



MVM PAKS II. ZRT.

**IZGRADNJA NOVIH BLOKOVA NUKLEARNE
ELEKTRANE U PAKSU**

**STUDIJA UTICAJA NA ŽIVOTNU
SREDINU**

NETEHNIČKI REZIME

Broj ugovora MVM Paks II. Zrt: 4000018343

Broj ugovora MVM ERBE Zrt: 13A380069000

PODACI O PODNOSIOCU ZAHTEVA ZA ODOBRENJE

Naziv podnosioca zahteva za odobrenje: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénnytársaság (MVM Paks II zatvoreno deoničarsko društvo za proširenje nuklearne elektrane)

Službeni skraćeni naziv podnosioca zahteva: MVM Paks II. Zrt.

Sedište podnosioca zahteva za odobrenje: 7030 Paks, Gagarin u. 1-3. 302/B

Matični broj podnosioca zahteva za odobrenje: 17-10-001282

Poreski broj podnosioca zahteva za odobrenje: 24086954-2-17

Statistički broj podnosioca zahteva za odobrenje: 24086954-4222-114-17

Rukovodilac podnosioca zahteva za odobrenje: Sándor Nagy – generalni direktor

Kontakt lice podnosioca zahteva za odobrenje: László Puskás – načelnik odeljenja za pribavljanje dozvola i nuklearnu bezbednost

Telefon kontakt lica podnosioca zahteva za odobrenje: +36 75 503 730

PODACI O PLANIRANIM DELATNOSTIMA

Naziv planirane nuklearne elektrane: Nuklearna elektrana Paks II

Skraćeni naziv planirane nuklearne elektrane: Paks II.

Planirana delatnost: izgradnja i upravljanje radom dvaju nuklearnih blokova sa vodom pod pritiskom III⁺ generacije

Cilj planirane delatnosti: proizvodnja električne energije za javnu potrošnju

Bruto snaga planirane nuklearne elektrane: najviše 1.200 MW_e po bloku

Bruto termička snaga planirane nuklearne elektrane: najviše 3.200 MW_{th} po bloku

Planirano mesto izgradnje nuklearne elektrane: na lokaciji Nuklearne elektrane u Paksu

Planirani početak rada novih blokova u komercijalne svrhe: 2025. – Bloka broj 1. Nuklearne elektrane Paks II
2030. – Bloka broj 2. Nuklearne elektrane Paks II

Planirani radni vek elektrane: najmanje 60 godina

PODACI O PLANIRANOJ LOKACIJI IZGRADNJE

Broj katastarske parcele planirane lokacije: Paks 8803/15

Vlasnik parcele planirane lokacije izgradnje: MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

PODACI O AUTORIMA (PROJEKTANTIMA) STUDIJE UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU:

Studiju uticaja na životnu sredinu planiranih nuklearnih blokova izradilo je preduzeće MVM ERBE Zrt.

Naziv projektnog biroa: **MVM ERBE ENERGETIKA** Mérnökirodá Zártkörűen Működő Részvénnytársaság (MVM ERBE ENERGETIKA projektni biro zatv. d.d.)

Službeni skraćeni naziv projektnog biroa: **MVM ERBE** Zrt.

Sedište projektnog biroa: **1117 Budapest Budafovi út 95.**

Matični broj projektnog biroa: **01-10-045821**

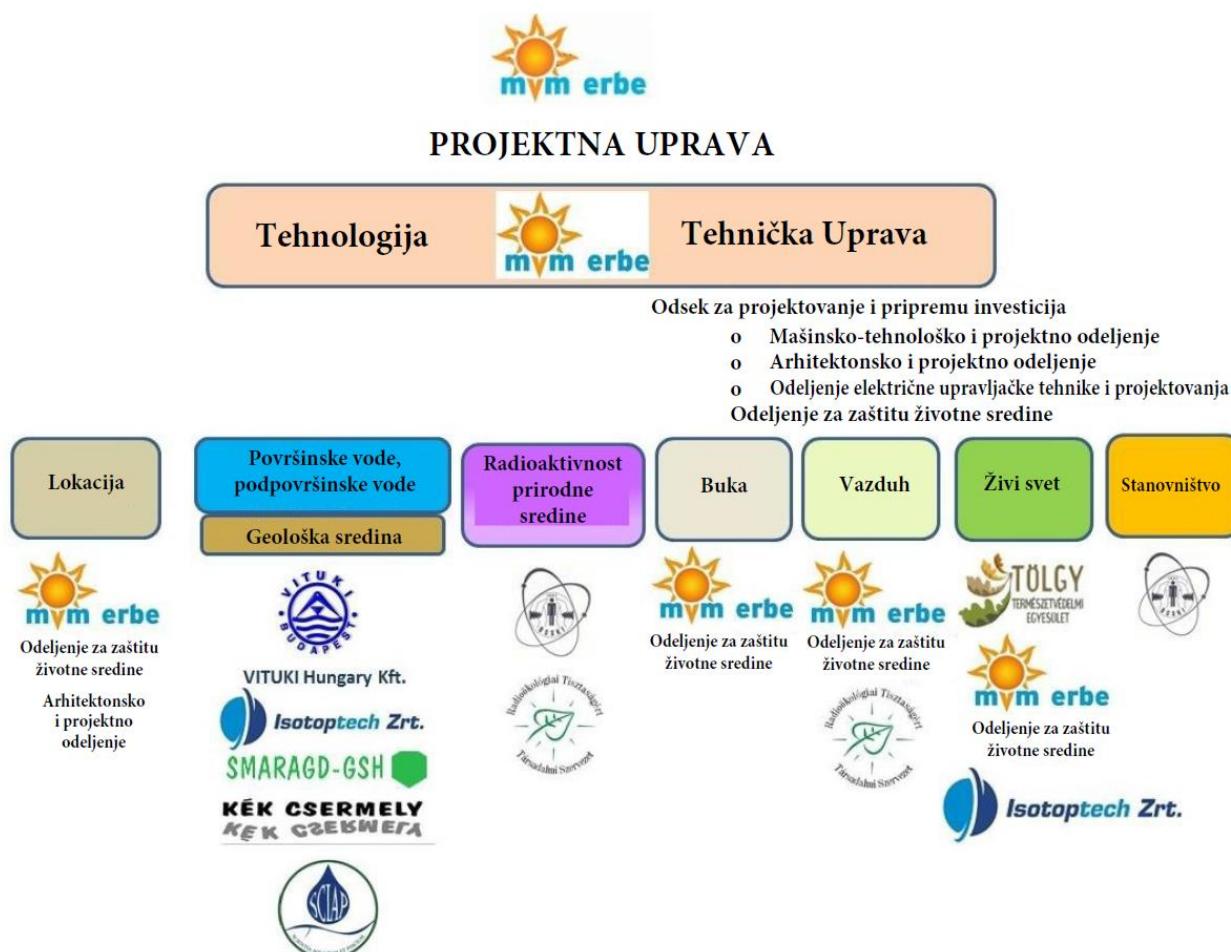
Rukovodilac projektnog biroa: **Farkas Dohán – generalni direktor**

Osnove za izradu ispitivanja uticaja na životnu sredinu i sistema tehničkih uslova za odobrenje planiranih nuklearnih blokova čine osnovni tehnički podaci i razrađena tehnička rešenja dobijena na osnovu najvećih vrednosti emisija koje opterećuju životnu sredinu, kao što su prethodno dobijeni podaci od dobavljača blokova, publikovani podaci nuklearnih elektrana u izgradnji, odnosno javne baze podataka i prezentacije, te referentni podaci već izgrađenih sličnih blokova. Razmeštaj zgrada i objekata na situacionom planu zasniva se na tehnološkoj promišljenosti, uzimajući u obzir tehnološke jedinice koje zahtevaju najviše prostora. Osnovne tehničke podatke izradilo je preduzeće MVM ERBE Zrt. (u daljem tekstu: ERBE).

Procena uticaja na životnu sredinu nuklearne elektrane obuhvaća mnoge oblasti, veoma je složen zadatak koji zahteva stručnu saradnju širokog spektra.

U tom cilju, u osnovnu procenu postojećeg stanja u Pakšu (Pakš), zatim u izradu programa procene uticaja na životnu sredinu i sastavljanje studije o uticaju na životnu sredinu, ERBE je uključilo stručno priznate i kvalifikovane kooperante koji raspolažu potrebnim referencama.

Prikaz sistema međusobne saradnje stručnih organizacija po stručnim sektorima:



Sadržaj

1 OSNOVNE INFORMACIJE O PLANIRANOM PROŠIRENJU	14
1.1 Pripremni radovi planirane investicije	14
1.1.1 Projekat Teller	14
1.1.2 Projekat Léval	14
1.1.3 Projektno preduzeće MVM PAKS II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. (MVM Paks II zatvoreno deoničarsko društvo za proširenje nuklearne elektrane)	15
1.1.4 Podrška u regulativi	15
1.1.5 Izbor vrste blokova.....	15
1.2 Opšti prikaz načina dobijanja dozvola za nove nuklearne blokove	16
1.3 Situacija sa postupkom dobijanja ekloške dozvole za planirane nove blokove.....	18
1.3.1 Dokumentacija za prethodnu konsultaciju (DPK) u vezi 5 mogućih tipova blokova	18
1.3.2 Studija uticaja na životnu sredinu (SUŽS) Nuklearne elektrane Paks ii.....	21
1.3.3 Obaveštajne delatnosti preduzeća MVM Paks II Zrt.....	25
2 PROGNOZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U MAĐARSKOJ.....	26
2.1 Prognoza domaće potrebe za električnom energijom do 2030. Godine	26
3 OPŠTI PRIKAZ NUKLEARNE ENERGETIKE	27
3.1 Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama u svetu	27
3.2 Opšti prikaz reaktora sa vodom pod pritiskom (PWR)	28
3.2.1 Proces proizvodnje električne energije u blokovima sa PWR reaktorima	28
3.2.2 Tipični objekti blokova tipa PWR	29
4 NUKLEARNA BEZBEDNOST	30
4.1 Osnovna načela nuklearne bezbednosti	30
4.2 Zahtevi nuklearne bezbednosti	36
4.3 Međunarodna skala nuklearnih događaja	38
5 OPIS PLANIRANE LOKACIJE ZA IZGRADNJU	41
5.1 Mesto izgradnje Paks II unutar lokacije Nuklearne elektrane Paks.....	42
5.2 Infrastrukturna povezanost gradilišta.....	43
5.3 Nuklearna elektrana Paks i njeni prateći objekti.....	43
5.3.1 Nuklearna elektrana Paks.....	44
5.3.2 Podstanica napona 400 kV.....	46
5.3.3 Privremeno skladište isluženih gorivnih elemenata (KKÁT)	46
5.4 Sistemi monitoringa oko Nuklearne elektrane Paks	48
5.4.1 Kontrola konvencionalnih pokazatelja stanja životne sredine	48
5.5 Pogonski sistem praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (PSPRŽS – mađarski: ÜKSER)	49
5.6 Službeni sistem praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (SSPRŽS – mađarski: HAKSER).....	54
5.7 Državni sistem praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (DSPRŽS – mađarski: OKSER)	55
5.8 Rezime opisa, odnosno pogodnosti lokacije u Paksu	57
6 MOGUĆI NAČINI HLAĐENJA KONDENZATORA NOVIH BLOKOVA ELEKTRANE	58
6.1 Potrebe i mogućnosti hlađenja kondenzacionih elektrana za proizvodnju električne energije	58
6.2 Pravna regulativa, granične vrednosti toplotnog opterećenja vodene okoline	58
6.2.1 Opšta regulativa toplotnog opterećenja vodene životne sredine	59
6.2.2 Regulativa za toplotno opterećenje od nuklearnih elektrana	59

6.3	Mogući načini hlađenja na lokaciji u Paksu	60
6.3.1	Hlađenje svežom vodom	60
6.3.2	Hlađenje pomoću rashladnih tornjeva	63
6.3.3	Analiza profitabilnosti načina hlađenja svežom vodom i rashladnim tornjem	65
7	OSNOVNI PODACI I KARAKTERISTIKE NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II PLANIRANE NA LOKACIJI U PAKSU.....	66
7.1	Razvoj ruskih VVER blokova	66
7.2	Opis ruskih blokova planiranih na lokaciji u Paksu	67
7.2.1	Glavni tehnički parametri	67
7.2.2	Bezbednosni ciljevi i projektna rešenja	68
7.3	Gorivo	68
7.4	Primarno kolo.....	69
7.5	Sekundarno kolo.....	69
7.6	Rashladni sistemi	69
7.6.1	Zahvatanje vode iz Dunava	70
7.6.2	Sistem rashladne vode kondenzatora	70
7.6.3	Sistem tehnološke rashladne vode (sekundarnog kola)	70
7.6.4	Bezbednosni sistem rashladne vode	71
7.6.5	Hidrotehnički objekti sistema hlađenja vodom	73
7.7	Pomoći sistemi, pomoći objekti.....	75
7.7.1	Odsoljena voda.....	75
7.7.2	Tehnološka otpadna voda	76
7.7.3	Otpadna voda bezbednosnih rashladnih tornjeva	77
7.7.4	Pijača voda - komunalna otpadna voda	78
7.7.5	Atmosferske vode	78
7.7.6	Voda za gašenja požara	78
7.7.7	Pretakanje i skladištenje hemikalija	79
7.7.8	Dizel agregati	79
7.7.9	Pomoći kotao	79
7.7.10	Instalacije	79
7.7.11	Sistem komprimovanog vazduha	80
7.7.12	Sistem toplotne energije za grejanje	80
7.8	Upravljačka tehnika	80
7.9	Električni sistemi	80
7.10	Građevinarstvo	81
7.10.1	Dubine fundiranja planiranih blokova	81
7.10.2	Situacioni plan Nuklearne elektrane Paks II	81
7.10.3	Opis zgrada, objekata Paksall	83
7.10.4	Vizuelizacija Paksa II	84
7.11	Kriterijumi prihvatljivosti pogonskih stanja	87
7.11.1	Normalan režim rada	87
7.11.2	Događaji koji spadaju u projektnu osnovu	87
7.11.3	Međunarodni i mađarski propisi za događaje koji nisu predviđeni projektom	87
7.11.4	Merodavni događaji	88
7.12	Karakteristike realizacije Paksa II.....	89
7.12.1	Područja izgradnje Paksa II i povezanih postrojenja	89
7.12.2	Planirane faze realizacije Paksa II	89
7.12.3	Dinamički plan realizacije Paksa II	90
7.12.4	Potreba za radnom snagom tokom realizacije postrojenja	90

7.13 Opis operativnog rada Paksa II	91
7.13.1 Planirani dinamički plan operativnog rada Paksa II	91
7.13.2 Potreba za radnom snagom tokom operativnog rada novih nuklearnih blokova	91
7.13.3 Karakteristike upravljanja radom novih nuklearnih blokova	92
7.13.4 Godišnji materijalni i energetski bilans novih nuklearnih blokova	92
7.14 Dekomisija novih nuklearnih blokova.....	93
7.14.1 Strategija demontaže novih nuklearnih blokova	93
7.14.2 Troškovi i finansiranje radova dekomisije	93
8 PRIKLJUČENJE (UMREŽAVANJE) NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM MAĐARSKE.....	94
8.1 Mogućnost priključenja novih blokova na elektroenergetski sistem Mađarske.....	94
8.2 Lokacije nove podstanice 400 / 120 kV za Paks II.....	94
8.3 Elektrovodovi blokova 400 kV i dalekovod 120 kV	95
8.3.1 Elektrovodovi blokova 400 kV.....	95
8.3.2 Dalekovod 120 kV.....	98
8.3.3 Zajednički bezbednosni pojas.....	98
8.3.4 Izgradnja dalekovoda.....	98
9 POTENCIJALNI UTICAJNI FAKTORI I RECEPTORI (PODRUČJA UTICAJA) NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II	99
9.1 Potencijalni uticajni faktori	99
9.2 Receptori	100
9.3 Matrice potencijalnih uticaja.....	101
10 DRUŠTVENO-EKONOMSKI UTICAJI PROŠIRENJA U PAKSU	104
10.1 Ekonomski uticaji, uslovi.....	104
10.2 Društveni međuodnosi, sistem uslova	105
11 SADAŠNJI I PROGNOZIRANI VREMENSKI USLOVI U KRUGU POLUPREČNIKA 30 KM OD PAKSA.....	107
11.1 Opis klime u krugu poluprečnika od 30 km oko Paksa.....	107
11.2.1 Raspoloživi modeli.....	108
11.2.2 Obrada raspoloživih rezultata modela u pogledu prosečnih vremenskih uslova za okolinu Paksa u krugu poluprečnika 30 km.....	110
12 OČEKIVANI UTICAJI PLANIRANOG PROŠIRENJA I SVOJSTAVA OKOLINE NA TEMPERATURU VODE DUNAVA, IZLOŽENOST POPLAVAMA, BEZBEDNOST CRPLJENJA RASHLADNE VODE I PROMENE KORITA	112
12.1 Uticaj izgradnje Paksa II na Dunav.....	112
12.1.1 Uticaj izgradnje Paksa II na vodotok Dunava i na procese promene korita	113
12.1.2 Ispuštanje pročišćenih komunalnih otpadnih voda tokom građenja	114
12.2 Uticaj rada Paksa II na Dunav	116
12.2.1 Merodavna pogonska stanja.....	116
12.2.2 Opis očekivanih promena na osnovu analize brzinskog polja protoka	116
12.2.3 Ispitivanje očekivanih uticaja planiranog proširenja na promene u koritu Dunava	123
12.2.4 Vraćanje zagrejane rashladne vode u Dunav	129
12.2.5 Ispuštanje prečišćene komunalne otpadne vode u periodu rada novih blokova.....	134
12.2.6 Ispitivanje uticaja ekstremnih dunavskih prirodnih i veštačkih okolnosti na izloženost lokacije poplavama i na bezbednost crpljenja rashladne vode	135
12.3 Očekivani uticaj na Dunav pri rastavljanju Paksa II	138

13 ISPITIVANJE KVALITETA VODE DUNAVA I DRUGIH POVRŠINSKIH VODA PREMA OKVIRNOJ DIREKTIVI O VODAMA (ODV).....	139
13.1 Ispitivanja osnovnog stanja.....	140
13.1.1 Vrednovanje podataka iz državne arhive o ispitanoj deonici Dunava.....	142
13.1.2 Osnovno stanje ispitane deonice Dunava (od 1560.6 rkm do 1481.5 rkm)	145
13.2 Uticaji investicije Paks ii na živi svet Dunava	152
13.3 Vrednovanje investicije paks ii sa stanovišta Plana upravljanja rečnim slivom (PURS)	157
14 GEOLOŠKA SREDINA I PODZEMNE VODE NA LOKACIJI I U NJENOM NEPOSREDNOM OKRUŽENJU	158
14.1 Glavni procesi strujanja pod površinskim voda u okolini lokacije	159
14.2 Uticaj građenja i rada Paksa II na geološku sredinu, odnosno na podzemne vode	160
14.3 Pogonski udesi, havarije.....	162
15 GEOLOŠKA STRUKTURA, PODZEMNE VODE U DOLINI DUNAVA.....	163
16 BUKA I VIBRACIJE.....	166
16.1 Merenja stanja izloženosti buci i vibracijama	166
16.2 Uticaj i područje uticaja građenja Paksa II	166
16.3 Uticaj i područje uticaja tokom rada Paksa II.....	168
16.4 Celokupno područje uticaja tokom rada Paksa II.....	170
16.4.1 Uticaj i područje uticaja istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks	170
16.4.2 Uticaj i područje uticaja havarija	171
16.5 Uticaj i područje uticaja dekomisije (rastavljanja).....	172
17 VAZDUH.....	172
17.1 Ispitivanja osnovnog stanja.....	172
17.2 Neposredni uticaji i područje uticaja građenja i rada Paksa II.	174
17.3 Neposredni uticaji i područje uticaja građenja	174
17.4 Rezime	176
18 ŽIVI SVET-EKOSISTEM	176
18.1 Vegetacija i florističke karakteristike okruženja elektrane.....	176
18.2 Područja Natura 2000 u krugu od 10 km oko elektrane	180
18.3 Uticaj Paksa II na biljni svet.....	181
18.3.1 Uticaj i područje uticaja građenja	181
18.3.2 Uticaj i područje uticaja rada elektrane	182
18.3.3 Uticaj i područje uticaja dekomisije (rastavljanja)	183
18.4 Uticaj Paksa II na životinjski svet.....	183
18.4.1 Uticaj i područje uticaja građenja	183
18.4.2 Uticaj i područje uticaja tokom rada elektrane	187
18.4.3 Uticaj i područje uticaja dekomisije	189
19 NERADIOAKTIVNI OTPAD	189
19.1 Vrste i količine otpada.....	189
19.2 Priključivanje, odlaganje, reciklaža i neutralizacija otpada	190
19.3 Uticaji i područja uticaja	191
19.3.1 Neposredni uticaji	191
19.3.2 Posredni uticaji	191
19.3.3 Prekogranični uticaji na životnu sredinu	191

20 TRETMAN I ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISLUŽENIH GORIVNIH ELEMENATA	191
20.1 Definicija radioaktivnog otpada	192
20.2 Svojstva isluženih gorivnih elemenata (kaseta)	192
20.3 Opšti propisi o radioaktivnom otpadu	193
20.3.1 Čvrsti radioaktivni otpad niskog i srednjeg nivoa aktivnosti	193
20.3.2 Čvrsti otpad visokog nivoa aktivnosti	193
20.3.3 Tečni radioaktivni otpad.....	194
20.4 Opšti propisi za gorivne elemente	194
20.5 Očekivani uticaji građenja	194
20.6 Očekivani uticaji rada elektrane	195
20.6.1 Radioaktivni otpad	195
20.6.2 Isluženi gorivni elementi - kasete.....	195
20.6.3 Očekivani uticaji i područje uticaja rada reaktora.....	197
20.6.4 Uticaj i područje uticaja istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane paks	198
20.6.5 Uticaji događaja koji spadaju u projektnu osnovu	198
20.7 Očekivani uticaji demontaže.....	198
21 RADIOAKTIVNOST ŽIVOTNE SREDINE – IZLOŽENOST ZRAČENJU STANOVNIŠTVA U OKOLINI LOKACIJE.....	199
21.1 Radioaktivnost životne sredine u krugu poluprečnika od 30 km oko nuklearne elektrane	199
21.2 Zdravstveno stanje stanovništva na ispitivanom području poluprečnika 30 km	204
21.3 Trenutna izloženost zračenju stanovništva u krugu od 30 km od elektrane.....	206
21.4 Uticaj građenja Paksa II na nivo izlaganja zračenju stanovništva u okruženju lokacije	209
21.5 Uticaj rada Paksa II na nivo izlaganja zračenju stanovništva u okruženju lokacije.....	209
22 IZLOŽENOST ŽIVOG SVETA ZRAČENJU	219
23 MERE USMERENE NA SPREČAVANJE HAVARIJA SA POSLEDICAMA PO ŽIVOTNU SREDINU, ODNOŠNO NA UBLAŽAVANJE POSLEDICA U SLUČAJU NASTUPANJA TAKVIH UDESA.....	223
24 SAŽETAK	224
LITERATURA	230

POPIS SLIKA

Slika 1. Postupak dobijanja dozvola nuklearne elektrane.....	17
Slika 2. Ispitivana područja navedena u DPK-u (10 km, 30 km) [1].....	18
Slika 3. Različita područja ispitivana u postupku PUŽS-a [2], [3]	25
Slika 4. Očekivane promene u neto potrošnji električne energije do 2030. godine [2-1].....	26
Slika 5. Prostorni raspored nuklearnih elektrana u svetu [4]	27
Slika 6. Prostorni raspored nuklearnih elektrana u Evropi [5].....	27
Slika 7. Opšta šematska struktura PWR reaktora (6)	28
Slika 8. Zaštitne barijere blokova nuklearnih elektrana [7]	32
Slika 9. Presek kontejnmenta sa dvoslojnim zidom	32
Slika 10. Spoljašnji kontejnment pruža zaštitu od spoljnih uticaja [7]	33
Slika 11. Hijerarhija zaštitnih barijera, nivo dubinske zaštite i intervencija [8]	34
Slika 12. Međunarodna skala nuklearnih i radijacionih događaja (INES)	38
Slika 13. Pregledna mapa lokacije u Paksu [13]	41
Slika 14. Lokacija u Paksu sa naznačenim mestom planirane nove elektrane.....	42
Slika 15. Lokacija planiranih blokova [14].....	43

Slika 16. Pogled na Nuklearnu elektranu Paks i njenih blokova blizanaca (13)	44
Slika 17. Nuklearna elektrana i prateći objekti na lokaciji u Paksu [15]	44
Slika 18. Presek istok-zapad Nuklearne elektrane Paks [16]	45
Slika 19. Bezbednosna zona oko Nuklearne elektrane Paks [15]	46
Slika 20. presek kroz KKÁT [15]	47
Slika 21. Bezbednosna zona oko KKÁT-a [15]	48
Slika 22. Prostorni raspored sistema Nuklearne elektrane Paks za monitoring radioaktivne emisije i životne sredine [17]	49
Slika 23. Struktura sistema Nuklearne elektrane Paks za monitoring radioaktivne emisije i životne sredine [18]	51
Slika 24. Raspored stanica za daljinska merenja statusa životne sredine tipa „A“ i „G“ oko Nuklearne elektrane Paks [19]	52
Slika 25. Službene merne tačke u prečniku od 30 km oko Nuklearne elektrane Paks [20]	54
Slika 26. Promene maksimalnih i minimalnih vrednosti prosečne dnevne brzine doze gama zračenja na nivou države u 2012. godini [22]	56
Slika 27. Dnevne brzine doze izmerene u stanicama za praćenje životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks u 2012. godini	57
Slika 28. Vlažni rashladni toranj sa prirodnim strujanjem, najveće dozvoljene visine od 100 m - vizuelizacija (ptičja perspektiva i bočni izgled)	65
Slika 29. Vlažni rashladni tornjevi sa prirodnim strujanjem i dodatnom ventilacijom – vizuelni plan (ptičja perspektiva i bočni izgled)	65
Slika 30. Hibridni rashladni tornjevi, varijanta sa dodatnom ventilacijom – vizuelni plan (ptičja perspektiva i bočni izgled)	65
Slika 31: Ruski VVER blokovi koji su u fazi izgradnje ili planiranja [7]	67
Slika 32. Situacioni plan postojećeg objekta za rasipanje energije i druge, nove tačke ulivanja	75
Slika 33. Raspored hidrotehničkih objekata u Csámpí [33]	78
Slika 34. Situacioni plan Paks II – pregledna karta	82
Slika 35. Raspored zgrada i objekata Paksa II na situacionom planu	83
Slika 36. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod iz ptičje perspektive – sa jugozapada	85
Slika 37. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod, u visini očiju– sa jugozapada	85
Slika 38. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod iz ptičje perspektive – sa severozapada	86
Slika 39. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod u visini očiju– sa severozapada	86
Slika 40. Dijagram rasporeda radne snage na lokaciji, primenjen u proračunima [33], [37], [38]	91
Slika 41. Trasa vodova blokova između Nuklearne elektrane Paks II i Podstanice Paks II (2. lokacija)	95
Slika 42. Objašnjenje znakova plana trase vodova blokova, crtež broj V-01195 ERBE	96
Slika 43. Martonvásár-Győr 400 kV vazdušni vod sa stubovima tipa „FENYŐ“	96
Slika 44. Pécs-Državna granica, 400 kV vazdušni vod sa stubovima tipa „FENYŐ“, dalekovodni koridor	97
Slika 45. 400 kV vazdušni vod Martonvásár-Győr, montaža stuba	99
Slika 46. Model ALADIN-Climate sa rezolucijom 25 km (cela slika) i 10 km (uokvireno polje)	109
Slika 47. REMO model sa rezolucijom 25 km	109
Slika 48. Tačke mreže modela ALADIN-Climate (crne) i REMO (crvene) oko Nuklearne elektrane Paks (zeleno)	110
Slika 49. Godišnji hod srednjih mesečnih temperatura (°C) prema merenjima iz perioda 1961-1990. (siva linija), odnosno očekivani godišnji hod na osnovu dva modela (°C; obojeni pojasevi predstavljaju intervale nesigurnosti) na području Paksa	111
Slika 50: Godišnji hod padavina (mm) prema merenjima iz perioda 1961-1990. godine (siva linija), odnosno očekivani godišnji hod na osnovu dva modela (mm; obojeni pojasevi predstavljaju intervale nesigurnosti) na području Paksa	112
Slika 51. Računato brzinsko polje u okolini ušća toplovodnog i hladnovodnog kanala, u slučaju dugogodišnjeg srednjeg protoka Dunava od 2.300 m ³ /s i crpljenja rashladne vode 100 m ³ /s – Nuklearna elektrana Paks samostalno	113
Slika 52. Računato brzinsko polje u okolini ušća toplovodnog i hladnovodnog kanala, u slučaju dugogodišnjeg srednjeg protoka Dunava od 2.300 m ³ /s i crpljenja rashladne vode 100 m ³ /s (Nuklearna elektrana Paks – stanje tokom građenja Paksa II)	114
Slika 53. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – Nuklearna elektrana Paks, ekstremno visoki vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 14.799 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode 100 m ³ /s) – Nuklearna elektrana Paks samostalno – sa koordinatama EOV (Jedinstveni državni projekcioni sistem Mađarske)	118
Slika 54. Raspored apsolutne brzine strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – merodavan normalan rad, ekstremni protok vode ($Q_{20.000\text{godina}} = 14.799 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode 100 m ³ /s) – Nuklearna elektrana Paks zajedno sa Paksom II – sa koordinatama EOV	119
Slika 55. Prikaz statičke poplave u slučaju vodostaja Dunava na 96,90 n.v.B	120
Slika 56. Prikaz statičke poplave usled vodostaja Dunava na 96,30 m n.v.B	120
Slika 57. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – Nuklearna elektrana Paks samostalno, ekstremno nizak vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode 100 m ³ /s) sa koordinatama EOV	121

Slika 58. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – merodavno pogonsko stanje - ekstremno nizak vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode 232 m^3/s) – Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno – sa koordinatama EOV	122
Slika 59. Proračunate promene matice u slučaju protoka od 2.300 m^3/s (prosečna hidrološka godina) u tri pogonska perioda: Nuklearna elektrana Paks samostalno, Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno, Paks II samostalno	124
Slika 60: Proračunate promene matice u slučaju protoka od 3 000 m^3/s (kišna hidrološka godina) u tri radna perioda: Nuklearna elektrana Paks samostalno, Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno, Paks II samostalno	125
Slika 61. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada elektrane, pri protoku od 2.300 m^3/s (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode 100 m^3/s – samostalni rad Nuklearne elektrane Paks (2014-2025)	126
Slika 62. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada pri protoku od 2.300 m^3/s (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode 100 m^3/s (stanje između 2030. i 2032.) – zajednički rad Nuklearne elektrane Paks i Paks II (2030-2032.)	127
Slika 63. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada pri protoku od 2.300 m^3/s (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode 100 m^3/s (stanje između 2037. i 2085. godine) – Paks II samostalno (2037-2085.)	128
Slika 64. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – Sadašnje stanje ($T_{\text{Dunav,max}}=25,61 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_{\text{Dunav}}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, protok tople vode 100 m^3/s)	130
Slika 65. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – stanje 2032. ($T_{\text{Dunav,max}}=26,38 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_{\text{Dunav}}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, protok tople vode 100 m^3/s + 132 m^3/s)	131
Slika 66. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – merodavno stanje u 2085. godini ($T_{\text{Dunav,max}}=28,64 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_{\text{Dunav}}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, protok tople vode 132 m^3/s) – Paks II. samostalno	132
Slika 67. Uticaj na bezbednost crpljenja vode za Nuklearnu elektranu Paks u vreme zadržavanja vode Akumulacionih objekata Čunovo/Bős karakterizovanog alternativama, u periodu niskog vodostaja sa učestalošću jednom u 20.000 godina (Dunav, 1526,5 rkm)	137
Slika 68. Situacioni plan rasporeda profila Dunava ispitanih tokom 2012. i 2013. godine	139
Slika 69. Hod vodostaja Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2006. i 2013. godine	145
Slika 70. Hod vodostaja Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2012. i 2013. godine	145
Slika 71. Hod protoka i temperature Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2012. i 2013. godine	146
Slika 72. Hronološko ispitivanje hoda godišnjih prosečnih temperatura Dunava (Paks) između 1970. i 2013 godine	146
Slika 73. Ispitivanje godišnje raspodele dnevnih temperatura vode Dunava (Paks) između 1970. i 2013. godine	147
Slika 74. Veza među zahvaćenim vodnim telima i ispitivanog područja	163
Slika 75. Presek kroz ispitivano područje u pravcu severozapad-jugoistok	164
Slika 76. Presek potencijala kroz Nuklearnu elektranu Paks	164
Slika 77. Zbirno područje uticaja tokom građenja na lokaciji pogona	167
Slika 78. Zbirno područje uticaja građenja dalekovoda	168
Slika 79. Područje uticaja tokom rada pogona	169
Slika 80. Područje uticaja funkcionisanja dalekovoda	169
Slika 81. Celokupno područje uticaja tokom rada pogona	170
Slika 82.: Zajedničko područje uticaja Paksa II i Nuklearne elektrane Paks	171
Slika 83. Područje uticaja poremećaja u radu Paksa II	172
Slika 84. Raspored tačaka za merenje zagađenosti vazduha	173
Slika 85.: Degradirana travnata površina sa kamenim pločama na području zahvaćenom građenjem	177
Slika 86. Karta vegetacije okruženja Nuklearne elektrane Paks u krugu od 3 km	178
Slika 87. Brezove i topolove šume poplavnog područja na ostrvu između dva kanala	180
Slika 88. Travnjak sa gospinim vlaskom na lokaciji Nuklearne elektrane Paks	181
Slika 89.: Peščarski karanfil (Dianthus serotinus)	182
Slika 90. Danja medonjica (Euplagia quadripunctaria)	184
Slika 91. Obična beloguza (Oenanthe oenanthe) u potrazi za hranom na području proširenja	185
Slika 92. Ljuske školjki i puževa na obali Dunava kod Paksa	186
Slika 93. Bogati ptičji svet oko elektrane	186
Slika 94. Žutonogo rečno vretence (Gomphus flavipes)	187
Slika 95. Obični zelembać (Lacerta viridis) dobro podnosi antropogeno remećenje	188
Slika 96. Suvo kontejnersko skladištenje u vertikalnom položaju [42]	196
Slika 97. Punjenje suvog skladišta u horizontalnom položaju [43]	196
Slika 98. Uobičajeni raspored u slučaju suvog kontejnerskog skladištenja [44]	196
Slika 99.: Podela sektorskih grupa u okruženju elektrane u krugu od 30 km	200
Slika 100.: Satelitski snimak mesta uzorkovanja određenih u programu	203
Slika 101. Hod godišnjih doza kod dece u Csámpi (kritična grupa) usled emisija iz dimnjaka elektrane	207

Slika 102. Izloženost zračenju deca (1-2 godine) i odraslog uzrasta u Gerjenu, usled tečne emisije Nuklearne elektrane Paks	208
Slika 103. Područje uticaja normalnog rada Paksa II: krug poluprečnika od 500 m u bezbednosnoj zoni od 500 m.....	217
Slika 104. Načelna struktura preporučenog sistema monitoringa radioaktivnosti oko Paksa II.....	218
Slika 105. Zbirno područje uticaja izgradnje Paksa II	226
Slika 106. Zbirno područje uticaja izgradnje Paksa II sa administrativnim granicama	227
Slika 107. Zbirno područje uticaja tokom rada elektrane Paks II.....	228
Slika 108. Zbirno područje uticaja rada elektrane Paks II sa administrativnim granicama	229

POPIS TABELA

Tabela 1. Upravni organi koji su dali primedbe na DPK	19
Tabela 2. Zemlje upitane tokom međunarodnog postupka.....	20
Tabela 3. Teme pitanja postavljenih u međunarodnom postupku.	21
Tabela 4. Pet međusobno povezanih nivoa dubinske zaštite.....	31
Tabela 5. Naziv pojedinih pogonskih stanja i klasifikacija prema učestalosti - za nove blokove	37
Tabela 6. Opšti kriterijumi za klasifikaciju nuklearnih događaja. [12].....	39
Tabela 7. Primeri za ilustraciju kriterijuma INES-a primenjenih za klasifikaciju događaja u nuklearnim postrojenjima [12]	40
Tabela 8. Iskorišćenost granice doze koja važi za lokaciju Nuklearne elektrane Paks – 2013 [19]	54
Tabela 9. Granične vrednosti zagađenosti voda za ribe	59
Tabela 10. Tehnički podaci sistema mokrih rashladnih tornjeva	64
Tabela 11. Glavni tehnički parametri blokova tipa VVER- 1200 [13], [30], [31].....	68
Tabela 12. Projektna rešenja za postizanje cilja i postupci za smanjenje posledica [13], [30]	68
Tabela 13. Količine zahvatane dunavske vode u slučaju rada bezbednosnog rashladnog sistema svežom vodom	70
Tabela 14. Količine vode u rashladnom sistemu kondenzatora	70
Tabela 15. Količine tehnološke rashladne vode [32]	71
Tabela 16. Količine bezbednosne rashladne vode	71
Tabela 17. Količine dodatne vode bezbednosnog rashladnog sistema u slučaju primene rashladnih tornjeva.	72
Tabela 18. Količine bezbednosne rashladne vode u slučaju hlađenja svežom vodom	72
Tabela 19. Vodeni bilans pripreme rezervne vode u normalnom režimu rada	76
Tabela 20. Količina tečnog radioaktivnog otpada primarnog kola [32]	77
Tabela 21. Količina tečnog otpada turbineske zgrade	77
Tabela 22. Maksimalna količina otpadne vode zbog odmuljavanja bezbednosnih rashladnih tornjeva	77
Tabela 23. Skladištenje hemikalija u operativnom periodu.....	79
Tablica 24. Kriterijumi prihvatljivosti – normalan režim rada [30].....	87
Tabela 25. Kriterijumi prihvatljivosti – događaji koji spadaju u projektnu osnovu [30]	87
Tabela 26. Važeći međunarodni i mađarski propisi vezani za događaje koji nisu predviđeni projektom.....	88
Tabela 27. Dinamički plan realizacije blokova Paks II	90
Tabela 28. Godišnji energetski podaci.....	92
Tabela 29. Materijalni i energetski bilans operativnog rada Paks II.....	93
Tabela 30. Dozvoljene jačine električnog polja i magnetne indukcije	97
Tabela 31. Izmerene vrednosti jačine električnog polja i magnetne indukcije	97
Tabela 32. Zbirna matrica uticaja, određivanje karakteristika uticajnih faktora i receptora	102
Tabela 33. Zbirna matrica uticaja, određivanje klasičnih i radioloških uticaja	103
Tabela 34. Karakteristike eksperimenata obavljenih regionalnim klimatskim modelima ALADIN-Climate i REMO	110
Tabela 35. Eksperimenti planirani modelima ALADIN-Climate i REMO.....	110
Tabela 36. Određivanje morfodinamičkog i protočnog područja uticaja u odnosu na postojeće stanje	129
Tabela 37. Vrednosti ispuštanja (Q m^3/s) u slučaju ostvarenja planiranog proširenja, pri najvećoj očekivanoj godišnjoj temperaturi Dunava (T_{Dunav} , $^{\circ}C$) u merodavnim pogonskim terminima.....	129
Tabela 38. Dužine perioda, trajnost prekoračenja granične vrednosti (2032.) – Nuklearna elektrana Paks + Paks II.....	133
Tabela 39. Dužine perioda, trajnosti prekoračenja granične vrednosti (2085.) – Paks II. samostalno	133
Tabela 40: Najveće promene temperature Dunava na južnoj državnoj granici, $T_{Topla\ voda} = 33\ ^{\circ}C$ (merodavna stanja u 2014., 2032. i 2085. godini)	134
Tabela 41. Najveće promene temperature Dunava na južnoj državnoj granici, $\Delta T_{Temperaturna\ razlika} = 8\ ^{\circ}C$ (merodavna stanja u 2014., 2032. i 2085. godini)	134
Tabela 42. Očekivano trajanje prekoračenja nekih važnijih stepeni zaštite u slučaju najnepovoljnije poplave (96,30 m n.v.B.) u okruženju Nuklearne elektrane Paks	135
Tabela 43. Lista fizičkih i hemijskih parametara koji se odnose na Dunav, sa grupama kvaliteta vode prema ODV-u.....	141

Tabela 44. Ispitani profili Dunava i njihove ostale karakteristike	141
Tabela 45. Prosečni rezultati ispitivanja osnovne mreže u periodu 2007-2011. godine sa ocenjivanjem prema kriterijumima ODV-a.....	143
Tabela 46. Procena stanja vodnog tela HURWAEP444 Dunava između Szoba i Baje (tip 24.) prema ODV-u	143
Tabela 47. ODV klasifikacija uzvodne deonice Dunava po fizičko-hemijskim parametrima (od 1560.6 rkm do 1533.5 rkm)	147
Tabela 48: Klasifikacija neposrednog nizvodnog dela Dunava (od 1526 rkm do 1516 rkm) na osnovu fizičko-hemijskih parametara po ODV-u	149
Tabela 49. Klasifikacija udaljene nizvodne deonice Dunava (od 1560.6 rkm do 1481.5 rkm) na osnovu fizičko-hemijskih parametara po ODV-u	150
Tabela 50. Klasifikacija ispitane deonice Dunava (HURWAEP444) po kriterijumima ODV-a	151
Tabela 51. Potencijalni uticajni faktori u vezi sa investicijom Paks II.....	152
Tablica 52. Sažeto vrednovanje merenja stanja u 2012. godini	174
Tablica 53. Uticaji probnog rada dizel agregata	176
Tablica 54. Neposredni uticaj na kvalitet vazduha istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks	176
Tabela 55. Procenjena količina zemlje iskopane na gradilištu tokom izgradnje Paksa II	189
Tabela 56. Procenjena količina otpada koja nastaje tokom rada Paksa II	190
Tabela 57. Procenjena količina otpada nastala tokom istovremenog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II	190
Tabela 58: Količina isluženog goriva po bloku, nastalog tokom celog radnog veka	193
Tabela 59. Procenjena godišnja količina nastalog radioaktivnog otpada po blokovima [40]	195
Tabela 60. Značajni međusobni uticaji staništa i plodnih područja	201
Tabela 61. Zbirni podaci koncentracije aktivnosti tla	201
Tabela 62. Zbirni podaci koncentracije aktivnosti kravljeg mleka	202
Tabela 63. Prosečne vrednosti brzine doze	202
Tabela 64. Emisije normalnog rada dvaju blokova (Bq/godina)	210
Tabela 65. Teritorijalna raspodela proračuna emisije	210
Tabela 66. Doze za decu od 1-2 godine na pojedinim područjima na osnovu meteoroloških podataka za 2009. godine, po prenosnom putu izlaganja (I+II, Sv)	212
Tabela 67. Doze za odrasle na pojedinim područjima na osnovu meteoroloških podataka iz 2009. godine, po prenosnom putu izlaganja (I+II, Sv)	212
Tabela 68. Rane emisije (Bq)	213
Tabela 69. Kasne emisije (Bq)	214
Tabela 70.: Zbir ukupnih doza projektom predviđenih udesa (Sv)	214
Tabela 71. Planirane tečne emisije ruskog bloka tipa VVER 1200 MW (Bq/godina) [30]	215
Tabela 72. Doza stanovništva Gerjena, dece starosne dobi od 1-2 godine i odraslih usled godišnje tečne emisije, po bloku ruskog tipa VVER 1200 MW (nSv/godina).....	215
Tabela 73. Ukupna doza Paksa II, Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a u maksimalnoj godini, za decu od 1-2 godine, Sv.....	217
Tabela 74.: Ukupna doza Paksa II., Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a u maksimalnoj godini, za odrasle, Sv.....	217
Tabela 75. Najveći zbirni uticaj tečnih emisija u naselju Gerjen na godišnjem nivou	217
Tabela 76. Udeo Paksa II i postojećih veštačkih izvora u opterećenju zračenjem dunavskih vodenih živilih bića u 2025. godini	220
Tabela 77. Koncentracije aktivnosti na površini i blizu površine od 10-dnevne emisije u zavisnosti od udaljenosti.	222
Tabela 78. Koncentracije aktivnosti na površini i blizu površine od 30-dnevne emisije u zavisnosti od udaljenosti.	222

POPIS SKRAĆENICA

Skraćeni naziv	Pun naziv (izvorni naziv)
ÁNTSz OTH	Nacionalna služba za javno zdravlje; Uprava državne službe za javno zdravlje (Állami Népegészségügyi és Tisztiorvos Szolgálat; Országos Tisztiőorvos Hivatal)
DBC	Projektna Osnova (Design Basis Conditions)
DdKTF	Inspekcija za zaštitu životne sredine i prirode Južnog Zadunavlja (Dél-dunántúli Környezetvédelmi és Természetvédelmi Felügyelőség)
DdKTVF	Inspekcija za zaštitu životne sredine, prirode i voda Južnog Zadunavlja (Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség)
DDNPI	Uprava Nacionalnog parka Dunav-Drava (Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság)
DEC	Pogonska stanja van projektne osnove (Design Extension Conditions)
DPK	Dokumentacija za prethodnu konsultaciju
ERBE	Projektni biro ERBE ENERGETIKA zatvoreno deoničarsko društvo (MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökirodá Zártkörűen Működő Részvénnytársaság; MVM ERBE Zrt.)
EUR	Evropski pogonski zahtevi (European Utility Requirements)
Euratom	Evropska zajednica za atomsku energiju (European Atomic Energy Community)
EüM	Ministarstvo zdravlja (Egészségügyi Minisztérium)
FKSZ	Glavna cirkulačna pumpa
GCR	Reaktor hladen gasom, moderisan grafitom (Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor)
GM	Ministarstvo privrede (Gazdasági Minisztérium)
IAEA	Međunarodna agencija za atomsku energiju (International Atomic Energy Agency)
ICRP	Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja (International Commission on Radiological Protection)
IM	Ministarstvo industrije (Ipari Minisztérium)
INES	Međunarodna skala za nuklearne incidente (International Nuclear Event Scale)
IRG	Inertni radioaktivni gas
IRM	Ministarstvo pravde i policije (Igazságügyi és Rendészeti Minisztérium)
KHEM	Ministar saobraćaja, komunikacija i energetike (Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Miniszter)
KHVM	Ministarstvo saobraćaja, komunikacija i upravljanja vodama (Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium)
KKÁT	Privremeno skladište istrošenog goriva (Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója)
KőM	Ministarstvo zaštite životne sredine (Környezetvédelmi Minisztérium)
KPM	Ministarstvo saobraćaja i pošte (Közlekedési és Postaügyi Minisztérium)
KSH NKI	Centralni zavod za statistiku, Institut za društvena istraživanja (Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Kutató Intézet)
KvVM	Ministarstvo zaštite životne sredine i upravljanja vodama (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)
LKV	Najniži niski vodostaj
LOCA	Udes sa potpunim gubitkom rashladne tečnosti (Loss of Coolant Accident)
LWGR	Reaktor hladen običnom vodom, moderisan grafitom (Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor)
MAVIR	Mađarsko zatvoreno deoničarsko društvo za upravljanje sistemom za prenos električne energije (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénnytársaság)
MBFH	Rudarsko-geološka uprava Mađarske (Magyar Bányászati és Földtanú Hivatal)
MEKH	Uprava za energetiku i regulaciju infrastrukture Mađarske (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal)
MIR	Modernizovani međunarodni reaktor (Modernised International Reactor)
MKEH	Uprave za izdavanje dozvola za trgovanje Mađarske (Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal)
MKM	Ministarstvo kulture i obrazovanja (Művelődési és Közoktatási Minisztérium)
MVM Zrt.	MVM Mađarsko zatvoreno deoničarsko društvo za elektroenergetiku (MVM Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénnytársaság)
MVM Paks II. Zrt.	MVM Paks II zatvoreno deoničarsko društvo za proširenje nuklearne elektrane (MVM Paks II. Atomerőmű fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénnytársaság)
NBSz	Pravilnici o nuklearnoj bezbednosti
OAH NBI	Državna uprava za nuklearnu energiju, Uprava za bezbednost (Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóság)
OGy	Parlament
OMSz	Nacionalna meteorološka služba
Paksi Atomerőmű	MVM nuklearna elektrana Paks zatvoreno dioničko društvo (MVM Paksi Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénnytársaság; MVM Paksi Atomerőmű Zrt.)
Paks II.	Paks II - Novi blokovi planirani na lokaciji nuklearne elektrane u Paksu
PHWR	Reaktor hladen i moderiran teškom vodom pod pritiskom (Pressurized Heavy-Water-Moderated and Cooled Reactor)
PPIMN (NBEIT)	Plan preventivnih i interventnih mera u slučaju nuklearne nesreće
PSA	Verovatnosna bezbednosna analiza (Probabilistic safety assessment)
PUO - SUO	Procena uticaja na životnu sredinu – Studija uticaja na životnu sredinu
PWR	Reaktor hladen i moderisan običnom vodom pod pritiskom (Pressurized Light-Water-Moderated and Cooled Reactor)
rkm	Rečni kilometar
SPIO (ÁVIT)	Sveobuhvatni plan intervencija u slučaju opasnosti (Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv)
TRU	transuranijski element (atomski broj veći od 92 (od atomskog broja uranijuma))

UN	Ujedinjeni Narodi (United Nations - UN)
VBJ	Konačni bezbednosni izveštaj
VER	Elektroenergetski sistem Mađarske (Magyar Villamosenergia-rendszer)
VVER	Reaktor hladen i moderiran vodom (Водо-водянй энергетический реактор)
WANO	Svetska organizacija operatora nuklearnih elektrana (World Association of Nuclear Operators)
WENRA	Udruženje zapadnoevropskih nuklearnih regulatora (Western European Nuclear Regulators Association)
ZÜHR	Rashladni sistem za slučaj pogonskih poremećaja u jezgru reaktora

1 OSNOVNE INFORMACIJE O PLANIRANOM PROŠIRENJU

Radni vek velikih elektrana u domaćem elektroenergetskom sistemu približava se planiranim kraju, a nekima je već planirani radni vek i istekao. Za delimičnu nadoknadu očekivanog manjka kapaciteta, imajući u vidu planirani radni vek postojećih nuklearnih blokova, počela je priprema izgradnje novih nuklearnih blokova.

Cilj investicije u pripremi je da se u svrhu proizvodnje električne energije za javnu potrošnju pored Nuklearne elektrane Paks izgrade dva savremena bloka sa vodom pod pritiskom III⁺ generacije, sa planiranim puštanjem u pogon 2025. i 2030. godine, **u skladu sa dinamičkim planom iz Nacionalne energetske strategije**, pojedinačne bruto snage od 1.200 MW_e, čiji je očekivani radni vek najmanje 60 godina, kako bi se dugoročno obezbedilo da udeo nuklearne energije u proizvodnji domaće električne energije ostane u obimu od 40%.

Glavni elementi investicije su:

- tehnologija elektrane
- sistem rashladne vode elektrane
- priključenje na javnu elektroenergetsku mrežu Mađarske

1.1 PRIPREMNI RADOVI PLANIRANE INVESTICIJE

1.1.1 PROJEKAT TELLER

Prema članu 7. stav 2. Zakona o nuklearnoj energiji (zakon broj CXVI iz 1996. godine) pre početka pripremних radova izgradnje novih nuklearnih postrojenja potrebna je prethodna načelna saglasnost Parlamenta. Tačkom 12.f odluke Parlamenta br. 40/2008. (17.IV) o energetskoj politici za period od 2008. do 2020. godine, od Vlade je zatraženo da „počne sa radom na pripremi odluke o novim kapacitetima nuklearne elektrane. Nakon izrade stručne, ekološke i društvene osnove neka pravovremeno podnese Parlamentu predloge radi donošenja odluke u vezi sa nužnošću i uslovima investicije, o tipu i lokaciji izgradnje elektrane”.

Projektom Teller izrađenim od strane preduzeća MVM Zrt. obavljena su stručna ispitivanja analizom tehničkih, privrednih, trgovinskih, pravnih i društvenih aspekata. Obavljeno je i ispitivanje izvodljivosti, prethodna ekološka procena, odnosno ispitivanje odlaganja isluženih gorivnih elemenata i radioaktivnog otpada. Rezultati ovih ispitivanja rezimirani su u tri dokumenta za pripremu odluke, te je utvrđeno da je najsvršishodnije rešenje izgradnja moderne nuklearne elektrane sa reaktorom sa vodom pod pritiskom u Paksu koji nije prototip, negde već raspolaže sa dozvolom za rad i čiji je radni vek najmanje 60 godina.

Na osnovu stručnih analiza dana 30. marta 2009. godine, sa 95,4 % glasa za, Parlament je odobrio pokretanje pripremnih radnji za izgradnju novih nuklearnih blokova na lokaciji u Paksu.

1.1.2 PROJEKAT LÉVAI

Za izvršenje pripremnih aktivnosti prema odluci Parlamenta, preduzeće MVM Zrt. je u junu 2009. godine izradilo Projekat Lévai. U okviru Projekta Lévai izvršene su sledeće radnje:

- izrada strateških analiza i ispitivanja u vezi sa mogućim načinima finansiranja
- izrada prvog nacrta tenderske dokumentacije za dobavljače
- ispitivanje mogućnosti uključivanja novih blokova u elektroenergetsku mrežu
- ispitivanje varijantnih rešenja snabdevanja rashladnom vodom
- pokretanje izrade dokumentacije za prethodnu konsultaciju

- pokretanje ispitivanja potrebnih za izradu studije uticaja na životnu sredinu
- priprema sastavljanja zahteva za odobrenje lokacije
- procena potrebe za radnom snagom
- procena potencijalnih domaćih dobavljača i preduzetnika regionala

1.1.3 PROJEKTNO PREDUZEĆE MVM PAKS II. ATOMERŐMŰ FEJLESZTŐ ZRT. (MVM PAKS II ZATVORENO DEONIČARSKO DRUŠTVO ZA PROŠIRENJE NUKLEARNE ELEKTRANE)

Za pripremu izgradnje novih nuklearnih blokova Grupa MVM je 26. juna 2012. godine osnovala preduzeće pod nazivom MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénnytársaság (MVM Paks II Zrt.).

Među najvažnije zadatke projektnog preduzeća spada određivanje okvira buduće investicije, izrada detalja finansiranja, te utvrđivanje neophodnih tehničkih uslova (mogućnosti hlađenja, uticaji okoline). Važan element projektnog rada čini dobijanje ekoloških, lokacijskih, vodnih i građevinskih dozvola. Projektno preduzeće se bavi i pitanjima pravne usklađenosti, odnosno ispitivanjem regionalnih privrednih i društvenih uticaja. Nadalje, od posebne je važnosti zadatak da pri izgradnji nuklearnih blokova Mađarska u što većoj meri iskoristi učinak projekta na rast nacionalne privrede.

1.1.4 PODRŠKA U REGULATIVI

Kao rezultat gore iznetih pripremnih aktivnosti u domaćem pravno-regulativnom sistemu pojavilo se više elemenata za podržavanje izgradnje novih nuklearnih blokova.

3. oktobra 2011. godine Parlament je usvojio **Nacionalnu energetsku strategiju** kojom su za naredne dve decenije određene smernice razvoja i načina upravljanja do 2050. godine, prema kojima – u nameri ostvarenja dugoročnih privrednih i ekoloških ciljeva – na duže staze želi zadržati udeo nuklearne energije od 40% u domaćoj proizvodnji električne energije.

