preuzimatelji ARAO i FOND.

Dio NSRAO-a koji se neće moći umetnuti izravno u kontejnere RCC ili N2s i trebat će se dalje dodatno obraditi bit će umetnut u transportne kontejnere ISO IP2 te će ga se ukloniti iz NEK-a u organizaciji i odgovornosti preuzimatelja. Nakon obrade i kondicioniranja za koje je zadužen vanjski izvođač u inozemstvu, ovaj će se otpad vratiti preuzimatelju u Republiku Hrvatsku ili Republiku Sloveniju na dugotrajno skladištenje.

4.4.10.5 Načini gospodarenja RAO-ima

Mjere za smanjenje nastanka RAO-a

Nastanak RAO-a u što manjim količinama zakonska je obveza (članak 121 ZVISJV-1), koja se odražava i u internim dokumentima elektrane. MD-1 Priručnik za sustav upravljanja elektranom Interne smjernice i ciljevi – petogodišnji plan razvoja daje smjernice za smanjenje RAO-a putem dosljedne kontrole i eliminacije istjecanja rashladnog sredstva, dekontaminacije i ponovne upotrebe alata i materijala, sprječavanja kontaminacije, dosljednog odvajanja kontaminiranih materijala od čistih i primjene tehnika smanjenja volumena. Primjenjuje se mogućnost odustajanja od kontrole.[22] /229/

Obrada plinovitih otpadnih tvari

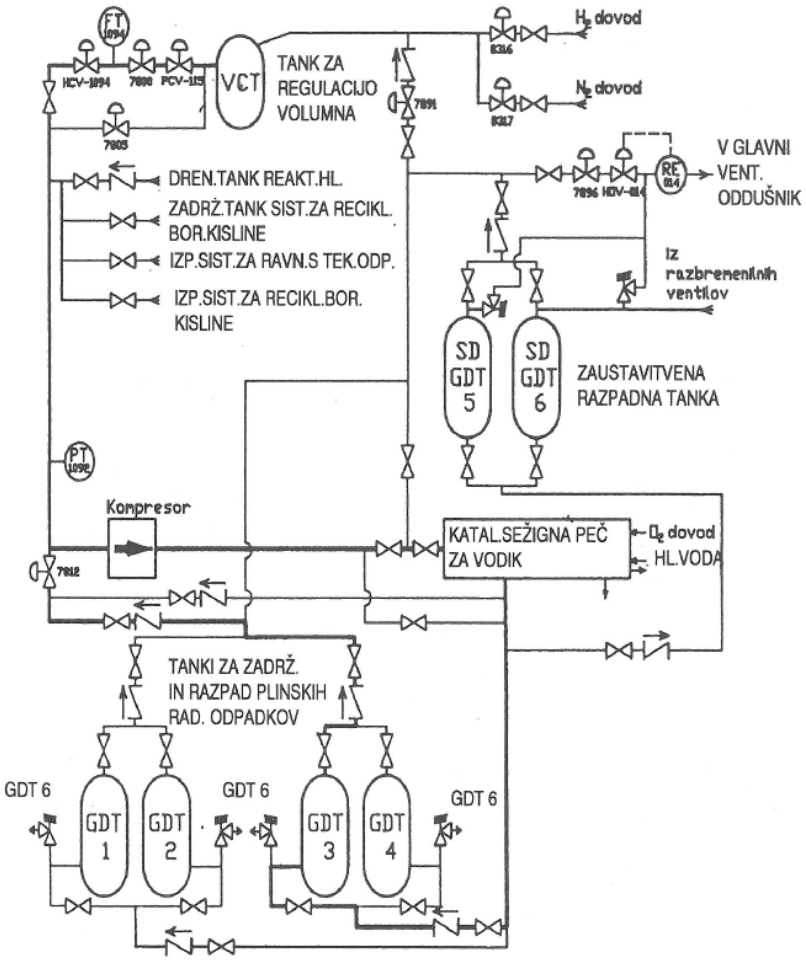
Sustav obrade plinovitih otpadnih tvari čini dva paralelno zatvorena kruga s kompresorom i katalitičkom peći za izgaranje vodika te šest kolektora za razgradnju i zadržavanje komprimiranih fisijskih plinova. Sustav uklanja plinove iz rashladne tekućine reaktora koji su se ondje nakupili zbog oštećenih košuljica

[20] Razgradnja objekta ne podliježe ovoj procjeni i bit će predmet ostalih regulatornih postupaka iz područja izgradnje objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša.

[21] Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program, version 1.3, September 2019, ARAO – Agency for Radwaste Management, Ljubljana, Fund for financing the decommissioning of the Krško NPP, Zagreb (PO3), Table 4-17.

[22] Program gospodarenja radioaktivnim otpadom, TD-0C, rev. 8, točka 8.

gorivnih šipki. Spremnik za regulaciju količine rashladne tekućine (VCT) najviše pridonosi plinu, a manje isparivač za recikliranje bora, spremnik za prikupljanje odvodnje rashladne tekućine reaktora, spremnik za recikliranje bora i analitički sustavi. U VCT se dovodi vodik koji odvaja fisijske plinove iz rashladnog sredstva reaktora u plinsku fazu. Ovaj kontaminirani vodik u ciklusu dušika dovodi se u peć za katalitičko izgaranje, gdje se dodaje kisik i izgaranje se provodi tako da vodik na katalizatoru izgara u vodenu paru. Nakon uklanjanja vode, preostali plinovi (s pomoću kompresora) cirkuliraju kroz jedan od šest spremnika za razgradnju i zadržavanje plinova. Pojednostavnjena shema sustava prikazana je na sljedećoj slici (Slika 67) /3/.



TANK ZA REGULACIJO VOLUMNA	SPREMNIK ZA REGULACIJU VOLUMENA
Dovod	Dovod
DREN. TANK REAKT. HL	DREN. SPREMNIKA REAKT. HL
ZADRŽ. TANK SIST. ZA RECIKL. BOR. KISLINE	RETENCIJSKI SPREMNIK SUSTAV ZA RECIKL. BOR. KISELINE
IZP. SIST. ZA RAVN. S TEK. ODP	ISP. SUST. ZA GOSPOD. TEK. OTPADOM
IZP. SIST. ZA RECIKL. BOR. KISLINE	ISP. SUST. ZA RECIKL. BOR. KISELINE
V GLAVNI VENT. ODDUŠNIK	U GLAVNI VEN. ODZRAČ.
ZAUSTAVITVENA RAZPADNA TANKA	RETENCIJSKI SPREMNIK ZA RASP.
Kompresor	Kompresor
dovod	Dovod
HL. VODA	Rashl. voda
TANKI ZA ZADRŽ. IN RAZPAD PLINSKIH RAD. ODPADKOV	RETENCIJSKI SPREMN. I RASP. PLINOVITIH RAD. OTPADA

Slika 67: Shema sustava za upravljanje plinovitim RAO-om /4/

Retencijski kapaciteti sustava omogućuju da se plinovi ne moraju svakodnevno ispuštati u atmosferu. Unutar ventilacijskog sustava plinovi se filtriraju s pomoću ugljenih i visokoučinkovitih filtara čestica. Emisije su tempirane na povoljne atmosferske uvjete. Plinovite emisije kontroliraju se sustavom radioloških monitora (RM) s automatskim djelovanjem za sprječavanje ispuštanja u slučaju prekoračenja alarmantnih vrijednosti[23].

Ispuštanje plinovitog RAO-a provodi se na temelju izvedenih analiza te evidentiranjem i izvještavanjem.

Obrada tekućih otpadnih tvari

Sustav upravljanja tekućim RAO-om (Slika 68) namijenjen je prihvatu, izdvajanju, obradi, recikliranju i ispuštanju tekućeg RAO-a. U NEK-u se obrada tekućeg RAO-a provodi isparavanjem, ionskom izmjenom,

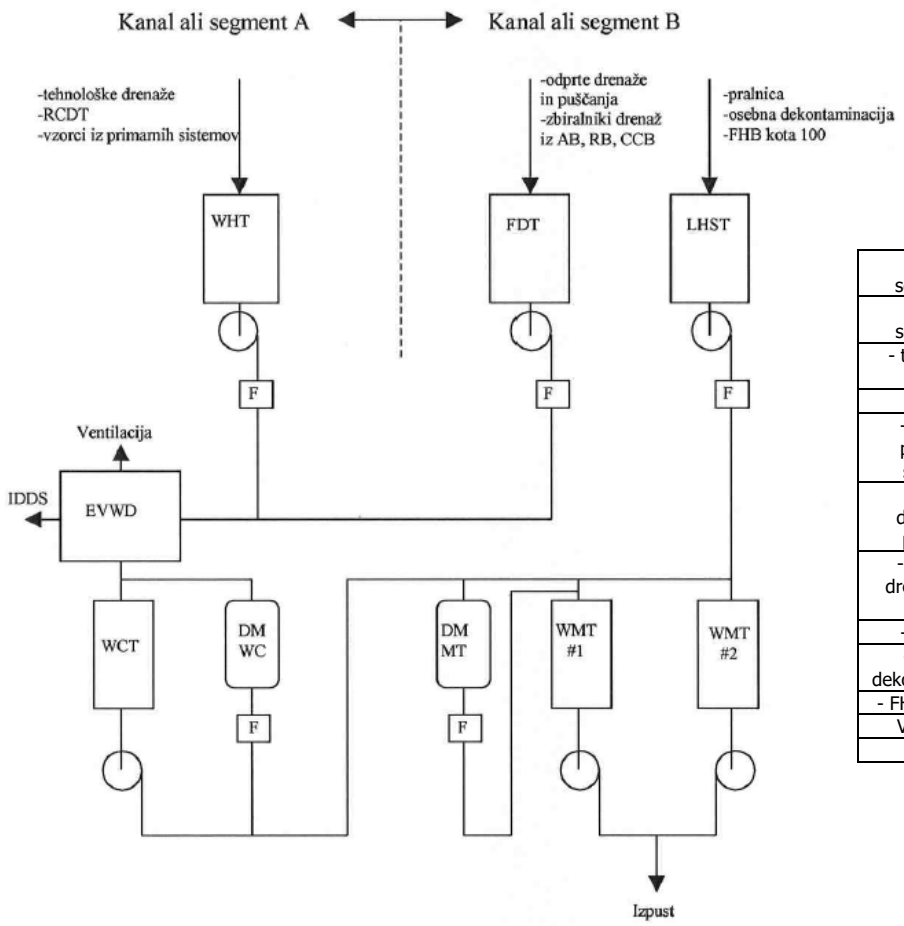
[23] SOP-3.2.211, Sustav otpadnih plinova (GH), Dodatak 7.6, Slika 2.

filtriranjem i sušenjem (sustav za sušenje u bačvi – IDDS). Tekući RAO se prema podrijetlu i kemijskim svojstvima razvrstava u dvije skupine: u prvoj je RAO koji se može ponovno upotrijebiti jer ima reaktorski stupanj kemijske čistoće i obrađuje se kanalom A sustava za upravljanje tekućim RAO-om, a u drugoj je tekući RAO koji ne doseže reaktorski stupanj kemijske čistoće i koji se obrađuje kanalom B razmatranog sustava. Sustav je također namijenjen za postupanje s istrošenim ionskim izmjenjivačima.

Kanal A tretira otpadne vode nastale zatvorenom odvodnjom i istjecanjem opreme sustava hlađenja reaktora. Prikupljaju se u spremniku za zadržavanje otpada (WHT). Glavni sastojak ove vode je, osim radionuklida, borna kiselina. Ova otpadna voda se obrađuje isparivačem sustava (EVWD), ali ako rezultati analiza WHT-ovih uzoraka pokažu da se ova otpadna voda ne mora pročišćavati isparavanjem, pa čak i ako je WHT prepun, tekući otpad se ispumpava u spremnik za prikupljanje podne odvodnje (FDT). U EVWD-u se izvodi koncentracija do 12 % otopine borne kiseline, do 20 % krutih tvari, odnosno do koncentracije radioaktivnosti od 1,5 TBq/m^3 – do prethodno postignute vrijednosti. Koncentrat otpada obrađuje se u IDDS-u. Ako EVWD nije u pogonu, otpadne vode iz WHT-a se pročišćavaju isparivačem sustava za recikliranje bora (EVRE). Destilat se ispumpava u spremnik za prikupljanje kondenzata (WCT). Voda iz WCT-a može se ponovno obraditi EVWD-om ili ionskim izmjenjivačem kondenzata (DMWC); a može se i ispumpati u kontrolni spremnik za otpad (WMT#2).

Kanal B tretira tekući RAO koji nastaje otvorenom odvodnjom i istjecanjem komponenti primarnog sustava, dekontaminacijom opreme, radnih površina i zaštitne opreme, koji se prikuplja u spremniku za prikupljanje podne odvodnje (FDT) i spremniku za prikupljanje vode iz praonice i sobe za osobnu dekontaminaciju (LHST). Otpadne vode iz LHST-a obično se ne moraju dekontaminirati, stoga se ispumpavaju kroz sito i filtar u WMT#1 i odande u ispusni kanal. Tekućine koje se slijevaju u FDT dekontaminiraju se ionskom izmjenom (DMMT) ili isparavanjem prema potrebi. Nakon dekontaminacije otpadna voda se pod nadzorom ispumpava u WMT#2 i odande u ispusni kanal. Ispumpavanje se kontrolira procesnim monitorom RM 018.[24]

[24] Gospodarenje RAO-om u NEK-u, Tehnički izvještaj ESD-TR-03/97, rev. 3, NEK, 2008.



Kanal ali segment A	Kanal ili segment A
Kanal ali segment B	Kanal ili segment B
- tehnološke drenaže	- tehnološke drenaže
- RCDT	- RCDT
- vzorci iz primarnih sistemov	- uzorci iz primarnih sustava
- odprte drenaže in puščanja	- otvorene drenaže i ispuštanja
- zbiralniki drenaž iz AB, RB, CCB	- spremnici drenaža iz AB, RB, CCB
- pralnica	- Praonica
- osebna dekontaminacija	- osobna dekontaminacija
- FHB kota 100	- FHB kota 100
Ventilacija	Ventilacija
Izpust	Ispust

Slika 68: Shema sustava upravljanja tekućim RAO-om /228/

Sustavi za obradu krutog RAO-a

Kruti RAO je ukrućeni (solidificirani) ili kapsulirani tekući RAO, kontaminirani filtri i kontaminirane krute otpadne tvari (plastika, krpe, papir, osobna zaštitna oprema, alati, dijelovi strojeva i električna oprema, građevinski otpad). Najčešći proces obrade krutog RAO-a je smanjenje volumena RAO-a. Načini smanjenja volumena ovise o vrsti RAO-a i navedeni su u tablici (Tablica 10).
Za otpadne materijale koji potječu iz radiološki kontroliranog područja i imaju vrijednosti kontaminacije ili specifične aktivnosti ispod referentnih vrijednosti izostavlja se radiološka kontrola i klasificira se kao obični otpad.

Pakiranje NSRAO-a

Osnovna ambalaža za pakiranje NSRAO-a su bačve raznih izvedbi, od običnog i nehrđajućeg lima. Osnovna bačva od običnog lima je bačva D1. Bačve D3, D4 i D5 su izvedenice bačve D1 s različitom unutarnjom zaštitom, odnosno uloškom. Bačva D3 ima betonsku zaštitu i koristi se za skladištenje istrošenih uložaka filtra. Bačva D4 ima u unutrašnjosti čeličnu košaru, a prostor između košare i bačve napunjen je vermikulit-cementom. Rabila se za skladištenje isušenih smola ionskih izmjenjivača. Bačva D5 ima u unutrašnjosti čelični uložak, a prostor između uloška i bačve napunjen je vermikulit-cementom. Upotrebljavala se za skladištenje koncentrata isparivača i taloga. Bačva D2 služi za skladištenje ostataka od spaljivanja, a bačva D6 kao spremnik za skladištenje manjih bačvi i onih superkompaktiranih. Bačva H3 se koristila za skladištenje isušene sekundarne ionske smole parogeneratora. Bačve H1 i H2 napravljene su od nehrđajućeg lima. U bačvi H1 skladište se isušena sekundarna ionska smola parogeneratora te isušeni koncentrati iz isparivača i taloga. Bačva H2 ima u unutrašnjosti čeličnu zaštitu i u njoj se skladišti isušena smola primarnog kruga. Cjevasti spremnici T1 i T2 napravljeni su od običnog

lima i koriste se za skladištenje bačvi u privremenom skladištu na lokaciji NEK-a. Pregled vrsta bačvi i TTC-a prikazan je u sljedećoj tablici (Tablica 92).

Tablica 92: Vrste bačvi i TTC-a za skladištenje pogonskog NSRAO-a u NEK-u /231/

Oznaka	Dimenzije D x H (mm)	Neto volumen (l)	Masa prazne bačve (kg)	Projektna masa (kg)	Materijal
D1	570 x 825	208	23	300	obični lim
D2	460 x 700	113	33	300	nehr. lim
D3	605 x 872	320	400	500	obični lim
D4	570 x 825	65	190	300	obični lim
D5	570 x 825	110	180	300	obični lim
D6	660 x 946	320	37	500	obični lim
H1	563 x 816	200	65	800	nehr. lim
H2	506 x 779	150	450	800	nehr. lim
H3	563 x 818	204	60	800	obični lim
T1	640 x 2695	864	117	3000	obični lim
T2	640 x 2698	869	135	3000	obični lim

Prerada NSRAO-a

Prema načinu nastanka i svojim svojstvima, u procesu karakterizacije NSRAO-a u NEK-u definiraju se sljedeće vrste pogonskog otpada:

- koncentrati isparivača i talog (EB);
- isušene smole ionskih izmjenjivača (SR, BR);
- istrošeni ulošci filtra (F);
- stlačivi otpad (CW);
- nestlačivi otpad (NCW) i
- razni kruti otpad (SW).

Koncentrati isparivača i taloga nastaju kod obrade procesnih tekućina i tekućina iz spremnika za odvodnju. Tijekom obrade isparavanjem nastaju voda i koncentrat isparivača te talog. Po izvornoj tehnologiji nastali koncentrat isparivača i talog kapsuliranjem se solidificiraju u vermikulit-cementnu matricu u bačvi. Ova tehnologija se više ne koristi, umjesto nje tu je tehnologija sušenja u bačvama u kojoj se koncentrat isparivača i talog suše u bačvama. Konačni otpad je suha tvar s do 5 % preostale vlage.

Proces ionske izmjene također se koristi za obradu procesnih tekućina u primarnim i sekundarnim dijelovima elektrane. Nakon dulje uporabe ionski izmjenjivači postaju neučinkoviti. Budući da sadržavaju radioaktivne tvari, ne regeneriraju se, već ih je potrebno zamijeniti, što ih čini radioaktivnim otpadom. Zbog različite aktivnosti i brzine doze, istrošene smole ionskih izmjenjivača iz primarnog i sekundarnog kruga prikupljaju se i prerađuju odvojeno. Po izvornoj tehnologiji istrošene smole su se punile u bačve i solidificirale vermikulit-cementom. Ova tehnologija se više ne rabi, umjesto nje primjenjuje se tehnologija sušenja u kojoj se istrošene smole suše u sušilici, čime se smanjuje njihov volumen. Suha tvar iz sušilice zatim pada u bačvu. Konačni otpad je suha tvar (bez slobodne vode) s do 30 % preostale vlage.

Ulošci za filtre koriste se za uklanjanje čestica iz procesnih tekućina i plinovitih ispusta. Kada ulošci postanu neupotrebljivi, potrebno ih je zamijeniti, zbog čega postaju radioaktivni otpad. Ulošci za filtre djelomično su solidificirani cementom, a djelomično samo pakirani u bačve. Istrošeni ulošci HEPA filtra iz ventilacijskih sustava klasificirani su kao nestlačivi otpad.

Različiti kontaminirani ili aktivirani materijal u radiološki kontroliranom području elektrane razdvaja se na stlačivi i nestlačivi otpad. Stlačivi otpad se prije skladištenja dodatno stišće hidrauličkom prešom ili superkompaktorom.

Ovisno o vrsti otpada, vremenu nastanka i tehnologiji obrade, otpad se pakirao u različite vrste bačvi. Dio otpada dodatno je obrađen u procesima superkompaktiranja, a dio je poslan na spaljivanje i taljenje. Komprimirane bačve u procesu superkompaktiranja zatim se odlažu u veće bačve ili u TTC. Bačve s ostacima od spaljivanja odlažu se u veće bačve i zalijevaju cementom. Vrste otpada iz pogona prema vrsti ambalaže prikazane su u tablici.

Tablica 93: Vrste NSRAO-a iz pogona te njihovo pakiranje i prerada /231/

Vrsta	Tip bačve	Opis i način prerade i pakiranja
EB	D5	koncentrat isparivača
	H1	isušeni koncentrat isparivača
	H1	osušeni talog
	D5/T1	superkompaktirani paketi EBD5 umetnuti u spremnik T1
	D5/T2	superkompaktirani paketi EBD5 umetnuti u spremnik T2
	D5/D6	superkompaktirani paketi EBD5 umetnuti u bačvu D6
	D5/T1	paketi EBD5 umetnuti u spremnik T1
	H1/T2	paketi DCH1 umetnuti u spremnik T2
	H1/T2	paketi DSH1 umetnuti u spremnik T2
SR, BR	D4	istrošene smole
	H2	isušene sekundarne ionske smole primarnog kruga
	H1	isušene sekundarne ionske smole parogeneratora
	D4/T1	bačve SRD4 umetnute u spremnik T1
	H2/T2	bačve PRH2 umetnute u spremnik T2
	H1/T2	bačve BRH1 umetnute u spremnik T2
F	D3	istrošeni ulošci filtra u bačvi s betonskom zaštitom, zaliveni betonom
	D3	istrošeni ulošci filtra u bačvi s betonskom zaštitom
	H2	istrošeni ulošci filtra u bačvi s čeličnom zaštitom
	D3/T1	bačve CFD3 umetnute u spremnik T1
CW	D1	kompaktirani otpad
	D6	superkompaktirane bačve CWD1 umetnute u bačvu D6
	D1/T1	superkompaktirane bačve CWD1 umetnute u spremnik T1
	D1/T2	superkompaktirane bačve CWD1 umetnute u spremnik T2
	D2/D1	pepeo u bačvi D2; bačva D2 umetnuta u bačvu D1 i zalivena betonom
NCW	D1	kruti nestlačivi otpad
	D1/D6	superkompaktirane bačve OD1 umetnute u bačvu D6
	D1/T1	superkompaktirane bačve OD1 umetnute u spremnik T1
	D1/T2	superkompaktirane bačve OD1 umetnute u spremnik T2
	D1/T1	bačve OD1 umetnute u spremnik T1
	D1	kompaktirani istrošeni ulošci HEPA filtara
	D2/D1	ostaci spaljivanja u bačvi D2; bačva D2 umetnuta u bačvu D1 i zalivena betonom
SW	H1	prah korunda
	D1	ugljeni ulošci filtra
	D1/T1	superkompaktirane bačve ACD1 umetnute u spremnik T1
	D1/T2	superkompaktirane bačve ACD1 umetnute u spremnik T2

4.4.10.6 Odlaganje NSRAO-a

Odnose Slovenije i Hrvatske u vezi sa zbrinjavanjem RAO-a iz NEK-a regulira BHRNEK[25]. U skladu s člankom 10. točkom 3. BHRNEK-a, zbrinjavanje NSRAO-a regulirat će se na temelju programa za zbrinjavanje RAO-a i istrošenog goriva (u daljnjem tekstu: IG). BHRNEK u članku 10. točki 6. nadalje propisuje da se lokacija NEK-a može koristiti samo za privremeno skladištenje RAO-a do kraja životnog vijeka, a u sedmoj točki da su ugovorne stranke, u slučaju da se do kraja redovitog životnog vijeka ne dogovore o zajedničkom rješenju zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva, obvezne najkasnije u roku od dvije godine nakon isteka tog roka preuzeti RAO, i to svaka polovicu.

Koordinirano provođenje odredbi BHRNEK-a u Sloveniji i u Hrvatskoj osigurava međudržavno povjerenstvo (članak 18. BHRNEK-a). Povjerenstvo je sadržajno nasljednik Međudržavne koordinacije Slovenije i Hrvatske na području RAO-a, osnovane 1989. godine. Međudržavno povjerenstvo na svojoj 11. sjednici, 21. studenog 2017., osnovalo je koordinacijski odbor za praćenje provedbe Treće revizije Programa za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz NEK-a te Programa razgradnje NEK-a, čiji je zadatak također priprema zajedničkog prijedloga izgradnje odlagališta NSRAO-a. Na 13. sjednici međudržavnog povjerenstva, 30. rujna 2019., donesena je odluka da međudržavno povjerenstvo na temelju koordinacijskog odbora utvrđuje da zajedničko rješenje zbrinjavanja NSRAO-a nije moguće.

Program odlaganja RAO-a iz NEK-a zajedno s programom razgradnje NEK-a prvi je put izrađen 2004. godine, a 2011. izrađena je druga revizija, koju nije razmatralo i odobrilo međudržavno povjerenstvo za praćenje provođenja BHRNEK-a i obavljanje drugih poslova u skladu s ovim ugovorom. G. 2017. s potvrdom projektnih zadataka počela je izrada treće revizije Programa razgradnje NEK-a i Programa zbrinjavanja RAO-a i IG-a iz NEK-a (PO3)[21]. Oba programa potvrđena su na 14. sjednici međudržavnog povjerenstva od 14. srpnja 2020.

Sukladno PO3, ugovorne strane odvojeno će osigurati zbrinjavanje NSRAO-a: slovenska polovica NSRAO-a iz NEK-a zbrinut će se na odlagalištu tog otpada u Vrbini, nedaleko od NEK-a, a hrvatska polovica NSRAO-a na odlagalištu čija lokacija još nije određena i taj će se otpad do početka odlaganja 2050. godine skladištiti u Centru za gospodarenje radioaktivnim otpadom Čerkezovac. Odredbe se ne odnose na zbrinjavanje NSRAO-a koji će nastati razgradnjom suhog skladišta IG-a u NEK-u. Ovaj NSRAO pohranjivat će se u dubinsko odlagalište IG-a koje je zajednički projekt Slovenije i Hrvatske. Odluka vlasnika o zajedničkom upravljanju IG-om donesena je istodobno s odlukom o POD-u[26].

4.4.11 Istrošeno gorivo (IG)

4.4.11.1 Općenito o IG-u

Gorivo koje koristi NEK je Westinghouseovo standardno gorivo 16 x 16 STD s izvedenicama i poboljšanjima (V5, V+, mV+). U četvrtom gorivnom ciklusu iskorišteno je i 40 gorivnih elemenata KWU 16 x 16. Osnovni podaci o gorivu navedeni su u tablici (Tablica 94)[27].

[25] Zakon o ratifikaciji Ugovora između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško… (Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 5/2003; potpis 19. prosinca 2001., KK; stupanje na snagu 11. ožujka 2003., Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 8/2003 – 35/2003)
[26] Zajednički zapisnik 10. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganja, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško (MDU), NEK, 20. srpnja 2015.; Ad.2.
[27] USAR NEK Ch. 4

Tablica 94: Osnovni podaci o istrošenom gorivu /3/

Specifikacija	Vrijednost
vrsta gorivnog elementa	Westinghouse 16 x 16 STD, V5, V+, mV+; KWU 16 x 16
najviše obogaćivanje	5 % U-235
prosječni odgor elementa (maksimalno dopušten)	60 GWD/MTU
broj gorivnih šipki u elementu	235
broj ostalih lokacija u gorivnom elementu	21
duljina gorivnog elementa	4058,03 mm
duljina gorivnog elementa s kontrolnim paketom	4231,64 mm
širina gorivnog elementa	197,18 mm
težina gorivnog elementa	595 kg
težina gorivnog elementa s kontrolnim paketom	658 kg

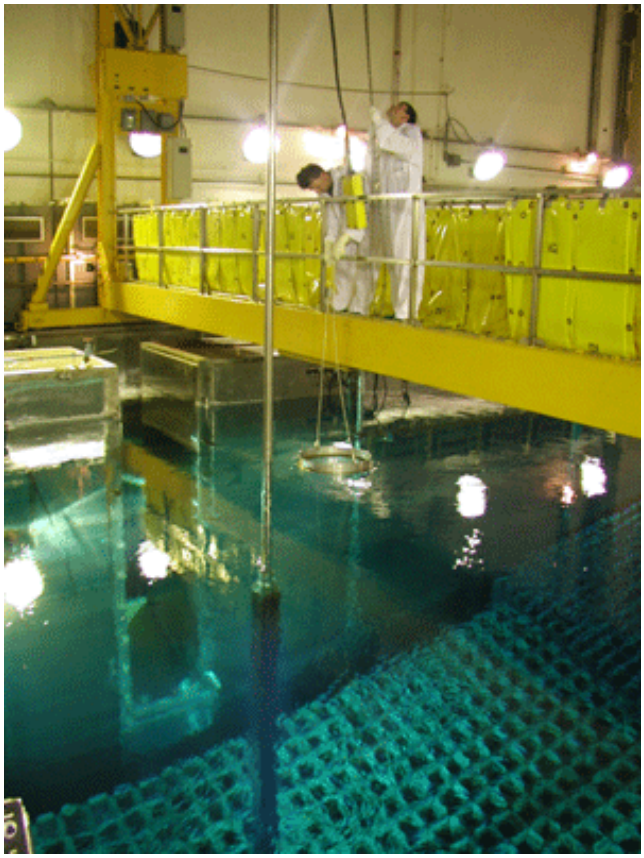
Sve istrošeno gorivo u NEK-u trenutačno je pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo, gdje su u rešetkama za skladištenje dostupne 1694 ćelije. Kapacitet skladištenja je najprije povećan sa 180 na 828 ćelija zamjenom svih rešetki 1983. godine, a današnji kapacitet postignut je 2003. uklanjanjem triju starih rešetki i postavljanjem devet novih.

Istrošeno gorivo (IG) su gorivni elementi koji su dosegli tehničku i ekonomsku granicu iskoristivosti i trajno su uklonjeni iz jezgre reaktora. Uzimajući u obzir podjelu radioaktivnog otpada prema specifičnoj aktivnosti, ono bi se svrstalo u visokoradioaktivni otpad (VRAO), ali budući da se donosi samo odluka o njegovu privremenom skladištenju do prestanka pogona NEK-a, nazivamo ih istrošenim gorivnim elementima. IG je sekundarna sirovina iz koje se preradom mogu dobiti prerađeni uranij i plutonij, koji se mogu upotrijebiti kao sirovina za novo nuklearno gorivo.

U skladu s prihvaćenom strategijom, u NEK-u se skladišti u posebnoj zgradi, odnosno u bazenu za istrošeno gorivo.

Istrošeni gorivni elementi su visokoradioaktivni i oslobađaju veliku količinu topline, stoga se pohranjuju u rešetkama okruženima vodom. Vodi je dodana borna kiselina. Debeli sloj vode je istovremeno zaštita od zračenja i sredstvo za odvodnju topline. Umetanje istrošenog gorivnog elementa u rešetku u bazenu prikazano je na sljedećoj slici (Slika 69).[28]

[28] Nuklearna elektrana Krško – Istrošeno gorivo (nek.si).

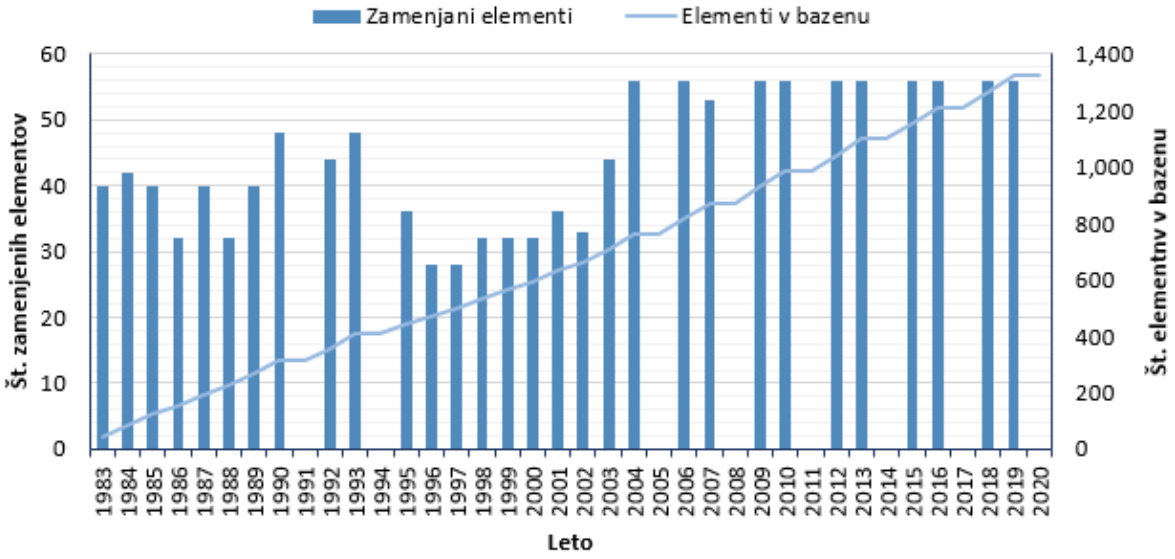


Slika 69: Umetanje istrošenog gorivnog elementa u rešetku u bazenu za istrošeno gorivo /233/

Odvođenje preostale topline koju oslobađa IG iz bazena za istrošeno gorivo provodi se s pomoću rashladne vode i izmjenjivača topline preko SF, CC i sustava ESW u Savu.

4.4.11.2 Postojeći inventar IG-a

Krajem 2020. godine u bazenu za istrošeno gorivo pohranjena su ukupno 1323 gorivna elementa, uključujući dva posebna spremnika s gorivnim šipkama i fisijskom ćelijom iz 2017. Broj svih elemenata IG-a u bazenu i broj elemenata umetnutih u bazen tijekom svakog remonta, uključujući i remont 2020., prikazani su na slici u nastavku (Slika 70).[19]



Slika 70: Broj elemenata IG-a u bazenu i broj uskladištenih elemenata IG-a tijekom remonta /227/

Zamenjani elementi	Zamijenjeni elementi
Elementi v bazenu	Elementi u bazenu
Št. zamenjanih elementov	Br. zamijenjenih elemenata
Št. elementov v bazenu	Br. elemenata u bazenu
Leto	Godina

4.4.11.3 Predviđene količine IG-a

Ako bi NEK bio u pogonu do kraja 2023. godine, stvorila bi se 1553 elementa IG-a, a u slučaju pogona do kraja 2043. godine stvorio bi se ukupno 2281 element IG-a. U slučaju pogona do 2023. godine IG bi do daljnjeg ostao na lokaciji NEK-a.

4.4.11.4 Načini gospodarenja IG-om

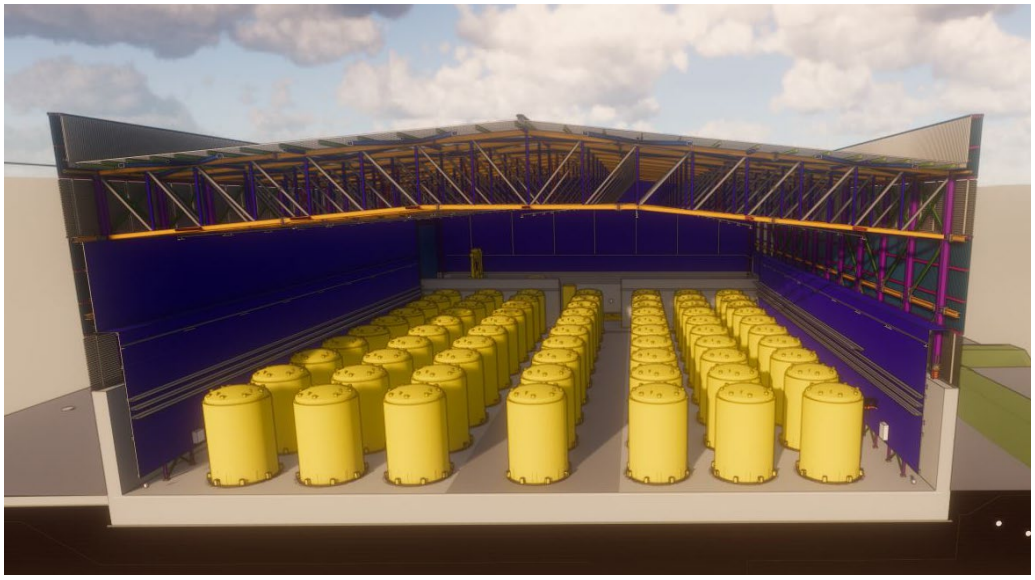
Sve istrošeno gorivo će se nakon pet godina hlađenja u bazenu premjestiti u suho skladište IG-a. Premještat će se u četiri kampanje: prva će se provesti odmah nakon izgradnje suhog skladišta, druga 2028., treća 2038. i četvrta 2048. godine.

Tablica 95: Kampanje premještanja IG-a iz bazena u suho skladište /226/

Kampanje premještanja:	Realizacija	Okvirni broj gorivnih elemenata
Kampanja I	2023.	592 gorivna elementa
Kampanja II	2028.	592 gorivna elementa
Kampanja III	2038.	444 gorivna elementa
Kampanja IV	2048.	ostali gorivni elementi

Za potrebe suhog skladištenja sve gorivo će se umetnuti i zabrtviti u višenamjenske spremnike (MPC) koji osiguravaju retencijsku barijeru i potkritičnost tijekom skladištenja, premještanja i transporta istrošenog goriva (IG-a), a višenamjenski spremnici s IG-om u skladišne omotače tipa HI-STORM u zgradi za suho skladištenje. Ti skladišni omotači pružaju odgovarajuću zaštitu od radijacije. Uz zaštitu od zračenja, skladišni omotači HI-STORM također omogućuju hlađenje MPC-a, zaštitu MPC-a od projektila i zaštitu MPC-a od prirodnih i slučajnih utjecaja tijekom skladištenja. Za potrebe prirodne ventilacije u donjem dijelu cilindrične zaštite aksijalno je raspoređeno osam ulaznih otvora. Izlaz zraka prolazi kroz poklopac. Skladišni omotači HI-STORM postavljeni u zgradi za suho skladištenje prikazani

su na slici (Slika 71). Sva preostala toplina iz uskladištenog IG-a u suhom skladištu prenosi se izravno u zrak ili okolinu bez dodatne potrošnje energije. Toplinska snaga će se s vremenom smanjiti. Iz zgrade suhog skladišta neće biti emisija tvari u zrak. Također neće biti tekućih ispuštanja iz tehnološkog dijela zgrade.



Slika 71: Skladišni omotači s IG-om u zgradi suhog skladišta (izvor: /226/)

NEK provjerava i nastavit će provjeravati mogućnost prerade IG-a u novo nuklearno gorivo. Nakon završetka razgradnje NEK-a, suho skladište preuzet će Agencija za radioaktivni otpad koja će se pobrinuti i za zbrinjavanje IG-a iz NEK-a (ReNPRRO, točka 4.5.).

Istovremeno s donošenjem odluke o POD-u donesena je i odluka vlasnika o zajedničkom osiguravanju zbrinjavanja IG-a. Na području Slovenije ili Hrvatske planira se izgraditi zajedničko dubinsko odlagalište otpada. Predviđen je švedski koncept zbrinjavanja KBS-3V /244//245/. Terminski plan za zbrinjavanje IG-a za osnovni i scenarij osjetljivosti naveden je u tablici (Tablica 96, PR3). U oba scenarija zadan je pogon NEK-a do 2043. godine. Prvi, osnovni scenarij predviđa početak redovitog pogona odlagališta u 2093. godini, a drugi, scenarij osjetljivosti 2065. godine. U oba scenarija očekuje se odlaganje 2281 gorivnog elementa, spremnog za odlaganje u 571 spremnik tijekom desetogodišnjeg razdoblja pogona odlagališta.

Tablica 96: Terminski plan gradnje odlagališta IG-a (izvor: /226/)

Djelatnost	Osnovni scenarij (godina)	Scenarij osjetljivosti (godina)
aktivacija postupka	2053.	2025.
pokretanje postupka odabira lokacije	2055.	2027.
definicija lokacije	2069.	2041.
početak gradnje podzemnog testnog objekta	2079.	2051.
početak ispitivanja u testnom objektu	2083.	2055.
potvrda lokacije	2086.	2058.
početak gradnje odlagališta	2087.	2059.
početak probnog pogona	2092.	2064.
početak redovitog pogona	2093.	2065.
dostava zadnjeg IG-a iz suhog skladišta	2103.	2075.
početak razgradnje	2104.	2076.
početak zatvaranja	2108.	2080.
kraj zatvaranja	2110.	2082.

4.4.12 Onečišćenje bukom

Prikaz postojećeg onečišćenja bukom područja zahvata i okolice temelji se na rezultatima posljednjeg pogonskog monitoringa buke iz 2020. godine koji je izvršio ZVD d.o.o., Centar za fizička mjerenja, Laboratorij za fizička mjerenja, odnosno prema Izvještaju o stanju buke u okolišu br.: LOM-20200588-KR/P /52/.

Na buku u okolišu uglavnom utječu vanjski izvori. U trenutku mjerenja na mjernim mjestima evidentiran je utjecaj:
- internog transporta, manipulacija, utjecaj dostavnih vozila,
- zvučnih signala (uglavnom prema sustavu za internu komunikaciju – 'page', ograđeno područje NEK-a),
- transformatora i rad turboagregata (u zgradi turbine),
- vanjskih generatora.

Izvori buke NEK-a nisu konstantni i rade prema potrebi, manje ili više intenzivno. Tijekom mjerenja 22. prosinca 2020. rashladni tornjevi nisu bili u pogonu. Rashladni tornjevi su namijenjeni za hlađenje procesne vode prije ispuštanja u rijeku Savu. Koriste se uglavnom u slučaju nepovoljnih vremenskih uvjeta (visoka temperatura okoline) i slabog protoka Save. Prema riječima predstavnika naručitelja, u pogonu su oko 100 dana, no uglavnom je to ovisno o vremenskim uvjetima.

Izvori buke ugrubo djeluju u dva režima:
- Pogonski režim: djeluje kontinuirano, 24 sata na dan, osamnaestomjesečni gorivni ciklusi,
- Remont, jednomjesečni ciklusi između gorivnih ciklusa tijekom kojih se zamjenjuje gorivo. Što se tiče buke, okoliš je najviše onečišćen tijekom pokretanja elektrane (kratkotrajni ispusti pare u razdoblju od dva sata).

U trenutku mjerenja postrojenje je radilo u pogonskom režimu (u pogonu su bili svi navedeni izvori osim rashladnih tornjeva). Uvjete rada osigurao je naručitelj, koji navodi da pogonsko stanje odgovara pogonskim uvjetima koji odražavaju uobičajene uvjete.

Proizvodni i neproizvodni izvori NEK-a nalaze se u industrijskom području Vrbina istočno od naselja Krško. U neposrednoj blizini NEK-a nema stambenih objekata osjetljivih na buku, najbliži stambeni objekti su u naseljima Žadovinek, Spodnji Stari Grad, Vrbina i Krško:

- stambeni objekt: Spodnji Stari Grad 2: oko 550 m istočno od područja zahvata;
- stambeni objekt: Spodnja Libna 8: oko 560 m sjeverno od područja zahvata;
- stambeni objekt: Žadovinek 20A: oko 1500 m jugozapadno od područja zahvata;
- stambeni objekt: Brege 3A: oko 2000 m jugozapadno od područja zahvata;
- stambeni objekt: Mrtvice 13, 21, 27, 37: oko 2500 m južno od područja zahvata.

U blizini NEK-a nalaze se i druga poduzeća gdje su također propisana ograničenja buke, ali u znatno blažem obliku nego u slučaju stambenih i drugih zgrada osjetljivih na buku. Tako postoje i ograničenja unutar industrijske zone na granicama između pojedinih tvrtki, odnosno na granicama parcela NEK-a.

U blizini NEK-a su tvrtke GEN energija d.o.o., Saramati Adem d.o.o., SeCOM, Kostak d.d., Centar za gospodarenje otpadom i Betonara Kostak.

Razmatrano područje, osim izvorima buke od pojedinaca i okolnih postrojenja, onečišćeno je i bukom od cestovnog prometa u industrijskoj zoni Vrbina i autoceste Novo Mesto – Zagreb.

Buka na mjernim mjestima procijenjena je na temelju mjerenja buke na 6 mjernih mjesta. Mjerenja su provedena 22. prosinca 2020. u dnevnom, večernjem i noćnom dobu dana. Podaci o mjernim mjestima prikazani su u nastavku.



Slika 72: Lokacije mjernih mjesta u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: /52/)

Tablica 97: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: ZVD /52/)

Mjesto mjerenja	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
Mjesto mjerenja 1 Jugoistočni dio (Mrtvice) na udaljenosti od oko 580 m od NEK-a GKY: 540583 GKX: 87559	40,7	40,7	33,5	42,9
Mjesto mjerenja 2 Južna granica parcele na udaljenosti od oko 270 m od NEK-a GKY: 540236 GKX: 87803	38,1	38,1	35,7	42,8
Mjesto mjerenja 3 Zapadni dio (Žadovinek) na udaljenosti od oko 1350 m od NEK-a GKY: 538797 GKX: 88409	40,5	40,5	39,1	45,9
Mjesto mjerenja 4 Sjeveroistočna strana prema naselju Spodnji Stari Grad na udaljenosti od oko 440 m od NEK-a GKY: 541023 GKX: 88749	39,6	39,6	36,4	43,8
Mjesto mjerenja 5 Sjeverni dio, ispred najbliže poslovne zgrade Sarmati Adem d.o.o. na udaljenosti od oko 130 m od NEK-a GKY: 540133 GKX: 88941	47,5	47,5	40,9	50

Mjesto mjerenja	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
Mjesto mjerenja 6 Zapadni dio, prema objektima na adresi Vrbina 16 na udaljenosti od oko 450 m od NEK-a GKY: 539709 GKX: 88551	39,9	39,9	36,8	44,1

U skladu sa zakonodavstvom, operater izvora buke mora osigurati obavljanje industrijske djelatnosti na način da vrijednosti pokazatelja buke L_{dan}, $L_{večer}$, $L_{noć}$ i L_{dvn} na bilo kojem mjestu ocjenjivanja, ispred najbližih zgrada sa zaštićenim prostorima, ne premašuju granične vrijednosti pokazatelja buke. Najbliža mjesta ocjenjivanja u skladu su s mjernim mjestima 1, 2, 3 i 4.

Tablica 98: Pokazatelji buke L_{dan}, $L_{večer}$, $L_{noć}$ i L_{dvn}. Granične vrijednosti navedene su u zagradama. Granične vrijednosti odnose se na III. stupanj zaštite od buke (izvor: ZVD /52/)

Lokacija	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noć}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
Mjesto procjene 1a: stambena zgrada Mrtvice 13	28,0 (58,0)	28,0 (53,0)	20,8 (48,0)	30,2 (58,0)
Mjesto procjene 2a: stambena zgrada Brege 3a	24,1 (58,0)	24,1 (53,0)	21,7 (48,0)	28,8 (58,0)
Mjesto procjene 3a: stambena zgrada Žadovinek 20a	40,0 (58,0)	40,0 (53,0)	38,6 (48,0)	45,4 (58,0)
Mjesto procjene 4a: stambena zgrada Spodnji Stari Grad 2a	36,8 (58,0)	36,8 (53,0)	33,6 (48,0)	41,0 (58,0)

Na temelju provedenih mjerenja i analiza razine buke u okolišu (rezultati su opisani u izvještaju br. LOM – 20200588 – KR/M) mišljenja smo da razmatrani izvor buke tijekom rada ni na jednom promatranom mjestu (ispred najizloženijih objekata sa zaštićenim prostorima) ne prelazi granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu utvrđene Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije br. 43/18 i 59/19).

Tijekom mjerenja rashladni tornjevi nisu bili u pogonu. Na temelju mjerenja navedenih u izvještaju br. LFIZ – 201500001 – JJ/M iz 2015. godine procijenjeno je da, unatoč njihovu doprinosu zajedničkoj buci, razmatrani izvor ni na jednom mjestu ne premašuje granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu koje su propisane Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18 i 59/19), kako je evidentno iz tablice niže.

Tablica 99: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2015. godini (izvor: ZVD /51/)

Mjesto mjerenja	Ldan (dBA)	Lvečer (dbA)	Lnoć (dBA)	Ldvn (dBA)
Mjesto mjerenja 1 Jugoistočna strana (Mrtvice) na udaljenosti od oko 650 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,931138° N Zemljopisna duž.: 15,520523° E	39	39	47	53
Mjesto mjerenja 2 Južna granica parcele na udaljenosti od oko 270 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,934950° N Zemljopisna duž.: 15,514570° E	50	50	50	56
Mjesto mjerenja 3	35	35	42	48

Mjesto mjerenja	Ldan (dBA)	Lvečer (dbA)	Lnoć (dBA)	Ldvn (dBA)
Jugozapadna granica parcele (Žadovinek) na udaljenosti od oko 1200 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,934579° N Zemljopisna duž.: 15,501619° E				
Mjesto mjerenja 4 Sjeveroistočna strana prema naselju Spodnji Stari Grad na udaljenosti od oko 810 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,941869° N Zemljopisna duž.: 15,524462° E	31	31	43	48
Mjesto mjerenja 5 Na raskrižju ispred poslovne zgrade GEN-a na udaljenosti od oko 1000 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,943940° N Zemljopisna duž.: 15,508563° E	39	39	35	43
Mjesto mjerenja 6 Zapadna granica parcele na udaljenosti od oko 600 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,940197° N Zemljopisna duž.: 15,507249° E	36	36	37	44

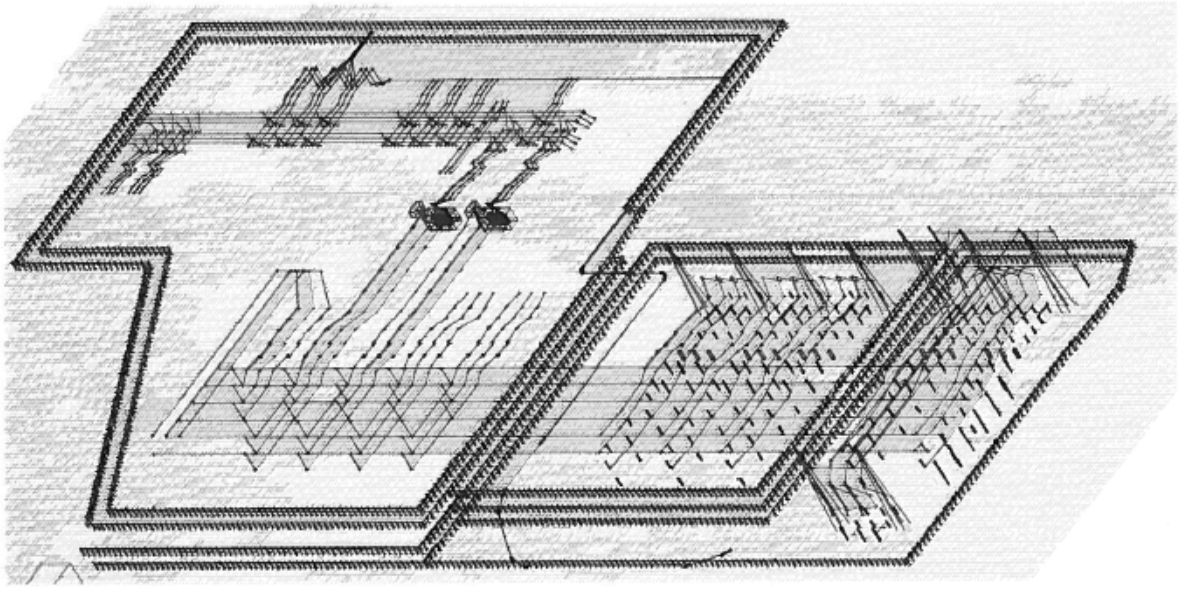
4.4.13 Onečišćenje vibracijom

Postojeće onečišćenje područja vibracijom prema procjeni je nisko i uglavnom je posljedica teretnog i željezničkog prometa na području industrijske zone i na javnim pristupnim cestama, pri čemu su sve ceste asfaltirane, a promet teče malim brzinama. Proizvodni proces u NEK-u ne uključuje strojeve, uređaje ili aktivnosti koji bi bili velik izvor vibracija u okolišu.

4.4.14 Zagađenost elektromagnetskim zračenjem

Prva mjerenja elektromagnetskog zračenja za NEK izvršena su 2014. godine za RTP 400/110 kV Krško i rekonstruirani dio rasklopnog postrojenja od 400 kV u NEK-u.

Iz izvještaja o prvim mjerenjima elektromagnetskog zračenja iz 2014. godine /53/ evidentno je da je glavni izvor elektromagnetskih zračenja na granici područja RTP 400/110 kV Krško i rekonstruirani dio rasklopnog postrojenja od 400 kV. Mjerenja su obavljena na 8 mjernih točaka.



Slika 73: Trodimenzionalni prikaz elektromagnetskog modela RTP 400/110 kV Krško i rekonstruiranog dijela rasklopnog postrojenja od 400 kV u NEK-u (izvor: EIMV. /53/)

Na temelju provedenih mjerenja na odabranim mjernim točkama utvrđeno je da izmjerene efektivne vrijednosti električne jakosti polja i gustoće magnetskog protoka ni u jednoj od odabranih mjernih točaka ne premašuju granične vrijednosti za II. stupanj zaštite od zračenja s obzirom na Uredbu o elektromagnetskom zračenju u prirodnom i životnom okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/96, 41/04-ZVO-1). Rezultati mjerenja prikazani su u tablicama u nastavku.

Tablica 100: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti električnog polja (E) (izvor: EIMV. /53/)

Mjerna točka	Najviša izmjerena vrijednost (k=2) E [V/m]	Najviša izračunata vrijednost E [V/m] (vlastita emisija RTP-a)
1	2293,2 ± 91,7	357,6
2	1947,4 ± 77,9	316,1
3	263,0 ± 10,5	94,8
4	325,8 ± 13,0	75,8
5	643,4 ± 25,7	1390,8
6	528,7 ± 21,1	1197,1
7	1701,7 ± 68,1	4197,1
8	1537,9 ± 61,5	4033,2

Tablica 101: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti magnetskog polja (B) (izvor: EIMV /53/)

Mjerna točka	Najviša izmjerena vrijednost (k=2) B [µT]	Najviša izračunata vrijednost B [µT] (vlastita emisija RTP-a)
1	1,469 ± 0,156	5,833
2	1,325 ± 0,140	4,318
3	1,133 ± 0,120	1,900
4	1,238 ± 0,131	1,600
5	1,555 ± 0,165	8,422
6	1,219 ± 0,129	7,489
7	5,674 ± 0,601	35,661
8	4,445 ± 0,471	34,386

U veljači 2021. godine ponovno su izvršena prva mjerenja elektromagnetskog zračenja u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja obuhvaća zamjenu transformatora T3 i regulatora napona T3 /194/. Rezultati mjerenja sažeti su u nastavku.

U okvirima prilagodbe 1095-XR-L u NEK-u ugrađen je energetski transformator od 60 MVA, 110/6,3/6,3 kV T3 s regulatorom napona T3. Transformator T3 je novi transformator koji je zamijenio stari transformator T3. Novi obavlja istu funkciju kao stari. Potonji je zadnji od velikih energetskih transformatora koji je bio u svom izvornom obliku još od izgradnje elektrane.

NEK-u pripadaju i postojeći VN transformatori i VN priključci te VN rasklopno postrojenje NEK-a koje je povezano s RTP-om 400/110 kV Krško (nije dio NEK-a).

Novi transformator T3 110/6,3/6,3 kV u NEK-u je elektroenergetski objekt koji radi na nazivnom naponu većem od 1 kV. U skladu s tim, na temelju članka 2. točke 2. Uredbe definiran je kao izvor elektromagnetskog zračenja.

Osnovna frekvencija elektromagnetskog zračenja kojom transformator T3 110/6,3/6,3 kV onečišćuje prirodni i životni okoliš je 50 Hz, što ga čini jednim od niskofrekventnih izvora elektromagnetskog zračenja.
Prema članku 2. točki 2. Uredbe, prostor unutar ograde definiran je kao kontrolirani prostor pa se na njega ne odnose odredbe Uredbe. Područje obrade elektromagnetskog zračenja je, dakle, područje izvan kontroliranog područja u zoni od 40 m od vanjske ograde NEK-a. Između vanjske ograde NEK-a i

ograde RTP-a 400/110 kV Krško nalazi se pojas u koji se fizički može pristupiti iz susjednog voćnjaka, ali to područje kontrolira zaštitarska služba NEK-a. U taj pojas nije dopušten neovlašten ulazak, stoga je i on definiran kao kontrolirano područje.

Stupnjevi zaštite od elektromagnetskog zračenja određeni su na temelju detaljnije namjene iz prostornog plana Općine Krško (OPN Krško). Na području pojasa od 40 metara, s obzirom na detaljniju namjenu iz OPN-a Krško, postoje samo područja koja su definirana kao II. područje na kojem se primjenjuje II. stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja. U području obrade nema zgrada s I. stupnjem zaštite od elektromagnetskog zračenja.

Najveće izmjerene efektivne vrijednosti jakosti električnog polja (E) i gustoće magnetskog toka (B) koje proizlaze iz ukupnog onečišćenja područja kao rezultat rada svih izvora elektromagnetskog zračenja (energetski transformator 110/6,3/6,3 kV T3 s regulatorom napona T3 u NEK-u, postojeći VN transformatori i VN priključci, VN rasklopna postrojenja NEK-a, RTP 400/110 kV Krško i postojeći priključni DV-ovi i KBV priključci) te efektivne vrijednosti E i B NEK-a izračunate računskim modelom u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja obuhvaća zamjenu transformatora T3 i regulatora napona T3 i RTP 400/110 kV Krško (vlastita emisija bez priključnih spojeva), korištene su u procjeni onečišćenja okoliša elektromagnetskim zračenjem. Najviše izmjerene i izračunate efektivne vrijednosti jakosti električnog polja (E) i gustoće magnetskog toka (B) sažete su u sljedećim tablicama.

Tablica 102: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti električnog polja (E) (izvor: EIMV /194/)

Red. br.	Područje mjerenja		Najviša izmjerena vrijednost E [V/m], (k = 2)	Najviša izračunata vrijednost E [V/m] (vlastita emisija bez priključaka za povezivanje)
1.	Uz sjevernu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	1611,0 ± 64,4	136,0
		Smjer 3	1602,0 ± 64,1	114,0
2.	Uz zapadnu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	53,3 ± 2,1	95,0
		Smjer 3	47,7 ± 1,9	51,0
3.	Uz istočnu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	*	4,0
		Smjer 3	*	2,0

* ispod donjeg praga mjernog raspona instrumenta.

Tablica 103: Najviše izmjerene i izračunate vrijednosti magnetskog polja (B) (izvor: EIMV /194/)

Red. br.	Područje mjerenja		Najviša izmjerena vrijednost B [µT],(k = 2)	Najviša izračunata vrijednost B [µT] (vlastita emisija bez priključaka za povezivanje)
1.	Uz sjevernu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	5,850 ± 0,541	3,266
		Smjer 3	5,730 ± 0,529	2,804
2.	Uz zapadnu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	0,184 ± 0,017	0,541
		Smjer 3	0,121 ± 0,011	0,484
3.	Uz istočnu ogradu izvan područja NEK-a	Smjer 1	0,066 ± 0,006	0,145
		Smjer 3	*	0,111

* ispod donjeg praga mjernog raspona instrumenta.

Najveća izračunata vrijednost neprekidne jakosti električnog polja energetskog transformatora T3 (60 MVA, 110/6,3/6,3 kV) na razmatranom području (izvan ograđenog prostora NEK-a) manja je od 0,1 kV/m, a najviša izračunata vrijednost gustoće magnetskog toka manja je od 25 μT.

Na temelju procjene onečišćenja okoliša niskofrekventnim elektromagnetskim zračenjem koje uzrokuje NEK tijekom svog normalnog pogona u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja obuhvaća zamjenu transformatora T3 i regulatora napona T3, utvrđeno je da su analizirane efektivne vrijednosti:

- vlastite jakosti električnog polja (E) energetskog transformatora T3 (60 MVA, 110/6,3/6,3 kV), koji je zamijenjen u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, manje od dopuštene granične vrijednosti od 10.000 V/m koja vrijedi u II. području zaštite od elektromagnetskog zračenja,
- vlastite gustoće magnetskog toka (B) energetskog transformatora T3 (60 MVA, 110/6,3/6,3 kV), koji je zamijenjen u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, manje od dopuštene granične vrijednosti od 100 μT koja vrijedi u II. zoni zaštite od elektromagnetskog zračenja,
- jakosti električnog polja (E) NEK-a u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja uključuje zamjenu transformatora T3, manje od dopuštene granične vrijednosti od 10.000 V/m koja vrijedi u II. području zaštite od elektromagnetskog zračenja,
- gustoće magnetskog toka (B) NEK-a u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja uključuje zamjenu transformatora T3, manje od dopuštene granične vrijednosti od 100 μT koja vrijedi u II. području zaštite od elektromagnetskog zračenja,
- ukupne električne jakosti polja (E) svih važnih izvora elektromagnetskog zračenja manje od dopuštene granične vrijednosti od 10.000 V/m, koja vrijedi u II. području zaštite od elektromagnetskog zračenja, o gustoći magnetskog toka (B) svih važnih izvora elektromagnetskog zračenja, manje od dopuštene granične vrijednosti od 100 μT, koji vrijedi u II. području zaštite od elektromagnetskog.

Na temelju procjene onečišćenja okoliša niskofrekventnim elektromagnetskim zračenjem koje uzrokuje NEK tijekom svog redovitog pogona u sklopu prilagodbe 1095-XR-L, koja obuhvaća zamjenu transformatora T3 i regulatora napona T3, prema graničnim vrijednostima iz Uredbe, utvrđeno je da prirodni i životni okoliš nije pretjerano onečišćen niskofrekventnim elektromagnetskim zračenjem.

4.4.15 Onečišćenje svjetlošću

Vanjska rasvjeta NEK-a sastavni je dio tehničkih sustava za osiguravanje fizičke zaštite objekta te stoga NEK nije obvezan postupati u skladu s Uredbom o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13), nego prema Pravilniku o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1).

Ipak, NEK neprestano nastoji slijediti zahtjeve za smanjenje svjetlosnog onečišćenja, kako slijedi:

- koristi prikladne svjetiljke s ravnim staklom, instalirane paralelno s horizontalom;
- svjetiljke nisu okrenute prema gore u većoj mjeri kako je predviđeno projektom za postizanje odgovarajuće razine osvjetljenja;
- tijekom održavanja i zamjene rasvjetnih tijela rabe se moderna i energetski učinkovita rješenja – LED i sl.

Općenito, NEK ima ugrađeno nekoliko različitih tipova rasvjetnih tijela od kojih se po namjeni ugrubo razlikuju:

- Sigurnosna rasvjeta dvostruke ograde na stupovima visine 12 m s dvije VT natrijeve žarulje od 250 W (žuto svjetlo). Ukupno ima ugrađenih oko 60 stupova x 2 svjetiljke = 120 svjetiljki,
- Opća ulična rasvjeta (bijela svjetlost),
- Reflektorski stupovi: 5 stupova na YRD + 4 stupa u SY s većim brojem reflektora VTNA 400 W (YRD) i LED (SY),
- Rasvjeta za slučaj nužde od 80 W: uz cestu za hitnu evakuaciju oko 18 (YRD)+ 9 (SY).

Nacrt rasvjete, koji prikazuje broj svjetiljki i njihovu snagu, nalazi se u **Prilogu 5**.

4.4.16 Karakteristike i specifičnosti regije

Područje zahvata nalazi se na Krškom polju, koje je prostrano ravno područje na aluvijalnim nanosima, šljunku, glini i ilovači donjeg toka rijeka Krke i Save. Jedinica je sa sjevera omeđena Krškim gričevjem, a na jugu Gorjancima s Podgorjem. Prostor karakterizira izrazito ravan reljef. Područje je obilježeno Krakovskom šumom koja odvaja Šentjernejsko polje na istoku od glavnog dijela Krško-brežičkog polja. Osnovnu orijentaciju prostora (istok – zapad) daje tok rijeke Save. Stari putovi vode uglavnom podno okolnih brežuljaka, a autocesta prolazi kroz kotlinu. Ondje je već postojala trasa stare rimske ceste u smjeru Siska /66/.

Područje zahvata nalazi se u krajobraznoj cjelini Krško – Brežičko polje (podjedinica Posavski dio polja) koja pripada krajobrazima Južne subpanonske regije. Ključne karakteristike ove krajobrazne jedinice su:
- ravnina, nizinska šuma, rijeka Sava,
- otvoreni poljoprivredni krajolik, zbijena naselja,
- slaba vidljivost, velika otvorenost ravnice s brežuljkastim horizontom,
- praiskonost šume, raznolikost prostora,
- stari gradovi, nuklearna elektrana, vojni aerodrom /66/.

Prostorna slika Krškog polja ili područja uz Savu između Krškog i Brežica doživjela je veliku promjenu regulacijom rijeke Save prije više od stotinu godina. Regulacijom je znatno smanjena raznolikost krajolika jer su poplavljeni mnogi meandri i rukavci Save, a riječni tok je preusmjeren u novouređeno korito. U nizinskim područjima najveće promjene u krajobraznoj slici uzrokovane su hidromelioracijskim i regulacijskim zahvatima u gotovo svim većim vodotocima i njihovim pritocima. U brdima se pojačava raštrkana urbanizacija, u vinogradarskim područjima prekomjerno se grade tzv. vinogradarske kućice (zidanica) koje mijenjaju prostorne i strukturne odnose u prostoru. Jedinica, posebice njezin nizinski dio, također je opterećena raznim infrastrukturnim koridorima. Nuklearna elektrana Krško je zbog svoje veličine i položaja u ravnici vrlo vidljiva, a dovela je i do izgradnje dalekovoda najvišeg napona. Promjene u prostoru uzrokovala je i nova trasa autoceste Ljubljana – Obrežje.

Područje oko elektrane definirano je ravnim reljefom na šljunčanom terenu s nadmorskim visinama između 150 i 155 m. Na sjeveru se nizinsko područje nastavlja prema visoravni Libna (355 m n. v.). Korito rijeke Save proteže se po južnom rubu kompleksa. U neposrednoj blizini područja nalaze se ostaci geomorfnog djelovanja rijeke Save koja je u prošlosti tekla razgranatim koritom. Osim livada i obalnog raslinja s pojedinim stablima, skupinama drveća ili grmlja, na širem području karakteristične su i nizinske šume.

U okolici elektrane aktualno je iskorištavanje tla namijenjeno za intenzivnu poljoprivrednu uporabu, s većim obradivim površinama. Sjeverno, zapadno i istočno od NEK-a nalazi se ekstenzivna plantaža s voćkama. Velike zatvorene površine s intenzivnom (monokulturalnom) poljoprivredom stvaraju krajobrazni uzorak velikih razmjera. Krajobrazni uzorak ekstenzivne poljoprivrede javlja se na prijelazu u brdsko područje. Za ovaj uzorak karakteristično je naizmjenično korištenje polja, travnjaka, manjih voćnjaka i vinograda. Uže područje nije naseljeno, širim područjem dominiraju manja klasterirana naselja, a prisutan je i uzorak raštrkanog naseljavanja izvan jezgri naselja. Najbliža naselja su Spodnja Libna i Spodnji Stari Grad.

Zbog relativno visoke razine diverzifikacije i urbanizacije (intenzivna poljoprivreda, nasadi topola, šljunčare, nuklearna elektrana, dalekovodi, ceste) posavski dio Krško-brežičkog polja dobio je ocjenu 3-4 /74/. Područja veće krajobrazne raznolikosti tek su ponegdje uz mrtvice Save. Prema stručnim kriterijima, područje razmatrane lokacije nije svrstano u izniman krajolik ni među područja s prepoznatljivim krajobrazom od nacionalne važnosti. Simboličke vrijednosti prirodnih i kulturnih elemenata od lokalnog su interesa. Nuklearna elektrana Krško je u svijesti ljudi već postala važan element prepoznatljivosti područja.

Smjernice za zaštitu i upravljanje krajobrazom na Krško-brežičkom polju obuhvaćaju:
– očuvanje priobalnih krajolika i močvara,
– očuvanje nizinskih vlažnih šuma,

– očuvanje tradicijskih naseobina i arhitekture,
– održivo gospodarenje nizinskim šumama,
– revitalizaciju denaturaliziranih vodotoka.

Nijedna od navedenih smjernica izravno se ne odnosi na krajobrazne elemente u užem području zahvata.

4.4.17 Karakteristike kulturne baštine na području utjecaja zahvata

Na području utjecaja zahvata nema objekata ni područja kulturne baštine.

Najbliži objekti i područja kulturne baštine u okolici lokacije zahvata prikazani su u poglavlju 4.1.7.2. i grafički u poglavlju 10.2.

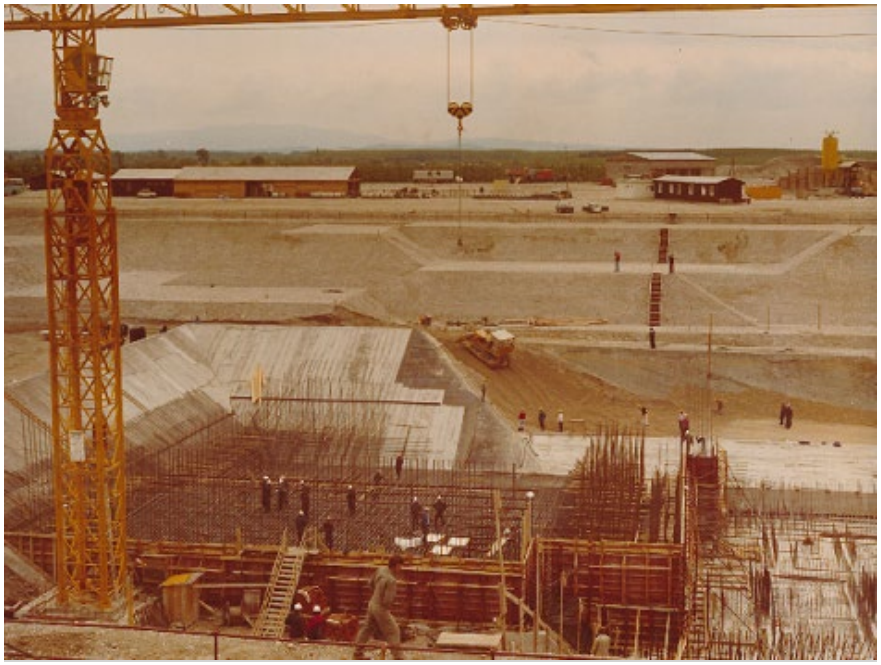
Cijeli plato kompleksa Nuklearne elektrane nalazi se na umjetnom nasipu, pa su eventualni arheološki ostaci uništeni tijekom izgradnje prije četiri desetljeća.

Arheološkim istraživanjima okolice NEK-a (šire područje odlagališta NSRAO Vrbina) nisu otkriveni tragovi ljudskih nastambi, a prethodno pomicanje korita rijeke Save po poplavnoj ravnici pokazuje da područje nije bilo naseljeno zbog nepovoljnih uvjeta. Nekadašnje selo Vrbina, koje je prije desetak godina konačno iseljeno zbog blizine elektrane, izgrađeno je na višem terenu i na većoj udaljenosti od sadašnjeg korita rijeke Save. Iz svega se može zaključiti da je vjerojatnost prisutnosti arheoloških ostataka na lokalitetu prije početka gradnje bila iznimno mala.

Utjecaj elektrane na okolnu kulturnu baštinu ograničen je na vidljivi utjecaj koji je zbog udaljenosti zanemariv.



Slika 74: Plato NEK-a tijekom gradnje (izvor: /193/)



Slika 75: Građevinska jama na platou NEK-a tijekom gradnje (izvor: /193/)

4.5 POLAZIŠTE I NACRT VJEROJATNOG DALJNJEG RAZVOJA BEZ PROVOĐENJA ZAHVATA (NULTA VARIJANTA).

Polazište na lokaciji zahvata je postojeći pogon NEK-a, za koji se planira produljenje pogonskog vijeka za 20 godina – od 2023. do 2043. godine, što neće utjecati na kapacitet proizvodnje; promjena također ne predviđa znatne promjene utjecaja na okoliš u odnosu na postojeće stanje.

Utjecaji na okoliš zbog produljenja pogonskog vijeka detaljno su opisani u poglavlju 5 – Mogući učinci zahvata na okoliš.

U slučaju da se planirana promjena (produljenje pogonskog vijeka) ne provede, djelatnost se ne bi mogla dalje provoditi pa bi NEK bio zaustavljen – nulta varijanta. Postojeći pogon NEK-a s postojećim utjecajima na okoliš koji su prikazani u ovoj studiji predstavlja takozvanu nultu varijantu na razmatranom području.

Nakon toga slijedile bi aktivnosti zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.) i u nastavku razgradnja nuklearnog objekta. Razgradnja nuklearnog objekta su sve mjere kojima se objekt dovodi u stanje kada nadzor nad njim prema odredbama propisa iz područja nuklearne sigurnosti i zaštite od zračenja više nije potreban i kada može prijeći u neograničenu uporabu. Razgradnja uključuje postupke dekontaminacije, rušenja i uklanjanja zgrada, postupke demontaže sustava i uređaja te odvoz radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz objekta.[29]

[29] Preuzeto iz Zakona o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti (ZVISJV-1, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19), članak 3. stavak 1. točka 85.

5. MOGUĆI UČINCI POGONA NA OKOLIŠ

5.1 POLAZIŠTA I METODE PROCJENE UTJECAJA

Procjena, odnosno ocjena utjecaja zahvata na okoliš ili njegove dijelove i njihove posljedice temelje se na ciljevima i načelima zaštite okoliša, očuvanja prirode, zaštite prirodnih dobara i zaštite kulturne baštine; ovo je u skladu s propisima kojima se utvrđuju granične vrijednosti emisija, stupnjevi smanjenja onečišćenja okoliša i povezane mjere, pravila gospodarenja otpadom i druga pravila ponašanja za sprječavanje i smanjenje onečišćenja okoliša te druge propisane vrijednosti i prakse vezano uz dopušteno onečišćenje okoliša ili dopušteni opseg njegovih promjena.

Utjecaji se opisuju i procjenjuju, odnosno ocjenjuju[30] tijekom pogona i u slučaju zaustavljanja pogona, pri čemu se pri zaustavljanju pogona ne uzima u obzir eventualno uklanjanje ili rekonstrukcija objekata koji će biti predmet drugih upravnih postupaka iz područja građenja objekata i zaštite okoliša (vidi poglavlje 11.1.3. – Upozorenja).

S produljenjem pogonskog vijeka nije predviđena izgradnja novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizička svojstva NEK-a.

Procjena utjecaja:

- utjecaj zahvata odnosi se na indirektne i direktne utjecaje planiranog pogona (produljenje pogonskog vijeka s 40 na 60 godina, od 2023. do 2043. godine).
- cjelokupni utjecaj uzima u obzir osim planiranog pogona i povezani pogon (odlagalište NSRAO-a Vrbina).

Razredi veličina za procjenu utjecaja propisani su člankom 2. Uredbe o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove izrade:

Razred veličine	Pojašnjenje
(5)	nema utjecaja, odnosno utjecaj je pozitivan
(4)	utjecaj je neznatan
(3)	utjecaj je neznatan zbog provedbe mjera ublažavanja
(2)	utjecaj je znatan
(1)	utjecaj je razoran

Ljestvica vrijednosti procjenjuje onečišćenje pojedinih čimbenika okoliša i prihvatljivost tih onečišćenja, dakle, ne radi se o izravnoj pretvorbi kvantificiranih promjena čimbenika u procjene vrijednosti, već o primjerenoj interpretaciji očekivanih promjena u odnosu na stanje okoliša prije zahvata i ranjivost okoliša na području zahvata i šireg područja. Za neke čimbenike propisani su standardi i norme (npr. granične vrijednosti), a za neke je procjena utjecaja stvar stručne prosudbe ocjenjivača.

Prednost korištenja vrijednosne ljestvice je, među ostalim, to što omogućuje prepoznavanje čimbenika na koje će zahvat najviše utjecati ili će se zahvatom najviše mijenjati.

Kod procjene uzimaju se u obzir priroda i vrsta utjecaja, vjerojatnost pojave, trajanje ili učestalost i njihova reverzibilnost, opseg utjecaja i potencijalni sinergijski učinci više različitih vrsta utjecaja.

[30] Budući da produljenje pogona NEK-a s 40 na 60 godina ne predviđa izgradnju objekata, utjecaji tijekom gradnje nisu opisani niti procijenjeni.

Procjena pretpostavlja da će se u cijelosti uzeti u obzir sve zakonom propisane, projektom predviđene i dodatne mjere navedene u ovoj studiji kako bi se spriječili, smanjili ili otklonili negativni utjecaji na okoliš ili zdravlje ljudi.

5.2 UTJECAJI NA TLA

5.2.1 Pogon

U svrhu produljenja pogonskog vijeka NEK-a neće se izvoditi građevinski radovi, tako da neće biti zahvata u tlu. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a način zbrinjavanja otpadnih voda se ne mijenja. Tijekom pogona neće se ispuštati onečišćujuće tvari u tlo jer se sve otpadne vode već u postojećem stanju odvajaju na odgovarajući način (vidi poglavlje 2.10.3.).

Sav otpad, uključujući i radioaktivni, kao i opasne tvari na području NEK-a skladišti se na prikladan način i ne prijeti onečišćenju tla.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na kvalitetu i iskorištenost tla na području pogona tijekom rada pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.2.2 Zaustavljanje pogona

Neće biti ispuštanja onečišćujućih tvari u tlo, kao ni drugih utjecaja na tlo, u slučaju stavljanja elektrane izvan pogona (vidi poglavlje 2.18.). Stanje tla bit će isto kao i tijekom pogona.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na kvalitetu i iskorištenost tla u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.3 UTJECAJI NA VODE I POPLAVNA SIGURNOST

5.3.1 Utjecaji na vode

5.3.1.1 Pogon

Površinske vode

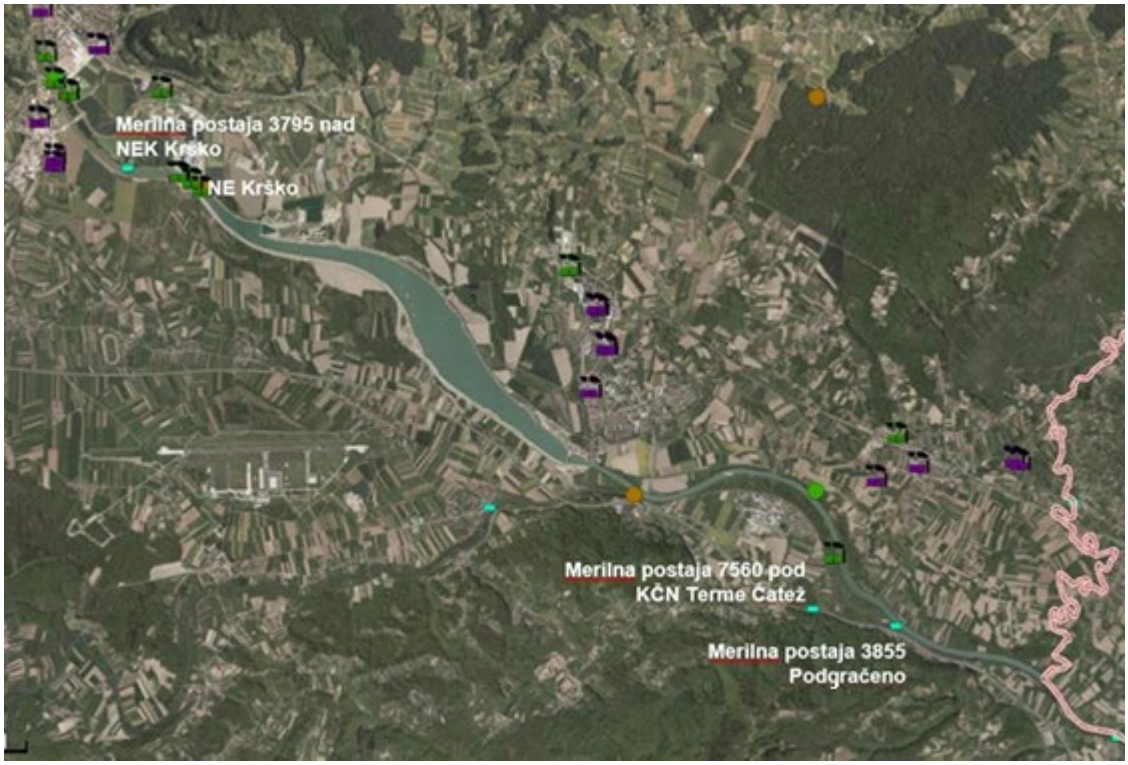
Kako je evidentno iz poglavlja 2.10.3., najveće količine otpadne vode iz NEK-a odnose se na rashladnu vodu, koja se uglavnom odvaja preko protočnog sustava za hlađenje (odvod V7-7), a sustav s rashladnim tornjevima (odvod V7-10) koristi se u nepovoljnim uvjetima toka rijeke Save s obzirom na njezino toplinsko onečišćenje. Dio rashladne vode odnosi se na sigurnosnu opskrbu (odvod V1-1). Udio rashladne vode u sustavu rashladnih tornjeva manji je od 5 % od ukupne količine rashladne vode.

Pregledom pogonskog monitoringa otpadnih voda u razdoblju 2015. – 2020. može se zaključiti da rezultati analiza rijetko prelaze propisane granične vrijednosti, najčešće za parametre neotopljene i sedimentne tvari. Prekoračenje je zabilježeno u ispustu iz glavnog sustava vode za hlađenje, ispustu rashladnih tornjeva i ispustu sigurnosne vode. Elektrana u te sustave ne ispušta tvari koje bi mogle uzrokovati prekoračenje graničnih vrijednosti neotopljenih i sedimentnih tvari. Naime, u pojedinim godinama pojedinačna mjerenja pokazala su prekoračenje ispuštanja netopivih tvari, sedimenata i KPK-a koji nisu rezultat rada elektrane, nego opće kvalitete vode rijeke Save (vidi poglavlje 4.4.4.1.).

Da sastav vode na ispustima ovisi o sastavu same riječne vode pokazuje i praćenje vrijednosti KPK-a i BPK5 na tri mjerna mjesta na području i u blizini NEK-a (Slika 76), gdje je evidentno da voda već prije ulaska u elektranu sadržava određeni sastav ovih pokazatelja. Granična vrijednost prema Uredbi o stanju površinskih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 14/09, 98/10, 96/13 i 24/16) dobrog ekološkog stanja rijeka za BPK5 iznosi 5,4 mg/l, za vrlo dobro stanje KPK iznosi 20,9 mg/l. Koncentracija ovih pokazatelja u ispustima iz NEK-a uglavnom zadovoljava kriterije dobrog stanja rijeke.

U razdoblju od 6 godina na ispustu iz bazena za pripremu vode (odvod V7-11) povremeno su se pojavila prekoračenja graničnih vrijednosti, jednom za KPK (2015. godine), jednom za BPK5 (2017. godine) i dva puta za toksičnost (2016. i 2017. godine), ali su količine ovih otpadnih voda vrlo male i iznose 4000 m^3 godišnje (najveća dopuštena količina je 6000 m^3/godišnje).

Utvrđeno je da NEK nema većeg negativnog utjecaja na vode, odnosno vodno tijelo Sava Krško – Vrbina u koje se ispuštaju otpadne vode iz elektrane. O tome svjedoči i dobro stanje ovog vodnog tijela kako je opisano u poglavlju 4.1.4.4.1.4 Procjena kemijskog stanja vodnih tijela za razdoblje 2014. – 2019. korištena za Plan upravljanja 2022. – 2027. /283/ pokazuje da je kemijsko stanje vodnog tijela dobro za matricu vode, loše za matricu biota i loše za matricu voda i biota zajedno. Procjena loše dana je zbog parametara koji se ne odnose na emisije iz NEK-a, već su posljedica općeg onečišćenja, tj. žive i difenil etera (BDE) (vidi poglavlje 4.1.4.4.1.4). Ekološko stanje vodnog tijela je dobro za pojedinačne elemente procjene i vrlo dobro za element 'posebnih onečišćujućih tvari' Dobrom stanju vodnog tijela zasigurno pridonosi izgradnja komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda te pročišćavanje otpadnih voda u vlastitim uređajima ili komunalnim uređajima industrijskih postrojenja na tom području (vidi poglavlje 4.4.4.1.).



Slika 76: Lokacije mjernih stanica za praćenje kvalitete površinskih voda (izvor: /60/)

NEK ima dozvolu za korištenje biocida za povremeno čišćenje kondenzatora, ali se oni ne rabe već niz godina. Sustav se uspješno čisti mehanički, s pomoću sustava za reciklažu gumenim kuglicama (tzv. Taproge).

Tijekom rada rashladnog sustava NEK provodi mjere koje su procijenjene u skladu sa smjernicama BREF/BAT za rashladni sustav.

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće uzrokovati promjene u ispustima otpadnih voda i bit će kao u sadašnjem stanju, ali zbog klimatskih promjena postoji mogućnost povećanja udjela rashladne vode koja se ispušta kroz sustav rashladnog tornja. S obzirom na trenutačno dobro stanje vodnog tijela u koje se ispuštaju otpadne vode NEK-a, procjenjujemo **da će utjecaj biti mali i da neće promijeniti**

dobro ekološko-kemijsko stanje voda na tom području, kako je i planirano Planom upravljanja 2022. – 2027.

Podzemne vode

Lokacija pogona na krajnjem južnom području zahvata (područje brane) prema Uredbi o zaštiti podzemnih voda na području zaštitnih zona crpilišta vodovoda Krško (Službeni list SRS-a, 12/85) u manjem dijelu nalazi se u VVO-u Drnovo – II. režim zaštite.

Bunar NEK-a na desnoj obali rijeke Save ne može utjecati na količinu vode u crpilištu Brega, s obzirom na to da je formiranjem razine podzemne vode izgradnjom akumulacije HE Brežice povećana i mogućnost crpljenja vode u bunaru Brege na istim instalacijama.

Štetne tvari i onečišćena voda iz NEK-a ne idu direktno u tlo i na taj način ne zagađuju podzemne vode. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a način zbrinjavanja otpadnih voda se ne mijenja. Tijekom pogona neće se ispuštati onečišćujuće tvari u tlo jer se sve otpadne vode već u postojećem stanju odvajaju na odgovarajući način (vidi poglavlje 2.10.3.). Neće biti utjecaja na vodozaštitno područje i područje opskrbe pitkom vodom.

Emisije tvari iz NEK-a u vode unutar su propisanih zakonskih ograničenja i očekujemo da će takve i ostati tijekom produljenja pogonskog vijeka elektrane.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na površinske i podzemne vode tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

5.3.1.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) potrošnja vode bit će znatno smanjena u odnosu na redoviti pogon. I dalje će biti potrebno hlađenje bazena za istrošeno gorivo i nekih drugih sigurnosnih komponenti – uzimanje vode i povratak u rijeku Savu bit će na razini od približno 1,6 m^3/s.

Smanjit će se crpljenje iz bunara na desnoj obali Save i bunara BB2, a bunari za održavanje razine podzemne vode ostat će u funkciji.

Područja eventualnog izvođenja mokrih radova opremit će se sabirnim šahtovima. Voda će se uzorkovati prije pražnjenja šahta. U slučaju prekoračenja graničnih vrijednosti za ispust otpadne vode će se pročistiti, ukrutiti (solidificirati) ili na drugi način obraditi, a radiološki kontaminirani dio zbrinuti kao NSRAO.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na površinske i podzemne vode u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.3.2 Utjecaji na toplinsko onečišćenje rijeke Save

5.3.2.1 Pogon

Nositelj zahvata ishodio je okolišnu dozvolu za ispuste u vode br. 35441-103/2006-24 od 30. lipnja 2010., koja je izmijenjena u tri točke izreke (izmijenjene točke 1.1., 1.4. i 1.8. OVD-a), i ponovno je donesena Odluka br. 35441-103/2006-33 od 4. lipnja 2012. godine te izmijenjena (izmijenjena točka 1.5., tablica 3) Odlukom br. 35444-11/2013-3 od 10. listopada 2013. /49/, sukladno čemu se provodi i pogonski monitoring.

Iz poglavlja 4.1.4.1 i Izvještaja o pogonskom monitoringu otpadnih voda za NEK evidentno je da NEK ne onečišćuje prekomjerno Savu s gledišta toplinskog onečišćenja.

Toplinsko onečišćenje rijeke uzrokovano NEK-om produljenjem pogona do 2043. godine ostat će isto kao i do sada. To znači da će se njegov pogon nastaviti u skladu s okolišnom dozvolom koja propisuje da:

- je granični emisijski udio oslobođene topline 1 i
- temperatura rijeke Save nakon miješanja s vodom za hlađenje iz NEK-a ne premašuje prirodnu temperaturu rijeke Save za više od 3 °C.

Prema OVD-u, NEK ne smije zagrijavati rijeku Savu za više od 3 °C na mjestu miješanja. U slučaju približavanja toj granici, NEK će početi djelomično zatvarati tercijarni krug i smanjivati toplinsku onečišćenost rijeke Save. To se postiže postupnim uključivanjem rashladnih tornjeva. U slučaju da to nije dovoljno, NEK u skladu s tim smanjuje snagu reaktora.

Zbog produljenja pogona toplinska onečišćenost Save neće se povećati. Utjecaj se održava na trenutačnoj razini.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na toplinsko onečišćenje tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

5.3.2.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) više neće biti potrebe za rashladnom vodom za tehnološki proces proizvodnje električne energije, odnosno zaustavljanjem pogona znatno će se smanjiti toplinsko onečišćenje Save zbog NEK-a.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na toplinsku onečišćenost rijeke Save u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.3.3 Utjecaji na poplavnu sigurnost

5.3.3.1 Pogon

Kako je evidentno iz prethodnih poglavlja (vidi poglavlja 2.7.8. i 4.1.9.), produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće utjecati na sigurnost objekata od poplava. Zaštita od poplava provedena je već tijekom planiranja elektrane i izgradnjom nasipa rijeke Save uzvodno i nizvodno od elektrane. Ulazi i otvori zgrada izgrađeni su iznad nadmorske visine predviđenih 10.000 godišnjih poplava. Elektrana je sigurna u slučaju projektom predviđene poplave, čak i bez zaštitnog nasipa.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na zaštitu od poplava tijekom pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.3.3.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) neće biti utjecaja na poplavnu sigurnost nuklearnog objekta i područja jer objekti i poplavni nasipi koji sprječavaju poplave na razmatranom području ostaju u istom stanju kao i za vrijeme pogona.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na zaštitu od poplava u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.4 UTJECAJI NA ZRAK

5.4.1 Pogon

Produljenjem pogonskog vijeka postojeći kapacitet proizvodnje u NEK-u se ne mijenja, isto tako se ne mijenjaju vrste i uporaba sirovina te opseg cestovnog prijevoza.

Emisija SO_2, NO_x, CO i krutih čestica iz pomoćne kotlovnice i dizelskog generatora bit će povremena i kratkotrajna. Zbog produljenja pogonskog vijeka neće biti novih ispuštanja koja bi uzrokovala emisije tvari u zrak. Postojeći ispusti se ne mijenjaju, emisija onečišćivača se na postojećim ispustima neće povećavati.

Povremeni izvor emisije u zrak je jedan od kotlova od 8 MW koji koristi plinsko ulje za gorivo. U pomoćnu kotlovnicu NEK-a ugrađena su dva kotla iste snage, pri čemu je rad jednog kotla dovoljan za opskrbu toplinskom energijom za vrijeme dok NEK ne radi, a drugi kotao je rezervni. Što se tiče utjecaja na zrak, važne su samo emisije NOx, a emisije SOx i čestica zanemarive su s obzirom na korištenje kvalitetnog tekućeg goriva.

Za procjenu utjecaja dijela kotla na onečišćenje zraka u okolišu NEK-a korišten je disperzijski model AERMOD. On se koristi u „screening" načinu rada kojim se dobivaju maksimalne koncentracije onečišćujućih tvari u zraku po satu. U izračunu se rabi matrica meteoroloških podataka koja simulira različite kombinacije meteoroloških uvjeta koji utječu na disperziju onečišćenja u atmosferi (temperatura zraka, vjetar i disperzijske karakteristike atmosfere). Izračun je dodatno konzervativan jer se pretpostavlja potpuna pretvorba emitiranog NOx u NO_2 u atmosferi.

Konzervativni izračun pokazuje da se u najbližem naseljenom području, oko 900 metara sjeverozapadno od NEK-a, može očekivati maksimalna koncentracija NO_2 po satu od oko 40 mikrograma/m^3, što je na razini od 20 % granične vrijednosti (200 mikrograma/m^3). Razina koncentracija NO_2 u području SIC-a /261/ u pozadini je između donjeg i gornjeg praga ocjene, odnosno između 50 i 70 % iznosa granične vrijednosti za koncentracije po satu. S obzirom na to da kotlovnica radi manje od 2 % vremena godišnje (150 sati = 1,7 %), utjecaj na srednje godišnje koncentracije NO_2 u okolišu je zanemariv. Utjecaj emisija iz pomoćne kotlovnice je kratkotrajan i povremen, ne očekuju se prekoračenja čak ni u najnepovoljnijim meteorološkim uvjetima.

Atmosferska ispuštanja radioaktivnih tvari obrađena su u 4.4.7.2., naveden je izračun doza (utjecaj) u usporedbi s ograničenjem. U 2020. godini procijenjena doza zbog atmosferskih ispuštanja u naselju Spodnji Stari Grad iznosila je 0,0066 µSt. Ograničenje je 50 µSv iz svih doprinosa, a ne samo iz atmosferskih ispuštanja. Iz tablica se može utvrditi da su doprinosi godišnjoj efektivnoj dozi za odraslog stanovnika na ogradi NEK-a 0,0079 µSv, a u naselju Spodnji Stari Grad 0,0066 µSv.

U procesu proizvodnje električne energije iz nuklearne elektrane nema emisija SO_2, NO_x i krutih čestica (PM, PM_{10}, $PM_{2,5}$). Ovi zagađivači su štetni za zdravlje i ekosustav, posebice dušikovi oksidi i čestice sa zdravstvenog stajališta, a sumporov dioksid je glavni uzrok zakiseljavanja sa štetnim učincima na šumske ekosustave i materijalne resurse. Dušikov dioksid također je prekursor za nastanak prizemnog ozona koji je štetan za zdravlje. U sljedećoj tabeli (Tablica 104) navedena je procjena koliko je smanjena emisija u zrak zahvaljujući pogonu NEK-a. U izračunu su korišteni podaci inventara emisija iz slovenskih termoelektrana i njihove proizvodnje (smjesa goriva).

Tablica 104: Izostale emisije SO_2 i NO_x zbog pogona NEK-a (izvor: /153/, /190/, /241/)

		2010.	2015.		2018.	2019.
	Nacionalne emisije ukupno, kt/godišnje					
NO_x		48,00	34,90		32,20	29,2
SO_2		10,40	5,46		4,79	4,3
	Emisije sektora proizvodnje električne i toplinske energije					
NO_x		10,8	4,5		4,7	3,5
SO_2		6,1	1,9		2,1	1,6
	Proizvodnja na pragu TWh/godišnje					
Termoelektrane		5,38	4,50		4,87	4,76
NEK		5,38	5,37		5,49	5,53
	Izostale emisije zbog NEK-a, kt/godišnje					
NO_x		10,8	5,4		5,3	4,1
SO_2		6,13	2,30		2,35	1,85
	Izostale emisije, % od nacionalne emisije					
NO_x		23	15		16	14
SO_2		59	42		49	43

Iz gornje tablice (Tablica 104) evidentno je da su izostale emisije na razini od 16 % nacionalnih emisija za NO_x i 49 % za SO_2. Godine 2010. ove su vrijednosti bile još više. Pritom je važno da su izostale emisije, u vrijeme kada je elektrana počela s pogonom, dosegle više od 140 kt/god. za SO_2, što je velik doprinos jer je problem degradacije šuma zbog kiselih kiša bio vrlo aktualan u Europi u to vrijeme.

Produljenjem pogonskog vijeka NEK pridonosi ispunjavanju međunarodnih obveza Republike Slovenije u pogledu smanjenja emisija SO_2, NO_x i krutih čestica u sklopu obveza LRTAP/UNECE-a iz Nacionalne direktive o emisijama (NEC Direktiva, vidi tablicu u nastavku). Uz pretpostavku da istu godišnju proizvodnju električne energije od 6 TWh proizvode suvremene elektrane na ugljen (prema zaključcima BAT-LCP iz Direktive IED), emisija termoelektrane na ugljen s uređajem za hvatanje CO_2 (PC + CCS) iznosila bi 2,3 kt/godišnje SO_2, 3,7 kt/godišnje NOx i 0,17 kt/godišnje krutih čestica, a emisije plinske elektrane velikog kapaciteta s uređajem za hvatanje CO_2 (CCGT + CCS) približno 1,9 kt/godišnje NOx. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a sprječava se stvaranje novih emisija, što pozitivno utječe na kvalitetu zraka i pridonosi ciljevima smanjenja emisija SO_2, NOx i PM2,5 iz Direktive 2001/81/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2001. o nacionalnim gornjim granicama emisija za određene onečišćujuće tvari u zrak (Službeni list Republike Slovenije br. 309 od 27. studenog 2001., str. 22; u nastavku teksta: stara NEC Direktiva), a nakon 2020. godine iz nove NEC Direktive koja je u slovensko zakonodavstvo prenesena Uredbom o nacionalnim gornjim granicama emisija onečišćujućih tvari u zrak (Službeni list Republike Slovenije, br. 48/18).

Na temelju nove NEC Direktive Slovenija mora znatno smanjiti svoje emisije, odnosno do 2030. godine emisije SO2 za 92 posto u odnosu na 2005., NO_x za 65 posto i $PM_{2,5}$ za 60 posto. Najvažniji izvor emisije SO_2 je proizvodnja električne energije, zatim industrijski procesi, a na emisiju NO_x najviše utječe promet. Mala ložišta najvažniji su izvor emisija $PM_{2,5}$ /168/.

Nacionalne obveze Slovenije za smanjenje emisija onečišćujućih tvari u zrak za razdoblje 2010. – 2019. proizlaze iz Direktive 2001/81/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2001. o nacionalnim gornjim granicama emisija za određene onečišćujuće tvari u zrak (Službeni list Republike Slovenije br. 309 od 27. studenog 2001., str. 22; u nastavku teksta: stara NEC Direktiva), a nakon 2020. godine iz nove NEC Direktive koja je u slovensko zakonodavstvo prenesena Uredbom o nacionalnim gornjim granicama emisija onečišćujućih tvari u zrak (Službeni list Republike Slovenije, br. 48/18). Tablice u nastavku (Tablica 105 i Tablica 106) prikazuju nacionalne emisije i ciljeve /168/.

Tablica 105: Nacionalne emisije (izvor: /190/)

	SO_2	NOx	$PM_{2,5}$
Nacionalne emisije 2018.	4,8 kt	32,2 kt	11,3 kt
Nacionalne emisije 2019.	4,3 kt	29,2 kt	10,6 kt

Tablica 106: Nacionalni ciljevi smanjenja emisija (izvor: /168/)

Nacionalne obveze smanjenja emisija u usporedbi s početnom 2005. godinom *	**SO_2**	**NOx**	**$PM_{2,5}$**
2010. – 2019.	27 kt (–23 %)	45 kt (–18 %)	
2020. – 2029.	-63 %	-39 %	-25 %
Od 2030. godine	-92 %	-65 %	-60 %

*Referentna emisija 2005. godine, u skladu s EU-ovim i UNECE-ovim smjernicama iz 2019. godine

Iz navedenog je evidentno da NEK kao veliki izvor električne energije ima vrlo malu emisiju SO_2, NOx i $PM_{2,5}$ (iz tehnološkog procesa proizvodnje električne energije emisija je 0), što svakako pridonosi postizanju ciljeva iz NEC Direktive.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na kvalitetu zraka tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj, prije svega zbog postojećih ispusta emisija radioaktivnih tvari u zrak koji ne dosežu godišnja ograničenja i daleko su ispod njih.

5.4.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) privremeno će biti prisutne emisije onečišćujućih tvari u zrak iz pomoćne kotlovnice koja će se koristiti za grijanje prostora i sigurnosne potrebe (protiv smrzavanja). Ukupna potrošnja goriva bit će smanjena jer toplina više neće biti potrebna za proizvodnju rezervne pare. Povremene emisije bit će prisutne pri ispitivanju dizelskih generatora koji će ostati kao rezervni izvor električne energije na lokaciji.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na kvalitetu zraka u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.5 UTJECAJI NA KLIMU UKLJUČUJUĆI EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

5.5.1 Pogon

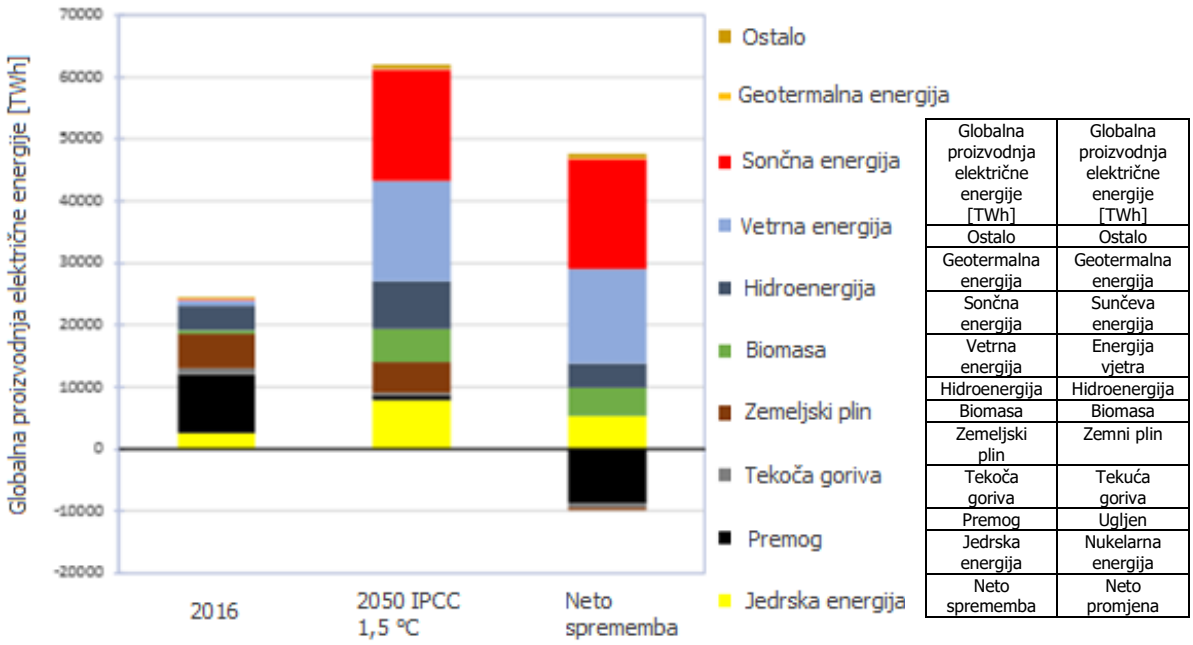
Emisije stakleničkih plinova povećavaju njihovu koncentraciju u atmosferi, što rezultira globalnim zatopljenjem i porastom klimatskih temperatura. Nuklearne elektrane nemaju emisiju stakleničkih plinova iz tehnološkog procesa proizvodnje električne energije, emisije proizlaze iz pomoćnih aktivnosti na lokaciji: to su tri dizelska generatora za hitno napajanje električnom energijom, pomoćni parni kotlovi, transport na području lokacije i staklenički plin SF6 (vrlo učinkovito sredstvo za elektroizolaciju u TP-u). Produljenjem pogonskog vijeka elektrana će imati približno iste godišnje emisije kao u postojećem stanju. Ukupne emisije stakleničkih plinova za razdoblje od 2024. do 2043. mogle bi iznositi oko 23,46 kt CO_2-eq. To je zanemarivo u usporedbi s nacionalnima, 0,13 % ukupnih nacionalnih emisija u 2018. i 0,28 % emisija iz sektora proizvodnje električne i toplinske energije.

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a također pridonosi smanjenju emisije stakleničkih plinova u odnosu na druge tehnologije za proizvodnju električne energije. Objašnjenje pozitivnog učinka detaljno je objašnjeno u nastavku.

Globalni kontekst

Nuklearne elektrane tijekom rada ne ispuštaju stakleničke plinove u atmosferu, a emisije koje se odnose na cijeli proizvodni ciklus vrlo su male, na razini obnovljivih izvora energije. Danas se električna energija proizvodi iz nuklearnih elektrana u 30 zemalja, a IAEA procjenjuje da se njihovom proizvodnjom izbjegava emisija od 2 Gt godišnje, što je oko 3,7 % globalnih emisija stakleničkih plinova /169/. Nuklearne elektrane proizvode oko 10 % električne energije, što je 30 % niskougljične električne energije. NEK je 2019. godine opskrbio Republiku Sloveniju s 18,1 % električne energije (50 % proizvodnje) /243/, što je 35,9 % niskougljične električne energije proizvedene u ovoj godini.

Prema Pariškom sporazumu UNFCCC-a (2015. godine), cilj je bio zadržati temperaturu na 2 °C iznad razina predindustrijskog vremena ili, ako je moguće, na 1,5 °C. Analize pokazuju da je nužan ambiciozniji cilj rasta od 1,5 °C, ali postaje upitno može li se to postići. Do 2030. globalne emisije moraju se smanjiti za 45 % u odnosu na 2010., a do 2050. godine potrebno je postići klimatsku neutralnost /68//170/. Pojedina područja, kao i Slovenija, imaju temperature blizu ove granice te je mala vjerojatnost da će se moći zadržati unutar navedenog cilja. Cilj od 1,5 °C velik je izazov za sektor proizvodnje električne energije jer ta energija zamjenjuje sve druge oblike energije, a isto tako služi za proizvodnju vodika i drugih goriva. Izvještaj o mogućim scenarijima za postizanje cilja od 1,5 °C razmatra četiri scenarija, koji postižu gotovo 90-postotnu pokrivenost potreba proizvodnje s niskim udjelom ugljika. Scenariji IPCC-a od 1,5 °C za izvore s niskim udjelom ugljika obuhvaćaju obnovljive izvore energije, nuklearnu energiju i fosilne elektrane s tehnologijom CCS (Carbon Capture and Storage). Sva četiri IPCC-ova scenarija od 1,5 °C imaju povećanje kapaciteta nuklearne energije, što je rast od 100 % u 2050. godini u odnosu na 2020. /68/. Slika 77 prikazuje promjenu kapaciteta izraženu kao prosjek za četiri scenarija IPCC-a 1,5 /68/.



Slika 77: Globalna proizvodnja električne energije, 2016. i 2050. prosjek scenarija IPCC-a od 1,5 C° (izvor: /68/)

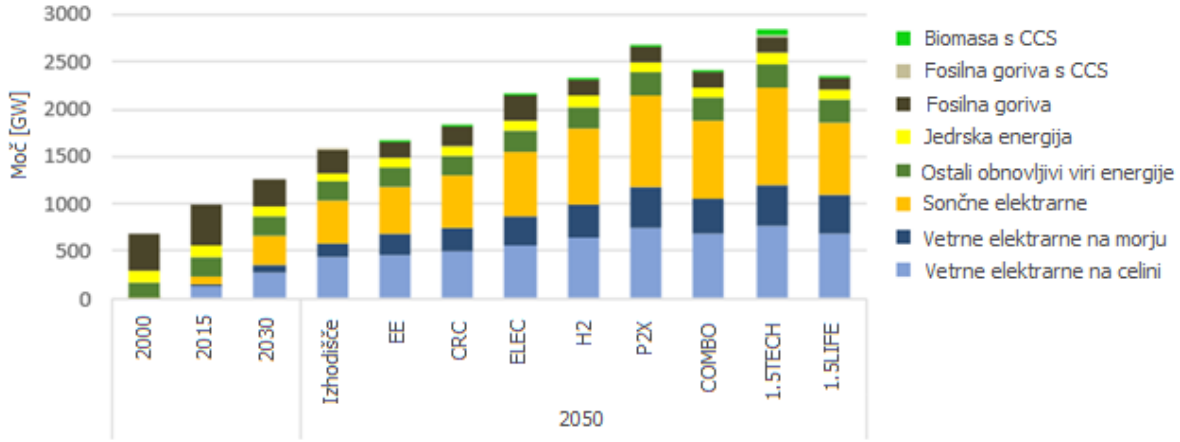
Kontekst EU-a

Klimatski energetski okvir 2030. /262/ uključuje na razini EU-a do te godine: minimalno 40-postotno smanjenje emisija TGP-a u odnosu na 1990., minimalno 32 % udjela energije iz obnovljivih izvora i poboljšanje energetske učinkovitosti od minimalno 32,5 %. Godine 2020. Europski zeleni plan /263/ i 2021. Zakon o klimi EU-a /264/ postavili su dugoročni cilj postizanja klimatske neutralnosti do 2050. U skladu s tim ciljem, Europska komisija pokreće raspravu o povećanju ambicije smanjenja emisija do 2030. za 55 % u odnosu na 1990. godinu (paket „Fit to 55 %", COM (2020.) 562). Cilj do 2030. godine

u skladu je s ciljem Pariškog sporazuma da se globalni porast temperature održava znatno ispod 2 °C i nastoji zadržati na 1,5 °C.

Politika energetske unije državama članicama omogućuje da donesu odluku o svojim energetskim strategijama, uključujući ulogu nuklearne energije koja je činila 26 % proizvodnje u EU-u 2016. Države koje namjeravaju zadržati i graditi nove nuklearne elektrane razloge traže u energetskoj sigurnosti, konkurentnosti i čistoj energiji. Do kraja 2017. godine u pogonu je u EU-u bilo 126 reaktora u 14 država. Planirani su novi projekti u deset država. Neke su postavile sebi ciljeve vezano uz zamrzavanje udjela nuklearne energije (Francuska), a neke su odlučile zatvoriti nuklearne reaktore (Njemačka i Belgija).

Dugoročna strateška vizija EU-a za put prema klimatski neutralnom gospodarstvu „A Clean Planet for All" razmatra 8 scenarija /172/. Udio nuklearne energije u tim scenarijima iznosi 12 – 15 % u 2050., 18 % u 2030. i 26 % u 2015. godini. Slika 78 prikazuje udio pojedinih izvora energije do 2050. godine za osam scenarija dokumenta „A Clean Planet for All".



Slika 78: Udjeli pojedinih tehnologija u proizvodnji električne energije u skladu sa strategijom dugoročne vizije EU-a o klimatski neutralnom gospodarstvu do 2050. godine (izvor: /172/)

moč [GW]	Snaga [GW]
Biomasa	Biomasa
Fosilna goriva s CCS	Fosilna goriva s CCS
Fosilna goriva	Fosilna goriva
Jedrska energija	Nuklearna energija
Ostali obnovljivi viri	Ostali obnovljivi izvori
Sončne elektrarne	Elektrane na Sunčevu energiju
Vetrne elektrarne na morju	Vjetroelektrane na moru
Vetrne elektrarne na celini	Vjetroelektrane na kopnu
Izhodišče	Polazišne točke

Republika Slovenija

Energetski koncept Republike Slovenije u Strategiji energetske politike do 2030. godine, s vizijom do 2050. godine /173/ i Cjeloviti nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije (NEPN) /20/ predviđaju produljenje korištenja NEK-a do 2043. godine, kao i mogućnost izgradnje nove nuklearne elektrane, o čemu će se donijeti odluka do 2027.

Izvještaj o okolišu za NEPN procjenjuje doprinos scenarija, odnosno izvora energije s niskim udjelom ugljika, izražen u količini emisije CO_2 po proizvedenoj električnoj energiji tijekom ukupnog životnog vijeka, uključujući emisije CO_2 koje uzrokuje priprema goriva i materijala u uređaju za pretvorbu energije /175/. Uspoređuju se ugljični otisci za OVE, nuklearnu energiju, vjetro-solarne elektrane i biomasu. Studija o okolišu procjenjuje da je utjecaj nuklearne energije pozitivan.

U sklopu ključnog cilja dekarbonizacije (ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promjenama), NEPN postavlja sljedeći cilj do 2030. godine.

- Smanjiti emisije TGP-a do 2030. godine u većoj mjeri nego što to Sloveniji propisuje Uredba o raspodjeli tereta, tj. minimalno za 20 % u odnosu na 2005. godinu postizanjem indikativnih sektorskih ciljeva: promet: +12 %, široka potrošnja: -76 %, poljoprivreda: -1 %, gospodarenje otpadom: -65 %, industrija: -43 %, **energetika: -34 %** (ovo se odnosi na sektor koji nije uključen u sustav trgovanja emisijama, non-ETS). Postizanje ciljeva sa sustavom ETS osigurava se smanjenjem ukupnog iznosa emisija za 2,25 % na godišnjoj razini EU-a do 2030. godine).

U sklopu cilja energetske sigurnosti i unutarnjeg energetskog tržišta, NEPN postavlja sljedeći cilj:

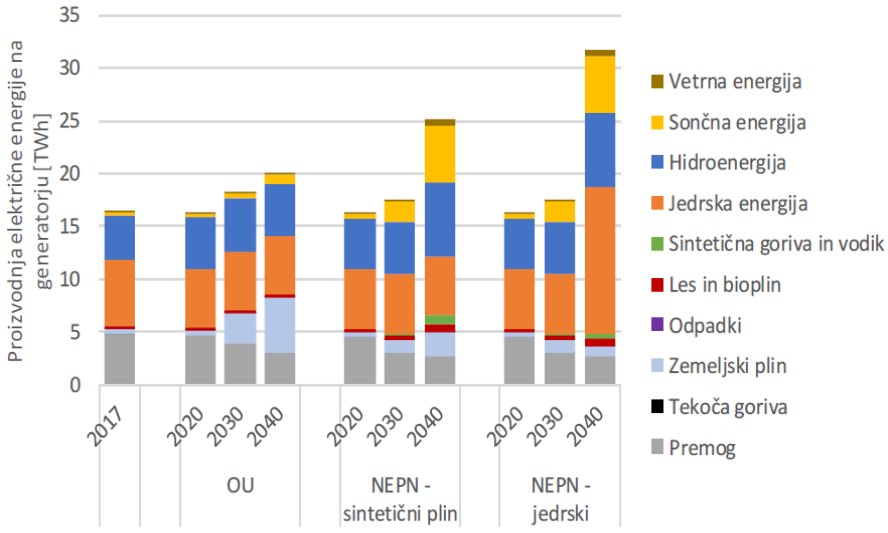
- Nastavak korištenja nuklearne energije i održavanje izvrsnosti u radu nuklearnih objekata u Sloveniji.

U budućnosti će glavna područja istraživanja u Sloveniji biti u energetici: obnovljivi izvori energije, učinkovito korištenje energije u zgradama, nuklearna energija, električna energija i elektroenergetski i električni sustavi, toplina i toplinski sustavi.

Budući razvoj sektora proizvodnje električne energije obuhvaća:

- do 2030. godine sektor će se i dalje uvelike temeljiti na korištenju mješavine primarnih izvora iz Slovenije, posebice OVE-a i nuklearne energije, te očuvanju uporabe domaćeg ugljena – lignita;
- održavanje izvrsnosti i sigurnog rada nuklearnih objekata; ispitat će se mogućnost uvođenja novih nuklearnih tehnologija i donijeti odluka o mogućoj izgradnji nove nuklearne elektrane najkasnije do 2027. godine.

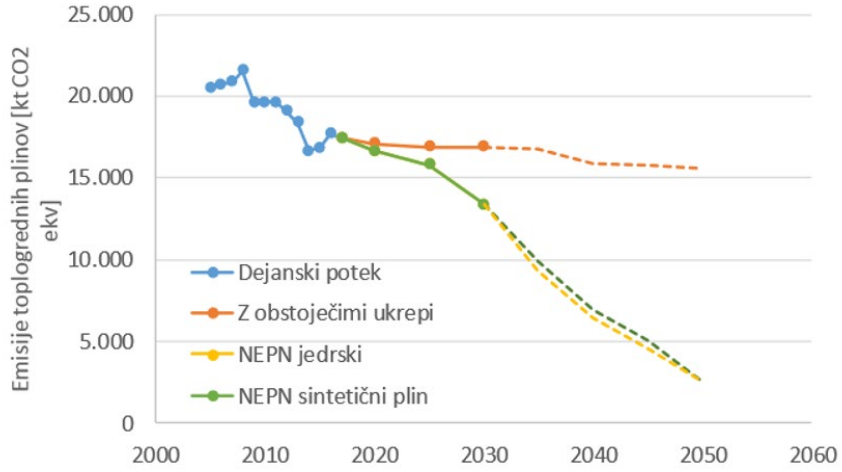
Nakon 2030. godine razvoj velikih postrojenja za proizvodnju električne energije ima dva alternativna smjera – jedan je daljnje korištenje nuklearne energije izgradnjom nove jedinice, drugi smjer je izgradnja većih PPE-ova u kombinaciji s prirodnim plinom ili sintetičkim prirodnim plinom. U ostalim elektranama koje koriste prirodni plin kao primarni izvor predviđen je postupni ulazak sintetičkog prirodnog plina. Pokrivenost potrošnje proizvodnjom pretpostavljena je na postojećoj razini, tj. pokrivenosti iz 2017. godine (Slika 79).



Proizvodnja električne energije na generatorju [TWh]	Proizvodnja električne energije na generatoru [TWh]
Vetrna energija	Energija vjetra
Sončna energija	Sunčeva energija
Hidroenergija	Hidroenergija
Jedrska energija	Nukelarna energija
Sintetična goriva in vodik	Sintetička goriva i vodik
Les in biomasa	Drvo i biomasa
Odpadki	Otpad
Zemeljski plin	Zemni plin
Tekoča goriva	Tekuća goriva
Premog	Ugljen
NEPN - sintetični plin	NEPN - sintetički plin
NEPN - jedrski	NEPN – nuklearna ene.

Slika 79: Proizvodnja električne energije prema scenarijima NEPN-a /20/

Sa scenarijima NEPN-a do 2030. godine postići će se 36 % manje emisije u odnosu na one iz 2005. (Slika 80). Indikativni volumen ukupnih emisija TGP-a u 2040. godini je između 8,6 milijuna tCO_2eq u nuklearnoj orijentaciji i 9 milijuna tCO_2eq u orijentaciji sintetičkog plina, što je smanjenje između 56 i 58 % u odnosu na 2005. godinu.



Emisije toplogrednih plinov [ktCO2]	Emisije stakleničkih plinova [ktCO2]
Dejanski potek	Stvarni tijek
Z obstoječimi ukrepi	S postojećim mjerama
NEPN - jedrski	NEPN – nuklearna energija
NEPN - sintetični plin	NEPN - sintetički plin

Slika 80: Projekcija ukupnih emisija TGP-a za scenarij NEPN-a i scenarij s postojećim mjerama /20/

Scenarij NEPN-a pokazuje pozitivan doprinos pogona u smanjenju emisije stakleničkih plinova (Slika 80). U sektoru proizvodnje električne energije, unatoč povećanju proizvodnje zbog obnovljivih izvora energije i nuklearne energije, emisije stakleničkih plinova prema scenariju NEPN-a se smanjuju, tako da će 2040. godine biti 6363 – 6825 kt CO_2 ekvivalenta. Emisije izračunate za cijeli ciklus proizvodnje električne energije (LCA) prikazane su u nastavku.

NEPN i Dugoročna klimatska strategija Slovenije do 2050. godine /255/ usklađeni su, što znači da su primijenjene projekcije emisija TGP-a za oba dokumenta identične. Ciljevi NEPN-a do 2030. godine u skladu su s dugoročnim usmjerenjem strategije.

Novi prijedlog regulative „Fit to 55 %" predlaže za Republiku Sloveniju u ne-ETS sektoru smanjenje emisije za 27 % do 2030. godine u odnosu na 2005., što je 7 % više od trenutačnog nacionalnog cilja. Sektor ETS na razini EU-a ima ciljani trend godišnjeg smanjenja od 4,2 % godišnje umjesto 2,25 % /273/.

U nastavku se procjena utjecaja Pogona na klimatske promjene provodi u skladu s metodologijom iz /266/, s analizom:

- apsolutne emisije TGP-a (tj. godišnje emisije, ocijenjene za prosječnu godinu korištenja, pogona ili trajanja pogona),
- početne emisije TGP-a (tj. emisije koje bi nastale kada ne bi bilo projekta) i
- relativne emisije (tj. razlike između apsolutnih i početnih emisija TGP-a).

Iz perspektive teritorijalnog hvatanja emisija, razlikuju se tri razine emisija:

Opseg 1	Emisija zbog aktivnosti unutar granica pogona.
Opseg 2	Emisija Opsega 1, plus indirektne emisije koje nastaju proizvodnjom električne ili toplinske energije koja se isporučuje za pogon.
Opseg 3	Emisija Opsega 1 i 2, plus indirektne emisije aktivnosti koje su potrebne za omogućavanje rada pogona, uključuje zajednički nabavni lanac i lanac aktivnosti nakon proizvodnje (odvoz proizvoda s lokacije, uklanjanje otpada). To je pristup „Life Cycle Assessment".

Apsolutna emisija pogona utvrđena za Opseg 1 iznosi 0,609 kt eq-CO_2/godišnje. Ta emisija uzrokovana je povremenim radom pomoćne kotlovnice i triju rezervnih dizelskih generatora koji rade samo tijekom testiranja. Emisija uzrokovana tehnološkim procesom proizvodnje električne energije iznosi 0 tCO_2-eq. Na lokaciji se nalazi desetak transportnih vozila, njihove emisije su zanemarivo male.

F-plinovi se koriste u rashladnim uređajima, električnoj opremi, toplinskim pumpama i sustavima za zaštitu od požara. U tehnološkom dijelu nalazi se ukupno 14 uređaja, a u netehnološkom 24 koji sadržavaju rashladna sredstva: fluorirani ugljikovodici i plin SF6 koji služi kao vrlo učinkovito izolacijsko sredstvo u električnim uređajima (transformatorima i rasklopnim postrojenjima). Ovi plinovi imaju velik staklenički potencijal (GWP). Uređaji su potencijalni izvori emisija zbog eventualnog propuštanja iz zatvorenih sustava. Izračunato je da kada bi se rabili prosječni faktori propuštanja na nacionalnoj razini, emisija bi iznosila 0,501 ktCO_2-eq.

Za usporedbu i procjenu veličine emisije pogona, u tablici ispod prikazana je emisija TGP-a za Republiku Sloveniju (Opseg 1).

Tablica 107: Emisije stakleničkih plinova u 1990. i 2019. godini (kt CO_2/godišnje) (izvor: /152/)

Sektor	1990. godina	2019. godina
Energetska ind.	6375	4576
Prer. ind. i građ.	3088	1728
Promet	2737	5635
Ostali sektori	1891	1330
Fugitivne emisije	512	378
Industrija	1393	1261
Poljoprivreda	1855	1718
Otpad	699	435
Ukupne emisije	18.580	17.065
LULUCF	-4412	-101
Neto emisija	14.168	16.964

Vidi se da su emisije pogona neznatno male u odnosu na nacionalne emisije. NEK predstavlja 0,0035 % ukupne nacionalne emisije i 0,013 % emisije sektora energetske industrije. Nacionalna emisija F-plinova 2019. godine iznosila je 295 ktCO_2-eq, potencijalna emisija pogona predstavlja 0,16 % nacionalne emisije F-plinova.

Početna emisija utvrđena je za nekoliko vjerojatnih zamjenskih rješenja („base lines" – BL):

- „Nova TE na ugljen" – suvremena termoelektrana na ugljenu prašinu, s uređajem za odvajanje CO_2. Predviđene karakteristike rada i kontrole emisija SO_2, NOx, čestica i Hg, što je u skladu s propisanim smjernicama o najboljim dostupnim tehnikama (zaključci BREF-BAT-a). Emisija 120 gCO-eq/KWh /176/.
- „Nova TE na plin" – moderna kombinirana elektrana na prirodni plin (combined cycle plant) s ugrađenim uređajem za odvajanje CO_2. Pogon osim plamenika low-nox ima i denox, uređaj za smanjenje emisije NOx, usklađen je sa zaključcima BREF/BAT-a. Emisija 57 gCO_2-eq/KWh /176/. Također se može koristiti mješavina prirodnog plina i vodika, ovisno o udjelu vodika smanjuje se emisija TGP-a.
- Uvoz električne energije – očekuje se uvoz električne energije iz europskih zemalja, uz pretpostavku mješavine današnjih proizvodnih jedinica u EU28 (elektrane na fosilna goriva, OVE i nuklearne elektrane). Emisija po proizvedenom kilovatsatu preuzeta je iz izvora i iznosi 271 gCO_2-eq/KWh, uključujući gubitke u prijenosu električne energije /267/.

Uz pretpostavku proizvodnje od 6 TWh električne energije izračunavaju se emisije navedenih rješenja BL, navedeni faktori emisije preuzeti su iz /186/.

Tablica 108: Emisije TGP-a početnih varijanti (BL)

	Godišnja emisija, kt-eqCO_2	**Emisija u 20 godina, kt-eqCO_2**
Pogon	0,609	12,1
Nova TE na ugljen	720	14.400
Nova TE na plin (CCP)	342	6840
Uvoz električne energije	1626	32.520

Relativna emisija

Relativna emisija razlika je između emisije pogona i BL-a. Relativna emisija iskazuje se za dva opsega:

Opseg 1 – izravna emisija iz područja pogona

Donja tablica prikazuje relativnu emisiju pogona, negativna vrijednost znači da su uštede emisije osigurane u odnosu na druge varijante.

Tablica 109: Relativna emisija pogona (Opseg 1)

Polazišna varijanta	**Godišnja emisija, kt-eqCO_2**	**Emisija u 20 godina, kt-eqCO_2**
Nova TE na ugljen	-719,4	-14.388
Nova TE na plin	-341,4	-6828
Uvoz električne energije	-1625,4	-32.507

Opseg 3 – LCA pristup

Opseg 3 su emisije za cijeli ciklus proizvodnje električne energije (LCA). Opseg 3 (LCA) obuhvaća lanac iskorištenosti goriva, povrat goriva, obogaćivanje, proizvodnju gorivnih šipki za elektrane, transport, pogon i razgradnju elektrane, uključujući otisak proizvodnje materijala i opreme za cijeli lanac. Očekuje se da će NEK proizvoditi do 6 TWh električne energije godišnje. Tablica u nastavku prikazuje relativne emisije za Opseg 3. Specifične emisije za pogon uzimaju se iz istog izvora kao i za druge tehnologije kako bi se održala dosljednost.

Tablica 110: Apsolutne i relativne emisije pogona (Opseg 3)

		Emisija – Opseg 3		**Relativna emisija – Opseg 3**	
	FE LCA*	**2023. – 2043.**	**Godišnje**	**2023. – 2043.**	**Godišnje**
	gCO_2/kWh	**ktCO_2-eq**	**ktCO_2-eq/godišnje**	**ktCO_2-eq**	**ktCO_2-eq/godišnje**
ugljen	820	98.400	4920	-96.960	-4848
biomasa – spaljivanje zajedno s ugljenom	740	88.800	4440	-87.360	-4368
prirodni plin	490	58.800	2940	-57.360	-2868
ugljen s CCS-om	220	26.400	1320	-24.960	-1248
kombi p. plin s CCS-om	170	20.400	1020	-18.960	-948
geotermalna energija	38	4560	228	-3120	-156
solar PV – krov	41	4920	246	-3480	-174
solarne PV elektrane	48	5760	288	-4320	-216
hidroelektrana	24	2880	144	-1440	-72

		Emisija – Opseg 3		Relativna emisija – Opseg 3	
	FE LCA*	2023. – 2043.	Godišnje	2023. – 2043.	Godišnje
biomasa	18	2160	108	-720	-36
nuklearna	12	1440	72	0	0
vjetar na moru	12	1440	72	0	0
vjetar na kopnu	11	1320	66	120	6

Relativna emisija = emisija pogona – emisija alternativne tehnologije
* faktor emisije je srednja vrijednost podataka iz literature za različite tehnologije /176/

Podaci u tablici za nuklearnu elektranu su za srednje vrijednosti iz literature i kreću se od 3,7 do 110 gCO_2eq/kWh. Nuklearne elektrane imaju emisiju stakleničkih plinova na razini ostalih niskougljičnih tehnologija – solarne energije, energije vjetra i hidroelektrana. Ugljični otisak tehnologija će se mijenjati s vremenom, može se očekivati da bi se mogao smanjiti za vjetroelektrane i solarne elektrane te manje za nuklearne elektrane.

Tablica prikazuje da bi od 2024. do 2043. godine suvremene elektrane na ugljen s ugrađenim pogonom za skladištenje ugljika (CCS) proizvele 18 puta više emisija od nuklearnih elektrana tijekom cijelog životnog ciklusa, dok bi plinska elektrana s CCS-om proizvela 14 puta više emisija.

Potrebno je napomenuti da NEK nije u sustavu trgovanja jedinicama emisije CO_2, ne snosi nikakve troškove za emisijske kupone za CO_2. Očekuje se da će cijena emisijskih kupona za CO_2 porasti s današnjih 25 – 35 EUR/t CO_2 na oko 60 EUR/t CO_2 do 2043. /174/. Nova elektrana na ugljen s ugrađenim CCS pogonom (120 gCO_2/kWh) imala bi godišnje troškove emisije od oko 30 milijuna eura, a plinska elektrana (57 gCO_2/kWh) oko 14,5 milijuna eura, uz dodatne troškove ulaganja u CCS postrojenje, CCS troškove pogona i transporta CO_2. Riječ je o povećanju tržišne konkurentnosti nuklearne elektrane, što nije izravno relevantno u smislu utjecaja na okoliš. Međutim, treba imati na umu da nove procjene cijena CO_2 također pokazuju višestruka povećanja u pretpostavci neto nulte emisije u 2050. godini /267/.

S obzirom na navedeno, procjenjujemo da je utjecaj produljenja pogonskog vijeka NEK-a na klimatske promjene pozitivan jer se radi o tehnologiji koja pridonosi ostvarivanju ciljeva Pariškog sporazuma.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na klimu ocjenjujemo s **(5)** – pozitivan utjecaj.

5.5.2 Zaustavljanje pogona

Kod zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) neće više biti znatnijih emisija stakleničkih plinova (vidi i poglavlje 5.4.2.).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na klimu u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj. Ocjena neznatan utjecaj dana je jer će nakon zaustavljanja pogona NEK biti zamijenjen nekim drugim izvorom električne energije. Vrlo vjerojatno je da će električna energija iz toga drugoga izvora (ili kombinacije izvora) imati veći ukupni ugljični otisak od NEK-a.

5.6 UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POGON

5.6.1 Pogon

U ovom poglavlju analizirani su utjecaji klimatskih promjena na pogon NEK-a s obzirom na učinkovitost, ukupnu proizvodnju električne energije i njezinu dostupnost korisnicima te s time povezani utjecaji na okoliš. Analiza se odnosi na normalan rad elektrane, koji je definiran sa šest mogućih stanja: proizvodnja (Power Operation), pokretanje (Startup), toplo stanje pripravnosti (Hot Standby), toplo zaustavljanje (Hot Shutdown), hladno zaustavljanje (Cold Shutdown) i zamjena goriva (Refueling).

Mnoge novije studije procjenjuju utjecaje klimatskih promjena na infrastrukturu, a procjene su potrebne u svim fazama zahvata, u pripremnoj fazi, studijama izvedivosti, planiranju, izgradnji, pogonu i razgradnji. Nuklearne elektrane ne proizvode stakleničke plinove i ne utječu na klimatske promjene, ali mogu biti osjetljive na klimatske promjene. Međunarodna agencija za nuklearnu energiju (IAEA) objavila je dva dokumenta koja se odnose na utjecaj nuklearnih elektrana na klimu i pitanje prilagodbe nuklearnih elektrana klimatskim promjenama (izvor /169/, /178/, /180/). Statistike pokazuju da su nuklearne elektrane zbog događaja povezanih s klimatskim promjenama /178/ od 2004. do 2009. godine izgubile proizvodnju u rasponu od 0,01 do 4 %.

Analize osjetljivosti izvora za proizvodnju električne energije na klimatske promjene u Europi pokazuju da će biti potrebno ulagati u energetsku infrastrukturu kako bi se smanjila ranjivost i klimatske promjene /181/. Identificirana su tri glavna rizika za proizvodnju nuklearnih elektrana u Europi: rizik od poplava, smanjena dostupnost vode i porast temperature zraka. Termoelektrane imaju isti prevladavajući proizvodni rizik. Na europskoj razini posljedice troškova ekstremnih događaja mogle bi biti najveće u središnjoj i južnoj Europi, dok u zemljama na obalama Sjevernog mora ulaganja gotovo da neće biti potrebna /181/.

Energetski koncept Republike Slovenije (EKS, nacrt dokumenta) pokazuje da, pod pretpostavkom da su ispunjeni svi sigurnosni i tehnički standardi pogona NEK-a, EKS predviđa produljenje korištenja nuklearne energije u NEK-u do 2043. godine. U Izvještaju o okolišu za energetski koncept Slovenije /173/ zaključuje se da sve mjere EKS-a imaju 'pozitivan učinak na smanjenje ranjivosti infrastrukture i naselja na klimatske promjene (prilagodba klimatskim promjenama)'.

U cjelovitom nacionalnom energetskom i klimatskom planu Republike Slovenije (NEPN) predviđeno je da NEK radi do 2043. godine i utvrđeno je da će to pridonijeti cilju povećanja sigurnosti opskrbe energijom. To posljedično znači da i NEK pridonosi otpornosti energetskog sustava na današnju dokazanu prijetnju – klimatske promjene. Zaključak izvještaja o okolišu je da će svi NEPN-ovi scenariji zbog provedbe mjera ublažavanja neznatno utjecati na ekološki podcilj, a to je „Smanjena izloženost klimatskim promjenama, osjetljivost i ranjivost Slovenije te povećana otpornost i prilagodljivost društva" /174/, /173/.

Nacionalna strategija prilagodbe klimatskim promjenama navedena je u dokumentu Strateški okvir prilagodbe klimatskim promjenama, prosinac 2016. /268/. U njemu se navodi smanjenje izloženosti utjecajima klimatskih promjena, osjetljivosti i ranjivosti Slovenije na njih te povećanje otpornosti i prilagodljivosti društva. U nastavku je dana procjena na koji način će pogon koji ima važnu gospodarsku ulogu biti izložen klimatskim promjenama i koliko je ranjiv.

Metodološki pristup ocjenjivanju

U vezi s temom ovoga poglavlja radna skupina za izradu PVO-a s djelatnicima NEK-a provela je tematsku radionicu. To se činilo nužnim jer stručnjaci NEK-a imaju najbolji tehnički uvid i znanje o svim elementima pogona elektrane. Na radionici je istaknuto da se pitanje nuklearne sigurnosti mora jasno odvojiti od procjene ranjivosti ekonomije i proizvodnje te promjena utjecaja na okoliš vezanih uz njih. U okvirima nuklearnih propisa provode se sveobuhvatne deterministične i vjerojatnosne analize sigurnosti koje u kombinaciji s drugim vanjskim prijetnjama utvrđuju rizik i moguće posljedice ekstremnih meteoroloških pojava. Predloženo je da se kvantitativni pokazatelji koriste što je više moguće u konačnim procjenama vjerojatnosti i mogućim posljedicama neizvjesnosti u procjeni klimatskih promjena, posebice u učestalosti i ekstremnom intenzitetu te rastućim promjenama tijekom posljednjeg desetljeća ovog stoljeća.

Iako ne postoji općeprihvaćena metodologija za procjenu utjecaja klimatskih promjena na infrastrukturu i okoliš, sve je veći broj relevantnih dokumenata koji sadržavaju metodološke preporuke. Pristup u skladu s Uputama za izradu studije utjecaja na okoliš ovdje se koristi za razmatranje perspektive klimatskih promjena (ARSO, 2020.). Tehničke smjernice za metodologiju detaljnije su navedene u lit. /269/ i lit. /184/. Korištenje metodologije bit će prilagođeno specifičnostima projekta. Budući da se pojmovi „sigurnost", „ranjivost" i „rizik" rabe u nuklearnoj industriji u vezi s nuklearnom sigurnošću, ionizirajućim zračenjem i radioaktivnim otpadom, ovdje će se upotrebljavati i izrazi „ranjivost

proizvodnje", „rizik promjene u proizvodnji" i „utjecaj na okoliš" s kojima je povezana promjena utjecaja na okoliš (neradiološka).

Analiza se općenito sastoji od 7 modula:
- Modul 1: Analiza osjetljivosti,
- Modul 2a i 2b: Procjena izloženosti,
- Modul 3a i 3b: Analiza ranjivosti (proizvodnje električne energije),
- Modul 4: Ocjena rizika (promjene u proizvodnji električne energije i utjecaji na okoliš),
- Modul 5: Definicija mogućnosti prilagođavanja,
- Modul 6: Procjena mogućnosti prilagođavanja i
- Modul 7: Uključivanje akcijskog plana prilagodbe u zahvat.

Nakon toga slijedi analiza otpornosti na klimu kroz prva 4 modula.

Modul 1 – Analiza osjetljivosti zahvata

NEK ima visoku dostupnost objekata tijekom cijelog životnog vijeka, što ga svrstava u gornju četvrtinu svjetskih elektrana po dostupnosti. To potvrđuje opću otpornost njegove infrastrukture i poslovnog sustava na vanjske fizičke događaje različite vrste.

Nakon pregleda događaja iz prošlosti NEK nije zabilježio ispade elektrane zbog ekstremnih vremenskih uvjeta. Međutim, dva su događaja vezana uz vremenske uvjete koji su posljedica kombinacije dotoka velikih količina nanosa koje sustavi za pročišćavanje nisu uspjeli očistiti i neadekvatnog postupka zatvaranja tercijarnog rashladnog sustava koji nije omogućio pravovremeni start CT sustava u takvim uvjetima (povećan protok i ispiranje obala – velika količina nanosa).

Prvi ispad zabilježen je 27. studenog 2003., kada je naglo povećanje protoka rijeke Save i intenzivno ispiranje otpalog lišća i drugih zaostalih nanosa u korito opteretilo uređaje za pročišćavanje na sustavu zahvata za hlađenje kondenzatora i TC-izmjenjivača (CW). Zbog smetnji u radu uređaja za pročišćavanje došlo je do gubitka dovoljnog protoka kroz kondenzator, pada vakuuma i aktiviranja automatskih sustava zaštite turbine. Zbog snage veće od 10 % reaktor se automatski sigurno gasi.

Drugi ispad dogodio se 28. 10. 2012. i trajao je 1 dan i 23 sata. Rad elektrane neplanirano je zaustavljen zbog naglog porasta protoka rijeke Save koji je dosegao 2250 m^3/s. Nagli porast protoka Save s povećanom količinom nečistoća uzrokovao je začepljenje uređaja za čišćenje CW sustava. Došlo je do brzog povećanja razlike tlaka na pokretnim rešetkama i otvaranja sigurnosnih zaklopki na CW pokretnim rešetkama. Posljedično se začepio sustav za čišćenje na ulasku u kondenzator i izgubio vakuum u kondenzatoru. Zbog gubitka vakuuma u kondenzatoru operateri u komandnoj sobi pokrenuli su smanjivanje snage i sigurno zaustavljanje elektrane.

NEK je dizajnom i uvođenjem projektnih izmjena **unaprijedio** sustave koji omogućuju čišćenje vode kako sedimenti ne bi utjecali na pogon NEK-a.
Postoji niz klimatskih parametara (primarni i sekundarni) koji mogu utjecati na pogon i povezani su s klimatskim promjenama:

1) Primarni klimatski parametri: porast srednjih temperatura, porast ekstremnih temperatura, promjene prosječne količine oborina, promjene ekstremnih oborina, prosječna brzina vjetra, promjene maksimalne brzine vjetra, vlažnost, Sunčevo zračenje itd.

2) Sekundarni klimatski parametri nastaju zbog primarnih klimatskih parametara: porast razine mora, dostupnost vode (suša), porast temperature vode / mora, oluje, poplave, erozija tla, erozija obale, šumski požari, nestabilnost tla / klizišta, kvaliteta zraka, toplinski otoci u urbanim područjima itd.

Osjetljivost zahvata potrebno je utvrditi prema opsegu klimatskih varijabli i nuspojava. Osjetljivost zahvata na ključne klimatske varijable (primarne i sekundarne) procjenjuje se u četiri grupe:

Vlasništvo i procesi na samoj lokaciji	**infrastruktura za proizvodnju električne energije i pomoćne funkcije**
Ulaz	voda, nuklearno gorivo, zrak, sirovine, sredstva za održavanje elektrana, loživo ulje za dizelske generatore i pomoćna kotlovnica
Izlaz	proizvedena električna energija i otpad
Transport	sa samim pogonom povezan je i transport: transport ljudi, opreme, sirovina, materijala, otpada

Svaka od ovih grupa ocjenjuje se zasebno za svaku klimatsku varijablu s ocjenom „visoka osjetljivost", „srednja osjetljivost" ili „neosjetljivost". Sljedeći opisi služe kao vodič za ublažavanje subjektivne procjene:

- visoka osjetljivost: klimatska varijabla ili rizik mogu imati velik utjecaj na imovinu i procese, ulaze, izlaze i transport,
- srednja osjetljivost: klimatska varijabla ili rizik mogu imati mali utjecaj na imovinu i procese, ulaze, izlaze i transport,
- neosjetljivost: klimatska varijabla ili rizik nemaju nikakav utjecaj.

Zbog lokacije pogona i njegove planirane provedbe pogon se ocjenjuje neosjetljivim na neke klimatske varijable i sekundarne učinke, a to su:

*Tablica 111: Klimatske varijable koje **ne utječu** na pogon*

Prosječna količina oborina	Pogon nije osjetljiv na prosječne količine oborina.
Prosječna brzina vjetra	Pogon nije osjetljiv jer samo ekstremni vjetrovi mogu oštetiti područje. Na području NEK-a nisu česti vjetrovi veće brzine.
Vlažnost zraka	Pogon nije osjetljiv na vlažnost zraka. Rashladni tornjevi će imati nešto nižu radnu učinkovitost, ali to će samo u manjoj mjeri promijeniti radne karakteristike i utjecaj na okoliš.
Sunčevo zračenje	Pogon nije osjetljiv na Sunčevo zračenje.
Erozija tla	Na obalama rijeke Save može doći do erozije tla, ali ne može biti toliko intenzivna da ugrozi rad elektrane. Postoje kontrolni i preventivni postupci u slučaju prognoze velikog porasta vode.
Atmosferska pražnjenja (oluje)	Fenomen može utjecati na vanjsko napajanje u nuždi, kratke spojeve, funkcije uzemljenja, „lažne" signale u I&C sustavima, unutarnje napajanje, IKT opremu, rasklopno postrojenje, meteorološki toranj. S obzirom na utvrđeni broj munja na ovom području od 1998. do 2016. godine, možemo zaključiti da je incidencija nešto ispod prosjeka u Sloveniji (USAR). Na temelju učestalosti i opsega posljedica procjenjuje se mali rizik u proizvodnji.
Šumski požar	Šumski požari: pogon nije osjetljiv jer nije okružen šumskim raslinjem, u blizini se nalazi voćnjak, ali energija požara do kojeg bi došlo nije procijenjena kao velika i brzo bi se uklonila. Utjecaj požarnog dima na unutarnju atmosferu glavnog upravljačkog centra (GNC) malo je vjerojatan, a centar provodi mjere atmosferske izolacije uz mogućnost potpune recirkulacije zraka.
Nestabilnost tla/klizišta	Pogon nije osjetljiv jer se ne nalazi na području nestabilnog tla s rizikom od klizišta, lokacija je na ravnom terenu. U poplavama se analizira erozija nasipa. Prometni pristup lokaciji moguć je iz više smjerova, prometnice nisu ugrožene erozijom. Gorivo se isporučuje svakih 18 mjeseci, moguće je precizno planiranje transporta.
Kvaliteta zraka	Pogon nije osjetljiv na kvalitetu zraka.
Toplinski 'otoci' u urbanim središtima	Toplinski 'otoci' u urbanim središtima: zahvat nije osjetljiv jer nije u blizini većeg urbanog središta.
Porast razine mora	Zahvat nije u priobalnom području.

Sljedeća tablica prikazuje procjenu osjetljivosti zahvata na klimatske varijable (primarno) i povezane rizike (sekundarno) kroz ove četiri teme (Tablica 112) za one parametre za koje se procjenjuje da postoji osjetljivost (srednja ili visoka) na barem jednu od četiri kontrolirane teme.

Tablica 112: Procjena osjetljivosti zahvata na klimatske varijable i s njima povezane utjecaje na proizvodnju i utjecaj na okoliš

Transport	Ulaz	Izlaz	Vlasništvo i procesi na samoj lokaciji	Br.	Aspekt osjetljivosti
KLIMATSKE VARIJABLE I RIZICI POVEZANI UZ NJIH					
Primarni klimatski učinci					
				1	Povećanje prosječne temperature zraka
				2	Povećanje temperaturnih ekstrema
				3	Povećanje ekstremnih oborina
				4	Maksimalna brzina vjetra
Sekundarni učinci / povezani rizici					
				5	Dostupnost vode (suše)
				6	Povećanje temperature vode
				7	Oluje
				8	Poplave

Legenda:
Klimatska osjetljivost

Nema	Srednja	Visoka

Povećanje temperature zraka i temperaturnih ekstrema. NEK ima rashladni sustav za hlađenje kondenzatora vodom, hlađenje sustava turbina i komponenti rashladnog sustava. U slučaju da je zbog manjeg protoka Save potrebno smanjiti uzimanje vode, dio topline se odvodi rashladnim tornjevima tako da utjecaj NEK-a na temperaturu rijeke Save ostaje u rasponu od ΔT 3 °C. Termodinamički princip rashladnih tornjeva je takav da se hlađenje vodom postiže isparavanjem vode u smjeru suprotnom strujanju zraka iz atmosfere. Kako temperatura zraka raste, učinkovitost hlađenja tornjeva se smanjuje. U kombinaciji s toplijim danima i niskim protokom Save bit će potreban veći angažman rashladnih tornjeva i veća potrošnja energije za njihov rad. Na višim temperaturama rashladne jedinice troše više energije, a hladnjaci su dizajnirani za rad u temperaturnom rasponu od -18 do 35 °C, čak i do 48 °C /3/.

Skladište istrošenog goriva ima sustav pasivnog hlađenja zrakom i povećanje temperature neće utjecati na otkazivanje same funkcije hlađenja, što je dokazano analizama.

Povećanje ekstremnih oborina. Pri maksimalnom intenzitetu oborina u prvom satu sloj vode na tlu može doseći oko 30 mm. Intenzitet kiše opada nakon prvog sata pa će se sloj brzo smanjiti. Zgrade elektrane su oko 300 mm iznad okolnog tla tako da ovaj događaj ne može promijeniti režim pogona elektrane.

Kao što je već spomenuto, rad elektrane je u proteklom razdoblju dva puta bio prekinut zbog naglog povećanja protoka rijeke Save u kombinaciji s tehničkim odgovorom elektrane. Rijeka je postala vrlo zamućena i nanosila je veće nečistoće (grane, plastične vrećice), zbog čega su se začepljivale rešetke kanala za dovod rashladne vode i taložilo blato u sustavu. Nakon ovih događaja uveden je sustav za

rano otkrivanje takvih stanja i donošenje preventivnih mjera: moguće uključivanje rashladnih tornjeva i usklađivanje s uzvodnim hidroelektranama na rijeci Savi.
Snažni vjetrovi obično dolaze zajedno s olujama. Ova pojava može privremeno onemogućiti prijevoz, ali zahvaljujući redovitoj opskrbi gorivom svakih 18 mjeseci, nema posebnog utjecaja jer elektrana može planirati prijevoz. Također će biti moguće planirati prijevoz nisko- i srednjoradioaktivnog otpada iz skladišta. Maksimalna izmjerena brzina vjetra na lokaciji iznosila je 26,5 m/s, što nije poseban potencijal za rizik od oštećenja infrastrukture. Valja naglasiti da su NEK-ovi sigurnosni SSK-ovi projektirani za mnogo jače vjetrove od 140 km/h, a novi DEC SSK-ovi projektirani su za još jače vjetrove s maksimalnom brzinom do 240 km/h.

Dostupnost vode. Voda iz rijeke Save koristi se za hlađenje kondenzatora i turbinskog ciklusa (veliki rashladni sustav) i hlađenje komponenti elektrane (mali rashladni sustav), za postrojenja i uređaje za pripremu vode i sustav obrade tekućeg radioaktivnog otpada. Za sigurnost je najvažnija dostupnost vode za hlađenje jezgre reaktora u hitnim slučajevima, takozvani Ultimate Heat Sink. Za suho skladištenje istrošenog goriva ovo nije osjetljiva meteorološka varijabla jer ima pasivno hlađenje zrakom.

U skladu s vodopravnom dozvolom, NEK smije zahvatiti 25 m^3/s vode za potrebe hlađenja. U slučaju kada je protok Save manji od 100 m^3/s, NEK uključuje rashladne tornjeve kroz koje se tijekom recirkulacije hladi dio vode za hlađenje kondenzatora. Nakon početka rada HE Brežice u kolovozu 2017., mjerodavan pretok Save za uključivanje rashladnih tornjeva je srednji dnevni protok na HE Krško, prije toga to je bio srednji dnevni protok ispred brane NEK-a. Maksimalni kapacitet uzimanja rashladnih stupova je 15 m^3/s. Tornjevi rade punom snagom kada je protok Save ispod 87 m^3/s. Na taj se način može kontrolirati utjecaj na toplinsko zagrijavanje rijeke Save do ΔT 3 °C. Ako se i tijekom rada rashladnih tornjeva ΔT ne može održavati ispod 3 °C, elektrana smanjuje snagu. Kako bi spriječila smanjenje proizvodnje, NEK je postojeći sustav rashladnih tornjeva (šest ćelija) nadogradio s dodatne četiri ćelije. Nadogradnja rashladnih tornjeva provedena u 2008. godini povećala je rashladni kapacitet za 36 %, na ukupno 627,8 MW. Procjenjuje se da će možda dva dana godišnje biti potrebno smanjiti snagu /184/ jer od nadogradnje 2008. nije smanjivana.

S obzirom na sušu i najniže protoke Save, za elektranu je važno da razina bude dovoljno iznad razine usisnog kanala rashladne i vode ESW-a. Malo je vjerojatno da će tokovi biti toliko mali da bi se pojavile teškoće.

Povećanje temperature Save. Za rad elektrane pogodnija je hladnija voda rijeke Save, jer je cijeli termodinamički ciklus učinkovitiji, može se postići veći vakuum u kondenzatoru i elektrana radi s najvećim stupnjem učinkovitosti. Razlika u proizvodnji elektrane u zimskim i ljetnim uvjetima je u tome što NEK ima ograničenu vrijednost podizanja temperature Save za 3 °C bez obzira na ulaznu temperaturu, pod uvjetom da zahvati maksimalno 25 m^3/s i uzimanje mora biti manje od ¼ ukupnog protoka. To znači da elektrana mora smanjiti uzimanje pri protoku ispod 100 m^3/s. Otpadna voda iz rashladnog sustava ne smije premašivati 43 °C. Vodu iz rijeke Save koriste i rashladni tornjevi, a toplija voda umanjuje učinak hlađenja tornjeva. Osim rashladne vode kondenzatora, NEK koristi vodu za hlađenje komponenti sustava ESW (1,6 m/s).

Poplava. Tijekom rada NEK-a dogodile su se tri velike poplave: 1990., 1998. i 2007. godine. Zbog tih događaja i činjenice da je uzvodno od NEK-a izgrađeno nekoliko hidroelektrana, jedna nizvodno (HE Brežice) i druga u fazi ishođenja građevinske dozvole (HE Mokrice), u posljednjih deset godina mnogo se pozornosti posvećuje proučavanju rizika od poplava te su korigirani podaci o maksimalnim mogućim poplavama. NEK je projektiran protiv poplava koje imaju frekvenciju od 0,01 % godišnje (tako je povratno razdoblje takvog događaja statistički određeno na 10.000 godina). Procijenjeni maksimalni protok rijeke Save u ovom razdoblju iznosi 4.790 m^3/s, što odgovara koti od 155,35 metara iznad Jadranskog mora. Kota platoa na kojem se nalazi NEK iznosi 155,20 m n. v. Zgrade u NEK-u, smještene u središtu područja, imaju ulaze i otvore iznad 155,50 m n. v. Ovo osigurava da u slučaju propadanja nasipa uz rijeku Savu nije moguć prodor vode u zgrade /185/.



Slika 81: Poplava u okolici NEK-a 1990. godine. Putanja poplavnog vala usmjerena je prema desnoj obali koja ima nižu razinu. (izvor:/193/)

Modul 2a i 2b – Procjena izloženosti lokacije zahvata

Nakon što se utvrdi osjetljivost zahvata, sljedeći korak je procjena izloženosti područja klimatskim varijablama. U skladu sa Smjernicama /174/ za Modul 2 Procjena izloženosti, podaci se prikupljaju za klimatske varijable gdje postoji visoka ili srednja osjetljivost (iz Modula 1). Sljedeća tablica prikazuje trenutačnu (Modul 2a) i buduću izloženost (Modul 2b) primarnim i sekundarnim klimatskim varijablama (Tablica 113).

Trenutačna izloženost povezana je s uočenim klimatskim promjenama u razdoblju 1961. – 2010. u Sloveniji i meteorološkim postajama u blizini Krškog i na najbližoj hidrološkoj postaji nizvodno od NEK-a. Buduća izloženost odnosi se na prognoze klimatskih promjena u 21. stoljeću za Sloveniju i klimatsku „srednju regiju" u kojoj se nalazi Nuklearna elektrana Krško.

Tablica 113: Trenutačna i buduća izloženost područja primarnim i sekundarnim klimatskim varijablama

Br.	Klimatski parametar	Trenutačna izloženost	Buduća izloženost
Primarne klimatske varijable			
	Prosječna godišnja temperatura zraka	U razdoblju 1961. – 2011. najkarakterističnija klimatska promjena u Sloveniji je porast prosječne temperature zraka za oko 0,36 °C po desetljeću. /72/ Zatopljenje, koje se odražava u porastu godišnjih temperatura zraka, ubrzalo se krajem 20. i početkom 21. stoljeća. BIZELJSKO (Tsrednja) /73/: +0,38 °C/10 g. (1961. – 2010.) +0,57 °C/10 g. (1981. – 2010.)	Temperature RCP2.6 i RCP4.5 u početku rastu i stabiliziraju se na kraju 21. stoljeća. Prema RCP8.5, porast temperature se intenzivira krajem stoljeća /72/. Za „središnju regiju" u razdoblju 2011. – 2040. promjena godišnje temperature zraka za sva tri klimatska scenarija iznosi 0,8 °C, dok je za razdoblje 2041. – 2070. godišnja temperatura zraka viša za 1,1 °C za RCP2.6, 1,4 °C za RCP 4.5 i 1,8 °C za RCP 8.5 /75/
	Prosječna dnevna najviša	Rast dnevnih maksimalnih i minimalnih temperatura nakon godišnjih doba sličan je porastu prosječne temperature. Zbog općeg	Za „središnju regiju" za razdoblje 2011. – 2040. povećanje maksimalne dnevne temperature zraka tijekom ljetne sezone iznosi 1,0 °C za scenarij

Br.	Klimatski parametar	Trenutačna izloženost	Buduća izloženost
	temperatura, vrući dani	porasta temperature zraka promijenila se učestalost broja karakterističnih dana: povećao se broj vrućih i toplih dana, ali se nešto smanjio broj hladnih, mrzlih i ledenih dana. /72/ Zagrijavanje se očituje povećanjem vrućih i smanjenjem hladnih temperaturnih indeksa.	RCP2.6, a 0,8 °C za scenarije RCP4.5 i RCP8.5. Prema klimatskim prognozama za razdoblje 2041. – 2070., porast maksimalne dnevne temperature zraka iznosit će 1,2 °C za scenarij RCP2.6, 1,7 °C za scenarij RCP4.5 i 1,8 °C za scenarij RCP8.5 /75/ Zatopljenje će se odraziti na daljnje povećanje broja dana „toplih" temperaturnih pokazatelja, smanjenje „hladnih" temperaturnih pokazatelja i trajanje „toplinskih valova".
	Maksimalne dnevne količine oborina	Na meteorološkoj postaji Bizeljsko u razdoblju 1961. – 2010. zabilježeno je smanjenje maksimalne dnevne količine oborina u rasponu od 2 – 4 % / 10 godina. Na ostalim meteorološkim postajama u okolici Krškog u razdoblju 1961. – 2010. godine najveće dnevne količine oborina nisu pokazivale trend ili je zabilježen manji negativni trend. /72/	Za sva tri klimatska scenarija prognoze pokazuju povećanje maksimalne dnevne mjesečne količine oborina (oznaka Rx1day) za 'središnju regiju' u oba klimatska razdoblja. U razdoblju 2011. – 2040. povećanje iznosi 3 % za RCR2.6, 4,8 % za RCP4.5 i 4,4 % za RCP8.5. Za razdoblje 2041. – 2070. povećanje iznosi 6,9 % za RCP2.6, 9,3 % za RCP4.5 i 12,4 % za RCP8.5. /76/
	Maksimalna brzina vjetra	U gorju su česti i jači vjetrovi, osobito tijekom promjene vremena. Drugdje u zemlji oluje prati jači vjetar, ali inače prevladavaju lokalni vjetrovi koji se razvijaju zbog raznolike orografije i temperaturnih razlika.	U literaturi /72/ nema klimatskih prognoza promjena maksimalnih brzina vjetra.
3	Dostupnost vode (suše)	Trend minimalnih 30-dnevnih protoka je negativan u cijeloj zemlji. Na većini postaja statistički je bitan trend pada za razdoblje 1961. – 2013. /72/	Za srednje niske protoke može se očekivati i povećanje i smanjenje u slučaju sva tri scenarija emisija. /72/ U oba klimatska razdoblja (2011. – 2040. i 2041. – 2070.) na području Sava-Čatež klimatske prognoze pokazuju promjene niskih protoka do 5 % koje nisu statistički bitne. /77/
4	Povećanje temperature vode	Na mjernoj postaji Čatež porast temperature vodene površine (Sava) je od 0,2 do 0,25 °C/10 godina. /72/	Na površinskim vodama trend prosječne godišnje temperature kreće se od 0,11 do 0,26 °C po desetljeću, prosjek je 0,19 °C po desetljeću. Statistički bitni sezonski trendovi površinskih voda pokazuju najveći porast temperature u ljeto i proljeće. /72/
5	Oluje	Oluje u Sloveniji su rijetka pojava. Oluje u unutrašnjosti uglavnom su povezane s ekstremnim količinama oborina.	U literaturi /72/ nema klimatskih prognoza promjena u učestalosti oluja.
6	Poplave	Prema karti rizika od poplava, područje NEK-a je izvan poplavnog područja s povratnim razdobljem od 500 godina.	Za godišnje vrhunce protoka velikih voda sa 100-godišnjim povratnim razdobljem u usporednom razdoblju, u svim scenarijima emisija očekuje se povećanje 100-godišnjih razina za sva buduća razdoblja u usporedbi s 1981. – 2010., uglavnom u cijeloj državi. /72/

Legenda: Izloženost klimatskim promjenama	Nema	Srednja	Visoka

Modul 3 – Analiza ranjivosti kod proizvodnje električne energije

Na temelju procjene osjetljivosti zahvata na klimatske parametre te njegove postojeće i buduće izloženosti klimatskim parametrima, ranjivost proizvodnje električne energije utvrđuje se na sljedeći način:

V = S x E

gdje je S stupanj osjetljivosti, a E izloženost osnovnim klimatskim parametrima / sekundarnim učincima.

Ranjivost proizvodnje električne energije utvrđuje se jednostavnim matričnim algoritmom (Tablica 114).

Tablica 114: Matrica kategorizacije ranjivosti proizvodnje električne energije

		Izloženost		
Osjetljivost		Nema	Srednja	Visoka
	Nema			
	Srednja			
	Visoka			

Razina ranjivosti	
	Nema
	Srednja
	Visoka

Sljedeća tablica (Tablica 115) daje analizu ranjivosti (sadašnjih i budućih) za proizvodnju električne energije.

Tablica 115: Analiza ranjivosti zahvata

Klimatski parametri	**Br.**	**Transport**	**Ulaz**	**Izlaz**	**Vlasništvo i procesi na samoj**	**Transport**	**Ulaz**	**Izlaz**	**Vlasništvo i procesi na samoj**
		Trenutačna ranjivost Proizvodnje el. energije				**Buduća ranjivost proizvodnje el. energije**			
Povećanje prosječne temperature zraka	1								
Povećanje temperaturnih ekstrema	2								
Povećanje ekstremnih oborina	3								
Maksimalna brzina vjetra	4								
Dostupnost vode (suše)	5								
Povećanje temperature vode	6								
Oluje	7								
Poplave	8								

Modul 4 – Procjena rizika za proizvodnju električne energije

Procjena rizika za proizvodnju električne energije i okoliš temelji se na Modulu 3 s naglaskom na identificiranje rizika koji proizlaze iz vrlo ranjivih aspekata (crvena procjena u Modulu 3) u odnosu na klimatske varijable i s njima povezane utjecaje na okoliš.

Rizik u proizvodnji električne energije definira se kao kombinacija vjerojatnosti nastanka događaja i posljedica povezanih s tim događajem, a izračunava se formulom R = P x S, gdje je P vjerojatnost nastanka, a S jačina posljedice određene prijetnje.

Vjerojatnost nastanka i jačina posljedica ocjenjuju se prema bodovnoj ljestvici s pet kategorija (Tablica 116 i Tablica 117). Jačina posljedica klimatskih utjecaja prvi je kriterij koji se ocjenjuje i prema kojem se procjenjuje vjerojatnost da će se određena posljedica dogoditi u određenom razdoblju (npr. životni vijek pogona).

Tablica 116: Ljestvica za procjenu ozbiljnosti posljedica zbog opasnosti s obzirom na rizik od oštećenja postrojenja

	1 **Zanemarive**	2 **Niske**	3 **Normalne**	4 **Velike**	5 **Katastrofalne**
Značenje:	Minimalni utjecaj koji se može ublažiti uobičajenim mjerama.	Događaj koji utječe na normalan rad sustava i rezultira lokaliziranim privremenim utjecajima.	Ozbiljan događaj koji zahtijeva dodatne mjere upravljanja ima umjeren utjecaj.	Kritični događaj koji zahtijeva izvanredne aktivnosti ima velike, proširene ili dugotrajne učinke.	Katastrofa, koja može dovesti do zaustavljanja ili kvara elektrane/mreže, uzrokuje veliku štetu i dugotrajne utjecaje.

Tablica 117: Ljestvica za procjenu vjerojatnosti štetnog događaja

	1 **Gotovo nemoguće**	2 **Malo vjerojatno**	3 **Moguće**	4 **Vrlo vjerojatno**	5 **Gotovo sigurno**
Značenje:	Najvjerojatnije se neće pojaviti	S obzirom na dosadašnje iskustvo i procedure, ova nezgoda se vjerojatno neće dogoditi.	Nezgoda se dogodila u sličnoj državi/pogonu.	Vrlo je vjerojatno da će se dogoditi nezgoda.	Gotovo sigurno će se dogoditi nezgoda, možda čak i više puta.

Rezultati bodovanja jačine posljedica i vjerojatnosti za svaki pojedinačni rizik izraženi su u skladu s matricom klasifikacije rizika navedeno u tablici (Tablica 118), a definirani su u tablici (Tablica 119).

Tablica 118: Matrica rizika

	Vjerojatnost pojave	Gotovo nemoguće	Malo vjerojatno	Moguće	Vrlo vjerojatno	Gotovo sigurno
Jačina posljedica		1	2	3	4	5
Zanemarive	1	1	2	3	4	5
Niske	2	2	4	6	8	10
Normalne	3	3	6	9	12	15
Velike	4	4	8	12	16	20
Katastrofalne	5	5	10	15	20	25

Tablica 119: Definiranje razine rizika

Razina rizika	
	Zanemarivi rizik
	Mali rizik
	Umjereni rizik
	Visoki rizik
	Ekstremno visoki rizik

Rezultati su prikazani u donjoj tablici (Tablica 120) koja daje konačnu klasifikaciju rizika za proizvodnju električne energije i povezanih utjecaja na okoliš.

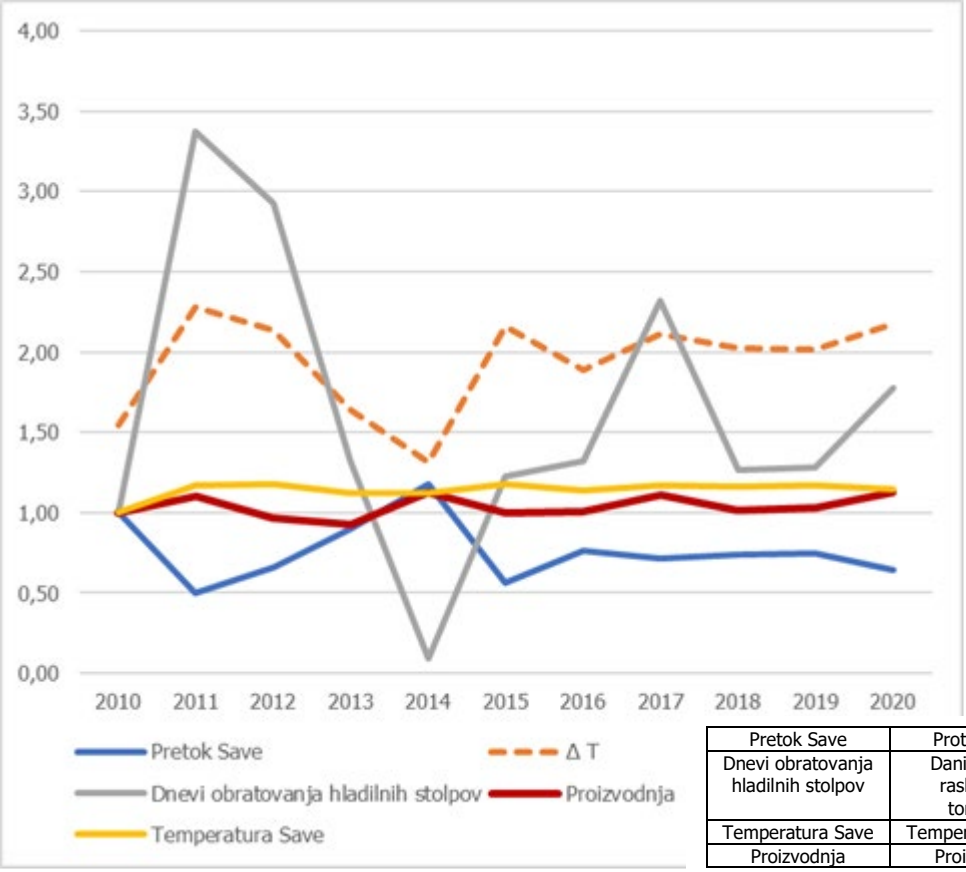
Tablica 120: Procjena stupnja rizika od povećanja utjecaja na okoliš NEK-a

	Vjerojatnost pojave	Gotovo nemoguće	Malo vjerojatno	Moguće	Vrlo vjerojatno	Gotovo sigurno
Jačina posljedica		1	2	3	4	5
Zanemarive	1				Porast temp. zraka (4) Porast temp. vode (4)	
Niske	2			Dostupnost vode (6)		
Normalne	3					
Velike	4					
Katastrofalne	5					

Porast temperature zraka procjenjuje se vrlo vjerojatnim za 0,8 °C od 2011. do 2040. godine, zbog čega bi se mogao povećati broj vrućih dana i maksimalnih temperatura. Podaci mjerenja na lokaciji NEK-a (toranj, 2 m) iz 2010. godine pokazuju da su najviše dnevne temperature u svim mjesecima više od prosjeka 1961. – 2010. godine, a u ljetnim mjesecima čak od 3,1 do 4,5 °C. Apsolutni dnevni maksimum od 2010. godine iznosio je 28,7 °C. Povećanje temperature zraka smanjuje učinak rashladnih tornjeva. Očekivane promjene imat će posljedice/učinke koji su unutar predviđenih varijacija od -18 do 35 °C. Posljedice toga utjecaja stoga su ocijenjene kao neznatne i „vrlo vjerojatne". Konačna ocjena je da je rizik za proizvodnju električne energije i okoliš nizak. Utjecaj temperature zraka na rashladne tornjeve detaljnije je obrađen u nastavku.

Porast temperature rijeke Save u kombinaciji s niskim protocima mogao bi povećati broj radnih sati rashladnih tornjeva, rashladna voda koja se ispušta iz NEK-a imat će višu temperaturu, ali toplinsko opterećenje Save ostaje unutar današnje granice od ΔT 3 °C. Slika 82 prikazuje ključne parametre od 2010. do 2020. godine u obliku relativne promjene u odnosu na 2010. (osim ΔT – godišnje apsolutne vrijednosti). To razdoblje je statistički prekratko da bi se mogli izvući zaključci o budućem trendu, a ovdje je prikazano kako bi se utvrdila otpornost pogona i posljedice eventualnog porasta temperature Save. Također je činjenica da su klimatske promjene posljednjih godina sve intenzivnije. Temperatura rijeke Save je od prosjeka 1984. – 1993., koji je iznosio 10,9 °C (Tablica 31), porasla na 12,6 °C u razdoblju 2011. – 2020. (podaci NEK-a). Unatoč porastu temperature, proizvodnja električne energije ostala je stabilna i nepromijenjena. Kombinacija povećanja temperature rijeke Save i promjene protoka rezultirala je blagim povećanjem ΔT. Od 2010. do 2020. godine ΔT je iznosio 1,98 °C, što znači u prosjeku 65 % maksimalno dopuštenog porasta. Utvrđeno je da je rizik za proizvodnju električne energije nizak.

NEK ne mijenja ukupnu toplinsku snagu nuklearnog reaktora, ona ostaje ista do 2043. godine. Elektrana ima stopu učinkovitosti od oko 36,5 % (na terminalima generatora), što znači da se 63,5 % topline odvodi u okolinu. U razdoblju 2010. – 2020. u Savu je odvedeno 91,4 % topline iz kondenzatora i 2,66 % kroz sastav rashladnih tornjeva, a 5,97 % topline otpušteno je u atmosferu iz rashladnih tornjeva (Slika 86).



Slika 82: Promjena ključnih parametara u razdoblju od 2010. do 2020. godine u odnosu na 2010. godinu (godišnji prosjeci) osim ΔT (°C) (izvor: mjerenja NEK-a)

Dostupnost vode je niskorizična varijabla jer elektrana ima prilagodljive mjere (rashladni tornjevi) i može biti u pogonu s predviđenim smanjenim protocima rijeke Save. Bez obzira na protok Save, utjecaj NEK-a ostaje u granicama od ΔT 3 °C. Izgradnja hidroelektrana i brana na Savi uzvodno od NEK-a osigurava bolje regulacijske uvjete, a mjerenja protoka pokazuju da su se promjene protoka smanjile od 2015. godine. Ako je dostupnost vode smanjena, to se nadoknađuje rashladnim tornjevima. Slika 82 pokazuje da rashladni tornjevi ne rade punom snagom jer im je elektrana povećala kapacitet i sustav ima rezervu.

U nastavku je procijenjen utjecaj promjena protoka Save na rad elektrane i promjene načina rada rashladnih tornjeva odnosno učestalosti rada u recirkulacijskom režimu.

Prema podacima /72/ '*iz velikih promjena srednjih godišnjih protoka u Sloveniji za različite scenarije ispuštanja (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), do kraja stoljeća ne očekuje se znatan porast u odnosu na usporedno razdoblje 1981. – 2010., samo za sjeveroistok zemlje postoji djelomično znatno povećanje protoka*'. Za scenarij koji vodi do postizanja cilja Pariškog sporazuma RCP4.5 promjena srednjih godišnjih protoka je -5 % – +5 %, velikih tokova +5 % – +20 %, malih protoka -5 % – +5 %, za razdoblje 2011. – 2040. Za pesimistični scenarij RCP8.5 projekcije promjene su iste kao i za scenarij RCP4.5 (Tablica 25, /77/).

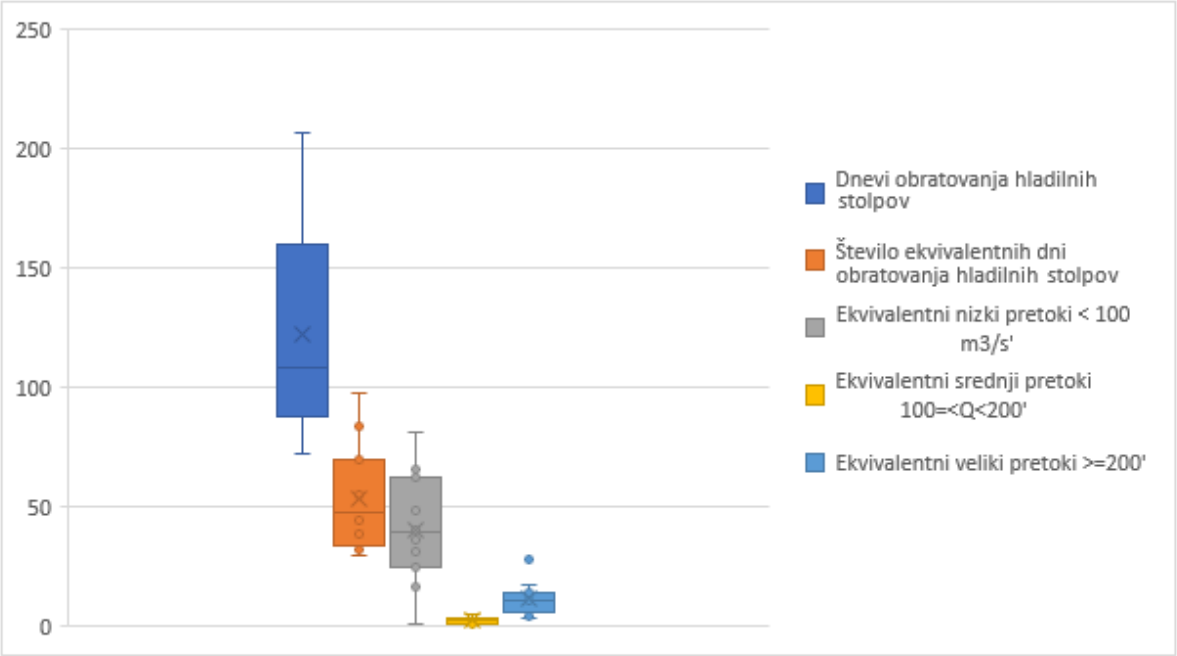
Uočene promjene u protocima u Sloveniji pokazuju da se godišnja količina raspoložive vode u koritima vodotokova smanjuje, što potvrđuje ekološki pokazatelj na godišnjoj riječnoj bilanci /72/, /283/. U razdoblju 1961. – 2015. neto odtok riječne bilance Slovenije smanjio se za oko 12 % (oko 0,22 % godišnje). Ekstrapolacijom tog trenda do 2043. promjena tokova Save mogla bi iznositi -4,6 %, što je u skladu s projekcijama scenarija RCP4.5 i RCP 8.5, za donji prag procjene od -5 %.

Rashladni tornjevi mogu odvesti 49,5 % ukupne otpadne topline elektrane, što znači da postoji velika rezerva kapaciteta za odvođenje topline. Kapacitet tornjeva je dimenzioniran za kratkoročne potrebe i situacije premošćivanja kada bi elektrana trebala smanjiti proizvodnju zbog toplinskog opterećenja Save.

Rashladni tornjevi u NEK-u puštaju se u pogon na temelju tri kriterija:

1) kada je protok Save manji od 100 m3/s (zbog održavanja ΔT unutar 3 °C),
2) u slučaju povećanog protoka rijeke Save (700 m3/s), kod brzog povećanja protoka rijeke Save ili nanošenjem prljavštine, pokreće se sustav CT kako bi se smanjilo uzimanje vode CW-a iz Save
3) sustav rashladnih stupova CT-a mora se pokrenuti jednom mjesečno. Pokretanje se provodi po tjednom ispiranju sedimenata u dovodnom bazenu pumpi CW i povratnom kanalu kako bi se spriječio prekomjerni utovar mulja u povratnom kanalu.

Granični protok od 100 m^3/s nije propisan OVD-om, to je tehnički pogonski parametar koji proizlazi iz granice ΔT. Rashladni tornjevi su radili 122 dana u godini od 2010. do 2020., od minimalno 72 dana do maksimalno 207 dana godišnje. Gledamo li broj ekvivalentnih dana koji predstavljaju vrijeme rada, uz pretpostavku maksimalne snage, tornjevi su radili u prosjeku 53,6 ekvivalentnih dana godišnje, što je 14,7 % ukupnog vremena rada elektrane. Zbog kriterija 1) tornjevi su radili u prosjeku 75,5 % u razdoblju 2010. – 2020. Kriteriji 2) i 3) predstavljaju samo manji dio radnih dana i manje su važni za procjenu toplinskog opterećenja Save (Slika 83).



Slika 83: Broj dana rada rashladnih tornjeva godišnje; statistika razdoblja 2010. – 2020.

Dnevi obratovanja hladilnih stolpov	Dani pogona rashladnih tornjeva
Število ekvivalentnih dni obratovanja hladilnih stolpov	Broj ekvivalentnih dana pogona rashladnih tornjeva
Ekvivalentni nizki pretoki < 100 m^3/s	Ekvivalentni niski protoci < 100 m^3/s
Ekvivalentni srednji pretoki 100=<Q<200	Ekvivalentni srednji protoci 100=<Q<200
Ekvivalentni veliki pretoki >= 200	Ekvivalentni veliki protoci >= 200

Projekcije broja dana rada rashladnih tornjeva izrađene su za 2043. godinu, u projekciji je pretpostavljena promjena malih i srednjih protoka za -5 % i promjenu velikih protoka za +5 %, pri čemu je za simulaciju uporabljena korigirana krivulja raspodjele dnevnih protoka iz razdoblja 2011. – 2020. Prikaz rezultata projekcija je u tablici (Tablica 121).

Tablica 121: Projekcija rada rashladnih tornjeva do 2043., promjena protoka Save -5 % za srednje protoke, -5 % za minimalne protoke i +5 % za velike protoke, (dani rada)

	2010. – 2020.			do 2043.		
	Prosjek 11 godina	Godina hidrološki niskih protoka 2011.	Godina hidrološki visokih protoka 2014.	Prosječna godina	Godina hidrološki niskih protoka	Godina hidrološki visokih protoka
Protoci < 100 m^3/s	113	160	4	+16,5	+20,0	+3,0
Ostalo	9	47	68	+0,4	+2,3	+3,4
Ukupno	122	207	72	+16,9	+22,3	+6,4

U godinama do 2043., zbog povećanog broja dana rada tornjeva, odvođenje otpadne topline u atmosferu povećat će se u prosjeku za približno 0,87 postotnih točaka i iznosilo bi 5,79 + 0,87 = 6,66 % ukupne otpadne topline NEK-a. U godini niskog hidrološkog protoka iznosilo bi 12,56 + 1,57 = 14,13 % otpadne topline NEK-a. U istoj će se mjeri smanjiti odvajanje topline u Savu, ali će zbog smanjenja protoka Save doći do određenog povećanja prosječnih ΔT-a i EDOT-a (vidi niže).

Povećanje pogonskog vijeka rashladnih tornjeva zbog klimatskih promjena povećava razinu buke jer su ventilatori rashladnih tornjeva jedan od glavnih izvora buke na području NEK-a. Više o tome u poglavlju 5.7.

Kombinirani utjecaj pokazatelja klimatskih promjena

U nastavku je analiza promjene udjela Emisijskog udjela otpadne topline (EDOT) i ΔT.

Neki od glavnih čimbenika koji će utjecati na promjenu toplinskog opterećenja Save:

- promjena toka Save
- promjena temperature Save
- promjena temperature zraka
- promjena vlažnosti zraka

Promjena protoka Save analizirana je u prethodnom tekstu. Pretpostavlja se da je promjena malih i srednjih protoka -5 %, velikih protoka za +5 %. Obrnuto proporcionalno promjeni protoka Save promijenit će se udio predane topline i prosječni ΔT 3 °C, što znači da će se EDOT i ΔT povećati za 5 % pri istoj toplini koja se prenosi u Savu. Elektrana ne smije prijeći granični EDOT = 1 i ΔT 3 °C.

U Sloveniji se očekuje porast prosječne godišnje temperature površinskih voda od 0,11 do 0,26 °C po desetljeću, a prosjek je 0,19 °C po desetljeću /72/ (Tablica 105). Promjena temperature rashladne vode utječe na rad postrojenja. Tu se pri procjeni utjecaja upotrebljavaju rezultati istraživanja koji su pokazali da promjena rashladnog sredstva za jedan stupanj rezultira smanjenjem električne snage za 0,444 % /284/. Može se izračunati da bi se zbog porasta temperature Save do 2043. godine za 0,253 – 0,598 °C otpadna toplina povećala za 0,064 – 0,152 %, a ekvivalentni gubitak električne energije bio bi 0,7 – 1,7 MW.

Promjene temperature zraka, temperature rashladne vode i promjene relativne vlažnosti utjecat će na učinkovitost rashladnih tornjeva. Scenarij RCP4.5 predviđa promjenu temperature od oko 1 °C do 2040. godine, a scenarij RCP8.5 do 1,5 °C do 2040. godine (Tablica 105). Temperatura rashladne vode za rashladne tornjeve rast će kao što je prije navedeno za Savu.

Relativna vlažnost u Europi pokazuje tendenciju smanjenja na razini od oko 1 % tijekom posljednjih trideset godina /285/. Na globalnoj se razini za razdoblje od 2046. do 2065. za ovaj dio Europe predviđa promjena od -1 do -2 % u 2046. godini /285/. Promjena temperature zraka znatno utječe na učinkovitost

rashladnih tornjeva na temperaturama iznad 35 °C, osjetljivost na temperaturu rashladne vode počinje iznad 25 °C, a osjetljivost na relativnu vlažnost počinje iznad 60 % uz promjenu učinkovitosti od 1,5 % pri promjeni od 1 % relativne vlažnosti. Podaci se temelje na istraživanju iz /287/. Najjači utjecaj ima promjena relativne vlažnosti, koja će se smanjiti, što bi moglo znatno kompenzirati moguće promjene zbog temperature zraka i temperature rashladne vode.

Promjene u učinkovitosti rashladnih tornjeva zbog promjena temperature zraka, temperature rashladne vode i promjene relativne vlažnosti mogle bi smanjiti ispuštanje topline u atmosferu ako se relativna vlažnost smanji za 1 – 1,5 %, ukupno smanjenje moglo bi biti od 0,08 do 0, 17 %.

Tablica (Tablica 121) prikazuje projekciju utjecaja prethodno komentiranih čimbenika na EDOT i ΔT. Moguća promjena navedenih pokazatelja Save je 4,186 – 4,262 %.

Tablica 122: Procjena porasta vrijednosti EDOT i ΔT zbog klimatskih promjena do 2043. (scenarij: srednji protoci -5 %, mali protoci -5 %, veliki protoci +5 %, temperatura Save 0,25 – 0,6 °C, temperatura zraka 1 – 1,5 °C)

Zbog protoka Save	Zbog temperature Save	Reakcija NEK-a, pojačan rad rashladnih tornjeva	Ukupna promjena
%	%	%	%
+5 %	0,056 – 0,132	-0,87	4,186 – 4,262

Prosjek 2010. – 2020.		2043.	
EDOT	ΔT /°C/	EDOT	ΔT /°C/
0,646	1,94	0,673 – 0,674	2,021 – 2,022

ΔT i EDOT u 2043. godini bit će na otprilike 2/3 granične vrijednosti.

Gornja se analiza odnosi na veliki rashladni sustav koji koristi 97,5 % ukupne količine vode uzete iz Save. Za mali rashladni sustav (hlađenje komponenti elektrane) također se prate EDOT i ΔT. Vrijednosti iz tablice (Tablica 122) mogu se rabiti i za mali rashladni sustav, pod uvjetom da za mali rashladni sustav nije važan rad rashladnih tornjeva.

U nastavku je dana analiza jesu li postojeći kapaciteti rashladnih tornjeva dovoljni i kolika je vjerojatnost da će se proizvodnja trebati smanjiti.

Smanjenje snage bilo bi potrebno ako:

– se ne može postići 24-satni ΔT ispod 3 °C i EDOT < 1 (OVD)
– ako nije moguće postići T vode na izlazu ispod 43 °C (OVD)

Od nadogradnje rashladnih tornjeva (2007. godine) elektrana nije smanjivala snagu zbog toplinskog opterećenja Save. Dnevna temperatura Save u razdoblju 2010. – 2020. nije bila viša od 25 °C, minimalni protok nije bio manji od 49 m^3/s.

Statistički podaci o radu elektrane u razdoblju blizu graničnog EDOT-a i ΔT-a prikazani su u tablici (Tablica 123). Na temelju tablice (Tablica 123) možemo zaključiti da nije isključena mogućnost potrebe smanjenja snage zbog klimatskih promjena, ali su vjerojatnosti te pojave relativno male na temelju danas dostupnih projekcija klimatskih promjena. Uz takvu vjerojatnost nema dovoljno razloga za planiranje nadogradnje rashladnih tornjeva.

Tablica 123: Statistika djelovanja elektrane blizu graničnih uvjeta

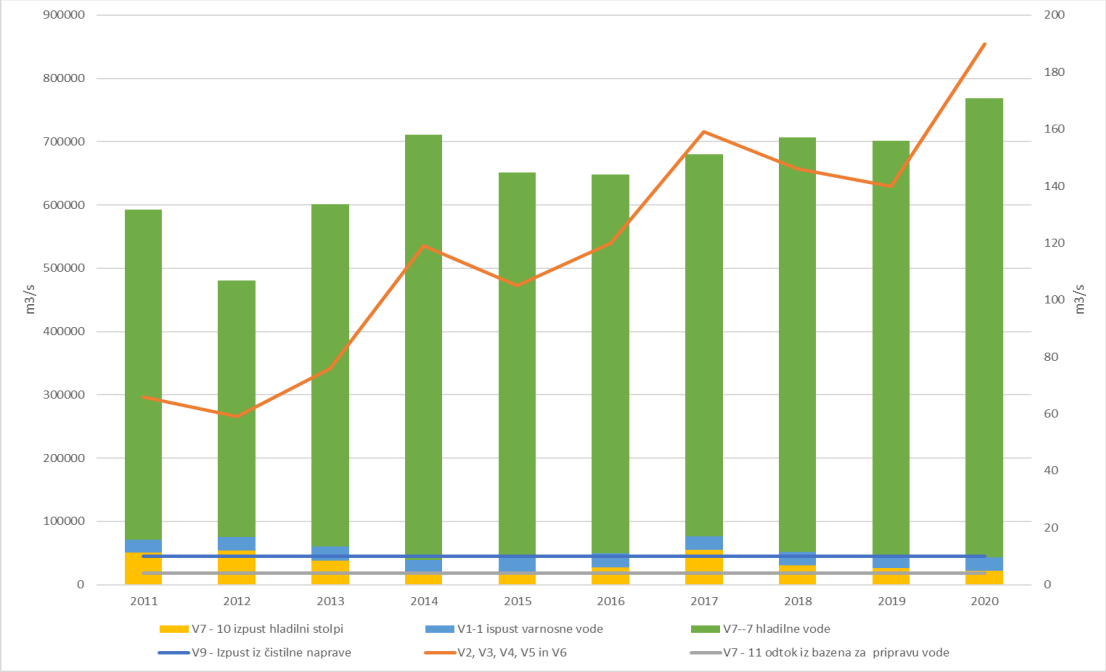
ΔT °C, EDOT %	Snaga rashladnih tornjeva %	Br. dana u razdoblju 2010. – 2020.	Vjerojatnost nastupanja %	Godina nastupanja
≥ 99,≤ 100	≥ 99	1	0,025	2019.
≥ 99,≤ 100	≥ 97,5	2	0,05	2018., 2019.
≥ 99,≤ 100	≥ 95	14	0,35	2018., 2019.
≥ 99,≤ 100	≥ 90	19	0,47	2018., 2019., 2020.
≥ 99,≤ 100	≥ 85	20	0,49	2018., 2019., 2020.
≥ 97,5	≥ 99	2	0,05	2019.
≥ 97,5	≥ 97,5	2	0,05	2019., 2019.
≥ 97,5	95	19	0,47	2018., 2019.
≥ 97,5	90	25	0,62	2018., 2019., 2020.
≥ 97,5	85	26	0,64	2018., 2019., 2020.

Navedeno pokazuje da rashladni tornjevi mogu osigurati rad elektrane u toplinskim granicama ΔT = 3 °C i EDOT manji od 1, uključujući uvjete klimatskih promjena koje su planirane do 2043. godine. Kao što je već spomenuto, elektrana nije smanjivala snagu posljednjih deset godina zbog uvjeta toplinskog opterećenja Save. Zbog klimatskih promjena takve se situacije mogu dogoditi samo rijetko, u prosjeku 1 – 2 dana godišnje do 2043. godine. No ako bi nastupila nepovoljna godina (projekcija 2019. godine u budućnosti), broj dana u kojima bi bilo potrebno smanjenje snage mogao bi biti deset puta veći.

Ako bi NEK povećao vrijeme rada rashladnih tornjeva svake godine za otprilike 5 – 7 dana, to bi neutraliziralo utjecaje klimatskih promjena. U Savu bi se odvajalo manje topline nego danas (apsolutni volumen odvojene topline), zato bi smanjenjem protoka Save, povećanjem njezine temperature i temperature zraka EDOT i ΔT ostali isti kao danas. Granicu za uključivanje rashladnih tornjeva treba povećati za oko 5 m^3/s godišnje: 105 m^3/s, 110 m^3/s..., čime bi se ostvarilo navedeno povećanje opsega rada rashladnih tornjeva. To, naravno, uz pretpostavku postojećeg 'faktora opterećenja' rashladnih tornjeva (ekvivalentni radni dani tornjeva/ukupni radni dani tornjeva).

U sklopu periodičnog sigurnosnog pregleda NEK-a, koji je planiran za 2030. godinu, postoji mogućnost da se s novim podacima klimatskih projekcija za Sloveniju izvede i aktualizacija procjene vjerojatnosti situacija u kojima bi elektrana morala smanjiti snagu zbog granice ΔT.

U nastavku komentiramo očekivanu promjenu pojedinih vrsta otpadnih voda. Na sljedećoj slici (Slika 84) je prikaz promjena količine ispuštene otpadne vode.



Slika 84: Pregled količine otpadne vode po pojedinim ispuštanjima (lijeva y os je mjerilo za stupce, desna y os je mjerilo za krivulje)

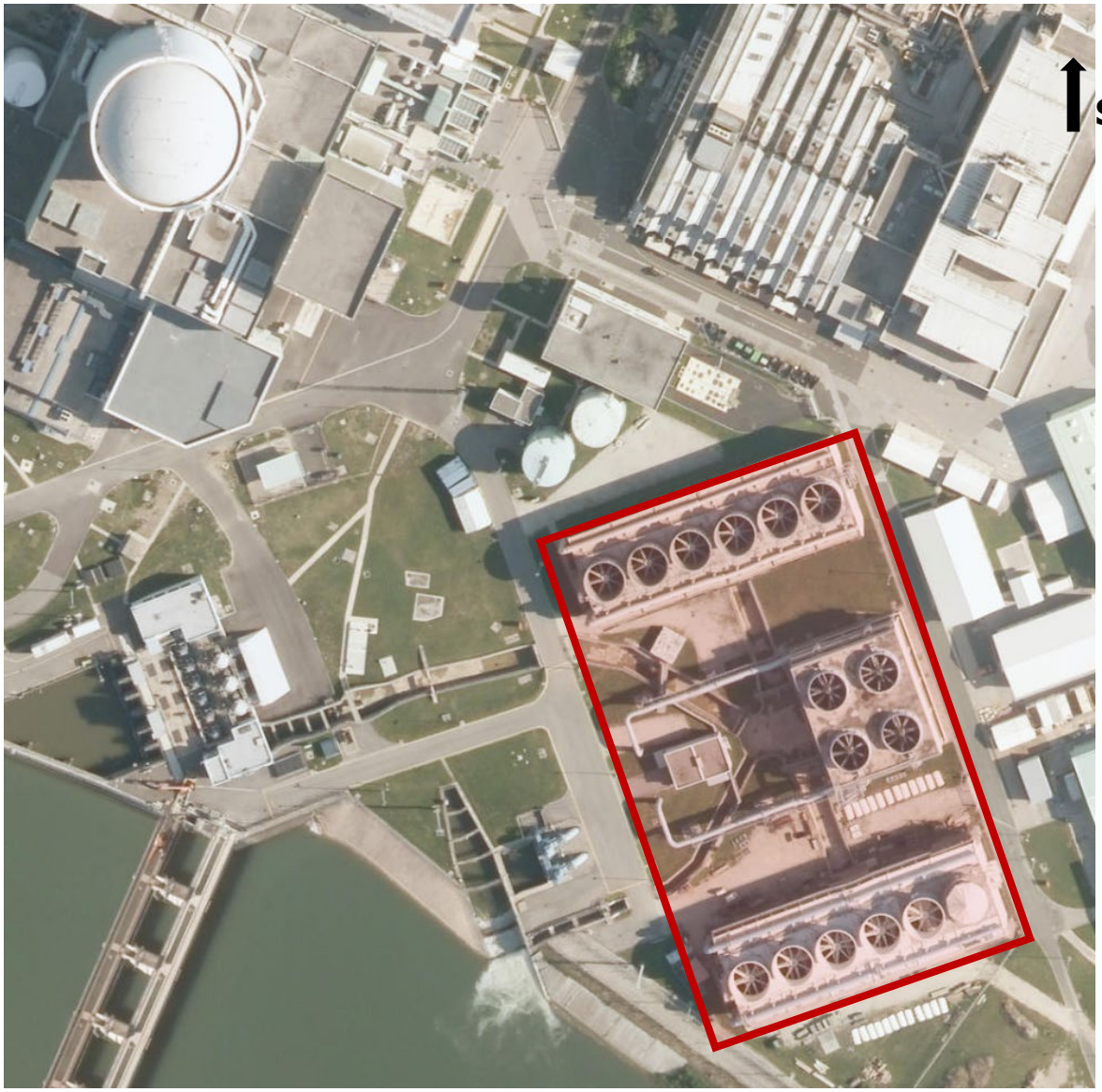
V7 – 10 izpust hladilni stolpi	V7 – 10 ispust rashladni tornjevi
V9 – izpust iz čistilne naprave	V9 – ispust iz uređaja za čišćenje
V1 – 1 izpust varnosne vode	V1 – ispust sigurnosne vode
V2, V3, V4, V5 i V6	V2, V3, V4, V5 i V6
V7 – 7 hladilne vode	V7 – 7 rashladne vode
V7 – 11 odtok iz bazena za pripravu vode	V7 – 11 odvod iz bazena za pripremu vode

Najveće količine otpadne vode su iz rashladnog sustava kondenzatora (CW) (91,4 %), zatim rashladnih tornjeva (CT) (5,2 %) i sustava hlađenja malih komponenti (SW) (3,2 %). Te količine će ostati približno iste, osim što bi se količina otpadne vode iz rashladnih tornjeva mogla neznatno povećati, ali bi se time smanjila količina otpadne vode iz rashladnog sustava kondenzatora. Maksimalna količina ispuštanja vode određena je vodopravnom dozvolom. Godišnje količine otpadnih voda znatno su ispod granica, u godini s najvećim korištenjem bile su na 80 % dopuštenih količina.

Na kraju analize možemo zaključiti da stabilna proizvodnja i visoka dostupnost elektrane dokazuju da novonastale promjene i promjene klimatskih varijabli nemaju velik utjecaj na proizvodnju električne energije i okoliš. To je potvrđeno detaljnom analizom u ovom poglavlju. Proširenje rashladnih tornjeva povećalo je performanse pogona u kombiniranom ciklusu hlađenja, što je ojačalo klimatsku otpornost, a granica od ΔT 3 °C sprječava da utjecaj bude veći od predviđenog. Izgradnjom akumulacija hidroelektrana uzvodno od NEK-a smanjuju se protočne i temperaturne razlike rijeke Save, što umanjuje rizik od štetnih događaja u budućnosti.

5.6.1.1 Utjecaj rashladnih tornjeva

Rashladni tornjevi se koriste za hlađenje kondenzatora kada protok Save nije dovoljan za odvođenje potrebnog toplinskog toka iz kondenzatora, uz poštovanje ograničenja ispusta vode u Savu. Takvi režimi rada nastaju kada je protok Save manji od 100 m^3/s. Na lokaciji se nalaze tri rashladna tornja, smještena jugoistočno od zgrade reaktora: dva paralelna starija sa šest rashladnih elemenata u nizu i jedan noviji od njih s četiri kvadratno raspoređena rashladna elementa, kao što je prikazano na donjoj slici. Svi tornjevi na lokaciji imaju prisilnu (mehaničku) protustrujnu cirkulaciju zraka, gdje on struji suprotno od smjera kretanja vode kroz punilo (prema gore), a to strujanje osigurava rad ventilatora na vrhu rashladnog tornja. Ukupni kapacitet svih rashladnih tornjeva je 627,8 MW /185/.



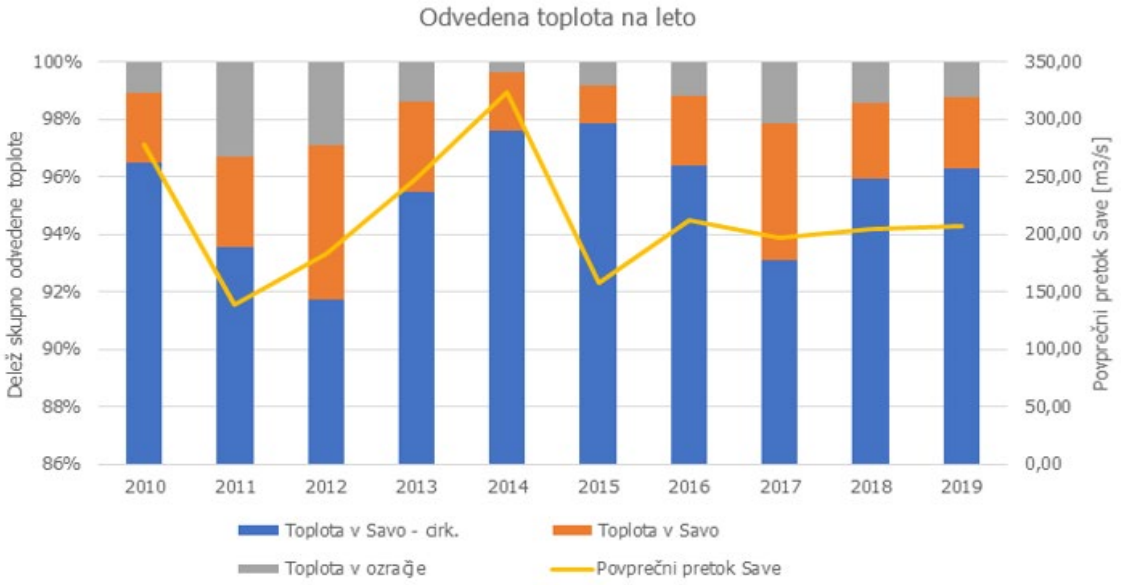
Slika 85: Pozicija rashladnih tornjeva u kompleksu elektrane (izvor: /60/)

Pogon rashladnih tornjeva

Rashladni tornjevi rade na principu hlađenja isparavanjem: voda (rashladni medij) teče u tankom sloju preko punila i u dodiru je sa strujanjem zraka. Prijenos topline u zrak je dvostruk: postoji konvekcijski prijenos topline zbog razlike u temperaturi (toplije) vode i (hladnijeg) zraka te prijenos topline isparavanjem vode (evaporacija) zbog mogućnosti da zrak prima vodenu paru do točke zasićenja. Kao posljedica isparavanja gubi se rashladna voda, koja se povremeno mora nadomjestiti uvođenjem nove vode u rashladni sustav.

Rashladni tornjevi na lokaciji rade tako da podržavaju pogon protočnog rashladnog sustava: odvode dio vode iz protočnog rashladnog sustava kroz kondenzator i dodatno ga hlade. Nakon ovog hlađenja dio vode se vraća u miješalicu ispred kondenzatora, gdje se miješaju svježe uzeta voda iz rijeke Save i ona iz rashladnih tornjeva, a dio vode se ispušta u odvod V7-10 koji dodatno hladi vodu u protočnom sustavu koja se iz kondenzatora ispušta u Savu. Time se osigurava potreba za hlađenjem u slučaju nedovoljnog protoka rijeke Save za čisto protočno hlađenje kondenzatora ili u slučaju previsoke temperature ispuštanja vode, što bi negativno utjecalo na Savu.

Analiza podataka o radu rashladnih tornjeva i tokova rijeke Save za razdoblje 2010. – 2019. godine pokazuje da rashladni tornjevi imaju veći udio u ukupno odvedenoj toplini u godinama kada je prosječni protok Save niži (Slika 86), u prosjeku godišnje emitiraju 4,48 % otpadne topline.



Slika 86: Udio odvedene topline godišnje prema načinu ispuštanja i spremnik topline

Odvedena toplota na leto	Odvedena toplina godišnje
Delež skupno odvedene toplote	Udio ukupno odvedene topline
Povprečni pretok Save [m3/s]	Prosječni protok Save [m3/s]
Toplota v Savo – cirk	Toplina u Savu – cirk
Toplota v Savo	Toplina u Savu
Toplota v ozračje	Toplina u zrak
Povprečni pretok Save	Prosječni protok Save

Utjecaj rashladnih tornjeva na okoliš

Utjecaj rashladnih tornjeva uvelike ovisi o vremenskim uvjetima u blizini samog tornja. U principu, postoji pet vrsta utjecaja:

- širenje perjanice pare koja može uzrokovati lokalnu poledicu ili zamagljenost;
- zasjenjenje zbog perjanice pare;
- povećanje vlage pri tlu;
- estetski utjecaj zbog vidljivosti perjanice pare u određenim vremenskim uvjetima;
- toplinsko onečišćenje okoliša.

Analizom pogona rashladnih tornjeva od 2010. do 2019. godine utvrđeno je da oni najčešće rade u ljetnim i zimskim mjesecima. U hladnijim mjesecima očekuju se temperature ispod 0 °C, što u kombinaciji s radom tornjeva može izazvati poledicu na površinama u samom postrojenju NEK-a i u neposrednoj blizini. Simulacije modela utjecaja mehaničkih rashladnih tornjeva pokazuju da je nastanak poledice ograničen na 1 km od samih rashladnih tornjeva, u ekstremnim uvjetima /187/. Na lokaciji NEK-a uočena je pojava poledice u području ograde elektrane, zbog čega postoji sustav grijanja pristupnih putova neposredno uz tornjeve koji se aktivira u situacijama kada je moguća poledica.
Taloženje kapljica ograničeno je na isto područje kao i poledica. Sadržaj kapljica je jednak sadržaju rashladne vode za koju je utvrđeno da zadovoljava sva zakonom propisana ograničenja.

U hladnijim mjesecima u godini relativna vlažnost zraka je visoka, a temperatura niska, što znači da miješanje toplog, zasićenog zraka iz rashladnih tornjeva s takvim zrakom može uzrokovati maglu ili vidljivu paru (perjanicu). Primjer vidljive perjanice prikazan je na sljedećoj slici. Elektrana se nalazi na obali rijeke Save gdje je radijacijska magla česta pojava.



Slika 87: Vidljiva perjanica s rashladnih tornjeva NEK-a (izvor: /116/)

Rashladni tornjevi ispuštaju topli vlažni zrak u atmosferu, što ga toplinski onečišćuje. Kod prolaska kroz tornjeve zrak se zagrijava za 3 – 5 °C /188/ i nakon izlaska miješa se s vanjskim zrakom. Na godišnjoj razini tornjevi prosječno ispuštaju 1,57 % otpadne topline u atmosferu, a preostala otpadna toplina odlazi u rijeku Savu.

5.6.1.2 Utjecaj ekstremnih vremenskih pojava i klimatskih promjena na sigurnosne aspekte zahvata

Sigurnosne funkcije elektrane moraju se osigurati u slučaju ekstremnih meteoroloških događaja, koji se također mogu pojaviti u kombinaciji s drugim prirodnim opasnostima specifičnima za to područje (geološke, seizmotektonske, hidrološke, biološke pojave, šumski požari). Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti JV5 /35/ propisuje da se prirodne opasnosti moraju uzeti u obzir kod dokazivanja sigurnosti elektrane, uključujući skladištenje istrošenog goriva. Prijetnje zbog prirodnih opasnosti tijekom uobičajenog i neuobičajenog pogona treba eliminirati ili ograničiti ako je to izvedivo. Utjecaj prirodnih opasnosti na razvoj nesreće također se mora procijeniti i identificirati potrebe i mogućnosti za poboljšanje /35/.

U sklopu periodičnog sigurnosnog pregleda (PSR) svakih deset godina sustavno se analizira i ocjenjuje sigurnost elektrane i usklađenost sa zahtjevima iz ZVIJS-1 i JV-5 (vidi poglavlje 2.7.14.). Ako je potrebno, provode se „*ad hoc*"provjere na temelju događaja i iskustava diljem svijeta (post-Fukushima analize /26/). U skladu sa zahtjevima NEK je uspješno izvršio dva periodična sigurnosna pregleda, prvi 2003., a drugi 2013. godine. Treći periodični sigurnosni pregled je u tijeku i bit će dovršen 2023. godine. U postupku procjene koriste se i upute Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) o pristupu sigurnosnim analizama vezanima uz vanjske rizike te sadržaj PSR-a, koji također uključuje analizu rizika zbog klimatskih promjena /177/.

U poglavlju 2.7. opisano je omogućavanje sigurnog pogona elektrane, a u poglavljima 2.7.8. i 2.7.9. opisan je pogon u važnim ekstremnim uvjetima (poplave i drugi ekstremni vremenski uvjeti). U slučaju izrazito jake lokalne kiše i nevremena prostor je zaštićen osnovnim dizajnom i ugrađenim sustavom odvodnje. Projektna poplava (DBF) je definirana s 10.000-godišnjim povratnim razdobljem, s protokom u ovom razdoblju od 3.470 m^3/s, što odgovara koti od 155,35 metara iznad Jadranskog mora[31]. Visina ploče na kojoj se nalazi NEK iznosi 155,20 m n. v. Zgrade u NEK-u, smještene u sredini područja, imaju ulaze i otvore iznad 155,50 m n. v. Time se osigurava da u slučaju propadanja nasipa uz rijeku Savu

[31] Na nacionalnoj razini, na temelju analiza iz procjene rizika od poplava koje također uzimaju u obzir klimatske promjene, utvrđeno je da se većina poplava događa u rasponu povratnih razdoblja od 2 do 500 godina, a uglavnom u rasponu povratnih razdoblja od 5 do 100 godina (dokument „Procjena rizika od poplava", Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog planiranja, studeni 2016., poglavlje 8 Zaključak).

voda ne prodre u zgrade. Elektrana je također zaštićena od najvećih vjerojatnih poplava (PMF), s protokom od 6500 m^3/s. PMF predstavlja hipotetičku poplavu koja se smatra najgorom razumno mogućom na temelju korištenja vjerojatnih najvećih oborina i drugih hidroloških čimbenika koji uzrokuju najveće izlijevanje vode, kao što su uzastopne oluje i istovremeno otapanje snijega. S analizom „Cliff edge" u sklopu stres-testova provjerila se sigurnost za povratno razdoblje protoka od 1.000.000 godina/26/. Izvor /26/ preporučuje kao moguće dodatne mjere za poboljšanje postojećih one koje se provode unutar programa nadogradnje sigurnosti (poglavlje 2.8.5.). Vezano uz poplave u 2012. godini izrađena su projektna rješenja za omogućavanje poplavne sigurnosti objekata NEK-a do kote od 157,530 m nadmorske visine, što uključuje i slučaj rušenja nizvodnih i uzvodnih nasipa rijeke Save. Projektna rješenja uključivala su pasivne i aktivne elemente zaštite od poplava. Zaštita od poplava NEK-a projektirana je i dimenzionirana na način da pruža funkcionalnu zaštitu i u slučaju potresa (vidi točku 2.8.5.3.).

Dostupnost rashladne vode jedan je od osnovnih sigurnosnih uvjeta za rad elektrane. Voda se upotrebljava za hlađenje konstrukcija, sustava i komponenti te za potrebe gašenja požara. Analiza podataka od 1926. do 2013. pokazuje da je u tom razdoblju minimalni protok Save iznosio 41 m^3/s (USAR /3/). Minimalni dnevni protoci Save se smanjuju, u posljednjih dvadesetak godina trend smanjenja iznosio je 0,15 m^3/s godišnje. Najniži izmjereni dnevni protok u posljednjih deset godina bio je 45 m^3/s (radni podaci NEK-a). Najniža potrebna razina rijeke Save za rad sustava bitne opskrbne vode (ESW) je 147,85 m n. v. i to odgovara protoku od 32 m^3/s, što je izrazito malo i što se može dogoditi uz povratno razdoblje od 620 godina (USAR). Navedenu minimalnu potrebnu razinu pri protoku od 32 m^3/s osigurava betonski prag brane na koti od 147,50 m n. v. U ovom protoku sustav bitne opskrbne vode (ESW), koji osigurava UHS (Ultimate Heat Sink), i dalje radi bez spuštanja pregrada brane na Savi. Ako je protok manji ili ga nema, UHS radi preko ESW-a s kruženjem i hlađenjem vode u bazenu/jezeru koja nastaje iza spuštenih pregrada. U sušnom razdoblju smanjenje protoka je predvidljivo, promjene se javljaju postupno. Uzvodno je izgradnjom hidroelektrana na Savi povećan kapacitet rezervne vode, što je pozitivan učinak.

Detaljnije su informacije o procjeni utjecaja ekstremnih vremenskih pojava u dokumentu stres-testova /26/ u kojem se, osim poplava, analiziraju i drugi vremenski ekstremi: jak vjetar, intenzivne 24-satne oborine, tuča, mraz, visok snježni pokrivač, ciklonske oluje, a procjenjuje se da na ovom području nema mogućnosti orkanskih udara. Sve građevinske konstrukcije u koje je ugrađena oprema sigurnosne klase projektirane su tako da ne budu osjetljive na ekstremne vremenske prilike: sigurnosni sustavi osjetljivi na temperaturu okoline, rashladni uređaji za zrak i vodu, ulazni vodozahvati i cjevovodi, sustav bitne opskrbne vode (ESW) za hlađenje komponenti i hlađenje u nuždi i sustavi za grijanje. Provjerene su sigurnosne granice za konstrukcije, sustave i komponente u okviru /26/, iz čega se zaključuje da nisu identificirane ni potrebne mjere koje bi trebalo poduzeti. NEK je pripremio tehnički izvještaj Screening of External Hazards /34/ u kojem je dokumentiran pregled vanjskih opasnosti osim potresa i svih ostalih opasnosti koje nisu obuhvaćene unutarnjim događajima, unutarnjim poplavama, unutarnjim požarima i lomovima visokoenergetskih cijevi.

Sigurnosni sustavi i zgrade povezani s upravljanjem najtežim postuliranim nesrećama (prošireni projektni događaji – DEC) projektirani su za minimalne/maksimalne vanjske temperature od -28 do 46 °C, u usporedbi s projektnim temperaturama od -28 do 40 °C. DEC mora biti projektiran za ekstremne vjetrove maksimalne brzine od 240 km/h /3/. Ovi parametri su konzervativni u odnosu na povijesni skup mjerenja i postojeće projekcije. Pritom uzimamo u obzir izvor /252/ koji navodi vremenske podatke u Sloveniji. Poglavlje 6.4. opisuje odabrane scenarije i utjecaje iz skupa projektnih i DEC katastrofa.

NEK ima automatsku meteorološku postaju s meteorološkim tornjem visine 70 m, s instrumentima za mjerenje u tri visinska sloja te dodatnu opremu za visinsko mjerenje atmosferskih parametara sodarom. Godišnji izvještaji prate trendove i promjene klimatskih varijabli te izračunavaju disperzijske karakteristike X/Q atmosfere koje su važne za provjeru i simulaciju disperzije predviđenih atmosferskih katastrofa. U vezi s promjenom hidroloških prilika na Savi, primjenjiv je Ugovor o mjerama i obvezama za osiguranje nepromijenjenog, sigurnog i neprekinutog pogona NEK-a tijekom pogona HE na donjoj Savi s dodatnim monitoringom na toj rijeci (2018.).

Ovdje predstavljamo opća svjetska iskustva o utjecaju ekstremnih vremenskih uvjeta na pogon elektrane. IAEA održava bazu podataka o nuklearnim nesrećama (IRS) od 1980. godine. IRS se može smatrati relevantnim glavnim izvorom informacija o osjetljivosti elektrana na ekstremne vremenske prilike. Od 3665 prijavljenih izvještaja u bazi podataka između 1980. i 2010., za različite vrste i intenzitete događaja u nuklearnim elektranama, samo 2 % uključuje vremenske ili klimatske događaje. Najveći udio prijavljenih ekstremnih vremenskih uvjeta (88 %) ponajprije se odnosi na sljedeće sustave: sustave hlađenja (28 %), instrumentacijske i upravljačke sustave te prijenos električne energije u mrežu /178/.

Iz navedenog se može zaključiti sljedeće: pravni okvir koji se odnosi na nuklearnu sigurnost, kao i međunarodna praksa, navodi da se ekstremni vremenski događaji, uključujući posljedice klimatskih promjena, moraju uzeti u obzir kao i, u kombinaciji s drugim prirodnim događajima, oni događaji koji proizlaze iz ljudske aktivnosti. Analize koje se provode unutar Periodičnog sigurnosnog pregleda (PSR) svakih deset godina odgovarajuće su razdoblje unutar kojeg se može procijeniti važnost klimatskih promjena. Sveobuhvatno izvještavanje prema Pariškom sporazumu provodi se u desetogodišnjim ciklusima provjere. Zajednička globalna znanstvena saznanja o klimatskim promjenama ažuriraju se svakih sedam godina (Climate Change Assessment Reports – IPCC), posljednji prihvaćeni izvještaj je iz 2018. (AR 5), a objava sljedećeg očekuje se 2021., pri čemu se na odobrenje država članica UNFCCC-a može čekati i nekoliko godina /253/. Prognoze klimatskih modela koje su danas dostupne najbolje su u prognozama prosječnih meteoroloških varijabli, a prognoze intenziteta ekstremnih događaja, učestalosti njihove pojave i trajanja bit će sve točnije. Granice nuklearne sigurnosti temelje se na konzervativnom pristupu, čime se pokrivaju trenutačno prisutne nesigurnosti u prognozama klimatskih promjena. Ekstremni vremenski uvjeti su s gledišta prognoze predvidivi, bilo da se radi o toplinskim valovima, hladnim danima ili olujnim ciklonama, tako da se za njih moguće pripremiti na vrijeme.

Može se zaključiti da, uz postojeće mjere i standardnu reviziju pogona koje se provode u sklopu PSR procesa, klimatske promjene povezane s ekstremnim vremenskim uvjetima nemaju velik utjecaj na pogon.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj s aspekta utjecaja klimatskih promjena na pogon tijekom njegova rada ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona.