U cilju ujednačenog razvoja mađarske nuklearne energetike tokom sledećih trideset godina, Vlada je odlukom br. 1195/2012. (18.VI.) osnovala **Vladinu komisiju za nuklearnu energiju** za ispitivanje strateških pitanja domaće primene nuklearne energije i njenog razvoja, čiji je predsednik premijer Vlade Mađarske.

S obzirom na strateški značaj nuklearne energije u domaćem snabdevanju električnom energijom i u garantovanju bezbednog snabdevanja, odnosno na odredbe Nacionalne energetske strategije usvojene od strane Parlamenta – Vlada je odlukom br. 1196/2012. (18.VI.) proglašio realizaciju izgradnje novih nuklearnih blokova na lokaciji Nuklearne elektrane Paks **projektom od posebnog značaja u pogledu nacionalne privrede, odnosno nužno potrebnim u pogledu bezbednosti snabdevanja električnom energijom.**

1.1.5 IZBOR VRSTE BLOKOVA

SPORAZUM IZMEĐU VLADE MAĐARSKE I VLADE RUSIJE

14. januara 2014. godine Mađarska Vlada sporazumela se sa Vladom Ruske Federacije o obnovi sporazuma o nuklearnoj saradnji između dveju Vlada sklopljenog decenijama ranije. Na osnovu tog sporazuma na lokaciji Nuklearne elektrane Paks, u generalnoj izvedbi Nadležne Vlasti Rusije gradiće se dva nova bloka snage po 1.200 MW, za čiju realizaciju Mađarska Vlada dobija međudržavni kredit od Rusije.

ZAKON BROJ II IZ 2014. GODINE

Mađarski Parlament je na zasedanju dana 6. februara 2014. usvojio sporazum dveju Vlada **zakonom broj II iz 2014. godine** o potvrđivanju Sporazuma o saradnji Mađarske Vlade i Vlade Ruske Federacije o korišćenju nuklearne energije u mirne svrhe.

Član 1. – Predmet saradnje

Sporazumne strane sarađuju na održavanju i razvoju kapaciteta Nuklearne elektrane Paks na teritoriji Mađarske, podrazumevajući i projektovanje, izgradnju, puštanje u pogon, odnosno stavljanje van pogona dvaju novih blokova sa

reaktorima tipa VVER (vodom hlađen, vodom moderisan), sa instalisanim kapacitetom najmanje 1.000 MW po bloku, za zamenu blokova 1-4. čiji će se rad u budućnosti obustaviti, kako je to i ovim Sporazumom predviđeno.

1.2 OPŠTI PRIKAZ NAČINA DOBIJANJA DOZVOLA ZA NOVE NUKLEARNE BLOKOVE

Proces dobijanja svih dozvola za Nuklearnu elektranu Paks II znači pribavljanje **više hiljada dozvola**. U donjem nabranju izdvojili smo samo najvažnije dozvole, naznačujući i izdavaoce dozvola.

Zaštita od jonizujućih zračenja – Nacionalna služba za javno zdravlje (ÁNTSZ), Uprava državne službe za javno zdravstvo 1.2 (OTH):

Dozvola za granicu doze

Zaštita životne sredine – Inspekcija za zaštitu životne sredine i prirode Južnog Zadunavlja (DdKTF)

Ekološka dozvola

Vodno pravo – Uprava za zaštitu i spasavanje županije Fejér

Načelna vodna dozvola

Vodna dozvola za realizaciju

Vodna dozvola za rad

Nuklearna bezbednost – Državna uprava za nuklearnu energiju

Dozvola za ispitivanje i ocenjivanje lokacije

Dozvola za lokaciju

Dozvola za realizaciju

Građevinska dozvola

Upotrebljena dozvola za objekte i konstrukcije

Dozvole na nivou sistema:

- Dozvola za proizvodnju
- Dozvola za nabavku
- Dozvola za montažu
- Odobrenja tipa

Dozvola za stavljanje u pogon

Dozvola za trajni pogon

Energetika

Elektrana – Uprava za energetiku i regulaciju infrastrukture Mađarske

Načelna dozvola za elektranu sa značajnim uticajem na rad elektroenergetskog sistema

Dozvola za realizaciju koju izdaje Uprava za energetiku i regulaciju infrastrukture Mađarske (MEKH)

Dozvola za proizvodnju električne energije koju izdaje MEKH

Priklučenje na mrežu – (dalekovodi) – Vladina kancelarija za županiju Baranja, Uprava za merenja i tehničku bezbednost

Dozvola za pripremne radove

Dozvola za prava službenosti vodova

Dozvola za trajni pogon

Tehnički nadzor – Uprava za izдавanje dozvola za trgovanje Mađarske

Dozvole za građenje koje spadaju u nadležnost Uprave za izдавanje dozvola za trgovanje Mađarske (MKEH)

Dozvole MKEH-a koje treba pribaviti u fazi izgradnje (npr. uređaji pod pritiskom, vodovi sistema daljinskog grejanja, rezervoari opasnih materija)

Upotrebljene dozvole koje spadaju u nadležnost MKEH-a

Građenje – Lokalna samouprava

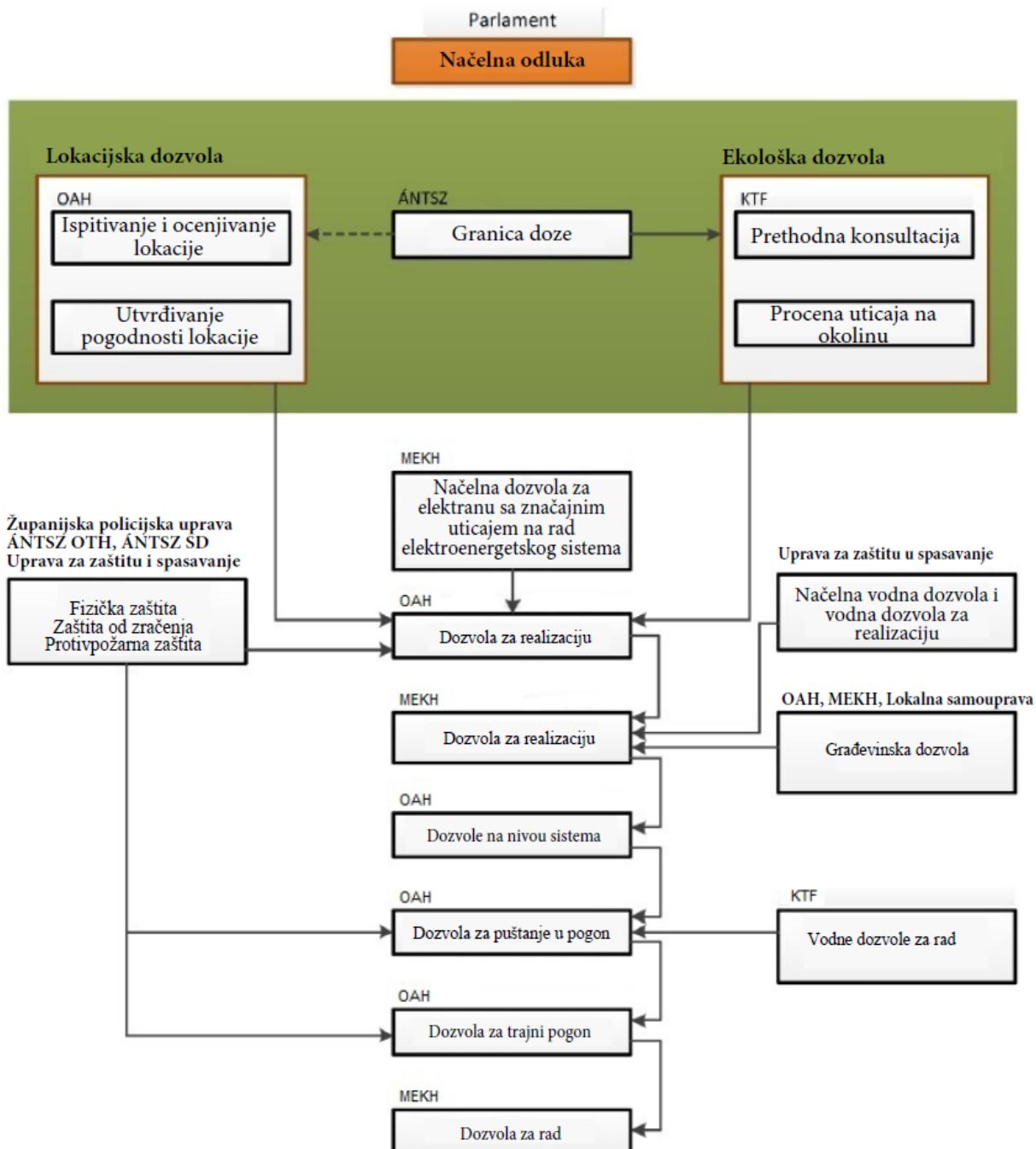
Građevinske dozvole koje spadaju u nadležnost lokalne samouprave

Dobijanje ostalih dozvola i postupci

Fizička zaštita

Postupak prema članu 37. EURATOM-a

Postupak prema članu 41. EURATOM-a



Slika 1. Postupak dobijanja dozvola nuklearne elektrane

1.3 SITUACIJA SA POSTUPKOM DOBIJANJA EKOLOŠKE DOZVOLE ZA PLANIRANE NOVE BLOKOVE

Na osnovu člana 66. stav 1. Zakona o opštim pravilima zaštite životne sredine (zakon broj LIII iz 1995. godine) delatnosti za koje obavezno treba izraditi procenu uticaja na životnu sredinu mogu se započeti samo po pribavljenoj pravosnažnoj dozvoli lokalne nadležne inspekcije za zaštitu životne sredine.

Delatnosti za koje obavezno treba izraditi procenu uticaja na životnu sredinu utvrđene su u prilogu br. 1. Vladine uredbe broj 314/2005. (25.XII.) o proceni uticaja na životnu sredinu i postupku izdavanja integrisane dozvole, gde je pod tačkom 31. upisana nuklearna elektrana, bez ograničenja veličine.

Dakle, preduslov za izgradnju dvaju nuklearnih blokova snage po 1.200 MW_e je izrada procene uticaja na životnu sredinu prema Vladinoj uredbi broj 314/2005. (25.XII), sumiranje rezultata u studiji uticaja na životnu sredinu, sprovođenje postupka pribavljanja ekološke dozvole na osnovu navedenih, te kao konačan rezultat tog procesa, dobijanje ekološke dozvole.

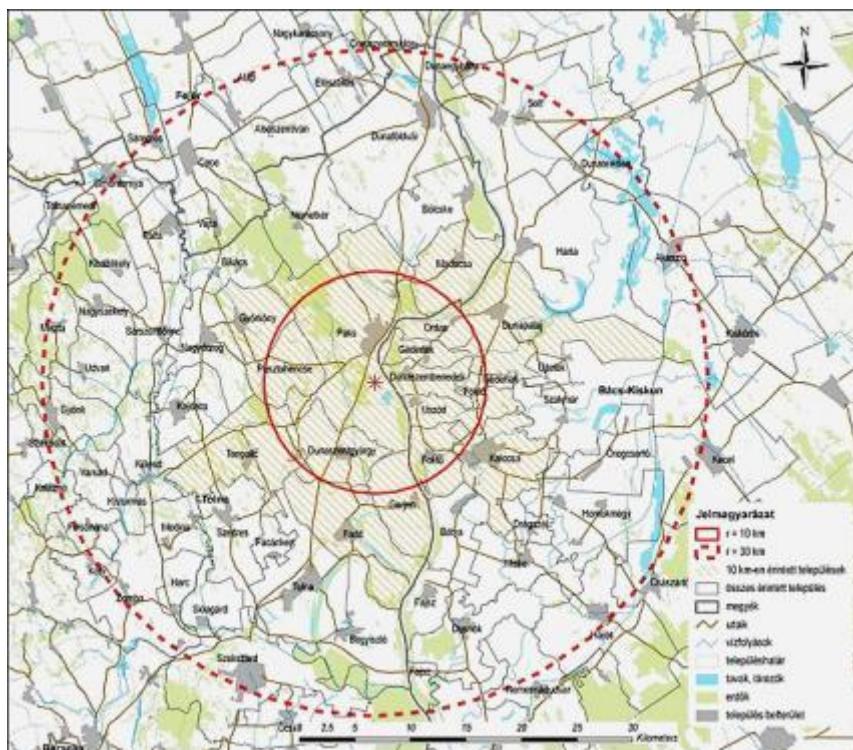
U postupku pribavljanja ekološke dozvole za planirane nove nuklearne blokove na lokaciji u Paksu kao nadležni organ za izdavanje dozvole na području Nuklearne elektrane Paks određena je Inspekcija za zaštitu životne sredine i prirode Južnog Zadunavlja (u dalnjem tekstu: DdKTF).

1.3.1 DOKUMENTACIJA ZA PRETHODNU KONSULTACIJU (DPK) U VEZI 5 MOGUĆIH TIPOVA BLOKOVA

Postupak pribavljanja ekološke dozvole pokrenut je 10. novembra 2012. godine podnošenjem Dokumentacije za prethodnu konsultaciju pod naslovom "MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése" ("MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Izgradnja novih blokova nuklearne elektrane) radni broj: 6F111121 [1]¹ koju je izradilo preduzeće PÖYRY ERŐTERV Energetikai Tervező és Vállalkozó Zrt. (PÖYRY ERŐTERV zatvoreno deoničarsko društvo za projektovanje energetike i za preduzetništvo)

DPK je izrađena na osnovu podataka o 5 tipova blokova koji potencijalno mogu biti instalisani na lokaciji u Paksu.

U DPK-u su obavljena ispitivanja na području poluprečnika 10 km, odnosno 30 km.



Slika 2. Ispitivana područja navedena u DPK-u (10 km, 30 km) [1]

¹ Preuzmite DPK sa internet stranice MVM Paks II. Zrt:
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-HUN.pdf>
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-ENG.pdf>

Jelmagyarázat	Legenda
10 km-en érintett települések	zahvaćena mesta u krugu poluprečnika 10 km
összes érintett település	sva zahvaćena mesta
megyék	županije
utak	putevi
vízfolyások	vodotoci
településhatár	granica naselja
tavak, tározók	jezera, rezervoari
erdők	šume
település belterület	urbanizovani deo naselja

Tokom postupka sprovedenog od strane Inspekcije za zaštitu životne sredine i prirode Južnog Zadunavlja (DdKTVF) primedbe su dali sledeći upravni organi:

Upravni organ	delovodni broj
Stručni upravni organ javnog zdravlja Vladine kancelarije za županiju Tolna	XVII-R-084/01550-2/2012
Odeljenje za zaštitu kulturne baštine u Szekszardu Upravnog odseka Vladine kancelarije za županiju Tolna	II-P-18/184-2/2012
Uprava zaštite bilja i tla Vladine kancelarije za županiju Tolna	26.2/1271-2/2012
Uprava za šumarstvo Vladine kancelarije za županiju Baranya	II-G-033/8061/1/2012
Glavni državni arhitekta Službe za građevinarstvo Vladine kancelarije za županiju Baranya	II-D-15/157-2/2012
Uprava rudnika u Pécsu	PBK/3519-2/2012
Okružni beležnik za naselja Pusztabencse – Györköny	629/2012
Okružni beležnik za naselja Dunaszentgyörgy - Németkér - Gerjen	625-5/2012
Beležnik opštine Bölcse	1985-2/2012
Okružna beležnička služba za opštine Zomba, Harc i Medina, Ispostava u Medini	819-2/2012
Beležnik grada Kalocsa	8350-1/2012/H

Tabela 1. Upravni organi koji su dali primedbe na DPK

Do objave Nalaza i mišljenja primedbe nisu dali:

Okružna služba za katastar nepokretnosti u Paksu Vladine kancelarije za županiju Tolna
Državna uprava za nuklearnu energiju
Beležnik grada Paksa
Okružni beležnik opština Nagydorog, Bikács i Sárszentlőrinc
Okružni beležnik opština Kölesd, Kistormás i Kajdacs
Okružna beležnička služba za opštine Foktő i Dunaszentbenedek
Okružna beležnička služba za opštine Géderlak, Ordas i Uszód
Okružna beležnička služba za opštine Harta i Dunatetétlen
Okružna beležnička služba za opštine Homokmég i Öregcsertő
Okružna beležnička služba za opštine Szakmár i Újtelek
Okružna beležnička služba za opštine Miske i Drágaszél
Okružna beležnička služba za opštine Sióagárd i Fácánkert
Beležnik opština Bogyiszló, Tengelic, Szedres, Fadd, Pálfa, Madocsa, Dusnok, Dunapataj, Bátya, Fajsz, Vajta, Tolna, Cece, Dunaföldvár, Előszállás

Inspekcija DdKTVF je zamolila pravnu pomoć od Uprave za puteve, železnice i plovidbu Nacionalne uprave za saobraćaj zbog dela koji spada u njegov delokrug, tražila je mišljenje od Inspekcije za zaštitu životne sredine, prirode i voda Srednjeg Zadunavlja zbog njene teritorijalne nadležnosti, odnosno dostavila je zahtev za davanje izjave Upravi nacionalnog parka Dunav-Drava. Do izdavanja Nalaza i mišljenja dotični organi nisu dali primedbe niti izjave.

Javnost

Udruženje Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ Egyesület (Udruženje energetski klub, stručno-politički zavod i metodološki centar) je tokom postupka zatražila da mu se prizna pravni status stranke, te da mu se po toj osnovi omogući uvid i davanje primedbi u vezi sa DPK-om. Na osnovu Statuta udruženja DdKTVF je potvrdila pravni status stranke i stavila Udruženju na raspolaganje elektronsku verziju zahteva za konsultaciju. Udruženje Energiaklub do izdavanja Nalaza i mišljenja nije dala primedbe u vezi sa DPK-om.

Tokom postupka u vezi sa prethodnom konsultacijom od strane javnosti nisu pristigle primedbe ni inspekciji DdKTVF niti beležnicima zahvaćenih naselja.

Uzimajući u obzir sve gore navedeno, DdKTVF je 21. decembra 2012. godine izdala Nalaz i mišljenje pod delovodnim brojem 8588-32/2012 u kojem je utvrđeno sledeće:

- izgradnja planirane nuklearne elektrane spada u delatnosti za koje obavezno treba izraditi procenu uticaja na životnu sredinu
- tokom prethodne konsultacije u vezi sa planiranim investicijom - na osnovu dostupnih informacija - inspekcija DdKTFV **nije utvrdila postojanje razloga za** odbijanje zahteva za izdavanje ekološke dozvole.
- studiju uticaja na životnu sredinu treba izraditi prema prilogu 6. i 7. Vladine uredbe br. 314/2005. (25.XII.), odnosno u skladu sa detaljnim sadržajnim zahtevima utvrđenim od strane DdKTFV.
- stručna poglavља studije uticaja na životnu sredinu mogu izraditi samo stručna lica ovlaštena za veštačenje.

DdKTFV je skrenula pažnju da Nalaz i mišljenje sadrži njena sopstvena stanovišta od kojih primedbe upravnih organa uključenih u postupak mogu odstupati.

Međunarodni postupak

Izgradnja nuklearne elektrane je uređena Vladinom uredbom br. 148/1999. (13.X.) o potvrđivanju Konvencije o proceni uticaja na životnu sredinu preko državnih granica, potpisane u Espoo-u (Finska) 26. februara 1991. godine, odnosno Direktivom broj 85/337/EEZ o proceni uticaja određenih javnih i privatnih projekata na životnu sredinu, izmenjenom i dopunjrenom direktivama Evropske Zajednice br. 97/11/EZ, 2003/35/EZ i 2009/31/EZ.

U cilju pokretanja međunarodnog postupka – prema Espoo konvenciji - DdKTFV je prosledila DPK i njene prevode Odseku očuvanja životne sredine Ministarstva ruralnoga razvoja (VM), koje je o tom postupku obavestilo 30 zemalja. U sledećoj tabeli su navedene izveštene zemlje i njihovo stajalište u vezi sa postupkom:

Izveštena potencijalno uključena strana	Učešće	Izjava o nameri učestvovanja	Primedbe
Austrija	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Belgija	nema podatka		
Bugarska	nema podatka		
Kipar	Ne	ne želi učestvovati	
Češka	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Danska	nema podatka		
Estonija	Ne	ne želi učestvovati	
Finska	nema podatka		
Francuska	nema podatka		
Grčka	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Holandija	nema podatka		
Hrvatska	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Irska	nema podatka		
Poljska	Ne	ne želi učestvovati	
Letonija	nema podatka		
Litva	nema podatka		
Luksemburg	nema podatka		
Malta	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Nemačka	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Italija	nema podatka		
Portugal	nema podatka		
Rumunija	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Španija	Ne	ne želi učestvovati	
Švajcarska	nema podatka		
Švedska	nema podatka		
Srbija	nema podatka		
Slovačka	Da	želi učestvovati	poslala primedbe
Slovenija	Da	želi učestvovati	nije poslala primedbe
Ujedinjeno Kraljevstvo	nema podatka		
Ukrajina	Da	želi učestvovati	nije poslala primedbe

Tabela 2. Zemlje upitane tokom međunarodnog postupka

Iz ostalih zemalja pristiglo je približno 15 hiljada pisama, postavljena pitanja i primedbe u njima mogu se razvrstati u 10 glavnih tema:

Teme	
1	Primedbe vezane za energetsku strategiju
2	Primedbe u vezi sa teškim udesima i tehnološkim poremećajima
3	Pitanja u vezi sa nuklearnom bezbednošću
4	Primedbe u vezi sa odgovornošću za nuklearne štete

5	Prikaz uticaja na životnu sredinu tokom čitavog gorivnog ciklusa
6	Primedbe na upravljanje radioaktivnim otpadom
7	Zbirni uticaji dva novih blokova, odnosno uticaj nove nuklearne elektrane na staru
8	Primedbe na sadržaj studije uticaja na životnu sredinu
9	Privredna stajališta
10	Primedbe po ostalim temama

Tabela 3. Teme pitanja postavljenih u međunarodnom postupku.

Odgovori na određene grupe pitanja nalaze se u Međunarodnom poglavljiju.

1.3.2 STUDIJA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU (SUŽS) NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II

Cilj prethodne procene uticaja na životnu sredinu (PUŽS) planirane nuklearne elektrane Paks II na lokaciji u Paksu je određivanje i ocenjivanje ekoloških uticaja na pojedine činioce i sisteme životne sredine planirane nuklearne tehnologije u zavisnosti od njihovog stanja i opteretivosti.

Ukoliko se ovim ispitivanjima obavljenim prema utvrđenim uslovima, ni za jedan činilac ili sistem prirodne sredine ne ustanovi opterećenje preko mera dozvoljene zakonskim propisima odnosno stručnim stajalištima, u tom slučaju će se – u pogledu ekološke zaštite – *odobriti izgradnja i puštanje u pogon planiranih blokova snage 2x1.200 MW*.

1.3.2.1 Ispitivanja sadašnjeg stanja

Zbog pribavljanja podataka za procenu uticaja na životnu sredinu, u cilju ispitivanja postojećeg stanja okoline odnosno kvalifikovanja i ocenjivanja osnovnog stanja na osnovu tog ispitivanja, na lokaciji za izgradnju planiranih nuklearnih blokova kao i na područjima određenim na osnovu prethodno procenjenih uticajnih područja, 1. marta 2012. godine započeta su ispitivanja i analize u sledećim temama:

- I. Opis lokacije
- II. Meteorološke karakteristike
 - a) Meteorologija
 - b) Mikro i mezo klima u okolini lokacije
- III. Opis geološke sredine, podzemnih i nadzemnih voda
 - a) Karakteristike geološkog okruženja
 - b) Prikaz i ekološke karakteristike podzemnih voda
 - c) Hidrološke karakteristike lokacije
 - d) Stanje Dunava i ostalih nadzemnih voda
 - e) Stanje korita i obale Dunava
- IV. Opšta karakterizacija radioaktivnosti sredine
- V. Utvrđivanje stanja izloženosti buci i vibracijama
- VI. Utvrđivanje kvaliteta vazduha
- VII. Utvrđivanje stanja živog sveta
 - a) Izloženost živog sveta zračenju (osim izloženosti ljudi)
 - b) Obavljanje uzornih ispitivanja biomonitoringa
- c) Opis stanja stanovništva
 - a) Određivanje nivoa izloženosti stanovništva zračenju
 - b) Utvrđivanje zdravstvenog stanja stanovništva u okolini lokacije

2012. godine završena su merenja, ispitivanja i analize početnog stanja na kojima se zasniva procena uticaja na životnu sredinu, te je zajednički datum njihovog završetka 2012. godina. Jedini izuzetak je završni datum podataka korišćenih u meteorološkim analizama, a to je 2010.

Godina 2012. bila je veoma sušna. Rezultati biomonitoringa pokazuju na ekstremnu sušu u posmatranoj godini. Kako bi se utvrdilo početno stanje živog sveta i u periodu koji nije bilo toliko sušno, trebalo je obaviti biomonitoring i u 2013. godini. Iz tog razloga su i merenja za period visokog vodostaja Dunava obavljena 2013. godine.

U svim slučajevima kada su i nakon toga, u 2013. godini obavljena ispitivanja na licu mesta ili ako su analize izrađene kasnije (merenja visokog vodostaja Dunava, analize podataka bunara za praćenje podzemnih voda), završni datumi su naznačeni kod pojedinih stručnih oblasti.

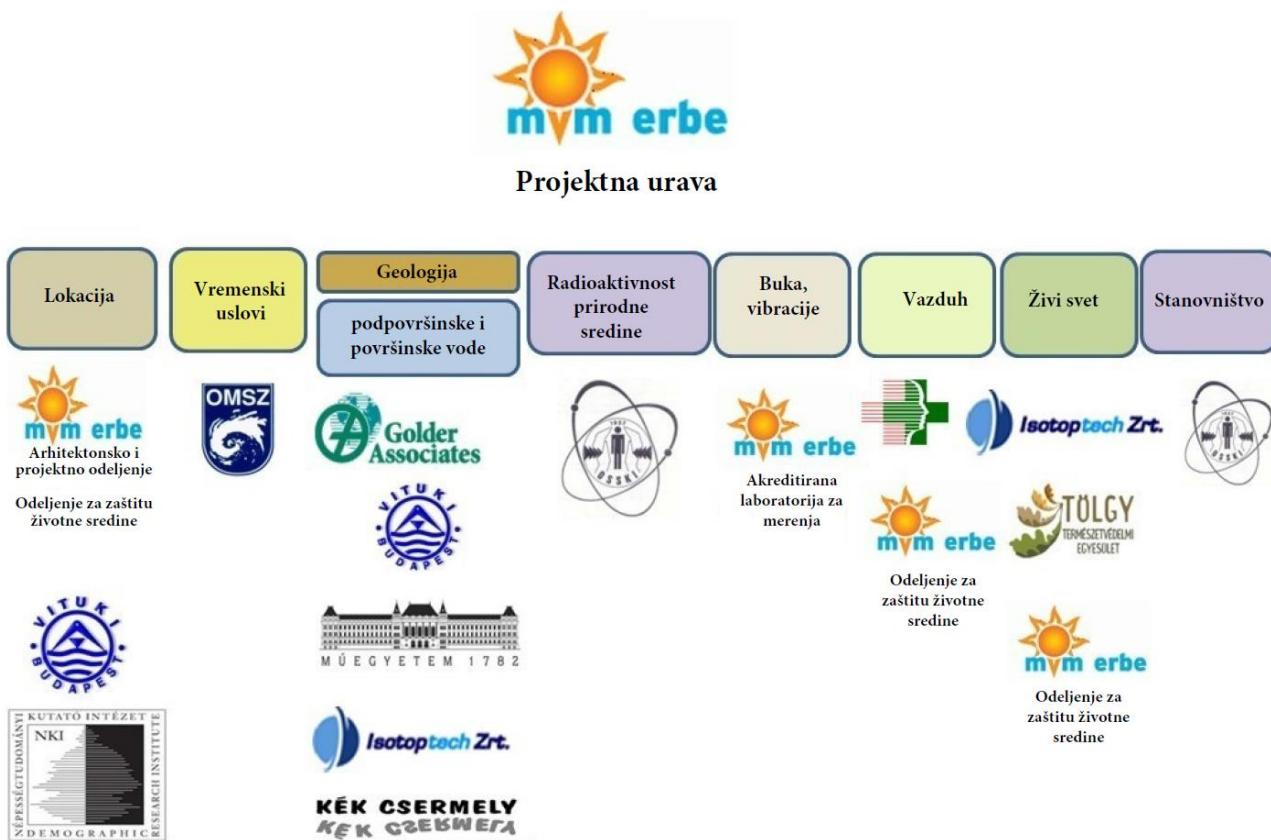
Područja ispitivanja

Tokom ispitivanja polaznog stanja obavljenih 2012-2013. godine za područje osnovnih ispitivanja životne sredine uzeli smo teritoriju u krugu poluprečnika 30 km mereno od centralne tačke lokacije novih blokova. Većina pojedinih stručnih ispitivanja obavljena je unutar tog područja. Izuzeci su područja ispitivanja Dunava, pojedine teme ispitivanja u različitom obimu, a neka ispitivanja smo sprovedeli duž celog toka Dunava kroz Mađarsku.

Pretpostavljeno područje uticaja očekuje se unutar kruga poluprečnika 10 km, pa su i detaljna ispitivanja sprovedena unutar tog područja. Zbog toga su i ispitivanja polaznog stanja na područjima Natura 2000 koji se nalaze van toka Dunava, sprovedena na toj teritoriji.

Na prepostavljenom području neposrednog uticaja u krugu poluprečnika 3 km obavili smo detaljni biomonitoring odnosno upisali smo vegetaciju u kartu. Merenja osnovnog stanja zagađenosti vazduha tokom jedne cele godine takođe su obavljene na području neposrednog uticaja, u skladu sa položajem tačaka koje treba zaštитiti. Na istom području su obavljena i merenja buke i vibracija. Terenska ispitivanja u cilju utvrđivanja karakteristika područja, kao i opis stanja geološke sredine i podzemnih voda obavljena su na planiranoj lokaciji izgradnje i u njenoj neposrednoj okolini.

U izradi i izvršenju programa ispitivanja i analiza na osnovu kojih će se vršiti procena uticaja na životnu sredinu učestvovalo su sledeće stručne organizacije:



1.3.2.2 Sistem tehničkih kriterijuma procene uticaja na životnu sredinu i situacioni plan

Sistem tehničkih kriterijuma procene uticaja na životnu sredinu odnosno situacioni plan razrađeni do nivoa detalja potrebnih u sadašnjoj fazi planiranja, u cilju procene uticaja na životnu sredinu Nuklearne elektrane Paks II izradilo je preduzeće MVM ERBE Zrt. na osnovu podataka prethodno pribavljenih od dobavljača blokova, publikovanih podataka nuklearnih elektrana u izgradnji, javnih baza podataka, prezentacija i referentnih podataka već izgrađenih sličnih blokova, uzimajući za osnovu maksimalne vrednosti emisije koje prouzrokuju najveća opterećenja životne sredine, odnosno podatke operativne nuklearne elektrane u Paksu.

Na situacionom planu su zgrade i objekti razmešteni na osnovu tehnoloških stajališta, uzimajući u obzir prostorno najzahtevnije tehnološke jedinice. Karakteristike objekata su utvrđene na osnovu podataka dobijenih od dobavljača, odnosno polazeći od podataka o konstrukcijama već postojeće nuklearne elektrane.

Kako je u DPK-u i prikazano, za način hlađenja odabrana je i detaljno analizirana primena hlađenja svežom vodom. U odnosu na DPK promenilo se mesto zahvatanja dunavske vode, odnosno mesto i način puštanja zagrejane vode u Dunav.

Za određivanje prepostavljene tehnologije izvođenja radova osnovne polazne podatke pružale su slojevi u buštinama izvedenim proteklih godina u cilju zaštite životne sredine, te su ovi podaci uzeti u obzir prilikom procene potrebne dubine fundiranja. Svi objekti smešteni na gradilištu će se kasnije morati dimenzionisati u pogledu zaštite od požara i otpornosti na zemljotres, osim toga, kod određenih objekata moraju se još uzeti u obzir i drugi specijalni aspekti dimenzionisanja, kao na primer dimenzionisanje za minimalizaciju posledica udara aviona, dimenzionisanje zaštite od zračenja, buke i vibracija, izgradnja postrojenja za otklanjanje šteta zbog zaštite geološke sredine i podzemnih voda.

Dokumentacija za dobijanje građevinske dozvole sa statičkim i arhitektonskim projektima zgrada i objekata izradiće se nakon upoznavanja sa rezultatima bušotina izvedenih u programu geoloških istraživanja, odnosno rezultatima raznih geoloških ispitivanja i konkretnih geomehaničkih analiza.

Na osnovi gore iznetih, u kasnijim fazama rada može doći do odstupanja u rasporedu i dimenzijama objekata zbog funkcionalnih, građevinsko-fizičkih, konstrukcionih, protivpožarnih razloga, otpornosti na zemljotres, odnosno za sada eventualno još nepoznatih aspekata dobavljača.

Nužne volumene snabdevanja odredili smo na osnovu tehničkih rešenja i osnovnih podataka, odnosno na osnovu situacionog plana izrađenog za potrebe PUŽS. Trase transporta još nisu poznate, konkretan organizacioni plan izradiće se tokom izrade izvođačkog projekta, smer i veličina transporta, karakteristike kretanja unutar područja biće konkretizovane u toj fazi planiranja. Tokom postupka PUŽS izradili smo proračune za sve moguće varijante transportnih trasa i to u krugu poluprečnika 25 km kako je to propisima određeno.

Proces i okolnosti obustave rada, stavljanja van pogona, odnosno demontaže elektrane Paks II – imajući u vidu minimalni planirani radni vek blokova od 60 godina – za sada se ne mogu odrediti.

1.3.2.3 Procena uticaja na životnu sredinu (PUŽS) – Studija uticaja na životnu sredinu (SUŽS)

Višemesecni postupak procene uticaja na životnu sredinu Nuklearne elektrane Paks II sproveden je na osnovu sistema tehničkih kriterijuma i situacionog plana iz marta 2014. godine.

U studiji uticaja na životnu sredinu (SUŽS) koja prikazuje i rezimira obavljenu procenu uticaja na životnu sredinu Paks II odabrana je jedna tehnologija od mogućih varijanti navedenih u dokumentaciji za prethodnu konsultaciju, te je obavljeno ispitivanje u pogledu procene značajnog uticaja na okolinu odabrane ruske nuklearne tehnologije sa njenim glavnim vezama, zahvatanjem rashladne vode i puštanjem zagrejane vode u Dunav, odnosno blokovskim kablovima za prenos proizvedene električne energije, uzimajući u obzir i preporuke iz Nalaza i mišljenja o DPK-u.

Studijom uticaja na životnu sredinu nisu obuhvaćena privredna ili investiciona pitanja u vezi sa izgradnjom planiranih blokova.

Studijom uticaja na životnu sredinu Paks II razmatrani su procesi i uticaji prouzrokovani faktorima i radnim postupcima u raznim fazama investicije u pogledu pojedinih činilaca odnosno sistema životne sredine, koliko se ti uticaji proširuju, odnosno na kom prostoru dolazi do njihovog uticaja.

Sadržaj studije uticaja na životnu sredinu određen je na osnovu opšthih opisa datih u prilozima broj 6. i 7. Vladine uredbe br. 314/2005. (25.XII.) o proceni uticaja na životnu sredinu i postupku izdavanja integrisane dozvole.

broj 6 – Osnovni zahtevi u pogledu sadržaja studije uticaja na životnu sredinu

broj 7 – Određivanje područja uticaja pri izradi studije uticaja na životnu sredinu

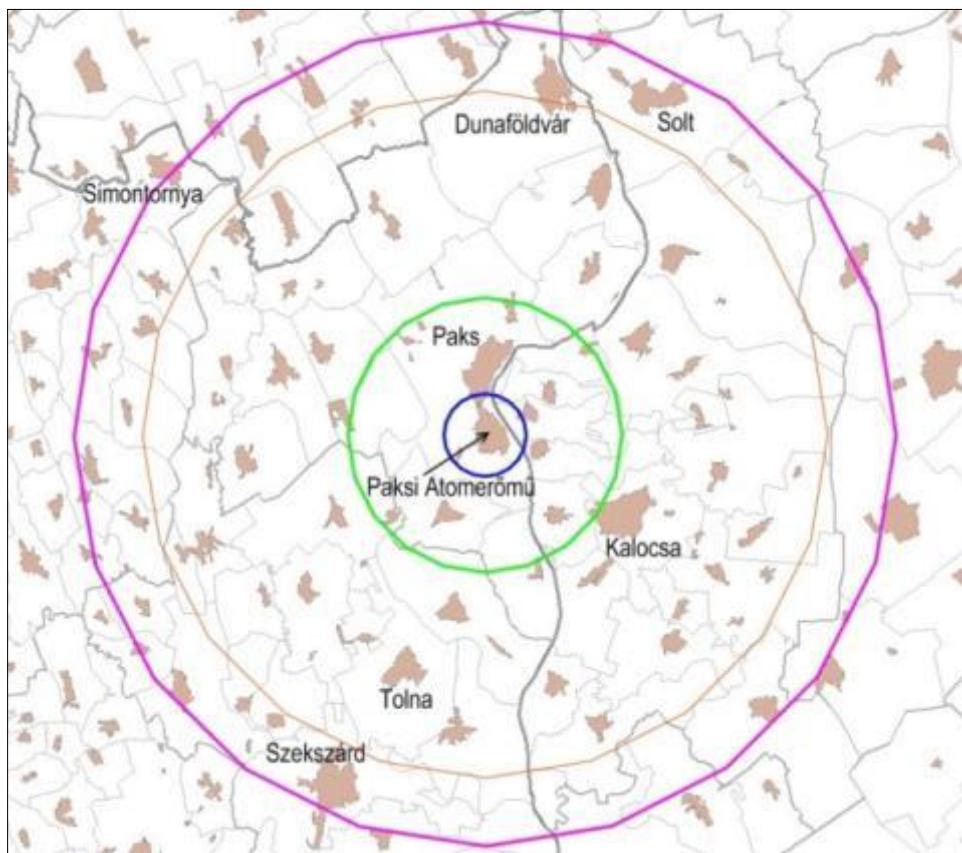
Ispitivanja za postupak PUŽS odnosno za izradu SUŽS-a na osnovu tih rezultata obavljene su za parametre koji prouzrokuju najveća opterećenja životne sredine za pojedine činioce odnosno sisteme sredine – uzimajući u obzir stvarno osnovno stanje životne sredine na lokaciji u Paksu.

Studija uticaja na životnu sredinu Paks II prikazuje, odnosno ispituje sledeće teme:

- ❖ detaljan prikaz planirane nuklearne investicije, osnovni tehnički podaci
- ❖ opis odabrane lokacije izgradnje, njenog užeg i šireg okruženja, mesto obavljanja delatnosti i prostorni zahtevi, prikaz situacionog plana
- ❖ prikaz ranije ispitivanih, mogućih varijanti
- ❖ utvrđivanje i izračunavanje ekoloških uticaja nuklearne tehnologije na pojedine činioce i sisteme životne sredine
- ❖ prostorno određivanje granica područja uticaja planirane investicije
- ❖ prikaz prekograničnih uticaja na životnu sredinu

Na osnovu iznetih, struktura studije uticaja na životnu sredinu Paks II obuhvata sledeća glavna poglavља:

- 1 *Osnovne informacije o planiranom proširenju*
- 2 *Prognoze i strategije u vezi sa planiranim proširenjem*
- 3 *Opšti prikaz nuklearne energetike*
- 4 *Opis lokacije za izgradnju*
- 5 *Mogući načini hlađenja kondenzatora novih nuklearnih blokova*
- 6 *Karakteristike i osnovni podaci Nuklearne elektrane Paks II planirane na lokaciji u Paksu*
- 7 *Priključenje na elektroenergetsku mrežu Madarske*
- 8 *Potencijalni uticajni faktori i potencijalne matrice uticaja*
- 9 *Društveno-privredni uticaji*
- 10 *Karakteristike klime Paksa u krugu poluprečnika 30 km*
- 11 *Modeliranje morfoloških promena korita Dunava i toplotnog opterećenja Dunava*
- 12 *Ispitivanje kvaliteta vode Dunava i ostalih površinskih voda prema Okvirnoj direktivi o vodama*
- 13 *Geološka sredina i podzemne vode na lokaciji i u neposrednoj okolini*
- 14 *Geološka sredina i podzemne vode u dolini Dunava ispod Paksa*
- 15 *Buka i vibracije*
- 16 *Vazduh okruženja*
- 17 *Neradioaktivni otpad*
- 18 *Živi svet, ekosistem*
- 19 *Radioaktivni otpad i isluženi gorivni elementi*
- 20 *Radioaktivnost prirodne sredine – izloženost stanovništva zračenju u okolini lokacije*
- 21 *Izloženost živog sveta zračenju u okolini lokacije*
- 22 *Obuhvatne matrice uticaja i zbirna područja uticaja*



Paksi Atomerőmű – Nuklearna elektrana u Paksu
plavi krug: procenjeno područje neposrednog uticaja
zeleni krug: procenjeno područje posrednog uticaja
ljubičasti krug: područje ispitivanja za opšte karakteriziranje
narandžasti krug: područje ispitivanja uticaja transporta - u krugu poluprečnika 25 km

Slika 3. Različita područja ispitivana u postupku PUŽS-a [2], [3]

1.3.3 OBAVEŠTAJNE DELATNOSTI PREDUZEĆA MVM PAKS II ZRT.

MVM Paks II d.d. za proširenje nuklearne elektrane pokrenulo je seriju programa pod naslovom „Poduhvat naše budućnosti – informativni program za preduzetnike“ sa ciljem da informiše mala, srednja i velika preduzeća o ovoj investiciji, o bezbednosnim zahtevima nuklearne industrije, o specijalnim tehničkim izazovima, o preporučenom pripremnom procesu, o potrebnim dozvolama, kvalifikovanjem.

Obavešteni su gradonačelnici zahvaćenih naselja, informisano je stanovništvo putem interaktivnog informacionog kamiona čiji je zadatak da kao centar za posetioce, upozna stanovništvo Mađarske sa nuklearnom energijom, njenim značajem, bezbednom i ekološko ispravnom primenom, važnošću njene uloge u domaćoj proizvodnji električne energije. Materijali za informisanje stanovništva o pojedinostima investicije, zadacima za pribavljanje dozvole i istraživanje lokacije izrađeni su u pripremnoj fazi projekta i dostavljeni u svako domaćinstvo u okolini lokacije. Izradu takvih informacionih materijala planiramo i u budućim fazama izgradnje.

Zainteresovanima smo na Budimpeštanskom tehničkom i ekonomskom fakultetu održali priredbu pod naslovom „Kako se gradi Paks II – Forum o održavanju kapaciteta nuklearnih elektrana“, gde smo detaljno prikazali planiranu investiciju, a dali smo informacije i na brojnim drugim prezentacijama i naučnim forumima o aktuelnostima investicije.

Informacije o aktivnostima koji su u toku redovno dajemo i na međunarodnim forumima, najvažnija takva priredba je austrijsko-mađarski službeni bilateralni forum o nuklearnom usaglašavanju koji se organizuje svake godine.

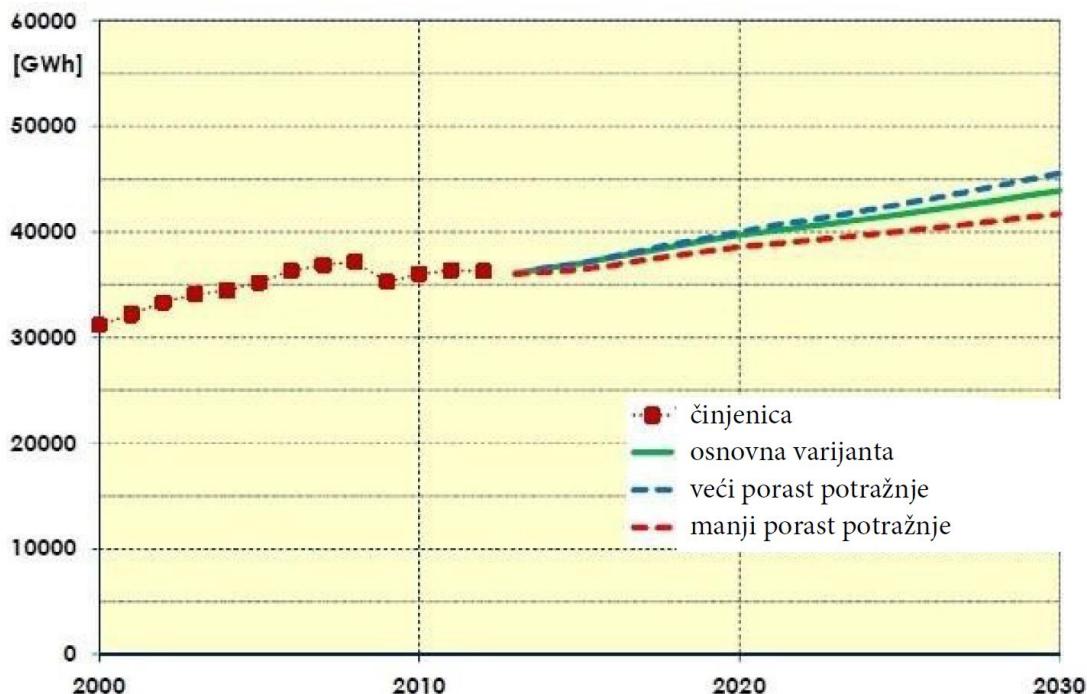
2 PROGNOZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U MAĐARSKOJ

Dugoročna prognoza promena u potrošnji električne energije u Mađarskoj spada među važne utvrđene zadatke preduzeća Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénnytársaság (MAVIR Zrt.) (Mađarski operator prenosnog sistema električne energije zatvoreno d.d.). Operator sistema mora proceniti buduću potrošnju električne energije, a pored toga mora pratiti promene u energetskom bilansu na nivou sistema, kapacitetu elektrana, javnoj električnoj mreži i potrošnji.

2.1 PROGNOZA DOMAĆE POTREBE ZA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM DO 2030. GODINE

Prognoza potrošačkih potreba, odnosno prikaz srednjeg i dugoročnog razvoja kapaciteta domaćeg sistema električne energije samostalna je nauka od 2012. godine koja se zasniva na proučavanju podataka potrošene električne energije i opterećenja sistema u proteklim godinama, na prognozama rasta privrede dobijenih od institucija za istraživanje privrede. Kratkoročna prognoza za period do 2018. godine uzima za osnovu kratko i srednjoročne prognoze MAVIR-a, a za period do 2030. godine zasnivaju se na prognozama u dokumentu pod naslovom Nacionalna strategija 2030.

MAVIR je 2013. godine izradilo prognozu o potrebama potrošača do 2030. godine koja sadrži tri moguća scenarija prikazanih na donjoj slici.



Slika 4. Očekivane promene u neto potrošnji električne energije do 2030. godine [2-1]

Osnovna verzija koja je u skladu sa strateškim ciljevima (na prikazu označena zelenom bojom) za period iz 2014. godine predviđa prosečnu stopu rasta neto potrošnje električne energije od 1,5 % godišnje, a od 2020. godine nešto umereniji rast. Pored osnovne verzije prikazana je i **varijanta sa većim rastom potražnje (označena plavom bojom)** koja za period između 2014. i 2020. godine prognozira godišnje povećanje od 1,4 do 1,7 % godišnje koje će do 2030. godine smanjiti na 1,4 % godišnje. U odnosu na osnovnu, **verzija sa manjim rastom potražnje** (označena crvenom bojom) za period između 2014. i 2020. godine predviđa rast potražnje od 1 % godišnje, koja će do 2030. godine pasti na rast potražnje od 0,8 % godišnje.

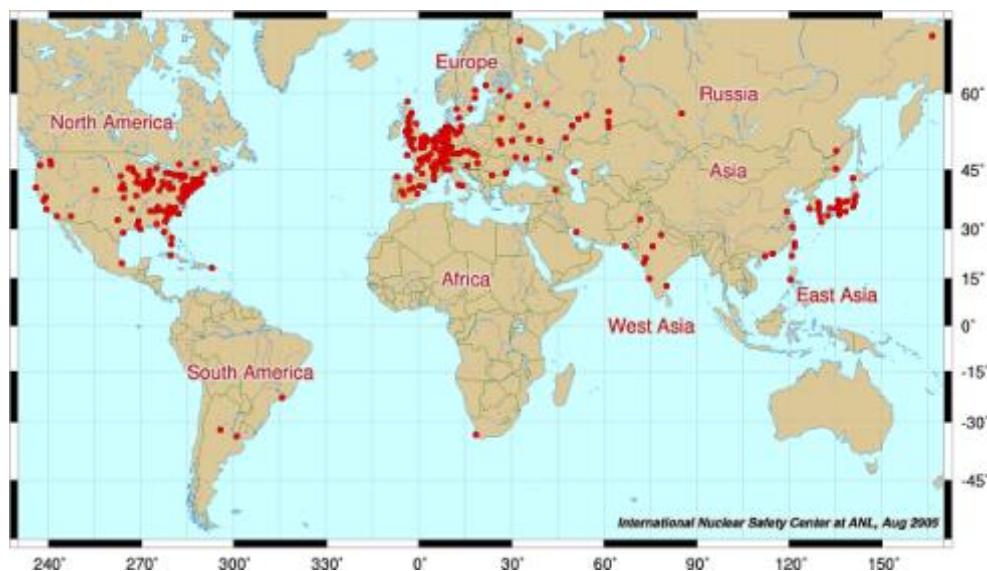
Za 2020. godinu (prema osnovnoj varijanti) predviđa se neto potrošnja električne energije od oko 40 TW_h, a do 2030. godine može dostići i do 44 TW_h.

Ukupna potrošnja električne energije (uzimajući u obzir i sopstvenu potrošnju domaćih elektrana kao i gubitke u sistemu) 2020. godine može dostići do 47,6 TW_h, a do 2030. godine - prema osnovnoj varijanti – do 54,7 TW_h.

3 OPŠTI PRIKAZ NUKLEARNE ENERGETIKE

3.1 PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NUKLEARnim ELEKTRANAMA U SVETU

U 2012 godini proizvodnja električne energije u svetu iznosila je 22.668 TWh, od toga je nuklearna proizvodnja bila 2.461 TWh, odnosno u nuklearnim elektranama je proizvedeno 10,9% električne energije (izvor: IEA: Key World Energy Statistics 2014). Nuklearne elektrane obično imaju značajniju ulogu u sistemu električne energije u razvijenim zemljama, odnosno koncentrisane su u Evropi, Severnoj Americi i Japanu.



Slika 5. Prostorni raspored nuklearnih elektrana u svetu [4]



Slika 6. Prostorni raspored nuklearnih elektrana u Evropi [5]

Od 434 trenutno operativnih nuklearnih blokova većina (62,2 %) su reaktori sa vodom pod pritiskom (PWR). I kod elektrana čija je izgradnji u toku, vidi se prevladavanje reaktora sa vodom pod pritiskom (82,6 %).

3.2 OPŠTI PRIKAZ REAKTORA SA VODOM POD PRITISKOM (PWR)

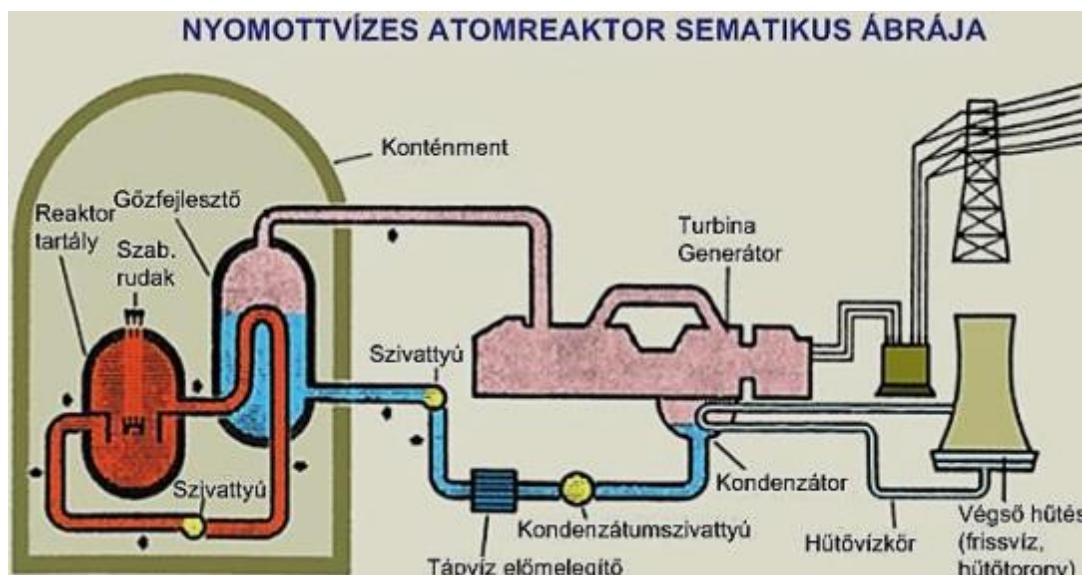
3.2.1 PROCES PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U BLOKOVIMA SA PWR REAKTORIMA

Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama zasniva se na kontrolisanoj i samopodržavajućoj lančanoj reakciji cepanja (fisije) jezgra atoma. Oslobođena energija je vrlo velika: cepanjem 1 grama ^{235}U oslobađa se energija koja odgovara energiji dobijenoj sagorevanjem oko 3 tone vrlo kvalitetnog uglja. Oslobođena energija konstantno povećava temperaturu gorivih tableta, te da bi proizvodnja energije bila kontinualna i održiva, ovu toplotu treba odvesti. Za odvod toplote služi rashladni medijum, koji je u slučaju PWR reaktora obična (laka) voda (H_2O). Odvedena toplotna energija služi za proizvodnju električne energije.

Nuklearne elektrane sa vodom pod pritiskom sastoje se od dva zatvorena kola: primarnog i sekundarnog.

Delovi **primarnog kola** su nuklearni reaktor hlađen i moderiran običnom vodom pod pritiskom, glavno rashladno kolo, cirkulacione pumpe glavnog rashladnog kola, cevni izmenjivači topline generatora pare i pumpa za podizanje pritiska. Zaštitna reaktorska posuda je valjkasta posuda pod pritiskom sa poluloptastim dnom i poluloptastim poklopcom koji se može skinuti i u kojem se nalazi jezgro reaktora (aktivna zona). Osim navedenih, nuklearnom uređaju za proizvodnju pare, to jest reaktoru, pripadaju mnogobrojni pomoći tehnološki sistemi koji služe za bezbednost, povećanje efikasnosti elektrane i kontinualno čišćenje vode u krugu. Glavno rashladno kolo prima toplotu koja se oslobađa u aktivnoj zoni, prenosi je do generatora pare gde je predaje sekundarnom kolu. Glavni zadatak generatora pare je da toplotu nastalu u reaktoru, prenetu pomoću nosioca topline iskoristi za proizvodnju pare prikladne za pokretanje turbina. Ovo postrojenje je valjkasta posuda sa izmenjivačima topline i ugrađenim separatorom pare, smeštena uspravno ili vodoravno u hermetičkom prostoru u kontejnментu.

Glavni delovi **sekundarnog kola** su elementi generatora pare na strani napojne vode, glavni parni sistem, elementi turbine niskog ili visokog pritiska, kondenzator i delovi sistema napojne vode. Zadatak sekundarnog kola je pretvaranje energije pare proizvedene u generatorima pare u kružno kretanje za pogon generatora. Nakon obavljenog rada iskorisćena para se u kondenzatorima pretvara u vodu (kondenzacija) primenom rashladnog medija koji - zavisno od uslova na lokaciji - može biti morska voda, rečna voda ili - u slučaju rashladnih tornjeva - vazduh.



Slika 7. Opšta šematska struktura PWR reaktora (6)

NYOMOTTVÍZES ATOMREAKTOR SEMATIKUS ÁBRÁJA	ŠEMATSKI PRIKAZ NUKLEARNOG REAKTORA SA VODOM POD PRITISKOM
Reaktortartály	Zaštitna reaktorska posuda
Gőzfejlesztő	Generator pare
Szab. rudak	Kontrolni štapovi
Szivattyú	Pumpa
Konténment	Kontejment
Turbina Generátor	Turbina, Generator
Tápvíz előmelegítő	Predgrijajući napojne vode
Kondenzáturnszivattyú	Pumpa za odvod kondenzata
Kondenzátor	Kondenzator
Hűtővízkör	Rashladno kolo
Végső hűtés (frissvíz, hűtőtorony)	Krajnje hlađenje (sveža voda, rashladni toranj)

3.2.1.1 Gorivo

Nuklearno gorivo je smešteno u tzv. aktivnoj zoni, u jezgru reaktora.

Uranijum se u prirodi javlja u obliku dva izotopa: izotop ^{235}U kod kojeg se fisija može izazvati neutronima niske energije (tzv. termički neutroni) (u prirodnom uraniju se ovaj izotop pojavljuje u 0,72 %), odnosno izotop ^{238}U kod kojeg se fisija može izazvati neutronima visoke energije (tzv. brzi elektroni) (u prirodnom uraniju se pojavljuje u 99,275 %). Samopodržavajuću lančanu reakciju u reaktorima od čistog ^{238}U goriva nije moguće izvesti.

PWR reaktori u načelu koriste gorivo na bazi obogaćenog uranijuma (UO_2), koji se danas koristi i u Nuklearnoj elektrani Paks. Dobija se obradom i obogaćivanjem sirovog uranijuma.

3.2.2 TIPIČNI OBJEKTI BLOKOVA TIPOA PWR

3.2.2.1 Glavni objekti

NUKLEARNO OSTRVO

Kontejnment: U cilju bezbednosti rada, sistemi primarnog kola (npr. kod tipova EPR-1600 i VVER-1200) smešteni su u kontejnment sa dvostrukim zidom. Zadatak unutrašnjeg kontejnmenta je da zadržava radioaktivne materije oslobođene usled eventualnih projektom predviđenih smetnji, odnosno za odvodnjavanje oslobođene toplote.

Unutrašnji kontejnment je obuhvaćen zaštitnom zgradom izgrađenom od armiranog betona, koja pruža pojačanu zaštitu od spoljašnjih uticaja (npr. jači zemljotres, udar aviona, poplava).

Objekti bezbednosnog sistema: Radi višestruke redundantnosti u nuklearnim elektranama se nalazi više bezbednosnih sistema (npr. rashladni sistem za slučaj pogonskih incidenta u jezgru reaktora), od kojih za sanaciju poremećaja dovoljno je da samo jedan sistem funkcioniše ispravno. Da bi ovi sistemi bili prostorno odvojeni na odgovarajući način, smešteni su u posebnim zgradama ili delovima zgrada.

Pomoći objekat: tu su smešteni pomoći sistemi primarnog kola.

Objekat za nuklearno održavanje: objekat za obavljanje poslova održavanja vezanih za primarno kolo, odnosno za dekontaminaciju.

Objekat za upravljanje otpadom: tu se vrši upravljanje radioaktivnim tečnim i čvrstim materijama, nastalim tokom rada bloka.

Objekat za gorivo: služi za tretman i skladištenje novog i isluženog nuklearnog goriva.

OSTRVO TURBINE

Turbinska zgrada: u turbinskoj zradi se nalazi oprema sekundarnog kola koja paru proizvedenu u generatoru pare pretvara prvo u mehaničku a zatim u električnu energiju, odnosno paru koja izlazi iz turbine kondenzuje i vraća u generator pare.

Pogon za obradu vode: služi za snabdevanje primarnog i sekundarnog kola dodatnom vodom odgovarajućeg kvaliteta i količine.

Kontrolna prostorija sa električnim prekidačima: Zgrada u kojoj su smeštene električni prekidači, uređaji tehnike upravljanja i uređaji komunikacije.

Transformatorski prostor: služi za spoljašnji smeštaj blokovskih transformatora i drugih transformatora elektrane.

3.2.2.2 Prateći objekti

- ✓ **Privremeno skladište isluženih gorivih elemenata:** služi za privremeno odlaganje gorivnih elemenata istrošenih tokom rada nuklearne elektrane (pre eventualne dalje obrade ili konačnog smeštaja bez obrade).
- ✓ **Dizel agregat:** dizel agregati koji obezbeđuju napajanje naizmeničnom strujom u slučaju udesa tokom rada (nalaze se u posebnim zgradama radi odgovarajuće fizičke odvojenosti).

- ✓ *Zdravstvena stanica:* objekat u kojem se nalazi zdravstveni centar, pristupni sistem na strani primarnog kola, odnosno kancelarije za obavljanje poslova u primarnom kolu.
- ✓ *Postrojenje za zahvat vode:* snabdeva elektranu potrebnom količinom industrijske vode. Najveći deo vode zahvaćene iz Dunava koristi se za hlađenje kondenzatora.
- ✓ *Skladište hemikalija:* Objekat u kojem su uskladištene hemikalije potrebne za rad.
- ✓ *Skladište industrijskih gasova:* Objekat u kojem su uskladišteni gasovi potrebni za rad.
- ✓ *Objekti održavanja:* zgrade za poslove održavanja vezanih za sekundarno kolo.
- ✓ *Protivpožarni objekti:* obuhvata zgradu vatrogasne ispostave na području elektrane, vodu za gašenje i protivpožarni sistem.
- ✓ *Električna podstanica:* obezbeđuje dospevanje električne energije proizvedene generatorima u osnovnu mrežu države.
- ✓ *Skladište otpada:* služi za odlaganje neradioaktivnog otpada nastalog u nuklearnoj elektrani.
- ✓ *Skloništa:* u vanrednim situacijama služi za zaštitu zaposlenih i osoblja koje otklanja opasnost.
- ✓ *Istaknuta skloništa (sa rezervom):* u slučaju opasnosti služi za obezbeđivanje uslova rada osoblju koje rukovodi sanacijom i osoblju koje radi na otklanjanju opasnosti.
- ✓ *Sistemi monitoringa prirodne sredine:* sadrži sisteme za uzimanje i merenje uzoraka iz životne sredine.
- ✓ *Infrastrukture:* tu spadaju prilazni putevi do elektrane, železničke pruge, vodovi pijaće vode odnosno kanalizacije za odvod otpadnih voda iz elektrane.
- ✓ *Sistemi fizičke zaštite:* porte, pristupni sistemi, ograde i sl.

4 NUKLEARNA BEZBEDNOST

Tokom planiranja, izgradnje i rada novih nuklearnih blokova prvo bitno i iznad svega najvažnije je gledište obezbeđenje nuklearne bezbednosti.

4.1 OSNOVNA NAČELA NUKLEARNE BEZBEDNOSTI

Nuklearna bezbednost je ključno pitanje procene nuklearne energetike.

Nuklearni reaktori moraju ispuniti tri osnovna bezbednosna uslova:

- I. U slučaju nastupanja udesa pod svim okolnostima moraju obezbediti obustavu nuklearne lančane reakcije u reaktorima.
- II. I u slučaju zaustavljene lančane reakcije treba obezbediti trajno i sigurno hlađenje gorivnih elemenata.
- III. Treba sprečiti ispuštanje radioaktivnih supstanci u životnu sredinu u količini iznad dozvoljene granice.

Bezbednost nuklearnih elektrana treba postići primenom načela dubinske zaštite, koja naglasak stavlja na sprečavanje tehnoloških udesa.

Principi dubinske zaštite i njenih pet nivoa zahteva izradila je Međunarodna agencija za atomsku energiju. Nacionalni organi za nuklearnu bezbednost trude se da ova načela u svojim propisima budu zastupljena u što većoj meri. Primena dubinske zaštite u svakom objektu se sprovodi uzimajući u obzir postojeće funkcije.

Osnovni ciljevi dubinske zaštite:

- ❖ Sprečavanje nastanka udesa konzervativnim planiranjem.
- ❖ Sprečavanje odstupanja od normalnog režima stalnim monitoringom.
- ❖ U slučaju odstupanja od normalnog rada sprečavanje pogoršanja stanja, odnosno ublažavanje posledica ugrađenim bezbednosnim sredstvima.

- ❖ U slučaju incidenta koji nije projektom predviđen treba obezbediti da budu na raspolaganju odgovarajuća sredstva i potrebne mere za ublažavanje posledica.

Bezbednost nuklearne elektrane garantuje se kompleksnim sistemom projektnih rešenja i propisa o upravljanju pogonom.

Događaje, opremu i postupke od bezbednosnog značaja dubinska zaštita svrstava u pet nivoa koji se nadograđuju jedan na drugi. Glavni cilj primene svakog nivoa je sprečavanje prelaska na sledeći nivo.

Nivo	Cilj	Realizacija
I nivo	Sprečavanje odstupanja od normalnog režima rada	Kvalitetno, konzervativno planiranje
II nivo	Uočavanje nenormalnog stanja i sprečavanje nepravilnog rada	Ispravan rad kontrolnih i regulacionih sistema
III nivo	Savladavanje najvećih projektom predviđenih udesa	Bezbednosni sistemi i postupci
IV nivo	Sanacija teških nesreća, smanjenje težine, ublažavanje mogućih posledica	Dopunska sredstva, merenja, intervencije, uputstva za slučaj nesreće
V nivo	Ublažavanje posledica radioaktivne emisije van objekta	Planovi intervencija za sprečavanje nesreća

Tabela 4. Pet međusobno povezanih nivoa dubinske zaštite

- Prvi nivo se odnosi na planiranje, elektrana se mora projektovati konzervativno, sa radnim i bezbednosnim rezervama, treba primeniti rešenja kojima se mogućnost ljudske greške svodi na najmanju moguću meru (automatizacija, preglednost upravljanja). Moraju se odrediti svi spoljašnji događaji kod kojih nuklearna elektrana još ostaje sposobna za rad (zemljotres, ekstremne vremenske prilike i sl.)
- Karakteristika drugog nivoa je da moraju biti na raspolaganju sva sredstva i postupci pomoću kojih se elektrana još može održati u granicama planirane funkcionalnosti, a da ne dođe do prekoračenja bezbednosnih granica. Tu spadaju stalna merenja (pritisak, temperatura, saobraćaj i sl.), testiranja i probe u određenim vremenskim periodima, remonti i provera stanja.
- U treći nivo spadaju sistemi i intervencije koje u slučaju planom predviđenih tehnoloških udesa (planirani tehnološki incidenti) garantuju ispunjavanje bezbednosnih funkcija. Ni pored najbrižljivijeg planiranja, izgradnje i upravljanja pogonom ne može se isključiti mogućnost kvarova (npr. greška u materijalu, prirodna katastrofa). To znači automatsko zaustavljanje lančane reakcije, obezbeđenje hlađenja goriva, održavanje emisije ispod dozvoljenog nivoa, te bezbednosne sisteme pripremiti za savladavanje takvih situacija.
- Četvrti nivo prepostavlja događaje vrlo male verovatnoće, koji nadmašuju planirane tehnološke udesе. Usled takvih zbivanja bezbednosni sistemi ne mogu u potpunosti obavljati svoj zadatak, moguće je i topljenje jezgra, odnosno emisija radioaktivnih materija. Uprkos maloj verovatnoći, težina mogućih posledica zahteva da elektrana raspolaže sredstvima koja usporavaju razvoj takvih nesreća, ublažavaju posledice i obezbeđuju vreme za preuzimanje drugih mera (npr. doprema dodatne opreme, zbrinjavanje ili evakuacija stanovništva).
- Peti nivo nastupa kada se prekorače prethodne četiri. To znači da je došlo do značajne emisije radioaktivnih materija u životnu sredinu, što povlači za sobom intervenciju vlasti u skladu sa planovima izrađenim za takve slučajeve opasnosti.

OSNOVNA NAČELA PROJEKTIRANJA

- ❖ Kriterijumi izbora lokacije
- ❖ Procena potencijalnih opasnosti tokom rada
- ❖ Određivanje projektom predviđenih udesa, analiza tih događaja

Osnovni zahtevi:

- Mogućnost dovođenja u podkritično stanje.
- Odvod remanentne toplote
- Održavanje emisije ispod dozvoljenih graničnih vrednosti
- ❖ Verovatnoća udesa van projektne osnove treba da je što manja.
- ❖ Izloženost zračenju treba da je na najnižem razumnom nivou.

SISTEM ZAŠTITNIH BARIJERA

Sistem zaštitnih barijera služi za sprečavanje odnosno smanjenje radioaktivne emisije u okolini. U nizu barijera zadatak svake pojedine barijere je da spreči dalje širenje radioaktivnih materija. Četiri fizičke barijere su:

1. matrica goriva (UO_2).
2. obloga goriva (hermetična obloga gorivnih šipki).
3. granični pritisak u primarnom kolu (reaktorska posuda i ostali sistemi primarnog kola).
4. bezbednosni plasti, tzv. kontejnment (hermetički zatvara, obično dvoslojni).

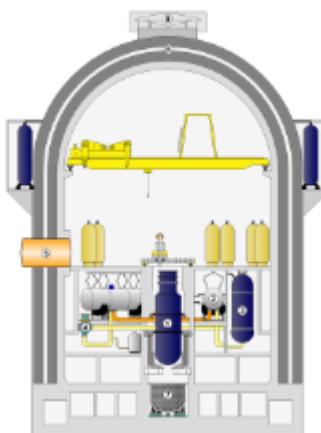


Slika 8. Zaštitne barijere blokova nuklearnih elektrana [7]

Matrica goriva	Obloga goriva	Granični pritisak u primarnom krugu	Kontejnment
----------------	---------------	-------------------------------------	-------------

KONTEJNMENT SA DVOSLOJNIM ZIDOM

Izuzetno je bitan element dubinske zaštite, s obzirom da predstavlja zadnju barijeru između radioaktivnih materija u unutrašnjosti nuklearne elektrane i životne sredine.



Slika 9. Presek kontejnmenta sa dvoslojnim zidom

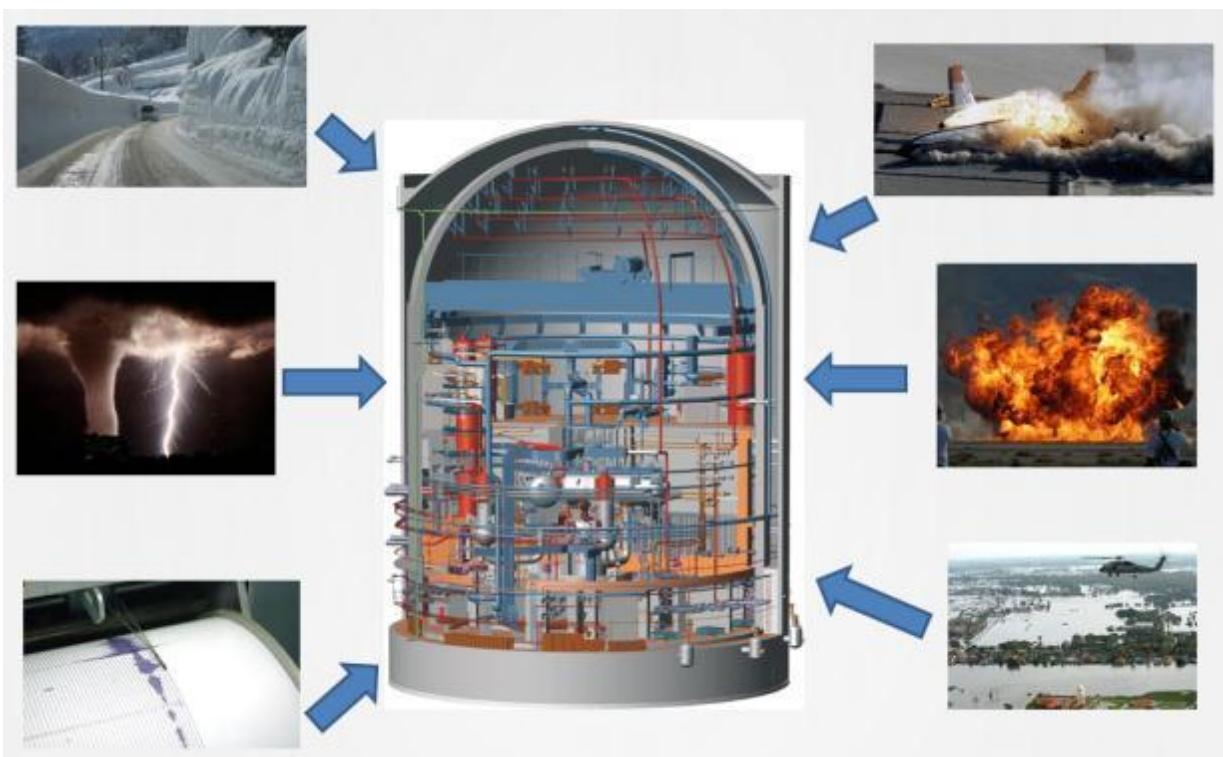
U svim okolnostima se mora obezbititi trajno i bezbedno hlađenje goriva u reaktorima. U slučaju pucanja cevi hlađenje vrši rashladni sistem za pogonske udese, na pasivan ili aktivran način. U slučaju pada pritiska voda u reaktor dolazi iz pasivnog rashladnog sistema obezbeđujući hlađenje do početka rada pumpi. Aktivni rashladni sistem za slučaj pogonskog poremećaja se sastoji od jednog dela sa visokim i jednog sa niskim pritiskom, za nadoknadu isparene vode služe brojni veliki rezervoari rezervne rashladne vode.

Za rad većine bezbednosnih sistema potrebna je električna energija. Ovi sistemi moraju ostati u funkciji i za vreme nestanka električne energije. U ovu svrhu služe dizel agregati koji se u slučaju potrebe automatski uključuju i snabdevaju sisteme važne za bezbednost nuklearne elektrane konstantnim naponom.

U slučaju teške nesreće, za tretman rastopljenog jezgra služi primena već raširene konstrukcije, „hvatača rastopljenog jezgra”, kojim se topljenje betona ispod reaktorske posude sprečava proširenjem prostora na dnu šahte u kojem se rastopljeno jezgro može raširiti, ili ugradnjom slojeva materijala ispod posude kroz kojih rastopljeno jezgro ne može prodreti.

Ojačanje kontejnmenta, dugoročna održivost integriteta sistema od posebne je važnosti. Integritet kontejnmenta štite i postupci primjenjeni za tretiranje gasovitog vodonika – koji je, pomešan u određenoj koncentraciji sa vazduhom kontejnmenta, eksplozivan. U pasivnom postupku, vodonik koji je dospeo u vazdušni prostor konstantno se pretvara u vodenu paru katalitičkim reformiranjem, a u aktivnom postupku se primenjuju „uredaji za spaljivanje vodonika” kojim se namerno spaljuje nagomilani gasoviti vodonik u kontejnментu još znatno pre postizanja opasne koncentracije, te se na taj način obezbeđuje da koncentracija nigde ne dostigne opasni, eksplozivni nivo.

Današnji propisi u većini zemalja zahtevaju da kontejnment izdrži i udar velikog putničkog aviona.



Slika 10. Spoljašnji kontejnment pruža zaštitu od spoljnih uticaja [7]

Najvažnija garancija bezbednosti nuklearne elektrane je tzv. **unutrašnja bezbednost**. U reaktorima u slučaju opasnih incidenata deluju unutrašnji fizički, toplotni procesi i barijere koje sprečavaju, a na kraju i zaustavljaju nepovoljne promene. Ova unutrašnja bezbednost, **nezavisno od tehnološke ispravnosti bezbednosnih i zaštitnih sredstava, uvek se ostvaruje**. Ova funkcija je karakteristična za ovaj tip reaktora. U ovaj tip spadaju u svetu najviše rašireni reaktori sa vodom pod pritiskom. Takvi su i reaktori tipa VVER-440 instalisani u Nuklearnoj elektrani Paks. (Drugi tip, RBKM, razvijen u bivšem Sovjetskom Savezu ne raspolaže sa svim unutrašnjim (inherentnim) uslovima bezbednosti. U ovaj tip spadaju i reaktori Černobiljske nuklearne elektrane, gde je 26. aprila 1986. godine došlo do havarije. Dokazano je da je jedan od osnovnih uzroka havarije bio nedostatak unutrašnje (inherentne) bezbednosti. Iz tog razloga možemo tvrditi da se na osnovu Černobiljske havarije ne mogu izvesti zaključci o bezbednosnim nedostacima ostalih tipova reaktora. Zbog nedostatka inherentne bezbednosti obustavili su rad reaktora tipa sličnih Černobiljskom iz bezbednosnih razloga, skoro u celom svetu).

Druga važna garancija bezbednosti nuklearne elektrane protiv udesa je primena tzv. **spoljnih bezbednosnih sredstava**, koji pored toga što se koristi za unutrašnju zaštitu, sprečavaju formiranje raznih opasnih situacija i njihovu dalju eskalaciju. Među ovim bezbednosnim sredstvima povećanu ulogu dobijaju tzv. **pasivni sistemi zaštite** koji funkcionišu nezavisno od spoljnog snabdevanja energijom.

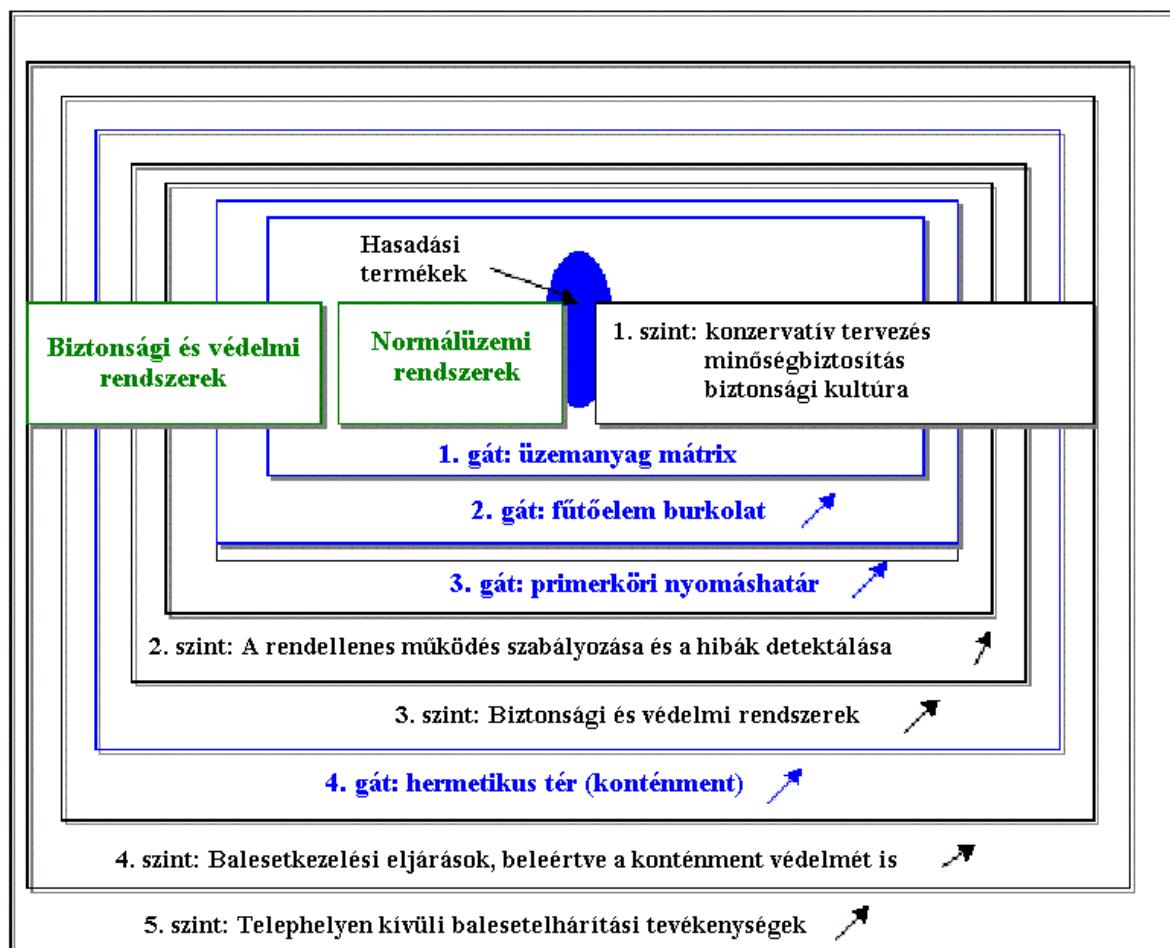
Zahvaljujući svemu prethodno iznetom, danas se mogu izgraditi nuklearne elektrane u kojima je verovatnoća havarija sa teškim posledicama na okolinu manja od 10^{-6} /reaktor-godina².

Verovatnoća realizacije potencijalnih opasnosti treba da bude što je moguće niža, i na osnovu principa ALARA (As Low as Reasonably Achievable) da garantuju razumno održivu bezbednost.

Glavni cilj dubinske zaštite je da se uz pomoć automatskog ili ručnog upravlja sistemom bezbednosti održava integritet fizičkih barijera u slučaju unutrašnjih ili spoljnih opasnih događaja.

HIJERARHIJA BEZBEDNOSNIH I ZAŠITNIH SISTEMA

Donja slika ilustruje međusobnu povezanost pet nivoa dubinske zaštite novih blokova, četiri fizičke barijere odnosno automatske ili ručne intervencije.



Slika 11. Hijerarhija zaštitnih barijera, nivo dubinske zaštite i intervencija [8]

Hasadási termék	Fisioni produkt
Biztonsági és védelmi rendszerek	Sistemi bezbednosti i zaštite
Normálüzemi rendszerek	Sistemi normalnog režima rada
1. szint:	1. nivo: konzervativno planiranje, obezbeđenje kvaliteta, bezbednosna kultura
1. gát:	1. barijera: matrica goriva
2. gát:	2. barijera: obloga goriva
3. gát:	3. barijera: granični pritisak primarnog kola
2. szint:	2. nivo: regulacija nepravilnog rada i otkrivanje problema
3. szint:	3. nivo: sistemi bezbednosti i zaštite
4. gát:	4. barijera: hermetički prostor (kontejnment)
4. szint:	4. nivo: postupci sanacije oštećenja, podrazumevajući i zaštitu kontejnmenta
5. szint:	5. nivo: delatnosti za sprečavanje nesreća van lokacije

² Reaktor-godina je rad jednog reaktora tokom jedne godine, znači rad oko 440 reaktora koji su danas u funkciji ukupno znači 440 reaktor godina tokom jedne kalendarske godine.

Kod novih blokova u kategoriju projektom predviđenih tehnoloških incidenata svrstani su i događaji koji su kod današnjih reaktora tretirani još kao „nesreće izvan projektne osnove“ (takvi su npr. višestruki kvarovi). Iz tog razloga kategorija „nesreće izvan projektne osnove“ kod novih reaktora nije ista kao kod reaktora koji su danas u funkciji. Dubinska zaštita današnjih reaktora se nuklearnim gorivom bavi uglavnom u onim tehnološkim fazama kada se gorivo nalazi u reaktoru. Kod novih blokova uzeta su u obzir sva moguća stanja nuklearnog goriva (npr. i situacije kada su gorivni elementi smešteni u bazenu za isluženo gorivo).

Tokom razvijanja reaktora tipa III⁺ generacije jedan od važnih ciljeva je prevencija od hipotetičkih teških nesreća, odnosno smanjenje posledica teških udesa vrlo male verovatnoće. Primljena projektna i tehnološka rešenja obezbeđuju da se ni u slučaju teških nesreća ne emituju radioaktivne materije u životnu sredinu, tako da blokovi III⁺ generacije ni u slučaju teških nesreća nemaju značajnog uticaja na stanovništvo niti na životnu sredinu oko elektrane.

STRES-TEST

Nakon katastrofe izazvane zemljotresom i cunamijem do tada neviđene snage u Fukushimi u Japanu, Evropska Komisija je u martu 2011. godine inicirala ciljanu proveru bezbednosti u svim nuklearnim elektranama u Evropskoj Uniji. Tokom ove kontrole proverena je pouzdanost i otpornost nuklearnih elektrana protiv ekstremnih prirodnih uticaja, kao što su poplave, zemljotresi, ekstremni vremenski uslovi. Na osnovu zadatih instrukcija o sadržaju, operatori nuklearnih elektrana su izvršili samoocenjivanje i prosledili na proveru nacionalnim vlastima za nuklearnu bezbednost. Nacionalne vlasti su sastavile izveštaj u kojoj su ocenjivana od strane međunarodnih grupa veštaka, u mnogim slučajevima i sa konsultacijama na licu mesta.

Pored zemalja članica Unije u kojima su operativne nuklearne elektrane, u ispitivanjima su učestvovali i Ukrajina i Švajcarska. Provera proširena na 17 zemalja završena je sa zaključkom da nisu pronađeni nepravilnosti ni u jednoj elektrani zbog kojih bi trebalo zaustaviti njen rad. Izveštaj Evropske Komisije ujedno sadrži i niz preporuka u pogledu povećanja bezbednosti, za čije sprovodenje članice razrađuju programe.

U Nuklearnoj elektrani Paks je ciljana provera bezbednosti Evropske Unije završena sa nedvosmislenim pozitivnim rezultatom. U izveštaju su na više područja isticani praktični postupci ove elektrane koje vredi slediti. Kritični ili značajni nedostatak nije otkriven, a jedan deo preporuka se odnosio na razvojne procese koji su već u toku.

Na osnovu preporuka stres-testa Nuklearna elektrana Paks izradila je program za povećanje bezbednosti, o čijem izvršenju će se sastaviti periodični izveštaj. Slični programi su sprovedeni u ostalim nuklearnim elektranama u EU, a prema planovima ti izveštaji će se sumirati i oceniti na nivou EU. [9], [10], [11]

ANALIZE BEZBEDNOSTI

Za dobijanje dozvole u pogledu nuklearne bezbednosti od osnovnog su značaja **analize bezbednosti** u kojima su primenjene i determinističke i verovatnosne metode, odnosno **izveštaji o bezbednosti** sastavljeni na osnovu tih analiza.

Najteža posledica tehnološkog udesa u nuklearnoj elektrani je kontaminiranje okoline radioaktivnim materijama, što se može desiti usled značajnog oštećenja – eventualno i topljenja – jezgra reaktora (aktivne zone), ukoliko kontejnment ne može spreciti zagađenje. Iz tog razloga, **verovatnosnim bezbednosnim analizama** (*Probabilistic Safety Analysis – PSA*) pre svega se analizira verovatnoća **oštećenja jezgra**. U tu svrhu treba determinističkim analizama ispitati svaki zamislivi niz događaja koji može dovesti do oštećenja jezgra, i pojedinačno izračunati njihovu verovatnoću. Zbir tih rezultata karakteriše bezbednost nuklearne elektrane. Ovom analizom se ujedno mogu otkriti slabe tačke nuklearne elektrane sa aspekta bezbednosti. Na osnovu ovih analiza se mogu izraditi sredstva i uređaji za poboljšanje bezbednosti.

Cilj verovatnosne bezbednosne analize je izračunavanje očekivane učestalosti incidenata na nivou 1. (sa oštećenjem jezgra) i na nivou 2. (sa visokom emisijom radioaktivnih materija).

4.2 ZAHTEVI NUKLEARNE BEZBEDNOSTI

Prema članu 2. Zakona o nuklearnoj energiji (zakon broj CXVI iz 1996. godine, tekst zakona koji važi na dan 16.VII.2014.):

"29. nuklearna bezbednost: „ispunjavanje odgovarajućih uslova rada, sprečavanje nesreća, odnosno ublažavanje posledica nuklearnog udesa u svim fazama radnog ciklusa nuklearnog postrojenja, kojima se ostvaruje zaštita stanovništva i zaposlenih od ionizujućih zračenja nuklearnih postrojenja.“

Zakon o nuklearnoj energiji (zakon broj CXVI iz 1996 godine) nalaže osnovne zahteve korišćenja atomske energije u mirne svrhe, određuje prava i obaveze učesnika u korišćenju atomske energije. Prema pravnim propisima koji regulišu izvršenje Zakona, pitanja povezana sa nuklearnom bezbednošću i nuklearno bezbednosnim dozvolama spadaju u nadležnost Državne uprave za nuklearnu energiju (OAH).

Tokom postupka za pribavljanje dozvole za izgradnju postrojenja nuklearne elektrane od posebne je važnosti da se ispita da li buduća nuklearna elektrana udovoljava propisima u vezi sa nuklearnom bezbednošću.

Nuklearne elektrane se projektuju, tehnička oprema i bezbednosni sistemi se izgradjuju na način da i u slučaju nesreće bude u mogućoj najvećoj meri garantovana bezbednost u okolini elektrane. Stalna kontrola bezbednosti rada i izrada mera za povećanje bezbednosti osnovni su zahtevi prema operatorima. Nadzorni organ će izdati odobrenje za puštanje u pogon, odnosno za rad reaktora ili za obavljanje raznih intervencija na delovima reaktora ako je dokazano da se može garantovati bezbednost rada reaktora.

Geološku i nuklearno bezbednosnu prikladnost lokacije treba dokazati u postupku za pribavljanje lokacijske dozvole sprovedenom od strane OAH-a na osnovu Pravilnika o nuklearnoj bezbednosti (NBSz) iz priloga Vladine uredbe broj 118/2011. (11.VII.) o nuklearno bezbednosnim zahtevima nuklearnih postrojenja i o povezanim delatnostima državnih organa.

Prikladnost lokacije i osnovnih geoloških podataka u vezi sa lokacijom OAH utvrđuje na osnovu rezultata vrlo detaljnih ispitivanja. Program ispitivanja lokacije izrađen je po najnovijim međunarodnim zahtevima (post-Fukushima). Program ispitivanja lokacije ocenili su stručnjaci Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) u okviru nezavisne kontrole.

Prema važećim pravnim propisima (NBSz) blokovi planirani na lokaciji Paksa moraju biti zaštićeni i od udara velikih civilnih aviona. Oprema i zgrade blokova trebaju zadovoljiti vrlo stroge kriterijume upravljanja kvalitetom. Dobavljač blokova je prihvatio da će zadovoljiti zahteve European Utility Requirements (EUR), te će pri izgradnji primeniti arhitektonska i tehnička rešenja koja pružaju zaštitu i u slučaju udara aviona.

Za objekte, konstrukcije, sisteme odnosno elemente sistema koji utiču na nuklearnu bezbednost elektrane (razvrstavane u bezbednosne klase sistema i elemenata nuklearnih elektrana ABOS) moraju se pribaviti dozvole na nivou objekta odnosno sistema.

Bezbednosni zahtevi prema nuklearnim postrojenjima koji će se izgraditi u Mađarskoj uređeni su u načelu mađarskim pravnim propisima. Osim toga, preporučeno je uzeti u obzir i relevantne međunarodne bezbednosne propise, bezbednosne propise IAEA, niz američkih standarda ASME, odnosno preporuke EUR-a, kako bi razni tipovi reaktora instalisani u pojedinim državama bili na istom nivou nuklearne bezbednosti.

Od tipa blokova koji će se izgraditi zahteva se da u postupku za dobijanje dozvola sprovedenom pre izgradnje, bude dokazano da planirane vrednosti emisija u slučaju raznih projektom predviđenih tehnoloških akcidenta odgovaraju aktuelnim domaćim i međunarodnim propisima koji važe u vreme dobijanja dozvole.

PROPISI U MAĐARSKOJ – PRAVILA O NUKLEARNOJ BEZBEDNOSTI (NBSz)

Prema nacionalnoj klasifikaciji **NBSz** (Vladina uredba broj 118/2011. (11.VII.) prilog br. 10. tačka 163. Pogonsko stanje) pogonska stanja novih nuklearnih blokova definisana su na sledeći način:

Projektna osnova (PO)				Proširenje projektne osnove (PPO)	
Normalno pogonsko stanje	Događaji koji spadaju u projektnu osnovu			Događaji koji nisu predviđeni projektom	
Normalan režim rada	Predvidljivi događaji tokom rada	Projektom predviđeni udesi		Udesi van projektne osnove	Teški udesi
		Retki udesi predviđeni projektom	Vrlo retki udesi predviđeni projektom		
PO1	PO2	PO3	PO4	PPO1	PPO2
Učestalost (f [1/godina])					
1	$1 > f > 10^{-2}$	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$		

Tabela 5. Naziv pojedinih pogonskih stanja i klasifikacija prema učestalosti - za nove blokove

NORMALNO POGONSKO STANJE

121. Normalan režim rada (PO1)

„Rad nuklearnih postrojenja obavljen pridržavajući se „Uslova rada i granica“ odobrenih od strane uprave za nuklearnu bezbednost, među koje u slučaju atomskog reaktora i elektrane spadaju i **promene opterećenja, zaustavljanje, pokretanje, zamena goriva, održavanje, probe i ostale planirane aktivnosti.**”

DOGAĐAJ KOJI SPADAJU PROJEKTNU OSNOVU

179. Predvidljivi događaji tokom rada (PO2)

„Proces iniciran projektom predviđenim početnim događajem, analiziranim prema načelu jednostrukog kvara, odnosno pokrivenim tim analizama, do kojeg tokom radnog veka nuklearne elektrane može doći sa velikom verovatnoćom.”

159. Projektom predviđeni udes (PO3 i PO4)

„Proces iniciran projektom predviđenim početnim događajem, analiziranim prema načelu jednostrukog kvara, odnosno pokrivenim tim analizama, koji se tokom radnog veka nuklearne elektrane javlja sa malom verovatnoćom, i koji uzrokuje oštećenja gorivnih elemenata samo u meri i sa karakteristikama utvrđenim u projektima.”

DOGAĐAJI KOJI NISU PREDVIĐENI PROJEKTOM

155. Udesi van projektne osnove (PPO1)

Procesi van predviđenih događaja i planiranih pogonskih poremećaja, koji se ne mogu isključiti, ali se mogu desiti samo kao posledica uzastopnih, međusobno nezavisnih problema, a koji mogu imati posledice teže od posledica projektom predviđenih udesa, sa oštećenjem jezgra bez topljenja.

145. Teški udes (PPO2)

Nesreća koja ima teže spoljne uticaje od projektom predviđenih udesa i pogonskih udesa van projektom predviđenih, sa značajnim oštećenjem jezgra reaktora i topljenjem jezgra.

4.3 MEĐUNARODNA SKALA NUKLEARNIH DOGAĐAJA

U cilju unapređenja informisanja o nuklearnim događanjima, za obaveštavanje stanovništva, društveno političkih organizacija i medija na odgovarajućem nivou, Agencija za nuklearnu energiju (NEA) pri Organizaciji za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) i Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) izradili su Međunarodnu skalu nuklearnih i radijacionih događaja (INES) za razvrstavanje nuklearnih akcidenata.

Cilj INES skale je da se stanovništvo može obavestiti na komparativan način, odnosno informisati o kvalitetu i bezbednosnom značaju događaja, tehnoloških incidenata i akcidenata u nuklearnim elektranama ili drugim nuklearnim postrojenjima.

Događaji su na INES skali svrstani na sedam nivoa, za tehnološke incidente utvrđene su tri, a za akcidente četiri nivoa.

Međunarodni skala nuklearnih i radijacionih događaja prikazana je na sledećoj slici:



Slika 12. Međunarodna skala nuklearnih i radijacionih događaja (INES)

Odstupanja od normalnog režima rada razvrstavana su na nivoima 1-7. INES skale: za incidente postoje tri, a za akcidente četiri nivoa.

Udes koji se desio u Nuklearnoj elektrani u Černobilju 1986. godine događaj je na nivou 7. INES skale. Nesreća je imala rasprostranjene zdravstvene i ekološke uticaje. Pri određivanju kriterijuma za INES klasifikaciju jedan od najvažnijih principa je bio da se događaji sa manje teškim posledicama i manje rasprostranjениm uticajem mogu jasno odvojiti od one, vrlo teške nesreće. Tako je nesreća u nuklearnoj elektrani u Three Mile Island-u (TMI) 1979. godine klasifikovana kao događaj na nivou 5. INES skale.

Svaki događaj na bilo kom nivou ove skale mora se prijaviti - u roku propisanom za taj nivo - Državnoj upravi za nuklearnu energiju (OAH) i centru Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) u Beču, odnosno organima naznačenim u lokalnim i međunarodnim sporazumima.

Kategorizaciju pojedinih događaja kod nas obavlja operativno osoblje Nuklearne elektrane Paks prema uputstvima br. 1.48. OAH-a, odnosno na osnovu Pravilnika o nuklearnoj bezbednosti (NBSZ), te je usklađuje sa OAH-om. U slučaju da se desi događaj koji spada u neki od nivoa na ovoj skali, Centar za obaveštavanje i za posetioce Nuklearne elektrane Paks sastavlja kratko, razumljivo obaveštenje koju dostavlja Mađarskoj Telegrafskoj Agenciji (MTI).

Tabela br. 6. prikazuje opšte kriterijume za klasifikaciju nuklearnih događaja, a tabela br. 7. prikazuje primere za ilustraciju kriterijuma INES skale primenjenih za klasifikaciju događaja u nuklearnim postrojenjima.

INES NIVO	Ljudi i životna sredina	Radiološke barijere i kontrola	Zaštita po dubini
INES 7 Teški udes	Veliko ispuštanje radioaktivne materije sa rasprostranjениm efektima na zdravlje i okolinu koje zahteva sprovođenje planiranih ali i proširenih mera zaštite.		
INES 6 Ozbiljni udes	Značajno ispuštanje radioaktivne materije koje će verovatno zahtevati sprovođene planirane mera zaštite.		
INES 5 Udes sa rizikom van lokacije	Ograničena ispuštanje radioaktivne materije koje će verovatno zahtevati sprovođenje nekih od planiranih mera zaštite. Nekoliko smrtnih slučajeva prouzrokovanih zračenjem.	Teška šteta na jezgru reaktora Ispuštanje velikih količina radioaktivnih materija unutar postrojenja sa velikom verovatnoćom da se stanovništvo (jedan ili više članova) izložiti zračenju iznad propisanih granica. Do ispuštanja bi moglo doći zbog nesreće sa većom kritičnošću ili zbog požara.	
INES 4 Udes sa posledicama unutar postrojenja	Manje oslobođanje radioaktivne materije koje osim kontrole lokalno proizvedene hrane verovatno neće zahtevati sprovođenje drugih planiranih mera zaštite. Najmanje jedan smrtni slučaj prouzrokovani zračenjem.	Topljenje goriva ili šteta na gorivu koja rezultuje otpuštanjem više od 0,1% radioaktivnog sadržaja jezgra. Ispuštanje značajnih količina radioaktivnih materija unutar postrojenja sa velikom verovatnoćom da će doći do izlaganja (jednog ili više) stanovnika iznad propisanih granica.	
INES 3 Ozbiljna nezgoda	Izlaganje radnika deset puta većim dozama nego što je godišnje zakonsko ograničenje. Nesmrtonosni učinci na zdravlje (npr. opekotine) prouzrokovane zračenjem.	Izlaganje brzini doze većoj od 1 Sv/h u zoni rada. Značajna kontaminacija operativnog područja sa malom verovatnoćom da će doći do izlaganja stanovnika iznad propisanih granica	Situacije u nuklearnim postrojenjima koje prete da će eskalirati u nesreće kad nije preostala nijedna bezbednosna mera. Izgubljeni ili ukradeni zatvoreni izvor visoke aktivnosti. Visokoaktivni zatvoreni radioaktivni izvor koji je pogrešno dostavljen na mesto gde ne postoji odgovarajuće mera za rukovanje njime.
INES 2 Nezgoda	Izlaganje stanovnika dozama većim od 10 mSv. Izlaganje radnika dozama iznad propisanih granica za godišnje izlaganje.	Nivoi zračenja u jednoj zoni rada veće od 50 mSv/h. Značajna kontaminacija u delu postrojenja koje za to nije projektovano.	Značajni propusti u merama bezbednosti ali bez posledica. Pronađeni zatvoreni izvor visoke aktivnosti bez vlasnika, pošiljka u ambalaži očuvane bezbednosne funkcije. Neodgovarajuća ambalaža zatvorenog izvora visoke aktivnosti.
INES 1 Anomalija			Izlaganje stanovništva dozama iznad propisanih granica za godišnje izlaganje. Manji problemi sa bezbednosnim komponentama u slučaju da je zaštita po dubini očuvana. Izgubljeni ili ukradeni radioaktivni izvori, uređaji ili paketi niske aktivnosti.
Ne ugrožava bezbednost (ispod lestvice/nivo INES 0)			

Tabela 6. Opšti kriterijumi za klasifikaciju nuklearnih događaja. [12]

INES NIVO	Ljudi i životna sredina	Radiološke barijere i kontrola	Zaštita po dubini
Nivo 7 Teški udes	Černobilj, 1986. – široko rasprostranjeni učinci na zdravlje i životnu sredinu. emisija značajnog dela sadržaja jezgra.		
Nivo 6 Ozbiljni udes	Kyshtym, Rusija, 1957. – značajna emisija u životnu sredinu radioaktivne materije nakon eksplozije rezervoara visokoaktivnog otpada.		
Nivo 5 Udes sa širim posledicama	Windscale, Pile, UK, 1957. – emisija radioaktivne materije u životnu sredinu zbog požara u jezgru reaktora.	Three Mile Island, USA, 1979. – teško oštećenje jezgra reaktora.	
Nivo 4 Nesreća sa rizikom van lokacije	Tokaimura, Japan, 1999. – prekomerno izlaganje zračenju radnika sa kobnim posledicama usled kritičnog događaja u nuklearnom postrojenju.	Saint Laurent des Eaux, Francuska, 1980. – topljenje između kanala za gorivo u reaktoru, bez emisije u životnu sredinu.	
Nivo 3 Ozbiljna nezgoda	Nema dostupnih primera.	Sellafield, UK, 2005. – ispuštanje velike količine radioaktivne materije unutar postrojenja, bez ispuštanja u životnu sredinu.	Vandellos, Španija, 1989. – nezgoda izazvana vatrom rezultovala je smanjenjem bezbednosti u nuklearnom postrojenju.
Nivo 2 Nezgoda	Atucha, Argentina, 2005. – Izlaganje zračenju radnika u nuklearnoj elektrani iznad godišnje granice zračenja.	Cadarache, Francuska, 1993. širenje kontaminacije na neočekivanom području.	Forsmark, Švedska, 2006. – smanjene bezbednosne funkcije zbog greške u sistemu rezervnog napajanja nuklearne elektrane.
Nivo 1 Anomalija			Kršenje operativnih ograničenja u nuklearnom postrojenju.

Tabela 7. Primeri za ilustraciju kriterijuma INES-a применjenih za klasifikaciju događaja u nuklearnim postrojenjima [12]

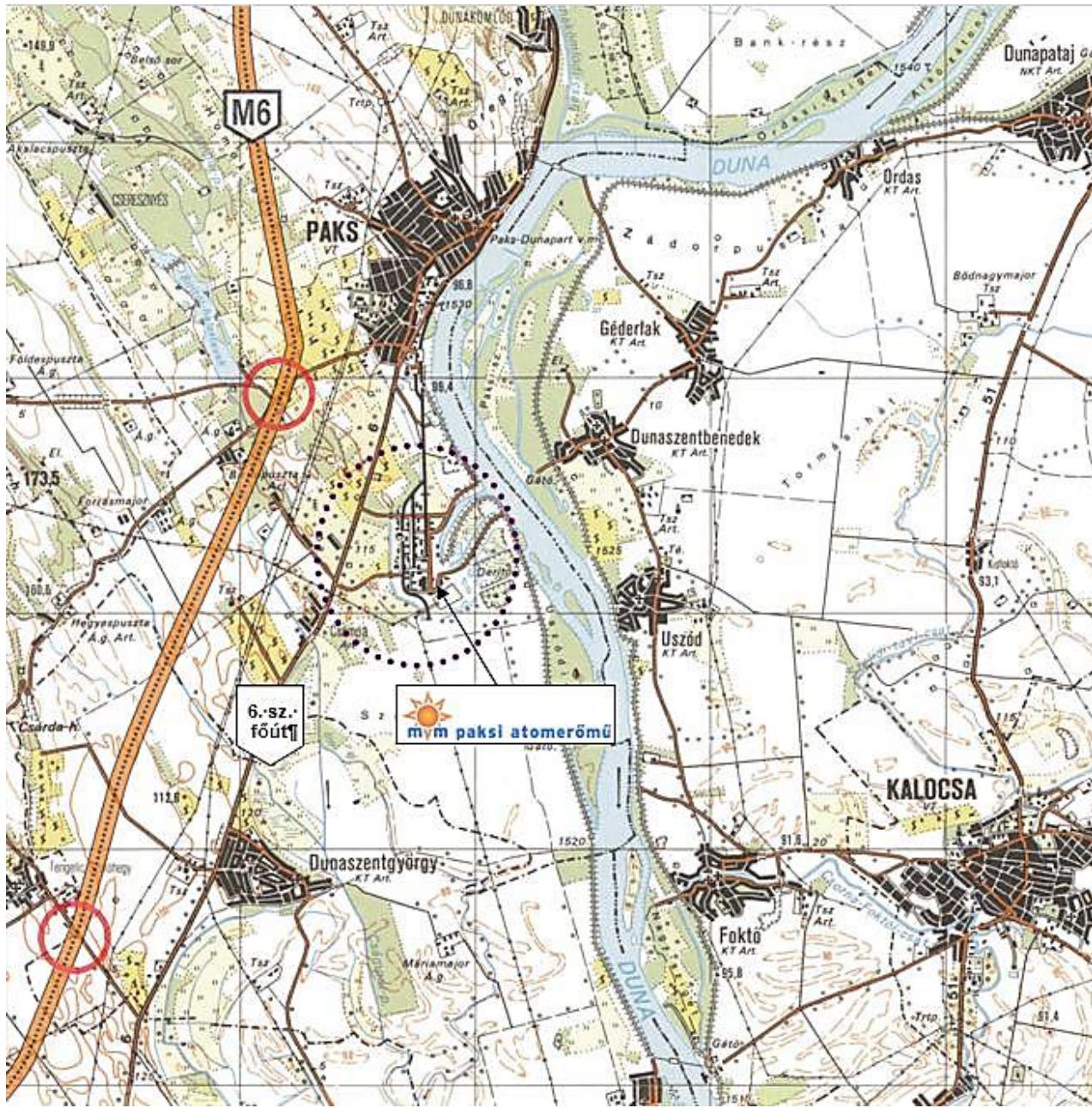
U gornju tabelu nije upisana ozbiljna nezgoda na nivou 3. koja se dogodila u bloku broj 2 Nuklearne elektrane Paks dana 10. aprila 2003. godine, niti vrlo teški udes na nivou 7. u Fukushimi u Japanu, koji se desio u blokovima 1., 2. i 3. Nuklearne elektrane Dai-ichi, 11. marta 2011. godine.

5 OPIS PLANIRANE LOKACIJE ZA IZGRADNJU

Planirana lokacija novih nuklearnih blokova Paks II je u mestu operativne Nuklearne elektrane Paks.

Lokacija Nuklearne elektrane Paks nalazi se u županiji Tolna, 118 km južno od Budimpešte.

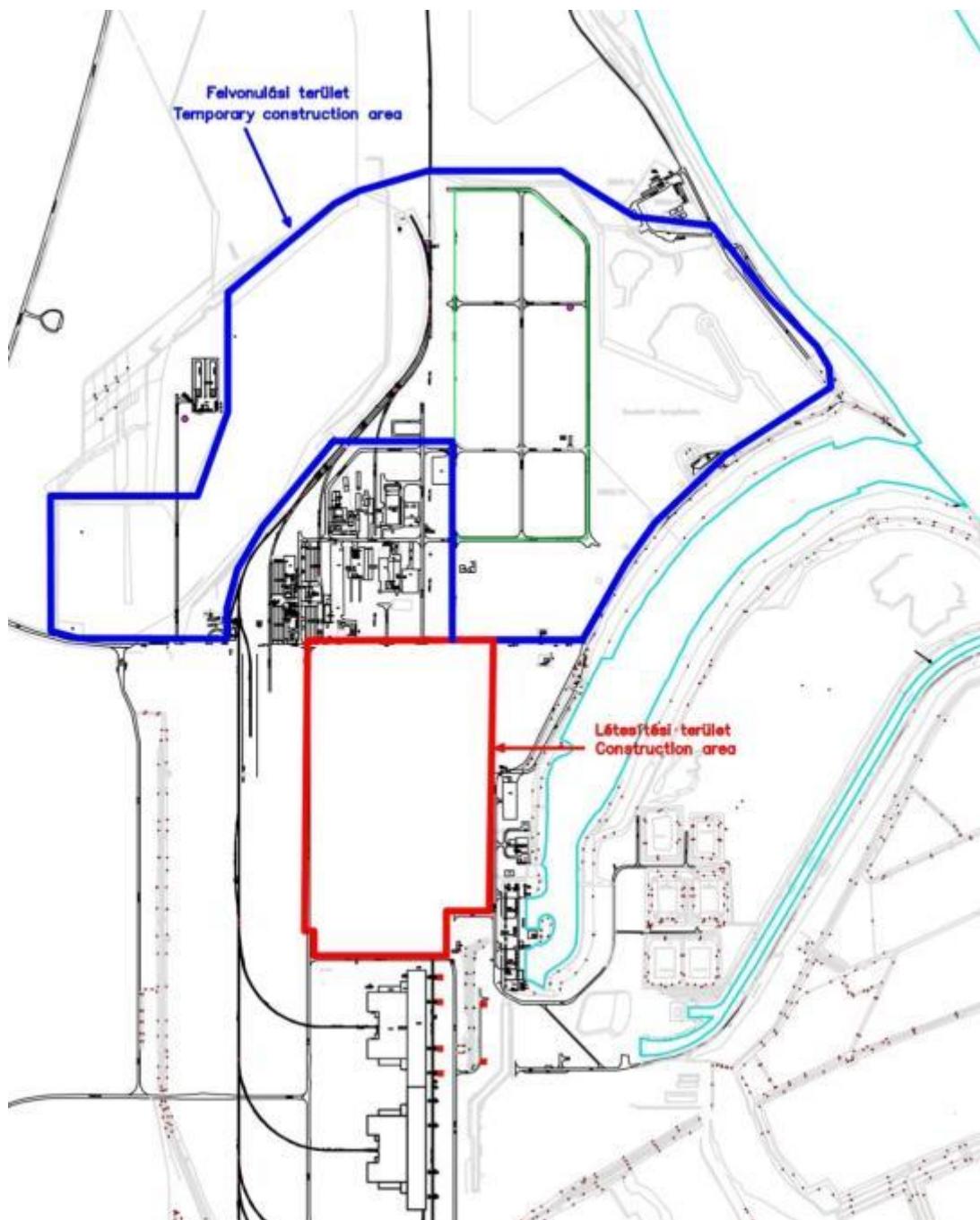
Lokacija se nalazi na 5 km južno od centra grada Paksa, na 1 km zapadno od Dunava i 1,5 km istočno od glavnog puta br. 6. Lokacija i položaj u neposrednoj okolini prikazan je na sledećoj karti.



Slika 13. Pregledna mapa lokacije u Paksu [13]

5.1 MESTO IZGRADNJE PAKS II UNUTAR LOKACIJE NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS

Za lociranje novih nuklearnih blokova mogu doći obzir prostori u susedstvu postojećih blokova Nuklearne elektrane Paks, severno od njih. Na donjoj slici područje zaokruženo crvenom linijom predstavlja pogonski prostor novih blokova, a područje označeno plavom linijom je privremeno gradilište.