Mjere koje NEK već provodi su:

- u slučaju kada je protok Save manji od 100 m^3/s NEK uključuje rashladne tornjeve kroz koje se tijekom recirkulacije hladi dio vode za hlađenje kondenzatora;
- strukture, sustavi i komponente elektrane kvalificirani su za ekstremne vremenske uvjete i meteorološke parametre s visokom razinom ugrađene konzervativnosti, što proizlazi iz zahtjeva nuklearne pravne uredbe, praćenja svjetske prakse i razvoja najboljih tehničkih rješenja (BAT);
- periodični sigurnosni pregled, koji se provodi svakih 10 godina, uključuje detaljnu analizu utjecaja ekstremnih vremenskih pojava na sigurnost elektrane. U sljedećem razdoblju provest će se dva pregleda (2021. – 2023.) i (2031. – 2033.);
- mjere i OVD-i vezani uz ograničenje toplinskog onečišćenja rijeke Save te s time povezano korištenje kombiniranog sustava hlađenja (protočni rashladni sustav i rashladni tornjevi). U svim uvjetima toka rijeke Save elektrana održava toplinsko onečišćenje unutar ΔT 3 °C, koje će ostati nepromijenjeno u budućem radu elektrane. NEK je 2008. godine nadogradio svoj rashladni kapacitet izgradnjom trećeg bloka rashladnih tornjeva;
- elektrana ima postupke pripreme u slučaju hidroloških uvjeta koji mogu utjecati na rad elektrane: uključivanje rashladnih tornjeva tijekom visoke razine rijeka, zbog rizika od nanosa nečistoća (grane, plastika i sl.);
- elektrana ima postupke za zajedničko djelovanje s drugim energetskim objektima na Savi – Ugovor o mjerama i obvezama za osiguranje nepromijenjenog, sigurnog i neprekinutog rada NEK-a tijekom rada HE na donjoj Savi s dodatnim sadržajima provedbe monitoringa na rijeci Savi;

- na lokaciji se mjere meteorološki parametri na automatskoj postaji s meteorološkim tornjem visine 70 m i koriste sodari za mjerenje nadmorske visine u atmosferi. O mjerenjima se izvještava na godišnjoj razini.

5.6.2 Zaustavljanje pogona

Kod zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) više neće biti mogućih utjecaja klimatskih promjena na proizvodnju. Utjecaj klimatskih promjena sa stajališta sigurnosti elektrane bit će manji u trenutku zaustavljanja pogona nego što je bio tijekom rada. Što se tiče sigurnosti, i dalje će biti potrebno osigurati vodu za hlađenje istrošenog goriva, kao što je opisano u drugim poglavljima (vidi poglavlje 5.3.1.2.).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj sa stajališta klimatskih promjena na zahvat tijekom zaustavljanja rada pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.7 UTJECAJI NA ONEČIŠĆENJE BUKOM

5.7.1 Pogon

Produljenje pogonskog vijeka elektrane ne predviđa nove izvore buke na području NEK-a. Također se ne mijenja ni kapacitet proizvodnje NEK-a, koji će i tijekom produljenog pogonskog vijeka raditi 24 sata dnevno, svaki dan u godini. Buka u tom području mogla bi se eventualno povećati zbog većeg broja radnih dana rashladnih tornjeva vezano uz klimatske promjene, što je objašnjeno u nastavku.

Na buku u okolišu uglavnom utječu vanjski izvori buke:
- rashladni tornjevi;
- transport i dostava;
- zvučni signali (uglavnom prema sustavu za internu komunikaciju – „page"),
- rad transformatora;
- rad turboagregata u zgradi turbine.

Glavni izvori vanjske buke prikazani su na donjoj slici (Slika 88).

Izvori buke NEK-a nisu konstantni i rade prema potrebi, više ili manje intenzivno.

S obzirom na to da se proizvodni kapaciteti ne mijenjaju, onečišćenje okoliša bukom zbog ovih izvora buke ostat će unutar postojećeg stanja. U sklopu klimatskih promjena mogla bi porasti temperatura zraka i smanjiti se protok rijeke Save, zbog čega je moguće povećanje radnih sati rashladnih tornjeva, ali s obzirom na trendove klimatskih pokazatelja, procjenjujemo da se broj radnih sati rashladnih tornjeva neće bitno mijenjati. Prosječan broj dana rada rashladnih tornjeva punom snagom u posljednjih deset godina kreće se od 5 do 179, a pri punoj snazi od 0 do 104 godišnje. Posljedično, to znači da će emisije buke biti unutar postojećeg stanja. U nastavku je objašnjen doprinos rashladnih tornjeva onečišćenju područja bukom.

Kao što je vidljivo iz mjerenja buke u okolišu koja NEK provodi u razdoblju od pet godina, posljednji put su obavljena 2015. godine (Izvještaj br. LFIZ – 201500001 – JJ/M od 11. rujna 2015.) i 2020. (Izvještaj broj LOM – 20200588 – KR/M od 29. prosinca 2020.) te pokazuju da okolina NEK-a nije pretjerano onečišćena bukom. Iz mjerenja dakle proizlazi da buka koja je posljedica pogona NEK-a ne prelazi granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu utvrđene Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije br. 43/18 i 59/19).

Posljednja mjerenja u 2020. godini nisu obuhvatila onečišćenost zbog rada rashladnih tornjeva jer u vrijeme mjerenja nisu bili u pogonu. Mjerenja u 2015. godini pokazuju da rashladni tornjevi pridonose povećanju vrijednosti pokazatelja buke, ali su i dalje znatno ispod graničnih vrijednosti.

U nastavku su prikazane tablice s rezultatima mjerenja iz 2015. i 2020. godine (Tablica 124, Tablica 125)

Tako mjerenja u 2015. godini pokazuju da na mjernoj točki 2, koja je najbliža rashladnim tornjevima, pridonose s oko 12 dB(A) (izmjerena vrijednost 50 dB(A)) danju i navečer i 14 dB(A) (izmjerena vrijednost 50 dB(A)) noću. Izmjerene vrijednosti pokazatelja buke i dalje su daleko ispod graničnih vrijednosti za IV. stupanj zaštite od buke gdje se nalazi mjerno mjesto i iznose 73 dB(A) Ldan, 68 dB(A) Lvečer i 63 dB(A) Lnoć.

Na temelju mjerenja navedenih u izvještaju br. LFIZ – 201500001 – JJ/M od 11. rujna 2015. godine procijenjeno je da, unatoč njihovu doprinosu zajedničkoj buci, razmatrani izvor ni na jednom mjestu ne premašuje granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu koje su propisane Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije, br. 43/18 i 59/19).



Slika 88: Glavni izvori buke na području NEK-a. Plavom je označeno područje NEK-a[32], žutom područja pojačanog transporta, narančastom zgrada turbine u kojoj se nalaze transformatori i turboagregati, crvenom dizelski generatori, zelenom rashladni tornjevi (izvor: /52/)

[32] Područje NEK-a na slici razlikuje se od područja zahvata koje razmatra PVO. Područje na sjeveru nije predmet zahvata.

Tablica 124: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2015. godini (izvor: ZVD /51/)

Mjesto mjerenja	Ldan (dBA)	Lvečer (dbA)	Lnoć (dBA)	Ldvn (dBA)
Mjesto mjerenja 1 Jugoistočna strana (Mrtvice) na udaljenosti od oko 650 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,931138° N Zemljopisna duž.: 15,520523° E	39	39	47	53
Mjesto mjerenja 2 Južna granica parcele na udaljenosti od oko 270 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,934950° N Zemljopisna duž.: 15,514570° E	50	50	50	56
Mjesto mjerenja 3 Jugozapadna granica parcele (Žadovinek) na udaljenosti od oko 1200 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,934579° N Zemljopisna duž.: 15,501619° E	35	35	42	48
Mjesto mjerenja 4 Sjeveroistočna strana prema naselju Spodnji Stari Grad na udaljenosti od oko 810 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,941869° N Zemljopisna duž.: 15,524462° E	31	31	43	48
Mjesto mjerenja 5 Na raskrižju ispred poslovne zgrade GEN-a na udaljenosti od oko 1000 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,943940° N Zemljopisna duž.: 15,508563° E	39	39	35	43
Mjesto mjerenja 6 Zapadna granica parcele na udaljenosti od oko 600 m od NEK-a. Zemljopisna šir.: 45,940197° N Zemljopisna duž.: 15,507249° E	36	36	37	44

Tablica 125: Podaci o mjernim mjestima u sklopu pogonskog monitoringa buke u 2020. godini (izvor: ZVD /52/

Mjesto mjerenja	Ldan (dBA)	Lvečer (dbA)	Lnoć (dBA)	Ldvn (dBA)
Mjesto mjerenja 1 Jugoistočni dio (Mrtvice) na udaljenosti od oko 580 m od NEK-a. GKY: 540583 GKX: 87559	40,7	40,7	33,5	42,9
Mjesto mjerenja 2 Južna granica parcele na udaljenosti od oko 270 m od NEK-a. GKY: 540236 GKX: 87803	38,1	38,1	35,7	42,8
Mjesto mjerenja 3 Zapadni dio (Žadovinek) na udaljenosti od oko 1350 m od NEK-a. GKY: 538797 GKX: 88409	40,5	40,5	39,1	45,9
Mjesto mjerenja 4	39,6	39,6	36,4	43,8

Mjesto mjerenja	Ldan (dBA)	Lvečer (dbA)	Lnoć (dBA)	Ldvn (dBA)
Sjeveroistočna strana prema naselju Spodnji Stari Grad na udaljenosti od oko 440 m od NEK-a. GKY: 541023 GKX: 88749				
Mjesto mjerenja 5 Sjeverni dio, ispred najbliže poslovne zgrade Sarmati Adem d.o.o. na udaljenosti od oko 130 m od NEK-a. GKY: 540133 GKX: 88941	47,5	47,5	40,9	50
Mjesto mjerenja 6 Zapadni dio, prema objektima na adresi Vrbina 16 na udaljenosti od oko 450 m od NEK-a. GKY: 539709 GKX: 88551	39,9	39,9	36,8	44,1

Kako proizlazi iz poglavlja (4.4.12.) i zadnjim mjerenjima (izvještaju br. LOM – 20200588 – KR/M od 29. prosinca 2020.), procijenjeni su i pokazatelji buke ispred najizloženijih objekata sa zaštićenim prostorima. Promatrani izvori buke tijekom rada ni na jednom promatranom mjestu (ispred najizloženijih objekata sa zaštićenim prostorima) ne prelaze granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu utvrđene Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije br. 43/18 i 59/19).

Na temelju provedenih mjerenja i analiza razine buke u okolišu (rezultati su opisani u izvještaju br. LOM – 20200588 – KR/M) mišljenja smo da razmatrani izvor buke tijekom rada ni na jednom promatranom mjestu (ispred najizloženijih objekata sa zaštićenim prostorima) ne prelazi granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu utvrđene Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije br. 43/18 i 59/19).

Utjecaj klimatskih promjena na rad rashladnih tornjeva
Kao što je spomenuto u uvodu ovog poglavlja, može se očekivati da će se zbog utjecaja klimatskih promjena u budućnosti povećati obujam rada rashladnih tornjeva. Mjerenja u 2015. godini /51/ obuhvatila su i rad rashladnih tornjeva te su izmjerene **ekvivalentne** razine buke tijekom dana, večeri i noći na 6 mjernih mjesta.

Tijekom dana najveća ekvivalentna vrijednost pokazatelja buke L_{dan} detektirana je na mjernom mjestu 2 koje se nalazi 270 m od J granice parcele NEK-a. Prosječna ekvivalentna vrijednost triju mjerenja iznosila je 49,6 dB(A), što je znatno niže od graničnih vrijednosti pokazatelja buke L_{dan} za III. i IV. zonu zaštite od buke koje iznose 58, odnosno 73 dB(A).

Tijekom večeri najveća ekvivalentna vrijednost pokazatelja buke $L_{večer}$ detektirana je na mjernom mjestu 2 koje se nalazi 270 m od J granice parcele NEK-a. Prosječna ekvivalentna vrijednost triju mjerenja također je iznosila 49,6 dB(A) i niža je od graničnih vrijednosti pokazatelja buke $L_{večer}$ za III. i IV. zonu zaštite od buke koje iznose 53, odnosno 68 dB(A).

Tijekom noći najveća ekvivalentna vrijednost pokazatelja buke $L_{noć}$ detektirana je na mjernom mjestu 2 koje se nalazi 270 m od J granice parcele NEK-a. Prosječna ekvivalentna vrijednost triju mjerenja iznosila je 50,2 dB(A), što je više od granične vrijednosti pokazatelja buke $L_{noć}$ za III. zonu zaštite od buke koja iznosi 48 dB(A), a niža od granične vrijednosti pokazatelja buke $L_{noć}$ za IV. zonu zaštite od buke koja iznosi 53 dB(A).

Na svim ostalim mjernim mjestima vrijednosti pokazatelja buke bile su niže, što je normalno jer su i mjerne točke udaljenije. Mjerno mjesto 2 nalazi se u području IV. stupnja zaštite od buke. Lokacije mjernih mjesta evidentne su iz prethodne tablice (Tablica 125).

Najbliža građevina sa zaštićenim prostorima (Spodnji Stari Grad 2) udaljena je više od 920 m od lokacije rashladnih tornjeva. U smjeru prema ovom objektu nalazi se mjerno mjesto 4, na udaljenosti od oko 700 m od rashladnih tornjeva, odnosno više od 220 m bliže od najbliže zgrade sa zaštićenim prostorima.

Ekvivalentne vrijednosti pokazatelja buke na mjernoj točki 4 iznosile su; L_{dan} 31,2 dB(A), $L_{večer}$ 31,2 dB(A) i $L_{noć}$ 42,7 dB(A). Sve izmjerene vrijednosti bitno su niže od graničnih vrijednosti pokazatelja buke, koje su za L_{dan} 58 dB(A), $L_{večer}$ 53 dB(A) i $L_{noć}$ 48 dB(A). Navedeno znači da je buka koju stvara NEK svojim pogonom kod najbliže zgrade sa zaštićenim prostorima neprimjetna zbog pozadinske buke (utjecaj prometa).

S obzirom na navedeno, zaključujemo da čak i kada bi se ostvarili „najcrnji" scenariji klimatskih promjena i kad bi rashladni tornjevi teoretski morali biti u pogonu 365 dana u godini, područje NEK-a i njegova neposredna okolica (područje mjernih mjesta) ne bi bili pretjerano onečišćeni bukom.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša bukom tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

Iz izvještaja o pogonskom monitoringu buke u 2015. i 2020. godini /51/, /52/ (opis u poglavlju 4.4.12.), koje je obuhvatilo područje pogona i okolicu, evidentno je da za pogon NEK-a ni na jednom od navedenih mjernih mjesta u pogonskom monitoringu buke u 2015. i 2020. godini nije utvrđena prekomjerna onečišćenost bukom tijekom dana, večeri i noći.

5.7.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a većina uređaja na području pogona elektrane prestat će s radom. Aktivnosti koje uzrokuju buku bit će znatno smanjene.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša bukom u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.8 UTJECAJI ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA

5.8.1 Pogon

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a ne predviđaju se novi izvori elektromagnetskog zračenja (EMZ), poput novih transformatorskih stanica (TS). Isto tako se ne planira instalacija novih transformatora ili zamjena transformatora onima veće snage u postojećim transformatorskim stanicama. Na temelju navedenog zaključujemo da će razina elektromagnetskog zračenja ostati nepromijenjena u odnosu na zadnja mjerenja EMZ-a iz 2021. godine.

Za cijelo područje NEK-a vrijedi II. stupanj zaštite od zračenja, a za stambena i druga područja osjetljivija na zračenje u blizini NEK-a I. stupanj zaštite od zračenja. Glavni izvor niskofrekventnog EMZ-a na području NEK-a su transformatori i dalekovodi. Nositelj pogona je operater više transformatorskih stanica (opis u poglavljima 2.5.5., 2.10.5.). Iz izvještaja o mjerenjima niskofrekventnih elektromagnetskih polja iz 2020. godine /53/ evidentno je da granične vrijednosti za područje II. stupnja zaštite od zračenja u NEK-u i na granici područja nisu prekoračene (opis u poglavlju 4.4.14.). Sve transformatorske stanice redovito se pregledavaju i održavaju, o čemu se vodi evidencija.
Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša elektromagnetskim zračenjem tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.8.2 Zaustavljanje pogona

U slučaju zaustavljanja pogona predviđeno je da će se i isključiti transformator u transformatorskoj stanici koja je pod kontrolom nositelja pogona.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša elektromagnetskim zračenjem u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.9 UTJECAJI VIBRACIJA

5.9.1 Pogon

Vibracije koje se šire izravno u okoliš u obliku povremenih udara ili stalnih oscilacija mogu biti posljedica cestovnog teretnog prijevoza, željezničkog prometa, rada određenih strojeva ili uređaja ili određenih aktivnosti (npr. miniranje, rušenje, bušenje, pretovar i sl.). Širenje vibracija u okoliš ovisi o mnogim čimbenicima (struktura tla, montaža strojeva i uređaja, stanje na cestama itd.).

Najbliže naseljeno područje kao i svi drugi objekti osjetljivi na vibracije (objekti kulturne baštine, vrtići, škole itd.) udaljeni su približno 500 m od NEK-a. Cestovni promet unutar razmatranog pogona teče na javnim regionalnim i državnim cestama, dok se lokalne ceste, unutar gusto naseljenih područja, ne koriste za opskrbu sirovinama i pomoćnim materijalima niti za odvoz proizvoda. Opseg cestovnog prijevoza tereta i robe za potrebe poslovanja NEK-a dosad je bio zanemariv i predviđa se da će ostati u jednakom opsegu te da će teći na javnim regionalnim cestama izvan gusto naseljenih područja. Proizvodni proces u pogonu NEK-a ne uključuje strojeve, uređaje ili aktivnosti koji bi bili snažan izvor vibracija u okolišu.

U Republici Sloveniji ne postoje propisi koji bi izravno rješavali vibracije tijekom pogona objekata u smislu utjecaja na okoliš.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša vibracijama tijekom pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.9.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a prestat će s radom većina uređaja koji bi mogli biti uzrok vibracija u okolišu. Time će se znatno smanjiti aktivnosti koje izazivaju vibracije na području NEK-a.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša vibracijama u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.10 UTJECAJI OTPADA

O količinama i vrstama otpada detaljnije se govori u poglavljima 2.19.4., 4.4.9. i 4.4.10.

5.10.1 Pogon

Radioaktivni otpad
Zbog produljenja pogonskog vijeka, vrste i godišnje količine otpada (uključujući radioaktivni) u NEK-u neće se bitno mijenjati u odnosu na postojeće stanje. Dinamika stvaranja otpada ostaje **nepromijenjena** i bit će unutar odredbi USAR /3/ i RETS /7/.

Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 547 m^3 ili 884 tone nisko- i srednjoradioaktivnog otpada (NSRAO).

Podaci o stvaranju RAO-a tijekom produljenja pogona, podaci o radu sustava za obradu plinovitog otpada, sustava za obradu tekućeg radioaktivnog otpada i sustava za obradu krutog RAO-a, koji će tijekom razdoblja POD-a raditi na isti način kao i do sada, te podaci o obradi, pakiranju, skladištenju i pripremi za zbrinjavanje, na koje uvođenje POD-a ne utječe, navedeni su u poglavlju 4.4.10. Na isti način zbrinjavat će se i NSRAO.

Istrošeno gorivo
Utjecaj na okoliš zbog IG-a koji nastaje tijekom produljenja pogonskog vijeka NEK-a (POD) javljat će se u istoj mjeri i na isti način kao što se javlja trenutačno ili u zadnjim godinama pogona prije POD-a.

Stavljanjem u funkciju suhog skladišta za istrošeno gorivo promijenit će se tehnologija skladištenja IG-a iz mokrog u suhi način. Uvođenje tehnologije suhog skladištenja istrošenog goriva znači sigurniji način njegova skladištenja pod istim okolišnim uvjetima i uvjetima zaštite od izvora ionizirajućeg zračenja kao što je navedeno u postojećoj radnoj dozvoli. Za suho skladište IG-a procijenjen je utjecaj na okoliš te je ishođena građevinska dozvola (broj građevinske dozvole 35105-25/2020/57 od 23. prosinca 2020.).

IG se sada privremeno skladišti u bazenu u zgradi za gorivo. Budući da je gorivo pod vodom, radi se o mokrom skladištenju u kojem se neprestano mora osigurati hlađenje vode. Suhim skladištenjem uvodi se novi, tehnološki sigurniji način skladištenja IG-a, čime se postupno smanjuje broj istrošenih gorivnih elemenata u bazenu, što znatno povećava razinu nuklearne sigurnosti.

Planiranom izgradnjom objekta suhog skladišta osigurava se sigurniji i potpuno pasivan način skladištenja istrošenog goriva. U zgradi će biti osigurano skladištenje 2600 gorivnih elemenata.

Krajem 2020. godine u NEK-u su bila ukupno 1444 gorivna elemenata:
- 1323 u bazenu za istrošeno gorivo (SFP) u zgradi za rukovanje gorivom (FHB), također uzimajući u obzir dva posebna spremnika s gorivnim šipkama i fisijskom ćelijom iz 2017. godine te
- 121 u reaktorskoj posudi (jezgra) u zgradi reaktora.

Ako bi NEK bio u pogonu do kraja 2023. godine, u njemu bi bila ukupno 1553 gorivna elemenata, a u slučaju pogona do kraja 2043. bilo bi ih ukupno 2.281 (procjena). Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu očekuje se da će u NEK-u biti dodatnih 728 gorivnih elemenata.

Podaci o generiranju IG-a i postupcima upravljanja njime, koji će tijekom POD razdoblja djelovati na isti način kao i prije ovog razdoblja, navedeni su u poglavlju 4.4.11. Na isti način provodit će se i zbrinjavanje IG-a.

Gospodarenje ostalim otpadom
Postojeće vrste otpada (2020. godina) sastoje se od oko 36 vrsta otpada nastalog u proizvodnji i ostalim popratnim procesima, od kojih je 19 vrsta opasnog otpada (opis u poglavlju 2.19.4.1.). Ukupna količina nastalog otpada u 2019. godini iznosila je oko 2302 tone, od toga oko 2192 tone građevinskog otpada zbog građevinskih radova u 2019. godini. Opasnog otpada bilo je oko 12,3 tone.

Sav otpad, osim radioaktivnog, predaje se na preradu drugoj strani, a nositelj zahvata ga ne obrađuje. Otpad se odvaja prema vrsti već na izvoru, privremeno se skladišti u skladu s postojećim propisima. Za privremeno skladištenje opasnog otpada koristi se zatvoreni prostor. Osiguran je redoviti odvoz otpada. Za opasni otpad vodi se evidencija o količinama koje su u privremenom skladištu.

Tvrtka kontinuirano provodi različite tehničke i organizacijske mjere za smanjenje količine nastalog otpada ili za poboljšanje gospodarenja otpadom, poput poboljšanja odvajanja otpada na izvoru. NEK ima i certifikat ISO 14001:2015.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na nastanak i onečišćenost okoliša otpadom tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju mjere koje NEK već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenja pogona, posebice u gospodarenju radioaktivnim otpadom.

5.10.2 Zaustavljanje pogona

Nakon prestanka rada NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) pri održavanju, pražnjenju sustava tekućina te dekontaminaciji uređaja i objekata proizvodit će se RAO u opsegu i obliku kao i tijekom rada.
Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 547 m^3 ili 884 tone nisko- i srednjoradioaktivnog otpada (NSRAO).

Zbog produljenog pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 728 elemenata istrošenog goriva (IG).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na nastanak i onečišćenost okoliša otpadom u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju mjere koje NEK već provodi kod gospodarenja otpadom.

5.11 UTJECAJI ZRAČENJA – IONIZIRAJUĆI

5.11.1 Pogon

Tijekom pogona NEK-a količina ispuštenih radioaktivnih tvari u okoliš bit će jednaka trenutačno ispuštenoj količini. NEK kontinuirano nadograđuje i unapređuje sigurnosne i procesne sustave, što ujedno znači sve manje opterećenje za okoliš. Procijenjena godišnja efektivna doza za najizloženijeg stanovnika zbog utjecaja NEK-a iznosila je manje od 0,1 µSv (0,071 µSv) u 2020. godini. U usporedbi s godišnjom efektivnom dozom iz prirodne pozadine u Sloveniji, koja iznosi oko 2500 µSv, doprinos NEK-a je zanemariv i također nekoliko stotina puta manji od granične doze od 50 µSv.

Na slikama (Slika 50, Slika 51, Slika 52, Slika 53) u poglavlju 4.4.6.1., koje opisuje postojeće stanje, nalaze se usporedbe godišnjih emisija radioaktivnosti u zrak. Prosjek radioaktivnih emisija u zrak za razdoblje 2010. – 2020. u sljedećoj je tablici (Tablica 126). Slične ili manje vrijednosti emisije radioaktivnosti u zrak očekuju se i nakon 2020. godine.

Tablica 126: Prosječne godišnje vrijednosti emisija radioaktivnosti u zrak u razdoblju 2010. – 2020.

	Prosječna godišnja vrijednost	**% od godišnjeg ograničenja**
Plemeniti plinovi	1,4 E12 Bq	0,16
Jod (ekvivalent I-131)	3,6 E07 Bq	0,19
H-3 u ispuštanjima u zrak	5,2 E12 Bq	n.a.
C-14 u ispuštanjima u zrak	8,1 E10 Bq	n.a.
Aerosoli	3,2 E05 Bq	0,0017

Iz preliminarnih podataka možemo zaključiti da prosječne emisije plemenitih plinova i joda u zrak **ne dosežu** ni jedan posto godišnjeg ograničenja. Tekuća ispuštanja H-3 dosežu **nešto više** od četvrtine godišnjeg ograničenja (0,45 TBq). Za sve ostale radionuklide emisije dosežu najviše nekoliko posto godišnjeg ograničenja. To upućuje na dobru kontrolu i upravljanje emisijama radioaktivnih tvari. I u budućnosti se očekuju slične ili niže emisije radioaktivnosti.

U budućnosti se planira puštanje u pogon skladišta za istrošeno gorivo koje je u izgradnji. Tijekom pogona skladišta povećat će se razina ionizirajućeg zračenja u okolici. Radi se o vanjskom zračenju. U dokumentu „Krsko SFDS site boundary and outside wall dose calculations" /2/ sažeti su rezultati izračuna razina ionizirajućeg zračenja u okolici skladišta. Istrošeni gorivni elementi iz bazena za istrošeno gorivo bit će prebačeni u skladište u četiri kampanje:

- a. Kampanja I, 2023. godine, do 592 gorivna elementa;
- b. Kampanja II, 2028. godine, oko 592 gorivna elementa;
- c. Kampanja III, 2038. godine, oko 444 gorivna elementa i
- d. Kampanja IV, 2048. godine, ostali gorivni elementi.

Izračuni doza izvedeni su pod konzervativnim pretpostavkama:

- Pri modeliranju apsorpcije neutrona u gorivu uzimalo se u obzir *da se radi o svježem, a ne istrošenom gorivu*, što znači da su izračunate brzine doze zbog neutronskog zračenja veće nego što

će biti u stvarnosti. U svježem gorivu nema produkata fisije koji apsorbiraju neutrone. Kao rezultat također je manje n-gama-reakcija i manji doprinos gama-zračenja.
- Izračuni uzimaju u obzir minimalne gustoće materijala od kojih mogu biti izgrađeni zidovi skladišta i kontejnera. Manje gustoće znače lošiju zaštitu, što opet znači da su procijenjene brzine doze veće nego što će u stvarnosti biti.
- U slučaju izvora zračenja smatra se da je gorivo u reaktoru bilo najduže moguće vrijeme s obzirom na obogaćivanje. To znači da su brzine doze neutronskog zračenja i gama-zračenja konzervativne.
- U slučaju nehrđajućeg čelika, sadržaj Co-59 kao nečistoće implicitno iznosi 0,8 g/kg u negorivim dijelovima gorivnih elemenata, što znači veće izračunate brzine doze gama-zračenja uzrokovane Co-60, koje nastaje zbog aktivacije Co-59.
- Pri izračunu doza uzima se u obzir da se osoba zadržava na ogradi NEK-a cijelu godinu, odnosno 8.760 sati, što je krajnje konzervativna pretpostavka.

Rezultati izračuna razina zračenja na ogradi NEK-a zbog pogona suhog skladišta prikazani su u donjoj tablici:

Tablica 127: Rezultati izračuna brzine doza i doza na ogradi NEK-a

Kampanja	Najveća brzina doze (µSv/h)	Godišnja efektivna doza (mSv)	Godišnje ograničenje iz tehničke specifikacije (mSv)
Nakon kampanje 4 (puno skladište)	5,622 E-03	0,0492	0,05
Nakon kampanje 4 (puno skladište), realna procjena	4,525 E-03	0,0396	0,05
Nakon kampanje 2	5,369 E-03	0,0470	0,05
Nakon kampanje 1	4,315 E-03	0,0378	0,05

Rezultati izračuna razina zračenja na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 128: Rezultati izračuna doza na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva

Kampanja	Najveća brzina doze (µSv/h)	Ograničenje iz tehničke specifikacije (µSv/h)
Nakon kampanje 4 (puno skladište)	0,028	3
Nakon kampanje 2	0,022	3
Nakon kampanje 1	0,020	3

Svi izračuni razina zračenja pokazuju da će brzine doze i doze ionizirajućeg zračenja pod realnim pretpostavkama biti unutar vrlo strogih ograničenja koja se zahtijevaju u tehničkoj specifikaciji projekta za izgradnju suhog skladišta i niže su od dopuštenih.

Isto tako efektivna doza vanjskog zračenja na ogradi NEK-a iz svih doprinosa, uključujući i suho skladište istrošenog goriva, tijekom pogona neće prelaziti propisano ograničenje zračenja koje iznosi 200 µSv za vanjsko zračenje /7/.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša ionizirajućim zračenjem tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju one koje NEK već provodi za zaštitu od ionizirajućeg zračenja te mjere koje će se provoditi zbog suhog skladištenja IG-a.

5.11.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će biti sigurno pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo (IG).

Ionizirajuće zračenje zbog suhog skladišta bit će prisutno na ogradi NEK-a, kao što je prikazano u tablici (Tablica 127), dok će se tekuće i zračne emisije znatno smanjiti ili će biti eliminirane.
Pritom će se morati poduzeti sve zaštitne mjere kako bi se spriječilo istjecanje ionizirajućeg zračenja u okoliš.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša zračenjem u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju one koje NEK već provodi za zaštitu od zračenja te mjere koje će se provoditi i tijekom zaustavljanja pogona.

5.12 UTJECAJ SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA

5.12.1 Pogon

Vanjska rasvjeta NEK-a sastavni je dio tehničkih sustava za osiguravanje fizičke zaštite objekta te stoga NEK nije obvezan postupati u skladu s Uredbom o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13), nego prema Pravilniku o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1).

Ipak, NEK neprestano nastoji slijediti zahtjeve za smanjenje svjetlosnog onečišćenja, kako slijedi:
- koristi prikladne svjetiljke s ravnim staklom, instalirane paralelno s horizontalom;
- svjetiljke nisu okrenute prema gore u većoj mjeri kako je predviđeno projektom za postizanje odgovarajuće razine osvjetljenja;
- tijekom održavanja i zamjene rasvjetnih tijela rabe se moderna i energetski učinkovita rješenja – LED i sl.

Produljenjem pogonskog vijeka **ne planira se** ugradnja dodatnih svjetiljki na području NEK-a, pa će osvjetljenje prostora i emisija svjetlosti u okolinu biti **isti** kao u postojećem stanju.

Utjecaj zahvata na svjetlosno onečišćenje okoliša tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj, jer se broj i ukupna električna snaga svih svjetiljki neće promijeniti zbog produljenja pogonskog vijeka NEK-a.

Cjelokupni utjecaj na svjetlosno onečišćenje tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj. Pritom uzimamo u obzir da se lokacija nalazi u području namijenjenom energetskoj djelatnosti, da je u okolici prisutna rasvjeta proizvodnih objekata drugih operatera i cestovna rasvjeta, kao i da su zaštićena prirodna područja izvan područja utjecaja vanjske rasvjete pogona NEK-a.

5.12.2 Zaustavljanje pogona

Izvori svjetlosti kod zaustavljanja pogona bit će isti kao u sadašnjem stanju jer će područje NEK-a biti i dalje kontrolirano područje.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na onečišćenost okoliša emisijama svjetlosti u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.13 UTJECAJ NA KRAJOLIK

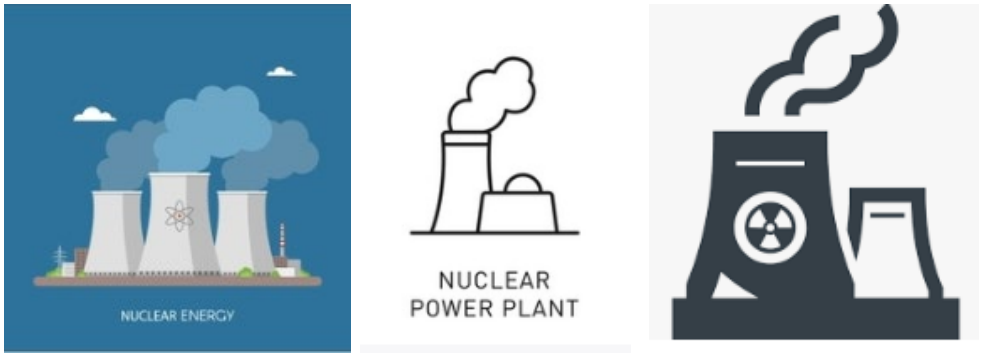
5.13.1 Pogon

Nuklearna elektrana Krško na Krško-brežičkom polju od svoje izgradnje početkom 80-ih godina 20. stoljeća bila je prostorna dominanta na temelju koje se stanovnici i posjetitelji orijentiraju u prostoru. Kompleks NEK-a je s tri strane okružen intenzivnim voćnjacima, a pogled na kompleks je potpuno otvoren samo s južne strane, s desne obale Save.



Slika 89: Pogled na NEK iz Libne (izvor: /193/)

Silueta NEK-a nije tipična za većinu nuklearnih elektrana, čija je slika usađena u svijesti ljudi diljem svijeta i odražava se u popularnoj kulturi, jer nema visoke i masivne rashladne tornjeve.



Slika 90: Primjeri logotipa za nuklearnu elektranu /113/, /114/, /115/



Slika 91: Pogled na NEK s jugoistoka (izvor: /193/)

Središnji i najviši dio elektrane je nuklearni otok. U njegovu središtu nalazi se zgrada reaktora – valjak s kupolastim krovom, koja je s visinom od 62,5 m daleko najviša građevina u cijelom kompleksu NEK-a, a vidljiva je i iz šire okolice. Oko nje su zgrada reaktora, međuzgrada i komandna zgrada. Na sjevernom dijelu nuklearnog otoka nalazi se druga najviša zgrada u kompleksu – zgrada turbine visoka 37,6 m. Istočno od zgrade reaktora je zgrada za upravljanje gorivom, koja je s visinom od 34 m treća po visini u elektrani. Ostali objekti na nuklearnom otoku visoki su 25 m ili manje.

Od nuklearnog otoka visina zgrada se smanjuje prema ogradi kompleksa. Suho skladište IG-a je (ili će biti) visoko 20,5 m, sve ostale zgrade su niže.

Rashladni tornjevi u NEK-u smješteni su u tri duguljaste zgrade i dugi su oko 16,8 m. Za usporedbu, visina rashladnih tornjeva u postojećim nuklearnim elektranama diljem svijeta može doseći i 180 m. Tornjevi u NEK-u koriste se za hlađenje pri niskim ili previsokim vodostajima rijeke Save i većinu vremena nisu u pogonu. Zbog toga elektrana ne skreće pozornost na sebe svojim uvijek prisutnim stupovima pare pri pogledu iz šire okolice.



Slika 92: Pogled na NEK s rashladnim tornjevima u pogonu (izvor:/116/)

Fizička svojstva igraju važnu ulogu u percepciji vidljivosti objekata u krajoliku ili njihova vizualnog utjecaja: veličina, oblik, boja, transparentnost objekata te udaljenost promatranja, odnosno udaljenost

između objekta i promatrača te kontrast objekta i pozadine. Prekrivanje zbog fizičkih prepreka također je važan čimbenik (reljefni oblici, visoko raslinje i građevine). Na vidljivost u danom trenutku snažno utječu i atmosferski uvjeti kao što su magla, oborine, naoblaka, sparina, svjetlost, smjer osvjetljenja. Također je vrijedno navesti psihološki i sociološki aspekt percipiranja promatranog objekta kao procesa primanja, organiziranja i interpretacije informacija. Vidljivi utjecaj uvjetovan je i intenzitetom promatranja, koji ovisi o učestalosti promatranja i broju promatrača.

Na vidljivost objekata u NEK-u utječe lokacija i udaljenost promatrača te prisutnost međubarijera. Na otvorenom prostoru promatrač vidi objekte u cijelosti ili dijelove objekata koji se protežu iznad linije vegetacije i projiciraju se na nebo ili reljefnu pozadinu. U području s obližnjim raslinjem ili objektima promatraču je pogled na objekte NEK-a barem djelomično zaklonjen međubarijerama. To se odnosi i na promatranje s ravnice, kao i s okolnih padina.

S većine lokacija za promatranje elektrana nije potpuno vidljiva, uočljiva je prije svega zgrada reaktora koja se ističe svojom visinom. Nuklearna elektrana vidljiva je s padine Libne, s regionalne ceste Krško – Brežice, s glavne željezničke pruge, s rubnog dijela Spodnje Libne i s ruba Spodnjega Staroga Grada, rubnog dijela Žadovineka, padine Krškog na desnoj obali, rubnog dijela Drnova, padine Leskovac, rubnog dijela Kerinova Grma i rubnog dijela Gorice. NEK je vidljiv s okolnih nizinskih poljoprivrednih površina i cesta na lijevoj i desnoj obali Save te s autoceste Krško – Brežice. Zbog položaja, udaljenosti ili međuslojeva vegetacije elektrana nije vidljiva ni uočljiva iz drugih naselja i područja.



Slika 93: Pogled na NEK s ceste Krško (izvor:|116|*)*



Slika 94: Pogled na NEK s autoceste Krško – Brežice (izvor: /112/)

Osim samih objekata NEK-a, u prostoru su vidljivi i visokonaponski dalekovodi koji su uključeni u trafostanicu Krško na sjeverozapadnom uglu kompleksa:

- DV 2 x 400 kV Beričevo – Krško, DV 400 kV Mihovci – Krško, DV 400 kV Zagreb – Krško,
- DV 110 kV Krško – Brežice, DV 110 kV Brestanica Krško i DV 110 kV Krško – Hudo.



Slika 95: Pogled na NEK i priključne dalekovode sa sjevera (izvor: /112/)

Današnja slika elektrane osjetno se razlikuje od izvorne. Prije obnove zgrade nuklearnog otoka bile su većinom u boji sirovog betona, dio cjevovoda i zaštitnih ograda bio je obojen žutom bojom. U kompleksu se nalazio velik broj baraka (pomoćnih, uslužnih objekata). Fasade objekata bile su blijedožute ili svijetlosive, neka vrata su bila svijetlozelena. Krovovi nadstrešnica bili su smeđi ili sivozeleni. Stupovi vanjske zaštitne ograde bili su obojeni žutom bojom.



Slika 96: Izvorni izgled elektrane prije obnove (izvor: /117/)

Krajem 1990-ih Nuklearna elektrana Krško naručila je izradu cjelovite arhitektonske vizure čiji je cilj bio povezati objekte koji se razlikuju po značenju, sadržaju, veličini, položaju, arhitektonskim stilovima, vremenu izgradnje, površinskoj obradi fasade i stanju u kojem su se nalazili u vrijeme planirane obnove. Set od 16 pastelnih nijansi boja iz NEK-ova Priručnika vizualnog arhitektonskog identiteta NEK-a (IBE, 1999.) sadržava nijanse plave, sive, zelene i smeđe boje, a koristi se i danas u oblikovanju eksterijera zgrada unutar kompleksa.

Tijekom produljenja pogona 2023. – 2043. krajobraz se neće promijeniti. U trenutku prelaska u razdoblje produljenog pogona NEK-a suho skladište za istrošeno gorivo bit će u funkciji, a ne planira se izgradnja dodatnih objekata. Zbog klimatskih promjena i posljedične češće pojave niskih i visokih protoka Save može se očekivati češći rad rashladnih tornjeva, što će utjecati na nešto veću učestalost ispuštanja pare pa će biti uočljivo s većih udaljenosti. Povremena pojava pare neće bitno utjecati na vidljivost NEK-a u okolici. Izgradnjom odlagališta NSRAO-a istočno od NEK-a i sadnjom šumskog pojasa uz odlagalište malo će se smanjiti vidljivost elektrane s istoka i jugoistoka.

Nuklearna elektrana Krško već je nekoliko desetljeća konstanta u postojećem prostoru. Sveobuhvatna obnova prije dva desetljeća unificiranim izgledom omogućila je i bolje uklapanje elektrane u krajolik. Proširenje elektrane ne predviđa promjenu njezina izgleda, osim malo češćih ispuštanja pare.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.13.2 Zaustavljanje pogona

Zaustavljanje pogona (vidi poglavlje 2.18.) ne obuhvaća uklanjanje objekata i mogućnost ponovne uspostave nekadašnje postojeće namjene, što će se provesti u sklopu razgradnje i bit će predmet posebnog regulatornog postupka. Uz iznimku pare iz rashladnih tornjeva, koje nakon zaustavljanja pogona više neće biti, utjecaj zaustavljanja pogona na krajolik bit će isti kao i tijekom rada.



Slika 97: Pogled na NEK s juga, s poljoprivrednih površina na desnoj obali Save (izvor: /112/)



Slika 98: Pogled iz Libne na područje NEK-a i odlagalište NSRAO-a, fotomontaža (izvor: /193/)

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na krajobraz u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4) –** neznatan utjecaj.

5.14 UTJECAJI NA PRIRODU

5.14.1 Pogon

5.14.1.1 Vegetacija i tipovi staništa

Zbog sigurnosnih zahtjeva tijekom rada bit će potrebno održavanje drveća i grmlja u tampon-zoni NEK-a (sprečavanje obrastanja). Utjecaj će biti izravan, srednjoročan i lokalan, ali će predstavljati samo očuvanje postojećeg stanja. Kako će NEK raditi s postojećom infrastrukturom, neće biti drugih izravnih utjecaja na vegetaciju i tipove staništa na kopnu. Tijekom rada NEK ne emitira ionizirajuće zračenje u okoliš koje bi moglo znatno utjecati na floru i faunu u okolici NEK-a. Sigurnosni sustavi sprječavaju nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Ti su sustavi dizajnirani za pružanje sigurnosnih funkcija u svim radnim uvjetima, čak i u slučaju kvara određene opreme. Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš sprječavaju 4 uzastopne sigurnosne barijere. Osnovni cilj prvih triju barijera je spriječiti prolazak radioaktivnih tvari do sljedeće barijere, a četvrta sprječava izravno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš NEK-a. Godišnja doza na ogradi NEK-a zbog produljenja pogonskog vijeka neće premašiti ograničenje od 200 µSv, stoga je utjecaj ocijenjen kao neznatan.

Trajni utjecaj na vegetaciju i stanišne tipove u blizini NEK-a mogao bi nastati u slučaju veće nesreće s ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. U NEK-u su provedene brojne sigurnosne nadogradnje, zbog čega je mogućnost oštećenja jezgre, koja bi izazvala ispuštanje radioaktivnih tvari, vrlo mala. NEK je projektiran tako da može izdržati tzv. projektne nesreće i upravljati njima svojim sigurnosnim sustavima. Opremu DEC-A NEK može koristiti za sprječavanje taljenja jezgre reaktora. Oprema DEC-B je, međutim, osigurana za rješavanje događaja tijekom kojih bi moglo doći do vrlo malo vjerojatnog taljenja jezgre, a usmjerena je na zaštitu stražnje barijere od ispuštanja, tj. integriteta zaštitne zgrade. Pasivni filtarski sustav služi za rasterećenje tlaka zaštitne zgrade, a tvari štetne za okoliš ostaju zarobljene u filtrima. Stoga je malo vjerojatno izravno ispuštanje u okoliš.

Utjecaj zahvata na vegetaciju i tipove staništa tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

Cjelokupni utjecaj na vegetaciju i tipove staništa tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.14.1.2 Životinje

Utjecaji na faunu neće se promijeniti u odnosu na trenutačnu situaciju, ali će se njihovo trajanje produžiti.

Tijekom rada NEK ne emitira ionizirajuće zračenje u okoliš koje bi moglo znatno utjecati na floru i faunu u okolici NEK-a (vidi poglavlje 5.11.). Sigurnosni sustavi sprječavaju nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Ti su sustavi dizajnirani za pružanje sigurnosnih funkcija u svim radnim uvjetima, čak i u slučaju kvara određene opreme. Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš sprječavaju 4 uzastopne sigurnosne barijere. Osnovni cilj prvih triju barijera je spriječiti prolazak radioaktivnih tvari do sljedeće barijere, a četvrta sprječava izravno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš NEK-a. Godišnja doza na ogradi NEK-a zbog produljenja pogonskog vijeka neće premašiti ograničenje od 200 µSv, stoga je utjecaj ocijenjen kao neznatan.

Za potrebe osiguranja fizičke zaštite NEK je potpuno osvijetljen izvana. Vanjska rasvjeta NEK-a sastavni je dio tehničkih sustava za osiguravanje fizičke zaštite objekta te stoga NEK nije obvezan postupati u skladu s Uredbom o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13), nego prema Pravilniku o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1). Svjetlosno onečišćenje uglavnom utječe na kukce aktivne po noći, kao npr. jelenak, (*Lucanus cervus*) koje privlače umjetni izvori svjetlosti i zbog toga se zadržavaju na svjetlu preko noći umjesto hranjenja ili traženja partnera. Produljenjem pogona rasvjeta NEK-a neće se mijenjati. Prema popisu kornjaša (CKFF, 2008. /136/), najveća je gustoća populacije jelenka na lijevoj

obali Save, na šumskom području koje je od kompleksa NEK-a udaljeno oko 2,5 km. Utjecaj će biti neznatan.

NEK koristi vodu iz Save, za što ima izdanu vodopravnu dozvolu /50/. Iskorištenu vodu NEK vraća natrag u Savu, zbog čega ne utječe na njezin hidrološki režim. Potencijalni utjecaj NEK-a na rijeku Savu je ispuštanje tvari i topline. Takav utjecaj je dugoročan (tijekom cijelog pogonskog vijeka) i na daljinu. U nastavku razmatramo utjecaje različitih ispusta NEK-a na rijeku Savu i organizme u njoj.

NEK tijekom rada periodično kontrolirano ispušta tekućine iz ispusnih spremnika u okoliš. Niskoaktivne tekućine ispuštaju se u rijeku Savu kroz bitni dovodni vodni kanal koji se nalazi ispred brane elektrane. Kroz kanal se ispuštaju radioaktivne tekućine iz mjerača otpada spremnika i sustava za ispiranje parogeneratora. Tekući radioaktivni otpad čisti se u NEK-u uređajem za pročišćavanje koji se sastoji od spremnika, pumpi, filtara, isparivača i dva demineralizatora. Voda iz slivnika parogeneratora čisti se zasebno. Tricij (H-3) je redovito prisutan u tekućim ispuštanjima NEK-a. Tricij je izotop koji emitira neprobojno beta-zračenje, ali je tek neznatno radiotoksičan (granična vrijednost tricija u vodi za piće je 100 Bq/l). U 2020. godini prosječna mjesečna koncentracija aktivnosti H-3 u Krškom prije NEK-a (prirodna pozadina) bila je nešto ispod 0,6 kBq/m^3, a dugoročni prosjek (od 2002. godine) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Brežicama je 4,0 kBq/m^3. Višemjesečni prosjek (od srpnja 2017.) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 na postaji za uzorkovanje prije brane HE Brežice iznosi 2,9 kBq/m^3. Koncentracije aktivnosti tricija u Jesenicama u Dolenjskoj bile su obično niže zbog dodatnog razrjeđivanja Save Krkom i Sutlom. Dugogodišnji prosjek mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Jesenicama u Dolenjskoj iznosi 2,4 kBq/m^3, a 2020. bio je ispod 1 kBq/m^3 (IJS, 2021. /87/), što je znatno ispod granične vrijednosti za pitku vodu. Ukupna godišnja ispuštena aktivnost C-14 u Savu 2020. godine iznosila je 0,3 GBq, ali su izmjerene aktivnosti C-14 u rijeci Savi i u ribama bile niže od trenutačnih atmosferskih aktivnosti. U tekućim ispuštanjima iz NEK-a I-131 2020. godine nije otkriven. Prosječne koncentracije I-131 u rijeci Savi u Brežicama slične su onima u toj rijeci u Ljubljani (3,4 Bq/m^3), a prisutnost I-131 u njezinim vodama pripisuje se ispuštanjima iz bolnica u rijeke koje se ulijevaju u nju uzvodno od brane NEK-a (Ljubljanica, Savinja). U 2020. godini I-131 nije otkriven u uzorcima riba (IJS, 2021./87/). Godišnja tekuća ispuštanja Cs-137 iz NEK-a u rijeku Savu u 2020. godini iznosila su 0,9 MBq, a doprinos NEK-a ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije (IJS, 2021. /87/). U 2020. godini aktivnost radioaktivnog stroncija (Sr-90) ispuštena u rijeku Savu bila je 0,04 MBq, a doprinos NEK-a ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije (IJS, 2021. /87/). Ostali fisijski i aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-llOm, Cs-134, Sb-125) redovito se pojavljuju u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. Ukupna aktivnost ovih radionuklida u 2020. godini bila je najmanje šest redova veličine niža od tricija, a posljednjih godina niti jedan od navedenih radionuklida nije otkriven u okolišu (IJS, 2021. /87/). Radom Nuklearne elektrane u Krškom koncentracije aktivnosti ispuštenih radionuklida, osim vrlo nisko toksičnog H-3, znatno su ispod granica detekcije u okolišu (IJS, 2021. /87/). Stoga ne očekujemo nikakav utjecaj na faunu u rijeci Savi.

U procesu pripreme vode otpadna voda nastaje tijekom ispiranja filtra za mehaničko pročišćavanje sirove vode u smjeru suprotnom od toka vode te tijekom pranja membrana i sustava reverzne osmoze. Otpadne vode se prikupljaju u bazenu za otpadne vode (bazen za otpadnu vodu PW) i predstavljaju odvod br. 11, sa završnim ispustom „ispust 7". U slučaju ispiranja sustava korištenjem korozivnih kemikalija voda iz bazena otpadnih voda ispumpa se u bazen za neutralizaciju gdje se kontinuirano mjeri i regulira pH vrijednost prije ispuštanja u Savu. Taj put je povremeni i koristi se samo iznimno, a količina vode je mala pa ne očekujemo znatniji utjecaj na faunu Save u budućnosti.

Prije ispuštanja u rijeku Savu komunalne otpadne vode iz NEK-a pročišćavaju se u malom komunalnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta 700 PE. MKČN ima primarno i sekundarno čišćenje. U 2020. godini na uređaju za pročišćavanje pročišćeno je 10.000 m^3 otpadnih voda, a izmjerene vrijednosti KPK-a i BPK-a na ispustu iz MKČN-a bile su znatno ispod dopuštenih graničnih vrijednosti /237/. Zbog produljenja pogona NEK-a godišnja količina i opterećenje komunalnih otpadnih voda iz NEK-a neće se mijenjati jer se ne planira priključenje novih korisnika. Stoga ne očekujemo znatniji utjecaj na faunu u rijeci Savi.

U 2020. godini NEK nije dodavao biocide ni u jedan sustav. Kvaliteta vode iz rijeke Save znatno je poboljšana nakon prestanka rada celuloznog dijela VIPAP-a, stoga NEK u budućnosti ne planira dodavati biocide u tercijarni rashladni krug pa ne očekujemo utjecaj na faunu u rijeci Savi.

Temperaturno opterećenje može utjecati na faunu u vodotoku neizravno utjecanjem na sadržaj kisika ili izravno zbog utjecaja na organizme, jer pri višim temperaturama životni procesi teku brže i različiti organizmi imaju različit temperaturni optimum aktivnosti. Zbog promjene temperature vode može se promijeniti biocenoza rijeke. U donjim tokovima rijeka utjecaj temperature na zajednice makrobeskralježnjaka nešto je slabiji nego u srednjem i gornjem toku. Na ribe najviše utječu temperaturni maksimumi u ljetnim mjesecima, jer može se pogoršati stanje kisika ili čak pregrijati organizmi na vrlo visokim temperaturama (iznad 30 °C). Te utjecaje ribe donekle mogu izbjeći povlačenjem u hladnije ili bolje prozračene dijelove rijeke.

NEK koristi vodu iz rijeke Save za hlađenje kondenzatora i turbine te sigurnosnih komponenti. Sigurnosne komponente hlade se sustavom za hlađenje komponenti. On je dodatna sigurnosna barijera od eventualnih ispuštanja radioaktivnih tvari, a hladi se sigurnosnim vodoopskrbnim sustavom koji uzima vodu iz Save. Ispust iz ovog sustava nalazi se na lokaciji V1. U 2020. godini prosječni T na ispustu V1 u srpnju bio je 22,16 °C /237/. Utjecaj ovoga ispusta je lokalan i neznatan zbog niskog udjela emisije topline.

Sustav za hlađenje sekundarnog kruga (kondenzatora i turbine) također za hlađenje koristi vodu iz Save, koja se zagrijana vraća na lokaciju V7-7 u ispust V7. Najveći utjecaj toplinskog opterećenja je lokalno na mjestu ispusta V7. Toplija voda koja istječe iz ispusta V7 ostaje dosta blizu površine zbog smanjene gustoće. Prema modelu raspodjele temperature u akumulaciji HE Brežice /44/, radi se o području od nekih 100 m nakon ispusta V7, ali ne cijelom širinom korita, a zatim se voda miješa. Emisijski udio oslobođene topline na ispustu V7 ni u jednom dnevnom prosjeku u 2020. nije premašio graničnu vrijednost utvrđenu Okolišnom dozvolom /237/. NEK redovito provodi mjerenja kako bi se osiguralo ispunjavanje uvjeta iz valjane okolišne dozvole /49/. Okolišna dozvola navodi uvjet da NEK mora osigurati da ni u jednom razdoblju godine zbog sinergističkog djelovanja ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 °C. NEK mora pravovremeno uključiti sustav recirkulacije rashladne vode preko rashladnih tornjeva kako se temperatura rijeke Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da se ispuni ovaj uvjet, NEK mora sukladno tome smanjiti snagu elektrane. Promjena temperature rijeke Save (Δ T) na mjestu potpunog miješanja (hipotetska točka definirana približno na lokaciji starog čeličnog mosta u Brežicama) izračunava se pomoću jednadžbe koja je detaljnije objašnjena u poglavlju 4.4.4.1.

Prema podacima NEK-a, prosječna temperatura Save na mjestu potpunog miješanja (izračunata kao temperatura rijeke Save na ulazu SW/CW ulazu + Δ T) 2020. godine u srpnju i kolovozu iznosila je 22 – 23 °C. Od 2010. do 2020. na mjestu potpunog miješanja prosječna dnevna temperatura Save rijetko je prelazila 27 °C (četiri puta u srpnju 2015., jednom u kolovozu 2017. i četiri puta u kolovozu 2018.), ali nikada nije prelazila 28 °C, što je granica prekomjernog toplinskog onečišćenja ciprinidnih voda prema Uredbi o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15). Podaci o prosječnoj temperaturi rijeke Save u točki potpunog miješanja za godine 2018. – 2020. su u **Prilogu 6** ovog izvještaja. Kako bi se ublažio utjecaj toplinskog onečišćenja, NEK će morati i dalje poštovati odredbe OVD-a. Uzimajući u obzir odredbe OVD-a, ne očekujemo znatniji utjecaj ni pri produljenju pogona NEK-a.

Nakon ispuštanja iz NEK-a 2017. godine došlo je do pjenjenja vode u rijeci Savi. Pojava pjene na rijeci Savi nizvodno od ispusta NEK-a proučavana je u izvještaju /45/ „Zajednički završni izvještaj o ispitivanjima i analizama u akumulacijskim bazenima HE Brežice, HE Krško, HE Arto-Blanca i HE Boštanj te istraživanje uzroka pjenjenja vode, Limnos d.o.o., 10. rujna 2017.". U izvještaju se zaključuje da je organsko onečišćenje Save uzvodno od NEK-a znatno pridonijelo nastanku pjene, o čemu svjedoče visoke vrijednosti BPK5 i KPK-a na mjestima uzorkovanja prije NEK-a. Organsko onečišćenje rezultira povećanom količinom bakterija koje proizvode CO_2 koji uzrokuje pjenjenje vode. Na ispustu V7 u Savu se ispušta voda kojom se hlade kondenzator i turbina, odnosno samo zagrijana voda. U emisijama NEK-

a nema tvari koje bi pridonijele stvaranju pjene, ali nakon ispusta iz NEK-a zbog pada i miješanja vode intenzivnije se otpušta plin – CO_2, koji je topljiviji u hladnoj vodi, a kod prelaska u topliju vodu ispušta se u zrak pa se na površini vode može pojaviti pjena. Stoga se čini da je pjena na Savi prirodni fenomen i posljedica procesa bioproizvodnje mikroorganizama u njezinoj vodi. Uzorkovanje algi u pjenama na ispustu NEK-a pokazalo je prisutnost uglavnom zelenih algi i dijatomeja, a cijanobakterije koje mogu proizvoditi toksine bile su rijetke. Stoga se ne očekuje da će pjene izravno ugrožavati vodene organizme. Neke vrste algi koje mogu uzrokovati cvjetanje vode također su bile prisutne u zahvaćenim uzorcima, ali tijekom ispitivanja alge nisu cvjetale. Nakon punjenja akumulacije HE Brežice, pjenjenje više nije bilo tako očito i u zadnjim godinama nije ga bilo. Prema rezultatima procjene ekološkog stanja Save na području akumulacije HE Brežice, stanje parametra saprobnosti, koje se temelji na zajednici bentoskih beskralježnjaka u 2018. godini, bilo je dobro (internetska stranica HESS, 2019.). Kako je evidentno iz nacionalnog monitoringa ekološkog stanja Save u Jesenicama u Dolenjskoj, u razdoblju 2012. – 2019. ekološko stanje Save ocijenjeno je dobrim. Trofički i saprobni moduli za fitobentos i makrofite i bentoske beskralježnjake čak su ocijenjeni kao „vrlo dobri" (/95/, /96/, /97/, /98/, /99/, /100/, /101/, /102/), pa smatramo da eventualna lokalna pojava pjene nema velik utjecaj na ekosustav rijeke Save. U slučaju da se pjena ponovno pojavi u rijeci Savi, može se analizirati sastav pjene i pratiti njezina razgradnja.

Monitoring rijeke Save /103/, koji se provodi na tri mjesta (u NEK-u na mjestu uzimanja vode za hlađenje, ispred NEK-a na desnoj obali Save i u Brežicama kod cestovnog mosta), pokazuje da se organsko onečišćenje u 2019. godini neznatno smanjilo u odnosu na dugoročni trend. Najveća izmjerena vrijednost KPK-a u 2019. godini bila je u studenom na mjestu uzorkovanja ispred NEK-a na desnoj obali Save, odnosno 10,63 mg/l. Najveća izmjerena vrijednost BPK_5 u 2019. godini bila je u ožujku, također na mjestu uzorkovanja ispred NEK-a na desnoj obali Save, i to 1,60 mg/l. Prema Uredbi o stanju površinskih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 14/09, 98/10, 96/13 i 24/16), granična vrijednost BPK_5 za vrlo dobro ekološko stanje rijeka je 1,6 – 2,4 mg/l. Prema Uredbi o kvaliteti površinskih voda za život slatkovodnih vrsta riba (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/02 i 41/04 – ZVO-1), preporučena vrijednost za salmonidne vode je < 3 mg/l i za ciprinidne vode < 6 mg/l. U Savi nizvodno od NEK-a prevladavaju ciprinidne vrste riba, za koje su izmjereni parametri potpuno primjereni. Prema Pravilniku o određivanju dionica površinskih voda važnih za život slatkovodnih vrsta riba (Službeni list Republike Slovenije, br. 28/05 i 8/18), predmetna dionica Save nije definirana kao dio koji bi bio važan za život slatkovodnih vrsta riba. Stoga ne postoji odredba za praćenje kakvoće vode za slatkovodne vrste riba koju, prema članku 8. Uredbe o kvaliteti površinskih voda za život slatkovodnih vrsta riba (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/02 i 41/04 – ZVO-1), mora osigurati Ministarstvo mjerodavno za poslove zaštite okoliša.

Nizvodno od ispusta NEK-a provodi se redoviti državni monitoring ekološkog stanja rijeka na vodnom tijelu Save, granična dionica (SI1VT930), gdje je mjerno mjesto u Jesenicama u Dolenjskoj. Ekološko stanje je 2009. i 2011. godine ocijenjeno kao umjereno (2009. je kao umjeren ocijenjen parametar fitobentos i makrofiti – modul trofičnost, a u 2011. parametar fitobentos i makrofiti – modul saprobnost), u 2010. i razdoblju 2012. – 2019. ekološko stanje ocijenjeno je dobrim. Moduli trofičnost i moduli saprobnosti za fitobentos i makrofite, kao i za bentoske beskralježnjake, čak su ocijenjeni vrlo dobrim u 2016. i 2018. godini (/95/, /96/, /97/, /98/, /99/, /100/, /101/, /102/). Pogon NEK-a stoga nema znatniji utjecaj na ekološko stanje Save.

Trajni utjecaj na faunu u okolici NEK-a bio bi moguć u slučaju veće nesreće s ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. U NEK-u su provedene brojne sigurnosne nadogradnje, zbog čega je mogućnost oštećenja jezgre, koja bi izazvala ispuštanje radioaktivnih tvari, vrlo mala. NEK je projektiran tako da može izdržati tzv. projektne nesreće i upravljati njima svojim sigurnosnim sustavima. Opremu DEC-A NEK može koristiti za sprječavanje taljenja jezgre reaktora. Oprema DEC-B je, međutim, osigurana za rješavanje događaja tijekom kojih bi moglo doći do vrlo malo vjerojatnog taljenja jezgre, a usmjerena je na zaštitu stražnje barijere od ispuštanja, tj. integriteta zaštitne zgrade. Pasivni filtarski sustav služi za rasterećenje tlaka zaštitne zgrade, a tvari štetne za okoliš ostaju zarobljene u filtrima. Stoga je malo vjerojatno izravno ispuštanje u okoliš.

Utjecaj zahvata na faunu tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom

produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

Na donjem dijelu rijeke Save izgrađen je lanac hidroelektrana (Vrhovo, Boštanj, Arto – Blanca, Krško, Brežice), koji se planira završiti s HE Mokrice na području POO-a donja Sava. Potencijalni kumulativni utjecaj na temperaturu rijeke Save zbog toplinskih ispuštanja NEK-a i njezina usporenog toka u akumulacijama HE razmatran je u studiji „Toplinskog onečišćenja Save" (interakcija energetskih objekata uz rijeku Savu i na njoj sa stajališta toplinskog onečišćenja Save – revizija A. IBE 2012), gdje je utvrđeno da je povećana temperatura Save najvjerojatnije posljedica prirodnog porasta temperature riječne vode, a ne izgradnje HE. Ova analiza je napravljena 2012. godine, kada nije izgrađena ni HE Krško, pa je poslije napravljena i termalna analiza rijeke Save u proširenom lancu HE, koja uključuje i natprosječno toplo ljeto 2019. (Energetski objekti uz rijeku Savu i na njoj. Analiza temperatura rijeke na donjoj Savi u srpnju i kolovozu 2019. i verifikacija prethodnih studija – revizija A. IBE, travanj 2020.) /104/. Prema mjerenjima u posljednjoj studiji, između NEK-a i ispusta iz HE Brežice u srpnju 2019. pala je temperatura Save za -0,54 °C. Akumulacija HE Brežice tako rashlađuje vodu koja se slijeva u područje POO donja Sava. Prema posljednjoj studiji IBE-a /104/, porast srednjih mjesečnih temperatura Save na području Čateža u posljednjih 18 godina niži su nego u prethodnom razdoblju, pa zaključuju da lanac HE ne povećava srednje temperature rijeke. Studija također predviđa da će se u protočnoj akumulaciji planirane HE Mokrice prosječna mjesečna temperatura u ljetnim mjesecima povećati za samo oko 0,1 do 0,2 °C, odnosno minimalno u odnosu na postojeće stanje. Stoga se ne očekuje kumulativni ili sinergijski učinak na temperaturu rijeke Save zbog toplinskih ispusta NEK-a i njezina usporenog toka u postojećim akumulacijama HE i planiranoj protočnoj akumulaciji HE Mokrica.

Cjelokupni utjecaj na faunu tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

5.14.1.3 EPO i prirodne vrijednosti

EPO Sava od Radeča do državne granice (ID 63700).
Dio ekološki važnog područja je i dionica Save u Krško-brežičkom polju od Krškog do ušća Sutle. Razmatrani zahvat fizički zadire u područje s branom na rijeci Savi. Nakon izgradnje HE Brežice vodostaj na području NEK-a porastao je za 3 m, tako da više nije potrebna regulacija razine pregradama na brani NEK-a i one su podignute cijelo vrijeme. Brana NEK-a je sada potpuno prohodna za ribu. NEK također ispušta otpadne vode u Savu. Detaljniji opis utjecaja otpadnih voda NEK-a na rijeku Savu i organizme u njoj opisan je gore u poglavlju 5.14.1.2. Fauna. Na temelju državnog monitoringa, stanje ekološkog sustava rijeke Save nizvodno od NEK-a ocijenjeno je dobrim. NEK je u pogonu u skladu s okolišnom dozvolom /49/. Kako bi se ublažio utjecaj toplinskog onečišćenja, NEK će morati i dalje poštovati odredbe OVD-a. Uzimajući u obzir te odredbe, ne očekujemo znatniji utjecaj ni pri produljenju pogona NEK-a.

NV Libna – stablo lipe kod crkve (ID 7860)
Tijekom rada NEK ne emitira ionizirajuće zračenje u okoliš koje bi moglo znatno utjecati na NV Libna – stablo lipe kod crkve. Mjerenja radioaktivnosti u blizini NEK-a pokazuju da je utjecaj neznatan čak i u jabukama u neposrednoj blizini NEK-a. Zbog velike udaljenosti NV Libna – lipa u blizini crkve, utjecaj je još manji.

NV Stari Grad – šljunčara (ID 7861)
NEK se nalazi odmah uz rijeku Savu i za hlađenje koristi vodu iz nje. Tijekom rada kontrolirano ispušta dio radioaktivnih tvari u tu rijeku koja barem djelomično opskrbljuje dio podzemnih vodonosnika Krško-brežičkog polja. Količine umjetnih radionuklida zbog tekućih i zračnih ispuštanja iz NEK-a u podzemne vode zanemarive su u odnosu na doprinos zbog umjetnih radionuklida iz opće kontaminacije i prirodnih radionuklida zbog prirodnog zračenja /87/. Utjecaj na vodu u NV-u Stari Grad – šljunčara stoga je neznatan.

Utjecaj zahvata na prirodne resurse tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.
Utjecaj zahvata na EPO tijekom pogona ocjenjujemo s **(3) –** neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

Cjelokupni utjecaj na prirodne resurse tijekom pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.
Cjelokupni utjecaj na EPO tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

5.14.1.4 Zaštićena područja

Na temelju Uredbe o posebnim zaštićenim područjima (područja Natura 2000) (Službeni list Republike Slovenije, br. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14, 21/16 i 47/18) u pravni poredak Republike Slovenije prenose se Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa te divlje flore i faune (Službeni list L, br. 206 od 22. 7. 1992., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi pojedinih direktiva iz područja okoliša, zbog pristupanja Republike Hrvatske (Službeni list L, br. 158 od 10. lipnja 2013., str. 193) i Direktiva 2009/147/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 30. studenog 2009. o očuvanju divljih ptica (kodificirana verzija) (Službeni list L, br. 20 od 26. 1. 2010., str. 7), posljednji put izmijenjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi pojedinih direktiva iz područja okoliša, zbog pristupanja Republike Hrvatske (Službeni list L, br. 158 od 10. lipnja 2013., str. 193). Za ocjenu prihvatljivosti utjecaja na zaštićena područja izrađen je Dodatak za ocjenu prihvatljivosti utjecaja na zaštićena područja u skladu s Pravilnikom o ocjeni prihvatljivosti utjecaja provedbe planova i zahvata u prirodi na zaštićena područja (Službeni list Republike Slovenije, br. 130/04, 53/06, 38/10, 3/11), koji je dodatak PUO-u. Utjecaji na zaštićena područja sažeti su u nastavku.

POO Vrbina (SI3000234)
Tijekom rada NEK ne emitira ionizirajuće zračenje u okoliš koje bi moglo znatno utjecati na POO Vrbina. Sigurnosni sustavi sprječavaju nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Sigurnosni sustavi dizajnirani su za pružanje sigurnosnih funkcija u svim radnim uvjetima, čak i u slučaju kvara određene opreme. Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš sprječavaju 4 uzastopne sigurnosne barijere. Osnovni cilj prvih triju je spriječiti prolazak radioaktivnih tvari do sljedeće barijere, a četvrta sprječava izravno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš NEK-a. Godišnja doza na ogradi NEK-a zbog produljenja pogonskog vijeka neće premašiti ograničenje od 200 μSv. Stoga se utjecaji ionizirajućeg zračenja na POO-u Vrbina ne očekuju ni nakon produljenja pogona NEK-a.

Svjetlosno onečišćenje uglavnom utječe na kukce aktivne po noći koje privlače umjetni izvori svjetlosti i zbog toga se zadržavaju na svjetlu preko noći umjesto hranjenja ili traženja partnera. Utjecaj je dugoročan i na daljinu. Za kvalifikacijsku vrstu jelenak (*Lucanus cervus*) u PUN-u je definiran cilj da se očuva stanje bez stalnih rasvjetnih tijela. Produljenjem pogona rasvjeta NEK-a neće se mijenjati, sačuvat će se postojeće stanje tako da neće biti utjecaja na cilj zaštite. Prema popisu kornjaša (CKFF, 2008. /136/), najveća je gustoća populacije jelenka na području POO-a Vrbina na lijevoj obali, koja je od kompleksa NEK-a udaljena oko 2,5 km. Utjecaj na jelenka će zbog udaljenosti biti beznačajan. Ne očekujemo nikakav utjecaj na druge kvalifikacijske vrste zbog svjetlosnog onečišćenja.

Trajni utjecaj na stanišne tipove i kvalifikacijske vrste POO-a Vrbina mogao bi nastati u slučaju veće nesreće s ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. U NEK-u su provedene brojne sigurnosne nadogradnje, pa je mogućnost oštećenja jezgre, koja bi izazvala ispuštanje radioaktivnih tvari, vrlo mala. NEK je projektiran tako da može izdržati tzv. projektne nesreće i upravljati njima svojim sigurnosnim sustavima. Opremu DEC-A NEK može koristiti za sprječavanje taljenja jezgre reaktora. Oprema DEC-B

je, međutim, osigurana za rješavanje događaja tijekom kojih bi moglo doći do vrlo malo vjerojatnog taljenja jezgre, a usmjerena je na zaštitu stražnje barijere od ispuštanja, tj. integriteta zaštitne zgrade. Pasivni filtarski sustav služi za rasterećenje tlaka zaštitne zgrade, a tvari štetne za okoliš ostaju zarobljene u filtrima. Stoga je malo vjerojatno izravno ispuštanje u okoliš.

POO donja Sava (SI3000304)

POO donja Sava je oko 8 km nizvodno od ispusta iz NEK-a. Potencijalni utjecaj na daljinu NEK-a na POO donja Sava i kvalifikacijsku vrstu plotica su samo emisije tvari i topline u rijeku Savu. NEK tijekom normalnog pogona periodično kontrolirano ispušta tekućine iz ispusnih spremnika u okoliš. Niskoaktivne tekućine ispuštaju se u rijeku Savu kroz bitni dovodni vodni kanal koji se nalazi ispred brane elektrane. Kroz kanal se ispuštaju radioaktivne tekućine iz mjerača otpada spremnika i sustava za ispiranje parogeneratora. Tekući radioaktivni otpad čisti se u NEK-u uređajem za pročišćavanje koji se sastoji od spremnika, pumpi, filtara, isparivača i dva demineralizatora. Voda iz slivnika parogeneratora čisti se zasebno. NEK redovito prati sadržaj radioaktivnih tvari u ribljim tkivima. Monitoring je uključen u Program mjerenja radioaktivnosti u okolici NEK-a, mjerenja provode vanjski izvođači IJS, IRB i ZVD, a rezultati su navedeni u godišnjim izvještajima o kontroli radioaktivnosti u okolici NEK-a. Tricij (H-3) je redovito prisutan u tekućim ispuštanjima NEK-a. Tricij je izotop koji emitira neprobojno beta-zračenje, ali je tek neznatno radiotoksičan (granična vrijednost tricija u vodi za piće je 100 Bq/l). U 2020. godini prosječna mjesečna koncentracija aktivnosti H-3 u Krškom prije NEK-a (prirodna pozadina) bila je nešto ispod 0,6 kBq/m^3, a dugoročni prosjek (od 2002. godine) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Brežicama je 4,0 kBq/m^3. Višemjesečni prosjek (od srpnja 2017.) mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 na postaji za uzorkovanje prije brane HE Brežice iznosi 2,9 kBq/m^3. Koncentracije aktivnosti tricija u Jesenicama u Dolenjskoj bile su obično niže zbog dodatnog razrjeđivanja Save Krkom i Sutlom Dugogodišnji prosjek mjesečnih koncentracija aktivnosti H-3 u Jesenicama u Dolenjskoj iznosi 2,4 kBq/m^3, a 2020. bio je ispod 1 kBq/m^3 (IJS, 2021.), što je znatno ispod granične vrijednosti za pitku vodu. Ukupna godišnja ispuštena aktivnost C-14 u Savu 2020. godine iznosila je 0,3 GBq, ali su izmjerene aktivnosti C-14 u vodi u rijeci Savi i u ribama bile niže od trenutačnih atmosferskih aktivnosti.

U tekućim ispuštanjima iz NEK-a I-131 2020. godine nije otkriven. Prosječne koncentracije I-131 u rijeci Savi u Brežicama slične su onima u toj rijeci u Ljubljani (3,4 Bq/m^3), a prisutnost I-131 u njezinim vodama pripisuje se ispuštanjima iz bolnica u rijeke koje se ulijevaju u nju uzvodno od brane NEK-a (Ljubljanica, Savinja). U 2020. godini I-131 nije otkriven u uzorcima riba (IJS, 2021.). Godišnja tekuća ispuštanja Cs-137 iz NEK-a u rijeku Savu u 2020. godini iznosila su 0,9 MBq, a doprinos NEK-a ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije (IJS, 2021.). U 2020. godini aktivnost radioaktivnog stroncija (Sr-90) ispuštena u rijeku Savu bila je 0,04 MBq, a doprinos NEK-a ne može se odvojiti od nehomogeno raspoređene globalne kontaminacije (IJS, 2021.). Ostali fisijski i aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-llOm, Cs-134, Sb-125) redovito se pojavljuju u tekućim ispuštanjima iz NEK-a. Ukupna aktivnost ovih radionuklida u 2020. godini bila je najmanje šest redova veličine niža od tricija, a posljednjih godina niti jedan od navedenih radionuklida nije otkriven u okolišu (IJS, 2021.). Radom Nuklearne elektrane u Krškom koncentracije aktivnosti ispuštenih radionuklida, osim vrlo niskotoksičnog H-3, znatno su ispod granica detekcije u okolišu (IJS, 2021.). Utjecaj radioaktivnih ispuštanja na ploticu i POO donja Sava stoga se ocjenjuje kao neznatan.

U procesu pripreme vode otpadna voda nastaje tijekom ispiranja filtra za mehaničko pročišćavanje sirove vode u smjeru suprotnom od toka vode te tijekom pranja membrana i sustava reverzne osmoze. Otpadne vode se prikupljaju u bazenu za otpadne vode (bazen za otpadnu vodu PW) i čine odvod br. 11, sa završnim ispustom „ispust 7". U slučaju ispiranja sustava korištenjem korozivnih kemikalija voda iz bazena otpadnih voda se ispumpa u bazen za neutralizaciju, gdje se kontinuirano mjeri i regulira pH vrijednost prije ispuštanja u Savu. Ova trasa je povremena i koristi se samo iznimno, a količine vode su male pa se utjecaj na ploticu i POO donja Sava ocjenjuje neznatan i ostat će tako nakon proširenja NEK-a.

Prije ispuštanja u rijeku Savu komunalne otpadne vode iz NEK-a pročišćavaju se u malom komunalnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta 700 PE. MKČN ima primarno i sekundarno čišćenje. U 2020. godini na uređaju za pročišćavanje je pročišćeno 10.000 m^3 otpadnih voda, a izmjerene vrijednosti KPK-a i BPK-a na ispustu iz MKČN-a bile su znatno ispod dopuštenih graničnih vrijednosti . Zbog produljenja pogona NEK-a, količina i opterećenje komunalnih otpadnih voda iz NEK-a neće se

mijenjati jer se ne planira priključenje novih korisnika. Ne očekuje se stoga utjecaj na ploticu i POO donja Sava.

U 2020. godini NEK nije dodavao biocide ni u jedan sustav. Kvaliteta vode iz rijeke Save znatno je poboljšana nakon prestanka rada celuloznog dijela VIPAP-a, stoga NEK u budućnosti ne planira dodavati biocide u tercijarni rashladni krug. Stoga se utjecaji na ploticu i POO donja Sava ne očekuju ni nakon produljenja pogona NEK-a.

NEK koristi vodu iz rijeke Save za hlađenje kondenzatora i turbine te sigurnosnih komponenti. Sigurnosne komponente se hlade sustavom za hlađenje komponenti. On je dodatna sigurnosna barijera od eventualnih ispuštanja radioaktivnih tvari, a hladi se sigurnosnim vodoopskrbnim sustavom koji uzima vodu iz Save. Rashladni sustav sekundarnog kruga (kondenzator i turbina) uzima vodu iz Save, ali u slučajevima kada nije dovoljno hlađenje vodom iz rijeke Save NEK koristi rashladne ćelije (dvije baterije sa šest ćelija i jedna baterija s četiri ćelije) uzimajući iz Save samo dio potrebne vode, a drugi dio se recirkulira kroz rashladne ćelije gdje se hladi zrakom. Rashladna otpadna voda se ne pročišćava prije ispusta u Savu. NEK redovito provodi mjerenja kako bi se osiguralo ispunjavanje uvjeta iz valjane okolišne dozvole /49/. Okolišna dozvola navodi uvjet da NEK mora osigurati da ni u jednom razdoblju godine zbog sinergističkog djelovanja ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 K. NEK mora pravovremeno uključiti sustav recirkulacije rashladne vode preko rashladnih tornjeva kako se temperatura rijeke Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da se ispuni ovaj uvjet, NEK mora sukladno tome smanjiti snagu elektrane. Emisijski udio oslobođene topline na ispustima iz malog i velikog rashladnog sustava i ukupni emisijski udio oslobođene topline ni u jednom dnevnom prosjeku u 2020. godini nije premašio graničnu vrijednost utvrđenu okolišnom dozvolom /237/. Kako bi se ublažio utjecaj toplinskog onečišćenja, NEK će morati i dalje poštovati odredbe OVD-a. Nizvodno od ispusta NEK-a provodi se redoviti državni monitoring ekološkog stanja rijeka na vodnom tijelu Save, granična dionica (SI1VT930), gdje je mjerno mjesto u Jesenicama u Dolenjskoj. Ekološko stanje je 2009. i 2011. godine ocijenjeno kao umjereno (2009. ocijenjen je kao umjeren parametar fitobentos i makrofiti – modul trofičnost, a u 2011. parametar fitobentos i makrofiti – modul saprobnost), u 2010. i razdoblju 2012. – 2019. ekološko stanje ocijenjeno je dobrim. Modul trofičnosti i moduli saprobnosti za fitobentos i makrofite te bentoske beskralježnjake bili su 2016. i 2018. ocijenjeni kao vrlo dobri, što pokazuje da rijeka Sava na toj lokaciji nije organski onečišćena (/95/, /96/, /97/, /98/, /99/, /100/, /101/, /102/). Monitoring rijeke Save /103/, koji se obavlja na tri mjesta (u NEK-u na mjestu uzimanja vode za hlađenje, ispred NEK-a na desnoj obali Save i u Brežicama kod cestovnog mosta), pokazuje da se organsko onečišćenje u 2019. godini smanjilo u odnosu na dugoročni trend. Najveća izmjerena vrijednost KPK-a u 2019. godini bila je u studenom na mjestu uzorkovanja ispred NEK-a na desnoj obali Save, odnosno 10,63 mg/l. Najveća izmjerena vrijednost BPK5 u 2019. godini bila je u ožujku, također na mjestu uzorkovanja ispred NEK-a na desnoj obali Save, i to 1,60 mg/l. Prema Uredbi o stanju površinskih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 14/09, 98/10, 96/13 i 24/16), granična vrijednost BPK5 za vrlo dobro ekološko stanje rijeka je 1,6 – 2,4 mg/l. Prema Uredbi o kvaliteti površinskih voda za život slatkovodnih vrsta riba (Službeni list Republike Slovenije, br. 46/02 i 41/04 – ZVO-1), preporučena vrijednost za salmonidne vode je < 3 mg/l i za ciprinidne vode < 6 mg/l. Toplinski ispusti iz NEK-a ne pogoršavaju uvjete za život plotice koja je ciprinidna vrsta na području POO-a donja Sava. Uzimajući u obzir odredbe OVD-a, ne očekujemo znatniji utjecaj ni pri produljenju pogona NEK-a.

Trajni utjecaj na okoliš kao i na POO donja Sava mogao bi nastati u slučaju veće nesreće s ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. U NEK-u su provedene brojne sigurnosne nadogradnje, zbog čega je mogućnost oštećenja jezgre, koja bi izazvala ispuštanje radioaktivnih tvari, vrlo mala. NEK je projektiran tako da može izdržati tzv. projektne nesreće i upravljati njima svojim sigurnosnim sustavima. Opremu DEC-A NEK može koristiti za sprječavanje taljenja jezgre reaktora. Oprema DEC-B je, međutim, osigurana za rješavanje događaja tijekom kojih bi moglo doći do vrlo malo vjerojatnog taljenja jezgre, a usmjerena je na zaštitu stražnje barijere od ispuštanja, tj. integriteta zaštitne zgrade. Pasivni filtarski sustav služi za rasterećenje tlaka zaštitne zgrade, a tvari štetne za okoliš ostaju zarobljene u filtrima. U slučaju razmatranih nesreća (DBA i DEC-B) nema tekućih ispuštanja u Savu. Sva rashladna voda zadržava se unutar zaštitne i pomoćne zgrade namijenjene sustavima i komponentama koje sadržavaju radioaktivni materijal (kontaminirana radioaktivna voda).

Na donjem dijelu rijeke Save izgrađen je lanac hidroelektrana (Vrhovo, Boštanj, Arto – Blanca, Krško, Brežice), koji se planira završiti s HE Mokrice na području POO-a donja Sava. U studiji IJS /105/ izraženo je mišljenje da bi povećana koncentracija fosfata u Savi tijekom izgradnje HE Brežice zbog sporijeg protoka vode i viših temperatura u površinskom sloju vode mogla dovesti do eutrofikacije u akumulaciji HE Brežice, zbog čega bi se mogla pogoršati kvaliteta Save. NEK nema emisija koje bi povećale sadržaj nutrijenata u Savi i nije uzrok eutrofikacije. Prema izračunima IBE studije (2019.), vrijeme zadržavanja u planiranoj akumulaciji HE Mokrice bit će najkraće od svih akumulacija u donjem dijelu Save, a brzina protoka će biti maksimalna, što znači smanjenu mogućnost pojave eutrofikacije u vodotoku na području POO-a donja Sava. Potencijalni kumulativni utjecaj na temperaturu rijeke Save zbog toplinskih ispuštanja NEK-a i njezina usporenog toka u akumulacijama HE razmatran je u studiji „Toplinskog onečišćenja Save" (interakcija energetskih objekata uz rijeku Savu i na njoj sa stajališta toplinskog onečišćenja Save – revizija A. IBE 2012), gdje je utvrđeno da je povećana temperatura Save najvjerojatnije posljedica prirodnog porasta temperature riječne vode, a ne izgradnje HE. Ova analiza je napravljena 2012. godine kada nije izgrađena ni HE Krško, pa je poslije napravljena i termalna analiza rijeke Save u proširenom lancu HE, koja uključuje i natprosječno toplo ljeto 2019. (Energetski objekti uz rijeku Savu i na njoj. Analiza temperatura rijeke na donjoj Savi u srpnju i kolovozu 2019. i verifikacija prethodnih studija – revizija A. IBE, travanj 2020.) /104/. Prema mjerenjima u posljednjoj studiji, između NEK-a i ispusta iz HE Brežice u srpnju 2019. pala je temperatura Save za -0,54 °C. Akumulacija HE Brežice tako rashlađuje vodu koja se slijeva u područje POO-a donja Sava. Prema posljednjoj studiji IBE-a /104/, porast srednjih mjesečnih temperatura Save na području Čateža u posljednjih 18 godina niži je nego u prethodnom razdoblju, pa zaključuju da lanac HE ne povećava srednje temperature rijeke. Studija također predviđa da će se u protočnoj akumulaciji planirane HE Mokrice prosječna mjesečna temperatura u ljetnim mjesecima povećati za samo oko 0,1 do 0,2 °C, odnosno minimalno u odnosu na postojeće stanje. Prema izračunima IBE studije (2019.), vrijeme zadržavanja u planiranoj akumulaciji HE Mokrice bit će najkraće od svih akumulacija u donjem dijelu Save, a brzina protoka će biti maksimalna, što znači smanjenu mogućnost pojave eutrofikacije. S obzirom na to da u akumulaciji HE Brežice nije uočeno veće pogoršanje parametara ekološkog stanja /46/ te da se, kao što je vidljivo iz državnog monitoringa ekološkog stanja Save u Jesenicama u Dolenjskoj (vidi gornji opis o utjecaju toplinskih ispusta NEK-a), nakon izgradnje lanca HE nizvodno ekološko stanje Save nije pogoršalo, zaključujemo da se ni u slučaju akumulacije HE Mokrice neće znatnije pogoršati ekološko stanje. Ne očekujemo velik kumulativni utjecaj na POO donja Sava.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na zaštićena područja tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj zbog provedbe mjera ublažavanja, uzimajući u obzir mjere koje je NEK već provodio i morat će ih provoditi tijekom produljenog pogona, za sprječavanje prekomjernog onečišćenja zbog ispuštanja otpadnih voda u rijeku Savu (parametri otpadnih voda ispod graničnih vrijednosti utvrđenih u okolišnoj dozvoli za ispuštanje u vode).

5.14.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.) nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će biti sigurno pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo. Hlađenje reaktora više neće biti potrebno, a emisije topline u Savu bit će znatno smanjene. I dalje će biti potrebno hlađenje bazena za istrošeno gorivo kroz osnovni sustav opskrbe vodom. Utjecaj ispusta iz ovog sustava je lokalan i neznatan zbog niskog udjela emisije topline. Rad rashladnih tornjeva više neće biti potreban. NEK će i dalje obavljati kontrolu nad nuklearnim materijalima, a utjecaj ionizirajućeg zračenja bit će neznatan.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na prirodu u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s (4) – neznatan utjecaj.

5.15 UTJECAJI NA ZEMLJIŠTA

5.15.1 Pogon

Lokacija planiranog pogona je u zoni građevinskog zemljišta u kojoj su industrijski objekti namjene E – energetska infrastruktura (namjena je prikazana u poglavlju 1.8.1.). Planiranom izmjenom (proširenjem) ne zadire se u područje postojećeg objekta NEK-a, promjena je u skladu s prostornim aktima, a namjena i stvarna uporaba zemljišta ne mijenjaju se planiranim produljenjem pogonskog vijeka NEK-a.

S gledišta šumskog zemljišta pribavljeno je mišljenje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i prehrane (br. 3401-43/2020/4). Uvidom u materijal Ministarstvo zaključuje da na području NEK-a nema šumskih površina te stoga neće biti izravnih utjecaja na šumsko zemljište. Također neće biti neizravnih ili izravnih utjecaja na šumu jer su šumske površine udaljene više od 450 m od područja planiranog pogona. Ne očekuju se ni dodatni negativni utjecaji na divlje životinje.

S gledišta poljoprivrednog zemljišta pribavljeno je i mišljenje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i prehrane, Uprave za poljoprivredu (br. 351-77/2020/5). U resornom ministarstvu smatraju da planirano produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina neće posebno utjecati na poljoprivredno zemljište.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na zemljišta tijekom pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.15.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.) namjenska i stvarna svrha zemljišta ostaje ista kao i tijekom pogona.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na zemljišta u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – nema utjecaja.

5.16 UTJECAJI NA PRIRODNE RESURSE

Prema definiciji Zakona o zaštiti okoliša /ZVO-1/, prirodno dobro je dio prirode i može biti prirodno javno dobro, prirodni resurs ili prirodna vrijednost.

5.16.1 Pogon

Neposredno korištenje prirodnih resursa u proizvodnji uključuje uporabu vode iz javne vodovodne mreže za sanitarne potrebe i zaštitu od požara, riječnih i podzemnih voda koje se na temelju vodopravnih dozvola uzimaju iz bunara i rijeke Save za tehnološke potrebe. Riječne i podzemne vode ne rabe se kao sirovina (ne ugrađuju se u proizvode), već u potpornim procesima hlađenja. Nakon upotrebe sva voda se uz odgovarajući tretman vraća u okoliš, u rijeku Savu. Voda koju se pumpa iz tri privremena bunara vraća se izravno u Savu kanalizacijskim sustavom /163/.

Pogon tijekom rada neće utjecati na prirodne vrijednosti u blizini lokacije pogona (opis u poglavlju 5.14.1.).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na prirodne resurse u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.16.2 Zaustavljanje pogona

Korištenje prirodnih resursa u slučaju zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.) bit će znatno smanjeno u odnosu na redoviti pogon. I dalje će biti potrebno hlađenje bazena za istrošeno gorivo i nekih drugih sigurnosnih komponenti – uzimanje vode i povratak u rijeku Savu bit će na razini od približno 1,6 m^3/s.

Ako dođe do zaustavljanja, pogon neće utjecati na zaštićena prirodna područja u okolici lokacije pogona (opis u poglavlju 5.14.2.).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na prirodne resurse u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.17 UTJECAJI NA MATERIJALNE RESURSE

5.17.1 Pogon

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće znatno utjecati na povećanje postojećeg onečišćenja okoliša. Stanje će ostati nepromijenjeno. Godišnja efektivna doza ionizirajućeg zračenja na ogradi NEK-a iz svih doprinosa, uključujući i suho skladište istrošenog goriva, neće prelaziti propisano ograničenje doze koje iznosi 200 µSv za vanjsko zračenje

Kako proizlazi iz nalaza u prethodnim poglavljima ove studije, koji se bave utjecajem NEK-a na okoliš – postojećeg i nakon izmjene, sva onečišćenja su unutar dopuštenih vrijednosti. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a ne očekuju se prekomjerna onečišćenja okoliša ili utjecaji koji bi doveli do pogoršanja uvjeta života, korištenja objekata i zemljišta izvan pogonskog područja NEK-a. Tvrtka posluje u industrijskoj zoni Vrbina, u čijoj su okolici prisutni i drugi industrijski objekti (vidi poglavlje 2.2.1.), a koja je na ovom području prisutna već desetljećima, pa nije jedini izvor onečišćenja okoliša, ali je jedan od najvažnijih. Postrojenje nije klasificirano kao djelatnost i uređaj koji može uzrokovati veće onečišćenje okoliša i nije postrojenje s većim ili manjim rizikom za okoliš. NEK je nuklearni objekt, pa njegova prisutnost na ovom području može biti izravni rizik za ekološku ili drugu katastrofu koja bi mogla utjecati na materijalne resurse – zemljišta i zgrade u okolici (poglavlje 5.18.1.), ali s obzirom na primijenjenu tehnologiju i provedbu zaštitnih mjera, mogućnost nesreće svedena je na minimum. U skladu s Pravilnikom o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnog materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13, 76/17), objekti NEK-a razvrstani su u kategoriju I, II i III. Objekt će stoga biti zaštićen u skladu sa zahtjevima za fizički kontrolirani prostor ili fizički kontrolirani objekt. O uskladištenom gorivu podnosit će se izvještaj u skladu s Uredbom o zaštiti nuklearnog materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 34/08 i 76/17 – ZVISJV-1).

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na materijalne resurse tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju one koje NEK već provodi, kao i druge neregulatorne mjere ublažavanja koje provodi tvrtka radi smanjenja utjecaja na okoliš te mjere ublažavanja predviđene za ostale komponente okoliša (vodu, otpad, ionizirajuće zračenje...).

5.17.2 Zaustavljanje pogona

U trenutku zaustavljanja pogona NEK-a onečišćenost okoliša ispuštanjima onečišćujućih tvari i drugih onečišćivača bit će znatno smanjena u odnosu na redoviti pogon.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na materijalne resurse u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.18 UTJECAJI NA RIZIKE OD EKOLOŠKIH I OSTALIH NESREĆA

5.18.1 Pogon

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a znači produljenje rada za 20 godina (2023. – 2043.) pod istim uvjetima utjecaja na okoliš i uvjetima zaštite od ionizirajućeg zračenja kao što je propisano u postojećoj radnoj dozvoli.

Iako je NEK projektiran za minimalni vijek trajanja od 40 godina, elektrana je izvršila sve potrebne analize i prilagodbe na osnovi kojih može biti u pogonu daljnjih 20 godina. Na temelju niza studija i analiza Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) donijela je odluku br. 3570-6/2009/32 od 20. lipnja 2012. godine kojom se potvrđuje da je stanje opreme u NEK-u zadovoljavajuće te da su pritom zadovoljene sve sigurnosne rezerve i funkcionalnost opreme.

Sposobnost za produljeni pogonski vijek NEK-a temelji se ponajprije na sljedećim činjenicama:
- elektrana ima ugrađene materijale i opremu koji imaju dovoljno sigurnosnih rezervi;
- zamijenjena je sva oprema koja utječe na pouzdanost rada;
- elektrana radi stabilno;
- izvršena je sigurnosna nadogradnja u skladu sa zahtjevom ZVISJV-1 i naučenim lekcijama iz svih većih nuklearnih nesreća do danas, što se odražava u ENSREG-u (slov. nacionalni plan akcijski plan nakon Fukushime)
- NEK ima temeljit program starenja opreme AMP koji prati starenje svih pasivnih konstrukcija i komponenti (reaktorske posude, betona, podzemnih cjevovoda, čeličnih konstrukcija, električnih kabela itd.).

Pouzdan i siguran rad u svim uvjetima najvažniji je prioritet NEK-a. NEK je od početka rada uveo niz poboljšanja radi povećanja sigurnosti i učinkovitosti objekta.

U posljednjih 10 godina u NEK-u su izvedene sljedeće misije:
- izvanredni pregled sigurnosti (stres-testovi Europske unije) 2012.,
- IAEA – Topical Peer Review Ageing Management u 2018. godini, OSART – Operational Safety Review Team, koji provodi IAEA, u 2017. godini te
- WANO-ov stručni pregled 2014. i 2018. godine.

Detaljniji opis misija nalazi se u poglavlju 1.2.2.

NEK je u pogonu u skladu sa svim propisima u Republici Sloveniji i pod pogonskim ograničenjima koja su određena u ZVISJV-1, u vodopravnim dozvolama, okolišnim dozvolama, tehničkim specifikacijama NEK-a (TS /5/, RETS /7/ i DECTS /6/) itd. Produljenjem pogonskog vijeka NEK će moći raditi daljnjih 20 godina, tj. do 2043., unutar istih granica i neće premašiti postojeće zakonske zahtjeve ili ograničenja.

Stalne nadogradnje i promjene koje se provode osiguravaju razinu sigurnosti koja je znatno viša od one u trenutku same izgradnje elektrane. NEK neće predstavljati opasnost od ekološke ili druge katastrofe tijekom produljenja pogonskog vijeka, neće predstavljati rizik od ekološke ili druge katastrofe, ovisno o provedenim ažuriranjima i nadogradnjama (vidi poglavlje 2.8.), sigurnosnim sustavima i osiguranju sigurnosnih funkcija. Osiguranje sigurnog pogona NEK-a detaljnije je opisano u poglavlju 2.7. u kojem se razmatraju svi aspekti osiguranja sigurnog pogona.

NEK ima ugrađene sustave i uređaje za sprječavanje i ublažavanje nesreća, kao i definirana stanja u elektrani. Detaljniji opisi su u poglavljima 2.12. i 2.13. Ona detaljno opisuju vrste izvanrednih slučajeva i planirano postupanje. Napravljena je i vjerojatnosna analiza sigurnosti (vidi poglavlja 2.13.1., 2.13.2.).

Napravljena je i klasifikacija ugroženosti (vidi poglavlje 2.13.3.) koja se temelji na unaprijed određenim stupnjevima opasnosti te metodologiji i uputama o tome kako određeni izvanredni događaj, prema njegovim stvarnim ili očekivanim posljedicama u elektrani i okolišu, klasificirati u odgovarajući stupanj opasnosti.

NEK je nuklearni objekt pa njegova prisutnost na ovom području može biti izravna prijetnja za ekološku ili drugu katastrofu, ali s obzirom na primijenjenu tehnologiju i provedbu zaštitnih mjera, mogućnost nesreće svedena je na minimum.

Najvažniji dokument za rad NEK-a je radna dozvola, koja je neposredno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a (USAR – Updated Safety Analysis Report) i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane.

NEK radi sukladno odluci – suglasnosti za početak pogona NEK-a, Odluci Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine, Izmjenama dozvole za rad NEK-a, Odluci URSJV-a br. 3570-8/2012/5 od 22. travnja 2013. i NPP Krško Updated Safety Analysis Report (USAR) /3/.

U svim uvjetima rada NEK osigurava kontroliranu lančanu reakciju u reaktoru, stalno odvođenje toplinske energije iz reaktora i barijere koje sprječavaju ispuštanje radioaktivnih tvari.

Osiguravanje sveobuhvatne sigurnosti NEK-a i dubinske obrane zahtijeva, osim brojnih sigurnosnih mjera i mjera za siguran pogon, i održavanje pripravnosti u slučaju odstupanja situacije od normalnog pogonskog stanja elektrane.

Nuklearna elektrana Krško planira i održava pripravnost u slučaju izvanredne situacije u sklopu koncepta zaštite i spašavanja u Republici Sloveniji i načela osiguranja nuklearne sigurnosti elektrane. NEK je odgovoran za upravljanje izvanrednim događajem unutar elektrane.

Osnovna svrha planiranja i održavanja pripravnosti je osigurati zaštitu, zdravlje i sigurnost osoblja u elektrani i stanovništva u okolici sprječavanjem nastanka izvanrednog događaja, odnosno otklanjanjem ili ublažavanjem posljedica izvanredne situacije i osiguravanjem uvjeta za ponovno uspostavljanje normalnog stanja elektrane.

Osiguranje pripravnosti i upravljanje izvanrednim situacijama u elektrani utvrđeno je Planom zaštite i spašavanja NEK-a (NZiR NEK) /224/. NZiR NEK i planovi zaštite i spašavanja u slučaju nuklearne nesreće u općinama Krško, Brežice, Posavje te Republika Slovenija organizacijski i funkcionalno cjelovit su sustav koji osigurava koordinirano upravljanje izvanrednim situacijama u elektrani i okolišu te između elektrane i okoliša.

Mjere koje se poduzimaju u slučaju izvanrednog događaja u elektrani obuhvaćaju operativno-tehničke mjere u tehnološkom procesu elektrane, obavještavanje javnosti, stručnih i upravnih institucija o izvanrednom stanju i predlaganje hitnih mjera zaštite stanovništva po potrebi te radiološke i druge mjere zaštite na području elektrane. Organizacija elektrane i navedene mjere utvrđuju se Planom zaštite i spašavanja NEK-a u slučaju izvanrednog događaja (NZiR NEK), koji je usklađen s lokalnim općinskim i državnim planom zaštite i spašavanja u slučaju nuklearne ili radiološke nesreće.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na rizike za okoliš i ostale nesreće tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju zakonom propisane mjere koje NEK već provodi, kao i druge neregulatorne mjere ublažavanja koje provodi tvrtka radi smanjenja utjecaja na okoliš i sprečavanje nesreća te mjere ublažavanja predviđene za ostale komponente okoliša (vodu, otpad, ionizirajuće zračenje).

5.18.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona NEK-a (vidi poglavlje 2.18.) nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će biti sigurno pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo. Područje NEK-a i dalje će biti ograničeno i označeno te tretirano kao radiološki kontrolirano područje.

Sve aktivnosti pri zaustavljanju pogona obavljat će se u skladu sa zahtjevima propisa, sustava upravljanja i pisanih procedura ili radnih uputa.

Nakon zaustavljanja pogona nastavit će se mjerenja parametara ionizirajućeg zračenja te će se provoditi sve zaštitne mjere kako bi se spriječilo istjecanje radioaktivnog zračenja u okoliš.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na rizike za okoliš i ostale nesreće u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju zakonom propisane mjere koje NEK već provodi, kao i druge neregulatorne mjere

ublažavanja koje provodi tvrtka radi smanjenja utjecaja na okoliš i sprečavanje nesreća te mjere ublažavanja predviđene za ostale komponente okoliša (vodu, otpad, ionizirajuće zračenje).

5.19 UTJECAJI NA STANOVNIŠTVO I ZDRAVLJE LJUDI

5.19.1 Pogon

Na osnovi svih zaključaka iznesenih u prethodnim poglavljima ove studije, a koja razmatraju sve relevantne čimbenike okoliša na koje bi produljenje pogonskog vijeka moglo utjecati, postojeća proizvodnja u NEK-u ne prelazi granične vrijednosti emisija tvari i zračenja u okoliš. Prekoračenja graničnih vrijednosti ne očekuju se ni nakon planiranog produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Granična vrijednost je propisana razina čiji je cilj izbjegavanje, sprječavanje ili smanjenje štetnih učinaka na zdravlje ljudi i na okoliš kao cjelinu. NEK provodi i nastavit će provoditi sve propisane mjere za smanjenje utjecaja na okoliš i sprječavanje onečišćenja okoliša te utjecaja na zdravlje ljudi i redovito prati stanje (monitoring) u skladu s propisima i dozvolama.

Promjena postojećeg pogona (produljenje pogonskog vijeka) neće promijeniti prirodne i druge uvjete života i boravka u okolici pogona i šire.

Tijekom produljenog pogonskog vijeka provodit će se redoviti monitoring unutar cijelog NEK-a, jednako kao što se trenutačno već provode mjerenja pumpanja riječne vode za tehnološke potrebe, mjerenja i analize otpadnih voda ispuštenih u kanalizacijski sustav te mjerenja ionizirajućeg zračenja.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na rizike na stanovništvo i zdravlje ljudi tijekom pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju zakonom propisane mjere koje NEK već provodi, kao i druge neregulatorne mjere ublažavanja koje provodi tvrtka radi smanjenja utjecaja na okoliš i sprečavanje nesreća te mjere ublažavanja predviđene za ostale komponente okoliša (vodu, otpad, ionizirajuće zračenje).

5.19.2 Zaustavljanje pogona

Nakon zaustavljanja pogona (vidi poglavlje 2.18.) emisije tvari i zračenja bit će znatno niže od onih opisanih za razdoblje rada. Nuklearno gorivo više neće biti u reaktoru, već će biti sigurno pohranjeno u bazenu za istrošeno gorivo i/ili u suhom skladištu za istrošeno gorivo. Nakon zaustavljanja pogona nastavit će se mjerenja parametara ionizirajućeg zračenja te će se provoditi sve zaštitne mjere kako bi se spriječilo istjecanje radioaktivnog zračenja u okoliš.

Utjecaj zahvata i cjelokupni utjecaj na rizike na stanovništvo i zdravlje ljudi u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(3)** – neznatan utjecaj, zbog provedbe mjera ublažavanja, pri čemu se mjerama ublažavanja smatraju zakonom propisane mjere koje NEK već provodi, kao i druge neregulatorne mjere ublažavanja koje provodi tvrtka radi smanjenja utjecaja na okoliš i sprečavanje nesreća te mjere ublažavanja predviđene za ostale komponente okoliša (vodu, otpad, ionizirajuće zračenje).

5.20 PROMJENE CJELOKUPNOG I UKUPNOG ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA

5.20.1 Promjene ukupnog onečišćenja okoliša

Promjene ukupnog opterećenja okoliša, uzimajući u obzir učinke planiranog zahvata (produljenja vijeka trajanja) i postojećeg povezanog pogona, posebno se vrednuju za sve čimbenike razmatrane u poglavljima 5.2. – 5.19. Sljedeća tablica stoga prikazuje samo sažetak procijenjenih utjecaja pogona na čimbenike koji su razmatrani u ovoj studiji.

Tablica 129: Sažetak evaluiranih utjecaja pogona i ukupnih utjecaja na čimbenike okoliša

Sastav okoliša/ aspekt okoliša	Faza pogona	Utjecaj pogona	Potpuni utjecaj
Utjecaji na tla	pogon	**5**	**5**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**5**	**5**
Utjecaji na vode	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Opasnost od poplave	pogon	**5**	**5**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**5**	**5**
Utjecaj na toplinsko onečišćenje vode	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaji na zrak	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na klimu	pogon	**5**	**5**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj klimatskih promjena na pogon	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na onečišćenje bukom	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj elektromagnetskog zračenja	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**5**	**5**
Onečišćenje okoliša vibracijama	pogon	**5**	**5**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**5**	**5**
Utjecaj otpada	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**3**	**3**
Utjecaj ionizirajućeg zračenja	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**3**	**3**
Utjecaj svjetlosnog onečišćenja	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na krajolik	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na biološku raznolikost i područja zaštite prirode	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na zemljišta	pogon	**5**	**5**

Sastav okoliša/ aspekt okoliša	Faza pogona	Utjecaj pogona	Potpuni utjecaj
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**5**	**5**
Utjecaj na prirodne resurse	pogon	**4**	**4**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na materijalne resurse	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**4**	**4**
Utjecaj na stanovništvo i zdravlje ljudi	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**3**	**3**
Utjecaj zbog rizika od ekoloških i ostalih nesreća	pogon	**3**	**3**
	zaustavljanje pogona i nakon njega	**3**	**3**

5.20.2 Promjene ukupnog onečišćenja okoliša

U procjeni i vrednovanju promjena ukupnog onečišćenja okoliša polazimo od procjena ukupnih utjecaja ili onečišćenja pojedinih okolišnih čimbenika planiranog i postojećeg pogona.

5.20.2.1 Pogon

Tijekom produljenja pogonskog vijeka ukupno onečišćenje okoliša neće se pogoršati u odnosu na postojeće stanje okoliša. Pogon će raditi pod istim uvjetima okoliša i zaštite od ionizirajućeg zračenja kao što je navedeno u postojećoj radnoj dozvoli.

Pritom želimo naglasiti da se u NEK-u pomno prate najnoviji pristupi i projekti proizašli iz događaja u elektrani Fukushima-Daichi u ožujku 2011. godine te postoji svjesnost o takvim eventualnim međusobnim utjecajima. Među ostalim, prati se rad na IAEA-inu projektu „Multiunit Probabilistic Safety Assessment" i drugim sličnim međunarodnim projektima. U skladu s razvojem ovih metodologija u svijetu, NEK će na odgovarajući način uključiti obradu eventualnih međusobnih utjecaja između rada reaktora i privremenog skladišta IG-a u model vjerojatnosnih analiza sigurnosti NEK-a.