Legenda

- Crvena linija: područje pogona
Plava linija: privremeno gradilište

Slika 14. Lokacija u Paksu sa naznačenim mestom planirane nove elektrane.

Ukupna površina područja je 105,8 ha, od toga će pogonska postrojenja zauzeti 29,5 ha a privremeno gradilište 76,3 ha. Na području pogona će biti locirani nuklearni blokovi, uslužna pomoćna postrojenja, sistemi i ostali objekti, a privremeno gradilište obezbeđuje potreban prostor u fazi izvođenja građevinskih radova.



Slika 15. Lokacija planiranih blokova [14]

5.2 INFRASTRUKTURNA POVEZANOST GRADILIŠTA

Izvor: Analiza vangabaritnih stavki generalnog izvođača radova na izgradnji novih nuklearnih blokova u Paksu, 2013, MVM ERBE Zrt.

U fazi pripreme investicije od posebnog je značaja da se ispitaju mogući pristupi lokaciji proširenja, a unutar toga mogućnost dopremanja vangabaritne opreme. Području predviđenom za izgradnju novih blokova postoje drumski, železnički i rečni pristupi, međutim, postojeće stanje infrastrukture nije ili je samo ograničeno pogodno za saobraćaj za vreme izgradnje, povećanog zbog znatnog broja dnevних ulazaka (i izlazaka), odnosno za dopremanje vangabaritne opreme.

Prilaz gradilištu i području pogona novih nuklearnih blokova moguć je **javnim putevima**: autoputem M6 (odvojak Paks jug) i glavnom saobraćajnicom br. 6. Trenutno do severnog i južnog ulaza elektrane vode posebni prilazni putevi. U pogledu razvoja postojeće infrastrukture prethodno je razmotreno više varijanti:

- ❖ jedna je izgradnja novog prilaznog puta od odvojka autoputa M6;
- ❖ druga je obnova putne mreže između lokalnih naselja (Tengelic, Kölesd, Nagyodorog, Németkér, Bölcse), odnosno obnova putne mreže do glavne saobraćajnice br. 6 (2x1 saobraćajna traka standardne širine);
- ❖ odnosno proširenje i adaptacija zemljjanog puta koji vodi prema mestu Gerjen.

Putem na relaciji Gerjen – Nuklearna elektrana Paks, odnosno eventualnim uvođenjem trajektne linije preko Dunava, Kalocsa i njena okolina bi se mogla uključiti u izvođenje montažnih radova u periodu izgradnje.

U pogledu **železnice**, trenutna trasa prolazi kraj pomenutog područja u smeru Pusztaszabolcs (delimično elektrificirana jednokolosečna pruga br. 42. Mađarskih železnica MÁV na relaciji Pusztaszabolcs-Dunaújváros-Paks, dužine 79 km). Prvobitna deonica obnovljena je prilikom izgradnje Nuklearne elektrane Paks, na njoj mogu saobraćati lokomotive sa osovinskim pritiskom i do 20 t, no nezavisno od toga, potrebno je obnoviti deonicu i/ili izgraditi novu trasu.

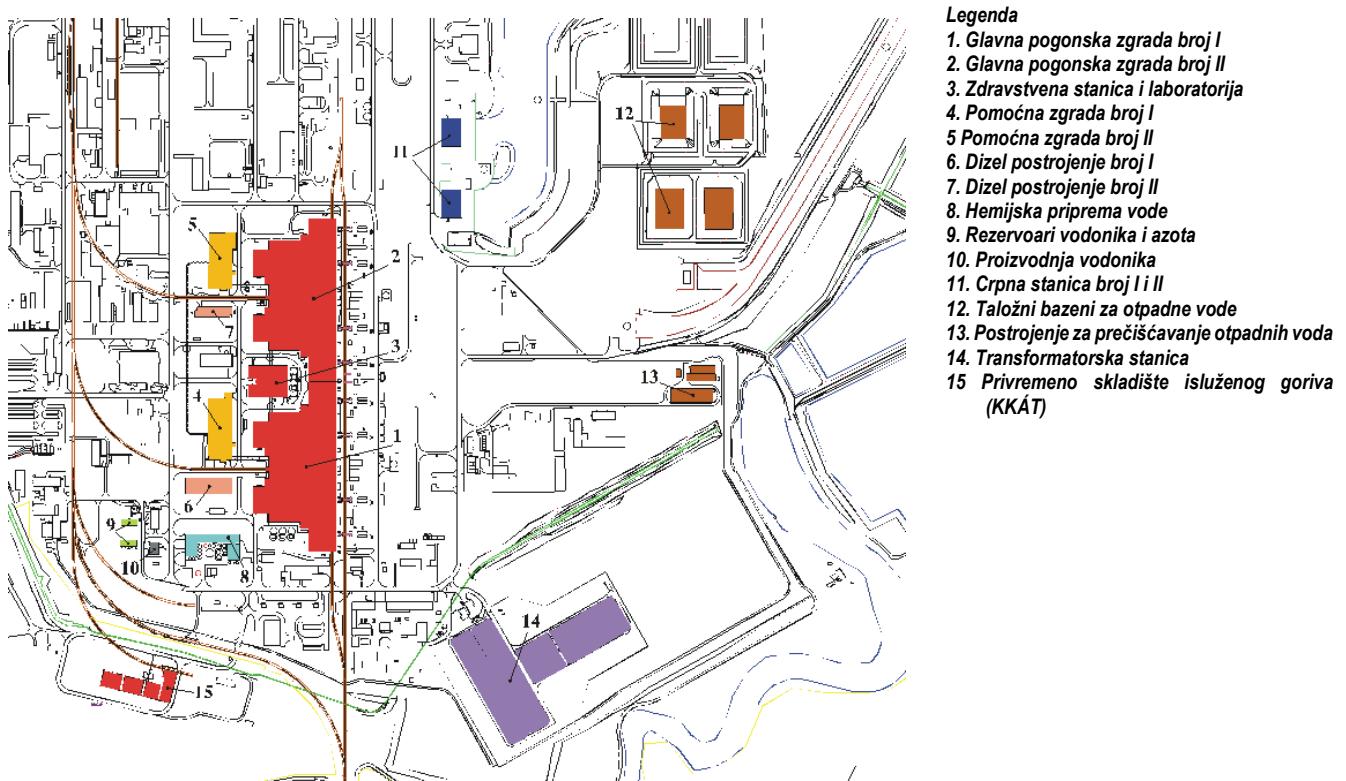
U pogledu **rečnog** pristupa, Nuklearna elektrana Paks i sada raspolaže pristaništem, ali je neophodna njegova obnova (zbog krana), odnosno eventualno proširenje.

Na gradilištu i pogonskom području nije rešeno neposredno **snabdevanje vodom i odvođenje otpadnih voda**, ove sisteme treba izgraditi.

5.3 NUKLEARNA ELEKTRANA PAKS I NJENI PRATEĆI OBJEKTI



Slika 16. Pogled na Nuklearnu elektranu Paks i njenih blokova blizanaca (13)



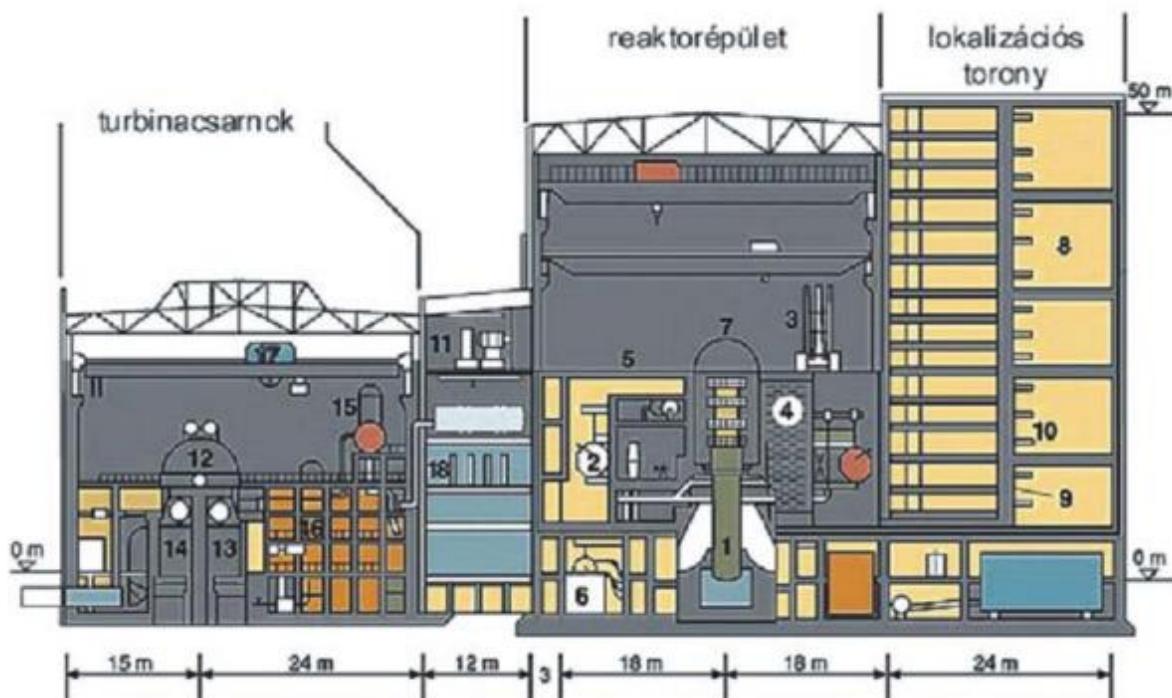
Slika 17. Nuklearna elektrana i prateći objekti na lokaciji u Paksu [15]

5.3.1 NUKLEARNA ELEKTRANA PAKS

Nuklearna elektrana Paks je najznačajniji subjekt u snabdevanju električnom energijom Mađarske, njeni 4 blokovi su pušteni u pogon između 1982. i 1987. godine, opremljene u svakom bloku po jednim od ukupno 4 komada reaktora hlađenim i moderisanim vodom pod pritiskom, tipa VVER-440 V-213. Izvorna nominalna snaga blokova bila je 440 MW_e , ali zahvaljujući programu povećanja snage, ista je povećana na 500 MW_e , tako da ukupna nominalna snaga sada iznosi 2.000 MW_e . Pojedinačna termička snaga blokova je 1.485 MW_{th} , ukupna termička snaga je 5.940 MW_{th} .

Nuklearna elektrana Paks kao osnovna elektrana, po mogućnosti radi pod ujednačenim opterećenjem, u 2013. godini proizvela je 15.369,6 GWh električne energije što predstavlja 50,7 % od ukupne bruto proizvedene električne energije u zemlji.

Tehnologija nuklearne elektrane može se podeliti na primarno i sekundarno kolo. U primarnom kolu se nalazi nuklearna tehnologija sa glavnim rashladnim kolom, na njih priključeni najvažniji sistemi primarnog kola i ostali pomoći sistemi. Glavno postrojenje primarnog kola je uspravno postavljena reaktorska posuda valjkastog oblika u kojoj se nalazi jezgro reaktora (aktivna zona). Gorivo reaktora je oksid uranijuma, težine 42 tone. Moderator kao i medij za hlađenje nuklearnog reaktora sa vodom pod pritiskom je obična (laka) voda (H_2O). Vruća voda primarnog kola pod visokim pritiskom prenosi topotnu energiju iz reaktora u sekundarno kolo preko cevnih izmenjivača topote u generatoru pare. U sekundarnom krugu se topota proizvedena u reaktoru pretvara u mehaničku, a zatim u električnu energiju. U generatorima pare voda se pretvara u paru koja preko glavnog parovodnog sistema dolazi u turbinu. Para koja izlazi iz turbine kondenzuje se u izmenjivačima topote hlađenim vodom iz Dunava, a zatim se vraća u generatore pare. Rashladna voda za Nuklearna elektrana Paks se crpi iz Dunava koja se nakon zagrevanja vraća u Dunav. Proizvedenu električnu energiju glavni transformatori (2 komada po bloku) transformišu na nivo napona 400 kV.



Slika 18. Presek istok-zapad Nuklearne elektrane Paks [16]

turbinacsarnok	turbinska zgrada
reaktorépület	reaktorska zgrada
lokálizációs torony	toranj za ograničenje (lokalizaciju) nepovoljnih uticaja

Tretiranje i skladištenje gorivnih elemenata

Tokom tretiranja i skladištenja snopova isluženih, već ozračenih gorivnih elemenata koji se više ne mogu koristiti kao gorivo u reaktorima, pored održavanja potkriticnog stanja sa jedne strane, mora se obezbediti zasenčenje radi zaštite od zračenja, a sa druge strane, treba odvesti zaostalu (remanentnu) topotu nastalu u gorivnim elementima. Nakon vađenja iz reaktora snopovi isluženih gorivih elemenata privremeno se odlazu u bazenu za isluženo gorivo sa sopstvenim rashladnim krugom, koji se nalazi u neposrednoj blizini četiri reaktorska postrojenja.

Nakon skladištenja u trajanju od 3-5 godina u bazenu, isluženi gorivni elementi se skladište u Privremenom skladištu za isluženo gorivo (KKÁT), kako bi se u bazenu za isluženo gorivo oslobođio kapacitet potreban za nesmetani rad reaktora.

Bezbednosna zona oko Nuklearne elektrane Paks

Minimalni poluprečnik bezbednosne zone oko elektrane je 500 m mereno od sledećih elemenata odnosno konstrukcija objekata:

- od zidova objekata zahvatanja vode u kojima su smeštene pumpe za bezbednosnu rashladnu vodu,
- od zidova kanala za dovod bezbednosne rashladne vode, odnosno od samih vodovodnih cevi smeštenih u zemlji
- od zidova turbineske zgrade
- od zidova zgrade sa pumpama za odsoljenu vodu,
- od zidova poprečnih kanala sa električnim vodovima,
- od zidova reaktorske zgrade – podrazumevajući i zidove tornjeva za lokalizovanje,
- od stenki podzemnih rezervoara goriva za dizel agregate,
- od zidova dizel postrojenja,
- od zidova pomoćnih zgrada, odnosno
- od stenki armirano betonske cevi koja spaja dve pomoćne zgrade.



Slika 19. Bezbednosna zona oko Nuklearne elektrane Paks [15]

5.3.2 PODSTANICA NAPONA 400 kV

Napon električne energije proizvedene turbo-generatorima Nuklearne elektrane Paks transformiše se glavnim transformatorima na nivo 400 kV. Glavni transformatori se vazdušnim vodovima napona 400 kV priključuju na podstanicu 400/120 kV u jugoistočnom delu lokacije u Paksu, koja čini sastavni deo domaće elektroenergetske mreže. Dalekovodi napona 400 kV iz podstанице prenose proizvedenu električnu energiju u glavnim smerovima. Deo podstанице pod naponom 400 kV priključuje se na deo pod naponom 120 kV preko dva Booster transformatora tipa 400 / 120 / 18 kV, 250 / 250/ 75 MVA, odnosno na 120 kV dalekovode koji vode od te podstанице. Deo podstанице napona 400 kV je oklopljena, opremljena SF₆ prekidačima, postavljena kombinovano (dva sabirnika sa tri prekidača), dok je deo podstанице napona 120 kV standardne izvedbe sa pomoćnom magistralom (2 sabirnika + pomoćna sabirnika).[13]

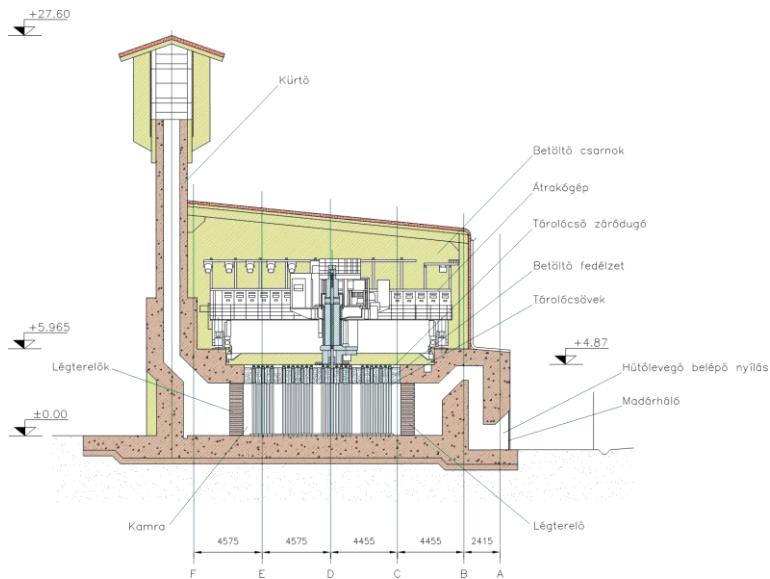
5.3.3 PRIVREMENO SKLADIŠTE ISLUŽENIH GORIVNIH ELEMENATA (KKÁT)

Gorivo isluženo tokom rada elektrane treba privremeno skladištiti pre eventualne dalje prerade ili konačnog odlaganja bez prerade. Nakon odležavanja u bazenu u trajanju od 3-5 godina isluženi gorivni elementi se odlažu u Privremenom skladištu za isluženo gorivo (KKÁT) pored Nuklearne elektrane Paks.

KKÁT je privremeno skladište izgrađeno u modularnom sistemu čiji se slobodni skladišni kapacitet može povećavati postepenim dodavanjem modula. Prema Zakonu o nuklearnoj energiji (zakon br. CXVI iz 1996. godine) zadatak

privremenog tretmana isluženih gorivnih elemenata obavlja preduzeće Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (Neprofitno društvo od javnog interesa sa ograničenom odgovornošću za upravljanje radioaktivnim otpadom). KKÁT je lociran pored Nuklearne elektrane Paks kao samostalno nuklearno postrojenje nezavisno od operatora elektrane, koje raspolaže Konačnim izveštajem o bezbednosti i samostalnom dozvolom za rad.

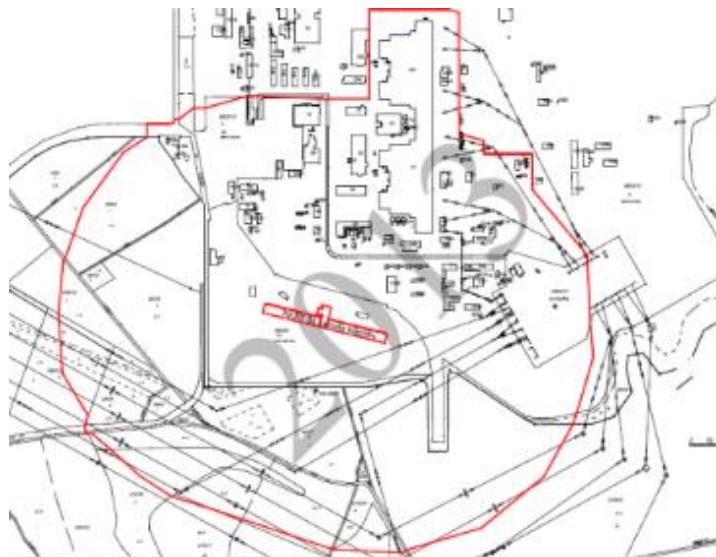
Na sledećoj slici prikazan je presek skladišne komore sa prirodnim strujanjem vazduha u kojoj se nalaze skladišne cevi.



Slika 20. presek kroz KKÁT [15]

kürtő	ventilacioni kanal
betöltő csarnok	hala za punjenje
átrakó gép	mašina za pretovar
tárolócső záródugó	zatvarač skladišne cevi
betöltő fedélzet	platforma za punjenje
tárolócsővezek	skladišne cevi
hűtőlevegő belépő nyílás	otvor za dovod rashladnog vazduha
madárháló	mreža protiv ptica
kamra	komora
légterelő	usmerivač vazduha

Bezbednosna zona oko KKÁT-a



Slika 21. Bezbednosna zona oko KKÁT-a [15]

5.4 SISTEMI MONITORINGA OKO NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS

Nuklearna elektrana Paks, kao i sva druga postrojenja koja proizvode energiju, konstantno prati emisiju u prirodnu sredinu kao i pojavljivanje ispuštenih materija koje je životna sredina primila (imisija) usled njene tehnologije, vrši monitoring, te u godišnjem izveštaju daje sabrano obaveštenje o rezultatima (vidi: Ekološki izveštaj MVM Nuklearne elektrane Paks za 2013. godinu).

5.4.1 KONTROLA KONVENCIONALNIH POKAZATELJA STANJA ŽIVOTNE SREDINE

5.4.1.1 Kontrola ispuštanja otpadne i korišćene vode

Kontrola ispuštanja otpadne i korišćene vode vrši se prema Planu samokontrole prihvaćenog od strane DdKTF (Inspekcija za zaštitu životne sredine, prirode i voda Južnog Zadunavlja).

- stanica V1 za uzimanje uzoraka i daljinska merenja: uzorkovanje hladnovodnog kanala
- stanica V2 za uzimanje uzoraka i daljinska merenja: uzorkovanje toplovodnog kanala
- stanica V4 za uzimanje uzoraka (uzorak crpljen iz kasete objekta za rasipanje energije): uzorkovanje rezultirajuće vode nastale mešanjem korišćene vode vraćene u Dunav i prečišćenih otpadnih voda, konvencionalne granične vrednosti se odnose na ovu tačku.
- Šaht crpne stanice za prepumpavanje na lokaciji proširenja: kvalitet otpadne vode koja ulazi u postrojenje prečistača grada Paksa (propisane su granične vrednosti)
- Ostala mesta za uzimanje uzoraka: ispred i iza komunalnog prečistača, taložnik krečnog mulja, bazen za otpadnu vodu sa hemikalijama.

5.4.1.2 Toplotno opterećenje Dunava

Provera propisa za graničnu vrednost toplotnog opterećenja Dunava obavlja se prema Planu samokontrole prihvaćenog od strane DdKTF. U skladu sa odredbama tog plana konstantno se meri temperatura zahvatane i vraćene vode Dunava, a u slučaju da temperatura ulazne Dunavske vode prelazi 25°C , meri se temperatura Dunava i 500 m nizvodno od ulazne tačke toplovodnog kanala.

5.4.1.3 Monitoring podzemnih voda

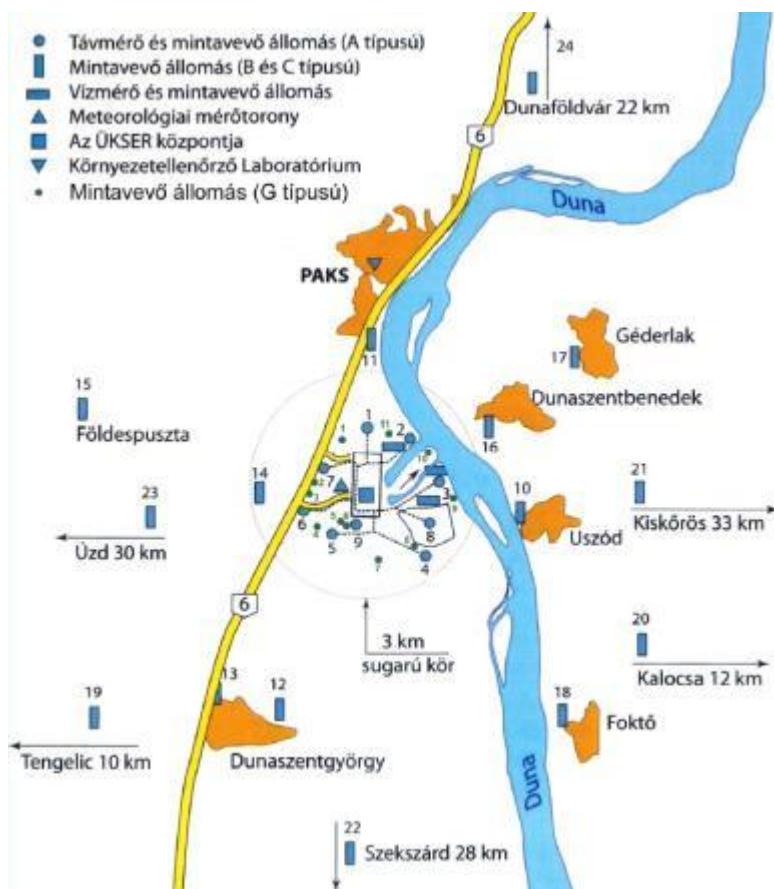
U cilju praćenja potencijalnih izvora zagađenja životne sredine, na osnovu ekoloških dozvola Nuklearna elektrana Paks upravlja sistemom monitoringa podzemnih voda. U sistemu monitoringa konvencionalnih emisija na dole navedenim mestima uzorkovanja ispituju se sledeći parametri:

- Iz kontrolnih bunara kod sabirnika opasnog industrijskog otpada:
pH, ukupni sadržaj soli, ukupan sadržaj ulja, KPK_{ps} (hemiska potrošnja kiseonika), vrednosti Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni,
- Iz kontrolnih bunara na području taložnika:
ph, električna provodljivost, ukupna tvrdoča, ukupan sadržaj soli, amonijum, ukupan sadržaj ulja, KPK_{ps}, vrednost NO₃⁻, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Cl⁻
- Iz kontrolnih bunara pored rezervoara ulja:
pH, sadržaj ulja, NO₃⁻, amonijum, vrednosti Cl⁻,
- Iz kontrolnih bunara na području pogona:
ph, amonijum, nitrat, KPK_{ps}.

5.5 POGONSKI SISTEM PRAĆENJA RADIOAKTIVNOSTI U ŽIVOTNOJ SREDINI (PSPRŽS – MAĐARSKI: ÜKSER)

Kontrola životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks vrši se već od 1978. godine merenjem radioaktivnosti uzoraka uzetih iz raznih sredina, počev od utvrđivanja osnovnog (nultog) nivoa sve do konstantnih merenja tokom rada elektrane.

Na slici 22. prikazan je prostorni raspored sistema monitoringa emisije radioaktivnog zračenja i životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks.



Slika 22. Prostorni raspored sistema Nuklearne elektrane Paks za monitoring radioaktivne emisije i životne sredine [17]

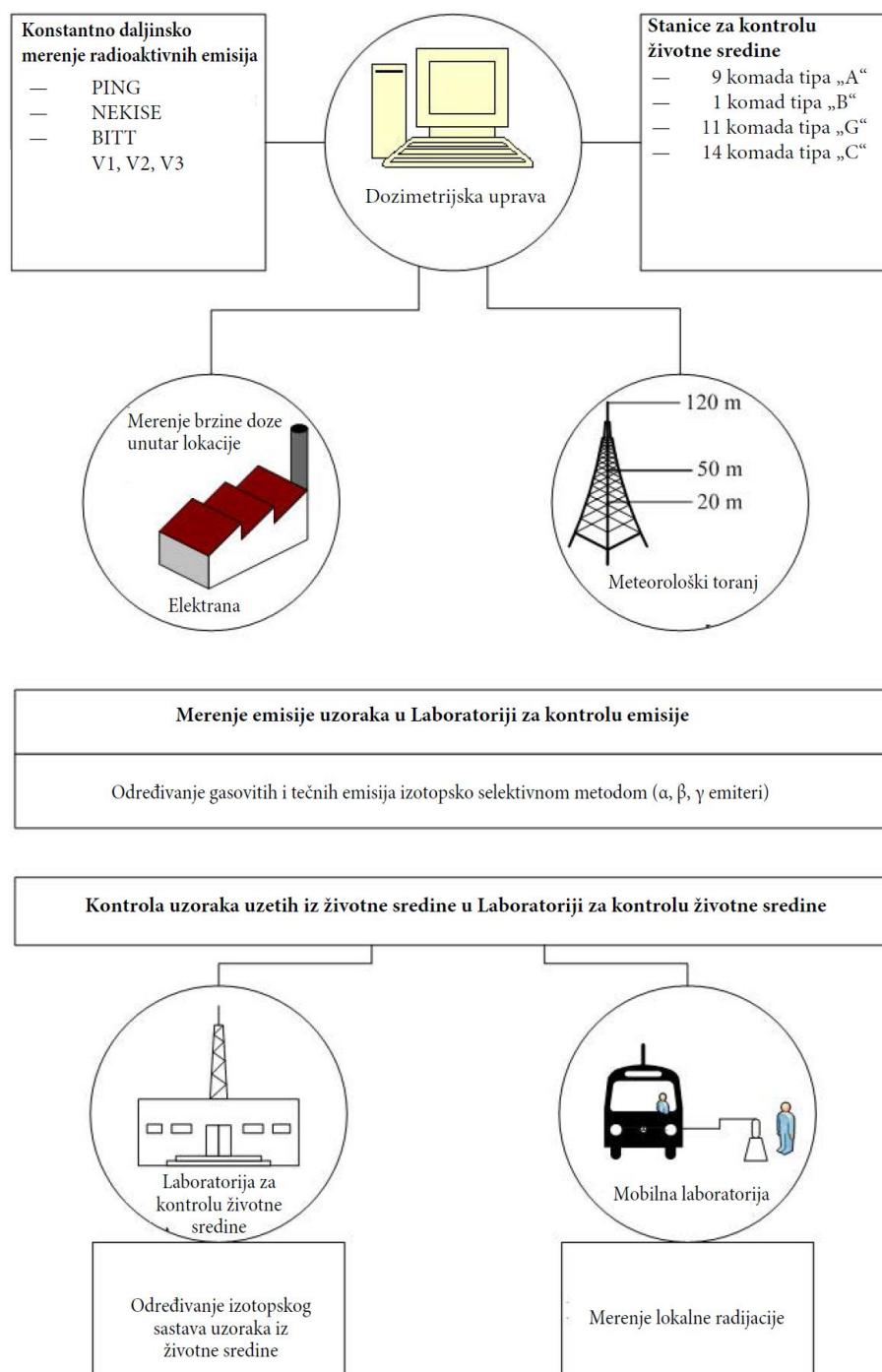
Távmérő és mintavezvő állomás (A típusú)	Stanica za daljinska merenja i uzimanje uzoraka (tipa A)
Mintavezvő állomás (B és C típusú)	Stanica za uzimanje uzoraka (tipa B i C)
Vízmérő és mintavezvő állomás	Stanica za merenje vode i uzimanje uzoraka
Meteorológiai mérőtorony	Meteorološki merni toranj
Az ŰKSZER központja	Centar sistema PSPRŽS
Környezetellenőrző Laboratórium	Laboratorija za kontrolu životne sredine
Mintavezvő állomás (G típusú)	Merna stanica tipa G

Merenja su vršila i vrše još i danas Nuklearna elektrana Paks, državne službe i druge ustanove.

Osnovni zadatak nuklearne kontrole životne sredine je merenje ispuštanja radioaktivnih materija iz elektrane, odnosno njihovog pojavljivanja u životnoj sredini, kao i nivoa zračenja sredine.

Stalna kontrola u cilju zaštite od zračenja životne sredine oko nuklearne elektrane zadatak je Pogonskog sistema praćenja radioaktivnosti životne sredine (PSPRŽS). Rezultati merenja nivoa zračenja životne sredine, odnosno radioaktivne koncentracije uzoraka uzetih iz pojedinih ekoloških medija objavljaju se svake godine pod naslovom *Delatnosti zaštite od zračenja u Nuklearnoj elektrani Paks*.

Sledeća slika prikazuje strukturu sistema monitoringa dvostepene zaštite od zračenja i kontrole životne sredine.



Slika 23. Struktura sistema Nuklearne elektrane Paks za monitoring radioaktivne emisije i životne sredine [18]

Kontrola emisija i stanja životne sredine se vrši na dva nivoa:

- ❖ Neprekidnim merenjem
 - Online mreže za daljinska merenja neprekidno mere najvažnije radioaktivne emisije (gasovite i tečne), odnosno doze zračenja okoline.
- ❖ Uzorkovanjem
 - U Laboratoriji za kontrolu emisije rezultati daljinskih merenja preciziraju se ispitivanjem uzorka uzetih iz ispuštenih materija, izotopsko selektivnim merenjima velike tačnosti.
 - U Laboratoriju za kontrolu životne sredine meri se izotopsko selektivna radioaktivna koncentracija raznih uzorka uzetih sa područja u prečniku od 30 km, odnosno doza gama zračenja, brzina doze zračenja okoline.

Obe laboratorije su akreditirana od strane Nacionalnog akreditacionog tela.

5.5.1.1 Radioaktivne emisije i njihova kontrola

Godine 2004. stupio je na snagu sistem ograničenja ispuštanja, propisan Uredbom br. 15/2001. (8.VI.) Ministarstva za zaštitu životne sredine, kojim se gasovite i tečne emisije upoređuju sa izotopsko specifičnim gornjim granicama emisije utvrđenim na osnovu granice doze određene za Nuklearnu elektranu Paks ($90 \mu\text{Sv}/\text{godina}$).

2013. godine Nuklearna elektrana Paks je iskoristila dozvoljenu emisiju do 0,26%, drugim rečima, ispustila je materije u količini od 0,26%, dakle mnogo manje i od stotog dela dozvoljene vrednosti.

Granica emisije za tečnosti iskorišćena je do $1,77 \cdot 10^{-3}$, odnosno 0,18% dozvoljene količine, a za gasovite emisije do $7,77 \cdot 10^{-4}$, odnosno 0,08%.

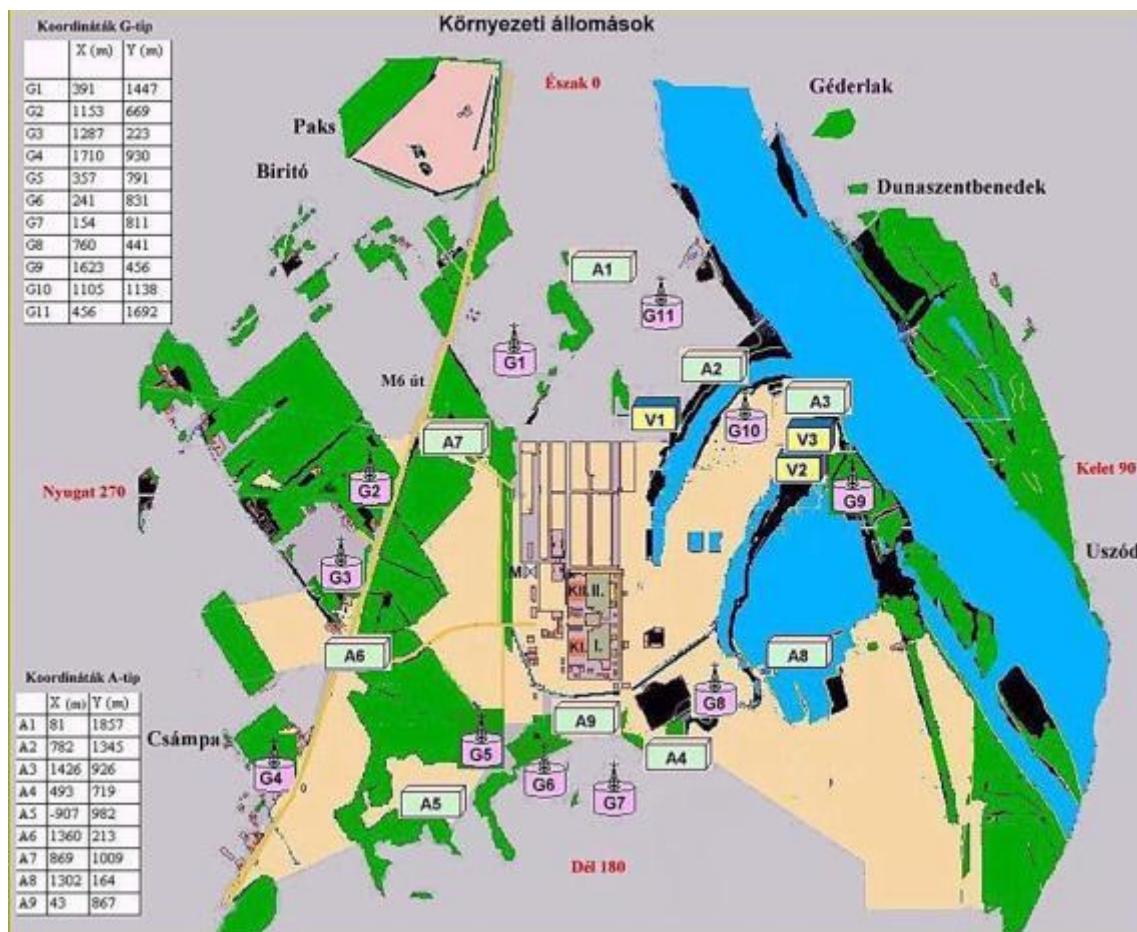
Iskorišćenost dozvoljenih granica i u ranijim godinama bila je slična: u 2012. godini 0,26%, u 2011. godini 0,20%, u 2010. godini 0,25%, u 2009. godini 0,22%.

5.5.1.2 Kontrola statusa prirodne sredine

Kontrola stanja životne sredine se vrši analizom sledećih rezultata merenja:

- merenje koncentracije radioaktivnosti vazduha, padavina (fallout), tla, podzemnih voda i prirodnog biljnog pokrivača (trava),
- merenje aktivnosti površinskih voda (Dunav, ribnjaci, obodni kanal), uzoraka vode, mulja, riba,
- merenje koncentracije aktivnosti uzoraka određenih prehrabbenih namirnica (mleko),
- merenje doze gama zračenja, brzine doze zračenja životne sredine.

Na sledećoj slici je prikazan raspored stanica za daljinska merenja stanja životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks.



Slika 24. Raspored stanica za daljinska merenja statusa životne sredine tipa „A“ i „G“ oko Nuklearne elektrane Paks [19]

Környezeti állomások	Stanice za merenje stanja životne sredine
Koordináták „G” tipus	Koordinate, tip „G”
Koordináták „A” tipus	Koordinate, tip „A”
Eszak	Sever
Kelet	Istok
Nyugat	Zapad
Dél	Jug

5.5.1.2.1 Sistemi daljinskog merenja

Sistemi daljinskog merenja u prečniku od 1,5 km oko Nuklearne elektrane Paks

- 9 stanica tipa „A” za merenje i uzimanje uzoraka (A1-A9)
 - merenje brzine doze gama zračenja (online)
 - merenje ukupnih koncentracija beta aktivnosti aerosola (online)
 - merenje elementarne i organske faze radiojoda (online)
 - uzimanje uzoraka aerosola i joda za laboratorijska merenja (nedeljno, mesečno)
 - uzorkovanje padavina³ (fallout, washout) (mesečno)
 - uzorkovanje T/¹⁴C (T: vodena para i vodonik), ¹⁴C: CO₂, odnosno CO₂ + C_nH_m; (mesečno)
- 11 stanica tipa „G” (G1-G11)
 - merenje brzine doze gama zračenja (online)

Sistemi daljinskog merenja u prečniku od 30 km oko Nuklearne elektrane Paks

- 1 stanica za merenje i uzimanje uzoraka tipa „B” (B24) – **Referentna (kontrolna) stanica u Dunaföldváru**
U cilju određivanja uporednog ili pozadinskog nivoa obavljaju ista merenja kao stanice tipa „A”
- 15 stanica tipa „C”
 - merenje doze termoluminescentnim detektorima (TLD) (mesečno)
 - uzorkovanje i analiza padavina (fallout) (periodično)

5.5.1.2.2 Laboratorijska ispitivanja putem uzorkovanja

- uzorci vode uzeti na mestima V1, V2, V3 (dnevna merenja ukupnog gama i ukupnog beta zračenja uzoraka, odnosno mesečno–tromesečno izotopsko selektivno merenje uzoraka)
- uzorci vode i mulja
 - Dunav, Ribnjaci, obodni kanal, bazen krečnog mulja (tromesečno)
 - Faddi-Holt-Duna (mesečno)
- uzorci tla i trave iz okoline stanica za daljinska merenja (periodično)
- uzorci mleka sa farmi krava muzara iz Dunaszentgyörgya i Tengelic (mesečno)
- uzorci riba iz ribnjaka (tromesečno)

5.5.1.2.3 Ispitivanje koncentracije aktivnosti tricijuma u podzemnim vodama

Za ispitivanje podzemnih voda ispod glavne zgrade u pogledu izloženosti tricijumu, Nuklearna elektrana Paks ima izgrađen sistem monitoringa, odgovarajući odredbama tačke 13-2. a) rešenja OAH-a (Državna uprava za nuklearnu energiju) br. HA-4797 (IBJ zadaci).

Ispitivanja se uglavnom oslanjaju na mrežu bunara za praćenje podzemnih voda oko nuklearne elektrane, kojoj mreži pripada blizu 140 bunara od kojih iz 52 bunara uzima uzorke Odsek za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, mesečno ili godišnje jednom. Kada je koncentracija aktivnosti tricijuma nadmašila 500 Bq/dm³ određivanje koncentracije aktivnosti tricijuma dopunjeno je spektrometrijskim merenjima ukupnog beta i gama zračenja. Kao element monitoringa životne sredine, u 25 bunara ugrađeni su uređaji za konstantno uzimanje uzoraka, čiji je glavni zadatak pored praćenja tricijuma, iskazivanje prisustva drugih eventualnih radioaktivnih materija (gama spektrometrija iz dvomesečnih, ¹⁴C iz

³ Do taloženja izotopa iz vazduha može doći suvim sleganjem (gravitacionim taloženjem) ili usled ispiranja padavinama (kiša, sneg). Ove procese označavamo zajedničkim nazivom fallout (padavine).

četvoromesečnih, $^{89,90}\text{Sr}$ iz četvoromesečnih, Pu-TRU (transuranijumske elemente) iz osmomesečnih prosečnih uzoraka velikog volumena (20 litara mesečno).

Dodatna godišnja izloženost zračenju zbog tricijuma u podzemnoj vodi godišnje iznosi 0,01 nSv/godina, koja se praktično može zanemariti pored izloženosti zračenju prirodne pozadine, koja je u našoj zemlji za oko 20% veća od svetskog proseka (2,4 mSv/godina), i iznosi 3, mestimično 4 mSv/godina.

5.5.1.3 Dodatna izloženost stanovništva zračenju

Dodatna izloženost stanovništva zračenju – u pogledu normalnog režima rada – određena na osnovu podataka o emisijama iz 2013. godine i meteoroloških podataka, prikazana je u sledećoj tabeli:

Granica doze	$\mu\text{Sv/godina}$	90
Doza stanovništva	$\mu\text{Sv/godina}$	$4,83 \cdot 10^{-2}$
Iskorišćenost granice	%	$5,37 \cdot 10^{-2}$

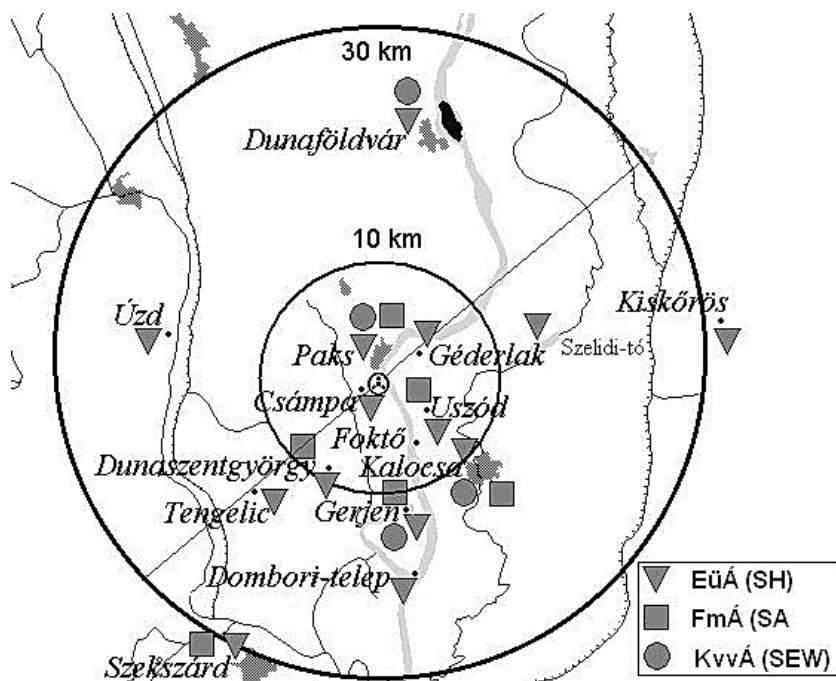
Tabela 8. Iskorišćenost granice doze koja važi za lokaciju Nuklearne elektrane Paks – 2013 [19]

Prema proračunima, dodatna izloženost stanovništva zračenju pri normalnom režimu rada Nuklearne elektrane Paks 2013. godine iznosila je 48,3 nSv, što je svega 0,0537% godišnje dozvoljene doze od 90 μSv .

Ova izloženost zračenju jednaka je efektivnoj dozi koja se prima pri zadržavanju u prirodi u trajanju od 1/2 sata, tako da praktično ne predstavlja zdravstveni rizik, stanovništvo je u zanemarivoj meri dodatno izloženo zračenju.

5.6 SLUŽBENI SISTEM PRAĆENJA RADIOAKTIVNOSTI U ŽIVOTNOJ SREDINI (SSPRŽS – MAĐARSKI: HAKSER)

Paralelno sa merenjima Nuklearne elektrane Paks merenja vrše i državna tела u Službenom sistemu praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (SSPRŽS) radi praćenja zračenja u okolini elektrane.



Napomena:

EüA Zdravstveni sektor

FmÁ Poljoprivredni sektor

KvvÁ Odeljenje za zaštitu životne sredine i vodoprivrede

Slika 25. Službene merne tačke u prečniku od 30 km oko Nuklearne elektrane Paks [20]

Članice SSPRŽS-a su sledeća ministarstva:

Zdravstveni sektor (EüÁ) Ministarstva ljudskih resursa (EMMI)

Ministarstvo poljoprivrede (FM)

Poljoprivredni sektor (FmÁ)

Sektor za zaštitu životne sredine i upravljanje vodama (KvVÁ)

U okviru službene kontrole pored merenja ispuštanja u vazduh i vodu životne sredine vrše se i laboratorijska ispitivanja uzoraka vode Dunava, mulja, tla, bilja i mleka.

Pored brzine doze zračenja, od 2011. godine vrše se i službena merenja sledećih aktivnosti:

- aerosol u vazduhu,
- padavine, suho taloženje iz vazduha (fallout, dryout),
- površinske vode (reke, prirodna i veštačka jezera, kanali),
- pijača voda (bunari, dubinski),
- talog (reke, prirodna i veštačka jezera),
- uzorci tla i trave (oranice sa ili bez navodnjavanja, bašte, livade i ivice puteva),
- lisnato povrće (baštenske biljke indikatori, sirova hrana iz vrta, voće),
- mesa (svinjsko, govede, ovčije, živine, divljači, riba),
- sirovo mleko.

Rezultati merenja SSPRŽS-a tokom ispitivanja uticaja na životnu sredinu oko lokacije Paksa II detaljno su analizirani u poglavljju pod naslovom Radioaktivnost životne sredine.

O delatnostima obavljenim u okviru službenih ispitivanja okruženja oko Nuklearne elektrane Paks, SSPRŽS objavljuje godišnje izveštaje pod naslovom Izveštaj službenog sistema kontrole zračenja u životnoj sredini. Rezultati izveštaja za 1999 – 2012. godine su javni i mogu se preuzeti sa internet stranice SSPRŽS-a.

(<http://www.hakser.hu/eredmenyek/eredmenyek.html>).

5.7 DRŽAVNI SISTEM PRAĆENJA RADIOAKTIVNOSTI U ŽIVOTNOJ SREDINI (DSPRŽS – MAĐARSKI: OKSER)

Na osnovu Vladine uredbe br. 275/2002. (21.XII.) osnovni zadatak Državnog sistema praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini je da na nivou države prikupi rezultate kontrole stanja zračenja okoline i merljivih koncentracija radioaktivnih materija koje određuju izloženost stanovništva prirodnom i veštačkom zračenju.

Merenja obuhvataju sledeće:

- brzinu doze zračenja u životnoj sredini,
- koncentraciju aktivnosti radioaktivnih izotopa:
 - u činiocima sredine (vazduh, tlo, površinske vode, prirodno i poljoprivredno bilje, divljač i domaće životinje),
 - u prehrambenim proizvodima životinjskog ili biljnog porekla i njihovih sirovina za ishranu stanovništva,
 - u pijačoj vodi,
 - u građevinskim materijalima i sirovinama,
- koncentraciju aktivnosti radona i njegovih potomaka u prirodi i unutar objekata,
- unutrašnju radioaktivnu kontaminaciju ljudskog organizma.

Zaključak izveštaja DSPRŽS-a za 2012. godinu

Izvor: Izveštaj Državnog sistema praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (DSPRŽS) za 2012. godinu (27.12.2013.) [4-15]

U Izveštaju Državnog sistema praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini (DSPRŽS) za 2012. godinu vrednosti izmereni u Mađarskoj rezimirani su na sledeći način:

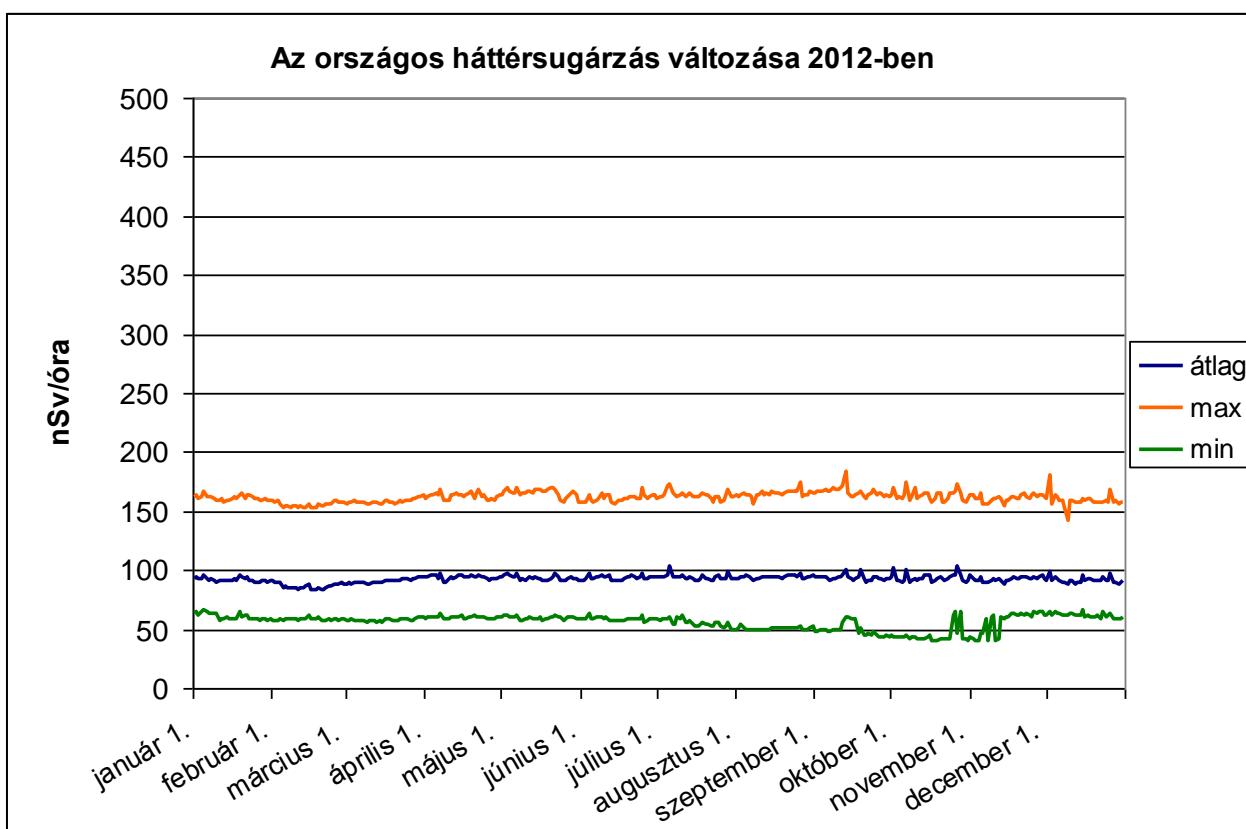
„Treba naglasiti da dok prema direktivi Evropske Unije {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020) (OJ L-201 of

30/07/2008, page 1)) najveći dozvoljeni zbir nivoa koncentracije radionuklida ^{134}Cs i ^{137}Cs u prehrambenim proizvodima iznosi 600 Bq/kg (u mleku, mlečnim proizvodima i hrani za bebe je 370 Bq/kg) najveće vrednosti u Mađarskoj merene u prerađenim prehrambenim proizvodima u 2012. godini bile su ispod 40 Bq/kg.“

„Na kraju napominjemo da izloženost stanovništva veštačkom zračenju – osim za aplikacije u zdravstvu – u našoj zemlji u poslednjih nekoliko godina se procenjuje na $3\text{-}6 \mu\text{Sv}$, dok je izloženost prirodnom zračenju skoro tri reda veličine veća.“

„Kao rezime možemo zaključiti da prema rezultatima kontrolnih merenja obavljenih kako na državnom nivou tako i u okolini postrojenja, delatnosti vezane za dozvolu imaju zanemarljiv uticaj na okolinu i stanovništvo, vrednosti koncentracije radioaktivnih izotopa kod više vrsta uzoraka ostaju pretežno ispod praga detekcije. [21]

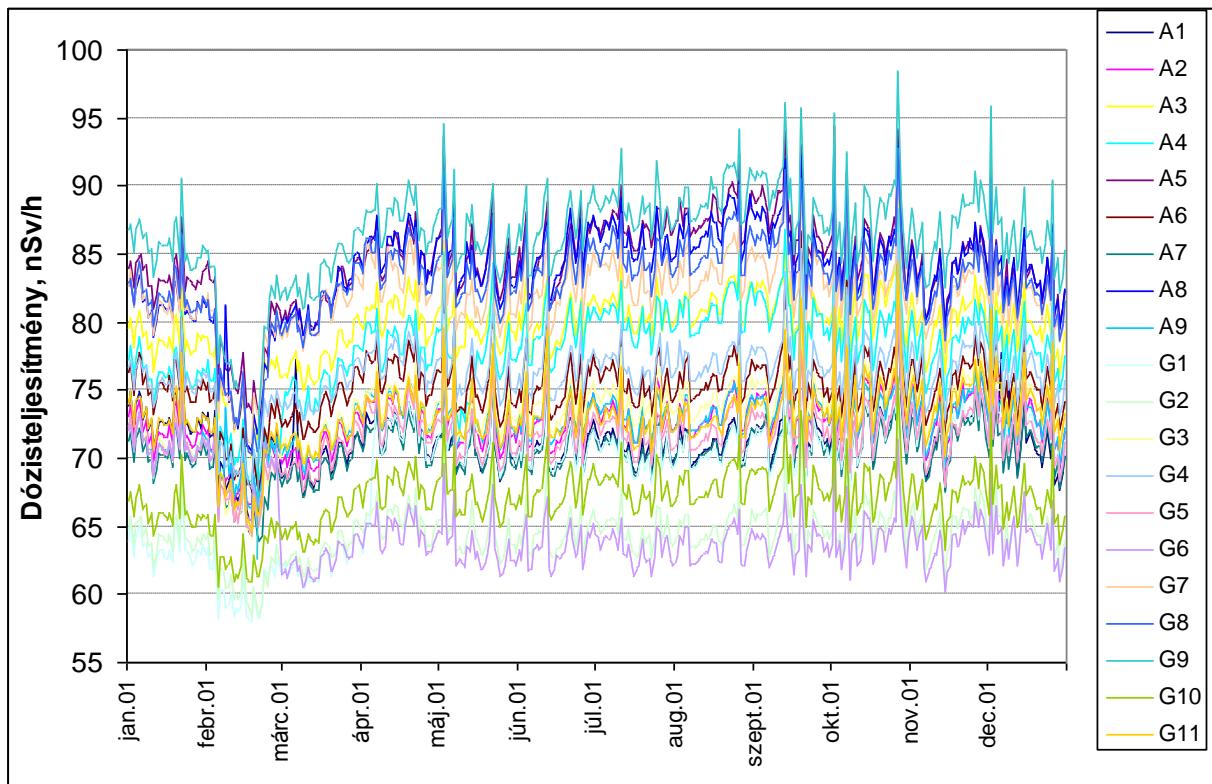
U cilju karakterisanja stanja u zemlji, sledeći grafikon prikazuje promenu maksimalnih i minimalnih vrednosti prosečne dnevne brzine doze gama zračenja na nivou države.



Slika 26. Promene maksimalnih i minimalnih vrednosti prosečne dnevne brzine doze gama zračenja na nivou države u 2012. godini [22]

Az országos háttérsugárzás változása 2012-ben	Promene u pozadinskom zračenju na nivou države u 2012 godini
nSv/óra	nSv/sat
átlag	prosek
max	maksimalni
min	minimalni
január	januar
február	februar
március	mart
április	april
május	maj
júnus	juni
július	juli
augusztus	avgust
szeptember	septembar
október	oktobar
november	novembar
december	decembar

Prema rezultatima merenja dnevne brzine doze u okolini Nuklearne elektrane Paks obavljenih u 2012. godini sondama za merenje brzine doze u sistemu za kontrolu životne sredine Nuklearne elektrane Paks (stanice za kontrolu životne sredine tipa „A“ i „G“), brzina doze u životnoj sredini je varirala između 58 i 98 nSv/h, što spada u niži obim domaćih rezultata merenja. Sledеći grafikon prikazuje promene izmerenih vrednosti tokom godine.



Slika 27. Dnevne brzine doze izmerene u stanicama za praćenje životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks u 2012. godini.

Dózisteljesítmény, nSv/h | Brzina doze nSv/h

5.8 REZIME OPISA, ODNOSNO POGODNOSTI LOKACIJE U PAKSU

Lokacija u Paksu ima brojne prednosti u pogledu izgradnje novih nuklearnih blokova:

- na lokaciji u Paksu je nuklearna elektrana u radu već 30 godina,
- okolno stanovništvo je već prihvatiло Nuklearnu elektranu Paks i njen rad,
- lokacija Nuklearne elektrane Paks i njene okoline je područje koje je već detaljno istraženo i obrađeno,
- uticaji rada Nuklearne elektrane Paks pod stalnim su nadzorom sistema monitoringa na lokaciji i u okruženju,
- lokacija je neposredno povezana sa Dunavom,
- reka Dunav stoji na raspolaganju kao izvor rashladne vode,
- infrastruktura u okruženju lokacije je već izgrađena i stoji na raspolaganju,
- lokacija ima dobru pristupačnost kako putevima tako i železnicom,
- deo građevinskih materijala i velikih postrojenja može se dopremiti Dunavom, rečnim putem,
- zbog specijalne visine terena na lokaciji je obezbeđena zaštita protiv poplava i podzemnih voda,
- meteorološke karakteristike su pogodne,
- u prečniku od 30 km – osim Paksa – gustoća naseljenosti je ispod državnog proseka,
- priključenje na državnu elektroenergetsku mrežu moguće je izvesti u pogodnim uslovima,
- u regionu postoji dostupna kvalifikovana radna snaga sa radnim iskustvom stečenim u nuklearnoj elektrani,
- naselje Paks – zbog svojih prirodnih i infrastrukturnih pogodnosti – povoljno je za smeštaj radnika koji učestvuju u izgradnji, a kasnije i za zaposlene u postrojenju.

Geološka i nuklearna bezbednosna prikladnost detaljno će se oceniti odnosno potvrditi u postupku za pribavljanje lokacijske dozvole sprovedenom od strane OAH-a na osnovu Pravilnika o nuklearnoj bezbednosti (NBSz) iz priloga Vladine uredbe broj 118/2011. (11.VII) o nuklearno bezbednosnim zahtevima nuklearnih postrojenja i o povezanim delatnostima državnih tela.

6 MOGUĆI NAČINI HLAĐENJA KONDENZATORA NOVIH BLOKOVA ELEKTRANE

6.1 POTREBE I MOGUĆNOSTI HLAĐENJA KONDENZACIONIH ELEKTRANA ZA PROIZVODNU ELEKTRIČNE ENERGIJE

U slučaju kondenzacionih elektrana za proizvodnju električne energije, nezavisno od tipa, prema fizičkim zakonitostima velika većina toplote oslobođene iz ogreva - u slučaju elektrana iz goriva - koja se ne može koristiti za proizvodnju električne energije, odlazi u prirodno okruženje koje predstavlja krajnji recipijent toplote. Zbog toga se kondenzator ne može ohladiti na temperaturu ispod temperature okoline. Time je ujedno određen i nivo efikasnosti kružnog ciklusa.

U slučaju modernih nuklearnih elektrana na sadašnjem nivou razvoja tehnologije, oko 65-67% toplote oslobođene u reaktorima na kraju se apsorbuje u okruženju, na temperaturi sličnoj temperaturi okruženja.

U nuklearnim elektranama pored proizvodnje električne energije, u primarnom i sekundarnom kolu stvara se i toplota koja se ne može koristiti za proizvodnju električne energije i čiji odvod obezbeđuju rashladni sistemi. Za odvod toplote nastale u primarnom kolu i koja se ne može iskoristiti, služi bezbednosni sistem rashladne vode, za odvod kondenzacione toplote nastale u kondenzatorima sekundarnog kola služi sistem kondenzatorske rashladne vode, a za odvod toplote nastale u tehničkim sistemima sekundarnog kola služi sistem tehničke rashladne vode.

95% potrebe za hlađenjem u nuklearnim elektranama javlja se pri hlađenju kondenzatora.

Kao krajnji recipijenti suvišne toplote - zavisno od karakteristika lokacije – prvenstveno dolaze u obzir sledeće mogućnosti:

- reka sa velikim protokom
- veće jezero
- more

U slučajevima kada u okruženju neke elektrane stoji na raspolaganju dovoljna količina vode, hlađenje se rešava strujanjem raspoložive rashladne vode u kondenzatorima, tzv. hlađenje svežom vodom. Zagrejana rashladna voda – bez značajnog gubitka u količini – vraća se nazad u more ili reku.

Na lokacijama gde ne стоји na raspolaganju odgovarajući izvor „sveže vode“ za hlađenje, primenjuje se hlađenje – suvim ili mokrim - rashladnim tornjevima. Kod rashladnih tornjeva voda „recirkuliše“ između rashladnog tornja i kondenzatora. U ovom slučaju značajan deo toplote koju treba odvesti odlazi toplotom isparavanja, ostatak preuzima vazduh prenosom toplote.

3/4 deo svih operativnih nuklearnih elektrana primenjuju tehnologiju hlađenja svežom vodom, a ostatak koristi sistem rashladnih tornjeva. [23]

Glavna tehnologija i većina pomoćnih sistema i postrojenja planiranih novih nuklearnih blokova u relativno maloj meri zavise od okruženja lokacije, dok pri izboru rashladnog sistema treba uzeti u obzir obeležja okruženja specifično za konkretni projekat. Odabrani način hlađenja utiče na tehničke karakteristike, ekonomičnost i uticaj na okolinu novih nuklearnih blokova.

6.2 PRAVNA REGULATIVA, GRANIČNE VREDNOSTI TOPLOTNOG OPTEREĆENJA VODENE OKOLINE

Topla voda vraćena u vodenu sredinu (toplota emisija) može imati uticaj na živi svet, ribe i ostale organizme u vodi recipijenta. Nepovoljan uticaj na vodenu floru i faunu može se ublažiti smanjenjem temperature vode pre ispuštanja, odnosno povećanjem obima mešanja i predaje toplote. Uticaji se mogu regulisati graničnim vrednostima toplotne emisije odnosno kriterijima za zonu mešanja.

6.2.1 OPŠTA REGULATIVA TOPLONOG OPTEREĆENJA VODENE ŽIVOTNE SREDINE

6.2.1.1 Evropska unija

Granična vrednost topotne emisije određena je u Prilogu I. Direktive br. 2006/44/EZ Evropskog parlamenta i Saveta:

- ❖ temperatura merena nizvodno od tačke termalnog ispuštanja (na ivici zone mešanja) u slučaju ciprinidne vode ne sme preći normalnu temperaturu za više od 3°C
- ❖ termalna ispuštanja ne smeju prouzrokovati da temperatura nizvodno od tačke termalnog ispuštanja (na ivici zone mešanja), u slučaju ciprinidne vode pređe 28°C.

Usled neravnomernog mešanja ispuštene vode u recipijentu, unutar zone mešanja mogu se pojaviti područja sa većim temperaturama. Glavni faktori koji imaju uticaj na zonu mešanja su: temperatura, brzina i količina ispuštene vode.

6.2.1.2 Mađarska

Opšta pravila su određena Vladinom uredbom br. 220/2004. (21.VII.) o zaštiti kvaliteta nadzemnih voda, odnosno uredbom Ministarstva za zaštitu životne sredine i upravljanja vodama (KvVM) br. 28/2004. (XII.25.) o graničnim vrednostima emisije zagađivača u vodu i pojedinim pravilima njihove primene. Graničnu vrednost topotnog opterećenja vodene sredine treba odrediti na osnovu posebnog ispitivanja sa obzirom na osetljivost i nosivost recipijenta, očuvavši njegovo dobro hemijsko i ekološko stanje. Ni Uredba Ministarstva ruralnog razvoja (VM) br. 10/2010. (18.VIII.) o graničnim vrednostima zagađenosti površinskih voda i pravilima njihove primene ne sadrži informacije o granicama topotne emisije odnosno topotnog opterećenja.

Granične vrednosti zagađenosti voda za ribe su prikazane u tabeli broj I. Priloga 4. Uredbe KvVM br. 6/2002. (5.XI.) o graničnim vrednostima i kontroli zagađenosti površinskih voda namenjenih zahvatanju pijače vode ili određenih za snabdevanje pijaćom vodom, te površinske vode koje su određene za obezbeđivanje životnih uslova za ribe:

Kvalitativne karakteristike		Salmonidne vode	Zona mrene	Zona neverike
Temperatura*	°C	18	25	30
Promena temperature**	°C	1,5	3	5

Napomena:

* dopuštena su privremena odstupanja od graničnih vrednosti zagađenosti (član 12. stav 1.)

** nizvodno od tačke topotne emisije (na ivici zone mešanja) merena temperatura može odstupati najviše u naznačenoj meri od temperature vode na koju isticanje ne utiče.

Tabela 9. Granične vrednosti zagađenosti voda za ribe

Do danas je izvršeno kategorisanje samo nekih površinskih voda, one su nabrojane u prilogu br. 7. Uredbe KvVM br. 6/2002. (5.XI.) gde Dunav nije naznačen, dakle po pravnoj regulativi (stanje teksta zakona na dan 07. jun. 2014.) ne spada u vode za ribe. Uvrštanje Dunava ili nekih njegovih delova u razne kategorije vode za ribe moći će se izvršiti na osnovu ispitivanja ekoloških uticaja.

Proces dobijanja dozvole

U procesu pribavljanja dozvola klasičnih elektrana inspekcije određuju dozvoljenu razliku između temperature crpljene i vraćene vode (ΔT_{max}), maksimalnu temperaturu ispuštene vode (T_{max}), povećanje temperature nakon mešanja (ΔT), odnosno mesto kontrolne tačke.

6.2.2 REGULATIVA ZA TOPLONO OPTEREĆENJE OD NUKLEARNIH ELEKTRANA

6.2.2.1 Članice Evropske unije

Proverili smo nekoliko zemalja članica, te bez namere da pružimo iscrpan prikaz, našli smo sledeće propise: [24]

Finska

Ne postoji samostalna regulacija za topotnu emisiju nuklearnih elektrana u Finskoj, granične vrednosti određuju nadležni organi zavisno od lokalnih karakteristika investicije.

Dve nuklearne elektrane koje su trenutno u funkciji, Olkiluoto i Loviisa, za hlađenje koriste morsku vodu. Za elektranu Olkiluoto granična vrednost emisije je 30°C (nedeljni klizni prosek) na mestu 500 metara od ispusnog kanala.

Za elektranu Loviisa granična vrednost (prosek na čas) je 34°C u tački ispuštanja.

Nemačka

U Nemačkoj razlika u temperaturama crpljene i vraćene vode ne može biti veća od 10°C . Maksimalna temperatura vrćene vode, zavisno od načina hlađenja, za svežu vodu je 30°C , za otvorene (vlažne) rashladne tornjeve je 33°C , a za zatvorene (suve) 35°C .

Količina zahvatane vode ne sme preći $1/3$ najmanjeg protoka vode.

Švedska

Samostalna regulacija u pogledu protoka, dozvoljene količine crpljenja i toplotne emisije u Švedskoj nema, granične vrednosti i ovde određuju nadležna tela u zavisnosti od lokalnih karakteristika konkretne investicije.

Najveća količina crpljene vode za nuklearne elektrane je obično oko $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (po lokaciji) a dozvoljeno povećanje temperature je 10°C .

6.2.2.2 Mađarska

Zakonska regulativa za toplotno opterećenje od sistema hlađenja sa svežom vodom

Propisi formulisani u cilju zaštite od toplotnog zagađenja površinskih voda i vodonosnika sadržani su u članu 10. stava 1. Uredbe Ministarstva zaštite životne sredine (KoM) br. 15/2001. (6.VI.) o radioaktivnim emisijama u vazduh i vodu pri upotrebi nuklearne energije, odnosno o njihovoj kontroli.

Član 10. stav 1.: U slučaju postrojenja od posebnog značaja, u cilju zaštite od toplotnog zagađenja površinskih voda i vodonosnika

- razlika u temperaturi ispuštene vode i vode recipijenta ne može biti veća od 11°C , odnosno u slučaju da je temperatura recipijenta ispod $+4^{\circ}\text{C}$, razlika u temperaturi ne sme biti veća od 14°C ;
- na 500 m nizvodno od tačke ispuštanja temperatura recipijenta niti u jednoj tački poprečnog profila ne sme da pređe 30°C

Ostala ograničenja toplotnog opterećenja radi obezbeđenja zaštite kvaliteta vode inspekcija će odrediti na osnovu člana 66. stav 1. Zakona o opštim pravilima zaštite životne sredine (zakon broj LIII iz 1995. godine) tokom postupka izdavanja integrisane ekološke dozvole.

Propisi za toplotno opterećenje od sistema rashladnih tornjeva

Ne postoji propis koji reguliše toplotno opterećenje vazduha, nisu poznati uporedni pokazatelji niti granične vrednosti za merenje uticaja procesa stvaranja pare odnosno kondenzacije.

6.3 MOGUĆI NAČINI HLAĐENJA NA LOKACIJI U PAKSU

Analiza primene mogućih načina hlađenja planiranih novih nuklearnih blokova na lokaciji u Paksu je obavljena u okviru posebnih ispitivanja. Cilj ovih ispitivanja je bio da se u datim okolnostima i uslovima okruženja izabere način hlađenja sa najboljim mogućim tehničkim rešenjima i stepenom efikasnosti koji se može ekonomično ostvariti i držati u pogonu a da odgovara propisima zaštite životne sredine tokom planiranog radnog ciklusa.

Rashladni načini na lokaciji u Paksu u osnovi se mogu podeliti na hlađenje svežom vodom, odnosno hlađenje pomoću rashladnih tornjeva. Ispitivanjima je detaljno analiziran način **hlađenja svežom vodom** koristeći dunavsku vodu, odnosno rešenje suštinski nezavisno od Dunava, hlađenje pomoću vazduha, hlađenje sistemom vlažnih **rashladnih tornjeva**.

6.3.1 HLAĐENJE SVEŽOM VODOM

U slučaju hlađenja svežom vodom – slično rešenju koje se i sada primenjuje kod četiri operativna bloka Nuklearne elektrane Paks – potrebna količina toplote se odvodi strujanjem dunavske vode kroz kondenzatore. Kod ovog rashladnog

modela dunavska voda se crpi pumpama vodozahvata, te preko odgovarajućih filtera i vodova dovodi se do turbinske zgrade bloka. Voda struji kroz kondenzator, zatim se zagrejana voda preko toplovodnog kanala i povratnog objekta vraća u Dunav.

Obavljen je više ispitivanja za rashladni sistem svežom vodom gde su uzeti u obzir stajališta u pogledu tehničkih rešenja, ekonomičnosti i zaštite okoline. Ispitivanja su u biti ukazala na mogućnosti zahvatanja rashladne vode iz Dunava, odvod rashladne vode do blokova, zatim vraćanja zagrejane vode u Dunav, odnosno tehnička rešenja za odgovarajuće ispuštanje zagrejane rashladne vode u Dunav.

6.3.1.1 Načini snabdevanja rashladnom vodom

Sa tehničkog stanovišta cilj je snabdevanje dovoljnom količinom rashladne vode, imajući u vidu karakteristike Dunava, razne vodostaje, protoke i temperature vode. Moguće mesto zahvatanja vode je obala Dunava ili zaliv postojećeg hladnovodnog kanala Nuklearne elektrane Paks. Sa obzirom da je lokacija Nuklearne elektrane Paks određena na taj način da se omogući izgradnja daljih, novih blokova, i sa stanovišta ekonomičnosti snabdevanja rashladnom vodom je cilj da se u što većoj meri iskoriste postojeći objekti i prednosti lokacije.

Sa ekološkog aspekta takođe je svrshishodno da se koriste postojeća postrojenja, uz njihovu potrebnu adaptaciju. Da bi se područja ekološke mreže NATURA 2000 koristila samo u posebno opravdanim slučajevima, treba se truditi da pri određivanju varijanti novih trasa i objekata, područja NATURA 2000 budu u što manjoj meri uključena.

Najvažniji ispitivani načini zahvatanja i snabdevanja rashladnom vodom bili su sledeći:

- Snabdevanje pomoću crpne stanice na obali Dunava
- Snabdevanje pomoću crpne stanice u zalivu (odabrani način)

Ocena

Snabdevanje pomoću crpne stanice u zalivu je i sa stanovišta izgradnje, odnosno upravljanja u pogonu povoljnije od dvostepenog rashladnog sistema sa svežom vodom.

Sa ekološkog stanovišta najpovoljnija je varijanta sa najmanjom sopstvenom potrošnjom i najmanjim gubitkom električne energije, naime svaki gubitak električne energije usled sopstvene potrošnje treba proizvesti u nekoj drugoj elektrani. Od varijanti koji su uzeti u obzir, najpovoljnija je snabdevanje pomoću crpne stanice u zalivu.

Dvostepeno snabdevanje rashladnom vodom, zbog crpljenja vode sa obale Dunava, u jednom uskom pojasu bi koristila prostor koji spada u mrežu NATURA 2000, što sa aspekta uticaja na okolinu predstavlja dalji nedostatak u odnosu na snabdevanje iz zaliva.

Na osnovu obavljenih ispitivanja, imajući u vidu tehničke aspekte odnosno stajališta ekonomičnosti i zaštite životne sredine, izabrano je crpljenje i snabdevanje rashladnom vodom iz zaliva.

6.3.1.2 Načini odvođenja i ispuštanja zagrejane rashladne vode u Dunav

Prilikom analize i upoređenja mogućnosti odvodnjavanja zagrejane rashladne vode (u daljem tekstu: topla voda) od blokova do prelivne brane za održavanje nivoa, pa do Dunava, i nakon toga mogućnosti ispuštanja u Dunav, istaknut je zahtev da se zaobiđu bezbednosni sistemi operativnih blokova Nuklearne elektrane Paks.

U vezi sa odvodom tople vode od prelivne brane za održavanje nivoa do Dunava ispitana je mogućnost korišćenja postojećeg toplovodnog kanala. Na osnovu dobijenog rezultata svrshishodno je koristiti postojeći toplovodni kanal.

Najvažniji razmatrani načini ispuštanja tople vode u Dunav su sledeći:

- Ulivanje na levoj obali Dunava,
- Ulivanje van plovног puta na nivou dna korita,
- Ulivanje na desnoj obali Dunava (odabrana varijanta).

Varijanta ulivanja na levoj obali Dunava je odbačena zbog nepovoljnih uslova mešanja i znatno većih investicionih troškova u odnosu na druge varijante, pod danas poznatim uslovima.

Ulivanje van plovног puta je izvodljivo, u slučaju ispuštanja na ovom mestu uslovi mešanja su povoljni, ali ulivanje van plovног puta zahteva nekolicinu važnih tehničkih rešenja i veoma je skupa izgradnja objekta za sprečavanje produbljivanja

korita Dunava. Pod sada poznatim uslovima, ulivanje izvan plovnog puta je moguće samo kao dopunsko rešenje uz ulivanja na desnoj obali Dunava.

Najvažnije moguće i detaljno ispitane varijante ulivanja na desnoj obali Dunava bile su sledeće:

- ❖ ulivanje preko postojećeg objekta za rasipanje energije i novog južnog bočnog kanala koji se odvaja od toplovodnog kanala,
- ❖ ulivanje preko postojećeg objekta za rasipanje energije, odnosno preko novog objekta za ulivanje račvanjem sa toplovodnog kanala na severnoj strani (odabrana varijanta).

Ocena

Ovod tople vode iz nuklearnih blokova u Dunav, kako u pogledu izgradnje tako i sa operativnih aspekata, račvanje postojećeg toplovodnog kanala na severnoj strani je povoljnije rešenje nego odvođenje južnim bočnim kanalom.

Sa stanovišta zaštite životne sredine najpovoljnije je rešenje varijanta koja obezbeđuje bolje mešanje tople vode sa vodom Dunava. Sa tog stanovišta znatno je bolje račvanje na severnoj strani jer su na toj deonici bolji uslovi mešanja.

U pogledu uticaja na prirodu takođe je varijanta severnog ogranka pogodnija, jer je samo na jednom uskom pojasu u dodiru sa područjem NATURA 2000, što predstavlja značajnu prednost u odnosu na južni bočni kanal.

Na osnovu obavljenih ispitivanja, imajući u vidu tehničke razloge, odnosno stajališta ekonomičnosti i zaštite životne sredine, izabrana je varijanta ispuštanja tople vode u Dunav kroz severni ogrank koji se račva od postojećeg toplovodnog kanala.

Na području koji se nalazi između postojećeg hladnovodnog i postojećeg toplovodnog kanala sa ogrankom na severnoj strani i sa primenom novog objekta za dovod tople vode (npr. rekuperacione elektrane) može se poboljšati mešanje ispuštene tople vode sa vodom Dunava uz minimizaciju korišćenja područja NATURA 2000.

6.3.1.3 Ispuštanje zagrejane rashladne vode u letnjem periodu

Leti kada temperatura dunavske vode prelazi 25°C i kada je protok istovremeno na nivou ispod srednjeg protoka, da bi se mogla održati propisana granična temperatura $T_{\max}=30^{\circ}\text{C}$ u profilu na 500 m od mesta ispuštanja tople vode, može doći do situacije da treba primeniti dodatna rešenja sa posebnom pažnjom na povećavanje temperature dunavske vode usled klimatskih promena.

Radi pridržavanja propisa zaštite životne sredine ispitane su sledeće mogućnosti:

- ograničenje električnog kapaciteta bloka,
- umešanje hladne rashladne vode,
- primena dodatnog hlađenja.

Osnova analize je hlađenje vode za 3°C (uglavnom zbog mešanja) na profilu kod 500 m nizvodno od mesta ispuštanja tople vode, čime se na mestu ispuštanja dozvoljava maksimalna temperatura od 33°C .

Ograničenje električnog kapaciteta bloka

Primenom ovog rešenja, držanje temperature zagrejane rashladne vode ispod maksimalno dozvoljene temperature vrši se smanjenjem električne snage bloka nuklearne elektrane. Smanjenjem električnog kapaciteta smanjuje se i temperatura koju treba odvesti od kondenzatora, te na taj način – uz isti obim protoka rashladne vode – smanjuje se i stepen zagrejavanja rashladne vode.

Umešanje hladne rashladne vode

Kod ove alternative hlađenja održavanje maksimalne temperature rashladne vode postiže se umešanjem viška dunavske vode iz hladnovodnog kanala u toplovodni kanal, zaobilazeći kondenzatore turbine. Višak rashladne vode za umešanje osigurava dodatna pumpa smeštena u crpnoj stanicu, koja se može zamjeniti pumpama postojeće crpne stанице nakon gašenja trenutno operativnih blokova. Voda zagrejana u kondenzatoru, nakon mešanja sa potrebnom količinom hladne vode, preko toplovodnog kanala i odgovarajuće oblikovanog objekta za poboljšanje pomešanosti na mestu ispuštanja, vraća se u Dunav.

Primena dodatnog hlađenja

Primenom dodatnog hlađenja maksimalna temperatura zagrejane rashladne vode se održava na način da zagrejana rashladna voda nakon izlaska iz kondenzatora struji punim volumenom preko rashladnih tornjeva sa prinudnim strujanjem vazduha. Količina koja se hlađi dodatnim hlađenjem može se optimizovati. Rashladna voda nakon prolaska preko kondenzatora, hlađena dodatnim hlađenjem, vraća se u Dunav preko postojećeg toplovodnog kanala i odgovarajuće oblikovanog objekta za poboljšanje pomešanosti.

Ocena

Sva ispitana rešenja su prikladna za održavanje temperature zagrejane rashladne vode ispod granice od 33° C pri ispuštanju u Dunav.

Smanjenje kapaciteta Paksa II ograničeno je zbog minimalno potrebnog opterećenja blokova u obimu od 50%, mešanje hladne vode je ograničeno zbog zajedničkog crpljenja rashladne vode za Nuklearnu elektranu Paks i Paks II pri minimalnom protoku Dunava odnosno proširivošću zajedničkih objekata, a naknadno hlađenje je ograničeno zbog buke. Međutim, pod osnovnim uslovima ograničavajući faktori tehnički ne isključuju ni jednu varijantu.

Ispitivanja pokazuju da prikazana tri rešenja u pogledu tehničkih, ekonomskih i ekoloških stanovišta imaju različite prednosti, ali prema sadašnjim saznanjima, privremeno smanjenje električnog kapaciteta blokova predstavlja optimalno rešenje, kako na osnovu rezultata izračunavanja troškova radnog veka tako i sa ekološkog stanovišta, jer ne prouzrokuje povećanu emisiju u životnu sredinu niti iziskuje korišćenje većeg prostora. [25]

6.3.2 HLAĐENJE POMOĆU RASHLADNIH TORNJEVA

U slučaju da se za nove blokove elektrane primeni sistem vlažnih rashladnih tornjeva izgrađenih u blizini postojećeg hladnovodnog kanala elektrane, toplota bi se pretežno ispuštala u vazdušni prostor. Vodom zahvaćenom iz Dunava i hemijski obrađenom treba nadoknaditi samo gubitke usled isparavanja, odnošenja kapi i odmuljenja.

U slučaju primene sistema mokrih rashladnih tornjeva rashladna voda koja prolazi kroz površinske kondenzatore parne turbine vraća se u rashladni toranj i pomoću sistema za rasipanje-raspršivanje ravnomerno se raspodeljuje po rashladnoj ispunji. Voden film na ispuni se hlađi usled isparavanja vodenog filma u vazduhu koji prinudnim strujanjem prolazi kroz ispunu za hlađenje. Radi drastičnog smanjenja odnošenja kapi pri strujanju preko vlažne ispune, u svim savremenim rashladnim sistemima se koristi eliminator kapi iznad ispune i mlaznica. Ohlađena rashladna voda se vraća sa ispune u bazen rashladne vode, te pomoću cirkularnih pumpi nazad u kondenzatore. Usled isparavanja povećava se sadržaj soli rashladne vode. Zbog toga, da bi se izbeglo prekomerno ugušćivanje, deo rashladne vode se odmuljava i nadoknađuje obrađenom svežom vodom. Gubitke vode usled odnošenja kapi takođe treba nadoknaditi. Da bi se izbeglo taloženje soli i pojavljivanje algi na mokrim površinama, rashladnu vodu korišćenu u rashladnom sistemu podvrgavaju hemijskom tretmanu, te protiv stvaranja algi i školjki rashladnoj vodi se dodaju biocidi.

6.3.2.1 Ispitivanje alternativa hlađenja pomoću rashladnih tornjeva

Za mogućnost primene rashladnih tornjeva kod planiranih novih blokova na lokaciji u Paksu obavljena su posebna ispitivanja [26], [27], [28]. Alternative su detaljno ispitane u pogledu tehničke, ekološke, ekonomске i društvene prihvatljivosti. Tokom ispitivanja detaljno su analizirane sledeće tehničke alternative unutar rashladnih sistema sa rashladnim tornjevima:

- Vlažni rashladni tornjevi sa prirodnim protokom vazduha (visine ~186 m),
- Vlažni rashladni tornjevi sa prirodnim protokom vazduha najveće dozvoljene visine od 100 m,
- Vlažni rashladni tornjevi s prirodnim protokom vazduha i dodatnom ventilacijom,
- Hibridni (vlažni/suvi) rashladni tornjevi.

Najvažniji tehnički parametri ispitanih alternativa snage 2 x 1.200 MW_e rezimirani su u sledećoj tabeli:

Za blokove snage 2x1200 MW	Sa prirodnim strujanjem	Sa prirodnim strujanjem, sa ograničenjem visine	Sa prirodnim strujanjem i dodatnom ventilacijom	Hlađenje hibridnim (mokro/suvo) rashladnim tornjevima
Broj rashladnih tornjeva [kom]	2x1	2x5	2x1	2x1
Visina rashladnih tornjeva [m]	186	100	70	60
Prečnik osnove rashladnih tornjeva [m]	136,5	88	150	160
Prečnik izlaza vazduha rashladnih tornjeva [m]	77,5	60	95	74
Neto površina prostora potrebnog za rashladne tornjeve (za dva bloka) [m ²]	30.000	61.000	36.000	40.000
Zapreminski protok cirkulacione vode [m ³ /h]	2 x 136.820	2 x 5 x 27.364	2 x 136.820	2 x 136.820
Dodatna rashladna voda [m ³ /h]	≈ 2 x 2.900	≈ 2 x 2.900	≈ 2 x 2.900	≈ 2 x 2.600

Tabela 10. Tehnički podaci sistema mokrih rashladnih tornjeva

6.3.2.1.1 Emisija otpadne toplote

Na osnovu stručne literature procenjuje se da ispuštena otpadna toplota i vлага mogu imati uticaja na vazduh uglavnom u lokalnom okruženju, pod izvesnim vremenskim okolnostima može se povećati verovatnoća nastanka nekih meteoroloških pojava (povećanje relativne vlažnosti, smanjenje vidljivosti, magla, slaba kiša, poledica, inje), mogu imati uticaj na formiranje oblaka i padavina (npr. sneg), mogu izmeniti mesto nastanka pljuskova i vremensko trajanje padavina. Dugoročno, mogu donekle uticati na mikroklimu u okolini emitera. Prema sadašnjim saznanjima rashladni tornjevi nemaju globalnih uticaja.

Pošumljeno područje i zelena površina veće biološke aktivnosti u blizini industrijske zone delimično kompenzuje uticaj toplotnog ostrva. Ova rešenja se preporučuju ne samo sa klimatskih gledišta već i radi smanjenja drugih opterećenosti okoline (zagadenost vazduha, buka) i mogu se koristiti i za delimično zaklanjanje vizuelnih uticaja. U zimskim uslovima preventivno posipanje puteva i operativno korišćenje upozoravajućih meteoroloških prognoza može smanjiti štete usled pojačanog zaledivanja.

Do emisije otpadnih voda iz sistema hlađenja sa rashladnim tornjevima može doći usled konstantnog odmuljavanja bazena rashladnog tornja, odnosno zbog tehnologije pripremanja dodatne rashladne vode. Ispuštene otpadne vode sadržavaju soli i hemikalije za obradu rashladne vode koja cirkuliše u sistemu rashladnih tornjeva, odnosno hemikalije i regenerate za pripremu dodatne vode.

6.3.2.1.2 Analiza ispitanih rashladnih rešenja u pogledu zaštite pejzaža

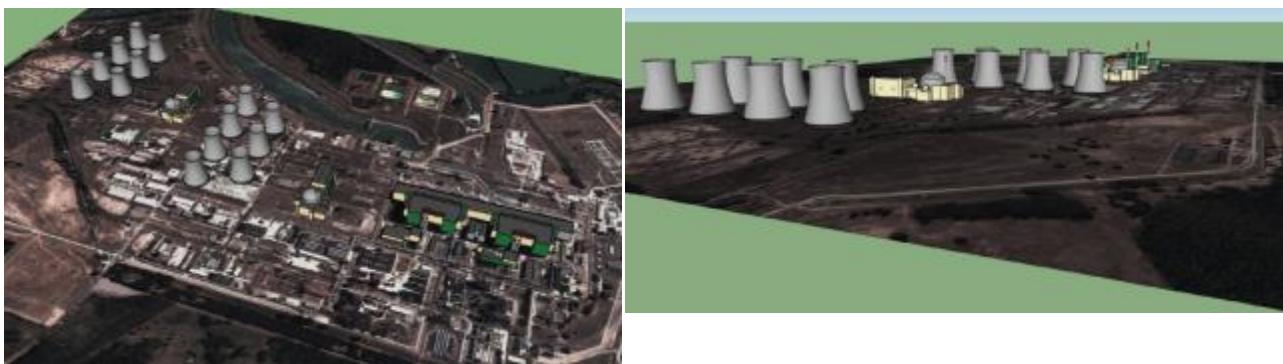
Analiza razmatranih rashladnih rešenja u pogledu zaštite pejzaža i ispitivanje njihove integracije u pejzaž obavljen je u prvoj polovini 2012. godine, za tada ispitani najnepovoljniji slučaj, 2 x 1.600 MW. Rezultati ovih ispitivanja važe i za rešenje koje se sada razmatra: 2 x 1.200 MW, sa razlikom da za kapacitet 2 x 1.600 MW treba izgraditi 2 x 7, a u slučaju 2 x 1.200 MW treba izgraditi 2 x 5 komada vlažnih rashladnih tornjeva sa prirodnim protokom vazduha.

Vlažni rashladni toranj sa prirodnim strujanjem vazduha

U pogledu uticaja na pejzaž i uklapanja u pejzaž izgradnja 2 vlažna rashladna tornja sa prirodnim strujanjem vazduha, visine 186 m izuzetno je problematično zbog značajnog uticaja na pejzaž, a isto se može reći i za varijantu vlažnih rashladnih tornjeva sa prirodnim protokom vazduha najveće dozvoljene visine od 100 m.

Uklapanje vlažnog rashladnog tornja sa prirodnim strujanjem vazduha u pejzaž je praktički neizvedivo, vizuelni uticaj je vrlo izrazit, nismo pronašli niti domaći niti međunarodni primer za toliki broj objekata takvih gabarita.

Vlažni rashladni toranj sa prirodnim strujanjem vazduha, najveće dozvoljene visine od 100 m



Slika 28. Vlažni rashladni toranj sa prirodnim strujanjem, najveće dozvoljene visine od 100 m - vizuelizacija (ptičja perspektiva i bočni izgled)

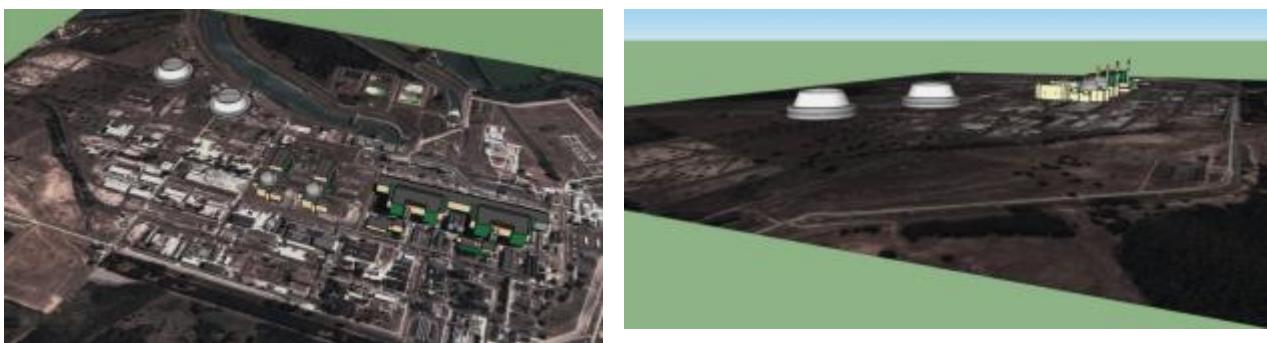
Hlađenje sa po 2 vlažna rashladna tornja sa prirodnim strujanjem i dodatnom ventilacijom odnosno hibridno hlađenje vlažnim rashladnim tornjem sa dodatnom ventilacijom može se uklopliti u pejzaž, ne pokazuju značajno odstupanje. U slučaju malo nižeg hibridnog tornja ograničena vidljivost oblaka pare je povoljnija, ali zauzima više prostora.

Hlađenje vlažnim rashladnim tornjevima sa prirodnim strujanjem i dodatnom ventilacijom



Slika 29. Vlažni rashladni tornjevi sa prirodnim strujanjem i dodatnom ventilacijom – vizuelni plan (ptičja perspektiva i bočni izgled)

Hlađenje hibridnim (vlažni/suvi) rashladnim tornjevima



Slika 30. Hibridni rashladni tornjevi, varijanta sa dodatnom ventilacijom – vizuelni plan (ptičja perspektiva i bočni izgled)

6.3.3 ANALIZA PROFITABILNOSTI NAČINA HLAĐENJA SVEŽOM VODOM I RASHLADNIM TORNJEM

Investicioni i operativni troškovi se mogu proceniti kod obe varijante, ali je otežana procena društveno-ekonomskih i ekoloških uticaja, profit se teško može brojčano izraziti. Iz tog razloga u oba slučaja su odabrana tehnička rešenja kod kojih su, po mogućnosti, podjednaki rizici i kod kojih se mogu poštovati važeći propisi u pogledu zaštite životne sredine. Iako su uticaji na životnu sredinu različiti, prema sadašnjem saznanju možemo reći da su društveni uticaji isti. Na osnovu

toga, pri sličnom faktoru rizika i mogućnosti da se zadovolji važećim propisima zaštite okoline, treba odabratи varijantu koja ima najniže troškove.

Na osnovu obavljenih ispitivanja može se ustanoviti da su ostvarljivi i sistemi vlažnih rashladnih tornjeva i sistemi hlađenja svežom vodom, primenom odgovarajuće tehnologije može se udovoljiti važećim propisima zaštite životne sredine, mogu se kontrolisati rizični faktori koje treba uzeti u obzir kod pojedinih tipova i pojedini tipovi se mogu rangirati u pogledu ekonomičnosti.

U tehničkom pogledu, primenom sistema hlađenja svežom vodom, stepen efikasnosti i količina proizvedene električne energije je veća nego u varijanti sa rashladnim tornjevima. Primena sistema sličnog postojećem sistemu hlađenja svežom vodom ima dalju prednost i zbog stečenih operatorskih iskustava.

Pretvaranje u led pare koja izlazi i rashladnog tornja u zimskim uslovima može oštetiti objekte u okruženju i predstavlja opasnosti za životnu sredinu.

U pogledu izvođenja, sistem hlađenja svežom vodom se u biti gradi od elemenata za koje već postoji iskustvo u građenju odnosno izvođenju. Sistem vlažnog rashladnog tornja sa tehnologijom prirodnog strujanja takve veličine još nije izgrađen u Mađarskoj.

U pogledu ekološke zaštite, sistem hlađenja svežom vodom ne koristi hemikalije ili samo u minimalnim količinama, suprotno sistemu hlađenja sa rashladnim tornjem koji ima značajan utrošak hemikalija za pripremu dopunske rashladne vode i za hemijsko kondicioniranje rashladne vode koja kruži u rashladnom sistemu.

U pogledu uticaja na životnu sredinu, uklapanje rashladnih tornjeva sistema hlađenja u pejzaž, čak ni sa smanjenom visinom nije odgovarajuća zbog velikog broja tornjeva. Varijanta rashladnih tornjeva sa dodatnom ventilacijom ima veće opterećenje na okolinu zbog buke, te investicioni i operativni troškovi su mnogo veći.

U pogledu ekonomičnosti može se ustanoviti da su troškovi za vreme radnog veka sistema hlađenja sa rashladnim tornjevima veći u odnosu na sistem hlađenja svežom vodom.

Na osnovu rezultata obavljenih ispitivanja odabran je sistem hlađenja svežom vodom – slično onom koji se trenutno koristi kod četiri operativna bloka. [28]

7 OSNOVNI PODACI I KARAKTERISTIKE NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II PLANIRANE NA LOKACIJI U PAKSU

7.1 RAZVOJ RUSKIH VVER BLOKOVA

Od blokova III.+ generacije ruski proizvođač danas nudi tip VVER-1200.

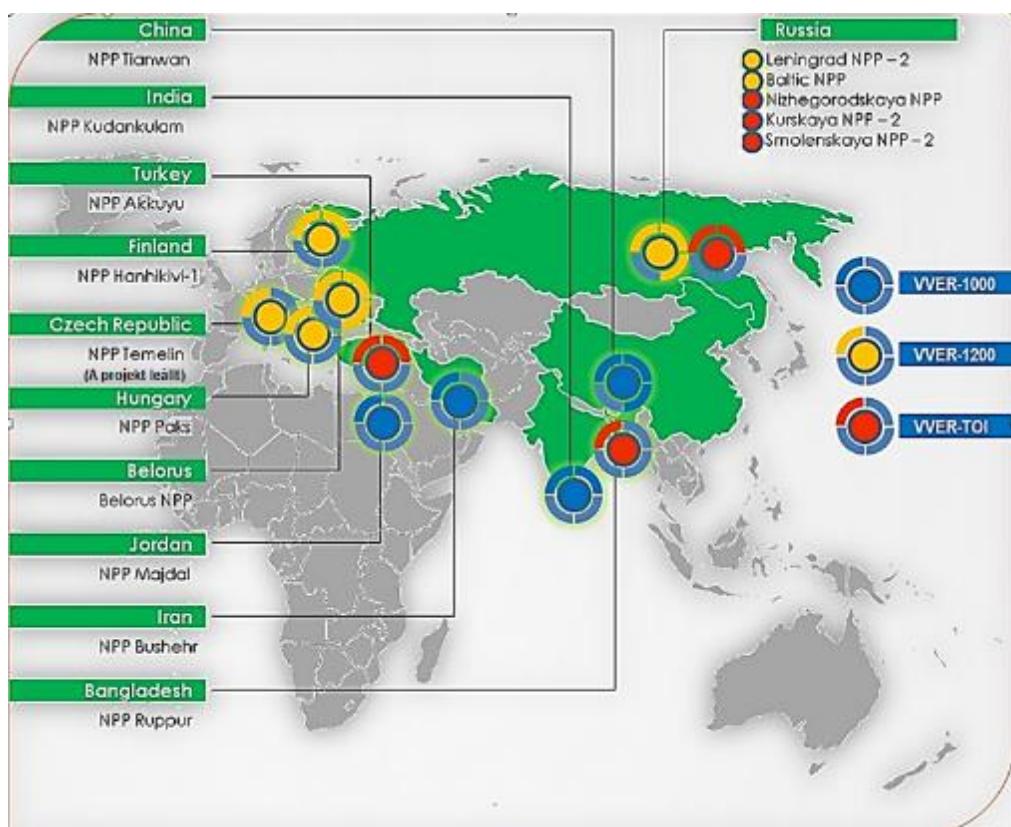
Termička snaga bloka je 3200 MW, bruto električna snaga 1200 MW, a raspolaže i kapacitetom grejanja od 300 MW.

Ovaj blok postoji u nekoliko verzija, razlike između tipova su zbog različite filozofije glavnih konstruktera u izradi bezbednosnih sistema (MIR-1200 je projektovan u Sankt-Peterburgu, AES-2006 je projektovan u Moskvi).

Izmene na bloku tipa VVER-1200 uglavnom su bili u smeru poboljšanja ekonomičnosti (nominalna snaga, efikasnost) odnosno raspoloživosti (npr. faktor iskorišćenosti je 92%, radni vek je 60 godina). Pored bezbednosnih izmena poboljšan je rad glavnih cirkulacionih pumpi (sa isključenjem podmazivanja uljem) uvođenjem nove vrste goriva koje sadrži sagorive apsorbere⁴, te povećana je i pouzdanost generatora pare. U novoizgrađenim blokovima primenjena je integrisana upravljačka tehnika na digitalnoj bazi.

Zbog doslednog sprovođenja međunarodno prihvaćenih opštih bezbednosnih normi odnosno preporuka EUR-a, blok tipa VVER-1200 je od strane EUR-a ocenjen kao prikladan.

⁴ Apsorberi su elementi koji apsorbuju neutronne sprečavajući proširenje lančane reakcije (na taj način se kontroliše lančana reakcija tzv. „trovanjem reaktora“).



Slika 31: Ruski VVER blokovi koji su u fazi izgradnje ili planiranja [7]

(A projekt leállt) | (Projekt je zaustavljen)

U izgradnji su dva bloka tipa VVER-1200 u Ruskoj Federaciji, u Nuklearnoj elektrani u Lenjingradu (Sosnovij Bor), odnosno u Nuklearnoj elektrani u Novovoronežu, njihovo puštanje u pogon očekuje se oko 2018-2019. godine.

U Ruskoj Federaciji planiraju značajno proširenje nuklearnog kapaciteta blokovima tipa VVER-1200, prema planovima do 2020. godine će povećati kapacitet za 20.000 MWe (17 blokova). [29]

7.2 OPIS RUSKIH BLOKOVA PLANIRANIH NA LOKACIJI U PAKSU

7.2.1 GLAVNI TEHNIČKI PARAMETRI

Glavne tehničke parametre blokova tipa VVER-1200 prikazuju sledeća tabela:

Termički kapacitet reaktora	3.200 MW _{th}
Izlazni kapacitet (u zavisnosti od izabrane tehnologije sekundarnog kola)	1.113 MW _e
Radni vek	60 godina
Planirani faktor iskorišćenosti snage	>90 %
Planirani godišnji ispad zbog glavnog remonta	20 dana
Sopstvena potrošnja	7,1 %
Mogući tip goriva	UO ₂
Gorivni ciklus– vreme koje gorivni element provede u reaktoru	54 meseci (3 x 18 meseci)
Dužina neprekidnog rada	18 meseci
Potrošnja goriva	40,58 t UO ₂ / 18 meseci
Potrošnja goriva (gorivo + kasetu)	56,4 t / 18 meseci
Broj svežih gorivnih kaseti pri preslaganju (uravnoteženi)	76 kom.
Prosečno obogaćenje novih gorivnih kaseti	4,95 % (²³⁵ U)
Prosečno sagorevanje u gorivnim kasetama	47,5 MW dan / kgU
Mogućnost regulisanja	između 50%–100%, godišnje maks. 250 kom
Broj petlji i glavnih cirkulacionih pumpi (FKSZ)	4, 4 FKSZ
Pritisak primarne strane	162 bar
Ulažna/izlazna temperatura reaktora	298,2 / 328,9 °C

Generator pare	4 kom, vodoravni
Izlazni pritisak generatora pare	62,7 bar
Ukupni volumenski protok rashladnog medija u primarnom krugu	86.000 m ³ /h

Tabela 11. Glavni tehnički parametri blokova tipa VVER- 1200 [13], [30], [31]

7.2.2 BEZBEDNOSNI CILJEVI I PROJEKTNA REŠENJA

Željeni bezbednosni cilj	Primjenojeno projektno rešenje za postizanje cilja i mere za smanjenje posledica
Sanacija pogonskih poremećaja koji spadaju u proširenje planske osnove	<ul style="list-style-type: none"> - Kontejnment sa dvoslojnim zidom - Rashladni sistem - Sistem hlađenja kontejnmenta - Rekombinatori vodonika - Hvatač jezgra
Sprečavanje pojava sa visokim pritiskom koja dovode do preranog kvara kontejnmenta	<ul style="list-style-type: none"> - Ventili za smanjenje pritiska - Rashladni sistemi
Odlaganje nastalog vodonika	- Rekombinatori
Hlađenje i stabilizovanje rastopljenog jezgra	- Hvatač jezgra
Smanjenje pritiska kontejnmenta	<ul style="list-style-type: none"> - Hladnjaci velike površine(od 0 do 24 sata) - Mobilni uređaji (od 24 do 72 sati)

Tabela 12. Projektna rešenja za postizanje cilja i postupci za smanjenje posledica [13], [30]

Nuklearni sistemi bloka smešteni su u dvoslojnem kontejnmentu. Unutrašnja stenka obezbeđuje hermetičko zatvaranje kontejnmenta, dok vanjski zid štiti hermetički prostor od vanjskih uticaja (npr. udar aviona). Donji deo kontejnmenta funkcioniše kao hvatač jezgra.

Bezbednosni sistemi koji pojedinačno imaju po 100% kapaciteta smešteni su u četiri posebna kanala. Napajanje svakog sigurnosnog kanala obezbeđuje po jedan dizel agregat snage 7,5 MW.

U slučaju pogonskog udesa, pored sistema koji obezbeđuju hlađenje primarnog kola na raspolaganju su i četiri hidroakumulatora visokog pritiska čiji je zadatak da u početnim fazama tehnoloških kvarova koji za posledicu imaju značajan gubitak nosioca toplote primarnog kola, aktivna zona (jezgro) ostane pod vodom - bez intervencije operatora -, sve dok aktivni delovi rashladnih sistema za slučaj udesa u jezgru (ZÜHR) ne obave svoj zadatak.

7.3 GORIVO

Predviđeno gorivo planirane nove nuklearne elektrane na lokaciji Paks je obogaćeni uranijum dioksid.

Doprema goriva do lokacije, u skladu sa propisima, obavljaće se u kontejnerima, prvenstveno putem železnice.

Prvo punjenje goriva će se dopremeti na lokaciju otrilike 1-1,5 godina pre početka komercijalnog rada. Tokom planiranog radnog veka od 60 godina svakih 18 meseci će se dovoziti novo gorivo potrebno za zamenu (preslaganje) isluženog goriva. Kao strateška zaliha, na lokaciji će se skladištiti sveže gorivo u količini potreboj za dva punjenja (preslaganja).

Iluženi gorivni elementi nakon vađenja iz reaktora se čuvaju u **bazenu za isluženo gorivo** sa osiguranim **odvodom remanentne toplote** sve dok njena vrednost ne postigne nivo na kojoj je pogodan za prelazni suvi smeštaj. U bazenu za isluženo gorivo ove kasete mogu odležati maksimalno 10 godina.

Nakon skladištenja u bazenu isluženo gorivo se prevozi u privremeno skladište. U tu svrhu trenutno su postoje dve opcije:

- isluženi gorivni elementi se transportuju na teritoriju Ruske Federacije u cilju privremenog tehnološkog odlaganja ili tehnološkog odlaganja i reciklaže. Isluženi gorivi elementi, odnosno u slučaju reciklaže nuklearni otpad se skladišti na teritoriji Ruske Federacije isto toliko vremena, koliko je propisano sporazumom (ugovorom) iz člana 7. stava 1. za odlaganje nuklearnog goriva (20 godina), a zatim se vraća u Mađarsku.
- privremeno skladištenje isluženih gorivnih kaseta u Mađarskoj.

Imajući u vidu planirani radni vek novih blokova i vremenske periode utvrđene međunarodnim sporazumom, za privremeno skladištenje isluženih gorivnih elemenata predviđamo **privremeni smeštaj u Mađarskoj** na lokaciji blokova ili u njenoj

neposrednoj blizini. Privremeno odlaganje traje sve dok se ne obezbedi konačno odlaganje gorivih elemenata ili visoko aktivnog otpada nastalog nakon njihove reciklaže.

Nakon privremenog skladištenja predviđamo **konačno uskladištenje** isluženih gorivnih elemenata **u Mađarskoj**, sa obzirom na sledeće:

- za sada nije ispunjen jedan od uslova iz Zakona o nuklearnoj energiji za trajno inostrano uskladištenje otpada nastalog u Mađarskoj – prema kojem objekat za odlaganje radioaktivnog otpada ima dozvolu za uskladištenje otpada koji će se otpremiti, i bio je u funkciji već i pre otpreme.
- zbog planirane dužine radnog veka dugoročna izvodljivost ostalih mogućnosti je nesigurna i ima ozbiljne rizike.

7.4 PRIMARNO KOLO

Prema procesu proizvodnje energije planirani novi blokovi mogu se podeliti na dva glavna dela, na primarno i sekundarno kolo.

Toplotu koja nastaje u aktivnoj zoni primarno kolo odvodi u generatore pare, a para nastala u generatorima pare tokom konverzije obavlja rad u turbinu sekundarnog kola te se usled toga u generatoru priključenom na turbinu proizvodi električna energija.

7.5 SEKUNDARNO KOLO

Zadatak sekundarnog kola je konverzija topolne energije proizvedene u reaktorima prvo u mehaničku, potom u električnu energiju. Voda iz primarnog kola temperature između 300 i 320° C zagreva i uzvari vodu koja teče u sekundarnom kolu u cevima za razmenu toplove u generatoru pare.

Para koja izlazi iz generatora pare odlazi u turbinu gde mehaničkom energijom pokreće rotor turbine. U turbinu, na istoj osovini se nalazi rotor kućišta visokog i niskog pritiska, kao i generatora. U turbinskom kućištu visokog pritiska temperatura pare se smanjuje, a sadržaj vlage u pari značajno raste. Zbog toga, pre ulaska u kućište niskog pritiska para odlazi u tzv. eliminator kapi i u uređaj za pregrejanje pare gde se uklanjaju kapi koje bi oštetile lopatice turbine.

Iskorišćena para se vraća u kondenzatore gde kroz nekoliko hiljada tankih cevi teče rashladna voda. Na rashladnim cevima se para kondenzuje na oko 25° C, zatim se – radi povećanja efikasnosti – preko višestepenog predgrejača, pumpama vraća u generator pare.

Stepen efikasnosti parnog ciklusa je ~37%.

7.6 RASHLADNI SISTEMI

U planiranim novim nuklearnim blokovima, pored korisne toplove za proizvodnju električne energije, u primarnom i sekundarnom kolu nastaje toplota koja se ne može iskoristiti za proizvodnju električne energije, čiji se odvod osigurava rashladnim sistemima.

Rashladni sistemi planirane nove nuklearne elektrane se mogu podeliti na tri glavna dela:

Zadatak **rashladnog sistema kondenzatora** je odvođenje kondenzacione toplove kružnog parnog procesa iz kondenzatora sekundarnog kola nuklearnih blokova mehanički filtriranom dunavskom vodom koja struji kroz površinskih kondenzatora.

Zadatak **tehnološkog rashladnog sistema** je odvođenje toplove koja nastaje u pomoćnim sistemima sekundarnog kola. Tehničkim rešenjem planiranih novih blokova sistem tehnološke rashladne vode, kroz zatvorenih unutrašnjih rashladnih kola odvodi otpadnu toplotu iz grupe postrojenja turbine-generatora, pumpe i elektromotora velike snage. Sistem tehnološke rashladne vode se račva sa rashladne vode kondenzatora u zgradi turbine, a zagrejana tehnološka voda se vraća u Dunav zajedno sa vodom zagrejanom u kondenzatoru.