Produljenjem pogonskog vijeka postojeća onečišćenja okoliša koja proizlaze iz postojećeg pogona – postojeće proizvodnje NEK-a, neće se povećati ni u jednom od razmatranih čimbenika, uz iznimku nešto veće količine radioaktivnog otpada (pogon dulji od 20 godina).

Promjene ukupnog onečišćenja okoliša tijekom pogona, prema postojećem stanju onečišćenja, ocjenjujemo s **(4)** – neznatan utjecaj.

5.20.2.2 Zaustavljanje pogona

Promjene ukupnog onečišćenja okoliša u slučaju zaustavljanja pogona ocjenjujemo s **(5)** – pozitivan utjecaj, pri čemu uzimamo u obzir prije svega smanjenje ispuštanja tvari i emisije zračenja u okoliš.

6. PREKOGRANIČNI UTJECAJI

Svrha ovog poglavlja je pružiti informacije susjednim državama o eventualnim velikim prekograničnim utjecajima kako to zahtijeva Direktiva 2011/92/EU o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš /278/, poznata kao Direktiva o procjeni utjecaja na okoliš, koja sadržava posebne odredbe za slučajeve u kojima postoji vjerojatnost da će projekt koji se provodi u jednoj državi članici vjerojatno imati velike učinke na okoliš u drugoj državi članici (članak 7). Konvencija UNECE-a o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu iz 1991. godine /277/, poznata kao konvencija iz Espooa, na sličan način uvodi posebna pravila za provedbu PVO-a za aktivnosti koje se provode na teritoriju jedne ugovorne stranke identificirane kao ugovorna stranka izvora i za koje je vjerojatno da će imati velik prekogranični utjecaj na drugu ugovornu stranku identificiranu kao zahvaćena ugovorna stranka (članak 2).

Prvi dio poglavlja sažetak je rezultata procjene prekograničnih utjecaja tijekom normalnog pogona (poglavlje 6.3.). U nastavku poglavlja opisana je simulacija modela migracije u odnosu na emisije u slučaju akcidentnog događaja – nesreće i prekogranični utjecaj u slučaju takvog događaja (poglavlje 6.4.).

Napominjemo da, na temelju analiziranih okolišnih čimbenika, tijekom normalnog pogona **neće biti** znatnijih štetnih prekograničnih utjecaja na okoliš. U slučaju nuklearne nesreće, čiji su scenariji opisani u nastavku (vidi poglavlje 6.4.), moglo bi biti velikih štetnih prekograničnih utjecaja na okoliš, ali kao što pokazuju analize i modeli u nastavku, samo u Republici Hrvatskoj, i to u vrlo ograničenom opsegu.

Drugi dio poglavlja donosi odgovore na pitanja i komentare zaprimljene u dokumentu prethodnog savjetovanja – obavijesti susjednih zemalja.

6.1 DEFINICIJA SADRŽAJA I OPSEGA INFORMACIJA

Prema drugom stavku članka 5. Direktive 2011/92/EU o procjeni utjecaja određenih javnih i privatnih projekata na okoliš, nositelj zahvata mora u PVO uključiti sljedeće podatke:

a) opis projekta, uključujući informacije o lokaciji, dizajnu, veličini i drugim važnim značajkama projekta (vidi odjeljak 1 i 2) ;
b) opis vjerojatnih većih utjecaja projekta na okoliš (vidi poglavlje 5);
c) opis karakteristika projekta i/ili mjera predviđenih za sprječavanje, smanjenje i, gdje je moguće, ublažavanje vjerojatnih većih štetnih učinaka na okoliš (vidi poglavlje 7);
d) opis razumnih alternativa koje razmatra nositelj projekta koje su relevantne za projekt i njegove specifične karakteristike te naznaku glavnih razloga za odabrano rješenje, pri čemu se uzimaju u obzir utjecaji projekta na okoliš (vidi poglavlje 3);
e) netehnički sažetak informacija iz točaka (a) do (d) (vidi poglavlje 10) i
f) eventualne dodatne informacije navedene u Prilogu IV u vezi sa specifičnim karakteristikama pojedinog projekta ili vrste projekta i elementima okoliša na koje bi vjerojatno moglo utjecati (vidi cijeli izvještaj).

Predmetna studija utjecaja na okoliš sadržava sve informacije potrebne u točkama (a) do (f).

Izvještaj je također usklađen sa sadržajem u skladu sa Zakonom o ratifikaciji Konvencije o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu (MPCVO) (Službeni list Republike Slovenije – Međunarodni ugovori, br. 11/98, 17/13, 2/17, 8/17) kojom je ratificirana Konvencija o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu, prihvaćena 25. veljače 1991. u Espoou.

Studija se stoga bavi produljenjem pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina, od 2023. do 2043. godine (Nuklearna elektrarna Krško, d.o.o.), na adresi Vrbina 12, 8270 Krško. Projekt produljenja pogonskog vijeka u cijelosti će se provesti na području Republike Slovenije, s iznimkom dugotrajnog skladištenja radioaktivnog otpada koje će se obavljati i na području Republike Hrvatske.

Odnose Slovenije i Hrvatske u vezi sa zbrinjavanjem RAO-a iz NEK-a regulira BHRNEK[33]. U skladu s točkom 3. članka 10. BHRNEK-a, zbrinjavanje NSRAO-a regulirat će se na temelju programa za zbrinjavanje RAO-a i istrošenog goriva. BHRNEK u šestoj točki članka 10. nadalje propisuje da se lokacija NEK-a može koristiti samo za privremeno skladištenje RAO-a do kraja životnog vijeka, a u sedmoj točki da su ugovorne stranke, u slučaju da se do kraja redovitog životnog vijeka ne dogovore o zajedničkom rješenju zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva, obvezne najkasnije u roku od dvije godine nakon isteka tog roka preuzeti RAO, i to svaka polovicu (za detaljniji opis vidi poglavlje 6.3.5.).

U skladu s Uredbom o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove pripreme (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17), u studiji se razmatraju izravni i neizravni utjecaji zahvata na sljedeće čimbenike:

- tlo,
- vode (podzemne vode, površinske, toplinsko onečišćenje, poplavna sigurnost),
- zrak,
- zemljišta,
- krajolike,
- utjecaj na klimu,
- bioraznolikost,
- materijalne resurse,
- stanovništvo i zdravlje ljudi (buka, vibracije, otpad, rizici od ekoloških i drugih nesreća, radioaktivno zračenje, elektromagnetsko zračenje),

pri čemu se uzima u obzir moguća interakcija navedenih čimbenika.

Uredba o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17) usklađena je s Direktivom 2011/92/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 13. prosinca 2011. o procjeni utjecaja određenih javnih i privatnih projekata na okoliš (Službeni list br. 26 od 28. 1. 2012., str. 1), posljednja izmjena Direktivom 2014/52/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 16. travnja 2014. o izmjeni Direktive 2011/92/EU o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš (Službeni list br. 124 od 25. 4. 2014., str. 1) definira detaljniji sadržaj studije o učincima planiranog zahvata na okoliš i način njezine izrade.

6.2 UVODNA OBJAŠNJENJA

Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) 2012. godine rješenjima br. 3570-6/2009/28 i br. 3570-6/2009/32 potvrdila je i odobrila izmjene Sigurnosnog izvještaja NEK-a (USAR) /4/ i pripadajuće dokumentacije koji su do tada ograničavali pogonski vijek na 40 godina. Odobrene izmjene sada daju mogućnost pogona NEK-a još 20 godina, tj. ukupno 60 godina.

Time je pogon NEK-a produljen s planirane 2023. na 2043. godinu, pod uvjetom da će biti uspješno provedeni periodični sigurnosni pregledi 2023. i 2033. godine. Na temelju navedenih odluka URSJV-a, Republika Slovenija i Republika Hrvatska, kao vlasnici NEK-a na temelju Međudržavnog ugovora /11/, podržale su odluku o produljenju pogonskog vijeka NEK-a do 2043. godine /33/.

NEK se nalazi u općini Krško, jugoistočno od mjesta Krško, u katastarskoj općini Leskovec, na adresi Vrbina 12, Krško, na području dugogodišnje uporabe energije na lijevoj obali rijeke Save. NEK je na zemljopisnoj širini: 45,938210 (sjever) i zemljopisnoj dužini: 15,515288 (istok), odnosno 455617,556 (sjever) i 153055,037 (istok) po WGS-84 koordinatama i po Gauss-Krugerovim koordinatama x = 88353,76 m i y = 540326,67 m.

Uže područje lokacije zahvata prikazano je na slici u poglavlju 11.2.

[33] Zakon o ratifikaciji Ugovora između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško… (Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 5/2003; potpis 19. prosinca 2001., KK; stupanje na snagu 11. ožujka 2003., Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 8/2003 – 35/2003).

NEK je od najbliže granice udaljen:

- 10 km od granice s Republikom Hrvatskom,
- više od 75 km od granice s Republikom Austrijom,
- više od 129 km od granice s Republikom Italijom,
- više od 100 km od granice s Republikom Mađarskom.

6.3 PREKOGRANIČNI UTJECAJ U NORMALNOM POGONU NEK-a

Prekogranični utjecaji navedeni su samo za trajanja pogona, jer se zbog produljenja pogonskog vijeka ne planiraju građevinski radovi. Prekogranični utjecaj naveden je za one okolišne čimbenike koji su relevantni za prekogranične utjecaje i navedeni su u nastavku. Detaljniji opis utjecaja je u poglavljima od 5.2. do 5.19. Područje u kojem pogon može uzrokovati onečišćenje okoliša koje može utjecati na zdravlje i imovinu ljudi, tijekom pogona, prikazano je u poglavlju 9. Iz navedenog poglavlja proizlazi da je utjecaj lociran na područje NEK-a.

6.3.1 Utjecaj na tla

U svrhu produljenja pogonskog vijeka NEK-a neće se izvoditi građevinski radovi, tako da neće biti zahvata u tlu. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a način zbrinjavanja otpadnih voda se ne mijenja. Tijekom pogona neće se ispuštati onečišćujuće tvari u tlo jer se sve otpadne vode već u postojećem stanju odvajaju na odgovarajući način (vidi poglavlje 2.9.3.).

Sav otpad, uključujući i radioaktivni, na području NEK-a skladišti se na prikladan način i ne zagađuje tlo. Tijekom pogona neće biti prekograničnog utjecaja na tlo zbog udaljenosti granica susjednih zemalja.

6.3.2 Utjecaj na vode

Utvrđeno je da NEK nema znatnijeg negativnog utjecaja na vode, odnosno vodno tijelo Sava Krško – Vrbina u koje se ispuštaju otpadne vode iz elektrane. To dokazuje godišnjim pogonskim monitoringom otpadnih voda.

Štetne tvari i onečišćena voda iz NEK-a ne idu direktno u tlo i na taj način ne zagađuju podzemne vode. Jedini način onečišćenja okolnih voda je neizravno onečišćenje kroz emisiju u rijeku Savu i putem infiltracije u podzemne vode. Emisije štetnih tvari u rijeku Savu su unutar propisanih ograničenja i očekujemo da će takve i ostati tijekom budućeg rada NEK-a.

Toplinsko onečišćenje rijeke uzrokovano NEK-ovim produljenjem pogona do 2043. godine ostat će isto kao i do sada. To znači da će se njegov pogon nastaviti u skladu s okolišnom dozvolom koja propisuje da:

- je emisijski udio oslobođene topline 1 i
- temperatura rijeke Save nakon miješanja s vodom za hlađenje iz NEK-a ne premašuje svoju prirodnu temperaturu za više od 3 °C.

U skladu s okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC, preambula 35), u riječnom slivu u kojem bi korištenje vode moglo imati prekogranične učinke potrebno je zahtjeve za postizanje okolišnih ciljeva utvrđenih ovom Direktivom, a posebno sve programe mjera, uskladiti za cjelokupno vodno područje.

Stanje vodotoka CSRI0001_021 Sava na ulazu u Republiku Hrvatsku (4,65 km + 11,8 km) prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021. je sljedeće: opće stanje „dobro", kemijsko stanje „dobro" i ekološko stanje „dobro", specifične onečišćujuće tvari „vrlo dobro" i hidromorfološka svojstva „vrlo dobra".

Pri niskim i srednjim protocima rijeka Sava uglavnom odvodi podzemne vode iz lijevog i desnog priobalnog područja, a pri visokim protocima zadržava ih i povećava zalihe podzemnih voda. Stanje podzemnih voda u vodotoku podzemnih voda CSGI_27-Zagreb je sljedeće: kemijsko stanje „dobro", količinsko stanje „dobro" i ukupno stanje „dobro".
Tijekom pogona neće biti prekograničnog utjecaja na površinske i podzemne vode zbog udaljenosti granica susjednih zemalja.

6.3.3 Utjecaj na zrak

Postojeći ispusti se ne mijenjaju, a emisija onečišćivača se na postojećim ispustima neće povećavati zbog produljenja pogonskog vijeka. Postojeći kapacitet proizvodnje u NEK-u se ne mijenja, isto tako se ne mijenjaju vrste i uporaba sirovina te opseg cestovnog prijevoza.
Zbog udaljenosti granica susjednih zemalja neće biti prekograničnog utjecaja na kvalitetu zraka tijekom pogona.

6.3.4 Utjecaj na onečišćenje okoliša bukom

Buka će tijekom pogona biti lokalizirana u neposrednoj okolici elektrane NEK. Zbog udaljenosti granica susjednih zemalja neće biti prekograničnog utjecaja na onečišćenost okoliša bukom tijekom pogona.

6.3.5 Utjecaj na onečišćenje okoliša otpadom

Zbog produljenja radnog vijeka NEK-a vrste otpada i dinamika nastajanja otpada (uključujući radioaktivni otpad) u elektrani se neće mijenjati s obzirom na postojeće stanje. Sav otpad, osim radioaktivnog, predaje se na preradu drugoj strani, a nositelj zahvata ga ne obrađuje.

Zbog pogona NEK-a do kraja 2023. godine nastat će oko 2458 m^3, odnosno oko 5141 t NSRAO-a. Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu nastat će još dodatnih oko 547 m^3, odnosno oko 884 t pogonskog NSRAO-a.

Zbog pogona NEK-a do kraja 2023. godine nastat će 1553 elementa IG-a. Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu nastat će dodatnih 728 elemenata IG-a.

Odnose Slovenije i Hrvatske u vezi sa zbrinjavanjem RAO-a iz NEK-a regulira BHRNEK[34]. U skladu s člankom 10. točkom 3. BHRNEK-a, zbrinjavanje NSRAO-a regulirat će se na temelju programa za zbrinjavanje RAO-a i istrošenog goriva. BHRNEK u članku 10. točki 6. nadalje propisuje da se lokacija NEK-a može koristiti samo za privremeno skladištenje RAO-a do kraja životnog vijeka, a u sedmoj točki da su ugovorne stranke, u slučaju da se do kraja redovitog životnog vijeka ne dogovore o zajedničkom rješenju zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenog goriva, obvezne najkasnije u roku od dvije godine nakon isteka tog roka preuzeti RAO, i to svaka polovicu.

Koordinirano provođenje odredbi BHRNEK-a u Sloveniji i u Hrvatskoj osigurava međudržavno povjerenstvo (članak 18. BHRNEK-a). Povjerenstvo je sadržajno nasljednik Međudržavne koordinacije Slovenije i Hrvatske na području RAO-a osnovane 1989. godine. Međudržavno povjerenstvo je na svojoj 11. sjednici 21. studenog 2017. osnovalo koordinacijski odbor za praćenje provedbe Treće revizije Programa za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i istrošenog goriva iz NEK-a te Programa razgradnje NEK-a čiji je zadatak i priprema zajedničkog prijedloga izgradnje odlagališta NSRAO-a. Na 13. sjednici međudržavnog povjerenstva 30. rujna 2019. donesena je odluka da međudržavno povjerenstvo na temelju koordinacijskog odbora utvrđuje da zajedničko rješenje zbrinjavanja NSRAO-a nije moguće.

[34] Zakon o ratifikaciji Ugovora između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško… (Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 5/2003; potpis 19. prosinca 2001., KK; stupanje na snagu 11. 3. 2003., Službeni list Republike Slovenije, Međunarodni ugovori br. 8/2003 – 35/2003).

Program odlaganja RAO-a iz NEK-a zajedno s programom razgradnje NEK-a prvi je put izrađen 2004. godine, a 2011. napravljena je druga revizija koju nije razmatralo i odobrilo međudržavno povjerenstvo za praćenje provođenja BHRNEK-a i obavljanje drugih poslova u skladu s ovim ugovorom. G. 2017. s potvrdom projektnih zadataka počela je izrada treće revizije Programa razgradnje NEK-a i Programa zbrinjavanja RAO-a i IG-a iz NEK-a (PO3)[21]. Oba programa potvrđena su na 14. sjednici međudržavnog povjerenstva od 14. srpnja 2020.

Sukladno PO3, ugovorne stranke će odvojeno zbrinuti NSRAO: slovenska polovica NSRAO-a iz NEK-a bit će zbrinuta na odlagalištu tog otpada u Vrbini, nedaleko od NEK-a, a hrvatska polovica NSRAO-a na odlagalištu čija lokacija još nije određena i do početka odlaganja 2050. godine skladištit će se u Centru za gospodarenje radioaktivnim otpadom Čerkezovac. Radioaktivni otpad prikupljat će se u skladu s Pravilnikom o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list Republike Slovenije, br. 125/21) kojim je definirano da se nositelj i davatelj javne usluge dogovaraju o lokaciji preuzimanja radioaktivnog otpada ili istrošenog goriva za skladištenje ili odlaganje. Ako se ne postigne dogovor, prikupljanje se obavlja na mjestu nositelja. Odredbe se ne odnose na zbrinjavanje NSRAO-a koji će nastati razgradnjom suhog skladišta IG-a u NEK-u. Ovaj NSRAO odlagat će se na dubinsko odlagalište IG-a koje je zajednički projekt Slovenije i Hrvatske. Odluka vlasnika o zajedničkom upravljanju IG-om tijekom pogona NEK-a donesena je istodobno s odlukom o POD-u[35].

Točna lokacija odlaganja u vrijeme izrade ove studije još nije poznata.

S obzirom na navedeno, ne možemo govoriti o prekograničnom utjecaju na Republiku Hrvatsku tijekom rada pogona, pa zaključujemo da prekograničnog utjecaja na području susjednih zemalja neće biti.

6.3.6 Utjecaji elektromagnetskog zračenja

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a ne predviđaju se novi izvori elektromagnetskog zračenja (EMZ), poput novih transformatorskih stanica (TS). Isto tako se ne planira instalacija novih transformatora ili zamjena transformatora onima veće snage u postojećim transformatorskim stanicama. Na temelju navedenog zaključujemo da će razina elektromagnetskog zračenja ostati nepromijenjena u odnosu na zadnja mjerenja EMZ-a iz 2021. godine.

Za cijelo područje NEK-a vrijedi II. stupanj zaštite od zračenja, a za stambena i druga područja osjetljivija na zračenje u blizini NEK-a I. stupanj zaštite od zračenja. Glavni izvor niskofrekventnog EMZ-a na području NEK-a su transformatori i dalekovodi. Nositelj pogona je operater više transformatorskih stanica. Iz izvještaja o mjerenjima niskofrekventnih elektromagnetskih polja iz 2020. godine /53/ evidentno je da granične vrijednosti za područje II. stupnja zaštite od zračenja u NEK-u i na granici područja nisu prekoračene. Sve transformatorske stanice redovito se pregledavaju i održavaju, o čemu se vodi evidencija.

Zbog udaljenosti granica susjednih zemalja neće biti prekograničnog utjecaja na onečišćenost okoliša elektromagnetskim zračenjem tijekom pogona.

6.3.7 Utjecaji ionizirajućeg zračenja

Tijekom pogona NEK-a količina ispuštenih radioaktivnih tvari u okoliš bit će jednaka trenutačno ispuštenoj. NEK kontinuirano nadograđuje i unapređuje sigurnosne i procesne sustave, što ujedno znači sve manje opterećenje za okoliš. Procijenjena godišnja efektivna doza za najizloženijeg stanovnika zbog utjecaja NEK-a iznosila je manje od 0,071 μSv u 2020. godini.

U budućnosti se planira puštanje u pogon skladišta za istrošeno gorivo koje je u izgradnji. Tijekom pogona skladišta povećat će se razina ionizirajućeg zračenja u okolici. Radi se o vanjskom zračenju. U

[35] Zajednički zapisnik 10. sjednice Međudržavnog povjerenstva za praćenje provedbe Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganja, iskorištavanje i razgradnju Nuklearne elektrane Krško (MDU), NEK, 20. srpnja 2015.; Ad.2.

dokumentu „Krsko SFDS site boundary and outside wall dose calculations" /2/ sažeti su rezultati izračuna razina ionizirajućeg zračenja u okolici skladišta. Istrošeni gorivni elementi iz bazena za istrošeno gorivo bit će prebačeni u skladište u četiri kampanje:

- a. Kampanja I, 2023. godine, do 592 gorivna elementa;
- b. Kampanja II, 2028. godine, oko 592 gorivna elementa;
- c. Kampanja III, 2038. godine, oko 444 gorivna elementa; i
- d. Kampanja IV, 2048. godine, ostali gorivni elementi.

Izračuni doza izvedeni su pod konzervativnim pretpostavkama:

- Pri modeliranju apsorpcije neutrona u gorivu uzimalo se u obzir *da se radi o svježem, a ne istrošenom gorivu*, što znači da su izračunate brzine doze zbog neutronskog zračenja veće nego što će biti u stvarnosti. U svježem gorivu nema produkata fisije koji apsorbiraju neutrone. Kao rezultat, također je manje n-gama-reakcija i manji je doprinos gama-zračenja.
- Izračuni uzimaju u obzir minimalne gustoće materijala od kojih mogu biti izgrađeni zidovi skladišta i kontejnera. Manje gustoće znače lošiju zaštitu, što opet podrazumijeva da su procijenjene brzine doze veće nego što će biti u stvarnosti.
- U slučaju izvora zračenja smatra se da je gorivo u reaktoru bilo najduže moguće vrijeme s obzirom na obogaćivanje. To znači da su brzine doze neutronskog zračenja i gama-zračenja konzervativne.
- U slučaju nehrđajućeg čelika sadržaj Co-59 kao nečistoće implicitno iznosi 0,8 g/kg u negorivim dijelovima gorivnih elemenata, što znači veće izračunate brzine doze gama-zračenja uzrokovane Co-60 koje nastaje zbog aktivacije Co-59.
- Pri izračunu doza uzima se u obzir da se osoba zadržava na ogradi NEK-a cijelu godinu, odnosno 8760 sati, što je krajnje konzervativna pretpostavka.

Rezultati izračuna razina zračenja na ogradi NEK-a zbog pogona suhog skladišta prikazani su u donjoj tablici:

Tablica 130: Rezultati izračuna brzine doza i doza na ogradi NEK-a

Kampanja	Najveća brzina doze (µSv/h)	Godišnja efektivna doza (mSv)	Godišnje ograničenje iz tehničke specifikacije (mSv)
Nakon kampanje 4 (puno skladište)	5,622 E-03	4,92 E-02	0,05
Nakon kampanje 4 (puno skladište), realna procjena	4,525 E-03	3,96 E-02	0,05
Nakon kampanje 2	5,369 E-03	4,70 E-02	0,05
Nakon kampanje 1	4,315 E-03	3,78 E-02	0,05

Rezultati izračuna razina zračenja na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 131: Rezultati izračuna doza na vanjskom zidu zgrade za suho skladištenje istrošenog goriva

Kampanja	Najveća brzina doze (µSv/h)	Ograničenje iz tehničke specifikacije (µSv/h)
Nakon kampanje 4 (puno skladište)	0,028	3
Nakon kampanje 2	0,022	3
Nakon kampanje 1	0,020	3

Svi izračuni razina zračenja pokazuju da će brzine doze i doze ionizirajućeg zračenja pod realnim pretpostavkama biti unutar vrlo strogih ograničenja koja se zahtijevaju u tehničkoj specifikaciji projekta za izgradnju suhog skladišta i niže su od dopuštenih.

Isto tako godišnja efektivna doza vanjskog zračenja na ogradi NEK-a iz svih doprinosa, uključujući i suho skladište istrošenog goriva, tijekom pogona elektrana neće prelaziti propisano ograničenje ionizirajućeg zračenja koje iznosi 200 μSv za vanjsko zračenje /7/. Zbog pogona suhog skladišta neće biti prekoračena dopuštena brzina doze na ogradi NEK-a.

S obzirom na navedeno, zbog udaljenosti granica neće biti prekograničnog utjecaja ionizirajućeg zračenja na teritoriju susjednih zemalja.

6.3.8 Utjecaji na prirodne i materijalne resurse

Utjecaj tijekom pogona

Neposredno korištenje prirodnih resursa u proizvodnji uključuje uporabu vode iz javne vodovodne mreže za sanitarne potrebe i zaštitu od požara, riječnih i podzemnih voda koje se na temelju vodopravnih dozvola uzimaju iz bunara i rijeke Save za tehnološke potrebe. Riječne i podzemne vode se ne koriste kao sirovina (ne ugrađuju se u proizvode), već u potpornim procesima hlađenja. Nakon upotrebe sva voda se uz odgovarajući tretman vraća u okoliš, u rijeku Savu. Voda koja se pumpa iz tri bunara vraća se izravno u Savu oborinskim sustavom.

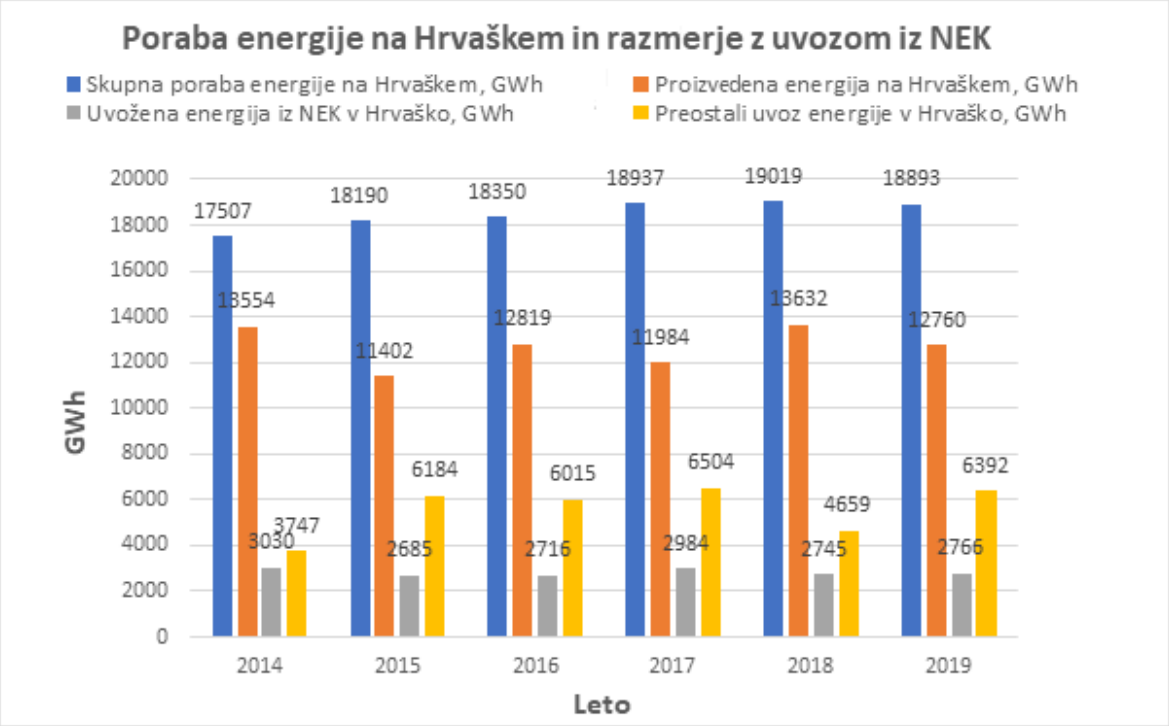
Pogon tijekom rada neće utjecati na prirodne vrijednosti u blizini lokacije pogona (opis u poglavlju 5.14.1.).

Kako proizlazi iz nalaza u prethodnim poglavljima ove studije, koja obrađuju utjecaj NEK-a na okoliš – postojeći i nakon izmjene, sva onečišćenja su unutar dopuštenih vrijednosti. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a ne očekuju se prekomjerna onečišćenja okoliša ili utjecaji koji bi doveli do pogoršanja uvjeta života, korištenja objekata i zemljišta izvan pogonskog područja NEK-a. Tvrtka posluje u industrijskoj zoni Vrbina, u čijoj okolici ima i drugih industrijskih objekata (vidi poglavlje 2.2.1.), i na tom je području prisutna već desetljećima pa nije jedini izvor onečišćenja okoliša ondje, ali je jedan od najvažnijih. Postrojenje nije klasificirano kao djelatnost i uređaj koje može uzrokovati veće onečišćenje okoliša i nije postrojenje s većim ili manjim rizikom za okoliš. NEK je nuklearni objekt pa njegova prisutnost na ovom području može biti izravni rizik za ekološku ili drugu katastrofu koja bi mogla utjecati na materijalne resurse – zemljišta i zgrade u okolici (poglavlje 5.18.1.), ali s obzirom na primijenjenu tehnologiju i provedbu zaštitnih mjera, mogućnost nesreće svedena je na minimum. U skladu s Pravilnikom o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnog i radioaktivnog materijala te prijevozu nuklearnog materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13, 76/17), objekti NEK-a razvrstani su u I., II. i III. kategoriju objekata, objekt će stoga biti zaštićen u skladu sa zahtjevima za fizički kontrolirano područje, odnosno fizički kontrolirani objekt. O uskladištenom gorivu podnosit će se izvještaj u skladu s Uredbom o zaštiti nuklearnog materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 34/08 i 76/17 – ZVISJV-1).

Republika Hrvatska – energetsko-klimatski i gospodarski aspekti utjecaja

Vlasnici Nuklearne elektrane Krško su GEN energija d.o.o. (Republika Slovenija) i Hrvatska elektroprivreda (Republika Hrvatska). Upravljanje elektranom uređeno je Ugovorom između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u NEK, njegovo iskorištavanje i razgradnju (BHRNEK) /11/. Opskrba električnom energijom je 50 % za Republiku Sloveniju i 50 % za Republiku Hrvatsku.

I za Republiku Hrvatsku i za Republiku Sloveniju NEK je stabilan izvor električne energije, s kontinuiranom i pouzdanom proizvodnjom. Na kraju 2019. godine ukupna raspoloživa snaga elektrana na području Republike Hrvatske iznosila je 4711,8 MW. Od toga 1781 MW u termoelektranama, 2199,7 MW u hidroelektranama, 646,3 MW u vjetroelektranama i 84,8 MW u solarnim elektranama. Kapacitet NEK-a raspoloživ za Hrvatsku (348 MW) čini dodatnih 7,4 % proizvodnog kapaciteta, uz kontinuiranu opskrbu. Od 2014. do 2019. NEK je pokrivao 15,2 % hrvatske potrošnje električne energije /248/.



Slika 99: Potrošnja energije u Hrvatskoj i omjer uvoza iz NEK-a /248/

Poraba energije na Hrvaškem in razmerje z uvozom iz NEK	Potrošnja energije u Hrvatskoj i omjer s uvozom iz NEK-a
Skupna poraba energije na Hrvaškem, GWh	Ukupna uporaba energije u Hrvatskoj, GWh
Uvožena energija iz NEK v Hrvaško, GWh	Uvezena energija iz NEK-a u Hrvatsku, GWh
Proizvedena energija na Hrvaškem, GWh	Proizvedena energija u Hrvatskoj, GWh
Preostali uvoz energije v Hrvaško, GWh	Preostali uvoz energije u Hrvatsku, GWh
Leto	Godina

Klimatsko-energetski strateški planski dokumenti Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. godine s projekcijom do 2050. predviđaju proizvodnju električne energije u Nuklearnoj elektrani Krško do 2043., što pridonosi smanjenju emisija stakleničkih plinova u skladu s Pariškim sporazumom i Europskim zelenim planom /249/, /250/ i /251/. Prema izračunima, procjenjuje se da će se oko 1.200 MW kapaciteta izgraditi u vjetroelektranama ili oko 2.700 MW u solarnim elektranama za zamjenu proizvodnje u NEK-u, što će biti izazov u smislu prostornog zahvata i dodavanja u prostorne planove. Nastavak pogona omogućuje očuvanje gospodarskih aktivnosti vezanih uz usluge NEK-a, pomaže u očuvanju ljudskih potencijala u nuklearnom području te u održavanju kapaciteta u znanstvenoj i akademskoj zajednici.

S obzirom na navedeno, zbog udaljenosti susjednih zemalja neće biti prekograničnog utjecaja na prirodne i materijalne resurse tijekom pogona ili će u slučaju Republike Hrvatske taj utjecaj čak biti pozitivan.

6.3.9 Utjecaji na stanovništvo i zdravlje ljudi

Utjecaji tijekom pogona

Na osnovi svih zaključaka iznesenih u prethodnim poglavljima ove studije, a koja razmatraju sve relevantne čimbenike okoliša na koje bi produljenje pogonskog vijeka moglo utjecati, postojeća proizvodnja u NEK-u ne prelazi granične vrijednosti emisija tvari i zračenja u okoliš. Prekoračenja graničnih vrijednosti ne očekuju se ni nakon planiranog produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Granična vrijednost je propisana razina čiji je cilj izbjegavanje, sprječavanje ili smanjenje štetnih učinaka na zdravlje ljudi i okoliš kao cjelinu. NEK provodi i nastavit će provoditi sve propisane mjere za smanjenje utjecaja na okoliš i sprječavanje onečišćenja okoliša te utjecaja na zdravlje ljudi i redovito prati stanje (monitoring) u skladu s propisima i dozvolama.

Promjena postojećeg pogona (produljenje pogonskog vijeka) neće promijeniti prirodne i druge uvjete života i boravka u okolici pogona i šire. Utjecaja na području susjednih zemalja neće biti.

Zaključak
Kako je evidentno iz poglavlja 1.1. i 8, područje u kojem će pogon uzrokovati opterećenje za okoliš, a koje može utjecati na zdravlje i imovinu ljudi, ograničeno je na užu lokaciju NEK-a, i to na zemljišta:

- parcele u vlasništvu NEK-a: 1197/44, 1204/192, 1197/397, 1246/2, 1197/398 (djelomično) i 1204/206 (djelomično), sve k. o. (1321) Leskovec,

- dijelovi parcela na kojima NEK ima stambeno pravo: 1204/209, 1246/6, 1249/1, 1246/33, 1195/107, 1195/109, 1195/111, sve k. o. (1321) Leskovec.

Na temelju navedenog zaključujemo da planirani zahvat tijekom **normalnog pogona** neće imati prekogranični utjecaj na čimbenike razmatrane u ovoj studiji, a koji bi bili posljedica pojedinačnih utjecaja ili njihovih međusobnih učinaka.

6.4 PREKOGRANIČNI UTJECAJI U IZVANREDNOJ SITUACIJI – NESREĆE

U ovom poglavlju prikazujemo rezultate izračuna doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško i monitoring u slučaju nesreće s emisijama u atmosferu /196/.

Radioaktivni inventar (Source Term)
Radioaktivni inventar koji se oslobađa iz jezgre u slučaju projektnih nesreća i proširenih projektnih nesreća temelji se na metodama navedenima u NUREG-1465 /197/.

NUREG-1465 /197/ daje realna ispuštanja u smislu vremena oslobađanja, vrste nuklida, količine i kemijskog sastava. Ove metode su uključene u najnovije računalne kodove za analizu nesreća (MAAP, MELCOR, ASTEC itd.).

Predviđena ispuštanja iz jezgre u zaštitnoj zgradi prikazana su u donjoj tablici (Tablica 132). Ispuštanja navedena u prva dva stupca za udjele emisija koriste se u slučaju projektne nesreće, a sva četiri stupca za udjele emisije u izračunima proširene projektne nesreće.

Tablica 132: Predviđena ispuštanja iz jezgre u zaštitnoj zgradi (izvor: /197/)

Grupe fisijskih produkata	Reprezentativni element	Udjeli ispusta			
		Ispust iz ćelije gorivnih elemenata (0 sati)	Brzi ispusti u reaktorskoj posudi (1,3 sata)	Ispust iz reaktorske posude (2 sata)	Kasniji ispusti u reaktorskoj posudi (10 sati)
1	Plemeniti plinovi	0,05	0,95	0	0
2	I	0,05	0,35	0,25	0,1
3	Cs	0,05	0,25	0,35	0,1
4	Te	0	0,05	0,25	0,005
5	Sr	0	0,02	0,1	0
6	Ba	0	0,02	0,1	0
7	Ru	0	0,0025	0,0025	0
8	Ce	0	0,0005	0,005	0
9	La	0	0,0002	0,005	0

Analitička metoda ispuštanja u okoliš uzima u obzir uklanjanje ili redukciju fisijskih produkata s pomoću sigurnosnih sustava (tuširanje zaštitne zgrade, pasivna filtracija i ventilacija) i prirodnim procesima kao što je taloženje aerosola.

Izbor reprezentativnih nesreća

Za reprezentativnu projektnu nesreću (DBA), koja je najgora po predviđenim ispuštanjima i doznim opterećenjima djelatnika NEK-a i ljudi u neposrednoj blizini, odabrana je nesreća s gubitkom primarne rashladne tekućine, tzv. velika nesreća izlijevanja (LB LOCA), što također u svojim pretpostavkama uključuje oštećenja goriva (Ref. USAR Chapter 15) /3/ i NUREG-1465 /197/.

Doze zbog oštećenja gorivnog elementa u SFP-u (pad gorivnog elementa) niže su nego u velikoj nesreći izlijevanja (Ref. USAR Chapter 15).

Vjerojatnost proširene projektne nesreće za bazen s istrošenim gorivom (detekcija goriva u bazenu za istrošeno gorivo) vrlo je mala, odnosno zanemariva (oko 1E-9/godišnje /196/). U sklopu sigurnosne nadogradnje, NEK je uz projektne sustave (uz dva postojeća potpuno redundantna) ugradio alternativni sustav hlađenja i alternativni sustav raspršivanja koji će se koristiti u slučaju gubitka projektnog sustava hlađenja ili gubitka rashladne tekućine/vode u bazenu za istrošeno gorivo. To je dodatno smanjilo ionako nisku vjerojatnost oštećenja goriva u bazenu za istrošeno gorivo.

Za reprezentativnu proširenu projektnu nesreću kategorije DEC-B odabire se nesreća s gubitkom cjelokupnog napajanja izmjeničnom strujom i gubitkom pogonske posade za 24 sata. Godišnja vjerojatnost za potpuni gubitak izmjenične struje je 4,13E-07/god. Konzervativno, dodatno se pretpostavlja da prva 24 sata neće biti moguće uspostaviti opskrbu električnom energijom te da pogonsko osoblje neće poduzeti nikakve radnje. Gubitak tlačne barijere zgrade reaktora u reprezentativnoj proširenoj nesreći nije pretpostavljen jer je HCLPF kapacitet konstrukcija koje osiguravaju tlačnu barijeru zgrade reaktora 1,11 g i približno je dvostruko veći od kapaciteta HCLPF sustava napajanja izmjeničnom strujom. Maksimalna ubrzanja tla sa zanemarivom vjerojatnošću kvara zaštitne zgrade stoga su mnogo veća od 1,0 g, a srednja godišnja frekvencija gubitka snage izmjenične struje u kombinaciji s gubitkom integriteta zaštitne zgrade mnogo je niža od vjerojatnosti pretpostavljene reprezentativne nesreće. U slučaju pretpostavljene nesreće DEC-B jezgra se topi, reaktorska posuda se topi i premješta se talina u slivnik zaštitne zgrade. Posljedično raste tlak u zaštitnoj zgradi i jača rad pasivnog filtarskog sustava koji rasterećuje tlak u zaštitnoj zgradi i time osigurava njezin dugoročni integritet. Ova nesreća također je odabrana kao projektna nesreća za projektiranje pasivnog filtarskog sustava zaštitne zgrade i pasivnih spalionica (Passive Autocatalytic Recombiners – PARs) kako bi se maksimirala količina fisijskih produkata ispuštenih u atmosferu zaštitne zgrade.

U slučaju razmatranih nesreća (DBA i DEC-B) nema tekućih ispuštanja u Savu. Sva rashladna voda zadržava se unutar zaštitne i pomoćne zgrade namijenjene sustavima i komponentama koje sadržavaju radioaktivni materijal (kontaminirana radioaktivna voda).

Na području elektrane nalazit će se i suho skladište istrošenog goriva. Na temelju svih projektnih događaja i proširenih projektnih događaja dokazano je da spremnik u koji je gorivo umetnuto održava svoj integritet bez istjecanja. Ipak, radi dobivanja cjelovite građevinske dozvole za suho skladištenje istrošenog goriva, u postupku prekogranične procjene provedena je i analiza radioloških posljedica istjecanja iz spremnika. Rezultati radiološke analize potvrđuju da bi u hipotetskom slučaju istjecanja iz spremnika 30-dnevna doza za pojedinca iz stanovništva bila niža od doze zbog projektne nesreće gubitka primarnog rashladnog sredstva (LB LOCA), što je granična projektna nesreća sa stajališta predviđenih ispuštanja i doznog opterećenja djelatnika NEK-a i ljudi u neposrednoj blizini.

Projektna nesreća gubitka hladila (LB LOCA)

U slučaju projektne nesreće gubitka hladila (LB LOCA) inventar izotopa ispuštenih u okoliš izračunava se na temelju pretpostavki navedenih u sigurnosnom izvještaju (USAR), a radioaktivni inventar temelji se na specifičnim izračunima ORIGEN2 za NEK. Vremenska trajektorija ispusta je u skladu s NUREG-1465 /197/.

Istjecanje iz zaštitne zgrade u okoliš analizirano je korištenjem modela s dijelom volumena zaštitne zgrade koji je bio izložen tuširanju i dijelom volumena koji nije bio izložen tuširanju. Model također uključuje izravno istjecanje iz zaštitne zgrade, istjecanje kroz međuprostor, filtraciju međuprostora i filtrirano istjecanje. Predviđeni putovi istjecanja prikazani su na slici u nastavku (Slika 100).

Pretpostavljeno je projektno istjecanje iz zaštitne zgrade izravno u okolinu, pri čemu se radionuklidi ne filtriraju. Istjecanje iz zaštitne zgrade izravno u okoliš smanjeno je na početku recirkulacije, ali je prisutno do kraja nesreće. Većina istjecanja iz zaštitne zgrade preusmjerava se na prstenasti prostor zaštitne zgrade nakon početka recirkulacije. Istjecanje je pretpostavljeno kao prizemni ispust.

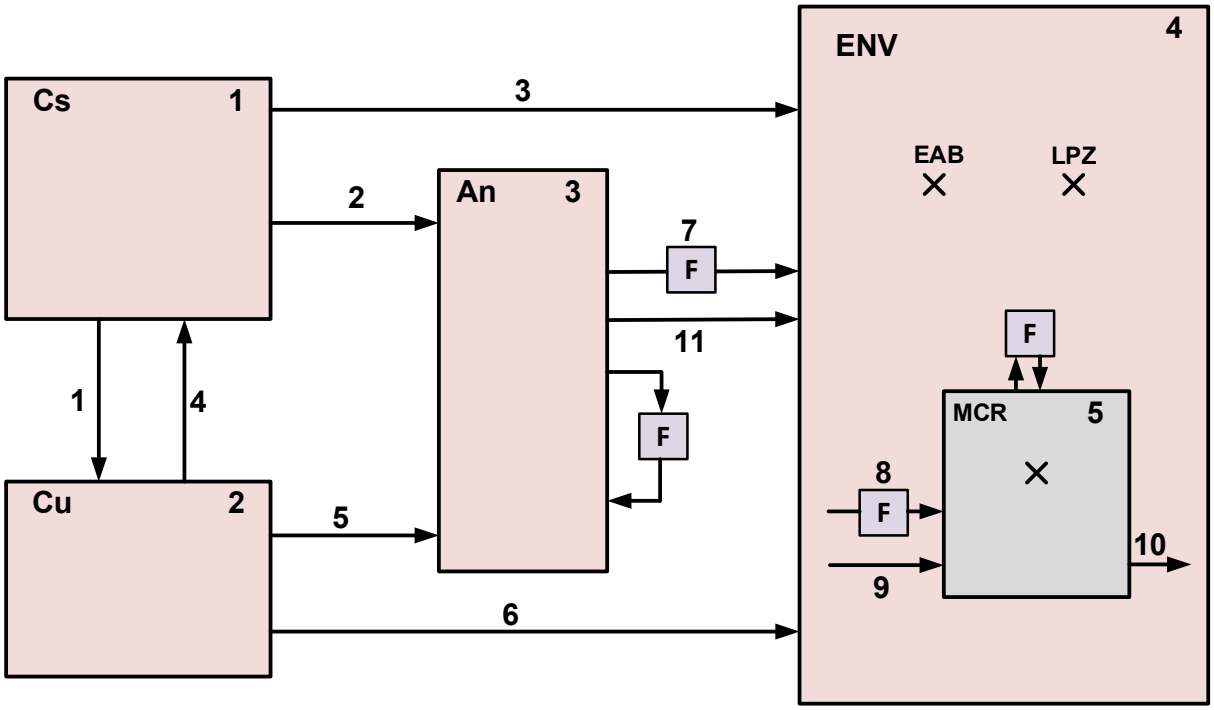
Pretpostavlja se da je istjecanje iz zaštitne zgrade u skladu sa sigurnosnim izvještajem kako je navedeno u USAR tablici 15.6.5-11 /3/.

Pretpostavlja se da je do 1200 s istjecanje izravno u okoliš s projektnim istjecanjem od 0,2 vol. %/dan. Brzina istjecanja između 1200 s i 1 dana je 0,02 vol. %/dan, nakon čega slijedi 0,01 vol. %/dan. Između 1200 s i 1 dana stopa istjecanja iz zaštitne zgrade u međuprostor je 0,18 vol. %/dan i 0,09 vol. %/dan nakon ovog intervala. Ukupno istjecanje iz zaštitne zgrade je 0,2 vol. %/dan tijekom prva 24 sata, a zatim 0,1 vol. %/dan. U izračunu s programom RADTRAD /218/ istjecanje se dijeli na istjecanje raspršenih i neraspršenih volumena, ali je ukupna količina ispuštanja jednaka onoj koja se temelji na ukupnom volumenu zaštitne zgrade. Odgovarajuće trase ispusta (3, 6 i 2, 5) prikazane su na donjoj slici (Slika 100).

Model elektrane korišten u programu RADTRAD za projektnu nesreću izlijevanja

Zaštitna zgrada je podijeljena na raspršeni dio volumena (1) i neraspršeni dio volumena (2). Putovi (1) i (4) koriste se za modeliranje miješanja između njih. Putovi (3) i (6) predstavljaju izravno istjecanje u okoliš. Putovi (2) i (5) predstavljaju istjecanje u međuprostoru (3) (kada se uspostavi vakuum). Međuprostor je opremljen recirkulacijskim filtrom. Filtrirani put ispusta (7) je sastavni dio ovog filtra.

Put (11) predstavlja istjecanje iz međuprostora izravno u okoliš. Volumen (5) predstavlja glavnu komandnu sobu (MCR). Povezuje se s okolinom preko nefiltriranog puta (9) i filtriranog dovodnog puta (8). Taj put je sastavni dio recirkulacijskog filtra glavne komandne sobe. Put (10) je ispust iz MCR-a (protok je jednak zbroju putova 8 i 9). MCR je sadržan u modelu iako ne utječe na izračun doza u okolišu.



Slika 100: Model RADTRAD za projektnu nesreću gubitka hladila NEK-a (izvor: /196/)

Legenda kratica modela RADTRAD:
Cs……dio atmosfere zaštitne zgrade koji je pod direktnim utjecajem spreja
Cu……dio atmosfere zaštitne zgrade koji nije pod direktnim utjecajem spreja
An……međuprostor
ENV……okoliš
F……filtar
EAB……kontrolirano područje
LPZ……zona za poduzimanje preventivnih mjera zaštite
MCR……glavna komandna soba

<u>Proširena projektna nesreća (DEC-B)</u>

Za slučaj najgore produljene nesreće (DEC-B) odabrana je nesreća s gubitkom cjelokupnog napajanja izmjeničnom strujom i gubitkom radne posade na 24 sata. Dakle, u prva 24 sata pogonsko osoblje ne poduzima nikakve radnje. Scenarij pretpostavlja gubitak vanjskog napajanja, kvar sigurnosnih dizelskih generatora, otkazivanje ponovne uspostave napajanja i propuštanje brtvi reaktorske pumpe (RCP), što rezultira nesrećom izlijevanja. Istjecanje rashladne tekućine kroz RCP brtve manja je nesreća izlijevanja i zbog pretpostavljene nemogućnosti dopune dolazi do detekcije i zagrijavanja te oštećenja jezgre. Kao rezultat toga jezgra se topi, reaktorska posuda se topi i talina goriva se izlijeva u zaštitnu zgradu. Prilikom izlijevanja taline u zaštitnu zgradu odgađa se interakcija između betona i taline (MCCI – Molten Core Concrete Interaction), pri čemu se oslobađaju različiti plinovi i povećava tlak u zaštitnoj zgradi.

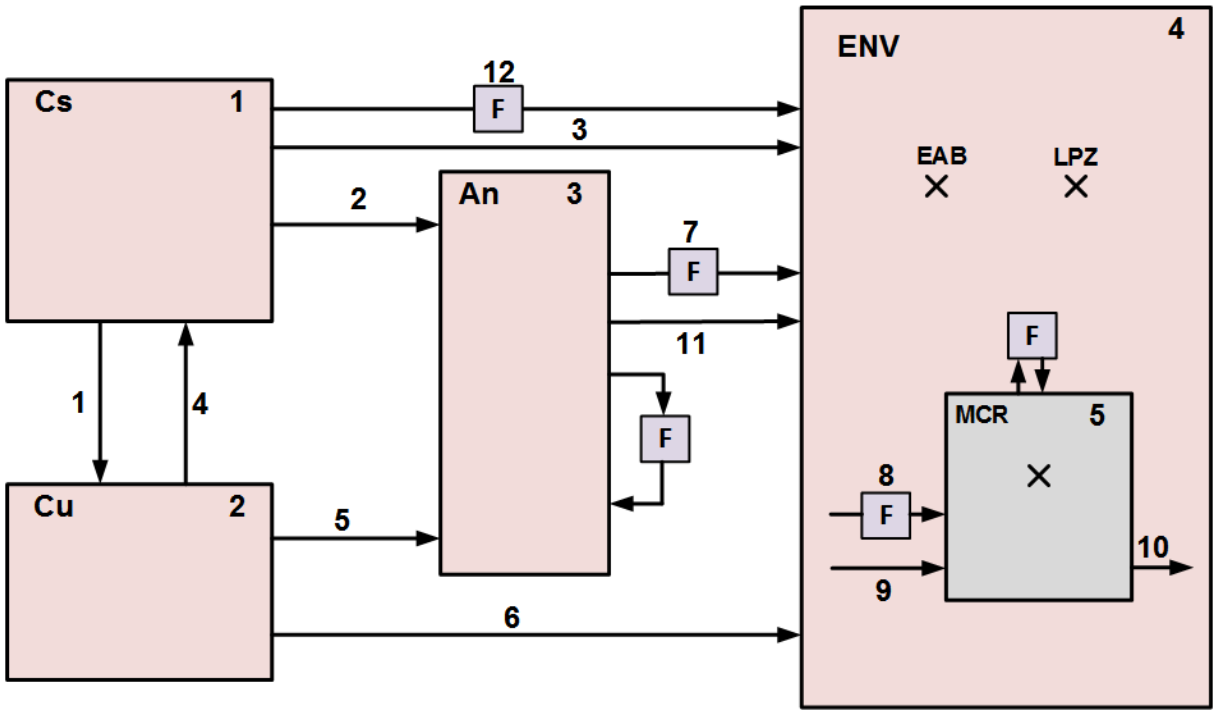
Povećanje tlaka iznad 6 bara pokreće rad pasivnog filtarskog sustava za tlačno rasterećenje zaštitne zgrade. Taj sustav zadržava više od 99,9993 % (faktor dekontaminacije 137 000) čestica fisijskih produkata u filtrima u zaštitnoj zgradi, iznad 99,9997 % (faktor dekontaminacije 370 000) elementarnog joda i 93 % (dekontaminacijski faktor 14,53) organskog joda na filtrima joda. U izračunu za elementarni jod rabi se konzervativno niži faktor dekontaminacije od 100 000. Međutim, u atmosferu se ispuštaju plemeniti plinovi koje ne zadržava filtarski sustav. Na taj je način osigurana zaštita granice tlaka zaštitne zgrade i potpuno je spriječena dugoročna kontaminacija okoliša. Valja napomenuti da je u slučaju taljenja jezgre takva emisija radioaktivnih tvari u okoliš najvjerojatnije u usporedbi s drugim kategorijama ispuštanja te je ova nesreća odabrana kao projektna nesreća za projektiranje pasivnog sustava filtara zaštitne zgrade s ciljem maksimalnog povećanja količine ispuštenih fisijskih produkata u atmosferu zaštitne zgrade.

Mjere ublažavanja pretpostavljene su 24 sata od početka nesreće. Prije tog vremena dolazi do prvog i jedinog ispusta kroz pasivni sustav filtracije zaštitne zgrade (vrijeme otvaranja iznosi 3 sata). Ovo je izrazito konzervativna pretpostavka jer prema njoj u elektrani 24 sata neće biti operativnog osoblja ni električnog napajanja niti će raditi ijedan sigurnosni sustav. Nakon 24 sata odvođenje topline iz zaštitne zgrade predviđeno je preko alternativnog sustava za odvod topline (ARHR). Također se pretpostavlja tuširanje zaštitne zgrade s pomoću sustava ARHR.

Analiza je provedena s pomoću računalnog programa MELCOR. Pretpostavlja se i projektno ispuštanje zaštitne zgrade.

Model RADTRAD za proširene projektne uvjete (DEC-B)

Model elektrane korišten u programu RADTRAD za projektnu nesreću izlijevanja nadopunjen je pasivnim sustavom filtracije (PCFVS) – put (12). Alternativni radioaktivni inventar (AST) utvrđuje se na temelju dopunjavanja dijelova ispusta iz NUREG-1465 /197/.



Slika 101: Model RADTRAD za NEK DEC-B nesreću (izvor: /196/)

Legenda kratica modela RADTRAD:
Cs……dio atmosfere zaštitne zgrade koji je pod direktnim utjecajem spreja
Cu……dio atmosfere zaštitne zgrade koji nije pod direktnim utjecajem spreja
An……međuprostor
ENV……okoliš
F……filtar
EAB……kontrolirano područje
LPZ……zona za poduzimanje preventivnih mjera zaštite
MCR……glavna komandna soba

Meteorološki dio

Opis sustava modeliranja

Ovo poglavlje opisuje izračun kapaciteta razrjeđivanja atmosfere u slučaju slučajnog ispuštanja iz NEK-a za šire područje, za udaljenosti do 100 km od izvora u uzorku od jednog mjeseca. Izgrađeni sustav modeliranja je alat za realnu procjenu događaja u atmosferi.

Za šire područje oko NEK-a obrađuju se izvori emisija iz elektrane u atmosferu kao točkasti izvori. Za realistično obrađivanje disperzije iz točkastih izvora najprikladniji su Lagrangeovi modeli čestica u kombinaciji s prostornom 3D ilustracijom meteorološkog stanja atmosfere. Lagrangeovi modeli čestica mogu ispravno ilustrirati porast dima i turbulenciju atmosfere u 3D prostoru uz odgovarajuću vremensku rezoluciju.
Kapaciteti disperzije atmosfere predstavljeni su relativnim koncentracijama, također zvanim disperzijski koeficijenti X/Q, koje koriste konstantnu emisiju za odabrano razdoblje emisije.

Sustav modeliranja za područje 200 x 200 km sa središtem u NEK-u izgrađen je prema modelima WRF /198/ i ARIA Industry. ARIA Industry se sastoji od meteorološkog predprocesora SURFPro, modela vjetra konzistentne mase Minerve i disperzijskog Lagrangeova modela čestica Spray /199/.

Za izračun disperzije korišten je Lagrangeov model čestica Spray. 3D prostorni opis vremenskih varijabli i fizikalni opis karakteristika izvora koji emitira radionuklide iz NEK-a ulazni su podaci u model za izračun disperzije radionuklida u atmosferi.

Model za izradu numeričke vremenske prognoze WRF

Model je postavljen u sljedećoj konfiguraciji:

- verzija WRF: 4.2.1.,
- veća domena: vodoravno 89 x 89 ćelija, svaka ćelija je kvadrat sa stranicom od 12 km,
- manja domena: (s oznakom 2): vodoravno 85 x 85 ćelija, svaka ćelija je kvadrat sa stranicom od 4 km,
- žuti krug s oznakom 2 označava gdje je središte unutarnje (druge) domene,
- vremenski korak je 0,5 h,
- vertikalne razine: tip = ETA, broj razina je 45.



Slika 102: Veća i manja domena odabrane konfiguracije modela WRF (izvor: /196/)

Disperzijski sustav za modeliranje Aria Industry (SURFPro, Minerve i Spray)

Korišteni ulazni podaci i postavke modela Minerve i Spray:

- domena 200 x 200 km s rezolucijom 2 km i središtem u NEK-u, 100 x 100 ćelija vodoravno,
- koordinate domene, lijevi donji kut UTM33: 440000, 4987000,
- digitalni model reljefa iz 2012. (izvorna rezolucija 25 m, pretvorena u rezoluciju modela od 2 km),
- korištenje tla (Corine land cover) od 2018. (izvorna rezolucija 100 m, pretvorena u rezoluciju modela od 2 km),
- izvedeni statički podaci za različita godišnja doba iz uporabe terena: „surface roughness length", „bowen ratio", „albedo" i „soil heat flux",
- prostorna podjela na ćelije vodoravno: 2 km, okomito: terenu primjereni slojevi, prvi sloj pri tlu debljine 10 m, a zatim terenu primjereni sigma koordinatni sustav do visine od 3000 m,
- ulazni vremenski podaci su rezultati modela WRF,
- vremenski korak 0,5 h, prosječne vrijednosti,
- rezultati su prikazani za sloj pri tlu,
- razmatrani mjeseci: veljača, svibanj, kolovoz i studeni 2020.

Fizikalne karakteristike izvora emisije

Razmatraju se tri izvora, glavna ventilacija, prizemni ispust i ispust iz dimnjaka PCFVS.

Ispusti iz glavne ventilacije:
- na lokaciji zaštitne zgrade NEK-a,
- visina dimnjaka: 60 m.

Prizemni ispust:
- na lokaciji zaštitne zgrade NEK-a,
- visina ispusta: 1 m.

Ispusti iz dimnjaka PCFVS:
- na lokaciji zaštitne zgrade NEK-a,
- visina dimnjaka: 58 m.

Validacija korištenih modela

Modeli koje smo koristili u sustavu modeliranja izvorno su bili namijenjeni simulaciji vremenskih uvjeta atmosfere i disperzije lakih onečišćujućih tvari u atmosferu na zahtjevnom, složenom terenu. Provjerili su ih proizvođači (u usporedbi s mjerenjima u naravi) na različitim skupovima podataka /211/, /212/.

Prije korištenja za NEK PVO također smo opsežno validirali modele na području Slovenije koje se nalazi na zahtjevnom dijelu ciljane domene od 200 x 200 km.

Model WRF testirali smo na području Zasavja, Šoštanja i Krškog. Sva su područja vrlo složen teren. Usporedili smo prognoze s mjerenjima na prizemnim meteorološkim postajama u brdima i kotlinama te mjerenja vjetra sa SODAR-om u Šoštanju (vertikalni profil vjetra do 1000 m iznad terena). Također smo opsežno testirali WRF na području NEK-a. Usporedili smo prognoze i mjerenja na prizemnim meteorološkim postajama u širem području, mjerenja na visokom tornju od 70 m u NEK-u i mjerenja sa SODAR-om i RASS-om (vertikalni profil vjetra i temperature do 500 m iznad terena).

Model WRF pokazao se kao vrlo dobar za vremensku prognozu za ovo područje /202/,/203/,/204/.

Modelni sustav ARIA Industry (SURFPro, Minerve, Spray) također je opsežno testiran na području Šoštanja i dijelom na području Zasavja. Na području Šoštanja imamo na raspolaganju znanstveno priznat skup podataka za ispitivanje modela disperzije na vrlo složenom terenu oko Velenjske kotline sa slabim vjetrovima i temperaturnim inverzijama. Riječ je o skupu podataka iz mjerne kampanje „Šoštanj-91", gdje je SO2 iz Termoelektrane Šoštanj korišten kao trag za ispitivanje modela, a emisije i koncentracije u okolišu te meteorološka mjerenja dostupni su u koracima od pola sata /205/. Dodatno smo testirali modelski sustav na podacima „Šoštanj-91" u kombinaciji s ponovnim analizama meteoroloških polja provedenima s modelom WRF. Uspješno smo ilustrirali koncentracije onečišćujućih tvari s modelskim sustavom i ustanovili dobro podudaranje u mjestu i vremenu. Validacije smo proveli unutar slovenskih istraživačkih projekata i u sklopu zadatka testiranja modela za ilustraciju disperzije u blizini nuklearnih elektrana, kamo je MEIS usmjerio ovaj zadatak u programima MODARIA I MODARIA II pri IAEA-i /207/, /208/. Dodatno smo izračunali i relativne koncentracije iz podataka mjerne kampanje „Šoštanj-91". Vrijednosti su u istom području kao i izračunate za područje NEK-a.

Povezivanje izračuna za PVO s provjerenim postavljanjima modela

Modeli ARIA Industry modeli (SURFPro, Minerve, Spray), zajedno korišteni, pokazali su dovoljno dobro slaganje između izmjerenih i izračunatih koncentracija na validacijskom skupu podataka Šoštanj-91 /205/, /206/, /207/, /208/. Izračuni su obavljeni uporabom izmjerenih meteoroloških podataka sa 6 prizemnih meteoroloških postaja smještenih u kotlini i brdima i SODAR mjerenja za područje 15 x 15 km.

Tako prostorno postavljen sustav za modeliranje naziva se referentni sustav modeliranja. Na lokaciji NEK-a nismo provodili ispitivanja praćenja. No budući da je kompleksnost terena i meteorologije nešto manje zahtjevna nego u Šoštanju, opravdano možemo pretpostaviti da će model u sličnom načinu dati

jednako dobre rezultate. Zato smo također proveli izračune za područje od 25 x 25 km s pomoću izmjerene meteorologije (RASS i prizemne postaje) u blizini NEK-a. Tu primjenu nazivamo referentni sustav modeliranja NEK /200/. Zatim smo, u dva koraka, dodali proširenja kako bismo ilustrirali koliko se statistički mijenjaju rezultati disperzije ako upotrebljavamo prognoziranu meteorologiju /200/, /201/, /204/, /205/ iz WRF-a i/ili ako proširimo područje na 200 x 200 km. Svi detalji o referentnom sustavu modeliranja NEK-a prikupljeni su u članku /200/.

Koristili smo meteorološke podatke četiriju prizemnih postaja te podatke o vertikalnom vjetru i profilu temperature (SODAR, RASS) do najviše 500 m iznad razine kotline.

Koristeći se ovim izmjerenim meteorološkim podacima na području od 200 x 200 km kao međurezultatima, provjereno je podudaranje u blizini elektrane između rezultata referentnog sustava modeliranja NEK-a i sustava 200 x 200 km.

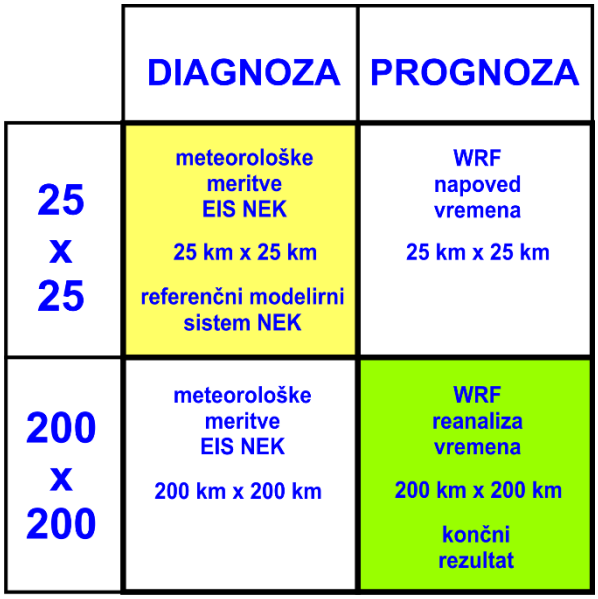
Na sljedećim slikama su pokazani ti rezultati. Prikazane su mjesečne prosječne vrijednosti X/Q izračunate iz polusatnih vrijednosti. Usporedba vrijednosti u ćelijama s najvećom vrijednošću pokazuje da je podudaranje dovoljno dobro. Podudaranje vrijedi za neposrednu blizinu NEK-a gdje se pojavljuju najveće vrijednosti, što je vidljivo iz slika rezultata.

U referentnom sustavu modeliranja NEK-a na maloj domeni utvrđeno je da je od razrađenih mjeseci (veljača, svibanj, kolovoz i studeni 2020., koji su odabrani prema kriteriju da predstavljaju zadnji mjesec meteorološkog godišnjeg doma) mjesečni prosjek X/Q za svibanj 2020. planirani uzorak koji prikazuje smjerove i područja gdje se oblak radionuklida širi, najsličniji godišnjem prosjeku X/Q za 2020. Zato su daljnje obrade na velikoj domeni provedene za svibanj 2020.

Na sljedećim slikama su za usporedbu navedeni sljedeći rezultati za X/Q za prizemni sloj u obrađenom mjesecu svibnju 2020.:

- Referentni rezultati NEK-a X/Q (25 x 25, izmjerena meteorologija) (gore lijevo),
- X/Q rezultati za 25 x 25 km, s prognoziranom meteorologijom (gore desno),
- X/Q rezultati za 200 x 200 km, s izmjerenom meteorologijom (dolje lijevo) i
- X/Q konačni rezultat za 200 x 200 km s prognoziranom meteorologijom (dolje desno) za cijelo područje.

Raspored slika u prikazima rezultata je sljedeći:



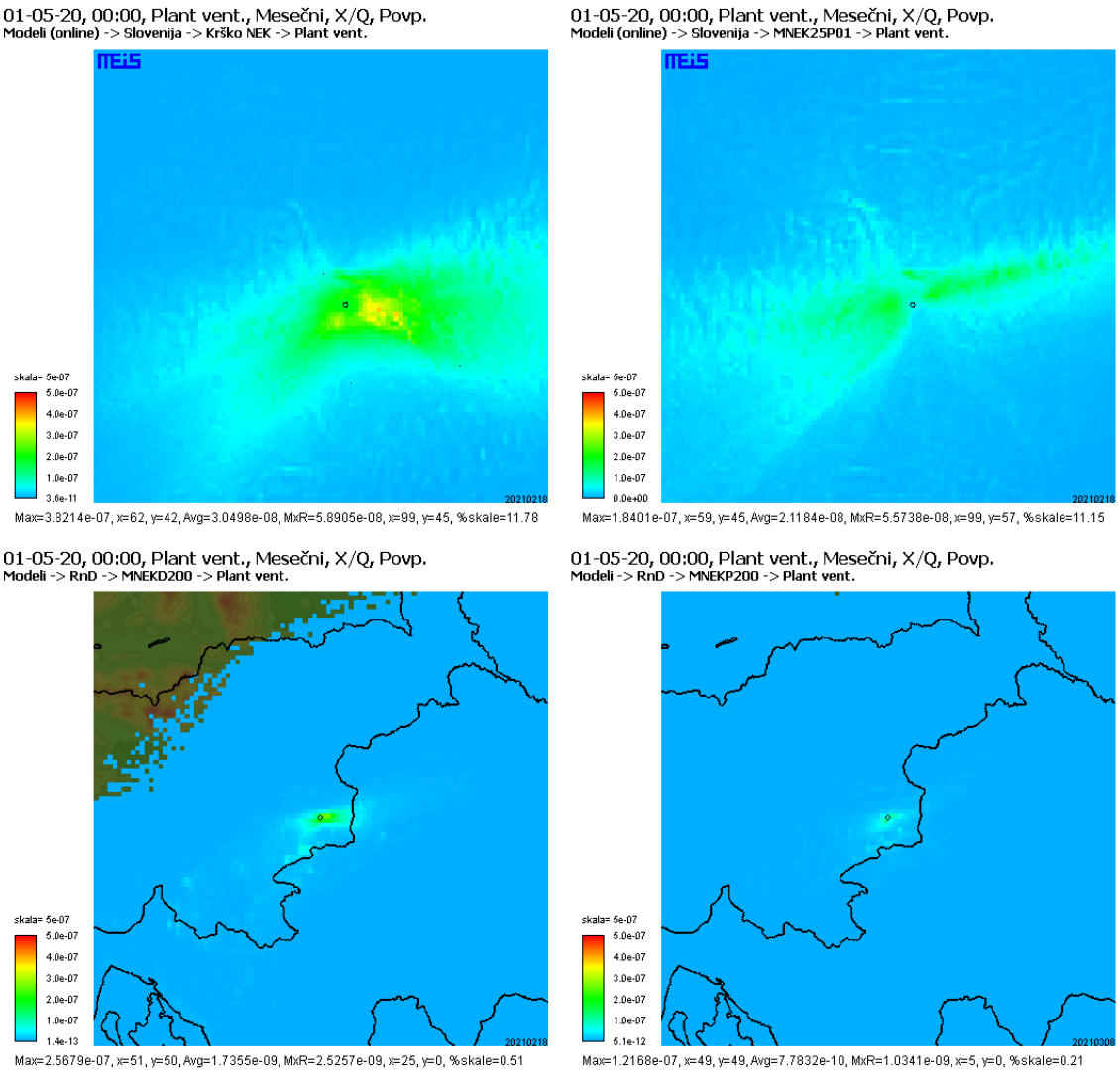
DIAGNOZA	DIJAGNOZA
PROGNOZA	PROGNOZA
meteorološke meritve EIS NEK 25 km x 25 km referenčni modelirni sistem NEK	Meteorološka mjerenja EIS NEK 25 km x 25 km Referentni sustav modeliranja NEK
WRF napoved vremena 25 km x 25 km	WRF prognoza vremena 25 km x 25 km
meteorološke meritve EIS NEK 200 km x 200 km	Meteorološka mjerenja EIS NEK 25 km x 25 km
meteorološke meritve EIS NEK 200 km x 200 km	Meteorološka mjerenja EIS NEK 200 km x 200 km
WRF reanaliza vremena 200 km x 200 km končni rezultat	WRF reanaliza vremena 200 km x 200 km konačni rezultat

Naslov ispod svake slike sadržava sljedeće vrijednosti:

- Max - najveća vrijednost,
- x - lokacija najveće vrijednosti (Max) u ćelijama od zapada prema istoku (Z → I),
- y - lokacija maksimalne vrijednosti (Max) u ćelijama od juga prema sjeveru (J → S),
- Avg - prosječna vrijednost,
- MxR - najveća vrijednost na rubu domene (slike),
- x - lokacija MxR u ćelijama od zapada prema istoku (Z → I),
- y - lokacija MxR u ćelijama od juga prema sjeveru (J → S),
- % skale - MxR vrijednost/najveća granična vrijednost na skali.

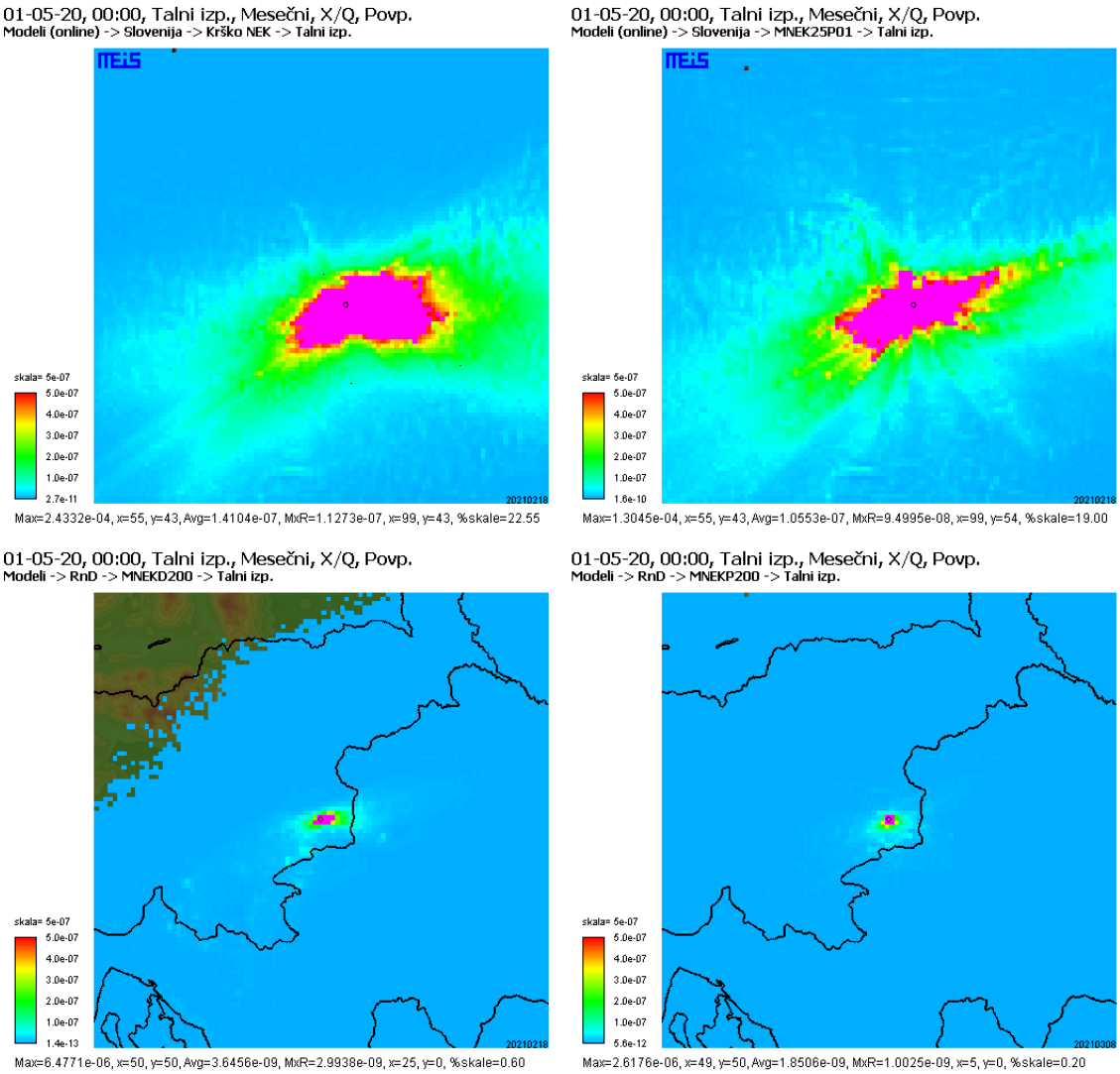
Osnovni rezultati – mjesečni prosjek za svibanj 2020. za X/Q za NEK od 25 x 25 km do 200 x 200 km:

Razmatraju se tri izvora, glavna ventilacija, prizemni ispust i ispust iz dimnjaka PCFVS:



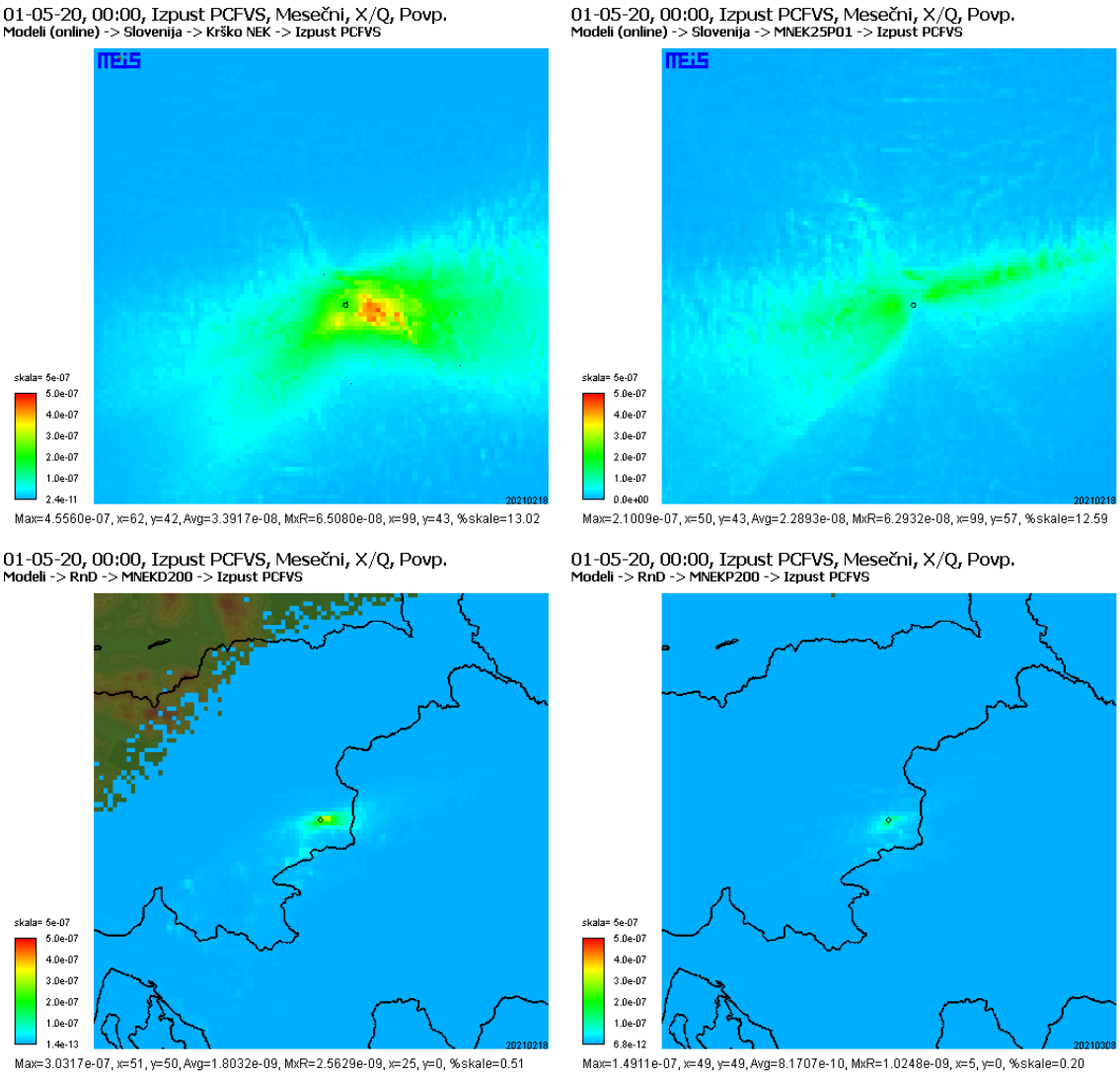
Slika 103: Usporedba mjesečnih prosjeka X/Q za ispust iz glavne ventilacije („Plant vent.") (izvor: /196/)

Razmatrani mjesec prikazan je u naslovima 2D slika rezultata. Prvi stupac prikazuje rezultate dijagnostičkog modeliranja, a drugi prognostičkog. Prvi red prikazuje rezultate modela na manjoj domeni od 25 x 25 km, a drugi red rezultate modela na većoj domeni od 200 x 200 km.



Slika 104: Usporedba mjesečnih prosjeka X/Q za prizemni ispust („Prizemni isp.") (izvor: /196/)

Razmatrani mjesec prikazan je u naslovima 2D slika rezultata. Prvi stupac prikazuje rezultate dijagnostičkog modeliranja, a drugi prognostičkog. Prvi red prikazuje rezultate modela na manjoj domeni od 25 x 25 km, a drugi red rezultate modela na većoj domeni od 200 x 200 km. Vrijednosti prikazane ljubičasto (magenta) veće su od najveće vrijednosti prikazane u legendi crvenom bojom.



Slika 105: Usporedba mjesečnih prosječnih X/Q za PCFVS ispust („PCFVS ispust") (vir: /196/)

Razmatrani mjesec prikazan je u naslovima 2D slika rezultata. Prvi stupac prikazuje rezultate dijagnostičkog modeliranja, a drugi prognostičkog. Prvi red prikazuje rezultate modela na manjoj domeni od 25 x 25 km, a drugi red rezultate modela na većoj domeni od 200 x 200 km.

Statistička obrada rezultata za X/Q

Simulacije i statistička obrada provedene su za svibanj 2020. godine.

Simulacije disperzije izvedene su u koracima od pola sata. Polusatna relativna koncentracija odnosno disperzijski koeficijent (X/Q) osnovni je rezultat.

Za svaku ćeliju prizemnog sloja (za 10.000 ćelija raspoređenih u obliku 2D matrice) provode se vremenske statističke obrade neovisno o ostalima.

Rezultati su:

- osnovni rezultati su polusatni X/Q,
- dodatno se izračunavaju pomični prosjeci za 2, 8, 16, 72 i 624 sata u svakoj ćeliji prostora,
- zatim se određuje 95-percentilno vrijeme u svakoj ćeliji prostora posebno.

Na taj je način dobivena statistička procjena koliko u pojedinoj ćeliji prostora variraju sposobnosti razrjeđivanja atmosfere (utjecaj vremena u vezi s fizikalnim svojstvima izvora).

X/Q za pojedinačnu ćeliju prostora bilo gdje u domeni od 200 x 200 km predstavlja normiranu mjeru udjela brzine doze koju bi stanovnik koji živi u odabranoj ćeliji prostora kod prelaska oblaka primio u slučaju slučajnog ispusta iz NEK-a.

Za odabrani mjesec se zatim za cijelo 2D prostorno područje među svim ćelijama određuju sve vrijednosti 95 percentila na prstenovima za odabrane razrede udaljenosti od NEK-a. U jednom razredu udaljenosti nalaze se sve lokacije na određenoj udaljenosti od NEK-a, bez obzira na smjer. Zatim je svih 95 percentila X/Q statistički obrađeno za svaki razred udaljenosti posebno. Za daljnji izračun doza odabiru se prostorno 95-percentilne vrijednosti vremenskih 95 percentila u odabranom razredu udaljenosti.

Izračuni se izvode za tablice X/Q za glavnu ventilaciju, prizemni ispust i za PCFVS ispust te su ulazni podatak za izračun doze.

Tablica 133: Glavna ventilacija – prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/)

Razred [km]	polurne vrednosti	2 urno drseče	8 urno drseče	16 urno drseče	72 urno drseče	624 urno drseče
3	4.62E-07	4.15E-07	3.59E-07	3.27E-07	2.58E-07	1.48E-07
10	2.43E-07	2.74E-07	2.28E-07	1.87E-07	1.43E-07	5.22E-08
15	1.34E-07	1.37E-07	1.26E-07	1.03E-07	7.23E-08	2.99E-08
20	7.11E-08	7.12E-08	6.76E-08	6.39E-08	4.89E-08	1.80E-08
25	4.16E-08	4.53E-08	4.56E-08	3.84E-08	2.90E-08	1.12E-08
30	2.65E-08	2.72E-08	2.72E-08	2.51E-08	1.96E-08	6.59E-09
35	1.95E-08	2.08E-08	2.30E-08	2.07E-08	1.41E-08	6.00E-09
40	1.63E-08	1.85E-08	2.09E-08	1.93E-08	1.36E-08	5.04E-09
45	1.21E-08	1.32E-08	1.25E-08	1.10E-08	8.32E-09	3.12E-09
50	1.06E-08	1.18E-08	1.20E-08	1.01E-08	7.34E-09	2.75E-09
55	7.88E-09	8.44E-09	8.25E-09	7.71E-09	5.65E-09	2.03E-09
60	6.73E-09	7.36E-09	8.09E-09	7.61E-09	5.25E-09	1.66E-09
65	5.99E-09	6.64E-09	6.34E-09	6.03E-09	3.95E-09	1.50E-09
70	5.12E-09	5.43E-09	5.37E-09	4.89E-09	3.55E-09	1.23E-09
75	4.52E-09	5.08E-09	4.72E-09	4.11E-09	3.35E-09	1.21E-09
80	4.06E-09	4.18E-09	4.14E-09	3.90E-09	3.08E-09	1.08E-09
85	3.34E-09	3.78E-09	3.38E-09	3.04E-09	2.39E-09	8.66E-10
90	3.15E-09	3.22E-09	3.00E-09	2.58E-09	2.25E-09	7.08E-10
95	2.75E-09	2.80E-09	2.56E-09	2.29E-09	1.83E-09	6.26E-10
100	2.78E-09	2.73E-09	2.39E-09	2.14E-09	1.81E-09	5.65E-10

Datoteka: Plant_vent_95perc_95perc-v5.xlsx

Tablica 134: Prizemni ispust – prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/)

Razred [km]	polurne vrednosti	2 urno drseče	8 urno drseče	16 urno drseče	72 urno drseče	624 urno drseče
3	9.18E-06	8.44E-06	6.75E-06	5.23E-06	4.73E-06	2.40E-06
10	6.23E-07	6.84E-07	6.81E-07	6.78E-07	4.07E-07	1.45E-07
15	1.49E-07	1.86E-07	2.12E-07	1.98E-07	1.23E-07	4.28E-08
20	6.75E-08	8.46E-08	9.51E-08	9.28E-08	6.33E-08	2.45E-08
25	4.29E-08	4.87E-08	5.84E-08	5.01E-08	3.89E-08	1.31E-08
30	2.59E-08	2.75E-08	3.28E-08	3.04E-08	2.19E-08	8.37E-09
35	1.85E-08	2.05E-08	2.54E-08	2.29E-08	1.61E-08	7.27E-09
40	1.66E-08	1.87E-08	2.04E-08	1.93E-08	1.51E-08	6.18E-09
45	1.20E-08	1.30E-08	1.37E-08	1.21E-08	8.74E-09	3.43E-09
50	1.03E-08	1.17E-08	1.24E-08	1.10E-08	7.76E-09	3.17E-09
55	7.95E-09	8.62E-09	8.79E-09	7.75E-09	5.79E-09	2.18E-09
60	6.90E-09	7.50E-09	8.22E-09	7.58E-09	5.33E-09	1.82E-09
65	6.27E-09	6.36E-09	6.55E-09	6.09E-09	3.95E-09	1.57E-09
70	4.84E-09	5.29E-09	5.40E-09	4.87E-09	3.56E-09	1.23E-09
75	4.79E-09	5.18E-09	4.74E-09	4.12E-09	3.19E-09	1.19E-09
80	3.85E-09	4.04E-09	4.05E-09	3.59E-09	2.82E-09	1.05E-09
85	3.51E-09	3.81E-09	3.39E-09	2.85E-09	2.34E-09	8.65E-10
90	2.97E-09	3.02E-09	2.78E-09	2.50E-09	2.07E-09	7.23E-10
95	2.78E-09	2.78E-09	2.53E-09	2.24E-09	1.70E-09	6.34E-10
100	2.69E-09	2.65E-09	2.40E-09	2.01E-09	1.70E-09	5.75E-10

Datoteka: Talni izpust_95perc_95perc-v5.xlsx

Tablica 135: PCFVS ispust prostorni 95 percentil vremenskog 95 percentila X/Q [s/m^3] za odabrani razred udaljenosti i odabrani vremenski pomični prosjek (izvor: /196/)

Razdalja [km]	polurne vrednosti	2 urno drseče	8 urno drseče	16 urno drseče	72 urno drseče	624 urno drseče
3	5.24E-07	4.89E-07	4.21E-07	3.88E-07	3.13E-07	1.81E-07
10	2.93E-07	3.05E-07	2.69E-07	2.18E-07	1.49E-07	5.89E-08
15	1.38E-07	1.45E-07	1.39E-07	1.13E-07	7.35E-08	3.17E-08
20	7.09E-08	7.09E-08	7.39E-08	6.45E-08	4.92E-08	1.88E-08
25	4.39E-08	4.64E-08	4.87E-08	4.02E-08	3.01E-08	1.17E-08
30	2.69E-08	2.79E-08	2.86E-08	2.57E-08	2.01E-08	6.86E-09
35	2.01E-08	2.14E-08	2.42E-08	2.13E-08	1.41E-08	6.23E-09
40	1.70E-08	1.87E-08	2.10E-08	2.00E-08	1.41E-08	5.16E-09
45	1.26E-08	1.32E-08	1.25E-08	1.14E-08	8.37E-09	3.27E-09
50	1.07E-08	1.20E-08	1.21E-08	1.04E-08	7.47E-09	2.75E-09
55	7.82E-09	8.31E-09	8.91E-09	8.20E-09	5.50E-09	2.12E-09
60	6.84E-09	7.83E-09	8.43E-09	7.68E-09	5.55E-09	1.70E-09
65	5.78E-09	6.38E-09	6.63E-09	6.29E-09	4.00E-09	1.52E-09
70	5.23E-09	5.46E-09	5.45E-09	5.12E-09	3.59E-09	1.19E-09
75	4.56E-09	4.93E-09	4.89E-09	4.23E-09	3.35E-09	1.22E-09
80	4.11E-09	4.34E-09	4.26E-09	3.88E-09	3.08E-09	1.09E-09
85	3.51E-09	3.63E-09	3.38E-09	2.93E-09	2.39E-09	8.97E-10
90	3.15E-09	3.21E-09	3.01E-09	2.56E-09	2.16E-09	7.09E-10
95	2.78E-09	2.72E-09	2.56E-09	2.34E-09	1.77E-09	6.37E-10
100	2.78E-09	2.77E-09	2.45E-09	2.14E-09	1.76E-09	5.73E-10

Datoteka: PCFVS_95perc_95perc-v5.xlsx

Model disperzije za izračune za udaljenosti iznad 100 km od točke ispusta

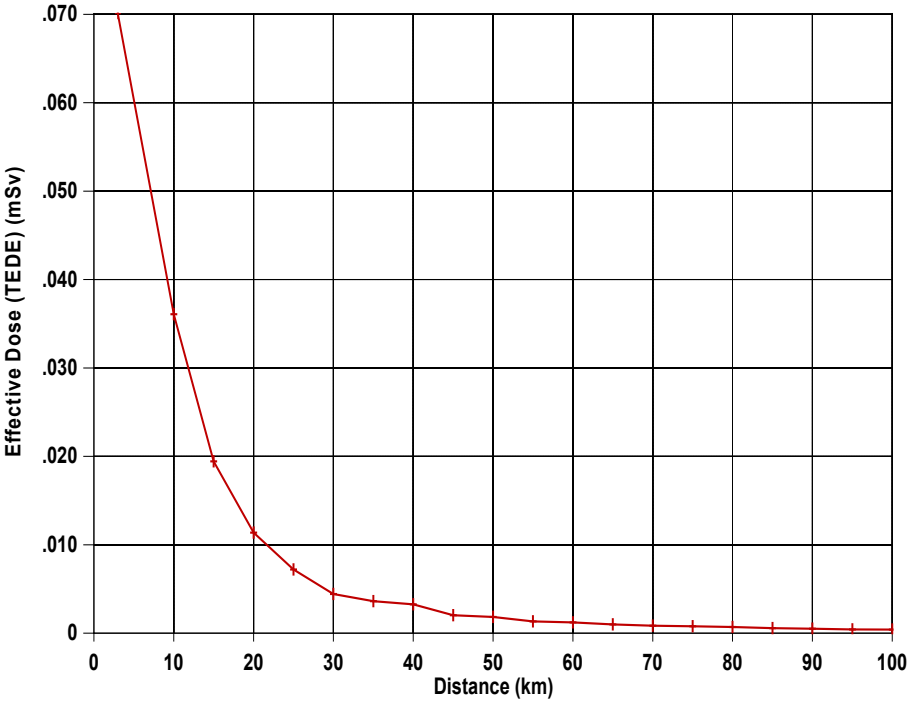
Dodatni izračuni provedeni su s modelom RODOS koji sadržava modele disperzije DIPCOT i LASAT. Napravili smo ih za udaljenosti koje mogu biti veće od 100 km i za usporedbu s RADTRAD i SPRAY rezultatima za područje udaljenosti između 50 i 100 km od izvora.

RODOS /214/ za izračun rabi 5 ugniježđenih mreža različite gustoće od 1 x 1 km u središtu do 16 x 16 km na rubu. Ukupan broj svih ćelija je 8056. RODOS koristi teren izglađen na rezoluciju od 1 x 1 km. Meteorološke ulazne podatke za RODOS pripremio je Hidrometeorološki zavod Hrvatske za 2016. i 2020. godinu. Podaci svake godine imaju svoju prostornu rezoluciju. Za 2016. pripremljeni su podaci svakih 12 sati. Svaki skup podataka uključuje datoteke od 55 sati (1 sat na temelju mjerenja i 54 sata

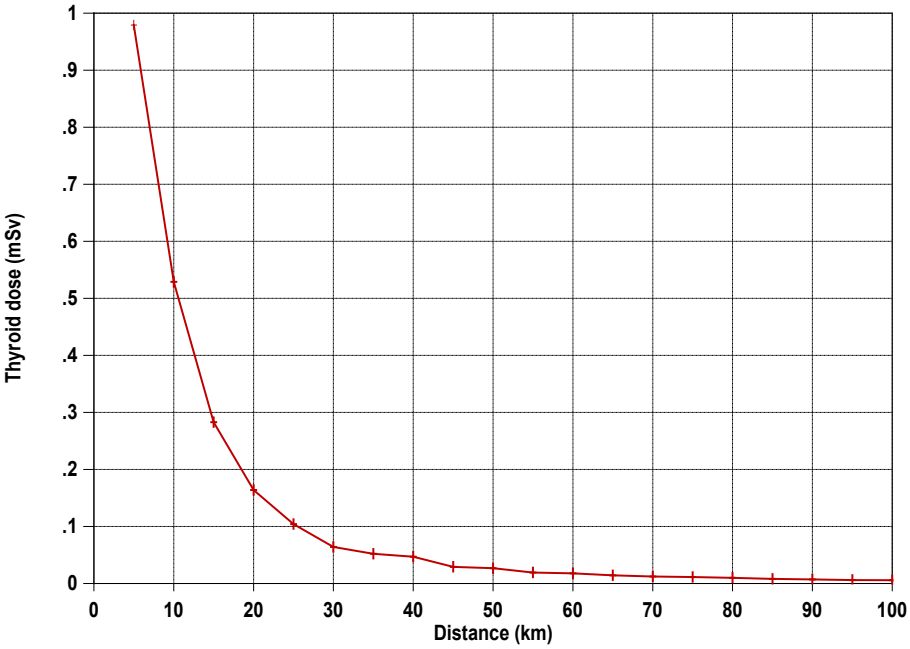
vremenske prognoze). Cijelo područje koje pokrivaju meteorološki ulazni podaci – vremenska prognoza, pravokutnik je centriran na lokaciji NEK-a, širine 36 ćelija u smjeru istok-zapad i 26 ćelija visine u smjeru sjever-jug (svaka ćelija je velika 8 x 8 km , područje pokriva 288 x 208 km). Podaci za 2020. godinu dani su s veličinom ćelije od 4 x 4 km, imaju dodatnih 13 vertikalnih razina i pokrivaju veće područje (144 ćelije u smjeru istok-zapad i 104 ćelije u smjeru sjever-jug, područje pokriva 576 x 416 km). Izračuni su dostupni svakih 6 sati (svaki sadržava 1 sat na temelju mjerenja i 54 sata vremenske prognoze).

Rezultati izračuna doze za slučaj projektne nesreće gubitka hladila (LOCA)

Na temelju rezultata za ispuštanje radioaktivnog inventara, rezultata izračuna za meteorološke uvjete (disperzijski faktori) i s pomoću programa RADTRAD izračunate su doze na određenim udaljenostima od NEK-a. Doze se izračunavaju i prikazuju za prizemni sloj. Rezultati su pokazani na sljedećoj slici za učinkovitu dozu (Slika 106) i zatim (Slika 107) za štitnjaču. U sljedećoj tablici (Tablica 136) kao efektivna 30-dnevna doza (TEDE – Total Effective Dose Equivalent) prema udaljenosti od NEK-a i kao doza štitnjače. Taloženje se ne uzima u obzir u X/Q izračunima jer su vrijednosti u oblaku maksimalne. Kod izračunavanja doze uzimaju se u obzir svi načini izloženosti osim prehrane.



Slika 106: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/)



Slika 107: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)

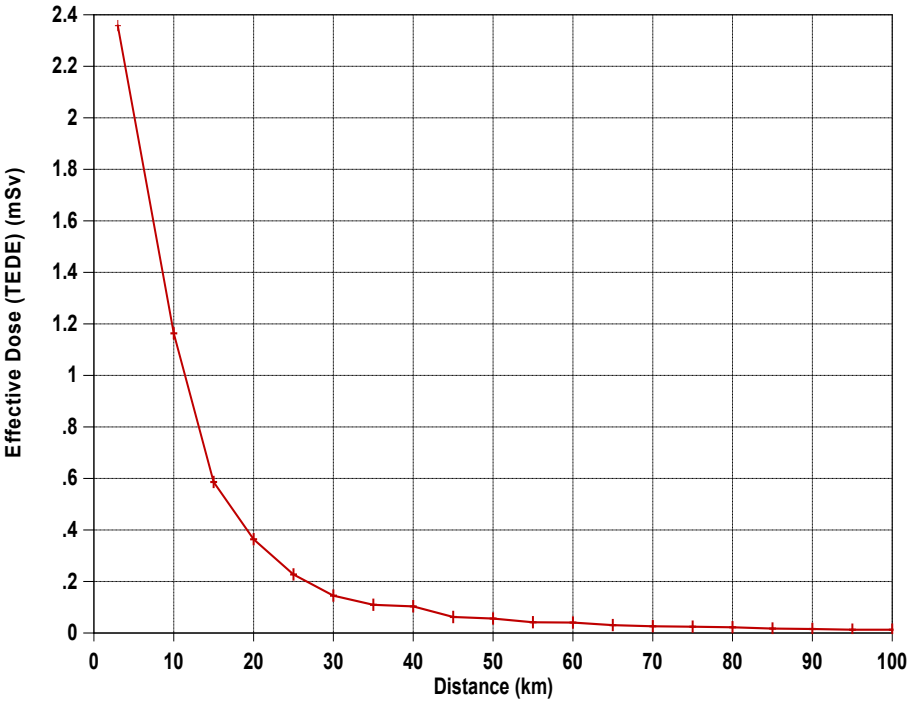
Tablica 136: 30-dnevna doza štitnjače i efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a (za projektnu nesreću (izvor: /196/)

Udaljenost (km)	Štitnjača (mSv)	TEDE (mSv)	Grad
3	9,79E-01	7,01E-02	Krško
10	5,29E-01	3,61E-02	najbliža granica s Hrvatskom
15	2,83E-01	1,94E-02	
20	1,64E-01	1,14E-02	
25	1,04E-01	7,20E-03	
30	6,42E-02	4,43E-03	Novo Mesto
35	5,20E-02	3,62E-03	Zagreb (HR)
40	4,71E-02	3,26E-03	Celje
45	2,93E-02	2,02E-03	
50	2,67E-02	1,84E-03	Karlovac (HR)
55	1,93E-02	1,33E-03	
60	1,77E-02	1,22E-03	Kočevje
65	1,44E-02	9,92E-04	
70	1,23E-02	8,43E-04	Maribor
75	1,13E-02	7,84E-04	Varaždin (HR), najbliža granica s Austrijom
80	1,00E-02	6,95E-04	Ljubljana
85	8,16E-03	5,63E-04	Sisak (HR)

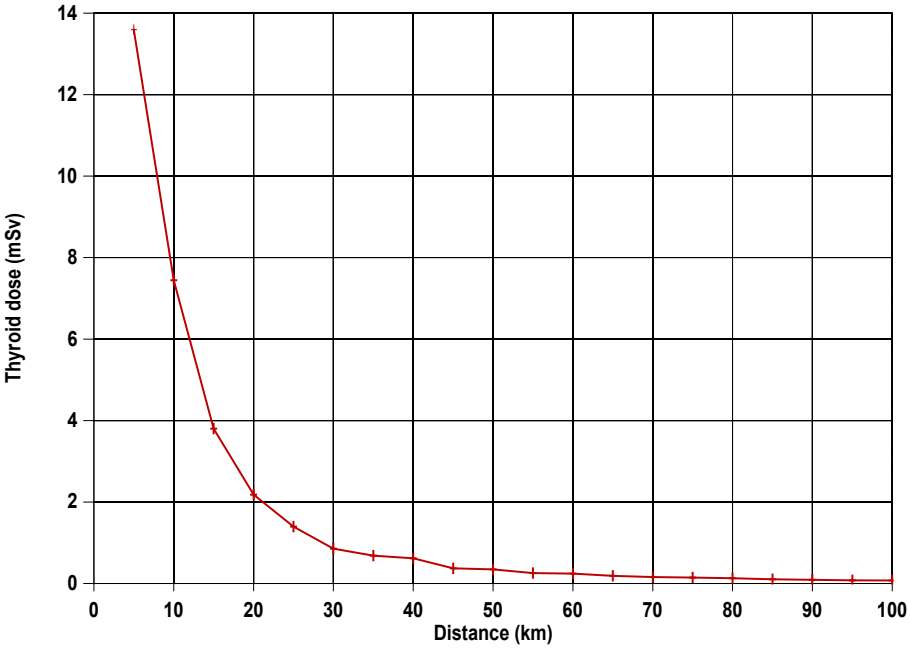
Udaljenost (km)	Štitnjača (mSv)	TEDE (mSv)	Grad
90	7,20E-03	4,95E-04	
95	6,12E-03	4,22E-04	Kranj, Murska Sobota, Lipnica (A)
100	5,81E-03	3,99E-04	Postojna, najbliža granica s Mađarskom

Rezultati izračuna za proširenu projektnu nesreću (DEC-B)

Rezultati su prikazani na slikama koje slijede (Slika 108 i Slika 109) i u tablici koja slijedi (Tablica 137).



Slika 108: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)



Slika 109: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)

Tablica 137: 30-dnevna doza štitnjače i efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)

Udaljenost (km)	Štitnjača (mSv)	TEDE (mSv)	Grad
3	1,35E+01	2,36E+00	Krško
10	7,44E+00	1,16E+00	najbliža granica s Hrvatskom
15	3,80E+00	5,86E-01	
20	2,18E+00	3,64E-01	
25	1,40E+00	2,27E-01	
30	8,56E-01	1,45E-01	Novo Mesto
35	6,85E-01	1,09E-01	Zagreb (HR)
40	6,19E-01	1,04E-01	Celje
45	3,71E-01	6,19E-02	
50	3,46E-01	5,62E-02	Karlovac (HR)
55	2,55E-01	4,15E-02	
60	2,44E-01	4,04E-02	Kočevje
65	1,88E-01	3,03E-02	
70	1,59E-01	2,63E-02	Maribor
75	1,46E-01	2,45E-02	Varaždin (HR), najbliža granica s Austrijom
80	1,29E-01	2,22E-02	Ljubljana
85	1,02E-01	1,74E-02	Sisak (HR)
90	9,08E-02	1,55E-02	
95	7,65E-02	1,29E-02	Kranj, Murska Sobota, Lipnica (A)
100	7,39E-02	1,26E-02	Postojna, najbliža granica s Mađarskom

Za izračune doze na udaljenostima većima od 100 km od izvora bili su izvedeni dodatni izračuni s programom JRodos za projektnu nesreću (LOCA) i za proširenu projektnu nesreću (DEC-B). Izračunate doze na 100 km usporedive su s onima izračunatima s modelom koji se koristi za izračunavanje do 100 km. Na udaljenostima većima od 100 km prikazano je očekivano daljnje smanjenje doze s povećanjem udaljenosti od izvora.

Izračuni za projektnu nesreću LOCA s upotrebom programa JRodos

Upotrijebili smo isti radioaktivni inventar kao što je prethodno opisano u tumačenju projektne nesreće LOCA. Izostavljene aktivnosti (u Bq) za važne izotope udružili smo u tri vremenska intervala (za prvi dan, od prvog do trećeg dana i od trećeg do tridesetog dana) i njih smo prikazali u tablici (Tablica 138).

Tablica 138: Aktivnosti većih otpuštenih izotopa za projektnu nesreću LOCA (izvor: /196/)

0,0 – 24,0 h	24,0 – 72,0 h	72,0 – 720 h	Total
Kr-85 1,7749E+13	Kr-85 4,4774E+13	Kr-85 5,2844E+14	Kr-85 5,9096E+14
Kr-85m 7,1662E+13	Kr-85m 5,3687E+12		Kr-85m 7,7031E+13
Kr-87 1,0941E+13			Kr-87 1,0941E+13
Kr-88 8,6110E+13	Kr-88 1,1840E+12		Kr-88 8,7294E+13
I-131 1,4780E+13	I-131 8,9780E+12	I-131 2,6292E+13	I-131 5,0050E+13
I-132 3,5760E+12	I-132 9,6204E+08		I-132 3,5770E+12
I-133 2,2692E+13	I-133 5,1112E+12	I-133 1,1104E+12	I-133 2,8914E+13
I-134 2,3094E+12			I-134 2,3094E+12
I-135 1,1870E+13	I-135 3,6149E+11		I-135 1,2231E+13
Xe-133 3,2447E+15	Xe-133 6,9147E+15	Xe-133 1,9532E+16	Xe-133 2,9691E+16
Xe-135 3,2902E+14	Xe-135 1,1702E+14		Xe-135 4,4604E+14
Cs-134 1,7926E+12	Cs-134 1,1960E+12	Cs-134 7,3445E+12	Cs-134 1,0333E+13
Cs-136 5,5574E+11	Cs-136 3,4288E+11	Cs-136 1,2735E+12	Cs-136 2,1721E+12
Cs-137 1,1723E+12	Cs-137 7,8310E+11	Cs-137 4,8545E+12	Cs-137 6,8099E+12

Otpušteni izotopi (60 izotopa) za kontinuirano ispuštanje u programu RADTRAD organizirani su u 8 intervala s konstantnom brzinom ispuštanja. Ista količina radioaktivnih tvari ispušta se i u programu RODOS. Koristili smo standardne duljine vremenskih intervala: od 0 do 0,5 h, od 0,5 do 2 h, od 2 do 4 h, od 4 do 8 h, od 6 do 12 h, od 12 do 24 h, od 24 do 48 h i od 48 do 72 h. Prvi interval se smatra izravnim ispuštanjem iz zaštitne zgrade na niskoj temperaturi i na tlu. Svi sljedeći intervali smatraju se ispustima iz glavne ventilacije, sa srednjom temperaturom i početnom brzinom.

Odabrali smo ovaj scenarij kako bismo naglasili transport na velike udaljenosti. Cijeli izračun u RODOS-u pokriva 72 sata događaja. Izračun projektne nesreće pretpostavlja kontinuirano ispuštanje do 30 dana. Kako bi izračuni s RODOS-om bili računski upravljivi, povećali smo ispuštanja u posljednjem intervalu (s 48 na 72 h) za sve aktivnosti koje bi bile ispuštene do posljednjeg, 30. dana. Kako bismo provjerili posljedice takve pretpostavke, napravili smo dodatne izračune (rabeći model DIPCOT u RODOS-u gdje smo dodatno povećali interne računske vremenske intervale između pojedinačnih ispuštenih paketa s 10 na 30 sekundi).

Korištenjem 30-dnevnog razdoblja ispuštanja u cijelosti su se obično malo smanjile doze za obližnje lokacije i povećale doze za udaljenije lokacije u usporedbi s korištenjem ispuštanja u samo 3 dana. S obzirom na to da su efektivne 30-dnevne doze na udaljenosti od 100 km niske, to nije problem. Izračuni efektivne 30-dnevne doze napravljeni su bez uključenih zaštitnih mjera. Razmotreni su svi mehanizmi koji uzrokuju dozu zbog radioaktivnosti osim prehrane. Početna vremena ispuštanja u zrak biraju se nasumično unutar svakog dana, po jedno dnevno, za svaki dan u 2016.

Međutim, nakon što su odabrana početna vremena ispuštanja, iskoristili smo ih za sve daljnje izračune, a ispušteni radioaktivni inventar je isti za sva početna vremena za istu vrstu nesreće. Na taj se način doze dviju razmatranih vrsta nesreća mogu međusobno usporediti. Izračunima za 2020. provjerili smo

jesu li se doze u dvije godine znatno razlikovale zbog različitog vremena u blizini NEK-a. Pokazali smo da su izračunate percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima, a zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) slične. Krivulje ovisnosti efektivne 30-dnevne doze od udaljenosti od izvora prikazane su na slici (Slika 110). Na slikama se koristila oznaka „95 %" kao kratka zamjena za „95 percentila".

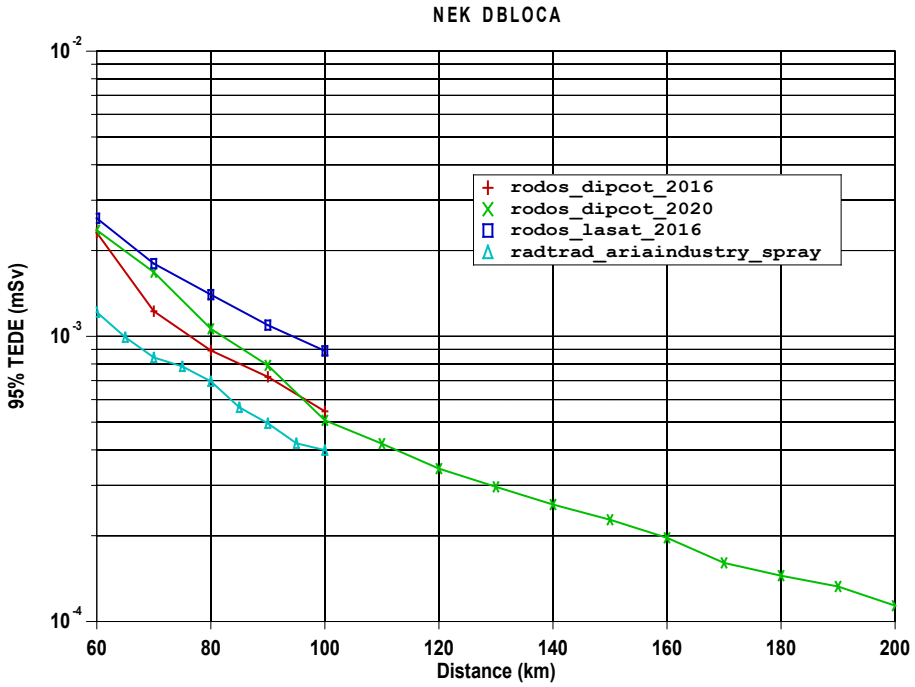
Za 2016. godinu prvo smo radili izračune koristeći model disperzije DIPCOT, a zatim (otprilike duplo sporiji) model LASAT. Željeli smo proučiti utjecaj različitih modela disperzije. LASAT je predvidio niže doze u blizini izvora i veće doze na udaljenosti iznad 100 km od izvora. Razlika, međutim, nije toliko bitna jer su oba modela predviđala niske 95-percentilne vrijednosti. Model LASAT nismo rabili za izračune za 2020. (s više vremenskih podataka za šire područje) zbog sporosti i zato što je općenito predviđao niske efektivne 30-dnevne doze za velike udaljenosti.
Utjecaj različitih meteoroloških podataka za 2016. i 2020. godinu na izračun doza zbog projektne nesreće testiran je samo s pomoću modela DIPCOT. Kao što je prikazano, doze su slične, razlika između godina je manja od razlika između rezultata različitih modela disperzije za istu godinu. U slučaju proširene projektne nesreće upotrebljavali smo model disperzije LASAT za obje godine. U tom slučaju razlika doza između godina bila je čak i manja nego u usporedbi s korištenjem modela disperzije DIPCOT.

Efektivne 30-dnevne doze izračunate s RODOS-om veće su od onih izračunatih s vrijednostima RADTRAD i SPRAY X/Q. Razlika je očekivana jer modeli koriste različite prostorne rezolucije za prikaz terena i meteoroloških podataka. Dodatno, pristup izračunavanju doze je drugačiji, RODOS ima intervale s prosječnim ispuštanjem i disperzijom ovisnom o vremenu, a RADTRAD ima vremenski ovisno ispuštanje i pomične vremenske prosjeke. Zbog manjeg prostornog područja za koje su dani meteorološki podaci za 2016. u RODOS-u, rezultati za 2016. za RODOS dani su samo do 100 km. Za 2020. godinu RODOS je rabio meteorološke podatke za udaljenosti do 200 km od izvora.

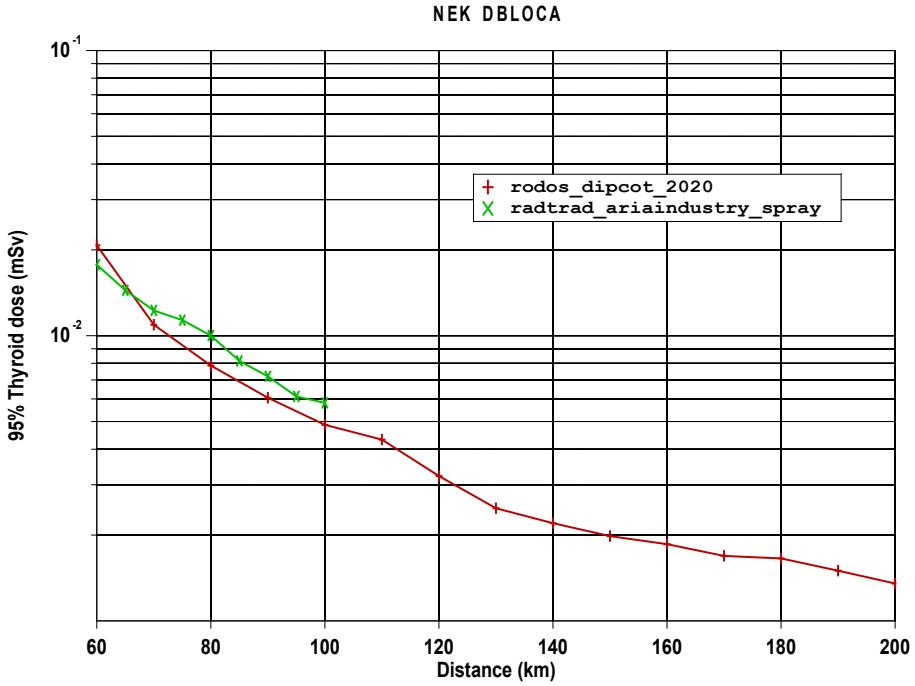
Izračunate 95-percentilne vrijednosti za efektivnu 30-dnevnu dozu za udaljenosti od 60 do 200 km od izvora upotrebom modela disperzije DIPCOT za 2020. navedene su u tablici (Tablica 139). Sve izračunate vrijednosti ispod 0,1 mSv unutar su regulatornih granica za 30-dnevnu izloženost (pri čemu su korištene granice za opću populaciju). Odgovarajuće 30-dnevne doze za štitnjaču navedene su na slici (Slika 111). U ovom slučaju doze RADTRAD nešto su veće zbog različitih brzina disanja u odnosu na RODOS (RODOS koristi normalnu brzinu disanja, a RADTRAD vrijednosti kao što su navedene u USAR poglavlju 15).

Tablica 139: Percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) s obzirom na udaljenost od NEK-a za efektivnu 30-dnevnu dozu i 30-dnevnu dozu štitnjače, za projektnu nesreću za 2020. godinu, izračunate s modelom disperzije DIPCOT (izvor: /196/)

Udaljenost (km)	Efektivna 30-dnevna doza (mSv)	Udaljenost (km)	30-dnevna doza štitnjače (mSv)
60	0,23565E-02	60	0,20746E-01
70	0,16788E-02	70	0,10919E-01
80	0,10622E-02	80	0,78567E-02
90	0,79108E-03	90	0,60579E-02
100	0,50768E-03	100	0,48695E-02
110	0,42034E-03	110	0,43225E-02
120	0,34378E-03	120	0,32201E-02
130	0,29657E-03	130	0,24816E-02
140	0,25708E-03	140	0,22004E-02
150	0,22758E-03	150	0,19823E-02
160	0,19650E-03	160	0,18572E-02
170	0,16058E-03	170	0,16895E-02
180	0,14483E-03	180	0,16557E-02
190	0,13271E-03	190	0,14988E-02
200	0,11365E-03	200	0,13520E-02



Slika 110: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/)



Slika 111: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za projektnu nesreću (izvor: /196/)

U slučaju korištenja RODOS-a ovisnost efektivne 30-dnevne doze i doze štitnjače (oba puta 95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) o udaljenosti od NEK-a izračunata je iz skupa 2D slučajeva pojedinačnih doza (Slika 112 i Slika 114). Svaki pojedinačni slučaj pripada jednom nasumično odabranom početku ispuštanja, mi smo

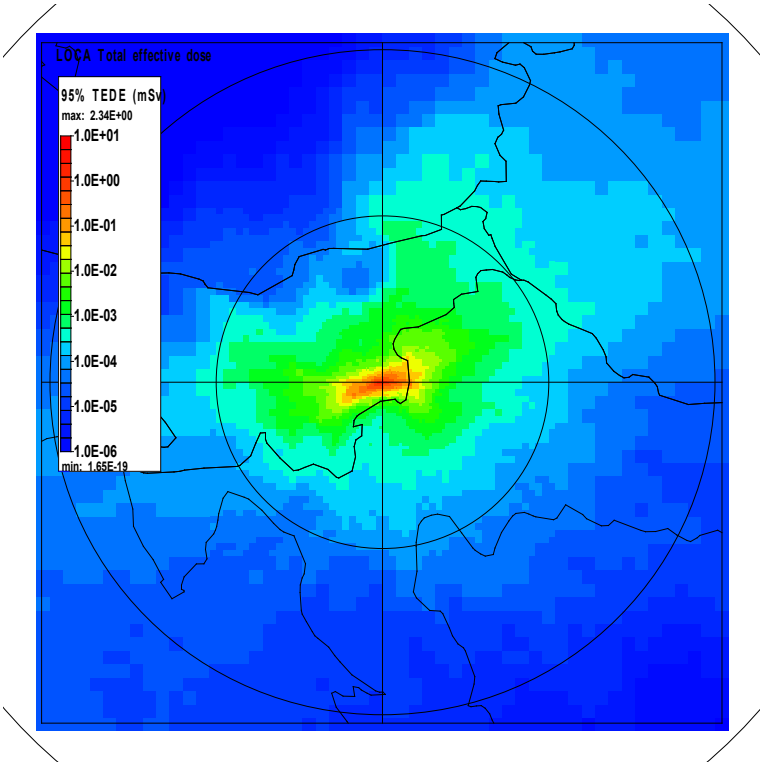
odabrali jedno ispuštanje svaki dan u nasumične sate u danu. Na taj smo način obuhvatili različite vremenske situacije koje uvjetuju disperziju. Prvo smo iz skupa svih razmatranih primjera izračunali 95 percentila u svakoj točki (može se nazvati percentil pokrivenih vremenskih situacija). Zatim smo izračunali 95 percentila prema udaljenostima od izvora.

Prikazujemo rezultate izračuna s korištenim modelom disperzije DIPCOT u RODOS-u. Skup rezultata za statističku obradu sadržavao je jednu vremensku situaciju za svaki dan za 311 dana 2020. godine. Ista trajektorija ispuštanja počinje u različitim satima i pripadajućim vremenskim uvjetima koji određuju disperziju.

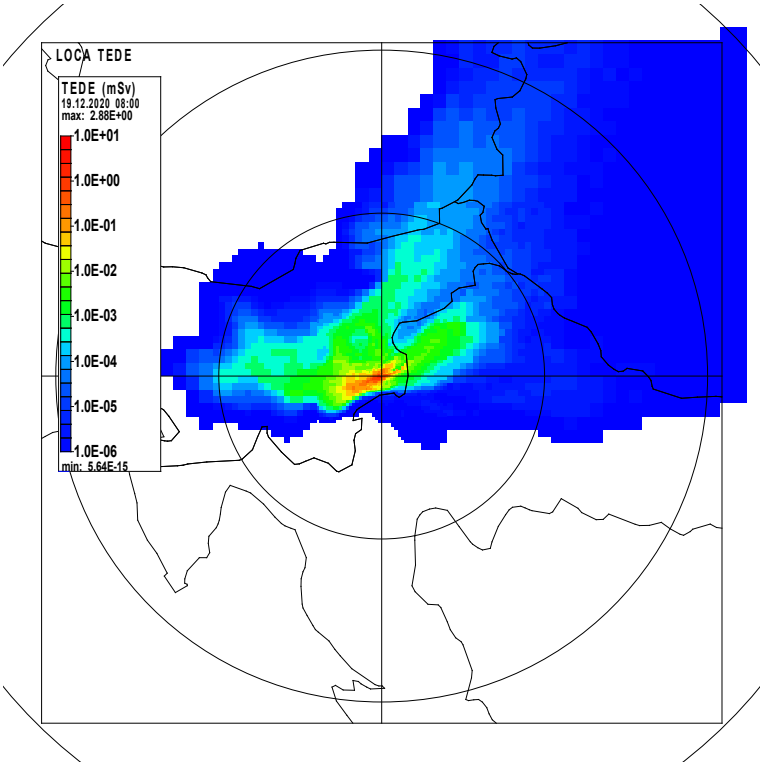
95-percentilna vrijednost na 2D raspodjeli određena je za odabranu ćeliju na način da samo u 5 % svih razmatranih vremenskih slučajeva vrijednost u ćeliji može biti veća od te vrijednosti. Krugovi na slikama iscrtani su na 100 i 200 km udaljenosti od NEK-a. Kako bismo ilustrirali razliku između statistički obrađenog 2D rezultata (95-percentilne vrijednosti) i raspodjele doze za jedno ispuštanje, dodatno prikazujemo 2D raspodjelu za efektivnu 30-dnevnu dozu za ispuštanje koje je počelo 19. prosinca 2020. u 08:00 i 2D raspodjelu za dozu štitnjače za ispuštanje koje je počelo 25. kolovoza 2020. u 18:00 na slikama (Slika 113 i Slika 115).

Za izračunavanje ovisnosti doze o udaljenosti za udaljenosti između 10 i 200 km od NEK-a, izračunava se (prostorna) 95-percentilna vrijednost iz svih doza u ćelijama na 2D raspodjeli za odabrani prsten za određenu udaljenost od izvora. Ponovno 95 percentila znači da samo 5 % količine ćelija ima veće vrijednosti od potonjeg.
Dodatni uvid u ekološke posljedice ispuštanja može se dobiti izračunom integriranih koncentracija aktivnosti izotopa (Bq*s/m^3) za odabrane izotope (Cs-134, I-131, Xe-133), prikazane na slikama (Slika 116, Slika 117, Slika 118). Zajedno su prikazani rezultati izračuna s RADTRAD-om i SPRAY-em te s RODOS-om (za 2016. i 2020.). Statistički se obrađuju na isti način kao i doze. Integralne koncentracije vremenski su integrirane vrijednosti koje se javljaju na odabranoj lokaciji bez uzimanja u obzir radioaktivnog raspada.
Stanovnik koji bi bio izvan odabrane lokacije tijekom prolaska oblaka bio bi izložen takvim koncentracijama vremenski zaredom za svaki računski interval. Međutim, to nisu koncentracije u okolišu u odabrano vrijeme. U slučaju izračuna RADTRAD-a i SPRAY-a, to su produkti brzine ispuštanja i X/Q vrijednosti bez kašnjenja zbog transporta. Zbog različitih metodologija, razlike prikazane na grafikonu su očekivane. Međutim, očekuje se da će razlike između godina biti male.

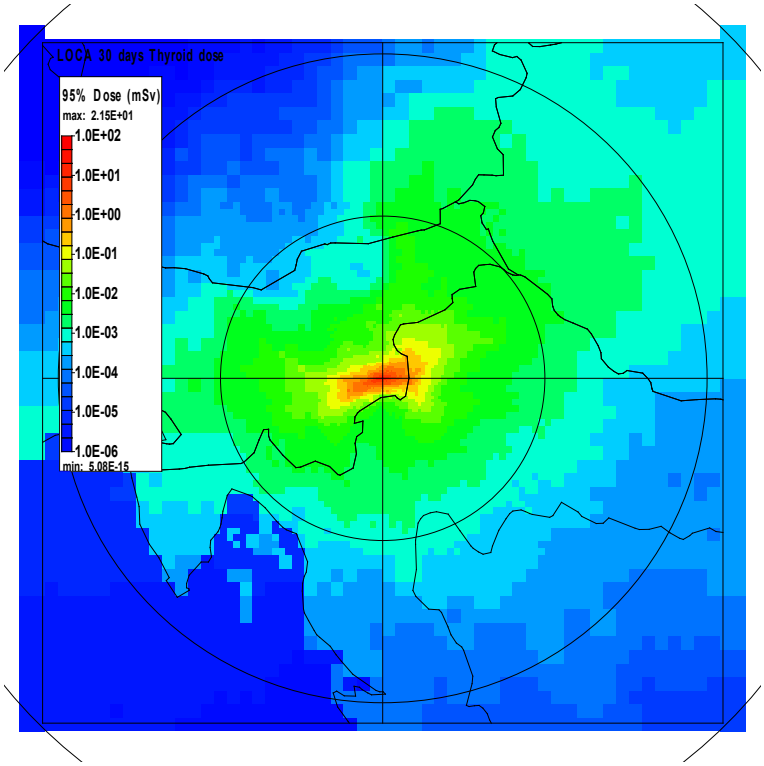
Vrijednosti na grafovima za ovisnost integriranih koncentracija aktivnosti izotopa u zraku od udaljenosti od izvora izračunate su prema istom statističkom postupku kao što je već objašnjeno za doze. 2D raspodjele 95 percentila vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa izračunate s modelom disperzije DIPCOT u RODOS-u za 2020. za izotope Cs-134, I-131 i Xe-133 prikazane su na slikama (Slika 119, Slika 121, Slika 123). Za ilustraciju, dodali smo još 2D distribucije za nasumično odabrane vremenske slučajeve. Ti su prikazani na slikama (Slika 120, Slika 122, Slika 124).



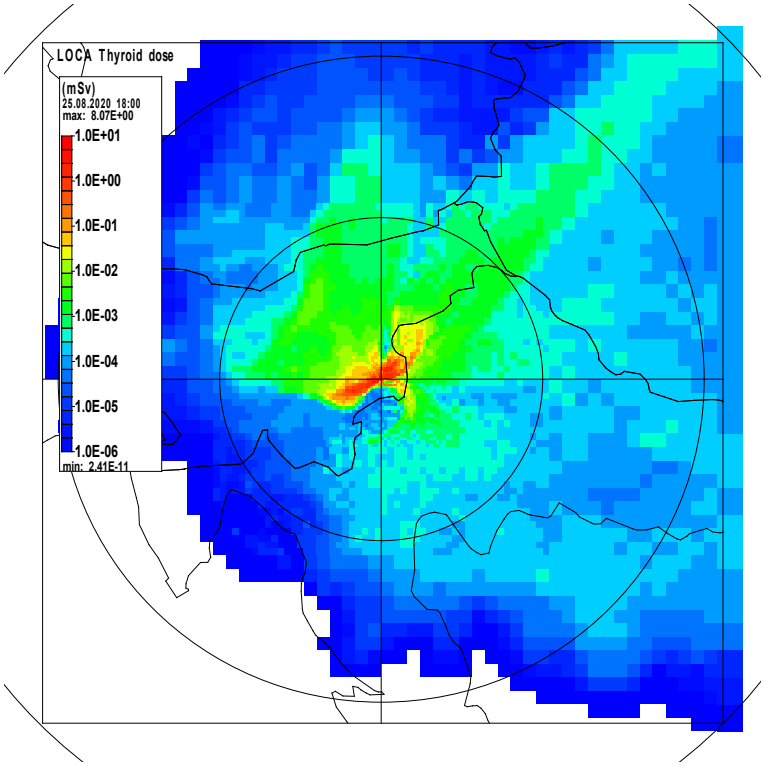
Slika 112: 95-percentilne vrijednosti efektivne 30-dnevne doze za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/)



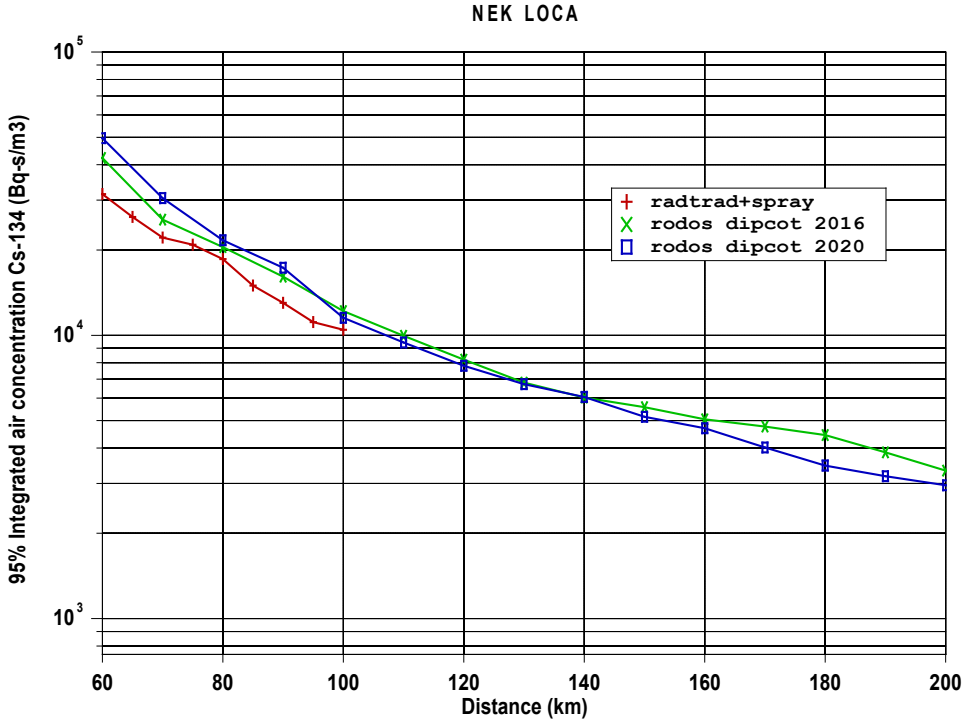
Slika 113: Efektivne 30-dnevne doze za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 19. prosinca 2020. u 08:00 (izvor: /196/)



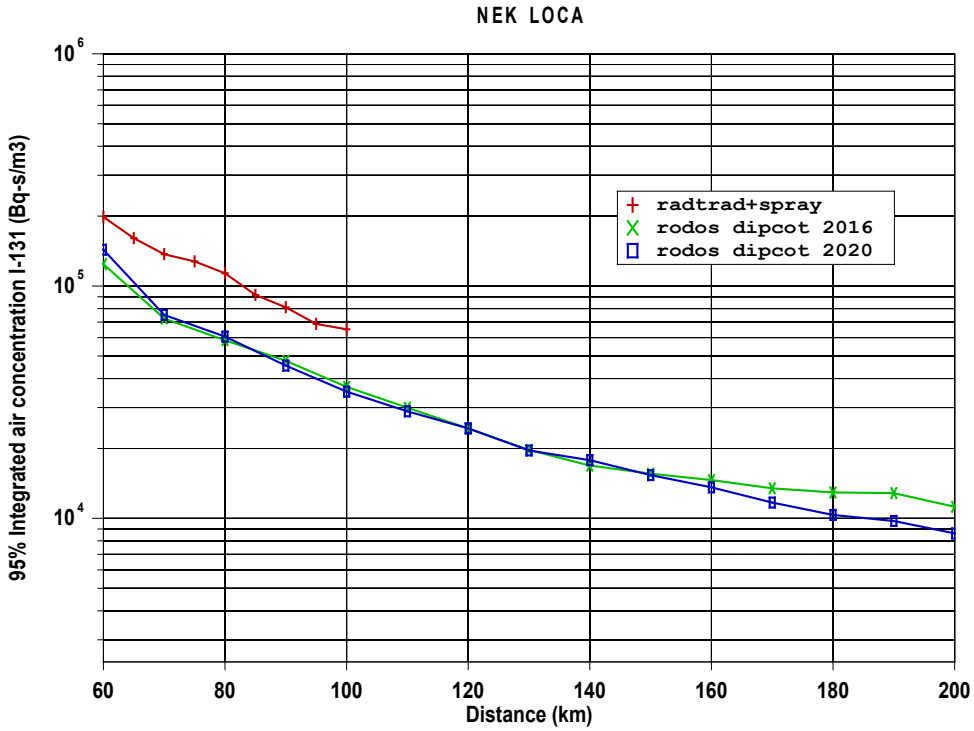
Slika 114: 95-percentilne vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/)



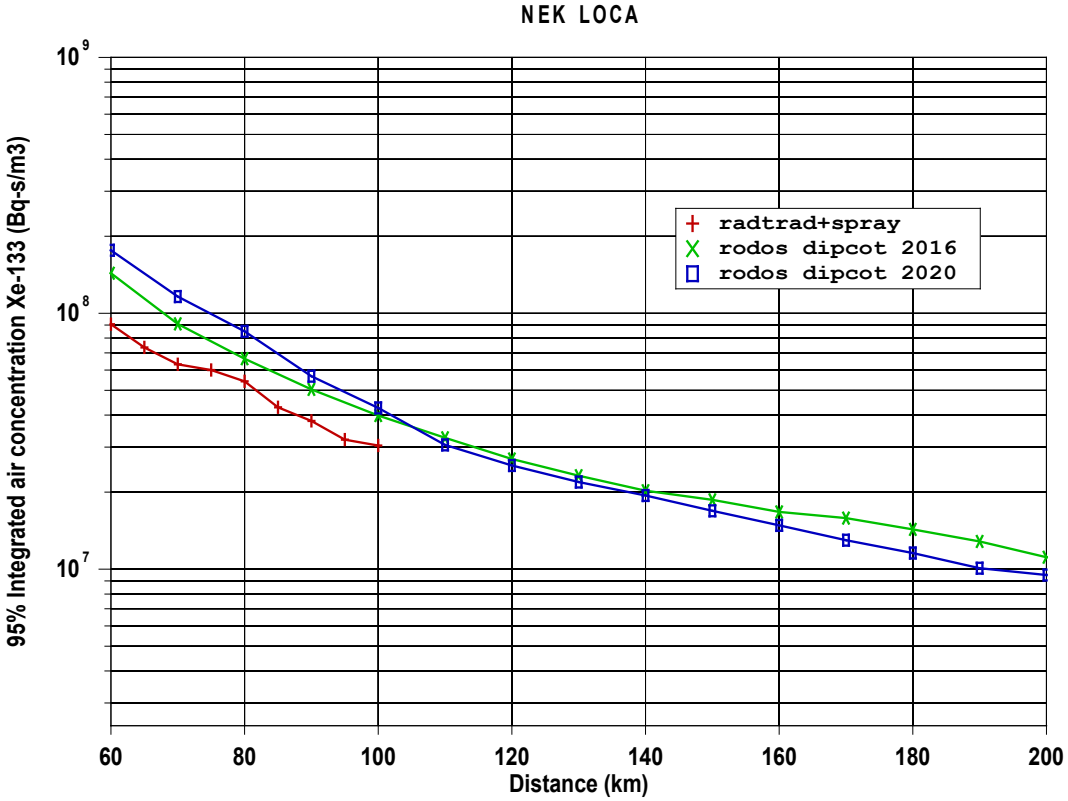
Slika 115: Vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 25. kolovoza 2020. u 18:00 (izvor: /196/)



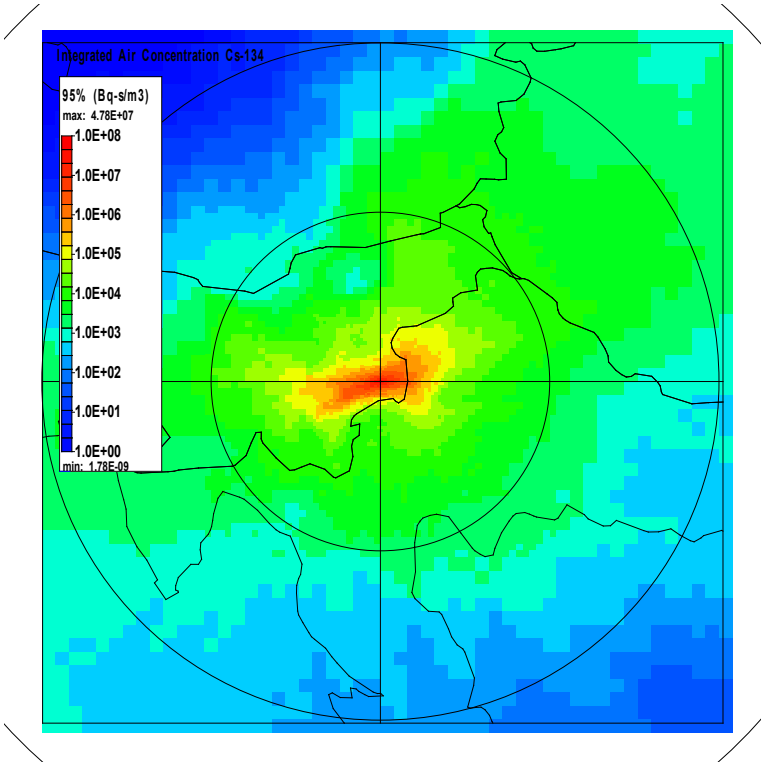
Slika 116: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Cs-134 (Bq-s/m³) za projektnu nesreću (izvor: /196/)



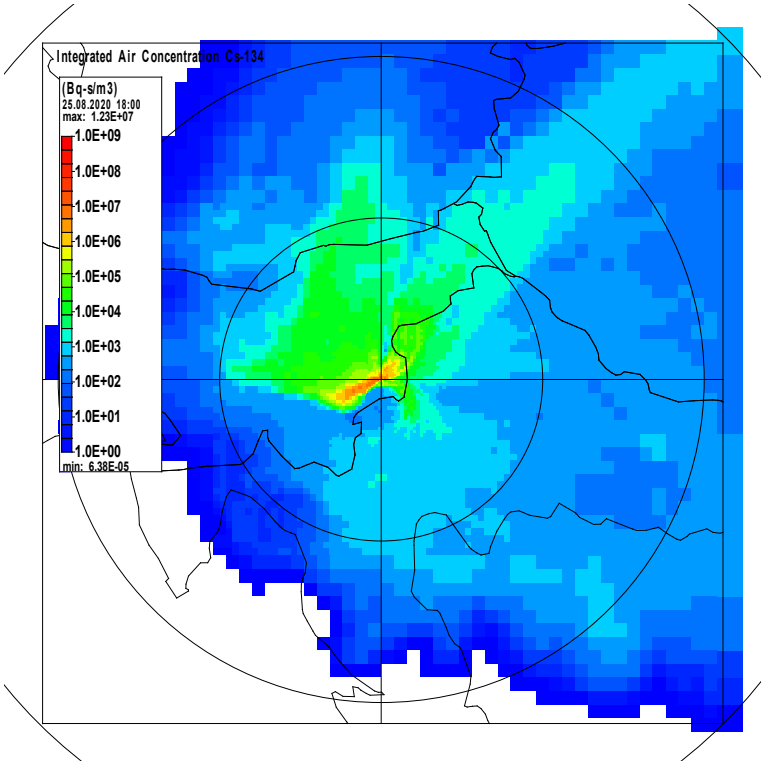
Slika 117: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za I-131 (Bq-s/m³) za projektnu nesreću (izvor: /196/)



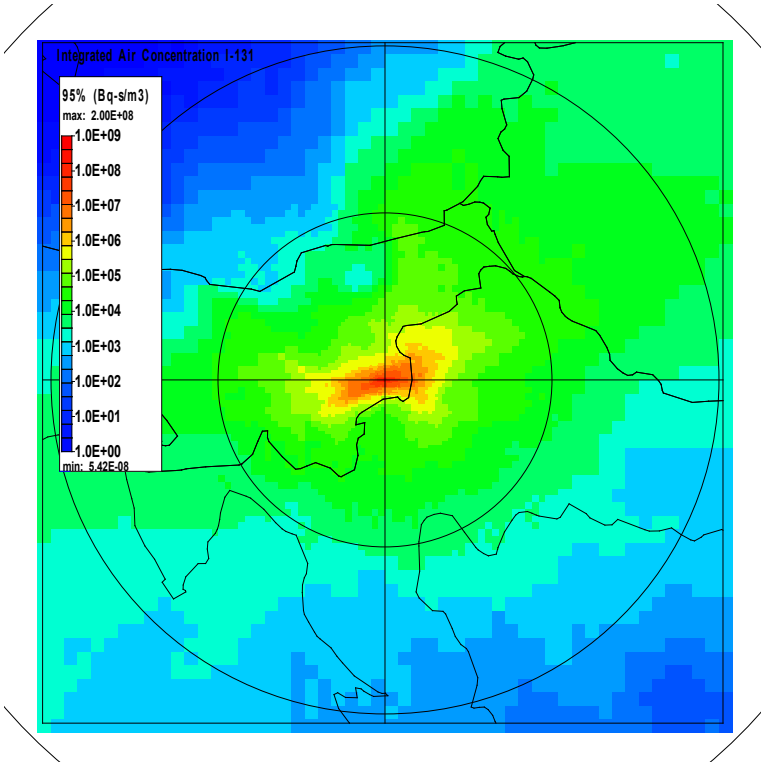
Slika 118: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Xe-133 (Bq-s/m^3) za projektnu nesreću (izvor: /196/)



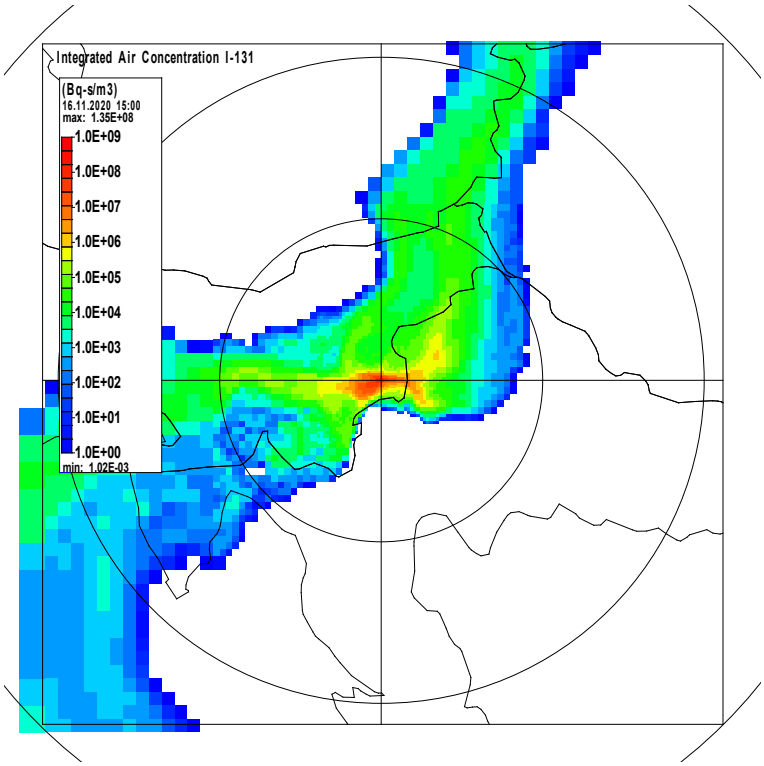
Slika 119: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 (Bq-s/m³), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



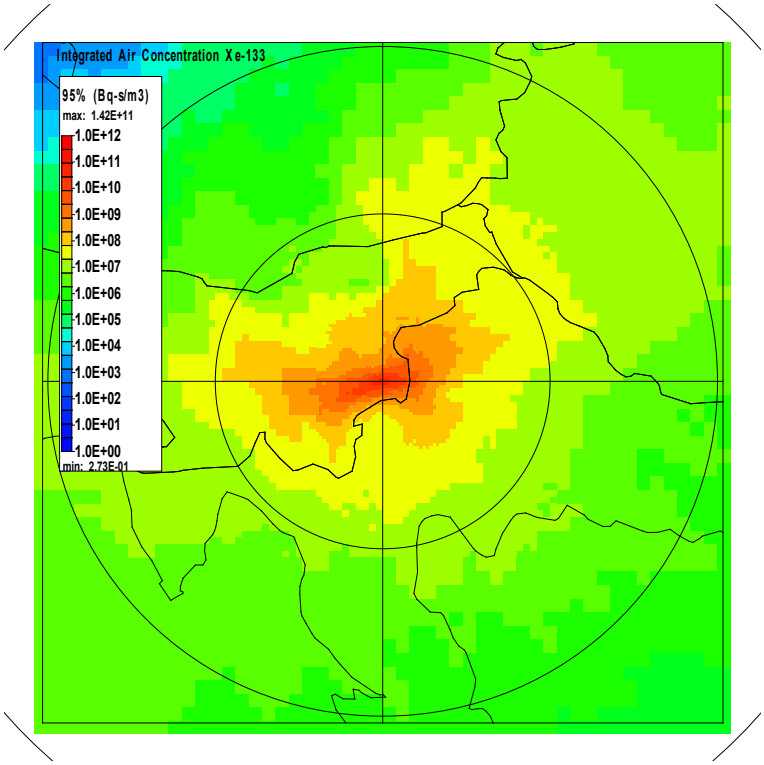
Slika 120: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 25. kolovoza 2020. u 18:00 (izvor: /196/)



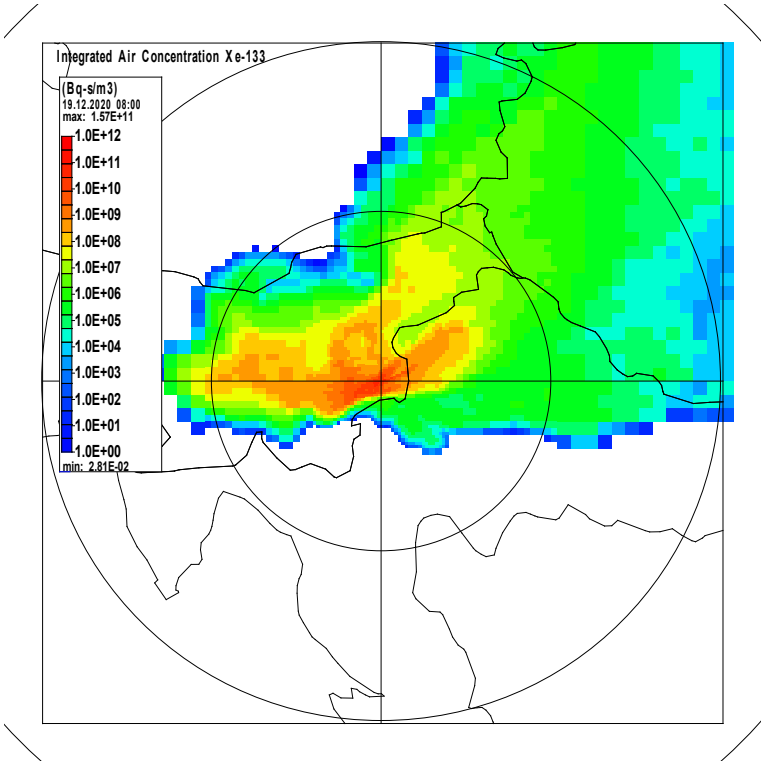
Slika 121: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 (Bq-s/m³), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



Slika 122: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 16. studenog 2020. u 18:00 (izvor: /196/)



Slika 123: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 (Bq-s/m^3), za projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



Slika 124: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 19. prosinca 2020. u 08:00 (izvor: /196/)

Izračuni za proširenu projektnu nesreću SBO s upotrebom programa JRodos

U ovom poglavlju procijenit ćemo radiološke utjecaje na okoliš vrlo malo vjerojatne teške nesreće u NEK-u. Izračuni će biti prikazani za udaljenosti iznad 100 km od lokacije NEK-a. Odabrana vrsta nesreće je proširena projektna nesreća SBO bez ikakvih radnji unutar prva 24 sata (jezgra je oštećena i izlazi u slivnik zaštitne zgrade), nakon čega slijedi djelovanje korištenjem alternativnih sigurnosnih sustava. Za izračune s JRodosom rabili smo isti radioaktivni inventar kao što je prethodno opisano u RADTRAD SBO izračunu. Izostavljene aktivnosti (u Bq) za važne izotope udružili smo u tri vremenska intervala (za prvi dan, od prvog do trećeg dana i od trećeg do tridesetog dana) i njih smo prikazali u tablici (Tablica 140).

Tablica 140: Aktivnosti važnih ispuštenih izotopa za proširenu projektnu nesreću SBO PCFV ispust (izvor: /196/)

0,0 – 24,0 h	24,0 – 72,0 h	72,0 – 720 h	Total
Kr-85 8,2517E+15	Kr-85 5,9200E+12	Kr-85 9,5090E+13	Kr-85 8,3527E+15
Kr-85m 1,0247E+16	Kr-85m 7,4000E+11		Kr-85m 1,0248E+16
Kr-87 1,2790E+13			Kr-87 1,2790E+13
Kr-88 4,5806E+15			Kr-88 4,5806E+15
I-131 3,1798E+14	I-131 6,2008E+13	I-131 1,2321E+14	I-131 5,0320E+14
I-132 2,2709E+13	I-132 8,8796E+09		I-132 2,2718E+13
I-133 4,1803E+14	I-133 4,4918E+13	I-133 8,8800E+11	I-133 4,6384E+14
I-134 4,3778E+12			I-134 4,3778E+12
I-135 1,5476E+14	I-135 3,9368E+12		I-135 1,5870E+14
Xe-133 1,4637E+18	Xe-133 8,8800E+14	Xe-133 2,8490E+15	Xe-133 1,4674E+18
Xe-135 9,3407E+16	Xe-135 1,4800E+13		Xe-135 9,3422E+16
Cs-134 4,0356E+13	Cs-134 1,0578E+13	Cs-134 6,6593E+13	Cs-134 1,1753E+14
Cs-136 1,2399E+13	Cs-136 3,1002E+12	Cs-136 9,1986E+12	Cs-136 2,4698E+13
Cs-137 2,6396E+13	Cs-137 6,9223E+12	Cs-137 4,4182E+13	Cs-137 7,7500E+13

Pušteni radioaktivni inventar evidentiran je u RODOS-u u deset intervala. Koristili smo 60 izotopa dostupnih u RADTRAD-u. Ukupna duljina intervala ispuštanja je 72 sata. Za to vrijeme propušteno je oko 99 % svih aktivnosti za prvih 30 dana ove vrste nesreće. U prvom vremenskom intervalu, između 0 i 0,5 h, razmatramo propuštanje zaštitne zgrade. Ispuštanje teče kao prizemni ispust na 10 m, s niskim uzgonom zbog temperature i niskog protoka mase. Izotopski sastav odgovara sastavu zaštitne zgrade u ovom trenutku.

Sljedećih pet vremenskih intervala, između 0,5 i 2 h, između 2 i 4 h, između 4 i 8 h, između 8 i 12 h i između 12 i 19,3 h, imaju slične karakteristike ispuštanja (projektno curenje iz zaštitne zgrade). Međutim, uzimamo u obzir promjene tlaka u zaštitnoj zgradi i promjene u izotopskom sastavu atmosfere zaštitne zgrade. Sedmi vremenski interval ispuštanja opisuje korištenje sustava PCFV. Traje između 19,3 i 22,3 sata i tijekom tog intervala većina radioaktivnog materijala ispušta se u okoliš.

Zbog visokoučinkovitih aerosolnih filtara i jodnih filtara uglavnom se emitiraju samo plemeniti plinovi, a emitiraju se i neki drugi hlapljivi produkti. Visina ispusta je na vrhu PCFV dimnjaka, uzeli smo u obzir temperaturu ispusta i brzinu ispuštanja dimnih plinova. Preostala tri vremenska intervala za ispuštanja, između 22,3 i 24 sata, između 24 i 48 h i između 48 i 72 sata, opet su intervali samo s curenjem iz zaštitne zgrade, što se smatra prizemnim ispustom s niskim uzgonom radi temperature. Efektivna 30-dnevna doza izračunata je bez primjene ikakvih zaštitnih mjera.

Razmotreni su svi mehanizmi koji uzrokuju dozu zbog radioaktivnosti osim prehrane.

Početna vremena odabranih vremenskih slučajeva ista su kao ona koja smo upotrijebili za slučajeve pri projektnoj nesreći. Na taj se način doze dviju razmatranih vrsta nesreća mogu međusobno usporediti. Meteorološki podaci iz 2016. korišteni su za referentni izračun jer za tu godinu imamo na raspolaganju najopsežnije podatke. Početna vremena ispuštanja u zrak biraju se nasumično unutar svakog dana, po jedno dnevno, za svaki dan u 2016.

Izračunima za 2020. provjerili smo jesu li se doze u dvije godine znatno razlikovale zbog različitog vremena u blizini NEK-a. Za obje godine prvo smo radili izračune koristeći model disperzije DIPCOT, a zatim još jedan (otprilike duplo sporiji) model LASAT. Željeli smo proučiti utjecaj različitih modela disperzije na doze na udaljenostima od 100 km.

Izračunate percentilne vrijednosti za efektivnu 30-dnevnu dozu (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) prikazane su na slici (Slika 125). Doze izračunate za dvije različite godine jako su slične. Doze izračunate modelom disperzije LASAT veće su od onih izračunatih modelom DIPCOT, a oba izračuna daju niske vrijednosti za efektivnu 30-dnevnu dozu. Doze izračunate s RADTRAD-om i SPRAY-em X/Q i one izračunate s DIPCOT-om su slične. Zbog manjeg lokalnog prostora za koji su meteorološki podaci za 2016. dani u RODOS-u, rezultati za 2016. za RODOS dani su samo do 100 km, kao i za projektnu nesreću.

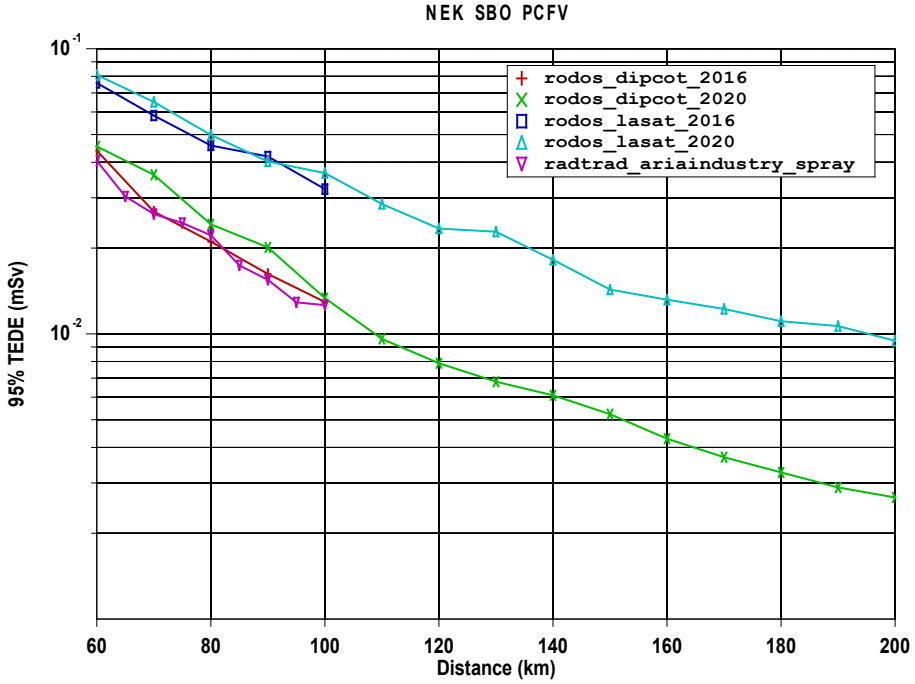
Doze u slučaju proširene projektne nesreće više su od reda veličine veće nego u slučaju projektne nesreće. Ipak, one su još niže od doza koje bi stanovnik trebao primiti u istom vremenskom intervalu, računato prema godišnjoj granici za opću populaciju. 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) izračunata modelom disperzije DIPCOT u RODOS-u za slučajeve vremenskih situacija iz 2020. prikazana je na slici (Slika 126). Doze štitnjače izračunate za udaljenosti do 100 km s RADTRAD-om i SPRAY-em X/Q i one izračunate s DIPCOT-om za te udaljenosti i veće udaljenosti vrlo su slične. Također u ovom slučaju, doze RADTRAD-a su nešto veće zbog različitih brzina disanja u odnosu na RODOS (RODOS koristi normalnu brzinu disanja, a RADTRAD vrijednosti kao što su navedene u USAR /3/ poglavlju 15).

Percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima, a zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) po udaljenostima od NEK-a za efektivnu 30-dnevnu dozu i dozu štitnjače za 2020. za proširenu projektnu nesreću navedene su u tablici (Tablica 141).

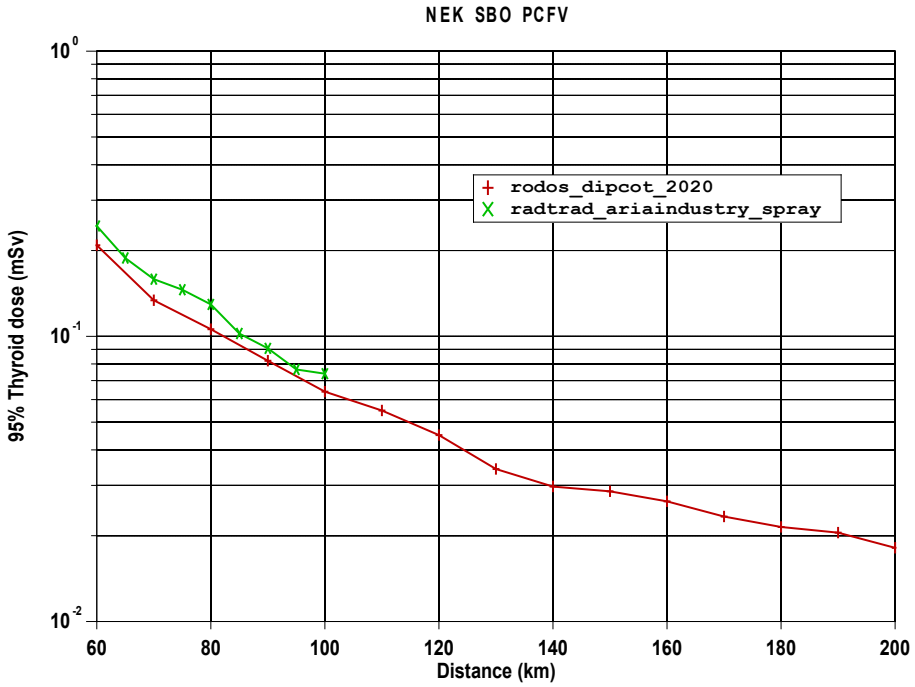
Koristeći dva pristupa izračunu doze, tri različita modela disperzije i meteorološke podatke za dvije različite godine, pokazali smo da svi izračuni, unatoč očekivanim razlikama, daju prihvatljivo niske doze za prikazane udaljenosti.

Tablica 141: Percentilne vrijednosti (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima, a zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) po udaljenostima od NEK-a za efektivnu 30-dnevnu dozu i 30-dnevnu dozu štitnjače, za proširenu projektnu nesreću za 2020., izračunate s pomoću modela disperzije DIPCOT (izvor: /196/)

Udaljenost (km)	Efektivna 30-dnevna doza (mSv)	Udaljenost (km)	30-dnevna doza štitnjače (mSv)
60	0,45409E-01	60	0,20873
70	0,36120E-01	70	0,13382
80	0,24227E-01	80	0,10587
90	0,20095E-01	90	0,82083E-01
100	0,13355E-01	100	0,63963E-01
110	0,96018E-02	110	0,54931E-01
120	0,78952E-02	120	0,45049E-01
130	0,67965E-02	130	0,34239E-01
140	0,60897E-02	140	0,29741E-01
150	0,52293E-02	150	0,28601E-01
160	0,42910E-02	160	0,26377E-01
170	0,36935E-02	170	0,23328E-01
180	0,32673E-02	180	0,21455E-01
190	0,28944E-02	190	0,20482E-01
200	0,26690E-02	200	0,18132E-01



Slika 125: Efektivna 30-dnevna doza (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)



Slika 126: 30-dnevna doza štitnjače (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) ovisno o udaljenosti od NEK-a za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)

Kao i u slučaju projektne nesreće, tako i kod proširene projektne nesreće efektivna 30-dnevna doza i doza štitnjače ovisno o udaljenosti prikazanoj na slikama (Slika 127, Slika 129) izračunavaju se iz 2D raspodjele odgovarajućih doza. 2D raspodjela izračunava se za svaku ćeliju kao 95 percentila svih razmatranih vremenskih situacija (364 situacije za 2016. i 311 situacija za 2020.). Prikazane 2D raspodjele izračunate su korištenjem modela disperzije RODOS DIPCOT i podataka za 311 odabranih početnih vremena ispuštanja i pripadajućih vremenskih situacija u 2020. godini.

95-percentilna vrijednost na 2D raspodjeli određena je za odabranu ćeliju na način da samo u 5 % svih razmatranih vremenskih slučajeva vrijednost u ćeliji može biti veća od te vrijednosti. Krugovi na slikama iscrtani su na 100 km i 200 km udaljenosti od NEK-a. Kako bismo ilustrirali razliku između statistički obrađenog 2D rezultata (95-percentilne vrijednosti) i 2D doze za jedno ispuštanje, dodatno prikazujemo 2D raspodjelu za efektivnu 30-dnevnu dozu za ispuštanje koja je počela 12. siječnja 2020. u 23:00 i 2D raspodjelu za dozu štitnjače za ispuštanje koje je počelo 30. svibnja 2020. u 09:00 na slikama (Slika 128, Slika 130).

Za izračunavanje ovisnosti doze o udaljenosti za udaljenosti između 10 i 200 km od NEK-a izračunava se (prostorna) 95-percentilna vrijednost iz svih doza u ćelijama na 2D raspodjeli za odabrani prsten za određenu udaljenost od izvora. Ponovno 95 percentila znači da samo 5 % količine ćelija ima veće vrijednosti od potonjeg. Izračun je izrađen isto kao i prije za projektnu nesreću.

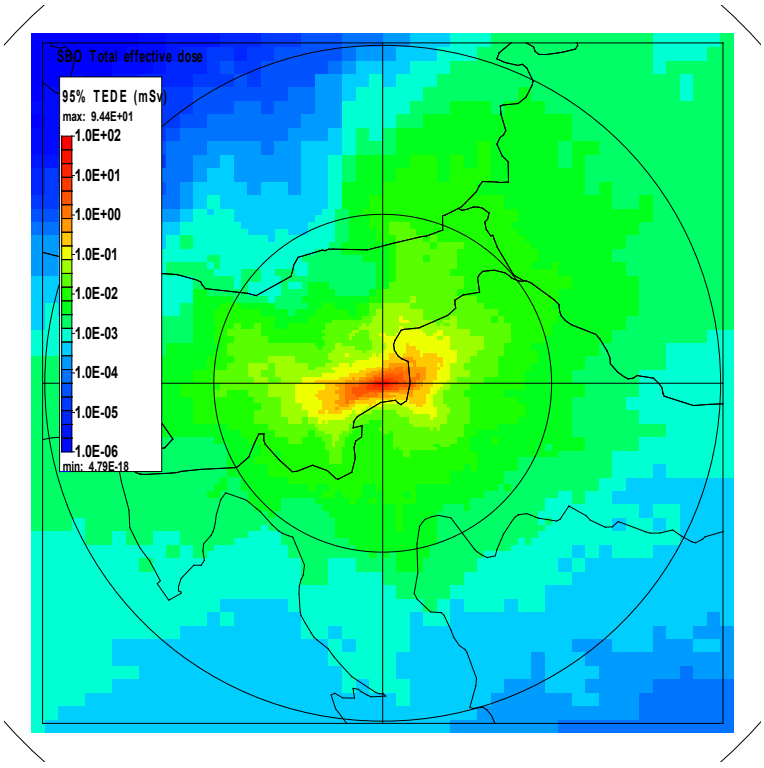
Dodatni uvid u ekološke posljedice ispuštanja proširene projektne nesreće može se dobiti izračunom integriranih koncentracija aktivnosti izotopa (Bq*s/m^3) za odabrane izotope (Cs-134, I-131, Xe-133), prikazane na slikama (Slika 131, Slika 132, Slika 133). Rezultati izračuna s RADTRAD-om i SPRAY-em te s RODOS-om (za 2016. i 2020.) ponovno su prikazani zajedno. Statistički se obrađuju na isti način kao i doze. Integralne koncentracije su vremenski integrirane vrijednosti koje se javljaju na odabranoj lokaciji bez uzimanja u obzir radioaktivnog raspada.

Stanovnik koji bi bio izvan odabrane lokacije tijekom prolaska oblaka bio bi izložen takvim koncentracijama vremenski zaredom za svaki računski interval. Međutim, to nisu koncentracije u okolišu u odabrano vrijeme. U slučaju izračuna RADTRAD-a i SPRAY-a to su produkti brzine ispuštanja i X/Q

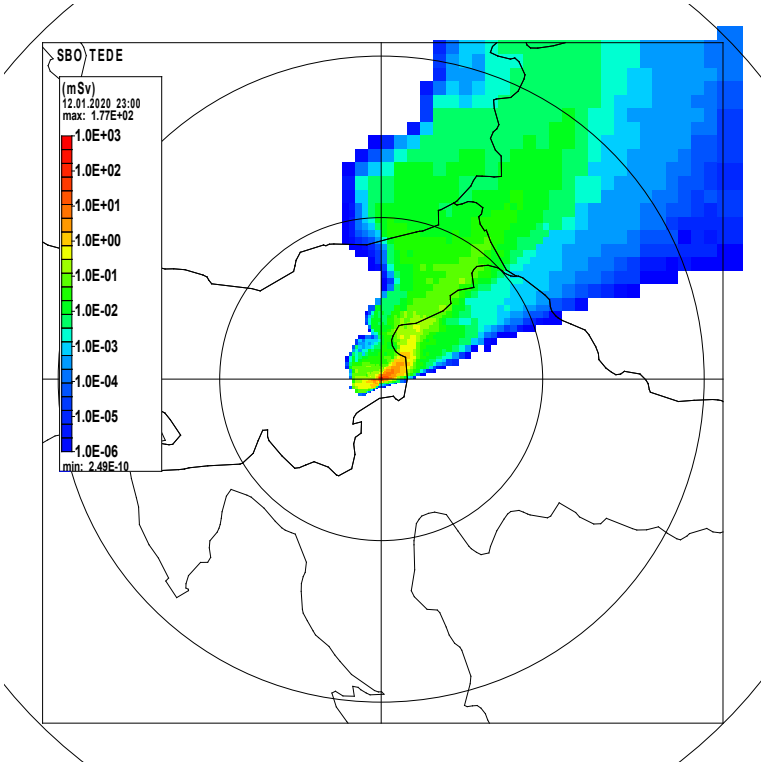
vrijednosti bez kašnjenja zbog transporta. Zbog različitih metodologija razlike prikazane na grafikonu su očekivane. Međutim, očekuje se da će razlike između godina biti male. Razlike su slične onima u izračunima za projektnu nesreću.

Vrijednosti na grafovima za ovisnost integriranih koncentracija aktivnosti izotopa u zraku od udaljenosti od izvora izračunate su prema istom statističkom postupku kako je objašnjeno za doze (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno). 2D raspodjele 95-percentilnih vrijednosti za koncentracije integrirane aktivnosti izotopa izračunate s pomoću modela disperzije DIPCOT u RODOS-u za 2020. za izotope Cs-134, I-131 i Xe-133 prikazane su na slikama (Slika 134, Slika 136, Slika 138). Za ilustraciju, dodali smo još 2D distribucije za nasumično odabrane vremenske slučajeve. Ti su prikazani na slikama (Slika 135, Slika 137, Slika 139).

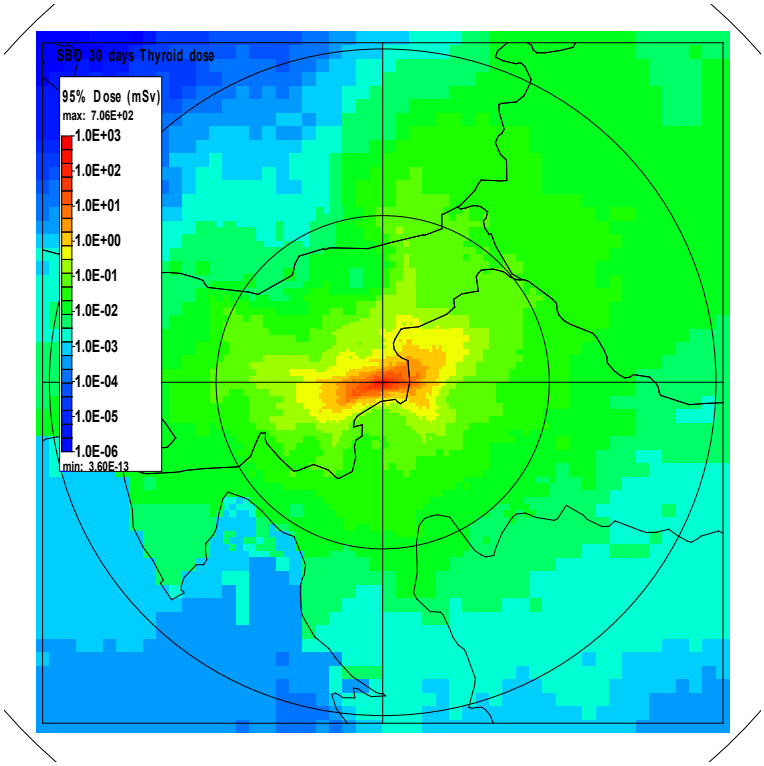
Vremenski intervali odabrani za ilustraciju nasumično su odabrani bez posebnog značenja. Prikazujući razliku između 2D raspodjele 95 percentila rezultata za dozu ili integriranu koncentraciju aktivnosti izotopa svih razmatranih vremenskih situacija i 2D raspodjele rezultata za pojedinačnu situaciju, samo smo pokazali praktičnu vrijednost takve statističke obrade za skup razmatranih vremenskih situacija i njima pripadajuće disperzije radioaktivnih materijala i radioloških posljedica.



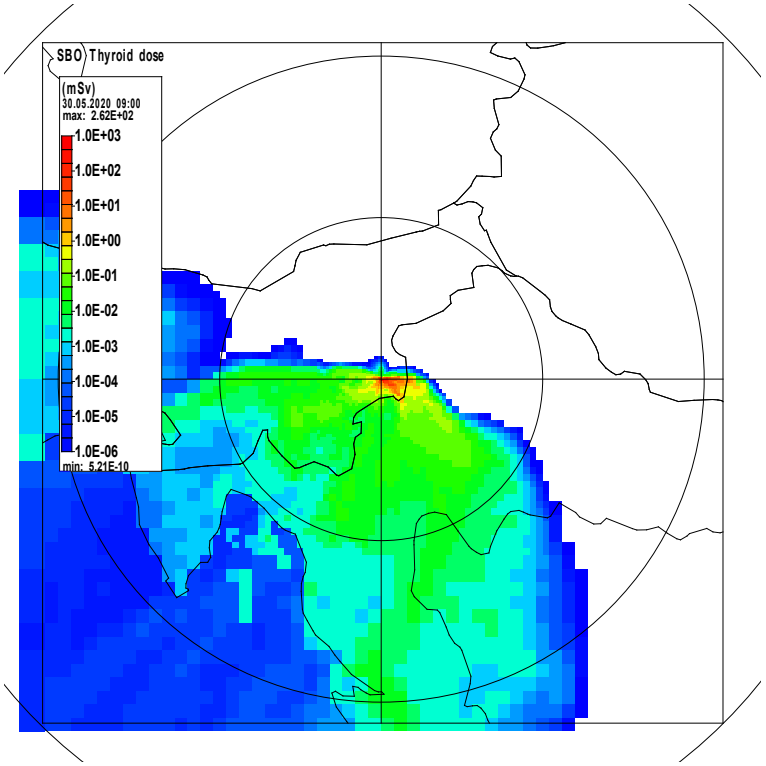
Slika 127: 95-percentilne vrijednosti efektivne 30-dnevne doze za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/)



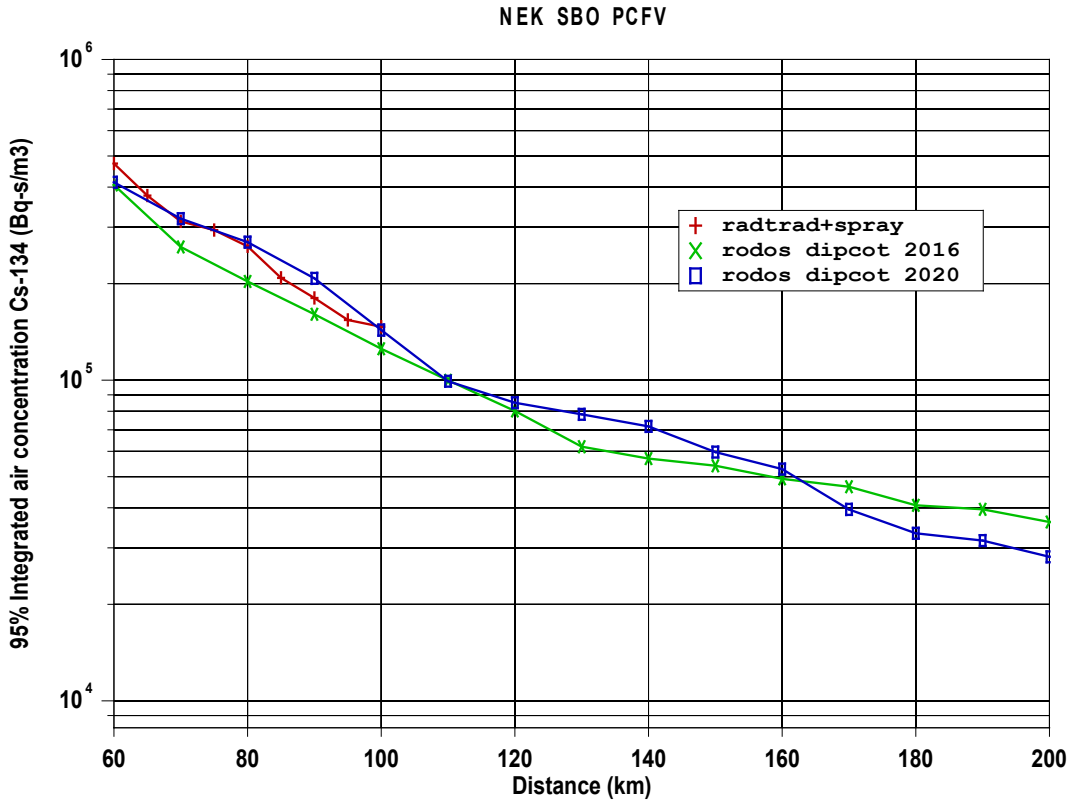
Slika 128: Efektivne 30-dnevne doze za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 12. siječnja 2020. u 23:00 (izvor: /196/)



Slika 129: 95-percentilne vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, DIPCOT za godinu 2020. (izvor: /196/)

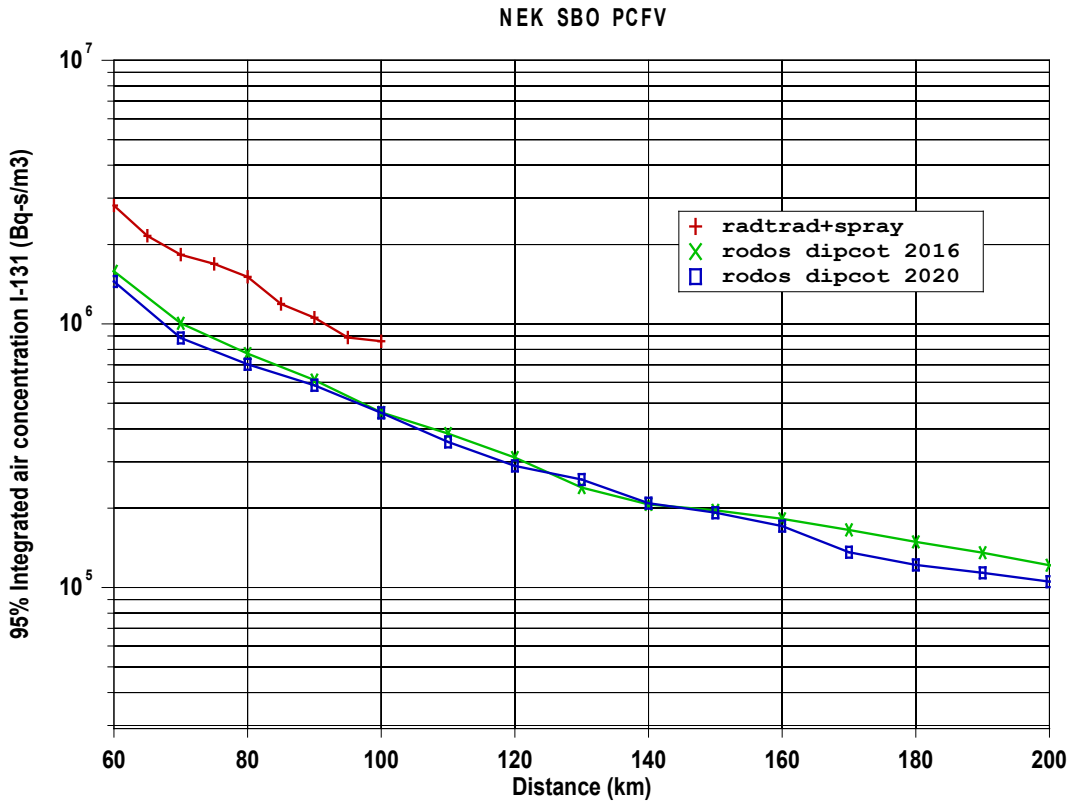


Slika 130: Vrijednosti za 30-dnevnu dozu štitnjače za proširenu projektnu nesreću za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 30. svibnja 2020. 09:00 (izvor: /196/)

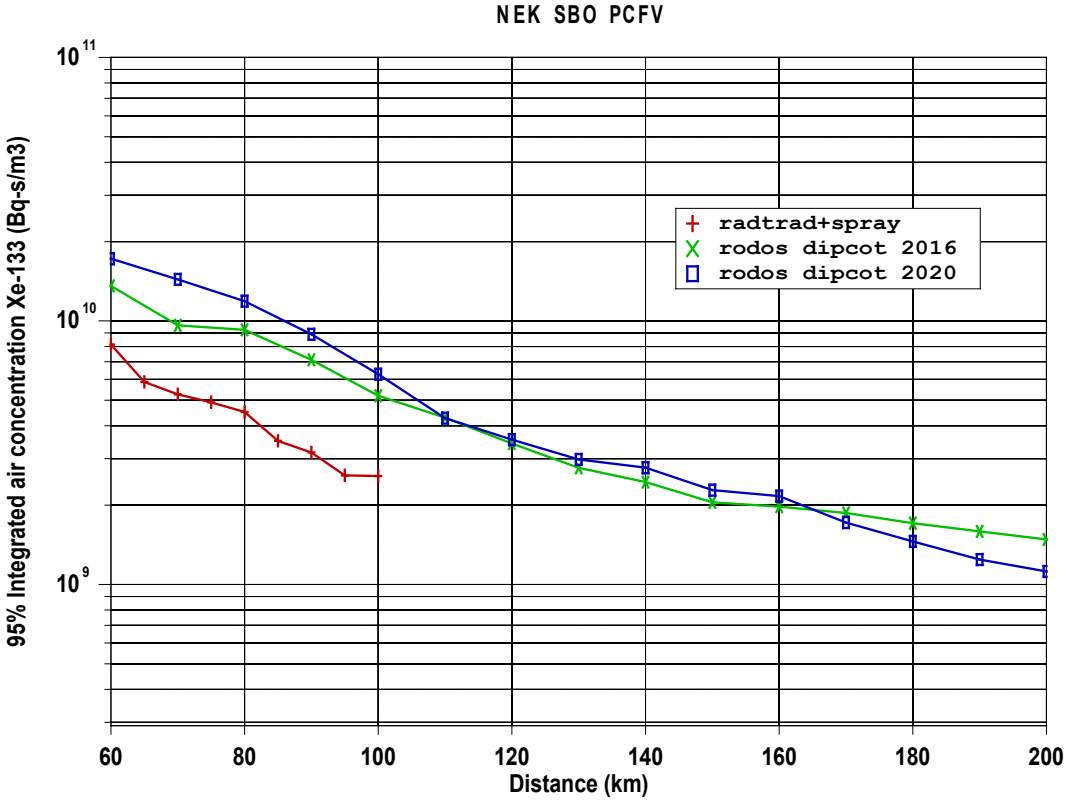


Slika 131: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Cs-134

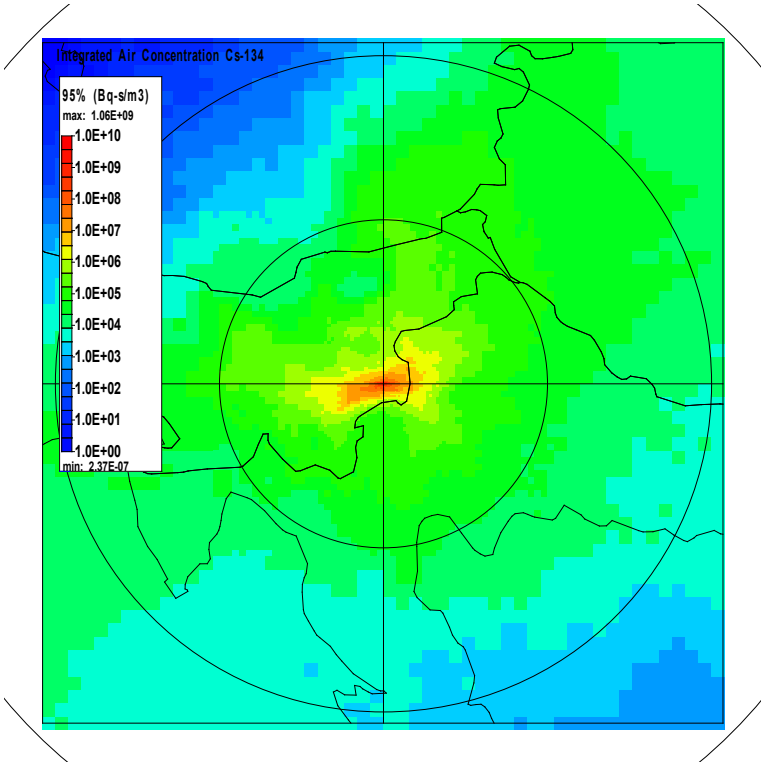
(Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)



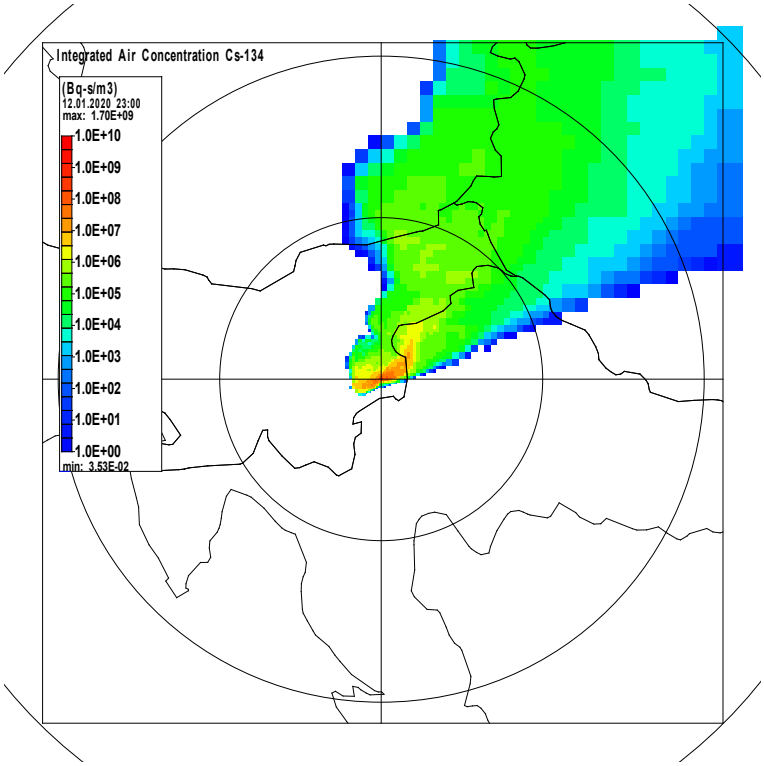
Slika 132: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za I-131 (Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)



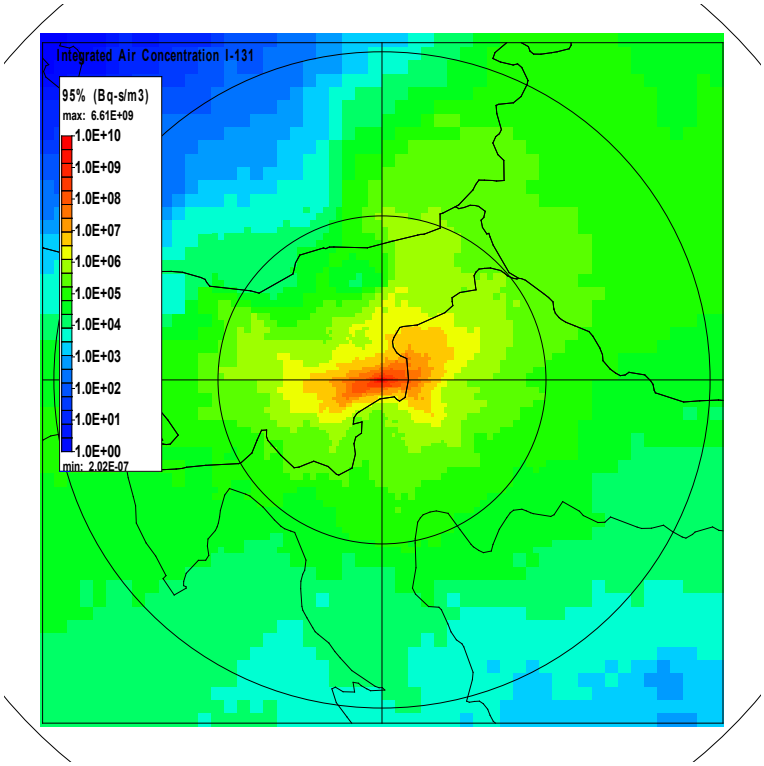
Slika 133: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa (95-percentilne vrijednosti prema razmatranim vremenskim uvjetima i zatim 95-percentilne vrijednosti prostorno) za Xe-133 (Bq-s/m^3) za proširenu projektnu nesreću (izvor: /196/)



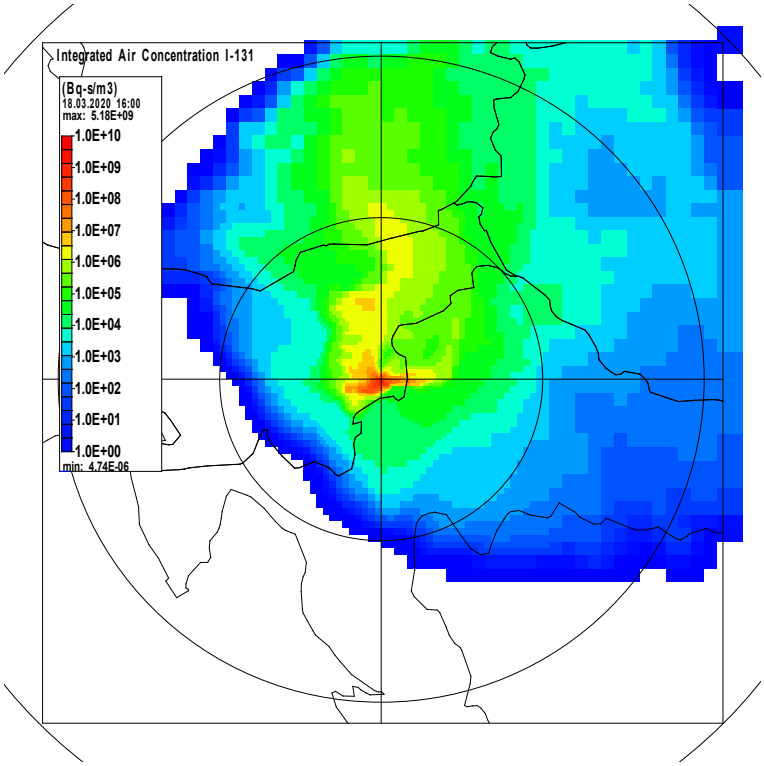
Slika 134: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 (Bq-s/m³), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



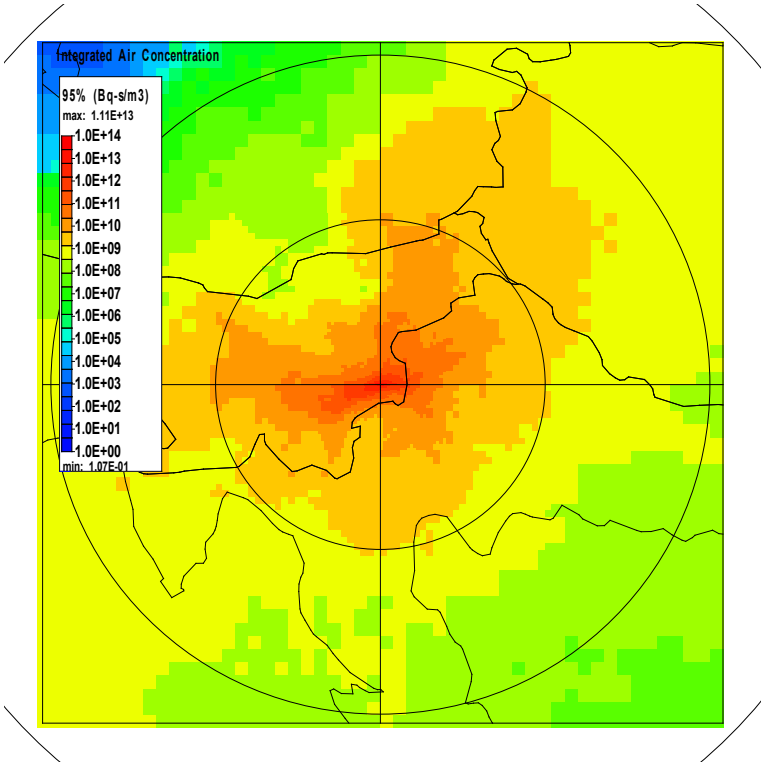
Slika 135: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Cs-134 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 12. siječnja 2020. 23:00 (izvor: /196/)



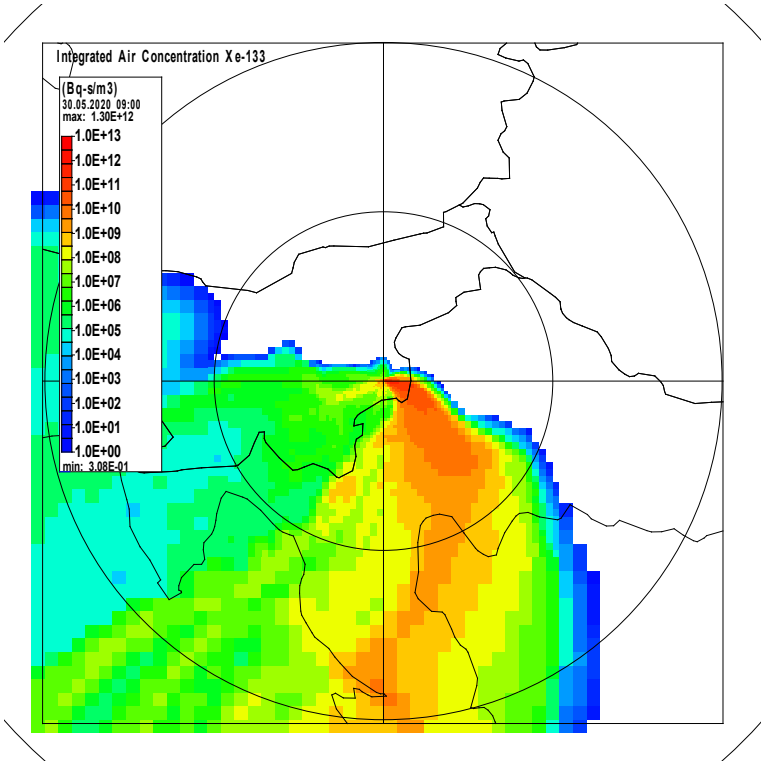
Slika 136: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 (Bq-s/m³), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



Slika 137: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za I-131 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 18. ožujka 2020. 16:00 (izvor: /196/)



Slika 138: 95-percentilne vrijednosti za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 (Bq-s/m³), za proširenu projektnu nesreću, DIPCOT za 2020. godinu (izvor: /196/)



Slika 139: Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za Xe-133 za udaljenost do 200 km, ispuštanje je počelo 30. svibnja 2020. 09:00 (izvor: /196/)

Završni zaključci sastavljača studije

Kao što je vidljivo iz prikazanih rezultata studije, efektivna 30-dnevna doza za proširenu projektnu nesreću (DEC-B) na udaljenosti od 10 km od elektrane iznosi 1,16 mSv i više je nego dvostruko niža od godišnje doze prirodnog pozadinskog zračenja koja u Sloveniji iznosi oko 2,5 mSv. Doza štitnjače (13,5 mSv) na udaljenosti od 3 km od NEK-a je ispod granice (50 mSv za 7 dana) koja je zakonom propisana za jodnu profilaksu /224/. Referentna razina za djelovanje (sklonište, evakuacija) u slučaju nužde je efektivna doza od 100 mSv (UV2, članak 27.). Bez obzira na izračunate doze na granici područja 3 km (OPU) ispod granice djelovanja, u slučaju razmatranih nesreća (DBA i DEC-B) provodila bi se preventivna evakuacija stanovništva prema kriterijima opće opasnosti /224/, /220/.

Na temelju gore prikazanih rezultata analiza proizlazi da se ne očekuje znatan utjecaj nesreća DBA i DEC-B izvan pojasa od 10 km oko elektrane. Iz toga također proizlazi da je efektivna 30-dnevna doza na granici sa susjednim zemljama za najgore razmatranu nesreću (DEC-B) niža od doze koju pojedinac primi iz prirodnih izvora zračenja u jednoj godini[36]. Prosječni doprinos prirodnog zračenja za Austriju je 3,86 mSv godišnje /214/, što je oko 0,32 mSv za 30 dana.

Iz toga proizlazi da bi, primjerice, stanovnik Lipnice u Austriji (95 km od NEK-a) u slučaju nesreće DEC-B dobio efektivnu 30-dnevnu dozu (0,0129 mSv), koja je približno 25 puta manja od doza zbog prirodnog zračenja u isto vrijeme.

Doze izračunate za nesreću DEC-B usporedive su s dozama izračunatima za moderne nuklearne elektrane III. generacije nakon provedbe Programa nadogradnje sigurnosti (PNV) /217/.

Za izračunavanje doza zbog ispuštanja u atmosferu u razmatranim nesrećama korištena su tri različita modela disperzije i dva različita pristupa izračunu doza /196//196/:

- S detaljno validiranim realističnim modelom Spray /199/ rabljenim u kombinaciji s RADTRAD-om /218/ izračunate su doze (govorimo o prostornim i vremenskim i 95-percentilnim vrijednostima) za udaljenosti do 100 km. Izračuni vrijednosti relativnih koncentracija u oblaku konzervativni su uglavnom za veće udaljenosti jer se taloženje ne uzima u obzir. Rezultati su prikazani gore.

- Dodatno je izveden izračun doza za udaljenosti do 200 km korištenjem RODOS /219/ modela disperzije DIPCOT i LASAT, koji ne uključuju detaljne specifičnosti terena Krške kotline oko elektrane te s drugačijim pristupom meteorološkim podacima i izračunu doze. Taloženje je uzeto u obzir u ovim izračunima.

Unatoč tome što se koriste različiti modeli i metode izračunavanja doza, doze na udaljenostima od 60 do 100 km od NEK-a lijepo se podudaraju /196/. S obzirom na očekivane pogreške modela disperzije i različite pristupe izračunu doze, gore navedeno podudaranje modela je izvrsno.
Izračuni doze s tri različita modela i dvije metode izračuna doze razlikuju se međusobno na udaljenosti od 60 km od elektrane manje od faktora 3 i na 100 km manje od faktora 4.
U blizini elektrane pouzdaniji su rezultati dobiveni modelom Spray, zato ne prikazujemo rezultate modela RODOS na tom području. Naime, Spray pokazuje dobre rezultate na validaciji u meteorološki sličnom slučaju područja Šoštanja, što smo opisali u potpoglavljima **Validacija korištenih modela** i **Povezivanje izračuna za PVO s provjerenim postavljanjima modela**.

Koristeći dvije različite metode izračuna doza, tri različita modela disperzije i meteorološke podatke za dvije različite godine, pokazali smo da očekivane razlike u izračunatim dozama ne mijenjaju zaključak da su doze prihvatljivo niske za prikazane udaljenosti.

Kao što je bilo očekivano, modeli RODOS su pokazali niže vrijednosti doze za udaljenosti veće od 100 km nego za udaljenosti od 100 km.

[36] Usporedba je samo u ilustrativne svrhe i uspoređuje 30 dana izloženosti nesreći i 30 dana prirodne pozadine.

Radiološki utjecaj nesreće u NEK-u na okoliš tijekom produljenog pogonskog vijeka neće se razlikovati od utjecaja moguće nesreće tijekom tekućeg pogona (u godini 2021.).

Treba dodati da se u izračunu s realističnim modelom Spray koriste realni meteorološki podaci za određivanje disperzijskih koeficijenata (X/Q), koji su niži u odnosu na izračune u sigurnosnom izvještaju NEK-a (USAR). Zato se doze projektnih nesreća izračunavaju /196/ kao niže od doza navedenih u USAR poglavlju 15 /3/ gdje se rabe disperzijski koeficijenti izračunati na temelju jednostavnog jednodimenzionalnog modela.

Monitoring nesreća s ispuštanjima u atmosferu

Monitoring se sastoji od monitoringa emisija i okoliša.

Monitoring emisija sastoji se od automatskog monitoringa i periodičnog ručnog monitoringa. Automatski monitoring prati aktivnosti radionuklida u ispuštanjima iz NEK-a.

Monitori su preko PIS-a povezani s bazom podataka Ekološko-informacijskog sustava NEK-a (EIS NEK), a ova baza podataka je potpuno automatski povezana s programom DOZE za procjenu doza stanovništva kod ispuštanja u slučaju nesreće i redovitog rada /213/.

Monitoring okoliša sastoji se od automatskog monitoringa i periodičnog ručnog monitoringa, koji imaju svoj plan provedbe.

Automatski monitoring okoliša uključuje:
- **automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu**,
- **automatski monitoring meteoroloških varijabli** atmosfere kao osnova za modeliranje disperzije radionuklida u atmosferi,
- **namjensku 7-dnevnu vremensku prognozu** u polovičnim koracima i na temelju automatske **prognoze disperzije** radionuklida u atmosferi.

Automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu uključuje:
- NEK Automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu:
  - Krug neovisnih mjerača brzine doze gama u Krškoj kotlini,
  - 4 mjerača brzine doze gama na meteorološkim postajama u blizini NEK-a,
  - Mjerači brzine gama na ogradi NEK-a,
  - Spektrometar na mobilnoj jedinici NEK-a.
- URSJV Automatski monitoring brzine doze gama u Sloveniji i
- URSJV Automatski spektrometri u NEK-u i po Sloveniji.

Iz URSJV-a se podaci URSJV-a i NEK-a automatski prikazuju na njihovoj web-stranici i prenose u europski sustav EURDEP te se također javno objavljuju na toj web-stranici.

Automatski monitoring meteoroloških varijabli atmosfere kao osnova za modeliranje disperzije radionuklida u atmosferi uključuje:
- 4 prizemne automatske meteorološke postaje
- RASS (vertikalni profil vjetra i temperature do maksimalno 500 m).

Svi mjerači su dio EIS NEK-a. Baza EIS NEK-a potpuno je automatski povezana s programom DOZE za procjenu doza za stanovništvo u slučaju slučajnog ispuštanja i redovitog rada.

Namjenska 7-dnevna prognoza vremena i disperzije u koracima od pola sata za emisije radionuklida u atmosferu:

Vremensku prognozu i prognozu disperzije automatski generira MEIS d.o.o. i prenosi podatke jednom dnevno u NEK, svaki paket sadržava podatke za tekući dan i sljedećih 6 dana svakih pola sata u

prostornoj rezoluciji od 2 km. Prognoza disperzije u atmosferi izravno je povezana s programskim sustavom DOZE za procjenu doza stanovništva.

Automatsko pripremanje podataka i sustav za prognoziranje doza stanovništva „DOZE"

Automatski monitoring emisijskih varijabli, automatski monitoring meteoroloških varijabli atmosfere i namjenska 7-dnevna vremenska prognoza spojeni su u cjelovit sustav prognoziranja doza stanovništva u slučaju slučajnog ispuštanja radionuklida iz NEK-a u atmosferu /213/.

Sustav radi automatski dok se ne pripreme relativne koncentracije. Stručnjacima NEK-a i URSJV-a u svakom trenutku su dostupne relativne koncentracije za prošlost i sadašnjost (izračunate iz dijagnostičkih mjerenja) te prognostičke relativne koncentracije za tekući dan i 6 dana unaprijed u koracima od pola sata.

Programski paket DOZE rabi sve automatski prikupljene podatke i dodatno omogućuje ručni unos podataka kako bi korisnik mogao na temelju mjerenja ili unaprijed pripremljenih scenarija procijeniti nesreću s ispuštanjem u atmosferu i izračunati posljedične doze za stanovništvo /213/. Programskim paketom DOZE koriste se NEK, URSJV i civilna zaštita.

Cjelokupna metodologija, mjerenja i sustav modeliranja, koji zajedno omogućuju dijagnozu i prognoziranje doza stanovništva korištenjem modela disperzija – detaljno je opisana u znanstvenom članku /200/.

Sustav se također upotrebljava za procjenu redovitih ispuštanja.

U izvještaju iz 2003. **OSART** je opisao sustav kao primjer dobre prakse /209/:

*"**Good practice**: A special tool for the assessment of radiological consequences in the environment has been developed. It utilizes a more realistic dispersion model, Lagrangian particle model instead of the simple Gaussian, to calculate dispersion. This accurate modelling is very important in areas with a complicated meteorological modelling environment, such as Krsko."* (**u prijevodu:** Dobra praksa: Razvijen je poseban alat za procjenu radioloških posljedica u okolišu. Za izračunavanje disperzije koristi realističniji model disperzije, model Lagrangeove čestice, umjesto jednostavnog Gaussova. To precizno modeliranje vrlo je važno u područjima sa složenim meteorološkim modeliranjem, kao što je Krško.").

Godine 2017., kada je sustav nadograđen s prognozom disperzije, OSART je to ocijenio kao dobrom implementacijom /210/:

*"It was also noted that the plant organization has enhanced the capability for off-site radiological monitoring by using plant-specific dose assessment software, which is fed on-line with meteorological data and uses the Lagrangian Particle Model to calculate accurate dispersion factors for site specific characteristics, and having available a mobile laboratory for quick sample analysis. The plant considers that this enhanced capability, which includes a prognosis application, allows a more accurate and prompt estimation of off-site radiological consequences, in support of the issuance of protective action recommendations for the public. The team considered this as a **good performance**."* (International Atomic Energy Agency, 2017). (**u prijevodu:** „Također je utvrđeno da je organizacija elektrane povećala kapacitet radiološkog praćenja u blizini elektrane rabeći softver za procjenu doze koji je specifičan za tu elektranu te koristeći trenutačne meteorološke podatke i Lagrangeov model čestica za izračunavanje točnih disperzijskih faktora specifičnih za tu lokaciju. Na raspolaganju je i mobilni laboratorij za brzu analizu uzoraka. U elektrani smatraju da ovaj poboljšani kapacitet, koji uključuje upotrebu prognoza, omogućuje točniju i neposredniju procjenu radioloških posljedica u okolišu u prilog izdavanju preporuka o zaštitnim mjerama za javnost. Tim je to ocijenio kao **dobru implementaciju**.").

Završni zaključci sastavljača PVO-a

Studija „Izračun doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško", FER-MEIS, 2021./196/, analizirala je:
- Projektnu nesreću izlijevanja (LB LOCA),
- Proširenu projektnu nesreću (DEC-B).

Kao što je vidljivo iz rezultata studije, efektivna 30-dnevna doza na udaljenosti od 10 km od elektrane iznosi 1,16 mSv i više je nego dvostruko niža od godišnje doze prirodnog pozadinskog zračenja koja u Sloveniji iznosi oko 2,5 mSv. Doza štitnjače (13,5 mSv) na udaljenosti od 3 km od NEK-a je ispod granice (50 mSv za 7 dana) koja je zakonom propisana za jodnu profilaksu /224/.

NEK je od najbližih granica susjednih država udaljen:
- 10 km od granice s Republikom Hrvatskom,
- više od 75 km od granice s Republikom Austrijom,
- više od 129 km od granice s Republikom Italijom,
- više od 100 km od granice s Republikom Mađarskom.

Na temelju rezultata studije zaključujemo da u slučaju projektne nesreće gubitka hladila (LB LOCA) i proširene projektne nesreće (DEC-B), koje su ujedno najgori mogući scenarij za nesreće, **neće biti znatnijeg prekograničnog** utjecaja na okoliš, na zdravlje ljudi i imovinu.

Na temelju rezultata zaključujemo da ispitivanje u radijusu od **1000 km nema smisla**, jer studija pokazuje da je efektivna 30-dnevna doza na udaljenosti od 10 km od elektrane 1,16 mSv i više nego dvostruko manja od godišnje doze prirodnog pozadinskog zračenja koja u Sloveniji iznosi oko 2,5 mSv. Doza štitnjače (13,5 mSv) na udaljenosti od 3 km od NEK-a je ispod granice (50 mSv za 7 dana)[37] koja je zakonom propisana za jodnu profilaksu /224/.

6.5 ODGOVORI NA PITANJA I PRIMJEDBE KOJI SU BILI PRIMLJENI U TRENUTKU PREKOGRANIČNOG SAVJETOVANJA – OBAVIJESTI

6.5.1 Uvodna objašnjenja

Do 31. kolovoza 2021. godine Republika Slovenija, tj. Ministarstvo okoliša i prostornog planiranja, zaprimila je obavijest od Austrije, Hrvatske i Mađarske da traže uključenje u proces prekogranične procjene mogućih većih utjecaja na okoliš.

Svrha ovog poglavlja je dati odgovore na pitanja zaprimljena u postupku prekogranične procjene utjecaja na okoliš.

6.5.2 Opis dokumenata iz uvodnih objašnjenja

U tablici u nastavku navedeni su dokumenti primljeni u postupku prekogranične procjene.

Tablica 142: Prikaz primljenih dokumenata u postupku prekogranične procjene

Država	Dokument
Austrija	Federal Ministry Republic of Austria, Climate Action, Environment, Energy, Mobility, innovation and Technology, REF. no. 2021-0.410.044, Vienna, 9 June 2021.
Hrvatska	Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, KL.: 351-03/21-08/02, URBR.: 517-05-1-2-21-2, Zagreb, 28. svibnja 2021.
Mađarska	Ministry of Agriculture, Department of Environmental Conservation, REF.no. KmF/122-5/2021, Budapest, 23 July 2021.

[37] Uredba o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji, Službeni list Republike Slovenije, br. 18/18

6.5.3 Republika Austrija

Republika Austrija postavila je pitanja vezana uz:

- nuklearnu sigurnost,
- zaštitu od potresa – seizmičku sigurnost,
- poplavnu sigurnost,
- starenje elektrane i
- dugoročno odlaganje otpada.

Detaljnije informacije ili opisi o nuklearnoj sigurnosti, seizmičkoj sigurnosti, sigurnosti od poplava, starenju i dugoročnom odlaganju otpada mogu se pronaći u prethodnim poglavljima ove studije (vidi poglavlja 2.7. i 2.8.). U nastavku navodimo samo bitne naglašene dijelove navedenih tematika.

Nuklearna sigurnost
Detaljniji opis nuklearne sigurnosti nalazi se u poglavljima 2.7. i 2.8. i u nastavku dajemo samo bitne naglašene dijelove koji su važni za nuklearnu sigurnost.

Sigurnosni sustavi NEK-a **sprječavaju** nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Velika se pozornost posvećuje nuklearnoj sigurnosti već u fazi planiranja reaktora i projektiranja elektrane. Sigurnosni sustavi dizajnirani su za pružanje sigurnosnih funkcija u svim radnim uvjetima, čak i u slučaju kvara određene opreme.

Nuklearna elektrana je u sigurnom stanju ako su u svakom trenutku ispunjena tri osnovna sigurnosna uvjeta:

1. učinkovita kontrola reaktivnosti (kontrola snage reaktora),
2. hlađenje nuklearnog goriva u reaktoru i bazenu za istrošeno gorivo,
3. zadržavanje radioaktivnih tvari (onemogućeno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš).

Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš **sprječavaju 4 uzastopne** sigurnosne barijere:

1. **Prva** barijera je nuklearno gorivo (tablete nuklearnog goriva) koje zadržava radioaktivne tvari u sebi.
2. **Druga** barijera je vodootporna košuljica koja okružuje gorivne tablete i sprječava izlazak radioaktivnih plinova iz goriva.
3. **Treća** barijera je granica primarnog sustava (stijenke cijevi, reaktorske posude i druge primarne komponente) koja zadržava radioaktivnu vodu za hlađenje reaktora.
4. **Četvrta** barijera je zaštitna zgrada koja hermetički odvaja primarni sustav od okoliša.

Osnovni cilj prvih triju barijera je **spriječiti** prolazak radioaktivnih tvari do sljedeće barijere, a četvrta sprječava izravno ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš NEK-a.

Kako je rad sigurnosnih sustava u slučaju kvara i otkazivanja ili vrlo malo vjerojatne nesreće u nuklearnoj elektrani od najveće važnosti, svi sigurnosni sustavi su duplicirani (nuklearna elektrana ima dvije linije sigurnosnih sustava).

Kako bi se ispunili sigurnosni uvjeti i održale sigurnosne barijere, uvijek je dovoljno upravljati samo jednom linijom sigurnosnih sustava. Osim toga, svi sigurnosni sustavi odnosno njihovi pojedinačni uređaji sustavno se ispituju tijekom rada elektrane i redovitih remonta.

Tijekom pogonskih uvjeta, projektne nesreće i proširene projektne nesreće NEK mora osigurati tzv. kritične sigurnosne funkcije:

- praćenje reaktivnosti nuklearnog goriva (i istrošenog goriva u bazenu odnosno skladištu istrošenog goriva,
- odvođenje topline iz jezgre i bazena za istrošeno gorivo i
- zadržavanje radioaktivnih tvari i sprječavanje njihova nekontroliranog ispuštanja u okoliš.

Kod osiguravanja sigurnosnih funkcija potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- načelo obrane po dubini;
- načelo jednokratnog otkazivanja;
- načelo neovisnosti;
- načelo raznolikosti;
- načelo redundancije;
- načelo sigurnog otkazivanja;
- načelo provjerenih komponenti;
- načelo slojevitog pristupa.

NEK mora redovito provjeravati projektne osnove koje osiguravaju sigurnost objekta. Projektne osnove također treba pregledati kod svakog periodičnog sigurnosnog pregleda i nakon pogonskih događaja koji utječu na radiološku ili nuklearnu sigurnost, kao i nove relevantne informacije o radiološkoj ili nuklearnoj sigurnosti (npr. procjena svojstava lokacije, sigurnosne analize i razvoj sigurnosnih standarda ili prakse).

Deterministične i probabilistične sigurnosne analize ili inženjerska procjena koriste se za prepoznavanje potreba i mogućnosti poboljšanja pri pregledu projektnih osnova, a rješenja u projektu uspoređuju se s propisanim zahtjevima i dobrom praksom. Nalaz tih analiza NEK iskorištava na način da logično modernizira sustave i strukture ili provede druge mjere potrebne za osiguranje radiološke ili nuklearne sigurnosti.

Isto tako analizama proširenih projektnih događaja NEK osigurava da postoje dovoljne rezerve za sprječavanje slučajeva u kojima bi mala promjena pojedinog parametra prouzročila teške i neprihvatljive posljedice (eng. „cliff edge effect").

Zaštita od potresa – seizmika
Slovenija je zemlja srednje seizmičke opasnosti. Iako potresi u Sloveniji nisu jako visoke vrijednosti magnitude, njihovi učinci mogu biti prilično jaki zbog relativno plitkih žarišta. Zona veće seizmičke opasnosti proteže se središnjim dijelom Slovenije, u zatvorenom pojasu od krajnjeg sjeverozapada do krajnjeg jugoistoka države. Udaljavanjem od ovog pojasa prema sjeveroistoku i jugozapadu smanjuje se seizmička opasnost.

Razmatrano je područje NEK-a klasificirano u 8. stupanj seizmičkog intenziteta prema EMS-ovoj ljestvici (European Macroseismic Scale). U tom području mogu se očekivati seizmička ubrzanja do 0,2 g PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina i 0,45 g PGA za povratno razdoblje od 10.000 godina. Podaci su sažeti prema kartama makroseizmičkih intenziteta Slovenije za povratno razdoblje potresa od 475 i 10.000 godina /60/.

Detaljna geomehanička, hidrološka, geofizička i seizmološka istraživanja provedena su u nekoliko faza na lokaciji NEK-a. Prva faza provedena je 1972. – 1973. i uključivala je bušenje do dubine od 12 do 13 m, mjerenje brzine P i S valova. Istraživanja su izvedena u široj okolici NEK-a i korištena za utvrđivanje konačne lokacije.

Druga faza istraživanja izvodila se u drugoj polovici 1973. godine. Uključuje mjerenja seizmičkih P i S valova i mikroseizmičke buke u tlu na lokaciji NEK-a. Istraživanja su korištena za izradu geotehničkog modela i određivanje parametara seizmičkog opterećenja.

Treća faza istraživanja provedena je sredinom 1974. godine. Napravljeno je 30 geomehaničkih bušotina dubine 30 – 90 m, obavljena su laboratorijska istraživanja i izmjerene brzine P i S valova do dubine od 45 m.