Zadatak **bezbednosnog rashladnog sistema** je snabdevanje rashladnom vodom potrošača (postrojenja) primarnog kola nove nuklearne elektrane, koji pri normalnom režimu radu primarnog kola zahtevaju stalno hlađenje. Zadatak

bezbednosnog rashladnog sistema je nadalje, hlađenje primarnog kola pri normalnom radu kao i pri udesima, zatim pored hlađenja primarnog kola, osiguranje odvođenja remanentne toplote goriva iz reaktora, iz pretovarnih stanica i iz bazena za isluženo gorivo. Bezbednosni sistem rashladne vode može raditi na dva načina. Jedan od načina je da preko rashladnih ćelija sa veštačkim strujanjem predaje toplotu „vazdušnom okruženju, a drugi mogući način je da se odvođenje toplote vrši svežom vodom, u kom slučaju konačni recipijent toplote je Dunav. Bezbednosni rashladni sistem u osnovi funkcioniše svežom vodom zahvaćenom iz Dunava, ali ako bezbednosni rashladni sistem iz bilo kog razloga (npr. ekstremni vremenski uslovi, ekstremni vodostaji Dunava, oštećenje objekata u vodi usled kojih gube bezbednost) ne može obaviti bezbednosne funkcije svežom vodom, prelazi na hlađenje rashladnim ćelijama. Bezbednosni rashladni sistem blokova planirane nove nuklearne elektrane – prema projektu koji uzima u obzir pogodnosti lokacije – u značajnom delu radnog veka funkcioniše svežom rashladnom vodom.

7.6.1 ZAHVATANJE VODE IZ DUNAVA

U zavisnosti od dva načina rada bezbednosnog rashladnog sistema, količina zahvaćene vode iz Dunava iznosi od 64,15 m³/s do 66,01 m³/s po jednom bloku, a za dva bloka između 128,3 m³/s i 132,02 m³/s. U pogledu uticaja zahvatanja i vraćanja dunavske vode uzete su u obzir veće vrednosti.

Sledeća tabela prikazuje ukupnu količinu (rashladna voda kondenzatora, tehnološka rashladna voda, bezbednosna rashladna voda i priprema dodatne vode) iscrpljene sirove dunavske vode u slučaju rada bezbednosnog rashladnog sistema svežom vodom.

Naziv	Jedinica	1 x 1.200 MW _e	2 x 1.200 MW _e
Rashladna voda kondenzatora*	m ³ /s	61,5	123
Tehnološka rashladna voda (sekundarnog kola) [31]	m ³ /s	2,6	5,2
Bezbednosna rashladna voda (primarnog kola) [31]	m ³ /s	1,9	3,8
Sirova voda u pripremi dodatne vode (za pripremu odsoljene vode)	m ³ /s	0,01	0,02
Ukupna količina vode zahvatane iz Dunava	m ³ /s	66,01	132,02
Godišnja (8760 h) maksimalna potreba za rashladnom vodom	milijardi m ³ /godina	2,08	4,16

Tabela 13. Količine zahvatane dunavske vode u slučaju rada bezbednosnog rashladnog sistema svežom vodom

7.6.2 SISTEM RASHLADNE VODE KONDENZATORA

Rashladni sistem kondenzatora – slično onima koji se koriste kod četiri operativna bloka nuklearne elektrane – odvodi višak toplote strujanjem vode iz Dunava preko kondenzatora. Dunavska voda se zahvata pumpama crpne stanice, a zatim se preko odgovarajućih filtera i vodova vodi do kondenzatora u turbinskoj zgradi bloka.

Na osnovu ispitivanja varijanti rashladnog sistema kondenzatora novih nuklearnih blokova, imajući u vidu kriterijume sa tehničkog, ekonomskog i ekološkog gledišta izabrano je zahvatanje i snabdevanje rashladnom vodom iz zaliva, odnosno odvod tople vode priključivanjem postojećeg hladnovodnog kanala i proširenjem postojećeg toplovodnog kanala.

Očekivani potreban zapreminske protok rashladnog sistema kondenzatora pri temperaturnoj razlici od $\Delta t = 8^{\circ}\text{C}$ u kondenzatoru i pri $\approx 2.075 \text{ MW}_{\text{th}}$ viška toplote u kondenzatorima po bloku, u slučaju jednog bloka u normalnom režimu rada iznosi 61,5 m³/s, a za dva bloka je 123 m³/s.

Snaga bloka	Jedinica	1 x 1 200 MW _e	2 x 1 200 MW _e
Zapreminske protok rashladne vode [31]	m ³ /s	61,5	123
Zapreminske protok rashladne vode	m ³ /h	221.400	442.800
Zagrevanje rashladne vode u kondenzatoru [31]	°C	8	8
Godišnja (8760 h) maksimalna potreba za rashladnom vodom	milijardi m ³ /godina	1,94	3,88

Tabela 14. Količine vode u rashladnom sistemu kondenzatora

7.6.3 SISTEM TEHNOLOŠKE RASHLADNE VODE (SEKUNDARNOG KOLA)

Hlađenje sekundarnog kola nuklearne elektrane osim hlađenja kondenzatora obavlja tehnološki rashladni sistem. Potrebna količina rashladne vode za tehnološki rashladni sistem dolazi preko rashladnog sistema kondenzatora do zgrade

turbine, gde nakon račvanja, odgovarajućom pumpom za povećanje pritiska stiže do potrošača tehnološkog rashladnog sistema. Zagrejana voda tehnološkog rashladnog sistema se iza kondenzatora vraća u granu rashladnog sistema kondenzatora. Tehnološka voda za hlađenje se vraća u Dunav zajedno sa rashladnom vodom kondenzatora. Rashladni medij tehnološkog rashladnog sistema je dunavska voda koja nakon filtracije u rashladnom sistemu kondenzatora prolazi kroz finih mehaničkih filtera kako bi se održalo pouzdano pogonsko stanje izmenjivača topote. Na strani ohlađenog medija izmenjivača topote tehnološkog rashladnog sistema, u unutrašnjem kolu zatvorenog sistema rashladne vode turbinske zgrade cirkuliše odsoljena voda.

Tehnološki rashladni sistem se izvodi u 2x100%: od najvažnijih elemenata sistema izrađuju se po 2 paralelne jedinice sa odgovarajućim unakrsnim vezama.

Potreba za rashladnom vodom tehnološkog rashladnog sistema u slučaju jednog bloka pri normalnom režimu rada iznosi 9.360 m³/h, za dva bloka pri normalnom radu se očekuje 18.720 m³/h. Potreba za rashladnom vodom prelaznih tehnoloških stanja (npr. pokretanje, zaustavljanje) ne odstupa značajno od potrebe rashladne vode u normalnom radu. Količina tehnološke rashladne vode određena je za višak topote ≈86,6 MW_{th} po bloku i zagrevanje rashladne vode za 8°C, kao i kod kondenzatora.

Snaga bloka	Jedinica	1 x 1.200 MW _e	2 x 1.200 MW _e
Zapreminski protok tehnološke rashladne vode pri normalnom radu	m ³ /s	2,6	5,2
Zapreminski protok tehnološke rashladne vode pri normalnom radu	m ³ /h	9.360	18.720
Zagrevanje rashladne vode u tehnološkom rashladnom sistemu	°C	8	8
Godišnja, maksimalna potreba za tehnološkom rashladnom vodom	milijuna m ³ / godina	82	164

Tabela 15. Količine tehnološke rashladne vode [32]

7.6.4 BEZBEDNOSNI SISTEM RASHLADNE VODE

Hlađenje pomoćnih sistema primarnog kola nove nuklearne elektrane obezbeđen je tzv. bezbednosnim rashladnim sistemom izgrađenim za svaki blok posebno. Jednom bloku pripadaju četiri posebna ali po funkciji istovetna sistema, od kojih pri normalnom režimu radi jedan redundantni sistem, a u prelaznom tehnološkom stanju dva.

Ovaj sistem je nezavisan od rashladnog sistema kondenzatora i tehnološkog rashladnog sistema sekundarnog kola, zajedničkih objekata će biti samo u delu za snabdevanje rashladnom vodom i za odvodnjavanje.

Potreba za rashladnom vodom bezbednosnog rashladnog sistema u slučaju jednog bloka pri normalnom režimu rada iznosi 6.840 m³/h, za dva bloka se predviđa 13.680 m³/h. Potreba za rashladnom vodom u prelaznim tehnološkim stanjima (npr. pokretanje, zaustavljanje) po jednom bloku se predviđa 13.680 m³/h. Sa obzirom da oba bloka nikada neće istovremeno biti u prelaznom tehnološkom stanju, ukupna potreba oba bloka prema očekivanjima neće prelaziti zapreminski protok od 20.520 m³/h. Potrebne količine vode bezbednosnog rashladnog sistema određene su uzimajući u obzir zagrevanje rashladne vode za 8°C, kao i kod kondenzatora.

Snaga bloka	Jedinica	1 x 1.200 MW _e	2 x 1.200 MW _e
Zapreminski protok bezbednosne rashladne vode pri normalnom radu	m ³ /s	1,9	3,8
Zapreminski protok bezbednosne rashladne vode pri normalnom radu	m ³ /h	6.840	13.680
Zapreminski protok rashladne vode u prelaznom tehnološkom stanju	m ³ /h	13.680	20.520
Zagrevanje rashladne vode u bezbednosnom rashladnom sistemu	°C	8	8

Tabela 16. Količine bezbednosne rashladne vode

Hlađenje ćelijama sa veštačkim provetrvanjem

Jedan od mogućih načina režima bezbednosnog rashladnog sistema je da se predaja topote vrši preko ćelija sa veštačkim provetrvanjem u okolni vazduh, te je vazduh konačni recipijent. Tada sigurnosni rashladni sistem ne odvodi topotu strujanjem dunavske vode, a ni odvedena topota ne dospeva u Dunav. U ovom slučaju bezbednosni rashladni sistem se smatra kao zatvoreni sistem, zapreminski protok rashladne vode čini rashladna voda cirkulisana između bezbednosnih rashladnih ćelija i izmenjivača topote bezbednosnog rashladnog sistema. Nakon punjenja sistema prilikom puštanja u pogon, treba samo dopunjavati vodu zbog gubitaka usled isparavanja, odnošenja kapi i odmuljavanja, što se vrši iz tehnološke pripreme dodatne vode nuklearne elektrane. Godišnja količina dodatne vode je minimalna, iz razloga što se za bezbednosne rashladne tornjeve pretpostavlja rad u trajanju od jednog meseca godišnje i zanemariva je u odnosu na količinu vode zahvaćene u cilju drugih vrsta hlađenja.

Snaga bloka	Jedinica	1 x 1.200 MW _e	2 x 1.200 MW _e
Količina dodatne vode	m ³ /s	0,04	0,08
Godišnja maksimalna potreba za dodatnom vodom (potreba za dunavskom vodom u cilju bezbednosnog hlađenja)	milijuna m ³ /godina	≈0,1	≈0,2

Tabela 17. Količine dodatne vode bezbednosnog rashladnog sistema u slučaju primene rashladnih tornjeva.

Rashladni toranj sa čelijama i veštačkim provetrvanjem za odvođenje topote bezbednosnog rashladnog sistema izvodi se 4x100% po bloku. (odnos rezerve će se moći odrediti na kraju na osnovu rezultata obavljenih bezbednosnih analiza lokacije). U normalnom režimu rada u funkciji je jedan bezbednosni rashladni toranj po bloku, ostali su rezervni, dok pri pokretanju i zaustavljanju odnosno pri hlađenju nakon zaustavljanja blokova funkcionišu dva bezbednosna rashladna tornja po bloku.

4 bezbednosne rashladne čelije po bloku smeštene su pored kontejnmenta. Površina osnove bezbednosnih čelija je oko 17 x 35 m, njihova ukupna visina je oko 15 m, od čega visina čelija iznosi 13 m, a ventilacioni kanali iznad čelija su visine oko 2 m. Pored rashladnih čelija smeštena je pumpa bezbednosnih rashladnih sistema, koja obezbeđuje cirkulaciju rashladne vodu između bezbednosnih sistem i rashladne čelije. Bezbednosni rashladni tornjevi su izvedeni sa dvostrukim čelijama, u svakoj čeliji se nalaze po dva sistema za distribuciju vode i dva ventilatora.

U bezbednosnim sistemima primarnog kola zagrejana voda se odvodi u bezbednosne rashladne čelije, i pomoću mlaznica ravnomerno se raspodeljuje na vlažne rashladne ispune. Voden film nanesen na ispunu hlađi se strujanjem okolnog vazduha u suprotnom smeru. Za smanjenje odnošenja kapi pri strujanju preko vlažnih rashladnih ispuna koristi se eliminator kapi iznad rashladne ispune i mlaznica. Ohlađena rashladna voda sa rashladne ispune vraća se u bazen rashladne vode, te se pomoću cirkulacionih pumpi vraća u bezbednosni sistem primarnog kola. Nadoknadu količine isparene i odmuljene vode obavlja sistem dodatne vode, gde se istovremeno obavlja i dodavanje hemikalija u cilju pouzdanog rada sistema.

Hlađenje svežom vodom

Druga mogućnost za sistem bezbednosne rashladne vode je kada bezbednosni rashladni sistem odvodi topotu strujanjem dunavske vode te oduzeta topota dospeva u Dunav preko toplovodnog kanala. U ovom slučaju bezbednosni rashladni sistem se smatra otvorenim, zapreminske protok rashladne vode čini rashladna voda vođena kroz izmenjivača topote bezbednosnog sistema rashladne vode iz Dunava. Maksimalna godišnja potreba za rashladnom vodom se odnosi na 8.760 sati rada, jer se mogu pojavit operativne godine kada bezbednosni sistem rashladne vode preko čitave godine radi u režimu „sa svežom vodom“.

Snaga bloka	Jedinica	1 x 1.200 MW _e	2 x 1.200 MW _e
Zapreminske protok bezbednosne rashladne vode pri režimu normalnog rada (cirkulisana rashladna voda ili dunavska voda)	m ³ /s	1,9	3,8
Godišnja maksimalna potreba za bezbednosnom vodom (u slučaju zahvatanja vode iz Dunava)	milijuna m ³ /godina	59,9	119,8

Tabela 18. Količine bezbednosne rashladne vode u slučaju hlađenja svežom vodom

Uzimajući u obzir način hlađenja i rezultate izvršenih tehničkih i bezbednosnih analiza za lokaciju, na kraju se može zaključiti da je snabdevanje bezbednosnih sistema rashladnom vodom moguće i iz bazena rashladne vode sa hlađenjem raspršivačima ili iz crpne stanice nezavisne od sistema rashladne vode kondenzatora.

Bezbednosni rashladni sistem mora biti u skladu sa zahtevima utvrđenim od strane Međunarodne agencije za nuklearnu energiju (IAEA) i u Pravilnicima o nuklearnoj bezbednosti (NBSZ), prema kojima i u slučaju gubitka mogućnosti apsorpcije topote pri normalnom režimu rada treba obezbiti odvođenje remanentne topote reaktora, čak i ako je takvo stanje nastalo usled spoljnog uticaja (zemljotres, ekstremni vremenski uslovi (ekstremne hladnoće, vetar, sneg), udar aviona, požar itd.) [32]

7.6.5 HIDROTEHNIČKI OBJEKTI SISTEMA HLAĐENJA VODOM

Postojeći, prošireni hladnovodni kanal

Postojeći hladnovodni kanal će blokovi Nuklearne elektrane Paks i Paks II koristiti zajednički. U 2030. godini kada počinje period istovremenog rada postojeća 4 bloka i planirana nova 2 bloka, radi obezbeđivanja dovoda potrebne količine rashladne vode preko postojećeg hladnovodnog kanala potrebno je proširiti hladnovodni kanal na dužini od 1.300 m.

Crna stanica

Najpovoljnije mesto u zalivu za crnu stanicu novih nuklearnih blokova je slobodni prostor na 150 metara severno od postojeće crne stanice, na obali postojećeg hladnovodnog kanala Nuklearne elektrane Paks. Crna stanica ima pumpe za rashladnu vodu kondenzatora u izvedbi od $3 \times 33\%$ ili $4 \times 25\%$ po bloku i sistem filtera (za dva bloka 6-8 paralelnih sistema). U crnoj stanici se nalaze mašinski čišćeni češljevi, trakasti filter i ploče odgovarajuće oblikovane oplate.

U slučaju bezbednosnog rashladnog sistema sa svežom vodom dunavsku vodu zahvataju bezbednosne pumpe za rashladnu vodu, 4 komada po bloku, smeštene u crnoj stanici. Crna stanica bezbednosnog rashladnog sistema će – prema projektu koji uzima u obzir pogodnosti lokacije – funkcionišati u značajnom delu radnog veka.

Vodovi rashladne vode

Rashladna voda rashladnog sistema kondenzatora (koja sadrži i rashladnu vodu tehnološkog rashladnog sistema) prolazi kroz podzemnih cevi između crne stanice i turbineske zgrade na dužini od oko 300-400 metara. Za količinu rashladne vode koja prolazi kroz rashladni sistem potrebna su 3 cevovoda prečnika 3,2 – 4 m po bloku.

Rashladna voda bezbednosnog rashladnog sistema teče paralelno sa sistemom rashladne vode kondenzatora do turbineske zgrade, a zatim samostalnom trasom nastavlja do objekta u kojem se nalazi i bezbednosni sistem rashladne vode. Za količinu rashladne vode koja prolazi kroz bezbednosni sistem potrebna su 4 cevovoda prečnika 0,5-0,8 m po bloku.

Kondenzatori turbine i izmenjivači toplove sistema hlađenja

Rashladna voda koja strui u rashladnom sistemu kondenzatora odvodi višak toplosti u kondenzatorima turbine nastalu usled kondenzacije pri ulasku pare u kondenzator. Oduzeta toplost zagreva rashladnu vodu koja prolazi kroz cevi rashladnog sistema kondenzatora. Zagrevanje rashladne vode u kondenzatoru dimenzionisano je na 8°C .

U slučaju tehnološkog i bezbednosnog rashladnog sistema, rashladna voda koja prolazi kroz izmenjivača toplove oduzima toplost hlađenja unutrašnjeg zatvorenog rashladnog sistema priključenog na tehnološki i bezbednosni sistem rashladne vode. Odvedena toplost zagreva rashladnu vodu (dunavsku vodu) koja prolazi kroz cevi izmenjivača toplove. Čekivano zagrevanje rashladne vode u tehnološkim i bezbednosnim rashladnim sistemima dimenzionisano je – slično rashladnom sistemu kondenzatora na 8°C .

Zatvoreni toplovodni kanali

Zagrejana rashladna voda od turbineske zgrade do hladnovodnog kanala, zatim preko mosta iznad hladnovodnog kanala i iza mosta do prelivne brane za održavanje nivoa, teče preko armirano betonskog kanala na trasi dužine oko 500 metara. Zagrejana rashladna voda sadržava zagrejanu tehnološku rashladnu vodu priključenu u turbineskoj zgradi i zagrejanu bezbednosnu rashladnu vodu priključenu van zgrade (u slučaju bezbednosnog hlađenju svežom vodom). Za količinu rashladne vode koja prolazi kroz rashladni sistem potrebna su 2 armirano betonska kanala po bloku, prečnika 5x3 m.

Mosni kanal

Zagrejana rashladna voda iznad postojećeg hladnovodnog kanala do prelivne brane za održavanje nivoa vodiće se odgovarajuće izvedenim novim mosnim kanalom. Mosni kanal se gradi od armirano betonskih elemenata, sa stubovima smeštenim u koritu postojećeg hladnovodnog kanala. Širina mosta je oko 25-30 m, najduži raspon ne prelazi 50 metara.

Prelivna brana za održavanje nivoa

Zadatak prelivne brane za održavanje nivoa je obezbeđenje pritiska na strani rashladne vode kondenzatora, potrebnog za bezbedan rad rashladnog sistema kondenzatora, odnosno za obezbeđivanje mogućnosti vraćanja tople vode u hladnovodni kanal zbog mešanja.

Novi, otvoreni kanal trapeznog poprečnog preseka

Od prelivne brane za održavanje nivoa do postojećeg toplovodnog kanala treba izgraditi novi, otvoreni toplovodni kanal trapeznog preseka, sa novom račvom koja toplu vodu iz novih blokova vodi u postojeći toplovodni kanal. U novom, otvorenom kanalu topla voda teče gravitaciono prema postojećem toplovodnom kanalu na dužini od oko 500 metara. Projektovana širina dna novog kanala je 16 m, širina kanala je 80 m. (širina krune je 50 m) nagib kosina je 1:2, prosečna visina vode je oko 2,5 – 3 m.

Postojeći prošireni toplovodni kanal

Iza nove račve zaređana rashladna voda preko postojećeg toplovodnog kanala sa proširenim protočnim presekom dolazi do objekta za ispust vode. Zaređana rashladna voda se vraća u Dunav gravitacionim putem preko proširenog toplovodnog kanala.

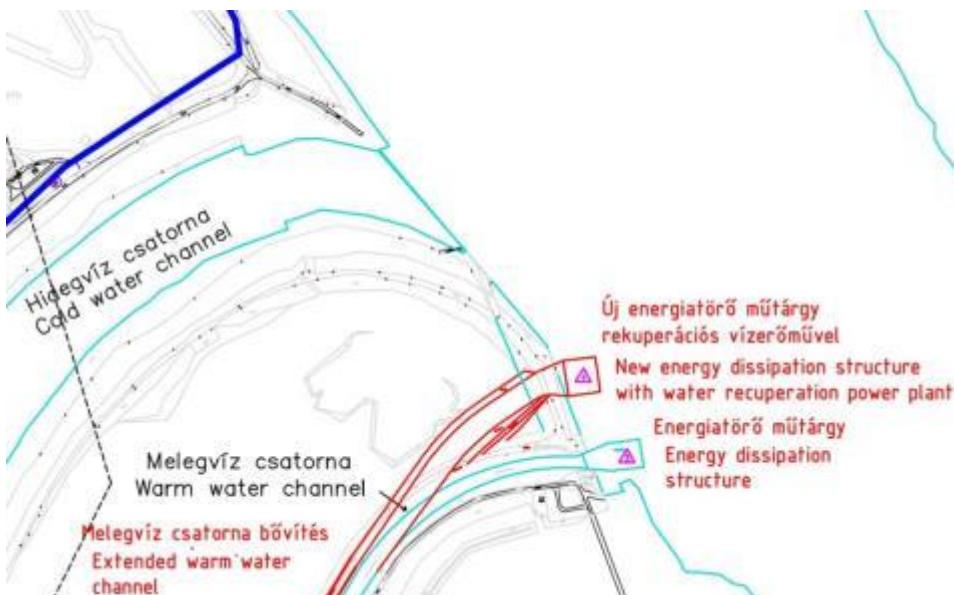
Postojeći toplovodni kanal je pri izgradnji Nuklearne elektrane Paks bio izведен na način da bude pogodan za odvod tople vode Nuklearne elektrane Paks i tada planiranog proširenja od 2 x 1.000 MW. U skladu sa time dimenzionisani kapacitet toplovodnog kanala je bio 220 m³/s. Obavljeno je ispitivanje pogodnosti toplovodnog kanala za potrebe proširenja blokova snage 2 x 1.200 MW, uzimajući u obzir moguće vodostaje Dunava i ograničavajući uticaj postojeće prelivne brane za održavanje nivoa Nuklearne elektrane Paks na najviše vodostaje u toplovodnom kanalu.

Da bi se obezbedilo da toplovodni kanal može odvesti toplu vodu svih 6 blokova, počev od 2030. godine kada će zajedno funkcionišati postojeća 4 bloka i planirana 2 nova, toplovodni kanal treba proširiti. S obzirom da količina tople vode blokova koji se uključuju u sistem od 2025. godine, znatno povećava nivo vode toplovodnog kanala što otežava obavljanje radova proširenja toplovodnog kanala, svršishodno je da se proširenje kanala za potrebe od 2030. godine izvede još pre puštanja u pogon prvog novog bloka, to jest do 2025. godine.

Postojeći objekt za rasipanje (disipaciju) energije sa drugom tačkom ulivanja

Ulivanje tople vode iz postojeća 4 bloka i planirana 2 nova bloka u Dunav može se obezbediti izgradnjom novog objekta za rasipanje energije izведенog u odgovarajućem obliku.

Izvođenje druge tačke ulivanja ima više prednosti u odnosu na proširenje postojećeg disipatora energije. Primenom novog objekta za rasipanje energije sa rekuperacijskom hidroelektranom, sagrađenog kod mesta drugog ulivanja, između ušća hladnovodnog kanala i toplovodnog kanala, može se poboljšati pomešanost vraćene tople vode sa dunavskom, i može se vratiti značajna količina električne energije uz minimizirano korišćenje područja Natura 2000.



Slika 32. Situacioni plan postojećeg objekta za rasipanje energije i druge, nove tačke ulivanja

Hidegvíz csatorna	Hladnovodni kanal
Melegvíz csatorna	Toplovodni kanal
Melegvíz csatorna bővítés	Proširenje toplovodnog kanala
Új energiatörő műtárgy rekuperációs vízerőművel	Novi disipator energije sa rekuperacijskom elektranom
Energiatörő műtárgy	Objekat za rasipanje energije (dissipator)

7.6.5.1 Rekuperacijska hidroelektrana

Podizanjem nivoa vode toplovodnog kanala nuklearne elektrane može se obezbediti pad u ušću Dunava, pogodan za pokretanje vodenih turbina ~7-8 MW nominalne instalisane snage. Uzimajući u obzir nivo vode Dunava i rad blokova, količina električne energije koja se može proizvesti godišnje je blizu 35 GWh.

Nivo vode na uzvodnoj strani rekuperacijske elektrane povećava brana ugrađena na kraju toplovodnog kanala u kojoj će se smestiti vodene turbine i uslužna postrojenja. Ovde spadaju i uređaji koji regulišu smer vode i njihove upravljačke jedinice, uređaje za dizanje i pomoćna postrojenja za opsluživanje i remont. Pored hidroelektrane izgradiće se samostojeći objekat sa električnim i upravljačkim uređajima, razvodnim ormarima sa prekidačima i transformatorima. Ovde će se priključiti i kablovi koji obezbeđuju vezu sa nuklearnom elektranom i dalekovodi za prenos proizvedene električne energije. Tu će biti uređaji za snabdevanje pomoćnom energijom, kompresor i stanica za ulje.

Rekuperacijska hidroelektrana ima preliv koji pri ispadu ili remontu vodenih turbina može bez povratnog uticaja odvoditi i bezbedno vratiti u Dunav maksimalnu količinu rashladne vode koja dolazi iz nuklearne elektrane.

Hidroelektrana je ograđeni samostalni objekat koji ne zahteva stalno prisustvo operatora. Imovinska sigurnost je obezbeđena fizičkom branom i signalnim sistemom.

7.7 POMOĆNI SISTEMI, POMOĆNI OBJEKTI

7.7.1 ODSOLJENA VODA

U vezi sa planiranim proširenjem blokova planirana je i izgradnja novog postrojenja za pripremu vode sa kapacitetom od 3x100%, zbog obezbeđivanja potrebne redundantnosti. Od najvažnijih elemenata izgradiće se po 3 paralelne jedinice sa odgovarajućim unakrsnim vezama.

Tehnološki proces pripreme rezervne vode sastoji se od sledećih faza: bistrenje, multimedijalno filtracije, membransko odsoljavanje i ako je potrebno, dodatno odsoljavanje jonskim izmenjivačima. Proses membranskog odsoljavanja se sastoji od još tri podfaze: ultra filtracija, odsoljavanje povratnom osmozom i elektro-dejonizaciono odsoljavanje. Suština procesa pripreme dodatne vode je membransko odsoljavanje, čija je glavna funkcija da u odnosu na uobičajeno omekšavanje krećom ili jonoizmenjivačem, upotreba hemikalija je najmanje za jedan red veličine niži, pa značajno smanjuje količinu

emitovane hemikalije. Postrojenje za pripremu dodatne vode snabdeva rashladne tornjeve potrebnom količinom dodatne vode. Odgovarajući kvalitet dodatne rashladne vode postiže se nakon međuprocesa membranskog odsoljavanja. Zbog toga se prva faza pripreme dodatne vode radi sa većim kapacitetom (u zavisnosti od načina skladištenja dodatne vode i kvalitetnih zahteva rashladnih tornjeva), a kroz fino odsoljavanje prolazi samo količina vode koja je potrebna za zahteve primarnog i sekundarnog kola.

Zavisno od dva moguća načina rada bezbednosnog rashladnog sistema, za pripremu dodatne vode takođe postoje dve mogućnosti. S obzirom da režim sa rashladnim tornjevima bezbednosnog rashladnog sistema traje kratko (godišnje nekoliko dana, maksimalno mesec dana), voden bilans postrojenja za pripremu dodatne vode računamo na osnovu karakterističnog režima, kada bezbednosni rashladni sistem funkcioniše svežom vodom i nema potrebe za dodatnom rashladnom vodom.

Očekivana količina potrebne sirove vode za pripremu dodatne vode prema gore navedenima, u normalnom režimu radu za jedan blok iznosi $36 \text{ m}^3/\text{h}$, a za dva bloka u normalnom radu treba $72 \text{ m}^3/\text{h}$. Za planirana dva bloka ukupna godišnja potreba sirove vode prema očekivanjima ne prelazi 640 hiljada m^3 .

Naziv	Jedinica mere	1x1.200 MW	2x1.200 MW
Sirova (dunavska) voda	m^3/s	0,01	0,02
Sirova (dunavska) voda	m^3/h	36	72
Otpadna voda	m^3/h	12	24
Odsoljena voda	m^3/h	24	48

Tabela 19. Voden bilans pripreme rezervne vode u normalnom režimu rada

Zadatak sistema za skladištenje i distribuciju odsoljene vode je skladištenje, odnosno doprema odsoljene vode do svih potrošača u turbinskoj zgradi i pomoćnim postrojenjima primarnog kola. Postrojenje za pripremu dodatne vode i rezervoar odsoljene vode zajednički treba da zadovolje maksimalne potrebe za odsoljenom vodom koje mogu istovremeno da nastupe. Očekivana potreba za odsoljenom vodom novih nuklearnih blokova, za jedan blok u normalnom režimu rada iznosi $24 \text{ m}^3/\text{h}$ a za dva bloka u normalnom radu treba $48 \text{ m}^3/\text{h}$. Veće potrebe za odsoljenom vodom u prelaznim tehnološkim stanjima snabdevaju se iz rezervoara odsoljene vode. S obzirom da prelazna tehnološka stanja traju svega nekoliko dana u godini, merodavna je potreba za odsoljenom vodom u normalnom režimu rada. Očekivana godišnja potreba za odsoljenom vodom, ukupno za oba bloka ne prelazi 420 hiljada m^3 .

Očekivana količina otpadne vode zajedničkog uređaja za pripremu dodatne vode novih nuklearnih blokova, u normalnom radu za jedan blok iznosi $12 \text{ m}^3/\text{h}$, a za dva bloka $24 \text{ m}^3/\text{h}$. Očekivana godišnja količina otpadne vode iz pripreme dodatne vode za planirana dva bloka ne prelazi 220 hiljada m^3 .

U postrojenju za pripremu dodatne vode otpadna voda nastala u pojedinim tehnološkim procesima sakuplja se i odlaže u privremeni rezervoar otpadnih voda. Voda prispeva iz raznih procesa se meša, i pre ispuštanja se proverava da li odgovara zahtevima emisije. Po potrebi se vrši hemijska neutralizacija. Otpadna voda se odvodi u sistem tehnološke otpadne vode elektrane. [32]

7.7.2 TEHNOLOŠKA OTPADNA VODA

7.7.2.1 Sistem za obradu radioaktivne otpadne vode primarnog kola

U sistemu otpadnih voda primarnog kola sakuplja se, obrađuje i skladišti radioaktivna otpadna voda nastala pri normalnom režimu radu. Taj sistem eventualno prima i radioaktivnu otpadnu vodu iz sistema turbinske zgrade (npr. odmuljavanje generatora pare sa strane napojne vode).

Osnovni zadatak obrade tečnih radioaktivnih otpada je selektivno sakupljanje raznih otpadnih voda prema osnovnim fizičkim i hemijskim karakteristikama i prema zagađenosti. Selektivnim sakupljanjem otpadnih voda sa razdvajanjem aktivnih i neaktivnih otpadnih voda znatno se smanjuje količina raznih kategorija otpada za dugoročno odlaganje. Najveći deo radioaktivnih voda, nakon nužnih procesa čišćenja, vraća se u odgovarajući tehnološki proces primarnog kola. Radioaktivne otpadne vode koje se ne mogu vratiti u tehnološki proces, prolaze kroz liniju za tehnološko čišćenje, gde se na kraju aktivni zagađivači zbiju i skladište u odgovarajućem obliku. Nakon obrade i neutralizacije dobijena pročišćena otpadna voda kontrolisane koncentracije radionuklida iz sistema otpadnih voda primarnog kola, po prolasku kroz kontrolnog rezervoara preko kontroliranog cevovoda ispušta se u toplovodni kanal.

Sledeća tabela prikazuje očekivanu količinu maksimalnog dnevног i prosečnog godišnjeg ispuštanja pročišćene vode iz sistema radioaktivne otpadne vode.

Naziv	Jedinica mere	1x1 200 MW	2x1 200 MW
U normalnom režimu radu	m ³ /h	5	10
Godišnja količina otpadne vode	hiljada m ³ /godina	44	88

Tabela 20. Količina tečnog radioaktivnog otpada primarnog kola [32]

7.7.2.2 Sistem obrade otpadnih voda turbineske zgrade

Sistem obrade otpadnih voda turbineske zgrade sakuplja i prerađuje otpadne vode iz turbineske zgrade i pomoćnih objekata. Ovim sistemom se obrađuju isključivo neradioaktivne otpadne vode.

Sistem za obradu otpadnih voda turbineske zgrade može se podeliti na tri glavna dela:

- zatvoreni sistem za skupljanje kondenzata,
- sistem za skupljanje procednih voda,
- sistem industrijske otpadne vode.

Otpadna voda zatvorenog sistema za sakupljanje kondenzata turbineske zgrade u normalnom režimu rada vraća se u sistem napojne vode, ne pojavljuje se kao otpadna voda. Otpadna voda sistema za sakupljanja procedne vode i sistema industrijske otpadne vode, nakon odgovarajućeg čišćenja, neutralizacije ili odstranjivanja ulja izlazi kao otpadna voda. Količine otpadnih voda prikazana je u sledećoj tabeli.

Naziv	Jedinica mere	1x1.200 MW	2x1.200 MW
U normalnom režimu rada	m ³ /h	20	40
Godišnja količina otpadne vode	hiljada m ³ /godina	175	350

Tabela 21. Količina tečnog otpada turbineske zgrade

Ukupna očekivana godišnja količina otpadnih voda turbineske zgrade i pomoćnih objekata za planirana dva bloka ne prelazi 350 hiljada m³.

Otpadne vode sakupljene u sistemu otpadnih voda, nakon odgovarajuće kontrole i zadovoljavanja graničnih vrednosti emisije odvode se u toplovodni kanal preko sistema otpadnih voda turbineske zgrade. [32]

7.7.3 OTPADNA VODA BEZBEDNOSNIH RASHLADNIH TORNJEVA

U slučaju režima bezbednosnog rashladnog sistema sa rashladnim tornjevima, zbog isparavanja pri predaji toplove u rashladnim tornjevima odnosno zbog zagađivanja koja dospeva u rashladne tornjeve sa vazduhom, sistem rashladne vode treba stalno odmuljavati kako bi se izbeglo prekomerno ugušćivanje i moglo održati nivo koncentracije zagađenosti. Otpadna voda nastala zbog odmuljavanja tokom režima sa bezbednosnim rashladnim tornjevima ispušta se u Dunav preko toplovodnih kanala zajedno sa zagrejanom rashladnom vodom kondenzatora. Njena količina je za više redova veličine manja od rashladne vode kondenzatora.

Otpadna voda u režimu sa bezbednosnim rashladnim tornjevima potiče iz procesa odmuljavanja rashladnih tornjeva. Odmuljena voda nastaje uglavnom ugušćivanjem vode zbog isparavanja u rashladnim tornjevima, jer se ona u postrojenju za pripremu dodatne vode samo delimično odsoljava. Sledеća tabela prikazuje količinu otpadnih voda rashladnih tornjeva koja se očekuje po času i na godišnjem nivou, uz pretpostavljeni način rada.

Naziv	Jedinica mere	1x1.200 MW	2x1.200 MW
Otpadna voda zbog odmuljavanja bezbednosnih rashladnih tornjeva	m ³ /h	36	72
Maksimalna godišnja količina otpadnih voda (radi maks. 1 mesec)	hiljada m ³ /godina	26	52

Tabela 22. Maksimalna količina otpadne vode zbog odmuljavanja bezbednosnih rashladnih tornjeva

Očekivana količina otpadne vode u režimu sa rashladnim tornjevima sistema bezbednosne rashladne vode, za planirana dva bloka ukupno, godišnje ne prelazi 52 hiljada m³.

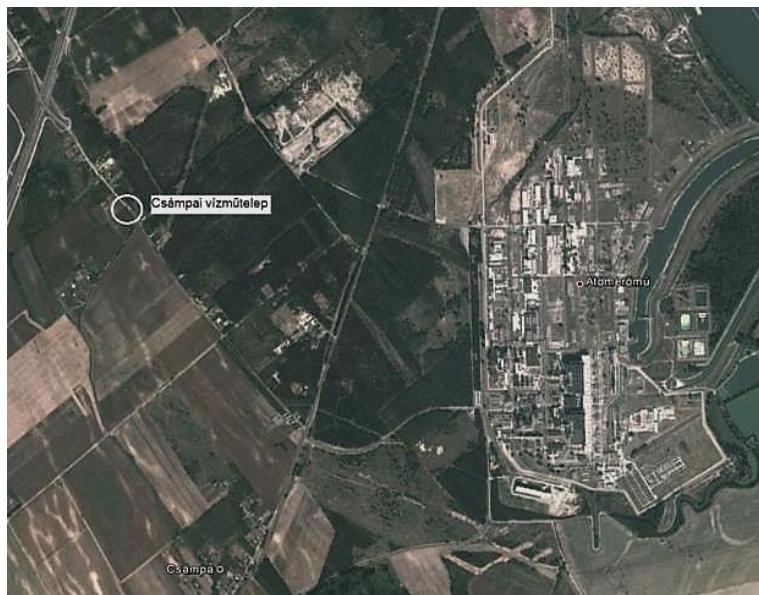
Nakon odgovarajuće kontrole i zadovoljavanja graničnih vrednosti emisije otpadna voda se odvodi u toplovodni kanal preko sistema otpadnih voda elektrane.

7.7.4 PIJAĆA VODA - KOMUNALNA OTPADNA VODA

Izvor: Pripremna analiza za odluku po temama napajanja pijaćom vodom odnosno odvođenja otpadnih voda planiranih novih nuklearnih blokova na lokaciji u Paksu; MVM ERBE Zrt., 2013. [6-10]

Na osnovu obavljenih ispitivanja, imajući u vidu tehnička i ekonomski stanovišta, za izgradnju postrojenja za snabdevanje pijaćom vodom nove elektrane optimalni su hidrotehnički objekti i pomoći sistemi u naselju Csámpa (Čampa), a za odvođenje komunalnih otpadnih voda optimalno rešenje je objekat sa pomoćnim sistemima za prečišćavanje otpadnih voda na lokaciji operativne Nuklearne elektrane Paks.

Maksimalna potreba za pijaćom vodom javljaće se u periodu nakon puštanja u rad prvog novog bloka, tokom izgradnje drugog bloka, čija maksimalna količina iznosi $646 \text{ m}^3/\text{dan}$, a maksimalna količina otpadne vode iznosi 95% te količine, odnosno $614 \text{ m}^3/\text{dan}$.



Slika 33. Raspored hidrotehničkih objekata u Csámpi [33]

Csámpai vízműtelep – Crpna stanica u Csámpi

7.7.5 ATMOSFERSKE VODE

Atmosferske vode prikupljene sa dvorišta i krova novih nuklearnih blokova, odnosno sa ostalih područja, neposredno dospevaju u toplovodni kanal kao nezagađene površinske vode.

Na lokaciji postoji mreža čistih atmosferskih voda, i mreža atmosferskih voda potencijalno zagađenih uljima. Na nadzemnim parkiralištima postavljaju se separatori (hvatači) ulja potrebne veličine na mestima sakupljanja atmosferskih voda potencijalno zagađenih uljem. Temelji transformatora će se izvesti sa šahtama odgovarajućih kapaciteta za skladištenje atmosferskih voda, odnosno sistemom za uklanjanje ulja - za slučaj curenja ulja. Atmosferska voda prikupljena oko rezervoara ulja takođe će biti odvedena preko separatora ulja. Atmosferska voda očišćena od ulja odvodi se zajedno sa čistom atmosferskom vodom.

7.7.6 VODA ZA GAŠENJA POŽARA

Novi nuklearni blokovi imaju zajedničku vodovodnu mrežu za gašenje požara koja se napaja sa sistema sirove vode novih blokova. Sirova voda u maksimalnoj količini od $380 \text{ m}^3/\text{h}$ dolazi vodovodnim cevima od sistema za sirovu vodu do bazena sistema za gašenje požara. Sistem za snabdevanje vodom za gašenje biće izведен prema planu zaštite od požara, koji će se izraditi kasnije.

7.7.7 PRETAKANJE I SKLADIŠENJE HEMIKALIJA

Planirana nova nuklearna elektrana raspolaže sopstvenom stanicom za pretakanje i skladištenje hemikalija. U zgradi za obradu vode, u posebnoj prostoriji će se vršiti prijem, pretakanje i skladištenje svih hemikalija korišćenih u elektrani. Od hemikalija – uzimajući u obzir potrošnju hemikalija u normalnom tehnološkom stanju elektrane – potrebno je držati količinu koja je dovoljna za najmanje 30 dana. Da bi se spričalo dospevanje hemikalija u životnu sredinu, izgradiće se odgovarajući bazeni za sprečavanje zagađivanja. U zgradi za skladištenje hemikalija, oko rezervoara hemikalija biće bazeni za skupljanje i podni slivnici iz kojih eventualno iscurile hemikalije dospevaju u obradu otpadnih voda zagađenih hemikalijama, radi neutralizacije. Kod rezervoara hemikalija instaliraće se odgovarajuće pumpe za hemikalije. Za transport hemikalija koje nisu u tečnom stanju, instaliraće se odgovarajući pneumatski sistem. Hemikalije pakovane u ambalaži transportovaće se viljuškarima ili dizalicama.

Naziv	Skladištena količina
Rezervoar hidrazina i amonijaka	
Amonijski hidroksid	1 m ³
Hidrazin	3 t
Rezervoar vodonika	13 m ³
Skladište hemikalija	
Azotna kiselina	4 m ³
Sumporna kiselina	7 m ³
Postrojenje za preradu vode	
Sona kiselina	53 m ³
Natrijum hidroksid	40 m ³
Skladištenje bora	2 x 3 t

Tabela 23. Skladištenje hemikalija u operativnom periodu

7.7.8 DIZEL AGREGATI

Napajanje bezbednosnih sistema tokom pogonskih udesa obezbeđuju 4 dizel agregata po bloku, pojedinačne snage ~7,5 MW_e, razvijena toplota sagorevanja po jedinici iznosi 18,75 MW_{th}. Bilo koji dizel agregat je u stanju da obezbedi potrebno napajanje električnom energijom u slučaju eventualnog zaustavljanja zbog opasnosti. U cilju bezbednog zaustavljanja treba obezbediti neprekidan rad dizel agregata u trajanju od 168 sati. Potreban kapacitet rezervoara (pri energetskoj vrednosti od 42 MJ/kg, specifične težine 0,83 kg/l i iskoršćenosti od 40%) iznosi ukupno ~325 m³ za rad 1 dizel agregata. Zbog redundantnosti bezbednog snabdevanja gorivom svaki će dizel agregat posebno imati svoj sopstveni rezervoar sa količinom goriva potrebnom za 168 časova rada. U skladu sa time izgradiće se skladišni kapacitet 8 x 325 m³ (odnosno ukupno 2.600 m³) za dizel gorivo.

Dizel agregati – u normalnom režimu rada – planirano rade samo u testnom režimu, svaka jedinica mesečno 8 časova u proseku, svaki posebno, maksimalno vreme godišnjeg testnog režima je 8x8x12, to jest 768 časova.

7.7.9 POMOĆNI KOTAO

Pri izgradnji odnosno u operativnom periodu, za obezbeđenje potrebne količine pare u cilju ubrzanja pokretanja bloka instaliraće se 2 električna pomoćna parna kotla, pojedinačne snage 15 MW. Ovi kotlovi će se napajati iz električne mreže 10 kV, i zajednički mogu proizvesti paru 46 t/h, 12 bar / 192° C. [34]

7.7.10 INSTALACIJE

Sistemi za provetrvanje nuklearne elektrane sprečavaju ili smanjuju proširenje radioaktivnih materija unutar postrojenja, održavaju klimatske uslove kvalifikovanog stanja potrebnog za osoblje i/ili opremu.

7.7.11 SISTEM KOMPRIMOVANOG VAZDUHA

Potrebe za komprimovanim vazduhom primarnog i sekundarnog kola zadovoljavaju se kompresorima i uređajima za sušenje vazduha. Za snabdevanje primarnog i sekundarnog kola komprimovanim vazduhom obično postoje dve kompresorske stanice po bloku.

7.7.12 SISTEM TOPLITNE ENERGIJE ZA GREJANJE

Sistemom operativnog gradskog grejanja Nuklearne elektrane Paks rešava se sledeće:

- snabdevanje vrućom vodom primarne strane izmenjivača toplove u toplovnim stanicama u stambenom bloku, obezbeđujući grejanje stambenog bloka;
- snabdevanje grada Paksa potrošačkom toplovom vodom, odnosno napajanje sistema grejanja elektrane.

Maksimalni zahtevi gradskog grejanja se procenjuju na oko 30 MW_{th}, postojeći sistem je predimenzioniran, raspolaže izvesnim rezervama. Sistem gradskog grejanja je mrežnog karaktera, sa dovodnim i povratnim glavnim cevovodom (nominalna dovodna / povratna temperatura: 130 / 70°C, u slučaju trajne hladnoće 150 / 70°C).

Tri glavna elementa sistema gradskog grejanja su:

- Toplotne stanice (izmenjivači toplove);
- Cirkulacioni sistem;
- Sistem dodatne vode.

Izgradnjom novih blokova planira se izgradnja proširenja sistema gradskog grejanja istovetnog postojećim sistemom, odnosno para uzeta iz novih turbina bi se vodila preko zajedničkog razdelnika, a iza razdelnika bi se instalirali izmenjivači toplove prema potrebi za grejanjem, imajući u vidu snagu od oko 30 MW. Ceo sistem, izmenjivači toplove, cirkulacioni sistem i razdelnici će se smestiti u posebnom delu (objektu). [35]

7.8 UPRAVLJAČKA TEHNIKA

Zadatak sistema upravljačke tehnike je sigurno i pouzdano upravljanje procesima proizvodnje energije u elektrani, smanjenje verovatnoće kvara, incidenata odnosno udesa na prihvatljivi nivo. Sistem upravljačke tehnike u potpunosti nadzire i automatski upravlja tehnološkim procesima odnosno procesima proizvodnje energije, o nepravilnim pojавама sačinjava izveštaje, odnosno sanira ih preko redundantnih rešenja.

Sredstva i sistemi monitoringa, nezavisni od upravljanja tehnološkim procesima, vrše konstantnu kontrolu procesa i uređaja neophodnih za rad elektrane, koje za prirodno okruženje i za stanovništvo predstavljaju opterećenje ili rizik.

7.9 ELEKTRIČNI SISTEMI

Sa gledišta opterećenja životne sredine, sistem električne energije sa strane novih blokova elektrane čine tri monofazna glavna transformatora, dva trifazna transformatora sopstvene potrošnje i jedan rezervni trifazni mrežni/ starter transformator po bloku. [36]

Glavni transformator

Efektivna snaga min. 1.200/3 MW (~1.500/3 MVA)

Količina: 3 komada monofaznih

Sadržaj ulja: ~ 90 tona / monofazni transformator; ~270 tona / 3 komada monofaznih transformatora

Maksimalna buka: ~75 dB / transformator

Normalni transformator sopstvene potrošnje

Efektivna snaga min. : ~70 MW (~90 MVA)

Količina: 2 komada

Sadržaj ulja: ~33 tone / transformator; ~66 tona / 2 kom

Maksimalna buka: ~70 dB / transformator

Rezervni mrežni/ starter transformator

Svrishodno je računati sa najmanje jednim rezervnim transformatorom po bloku, iste snage kao normalni transformator sopstvene potrošnje.

Efektivna snaga min. : ~70 MW (~90 MVA)

Količina: 1 kom.

Sadržaj ulja: ~33 tone

Maksimalna buka: ~70 dB

Procenjena ukupna količina ulja za sve navedene glavne, sopstvene i rezervne transformatora iznosi: ~370 tona / blok.

Ispod transformatora izgradiće se bazeni za sakupljanje ulja, radi spričavanja zagadživanja.

7.10 GRAĐEVINARSTVO

7.10.1 DUBINE FUNDIRANJA PLANIRANIH BLOKOVA

Na ispitanim području, do dubine od 10 metara geološku strukturu obično čine sitnozrni, slabo vezani, klastični sedimenti. Sedimenti sitnijih čestica obično su slojevi raznog konzistentnog stanja, niske plastičnosti, stišljivi, slabo nosivi. Ispod njih je peščana vodoplavna geološka formacija srednje zbijena, prikladna je za fundiranje, odgovarajuće je nosivosti, ali zbog granulacijskog sastava osetljiva je na eroziju i dinamičke uticaje (npr. zemljotres), pod vodom je sklono plastičnom tečenju. Iznad muljevitih, glinenih sočiva zadržava se procedna atmosferska voda i u obliku tzv. pendularne, lebdeće vode. Nivo pendularne vode pri prosečnom nivou podzemnih voda uvek je viši od nivoa podzemnih voda.

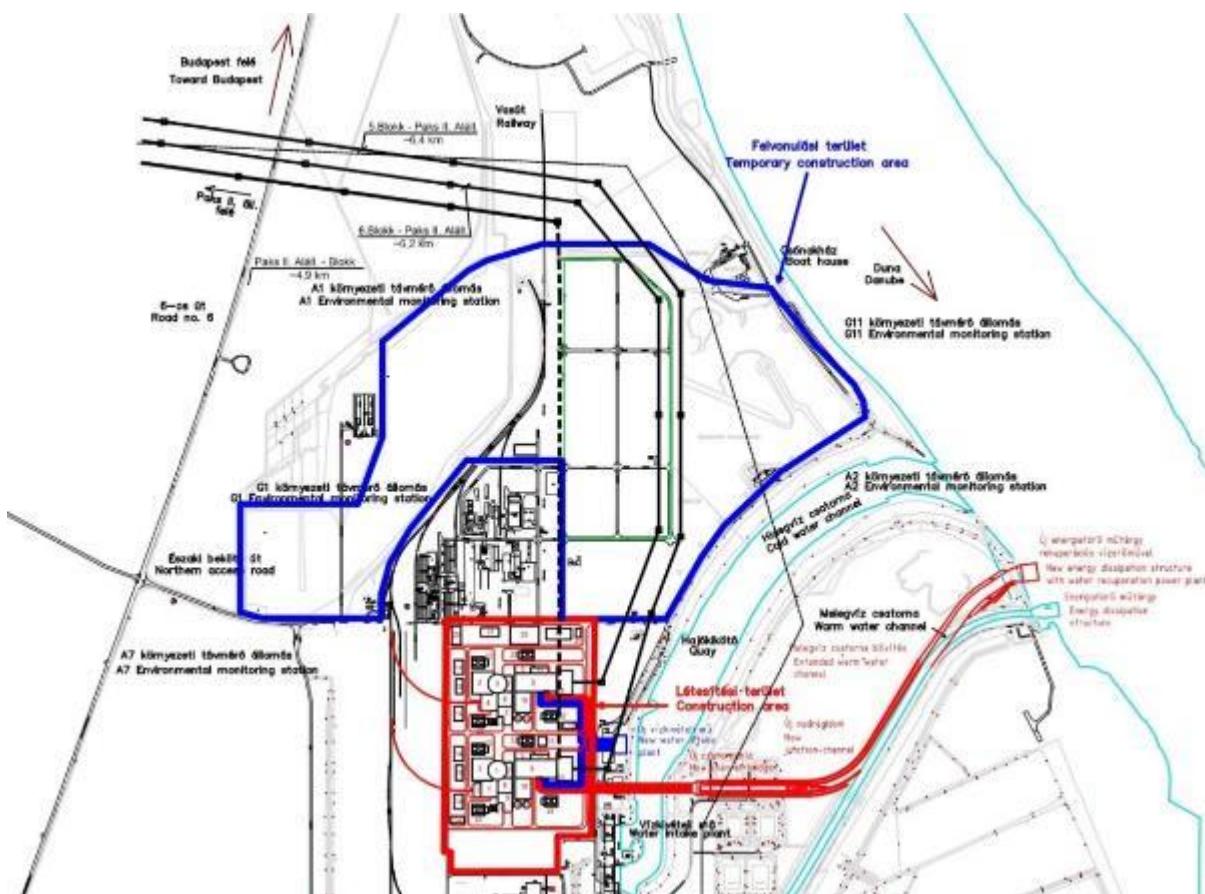
Opšti ± 0,00 nivo planirane Nuklearne elektrane Paks II nalazi se na visini 97 m n.v.B. (nadmorski visina iznad Baltičkog mora)

Uzimajući u obzir pretpostavljene polazne osnovne podatke, procenjene dubine fundiranja su sledeće:

- ❖ Zgrade reaktora (nuklearno ostrvo), turbinska zgrada, zgrade dizel agregata i ostale zgrade bezbednosnog sistema. Procenjena dubina fundiranja – zavisno od prostornih zahteva tehnologije, odnosno zbog značajnih dinamičkih opterećenja od grupe turbo postrojenja – očekuje se na dubini od ~14-20 m. Na ovim mestima predviđamo temeljnu ploču na armirano betonskim šipovima.
- ❖ Ostale zgrade koje ne spadaju u bezbednosni sistem. Za ostale samostojeće zgrade bez tehnološke opreme koja bi izazvala značajno dinamičko opterećenje, predviđamo produbljene plitke temelje ili temeljne ploče uz delimičnu zamenu tla. Predviđene dubine fundiranja su između 2 i 6 metara.