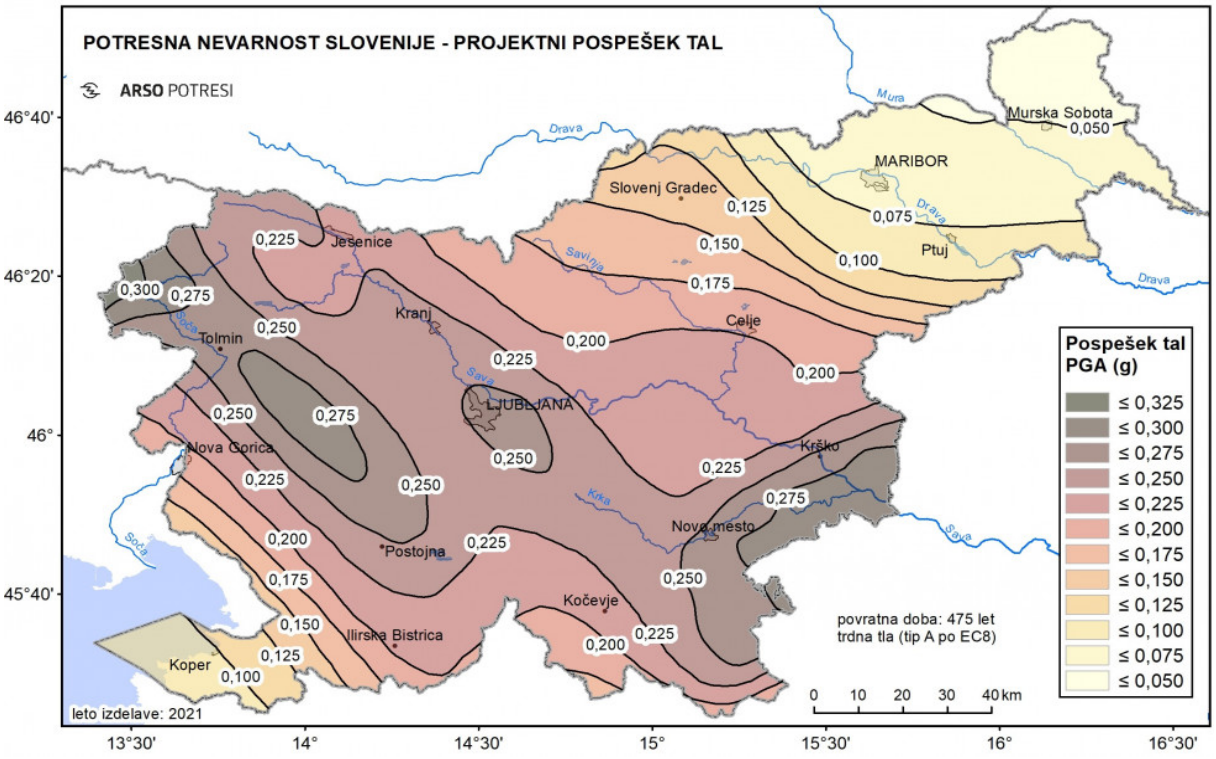
Četvrta faza istraživanja provedena je 1974. godine. Dodatno su napravljene 24 nove geomehaničke bušotine do dubine od 100 m s mjerenjima brzine P i S valova, laboratorijskim ispitivanjima, mjerenjima gama-gama gustoće materijala i geoelektričnim sondiranjem terena. Istraživanja provedena u drugoj, trećoj i četvrtoj fazi provedena su na lokaciji NEK-a i odnose se na objekte I. kategorije.

Daljnja istraživanja na licu mjesta provedena su u vezi s dovršetkom sigurnosne analize seizmičke vjerojatnosti za procjenu ranjivosti elektrane na seizmičke događaje. Geološka, seizmološka i geofizička istraživanja završena su između 1994. i 1996. godine. Na temelju preliminarnih rezultata i preporuka IAEA-e, „Program for additional site investigations", provedena su dodatna geološka, seizmološka i geofizička istraživanja. Studije su se fokusirale na područje NEK-a i okolno područje (radijus od 25 km) i obuhvaćale su:

- ažuriranje baze podataka seizmičkih događaja;
- detaljno geološko kartiranje Krškog porječja i susjednih regija u blizini lokacije u mjerilu 1:5000;
- geofizička istraživanja;
- detaljna istraživanja kvartarnih naslaga, tala i geomorfnih površina koja se mogu koristiti za procjenu neotektonske deformacije;
- dobivanje i analiziranje podataka o geodetskom izravnanju i GPS mjerenjima.

Rezultati geoloških, seizmoloških i geofizičkih istraživanja, koji predstavljaju aktualizirani seizmotektonski model Krške kotline, prikazani su u izvještaju prvog periodičnog sigurnosnog pregleda (PSR). Taj izvještaj pruža osnovu za ponovnu procjenu i reviziju analize seizmičkih opasnosti (PSHA, 2002. – 2004.).

Elektrane su projektirane za potrese s povratnim razdobljem koje znatno premašuje povratna razdoblja potresa za koja su projektirani uobičajeni objekti. Potres u Petrinji 29. prosinca 2020., koji smo osjetili i na području Krškog, nije predstavljao nikakvu opasnost za NEK i nije prouzročio nikakvu štetu.



Slika 140: PGA za povratno razdoblje potresa od 475 godina (izvor: */60/*)

POTRESNA NEVARNOST SLOVENIJE – PROJEKTNI POSPEŠEK TAL	SEIZMIČKA OPASNOST SLOVENIJE – PROJEKTNO UBRZANJE TLA
POSPEŠEK TAL	UBRZANJE TLA
POVRATNA DOBA TRDA TLA (TIP A po EC8)	POVRATNO RAZDOBLJE POTRESA TVRDO TLO (TIP A po EC8)

Projektna načela 10 CFR 100 App. A, koja su korištena tijekom projektiranja i izgradnje NEK-a, zahtijevaju da se zgrade, komponente i sustavi važni za nuklearnu sigurnost projektiraju i grade tako da budu otporni na potres, što je također u skladu sa slovenskim zakonodavstvom (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije br. 74/16, 76/17 – ZVISJV-1)). Zgrade i sustavi NEK-a projektirani su tako da budu otporni na potres u skladu s RG 1.60. Prvobitno je razmatran projektni potres za sigurno zaustavljanje elektrane (SSE) s maksimalnim

ubrzanjem tla („peak ground acceleration" odnosno PGA) na razini temelja od 0,3 g, pri čemu su sve zgrade projektirane uz pretpostavku da je temelj na površini, što se pokazalo kao vrlo konzervativna pretpostavka. To je jedna od ključnih pretpostavki koja osigurava visoku seizmičku sigurnost NEK-a, što je već dokazano u sklopu seizmičke vjerojatnosne analize sigurnosti /225/.

Nakon završetka opsežne seizmičke vjerojatnosne analize sigurnosti /225/, koja je uključivala i analizu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a, u neposrednoj blizini NEK-a provedena su opsežna dodatna geološka, geotehnička i seizmološka istraživanja u sklopu lokacije NSRAO i JEK2. Ta istraživanja usmjerena su na pojedine geološke strukture (seizmičke izvore i rasjede) radi boljeg razumijevanja seizmičko-tektonske strukture Krške kotline i smanjenja nesigurnosti u ulaznim podacima za određivanje seizmičke opasnosti lokacije i pružanje temelja za procjenu mogućih rasjeda („capable fault"). U sklopu preliminarnih zaključaka ovih multidisciplinarnih istraživanja koja su se provela na širem području lokacije od 2008. godine /274/,/275/, nije dana osnova koja bi upućivala na sposobnost rasjeda ili geoloških struktura koje bi mogle trajno deformirati površinu lokacije tijekom potresa („capable faults"), odnosno nije bilo novih saznanja koja bi bitno promijenila postojeću procjenu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a /271/ koja je napravljena 2002. – 2004. nakon prethodnih 10-godišnjih istraživanja.

„Stres-testovima" Nuklearne elektrane Krško /26/ dokazano je da su ubrzanja tijekom potresa, za koja se može očekivati da će utjecati na objekte i sustave elektrane, znatno veća od projektnih ubrzanja, što potvrđuje visoku nuklearnu i seizmičku sigurnost nuklearnih objekata NEK-a. Dodatno je poslije povećana seizmička i nuklearna sigurnost osiguravanjem mobilne opreme i priključaka za nju, izgradnjom trećeg dizelskog generatora DG3 i provedbom programa nadogradnje sigurnosti elektrane. Sve nove zgrade i sustavi koji se implementiraju u sklopu programa sigurnosne nadogradnje na glavnom nuklearnom otoku projektirani su za maksimalno ubrzanje tla na površini, što je dvostruko veće od projektnog ubrzanja na temelju postojećih objekata i sustava NEK-a (tj. 0,6 g). Nove zgrade i sustavi izgrađeni izvan glavnog otoka (posebno utvrđena sigurnosna zgrada, novi centar tehničke podrške) kao i suho skladište istrošenog nuklearnog goriva, u izgradnji, projektirani su tako da su seizmički otporni već za 30-postotno povećanje ubrzanja projekta na površini (0,78 g), čime se osigurava uzimanje u obzir mogućih nesigurnosti u analizi seizmičke opasnosti. Prema analizi seizmičke opasnosti lokacije NEK-a /274/, očekuju se potresi s ubrzanjem (PGA) od 0,56 g s povratnim razdobljem od 10.000 godina.

Izvještaj o stres-testovima daje procjenu seizmičke granice na kojoj bi se dogodilo oštećenje jezgre, zaštitne zgrade i „cliff edge efekta". Maksimalna ubrzanja tla pri kojima bi se mogla oštetiti jezgra reaktora procijenjena su u rasponu od 0,8 g peak ground acceleration (PGA). Ubrzanja tla pri kojima bi moglo doći do ranih velikih ispusta trebala bi biti veća od 1 g PGA. Naknadni filtrirani ispusti mogu se pojaviti u rasponu ubrzanja tla između 0,8 i 0,9 g. Integritet bazena istrošenog goriva ne bi bio ugrožen do ubrzanja tla većih od 0,9 g /26/. Seizmičke analize su pokazale da su potresi s PGA većim od 0,8 g na lokaciji nuklearne elektrane vrlo rijetki i da imaju očekivano vrijeme povratka procijenjeno na više od 50.000 godina /26/.

Sukladno američkim regulatornim smjernicama, NEK ima ugrađenu seizmičku instrumentaciju (11 senzora) za detekciju seizmike koja omogućuje usporedbu spektra odgovora (izračunatih iz izmjerenih akcelerograma) s projektnim spektrima odgovora za pojedinačne lokacije senzora. U slučaju da maksimalno ubrzanje tla na otvorenoj površini prijeđe vrijednost od 0,01 g, senzori bilježe seizmičko kretanje tla. U tom slučaju se nakon potresa pregledavaju svi vitalni dijelovi elektrane. U slučaju da intenzitet potresa, izražen maksimalnim ubrzanjem tla, prijeđe polovicu maksimalnog projektnog ubrzanja, elektrana se zaustavlja i ponovno pokreće tek nakon potvrde da nema oštećenja na zgradama, sustavima ili opremi kao posljedice potresa.

Opasnost od poplave

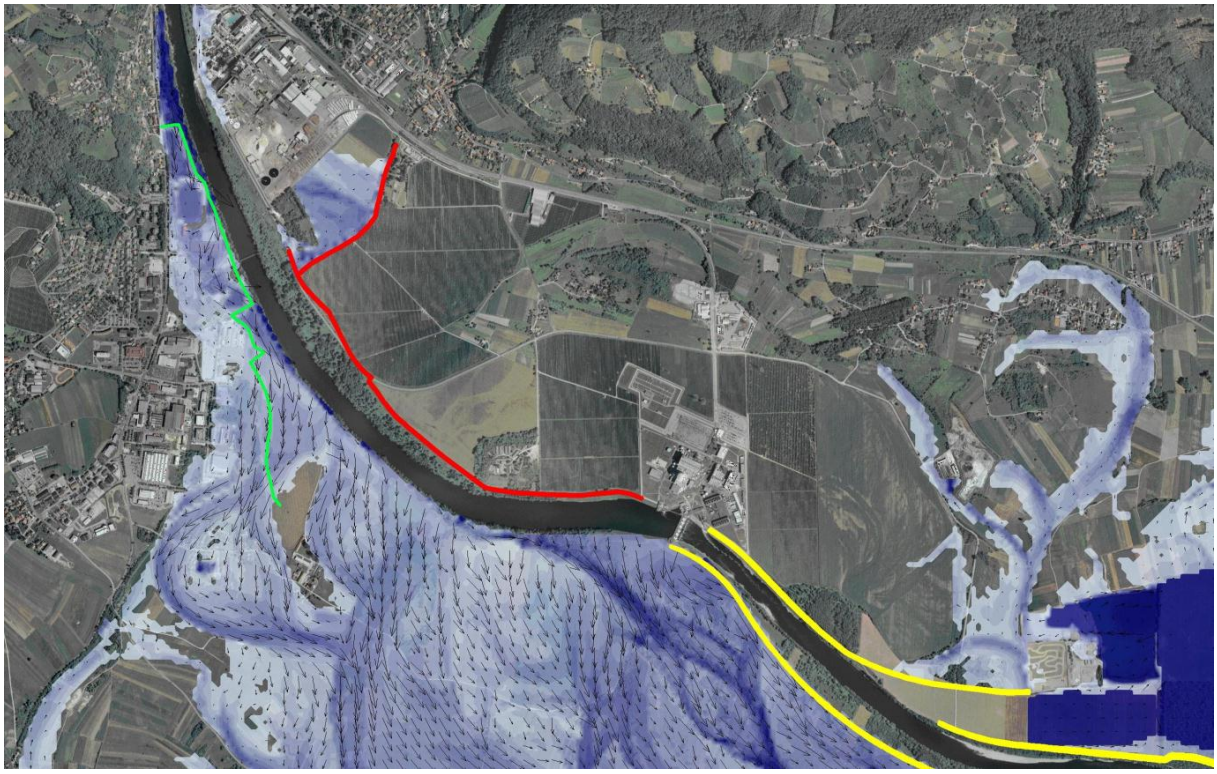
NEK se nalazi na nekadašnjoj poplavnoj ravnici Save koja je tijekom izgradnje NEK-a bila zaštićena od poplava nasipima uz Savu i Potočnicu. Savski nasip se proteže oko 2 km uzvodno i 1 km nizvodno od NEK-a, a nasip uz Potočnicu dugačak je 750 m i teče od mjesta ulijevanja Potočnice u Savu do željezničke pruge. Tijekom izgradnje NEK-a desna obala rijeke Save ostala je u svom prirodnom stanju i kao takva osigurala je da se eventualna ekstremna poplava prelije na desnu poplavnu ravnicu uz rijeku Savu. U vrijeme izgradnje NEK-a relevantna poplava Q10.000 iznosila je 4272 m^3/s.

U 2011. godini ponovno je procijenjena poplavna sigurnost NEK-a te je u sklopu proširenih analiza utvrđen novi mjerodavni protok Q10.000 = 4790 m^3/s. Na temelju ovih analiza dovršena je prilagodba protupoplavnih nasipa u veljači 2012. (projekt NEKPMF-B056/186-2). Kruna nasipa uz Savu podignuta je na 1 m u dužini od 1430 m, a kruna nasipa uz Potočnicu na 1,8 m, pri čemu je na krajnjem uzvodnom dijelu izveden zaštitni betonski zid.

Druga, manja prilagodba nasipa uz Savu i Potočnicu, kao rezultat izgradnje HE Brežice, završena je u ožujku 2018. godine (projekt NEKPOT-A201/019), a investitori su bili INFRA, HESS, DRSI i Općina Krško. Kruna nasipa uz Savu samo je minimalno korigirana u dužini od 100 m (do 10 cm), a uzduž Potočnice podignuta je zaštita od poplava za dodatnih 0,5 m izgradnjom parapetnog zida i podizanjem postojećeg protupoplavnog zida.

Kao rezultat prilagodbe protupoplavnih nasipa uz Savu i Potočnicu 2011. i 2018. godine, NEK je zaštićen do protoka od 11.130 m^3/s /3/.

Struktura suhog skladišta IG-a dizajnirana je da omogući poplavnu sigurnost s visokovodnim nasipima (PMF) i u slučaju poplave PMF-a nakon potresa iznad 0,3 g zaštićena je potpornim ili brtvenim sustavom do kote od 157,53 m n. v. Nepropusnost građevine prije poplave osigurava se obodnim AB zidovima, a prodor vode kroz vrata spriječen je demontažnim protupoplavnim barijerama.



Slika 141: Opseg poplava na području NEK-a i vektori lokalne brzine vode pri QPMF = 7081 m^3/s (nestabilan protok) za status s HE Brežice (izvor: /151/)

Crvenom linijom prikazani su nasipi NEK-a uz Savu i Potočnicu, zelenom visokovodni nasipi u sklopu projekta HE Brežice i žutom energetski nasipi HE Brežice. Po: Hidraulička analiza visokih voda rijeke Save na području NEK-a pri maksimalnom vjerojatnom protoku (PMF) za status nakon izgradnje HE Brežice /151/.

Tablica 143: Po veličini najveći dosad zabilježeni protoci Save u Radeču koji je do 1994. godine bio referentna vodomjerna postaja za NEK (izvor: /3/)

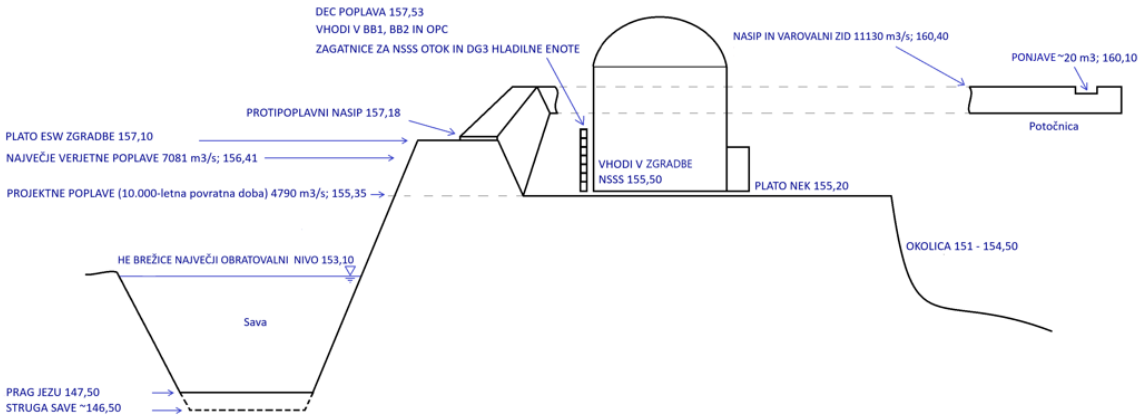
Year	Flow	Year	Flow	Year	Flow	Year	Flow
1990	**2991**	*1909*	1863	*1916*	1466	*1952*	1302
1998	2940	*1991*	1862	*1960*	1458	*1928*	1294
1933	2809	*1987*	1857	*1939*	1458	*1944*	1264
1964	2699	*1969*	1839	*1918*	1458	*1997*	1250
1923	2676	*1985*	1831	*1983*	1450	*1994*	1217
1979	2498	*1949*	1820	*1959*	1420	*1978*	1216
1973	2460	*1962*	1789	*1956*	1420	*1999*	1133
1980	2391	*1940*	1772	*1921*	1420	*1911*	1131
1966	2350	*1915*	1754	*1984*	1416	*1910*	1119
1982	2313	*1993*	1735	*1947*	1412	*1912*	1104
1936	2228	*1967*	1712	*1919*	1400	*1955*	1068
1974	2213	*1968*	1708	*1989*	1391	*1953*	1018
1992	2153	*1948*	1693	*1995*	1390	*1913*	1007
1927	2134	*1963*	1661	*1976*	1380	*1957*	1000
1926	2109	*1931*	1661	*1937*	1380	*1924*	997
1930	2087	*1925*	1576	*1977*	1370	*1971*	973
2000	2080	*1922*	1576	*1970*	1346	*1981*	942
1961	2024	*1951*	1552	*1943*	1341	*1950*	929
1934	1998	*1954*	1536	*1988*	1331	*1941*	849
1965	1957	*1935*	1536	*1932*	1325	*1920*	832
1975	1930	*1917*	1513	*1914*	1321	*1945*	815
1972	1913	*1986*	1492	*1908*	1317	*1942*	805
1996	1865	*1938*	1482	*1958*	1309	*1929*	805
						1946	582

Tablica 144: Šest najvećih zabilježenih tokova rijeke Save u profilu HE Krško (izvor: /246/)

Year	Date	Flow
1933	23.9.	*2940*
1964	25.10.	*2733*
1973	25.9.	*2549*
1979	29.1.	*2630*
1990	1.11.	*3050*
1998	4.11.	*3001*

U sklopu postupaka održavanja NEK redovito provjerava stanje zaštite od poplava i vodi brigu o redovitoj provedbi vježbi obnavljanja znanja o provedbi aktivne zaštite od poplava.

Na temelju dosadašnjih opisa zaštite i do sada dokumentiranih poplava zaključuje se da će NEK biti adekvatno zaštićen od poplava do 2043. godine, uzimajući u obzir posljedice klimatskih promjena.



Slika 142: Zaštita NEK-a od poplava

DEC POPLAVA 157,53	DEC POPLAVA 157,53
VHODI V BB1, BB2 IN OPC	ULAZI U BB1, BB2 I OPC
ZAGATNICE ZA NSSS OTOK IN DG3 HLADILNE ENOTE	TALPE ZA NSSS OTOK I DG3 RASHLADNE JEDINICE
NASIP IN VAROVALNI ZID 11130 m^3/s; 160,40	NASIP I ZAŠTITNI ZID 11130 m^3/s; 160,40
VREĆE S PESKOM ~20 m^3; 160,10	VREĆE S PIJESKOM ~20 m^3; 160,10
Potočnica	Jezero Potočnica
PROTIPOPLAVNI NASIP 157,18	PROTUPOPLAVNI NASIP 157,18
PLATO ESW ZGRADBE 157,10	PLATO ESW ZGRADE 157,10
NAJVEČJE VERJETNE POPLAVE 7081 m^3/s; 156,41	NAJVEĆE VJEROJATNE POPLAVE 7081 m^3/s; 156,41
PROJEKTNE POPLAVE (10.000-letna povratna doba), 4790 m^3/s;155,35	PROJEKTNE POPLAVE (povratno razdoblje od 10.000 godina), 4790 m^3/s;155,35
VHODI V STRUKTURE *NSSS 155,50*	ULAZI U STRUKTURE *NSSS 155-50*
PLATO NEK 155,20	PLATO NEK 155,20
OKOLICA 151 – 154,50	OKOLICA 151 – 154,50
HE BREŽICE NAJVEČJI OBRATOVALNI NIVO 153,10	HE BREŽICE NAJVEĆI POGONSKI NIVO 153,10
Sava	Sava
PRAG JEZU 147,50	PRAG BRANE 147,50
STRUGA SAVE ~ 146,50	KORITO SAVE ~ 146,50

Starenje elektrane i nadzor

NEK je uveo program starenja opreme (AMP) koji je namijenjen praćenju sustava, konstrukcija i komponenti (SSK) tijekom rada elektrane kroz osnovni (40 godina) i produljeni pogonski vijek. Program AMP sveobuhvatno definira odgovornosti, aktivnosti i metodologiju praćenja starenja opreme. Taj program AMP također predviđa mjere za smanjenje odnosno uklanjanje učinaka starenja.

AMP se sastoji od različitih programa, postupaka i aktivnosti NEK-a koji osiguravaju da se sve predviđene funkcije sustava, struktura i komponenti (SSK) kojima upravlja AMP identificiraju i propisno revidiraju s obzirom na učinke starenja. Pomno se promatraju učinci starenja. Na temelju njih utvrđene su određene radnje koje omogućavaju SSK-u da ispuni svoju predviđenu funkciju do kraja pogonskog vijeka NEK-a te u slučaju produljenja pogonskog vijeka elektrane. AMP NEK je temeljen i u skladu s NUREG-1801 – Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report. Program AMP tako sveobuhvatno pokriva nadzor starenja elektrane, što uključuje mehaničke, električne i građevinske SSK-ove, koji sustavno identificiraju mehanizme starenja i njihove učinke za SSK važne za sigurnost, utvrđuju se moguće posljedice starenja i potrebne mjere za održavanje operativnosti i pouzdanosti SSK-a.

Stvarna kontrola SSK-a zbog starenja i druge aktivnosti vezane uz kontrolu opreme dane u postupcima provode se preko sustava radnih naloga i programa preventivnog održavanja.

Program starenja NEK-a stoga se temelji na 10 CFR 54 – „Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants". Ostale aktivnosti kontroliraju se putem Praćenja učinkovitosti održavanja (NUV) – Maintenance rule (10 CFR 50.56), INPO API 913 (Reliability Centred Maintenance)

i Programa kvalifikacije zaštite okoliša Environmental Qualification programs (10 CFR 50.49). Aktivnosti vezane uz zamjenu opreme uključene su u dugoročni plan ulaganja i aktivnosti održavanja.

Na temelju niza studija i analiza Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) donijela je odluku br. 3570-6/2009/32 od 20. lipnja 2012. godine kojom se potvrđuje da je stanje opreme u NEK-u zadovoljavajuće te da su pritom zadovoljene sve sigurnosne rezerve i funkcionalnost opreme.

Sposobnost za produljeni pogonski vijek NEK-a temelji se ponajprije na sljedećim činjenicama:
1. elektrana ima ugrađene materijale i opremu koji imaju dovoljno sigurnosnih rezervi;
2. zamijenjena je sva oprema koja utječe na pouzdanost rada;
3. elektrana radi stabilno;
4. izvršena je sigurnosna nadogradnja u skladu sa zahtjevom ZVISJV-1 i naučenim lekcijama iz svih većih nuklearnih nesreća do danas, što se odražava u ENSREG-u (slov. nacionalni akcijski plan nakon Fukushime)
5. NEK ima temeljit program starenja opreme AMP koji prati starenje svih pasivnih konstrukcija i komponenti (reaktorske posude, betona, podzemnih cjevovoda, čeličnih konstrukcija, električnih kabela itd.). Isto tako se s pomoću učinkovitog programa preventivnog održavanja prati i starenje aktivnih komponenata.

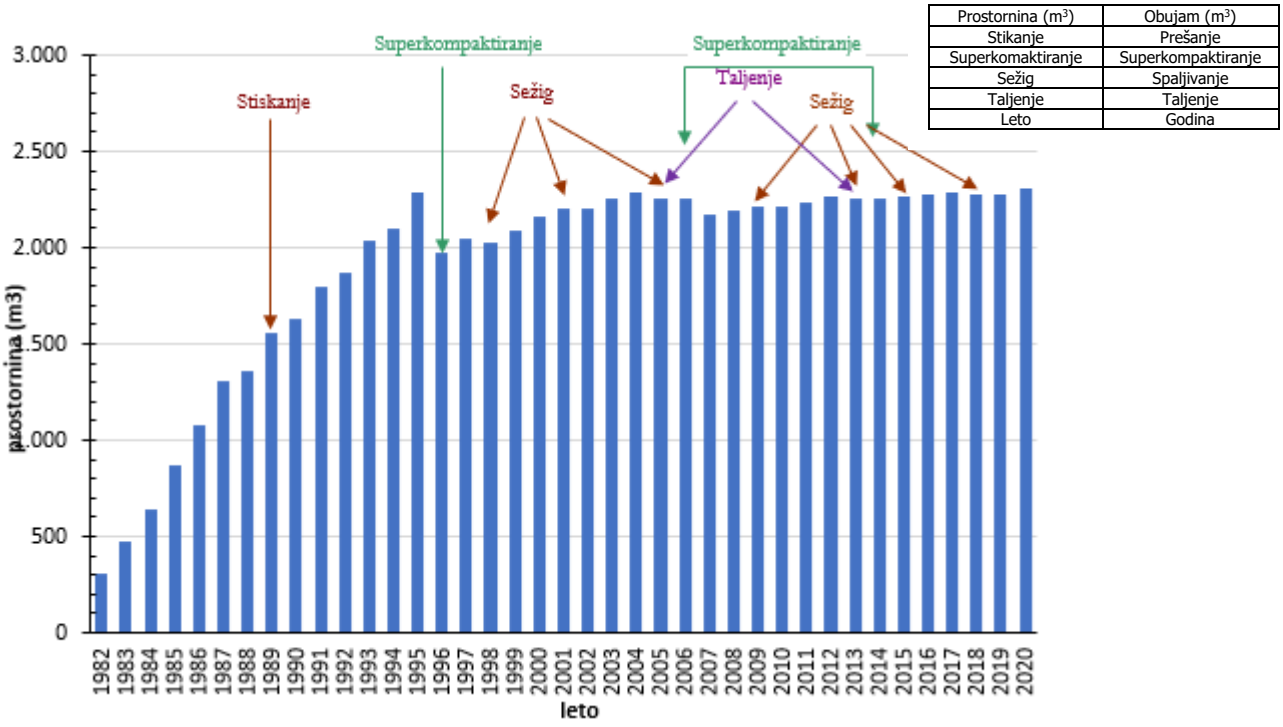
Navedenim radnjama stvoreni su svi potrebni tehnički preduvjeti za produljenje pogonskog vijeka elektrane.

Dugoročno odlaganje radioaktivnog otpada
U skladu s međunarodnim ugovorom /11/ prvo pražnjenje skladišta NSRAO-a u NEK-u bit će od 2023. do 2025. godine. Daljnje pražnjenje provodi se u skladu s Programom zbrinjavanja RAO-a koji se revidira svakih pet godina /11/. Kako se stranke nisu dogovorile o zajedničkom rješenju, sukladno reviziji 3. programa zbrinjavanja RAO-a, 50 % NSRAO-a odlazi na odlagalište Vrbina, a 50 % u dugotrajno skladište i kasnije odlagalište u Republici Hrvatskoj.

Godišnji volumen uskladištenog NSRAO-a u pogonu, koji je u početnom razdoblju rada NEK-a u prosjeku iznosio 100 m^3, kontinuirano se smanjuje zbog aktivnih mjera smanjenja količine nastalog NSRAO-a i odgovarajućih postupaka obrade i pripreme za skladištenje, tako da je trenutačno ispod 35 m^3, što je i dugoročni operativni cilj NEK-a[38]. Radni otpad pohranjuje se u skladištu koje je u početku bilo planirano za 5000 bačvi odnosno 5 godišnjih proizvodnja NSRAO-a, ali je poslije kapacitet povećan na 11.200 bačvi ili 3000 cjevastih kontejnera (TTC-tube type container), koji su u obliku paketa s NSRAO-om. Na kraju 2019. godine obujam NSRAO-a u skladištu iznosio je 2274 m^3. Kako je popunjenost skladišta radioaktivnog otpada u 2012. godini dosegla 95 % raspoloživog skladišnog kapaciteta, NEK je u 2013. godini počeo planirati objekt za manipulaciju opremom i pošiljkama radioaktivnog tereta (WMB). Nova zgrada ublažava probleme zbog kašnjenja u izgradnji odlagališta NSRAO-a. G. 2018. završena je izgradnja navedenog objekta. Nova zgrada omogućuje povlačenje mjerne opreme i superkompaktora iz manipulativnog skladišnog prostora. Ova mjera osigurava prostor u skladištu za rezervni skladišni kapacitet (5 %) u slučaju nužde. Ovakvom reorganizacijom skladišta će se, prema procjeni NEK-a, do 2022. godine osigurati dovoljno prostora za skladištenje radioaktivnog otpada. Za normalan rad NEK-a nakon 2022. godine potrebno je ubrzati aktivnosti na izgradnji odlagališta NSRAO-a i osigurati početak preuzimanja otpada NSRAO u 2023. godini[39]. Izgradnja odlagališta NSRAO-a je samostalan projekt koji je potpuno odvojen od projekta produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Za njega je izrađena posebna studija utjecaja na okoliš te je 2021. godine dobivena ekološka suglasnost.

Količina NSRAO-a u pogonu u skladištu NEK-a prikazana je na sljedećoj slici (Slika 143).

[38] Rezolucija o Nacionalnom programu djelovanja s RAO-om i IG-om ReNPRRO16-25, točka 3.1.1.3.
[39] Izvještaj o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti u Republici Sloveniji u 2019., URSJV, 2020.



Slika 143: Prikaz količine NSRAO-a u skladištu tog otpada u NEK-u (stanje na kraju 2020.) /227/

Naglašavamo da se radioaktivni otpad skladišti vrlo sigurno dok se ne pronađe trajno rješenje za odlaganje.

6.5.4 Republika Hrvatska

Republika Hrvatska je s dopisom br. KL.: 351-03/21-08/02, URBR.: 517-05-1-2-21-2, Zagreb, 28. svibnja 2021., najavila sudjelovanje u postupku prekogranične procjene utjecaja na okoliš u navedenom postupku, ali nije postavila prethodna pitanja.

6.5.5 Republika Mađarska

U postupku obavijesti Ministarstvu okoliša i prostornog planiranja, Republika Mađarska je postavila dolje navedena pitanja.

1. Vezano za seizmičku sigurnost, navodi se da je elektrana Krško projektirana da izdrži potres s maksimalnim ubrzanjem tla (PGA) od 0,3 g, a poslije su izvedene mjere poboljšanja sigurnosti za poboljšanje seizmičke sigurnosti (uz dodatak trećeg sigurnosnog sustava dizelskog generatora). Osim toga, navodi se da bi prema analizama provedenima u sklopu stres-testova oštećenja na najkritičnijim konstrukcijama i komponentama sa stajališta sigurnosti (jezgra reaktora, retencijski spremnik, bazen s istrošenim gorivom) nastala u 0,8 – 1,0 g područja PGA. Istodobno nedostaju podaci o trenutačnim stvarnim seizmičkim karakteristikama područja koji su uključeni u postojeću projektnu osnovu (vrijednost PGA za stvarni potres sigurnog isključivanja – SSE – i učestalost njegova ponavljanja).

Odgovor sastavljača PVO-a:

Projektna načela 10 CFR 100 App. A, koja su korištena tijekom projektiranja i izgradnje NEK-a, zahtijevaju da se zgrade, komponente i sustavi važni za nuklearnu sigurnost projektiraju i grade tako da budu otporni na potres, što je također u skladu sa slovenskim zakonodavstvom (Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije br. 74/16, 76/17 – ZVISJV-1)). Zgrade i sustavi NEK-a projektirani su tako da budu otporni na potres u skladu s RG 1.60. Prvobitno je razmatran projektni potres za sigurno zaustavljanje elektrane (SSE) s maksimalnim

ubrzanjem tla („peak ground acceleration" odnosno PGA) na razini temelja od 0,3 g, pri čemu su sve zgrade projektirane uz pretpostavku da je temelj na površini, što se pokazalo kao vrlo konzervativna pretpostavka. Tako su određeni/izračunati spektri odziva, na temelju kojih je sva oprema kvalificirana, usporedivi sa spektrima odziva izračunatima za maksimalno ubrzanje od 0,6 g na slobodnoj površini. To je jedna od ključnih pretpostavki koja osigurava visoku seizmičku sigurnost NEK-a, a koja je već bila dokazana u sklopu vjerojatnosne analize sigurnosti.

Nakon dovršene vjerojatnosne seizmičke analize, koja je uključivala i analizu seizmičke opasnosti lokacije NEK-a, u neposrednoj blizini elektrane provedena su opsežna dodatna geološka, geotehnička i seizmološka istraživanja u sklopu istraživanja lokacije za NSRAO i JEK2. Ta istraživanja usmjerena su na pojedine geološke strukture (seizmičke izvore i rasjede) radi boljeg razumijevanja seizmičko-tektonske strukture Krške kotline i smanjenja nesigurnosti u ulaznim podacima za određivanje seizmičke opasnosti lokacije i pružanja osnove za procjenu mogućih rasjeda (tzv. capable fault). U sklopu preliminarnih zaključaka ovih multidisciplinarnih istraživanja koja su se provela na širem području lokacije za postavljanje JEK2 od 2008. godine, nije dana osnova koja bi upućivala na sposobnost rasjeda ili geoloških struktura koje bi mogle trajno deformirati površinu lokacije tijekom potresa (tzv. capable faults), odnosno nije bilo novih saznanja koja bi bitno promijenila postojeću procjenu seizmičke opasnosti lokacije NEK koja je napravljena 2002. – 2004. nakon prethodnih 10-godišnjih istraživanja.
Sa stres-testovima Nuklearne elektrane Krško dokazano je da su ubrzanja tijekom potresa, za koja se moglo očekivati da će utjecati na objekte i sustave elektrane, znatno veća od projektnih ubrzanja, što potvrđuje visoku nuklearnu i seizmičku sigurnost nuklearnih objekata NEK-a. Dodatno je poslije povećana seizmička i nuklearna sigurnost osiguravanjem mobilne opreme i priključaka za nju, izgradnjom trećeg dizelskog generatora DG3 i provedbom programa nadogradnje sigurnosti elektrane. Sve nove zgrade i sustavi koji se implementiraju u sklopu programa sigurnosne nadogradnje na glavnom nuklearnom otoku projektirani su za maksimalno ubrzanje tla na površini, što je dvostruko veće od projektnog ubrzanja na temelju postojećih objekata i sustava NEK-a (tj. 0,6 g). Nove zgrade i sustavi izgrađeni izvan glavnog otoka (posebno utvrđena sigurnosna zgrada, novi centar tehničke podrške) kao i suho skladište istrošenog nuklearnog goriva, u izgradnji, projektirani su tako da su seizmičko otporni već za 30-postotno povećanje ubrzanja projekta na površini (0,78 g), čime se osigurava uzimanje u obzir mogućih nesigurnosti u analizi seizmičke opasnosti. Prema analizi seizmičke opasnosti lokacije NEK-a, povratno razdoblje potresa s ubrzanjem (PGA) od 0,56 g iznosi 10.000 godina, što danas odgovara projektnom potresu SSE za izgradnju novih nuklearnih objekata (i za koje su projektirani novi sustavi u NEK-u).

U izvještaju o stres-testovima navedena je procjena maksimalnih ubrzanja tla koja bi oštetila jezgru, zaštitnu zgradu i „cliff edge efekt". Maksimalna ubrzanja tla (peak ground acceleration (PGA)) koja bi mogla oštetiti jezgru reaktora procijenjena su u rasponu od 0,8 g. Očekuje se da će maksimalna ubrzanja tla koja bi mogla dovesti do ranih velikih ispuštanja biti veća od 1 g. Naknadna filtrirana ispuštanja mogla bi se pojaviti u rasponu od maksimalnih ubrzanja tla između 0,8 i 0,9 g. Integritet bazena za istrošeno gorivo ne bi bio ugrožen do maksimalnih ubrzanja tla većih od 0,9 g. Analiza seizmičke opasnosti procjenjuje da su potresi s najvećim ubrzanjem tla (PGA) na lokaciji nuklearne elektrane, većim od 0,8 g, vrlo rijetki i imaju očekivano povratno razdoblje procijenjeno na više od 50.000 godina. U poglavlju 2.7.2. opisana je zaštita od potresa NEK-a.

2. U sklopu informacija koje treba predstaviti o utjecajima poplava na sigurnost, minimalnim mogućim razinama vode u rijeci Savi (uključujući njihov utjecaj na hlađenje) i drugim ekstremnim meteorološkim uvjetima, kao i u odnosu na toplinska opterećenja na temperaturu rijeke, potrebno je evaluirati i dodatno predstaviti projicirane učinke klimatskih promjena u razdoblju dugoročnog djelovanja (2023. – 2043.).

Odgovor sastavljača PVO-a:

PVO procjenjuje utjecaj klimatskih promjena na sigurnosne aspekte elektrane i normalan rad. Analiziraju se očekivane promjene klimatskih čimbenika u razdoblju do 2043. godine. To uključuje utjecaj poplava i velikih voda, utjecaj smanjenog protoka na hlađenje i sigurnost, porast temperature vode Save i zraka, ekstremne vjetrove, ekstremne oborine, tuču i led, prirodne požare i druge ekstremne događaje.

Sustavnim pristupom, korištenjem smjernica i uputa Europske komisije u uporabi u Sloveniji, procjenjuje se izloženost, osjetljivost, ranjivost, formira se procjena rizika i procjenjuje otpornost elektrane na klimatske promjene.

Osim projektnih poplava (DBF, povratno razdoblje od 10.000 godina), NEK je zaštićen od najvećih vjerojatnih poplava (PMF) u kojima maksimalni protok rijeke Save doseže 7081 m^3/s. PMF, postavljen 2010., predstavlja hipotetičku poplavu koja se smatra najgorom razumno mogućom na temelju korištenja vjerojatnih najvećih oborina i drugih hidroloških čimbenika koji pridonose najvećem otjecanju vode, kao što su uzastopne oluje i istovremeno otapanje snijega. U 2018. godini izvršena je dodatna rekonstrukcija protupoplavnih nasipa NEK-a za koje su hibridni matematičko-fizički modeli dokazali da osiguravaju poplavnu sigurnost NEK-a do protoka rijeke Save od 11.130 m^3/s, što je 2,78 puta od najveće dosad zabilježene poplave. Tako scenariji za određivanje PMF-a kao dokazanu graničnu poplavnu sigurnost predstavljaju dovoljnu otpornost NEK-a na posljedice klimatskih promjena tijekom razdoblja produljenog pogona.

Najniža potrebna razina rijeke Save za rad sustava bitne opskrbne vode (ESW) je 147,85 m n. v., što odgovara protoku od 32 m^3/s, a to je izrazito malo i može se dogoditi uz povratno razdoblje od 620 godina (USAR). Navedena najniža potrebna razina pri protoku od 32 m^3/s daje betonski prag brane na koti od 147,50. Tijekom tog protoka sustav bitne opskrbne vode (ESW), koji osigurava UHS (Ultimate Heat Sink), i dalje radi bez spuštanja pregrada na brani na Savi. Ako je protok manji ili ga nema, UHS radi preko ESW-a s kruženjem i hlađenjem vode u bazenu/jezeru koja nastaje iza spuštenih pregrada. Svi scenariji klimatskih promjena za Sloveniju pokazuju samo male promjene u najnižim tokovima Save u rasponu od ± 5 % i stoga se s ovog aspekta ne očekuje nikakav utjecaj na rad NEK-a. Akumulacije izgrađene u posljednjih 15 godina za HE na Savi dodatna su vodoopskrba i time povećavaju otpor NEK-a od niskih protoke Save. U sušnom razdoblju smanjenje protoka je predvidljivo, promjene se javljaju postupno. Maksimalna temperatura rijeke Save koja osigurava UHS u slučaju normalnog rada je 29,2 °C i 28,3 °C u slučaju nesreće. Zbog različitih čimbenika u slivu, temperatura rijeke Save postupno raste, ali ta povećanja nisu takva da bi ugrozila pouzdanost rada NEK-a. Dokazano je i pozitivno djelovanje novih akumulacija HE na temperaturu vode Save, što je najizraženije u situacijama s visokim temperaturama zraka i niskim protocima Save.

Gore navedeno je obrađeno u sljedećim poglavljima PVO-a: 2.7. Osiguravanje sigurnog pogona NEK-a; 4.1.2. Meteorološke karakteristike područja, klimatski podaci; 4.1.9. Rizik od poplava i erozije; 5.6. Utjecaj klimatskih promjena na zahvat i u 5.3.2. Utjecaj na toplinsko onečišćenje rijeke Save.

3. Rezultate ispuštanja u atmosferu u slučaju analiziranih scenarija teških nesreća treba prikazati s brojčanim vrijednostima koje su minimalne za koncentracije aktivnosti različitih izotopa u blizini mađarske granice i pomiču se unaprijed te za procijenjene posljedične doze (sve uzimajući u obzir najnepovoljnije vjetrove i druge meteorološke uvjete).

Odgovor sastavljača PVO-a:

U izvještaju „Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BOB) accidents at NPP Krsko" (br. FER-ZVNE/SA/DA-TR03/21-0) detaljno se analiziraju odgovarajući najgori scenariji slučaja nesreće u kombinaciji sa stvarnim meteorološkim podacima. Rezultati se obrađuju u obliku relativnih koncentracija X/Q i doza za stanovništvo. Uzeta je u obzir i analiza koncentracija izotopa u obližnjim područjima svih susjednih zemalja, uključujući Mađarsku. Metodologija i ključni rezultati uključeni su u prošireno poglavlje PVO-a o prekograničnim utjecajima u slučaju radiološke nesreće (poglavlje 6.4. PREKOGRANIČNI UTJECAJI U SLUČAJU IZVANREDNOG DOGAĐAJA – NESREĆE).

Relativna koncentracija X/Q, efektivna 30-dnevna doza i 30-dnevna doza štitnjače uzrokovane ispuštanjem zbog predmetne projektne nesreće i proširene projektne nesreće prikazane su u obliku tablice i grafova ovisno o udaljenosti od NEK-a (od 5 do 100 km, u koracima po 5 km i između 100 i 200 km u koracima po 10 km).

Na taj se način mogu razabrati doze na mađarskoj granici ili na bilo kojoj drugoj željenoj udaljenosti unutar navedenog raspona. Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa dane su za reprezentativne izotope (Cs-134, I-131 i Xe-133) kao grafovi ovisni o udaljenosti (za udaljenosti od 10 do 200 km).

Numerički rezultati se mogu očitati iz grafova. Izotopi su odabrani na temelju njihove važnosti za disperziju, radiološkog utjecaja, njihova vremena poluraspada i njihova udjela u ispuštanju. Izostavljene aktivnosti za karakteristične izotope joda, cezija, kriptona i ksenona prikazane su u tabličnom obliku za intervale od početka do 1 dana, od 1 dana do 3 dana i od 3 dana do 30 dana nakon početka nesreće.

4. Što se tiče radioaktivnog otpada, osim prikazivanja njegovih količina, mora se definirati i raspoloživi kapacitet skladištenja. Uzimajući u obzir te podatke, treba procijeniti koliko dugo je raspoloživi kapacitet adekvatan i kada će se pojaviti potreba za dodatnim mjerama (npr. za proširenje kapaciteta ili odvoz hrvatskog dijela otpada iz NEK-a na preradu).

Odgovor sastavljača PVO-a:

Projektni kapacitet skladišnih ćelija skladišta NSRAO-a (RWSB) je 11.200 bačvi ili 3.000 cjevastih kontejnera (TTC-tube type container), što je najčešći oblik paketa s NSRAO-om u NEK-u. U danoj situaciji u skladištu je pohranjeno 2217 cjevastih kontejnera i 1521 bačva (Tablica 21). Kapacitet skladišta dovoljan je do vremena (od 2023. do 2025.) kada će, prema međudržavnom ugovoru, javne službe Republike Slovenije i Republike Hrvatske preuzeti svaka polovicu radioaktivnog otpada (ref.: Ugovor između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju (BHRNEK)). Podaci o postupanju vlasnika NEK-a s NSRAO-om navedeni su u poglavlju 2.19.4.1.

5. Uz predstavljanje predviđene količine pohranjenog istrošenog goriva, potrebno je uključiti i raspoloživi kapacitet skladištenja (uključujući kapacitet suhog skladišta u fazi izgradnje). Na temelju ovih podataka potrebno je dokazati da je raspoloživi kapacitet dovoljan za količinu istrošenog goriva koja nastaje radom NEK-a (uzimajući u obzir prvotno planirani 40-godišnji pogon i 20 godina dodatnog dugotrajnog pogona). Ako je od početka određenog vremena raspoloživi kapacitet manji od potrebnog, također treba dati informacije o mogućim dodatnim mjerama.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Sve istrošeno gorivo u NEK-u trenutačno je pohranjeno u bazenu istrošenog goriva (IG), gdje su u rešetkama za skladištenje dostupne 1694 ćelije (poglavlje 4.4.11.).

Krajem 2020. godine u bazenu za istrošeno gorivo pohranjena su ukupno 1323 gorivna elementa, uključujući dva posebna spremnika s gorivnim šipkama i fisijske ćelije iz 2017. godine. Sto dvadeset i jedan (121) gorivni element nalazi se u reaktoru (poglavlje 4.4.11.). Bazen za istrošeno gorivo (IG) omogućuje sigurno skladištenje gorivnih elemenata u skladu s radnim uvjetima i ograničenjima (zahtjevi Tehničkih specifikacija NEK-a). Kapacitet skladišta je dovoljan i u slučaju hitnog pražnjenja jezgre reaktora (ECU, Emergency Core Unloading). Ako bi NEK radio do kraja 2023. godine, u njemu bi bila ukupno 1553 gorivna elementa, a u slučaju rada do kraja 2043. bilo bi ih ukupno 2.281 (procjena); v. poglavlje 4.4.11. Objekt za suho skladištenje istrošenog goriva je u izgradnji i bit će dovršen u prvoj polovici 2023. godine. Zgrada za suho skladištenje omogućit će skladištenje istrošenog goriva u 70 spremnika. U svakom kontejneru može se pohraniti 37 gorivnih elemenata. Šezdeset i dva (62) kontejnera planirana su za skladištenje IG-a koji bi nastao tijekom rada NEK-a do 2043. godine, a osam (8) kontejnera su rezervni skladišni kapaciteti. U 2023. godini bit će dovršena prva faza punjenja suhog skladišta, kada će biti premještena prva 592 istrošena gorivna elementa (poglavlja 2.7.11. i 4.4.11.). Raspoloživi kapacitet suhog skladišta dovoljan je za skladištenje istrošenog goriva nastalog pogonom NEK-a, uključujući produljenje pogonskog vijeka s 40 na 60 godina do 2043.

6. S obzirom na mjere koje se poduzimaju za povećanje sigurnosti, potrebno je jasno prikazati koje su od tih mjera poduzete prije analize stres-testova (npr. na temelju prvog i drugog povremenog

(periodičnog) sigurnosnog pregleda – PSR) i koje su rezultat analiza i procjena stres-testova. Također je potrebno dostaviti informacije o pravovremenoj provedbi ili predviđenoj odgodi mjera poboljšanja sigurnosti planiranih do 2021. te o izgradnji dodatnog suhog skladišta istrošenog goriva s planiranim datumom pogona 2023. godine.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Poglavlje 2.8. navodi ključne sigurnosne modernizacije i nadogradnje u posljednjih nekoliko desetljeća u NEK-u. Projekti sigurnosne nadogradnje koji se provode na temelju Nacionalnog akcijskog plana nakon nesreće u Fukushimi u sklopu stres-testova Europske unije, odnosno kao dio Programa nadogradnje sigurnosti (PNV), navedeni su u poglavlju 2.8.5. Sve sigurnosne modernizacije pod ovim naslovom su dovršene osim objekta za suho skladištenje istrošenog goriva. Suho skladište istrošenog goriva koje je dobilo građevinsku dozvolu i za koje je provedena procjena utjecaja na okoliš s prekograničnom procjenom u izgradnji je i bit će izvedeno u prvoj polovici 2023. godine.

Projekti nadogradnje sigurnosti NEK-a su:

- Ugradnja pasivnih autokatalitičkih peći za regulaciju vodika u zaštitnoj zgradi (dovršeno 2013.);
- Izgradnja sustava za filtrirano rasterećenje zaštitne zgrade (dovršeno 2013.);
- Poplavna sigurnost objekata NEK-a (dovršeno 2017.);
- Izgradnja pomoćne komandne sobe (dovršeno 2019.);
- Nadogradnja centra za tehničku i operativnu potporu (dovršeno 2021.);
- Alternativno hlađenje bazena s istrošenim gorivom (dovršeno 2020.);
- Ugradnja premosnih rasterećenih motornih ventila primarnog sustava (dovršeno 2018.);
- Alternativno hlađenje sustava za hlađenje reaktora i zaštitne zgrade (dovršeno 2021.);
- Izgradnja dodatno utvrđene zgrade (BB2) s dodatnim spremnicima vode za odvod preostale topline reaktora (dovršeno 2021.);
- Alternativni sustav za punjenje parogeneratora – AAF (dovršen 2021.);
- Alternativno sigurnosno ubrizgavanje – ASI (dovršeno 2021.);
- Suho skladište istrošenog goriva (SFDS) – predviđeni rok za realizaciju projekta je prva polovica 2023. godine;
- Ugradnja visokotemperaturnih brtvi u pumpu rashladne tekućine reaktora (dovršeno 2021.).

U skladu sa zakonskom regulativom i zahtjevima radne dozvole, NEK svakih 10 godina provodi periodični sigurnosni pregled (eng. PSR – Periodic Safety Review) koji potvrđuje upravno tijelo, tj. Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije. Prvi periodični sigurnosni pregled (PSR1) proveden je 2003. godine, kojim je provedena sveobuhvatna revizija stupnja nuklearne sigurnosti NEK-a i potvrđeno da on i dalje može sigurno raditi sljedećih 10 godina. Ključni doprinosi/poboljšanja koji proizlaze iz Akcijskog plana PSR1 i provedeni su prije tzv. stres-testova i akcijski planovi nakon nesreće u Fukushimi (poglavlje 2.8.) su:

- obnova/nadogradnja zaštite od poplava u slučaju najveće vjerojatnosti poplave (PMF) – podizanje nasipa;
- ugradnja dodatnog sigurnosnog dizelskog generatora – DG3.

Drugi periodični sigurnosni pregled (PSR2) proveden je 2013. godine. Drugi periodični sigurnosni pregled također je potvrdio da je elektrana sigurna kao što je predviđeno projektom i da je sposobna sigurno raditi još najmanje deset (10) godina. U sklopu akcijskog plana PSR2 nije bilo većih fizičkih nadogradnji na objektu jer je NEK već provodio mjere B.5.b (iz napada na WTC 11. rujna 2001.) i imao je oblikovan nacrt Programa sigurnosne nadogradnje.

7. Potrebno je preciznije razgraničiti područja radiološkog utjecaja (s prikazom karte) uzimajući u obzir najgore nesreće.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Sve ključne analize radiološkog prekograničnog utjecaja u slučaju nesreće prikazane su numerički i grafički iznad odgovarajuće karte. Glavni rezultati prikazani su u PVO-u (poglavlje 6.4. PREKOGRANIČNI UTJECAJI U SLUČAJU IZVANREDNOG DOGAĐAJA – NESREĆE), a svi detalji u izvještaju „Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krsko" br. FER-ZVNE/SA/DA-TR03/21-0). Također je detaljno opisana metodologija statističke obrade rezultata.

2D karte 95 percentila relativnih koncentracija X/Q, efektivne 30-dnevne doze i 30-dnevne doze štitnjače te integrirane koncentracije aktivnosti izotopa navedene su za udaljenosti do 200 km od elektrane. Prostorna rezolucija rezultata je u rasponu od 1 x 1 km do 8 x 8 km. Vrijednosti su iscrtane na ljestvici boja i dodane su granice između zemalja. Karte i grafovi po udaljenosti mogu se koristiti za određivanje vrijednosti na odabranoj udaljenosti. Rezultati su dani za odabranu projektnu nesreću i proširenu projektnu nesreću.

Kao što vidimo iz karata, najbliža točka na granici Slovenije i Mađarske je nešto više od 100 km od NEK-a. Vrijednost 95 percentila efektivne 30-dnevne doze na ovoj udaljenosti je, ovisno o korištenom modelu, između 1,26 e-2 mSv (RADTRAD + SPRAY X/Q) i 3,66 e-2 (LASAT za 2020.). Međutim, ako za efektivnu 30-dnevnu dozu za 2020. koristimo DIPCOT raspodjelu od 95 percentila, vrijednost na području granice s Mađarskom iznosi oko 1,1e-2 mSv. To je oko 1 % dopuštene godišnje doze za uobičajeno stanovništvo i niže je od mjesečne dopuštene doze (pod pretpostavkom jednakomjerne izloženosti cijele godine, potonja iznosi 1mSv/12 = 8,3e-2 mSv). 95 percentila 30-dnevne doze štitnjače na ovoj udaljenosti je između 7,4e-2 mSv (RADTRAD + SPRAY X/Q) i 6,34e-2 mSv (DIPCOT za 2020.). Međutim, ako za 30-dnevnu dozu štitnjače za 2020. koristimo DIPCOT raspodjelu od 95 percentila, vrijednost na najbližoj točki granice između Slovenije i Mađarske iznosi oko 6, e-2 mSv. Za takvu dozu štitnjače ne očekuju se štetni učinci na zdravlje.

Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa u zraku (95 percentila prostorno) na udaljenosti od 100 km približno su 1,4e5 Bq-s/m^3 (1e5 iz DIPCOT 2D raspodjele za 95 percentila svih vremenskih situacija za 2020. godinu za NEK-u najbližu točku na granici između Slovenije i Mađarske) za Cs-134, približno 4,6e5 Bq-s/m^3 (4e5 iz DIPCOT 2D raspodjele 95 percentila svih vremenskih situacija za 2020. godinu na NEK-u najbližoj graničnoj točki između Slovenije i Mađarska) za I-131 i približno 6,3e9 Bq-s/m^3 (4e9 iz DIPCOT 2D raspodjele 95 percentila svih vremenskih situacija za 2020. godinu na NEK-u najbližoj graničnoj točki između Slovenije i Mađarske) za Xe-133. 95 percentila prostorno na 100 km za integrirane koncentracije aktivnosti izotopa uvijek je veći od vrijednosti na točki granice između Slovenije i Mađarske koja je najbliža NEK-u.

8. Vrijednosti koncentracije aktivnosti i očekivane vrijednosti doze na granici s Mađarskom prikazane su za događaj poremećaja s očekivanim najvećim oslobađanjem radioaktivnih tvari. Treba procijeniti očekivane ekološke, radiološke i zdravstvene utjecaje te posljedice događaja, opisati karakteristike događaja, provocirajuće čimbenike i procese, radioaktivna ispuštanja i metodologiju korištenu za analize.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Kao što je već spomenuto, relativne koncentracije X/Q, efektivna 30-dnevna doza i 30-dnevna doza štitnjače i integrirane koncentracije aktivnosti izotopa za udaljenosti do 200 km od NEK-a dane su za ograničenu projektnu nesreću (projektnu nesreću gubitka hladila LB LOCA) i stvarnu nesreću s posljedičnim otapanjem jezgre i njezinim premještanjem u slivnik zaštitne zgrade (SBO bez mjera u prva 24 sata). Najveća očekivana ispuštanja prouzročile su upravo ove dvije nesreće, kako za projektne tako i za proširene projektne nesreće. Detaljan i realističan model atmosferske disperzije korišten je za udaljenosti do 100 km, a pojednostavnjeni modeli iz RODOS-a za udaljenosti do 200 km. Također smo dali sve informacije potrebne za razumijevanje korištene metodologije i pretpostavki za izračune.

Gore su navedene očekivane radiološke posljedice nesreće DEC B u NEK-u za lokaciju najbliže točke na granici između Slovenije i Mađarske. Doze na LB LOCA su red veličine niže. 95-percentilne efektivne 30-

dnevne doze na toj udaljenosti su, ovisno o korištenom modelu disperzije, između 4.e-4 mSv (RADTRAD + SPRAY X/Q) i 9.e-4 (LASAT za 2016.). Međutim, uzmemo li 95 percentila 2D raspodjele efektivne 30-dnevne doze izračunate DIPCOT modelom za 2020. godinu, vrijednost na granici između Slovenije i Mađarske iznosi približno 4,1e-4 mSv (odgovarajuća 95-percentilna vrijednost je 5,1 e-4 mSv). To je zanemarivo u odnosu na prirodnu pozadinu koja iznosi oko 2,5 mSv godišnje.

95-percentilna 30-dnevna doza štitnjače na ovoj udaljenosti je između 5,8e-3 mSv (RADTRAD + SPRAY X/Q) i 4,8e-3 mSv (DIPCOT za 2020. godinu). No ako uzmemo 95-percentilnu 2D raspodjelu 30-dnevne doze štitnjače izračunate DIPCOT modelom za 2020. godinu, vrijednost na NEK-u najbližoj točki na granici između Slovenije i Mađarske otprilike je 3,6e-3 mSv. Za takvu dozu štitnjače ne očekuju se štetni učinci na zdravlje. Isto kao i prije za slučaj SBO, vrijednosti za NEK-u najbližu točku na granici između Slovenije i Mađarske niže su od odgovarajuće prostorne 95-percentilne vrijednosti na udaljenosti od 100 km.

Integrirane koncentracije aktivnosti izotopa u zraku (95-percentilna vrijednost prostorno) na udaljenosti od 100 km su oko 1,1e4 Bq-s/m^3 za Cs-134, oko 4, e4 Bq-s/m^3 za I-131 i oko 3,e7 Bq-s/m^3 za Xe-133. Kao što smo već pokazali, 95-percentilna vrijednost prostorno na 100 km je uvijek veća od vrijednosti na točki granice između Slovenije i Mađarske koja je najbliža NEK-u.

9. Korištena metodologija ispitivanja te ishodišni i osnovni podaci upotrijebljeni za izvođenje gornjih izračuna i analiza također bi se trebali provjeriti kako bi se osiguralo da su djelomični rezultati u skladu s međunarodnim zahtjevima i praksom.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Modeli koje smo koristili u sustavu modeliranja izvorno su bili namijenjeni simulaciji vremenskih uvjeta atmosfere i disperzije lakih onečišćujućih tvari u atmosferi na zahtjevnom, složenom terenu. Provjerili su ih proizvođači (u usporedbi s mjerenjima u naravi) na različitim skupovima podataka /222/, /223/.

Prije korištenja za NEK PVO, također smo opsežno validirali modele na području Slovenije koje se nalazi na zahtjevnom dijelu ciljane domene od 200 x 200 km.

Model WRF testirali smo na području Zasavja, Šoštanja i Krškog. Sva područja su vrlo složen teren. Usporedili smo prognoze s mjerenjima na prizemnim meteorološkim postajama u brdima i kotlinama te mjerenja vjetra sa SODAR-om u Šoštanju (vertikalni profil vjetra do 1.000 m iznad terena). Također smo opsežno testirali WRF na području NEK-a. Usporedili smo prognoze i mjerenja na prizemnim meteorološkim postajama u širem području, mjerenja na visokom tornju od 70 m u NEK-u i mjerenja sa SODAR-om i RASS-om (vertikalni profil vjetra i temperature do 500 m iznad terena).

Model WRF pokazao se kao vrlo dobar za vremensku prognozu za ovo područje /213/,/214/,/215/.
Modelni sustav ARIA Industry (SURFPro, Minerve, Spray) također je opsežno testiran na području Šoštanja i dijelom na području Zasavja. Na području Šoštanja imamo na raspolaganju znanstveno priznat skup podataka za ispitivanje modela disperzije na vrlo složenom terenu oko Velenjske kotline sa slabim vjetrovima i temperaturnim inverzijama. Riječ je o skupu podataka iz mjerne kampanje „Šoštanj-91", gdje je SO_2 iz Termoelektrane Šoštanj korišten kao trag za ispitivanje modela, a emisije i koncentracije u okolišu te meteorološka mjerenja dostupni su u koracima od pola sata /216/. Dodatno smo testirali modelski sustav na podacima „Šoštanj-91" u kombinaciji s ponovnim analizama meteoroloških polja provedenima s modelom WRF. Uspješno smo ilustrirali koncentracije onečišćujućih tvari s modelskim sustavom i ustanovili dobro podudaranje u mjestu i vremenu. Validacije smo proveli unutar slovenskih istraživačkih projekata i u sklopu zadatka testiranja modela za ilustraciju disperzije u blizini nuklearnih elektrana, kamo je MEIS usmjerio ovaj zadatak u programima MODARIA I i MODARIA II pri IAEA-i /218/,/219/. Dodatno smo izračunali i relativne koncentracije iz podataka mjerne kampanje „Šoštanj-91". Vrijednosti su u istom području kao i izračunate za područje NEK-a.

Povezivanje izračuna za PVO s provjerenim postavljanjima modela

Modeli ARIA Industry (SURFPro, Minerve, Spray), zajedno korišteni, pokazali su dovoljno dobro slaganje između izmjerenih i izračunatih koncentracija na validacijskom skupu podataka Šoštanj -91 /216/, /217/, /218/, /219/. Izračuni su obavljeni korištenjem izmjerenih meteoroloških podataka sa 6 prizemnih meteoroloških postaja smještenih u kotlini i brdima i SODAR mjerenja za područje od 15 x 15 km.

Tako prostorno postavljen sustav za modeliranje naziva se referentni sustav modeliranja. Na lokaciji NEK-a nismo provodili ispitivanja praćenja. No budući da je kompleksnost terena i meteorologije nešto manje zahtjevna nego u Šoštanju, opravdano možemo pretpostaviti da će model u sličnom načinu dati jednako dobre rezultate. Zato smo također proveli izračune za područje od 25 x 25 km s pomoću izmjerene meteorologije (RASS i prizemne postaje) u blizini NEK-a. Tu primjenu nazivamo referentni sustav modeliranja NEK / 211/. Zatim smo, u dva koraka, dodali proširenja kako bismo ilustrirali koliko se statistički mijenjaju rezultati disperzije ako rabimo prognoziranu meteorologiju /211/, /212/, /215/, /216/ iz WRF-a i/ili ako proširimo područje na 200 x 200 km. Svi detalji o referentnom sustavu modeliranja NEK-a prikupljeni su u članku /211/.
Rabili smo meteorološke podatke četiriju prizemnih postaja te o vertikalnom vjetru i profilu temperature (SODAR, RASS) do najviše 500 m iznad razine kotline.

Koristeći ove izmjerene meteorološke podatke na području od 200 x 200 km kao međurezultate, provjereno je podudaranje u blizini NEK-a između rezultata referentnog sustava modeliranja NEK-a i sustava 200 x 200 km. Ustanovili smo da je podudaranje dovoljno dobro.

10. Rješenja i rad sustava za praćenje emisija i okoliša u elektrani trebaju biti detaljno opisani (npr. učestalost uzorkovanja, priprema uzoraka, metode mjerenja, mjerni instrumenti i njihov učinak i učinkovitost, granice detekcije, kako vrednovati rezultate mjerenja, izvještavanje o podacima i obvezama izvještavanja).

Odgovor sastavljača PVO-a:

Monitoring nesreća s ispuštanjima u atmosferu

Monitoring se sastoji od monitoringa emisija i okoliša.

Monitoring emisija sastoji se od automatskog monitoringa i periodičnog ručnog monitoringa. Automatski monitoring prati aktivnosti radionuklida u ispuštanjima iz NEK-a.

Monitori su preko PIS-a povezani s bazom podataka Ekološko-informacijskog sustava NEK-a (EIS NEK), a ova baza podataka je potpuno automatski povezana s programom DOZE za procjenu doza stanovništva kod ispuštanja u slučaju nesreće i redovitog rada.

Monitoring okoliša sastoji se od automatskog monitoringa i periodičnog ručnog monitoringa koji imaju svoj plan provedbe.

Automatski monitoring okoliša uključuje:
- automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu,
- automatski monitoring meteoroloških varijabli atmosfere kao osnova za modeliranje disperzije radionuklida u atmosferi,
- namjensku 7-dnevnu vremensku prognozu u polovičnim koracima i na temelju automatske **prognoze disperzije** radionuklida u atmosferi.

Automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu uključuje:
- NEK Automatski monitoring radioaktivnosti u okolišu:
  - → Krug neovisnih mjerača brzine doze gama u Krškoj kotlini,
  - → 4 mjerača brzine doze gama na meteorološkim postajama u blizini NEK-a,
  - → Mjerači brzine gama na ogradi NEK-a,
  - → Spektrometar na mobilnoj jedinici NEK-a.
- URSJV Automatski monitoring brzine doze gama u Sloveniji i

- URSJV Automatski spektrometri u NEK-u i po Sloveniji.

Iz URSJV-a se podaci URSJV-a i NEK-a automatski prikazuju na njihovoj web-stranici i prenose u europski sustav EURDEP te se također javno objavljuju na toj web-stranici.

Automatski monitoring meteoroloških varijabli atmosfere kao osnova za modeliranje disperzije radionuklida u atmosferi uključuje:

- 4 prizemne automatske meteorološke postaje,
- RASS (vertikalni profil vjetra i temperature do maksimalno 500 m).

Svi mjerači su dio EIS NEK-a. Baza EIS NEK-a potpuno je automatski povezana s programom DOZE za procjenu doza za stanovništvo u slučaju slučajnog ispuštanja i redovitog rada.
Namjenska 7-dnevna prognoza vremena i disperzije u koracima od pola sata za emisije radionuklida u atmosferu:
Vremensku prognozu i prognozu disperzije automatski generira MEIS d.o.o. i prenosi podatke jednom dnevno u NEK, svaki paket sadržava podatke za tekući dan i sljedećih 6 dana svakih pola sata u prostornoj rezoluciji od 2 km. Prognoza disperzije u atmosferi izravno je povezana s programskim sustavom DOZE za procjenu doza stanovništva.

Automatsko pripremanje podataka i sustav za prognoziranje doza stanovništva „DOZE"

Automatski monitoring emisijskih varijabli, automatski monitoring meteoroloških varijabli atmosfere i namjenska 7-dnevna vremenska prognoza spojeni su u cjelovit sustav prognoziranja doza stanovništva u slučaju slučajnog ispuštanja radionuklida iz NEK-a u atmosferu.

Sustav radi automatski dok se ne pripreme relativne koncentracije X/Q. Stručnjacima NEK-a i URSJV-a u svakom trenutku dostupne su relativne koncentracije X/Q za prošlost i sadašnjost (izračunate iz dijagnostičkih mjerenja) te prognostičke relativne koncentracije za tekući dan i 6 dana unaprijed u koracima od pola sata.

Programski paket DOZE koristi sve automatski prikupljene podatke i dodatno omogućuje ručni unos podataka kako bi korisnik mogao na temelju mjerenja ili unaprijed pripremljenih scenarija procijeniti nesreću s ispuštanjem u atmosferu i izračunati posljedične doze za stanovništvo. Programskim paketom DOZE koriste se NEK, URSJV i civilna zaštita.

Cjelokupna metodologija, mjerenja i sustav modeliranja, koji zajedno omogućuju dijagnozu i prognoziranje doza stanovništva korištenjem modela disperzija – detaljno je opisana u znanstvenom članku (Mlakar, 2019.).

Sustav se također upotrebljava za procjenu redovitih ispuštanja.

U izvještaju iz 2003. OSART (International Atomic Energy Agency, 2003) je opisao sustav kao primjer dobre prakse :
"Good practice: A special tool for the assessment of radiological consequences in the environment has been developed. It utilizes a more realistic dispersion model, Lagrangian particle model instead of the simple Gaussian, to calculate dispersion. This accurate modelling is very important in areas with a complicated meteorological modelling environment, such as Krsko." (**u prijevodu:** „Dobra praksa: Razvijen je poseban alat za procjenu radioloških posljedica u okolišu. Za izračunavanje disperzije koristi realističniji model disperzije, model Lagrangeove čestice, umjesto jednostavnog Gaussova. To precizno modeliranje vrlo je važno u područjima sa složenim meteorološkim modeliranjem, kao što je Krško.").

Godine 2017. kada je sustav nadograđen s prognozom disperzije, OSART je to ocijenio kao dobru implementaciju:
"It was also noted that the plant organization has enhanced the capability for off-site radiological monitoring by using plant-specific dose assessment software, which is fed on-line with meteorological data and uses the Lagrangian Particle Model to calculate accurate dispersion factors for site specific characteristics and having available a mobile laboratory for quick sample analysis. The plant considers that this enhanced capability, which includes a prognosis application, allows a more accurate and prompt

estimation of off-site radiological consequences, in support of the issuance of protective action recommendations for the public. The team considered this as a **good performance**." (International Atomic Energy Agency, 2017). (**u prijevodu:** „Također je utvrđeno da je organizacija elektrane povećala kapacitet radiološkog praćenja u blizini elektrane rabeći softver za procjenu doze koji je specifičan za tu elektranu te koristeći trenutačne meteorološke podatke i Lagrangeov model čestica za izračunavanje točnih disperzijskih faktora specifičnih za tu lokaciju. Na raspolaganju je i mobilni laboratorij za brzu analizu uzoraka. U elektrani smatraju da ovaj poboljšani kapacitet, koji uključuje upotrebu prognoza, omogućuje točniju i neposredniju procjenu radioloških posljedica u okolišu u prilog izdavanju preporuka o zaštitnim mjerama za javnost. Tim je to ocijenio kao **dobru implementaciju**.").

11. Potrebno je opisati specifične tehničke i organizacijske mjere za sprječavanje, izbjegavanje, uklanjanje i ublažavanje događaja koji nisu uobičajeni (nenormalne radioaktivne emisije), smanjenje štete u okolišu i kontrolu ispuštanja u slučaju kvara sustava za nadzor okoliša i emisija.

Odgovor sastavljača PVO-a:

Velika je pozornost posvećena nuklearnoj sigurnosti već u fazi planiranja reaktora i projektiranja elektrane. U poglavlju 2.7. opisani su svi sigurnosni sustavi koji omogućavaju siguran rad NEK-a. Ti sustavi sprječavaju nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš. Projektirani su tako da u svim pogonskim stanjima, i u slučaju kvara određene opreme, osiguravaju sigurnosne funkcije. Poglavlje 2.8. opisuje ključne sigurnosne karakteristike elektrane, uključujući popis sigurnosnih modernizacija i nadogradnji NEK-a koje su bile provedene radi poboljšanja sigurnosti i učinkovitosti rada NEK-a. Poglavlje 2.12. opisuje pak sustave i uređaje za sprječavanje nesreća i ublažavanje posljedica, čiji je zadatak utvrđivanje odstupanja od normalnih pogonskih stanja elektrane, upozoravanje operatera i aktiviranje svih ostalih sigurnosnih sustava ako odstupanja sigurnosnih parametara elektrane prelaze zadane granične vrijednosti. Elektrana ima instrumente i sustave za procjenu pogonskog stanja i nuklearne sigurnosti, za upravljanje izvanrednim situacijama, kao i operativnim postupcima za normalan pogon, za upravljanje nenormalnim stanjima (AOP), nesrećom (EOP) i izvanprojektnim stanjima (SAMG) elektrane. Zajednički zadatak svih sigurnosnih sustava je spriječiti nekontrolirano istjecanje radioaktivnih tvari u okolicu NEK-a u svim pogonskim uvjetima i nesrećama. Kontinuiran radiološki nadzor u svim stanjima elektrane, na području unutar i izvan elektrane, provodi se u sklopu radiološke kontrole tehnološkog procesa i otpadnih voda, radiološke kontrole tehnoloških prostora i sustava radiološke kontrole nakon nastanka izvanrednog događaja. U slučaju kvara sustava radiološke kontrole koristi se dodatni autonomni, mobilni sustav radiološke kontrole s vlastitim napajanjem i bežičnim prijenosom podataka koji omogućuje kontinuirana mobilna mjerenja i radiološku kontrolu u normalnom pogonu ili u slučaju većih ispuštanja radioaktivnih tvari u uvjetima izvanrednog događaja.

7. MJERE ZA SPRJEČAVANJE, SMANJENJE I KOMPENZACIJU UTVRĐENIH VEĆIH ŠTETNIH UTJECAJA NA OKOLIŠ

7.1 PLANIRANA RJEŠENJA I MJERE

U ovom su poglavlju navedene propisane mjere i rješenja koje je potrebno posebno istaknuti (ne navodimo sve mjere utvrđene propisima – u poglavlju 2.20. navedeni su propisi koji se moraju poštovati u ovom zahvatu), s projektom predviđene mjere ili mjere i rješenja koje nositelj zahvata već provodi i nastavit će provoditi nakon promjene (produljenje pogonskog vijeka).

7.1.1 Pogon

7.1.1.1 Vode, uključujući toplinsko onečišćenje

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**

- Uredba o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško (Službeni list SRS-a, br. 48/87, Službeni list Republike Slovenije, br. 59/97, 21/20).
  - Članak 15.; Kvaliteta pročišćene vode i uređaja za pročišćavanje mora udovoljavati zahtjevima danog vodnogospodarskog mišljenja.
  - Članak 18.; Pri praćenju toplinskog onečišćenja rijeke Save mijenja se i stupanj dotoka vode iz Save u podzemne vode čija temperatura ne smije porasti na +15 Celzijevih stupnjeva. Uvjeti za prikupljanje vode iz rijeke Save i ispuštanje rashladne vode u nju utvrđuju se vodoprivrednom suglasnošću. Zbog utjecaja rashladnih voda na temperaturu rijeke Save, mora se redovito pratiti i njezin utjecaj na temperaturu podzemne vode.
  - Članak 21.; Samostalna meteorološka postaja obvezna je tijekom postojanja NEK-a. Program mjerenja mora biti usklađen s programom mjerenja i metodologijom primjenjivom na globalnoj nacionalnoj mreži s kojom postaja mora biti telemetrijski povezana. Program mjerenja utvrđuje Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost odlukom.

- **Mjere koje proizlaze iz okolišne dozvole**

- Poštovanje odredbi navedenih u okolišnoj dozvoli koje se odnose na emisiju tvari u vodu i dopuštene količine uporabljene vode iz rijeke Save te količina crpljene vode iz bunara na lokaciji:
  - Korištenje tehnologije uz najmanju moguću potrošnju vode, recirkulaciju vode i upotreba drugih metoda i tehnika uštede vode, uporaba za okoliš i djelatnike u održavanju kanalizacijskih sustava i objekata za pročišćavanje manje štetnih sirovina i materijala u tehnološkom procesu gdje god je to moguće,
  - Prioritetno pročišćavanje djelomičnih tokova industrijskih otpadnih voda i odvajanje otpadnih tvari na mjestu njihova nastanka,
  - Sigurno i ekološki prihvatljivo odlaganje blata,
  - Korištenje recikliranja otpadnih tvari i rekuperacije topline te ekonomična upotreba sirovina i energije,
  - Prioritetno korištenje membranskih procesa kao što su mikrofiltracija, reverzna osmoza i elektrodijaliza,
  - Sprječavanje odvajanja otpadnih kemikalija koje se rabe za pročišćavanje vode u kanalizaciju ili izravno u vodotoke,
  - Korištenje sredstava za čišćenje i dezinfekciju bez klora,

- Uporaba kemikalija za pripremu vode, za koju podaci u sigurnosnom listu pokazuju da se uz pomoć mikroorganizama razgrađuje više od 80 posto u četrnaest dana, mjereno ispitnim metodama iz standarda SIST ISO 7827,
- Izbjegavanje uporabe etilendiamintetraoctene kiseline, njezinih homologa i njihovih soli i drugih aminopolikarboksilnih kiselina, njihovih homologa i njihovih soli,
- Izbjegavanje korištenja organometalnih spojeva, kromata i nitrita,
- Upotreba optočnog procesa hlađenja s najmanjim mogućim gubicima u sustavu hlađenja optočnom vodom ili s najvećim mogućim koeficijentom kondenzacije,
- Višekratna uporaba rashladne vode uzastopnom ugradnjom protočnih rashladnih sustava,
- Dosljedno odvajanje rashladnih sustava od ostalih sustava otpadnih voda,
- prioritetno korištenje površinskih kondenzatora i napuštanje upotrebe mješovitih kondenzatora,
- Korištenje materijala ili kombinacija materijala otpornih na koroziju te pasivnih ili aktivnih mjera zaštite od korozije za očuvanje rashladnih sustava i usklađivanje mjera za kondicioniranje optočne vode sa svojstvima materijala rashladnog sustava,
- Izbjegavanje korištenja kromata, nitrita, merkaptobenzotiazola i drugih imidazola kao sredstava za zaštitu od korozije,
- Izbjegavanje upotrebe spojeva cinka kao sredstava za zaštitu od korozije u glavnim rashladnim krugovima elektrana,
- Sprječavanje rasta mikroba u rashladnim sustavima mjerama kao što su uklanjanje praznih prostora u cjevovodima, napuštanje korištenja organskih polimernih materijala s visokim udjelom monomera ili povremena uporaba biocida za sprječavanje rasta mikroorganizama,
- Izbjegavanje trajnog korištenja biocida osim vodikova peroksida, ozona ili UV zraka,
- Izbjegavanje upotrebe živinih organskih, organokositrenih ili drugih organometalnih spojeva (vezivanje metala i ugljika),
- Izbjegavanje uporabe kvarternih amonijevih spojeva,
- Korištenje takvih netoksičnih tvari pri uporabi disperzijskih sredstva za koje podaci u sigurnosnom listu pokazuju da se uz pomoć mikroorganizama razgrađuju više od 80 posto u četrnaest dana, mjereno ispitnim metodama iz standarda SIST ISO 7827,
- Uzimanje u obzir ekotoksikoloških podataka iz sigurnosnih listova korištenih kemikalija,
- Izbjegavanje korištenja etilendiamintetraoctene kiseline (EDTA) i dietilen triaminopentaoctene kiseline (DTPA), njihovih homologa i njihovih soli,
- Izbjegavanje uporabe drugih aminopolikarbonskih kiselina, njihovih homologa i njihovih soli kao disperzijskih sredstava ili stabilizatora tvrdoće,
- Korištenje klora, broma ili klora odnosno mikrobicida koji emitiraju brom samo u šok-obradi.

- Granični emisijski udio zračene topline u 24-satnom prosjeku za odvajanje otpadnih voda u vodotok Save kroz ispuste VI i V7 je 1. Klijent mora osigurati da ni u jednom razdoblju godine, zbog sinergističkog djelovanja predmetnog ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda, rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 °C. Klijent mora pravovremeno uključiti sustav recirkulacije rashladne vode preko rashladnih tornjeva kako se temperatura rijeke Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da se ispuni ovaj uvjet, klijent mora sukladno tome smanjiti snagu elektrane.

  → *Postizanje graničnih vrijednosti određenih u OVD-u.*

  → *Sprječavanje onečišćenja površinskih i podzemnih voda.*

- **<u>Dodatne mjere koje provodi nositelj zahvata odnosno koje su već bile izvedene</u>**

- Nadogradnja rashladnih tornjeva, čime se smanjuje količina vode uzeta iz rijeke Save, smanjuje se toplinsko opterećenje i povećava otpornost na klimatske promjene. Ugrađene su četiri nove rashladne ćelije (novi rashladni toranj – CT3) te je potpuno zamijenjena električna oprema sustava rashladnog tornja. Proširenje je provedeno 2008. godine, snaga tornjeva se povećala za 36 %. Udio oslobođene topline u prosjeku od 24 h zadržava se ispod 1.

7.1.1.2 Klimatske promjene

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**

Uz mjere navedene u poglavlju 7.1.1.1. provode se sljedeće mjere koje proizlaze iz zakonske regulative i navedene su u nastavku.

Uredba o uporabi fluoriranih stakleničkih plinova i tvari koje oštećuju ozonski omotač (Službeni list Republike Slovenije, br. 60/16) u članku 7. propisuje:

- Obvezu operatera da prijavi nepokretnu opremu i obvezu izvještavanja operatera, službe za održavanje i ovlaštene tvrtke o korištenju, nabavi i isporuci skupljaču otpada otpadnih fluoriranih stakleničkih plinova ili otpadnih tvari koje oštećuju ozonski omotač. NEK obavještava ARSO o prisutnosti nepokretne opreme koja sadržava flourirane stakleničke plinove (F-plinovi) i plin SF6. F-plinovi se nalaze u opremi za hlađenje, klimatizaciju i toplinskim pumpama te opremi za gašenje požara, plin SF6 je u električnim prekidačima i razvodnim uređajima.

- **Mjere koje proizlaze iz okolišne dozvole**

- Strukture, sustavi i komponente elektrane kvalificirani su za ekstremne vremenske uvjete i meteorološke parametre s visokom razinom ugrađene konzervativnosti, što proizlazi iz zahtjeva nuklearne pravne uredbe, praćenja svjetske prakse i razvoja najboljih tehničkih rješenja (BAT);
- Periodični sigurnosni pregled, koji se provodi svakih 10 godina, uključuje detaljnu analizu utjecaja ekstremnih vremenskih pojava na sigurnost elektrane. U sljedećem razdoblju provest će se dva pregleda (2021. – 2023.) i (2031. – 2033.);
- Mjere i OVD-i vezani uz ograničenje toplinskog onečišćenja rijeke Save te s time povezano korištenje kombiniranog sustava hlađenja (protočni rashladni sustav i rashladni tornjevi). U svim uvjetima toka rijeke Save elektrana održava toplinsko onečišćenje unutar ΔT 3 °C, koje će ostati nepromijenjeno u budućem radu elektrane. NEK je 2008. godine nadogradio svoj rashladni kapacitet izgradnjom trećeg bloka rashladnih tornjeva;
- Elektrana ima postupke pripreme u slučaju hidroloških uvjeta koji mogu utjecati na rad elektrane: uključivanje rashladnih tornjeva tijekom visoke razine rijeka zbog rizika od nanosa nečistoća (grane, plastika i sl.);
- Elektrana ima postupke za zajedničko djelovanje s drugim energetskim objektima na Savi – Ugovor o mjerama i obvezama za osiguranje nepromijenjenog, sigurnog i neprekinutog rada NEK-a tijekom rada HE na donjoj Savi s dodatnim sadržajima provedbe monitoringa na rijeci Savi;
- Na lokaciji se mjere meteorološki parametri na automatskoj postaji s meteorološkim tornjem visine 70 m i koriste sodari za mjerenje nadmorske visine u atmosferi. O mjerenjima se izvještava na godišnjoj razini.

  → *Postizanje graničnih vrijednosti određenih u OVD-u.*

  → *Sprječavanje onečišćenja površinskih i podzemnih voda i otpornost na klimatske promjene.*

7.1.1.3 Otpad

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka.

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**

Pravilnik o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list Republike Slovenije, br. 125/21);

- Ravnanje radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom provodi se u skladu s pisanim postupcima.
- Osigurano je da se s radioaktivnim otpadom ili istrošenim gorivom ravna u skladu s programom gospodarenja radioaktivnim otpadom ili istrošenim gorivom.
- Radioaktivni otpad se razvrstava prema agregatnom stanju te po kategorijama i vrstama.
- Ambalaža koja se koristi za pakiranje radioaktivnog otpada ili istrošenog goriva mora skupa s umetnutim radioaktivnim otpadom ili istrošenim gorivom osigurati sigurno rukovanje za predviđeni način i predviđeno vrijeme rukovanja.
- NEK povremenim pregledima provjerava ispunjava li ambalaža uvjete za pohranjivanje ili skladištenje.
- Svi paketi radioaktivnog otpada ili istrošenog goriva moraju biti opremljeni znakom upozorenja na opasnost od zračenja utvrđenim propisom kojim se uređuje korištenje izvora zračenja i djelatnosti povezane s izvorom ionizirajućeg zračenja te oznakom koja omogućuje identifikaciju paketa i njegova sadržaja.
- NEK radioaktivni otpad do predaje u skladište ili do predaje pružatelju javne usluge ili odustajanja od nadzora pohranjuje u skladištu.
- Radioaktivni otpad sprema se u skladištu radioaktivnog otpada, a istrošeno gorivo u skladištu istrošenog goriva.
- NEK osigurava skladištenje za sav radioaktivni otpad i sve istrošeno gorivo koji nisu u postupku prerade, prijenosa ili skladištenja.
- U skladištu je dopušteno skladištenje radioaktivnog otpada ili istrošenog goriva koje ispunjava kriterije prihvatljivosti za prihvat u skladište iz članka 20. tog pravilnika.
- Radioaktivni otpad ili istrošeno gorivo smije se skladištiti samo u ambalaži odobrenoj za skladištenje.
- NEK skladištenje istrošenog goriva i VRAO-a provodi tako da se spriječi kritičnost i osigura odvođenje preostale topline.
- NEK, koji je dužan poštovati međunarodne obveze u pogledu zaštite i vođenja evidencije o nuklearnim materijalima, pohranjuje radioaktivni otpad i istrošeno gorivo na način koji omogućuje provedbu tih obveza.
- Provođenje djelatnosti povezanih s izvorima ionizirajućeg zračenja mora teći tako da ispuštanja tekućeg ili plinovitog radioaktivnog otpada u okoliš ne prelaze dopuštene granične vrijednosti.
- NEK vodi evidenciju o radioaktivnom otpadu ili istrošenom gorivu:
  - njihovu skladištenju,
  - njihovoj obradi u tehnološkom procesu,
  - njihovu skladištenju ili oslobađanju,
  - otpuštanju iz nadzora, recikliranju ili ponovnoj upotrebi,
  - njihovu prepuštanju pružatelju javnih usluga i
  - privremenom ili trajnom izvozu ili iznosu.

- Ako prikupljena otpadna voda prekoračuje kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima, tretira se kao sekundarni radioaktivni otpad koji se prerađuje u NEK-u.
- Ako prikupljena otpadna voda ne prelazi kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima i zadovoljava kriterije za komunalne otpadne vode, voda se odvaja u interni uređaj za pročišćavanje.

- Ako prikupljena otpadna voda prelazi kriterije za ispuštanje u kanalizacijski sustav, predaje se na preradu ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takve vrste otpada.

  → Sprječavanje onečišćenja tla, površinskih i podzemnih voda i sprječavanje nekontroliranog ispuštanja ionizirajućeg zračenja u okoliš.

- **<u>Mjere predviđene projektom za suho skladište istrošenog goriva</u>**

- Radna platforma ispred DSB-a i prostor za prijenos u DSB opremljeni su sabirnim šahtovima. Sva prikupljena voda bit će uklonjena mobilnim uređajima. Voda će se uzorkovati prije pražnjenja šahta. U slučaju prekoračenja mjernih vrijednosti (Uredba o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju, Službeni list Republike Slovenije br. 64/12, 64/14 i 98/15), za ispuštanje otpadnih voda u posebnom kontejneru transportirat će se u tehnološki dio elektrane na preradu.

  → Sprječavanje onečišćenja tla, površinskih i podzemnih voda.

- Radiološki i kemijski nadzor prikupljene vode provodi se prije pumpanja vode CTF-a (u slučaju propuštanja transportnog omotača HI-TRAC VW).
- Ako prikupljena otpadna voda prekoračuje kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima, tretira se kao sekundarni radioaktivni otpad koji se prerađuje u NEK-u.
- Ako prikupljena otpadna voda ne prelazi kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima i zadovoljava kriterije za komunalne otpadne vode, voda se odvaja u interni uređaj za pročišćavanje.
- Ako prikupljena otpadna voda prelazi kriterije za ispuštanje u kanalizacijski sustav, predaje se na preradu ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takve vrste otpada.

  → Sprječavanje onečišćenja tla, površinskih i podzemnih voda.

7.1.1.4 <u>Priroda</u>

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka.

- **<u>Mjere koje proizlaze iz propisa:</u>**

Uredba o emisiji štetnih tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14 i 98/15) u članku 8. određuje granični emisijski udio oslobođene topline pri odvajanju industrijskih otpadnih voda, koji je:

- 0,8 kod odvajanja u dio vodotoka koji je propisom kojim se uređuje odredba dijelova površinskih voda važnih za život slatkovodnih vrsta riba određen kao ciprinidna voda,
- 0,6 kod odvajanja u dio vodotoka koji je propisom iz prethodne alineje definiran kao salmonidna voda,
- 1 kod odvajanja u dio vodotoka koji nije dio vodotoka iz prve ili druge alineje ovog stavka.

- **<u>Mjere koje proizlaze iz okolišne dozvole</u>**

- Granični emisijski udio zračene topline u 24-satnom prosjeku za odvajanje otpadnih voda u vodotok Save kroz ispuste VI i V7 je 1. Klijent mora osigurati da ni u jednom razdoblju godine zbog sinergističkog djelovanja predmetnog ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 °C. Klijent mora pravovremeno uključiti sustav recirkulacije rashladne vode preko rashladnih tornjeva kako se temperatura rijeke Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da se ispuni ovaj uvjet, klijent mora sukladno tome smanjiti snagu elektrane.

  → Sprječavanje prekomjernog toplinskog onečišćenja rijeke Save.

  → Sprječavanje pogoršanja temperaturnih uvjeta za organizme u rijeci Savi.

- **Dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi:**

- U slučaju kada je protok Save manji od 100 m^3/s, NEK uključuje rashladne tornjeve kroz koje se tijekom recirkulacije hladi dio vode za hlađenje kondenzatora.
- Proširenje sustava rashladnih tornjeva – ugrađene su četiri nove rashladne ćelije (novi rashladni toranj – CT3) te je potpuno zamijenjena električna oprema sustava rashladnih tornjeva. Proširenje je provedeno 2008. godine, snaga tornjeva se povećala za 36 %.
  - → *Sprječavanje prekomjernog toplinskog onečišćenja rijeke Save.*
  - → *Sprječavanje pogoršanja temperaturnih uvjeta za organizme u rijeci Savi.*

7.1.1.5 Ionizirajuća zračenja

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **Mjere koje proizlaze iz radne dozvole**

U postojećoj radnoj dozvoli NEK-a (Odluka – Suglasnost za početak rada NEK-a; Odluka Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine i Odluka URSJV br. 3570-8/2012/5, Promjena dozvole za rad NEK-a od 22. travnja 2013.) navedena su ograničenja:

-
- Dopuštena najveća efektivna godišnja doza zbog ispuštanja radioaktivnih tvari na 500 m od središta reaktora 50 µSv 50 µSv;
- Godišnje ograničenje aktivnosti fisijskih i aktivacijskih produkata u tekućim ispuštanjima 100 GBq;
- Tromjesečno ograničenje aktivnosti fisijskih i aktivacijskih produkata u tekućim ispuštanjima 40 GBq;
- Godišnje ograničenje aktivnosti H-3 u ispuštanjima u zrak 45 TBq;
- Godišnje ograničenje aktivnosti joda u plinovitim ispuštanjima 18,5 GBq;
- Godišnje ograničenje aktivnosti u česticama prašine 18,5 GBq;
- Ograničenje godišnje efektivne doze vanjskog zračenja na ogradi NEK-a 200 µSv.
  - → *Provedbom ovih mjera poštovat će se svi uvjeti i ograničenja koji se odnose na ionizirajuće zračenje, a propisani su postojećom radnom dozvolom NEK-a.*
  - → *Zaštita zdravlja ljudi.*

Ograničenja za suho skladište istrošenog goriva su sljedeća:

- Dopuštena brzina doze izvan suhog skladišta: 3 µSv/h (Pravilnik o mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja u kontroliranim i nadziranim područjima, Službeni list Republike Slovenije br. 47-18/4/17, članak 4.)
- Godišnja efektivna doza vanjskog zračenja na ogradi NEK-a nakon skladištenja istrošenog goriva u suhom skladištu neće prelaziti granicu od 200 µSv (postojeća radna dozvola).
- Granična efektivna doza kojoj su izloženi radnici je 20 mSv godišnje (članak 35. ZVISJV-1)
  - → *Provedbom ovih mjera ostvarit će svi uvjeti i ograničenja koji se odnose na ionizirajuće zračenje, a propisani su postojećom radnom dozvolom NEK-a i Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti (Službeni list br. 76/17 i 26/19).*
  - → *Zaštita zdravlja ljudi.*

- **Mjere predviđene projektom za suho skladište istrošenog goriva**

Projekt predviđa sljedeće mjere kako bi se osiguralo da se gornje granice za suho skladištenje ne prekorače:

- Odgovarajuća strukturna zaštita (odgovarajuća debljina betonskih zidova suhog skladišta za zaštitu od gama-zračenja i oblaganje zidova materijalom za zaštitu od neutronskog zračenja)
- Za potrebe praćenja utjecaja suhog skladišta na parametre zračenja na ogradi NEK-a zračenje će se mjeriti dozimetrima:
- na mjestu najbližem objektu za suho skladištenje istrošenog goriva postavljaju se dozimetri za mjerenje gama i neutronskog zračenja, a zatim po 3 dozimetra sa svake strane, koji slijede jedan za drugim na udaljenosti od 10 m. Predlaže se ugradnja 7 dozimetara za mjerenje gama-zračenja i 7 dozimetara za mjerenje neutronskog zračenja.

Nakon izgradnje suhog skladišta za istrošeno gorivo, i u skladišni prostor zgrade suhog skladišta za istrošeno gorivo postavljaju se pasivni dozimetri:

- Dozimetri su postavljeni u sjeverozapadnom i jugozapadnom kutu skladišnog prostora tako da se gornji dozimetar nalazi neposredno ispod krovne konstrukcije, donji dozimetar iznad visine pregradnog zida, a srednji dozimetar na pola udaljenosti između gornjeg i donjeg dozimetra. Dakle, u svakom kutu su predviđena tri dozimetra, odnosno ukupno njih šest u zgradi suhog skladišta.
- Dozimetri se očitavaju odnosno mijenjaju najmanje jednom u 6 mjeseci.
- Kod internog transporta istrošenog nuklearnog goriva iz zgrade za gospodarenje gorivom do suhog skladišta istrošenog goriva transportni putovi moraju biti ograđeni, označeni i mora biti onemogućen pristup neovlaštenim osobama, odnosno mora se uspostaviti kontrolirani prostor.

- **<u>Dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi:</u>**

- Filtriranje tekućih emisija;
- Filtriranje plinovitih emisija;
- Zadržavanje radioaktivnih ispusta radi minimiziranja radioaktivnosti zbog radioaktivnog raspada;
- Poduzimanje svih mjera za održavanje integriteta goriva;
- Odgovarajuće planiranje i izvedba konstrukcijske zaštite (odgovarajuće debljine zidova, labirintski dizajn prostora);
- Postavljanje štitova u slučaju privremenih aktivnosti koje rezultiraju lokalno povećanim razinama vanjskog zračenja;
- Skladištenje radioaktivnog otpada i istrošenog goriva u unaprijed određene prostore.
  - → *Provedbom ovih mjera poštovat će se svi uvjeti i ograničenja koji se odnose na ionizirajuće zračenje, a propisani su postojećom radnom dozvolom NEK-a.*
  - → *Zaštita zdravlja ljudi.*

7.1.1.6 <u>Materijalna dobra</u>

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **<u>Mjere koje proizlaze iz propisa:</u>**

Ne postoje posebne zakonske odredbe glede materijalnih dobara tijekom rada NEK-a. Poštuju se mjere koje su navedene kod pojedinih relevantnih čimbenika (vidi poglavlja 7.1.1.1., 7.1.1.3., 7.1.1.5., 7.1.1.7.).

- **<u>Dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi:</u>**

Sve mjere koje provodi nositelj zahvata navedene su u prethodnim poglavljima (vidi poglavlje 7.1.1.5.).

7.1.1.7 Rizik od ekoloških i ostalih nesreća

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**
  - Uredba o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško (Službeni list SRS-a, br. 48/87, Službeni list Republike Slovenije, br. 59/97, 21/20), članak 10. stavak 10:

10. Rješenja i mjere obrane i zaštite od prirodnih nepogoda i drugih nesreća, uključujući zaštitu od požara.

Pri izgradnji suhog skladišta uzima se u obzir:
- Projektno ubrzanje tla od 0,78 g,
- Utjecaj snažnog vjetra,
- Obilne kiše. U tu svrhu je ispod pristupne platforme izgrađen retencijski spremnik vode koji sprječava preopterećenje postojećeg kanalizacijskog sustava. Na krovu su predviđeni preljevi koji u slučaju iznimnih pljuskova omogućuju prelijevanje oborinskih voda,
- Sigurnost od ekstremnih poplava (PMF) do kote od 157,53 m n. v. Nepropusnost objekta od poplava osigurava se obodnim AB zidovima, a prodor vode kroz vrata spriječen je demontažom protupoplavnih barijera,
- Opterećenje snijegom,
- Udar groma; objekt je izrađen od čelika i armiranog betona. Uzemljenje objekta je dizajnirano za udar groma,
- Ekstremne temperature okoline,
- Mogućnost eksplozije. Objekt suhog skladištenja gradi se s masivnim armiranobetonskim zidovima i čeličnom konstrukcijom koja bi npr. u slučaju sudara zrakoplova znatno smanjila kinetičku energiju zrakoplova. Osim toga, visoka mehanička čvrstoća i velika težina čeličnog i betonskog skladišnog omotača štite višenamjenski spremnik (MPC) s umetnutim istrošenim gorivom od konačnog udara i moguće eksplozije.
- Pri građenju se također uzima u obzir kombinacija vanjskih i unutrašnjih utjecaja potresa/poplave i potresa/požara. Sustav suhog skladištenja je dizajniran za velika seizmička opterećenja, kao i za poplave.

Mjere zaštite od požara:
- Možebitno širenje požara na susjedne zgrade i zemljišta sprječava se korištenjem vatrootpornih materijala,
- Evakuacijski izlazi iz objekta predviđeni su sa sjeverozapadne i jugozapadne strane objekta,
- Voda za gašenje osigurana je kroz postojeću hidrantsku mrežu i vlastito crpilište Nuklearne elektrane Krško,
- Pristup vatrogasnim vozilom moguć je s istočne i južne strane objekta postojećim interventnim putovima unutar kompleksa Nuklearne elektrane Krško. Na prilaznoj cesti s istočne strane osiguran je radni prostor za vatrogasce,
- Opasne tvari na gradilištu (gorivo za dizelske motore, maziva, boje i sl.) koriste se na području u kojima je osiguran sifon za prikupljanje ulja kako bi se spriječilo moguće izlijevanje u okoliš.

Također se uzimaju u obzir mjere navedene za svaki relevantni čimbenik (vidi poglavlja 7.1.1.1., 7.1.1.3., 7.1.1.5.).

- **Mjere predviđene projektom za suho skladište istrošenog goriva**

➢ Sve mjere koje su navedene u prethodnim poglavljima (vidi poglavlje 7.1.1.3., 7.1.1.5.).

- **Dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi:**

➢ Sve mjere koje provodi nositelj zahvata navedene su u prethodnim poglavljima (vidi poglavlje 7.1.1.5., 7.1.1.4.).

7.1.1.8 Stanovništvo i zdravlje ljudi

Mjere koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**

Ne postoje posebne zakonske odredbe glede materijalnih dobara tijekom rada NEK-a. Poštuju se mjere koje su navedene kod pojedinih relevantnih čimbenika (vidi poglavlja 7.1.1.1., 7.1.1.3., 7.1.1.5., 7.1.1.7.).

- **Dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi:**

Sve mjere koje provodi nositelj zahvata navedene su u prethodnim poglavljima (vidi poglavlje 7.1.1.5.).

7.1.2 Zaustavljanje pogona

7.1.2.1 Radioaktivni otpad i ionizirajuće zračenje

- **Mjere koje proizlaze iz propisa:**

- Područje NEK-a će i dalje biti ograničeno i označeno te tretirano kao radiološki kontrolirano područje.
- Sve aktivnosti pri prestanku rada obavljat će se u skladu sa zahtjevima propisa, sustava upravljanja i pisanih procedura ili radnih uputa.
  - → *Provedbom ovih mjera spriječit će se nekontrolirano istjecanje ionizirajućeg zračenja u okoliš.*

7.2 DODATNE MJERE S OBZIROM NA OČEKIVANO UKUPNO ILI ZAJEDNIČKO OPTEREĆENJE OKOLIŠA

NEK već u sadašnjem stanju provodi mjere za sprječavanje prekomjernog opterećenja okoliša. Nisu potrebne dodatne mjere s obzirom na očekivano ukupno opterećenje okoliša.

7.3 GLAVNE ALTERNATIVE S OBZIROM NA DRUGE MOGUĆE MJERE

Alternative s obzirom na druge moguće mjere nisu proučavane prije odabira navedenih mjera, odnosno nisu pronađene alternative koje bi bile izvedive i učinkovitije. Postojeći zahvat predstavlja postojeću proizvodnju nositelja zahvata, koji uz sve propisane obveze planira i provodi dodatne mjere u nekoliko područja, kako tehničke tako i organizacijske, s ciljem minimiziranja utjecaja na okoliš i redovitog praćenja učinkovitosti provedenih mjera. Opterećenja okoliša su unutar dopuštenih granica, a planirana promjena kojom se ne povećava proizvodni kapacitet, ali produljuje pogonski vijek NEK-a (pod istim okolišnim uvjetima i uvjetima zaštite od ionizirajućeg zračenja kao što je navedeno u postojećoj radnoj dozvoli) zanemarivo će utjecati na povećanje postojećih opterećenja okoliša koja su proizašla iz proizvodnje NEK-a.

8. PRAĆENJE STANJA ČIMBENIKA I MJERA ZA SMANJENJE UTJECAJA

8.1 POGON

8.1.1 Vode

Mora se osigurati uzorkovanje i analiza otpadnih voda, u slučaju puštanja transportnog omotača HI-TRAC VW (koji zimi također sadržava glikol), prikupljenih u sabirnom šahtu CTF-a. U slučaju puštanja omotača HI-STORM potrebno je u sabirnom šahtu zadržane vode, uzimajući u obzir Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Službeni list Republike Slovenije, br. 94/14, 98/15) i Uredbu o emisijama tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15), osigurati uzorkovanje i analizu.

8.1.1.1 Uporaba vode u tehnološke svrhe

Način:	mjerenja uzete količine vode*
Metode:	u skladu sa zakonodavstvom i vodopravnim dozvolama
Lokacija:	mjesta uzimanja, određena u vodopravnim dozvolama
Vremenski raspored:	kontinuirano

* Djelomična vodopravna dozvola br. 35536-31/2020-16 od 15. listopada 2009. i Odluka o promjeni vodopravne dozvole br. 35536-54/2011-4 od 8. studenog 2011., Odluka br. 35536-26/2011/9 od 23. svibnja 2013., Odluka br. 35530-7/2018/2 od 22. lipnja 2018., vodopravna dozvola br. 35530-100/2020-4 od 14. studenog 2020. te vodopravna dozvola br. 35530-48/2020-3 od 9. rujna 2021.

8.1.1.2 Otpadne vode

Način:	mjerenje parametara onečišćenosti i količine otpadnih voda, izvodi ovlašteni izvođač
Metode:	u skladu s pravilnikom*, uredbom** i okolišnom dozvolom***
Lokacije:	mjerna mjesta sukladno okolišnoj dozvoli ***
Vremenski raspored:	pogonski monitoring u skladu s uredbom* i okolišnom dozvolom***

* Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Službeni list Republike Slovenije br. 94/14 i 98/15)

** Uredba o emisiji tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju (Službeni list Republike Slovenije, br. 64/12, 64/14, 98/15, 203/20)

*** Okolišna dozvola za emisije u vode Agencije za okoliš Republike Slovenije, br. 35441-103/2006-24 od 30. lipnja 2010., koja je izmijenjena u tri točke izreke (izmijenjene točke 1.1., 1.4. i 1.8. OVD-a), i ponovno donesena Odluka br. 35441-103/2006-33 od 4. lipnja 2012. godine te izmijenjena (izmijenjena točka 1.5., tablica 3) Odlukom br. 35444-11/2013-3 od 10. listopada 2013.

Za utvrđivanje potječu li koncentracije sedimenta i neotopljenih tvari iz elektrane ili su posljedica povećanih koncentracija u Savi, potrebno je izvršiti mjerenja parametara na ulazu u sustav ako je jasno da su uvjeti u rijeci Savi u vrijeme uzorkovanja takvi da su koncentracije sedimentnih i netopive tvari povećane. Mjerenja na ulazu obavljaju se istovremeno s mjerenjima na ispustima V1-1, V7-7 i V-7-10, na ulaznoj poziciji y = 540294, x = 88198

8.1.2 Zrak

Zbog mogućnosti da pomoćna kotlovnica radi više od 300 sati godišnje, što spada u režim praćenja emisija iz Uredbe o emisiji tvari u zrak iz srednjih uređaja za loženje, plinskih turbina (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/18, 59/18), preporučuje se jednokratno mjerenje emisija koje provodi ovlašteni laboratorij (prašina, dim, CO , NOx, SO_2).

8.1.3 Buka

Način:	mjerenja provodi ovlašteni izvođač
Metode:	u skladu s pravilnikom*
Lokacije:	određuje ovlašteni izvođač, u skladu s pravilnikom*
Vremenski raspored:	jednom u razdoblju od tri godine, u skladu s pravilnikom*

* Pravilnik o prvoj procjeni i pogonskom monitoringu izvora buke te o uvjetima za njegovu provedbu (Službeni list Republike Slovenije, br. 105/08);

8.1.4 Elektromagnetsko zračenje

Način:	mjerenja provodi ovlašteni izvođač
Metode:	u skladu s pravilnikom*
Lokacije:	određuje ovlašteni izvođač, u skladu s pravilnikom*
Vremenski raspored:	jednom u razdoblju od tri godine, u skladu s pravilnikom*

* Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu za izvore elektromagnetskog zračenja te o uvjetima za njegovu provedbu (Službeni list Republike Slovenije, br. 70/96, 41/04–ZVO-1 i 17/11–ZTZPUS-1).

8.1.5 Ionizirajuće zračenje

NEK trenutačno provodi vrlo opsežan monitoring radioaktivnih emisija i imisija, što je definirano u dokumentu „Radiological Effluent Technical Specification (RETS) /7/". Dokument opisuje sustave kontrole tekućih i zračnih emisija, mjesta i učestalost kontrole. NEK prati radioaktivne emisije u svim sustavima u kojima je moguća pojava radioaktivnosti tijekom pogona. Mjesta uzorkovanja, učestalost kontrole i vrsta analiza za tekuće emisije opisani su u tablici 3.11-1, a plinovite emisije u tablici 3.11.-2. Obje tablice navodimo u nastavku (Tablica 145, Tablica 146).

Tablica 145: Program mjerenja tekućih emisija (izvor: /7/)

Vrsta ispuštanja	**Učestalost uzorkovanja**	**Najmanja učestalost analiza**	**Vrsta analiza**	**LLD(1) (Bq/m³)**
1. Povremena jednokratna ispuštanja(2) Spremnik za nadzor br. 1 – Waste Monitor Tank (WMT) br. 1	P Svaki pojedinačni spremnik	P Pojedinačni ispust	Glavni gama-emiteri(3), I-131, H-3	$1,9 \times 10^4$ $3,7 \times 10^4$ $3,7 \times 10^5$
Spremnik za nadzor br. 2 – Waste Monitor Tank (WMT) br. 2	P Svaki pojedinačni spremnik	M	Otopljeni i zarobljeni plinovi (gama-emiteri)	$3,7 \times 10^5$
Turbinska zgrada, kondenzatni Transfer Tank (CTT)	P Svaki pojedinačni spremnik	M kompozit(4)	H-3 Ukupna alfa-aktivnost	$3,7 \times 10^5$ $3,7 \times 10^3$
Odvodni spremnik u zgradi za hlađenje komponenti	P Svaki pojedinačni spremnik	Q kompozit(4)	Sr-89, Sr-90 Fe-55 C-14	$1,9 \times 10^3$ $3,7 \times 10^4$ $1,9 \times 10^3$
2. Kontinuirana ispuštanja(5) Ispiranje parogeneratora (Blowdown System Discharges, SGBD)	Kontinuirano(6) za ESW P, S – SGBD Uzimanje uzorka	W kompozit(5) ESW W kompozit(4) SGBD	Glavni gama-emiteri(3), H-3	$1,9 \times 10^4$ $3,7 \times 10^5$
	P – SGBD Uzimanje uzorka	P kompozit(4) SGBD	Otopljeni i zarobljeni plinovi	$3,7 \times 10^5$
Ispust bitne opskrbne vode (ESW)	P, S – SGBD Uzimanje uzorka	M kompozit(4) SGBD	H-3 Ukupna alfa-aktivnost	$3,7 \times 10^5$ $3,7 \times 10^3$
	P, S – SGBD Uzimanje uzorka	M kompozit(4) SGBD	Sr-89, Sr-90 Fe-55	$1,9 \times 10^3$ $3,7 \times 10^4$

Napomena: učestalost uzorkovanja: S – barem jednom svakih 12 sati, P – prije svakog ispuštanja, M – mjesečno, Q – kvartalno

Napomena: za 1.c, 1.d i 2b samo glavni gama-emiteri i H-3 (za H-3 u ESW kompozitnim uzorcima minimalna učestalost analiza je mjesečna)

(1) LLD – donja granica detekcije

(2) Jednokratno ispuštanje je ispuštanje tekućeg otpada u ograničenim količinama. Prije uzorkovanja za analizu ispuštanje mora biti izolirano, sadržaj pomiješati kako bi se osigurao reprezentativan uzorak

(3) Glavni gama-emiteri na koje se odnosi LLD: Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Zn-65, Mo-99, Cs-134, Cs-137, Ce-141. Ce-144 se također treba mjeriti, ali je LLD $1,85 \times 10^5$ Bq/m³. Popis ne znači da su to jedini radionuklidi koji se mogu pojaviti i da ih također treba odrediti i prijaviti. Takvi radionuklidi su npr. Cr-51, Zr-95, Ag-110m, Sb-124, I-131, I-133, I-135, Ba-140

(4) Kompozitni uzorak je uzorak čija je količina proporcionalna količini ispuštene tekućine i čija je metoda uzorkovanja takva da je uzorak reprezentativan

(5) Kontinuirano ispuštanje je ispuštanje tekućeg otpada koji nema određeni volumen, teče kontinuirano npr. iz sustava tijekom ispuštanja

(6) Kako bi količine i koncentracije u uzorku bile reprezentativne količinama i koncentracijama u ispuštanju, uzorci se moraju prikupljati kontinuirano proporcionalno protoku pare. Prije analize svi uzeti uzorci moraju se pomiješati kako bi se osiguralo da je kompozitni uzorak reprezentativan ispuštanju.

Tablica 146: Program mjerenja plinovitih emisija (izvor: /7/)

Vrsta ispuštanja	Učestalost uzorkovanja	Najmanja učestalost analiza	Vrsta analiza	LLD(1) (Bq/m^3)
1. Spremnik za razgradnju plinova	P Pojedinačni spremnik Jednokratni uzorak	P Pojedinačni spremnik	Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^6$
2. Zaštitna zgrada	P; W Jednokratni uzorak svako ispuštanje i rasterećenje(3)	P; W(3) Jednokratni uzorak svako ispuštanje i rasterećenje(3	Plemeniti plinovi Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^6$
3.a Ispust iz ventilacijskog kanala (6) (uključujući FHB i AB)	W(3)(4)	W(3)	Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^6$
	Kontinuirano(3) ili minimalno W	W(3) Spektrometrija plemenitih plinova	Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^4$
	Kontinuirano Kontinuirano	M M	H-3 (oksid) C-14	$3,7 \times 10^3$ $3,7 \times 10^1$
3.b Ispust iz ventilacijskog kanala zgrade za ravnanje gorivom (FHB)	M(5)	M	Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^6$
3.c Ispust kroz ejektor kondenzata(6)	W Jednokratni uzorak	W	Glavni gama-emiteri(2)	$3,7 \times 10^6$
4.a Ventilacijski kanal (plant vent)(6) 4.b Zgrada za ravnanje gorivom (FHB) 4.c Pomoćna zgrada (AB) 4.d. Skladište RAO-a 4.e Zgrada za dekontaminaciju (6)	Kontinuirano	W(7) Uzorkovanje ugljičnih filtara	I-131	0,037
	Kontinuirano	W(7) Uzorkovanje čestica	Glavni gama-emiteri(2)	0,37
5.a Ventilacijski kanal (plant vent)(6) 5.b Zgrada za dekontaminaciju (6)	Kontinuirano	M Kompozit, uzorkovanje čestica	Ukupna alfa-aktivnost	0,37
	Kontinuirano	Q Kompozit, uzorkovanje čestica	Sr-89, Sr-90	0,37
Zaštitna zgrada	Kontinuirano	P, W Ugljični filtar	I-131	0,037
		P svaki ispust W, uzorkovanje čestica	Glavni gama-emiteri(2)	0,37

Napomena: učestalost uzorkovanja: S – barem jednom svakih 12 sati, P – prije svakog ispuštanja, W – tjedno, M – mjesečno, Q – kvartalno,

(1) LLD – donja granica detekcije
(2) Glavni gama-emiteri na koje se odnosi LLD: Kr-87. Kr-88, Xe-133, Xe-133m, Xe-135 i Xe-138 pri ispustu plemenitih plinova i Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Zn-65, Mo-99, I-131, Cs-134, Cs-137, Ce-141 i Ce-144 pri ispustu joda i čestica. Popis ne znači da su to jedini radionuklidi koji se mogu pojaviti i da ih također treba odrediti i prijaviti.
(3) Uzorkovanje i analiza također se moraju provesti nakon prisilnog zaustavljanja, pokretanja ili promjene toplinske snage, ako promjena prelazi 15 % nazivne toplinske snage u jednom satu
(4) Jednokratni uzorci H-3 iz ventilacijskog sustava moraju se uzorkovati najmanje jednom svaka 24 sata kada se kanal za promjenu goriva napuni vodom ili tijekom prozračivanja zaštitne zgrade (purge)
(5) Jednokratni uzorci moraju se uzorkovati najmanje jednom svakih 7 dana iz ventilacijskog ispuha bazena za istrošeno gorivo kada je to gorivo u bazenu
(6) Omjer između protoka zraka koji se uzorkuje i protoka zraka koji je uzorkovan mora biti poznat za sva razdoblja kada se računaju doze ili brzine doze.

Uzorke treba mijenjati najmanje jednom svakih 7 dana i analizirati u roku od najviše 48 sati nakon zamjene ili uklanjanja iz uzorkivača. Uzorkovanje se također mora provoditi najmanje jednom svaka 24 sata tijekom najmanje 7 dana nakon svakog zaustavljanja, pokretanja ili promjene toplinske snage ako promjena prelazi 15 % nazivne toplinske snage u jednom satu. Analizu uzorka treba napraviti u roku od najviše 48 sati nakon uzorkovanja. Ako se uzorci prikupljaju 24 sata i zatim analiziraju, LLD se može povećati za faktor 10. Taj se zahtjev ne primjenjuje ako: (1) analize pokazuju da se ekvivalentna koncentracija doza I-131 u rashladnoj tekućini reaktora nije povećala za više od faktora 3; i (2) monitori plemenitih plinova pokazuju da se aktivnost u efluentima nije povećala za više od faktor 3.

Istodobno se provodi opsežan monitoring radioaktivnosti imisija u blizini NEK-a. Prate se svi putovi prijenosa po kojima osoba može primiti dozu:

- rijeka Sava (voda, sedimenti i vodena biota);
- vodovodi i bunari;
- crpilišta i kaptaže;
- oborine i sedimentacije;
- zrak;
- vanjsko zračenje;
- zemlja;
- hrana – mlijeko, voće, povrće i usjevi.

Točan program s lokacijama uzorkovanja, učestalošću uzorkovanja i složenim vrstama analiza opisan je u tablici 3.12.-1 u RETS-u. Tablica (Tablica 147) navodi program mjerenja iz postojeće tablice RETS i dodatna mjerenja koja će biti uključena u novu reviziju RETS-a (zahtjev za promjenu 21-2, rev. 02, RETS Change package: Ažurirajte RETS prema postojećem zakonodavstvu i uskladite sa stvarnom situacijom uzorkovanja 31. 8. 2021.).

Tablica 147: Program monitoringa radioaktivnosti u okolici NEK-a – imisije

1. VODA, RIJEKA SAVA

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Krško – 4 km uzvodno od NEK-a	– voda + suspendirana tvar – ostatak filtra	kompozitni uzorak prikupljan kontinuirano 31 dan	1 x u 92 dana	4
				1 x u 92 dana	4
	2. Nad branom HE Brežice, 7,2 km uzvodno od NEK-a*			1 x u 31 dan	12
				1 x u 31 dan	12
	3. Brežice – 7,8 km uzvodno od NEK-a			1 x u 31 dan	12
				1 x u 31 dan	12
	4. Jesenice na Dol., 17,5 km uzvodno od NEK-a			1 x u 31 dan	12
				1 x u 31 dan	12
Tritij (H-3), specifična analiza scint. spektr.	1. Krško	vodeni destilat	kompozitni uzorak prikupljan kontinuirano 31 dan	1 x u 31 dan	12
	2. Nad branom HE Brežice*			1 x u 31 dan	12
	3. Brežice			1 x u 31 dan	12
	4. Jesenice na Dol.			1 x u 31 dan	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemijska izolacija Sr-90/Sr-89, proporcionalna detekcija brojača)	1. Krško	– voda + suspendirana tvar – ostatak filtra	kompozitni uzorak prikupljan kontinuirano 31 dan	1 x u 92 dana	4
				1 x u 92 dana	4
	2. Nad branom HE Brežice*			1 x u 31 dan	12
				1 x u 92 dana	4
	3. Brežice			1 x u 31 dan	12
				1 x u 92 dana	4
	4. Jesenice na Dolenjskem			1 x u 31 dan	12
				1 x u 92 dana	4

* Mjerenja iz Pogonskog monitoringa radioaktivnosti u blizini NEK-a zbog HE Brežice počela su u srpnju 2017. godine.

2. RIJEKA SAVA – VODA, SEDIMENTI, VODENA BIOTA

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Obala 0,5 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala	jednokratni uzorci: – voda + suspendirana tvar – sedimenti, – ribe	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	12
	2. Obala kod Brežica 4 – 7,8 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala	jednokratni uzorci: – voda + suspendirana tvar – sedimenti, – ribe	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	12
	3. Nad branom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK-a	jednokratni uzorci: – voda + suspendirana tvar – sedimenti, – ribe	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	12
	4. Obala kod Jesenica, 17,5 km nizvodno od NEK-a, desna obala	jednokratni uzorci: – voda + suspendirana tvar – sedimenti, – ribe	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	12
	5. 2 uzorka na obje obale akumulacije između riječnih profila 120 i 121	jednokratni uzorak: voda	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	24
		jednokratni uzorak: sedimenti	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	24
	6. Nadomjesno stanište	jednokratni uzorak: voda	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	7. Akumulacija HE Brežice	ribe	1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	2
	8. Podsused	jednokratni uzorak: sedimenti	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
		ribe (dva uzorka)	1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	2
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Obala 0,5 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala	jednokratni uzorci: – voda + suspendirana tvar – sedimenti, – ribe	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	12
	2. Obala kod Brežica 4 – 7,8 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala				12
	3. Nad branom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK-a				12
	4. Obala kod Jesenica, 17,5 km nizvodno od NEK-a, desna obala				12

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	5. 2 uzorka na obje obale akumulacije između riječnih profila 120 i 121	jednokratni uzorak: voda	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	24
		jednokratni uzorak: sedimenti	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	24
	6. Nadomjesno stanište	jednokratni uzorak: voda	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	7. Akumulacija HE Brežice	ribe	1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	2
	8. Podsused	jednokratni uzorak: sedimenti	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
Tritij (H-3), specifična analiza scint. spektr.	1. Obala 0,5 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala	vodeni destilat	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	2. Obala kod Brežica 4 – 7,8 km nizvodno od NEK-a, lijeva obala		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	3. Nad branom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK-a		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	4. Obala kod Jesenica, 17,5 km nizvodno od NEK-a, desna obala		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	5. 2 uzorka na obje obale akumulacije između riječnih profila 120 i 121		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	24
	6. Nadomjesno stanište		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	7. Podsused [40]		1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	2
C-14	5. 2 uzorka na obje obale akumulacije između riječnih profila 120 i 121	jednokratni uzorak: voda + suspendirana tvar	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	8
	7. Akumulacija HE Brežice	jednokratni uzorak: ribe	1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	2

Napomena: Gama-spektrometrija i analiza stroncija u vodi i krutim uzorcima.
Podsused je mjesto u Hrvatskoj gdje se također analizira H-3 u vodi.

* Mjerenja iz Pogonskog monitoringa radioaktivnosti u blizini NEK-a zbog HE Brežice počela su u srpnju 2017. godine.

3. VODOVODI I BUNARI

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Krško (vodovod)	pojedinačni uzorak	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	2. Brežice (vodovod)				4
	3. Unutar ograde NEK-a, bunar 0071				4
	4. Bunar Medsava (RH)[40]	Jednokratni uzorak vode	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	5.Bunar Šibice (RH)[40]		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Krško (vodovod)	pojedinačni uzorak	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	2. Brežice (vodovod)				4
	3. Unutar ograde NEK-a, bunar 0071				4
	4. Bunar Medsava (RH)[40]	Jednokratni uzorak vode	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	5.Bunar Šibice (RH)[40]		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
Tritij (H-3), specifična analiza scintilacijskim spektrometrom	1. Krško (vodovod)	pojedinačni uzorak	1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	2. Brežice (vodovod)		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	3. Unutar ograde NEK-a, bunar 0071		1 x u 92 dana	1 x u 92 dana	4
	4. Podzemne vode u blizini NEK-a na lijevoj obali Save (VOP-4)		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	5. Bunar VOP-1/06 (ARAO)		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	6. Bunar V-7/77 (NEK)		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	7. Bunar V-12/77 (NEK)		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	8. Bunar Medsava (RH)[40]	Jednokratni uzorak vode	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12
	9.Bunar Šibice (RH)[40]		1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	12

4. CRPILIŠTA, KAPTAŽE

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Crpilište vod. Krško – Rore 2. Crpilište vod. Krško – Brege 3. Kaptaža Dolenja Vas 4. Crpilište vod. Brežice VT1 5. Crpilište vod. Brežice 481 6. Crpilište Petruševac (RH) [40]	sastavljeni uzorci vode	1 x na dan	1 x u 31 dan	6 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza scintilacijskim spektrometrom			1 x na dan	1 x u 31 dan	6 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza			1 x na dan	1 x u 31 dan	6 × 12
			1 x na dan	1 x u 31 dan	6 × 12

Primjedba: U Brežicama se uzorkuju samo aktivna crpilišta koja opskrbljuju vodovodnu mrežu.

5. OBORINE I SEDIMENTACIJE

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Stara Vas 2. Brege 3. Dobova	kompozitni uzorak, kontinuirano prikupljanje 31 dan	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	3 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza scintilacijskim spektrometrom					3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					3 × 12

ZR = zračna udaljenost

6. SEDIMENTI – VAZELINSKE PLOČE

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	7 mjesta uzorkovanja kod crpilišta za jod i voćnjak kod NEK-a, 3 skupine lokacija	kompozitni mjesečni uzorak iz 3 skupine lokacija, odnosno cjelomjesečni uzorak s pojedinačnih lokacija pri povišenim vrijednostima	kontinuirano prikupljanje uzoraka 31 dan	1 x u 31 dan	3 × 12

7. ZRAK

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Mjerenje I-131 (gama-spektrometrija)	1. Sp. Stari Grad *ZR* = 1,8 km, 4C1 2. Stara Vas *ZR* = 1,8 km, 16C 3. Leskovec *ZR* = 3 km, 13D 4. Brege *ZR* = 2,3 km, 10C 5. Vihre *ZR* = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart *ZR* = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna *ZR* = 1,3 km, 2B	kontinuirano pumpanje kroz filtar od staklenih vlakana i kroz ugljični filtar (15 dana)	1 x na 15 dana	1 x na 15 dana	7 × 24
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Libna ili Stara Vas *ZR = 1,4 km odnosno 1,8 km*	ostatak na filtru kontinuirano pumpanje kroz aerosolni filtar	1 x na 92 dana	1 x na 92 dana	4
Izotopska analiza čestica i aerosola gama-spektrometrijom	1. Sp. Stari Grad *ZR* = 1,8 km, 4C1 2. Stara Vas *ZR* = 1,8 km, 16C 3. Leskovec *ZR* = 3 km, 13D 4. Brege *ZR* = 2,3 km, 10C 5. Vihre *ZR* = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart *ZR* = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna *ZR* = 1,3 km, 2B 8. Dobova *ZR* = 12,0 km, 6F	kontinuirano pumpanje kroz aerosolni filtar (promjena filtra prema začepljenosti odnosno svaki 31 dan)	1 x na 31 dan	1 x na 31 dan	8 × 12
C-14 u CO_2 u zraku	2 lokacije unutar ograde NEK-a	CO_2 apsorbiran na NaOH kao Na_2CO_3	1 x u 2 mjeseca	1 x u 2 mjeseca	2 × 6

8. DOZA I BRZINA DOZE VANJSKOG ZRAČENJA

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Doza s pasivnim dozimetrima za okoliš u pojasu oko elektrane	67 mjernih točaka u Sloveniji, od toga 57 mjernih točaka raspoređenih u krugovima u pojasu 1,5 – 10 km oko elektrane, 9 mjernih točaka na ogradi NEK-a – ukupno 66 mjernih točaka u blizini NEK-a i 1 mjerna točka u Ljubljani; 10 u Hrvatskoj[40]	TL-dozimetar, najmanje 2 po mjernom mjestu	1 x u 182 dana	1 x u 182 dana	134 u Sloveniji 20 u Hrvatskoj
Mjerenje brzine doze gama-zračenja	najmanje 10 mjernih mjesta koja okružuju lokaciju NEK-a	mreža s automatskim radom		kontinuirano mjerenje	stalna kontrola

Napomena: NEK provodi mjerenja doza OSL dozimetrima na šest mjesta na obradi objekta. Doza neutrona također se mjeri neutronskim dozimetrima na istim mjestima.

9. ZEMLJA

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Amerika, ZR = 3,2 km, poplavno područje, smeđi aluvij 2. Trnje (Kusova Vrbina), ZR = 8,5 km, poplavno područje, borovina 3. Gmajnice (Vihre) ZR = 2,6 km, poplavno područje, smeđi aluvij	jednokratni uzorak zemlje s 4 dubine 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 15 cm, 15 – 30 cm jednokratni uzorci: aluvij, pašnjak ili obrađena zemlja	1 x u 6 mjeseci	1 x u 6 mjeseci	2 × (3 × 4)
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemijska izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija proporcionalnim brojačem)					2 × (3 × 4)

[40] Mjerna mjesta su u Republici Hrvatskoj.

10. HRANA – MLIJEKO

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	1. Pesje 2. Drnovo 3. Skopice	jednokratni uzorak svaki 31 dan	1 x u 31 dan	1 x u 31 dan	3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		jednokratni uzorak svaki 31 dan			3 × 12
I-131, specifična analiza		jednokratni uzorak svaki 31 dan između ispaše – 8 mjeseci			3 × 8

11. HRANA – VOĆE

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	odabrani krajevi na Krško-brežičkom polju: voćnjak kod NEK-a, Sremič, Leskovec	jednokratni sezonski uzorci raznog voća: jabuka, kruške, ribizle, jagode, vino	1 x u 365 dana	1 x u 365 dana	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					10

12. HRANA – POVRĆE, USJEVI

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	odabrani krajevi na Krško-brežičkom polju: Brege, Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Trnje	jednokratni sezonski uzroci širokolisnog povrća i usjeva: zelena salata, kupus, mrkva, krumpir, rajčica, peršin, grah, luk, pšenica, ječam, kukuruz, hmelj	1 x u 365 dana	1 x u 365 dana	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					20

13. HRANA – MESO, PERAD, JAJA

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Izotopska analiza gama-spektrometrijom	odabrani krajevi na Krško-brežičkom polju:	jednokratni uzorci raznog mesa i jaja	1 x u 365 dana	1 x u 365 dana	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje				6

14. HRANA – MJERENJA C-14

VRSTA I OPIS MJERENJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA	UČESTALOST UZORKOVANJA	UČESTALOST MJERENJA	GODIŠNJI BR. MJERENJA
Ugljik C-14	odabrani krajevi na Krško-brežičkom polju, i to voćnjak kod NEK-a, Vrbina, Žadovinek, Brege, Spodnji Stari Grad, Dobova* (do 17 lokacija)	sezonski uzroci – povrće, usjevi i razno voće	2 x u 365 dana	2 x u 365 dana	35

* Dobova je referentno mjesto uzorkovanja.

Mjerenja imisije provode ovlaštene organizacije za monitoring okoliša u skladu s Pravilnikom o praćenju radioaktivnosti (Službeni list br. 27/18). Svake godine se izrađuje izvještaj o kontroli radioaktivnosti u blizini NEK-a u kojem se procjenjuju i doze za referentne skupine stanovništva. Godine 2020. godišnja efektivna doza najizloženijeg stanovništva konzervativno je procijenjena na manje od 0,071 µSv.

Već godinama najveći doprinos dozi daje C-14, ali program monitoringa u Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (Službeni list Republike Slovenije br. 27/18) zahtijeva samo 5 mjerenja C-14 u uzorcima žitarica. Prethodnih godina, zadnji put 2019. godine /144/, NEK je naručio mjerenja u 34 uzorka biljaka (povrće, voće), što omogućuje procjenu doze. Smatramo da program ovih mjerenja treba uključiti u redoviti program monitoringa ili dodati u RETS. Kako je H-3 također izotop čije su emisije u okoliš mjerljive i pridonose dozi, ima smisla odrediti H-3 (organski vezan tricij) u istim uzorcima kao što je određen C-14.

Jednokratna evaluacija možebitnog utjecaja na okoliš ili čovjeka na temelju mjerenja OBT sastavni je dio izvještavanja upravnih tijela i planirana je u NEK-u u 2021. godini. S tim u vezi već je objavljeno nekoliko stručnih radova, npr.: »Report on OBT intercomparison from IRB, Ruđer Bošković Institute«, I. Krajcar Bronić radionice na temu OBT u Rumunjskoj 2019.; i »Interlaboratory comparison and OBT measurements in biota in the environment of NPP Krško«, konferencija o mjerenjima radioaktivnosti 2019. u Češkoj, R. Krištof, J. Kožar Logar, A. Sironić, I. Krajcar Bronić.

U Republici Hrvatskoj mjerenja rijeke Save obavljaju se na lokaciji Podsused i mjerenja vanjskog zračenja na 10 lokacija. NEK je u 2018. i 2019. godini financirao i mjerenja kontinuiranih uzoraka H-3 na crpilištu Petruševec, koje je najveće crpilište pitke vode za grad Zagreb. U članku (J. Barešić, J. Parlov, Z. Kovač, A. Sironić: Use of nuclear power plan released tritium as a groundwater tracer, The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, 2020) autori ustanovljuju, da je na lokaciji Petruševac

povećana vrijednost H-3, što je doduše očekivano. S obzirom na to da se radi o najvećem crpilištu za grad Zagreb, predlažemo da se mjesto mjerenja doda u program monitoringa radioaktivnosti odnosno RETS-a. Osim H-3 na toj se lokaciji mjeri i Sr-89/90 i gama-emiteri metodom gama-spektrometrije visoke razlučivosti.

Prema izvještaju /71/ Nadzor radioaktivnosti u okolici NEK-a, Izvještaj za 2019. godinu, Institut „Jožef Štefan", IJS-DP-12784, ožujak 2020., u Republici Hrvatskoj provode se mjerenja uzoraka ribe s pomoću gama-spektrometrije visoke razlučivosti na lokaciji Podsused i Otok (na svakoj lokaciji 4 uzorka). Podzemne vode na lokacijama Medsava i Šibica mjere se i u Republici Hrvatskoj (gama-spektrometrija visoke razlučivosti, Sr, H-3). Mjeri se i sediment (gama-emiteri i Sr-90) na lokaciji Podsused. Ova mjerenja nisu navedena u RETS-u, iako se provode niz godina, te predlažemo da se mjerenja sedimenata i ribe na lokaciji Podsused uvrste odnosno uključe u redoviti program monitoringa.

Monitoring radioaktivnosti emisija prati put prijenosa vode rijeke Save. Sva mjesta uzorkovanja su ispod brane NEK-a osim onog u blizini papirnice VIPAP VIDEM KRŠKO d.d. Sporadična mjerenja OBT (organski vezanog H-3) vegetacije na desnoj obali rijeke Save u blizini brane NEK-a (iznad preljevnih polja) upućuju na prisutnost povišenih koncentracija aktivnosti OBT-a. Nije poznato radi li se o učinku zračnih ili tekućih ispuštanja iz NEK-a. Moguće je da sva ispuštena radioaktivnost ne otječe odmah preko preljevnih polja, već na desnoj obali dolazi do stagnacije, pa čak i povratnog toka površinske vode. Studija „Tritium in organic matter around Krško Nuclear Power Plant /145/" pokazala je da su koncentracije OBT aktivnosti u vegetaciji u blizini jugozapadne ograde NEK-a veće nego na drugim lokacijama u blizini ograde NEK-a i to je učinak djelovanja elektrane po zračnom prijenosnom putu, gdje prevladava H-3 u obliku molekule HTO koja je dio ciklusa vode. Nakon remonta uočene su povišene vrijednosti. Promatranja bi mogla biti razlog za promjenu monitoringa radioaktivnosti. Budući da će se model širenja radioaktivnosti duž rijeke Save obraditi u projektnom zadatku „Utjecaj HE Brežice na NEK" i „Studiji utjecaja na okoliš za produljenje pogonskog vijeka NEK-a" (Javna nabava na portalu javne nabave od 16. veljače 2021., broj javne nabave JN000870//2021-E01), predlažemo da se nalazi studije uvrste u program monitoringa radioaktivnosti. Nakon izgradnje HE Mokrice morat će se provjeriti program monitoringa radioaktivnosti rijeke Save.

8.1.5.1 Suho skladištenje istrošenog goriva

Izgradnjom suhog skladišta istrošenog goriva (DSB) bit će potrebna dodatna kontrola vanjskog zračenja. Trenutačno NEK mjeri brzinu doze ionizirajućeg zračenja na ogradi s pomoću šest pasivnih OSL (optički stimuliranih luminiscentnih) dozimetara. Nakon izgradnje DSB-a pasivni dozimetri bit će postavljeni također u skladišni prostor DSB-a; u sjeverozapadnom i jugozapadnom kutu skladišnog prostora tako da se gornji dozimetar nalazi neposredno ispod krovne konstrukcije, donji dozimetar iznad visine pregradnog zida, a srednji dozimetar na pola udaljenosti između gornjeg i donjeg dozimetra. Dakle, u svakom kutu su predviđena tri dozimetra, odnosno ukupno šest dozimetara u DSB-u. Na ogradu NEK-a bit će postavljeni i dodatni pasivni dozimetri; jedan na najbližem mjestu DSB-a, a zatim sa svake strane od tog dozimetra još tri na međusobnoj udaljenosti od 10 m. Dozimetri koji mjere dozu neutronskog i gama-zračenja očitavat će se, odnosno mijenjati najmanje jednom svakih 6 mjeseci. Prije početka izgradnje nulto stanje će se pratiti s pomoću postojećeg pasivnog OSL-a koji je najbliži DSB-u. Predloženi opseg monitoringa bit će moguće promijeniti nakon određenog vremena mjerenja.

Prema provedenim izračunima, ukupna doza (zbog rada suhog skladišta i drugih aktivnosti NEK-a) na ogradi neće prelaziti graničnu vrijednost od 200 μSv.

U trenutku prijenosa istrošenog goriva iz FHB-a u DSB uspostavlja se privremeno kontrolirano područje na trasi prijenosa i mjere se parametri zračenja.

8.1.5.2 Monitoring radioaktivnosti nakon izgradnje HE Brežice

NEK provodi dodatni monitoring radioaktivnosti rijeke Save zbog izgradnje i rada HE Brežice od srpnja 2017. godine. Uz uobičajena mjesta uzorkovanja, radioaktivnost se dodatno mjeri s obje strane akumulacijskog jezera, na brani HE Brežice, u zamjenskom staništu i dodatnim bunarima.

Pregrađivanjem rijeke Save promijenio se protok i širenje radioaktivnosti u rijeci Savi, što je već pokazao i dodatni nadzor. Naravno, sadašnja radioaktivna ispuštanja iz NEK-a nisu porasla. Trenutačno se koristi model iz studije „Izloženost referentne skupine stanovništva zračenju zbog tekućih ispuštanja NEK-a u rijeku Savu /146/". Kako je spomenuto, u tijeku je izrada „Utjecaja HE Brežice na NEK" i „Studije utjecaja na okoliš za produljenje pogonskog vijeka NEK-a". Rezultati spomenutog projekta pokazat će je li potrebno mijenjati programe monitoringa radioaktivnosti u rijeci Savi.

9. PODRUČJE U KOJEM ZAHVAT UZROKUJE OPTEREĆENJA OKOLIŠA KOJA MOGU UTJECATI NA ZDRAVLJE ILI IMOVINU LJUDI

9.1 POLAZIŠTA I METODE ODREĐIVANJA PODRUČJA

U skladu s člankom 15. Uredbe o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njezine izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17), potrebno je u poglavlju koje se odnosi na određivanje područja na kojemu zahvat može uzrokovati opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi odrediti područje uzimajući u obzir očekivana opterećenja okoliša kao posljedicu zahvata na okoliš, posebice zbog:

- emisije tvari u zrak, uključujući mirise,
- emisije tvari u vodu,
- stvaranja i upravljanja otpadom,
- uporabe opasnih tvari i s njima povezanih rizika,
- opterećenja okoliša bukom ili vibracijama,
- opterećenja okoliša elektromagnetskim ili ionizirajućim zračenjem ili
- svjetlosnog onečišćenja okoliša.

Uredbom je također propisano da se područje iz prethodnog stavka utvrđuje unutar pravila struke čiji je predmet procjena utjecaja na okoliš.

9.2 PODRUČJE TIJEKOM POGONA

Područje na kojem zahvat uzrokuje opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi tijekom pogona određeno je za postojeći opseg nakon provedene promjene, jer se radi o prostorno povezanom zahvatu. Pri određivanju područja polazili smo od nalaza iz ove studije o očekivanim opterećenjima postojećeg zahvata nakon promjene (ukupni utjecaj), uzimajući u obzir sve čimbenike o kojima se govori u studiji.

Područje za vrijeme rada definirano je kao područje unutar ograde NEK-a koje uključuje zemljište s brojem parcele:

1197/44 k. o. (1321) Leskovec.

Grafički prikaz područja tijekom rada nalazi se u **Prilogu 3**.

Uredbom je propisano da se područja utjecaja na sve čimbenike okoliša moraju grafički prikazati, izraditi zbirni grafički prikaz svih utjecaja te nacrtati, numerirati i obrazložiti mjere za smanjenje utjecaja na okoliš. S tim u vezi objašnjavamo da je grafički prikaz izrađen kao sažetak svih utjecaja jer se radi o području energetskog objekta, na prostoru su u tijeku tehnološki postupci koji zahtijevaju odgovarajuću obuku radnika te u svim objektima na području NEK-a postoji i mehanička, električna i druga oprema koja, ako se nepravilno koristi i održava, može biti opasna za zdravlje ljudi. Dodatne mjere navedene u ovoj studiji za trajanja rada ne mogu se prikazati grafički, pa nisu uključene u grafički prikaz.

9.3 PODRUČJE U SLUČAJU ZAUSTAVLJANJA POGONA

Područja na kojima zahvat uzrokuje opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi, u slučaju zaustavljanja pogona ne utvrđuju se, odnosno jednako je području tijekom rada uzimajući u obzir sve mjere propisane propisima i dodatno propisane ovom studijom.

9.4 ZNATAN UTJECAJ NA PODRUČJU SUSJEDNIH ZEMALJA

Područje za vrijeme pogona NEK-a na kojem zahvat uzrokuje opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje ili imovinu ljudi **ograničeno** je na zemljište parcele broj 1197/44 k. o. (1321) Leskovec. Područje utjecaja određuje se na temelju posljedica utjecaja zahvata na okoliš koji su obrađeni u poglavljima od 5.2. do 5.19.

Na temelju navedenog zaključujemo da planirani zahvat u **normalnom pogonu** neće imati prekogranične utjecaje na čimbenike obrađene u ovoj studiji, a koji bi proizašli iz pojedinačnih utjecaja ili njihovih interakcija, jer je **najbliža** državna granica 10 km udaljena granica s Republikom Hrvatskom.

10. NETEHNIČKI SAŽETAK STUDIJE

Podaci o nositelju zahvata:

Nositelj zahvata, Nuklearna elektrarna Krško d.o.o., posluje na temelju radne dozvole koja je izravno povezana sa Sigurnosnim izvještajem NEK-a (engl. USAR – Updated Safety Analysis Report; /3/) i sadržava sve preduvjete i ograničenja za siguran rad elektrane. NEK trenutačno posjeduje valjanu i vremenski neograničenu radnu dozvolu (/4/) i tehnički je sposoban za rad do 2043. godine, pod uvjetom da se u skladu s valjanom zakonskom regulativom svakih deset godina provede periodični sigurnosni pregled (engl. PSR – Periodic Safety Review, u slovenskom zakonu povremeni sigurnosni pregled). Obveza NEK-a je osigurati sve preduvjete za siguran rad elektrane.

NEK d.o.o. opremljen je Westinghouseovim lakovodnim tlačnim reaktorom toplinske snage 1994 MW. Snaga elektrane na pragu je 696 MW. Priključena je na mrežu od 400 kV za opskrbu potrošačkih središta u Sloveniji i Hrvatskoj. Godišnja proizvodnja prelazi 5 milijardi kWh, što je oko 38 % ukupno proizvedene električne energije u Sloveniji, a polovicu proizvedene energije izvozi u Republiku Hrvatsku /40/.

Vrsta i glavne karakteristike zahvata:

Operater NEK-a planira produljiti pogonski vijek NEK-a s 40 na 60 godina, i to od 2023. do 2043. godine.

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a mijenja se razdoblje pogona elektrane tako da se ono produlji za 20 godina, s 40 na 60 godina. Pri tome se:

- **ne mijenja** položaj ili lokacija NEK-a prostorno;
- **ne mijenjaju** dimenzije ni plan NEK-a tehnologijom;
- **ne mijenjaju** proizvodni kapacitet NEK-a i način rada.

Opseg planiranog zahvata je nastavak rada NEK-a s postojećim pogonskim karakteristikama nakon 2023. godine i ne predviđa se izgradnja novih objekata ili uređaja koji bi promijenili fizičke karakteristike NEK-a.

Za produljenje pogonskog vijeka nisu potrebni novi zahvati. Objekt za suho skladištenje istrošenog goriva (funkcionalna povezanost), za koji je dobivena građevinska dozvola i za koji je napravljena procjena utjecaja na okoliš, u izgradnji je i bit će dovršen u prvoj polovici 2023. godine. Objekt za suho skladištenje bit će u pogonu već početkom produljenog pogona NEK-a 2023. godine, a utjecaji suhog skladištenja na okoliš uzeti su u obzir u ovoj studiji kao utjecaj zahvata (vidi poglavlje 5.1.).

Za produljenje pogonskog vijeka nisu izvedeni drugi zahvati. Nadogradnje sigurnosti, koje nisu dio procjene, bile su izvedene neovisno o produljenju pogonskog vijeka NEK-a, na temelju nacionalnog akcijskog plana poslije nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima u skladu sa stres-testovima Europske unije.

NEK je već proveo sve potrebne analize i modernizacije sigurnosti te za njih dobio sve potrebne dozvole i suglasnosti od Uprave Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV). NEK je tako zamijenio svu ključnu opremu za daljnju nesmetanu, sigurnu, pouzdanu i ekološki usklađenu proizvodnju električne energije. Navedenim radnjama stvoreni su svi potrebni tehnički preduvjeti za produljenje pogonskog vijeka elektrane.

NEK će do kraja produljenog pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina, do 2043. godine, raditi kao i do sada, a to je sigurno i u skladu s ograničenjima emisija u okoliš. Visoka razina sigurnosne kulture, cjelovit razvoj zaposlenika i njihova odgovornost, kao temeljni elementi organizacijske i poslovne strukture NEK-a, i dalje će biti smjernica i jamstvo za nastavak sigurnog i ekološki prihvatljivog rada NEK-a. Kao i do sada, redovito će i pravovremeno uvoditi sva potrebna sigurnosna i ostala poboljšanja.

NEK će redovito održavati sve tehnološke sustave, s posebnim naglaskom na sigurnosne sustave, te ih redovito nadograđivati u skladu s radnim iskustvima iz zemlje i svijeta.
Sveobuhvatnom nadogradnjom sigurnosnih sustava izvedenoj u skladu s nuklearnim zakonodavstvom Republike Slovenije znatno su smanjeni svi rizici vezani uz rad NEK-a.

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina, do 2043. godine, ne utječe niti mijenja postojeću okolišnu dozvolu NEK-a /49/. Postojeće vodopravne dozvole NEK-a također se ne mijenjaju /50/, /163/,/276/.

Najvažniji dokument za rad NEK-a je radna dozvola, koja je neposredno povezana sa sigurnosnim izvještajem NEK-a (USAR – Updated Safety Analysis Report) i sadržava sve uvjete i ograničenja za siguran rad elektrane.

NEK radi sukladno odluci – suglasnosti za početak pogona NEK-a, Odluci Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04/83-5 od 6. veljače 1984. godine, Izmjenama dozvole za rad NEK-a, Odluci URSJV-a br. 3570-8/2012/5 od 22. 4. 2013. i NPP Krško Updated Safety Analysis Report (USAR).

NEK – postojeći i nakon produljenja pogonskog vijeka – ne uvrštava se među djelatnosti i uređaje koji mogu izazvati onečišćenje okoliša većih razmjera, prema Uredbi o vrsti djelatnosti i uređajima koji mogu uzrokovati onečišćenje okoliša većih razmjera (Službeni list Republike Slovenije, br. 57/15).

NEK – postojeće stanje i stanje nakon produljenja pogonskog vijeka nisu klasificirani kao djelatnost manjeg ili većeg rizika za okoliš prema Uredbi o sprječavanju velikih nesreća i smanjenju njihovih posljedica (Službeni list Republike Slovenije, br. 22/16).

Alternativna rješenja i razlozi za odabir predloženog rješenja:

Istraživanja na području proizvodnje električne energije, sustava, utjecaja na okoliš i ekonomske učinkovitosti pokazuju da je produljenje pogonskog vijeka NEK-a najbolja alternativa svim drugim tehnologijama za proizvodnju električne energije koje će biti na raspolaganju do 2023. godine.

Prednosti nuklearne elektrane osobito su velike u smislu:

- preuzimanja uloge potporne točke mreže od 400 kV u normalnom radu i u radu sa smetnjama,
- pozitivnog utjecaja na upravljanje međunarodnim obvezama Republike Slovenije vezano za emisiju CO_2; jer sama proizvodi minimalne emisije CO_2, dok bi alternativne tehnologije bazirane na fosilnim gorivima znatno udaljile Republiku Sloveniju od ispunjavanja zahtjeva iz Kyotskog protokola,
- uporabe prostora, jer ne zahtijeva nove zahvate u prostor, i
- ekonomičnosti poslovanja, jer ima puno niže troškove rada od bilo koje alternativne tehnologije, kao i od nabave alternativne energije na tržištu.

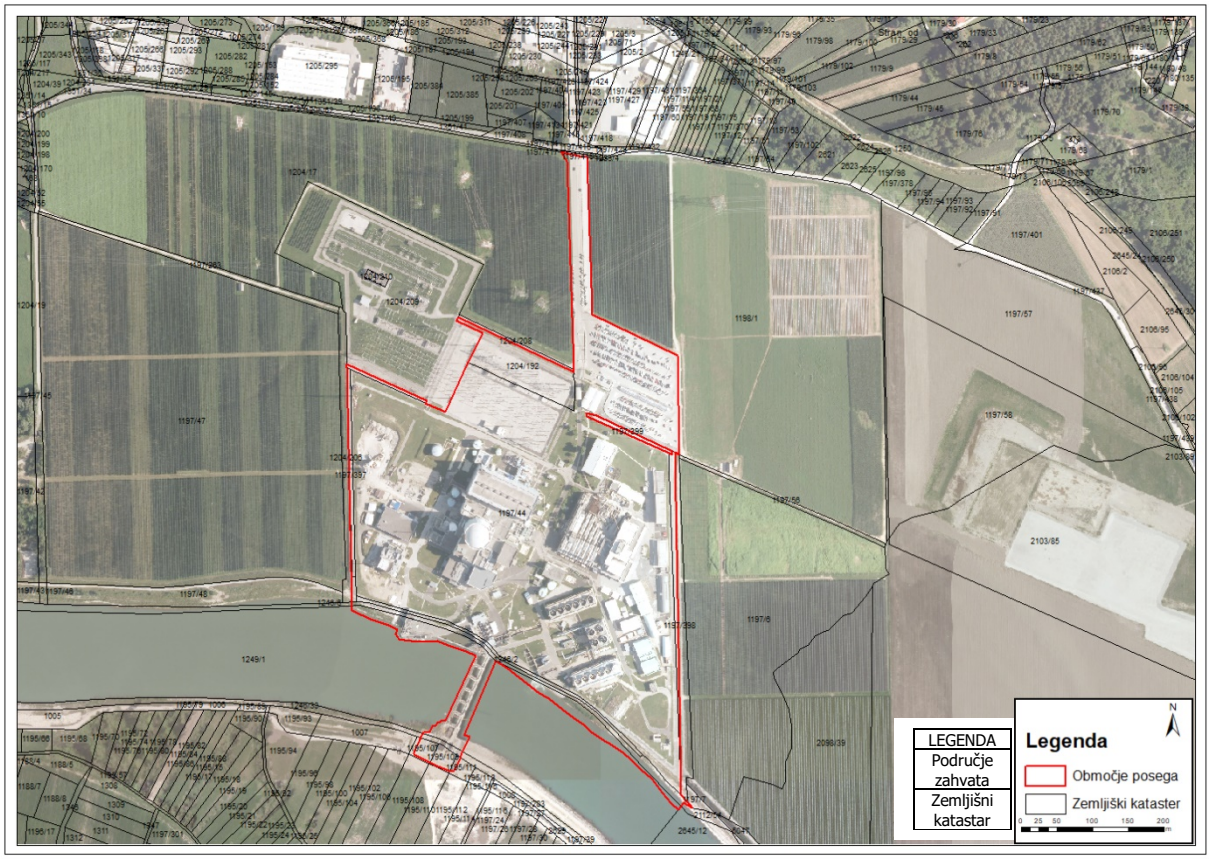
U slučaju da se ne izvede produljenje pogonskog vijeka NEK-a, ugrozila bi se energetska neovisnost Republike Slovenije. Nedostatak energije morat će se proizvoditi iz drugih izvora ili kupiti električna energija od drugih zemalja. Posljedice će biti ekonomske, političke i ekološke.

Posljedice nulte varijante dodatno su opisane u studiji „Produljenje pogonskog vijeka (POD) NEK-a iz energetske, sustavne, ekonomske i ekološke perspektive", EIMV, Ljubljana, srpanj 2021./243/.

Postojeće stanje okoliša u kojem se zahvat provodi:

Lokacija je u općini Krško, u južnom dijelu naselja Vrbina, na adresi Vrbina 12, Krško. Radi se o području dugogodišnje energetske namjene na lijevom brijegu rijeke Save. Nalazi se jugozapadno od mjesta Krško. Prema postojećem prostornom planu, lokacija je u zoni građevinskog zemljišta namijenjenog za korištenje **E** – energetske infrastrukture, u prostorno-planskoj jedinici (EUP) **KRŠ 025**.

Najbliža stambena naselja su sjeveroistočno (objekti u Spodnjem Starom Gradu), na udaljenosti od cca 500 m, sjeverno (objekti u Spodnji Libni) na udaljenosti od cca 550 m i cca 1,4 km zapadno (Žadovinek) od lokacije planiranog zahvata.
Do elektrane vodi industrijska cesta koja je priključena na regionalnu cestu R1 Krško – Spodnja Pohanca. Elektrana ima i industrijski kolosijek koji je povezuje sa željezničkom postajom u Krškom.



Slika 144: Grafički prikaz prostornih karakteristika zahvata i njegova položaja u okolišu (izvor: /1/, /60/)

Lokacija je izvan područja ugroženih poplavama i erozijom i izvan područja zaštićenih propisima o zaštiti prirode i zaštiti kulturne baštine te područja utjecaja na iste. Krajnji južni dio zadire u 2. vodozaštićeno područje na desnoj obali.

Kvaliteta podzemnih i površinskih voda na širem području je dobra.

Za područje industrijske zone Vrbina prostornim planom određen je IV. stupanj zaštite od buke, a stambeni prostori u blizini NEK-a svrstani su u III. stupanj zaštite od buke. Mjerenja buke u 2020. godini pokazala su da NEK ne uzrokuje prekomjerno opterećenje bukom na lokacijama najbližih stambenih objekata.

Za područje industrijske zone određen je II. stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja, u skladu s prostornim planom, dok je za obližnje stambene objekte određen I. stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja, što zahtijeva povećanu zaštitu od zračenja. Zadnja mjerenja, provedena u 2021. godini, pokazuju da zbog prisutnosti niskofrekventnih izvora elektromagnetskog zračenja u upravljanju područje NEK-a nije pretjerano izloženo zračenju, a zbog udaljenosti nema utjecaja na stambena područja u blizini.

Tijekom rada NEK-a iz ispusta ventilacijskog sustava u zrak izlaze radioaktivne emisije tvari. Doza zbog ukupne godišnje aktivnosti ispuštenih plemenitih plinova za 2020. iznosi oko 0,012 % od propisanog godišnjeg ograničenja, što je približno jednako podacima iz 2019. godine, odnosno podacima iz prethodnih godina.

Kemijsko stanje rijeke Save na mjernoj postaji VT Sava Krško – Vrbina od 2014. do 2019. godine ocijenjeno je dobrim, a razina pouzdanosti visokom. U spomenutom razdoblju analizirani su i parametri kemijskog stanja u organizmima (bioti), koje je bilo ocijenjeno kao loše; uzrok lošeg kemijskog stanja bio je povišeni sadržaj žive.

NEK u procesu rada odvaja industrijsku otpadnu vodu i tako dodatno ne opterećuje okoliš jer nisu prekoračene godišnje količine opasnih tvari AOX i zato što cijelo postrojenje ne prelazi kriterije za prekomjerno opterećenje okoliša emisijom topline.

Prosječne koncentracije aktivnosti stroncija u drugim rijekama u Sloveniji slične su ili veće od onih izmjerenih u Savi u blizini NEK-a.

Prirodni radionuklidi uranija (U-238, Ra-226 i Pb-210) i torija (Ra-228 i Th-228) redovito su detektirani u svim uzorcima vode. Vrijednosti su slične onima izmjerenima u rijekama diljem Slovenije.

U 2020. godini svi su utjecaji zračenja NEK-a na njegovoj ogradi (procjena okvirno vrijedi i za udaljenost od 500 m od osi reaktora) te 350 m nizvodno od njegove brane na stanovništvo u okolici procijenjeni na manje od 0,071 μSv godišnje.

Procijenjena vrijednost je mala u usporedbi s dopuštenom graničnom dozom za stanovništvo u okolici NEK-a (efektivna doza od 50 μSv godišnje na udaljenosti od 500 m i dalje za doprinose po svim prijenosnim putovima).

Procijenjena vrijednost djelovanja zračenja NEK-a na njegovoj ogradi iznosi približno 0,0029 % karakteristične neizbježne prirodne pozadine. Procjena se također okvirno odnosi na udaljenost od 500 m od osi reaktora.

Mogući utjecaji zahvata na okoliš i opterećenja okoliša:

Planirani zahvat na predviđenoj lokaciji neće utjecati na mirise i kulturnu baštinu u široj okolini lokacije pa se utjecaji na te čimbenike u studiji nisu detaljnije razmatrali.

Sažetak u studiji ustanovljenih potencijalnih utjecaja zahvata na okoliš i zdravlje ljudi, na temelju analize mogućih izravnih i neizravnih utjecaja tijekom produljenog pogona, uzimajući u obzir osjetljivost okoliša na lokaciji zahvata:

- **Tla**

Do početka produljenja pogonskoga vijeka NEK-a u 2023. godini suho skladište za istrošeno gorivo već će biti izgrađeno. Građevinskih radovi neće se izvoditi tako da neće biti ni zahvata u tlo. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a način zbrinjavanja otpadnih voda se ne mijenja. Emisija onečišćenja u tlo tijekom pogona neće biti jer se sve otpadne vode već u postojećem stanju odvajaju na odgovarajući način.

Sav otpad, uključujući i radioaktivni, na području NEK-a skladišti se na prikladan način i ne utječe na zagađenje tla.

- **Vode**

Izvor najvećeg potencijalnog utjecaja na rijeku Savu su rashladne vode koje se ispuštaju u najvećim količinama. Njihov sastav povremeno prelazi dopuštene koncentracije za suspendirane i krute tvari, s tim da sama elektrana ne onečišćuje vodu, nego tvari dolaze u sustav s vodom iz rijeke Save. Da su ispusti ovisni o sastavu riječne vode, pokazuju monitoring KPK-a i vrijednosti BPK5 na tri lokacije na području u okolici NEK-a gdje je vidljivo da voda već prije ulaska u elektranu sadržava određeni sastav tih parametara.

Suho skladištenje istrošenog goriva nema emisija u vodu i zasnovano je tako da izdrži poplave te je opremljeno nepropusnim spremnicima za otpad i kontejnerima otpornima na lomove, vodu i druge moguće uvjete. Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće promijeniti način ispuštanja otpadnih voda u odnosu na postojeći, ali je vjerojatno povećanje udjela rashladnih voda koje se ispuštaju preko sustava rashladnih tornjeva. S obzirom na to da je danas stanje vodnog tijela u koje se ispuštaju otpadne vode NEK-a dobro, procjenjuje se da utjecaj neće biti velik te da se neće pogoršati dobro stanje voda na tom području.

Štetne tvari i onečišćena voda iz NEK-a ne idu direktno u tlo i na taj način ne zagađuju podzemne vode. Jedini način onečišćenja okolnih voda je neizravno onečišćenje kroz emisiju u rijeku Savu i putem infiltracije u podzemne vode. Emisije štetnih tvari u rijeku Savu su unutar propisanih ograničenja i očekujemo da će takve i ostati tijekom budućeg rada NEK-a.

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće utjecati na poplavnu sigurnost objekata. Zaštita od poplava provedena je već tijekom planiranja elektrane i izgradnje nasipa rijeke Save uzvodno i nizvodno od elektrane. Ulazi i otvori zgrada izgrađeni su iznad nadmorske visine predviđenih deset tisuća godišnjih poplava. Elektrana je sigurna u slučaju projektom predviđene poplave, čak i bez zaštitnog nasipa.

- **Zrak**

NEK ima zanemarive emisije tvari u zrak, jedine emisije su iz pomoćne kotlovnice i dizelskog generatora za rad u nuždi (tri generatora). Spomenuti izvori rade kratkotrajno, samo tijekom remonta ili ispitivanja opreme. Tijekom produljenog pogona elektrane neće biti novih emisija SO_2, NOx i PM_{10} ili drugih štetnih tvari, a postojeće količine emisija neće se povećavati. Utjecaj na kvalitetu zraka je zanemariv, što je potvrđeno modeliranjem disperzije u atmosferi. Elektrana posredno pozitivno utječe na kvalitetu zraka jer s njezinom proizvodnjom izostaje emisija koja bi nastala u elektranama na fosilna goriva. Države članice EU-a obvezale su se na smanjenje emisija štetnih tvari na svom području (Konvencija LRTAP i direktiva NEC), a NEK pridonosi tom cilju.

Tijekom rada rashladnih tornjeva dolazi do emisije topline u zrak, kapljica vode i vlage, koja u određenim uvjetima stvara vidljivu parnu zavjesu. Utjecaj rashladnih tornjeva uvelike ovisi o vremenskim uvjetima u okolici tornja, a utjecaj je lokalne prirode. Zbog klimatskih promjena elektrana će vjerojatno u budućnosti još više koristiti rashladne tornjeve kako bi zadržala toplinsko opterećenje Save unutar ΔT 3 °C. Veličina utjecaja ostat će unutar postojećeg okvira, uz samo nešto duže trajanje tog utjecaja.

- **Utjecaj na klimu i otpornost na klimatske promjene**

Povećanjem koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi javlja se efekt zagrijavanja. U 2019. godini doprinos u emisiji stakleničkih plinova iz sektora proizvodnje električne energije u Republici Sloveniji iznosio je 27 %. Nuklearna elektrana nema emisije stakleničkih plinova te se uz obnovljive izvore energije tretira kao tehnologija proizvodnje električne energije s niskim ugljičnim otiskom. Zahvaljujući proizvodnji električne energije u NEK-u, Republika Slovenija pridonosi zajedničkom cilju EU-a, odnosno smanjenju emisije stakleničkih plinova, i ciljevima Pariškog sporazuma – da se globalno zagrijavanje zadrži ispod 2,0 °C, po mogućnosti do 1,5 °C. U slučaju da se električna energija proizvodi u termoelektranama umjesto u NEK-u, sektor proizvodnje električne energije imao bi 1,5 puta veće emisije stakleničkih plinova na godinu, što je oko 2.500.000 tCO_2 -ek/god. (slovenski udio od 50 % proizvodnje električne energije).

Prosječna globalna temperatura 2019. godine bila je za 1,1 ± 0,1 °C iznad predindustrijske razine. Ta je godina bila vjerojatno druga najtoplija od početka mjerenja, a posljednje desetljeće, 2010. – 2019., najtoplije je prema zapisima mjerenja. Ako počnemo od 1980-ih godina, svako sljedeće desetljeće bilo je toplije od prethodnih. Povećanje prosječne godišnje temperature zraka od 1961. do 2020. na području Slovenije pokazuje brz rast temperature krajem 20. i početkom 21. stoljeća. Od 1961. do 2011. godine prosječna temperatura zraka porasla je za 1,7 °C. Godišnja količina oborina smanjila se za oko 15 % u

zapadnoj polovici države, nešto manje (10 %) u istočnoj polovici države gdje promjene nisu statistički bitne. Temperatura vode rasla je s desetljetnim trendom od 0,2 °C za površinske vode (razdoblje 1953. – 2015.) i 0,3 °C za podzemne vode (razdoblje 1969. – 2015.).

Kod planiranja ulaganja u infrastrukturne i energetske objekte bitno je analizirati koliko su investicijski projekti otporni na klimatske promjene, odnosno imaju li dovoljno ugrađenih mjera prilagodbe očekivanim promjenama klimatskih varijabli (temperatura, vjetar, oluje, poplave, tuča i led itd.). Tijekom postupka procjene utjecaja na okoliš utvrđeno je da je proizvodnja električne energije iz NEK-a osjetljiva na tri klimatske varijable: dostupnost vode iz rijeke Save, temperaturu vode rijeke Save i ekstremne vanjske temperature. Elektrana koristi vodu iz rijeke Save za hlađenje kondenzatora, turbinskog ciklusa i sigurnosne komponente. U razdobljima smanjenog protoka rijeke Save elektrana uključuje rashladne tornjeve i dio topline se odvaja u procesu recirkulacije. Na taj način, u svim uvjetima toka rijeke Save, elektrana održava toplinsko opterećenje unutar ΔT 3 °C, koje će ostati nepromijenjeno i u budućem radu elektrane. Nuklearna elektrana je 2008. godine nadogradila svoj rashladni kapacitet izgradnjom trećeg bloka rashladnih tornjeva. Izgradnjom je ojačana otpornost elektrane na promjene koje bi se u budućnosti mogle povezati sa smanjenjem protoka, povećanjem temperature vode i povećanjem temperature zraka. Izgradnjom sustava hidroelektrana na donjoj Savi ublažavaju se varijacije u protoku i temperaturi, što pridonosi stabilnosti proizvodnje u NEK-u.

Analize utjecaja klimatskih promjena na sigurnost provode se u skladu sa zakonskom regulativom i propisima koji se odnose na nuklearnu sigurnost i zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Ekstremni vremenski uvjeti u kombinaciji s drugim prirodnim događajima i drugim događajima sastavni su dio analiza sigurnosti elektrane, redoviti periodični sigurnosni pregled (PSR), koji je obvezan svakih deset godina, uključuje analizu utjecaja klimatskih promjena, a temeljni dokument (USAR) se redovito ažurira glede svih važnih aspekata sigurnosti.

- **Buka**

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a ne predviđa nove izvore buke. Također se ne mijenja ni kapacitet proizvodnje NEK-a, koji će i tijekom produljenog pogonskog vijeka biti u pogonu 24 sata dnevno, svaki dan u godini. Postoji minimalna mogućnost povećanja radnih sati rashladnih tornjeva zbog klimatskih promjena, ali s obzirom na trendove svih klimatskih pokazatelja, broj radnih sati rashladnih tornjeva se neće bitno mijenjati. Iz raspoloživih mjernih rezultata o zagađenju okoliša bukom može se zaključiti da u slučaju da su rashladni tornjevi u pogonu 365 dana u godini, razina buke u neposrednoj okolici NEK-a (područje mjernih postaja) ne bi se znatno povećala.

Na temelju provedenih mjerenja i analiza razine buke u okolišu u 2015. i 2020. godini (rezultati mjerenja opisani su u posebnom izvještaju br. LFIZ – 201500001 – JJ/M i LOM – 20200588 – KR/M), mišljenja smo da promatrani izvor buke tijekom rada ni na jednom promatranom mjestu (ispred najizloženijih objekata sa zaštićenim prostorima) ne prelazi granične vrijednosti pokazatelja buke u okolišu utvrđenih Uredbom o graničnim vrijednostima pokazatelja buke u okolišu (Službeni list Republike Slovenije br. 43/18 i 59/19).

- **Elektromagnetsko zračenje**

Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a ne predviđaju se novi izvori elektromagnetskog zračenja (EMZ), poput novih transformatorskih stanica (TS). Isto tako se ne planira instalacija novih transformatora ili zamjena transformatora onima veće snage u postojećim transformatorskim stanicama. Na temelju navedenog zaključujemo da će razina elektromagnetskog zračenja ostati nepromijenjena u odnosu na zadnja mjerenja EMZ-a iz 2021. godine.

Za cijelo područje NEK-a vrijedi II. stupanj zaštite od zračenja, a za stambena i druga područja osjetljivija na zračenje u blizini NEK-a vrijedi I. stupanj zaštite od zračenja. Glavni izvor niskofrekventnog EMZ-a na području NEK-a su transformatori i dalekovodi. Nositelj pogona je operater više transformatorskih stanica. Iz izvještaja o mjerenjima niskofrekventnih elektromagnetskih polja iz 2020. godine /53/ evidentno je da granične vrijednosti za područje II. stupnja zaštite od zračenja u NEK-u i

na granici područja nisu prekoračene. Sve transformatorske stanice se redovito pregledavaju i održavaju, o tome se vodi evidencija.

- **Vibracije**

Najbliže naseljeno područje kao i svi drugi objekti osjetljivi na vibracije (objekti kulturne baštine, vrtići, škole itd.) udaljeni su približno 500 m od NEK-a. Cestovni promet unutar razmatranog pogona teče na javnim regionalnim i državnim cestama, a lokalne ceste unutar gusto naseljenih područja ne koriste se za opskrbu sirovinama i pomoćnim materijalima niti za odvoz proizvoda. Opseg cestovnog prijevoza tereta i robe za potrebe poslovanja NEK-a dosad je bio zanemariv i predviđa se da će ostati u jednakom opsegu te da će teći javnim regionalnim cestama izvan gusto naseljenih područja. Proizvodni proces u pogonu NEK-a ne uključuje strojeve, uređaje ili aktivnosti koji bi bili snažan izvor vibracija u okolišu.

- **Otpad**

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće bitno utjecati na povećanje godišnje proizvodnje otpada (uključujući radioaktivni) u odnosu na postojeće stanje. Dinamika nastajanja otpada ostat će jednaka.

Stavljanjem u funkciju suhog skladišta za istrošeno gorivo promijenit će se tehnologija skladištenja istrošenog goriva (IG) iz mokrog u suhi način. Implementacija tehnologije suhog skladištenja istrošenog goriva znači sigurniji način skladištenja IG-a pod istim okolišnim uvjetima i uvjetima zaštite od ionizirajućeg zračenja kao što je navedeno u postojećoj radnoj dozvoli. Za suho skladište IG-a procijenjen je utjecaj na okoliš te su ishođene okolišna suglasnost i građevinska dozvola (broj građevinske dozvole 35105-25/2020/57 od 23. prosinca 2020.).

Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 547 m^3 ili 884 tone nisko- i srednjoradioaktivnog otpada (NSRAO).

Opterećenje okoliša zbog istrošenog goriva nastalog tijekom produljenja pogonskog vijeka NEK-a bit će prisutno u istom opsegu i na isti način kao što nastaje trenutačno, odnosno u posljednjim godinama pogona prije produljenja pogonskog vijeka.

Ako bi NEK bio u pogonu do kraja 2023. godine, stvorila bi se 1553 elementa IG-a, a u slučaju pogona do kraja 2043. godine stvorio bi se ukupno 2281 element IG-a.

Zbog produljenja pogonskog vijeka s 2023. na 2043. godinu proizvest će se dodatnih 728 elemenata IG-a.

Postojeće vrste otpada (2020. godina) sastoje se od oko 36 vrsta otpada nastalog u proizvodnji i ostalim popratnim procesima, od kojih je 19 vrsta opasnog otpada (opis u poglavlju 2.19.4.1.). Ukupna količina nastalog otpada u 2020. godini iznosila je oko 2302 tone, od toga oko 2192 tone građevinskog otpada zbog građevinskih radova u 2019. godini. Količina opasnog otpada je iznosila otprilike 12,3 tone. Produljenjem pogonskog vijeka NEK-a dinamika stvaranja otpada ostat će ista.

Sav otpad, osim radioaktivnog, predaje se na preradu drugoj strani, a nositelj zahvata ga ne obrađuje.

- **Ionizirajuće zračenje**

Tijekom pogona NEK-a količina ispuštenih radioaktivnih tvari u okoliš bit će jednaka trenutačno ispuštenoj količini. NEK kontinuirano nadograđuje i unapređuje sigurnosne i procesne sustave, što ujedno znači sve manje opterećenje za okoliš. Procijenjena godišnja efektivna doza za najizloženijeg stanovnika zbog utjecaja NEK-a iznosila je 0,071 µSv u 2020. godini. Usporedno s godišnjom efektivnom dozom prirodnog pozadinskog zračenja u Sloveniji koja iznosi 2500 µSv, udio kojim NEK pridonosi je zanemariv.

Svi izračuni razine zračenja pokazuju da će brzine doze i doze ionizirajućeg zračenja zbog suhog skladištenja istrošenog goriva biti unutar vrlo strogih granica koje su definirane i zahtijevane u tehničkoj specifikaciji projekta za izgradnju suhog skladišta i niže su od dopuštenih.

Također efektivna godišnja doza vanjskog zračenja na ogradi NEK-a iz svih izvora zračenja, uključujući i suho skladište istrošenog goriva, tijekom produljenoga pogonskog vijeka neće prelaziti propisano trenutačno ograničenje na ogradi NEK-a koje iznosi 200 µSv.

- **Svjetlosno onečišćenje**

Vanjska rasvjeta NEK-a sastavni je dio tehničkih sustava za osiguravanje fizičke zaštite objekta te stoga NEK nije obvezan postupati u skladu s Uredbom o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša (Službeni list Republike Slovenije, br. 81/07, 109/07, 62/10, 46/13), nego prema Pravilniku o fizičkoj zaštiti nuklearnih objekata, nuklearnih i radioaktivnih materijala te prijevozu nuklearnih materijala (Službeni list Republike Slovenije, br. 17/13 i 76/17 – ZVISJV-1).

Ipak, NEK neprestano nastoji slijediti zahtjeve za smanjenje svjetlosnog onečišćenja, kako slijedi:
- koristi prikladne svjetiljke s ravnim staklom, instalirane paralelno s horizontalom;
- svjetiljke nisu okrenute prema gore u većoj mjeri kako je predviđeno projektom za postizanje odgovarajuće razine osvjetljenja;
- tijekom održavanja i zamjene rasvjetnih tijela rabe se moderna i energetski učinkovita rješenja – LED i sl.

Produljenjem pogonskog vijeka **ne planira se** ugradnja dodatnih svjetiljki na području NEK-a pa će osvjetljenje prostora i emisija svjetlosti u okolinu biti **isti** kao u postojećem stanju.

- **Krajolik**

Tijekom produljenog pogona slika elektrane se neće promijeniti. U trenutku prelaska u razdoblje produljenog pogona NEK-a suho skladište za istrošeno gorivo bit će izgrađeno, a ne planira se izgradnja drugih objekata. Zbog sve češće pojave niskih i visokih protoka Save očekuje se nešto češći rad rashladnih tornjeva i ispuštanja pare, što će biti uočljivo s većih udaljenosti. Povremena pojava pare neće bitno utjecati na vidljivost NEK-a u okolici. Sadnjom šumskog pojasa uz odlagalište NSRAO-a smanjit će se vidljivost elektrane s istoka i jugoistoka.

- **Priroda**

Tijekom rada NEK ne ispušta emisije ionizirajuće zračenja u okoliš koje bi moglo znatno utjecati na floru i faunu u njegovoj blizini. NEK koristi vodu iz rijeke Save za hlađenje kondenzatora i turbine te sigurnosnih komponenti. U okolišnoj dozvoli navodi se uvjet da se NEK mora pobrinuti da ni u jednom dobu godine zbog sinergičnog djelovanja ispusta industrijskih rashladnih otpadnih voda i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne smije prekoračiti prirodnu temperaturu za više od 3 °C, što NEK ispunjava. Ekološko stanje Save nizvodno od NEK-a je dobro. Trajni utjecaj na vegetaciju i stanišne tipove u blizini NEK-a mogao bi nastati u slučaju veće nesreće s ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš. U NEK-u su provedene brojne sigurnosne nadogradnje, zbog čega je mogućnost oštećenja jezgre, koja bi izazvala ispuštanje radioaktivnih tvari, vrlo mala.

- **Zemljišta**

Lokacija planiranog pogona je u zoni građevinskog zemljišta u kojoj su pretežno industrijski objekti namjene E – energetska infrastruktura (namjena je prikazana u poglavlju 1.8.1.). Planiranom izmjenom (proširenjem) ne zadire se u područje postojećeg objekta NEK-a, promjena je u skladu s postojećim prostornim aktima, a namjena i stvarna uporaba zemljišta ne mijenjaju se planiranim produljenjem pogonskog vijeka NEK-a.

S gledišta šumskog zemljišta pribavljeno je mišljenje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i prehrane (br. 3401-43/2020/4). Na temelju uvida u materijal Ministarstvo zaključuje da na području NEK-a nema šumskih površina te stoga neće biti izravnih utjecaja na šumsko zemljište. Također neće biti neizravnih ili izravnih utjecaja na šumu jer su šumske površine udaljene više od 450 m od područja planiranog pogona. Također se ne očekuju dodatni negativni utjecaji na divlje životinje.

S gledišta poljoprivrednog zemljišta pribavljeno je i mišljenje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i prehrane, Uprave za poljoprivredu (br. 351-77/2020/5). U resornom ministarstvu smatraju da planirano produljenje pogonskog vijeka NEK-a s 40 na 60 godina neće posebno utjecati na poljoprivredno zemljište.

- **Prirodni resursi**

Neposredno korištenje prirodnih izvora u proizvodnji uključuje uporabu vode iz javne vodovodne mreže za sanitarne potrebe i zaštitu od požara te riječnih i podzemnih voda koje se na temelju vodopravnih dozvola uzimaju iz bunara i rijeke Save za tehnološke potrebe. Riječne i podzemne vode se ne upotrebljavaju kao sirovina (ne ugrađuju se u proizvode), već u potpornim procesima hlađenja. Nakon korištenja sva voda se uz odgovarajući tretman vraća u okoliš, u rijeku Savu. Voda koja se crpi iz tri privremena bunara vraća se izravno u Savu oborinskim sustavom.

Tijekom produljenog pogona NEK-a način korištenja riječnih i podzemnih voda neće se bitno mijenjati i bit će sličan postojećem stanju.

- **Materijalna dobra**

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a neće znatno utjecati na povećanje postojećeg opterećenja na okoliš. Stanje će ostati nepromijenjeno. Svi zahvati koji omogućuju produljenje pogonskog vijeka bit će izvedeni do njegova početka. Ukupna godišnja efektivna doza zbog vanjskog zračenja na ogradi NEK-a iz svih doprinosa, uključujući i suho skladište istrošenog goriva, neće prelaziti propisano ograničenje doze na ogradi NEK-a koje iznosi 200 μSv.

Tijekom razdoblja produljenog pogonskog vijeka NEK-a neće biti utjecaja na materijalna dobra (zemljišta, građevine i objekte kulturne baštine) u blizini lokacije zahvata.

- **Rizik od ekoloških i ostalih nesreća**

Produljenje pogonskog vijeka NEK-a znači produljenje rada za 20 godina (2023. – 2043.) pod istim uvjetima utjecaja na okoliš i uvjetima zaštite od izvora ionizirajućeg zračenja kao što je propisano u postojećoj radnoj dozvoli.

Iako je NEK projektiran za minimalni pogonski vijek od 40 godina, elektrana je izvršila sve potrebne analize i prilagodbe na osnovi kojih može raditi daljnjih 20 godina. Na temelju niza studija i analiza Uprava Republike Slovenije za nuklearnu sigurnost (URSJV) donijela je odluku br. 3570-6/2009/32, od 20. lipnja 2012. godine, kojom se potvrđuje da je stanje opreme u NEK-u zadovoljavajuće te da su pritom zadovoljene sve sigurnosne rezerve i funkcionalnost opreme.

Sposobnost za produljeni pogonski vijek NEK-a temelji se ponajprije na sljedećim činjenicama:
- elektrana ima ugrađene materijale i opremu koji imaju dovoljno sigurnosnih rezervi;
- zamijenjena je sva oprema koja utječe na pouzdanost rada;
- elektrana radi stabilno;
- izvršena je sigurnosna nadogradnja u skladu sa zahtjevom ZVISJV-1 i svim naučenim lekcijama iz svih većih nuklearnih nesreća do danas, što se odražava u ENSREG-u (Nacionalni plan post-Fukushima)
- NEK ima temeljit program starenja opreme AMP koji prati starenje svih pasivnih konstrukcija i komponenti (reaktorske posude, betona, podzemnih cjevovoda, čeličnih konstrukcija, električnih kabela itd.).

Pouzdan i siguran rad u svim uvjetima najvažniji je prioritet NEK-a. NEK je od početka rada uveo niz poboljšanja radi povećanja sigurnosti i učinkovitost objekta.

Uzimajući u obzir predviđena rješenja i osiguravanje sigurnosnih funkcija, produljenje pogonskog vijeka NEK-a nije izvor opasnosti za ekološku ili bilo kakvu drugu nesreću.

- **Stanovništvo i zdravlje ljudi**

Na osnovi svih zaključaka iznesenih u prethodnim poglavljima ove studije, koja razmatraju sve relevantne čimbenike okoliša na koje bi produljenje pogonskog vijeka moglo utjecati, postojeća proizvodnja u NEK-u ne prelazi granične vrijednosti emisija tvari i zračenja u okoliš. Prekoračenja graničnih vrijednosti ne očekuju se ni nakon planiranog produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Granična vrijednost je propisana razina čiji je cilj izbjegavanje, sprječavanje ili smanjenje štetnih učinaka na zdravlje ljudi i okoliš kao cjelinu. NEK provodi i nastavit će provoditi sve propisane mjere za smanjenje utjecaja na okoliš i sprječavanje onečišćenja okoliša te utjecaja na zdravlje ljudi i redovito prati stanje (monitoring) u skladu s propisima i dozvolama.

Promjena postojećeg pogona (produljenje pogonskog vijeka) neće promijeniti prirodne i druge uvjete života i boravka u okolici pogona i šire.

Tijekom produljenog pogonskog vijeka provodit će se redoviti monitoring unutar cijelog NEK-a, jednako kao što se trenutačno već provode – mjerenja pumpanja riječne vode za tehnološke potrebe, mjerenja i analize otpadnih voda ispuštenih u kanalizacijski sustav te mjerenja ionizirajućeg zračenja.

- **Prekogranični utjecaj u normalnom pogonu**

Tijekom postojeće proizvodnje u NEK-u granične vrijednosti emisija tvari i radioaktivnog zračenja u okoliš nisu prekoračene. Prekoračenja graničnih vrijednosti ne očekuju se ni nakon planiranog produljenja pogonskog vijeka NEK-a. Područje u kojem će zahvat uzrokovati opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi tijekom pogona ograničeno je na užu lokaciju NEK-a. Planirani zahvat tijekom normalnog pogona neće imati prekogranični utjecaj na čimbenike obrađene u ovoj studiji koji bi bili posljedica pojedinačnih utjecaja ili njihovih interakcija.

- **Prekogranični utjecaji u slučaju izvanredne situacije – nesreće**

Studija „Izračun doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško", FER-MEIS, 2021., analizirala je slučaj projektne nesreće gubitka hladila (LB LOCA) i proširene projektne nesreće (DEC-B). Kao što je vidljivo iz rezultata studije, efektivna 30-dnevna doza na udaljenosti od 10 km od elektrane iznosi 1,16 mSv i više je nego dvostruko niža od godišnje doze prirodnog pozadinskog zračenja koja u Sloveniji iznosi oko 2,5 mSv. Doza štitnjače (13,5 mSv) na udaljenosti od 3 km od NEK-a je ispod granice (50 mSv za 7 dana) propisane zakonom (Uredba o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji, Službeni list Republike Slovenije, br. 18/ 18) za jodnu profilaksu.

NEK je od najbližih granica susjednih država udaljen:
- 10 km od granice s Republikom Hrvatskom;
- više od 75 km od granice s Republikom Austrijom;
- više od 129 km od granice s Republikom Italijom;
- više od 100 km od granice s Republikom Mađarskom.

Prema rezultatima studije, u slučaju projektne nesreće gubitka hladila (LB LOCA) i proširene projektne nesreće (DEC-B), koje su ujedno najgori scenarij za nesreće, neće biti znatnijeg prekograničnog utjecaja na okoliš, zdravlje i imovinu ljudi.

Mjere za sprječavanje, smanjenje i ublažavanje utvrđenih većih štetnih utjecaja na okoliš – Pogon

U nastavku su opisane mjere za ublažavanje koje su potrebne kod pojedinih komponenata okoliša za sprječavanje bitnih utjecaja na okoliš. Navedene mjere uključuju mjere ublažavanja koje nositelj zahvata već provodi i koje će morati provoditi tijekom produljenog pogonskog vijeka NEK-a. Dijele se na mjere koje proizlaze iz zakona, mjere koje proizlaze iz okolišne dozvole, mjere određene projektom i dodatne mjere.

Vode, uključujući toplinsko onečišćenje

- Poštovanje odredbi Uredbe o planu prostornog uređenja NEK-a:
  - odgovarajuća kvaliteta pročišćene vode iz uređaja za pročišćavanje;
  - praćenje dotoka vode Save u podzemne vode zbog utjecaja rashladne vode iz NEK-a, temperatura podzemne vode ne smije porasti do +15 °C;
  - samostalna meteorološka postaja u NEK-u. Program mjerenja propisuje Uprava za nuklearnu sigurnost Republike Slovenije.
- Poštovanje mjera iz okolišne dozvole koje se odnose na emisiju tvari u vode i dopuštene količine uzimanja vode iz rijeke Save te količine pumpanja iz bunara na lokaciji.
  - Granični udio prosječno oslobođene topline u 24-satnom razdoblju za odvajanje otpadnih voda u rijeku Savu – ni u jednom razdoblju godine zbog ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 °C. NEK mora pravovremeno uključiti sustav rashladnih tornjeva kako se temperatura rijeke Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da ispuni ovaj uvjet, NEK mora sukladno tome smanjiti izlaznu snagu elektrane.
- Poštovanje dodatnih mjera koje provodi nositelj zahvata, odnosno mjera koje su već izvedene:
  - Nadogradnja rashladnih tornjeva, čime se smanjuje količina vode uzeta iz rijeke Save, smanjuje se toplinsko opterećenje i povećava otpornost na klimatske promjene. Ugrađene su četiri nove rashladne ćelije i potpuno je zamijenjena električna oprema sustava rashladnih tornjeva. Snaga rashladnih tornjeva povećana je za 36 %. Udio oslobođene topline u prosjeku od 24 h zadržava se ispod 1.

→ *Postizanje graničnih vrijednosti propisanih u okolišnoj dozvoli (OVD), sprječavanje onečišćenja površinskih i podzemnih voda.*

Klimatske promjene

- Poštovanje odredbi Uredbe o uporabi fluoriranih stakleničkih plinova i za ozon štetnih tvari:
  - Obveza operatera za prijavljivanje nepokretne opreme i obveza izvještavanja operatera, službe za održavanje i ovlaštene tvrtke o korištenju, nabavi i isporuci skupljaču otpada otpadnih fluoriranih stakleničkih plinova ili otpadnih tvari koje oštećuju ozonski omotač.
- Poštovanje mjera koje proizlaze iz okolišne dozvole:
  - Strukture, sustavi i komponente elektrane su dimenzionirani za ekstremne vremenske uvjete i meteorološke parametre s visokom razinom ugrađene konzervativnosti, u skladu s najboljim iskustvima iz svjetske prakse i uporabom najboljih tehničkih rješenja;
  - Periodični sigurnosni pregled (svakih 10 godina) uključuje analizu utjecaja ekstremnih vremenskih pojava na sigurnost elektrane;
  - Ograničenje toplinskog opterećenja rijeke Save te korištenje kombiniranog sustava hlađenja (protočni rashladni sustav i rashladni tornjevi). U svim uvjetima toka rijeke Save elektrana zadržava opterećenje unutar ΔT 3 °C.
  - Postupci u slučaju hidroloških uvjeta koji mogu utjecati na rad elektrane: uključivanje rashladnih tornjeva tijekom visokih voda, zbog opasnosti od nanosa nečistoća (grane, plastika i sl.);
  - Zajedničko djelovanje s drugim energetskim objektima na Savi – Ugovor o mjerama i obvezama za osiguranje nepromijenjenog, sigurnog i neprekinutog pogona NEK-a tijekom rada HE na Donjoj Savi s dodatnim monitoringom na rijeci Savi;

- Mjerenja meteoroloških parametara na automatskoj postaji s meteorološkim tornjem na mjestu i korištenje sodara za mjerenje nadmorske visine u atmosferi. Godišnje izvještavanje o mjerenjima.

→ *Postizanje graničnih vrijednosti propisanih u okolišnoj dozvoli (OVD), sprječavanje onečišćenja površinskih i podzemnih voda i otpornost na klimatske promjene.*

Otpad

- Poštovanje odredbi Pravilnika o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom
  - Gospodarenje radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom provodi se prema pisanim postupcima – u skladu s programom gospodarenja radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom;
  - Razvrstavanje radioaktivnog otpada prema agregatnom stanju te po kategorijama i vrstama;
  - Ambalaža skupa s radioaktivnim otpadom ili istrošenim gorivom mora osigurati sigurno rukovanje za predviđeni način i predviđeno vrijeme rukovanja. Provjera prikladnosti ambalaže za uvjete pohrane ili skladištenja;
  - Paketi s radioaktivnim otpadom ili istrošenim gorivom moraju biti adekvatno označeni znakom opasnosti od zračenja i naljepnicom koja omogućuje identifikaciju paketa i njegova sadržaja;
  - Radioaktivni otpad pohranjuje se u skladištu radioaktivnog otpada, a istrošeno gorivo u skladištu istrošenog goriva. Istrošeno gorivo i visokoradioaktivni otpad skladišti se na način da se spriječi kritičnost i osigura odvođenje preostale topline;
  - Provođenje djelatnosti povezanih s izvorom ionizirajućeg zračenja tako da ispuštanja tekućeg ili plinovitog radioaktivnog otpada u okoliš ne prelaze dopuštene granične vrijednosti;
  - NEK vodi evidenciju o spremanju, preradi u tehnološkom procesu, skladištenju ili ispuštanju, otpuštanju iz nadzora, recikliranju ili ponovnoj uporabi, predaji davatelju javne usluge te privremenom ili trajnom izvozu ili iznosu radioaktivnog otpada ili istrošenog goriva;
  - Ako prikupljena otpadna voda prekoračuje kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima, tretira se kao sekundarni radioaktivni otpad koji se prerađuje u NEK-u. Ako ne prelazi kriterije za otpuštanje iz nadzora radioaktivnih tvari i zadovoljava kriterije za komunalne otpadne vode, ispušta se u interni uređaj za pročišćavanje. Ako premašuje kriterije za ispuštanje u kanalizacijski sustav, predaje se na preradu ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takvog otpada.
- Poštovanje mjera predviđenih projektom suhog skladištenja:
  - Radna platforma ispred suhog skladišta i prostor za prijenos u skladištu opremljeni su sabirnim šahtovima. Sva prikupljena voda bit će uklonjena mobilnim uređajima. Voda će se uzorkovati prije pražnjenja šahta. U slučaju prekoračenja graničnih vrijednosti za ispuštanje otpadna voda će se u posebnim spremnicima odvoziti u tehnološki dio elektrane na preradu.
  - Prije pumpanja vode iz šahta u skladištu u slučaju propuštanja transportnog omotača provodi se radiološka i kemijska kontrola prikupljene vode. Ako prikupljena otpadna voda prekoračuje kriterije za otpuštanje iz nadzora nad radioaktivnim tvarima, tretira se kao sekundarni radioaktivni otpad koji se prerađuje u NEK-u. Ako prikupljena otpadna voda ne prelazi kriterije za otpuštanje iz nadzora i zadovoljava kriterije za komunalne otpadne vode, odvaja se u interni uređaj za pročišćavanje. Ako premašuje kriterije za ispuštanje u kanalizacijski sustav, predaje se na preradu ovlaštenom skupljaču ili prerađivaču takvog otpada.

→ *Sprječavanje onečišćenja tla, površinskih i podzemnih voda i sprječavanje nekontroliranog ispuštanja ionizirajućeg zračenja u okoliš.*

Priroda

- Poštovanje odredbi Uredbe o emisiji štetnih tvari i topline pri odvajanju otpadnih voda u vode i javnu kanalizaciju s obzirom na granični emisijski udio oslobođene topline pri odvajanju industrijskih otpadnih voda.
- Poštovanje mjera koje proizlaze iz okolišne dozvole:
    - Granični udio prosječno oslobođene topline u 24-satnom razdoblju za odvajanje otpadnih voda u rijeku Savu – ni u jednom razdoblju godine zbog ispusta otpadnih voda industrijskog hlađenja i drugih ispusta otpadnih voda rijeka Sava ne prelazi prirodnu temperaturu za više od 3 °C. NEK mora pravovremeno uključiti sustav rashladnih tornjeva kako se temperatura Save ne bi povećala za više od 3 °C. U slučaju da kombinirani rashladni sustav nije dovoljan da ispuni ovaj uvjet, NEK mora sukladno tome smanjiti izlaznu snagu elektrane.
- Poštovanje dodatnih mjera koje provodi nositelj zahvata, odnosno mjera koje su već izvedene:
    - Kada je protok Save manji od 100 m^3/s, NEK uključuje rashladne tornjeve kroz koje se tijekom recirkulacije hladi dio vode za hlađenje kondenzatora. Proširenje sustava rashladnih tornjeva – ugrađene su četiri nove rashladne ćelije (novi rashladni toranj – CT3) te je potpuno zamijenjena električna oprema sustava rashladnih tornjeva.

→ *Sprječavanje prekomjernog toplinskog onečišćenja rijeke Save, sprječavanje pogoršanja temperaturnih uvjeta za organizme u rijeci Savi.*

Ionizirajuća zračenja

- Poštovanje ograničenja iz radne dozvole NEK-a:
    - Dopuštena najveća efektivna godišnja doza zbog ispuštanja radioaktivnih tvari na 500 m od središta reaktora 50 μSv;
    - Godišnje ograničenje aktivnosti fisijskih i aktivacijskih produkata u tekućim ispuštanjima 100 GBq;
    - Tromjesečno ograničenje aktivnosti fisijskih i aktivacijskih produkata u tekućim ispuštanjima 40 GBq;
    - Godišnje ograničenje aktivnosti H-3 u ispuštanjima u zrak 45 TBq;
    - Godišnje ograničenje aktivnosti joda u plinovitim ispuštanjima 18,5 GBq;
    - Godišnje ograničenje aktivnosti u česticama prašine 18,5 GBq;
    - Ograničenje godišnje doze vanjskog zračenja na ogradi NEK-a 200 μSv.
- Poštovanje ograničenja za rad suhog skladišta istrošenog goriva:
    - Dopuštena brzina doze izvan suhog skladišta: 3 μSv/h;
    - Godišnja efektivna doza zbog vanjskog zračenja na ogradi NEK-a nakon skladištenja istrošenog goriva u suhom skladištu neće prelaziti granicu od 200 μSv;
    - Maksimalna godišnja efektivna doza kojoj su izloženi radnici je 20 mSv.
- Poštovanje mjera predviđenih projektom suhog skladištenja istrošenog goriva:
    - Odgovarajuća debljina betonskih zidova suhog skladišta za zaštitu od gama-zračenja i oblaganje zidova materijalom za zaštitu od neutronskog zračenja;
    - Za potrebe praćenja utjecaja suhog skladišta na parametre ionizirajućeg zračenja na ogradi NEK-a zračenje će se mjeriti dozimetrima (7 dozimetara za mjerenje gama-zračenja i 7 dozimetara za mjerenje neutronskog zračenja). Pasivni dozimetri se također postavljaju u skladišni prostor zgrade suhog skladišta istrošenog goriva;
    - Dozimetri se očitavaju odnosno mijenjaju najmanje jednom u 6 mjeseci;
    - Kod internog transporta istrošenog nuklearnog goriva iz zgrade za gospodarenje gorivom do suhog skladišta istrošenog goriva transportni putovi moraju biti ograđeni, označeni i mora biti onemogućen pristup neovlaštenim osobama odnosno mora se uspostaviti kontrolirani prostor.
- Poštovanje dodatnih mjera koje nositelj zahvata već provodi:
    - Filtriranje tekućih emisija;
    - Filtriranje plinovitih emisija;
    - Zadržavanje radioaktivnih ispusta, radi minimiziranja radioaktivnosti zbog radioaktivnog raspada;

- Poduzimanje svih mjera za održavanje integriteta goriva;
- Odgovarajuće planiranje i izvedba konstrukcijske zaštite (odgovarajuće debljine zidova, labirintski dizajn prostora);
- Postavljanje štitova u slučaju privremenih aktivnosti koje rezultiraju lokalno povećanim razinama vanjskog zračenja;
- Skladištenje radioaktivnog otpada i istrošenog goriva u unaprijed određene prostore.

→ *Provedbom ovih mjera ispunit će se svi uvjeti i ograničenja koji se odnose na ionizirajuće zračenje, a propisani su postojećom radnom dozvolom NEK-a i Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti.*

→ *Zaštita zdravlja ljudi.*

Materijalna dobra

- Ne postoje posebne zakonske odredbe glede materijalnih dobara tijekom rada NEK-a. U obzir se uzimaju mjere navedene za pojedine relevantne čimbenike (voda, otpad, ionizirajuće zračenje, rizik od ekoloških i drugih nesreća).
- Sve mjere koje je nositelj zahvata već poduzeo navedene su u prethodnim poglavljima (ionizirajuće zračenje).

Rizik od ekoloških i ostalih nesreća

- Poštovanje odredbi koje proizlaze iz Odluke o planu prostornog uređenja NEK-a:
  - Poštovanje odredbi za suho skladištenje istrošenog goriva;
  - Poštovanje rješenja i mjera obrane te zaštite od prirodnih nepogoda i drugih nesreća, uključujući zaštitu od požara;
  - Možebitno širenje požara na susjedne zgrade i zemljišta sprječava se korištenjem vatrootpornih materijala;
  - Evakuacijski izlazi iz objekata;
  - Voda za gašenje je osigurana kroz postojeću hidrantsku mrežu i vlastito crpilište NEK-a;
  - Pristup vatrogasnim vozilima preko postojećih interventnih putova unutar kompleksa NEK-a;
  - Opasne tvari (gorivo za dizelske motore, mazivo, boje itd.) rabe se u prostorima u kojima je osiguran sifon za prikupljanje ulja kako bi se spriječilo moguće izlijevanje u okoliš.
- Poštovanje mjera utvrđenih za ostale komponente okoliša (vode, klimatske promjene, otpad, ionizirajuća zračenja).

Stanovništvo i zdravlje ljudi

- Ne postoje posebne zakonske odredbe glede materijalnih dobara tijekom rada NEK-a. Poštovanje mjera propisanih za ostale komponente okoliša (voda, klimatske promjene, otpad, ionizirajuće zračenje).
- Sve dodatne mjere koje nositelj zahvata već provodi i prethodno su navedene (voda, otpad, ionizirajuće zračenje, rizik od ekoloških i drugih nesreća).

<u>Mjere za sprječavanje, smanjenje i kompenzaciju utvrđenih većih štetnih utjecaja na okoliš – Zaustavljanje pogona</u>

Radioaktivni otpad i ionizirajuće zračenje

- Poštovanje mjera koje proizlaze iz propisa:
  - Područje NEK-a će i dalje biti ograničeno i označeno te tretirano kao radiološki kontrolirano područje.

- Sve aktivnosti pri prestanku rada obavljat će se u skladu sa zahtjevima propisa, sustava upravljanja i pisanih procedura ili radnih uputa.

→ *Provedbom ovih mjera spriječit će se nekontrolirano istjecanje ionizirajućeg zračenja u okoliš.*

Praćenje stanja čimbenika i mjera za smanjenje utjecaja – Pogon

Vode

Uzorkovanje i analiza otpadnih voda u slučaju puštanja transportnog omotača HI-TRAC (koji zimi sadržava i glikol) prikupljenih u sabirnom šahtu CTF-a u skladu su s Pravilnikom o početnim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda i Uredbom o emisijama tvari i topline u otpadnim vodama i javnoj kanalizaciji.

Mjerenja količina uzete vode za tehnološke potrebe na mjestima uzimanja u skladu su s okolišnom dozvolom. Mjerenja parametara onečišćenja i količine otpadnih voda na mjernim mjestima u skladu su s okolišnom dozvolom.

Preporučuje se izmjeriti parametre na ulazu u sustav ako je jasno da je stanje u rijeci Savi u trenutku uzorkovanja takvo da su koncentracije sedimentnih i neotopljenih tvari povišene.

Zrak

Zbog mogućnosti da pomoćna kotlovnica radi više od 300 sati godišnje, preporučuje se da ovlašteni laboratorij jednokratno mjeri emisije u skladu s Uredbom o emisiji tvari u zrak iz srednjih uređaja za loženje, plinskih turbina (prašina, dim, CO , NOx, SO_2).

Buka

Sukladno Pravilniku o prvoj procjeni i pogonskom monitoringu izvora buke i uvjetima za njegovu provedbu, ovlašteni izvođač je dužan izmjeriti buku jednom u tri godine.

Elektromagnetsko zračenje

U skladu s Pravilnikom o početnim mjerenjima i pogonskom monitoringu izvora elektromagnetskog zračenja te o uvjetima za njegovu provedbu, ovlašteni izvođač je dužan izmjeriti EMS jednom u tri godine.

Ionizirajuće zračenje

NEK provodi vrlo opsežan monitoring radioaktivnih emisija i imisija, što je definirano u dokumentu „Radiological Effluent Technical Specification (RETS)". Dokument opisuje sustave kontrole tekućih i zračnih emisija, mjesta i učestalost kontrole. NEK prati radioaktivne emisije u svim sustavima u kojima je moguća pojava radioaktivnosti tijekom pogona.

Monitoring emisija uključuje:
- mjerenja tekućih emisija povremenih i kontinuiranih ispuštanja,
- mjerenja plinovitih emisija: povremena i kontinuirana.

Istodobno se provodi opsežan monitoring radioaktivnosti imisija u blizini NEK-a. Prate se svi putovi prijenosa po kojima osoba može primiti dozu:
- rijeka Sava (voda, sedimenti i vodena biota);
- vodovodi i bunari;
- crpilišta i kaptaže;
- oborine i sedimentacije;
- zrak;
- vanjsko zračenje;
- zemlja;
- hrana – mlijeko, voće, povrće i usjevi.

Mjerenja imisije provode ovlaštene organizacije za monitoring okoliša u skladu s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti. Svake godine se izrađuje izvještaj o kontroli radioaktivnosti u blizini NEK-a u kojem se procjenjuju i doze za referentne skupine stanovništva.

Izgradnjom suhog skladišta istrošenog goriva bit će potrebna dodatna kontrola vanjskog zračenja. Trenutačno NEK mjeri brzinu doze ionizirajućeg zračenja na ogradi s pomoću šest pasivnih OSL (optički stimuliranih luminiscentnih) dozimetara. Nakon izgradnje suhog skladišta, u skladišni prostor bit će postavljeni i pasivni dozimetri, ukupno njih šest. Na ogradu NEK-a bit će postavljeni i dodatni pasivni dozimetri.

U trenutku prijenosa istrošenog goriva iz FHB-a u DSB uspostavlja se privremeno kontrolirano područje na trasi prijenosa i mjere se parametri zračenja.

NEK provodi dodatni monitoring radioaktivnosti rijeke Save zbog izgradnje i rada HE Brežice od srpnja 2017. godine. Uz uobičajena mjesta uzorkovanja, radioaktivnost se dodatno mjeri s obje strane akumulacijskog jezera, na brani HE Brežice, u zamjenskom staništu i dodatnim bunarima.

11. ZAVRŠNI DIO STUDIJE

11.1 IZVORI PODATAKA I INFORMACIJA

11.1.1 Popis izvora

/1/ Projekt: Dugoročni pogon nuklearne elektrane Krško (2023. – 2043.) (NEK d.o.o. broj NEK ESD-RP-205, listopad 2021.)

/2/ Studija utjecaja na okoliš za modernizaciju tehnologije skladištenja istrošenog goriva (IG) s uvođenjem suhog skladištenja – NEK, br. 101118-dn, ožujak 2020., dopuna lipanj 2020.

/3/ USAR – Ažurirani sigurnosni izvještaj, rev. 27

/4/ Radna dozvola: Odluka – Suglasnost za početak rada NEK-a; Odluka Republičkog energetskog inspektorata br. 31-04 / 83-5 od 6. veljače 1984. godine i Odluka URSJV br. 3570-8/2012/5, Promjena dozvole za rad NEK-a od 22. travnja 2013.

/5/ NEK Tehničke specifikacije, rev. 183

/6/ Design Extension Conditions – Tehničke specifikacije, rev. 8

/7/ Radiological Effluents Technical Specifications (RETS), rev. 10

/8/ Technical Summary on the Implementation of Comprehensive Risk and Safety Assessments of Nuclear Power Plants in the European Union, Brussels, 22. kolovoza 2013.

/9/ Odluka ARSO-a za planirani zahvat: Produljenje pogonskog vijeka Nuklearne elektrane Krško s 40 na 60 godina do 2023., br. 35405-286/2016-42 od 2. listopada 2020.

/10/ Energetski, sistemski, ekonomski i ekološki aspekti produljenja vijeka trajanja NEK-a, rev. 1, EIMV, Ljubljana, 2007.

/11/ Ugovor između Vlade Republike Slovenije i Vlade Republike Hrvatske o reguliranju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju (Službeni list Republike Slovenije – Međudržavni ugovori, br. 23/2003., MP br. 5/03) i Zapisnik i odluke Međunarodne komisije za produljenje vijeka trajanja NEK-a (PŽD NEK) od 20. srpnja 2015.

/12/ Development of the Site Specific Decommissioning Plan for Krško NPP, NIS Ingenierungeselschaft mbH" April 1996

/13/ 3rd Revision of the NPP Krsko Decommissioning Program, NIS Ingenieurgesellschaft mbH, Document No.: 4520 / CA / F 010640 5 / 07, June 2019

/14/ Godišnji izvještaji zaklade za razgradnju NEK-a. https://www.sklad-nek.si/porocila-o-poslovanju.

/15/ Godišnji izvještaji FONDA za razgradnju NEK-a. http://www.fond-nek.hr/en/financial-assets/annual-reports/17

/16/ Izvještaj o stanju tla na lokaciji namjeravane gradnje SFDS, TALUM INŠTITUT, raziskava materialov in varstvo okolja d.o.o., Tovarniška cesta 10, SI-2325 Kidričevo, Slovenija, 29. srpnja 2020., br. dokumenta 360/220

/17/ Procjena ugroženosti za Nuklearnu elektranu Krško – revizija 6 (DCM-RP-051), rujan 2021.

/18/ Program nadogradnje sigurnosti NEK-a (PNV), rev. 3, siječanj 2017.

/19/ Odluka URSJV-a u upravnom predmetu „Odobrenje programa nadogradnje sigurnosti NEK-a, rev. 3. i produljenje roka za provedbu", br. 3570-11/2015/25 od 20. siječnja 2017. godine i Odluka URSJV-a br. 3570-11/2015/32 od 24. rujna 2021.

/20/ Cjelovit nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije (NEPN) – koji je prihvatila Vlada Republike Slovenije (verzija 5.0), br. 35400-18/2019/22, 28. veljače 2020.

/21/ Godišnji izvještaj vjerojatnosnih analiza sigurnosti (PSA) za godinu 2020./2021., srpanj 2021.

/22/ Sažetak treće revizije Programa razgradnje Nuklearne elektrane Krško (NEK) i treće revizije Programa zbrinjavanja radioaktivnog otpada (RAO) i istrošenog goriva (IG) iz NEK-a, ARAO, 2019.

/23/ TD-6 – Program zaštite od požara – Zakon o vatrogastvu, rev. 3

/24/ Odluka URSJV-a o provođenju izvanrednog sigurnosnog pregleda Nuklearne elektrane Krško, br. 3570-9/2011/2 od 30. svibnja 2011.

/25/ Slovenian National Post Fukushima Action Plan, ENSREG

/26/ Slovenian National Report on Nuclear Stress Tests, Final Report, SNSA, December 2011

/27/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2015. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, 2016.

/28/ Rezolucija o Nacionalnom programu gospodarenja radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom za razdoblje 2016. – 2025. (ReNPRRO16-25); Službeni list Republike Slovenije br. 31/2016 od 29. travnja 2016.

/29/ Bureau Veritas: Certifikat ISO 14001:2015 od 20. studenog 2020.

/30/ Bureau Veritas: Certifikat ISO 45001:2018 od 20. studenog 2020.

/31/ Procjena prostorne i okolišne dokumentacije; https://www.gov.si/zbirke/storitve/presoja-prostorske-in-okoljske-dokumentacije/

/32/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2017. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, 2018.

/33/ Zapisnik i odluke Međunarodne komisije za produljenje pogonskog vijeka NEK-a (PŽD NEK) od 20. srpnja 2015.

/34/ Screening of External Hazards, NEK ESD-TR-18/16, rev. 1

/35/ Pravilnik o čimbenicima radiološke i nuklearne sigurnosti (Službeni list Republike Slovenije, br. 74/16 i 76/17 – ZVISJV-1)

/36/ Analysis of Potential Division and Takeover of Operational and Decommissioning RW from Krško NPP, Extended Contents, Enconet and Ekonerg, 2018.

/37/ Statistični Urad Republike Slovenije, Stanovništvo, stanje 1. siječnja 2020.

/38/ Odluka URSJV-a br. 3570-11/2011/7, Odluka o provedbi modernizacije sigurnosnih rješenja za sprječavanje teških nesreća i ublažavanje njihovih posljedica od 1. rujna 2011.

/39/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2018. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, 2019.

/40/ Internetska stranica NEK-a; https://www.nek.si/sl/o-nek

/41/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2016. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, 5. prosinca 2017.

/42/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2019. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, broj 2172-72-303/19, 25. ožujka 2020.

/43/ Izvještaj o pogonskom monitoringu za komunalni uređaj za pročišćavanje KČN NEK Krško za 2019. godinu. Nacionalni laboratorij za zdravlje, okoliš i hranu, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdavlje Novo Mesto, Jedinica za vode, tla i otpad, 27. siječnja 2020.

/44/ Analiza promjena radioloških i toplinskih utjecaja NEK-a na okoliš nakon izgradnje HE Brežice. Završni izvještaj. Institut „Jožef Stefan", Odsjek za znanosti okoliša, Fakultet građevinarstva i geodezije, Katedra za mehaniku tekućina, IBE d.d., rujan 2007.

/45/ Zajednički završni izvještaj o istraživanjima i analizama u akumulacijskim bazenima HE Brežice, HE Krško, HE Arto-Blanca i HE Boštanj te istraživanja uzroka pjenjenja vode, Limnos d.o.o., 10. rujna 2017.

/46/ HESS, 2019. Kvaliteta površinske vode u akumulacijskim bazenima hidroelektrana na donjoj Savi, 30. kolovoza 2019. https://www.he-ss.si/objava/kvaliteta-povrsinske-vode-v-akumulacijskih-bazenih-hidroelektrarn-na-spodnji-savi.html (citirano 13. siječnja 2021.)

/47/ Godišnji izvještaj o radioaktivnim emisijama iz NEK-a, 2018. godina, NEK, 2019.

/48/ Dodatni podaci nositelja zahvata (Dopisi NEK-a br.: ING.DOV-345.18, ING.DOV-356.18, ING.DOV-361.18, ING.DOV-363.18; ING.DOV-114.19, ING.DOV-367.20; ING.DOV-371.20; ING.DOV-412.20; ING.DOV-416.20; ING.DOV-009.21; ING.DOV-015.21; ING.DOV-016.21; ING.DOV-017.21; ING.DOV-047.21; ING.DOV-052.21; ING.DOV-074.21; ING.DOV-104.21; ING.DOV-119.21; ING.DOV-141.21; ING.DOV-153.21; ING.DOV-256.21; elektronička pošta NEK-a 24. 12. 2021. i 5. 1. 2022.)

/49/ Okolišna dozvola za emisije u vode (Agencija za okoliš Republike Slovenije, br. 35441-103/2006-24 od 30. lipnja 2010., koja je izmijenjena u tri točke izreke (izmijenjene točke 1.1., 1.4. i 1.8. OVD-a), i ponovno donesena Odluka br. 35441-103/2006-33 od 4. lipnja 2012. godine te izmijenjena (izmijenjena točka 1.5., tablica 3) Odlukom br. 35444-11/2013-3 od 10. listopada 2013.

/50/ Vodopravna dozvola ARSO-a: djelomična vodopravna dozvola br. 35536-31/2006-16 od 15. listopada 2009. i Odluka o promjeni vodopravne dozvole br. 35536-54/2011-4 od 8. studenog 2011., Odluka br. 35536-26/2011/9 od 23. svibnja 2013., Odluka br. 35530-7/2018-2 od 22. lipnja 2018.

/51/ Izvještaj o stanju buke u okolišu NEK-a, ZVD d.o.o, Centar za fizikalna mjerenja, Laboratorij za fizikalna mjerenja, Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, br. spisa: LFIZ-20150001-JJ/P, 11. rujna 2015.

/52/ Izvještaj o stanju buke u okolišu NEK-a, ZVD d.o.o, Centar za fizikalna mjerenja, Laboratorij za fizikalna mjerenja, Put k izviru 6, 1260 Ljubljana-Polje, br. spisa: LOM-20200588-KR/P, 29. prosinca 2020.

/53/ Izvještaj o provedenim prvim mjerenjima elektromagnetskog zračenja za RTP 400/110 kV Krško i rekonstruirani dio 400 kV rasklopnog postrojenja u NEK-u (Elektroinstitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, Ljubljana, lipanj 2014.)

/54/ Vrsta i količina otpada nastalog u proizvodnim i uslužnim djelatnostima te načini postupanja s njima za 2017. godinu (Agencija Republike Slovenije za okoliš, datum objave: 15. studenog 2017.)
http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/

/55/ Emisije tvari iz industrijskih postrojenja za 2018. godinu (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices

/56/ Podaci o emisijama u vodu iz industrijskih i drugih uređaja (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/vsebine/podatki

/57/ Evidencija uređaja HOS/HHOS (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/uploads/datoteke/Evidenca%20naprav%20HOS_HHOS.pdf

/58/ IED Registar (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://okolje.arso.gov.si/ippc/vsebine/ippc-register

/59/ Seveso registar – registar postrojenja (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://okolje.arso.gov.si/ippc/uploads/dokumenti/Seveso%202018/Register%20obratov%208januar_2018.pdf

/60/ Atlas okoliša (Agencija Republike Slovenije za okoliš) http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso

/61/ Atlas voda (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda@Arso

/62/ Atlas za zaštitu prirode (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.naravovarstveni-atlas.si/web/

/63/ Internetski GIS portal Općine Krško; https://gis.iobcina.si/gisapp/Default.aspx?a=krsko

/64/ Registar nepokretne kulturne baštine (Ministarstvo za kulturu); http://giskd6s.situla.org/giskd/

/65/ http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/

/66/ Regionalna podjela tipova krajolika u Sloveniji, 2 – Krajolici predalpske regije (MOP, Ured Republike Slovenije za prostorno planiranje i Odjel za krajobraznu arhitekturu BF-a, Službeni list, 1998.)

/67/ WMO Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019, Dostupno na internetskoj stranici: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211/

/68/ IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J .B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press

/69/ ARSO, http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/current/animacija_temperatura/

/70/ Vertačnik, G., Bertalanič, R., Draksler, A., Dolinar, M., Vlahović, Ž., Frantar, P., 2018. Klimatske varijabilnosti Slovenije u razdoblju 1961. – 2011. Sažetak. Ljubljana, ARSO, dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/PSSbrosura_spread_SLO.pdf

/71/ Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a, Izvještaj za 2019. godinu, Institut „Jožef Štefan" IJS-DP-12784, ožujak 2020.