7.10.2 SITUACIONI PLAN NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II

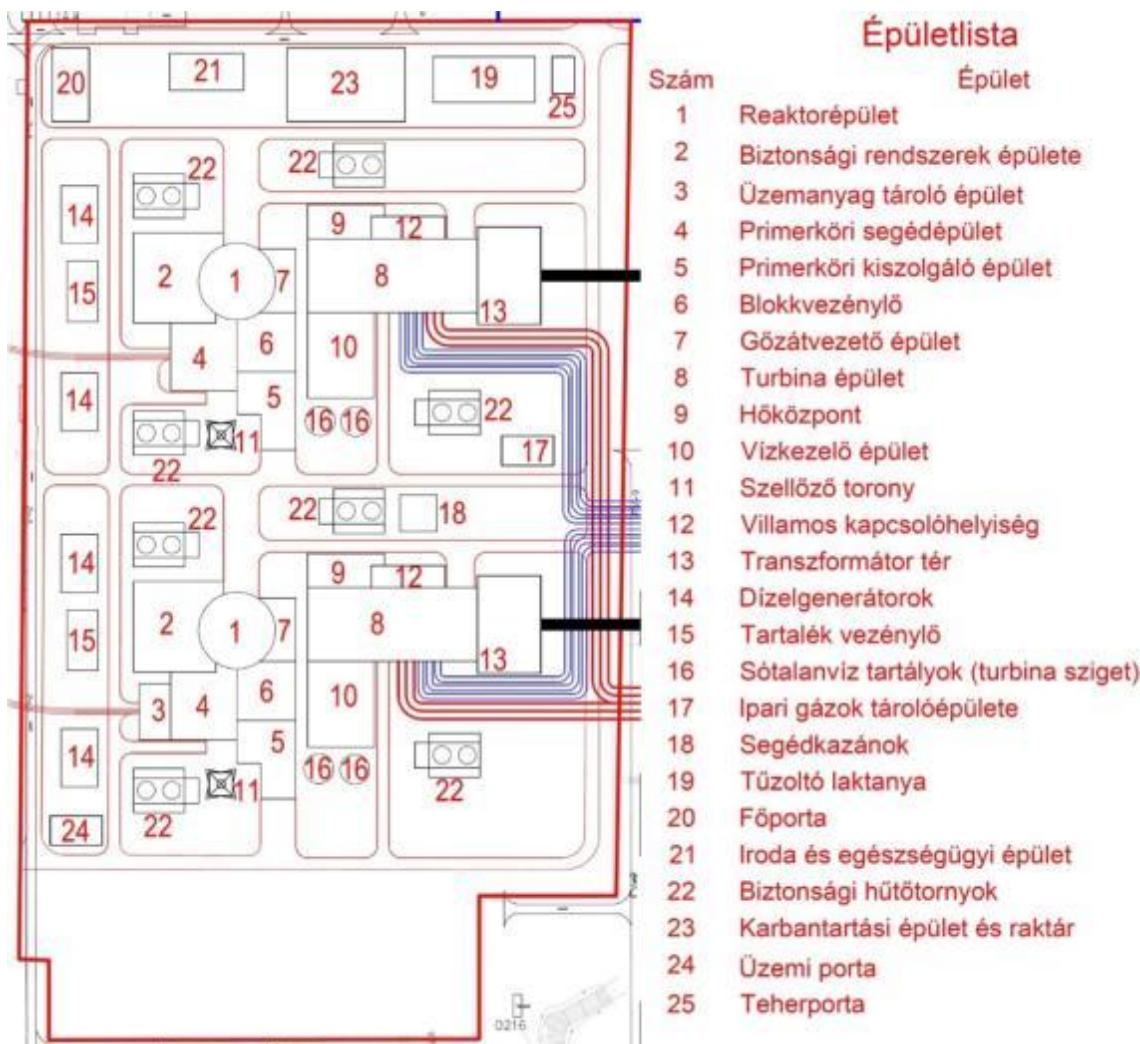
Na situacionom planu izrađenom u svrhe procene uticaja na životnu sredinu, raspored zgrada i objekata je određen uzimajući u obzir prostornih potreba najvećih tehnoloških jedinica. U kasnijim fazama radova može doći do izmene u rasporedu i veličini zbog funkcionalnih, građevinsko-fizičkih, konstruktivnih, seizmoloških ili protivpožarnih razloga.



Slika 34. Situacioni plan Paks II – pregledna karta

Budapest felé	Prema Budimpešti
5. Blokk – Paks II. Aláll.	Blok br. 5. – Podstanica Paks II;
Vasút	Železnička pruga
Paks II. áll. felé	Prema stanicí Paks II;
6. Blokk – Paks II. Aláll.	Blok br. 6. – Podstanica Paks II
6-os út	Put broj 6;
Paks II. Aláll. – Blokk	Podstanica Paks II – Blok;
A1 környezeti távmérő állomás	Stanica za daljinska merenja A1
Felvonulási terület	Privremeno gradilište;
Csónakház	Sklonište za čamce
Duna	Dunav;
G11 környezeti távmérő állomás	Podstanica za daljinska merenja G11;
G1 környezeti távmérő állomás	Stanica za daljinska merenja G1
Északi bekötőút	Severna prilazni put;
A7 környezeti távmérő állomás	Stanica za daljinska merenja A7;
A2 környezeti távmérő állomás	Stanica za daljinska merenja A2;
Hidgvíz csatorna	Hladnovodni kanal
Melegvíz csatorna	Toplovodni kanal
Melegvíz csatorna bővítés	Proširenje toplovodnog kanala
Új energiatörő műtárgy rekuperációs erőművel	Novi disipator energije sa rekuperacijskom elektranom
Energiatörő műtárgy	Objekat za rasipanje energije (disipator)
Hajókikötő	Pristanište
Létesítési terület	Lokacija za gradenje
Új vízkivételei mű	Nova crpna stanica
Új nadrágidom	Nova račva kanala;
Új csatornahíd	Novi mosni kanal
Vízkivételei mű	Crpna stanica

7.10.3 OPIS ZGRADA, OBJEKATA PAKSII



Slika 35. Raspored zgrada i objekata Paksa II na situacionom planu

Lista zgrada

Broj	Zgrada
1	Reaktorska zgrada
2	Zgrada bezbednosnih sistema
3	Skladište goriva
4	Pomoćna zgrada primarnog kola
5	Zgrada za posluživanje primarnog kola
6	Upravna zgrada blokova
7	Zgrada za prenos pare
8	Turbinska zgrada
9	Toplotna stanica
10	Zgrada za obradu vode
11	Toranj za ventilaciju
12	Prostorija sa električnim prekidačima
13	Transformatorski prostor
14	Dizel agregati
15	Rezervna komanda
16	Rezervoari odsoljene vode (turbinsko ostrvo)
17	Skladište industrijskih gasova
18	Pomoći kotlovi
19	Vatrogasna stanica
20	Glavna porta
21	Kancelarije i zdravstvena stanica
22	Bezbednosni rashladni tornjevi
23	Zgrada održavanja i skladište
24	Porta pogona
25	Teretna porta

Opis zgrada i objekata Paksa II razrađen je do detalja potrebnih za određivanje osnovnih podataka procene uticaja na životnu sredinu, i zasnivaju se uglavnom na podacima dobijenim od dobavljača. Gde nismo našli podatke, krenuli smo od konstrukcija postojećih nuklearnih elektrana. Svi objekti i zgrade na lokaciji moraju biti *dimenzionisani i sa gledišta otpora prema požaru i zemljotresu*.

7.10.4 VIZUELIZACIJA PAKSA II

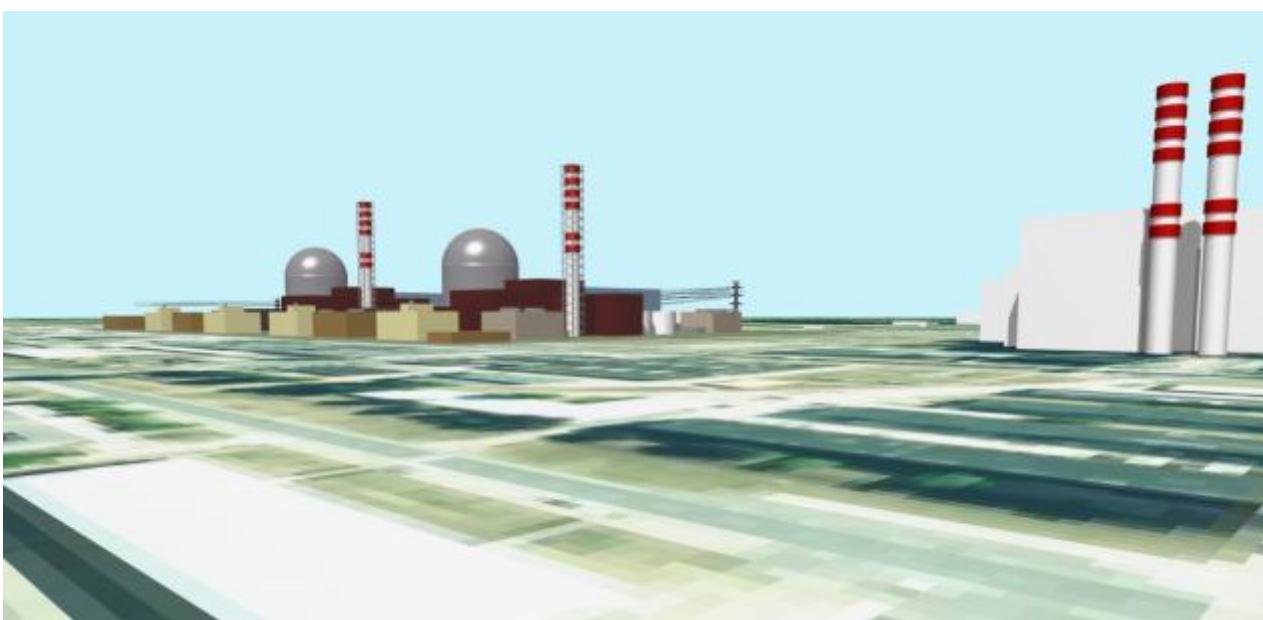
Na sledećim slikama prikazujemo vizuelizaciju blokova zgrada Paksa II, odnosno priključenje na 400 kV dalekovod, iz ptičje perspektive odnosno u visini očiju:

- 1. tačka gledišta: sa jugozapadnog dela lokacije, na mestu između Nuklearne elektrane Pakš i Paksa II
- 2. tačka gledišta: sa severozapadnog dela lokacije, pogled iz ugla privremenog gradilišta

1. TAČKA GLEDIŠTA

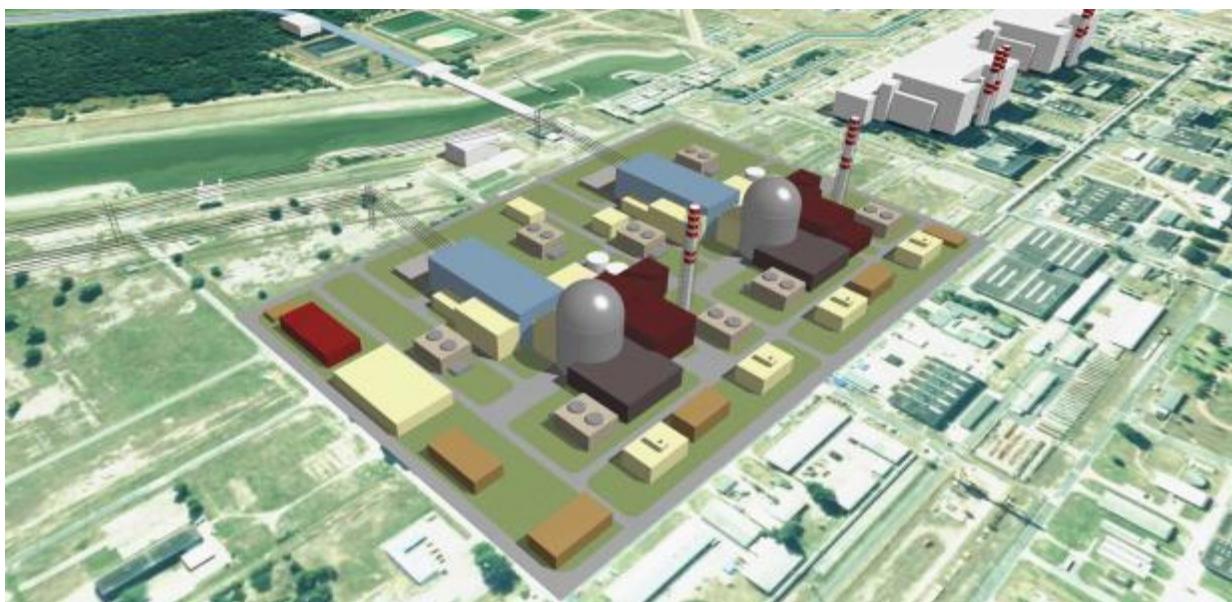


Slika 36. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod iz ptičje perspektive – sa jugozapada

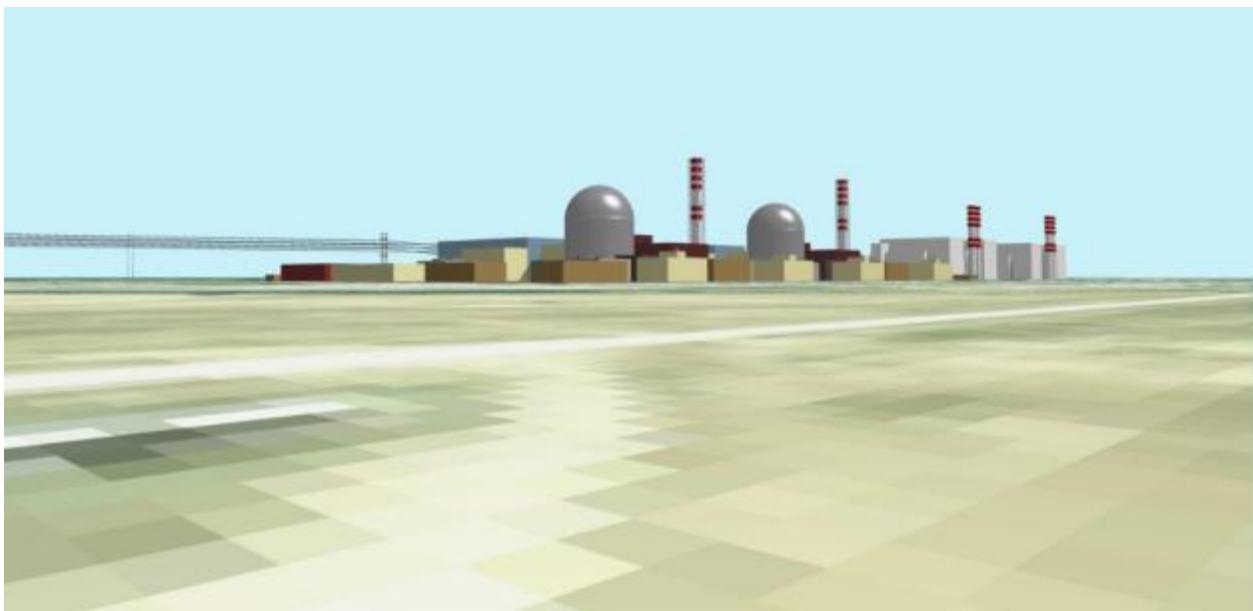


Slika 37. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod, u visini očiju– sa jugozapada

2. TAČKA GLEDIŠTA



Slika 38. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod iz ptičje perspektive – sa severozapada



Slika 39. Planirani blokovi i 400 kV dalekovod u visini očiju– sa severozapada

7.11 KRITERIJUMI PRIHVATLJIVOSTI POGONSKIH STANJA

7.11.1 NORMALAN REŽIM RADA

Pogonsko stanje	Naziv	Učestalost f [1/godina])	Dodatna izloženost stanovništva zračenju	
			Kriterijum	VVER-1200 prognoza
PO1	Normalan režim rada	1	20 µSv/godina	< 2 µSv/godina

Tablica 24. Kriterijumi prihvatljivosti – normalan režim rada [30]

7.11.2 DOGAĐAJI KOJI SPADAJU U PROJEKTNU OSNOVU

Pogonsko stanje	Naziv	Učestalost f [1/godina])	Dodatna izloženost stanovništva zračenju	
			Kriterijum	VVER-1200 Prognoza
PO2	Predviđljivi incidenti tokom rada	$f \geq 10^{-2}$	100 µSv/godina	< 60 µSv/godina*
PO3	Retki udesi predviđeni projektom	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	1 mSv/događaj	< 1 µSv/događaj
PO4	Veoma retki udesi predviđeni projektom	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$	5 mSv/događaj	< 3,4 mSv/događaj

Doza stanovništva prema NBSz-u ne sme prekoraci vrednost granice doze (90 µSv), koja je manja od kriterijuma u ovoj tabeli (100 µSv), ali je veća od prognozirane vrednosti (60 µSv).

Tablica 25. Kriterijumi prihvatljivosti – događaji koji spadaju u projektnu osnovu [30]

7.11.3 MEĐUNARODNI I MAĐARSKI PROPISI ZA DOGAĐAJE KOJI NISU PREDVIĐENI PROJEKTOM

VAŽEĆI MEDUNARODNI I MAĐARSKI PROPISI (STANJE TEKSTA NBSz-A NA DAN 20. OKTOBARA 2014.)		
Volume 2 - GENERIC NUCLEAR ISLAND REQUIREMENTS Chapter 1 - SAFETY REQUIREMENTS	<u>Prilog 3. Vladine uredbe br.118/2011. (11.VII.)</u> <i>Pravilnici Nuklearne Bezbednosti(NBSz)</i> Sveska 3.: Projektni zahtevi za nuklearne elektrane	Uredba Ministarstva zdravlja br. 16/2000. (8.VI.) o izvršenju pojedinih odredbi zakona br. CXVI iz 1996. godine o atomskoj energiji
2.5.1 Off-site release Targets for Severe Accidents 2.5.2 Off-site release Targets for Complex Sequences Appendix B 1. Criteria for Limited Impact for DEC	3.2.4.0700 U slučaju nuklearnih blokova za ispunjenje kriterijuma ograničenog uticaja na životnu sredinu za događaje koji prouzrokuju pogonsko stanje PPO1, i u slučaju novih nuklearnih blokova sa obzirom na odredbe tačke 3.2.2.4100. za događaje koja prouzrokuju pogonsko stanje PPO2, treba dokazati da	Interventni nivoi u zavisnosti od izloženosti opasnom zračenju Interventni nivo: vrednost ekvivalentne doze, efektivne doze ili njihove izvedene vrednosti koja se može spreći, kod kojih je potrebno uzeti u obzir interventne mere. Doza ili izvedena vrednost koja se može spreći odnose se samo na prenosni put izlaganja za koji se primenjuju interventne mere.
no Emergency Protection Action beyond 800 m from the reactor during releases from the containment <i>Emergency Protection Action:</i> Actions involving public evacuation, based on projected doses up to 7 days, which may be implemented during the emergency phase of an accident, e. g. during the period in which significant releases may occur. This period is generally shorter than 7 days.	a) na udaljenosti od 800 m od nuklearnih reaktora nema potrebe za preduzimanjem preventivnih mera zaštite, odnosno nema potrebe za brzom evakuacijom stanovništva;	Zaklanjanje: efektivna doza u iznosu od 10 mSv za period do 2 dana Evakuisanje: efektivna doza u iznosu od 50 mSv za period do 1 nedelje Profilaksa jodom: apsorbovana doza za štitnu žlezdu u iznosu od 100 mGy
no Delayed Action at any time beyond about 3 km from the reactor	b) na udaljenosti 3 km od nuklearnog reaktora ne treba preduzeti nikakve	Privremeno preseljenje: efektivna doza od 30 mSv/mesec (završetak: efektivna doza od 10 mSv/mesec)

<i>Delayed Action:</i> Actions involving public temporary relocation, based on projected doses up to 30 days caused by ground shine and aerosol resuspension, which may be implemented after the practical end of the releases phase of an accident.	privremene mere, odnosno nema potrebe za privremenom evakuacijom stanovništva;	
no Long Term Action at any distance beyond 800 m from the reactor <i>Long Term Action:</i> Actions involving public permanent resettlement, based on projected doses up to 50 years caused by ground shine and aerosol resuspension. Doses due to ingestion are not considered in this definition.	c) na daljini preko 800 m od nuklearnog reaktora nema potrebe za nikakvim kasnjim zaštitnim intervencijama, odnosno nema potrebe za konačnom evakuacijom stanovništva;	Trajno preseljenje: životna efektivna doza > 1 Sv
limited economic impact: restrictions on the consumption of foodstuff and corps shall be limited in terms of timescale and ground area	d) izvan lokacije nuklearne elektrane mogu nastupiti samo privredni uticaji u ograničenoj meri.	
Appendix B 2. Release Targets for Design Basis Category 3 and 4 Conditions (1) no action beyond 800 m (2) limited economic impact	<p>3.2.4.0100. Za početne događaje koji prouzrokuju pogonsko stanje PPO2-4 treba dokazati da doza za odnosu grupu stanovništva ne prelazi:</p> <p>a) u slučaju novog nuklearnog bloka: aa) vrednost granice doze (90 µSv/godina) za početne događaje koji prouzrokuju pogonsko stanje PO2 ab), vrednost 1 mSv/događaj za početne događaje koji prouzrokuju pogonsko stanje PO3, i ac), vrednost 5 mSv/događaj za početne događaje koji prouzrokuju pogonsko stanje PO4.</p>	<p><u>Prilog 2. Uredbe Ministarstva zdravlja br. 16/2000. (8.VI.)</u></p> <p>I. Interventni nivoi za zapoštene u pogledu granice doze i koncentracije radona</p> <p>4.2 Zbir izloženosti spoljnom i unutrašnjem zračenju članova stanovništva iz veštačkih izvora – osim izloženosti zračenju tokom medicinskih dijagnostičkih ili terapijskih intervencija, nege bolesnika izvan profesije, dobrotvoljnog učestvovanja u medicinskim istraživanjima – ne sme da prede granicu efektivne doze od 1 mSv.</p> <p>U vanrednim okolnostima, za jednu godinu OTH može dozvoliti veću granicu efektivne doze pod uslovom da počevši od zadate godine, u narednih 5 uzastopnih godina prosečna lična izloženost zračenju ne prede efektivnu dozu od 1 mSv godišnje</p> <p>Bez obzira na gore navedene granice efektivne doze, godišnja granica efektivne doze za očno sočivo je 15 mSv. Za kožu, prosečno na bilo koju površinu od 1 cm² – odnosno na udove, godišnja granica efektivne doze je 50 mSv.</p>

Tabela 26. Važeći međunarodni i mađarski propisi vezani za događaje koji nisu predviđeni projektom

7.11.4 MERODAVNI DOGAĐAJI

Za svako pogonsko stanje planiranih blokova tipa VVER-1200 mogu se odrediti događaji koji u tom pogonskom stanju prouzrokuju najveću emisiju u životnu sredinu. Merodavni događaji prema prethodno dobivenim podacima moći će se konačno razmotriti na osnovu detaljne tehničke dokumentacije.

7.12 KARAKTERISTIKE REALIZACIJE PAKSA II

7.12.1 PODRUČJA IZGRADNJE PAKSA II I POVEZANIH POSTROJENJA

Izgradnja tehnoloških delova novih nuklearnih blokova elektrane, odnosno povezanih postrojenja potrebnih za funkcionisanje, obuhvatiće sledeća područja:

Nuklearna elektrana Paks II

- Područje za potrebe građenja elektrane: Privremeno gradilište
- Područje novih nuklearnih blokova: Područje pogona

Povezana postrojenja

Crpljenje sveže vode iz Dunava: hladnovodni kanal, područje crpne stanice

Odvođenje zagrejane vode: toplovodni kanal, „ostrvo“ omeđeno toplovodnim i hladnovodnim kanalima, područje rekuperacijske elektrane

Vodovi blokova i dalekovodi

Trasa 400 kV vodova blokova do nove podstanice i trasa 120 kV dalekovoda

7.12.2 PLANIRANE FAZE REALIZACIJE PAKSA II

Proces realizacije novih nuklearnih blokova sastoji se od sledećih glavnih koraka koji se mogu započeti samo nakon dobijanja potrebnih i važećih dozvola za realizaciju i građevinskih dozvola:

- ❖ Radovi pre početka građenja
 - Priprema gradilišta, uređenje lokacije
 - Rušenje zgrada, objekata i obloga na području pogona
 - Rušenje/hadomeštanje linijskih postrojenja na području pogona
 - Uklanjanje/presadijanje biljaka sa područja pogona
 - Uklanjanje /deponiranje gornjeg sloja tla
 - Izgradnja infrastrukture
 - Montaža kancelarije i sanitarnih blokova za graditelje
- ❖ Građevinski i montažni radovi
 - Iskop građevinske jame
 - Izvođenje dijafragme i ili zagatnog zida u tlu
 - Fundiranje
 - Odvođenje vode iz građevinske jame sve dok se sa radovima postavljanja šipova/ fundiranja ne stigne iznad nivoa podzemne vode, odnosno do ostalih suvih montažnih radova
 - Izgradnja grupe objekata reaktora (nuklearni ostrvo) i pripadajuće turbineske zgrade
 - Izgradnja samostojećih zgrada koje ne sadržavaju tehnološku opremu
 - Izgradnja crpne stanice
 - Izgradnja povezanih objekata
 - Proširenje hladnovodnog i toplovodnog kanala
 - Izgradnja nove grane toplovodnog kanala
 - Izgradnja rekuperacijske elektrane
 - Izgradnja rashladnih čelija
 - Izgradnja vodova blokova i dalekovoda
 - Tehnološke instalacije
 - Uređenje terena oko elektrane

❖ Procesi pre trajnog pogona

- Puštanja u pogon
- Pogonske probe
- Pojedinačne probe (bezbednosnih i ne-bezbednosnih) postrojenja
- Pogonske (kompleksne) probe (bezbednosnih i ne-bezbednosnih) tehnoloških sistema
- Prvo punjenje gorivom/testovi
- Pogonske probe u blokovima
- Paralelno spajanje
- Probni rad
- Garancijska merenja

Objekti za koje treba pribaviti posebne dozvole (nova električna podstanica, privremeno skladište isluženih gorivnih elemenata) izgradiće se u skladu sa dinamičkim planom izgradnje blokova.

7.12.3 DINAMIČKI PLAN REALIZACIJE PAKSA II

Predviđeni datumi pojedinih faza realizacije prikazani su u sledećoj tabeli, pretpostavljajući da će proces pribavljanja dozvola teći bez zastoja, odnosno da će između realizacije dva bloka proteći 5 godina:

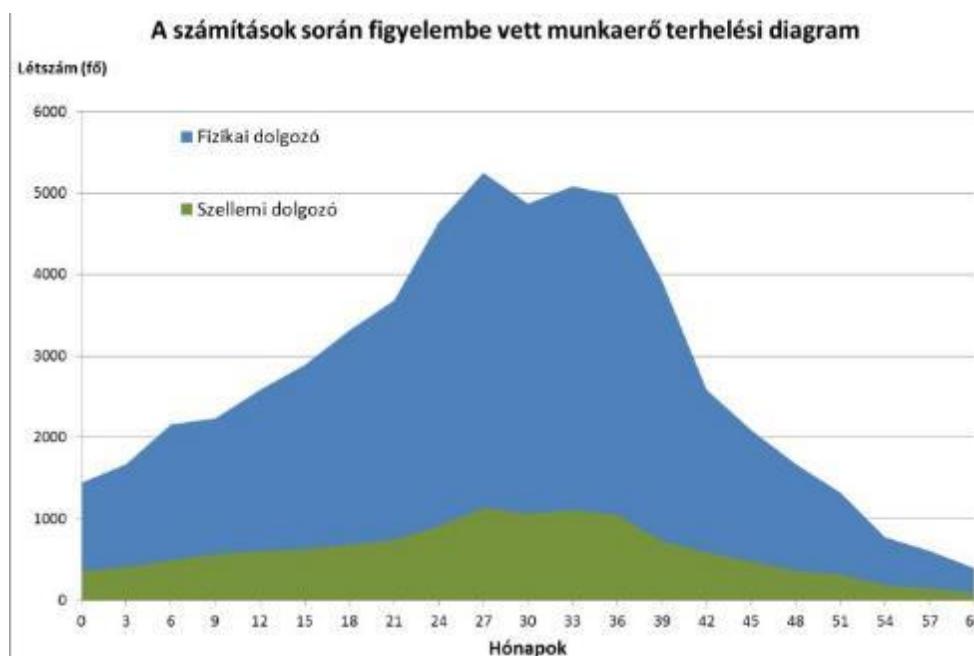
Radnje	Paks II	
	blok 1.	blok 2.
Pokretanje postupka izdavanja ekološke dozvole		2014
Radovi rušenja na gradilištu		2017-2022.
Izrada projekata za dobijanje dozvola odnosno izvođačkih projekata		2018-2019.
Uređenje terena		2018-2019.
Pribavljanje potrebnih dozvola za početak izvođačkih radova		2018-2020.
Početak izvođačkih radova	2020.	2025.
Fundiranje	2020-2021.	2025-2026.
Izvođenje konstrukcije, montaža	2022-2023.	2027-2028.
Probe, puštanje u pogon	2024.	2029.
Prvo punjenje gorivom	2024.	2029.
Prvo paralelno spajanje	2024.	2029.
Početak probnog rada	2025.	2030.
Početak komercijalnog rada	2025.	2030.

Tabela 27. Dinamički plan realizacije blokova Paks II

7.12.4 POTREBA ZA RADNOM SNAGOM TOKOM REALIZACIJE POSTROJENJA

Vreme potrebno za realizaciju jednog bloka procenjuje se na 5 godina. Za početak izgradnje drugog bloka predviđen je vremenski period od 5 godina. Tokom izgradnje 1 bloka (prema informacijama od dobavljača tehnologije) predvideli smo maksimalno 5.250 lica.

U pogledu vremenskog rasporeda radne snage za osnovu smo uzeli podelu prema planu dobijenom od projektnog preduzeća PÖYRY ERÓTERV Zrt.



Slika 40. Dijagram rasporeda radne snage na lokaciji, primjenjen u proračunima [33], [37], [38]

A számítások során figyelembe vett munkaerő terhelési diagramm	Dinamički raspored radne snage primjenjen u proračunima
Létszám (fő)	Brojno stanje (lica)
Fizikai dolgozó	Fizički radnici
Szellemi dogozó	Umni radnici
Hónapok	Meseci

7.13 OPIS OPERATIVNOG RADA PAKSA II

7.13.1 PLANIRANI DINAMIČKI PLAN OPERATIVNOG RADA PAKSA II

Komercijalni rad 1. bloka Paks II počinje 2025., a 2. bloka 2030. godine.

Planirani radni vek nuklearnih blokova je 60 godina.

Prepostavlja se da će se za blokove 1. i 2. sprovesti postupak ili proces produženja radnog veka, ali u ovoj studiji taj uticaj nećemo razmotriti.

7.13.2 POTREBA ZA RADNOM SNAGOM TOKOM OPERATIVNOG RADA NOVIH NUKLEARNIH BLOKOVA

Na osnovi analize preduzeća ERBE, tokom rada 1. bloka treba računati sa 600 zaposlenih od kojih će 400 raditi u osnovnoj dnevnoj smeni, a 200 zaposlenih će raditi u smenama. Od 200 zaposlenih u smenama, prepostavljajući 5 smena, dnevno po 3 smene, dobijamo 120 lica/dan iznad broja zaposlenih u osnovnoj dnevnoj smeni, dakle na području pogona možemo računati na prisustvo 520 zaposlenika dnevno.

Od dana puštanja u pogon bloka 2., tokom rada oba bloka biće potrebno da rade 800 zaposlenih od kojih će 300 raditi u smenama, a 500 u osnovnoj dnevnoj smeni. Od 300 zaposlenih u smenama, prepostavljajući 5 smena, dnevno po 3 smene, dobijamo 180 lica/dan iznad broja zaposlenih u osnovnoj dnevnoj smeni, dakle možemo računati na prisustvo 680 zaposlenika dnevno.

U ukupan broj zaposlenih nisu uračunati ljudi koji obavljaju poslove održavanja, s obzirom na sadašnju praksu da značajan deo ovih poslova obavljaju radnici drugih preduzeća.

Prema objavljenim podacima dobavljača elektrane, tokom velikih remonta koji se očekuju svakih 10 godina u svakom bloku, dodatno brojno stanje iznosi oko 1000 radnika od kojih 200 radi u osnovnoj dnevnoj smeni a 800 u smenama. Prepostavljajući 5 smena, dnevno po 3 smene, dobijamo 480 lica/dan iznad broja zaposlenih u osnovnoj dnevnoj smeni, dakle tokom radova održavanja, iznad brojnog stanja osoblja pogona možemo računati na prisustvo još 680 radnika dnevno. [37], [38]

7.13.3 KARAKTERISTIKE UPRAVLJANJA RADOM NOVIH NUKLEARNIH BLOKOVA

7.13.3.1 Mogućnost regulisanja snage, stanje pripravnosti postrojenja, održavanje

Električna snaga novih nuklearnih blokova se može regulisati između 50-100%, može se prilagoditi opterećenju mreže, ili da se radi nezavisno od domaćih potreba potrošnje. Brzina promene opterećenja blokova, bilo na više ili na niže, je 5%/minuta (60 MW / minuta). Očekivana godišnja iskorišćenost novih nuklearnih blokova je >90%, uračunavajući i manje radove održavanja i vreme preslaganja isluženih gorivnih elemenata. Predviđa se da će velikih remonta biti svakih 10 godina koji će trajati oko 1 mesec. Predviđeno trajanje redovnih godišnjih radova održavanja je 20 kalendarskih dana (preslaganje goriva i manje popravke), a trajanje velikih zaustavljanja je 30 kalendarskih dana (veći radovi održavanja na primarnom i sekundarnom kolu).

7.13.3.2 Godišnji energetski podaci novih nuklearnih blokova

Naziv	Jedinica mere	Vrednost/blok
Broj časova vršne iskorišćenosti	h/ godina	8.147
Instalisana električna snaga (bruto)	MW	1.200
Sopstvena potrošnja	MW	87
Proizvedena električna energija po bloku	GWh/godina	9.776
Distribuisana električna energija po bloku	GWh/godina	9.068

Tabela 28. Godišnji energetski podaci

7.13.4 GODIŠNJI MATERIJALNI I ENERGETSKI BILANS NOVIH NUKLEARNIH BLOKOVA

Godišnji materijalni i energetski bilans je određen imajući u vidu vreme rada u ispravnom pogonskom stanju (8.147 sati) i potpuno opterećenje blokova snage 2 x 1200 MW_e. Vrednosti u tabeli se mogu menjati u zavisnosti od izbora glavne opreme.

Naziv	Jedinica mere	Vrednost
Bruto godišnja proizvodnja električne energije	GWh/godina	19.552
Sopstvena električna potrošnja	GWh/godina	1.418
Neto godišnja proizvodnja električne energije	GWh/godina	18.136
Potrošnja goriva	t/18 meseci	64,6
Potrošnja gorivnih elemenata (gorivo +kasete)	t/18 meseci	96
Strateško punjenje goriva	t	225,6
<i>Potrošnja ulja</i>		
Punjena parnih turbina uljem	m ³	~240
Punjena transformatora uljem	t	~804
Količina ulja glavnih transformatora	t	~540
Količina ulja transformatora sopstvene potrošnje	t	~132
Količina ulja rezervnih transformatora sopstvene potrošnje	t	~66
Ulje za podmazivanje i hidraulična ulja	t/godina	20
Dizel agregat	m ³ /168 sati	2.600
Hlađenje agregata vodonikom		8 m ³
Mast za podmazivanje	kg/godina	~280
<i>Potrošnja vode</i>		
<i>Potrošnja tehnoloških voda</i>		
Rashladna voda kondenzatora (uključujući i tehnološku rashladnu vodu)	milijuna m ³ /godina	≈3.900
Odsoljena voda	hiljada m ³	640
<i>Potrošnja komunalnih voda</i>	m ³ /godina	25.276
za vreme maksimalnih potreba (prvi blok u pogonu, drugi blok u izgradnji)	m ³ /godina	235.790
<i>Potrošnja hemikalija</i>		
Sona kiselina(33 % HCl)	m ³ /godina	640
Natrijum-hidroksid(100 % NaOH)	m ³ /godina	480
Amonijum-hidroksid	m ³	15

Hidrazin	t	32
Azotna kiselina	m ³	51
Sumporna kiselina	m ³	80
Bor	t	62
Ostale hemikalije za pripremu vode (hemikalija za uklanjanje klora, za sprečavanje taloženja, za čišćenje)	t/godišnje	25
<i>Tehnološke otpadne vode</i>		
Otpadna voda iz pripreme vode	hiljada m ³ /godina	200
Tečna radioaktivna otpadna voda primarnog kruga	hiljada m ³ /godina	88
Tečna otpadna voda iz turbineske zgrade i pomoćnih postrojenja	hiljada m ³ /godina	350
Komunalna otpadna voda	m ³ /godišnja	24.012
u vreme maksimalnog stvaranja (prvi blok u radu, drugi blok u izgradnji)	m ³ /godina	224.110
<i>Otpadi</i>		
<i>Radioaktivni otpadi</i>		
Radioaktivni otpadi niskog nivoa aktivnosti	m ³ /godina	140
Radioaktivni otpadi srednjeg nivoa aktivnosti	m ³ /godina	22
Radioaktivni otpadi visokog nivoa aktivnosti	m ³ /godina	1,0
Radioaktivni otpad velikih dimenzija koji se ne može reciklirati (nastaje za vreme održavanja /popravke)	m ³ /godina	10
<i>Klasični, neradioaktivni otpadi</i>		
Neopasni otpad	t/godina	800
Opasni otpad	t/godina	100

Tabela 29. Materijalni i energetski bilans operativnog rada Paks II

7.14 DEKOMISIJA NOVIH NUKLEARNIH BLOKOVA

7.14.1 STRATEGIJA DEMONTAŽE NOVIH NUKLEARNIH BLOKOVA

U ovoj Studiji uticaja na životnu sredinu (SUŽS) za rastavljanje Paksa II uzimamo u obzir mogućnost neodložne demontaže, s obzirom na međunarodne tendencije, odnosno na sledeće aspekte:

- trenutno važeći zakonski propisi osiguravaju da troškovi demontaže budu na raspolaganju pri isteku radnog veka
- u raspoloživom vremenu može se rešiti konačno skladištenje radioaktivnog otpada nastalog nakon demontaže
- ne postoji rizik od gubitka znanja neophodnog za demontažu.

Demontaža jednog nuklearnog postrojenja – nuklearne elektrane – je dug i složen proces. Aktuelno važeći krug stvarnih poslova demontaže, njihovo projektovanje i detaljna razrada uvek je specifična, zavisna od lokacije i tehnologije, i u znatnoj meri zavisi od odabrane strategije dekomisije postrojenja. Stvarna strategija koja će se primeniti za demontažu blokova nakon prestanka njihovog rada utvrđice se kasnije, na osnovu detaljnih analiza sa mnogo širim horizontima. Strategiju obustavljanja rada koja će se odabrat u budućnosti, prema Direktivi Saveta 2011/70/Euratom treba optimizovati u okviru izrade nacionalnog programa.

Proces pribavljanja dozvole za dekomisiju i rastavljanje – najranije za 60 godina, najkasnije oko 2080. godine – treba sprovesti s obzirom na tadašnje aktuelno stanje, te imajući u vidu okruženje aktuelnih zakonskih propisa. [39]

7.14.2 TROŠKOVI I FINANSIRANJE RADOVA DEKOMISIJE

Prema članu 62. stav 1. Zakona o atomskoj energiji Mađarske (zakon br. CXVI. iz 1996. godine - Atomtörvény) troškove demontaže nuklearnih postrojenja finansira Centralni Nuklearni Fond (Központi Nukleáris Pénzügyi Alap – u daljem tekstu: KNPA) kao izdvojeni državni fond za finansiranje.

Centralnim Nuklearnim Fondom upravlja ministarstvo pod upravom određenog ministra.

Tokom realizacije novih blokova treba pripremiti izmene u fondu KNPA kojima će se omogućiti, između ostalog, i finansiranje troškova demontaže novih blokova po zakonu.

Troškove demontaže, na osnovi sadašnjih saznanja moguće je samo proceniti. Na osnovu predviđanja dobavljača možemo se složiti sa prognozom prema kojoj će demontaža blokova novih tipova reaktora verovatno biti jednostavnije, i da će nakon demontaže nastati manje otpada nego što se prognozira za demontažu energetskih reaktora koji su danas u funkciji.

8 PRIKLJUČENJE (UMREŽAVANJE) NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM MAĐARSKE

U narednom poglavlju prikazujemo zadatke elektrotehničke struke i potražnju za proširenjem elektroenergetskog sistema koji se na osnovu sadašnjih projekata ispitivanja nužno nadovezuju, stoga su potrebni za izgradnju Nuklearne elektrane Paks II. Njihovi zajednički uticaji na okolinu su zanemarivi u odnosu na ukupne uticaje na okolinu planirane nuklearne elektrane. Zavisno od kasnijih ispitivanja i odluka, mesto lokacije i izvedba stanice, trase dalekovoda i način izvedbe stubova može se izmeniti. [36]

8.1 MOGUĆNOST PRIKLJUČENJA NOVIH BLOKOVA NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM MAĐARSKE

Blokovi Nuklearne elektrane Paks koji su trenutno u funkciji priključiće se na elektroenergetski sistem Mađarske preko priključnog uređaja 400 kV podstanice 400/120 kV u vlasništvu preduzeća MAVIR Zrt., ovlašćenog operatora prenosnog sistema.

Vezano za pripremu izgradnje Nuklearne elektrane Paks II u okviru Projekta Lévai, prethodna ispitivanja nužnog razvijanja električne mreže obavilo je preduzeće PÖYRY ERŐTERV Zrt. u studiji izvodljivosti izrađenoj za pripremu donošenja odluke, ispitalo je više varijanti za lokaciju stanica i nužne prepravke dalekovoda. Izvršeni su prethodni proračuni mreže u cilju ispitivanja uslova za distribuciju proizvedene energije iz blokova neto snage 1.200 MW, u normalnom režimu rada kao i u slučaju pogonskih poremećaja.

Prema rezultatima, integrisanje novih blokova u elektroenergetski sistem moguće je rešiti samo preko novih priključaka na mrežu.

- Za spajanje novih blokova na električnu mrežu potrebno je izgraditi jednu novu podstanicu 400 / 120 kV (podstanica Paks II).
- Prema rezultatima ispitivanja koji se odnose na dvostruko manjkavo stanje i za rezervno napajanje nove nuklearne elektrane, u regionu treba izgraditi treći transformator 400 / 120 kV.
- Izgradnja dvosistemskog dalekovoda Paks-Albertirska osnovni je i neophodan uslov proširenja.

Obezbeđenje odgovarajuće stabilnosti elektroenergetskog sistema zahteva da se u slučaju neplaniranog ispada izvora napajanja najveće jedinične snage iz sistema, njegova snaga može nadomestiti u kratkom vremenskom roku. Za ispunjenje tog zahteva u Mađarskoj odgovara društvo MAVIR Zrt. kao operator sistema. Pojedinačna snaga novih blokova procenjuje se na otprilike 1.200 MW i ona će biti najveća u čitavom elektroenergetskom sistemu Mađarske. Do početka rada prvog novog bloka Nuklearne elektrane Paks II treba obezbediti odgovarajući tercijarni rezervni kapacitet koji odgovara snazi novog bloka. Ovaj zahtev treba zadovoljiti putem uvoza preko elektroenergetskog prenosa na osnovu međunarodnih sporazuma i/ili izgradnjom novog kapaciteta elektrane sa brzim pokretanjem koji će služiti kao nova tercijalna rezerva.

Na osnovu ispitivanja utvrđeno je da gore opisanim razvojima i proširenjima će se snaga proizvedena novim blokovima moći bezbedno uključiti i koristiti u elektroenergetskom sistemu Mađarske.

8.2 LOKACIJE NOVE PODSTANICE 400 / 120 kV ZA PAKS II

Uzimajući u obzir kriterijume instalacije tipskih stanica MAVIR-a, zahteve i posebne ciljeve prenosnih mrežnih stanica MAVIR-a, odnosno posebna gledišta priključenja Nuklearne elektrane Paks II na sistem, određeno je više mogućih lokacija za Podstanicu Paks II. S obzirom na izvodljivost i bezbednost snabdevanja električnom energijom, najpovoljnije mesto

lokacije je uz trasu dalekovoda prema severozapadu, na području između puteva koja vode od Paksa prema Nagyodorogu, odnosno prema Kölesdu – na raskrsnici 400 kV dalekovoda na putu prema Kölesdu – koja se nalazi na 6 km od planirane lokacije novih blokova, kod 2. km puta br. 6233., na severnoj strani puta, neposredno pored trase vodova.

Na osnovu dobijenih podataka oву lokaciju smo uzeli kao polaznu, ali napominjemo da konačan izbor lokacije Podstanice Paks II spada u nadležnost preduzeća MAVIR Zrt. kao budućeg vlasnika Podstanice Paks II, a o čemu prema našim saznanjima još nije doneto konačno stajalište.

Podstanica Paks II, u skladu sa mađarskom praksom, biće tipska stanica MAVIR 400 / 120 kV.

Podstanica Paks II i dalekovodi za spajanje u mađarski elektroenergetski sistem (osim vodova blokova) biće u vlasništvu preduzeća MAVIR Zrt. i predstavljaće deo mreže za javnu potrošnju.

8.3 ELEKTOVODOVI BLOKOVA 400 kV I DALEKOVOD 120 kV

Svaki 400 kV dalekovod prenosne mreže u našoj zemlji je vazdušni, nadzemni vod.

Lokacijsko okruženje, odnosno tehnička, ekonomска i ekološka gledišta omogućavaju izvedbu vodova koji se neposredno priključuju na elektranu po sledećem:

- 400 kV vodovi blokova biće vazdušni vodovi,
- unutar lokacije elektrane 120 kV vodovi za obezbeđivanje rezervnog napajanja biće podzemni, a izvan lokacije će biti vazdušni.

8.3.1 ELEKTOVODOVI BLOKOVA 400 kV

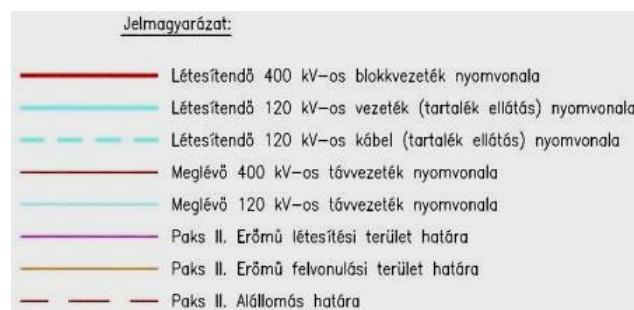
Proizvedena električna energija u Nuklearnoj elektrani Paks II će se transportovati preko 400 kV vodova blokova (proizvođački vodovi) do buduće Podstanice Paks II. Trasu vodova blokova prikazuje slika 41., a na slici 42. su pripadajuća objašnjenja znakova.



Slika 41. Trasa vodova blokova između Nuklearne elektrane Paks II i Podstanice Paks II (2. lokacija)

Létesítendő 400 kV-os blokkvezeték Paks II Erőmű - Paks II. Aláll. – 6,2 km és – 6,4 km	Planirani 400 kV vodovi blokova od Nuklearne elektrana Paks II do Podstanice Paks II – 6,2 km i – 6,4 km
Létesítendő 120 kV távvezeték Paks II Erőmű – Paks II Aláll. (tartalék ellátás) – 4,9 km	Planirani 120 kV dalekovodi od Nuklearne elektrana Paks II do Podstanice Paks II (rezervno napajanje) – 4,9 km
Létesítendő 120 kV kábel (tartalék ellátás) – 1,4 km és 2,0 km	Planirani 120 kV kabloví (rezervno napajanje) 1,4 km i 2,0 km
Paks II. Erőmű felvonulási tér	Privremeno gradilište elektrane Paks II
Új blokk	Novi blok
Paks II Erőmű létesítési terület	Područje pogona elektrane Paks II
Hidrovíz csatorna	Hladnovodni kanal
6. sz. főközlekedési út	Glavna saobraćajnica broj 6.

Létesítendő Paks II Alállomás	Planirana Podstanica Paks II
Meglévő 120 és 400 kV-os távvezetékek	Postojeći 120 i 400 kV dalekovodi
M6 autópálya	Autoput M6



Slika 42. Objasnjenje znakova plana trase vodova blokova, crtež broj V-01195 ERBE

Létesítendő 400 kV-os blokkvezeték nyomvonala	Trasa planiranih 400 kV vodova blokova
Létesítendő 120 kV-os vezeték (tartalék ellátás) nyomvonala	Trasa planiranih 120 kV vodova (rezervno napajanje)
Létesítendő 120 kV-os kábel (tartalék ellátás) nyomvonala	Trasa planiranih 120 kV kablova (rezervno napajanje)
Meglévő 400 kV-os távvezetékek nyomvonala	Trasa postojećih 400 kV dalekovoda
Meglévő 120 kV-os távvezetékek nyomvonala	Trasa postojećih 120 kV dalekovoda
Paks II Erőmű létesítési terület határa	Granice područja pogona elektrane Paks II
Paks II. Erőmű felvonulási terület határa	Granice privremenog gradilišta elektrane Paks II
Paks II Alállomás határa	Granice Podstanice Paks II

Električna energija proizvedena u dva nova nuklearna bloka će se transportovati do Podstanice Paks II dalekovodima, iz svakog bloka na posebno izgrađenom nizu stubova. Posebnim nizovima stubova povećava se bezbednost, a ovo rešenje je opravdano i zbog relativno kratke dužine trase.

Dužine trasa 400 kV elektrovodova blokova između Elektrane Paks II i Podstanice Paks II su: ~6,4 km i ~6,2 km. Stubovi su tipa „FENYŐ“ („jelka“), ukupan broj im je 40 komada. Širina bezbednosnog pojasa na obe strane od ose trase iznosi po 34,4 m, ukupno 68,8 m za svaki vod, u slučaju dva paralelna voda ukupna širina bezbednosnog pojasa je 128,8 m.

Zavisno od kasnijih ispitivanja i odluke, tehnička izvedba blokovskih vodova, odnosno tip stubova još se može izmeniti u cilju povećanja bezbednosti blokova nuklearne elektrane.

Uklapanje u pejzaž

Predmetni dalekovodi će prolaziti iznad skoro ravnog terena. Trasa van lokacije elektrane prolazi pretežno preko poljoprivredno obrađenih zemljišta i kroz područja pod šumama.

Sa planiranim tipovima stubova za vodove priključene na elektranu, u Mađarskoj već postoji mreža, prikazana na sledećim fotografijama:



Slika 43. Martonvásár-Győr 400 kV vazdušni vod sa stubovima tipa „FENYŐ“



Slika 44. Pécs-Državna granica, 400 kV vazdušni vod sa stubovima tipa „FENYÓ“, dalekovodni koridor

Prema potrebi i mogućnostima kod planiranih vazdušnih vodova želimo primeniti načine koji su već bili uspešni i kod ranije izgrađenih vazdušnih vodova za uklapanje u pejzaž, odnosno smanjenje ometanja životne sredine (npr. paralelne trase, stubovi zelene boje, oblikovanje mesta za gnezđenje na stubovima, primena sredstava za bolju vidljivost vodova za ptice).

Uticaji funkcionsanja dalekovoda

Jačina električnog i magnetnog polja

U blizini visokonaponskih vodova dolazi do stvaranja elektromagnetskog polja. Granične vrednosti jačine električnog polja i magnetne indukcije koje se moraju uzeti u obzir sa stanovišta njihovih bioloških uticaja odredilo je Međunarodno društvo za zaštitu od zračenja (IRPA) koje deluje u okviru Svetske zdravstvene organizacije Ujedinjenih naroda (WHO). Mađarski propisi (MSZ 151-1-2000/15.6.3.) su u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije prihvaćenim u celom svetu.

Vreme zadržavanje ispod dalekovoda	Jačina električnog polja E (kV/m)	Magnetna indukcija B (μ T)
nekoliko časova dnevno	10	1000
neograničeno	5	100

Tabela 30. Dozvoljene jačine električnog polja i magnetne indukcije

Karakteristične jačine električnog polja i magnetne indukcije u okolini postojećih visokonaponskih dalekovoda:

	Vrednosti merene na visini 1,8 m ispod domaće mreže napona 120-750 kV	
	jačina električnog polja [kV/m]	magnetna indukcija [μ T]
ispod vazdušnog voda	2-17*	10-37
na obodu zaštitnog pojasa	0,2-1,1	1-9

* napomena:

Vrednost veća od 10 kV/m pojavljuje se samo ispod provodnika dalekovoda napona 750 kV

Tabela 31. Izmerene vrednosti jačine električnog polja i magnetne indukcije

Tokom izrade izvođačkog projekta dalekovoda, izborom odgovarajuće visine vodova iznad zemlje može se obezrediti da vrednosti jačine električnog polja i magnetne indukcije izmerene i u najnepovoljnijim okolnostima budu ispod utvrđenih vrednosti iz preporuka WHO. Ponavljamo da trasa predmetnih vazdušnih vodova zaobilazi naseljene teritorije.

Prema rezultatima dosadašnjih ispitivanja jačina električnog i magnetnog polja u okolini vazdušnih vodova nema iskazivih negativnih zdravstvenih uticaja.

Korona pražnjenje (jonizujući uticaji, radio frekventni uticaji, gubici usled pražnjenja)

Jedna od najuočljivijih pojava koja se najviše oseća u okolini vazdušnih vodova je korona pražnjenje. Ova pojava se najviše primećuje u kišnim, maglovitim vremenskim prilikama, kada na površini provodne žice inhomogena sila električnog polja prelazi graničnu vrednost od 30 kV/cm. Tada se vazduh oko provodnika jonizuje i dolazi do pražnjenja, koje prati svetlosna pojava vidljiva u mraku i pucketajući zvuk.

Električna pražnjenja mogu da imaju sledeće neposredne uticaje na životnu sredinu:

- pucketajući zvuk zbog jonizujućeg uticaja velike lokalne sile polja,
- mogu nastati visoko frekventni elektromagnetski talasi, koji uzrokuju smetnje u prijemu radija i TV emisije u blizini vodova,
- nastaju gubici na dalekovodu usled korona pražnjenja.

Jonizujući uticaji

Na vazdušnim elektrovodovima, posebno na onima preko 400 kV, usled korona pražnjenja prvenstveno nastaje ozon (O_3) i azotni oksid (NO_x), ispod praga detekcije, koje se u odnosu na sve ostale izvore mogu zanemariti.

8.3.2 DALEKOVOD 120 kV

Zadatak planiranog 120 kV dalekovoda je rezervno napajanje Nuklearne elektrane Paks II iz planirane Podstanice Paks II.

Dužina vazdušnog voda na trasi 120 kV dalekovoda između Elektrane Paks II i Podstanice Paks II je ~4,9 km, a dužina kablovskog dela iznosi ~1,4 km i ~2,0 km. Tip stubova je „SZIGETVÁR“, količina: 19 komada. Širina bezbednosnog pojasa na obe strane od ose trase je po 15,6 m, ukupno 31,2 m.

U zavisnosti od kasnijih ispitivanja i odluke, u cilju povećanja bezbednosti nuklearnih blokova može biti nužno da se za svaki blok sagradi poseban red stubova za 120 kV vodove rezervnog napajanja. Pored toga može se izmeniti i broj i tip dalekovodnih stubova.

8.3.3 ZAJEDNIČKI BEZBEDNOSNI POJAS

U slučaju paralelne trase dva 400 kV vodova blokova i 120 kV voda za rezervno napajanje, ukupna širina bezbednosnog pojasa koju treba uzeti u obzir iznosi 170 m.

8.3.4 IZGRADNJA DALEKOVODA

Važnije faze izgradnje dalekovoda su sedeće:

- priprema izgradnje, obeležavanje i kolčenje trase
- izrada temelja
- montaža stubova i izolacionih lanaca
- postavljanje stubova
- razvlačenje vodova i podešavanje

Tokom izgradnje dalekovoda obično duž trase treba ostaviti jedan pojaz širine 3-5 m koji služi kao gradilište. U slučaju korišćenja poljoprivrednih zemljišta pri izvođenju radova, izrađuje se ekspertiza tla za rekultivacione radove, te na osnovu toga se vrši prenamena zemljišta u nadležnom katastru nepokretnosti.

Dimenzije obima stuba iznad zemlje zavisi od toga da li je stub predviđen za nošenje ili zatezanje, ali zavisi i od prečnika i broja vodova.

Pri određivanju potrebe za prostorom treba voditi računa i o veličini prostora potrebnog za montažu i za postavljanje stubova na licu mesta, koji zavisno od tipa stubova i mesta ugradnje može biti sledećih dimenzija:

- Za stubove 400 kV treba oko 60x40 m

- Za stubove 120 kV treba oko 40x40 m

Ove površine u slučaju poljoprivrednog zemljišta privremeno se izuzimaju iz obrade.

Tri dalekovoda (niza stubova) koji se priključuju na Paks II mogu se izgraditi istovremeno ili po određenom dinamičkom planu. U slučaju dinamičkog građenja prvo treba izgraditi dalekovode 400 kV i 120 kV koji pripadaju bloku broj 1., a nakon toga se može pristupiti izgradnji dalekovoda 400 kV za blok broj 2.