/72/ Bertalanič, R., M., Dolinar, A. Draksler, L. Honzak, M. Kobold, K. Kozjek, N. Lokošek, A. Medved, G. Vertačnik, Ž. Vlahović, A. Žust, 2018. Procjena klimatskih promjena u Sloveniji do kraja 21. stoljeća, Sintezni izvještaj – prvi dio. Ljubljana, Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja, Agencija Republike Slovenije za okoliš, 81. str. Dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf

/73/ ARSO, Pregled homogeniziranih klimatoloških serija za Bizeljsko, dostupno na internetskoj stranici: https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams/time-series/

/74/ Procjena klimatskih promjena u Sloveniji do kraja 21. stoljeća – Sažetak temperaturnih i oborinskih prosjeka (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/povzetek-podnebnih-sprememb-temp-pad.pdf

/75/ Prilozi sinteznom izvještaju: Prilog 1: PROMJENE TEMPERATURE, dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Priloga1_SPREMEMBE-TEMPERATURE.pdf

/76/ Prilozi sinteznom izvještaju: Prilog 2: PROMJENE OBORINA, dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Priloga2_SPREMEMBE-PADAVIN.pdf

/77/ Prilozi sinteznom izvještaju: Prilog 4: PROMJENE HIDROLOŠKIH VARIJABLI, dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Priloga4_SPREMEMBE%20HIDROLOSKIH%20SPREMENLJIVK.pdf

/78/ Promjene klime u Sloveniji do sredine 21. stoljeća (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/PSS/scenariji/letak_RCP45_2070.pdf

/79/ Osnovna geološka karta 1:100.000 (Geološki zavod Slovenije); http://biotit.geo-zs.si/ogk100/

/80/ Geological – geotechnical report For Dry Storage Building – DSB« (IRGO), izdelano 16. veljače 2018.

/81/ Izvještaj o provedbi programa dopunskih početnih terenskih i laboratorijskih istraživanja geosfere i hidrosfere za potencijalnu lokaciju Vrbina-Krško, rev. 1.,. J. V. GeoZS, ZAG, Geoinženiring, IRGO, ZZVMB, 2009.

/82/ Glavna istraživanja geo i hidrosfere za potrebe izgradnje odlagališta NSRAO, rev 1., 2015. J. V. IRGO Consulting d.o.o., GeoZS, NLZOH, Maribor, Geoinženiring d.o.o., ZAG

/83/ Hidrogeološki izvještaj o izvedenom pokusu pumpanja u bunaru VOP-8, studeni 2015., IRGO

/84/ Pravni režimi zaštite kulturne baštine eVRD, https://gisportal.gov.si/portal/apps/webappviewer/index.html?id=403a54629867466e940983d70a16ad9e

/85/ Pedološke analize i analize onečišćenosti tla na potencijalnoj lokaciji Vrbina, Zavod za zdravstvenu zaštitu Maribor, Institut za zaštitu okoliša, prosinac 2006.

/86/ Nadogradnja hidrogeološke interpretacije podataka monitoringa na širem području lokacije za odlagalište NSRAO-a na Vrbini u općini Krško, IRGO Institut, ožujak 2016.

/87/ Monitoring radioaktivnosti u okolici NEK-a, Izvještaj za 2020. godinu, Institut „Jožef Štefan" IJS-DP-13463, travanj 2021.

/88/ Godišnji izvještaj o radioaktivnim emisijama iz NEK-a, NEK, 2020.

/89/ Procjena kemijskoga stanja podzemne vode – razdoblje 2006. – 2020. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/

/90/ Procjena kemijskoga stanja podzemne vode u Sloveniji u 2015. godini. (Agencija Republike Slovenije za okoliš , studeni 2016.)

/91/ Podzemne vode – trendovi 1998. – 2016. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/

/92/ Procjena stanja vodotokova u Sloveniji – Izvještaj za 2014. i 2015. godinu (Agencija Republike Slovenije za okoliš, listopad 2017.)

/93/ Procjena kemijskoga stanja za razdoblje – razdoblje od 2009. do 2013. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Ocena%20kemijskega%20stanja%20in%20PO%20v%20vodotokih%20za%20leto%202016.pdf

/94/ Promjene hidroloških uvjeta u Sloveniji do sredine 21. stoljeća (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/letak%20RCP4.5_2050%20hidro.pdf

/95/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2012. i 2017. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2012.pdf

/96/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2013. i 2017. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2013.pdf

/97/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2014. i 2017. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2014.pdf: ARSO,

/98/ Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2015. i 2017. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2015.pdf

/99/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2016. i 2018. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2016.pdf

/100/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2017. i 2018 https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2017.pdf

/101/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2018. i 2020. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2018.pdf

/102/ ARSO, Rezultati monitoringa ekološkoga stanja vodotokova u 2019. i 2020. https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekolosko_stanje_reke_2019.pdf

/103/ Cotman, M., 2020. Izvještaj o neradiološkom monitoringu rijeke Save u 2019. godini. Završni izvještaj. Kemijski institut, Centar za validacijske tehnologije i analitiku, Ljubljana.

/104/ IBE, 2020. Analiza riječnih temperatura na donjoj Savi u srpnju i kolovozu 2019. te verifikacija dosadašnjih studija, IBE, travanj 2020.

/105/ IJS, 2006. Analiza promjena radioloških i toplinskih utjecaja postojeće nuklearne elektrane na okoliš nakon izgradnje HE Brežice. Institut „Jožef Stefan", Fakultet građevinarstva i geodezije, Inženjerski biro Elektroprojekt, 2006.

/106/ ARSO, Klimatološki prosjeci 1981. – 2010. (homogenizirane vrijednosti) Dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals_81_10/

/107/ ARSO, Dostupno na internetskoj stranici: http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams/wind/krsko/

/108/ Prosječna mjesečna koncentracija radnika PM_{10} u 2017. godini; datum objave: 5. veljače 2018. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec17_slo.pdf

/109/ Prosječne mjesečne koncentracije čestica PM_{10} u 2016. godini; datum objave: 31. siječnja 2017. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec16_slo.pdf

/110/ Prosječne mjesečne koncentracije čestica PM_{10} u 2017. godini (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_D_dec17_slo.pdf

/111/ Nacionalni institut za zaštitu zdravlja (NIJZ), 2018., Zdravlje u regiji 2018., http://obcine.nijz.si/Dokumenti/pdf/2018/regije/6.pdf.

/112/ Google karte, https://www.google.si/

/113/ https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/nuclear-power-plant-and-factory-energy-industrial-vector-8838325

/114/ https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/nuclear-power-plant-thin-line-icon-vector-29192280

/115/ https://free-icon-rainbow.com/nuclear-reactor-free-icon-2/

/116/ https://radiokrka.si/clanek/novice/z-novim-razpisom-do-direktorja-sklada-nek-584002

/117/ https://novice.svet24.si/clanek/novice/slovenija/57e240e093599/nek

/118/ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuklearna_elektrarna_Kr%C5%A1ko.jpg

/119/ Abassi, S. A., Abassi, N., 2000. The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources, Applied Energy 65 (2000) 121 – 144

/120/ Burg, B. R., Ruch, P., Paredes, S., Michel, B.: Effects of radiative forcing of building integrated photovoltaic systems in different urban climates. Solar Energy 147 (2017) 399 – 405.

/121/ Broj prekoračenja dnevne granične koncentracije PM_{10} čestica u 2016. godini; datum objave: 27. veljače 2017. (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/2016_PM10Preseganja.pdf

/122/ Kvaliteta zraka u Sloveniji u 2016. godini. (Agencija Republike Slovenije za okoliš, studeni 2017.)

/123/ Podaci o prometu – prometna opterećenja (Ministarstvo za infrastrukturu, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturu); http://www.di.gov.si/si/delovna_podrocja_in_podatki/ceste_in_promet/podatki_o_prometu/

/124/ Slovenia's National Inventory Report 2020 GHG emissions inventories 1986 – 2018, Slovenian Environment Agency, April 2020

/125/ Umwelt-Materialen Nr. 127 Luft, Luftschadstoff-Emissionen von Strassenbaustellen (BUWAL, Bern 2001).

/126/ EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016, Construction and demolition, Public works and building sites

/127/ Preporuke sastavljačima studije utjecaja na okoliš – Procjena utjecaja zahvata na onečišćenje zraka PM_{10} česticama u postupku izdavanja okolišne suglasnosti (Agencija Republike Slovenije za okoliš, siječanj 2018.).

/128/ Pokazatelji okoliša u Sloveniji – Ispuštanja onečišćenja iz prometa (Agencija Republike Slovenije za okoliš); http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=770

/129/ External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants", IAEA Safety Guide NS-G-1.5, 2003

/130/ Structures, Systems, and Components Evaluation Technical Support Document for DOE Standard, Accident Analysis for Aircraft Crash into Hazardous Facilities", UCRL-ID-123577, September 4, 1996

/131/ Uredba o graničnim dozama, referentnim razinama i radioaktivnoj kontaminaciji, Službeni list Republike Slovenije, br. 18/18

/132/ Izvještaj o nastalom otpadu i gospodarenju njime za 2019., ARSO, internetski izvor: https://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/

/133/ Perko, D., 1999. Slovenija – pokrajine in ljudje. Založba Mladinska knjiga, str. 735

/134/ Zdravje v občini Krško, NIJZ http://obcine.nijz.si/Vsebina.aspx?leto=2019&id=75

/135/ ARAO, 2016. Projektne osnove za odlagalište NSRAO Vrbina, Krško – faza procjene utjecaja na okoliš, rev. 1, NSRA02-POR-013-01, br. 02-08-011-001, kolovoz 2016. URL: http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/039646-NSRAO2-POR-013-01%20Projektne%20osnove%20OsnVP%202016.pdf , dostop april 2019)

/136/ CKFF, 2008. Pregled životinjskih i biljnih vrsta, njihovih staništa i kartiranje tipova staništa s posebnim osvrtom na europske važne vrste, ekološki bitna područja, područja posebne zaštite, zaštićena područja i prirodne vrijednosti na području utjecaja planirane HE Brežice i HE Mokrice.

/137/ Ribarski katastar, 2018., Zavod za ribarstvo Slovenije. https://webapl.mkgp.gov.si/apex/f?p=136:62:10783274489156::NO:RP:P62_ID_REVIR:41 (maj 2019)

/138/ Bioportal, 2020. http://www.bioportal.si/ veljača 2020.

/139/ Monitoring riba u akumulaciji HE Brežice i njezinih pritoka u 2019. godini. Zavod za ribarstvo Slovenije, Spodnje Gameljne, svibanj 2020.

/140/ Dußling U., Berg R., Klinger H., Wolter C. (2004). Assessing the ecological status of river systems using fish assemblages. Handbuch Angewandte Limnologie 12/04 (20.Erg.Lfg.): 184

/141/ Podgornik S., Urbanič G. (2014). Procjena ekološkog stanja malih i srednje velikih rijeka ekološke regije Panonska nizina na temelju ribe. Izvještaj o zadatku projekta. Zavod za ribarstvo Slovenije. Spodnje Gameljne, 70 str.

/142/ Urbanič, G, Žerdin, M., Urbanič M. P., Sopotnik, M., 2019. Stručno mišljenje – utemeljenost mjera za osiguranje povezanosti pokrovnih staništa na donjoj Savi i pritocima zbog planirane HE Mokrice. Aquarius d.o.o., Ljubljana i Institut URBANZERO, cjelovito upravljanje okolišem, d.o.o., Ljubljana, listopad 2019.

/143/ Ćaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., Katavić, I. (2015.): Endemic Fishes of Croatia. Croatian Environment Agency, Zagreb, 116 pp.

/144/ I. Krajcar Bronić: Izvještaj o mjerenjima aktivnosti C-14 u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2019. godine, LNA-5/2020, Institut „Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 9. siječnja 2020.

/145/ Tritium in organic matter around Krško Nuclear Power Plant (R. Krištof et all, J. Radioanal. Nucl. Chem, 2017, 314:675-679

/146/ IJS Radni izvještaj br. IJS-DP-10114, siječanj 2009. (autori B. Pucelj, M. Stepišnik).

/147/ Interakcije energetskih objekata uz i na rijeci Savi u smislu toplinskog opterećenja Save – revizija A (IBE, 2012a)

/148/ Energetski objekti uz i na rijeci Savi – Termalna analiza Save u kolovozu 2012. (IBE, 2012b)

/149/ Energetski objekti uz rijeku Savu i na njoj – Analiza riječnih temperatura na donjoj Savi u srpnju i kolovozu 2019. i provjera prethodnih studija – Revizija A (IBE, travanj 2020.)

/150/ Procjena i upravljanje posljedicama urušavanja brana, nasipa i nepravilnog rada HE na donjoj Savi (IBE, travanj 2020.). Naručitelj: HESS.

/151/ Hidraulična analiza visokih voda rijeke Save na području Nuklearne elektrane Krško pri maksimalnom vjerojatnom protoku (PMF) za status nakon izgradnje HE Brežice (FGG, Hidroinstitut i IBE, rujan 2011.)

/152/ Slovenia's National Inventory Report 2021 GHG emissions inventories 1986 – 2019, Slovenian Environment Agency, April 2021

/153/ Statistički ured Republike Slovenije, Proizvodnja električne energije na pragu elektrana (GWh), Slovenija, godišnje

/154/ Pleničar, M., Premru, U. & Herak. M. (1975.): Tumač i list Osnovne geološke karte SFRJ – Novo Mesto L33-79. Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana

/155/ Plepelić, G. (2016.): Nuklearna elektrana Krško. Sažetak IRGO studije. Geotehnički studio, Zagreb

/156/ Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M. & Lučić, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Croatian parto f the Pannonian basin. Tectonophysics 297, 283-293

/157/ Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1977.): Tumač i list Osnovne geološke karte SFRJ – list Zagreb L38-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb

/158/ Vižintin, G., Supovec, I., Tancar, M., Veselič, M., Viršek, S. & Rupret, M. (2009.): Upravljački konceptualni, hidraulični i transportni model utjecajnog područja odlagališta NSRAO. Sveučilište u Ljubljani, HGEM d.o.o., ARAO. Ljubljana

/159/ Petkovšek, B. et al. (2009.): Izvještaj o provedbi programa dopunskih početnih terenskih istraživanja geosfere i hidrosfere za potencijalnu lokaciju Vrbina u općini Krško i provedbi programa početnih terenskih istraživanja geosfere i hidrosfere za potencijalnu lokaciju Vrbina, Gornji Lenart u općini Brežice, Potencijalna lokacija Vrbina – Krško, Završni izvještaj, revizija 1, ZAG & partneri, kolovoz 2009., arhiva ARAO

/160/ Parlov, J. (2015.): Elaborat za određivanje hidraulične povezanosti aluvijalnog vodonosnika na području lokacije budućeg odlagališta NSRAO (Krško/Vrbina) i vodonosnika Samobor i Zagreb, rev. 1. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

/161/ Vukojević, P., Petković, M. & Padovan, B. (2016.): Ispitivanje visinske kote injekcijske zavjese. Terenski istraživački rad i laboratorijska istraživanja – EKONERG, Zagreb

/162/ Uredba o planu prostornog uređenja Nuklearne elektrane Krško (Službeni list SRS-a, br. 48/87, Službeni list Republike Slovenije, br. 59/97 i 21/20)

/163/ MOP (Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja), DRSV (2020.): Vodopravna dozvola društvu Nuklearna elektrarna Krško d.o.o., br.: 35530-100/2020-4, 14. studenog 2020., Ljubljana

/164/ MOP (Ministarstvo okoliša i prostornog uređenja) (2016.): Plan upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2016. – 2021. Ljubljana

/165/ Zakon o potvrđivanju Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju i zajedničke izjave povodom potpisivanja Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju (Službeni list Republike Slovenije – Međudržavni ugovori, br. 5/03)

/166/ ARSO, Procjena ekološkog stanja vodotoka za razdoblje 2009. – 2015., https://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poročila/Ekološko%20stanje_NUV2_reke.pdf

/167/ ARSO, Procjena stanja vodotoka 2018. godine – kemijski parametri; 2019.

/168/ Operativni program nadzora onečišćenja zraka (OPNOZ), Vlada Republike Slovenije, 35405-3/2019/4, 2019.

/169/ Climate Change and Nuclear Power 2020, IEA, 2020

/170/ Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti, Službeni list Republike Slovenije, br. 76/17 i 26/19

/171/ H. Turton, Accelerating Deployment of Low Carbon Power for 1.5°C , International Atomic Energy Agency, Vienna, AUSTRIA, IAEA-CN275-121, 2020

/172/ IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773, A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, 2018

/173/ Izvještaj o okolišu za energetski koncept Slovenije (Strategija energetske politike do 2030. s vizijom do 2050.), Aquarius, 2018.

/174/ Sveobuhvatni nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije (NECP), verzija 4.1, siječanj 2020.

/175/ Izvještaj o okolišu: Tehnička podrška za stratešku procjenu utjecaja na okoliš za Sveobuhvatni nacionalni energetski i klimatski plan Republike Slovenije, EIMV, Zavita, Stritih, 2020.

/176/ Climate Change 2014 – Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovermental Pane on Climate, 2014, Annex III, Table A.III.2

/177/ Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Series No. SSG – 25, IAEA, Vienna, 2013

/178/ Adapting of the energy sector to climate change, IEA, 2019

/179/ Izvještaj o okolišu za dopunjeni UN NEK za projekt SFDS (suho skladištenje istrošenog goriva), Aquarius, IBE, ZVD, Ljubljana, kolovoz 2019.

/180/ Climate Change and Role of Nuclear Power, Proceeding of an International Conference, Venna, 7-11 October 2019

/181/ Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change, Final report, EC, Ecorys, 2011

/182/ Slovenian Informative Inventory Report 2020, Slovenian Environmental Agency, 2020

/183/ United Nations, Sources and effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), YN, New York, 2000

/184/ Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient, EC 2011

/185/ PVO Proširenje rashladnog sustava (dodatni toranj s četiri rashladne ćelije), Institut „Jožef Štefan", 2006.

/186/ Uredba o sadržaju studije utjecaja planiranog zahvata na okoliš i načinu njegove izrade (Službeni list Republike Slovenije, br. 36/09, 40/17)

/187/ Policastro 1994: A model for seasonal and annual cooling tower impacts

/188/ Cooling Tower Fundamentals. SPX Cooling Technologies Inc. 2009

/189/ EUROFINS ERICO & HSE INVEST (2019): Environmental Impact Assessment Report for the Vrbina Krško LILW Repository. Velenje.

/190/ Slovenian Informative Inventory Report 2021, Slovenian Environmental Agency, 2021

/191/ http://www.msceast.org/index.php?option=com_content&view=article&id=147&Itemid=78

/192/ https://www.esvet.si/jedrska-energija/prednosti-slabosti-jedrske-energije

/193/ Arhiva IBE

/194/ Izvještaj o provedenim prvim mjerenjima elektromagnetskog zračenja u NEK-u u sklopu modifikacije 1095-XR-L (Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, Ljubljana, veljača 2021.)

/195/ Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program, version 1.3, September 2019

/196/ Izračun doza na određenim udaljenostima u slučaju projektne nesreće (DB) ili proširene projektne nesreće (BDB) u Nuklearnoj elektrani Krško / "Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krsko" (No. FER-ZVNE/SA/DA-TR03/21-0), FER-MEIS, 2021

/197/ NUREG-1465, Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants, Final Report.

/198/ T Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Duda, M.G., Huang, X.-Y., Wang, W., Powers, J.G., 2008. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. Boulder, Colorado, USA. doi:http://dx.doi.org/10.5065/D68S4MVH

/199/ Tinarelli, G., Anfossi, D., Trini Castelli, S., Bider, M., Ferrero, E., 2000. A New High Performance Version of the Lagrangian Particle Dispersion Model Spray, Some Case Studies, in: Gryning, S.-E., Batchvarova, E. (Eds.), Air Pollution Modeling and Its Application XIII. Springer US, Boston, MA, pp. 499-507. doi:10.1007/978-1-4615-4153-0_51

/200/ Mlakar, P., Božnar, M. Z., Grašič, B., Breznik, B. Integrated system for population dose calculation and decision making on protection measures in case of an accident with air emissions in a nuclear power plant. Science of the total environment. 2019, vol. 666, str. 786 – 800. ISSN 0048

/201/ Mlakar, P., Grašič, B., Božnar, M. Z., Breznik, B. Online relative air dispersion concentrations one week forecast for Krško NPP prepared for routine and emergency use. V: JENČIČ, Igor (ur.). Proceedings. 24th International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2015, Portorož, Slovenia, September 14-17. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2015. Str. 602-1-602-8. ISBN 978-961-6207-38-6.

/202/ Grašič, B., Mlakar, P., Božnar, M. Z., Kocijan, J. Validation of numerically forecast vertical temperature profile with measurements for dispersion modelling. International journal of environment and pollution. 2018, vol. 64, no. 1/3, str. 22 – 34. ISSN 0957-4352. DOI: 10.1504/IJEP.2018.099143.

/203/ Mlakar, P., Kokal, D., Grašič, B., Božnar, M. Z., Gradišar, D., Kocijan, J. Validation of meteorological forecasts in fine spatial and temporal resolution produced as an input for dispersion models. International journal of environment and pollution. 2017, vol. 62, no. 2/4, str. 236 – 246. ISSN 0957-4352. DOI: 10.1504/IJEP.2017.10010378.

/204/ Božnar, M. Z., Mlakar, P., Grašič, B. Short-term fine resolution WRF forecast data validation in complex terrain in Slovenia. V: Special issue on harmonisation within atmospheric dispersion modelling for regulatory purposes : 26 October 2011, Kos Island, Greece. Genova: Interscience Enterprises, 2012. Vol. 50, no. 1/4, str. 12 – 21. International journal of environment and pollution, Vol. 50, no. 1/4, 2012. ISSN 0957-4352. DOI: 10.1504/IJEP.2012.051176.

/205/ Mlakar, P., Božnar, M. Z., Grašič, B., Brusasca, G., Tinarelli, G., Morselli, M. G., Finardi, S. Air pollution dispersion models validation dataset from complex terrain in Šoštanj. International journal of environment and pollution. 2015, vol. 57, no. 3/4, str. 227 – 237. ISSN 0957-4352. DOI: 10.1504/IJEP.2015.074507.

/206/ Grašič, B., Mlakar, P., Božnar, M. Z. Method for validation of Lagrangian particle air pollution dispersion model based on experimental field data set from complex terrain. V: Nejadkoorki, F. (ur.). Advanced air pollution. Rijeka: InTech, cop. 2011. Str. 535 – 556. ISBN 978-953-307-511-2.

/207/ IAEA International Atomic Energy Agency, "MODARIA: Modelling and Data for Radiological Impact Assessments," 2017. [Online]. Available: http://www-ns.iaea.org/projects/modaria/#3 6.3.2021 14:45

/208/ IAEA International Atomic Energy Agency, "MODARIA II: Modelling and Data for Radiological Impact Assessments," 2016. [Online].http://www-ns.iaea.org/projects/modaria/modaria2.asp?s=8&l=129 6.3.2021 14:45

/209/ International Atomic Energy Agency, 2003. Draft report of the OSART (Operational Safety Review Team) mission to the Krško nuclear power plant Slovenia 20 October to 6 November 2003. Vienna, Austria. http://ursjv.arhiv-spletisc.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/Porocila/PorocilaEU/KrskoMissionReportSLO9011.doc 6.9.2021 08:30

/210/ International Atomic Energy Agency, 2017b. Report of the Operational Safety Review Team (OSART) mission to the Krsko nuclear power plant Slovenia 15 May to 1 June 2017. Vienna, Austria. http://ursjv.arhiv-spletisc.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/Report_OSART_Mission_Krsko_NPP.pdf 6.9.2021 08:30

/211/ Desiato, F., Finardi, S., Brusasca, G., Morselli, M.G., 1998. TRANSALP 1989 experimental campaign-I. Simulation of 3D flow with diagnostic wind field models. Atmos. Environ. 32, 1141–1156. doi:10.1016/S1352-2310(97)00196-9

/212/ Anfossi, D., Desiato, F., Tinarelli, G., Brusasca, G., Ferrero, E., Sacchetti, D., 1998. TRANSALP 1989 experimental campaign—II. Simulation of a tracer experiment with Lagrangian particle models. Atmos. Environ. 32, 1157–1166. doi:10.1016/S1352-2310(97)00191-X

/213/ Mlakar, P., Božnar, M. Z., Breznik, B., 2014. Operational air pollution prediction and doses calculation in case of nuclear emergency at Krško Nuclear Power Plant. V: Special issue of the 15th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, HARMO 15, 6-9 May, Madrid, Spain. Genova: Interscience Enterprises, 2014. Vol. 54, no. 2/4, str. 184 – 192. International journal of environment and pollution, Vol. 54, no. 2/4, ISSN 0957-4352. DOI: 10.1504/IJEP.2014.065119.

/214/ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2017. JRodos: An off-site emergency management system for nuclear accidents, Karlsruhe Institute of Technology (KIT) Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 76344 Eggenstein-Leopoldshafen Germany, https://resy5.iket.kit.edu/JRODOS/documents/JRodos_Report_forHomepage.pdf 14.9.2021 08:20

/215/ Cinelli, G., De Cort, M. & Tollefsen, T. (Eds.), European Atlas of Natural Radiation, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2019.

/216/ https://en.wikipedia.org/wiki/Lauingen_Energy_Park

/217/ MVM PAKS II. ZRT. - Erection of new Nuclear Power Plant Units at the PAKS Site, Environmental Impact Study International Chapter

/218/ RADTRAD: A Simplified Model for RADionuclide Transport and Removal And Dose Estimation, NUREG/CR-6604, 1997

/219/ JRodos User Guide, Version 4.0 (JRodos2019), Karlsruher Institute of Technology, July 2019

/220/ EIP-17.001, Određivanje stupnja opasnosti, rev. 6.

/221/ https://www.dem.si/sl/elektrarne-in-proizvodnja/elektrarne/?id=2019090409143306

/222/ http://nep.vitra.si/ukrep.php?id=598&fid=3430

/223/ http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/Factsheets/Factsheet_Lauingen_A4_en.pdf

/224/ Plan zaštite i spašavanja u izvanrednom događaju (NZIR), rev. 38.

/225/ Seismic Probabilistic Safety Assessment of Krško Nuclear Power Plant, Level 1 and Level 2, Revision 2, ABS Consulting, November 2004, PROPRIETARY DOCUMENT

/226/ PGD, 0 – Vodeća mapa; Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. Suho skladište istrošenog goriva (IBE, d.d., br. projekta: NEKDSB-B056/250, studeni 2018.)

/227/ Izvještaj o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti u Republici Sloveniji u 2020., URSJV, 2021.

/228/ Gospodarenje RAO-om u NEK-u, Tehnički izvještaj ESD-TR-03/97, rev. 10, NEK, 2020.

/229/ Program gospodarenja radioaktivnim otpadom, TD-0C, rev. 8, NEK, 2020.

/230/ Privremeno skladištenje paketa s NSRAO-om, COP-6.303, rev. 4, NEK, 2019.

/231/ PGD za projekt Odlagalište NSRAO-a Vrbina, Krško, Podaci o NSRAO-u, izvještaj br. NRVB---5T1020, IBE, 2020.

/232/ Pravilnik o gospodarenju radioaktivnim otpadom i istrošenim gorivom (Službeni list, br. 125/21);

/233/ Nuklearna Elektrana Krško – Istrošeno gorivo (nek.si)

/234/ WENRA Report – Guidance Document Issue T: Natural Hazards Head Document; 21 April 2015,

/235/ „POSSIBLE ROLE OF NUCLEAR IN THE DUTCH ENERGY MIX IN THE FUTURE", Report commissioned by Ministry of Economic Affairs and Climate Policy of the Netherlands (izvještaj nizozemske vlade za raspravu u njihovu parlamentu), September 2020

/236/ Energy Sprawl Is the Largest Driver of Land Use Change in United States«, A.M.Trainor PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0162269 September 8, 2016

/237/ Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2020. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode, broj 2172-72-172/20, 24. ožujka 2021. i

Izvještaj o pogonskom monitoringu otpadnih voda za poduzeće Nuklearna elektrarna Krško (za 2016. godinu), NLZOH, Centar za okoliš i zdravlje, Odjel za okoliš i zdravlje, lokacija Novo Mesto, Jedinica za tla i vode

/238/ Zaštitna strategija u slučaju nuklearne i radiološke nesreće, br.: 8420-1/2021/3 Ljubljana, 19. 2. 2021., POTR-Zascitna-strategija.pdf (gov.si)

/239/ Procjena ekološkog stanja vodotoka za razdoblje 2016. – 2019., https://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poročila/Ekolosko_stanje_reke_NUV3.pdf in komunikacija izdelovalcev PVO o stanju vodnih teles NUV3 z ARSO

/240/ Direktiva 2010/75/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenog 2010. o industrijskim emisijama (sveobuhvatna prevencija i kontrola onečišćenja)

/241/ Slovenian CLRTAP Report 2021 Annex 1, NFR Tables, Slovenian Environment Agency, 2021

/242/ Presuda Suda Europske unije od 29. srpnja 2019. u predmetu C411-17, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:62017CJ0411&from=EN

/243/ Produljenje pogonskog vijeka (POD) NEK-a s energetskog, sustavnog, ekonomskog i ekološkog aspekta, studija: 2511, EIMV, Ljubljana, srpanj 2021.

/244/ ToR for new revision of document »Reference scenario for Geological Disposal Facility in Hard Rock with Cost Estimation for its Implementation«, rev. 1, ARAO, Fond NEK, January 2018

/245/ Reference scenario for Geological Disposal Facility in Hard Rock with Cost Estimation for its Implementation, Rev. B, IBE, February 2019

/246/ Moguća rješenja za poboljšanje zaštite NEK-a od poplava, IBE, Ljubljana, ožujak 2005.

/247/ Kryštufek, B. 1991. Sisavci Slovenije, Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, 294. str.

/248/ Energija u Hrvatskoj 2019., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (Energija u Hrvatskoj 2019., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike)

/249/ Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s projekcijom do 2050. godine (NN 25/2020)

/250/ Nacrt Integriranog nacionalnog energetskog i klimatskog plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2019.

/251/ Niskougljična strategija Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu (NN 63/2021)

/252/ Slovenski vremenski rekordi, ARSO, 2021.

/253/ IPCC History, https://www.ipcc.ch/about/history/

/254/ NEK ESD-TR-02/10, rev. 2 Evaluation of PSA Impact of Expansion of Airport Cerklje

/255/ Rezolucija o dugoročnoj klimatskoj strategiji Slovenije 2050. (Službeni list, br. 119/21)

/256/ MD-5, NEK AGING MANAGEMENT PROGRAM; rev. 5, od 6. srpnja 2020.

/257/ Nadogradnja hidrogeološke interpretacije podataka monitoringa na širem području lokacije za odlagalište NSRAO-a na Vrbini u općini Krško, IRGO Institut, prosinac 2020.

/258/ Izvještaj o kvaliteti vode za piće u javnim vodoopskrbnim sustavima te odvajanju i pročišćavanju otpadnih voda u općinama Krško i Kostanjevica na Krki u 2016. godini, Kostak, ožujak 2017.

/259/ Kemijsko stanje podzemne vode u Sloveniji – Kratki izvještaj za 2019. godinu, ARSO 2020.

/260/ Dozvola za provođenje djelatnosti povezanih s izvorom ionizirajućeg zračenja br. 3572-183/2017/22 od 13. veljače 2019. (URSJV)

/261/ Odredba o promjeni Odredbe o klasifikaciji područja, aglomeracija i potpodručja prema onečišćenju vanjskog zraka (Službeni list Republike Slovenije, br. 38/152, 3/23); listopad 2020.

/262/ 2030 climate & energy framework, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

/263/ Rezolucija Europskog parlamenta od 15. siječnja 2020. o Europskom zelenom sporazumu (2019/2956 (RSP)).

/264/ Uredba (EU) 2021/1119 Europskog parlamenta i Vijeća od 30. lipnja 2021. o uspostavljanju okvira za klimatsku neutralnost i o izmjeni Uredbe (EZ) br. 401/2009 i (EU) 2018/1999 (Europska klimatska pravila)

/265/ Proposal for a regulation amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement, COM(2021) 555 final

/266/ Upute za izradu studije utjecaja na okoliš ovdje se koristi za razmatranje perspektive klimatskih promjena, ARSO 2020.

/267/ EIB Project Carbon Footprint Methodologies – Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variation, European Investment Bank, 2020

/268/ Strateški okvir za prilagodbu klimatskim promjenama, prosinac 2016. https://www.preventionweb.net/files/61770_sozp.pdf

/269/ JASPERS Guidance Note, The Basics of Climate Change Adaptation Vulnerability and Risk Assessment, Version 1, JASPERS, June 2017

/270/ Nuklearna elektrana Krško, Godišnji izvještaj o radu NEK-a za 2019. godinu, veljača 2020.

/271/ Revised PSHA for NPP Krško site, PSR – NEK – 2.7.2, Revision 1, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Institute of Structural Engineering, Earthquake Engineering and Construction IT, January 2004, PROPRIETARY DOCUMENT

/272/ Zapisnik 10. sjednice međudržavne komisije za praćenje provođenja Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređenju statusnih i drugih pravnih odnosa vezanih uz ulaganje u Nuklearnu elektranu Krško, njezino iskorištavanje i razgradnju 20. srpnja 2015.

/273/ COM(2021) 551 final 2021/0211 (COD) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757

/274/ Assessment of capacity of the NEK to resist permanent ground deformations due to potential surface faulting, NEK ESD-TR-10/13, Revision 2, Nuklearna elektrarna Krško, July 2014, PROPRIETARY DOCUMENT

/275/ Probabilistic fault displacement hazard analysis, Krško East and West sites, Proposed Krško 2 Nuclear Power Plant, Krško, Slovenia, Revision 1, Paul C. Rizzo Associates, Inc., May, 2013, PROPRIETARY DOCUMENT

/276/ MOP, DRSV (2021): Vodopravna dozvola društvu Nuklearna elektrarna Krško d.o.o., br.: 35530-48/2020-3 od 9. rujna 2021., Ljubljana

/277/ Konvencija o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu – Espoo konvencija, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 11/98; Protokol o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš uz Konvenciju o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu, Službeni list Republike Slovenije – MP, br. 1/10, Izmjene i Ostale izmjene Konvencije o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu (MPCVO-A) Službeni list Republike Slovenije, br. 105/13.

/278/ Direktiva 2011/92/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 13. prosinca 2011. o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš, izmijenjena Direktivom 2014/52/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 16. travnja 2014. o izmjeni Direktive 2011/92/EU o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš, koja je stupila na snagu 16. lipnja 2017.

/279/ Priopćenje Komisije Europskom parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru i Odboru regija: Jačanje klimatskih ambicija Europe do 2030. Ulaganje u klimatski neutralnu budućnost za dobrobit naših državljana, COM (2020.) 562 final, 2020.

/280/ Izvještaj o kvaliteti vode za piće u javnim vodoopskrbnim sustavima te odvajanju i pročišćavanju otpadnih voda u općinama Krško i Kostanjevica na Krki u 2019. godini, Kostak, Krško, ožujak 2020.

/281/ Zakon o ratifikaciji Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (Službeni list Republike Slovenije – Međunarodni ugovori, br. 13/95)

/282/ Zakon o ratifikaciji Pariškoga sporazuma (Službeni list Republike Slovenije – Međunarodni ugovor, br. 16/16 i 6/17 – popr.)

/283/ MOP (2021.): Plan upravljanja vodama na vodnom području Dunava za razdoblje 2022. – 2027. Materijal za javnu raspravu, prosinac 2021., https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Javne-objave/Javne-obravnave/NUV_III/nuvIII_osnutek_Donava.pdf

/284/ Attia, S. The influence of condenser cooling water temperature on the thermal efficiency of a nuclear power plant. Amsterdam: Elsevier., 2015

/285/ Precipitation, relative humidity and soil moisture for March 2020, https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2020

/286/ IPCC (TAR5) Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, fig 12.21

/287/ Ali Ayoub, at al.:Cooling towers performance in a changing climate: Techno-economic modeling and design optimization, Energy 160 (2018), 1133-1143

11.1.2 Dostupnost, kvaliteta, vremenska ažurnost i potpunost podataka

Pri izradi izvještaja korišteni su najnoviji javni podaci o stanju okoliša na području Agencije za okoliš Republike Slovenije za 2020. i 2019. godinu, koji za neke čimbenike ne odražavaju trenutačno stanje (2021.), ipak ih ocjenjujemo kao dovoljno ažurne i kvalitetne za procjenu trenutačnog stanja okoliša na području zahvata. Dostupnost, kvaliteta, vremenska ažurnost i potpunost podataka o postojećim opterećenjima okoliša – izvještaj o monitoringu i drugim podacima, koje je osigurao nositelj zahvata, bili su na vrlo visokoj razini.

11.1.3 Upozorenja

Razgradnja objekta **nije predmet** ove procjene i bit će predmet ostalih regulatornih postupaka iz područja izgradnje objekata, nuklearne sigurnosti i zaštite okoliša, stoga se u ovoj studiji **ne obrađuje** u dijelovima koji se odnose na utjecaje u slučaju zaustavljanja pogona.

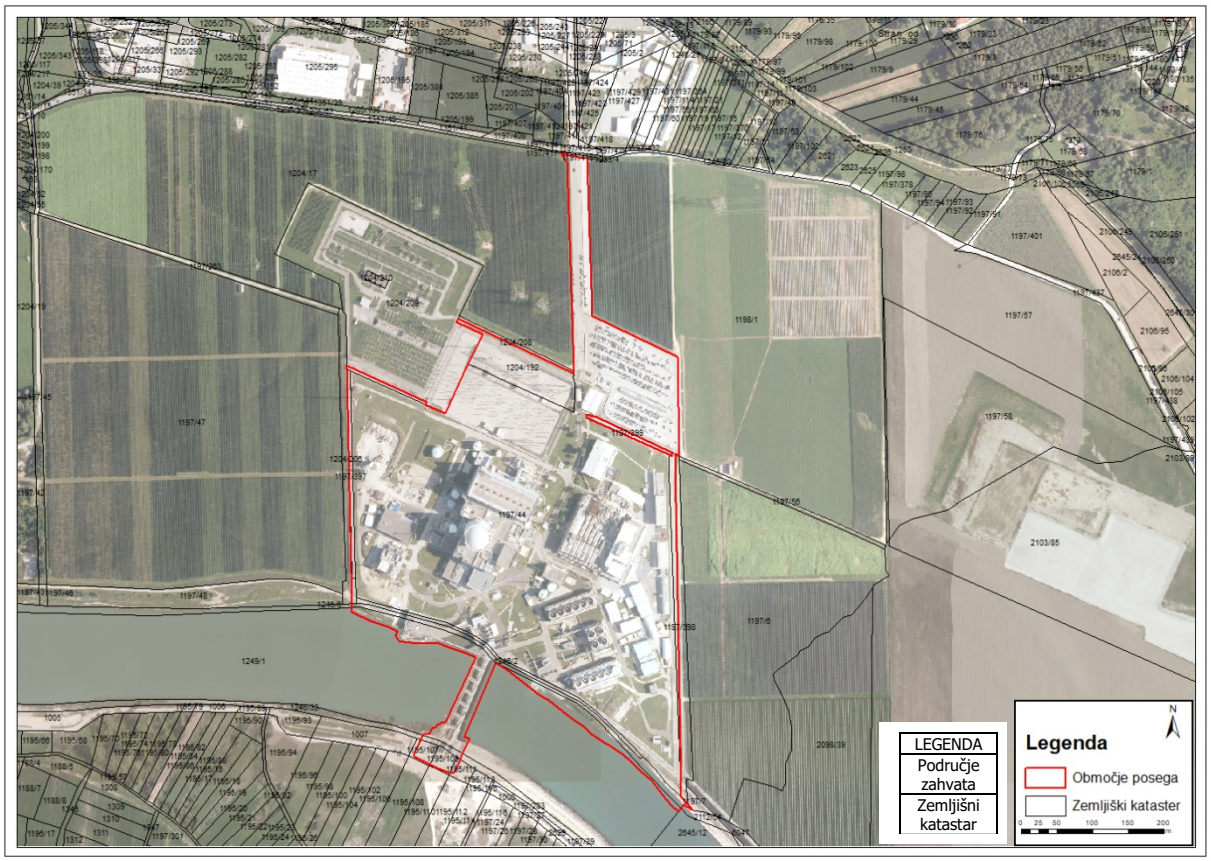
Utjecaji na okoliš zbog produljenja pogonskog vijeka NEK-a stoga se opisuju i procjenjuju odnosno ocjenjuju za vrijeme trajanja rada i zaustavljanja pogona, s naglaskom da zaustavljanje pogona **ne uključuje** program razgradnje iz razloga opisanih na početku ovog poglavlja 2.18.

U studiji su korišteni podaci za 2020. i djelomično za 2019. te reprezentativni podaci iz prijašnjih godina. S tim u vezi objašnjavamo da se najveći kapacitet proizvodnje električne energije tvrtke Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. nije promijenio u tom vremenu, kao ni vrijeme rada (proizvodnja 24 sata, svaki dan u godini).

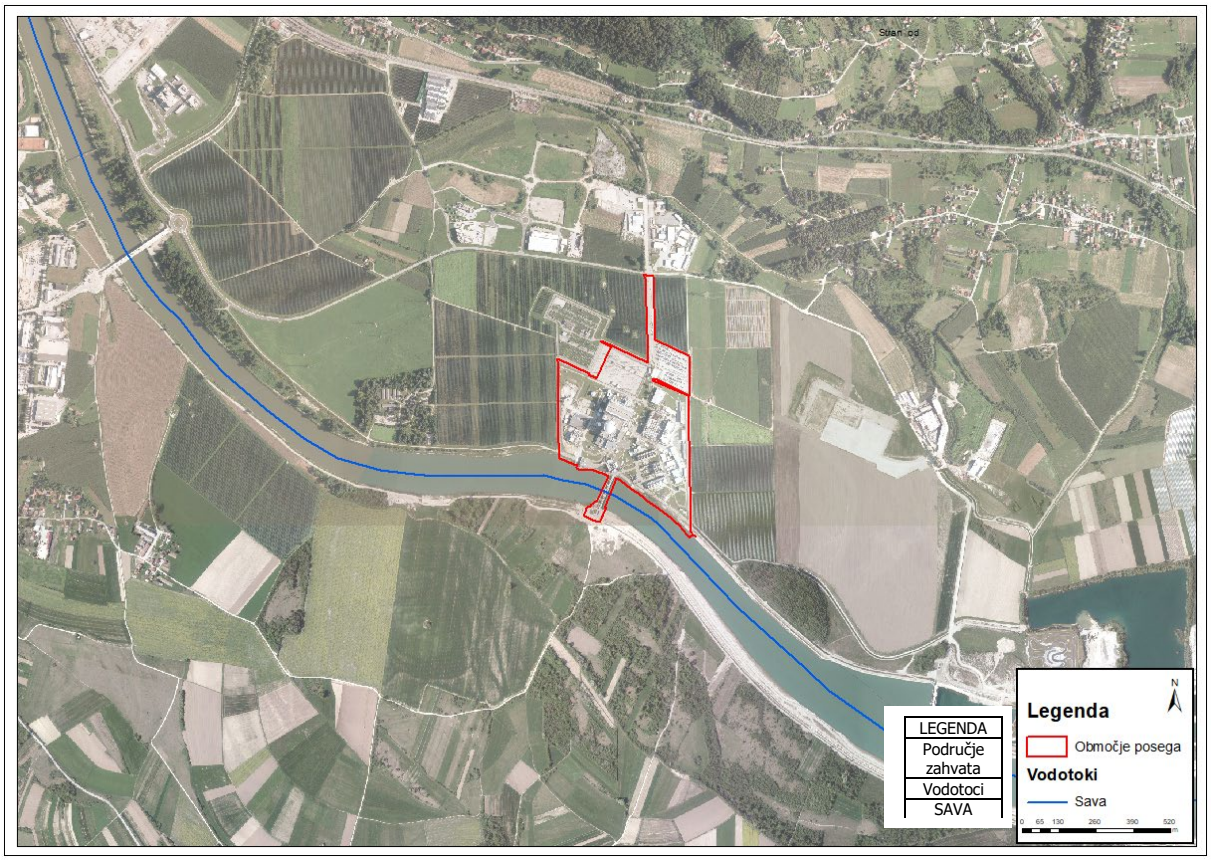
Tijekom izrade izvještaja nismo naišli na tehničke ili druge probleme koji bi mogli utjecati na procjenu predmetnog zahvata na okoliš pa nema drugih posebnih upozorenja.

11.2 GRAFIČKI PRIKAZI

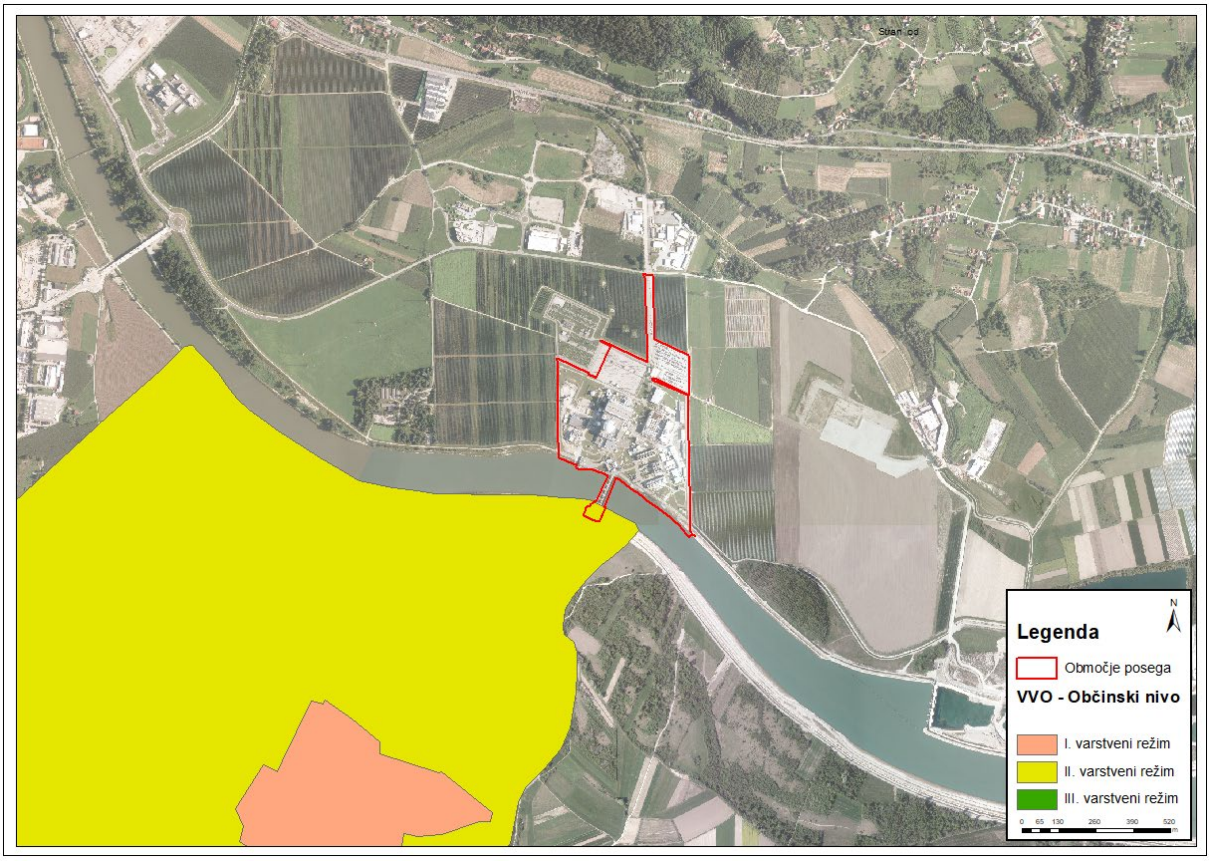
Radi transparentnosti, grafički prikaz postojećeg stanja okoliša i prostornih karakteristika zahvata sastoji se od nekoliko grafičkih prikaza koji omogućuju odgovarajući prikaz zahvata i okoliša u kojem se zahvat nalazi. Područje u kojem zahvat uzrokuje opterećenje okoliša koji mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi grafički je prikazano u **Prilogu 3**.



Slika 145: Prostorne karakteristike zahvata (izvor: /1/, /60/)

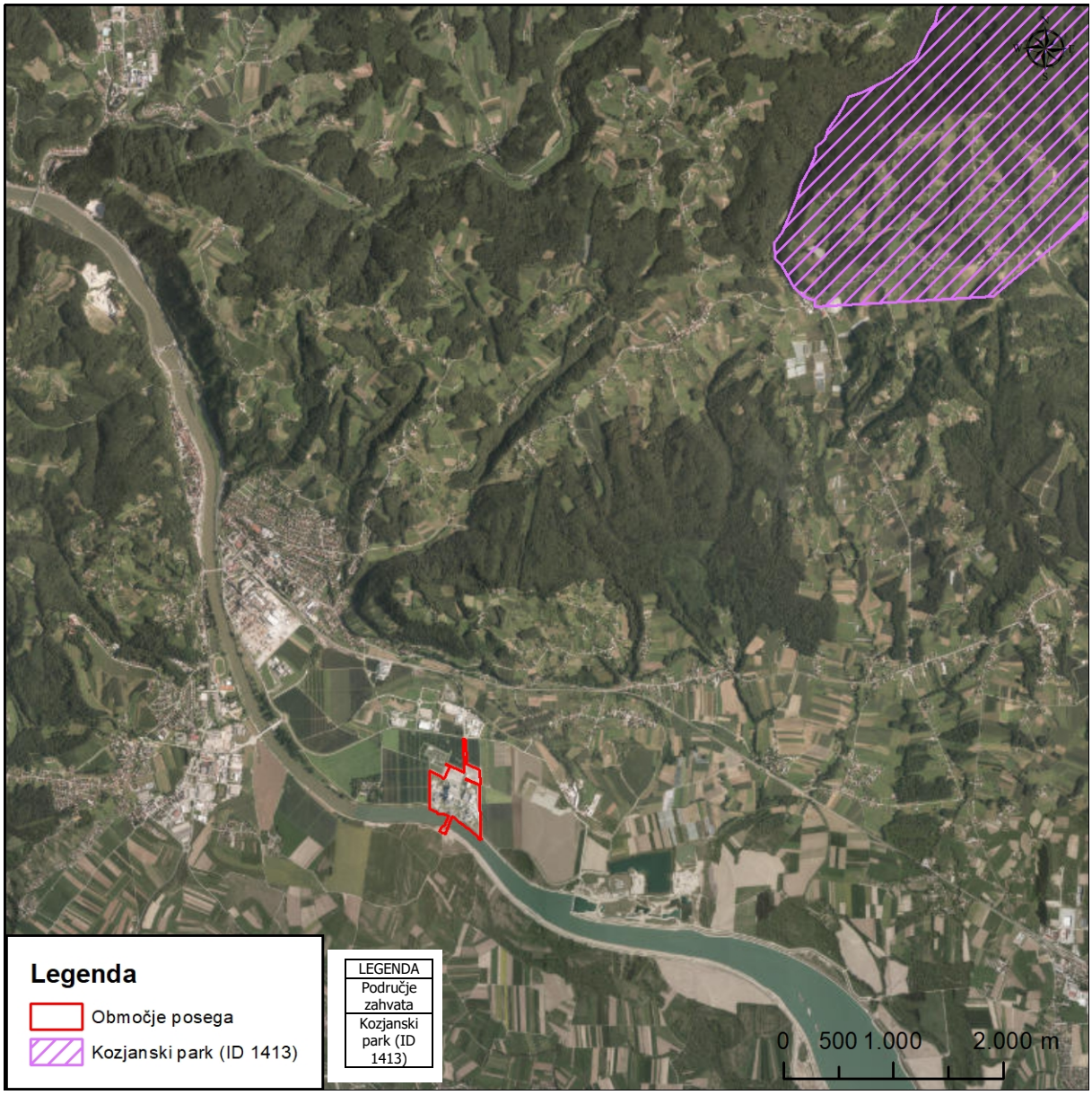


Slika 146: Površinske vode u široj okolici zahvata u mjerilu 1:10.000 (izvor: /1/, /60/)

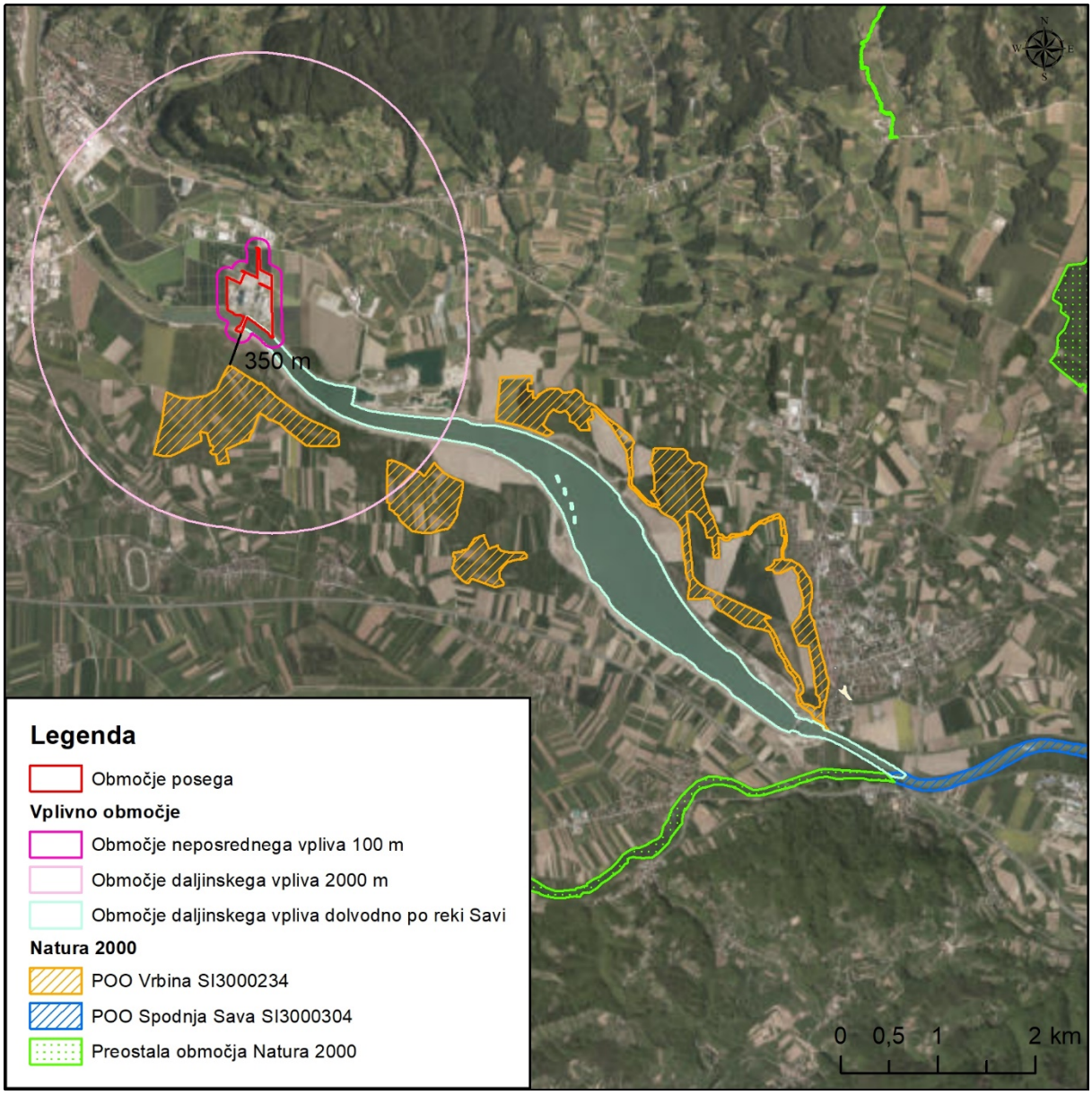


Slika 147: Vodozaštitna područja i uzimanje pitke vode (općinska razina) u široj okolici zahvata u mjerilu 1:10.000 (izvor: /1/, /60/)

LEGENDA	LEGENDA
Območje posega	Područje zahvata
VVO Občinski nivo	VVO Općinski nivo
I. varstveni režim	I. režim zaštite
II. varstveni režim	II. režim zaštite
III. varstveni režim	III. režim zaštite

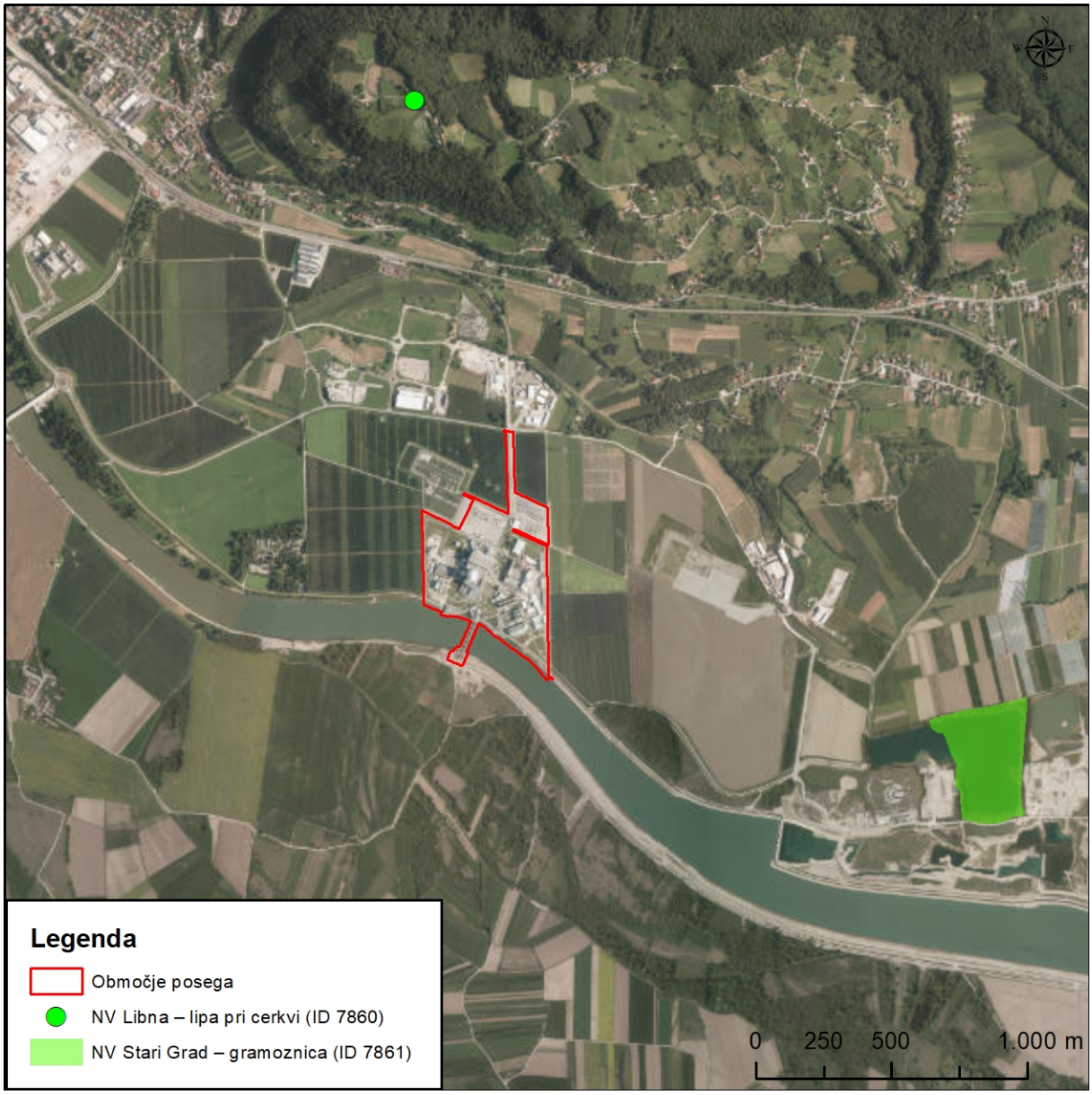


Slika 148: Zaštićena područja od lokalnog interesa u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)



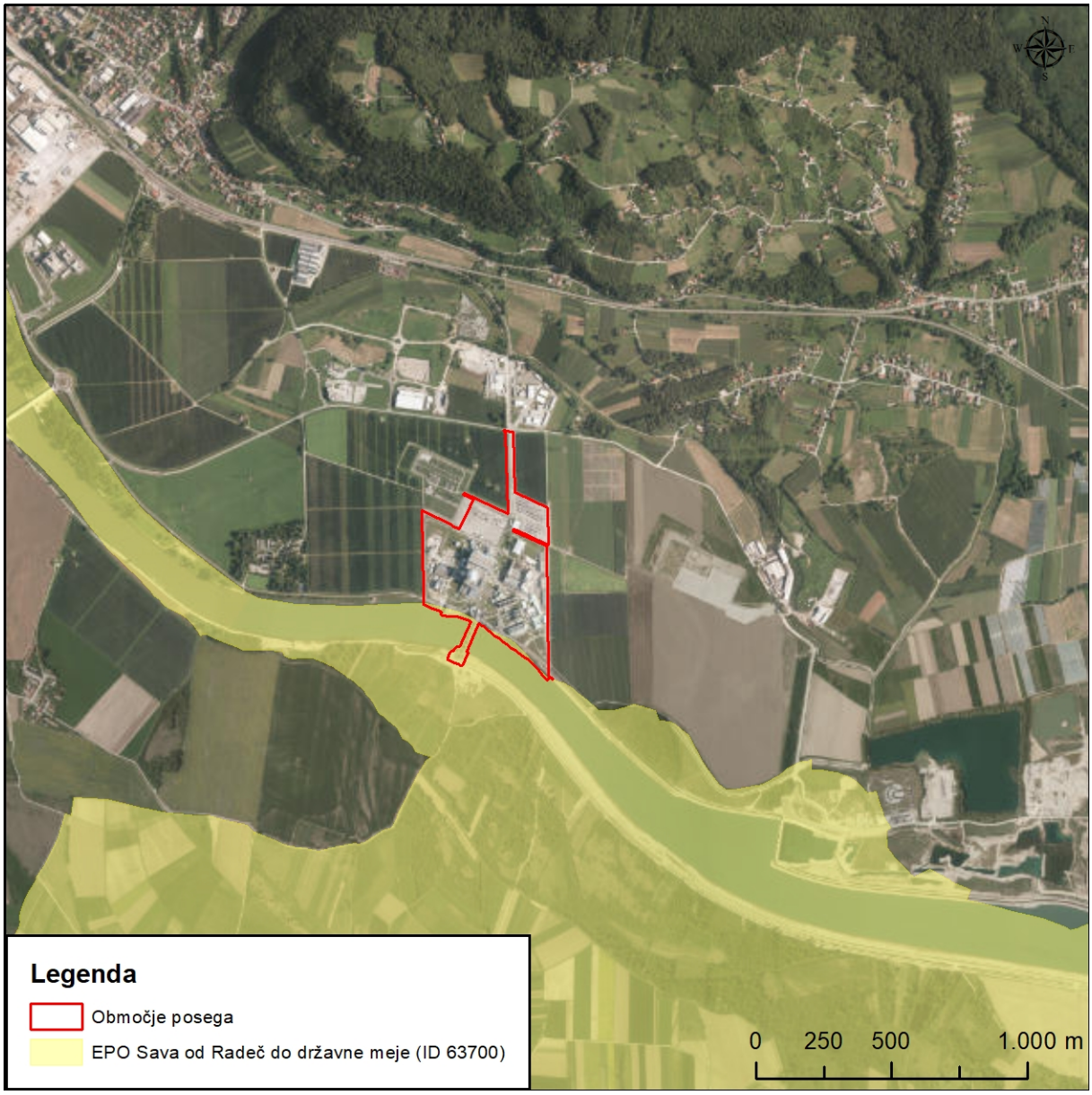
Slika 149: Natura 2000 područja u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)

LEGENDA	LEGENDA
Območje posega	Područje zahvata
Vplivno območje	Područje utjecaja
Območje neposrednega vpliva 100 m	Područje neposrednog utjecaja 100 m
Območje daljinskega vpliva 2000 m	Područje utjecaja na daljinu 2000 m
Območje daljinskega vpliva dolvodno po reki Savi	Područje utjecaja na daljinu nizvodno po rijeci Savi
Natura 2000	Natura 2000
POO Vrbina SI30000234	POO Vrbina SI30000234
POO Spodnja Sava SI30000304	POO donja Sava SI30000304
Preostala območja Natura 2000	Preostala područja Natura 2000



Slika 150: Prirodne vrijednosti u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)

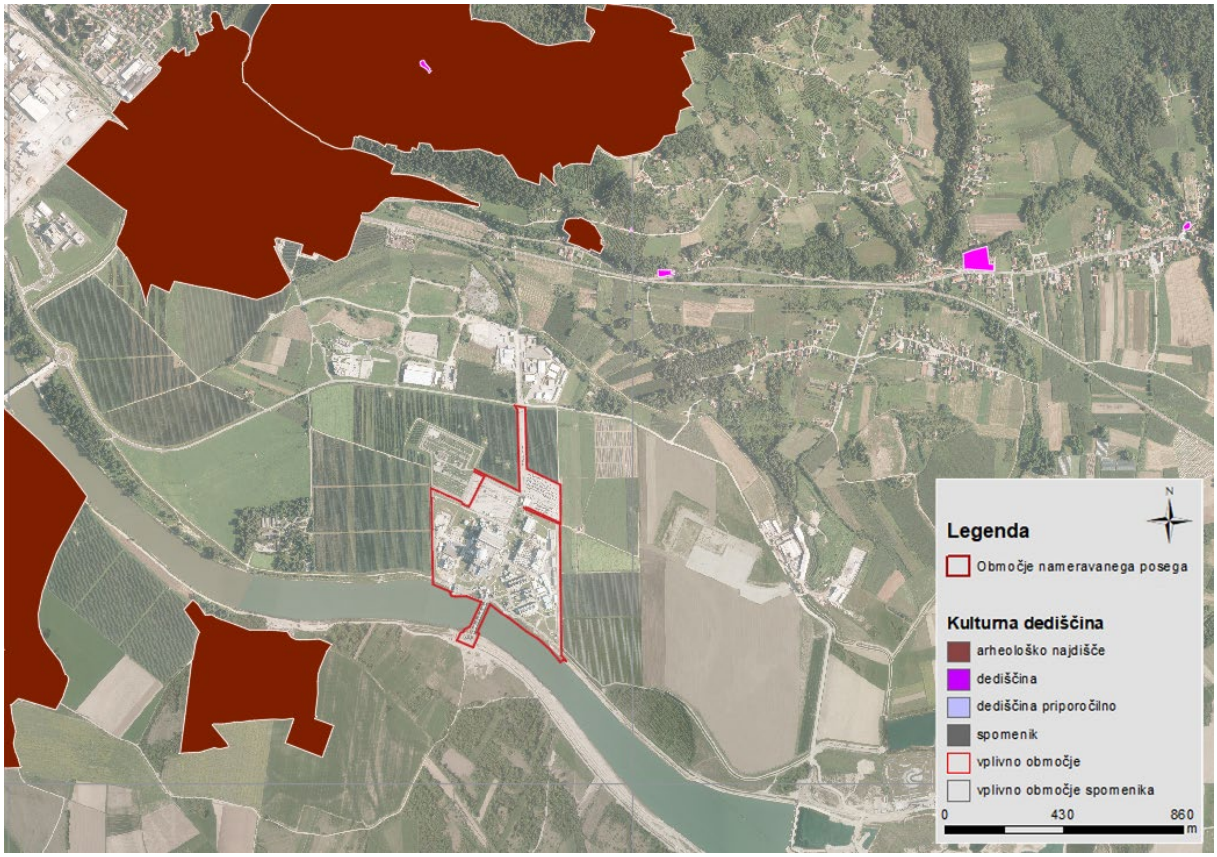
LEGENDA	LEGENDA
Območje posega	Područje zahvata
NV Libna – lipa pri cerkvi (ID 7860)	NV Libna – lipa kod crkve (ID 7860)
NV Stari Grad – gramoznica (ID 7861)	NV Stari Grad – gramoznica (ID 7861)



Slika 151: Ekološki važna područja u široj okolici zahvata (izvor: /1/, /60/)

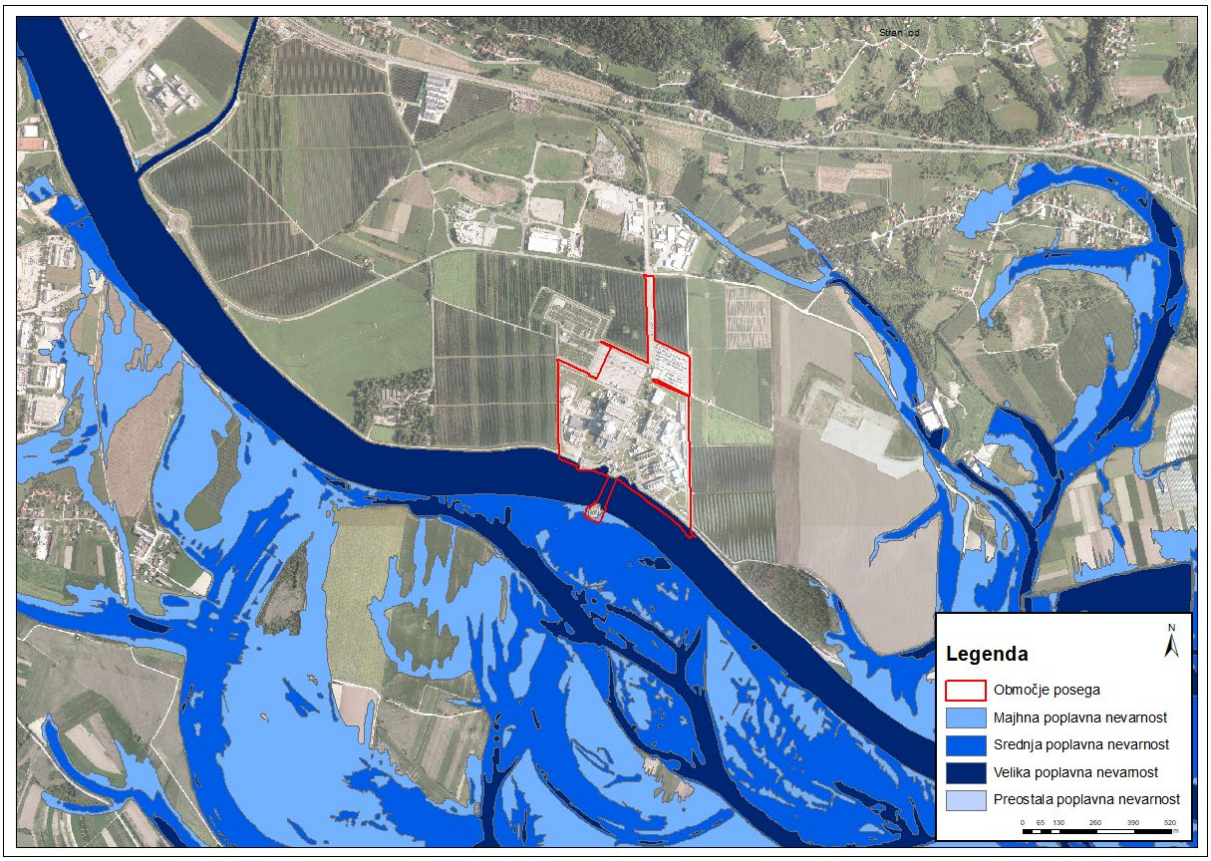
LEGENDA	LEGENDA
Območje posega	Područje zahvata
EPO Sava od Radeč do državne meje (ID 63700)	EPO Sava od Radeč do državne granice (ID 63700)

)



Slika 152: Kulturna baština u široj okolici lokacije zahvata (izvor: /1/, /64/)

Legenda	Legenda:
Območje nameravanog posega	Područje planiranog zahvata
Kulturna dediščina	Kulturna baština
Arheološko najdišče	Arheološko nalazište
dediščina	Baština
Dediščina priporočeno	Baština preporučeno
spomenik	Spomenik
Vplivno območje	Područje utjecaja
Vplivno območje spomenika	Područje utjecaja spomenika



Slika 153: Karta opasnosti od poplave (izvor: /1/, /60/)

LEGENDA	LEGENDA
Območje posega	Področje zahvata
Majhna poplavna nevarnost	Mala poplavna opasnost
Srednja poplavna nevarnost	Srednja poplavna opasnost
Velika poplavna nevarnost	Velika poplavna opasnost
Preostala poplavna nevarnost	Preostala poplavna opasnost

12. PRILOZI

Prilog 1: Reference iz područja procjene utjecaja na okoliš voditelja izrade studije (razdoblje 2010. – 2021.)

Ime i prezime, naziv: **dr. Domen Novak, dipl. san. ing.**

Voditelj izrade studije:

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD R15/1 LENDAVA – LJUTOMER (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 101016-dn, 30. rujna 2020.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M1A/1 INTERKONEKCIJA ROGATEC (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100619-dn, 16. lipnja 2020.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA MODERNIZACIJU TEHNOLOGIJE SKLADIŠTENJA ISTROŠENOG GORIVA (IG) S UVOĐENJEM SUHOG SKLADIŠTENJA – NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 101118-dn, ožujak 2020.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA NADOGRADNJU REGIONALNOG CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM GAJKE (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100220-dn, prosinac 2019.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ UREĐENJA ATLETSKOG CENTRA LJUBLJANA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100819-dn, prosinac 2019.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA NOVOGRADNJU ČETIRIJU VIŠESTAMBENIH OBJEKATA – ŠIŠKA REZIDENCE (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100419-dn, kolovoz 2019.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA INDUSTRIJSKI OBJEKT PRECISION RESOURCE d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100219-dn, lipanj 2019.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POVEĆANJE PROIZVODNJE TALINE – KOVIS LIVARNA D.O.O. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100918-dn, listopad 2020.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M3/1 AJDOVŠČINA – ŠEMPETER PRI GORICI (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100918-dn, 2. travnja 2018.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA STAMBENO PODRUČJE RAKOVA JELŠA II (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 101013-dn, 12. prosinca 2017.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA OBRADU OTPADA NA LOKACIJI TERMIT D.D. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100516-dn, 26. listopada 2016.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA OBRADU OTPADA I ISKORIŠTAVANJE MINERALNIH SIROVINA U KAMENOLOMU ANDRAŽ NA PODRUČJU PROIZVODNJE POLZELONA ANDRAŽ 2 (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100315-dn, 25. svibnja 2015.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA OBRADU TROSKE IZ PROIZVODNJE ČELIKA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100412-dn, 1. lipnja 2012.)

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA IZGRADNJU III. FAZE CENTRALNOG OBJEKTA ZA PROČIŠĆAVANJE LJUBLJANA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100112-dn, 17. veljače 2012.)

Suradnik u izradi studije:

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PLANIRANI ZAHVAT (NOVO)GRADNJE SKLADIŠNOG OBJEKTA TEDI SEŽANA I IZGRADNJE DIJELA GOSPODARSKE JAVNE INFRASTRUKTURE PODRUČJA LOKACIJSKOG PLANA OPĆINE ZA POSLOVNU ZONU SEŽANA JUGOZAPAD (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100121-jh/mm, srpanj 2021.)

(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PLANIRANI ZAHVAT NIVELACIJA TERENA NA PODRUČJU POSLOVNE ZONE SEŽANA JUGOZAPAD VELIČINE 19,7 HA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 101020-mm/mz, ožujak 2021.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POVEĆANJE KAPACITETA UREĐAJA ZA ODLAGANJE OTPADA – RETAL d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100920-ppm/nz, 31. prosinca 2020.)
(zrak)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA TRI STAMBENA NEBODERA DRAVLJE (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100519-jh/nz, 19. svibnja 2020.)
(zrak, buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POSLOVNO-EKONOMSKU ZONU KROMBERK – NOVA GORICA (CESTOVNO POVEZIVANJE I KOMUNALNA OPREMLJENOST) (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100320-jh/nz, 13. ožujka 2020.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA SPORTSKI PARK BEŽIGRAD (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 101318-jh/nz, 6. svibnja 2019.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA ZA PROŠIRENJE PROIZVODNJE MAGNA, FAZA 2 PODUZEĆA MAGNA STEYR d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100318-jh/mm, 31. svibnja 2018.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA IM BRNIK – PROIZVODNO-SKLADIŠNI I POSLOVNI OBJEKT ISKRA MEHANIZMI, d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100418-jh/nz, 30. svibnja 2018.)
(zrak, buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA NOVE PROIZVODNE OBJEKTE IV. PODRUČJE POLUPROIZVODA I IV. PODRUČJE KONFEKCIJA (DOGRADNJA), GOODYEAR DUNLOP SAVA TIRES d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100218-jh/nz, 13. travnja 2018.)
(zrak, buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA LOGISTIČKI CENTAR I PROŠIRENJE POSTOJEĆE PROIZVODNJE OCEAN ORCHIDS d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100118-jh/nz, 22. veljače 2018.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA INDUSTRIJSKO POSTROJENJE MAGNA NUKLEUS PODUZEĆA MAGNA STEYR (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100917-ppm, 17. srpnja 2017.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POSLOVNO-STAMBENI OBJEKT ŠUMI U LJUBLJANI (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100617-jh/nz, 30. lipnja 2017.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POVEĆANJE KAPACITETA PROIZVODNJE U TAB d.d., SPE IB ŽERJAV (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100316-ppm, 16. svibnja 2017.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA RETENCIJSKI SPREMNIK VISOKIH VODA VELIKI POTOK (E-NET OKOLJE d.o.o., 100717-mz, 15. lipnja 2017.)
(zrak)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE VILA I PALAČA SCHELLENBURG (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100217-jh/nz, 20. veljače 2017.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA LOGISTIČKI CENTAR ARJA VAS (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100117-mz, 15. veljače 2017.)
(svi čimbenici)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA REKONSTRUKCIJU KOMUNALNOG UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE TURNIŠČE (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100716-ppm, 1. prosinca 2016.)
(buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA IZGRADNJU SKLADIŠNO-PROIZVODNO-POSLOVNOG TRGOVAČKOG OBJEKTA MDM INVEST d.o.o. (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100516-jh/nz, 11. listopada 2016.)
(zrak, buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA TRGOVAČKI OBJEKT IKEA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100116-jh/nz, 15. travnja 2016.)
(buka)	STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PROIZVODNJU ISPUŠNIH SUSTAVA ZA MOTORNA VOZILA AKRAPOVIČ d.d. U ČRNOMLJU (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100315-jh/nz, 3. prosinca 2015.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M3/1 KALCE – AJDOVŠČINA (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100913-mz, 24. kolovoza 2015.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M3/1 VODICE – KALCE (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100813-mz, 27. ožujka 2015.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA KEMIJSKU OBRADU OPASNOG OTPADA PO POSTUPKU D9 NA LOKACIJI CENTRALNOG OBJEKTA ZA PROČIŠĆAVANJE DOMŽALE – KAMNIK (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100414-jh/nz, 4. kolovoza 2014.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA NADOGRADNJU REGIONALNOG CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM GAJKE (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100213-ppm, 14. veljače 2014.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA OBJEKT ZA MEHANIČKU OBRADU MJEŠOVITOG KOMUNALNOG OTPADA I GLOMAZNOG OTPADA TE ZA PRETOVAR ODVOJENO PRIKUPLJENOG BIOLOŠKOG OTPADA U MARIBORU (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100616-ppm, 7. veljače 2014.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M9 LENDAVA – KIDRIČEVO (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100313-mz, 1. studenog 2013.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M6 AJDOVŠČINA – LUCIJA, ODJEL AJDOVŠČINA – OSP (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100513-mz, 9. kolovoza 2013.)

(vode) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA NADOGRADNJU REGIONALNOG CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM (RCERO) LJUBLJANA S OBJEKTIMA ZA OBRADU OTPADA (MBO) (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100113-jh/nz, 21. lipnja 2013.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PROŠIRENJE ODLAGALIŠTA NEOPASNIH OTPADA GLOBOKO (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100712-ppm, 30. travnja 2013.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PRIJENOSNI PLINOVOD M6 AJDOVŠČINA – LUCIJA, ODJEL OSP – KOPER (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100511-dn, 12. prosinca 2012.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA IZGRADNJU POSLOVNO-STAMBENOG PODRUČJA TOBAČNA MESTO (E-NET OKOLJE d.o.o.,. 100312-mz, 3. srpnja 2012.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA SANACIJU I PROŠIRENJE KAMENOLOMA SUHOR PRI VINCI (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100810-ppm, 30. studenog 2011.)

(buka) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA ŠIŠKA CENTAR LJUBLJANA (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100310-jh/nz, 25. svibnja 2010.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA POVEĆANJE KAPACITETA PROIZVODNJE U PODUZEĆU TAB d.d. ŽERJAV SPE IB ŽERJAV (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100109-ppm, 31. ožujka 2010.)

(svi čimbenici) STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA PROMJENU NAMJENE I POVEĆANJE KAPACITETA PROIZVODNJE U PODUZEĆU TAB d.d. SPE TOPLA ČRNA NA KOROŠKEM (E-NET OKOLJE d.o.o., br. 100709-ppm, 10. ožujka 2010.)

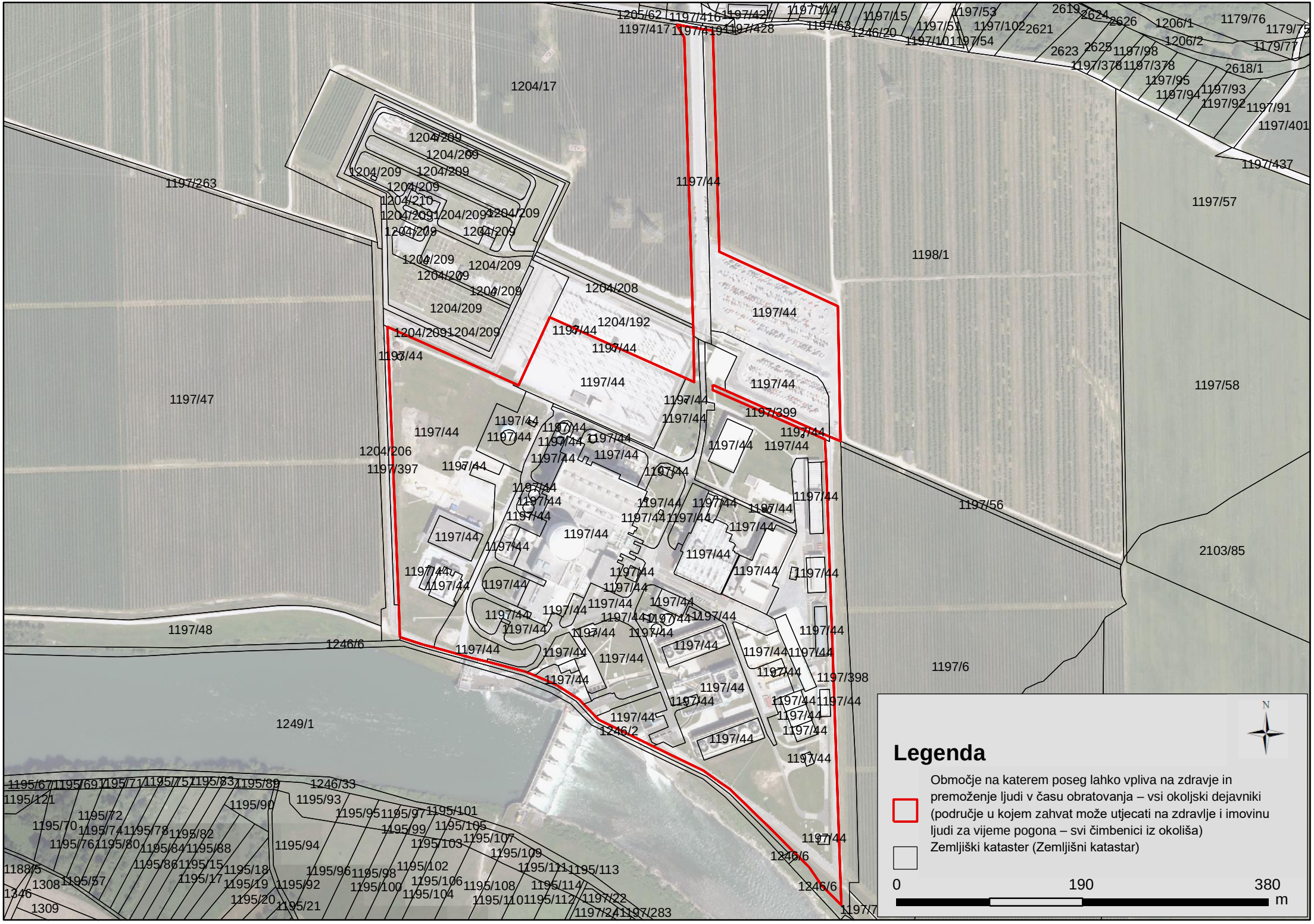
Prilog 2:

Pregledna situacija – područje zahvata


1351/10
1204/40
1204/200
1204/199
1204/198
1204/170
163
1204/52
1204/55
1205/99
1351/40
1205/385
1351/41
1205/199
1205/62
1197/407
1197/408
1197/413
1197/415
1197/414
1197/416
1197/417
1197/419
1197/425
1197/420
1197/427
1197/418
1197/429
1197/431
1197/364
1197/428
1197/432
1233/4
1246/20
1197/21
1197/19
1197/370
1197/114
1197/551
1197/63
1197/17
1197/15
1197/121
1197/10
1197/51
1197/54
1197/53
1197/102
Stran od
2621
2622
2624
2626
2623
2625
1250
1197/98
1197/378
1197/95
1197/94
1197/93
1197/92
1197/91
1179/44
1179/45
1179/76
1179/75
1179/70
1179/71
1179/73
1179/74
1179/77
1197/401
1197/437
1197/57
1198/1
1204/17
1197/263
1204/210
1204/209
1204/19
1204/208
1204/192
1197/45
1197/47
1204/206
1197/397
1197/399
1197/58
1197/42
1197/56
2103/85
1197/43
1197/46
1197/48
1246/6
1249/1
1246/2
1197/398
1197/6
1005
1195/79
1006
1195/89
1246/33
1195/90
1195/93
1007
1195/66
1195/68
1195/70
1195/72
1195/74
1195/76
1195/78
1195/80
1195/82
1195/84
1195/86
1195/88
1195/15
1195/17
1195/18
1195/19
1195/20
1195/21
1195/22
1195/23
1195/24
1195/25
1195/92
1195/94
1195/96
1195/98
1195/100
1195/102
1195/104
1195/106
1195/107
1195/108
1195/109
1195/110
1195/111
1195/112
1195/113
1195/114
1195/115
1195/116
1008
1197/283
1197/27
1197/24
1197/26
1197/28
1197/30
2629
1197/37
1197/7
2112/54
2645/12
5047
2098/39
2103/79
1188/4
1188/5
1195/57
1188/7
1188/8
1346
1308
1309
1310
1347
1311
1312
1196/17
1197/301
N
Legenda
Področje zahvata /
Območje posega
Zemljišni katastar /
Zemljiški kataster
0 20 40 80 120 160
m


Prilog 3:

Područje u kojem zahvat uzrokuje opterećenja okoliša koja mogu utjecati na zdravlje i imovinu ljudi tijekom pogona


Legenda
Područje na katerem poseg lahko vpliva na zdravje in premoženje ljudi v času obratovanja – vsi okoljski dejavniki (područje u kojem zahvat može utjecati na zdravlje i imovinu ljudi za vijeme pogona – svi čimbenici iz okoliša)
Zemljiški kataster (Zemljišni katastar)
0
190
380
m
N

Prilog 4:

Karta mjernih mjesta


Kontinuirani mjerači brzine doze vanjskog zračenja /
Kontinuirni merilniki hitrosti doze zunanjega sevanja
Ribe / ribe
Sedimenti / sedimenti
Črpališče / crpilište
Vzorec iz pipe / uzorak iz slavine
Aerosolne črpalke / aerosolne pumpe
Ploče za hvatanje /
Lovilne plošče
Padavine / oborine
Črpalke za jod / pumpe za jod
Hrana / hrana
Mleko / mlijeko
Zemlja / zemlja
Mesečni vz. vode / mjesečni uzorak vode
Enkratni vz. vode / jednokratni uzorak vode
1 km
KRŠKO
BREŽICE
LESKOVEC
ŽADOVINEK
DRNOVO
MRTVICE
VIHRE
SP. STARI GRAD
STARI GRAD
KREMEN
LIBNA
PESJE
ZG. OBREŽ
G. LENART
BREZINA
ARTIČE
DEČNO SELO
GLOBOKO
PIŠECE
BOJSNO
ŽUPELEVEC
M. VRH
ARNOVO SELO
PLETERJE
KAPELE
VRHJE
JERESLAVEC
PODVINJE
BUKOŠEK
CUNDROVEC
SELA
GABRJE
M. OBREŽ
V. OBREŽ
DOBOVA
MIHALOVEC
LOČE
RIGONCE
HARMICA
VUKOVO
JESENICE
RIBNICA
ČATEŽ
TERME ČATEŽ
KRŠKA VAS
D. SKOPICE
G. SKOPICE
ČREŠNJICE
CERKLJE
ŽUPEČA VAS
RAČJA VAS
BORŠT
V. MALENCE
MRZLAVA VAS
CERINA
PRILIPE
DVORCE
GORICA
HRASTJE
ZASAP
V. PODLOG
M. PODLOG
GRŽEČA VAS
JELŠE
V. VAS
VENIŠE
BREZJE
SENUŠE
RAKA
STRAŽA
G. VAS
DOBRAVA
ŠUMA
DOLGA RAKA
ZALOKE
KALCE-NAKLO
V. MRAŠEVO
M. MRAŠEVO
GAZICE
D. PIROŠICA
G. PIROŠICA
BUŠEČA VAS
PODBOČJE
BROD
ŠUTNA
D. PREKOPA
MALENCE
SAJEVCE
KARLČE
RAKOVSKI GOZD
DOBRAVA
KOPRIVNIK
SAVA
KRKA
Nuklearna elektrarna

Prilog 5:

Nacrt rasvjete NEK-a

LEGENDA
Svjetiljka CN 116 – 1250 (HQL 250 MFB-U), montirana na konzole na fasadama objekata
LO1 – Street LED luminaries DITO, tip DSL-24XMD-P2, 96 W

Svjetiljka tip HOFFMEISTER KUBUS (HQL 250 MFB-U), stup CRS 2B-900-2, H = 9 m, luk LI – 150 – 2 (60 ° ili 180 °)

2 x svjetiljka M/SNF210/250 u svakoj: (SNF 210 250 IC žarulje SON-T plus 250 W stup KORS 2B – 1200 – 2, H = 12 m.

Svjetiljka tip M/SNF210/250 (NaVT250w).

LEGENDA

Svetilka CN 116–1250 (HQL 250 MFB–U), montirana na konzole na fasadah objektov

LO1–Street LED luminaries DITO, TYPE DSL–24XMD–P2, 96W

Svetilka tip HOFFMEISTER KUBUS (HQL 250 MFB–U), steber CRS 2B–900–2, H=9m, lok LI–150–2 (60° ali 180°)

2x svetilka M/SNF210/250 v vsaki: (SNF 210 250 IC lamps SON–T plus 250W steber KORS 2B–1200–2, H=12m,

Svetilka tip M/SNF210/250 (NaVT250W).

Reflektorski steber H=14m, tip KORS4–1400–2

Reflektorski steber H=18m, tip KORS5–1800–2

Reflektorski steber H=25m, tip RSn 25–12–2

Reflektorska svetilka TechnoSpot S.3538.14 CDM–T 150W NDL

Reflektorji tip SUPER 400–532 (stevilka pomeni stevilo reflektorjev) NaVT400W

Reflektorji tip SUPER 400–533 NaVT 400W

Reflektorji tip IR 2000s

Rozsvetljava plato ja NaVT 150W

Rozsvetljava pred vhodom v SB (6x21W varcne)

Svetilka tip E40 HME Hoffmeister 2x250W VTNa

Svetilke montirane na stebrih RKS na visini 16m

Svetilke montirane na stebrih RSn na visini 9m

Svetilke montirane na stebrih RSn na visini 12m

Svetilni stolp z dvojnim lokom (180°) svetilke za osvetlitev poti v stikališču (glej projekt razsvetljava stikališča IBE 5463/209)

Svetilka tip MIG–SM–400W–HPS VTNa 400W (stevilka pomeni oznako kabla)

Svetilka tip MIG–AS–400W–HPS VTNa 400W (stevilka pomeni oznako kabla)

Svetilka tip MIG–SM–250W–HPS VTNa 250W

Svetilka tip MIG–AS–250W–HPS VTNa 250W

Svetilka Ex tip ELLK 92036/36 2 x 36W

OPOMBA

Kabli se polagajo v zevnicah direktno v zemljo in v cevi pod asfaltnimi povrsinami

Reflektorski stup H = 14 m, tip KORS4 – 1400 – 2

Reflektorski stup H = 18 m, tip KORS5 – 1800 – 2

Reflektorski stup H = 25 m, tip RSn 25 – 12 – 2

Reflektorska svjetiljka TechnoSpot S.3538.14 CDM-T 150 W NDL

Reflektori tip SUPER 400-532 (broj predstavlja broj reflektora NaVT400 W

Reflektori tip SUPER 400-533 NaVT 400 W

Reflektori tip IR 2000s

Osvjetljenje platoa NaVT 150 W

Osvjetljenje pred ulazom u SB (6 x 21 W štedne)

Svjetiljka tip E40 HME Hoffmeister 2 x 250 W VTNa

Svjetiljke montirane na stupove RKS na visini od 16 m

Svjetiljke montirane na stupove RSn na visini 9 m

Svjetiljke montirane na stupove RSn na visini 12 m

Rasvjetni stup s dvojnim lukom (180) svjetiljke za osvjetljenje puta u rasklopnom postrojenju IBE 5463/209)

Svjetiljka TIP MIG-SM-400 W-HPS VTNa 400 W (broj predstavlja oznaku kabela)

Svjetiljka TIP MIG-AS-400 W-HPS VTNa 400 W (broj predstavlja oznaku kabela)

Svjetiljka tip MIG-SM-250W-HPS VTNa 250 W
Svjetiljka tip MIG-AS-250W-HPS VTNa 250 W
Svjetiljka Ex tip ELLK 92036/36 2 x 36 W

NAPOMENA

Kabeli se postavljaju u travnjake izravno u zemlju i u cijevi ispod asfaltnih površina.

SAVA

FILE: 1667233&2 DWG, SPREJEL:

Original Design Firm: IBE
Replaced Manual Drawing: 1667/2/33/62
Last Revision And Date: E, 22.06.2000

NO.	DATE	BY	REVISION	CKD. BY	LE APPR.
J	08.11.04	K.K.	**REVD PER CAP 2004–2318**	A.B.	D.V.
I	22.11.02	B.L.	**REVD PER MOD. 327–IZ–L–DMP13**	A.B.	B.S.
M	03.09.20	K.K.	**REVD PER CAP 2020–1384**	G.J.	B.P.
L	14.01.16	M.L.	**REVD PER CAP 2014–1394**	I.L.	B.P.
K	02.04.15	M.L.	**REVD PER MOD 519–PG–L & CAP 2015–982**	S.J.	B.P.

THIS IS A CAD DRAWING AND SHOULD NOT BE REVISED OR MODIFIED MANUALLY

NUKLEARNA ELEKTRARNA KRSKO
NUCLEAR POWER PLANT KRSKO

DISPOZICIJA SVETILK ZA ZUNANJO RAZSVETLJAVO

SITUACIJA

DESIGN ENGINEERING
NUCLEAR POWER PLANT KRSKO KRSKO, SLOVENIA

MADE	CHECKED	LE APPROVAL
1. M. KODRIČ	2. A. BROD	3. D. VEHOVAR

REFERENCE DRAWINGS:

SCALE 1:600

1667/2/33/62 IA

DRAWING NUMBER SYSTEM SH.NO. REV

Prilog 6:

Temperatura Save nakon miješanja s rashladnom vodom NEK-a 2018. – 2020.

Temperatura Save nakon miješanja s rashladnom vodom NEK-a [°C], 2020.

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	6,26	9,94	9,90	11,72	18,98	18,60	23,27	24,48	19,73	13,94	12,77	8,91
2	6,44	10,05	8,58	12,47	18,84	18,76	23,83	24,71	18,11	14,48	12,76	8,84
3	6,68	10,09	8,82	12,31	18,44	19,45	22,24	23,95	18,01	14,52	12,98	8,48
4	6,63	10,64	8,78	12,09	18,74	19,24	22,50	21,11	17,68	14,23	13,38	8,22
5	6,64	10,65	8,79	12,30	18,61	18,34	23,03	18,67	18,57	14,02	13,59	7,60
6	6,72	10,51	8,89	12,80	18,33	16,09	22,56	18,78	19,22	13,05	13,46	5,93
7	6,86	10,66	9,02	13,37	18,42	13,89	21,04	18,70	19,03	12,63	13,11	6,65
8	6,48	9,97	8,88	13,93	18,68	14,37	20,82	19,54	19,62	12,82	13,44	7,66
9	6,28	9,14	9,49	14,35	19,19	14,14	21,32	21,36	20,54	12,97	12,17	7,54
10	6,31	8,97	9,70	14,77	18,89	13,03	21,44	22,32	20,36	13,07	12,10	7,25
11	6,70	8,91	10,13	15,39	19,00	13,28	22,37	22,84	20,16	13,15	11,88	7,60
12	6,84	9,02	11,03	15,74	18,19	14,41	21,78	23,44	20,53	11,41	11,63	7,96
13	6,95	9,18	11,00	16,15	17,93	15,58	21,80	23,95	20,90	11,34	11,65	8,14
14	7,17	10,15	11,48	15,92	17,27	16,70	21,45	24,02	21,18	11,47	12,04	8,14
15	7,75	10,71	11,90	16,45	16,06	17,49	22,02	23,52	21,44	11,54	12,02	8,34
16	7,78	10,79	11,57	16,79	15,54	17,62	21,92	23,53	21,66	11,06	11,53	8,04
17	7,67	10,73	11,80	17,17	14,70	17,92	21,44	23,99	21,70	11,28	10,15	8,11
18	7,70	10,87	12,16	16,72	15,12	17,89	21,25	23,51	21,59	11,50	10,56	8,05
19	8,28	10,96	11,75	16,33	15,00	18,96	22,09	23,54	21,38	11,72	10,47	8,42
20	8,26	10,68	12,40	16,67	15,11	18,72	22,36	23,70	21,11	11,80	10,66	8,73
21	8,39	10,75	13,59	16,89	15,93	19,55	22,55	23,80	21,00	12,02	10,61	8,54
22	8,40	11,07	13,10	17,37	16,38	19,48	22,61	23,76	20,68	12,22	10,07	8,86
23	8,31	11,37	12,72	17,82	17,71	19,79	23,34	23,79	20,55	12,49	9,64	9,14
24	8,18	11,27	12,40	17,75	17,71	20,11	22,98	23,94	20,44	12,87	9,41	9,55
25	7,98	10,84	12,05	17,73	17,56	20,93	22,06	24,25	19,53	12,90	8,57	8,90
26	7,81	10,40	10,36	17,57	18,60	20,50	21,91	24,50	16,41	13,05	9,10	8,17
27	7,83	9,87	10,11	17,69	19,56	20,61	21,74	24,44	13,97	12,93	9,16	7,60
28	7,97	10,93	10,27	17,91	18,81	21,21	22,12	23,89	13,20	12,54	9,07	7,03
29	8,18	10,92	10,33	18,02	18,93	22,32	22,89	23,79	13,33	12,35	9,09	6,41
30	8,88		10,30	18,26	18,87	22,86	22,13	23,73	13,54	12,38	8,96	6,33
31	9,64		11,11		18,68		24,04	22,16		12,54		7,20
Prosjek	7,1	7,8	12,0	13,6	13,4	20,2	23,9	23,9	19,8	14,3	11,0	8,2

Temperatura Save nakon miješanja s rashladnom vodom NEK-a [°C], 2019.

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	7,6	7,5	10,1	13,2	13,0	12,9	25,6	23,4	24,4	16,3	15,0	9,9
2	7,4	6,3	10,5	13,9	13,5	13,9	25,5	23,5	24,4	16,1	14,7	9,9
3	7,4	6,6	10,9	14,3	14,2	15,1	24,1	23,0	22,9	16,2	14,6	8,5
4	7,4	7,4	11,1	14,8	14,7	16,2	23,6	23,0	23,0	15,2	12,4	8,4
5	7,4	7,3	10,8	14,6	13,5	17,0	23,6	22,7	22,4	14,4	11,8	7,9
6	7,5	7,0	11,8	13,4	12,2	17,8	24,0	23,2	21,9	13,7	11,3	7,6
7	7,1	6,8	12,2	12,8	11,9	18,5	23,0	23,5	21,5	13,4	11,1	7,6
8	6,5	6,7	12,1	13,1	12,3	19,2	23,0	23,7	19,8	13,1	11,0	7,8
9	6,5	6,8	12,3	12,7	12,7	19,5	22,5	24,0	17,5	13,3	10,8	8,2
10	6,6	7,1	12,7	12,7	13,2	19,8	21,6	24,8	16,4	13,1	10,7	8,2
11	6,6	7,3	12,7	11,9	13,4	20,6	21,9	25,1	17,0	13,0	10,5	8,4
12	6,7	7,1	12,6	11,2	13,9	20,7	22,2	24,8	17,8	13,0	10,7	7,9
13	6,8	7,4	12,4	10,7	13,1	21,1	22,1	24,8	18,2	13,4	10,1	7,4
14	7,2	7,4	12,3	11,1	11,8	21,2	22,1	24,8	18,6	13,8	9,9	7,3
15	7,3	7,7	11,8	11,4	11,4	21,7	22,7	24,9	19,1	14,0	10,0	7,3
16	7,3	7,9	11,8	12,1	10,7	22,2	23,0	24,7	19,9	14,0	10,0	7,4
17	7,3	8,0	12,1	12,6	11,3	21,9	22,9	24,6	20,6	13,9	10,3	8,1
18	6,9	8,2	12,1	13,5	12,4	21,8	23,3	24,4	20,5	14,1	10,5	9,1
19	6,9	8,4	11,0	14,2	13,4	22,4	23,7	24,1	20,5	14,2	10,1	9,4
20	8,4	8,5	12,5	15,0	14,1	22,6	24,2	24,2	20,4	14,3	10,2	9,8
21	8,5	8,9	12,3	15,5	14,4	22,6	24,7	24,6	20,1	14,6	10,3	9,7
22	7,7	9,2	11,7	16,1	13,9	22,1	24,9	24,4	20,1	14,4	10,5	9,1
23	7,5	9,0	12,0	16,5	13,7	19,5	25,1	24,2	19,4	14,3	10,5	8,8
24	7,3	9,0	12,4	15,5	14,7	18,6	25,4	24,5	17,8	14,6	10,5	8,8
25	7,4	9,1	12,6	15,4	16,1	20,6	25,9	22,9	17,5	14,6	10,6	8,3
26	7,1	8,8	12,0	14,6	16,7	20,9	26,3	22,9	17,7	14,5	10,6	8,0
27	6,9	8,8	12,6	15,1	16,8	22,4	26,7	23,2	18,4	14,3	10,4	8,0
28	6,2	9,4	12,8	14,8	16,0	23,6	25,7	23,3	18,8	14,2	10,3	7,9
29	5,7		12,6	13,7	13,4	24,4	24,3	23,4	18,3	14,5	10,5	7,6
30	6,0		12,8	13,2	11,7	24,8	24,1	23,6	18,6	15,2	11,0	7,0
31	6,7		12,7		11,9		23,2	23,8		15,4		6,5
Prosjek	7,1	7,8	12,0	13,6	13,4	20,2	23,9	23,9	19,8	14,3	11,0	8,2

Temperatura Save nakon miješanja s rashladnom vodom NEK-a [°C], 2018.

	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1	6,8	8,6	4,4	8,4	14,0	18,6	21,3	25,8	18,9	16,5	11,0	8,0
2	7,1	7,9	4,6	8,6	14,7	18,8	21,2	26,1	17,9	16,7	11,1	8,2
3	7,0	6,8	4,9	8,8	15,2	19,7	21,8	26,3	17,1	16,7	11,4	8,4
4	7,1	5,9	5,2	9,5	15,5	19,7	22,3	26,6	16,6	16,7	12,0	8,8
5	7,1	6,5	5,9	9,7	15,1	20,2	22,4	26,9	16,8	16,2	12,3	9,5
6	7,7	7,0	6,2	9,8	15,2	20,8	22,1	27,4	17,8	15,7	12,4	10,1
7	8,3	7,1	7,1	10,2	15,5	21,1	22,9	27,3	18,3	16,1	12,6	10,3
8	8,7	6,9	7,1	10,3	16,2	20,9	23,0	27,3	19,3	15,6	12,7	10,2
9	8,6	6,8	7,2	10,5	16,5	20,8	23,3	27,0	19,6	16,9	12,7	9,4
10	8,2	7,4	7,2	11,0	16,7	20,6	23,1	27,1	20,2	17,4	12,7	9,6
11	8,2	7,9	7,1	11,1	16,9	20,8	22,2	26,7	20,8	17,6	12,6	9,5
12	8,1	7,4	7,1	11,1	17,1	21,6	20,0	26,5	21,2	17,8	12,9	9,2
13	8,0	7,1	7,4	10,9	17,1	21,8	19,1	26,9	21,5	17,6	13,2	8,8
14	8,1	7,2	8,0	10,2	16,8	21,4	19,8	26,5	21,7	17,6	13,6	8,9
15	7,5	7,1	8,4	10,6	15,9	20,9	20,2	26,7	21,7	17,4	13,2	8,3
16	7,4	7,4	8,4	11,1	14,7	20,5	21,2	26,3	21,8	17,4	12,8	8,0
17	7,4	7,6	8,2	11,4	14,7	20,9	21,2	25,9	21,8	17,3	12,8	7,8
18	7,8	7,0	7,6	11,8	15,3	21,2	21,8	25,7	21,7	17,3	11,9	8,1
19	7,5	7,0	6,9	11,8	15,7	21,9	22,6	25,7	21,8	17,2	11,3	8,0
20	7,1	7,5	6,4	12,2	16,2	22,1	23,0	25,4	21,7	16,9	10,4	7,9
21	7,6	7,1	6,5	12,5	16,8	22,7	23,5	25,4	22,0	16,6	10,1	8,0
22	7,2	6,7	6,9	13,0	17,0	21,7	23,7	25,5	21,4	16,4	10,7	8,1
23	7,3	6,9	7,2	13,3	17,0	21,1	23,7	25,8	21,3	16,3	10,0	8,3
24	7,2	6,8	7,3	13,5	17,3	20,9	23,6	25,9	19,8	16,6	9,8	8,7
25	7,1	6,5	7,7	13,7	17,3	20,5	23,3	25,2	16,8	16,5	9,1	8,9
26	7,1	6,2	8,1	13,7	17,8	19,6	23,3	22,5	17,1	15,8	9,3	9,1
27	7,6	5,8	8,5	13,8	18,6	21,0	23,1	17,7	17,4	15,7	9,6	9,0
28	8,4	5,0	9,1	13,6	19,2	20,6	23,7	17,6	17,1	14,1	9,4	8,9
29	8,5		9,7	13,7	19,6	20,4	24,1	18,6	16,9	13,3	9,0	8,5
30	9,1		9,2	14,0	19,3	20,9	25,0	19,5	16,4	12,4	8,4	8,0
31	8,6		8,7		18,7		25,2	19,3		11,5		7,6
Prosjek	7,7	7,0	7,2	11,5	16,6	20,8	22,5	24,9	19,5	16,2	11,4	8,7