Vreme potrebno za izgradnju:

- Uređenje terena, zemljani radovi: 2 radna dana/km
- Fundiranje: 2 nedelje/km
- Montaža i postavljanje stubova: 1 nedelja/km
- Montaža vodova: 1-3 nedelje/km

Navedeni radovi se delomično izvode paralelno, te iz tog razloga izvođenje navedenih radova traje oko 8-10 meseci. U slučaju dinamičkog građenja, vreme potrebno za izvođenje radova može biti i znatno duže. Za to vreme neće se ometati životna sredina odjednom duž čitave trase vodova. Radne mašine na gradilištu provode samo toliko vremena koliko im je neophodno, napreduju od stuba do stuba. Tokom izgradnje obavlja se i mašinski i ručni (ljudski) rad, u zavisnosti od montažne tehnologije.

Sledeća slika prikazuje montažu stuba tokom jednog ranijeg izvođenja dalekovoda.



Slika 45. 400 kV vazdušni vod Martonvásár-Győr, montaža stuba

9 POTENCIJALNI UTICAJNI FAKTORI I RECEPTORI (PODRUČJA UTICAJA) NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS II

9.1 POTENCIJALNI UTICAJNI FAKTORI

Prvi korak u izradi ispitivanja uticaja na životnu sredinu je određivanje uticajnih faktora koji potiču iz napred opisanih tehnoloških parametara vezanih za stvaranje uslova za proizvodnju nuklearne energije odnosno za rad postrojenja. Prilikom razmatranja uticajnih faktora u vezi sa planiranim blokovima grupisali smo ih sagledavano sa tri gledišta: prema zahvaćenim područjima, u vremenskom rasporedu, odnosno po karakterističnim faktorima uticaja.

Izgradnjom novih blokova nuklearne elektrane, odnosno njihovim funkcionisanjem zahvaćena su sledeća **područja**:

Nuklearna elektrana Paks II

- Područje pogona novih nuklearnih blokova elektrane
- Privremeno gradilište

Prikљučeni objekti Nuklearne elektrane Paks II

- Hladnovodni kanal
- Toplovodni kanal
- Područje „ostrva“ omeđenog hladnovodnim i toplovodnim kanalom
- Područje rekuperacijske elektrane

Elektrovodovi blokova i dalekovodi

- Trasa elektrovodova 400 kV blokova do nove podstanice i dalekovodi 120 kV

Transportne linije

- putevi za dovoz i odvoz

Faktore uticaja novih nuklearnih blokova i povezanih postrojenja ispitujemo grupisane u **vremenskom** redosledu – građenje/montaža postrojenja, pogon, odnosno dekomisija –, uzimajući u obzir područja koja će biti zahvaćena:

Građenje/montaža postrojenja: Nakon obavljanja prethodnih radnji, stvarna izgradnja traje oko 5 godina, što u slučaju 2 bloka znači 2 ciklusa sa delimičnim kontinuitetom, ukupno 10 godina.

Tokom rada: Planirani radni vek blokova je 60 godina, koji se može podeliti na više etapa, uzimajući u obzir dinamiku građenja, kao i postupak za produženje radnog veka 4 bloka koji su sada u funkciji:

Zajednički rad blokova 1-4 Nuklearne elektrane Paks i bloka 1. Paksa II u periodu 2025-2030.

Zajednički rad blokova 1-4 Nuklearne elektrane Paks i blokova 1-2 Paksa II u periodu 2030-2032.

Zajednički rad blokova 1-2 Paksa II nakon obustave rada blokova 1-4 Nuklearne elektrane Paks u periodu 2037-2085.

Samostalni rad bloka 2 Paksa II nakon isteka radnog veka i obustave rada bloka 1 Paksa II između 2085-2090.
Istek radnog veka bloka 2 Paksa II: 2090.

Rastavljanje: Nakon isteka radnog veka obustavlja se rad prvo bloka 1. Paksa II, zatim bloka 2. (za ovu delatnost prema tački 31. Priloga 1. Vladine uredbe br. 314/2005. obavezno treba izraditi posebnu PUŽS)

Pojedine etape ispitujemo grupisane prema **najkarakterističnijim grupama** uticajnih faktora. S obzirom na karakter postrojenja, emisije i otpade, kao uticajne faktore, podelili smo na klasične neradioaktivne i radioaktivne.

❖ korишћenje činilaca životne sredine

❖ emisije zagađujućih materija

- klasične neradioaktivne emisije zagađujućih materija
- radioaktivne emisije

❖ otpadi

- nastajanje i upravljanje klasičnim neradioaktivnim otpadom
- nastajanje i upravljanje radioaktivnim otpadom

❖ isluženi gorivni elementi

- tretiranje i skladištenje gorivnih elemenata izvađenih iz reaktorskog jezgra

9.2 RECEPTORI

Drugi korak u izradi procene uticaja na životnu sredinu je procena i određivanje procesa prouzrokovanih uticajnim faktorima povezanim sa događajima tokom građenja, operativnog rada, odnosno demontaže Paksa II. Na osnovu procenjenih prouzrokovanih procesa može se odrediti **krug činilaca i sistema životne sredine na koje** procesi izazvani uticajnim faktorima (korишћenje životne sredine, opterećenje životne sredine) **mogu uticati posredno ili neposredno**.

Pri građenju, operativnom radu, odnosno rastavljanju postrojenja novih nuklearnih blokova, kao receptore treba uzeti u obzir sledeće činioce i sisteme životne sredine:

*Površinske vode - Dunav
Geološka sredina, podzemne vode (lokacija, dolina Dunava)*

Vazduh
Naseljeno okruženje (buka, otpadi, radioaktivne emisije)
Životni svet - ekosistem
Veštačko okruženje, građevinski objekti
Stanovništvo (radioaktivne emisije)

9.3 MATRICE POTENCIJALNIH UTICAJA

Procenu uticaja potencijalnih faktora rezimirali smo i u matrici uticaja.

Faktore uticaja i receptore odredili smo za fazu građenja, operativnog rada i rastavljanja planiranog postrojenja, odnosno za sve tri faze u slučaju eventualnog odstupanja od normalnog režima rada (pogonski poremećaji, udesi, odnosno događaji koji spadaju u projektnu osnovu).

Uticajni faktori	Receptori							
	Činioci/sistemi okruženja							
	Površinske vode	Geološka sredina, podzemne vode	Vazduh	Naseljeno okruženje	Životni svet, ekosistem	Kulturna baština	Stanovništvo	Građevinski objekti
Dunav	Lokacija	Dolina Dunava						
Gradjenje								
Rušenje zgrada	-	I	-	T	T	T	-	I, T
Korišćenje prostora	I	I	-	T	I	T	-	-
Prevoz	-	-	-	T	I, T	T	T	I, T
Gradjenje postrojenja	I	I	-	T	I, T	T	-	T
Izgradnja tehnologije	I	I	-	T	I, T	T	-	T
Povezane delatnosti	I	I	-	T	I, T	T	-	T
Havarije	T	T	-	T	T	T	T	T
Pogon								
Tehnologija	T	I	T	T	I, T	T	-	T
Povezane delatnosti	-	-	-	T	I, T	T	-	T
Prevoz	-	-	-	T	I, T	T	T	I, T
Havarije	T	T	-	T	T	T	T	T
Rastavljanje								
Demontaža tehnologije	-	T	-	T	I, T	T	-	T
Rušenje zgrada	-	T	-	T	I, T	T	-	T
Prevoz	-	T	-	T	I, T	T	-	T
Povezane delatnosti	T	T	-	T	I, T	T	-	T
Uređenje prostora	-	T	-	T	I	T	-	T
Havarije	T	T	-	T	T	T	T	T

Legenda:

T – opterećenje životne sredine

I – korišćenje životne sredine

Tabela 32. Zbirna matrica uticaja, određivanje karakteristika uticajnih faktora i receptora

Uticajni faktori	Receptori							
	Činioци/sistemi okruženja							
	Površinske vode	Geološka sredina, podzemne vode	Vazduh	Naseljeno okruženje	Životni svet, ekosistem	Kulturna baština	Stanovništvo	Građevinski objekti
Dunav	Lokacija	Dolina Dunava						
Gradjenje								
Rušenje zgrada	-	I	-	H	H	H	-	H, I
Korišćenje prostora	I	I	-	H	I	H	-	-
Prevoz	-	-	-	H	I, H	H	H	I, H
Gradjenje postrojenja	I	I	-	H	I, H	H	-	H
Izgradnja tehnologije	I	I	-	H	I, H	H	-	H
Povezane delatnosti	I	I	-	H	I, H	H	-	H
Havarije (H)	H	H	-	H	H	H	H	H
Pogon								
Tehnologija	H+R	I	H	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R
Povezane delatnosti	-	-	-	H	I, H	H	-	H+R
Prevoz	-	-	-	H	I, H+R	H+R	H	H+R
Događaji koji spadaju u projektnu osnovu (R); Havarije (H)	H+R	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H	H+R
Rastavljanje								
Demontaža tehnologije	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R
Rušenje zgrada	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R
Prevoz	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R
Povezane delatnosti	H	H+R	-	H	I, H+R	H+R	-	H+R
Uređenje prostora	-	H	-	H+R	I	H+R	-	H+R
Događaji koji spadaju u projektnu osnovu (R); Havarije (H)	H	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H+R	H+R

Legenda:

I – korišćenje životne sredine

H – Klasični uticaji na okolinu

R – Radiološki uticaji

Tabela 33. Zbirna matrica uticaja, određivanje klasičnih i radioloških uticaja

10 DRUŠTVENO-EKONOMSKI UTICAJI PROŠIRENJA U PAKSU

10.1 EKONOMSKI UTICAJI, USLOVI

Planirano proširenje u Paksu (Pakš) će imati značajan uticaj na ekonomiju čitave zemlje, kao i regionalno odnosno grada Paksa.

Na državnom nivou možemo istaći rast bruto domaćeg proizvoda (BDP) zahvaljujući ovoj investiciji, naime već i sa pripremom planirane investicije počela je priprema domaćih preduzeća koja žele učestvovati u realizaciji, što ima/će imati uticaj na obrazovanje, na povećanje broja zaposlenih, odnosno na razvoj i inovaciju osnovnih sredstava preduzeća.

U smislu člana 4. tačka 2. Zakona o potvrđivanju Sporazuma između Vlade Mađarske i Vlade Ruske Federacije o saradnji u korišćenju nuklearne energije u miroljubive svrhe (zakon broj II iz 2014. godine), „Sporazumne stranke će učiniti sve što im je u moći da ako je to ostvarivo u interesu ispunjenja saradnje prema ovom Sporazumu i ukoliko okviri utvrđeni pravnom regulativom to omogućavaju, postignu minimalni lokalizacioni nivo od 40%”, dakle planiranu investiciju Mađarska Vlada smatra važnom ne samo sa energetsko-političke tačke gledišta, nego joj daje poseban značaj i u industrijsko-političkom pogledu. Planirano je da će se od investicije ukupne vrednosti 12,5 mrd EUR, 5 mrd EUR realizovati uz sudelovanje domaćih preduzeća, što predstavlja oko 5% godišnjeg domaćeg GDP-a, tako da je to veoma značajna stavka i na nivou nacionalne ekonomije.

Sa energetsko-političkih gledišta, prema očekivanjima Vlade, „miks” koji obezbeđuje proizvodnju električne energije u državi i nakon zaustavljanja 4 bloka Nuklearne elektrane Paks ostaje uravnotežen u odnosu na slučaj bez realizacije proširenja, smanjuje se zavisnost od uvoza energenata (nuklearno gorivo se može nabaviti iz više izvora, i može se držati veća količina na zalihamama), odnosno zavisnost od neposrednog uvoza električne energije, nadalje, cena električne energije proizvedene u proširenju elektrane u Paksu biće dugoročno konkurentna, čime se može obezbediti prednost domaćim proizvođačima sa većim potrebama za energijom, omogućavajući čak i povećanje volumena proizvodnje.

Sa industrijsko-političkih gledišta od posebne je važnosti da, shodno navedenim, preduzeća koja učestvuju u investiciji, preko povećanja broja radnika i razvoja opreme ostaju konkurentni i nakon realizacije investicije, što će osim neposrednog uticaja proširenja u Paksu imati uticaj multiplikatora u kasnijim periodima na funkcionisanje nacionalne ekonomije, na zaposlenost, na proširenje potrošnje stanovništva i sledom toga i na prilive poreza i doprinosa. Takođe je sa gledišta nacionalne ekonomije važno da se sa investicijom u Paksu povećava i državna imovina sa jednim modernim postrojenjem visoke vrednosti, a nije sporedno ni to da ova investicija služi i za opstanak svetski poznate i priznate stručne kulture.

Ovom investicijom planiranih novih blokova nacionalni ekonomski cilj je da u izgradnji u što većoj meri učestvuju domaći dobavljači. Realno se može postići gornja granica udela od oko 30-40 %. Trenutne inostrane (međunarodne) investicije u nuklearne elektrane jednoznačno pokazuju da se kooperanti (dobavljači) iz nacionalne ekonomije naručioca mogu intenzivno uključiti u radove pripreme, građenja, montaže, proizvodnje i održavanja samo u slučaju ako su za to svesno i planski pripremljeni i razvijeni, odnosno ako su povezani u sistem međusobnog dopunjavanja i pomaganja. Korisnost projekta u pogledu nacionalne ekonomije znatno povećava dobro organizovana, pripremljena i sistematski izvršena priprema kooperanata, čime se mogu izbeći značajni dodatni troškovi investicije.

Proces realizacije novih blokova je investicija koja domaćim preduzećima, preuzetnicima obezbeđuje porudžbine značajnog volumena tokom više godina pa čak i jedne decenije, i obezbeđuje radno mesto za više hiljada radnika kako na licu mesta, tako i u projektnim i istraživačkim ustanovama tokom pripremних radova, odnosno u raznim montažnim i proizvodnim radionicama. Pokrivenost investicionih troškova u obimu od 30-40 % prepostavlja plansku pripremu domaćih dobavljača i saradnju koja sadrži i organizovanu kooperaciju preduzeća i institucija. Proizvodni kapacitet energetske grane u Mađarskoj i volumen efikasnosti pojedinih građevinskih preduzeća u zнатноj meri je smanjen tokom prošle dve decenije. Potpuno oživljavanje se ne može realno očekivati ali se može postaviti cilj da se potencijalno sposobna, prvenstveno mala i srednja preduzeća programski pripreme.

U okviru pripremnog projekta izvršeno je utvrđivanje – prikaz aktuelnog stanja - kruga preduzeća koji se mogu uključiti u planiranu investiciju. Ispitivanja su izvedena sa dva aspekta. Sa jedne strane, na državnom nivou su ispitivana preduzeća koja se mogu smatrati istaknutim, sa druge strane, u širem okruženju Nuklearne elektrane Paks prikupljena su preduzeća koja mogu eventualno doći do posla, prvenstveno u kooperantskom lancu. Na osnovu rezultata istraživanja na državnom nivou evidentirana su skoro sto pedeset potencijalnih preduzeća, gde su dobavljačke i uslužne specifikacije razvrstane po

zanimanjima (nuklearna struka, mašinstvo, upravljačka tehnika, elektroindustrija, građevinarstvo, hemijska struka, ostalo) i po delatnostima (istraživanje i razvoj, projektovanje, proizvodnja, transport, građenje, montaža, puštanje u pogon, ekspertiza i sl.). Izvršen je popis sredstava (opreme), kapaciteta, referenci, karakteristike osiguranja kvaliteta, a na području proizvodnje i odnos uvoznih komponenti.

Prirodno je nastojanje i očekivanje da preduzeća koja posluju u široj okolini Nuklearne elektrane Paks ulaze u projektni sistem kao potencijalni partneri, jačajući na taj način preduzetnički potencijal regiona i stvarajući mogućnosti angažovanja ljudskog resursa iz okruženja. Tačno utvrđeno područje, precizirano sa više gledišta sadrži 90 naselja, uključuje obe strane Dunava, prostire se na području 3 županije. Predmet ispitivanja su bila preduzeća koja svoju delatnost obavljaju na polju građevinarstva, proizvodnje, montaže i transporta, sa najmanje 10 zaposlenih, nadalje, zainteresovani su i voljni da u nekoj ugovornoj konstrukciji učestvuju u investiciji. Tokom ispitivanja potencijalna partnerska preduzeća su kategorizovana po pripremljenosti (osoblje i oprema), referencama, kapitalu, bilansnim podacima, pribavljenim kvalifikacijama i volji za učešće u stručnoj obuci. Inače, preduzeća iz okruženja nisu samo direktni kandidati u ovoj velikoj investiciji već se mogu uključiti i u prateće posredne radove (npr. izgradnja infrastrukture). Na osnovu ovog istraživanja u bazu podataka uneto je skoro 240 lokalnih preduzeća.

10.2 DRUŠTVENI MEĐUODNOSI, SISTEM USLOVA

Preduzeće MVM Paksi Atomerőmű Zrt, (MVM Nuklearna elektrana Paks zatvoreno d.d.) je već skoro četiri decenije prisutno u ovom regionu sa centrima Paks-Szekszárd-Kalocsa (Pakš-Seksard-Kaloča). Promišljenim i sistematskim radom je izgradilo regionalni sistem međusobnih odnosa koji podrazumeva saradnju zasnovanu na međusobnom poštovanju, razumevanju i prednostima. Ovi čvrsti, podržavajući i simbiotski odnosi pružali su stabilnu društvenu osnovu za donošenje dalekosežnih odluka kao što su produženje radnog veka postojećih i izgradnja novih blokova. Odlukama Parlamenta i Vlade donetim u smjeru izgradnje novih nuklearnih blokova posebno se zahteva produbljivanje i oživljavanje ekonomskih i društvenih odnosa sa okruženjem elektrane, odnosno njihovo podizanje na viši nivo. Podsticanje sklonosti prema prihvatanju i saradnji u regionu, povećanje poverenja lokalnih samouprava, preduzeća i građana jedan je od osnovnih uslova programa proširenja kojim se treba baviti već u pripremnom periodu ove velike investicije.

Preduzeće MVM Paksi Atomerőmű Zrt kao najveće preduzeće i poslodavac u regionu, oseća posebnu odgovornost za stanje svog okruženja, za standard građana, za razvoj i budućnost regiona. Elektrana i povezani razvojni projekat mogu biti uspešni samo ako i ona sama funkcioniše u snažnom ekonomskom i društvenom okruženju, njihova efikasnost se međusobno jača. Lokalno stanovništvo u blizini Nuklearne elektrane Paks je vrlo zainteresovano u procesu izgradnje novih blokova, sa očekivanjem posmatra demokratske postupke uz mogućnost stavljanja primedbi. Podrška od strane stanovništva područja trenutno je na odgovarajućem nivou, međusobni odnosi se razvijaju, ali se postavljaju i ozbiljni zahtevi. Lokalne samouprave i gradani, kao i zainteresovana preduzeća već u pripremnom periodu ove velike investicije očekuju inicialne korake u cilju overavanja dugoročne saradnje.

Nezaobilazno treba uključiti prihvatno područje i utemeljiti zainteresovanost, što se osim razvoja preduzeća prvenstveno može postići na polju usluga vezanih za ljudske resurse i logističke sisteme. Ove teme su detaljno razmotrene u dokumentaciji za pripremu proširenja. Pre svega, trebalo je sastaviti spisak struka koji su neophodni za izgradnju, montažu, puštanje u pogon, i upravljanje nuklearnom elektranom, u skladu sa sistemom Nacionalnog registra zanimanja i sa smernicama domaćeg visokog obrazovanja. Ovaj dokument je sastavljen uključivanjem energetskih veštaka sa ogromnim iskustvom u investicijama, odnosno uz pomoć fakultetskih katedri. Osnove upoređivanja za sve dalje procene čine prognozirane potrebe za radnom snagom iz ranijih tendera ovog tipa blokova. Sklapanjem međuvladinog sporazuma između Mađarske i Rusije pojednostavljena je situacija, u predstojećem periodu se samo treba oslanjati na prethodno dobijene podatke od Atomstrojeksperta.

U cilju upoznavanja raspoloživog, odnosno prognoziranog stručnog kadra u okruženju obavljeno je istraživanje velikih razmara u 90 naselja županije Tolna, Baranya (Baranja) i Bács-Kiskun (Bač-Kiškun). U nedostatku sistema evidentiranja državne uprave, baza podataka je sastavljena uzorkovanjem na osnovu opsežnog terenskog rada. Sve to pruža dobru osnovu za ispitivanje mogućnosti uključivanja i pripreme ljudskih resursa u radove ovog velikog projekta. Utvrđena potreba za radnom snagom raščlanjena na zanimanja može se lako uporediti sa raspoloživim potencijalom stručne radne snage u regionu. Polazeći od pretpostavke da se u ispitanim području svega 20% raspoložive stručne radne snage može usmeriti na građevinsko-montažne radove na novim blokovima elektrane, možemo utvrditi da od ukupne potrebe za radnom snagom iz okruženja može se obezbediti svega 25-30%. Naravno, javljaju se velika odstupanja u određenim strukama. Nakon upoznavanja rezultata uporednih analiza unapred se može utvrditi da problem manjka radne snage dominira

prvenstveno u strukama tesar - monter građevinskih skela, armirač, kvalifikovani zavarivač, bravari, električar i monter upravljačke tehnike.

Ispitane su područne obrazovne ustanove srednjeg obrazovanja i preduzetništva za obuku odraslih, utvrđeni su im uslovi obrazovanja, infrastrukture, mogućnosti praktičnog rada, kapacitet, razvojni plan, elastičnost. Pokretanjem novih stručnih smerova, povećanjem broja učenika na postojećim strukama, poboljšanjem uslova obrazovanja, ove škole i obrazovne ustanove mogu obezbititi potreban broj radnika koji na tržištu radne snage trenutno nedostaju, odnosno koji se za sada i ne predviđaju. Obavljena je procena domaćih tehničkih visokoškolskih ustanova, fakulteta, struka, dopunjeno ispitivanjem istaknutih ustanova sličnog profila u nekoliko susednih zemalja. Također je izrađena dokumentacija za pripremu odlučivanja u kojoj je analizirana mogućnost ponovnog pokretanja visokog obrazovanja energetskog smera u Paksu, isključivo u vidu ispostave neke matične institucije.

Izrađen je sistem za pripremu i usmeravanje u visoko školstvo tehničkog smera, razrađeno do nivoa nastavnog plana, dopunjeno energetskim vežbama i praktičnim radom na licu mesta. Na području oko nuklearne elektrane potpisani su sporazumi sa srednjim školama o njihovom učeštu, što znači specijalno dopunsko obrazovanje iz fizike od 11. razreda, sa uslovom polaganja mature na višem nivou. Oni koji iz ovog regiona nastavljaju školovanje, sa većom verovatnoćom se vraćaju ako im se ovim projektom pruža mogućnost za rad i karijeru. Izrađen je mentorski sistem i specijalne stipendije na nivou srednjeg i visokog obrazovanja, jer se samo na taj način mogu zadržati mladi stručnjaci u elektroenergetskoj industriji, te se na taj način može smanjiti odliv mozgova u inostranstvo.

Na osnovu istraživanja ljudskih resursa za svaku godinu se može utvrditi potreban broj zaposlenih tokom realizacije ove investicije, uz kojih se mogu dodeliti i razni uslužni zahtevi. Forsiranim zapošljavanjem radne snage iz regiona (što bi trebao biti istaknuti cilj) znatno se može smanjiti potreba za smeštajem i drugim uslugama, ali se povećavaju zahtevi u vezi sa saobraćajem. Iстicanjem značaja regiona Kalocse vidimo potrebu za rešavanjem alternative prelaska preko Dunava. Mora se voditi računa o ekološki prihvatljivim saobraćajnim rešenjima, nadalje, o mogućnostima korišćenja velikih parkirališta u druge svrhe u kasnijem periodu. Treba proceniti postojeće mogućnosti za smeštaj, rešenja za njihovo proširenje i povećanje kapaciteta imajući u vidu preporuke Međunarodne agencije za atomsku energiju. Pored izgradnje privremenih smeštajnih kapaciteta koji zadovoljavaju zahteve XXI. veka, treba se brinuti i o konačnom smeštaju članova opslužnog osoblja i njihovih porodica. Treba ispitati stavove okolnih naselja o prihvatanju novih stanovnika. Treba se baviti sa pitanjima snabdevanja namirnicama, ishrane, zdravstvene i socijalne zaštite, javne bezbednosti i pružanja rekreativnih mogućnosti za više hiljada ljudi. Pravovremeno treba planirati mogućnosti proširenja kapaciteta jaslica, vrtića, škola, nadalje, nezaobilazno treba voditi brigu o zapošljavanju ženske radne snage (članovi porodice), pravovremenim otvaranjem mogućnosti zaposlenja.

Planirano proširenje na regionalnom nivou prvenstveno ima značaj tokom građenja: razvija se infrastruktura, preduzetnici u regionu koji se bave smeštajem i uslužnim delatnostima zaposlenih na radovima izgradnje mogu ostvariti veće prihode, a nakon izgradnje, prestankom rada blokova 1-4 i dalje dugoročno ostaje platežno sposoban sloj zaposlenih i preduzetnika koji će obavljati poslove upravljanja i održavanja novih blokova, kompenzući negativne ekonomski i društvene uticaje nastale usled obustave rada starih blokova.

Gradu Paks – i pored jasnih vizija o decentralizaciji – pripada istaknuta uloga već u pripremnoj fazi investicije, potrebno je dakle, njegovo konstantno uključivanje u projekat. Radi se na proceni nužnog razvoja infrastrukture, sa tim u vezi počeli su projektantski i pripremni radovi, a utvrđivanje neophodnih izvora za realizaciju je u toku. Treba ispitati mogućnosti razvoja i teritorijalnog proširenja industrijske zone u Paksu. Veoma je važno da subjekti za pripremu građenja-montaže elektrane, preduzeća koji će raditi za vreme izgradnje, i ostali subjekti kao što su kancelarije, budu smešteni na ovom području. Za vreme pripremnih i izvođačkih radova, o Szekszárd, županijskom gradu treba voditi računa odgovarajući njegovom značaju. U Mrežu partnerskih naselja uključena su mesta iz okruženja elektrane koja čine konkretne napore u cilju ostvarenja investicije (npr. smeštaj kontejnerskog naselja, obezbeđenje teritorije i infrastrukture za njih, rešavanje dozvola, mobilizacija radne snage, saradnja u obrazovanju, komunikaciona pomoć, parcelisanje stambenih nekretnina, pružanje rekreacionih programa, mogućnosti odmaranja). Članovi Mreže ne dobijaju materijalnu nadoknadu, već mogućnosti. Sve ovo iziskuje temeljni pripremni terenski rad u svakom naselju, kako bi konačan rezultat bio zasnovan na realnim lokalnim izvorima.

Preduzeće MVM Paksi Atomerőmű Zrt. skoro već deset godina ima specijalan sistem pomoći u obliku fondacije čiji je cilj razvoj regiona i naselja, promovisanje razvoja preduzetništva, otvaranje novih radnih mesta. U regionu uz pomoći ove fondacije, putem neposredne ili posredne pomoći (obezbeđivanje sopstvenog udela u konkursu) ostvaren je razvoj u vrednosti više od 30 milijardi forinti u povlašćenom regionu, a zahvaljujući tome došlo je i do otvaranja više stotina radnih mesta.

Za uspešno vođenje dijaloga između nuklearne elektrane i okolnog stanovništva neophodno je bilo osnovati jednu organizaciju koja je upisano pravno lice i raspolaže sopstvenim programom, pravilnikom o radu odnosno budžetom, i u stanju je delotvorno zastupati realne zahteve, interes stanovništva regiona. U skladu sa time, 1992. godine osnovano je udruženje Társadalmi Ellenőrző, Információs és Településfejlesztési Társulás (Udruženje za društvenu kontrolu, informisanje i razvoj naselja - TEIT) sastavljen od predstavnika 13 lokalnih samouprava. Udruženje s jedne strane vrši kontrolu, a s druge strane tesno sarađuje sa elektranom radi prenošenja informacija. Cilj nije suprotstavljanje elektrani, već zaštita interesa stanovništva, iskreni dijalog i održavanje saradnje, jačanje međusobnog poverenja. TEIT objavljuje povremene publikacije, a u cilju kontrolisanja formirao je društvenu komisiju.

Između preduzeća MVM Paksi Atomerőmű Zrt. i stanovništva postoje i funkcionišu mogućnosti za komunikaciju već više decenija. Opsežne mogućnosti informisanja i davanja primedbi stvaraju osnovu za izgradnju poverenja, mirne saradnje i uspostavljanja konsenzusa. U okviru politike otvorenosti elektrana vodi centre za posetioce, pored elektrane i u Kalocsi, koji služe kao najvažnija mesta za susrete građana sa predstavnicima nuklearne industrije, svakom mađarskom državljaninu, među njima i žiteljima regiona pružaju svakodnevnu mogućnost za lično informisanje. Elektrana je tesno povezana sa mesnim, regionalnim i državnim predstavnicima štampe, pruža im informacione materijale redovno, odnosno prema potrebi, zavisno od situacije. Preduzeće MVM Paksi Atomerőmű Zrt. raspolaže sopstvenim novinama u kojima daje tačne informacije o događajima u elektrani, o planovima i razvojnim nastojanjima. List u svakom naselju u prečniku od 12 km (TEIT) dospeva u svako poštansko sanduče. Žitelji naselja Paksa, Kalocse, Gerjena i Uszóda mogu se informisati 24 sata dnevno o aktuelnim vrednostima zračenja prikazanim na razumljiv, uporedan način na monitorima postavljenim u centrima ovih naselja.

11 SADAŠNJI I PROGNOZIRANI VREMENSKI USLOVI U KRUGU POLUPREČNIKA 30 KM OD PAKSA

11.1 OPIS KLIME U KRUGU POLUPREČNIKA OD 30 KM OKO PAKSA

Prosečna godišnja **srednja temperatura** izmerena u mernoj stanici u Paksu je $10,7^{\circ}\text{C}$, koja nadmašuje prosek u zemlji. U pogledu godišnjeg hoda prosečne temperature najtoplji mesec u regionu je jul, a najhladniji je januar. Na osnovu analize temperatura vidi se da prosečna godišnja temperatura pokazuje tendenciju rasta, a analizom letnjih vrućina i učestalosti vrelih dana možemo zapaziti da su i ekstremiteti unutar godine sve češći.

U pogledu godišnjih količina **padavina**, posmatrajući od 1951. godine, najsušnija godina u Paksu bila je 1961. (285,9 mm), dok je najkišnija bila godina 2010. (990,9 mm), koja je premašila i dotadašnji apsolutni maksimum. U pogledu desetogodišnjih proseka na području oko Paksa uočava se polagani trend rasta, a prema ispitivanjima ekstremnih vrednosti u ovom 30-godišnjem periodu u više navrata su oborenii stogodišnji rekordi. U pogledu godišnjeg hoda padavina možemo reći da na području Paksa najviše padavina ima u junu, zatim slede druga dva letnja meseca i maj, dakle, najviše padavina obično ima tokom letnjih meseci. Nakon tog perioda drugi maksimum možemo zapaziti u novembru. Najušniji mesec je mart, ali obično i u januaru i februaru ima malo padavina.

Najmanje **sunčanih** perioda ima u mesecu decembru zbog jakog naoblaćenja i kratkih dana, tada je prosečan broj sunčanih sati 53. Najviše sunčanih perioda ima u od maja do septembra, tada se javljaju mesečne srednje vrednosti preko 250 sati, a jul je u proseku zadnjih 30 godina bio najvedriji mesec, zatim slede avgust i jun. Letnje polugodište ima dva i po puta više sunčanih sati nego zimsko.

Na području Paksa godišnji prosek **atmosferskog pritiska** na morskom nivou je 1017,5 hPa, tokom godine se menja slično kao u celoj zemlji, najveće vrednosti se javljaju obično u januaru, a najniže u aprilu. Letnji polugodišnji prosek pritiska je niži od zimskog polugodišnjeg proseka.

Stvarno **isparavanje** u okolini Paksa najmanje je u periodu od novembra do februara, a najveće u periodu maj–avgust. Zimi je najniže potencijalno isparavanje, tada je skoro identično stvarnom isparavanju, a od proleća do jeseni znatno ga prelazi, s obzirom na to da tada ne stoji na raspolaganju dovoljna količina isparljive vode. Po količinama padavina okolina Paksa smatra se suvim područjem.

Temperatura površine tla neposredno prati hod sunca, te zagrevanje i hlađenje gornje površine tla tokom dana i godine menja se paralelno sa promenama temperature vazduha. Sa povećanjem dubine u tlu međutim, uticaj Sunca sve više slabi, te se smanjuje kako dnevno tako i godišnje kolebanje, a na određenim dubinama je temperatura stalna.

Vetar: na području Paksa u godišnjem poređenju najučestaliji smer vetra je severozapad odnosno sever-severozapad, a drugi maksimum se javlja iz južnog smera. U letnjem polugodištu dominira vetr smera sever-severozapad, zatim sledi severozapadni i severni, a južni je potisnut na četvrtu mesto. U zimskom polugodištu glavni smer vetra je severozapadni, ali u tom periodu stupa na drugo mesto južni smer, a na trećem je sever-severozapad. Period između 1997-2010. godine karakteriše trend smanjenja godišnje srednje brzine vetra. Najjači udar veta vrednosti 24,8 m/s zabeležen je 19. novembra 2004. godine. Najčešći smer maksimalnih udara veta je severozapadni, nakon njih slede južni, zatim sever-severozapadni smer. U pogledu brzine najčešći su udari veta između 2-4 m/s, ali su učestali i 1-2 m/s, odnosno 4-6 m/s. Brzine iznad 12 m/s se javljaju u manjem opsegu u godini, a preko 17 m/s su vrlo retki.

Na osnovu podataka **mernog tornja u Pakšu** prikupljenih na visini 20 metara u ispitivanom periodu od 7 godina utvrđeno je da je vladajući smer vetra bio sever-severozapad, a sledeći najučestaliji smer je bio severni. Relativna je učestalost južnog i smera jug-jugoistok. Na visini od 50 metara takođe je vladajući smer sever-severozapad sa sličnim rasporedom kao na 20 metara, ali na visini od 120 metara pokazuju se znaci povećanja učestalosti severozapadnog smera vetra. I tu je vladajući smer vetra bio sever-severozapad, zatim slede severozapadni, pa severni vetrar, a južni vetrovi su bili manje naglašeni nego na nižim visinama. Dok na visini od 20 metara učestalost raspona brzine od 2-4 m/s jedva je bio veći od nižih vrednosti, na 50 metara je uverljiva njegova prevaga, a na 120 metara se najčešće pojavljuje brzina između 4 i 6 m/s. U periodu ispitivanja maksimalna srednja brzina na 20 metara visine bila je 12 m/s, na 50 metara skoro 18 m/s, a na visini od 120 metara su se pojavljivale i vrednosti preko 20 m/s. Na visini od 20 metara vrednost iznad 25 m/s se nije pojavila, ali na visini od 120 metara su bili udari veta veći i od 30 m/s.

11.2 KLIMATSKE PROMENE U XXI VEKU U REGIONU PAKSA PREMA KLIMATSKIM MODELIMA

Posle 2010. godine mnogo puta smo čuli da je „prošla godina bila izuzetno kišna”, a možda imamo još svežije doživljaje u vezi sa sledećom rečenicom: „leto 2012. bilo je ekstremno vruće”. **Promenljivost** pojedinih godina prirodna je pojava u našoj klimi koja se javlja i bez ikakve spoljne prinude, stoga se ona ne može pripisati na račun promene klime. U vezi sa klimom ispitujemo dugogodišnje prosečne vrednosti, trendove i promene.

Najbitnija nesigurnost u modeliranju klime je **nesigurnost koja proizlazi iz modela**. Formule upravljanja procesom klimatskog sistema modeli rešavaju numeričkim metodama. Tokom numeričkog rešavanja faktori (temperatura, brzina vetra i sl.) se posmatraju u tačkama trodimenzionalne prostorne mreže, a određene interakcije se opisuju u pojednostavljenom obliku, pomoću takozvanih parametrizovanja. Modeli razvijeni u pojedinim institutima razlikuju se u više detalja: za opis istih fizičkih procesa primenjuju se različite aproksimacije i parametrizovanja, nadalje, primenjuju se mreže različite rezolucije. Sve ove razlike imaju uticaje i na rezultate modela.

Antropogene (ljudskog porekla) delatnosti dokazano imaju uticaj na klimatske procese, stoga ih treba uzeti u obzir i u klimatskim modelima. Nemoguće je egzaktno utvrditi kako će se menjati ljudske delatnosti u budućnosti: ne znamo u kojoj će se meri povećati broj stanovništva, kakvu će energetsku i ekonomsku politiku sprovoditi pojedine države, na kojem će nivou biti tehnološka razvijenost, dakle ni količinu buduće emisije štetnih materija. U tu svrhu je izrađeno više tipova scenarija emisije (Nakicenovic and Swart 2000.), koji uticaje ljudskih delatnosti iskazuju brojčano u vidu emisije ugljen dioksida. Postoje pesimističke prognoze o budućnosti (koje prepostavljaju dalju, značajnu emisiju), nadalje, ima i optimističnih i srednjih scenarija koji za 2100. godinu predviđaju pojavu stakleničkih gasova u atmosferi u vrlo različitim količinama. Nesigurnost koja proizlazi iz navedenih nazivamo **nesigurnost scenarija**.

Modeli se testiraju prvo u odnosu na klimu prošlosti, te ih na osnovu tih rezultata usavršavaju. Nakon toga izrađuju simulacije za budućnost u kojima se za ulazne parametre uzima povećanje stakleničkih gasova nastalih usled ljudske delatnosti. S obzirom na to da različiti modeli na različite načine karakterišu klimu, pri analizi promene klime posmatraju se rezultati dobijeni iz više modela (to je tzv. ensemble metoda) jer se na taj način nesigurnosti rezultata klimatskih simulacija mogu brojčano izraziti.

Nesigurnost scenarija javlja se u prognozama za period druge polovine XXI veka. Pri analizi promene klime važno je primeniti više, najmanje dva modela za brojčano iskazivanje nesigurnosti s obzirom na to da svaki model opisuje klimu budućnosti na podjednako mogući način.

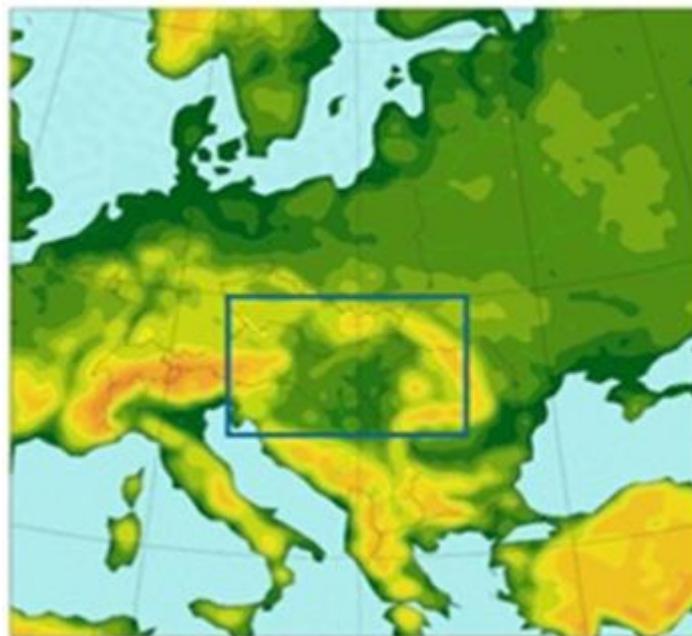
11.2.1 RASPOLOŽIVI MODELI

Rezultati globalnih modela se manje uspešno mogu primeniti na područje **Karpatskog bazena**, između ostalog i zbog njihove niske rezolucije. Iz tog razloga za utvrđivanje stepena nesigurnosti potrebno je globalne informacije precizirati pomoću regionalnih klimatskih modela. U okviru projekta Evropske unije ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell,

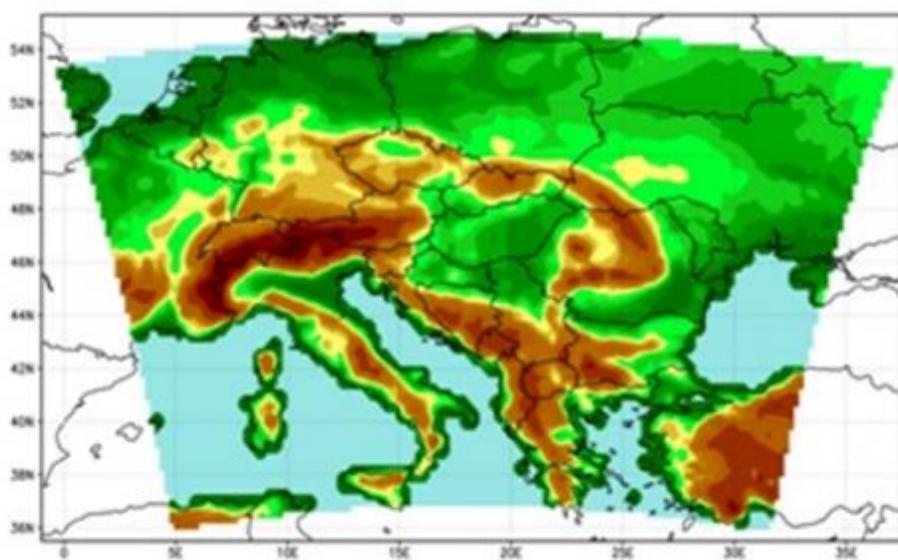
2009.) korišćeni su mnogi klimatski modeli regiona sa horizontalnom rezolucijom mreže od 25 i 50 km, za koje je primenjen **srednji scenario (A1B)**.

Nacionalna meteorološka služba (OMSz) je za analizu promene klime u prošlim godinama adaptirala dva regionalna klimatska modela:

- **ALADIN-Climate** razvijen od strane Météo France iz Toulouse-a u međunarodnoj saradnji, odnosno
- **REMO** regionalni klimatski model razvijen u hamburškom Institutu Max Planck



Slika 46. Model ALADIN-Climate sa rezolucijom 25 km (cela slika) i 10 km (uokvireno polje)



Slika 47. REMO model sa rezolucijom 25 km

U cilju testiranja modela prvo su sprovedene simulacije za prošlost, za jedan duži vremenski period za koji su rezultati merenja na raspolaganju, da bi zaključcima izvedenim na osnovu tih testova izvršili njihovo preciziranje.

	ALADIN-Climate 4.5		REMO 5.0	
Period	1961–2000.	1961–2100.	1961–2000.	1951–2100.
Rezolucija	25 i 10 km	10 km	25 km	25 km
Granični uslov	Re-analize	GCM	Re-analize	GCM

GCM: Global Climate Model – globalni klimatski model.

Tabela 34. Karakteristike eksperimenata obavljenih regionalnim klimatskim modelima ALADIN-Climate i REMO

Pomoću dva klimatska modela (ALADIN-Climate i REMO) применjenih od strane OMSz-a rezultati globalnih modela konvertuju se na finiju rezoluciju, za koje su kao ulazni podaci - tzv. granični uslovi – uzeti: u slučaju ALADIN-Climate iz modela globalne opšte cirkulacije (ARPEGE-Climat), a u slučaju modela REMO iz modela globalno povezane atmosfere i okeana (ECHAM5/MPI-OM).

Simulacije su rezimirane u sledećoj tabeli.

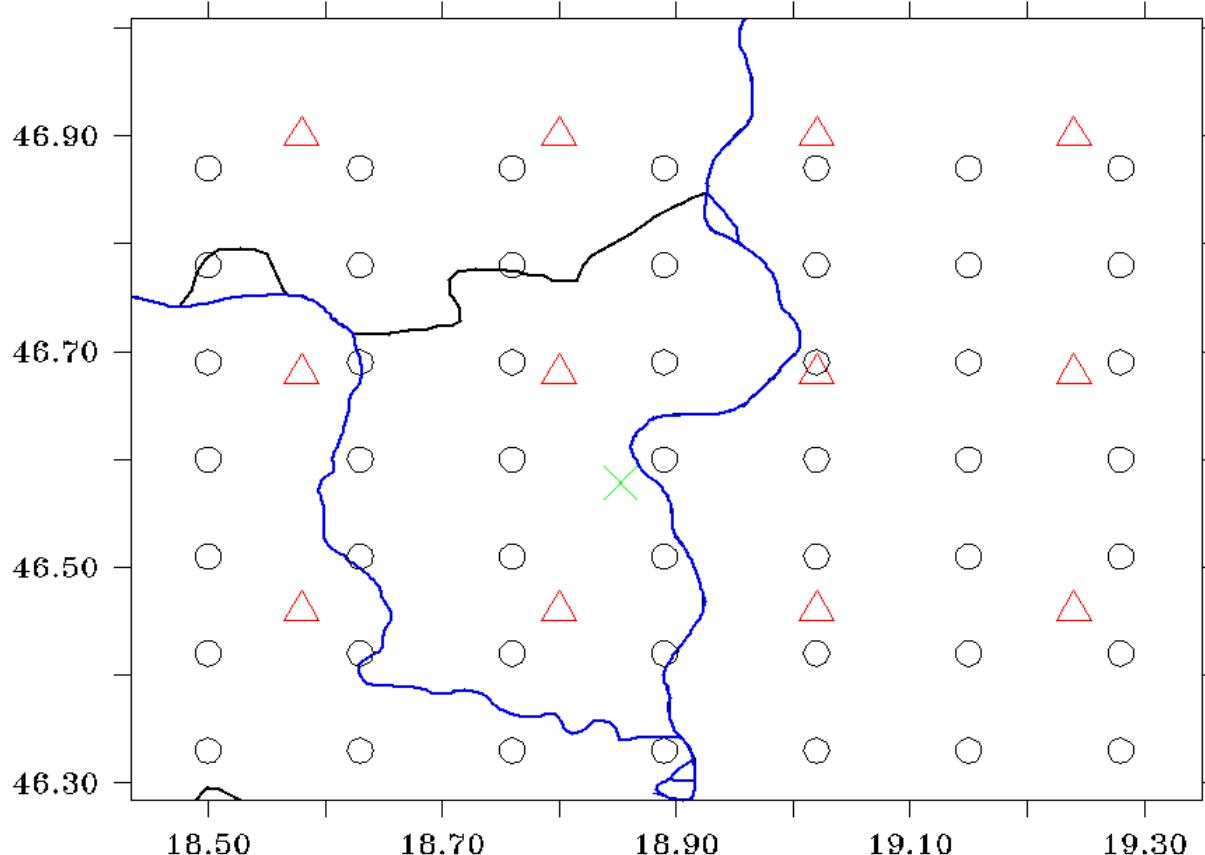
Model	Rezolucija	Granični uslov	Scenario	Period
ALADIN-Climate 5.2	50 km	ERA-Interim	-	1989–2008.
	10 i 50 km	ARPEGE	RCP8.5	1951–2100.
REMO 2009	10 km	ERA-Interim	-	1989–2008.
	10 km	ECHAM	RCP8.5	1951–2100.

Tabela 35. Eksperimenti planirani modelima ALADIN-Climate i REMO

Osvežavanje simulacija sa finijom rezolucijom još je u početnoj fazi.

11.2.2 OBRADA RASPOLOŽIVIH REZULTATA MODELAA U POGLEDU PROSEČNIH VREMENSKIH USLOVA ZA OKOLINU PAKSA U KRUGU POLUPREČNIKA 30 KM

Odabrano područje u modelu rezolucije 10 km znači 7x7, a za rezoluciju 25 km znači 4 x 3 tačke.

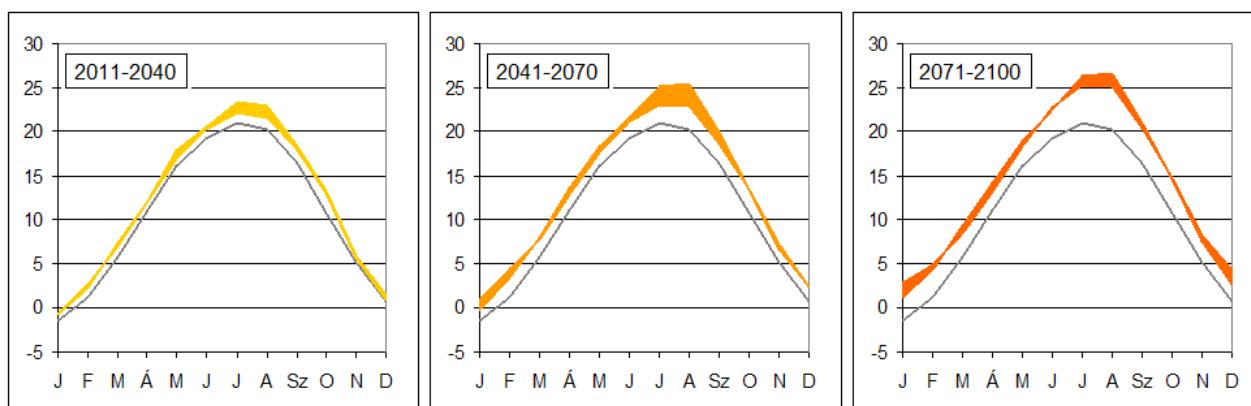


Slika 48. Tačke mreže modela ALADIN-Climate (crne) i REMO (crvene) oko Nuklearne elektrane Paks (zeleno)

Odabrani budući periodi su bili 2011–2040., 2041–2070. i 2071–2100. s obzirom na preporuku Svetske meteorološke organizacije, prema kojoj se klima može interpretirati samo na dužoj, najmanje 30-godišnjoj vremenskoj skali. Modeli samo približno opisuju stvarne procese, stoga rezultati sadrže manje ili veće greške. Kako bi se izbegle sistematske greške, budući rezultati se ne ocenjuju sami za sebe već u poređenju sa sopstvenim referentnim vremenskim periodom modela od 1961. do 1990. godine - dakle određuju se promene (mada greške modela neće obavezno biti konstantne u vremenu).

U simulaciji modela pored procesa koji formiraju prirodnu klimu uzima se u obzir i uticaj ljudske delatnosti. S obzirom na to da ne možemo unapred znati tok toga procesa za ceo XXI vek, postavljaju se razne hipoteze, tzv. scenariji koji predviđaju različite mogućnosti razvoja budućih antropogenih delatnosti. Za modele se ljudski uticaj brojčano izražava u obliku emisije ugljen dioksida, odnosno pojedini scenariji opisuju različiti (ali uvek obavezno monotono rastući) razvojni proces koncentracije atmosferskog ugljen dioksida. Među scenarijima postoje optimistične, pesimistične i nijansirane varijante, modelski eksperimenti sprovedeni od strane OMSZ-a oslanjaju se na **srednji scenario (A1B)**. Tokom sprovođenja eksperimenata u modelske simulacije se ugrađuje koncentracija ugljen dioksida izmerena u periodu do 2000. godine, a nakon tog perioda uzima se u obzir već spomenuti hipotetički scenario. Najveći broj veštaka koji se bavi klimatskim modeliranjem za osnovu uzima period od 1961. do 1990. godine jer na taj način model pokazuje dovoljno signifikantan, velik stepen odstupanja za XXI. vek.

Tokom XXI. veka na području oko Paksa se prema oba modela očekuje postepeno zagrevanje kako na nivou godina, tako i po godišnjim dobima i mesecima. To znači, što dalji 30-godišnji period posmatramo, tim će biti izraženje povećanje mesečnih, sezonskih (godišnje doba) i godišnjih srednjih temperatura. Prirodne razlike između godina će ostati, pa će i ubuduće biti meseci i godišnjih doba hladnijih od proseka.



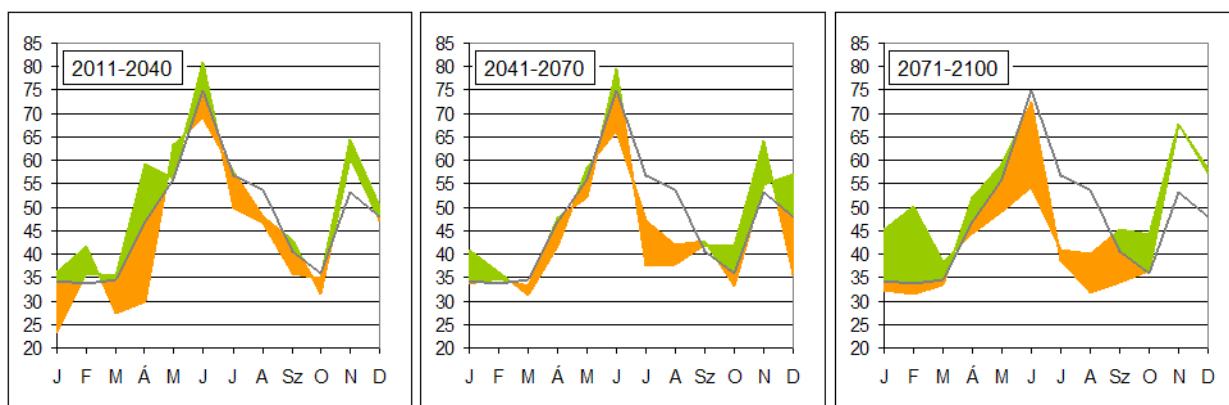
J – J; F – F; M – M; Á – Á; M – M; J – J; J – J; A – A; Sz – Sz; O – O; N – N; D – D

Napomena:

U prikazu podataka koji se odnose na budućnost, promene prognozirane modelima za dati period dodali smo merenjima iz perioda 1961-1990., zatim smo obojili područje između dve godišnje linije dobijenih na osnovu rezultata dvaju modela.

Slika 49. Godišnji hod srednjih mesečnih temperatura (°C) prema merenjima iz perioda 1961-1990. (siva linija), odnosno očekivani godišnji hod na osnovu dva modela (°C; obojeni pojasevi predstavljaju intervale nesigurnosti) na području Paksa

U slučaju padavina tokom XXI veka, nasuprot temperaturi, ne možemo govoriti o jednoznačnoj i linearnoj promeni ni u tri predstojeća vremenska perioda niti u godišnjim dobima, kao ni u pogledu dva modela. Modeli se slažu u slaboj promeni godišnjih padavina ali važno je posmatrati raspoređenost po godišnjim dobima gde možemo primetiti značajna odstupanja. Prema modelima jednoznačno je letnje smanjenje, jesenje povećanje, a za prolećni i zimski period su modeli nesigurni u pogledu smera promena. Prema ovim modelima promene su jednoznačne: za svaku godišnje dobu, pa tako i na nivou godine, za sva tri vremenska perioda na području Paksa. Veće promene se prognoziraju bliže kraju veka, odnosno za letnji i jesenji period kada je i inače najniža atmosferska vlažnost.



J – J; F – F; M – M; Á – Á; M – M; J – J; J – J; A – A; Sz – Sz; O – O; N – N; D – D

Napomena:

U prikazu podataka koji se odnose na budućnost, relativne promene (sa predznakom) prognozirane modelima za dati period dodali smo merenjima iz perioda 1961-1990, zatim smo obojili područje između dve godišnje linije dobijenih na osnovu rezultata dvaju modela. (zelenom bojom povećanje, žutom smanjenje).

Slika 50: Godišnji hod padavina (mm) prema merenjima iz perioda 1961-1990. godine (siva linija), odnosno očekivani godišnji hod na osnovu dva modela (mm; obojeni pojasevi predstavljaju intervale nesigurnosti) na području Paksa.

U pogledu brzine vetra modeli ne prognoziraju velike ili barem jednoznačne promene, posebno ne na godišnjem nivou.

12 OČEKIVANI UTICAJI PLANIRANOG PROŠIRENJA I SVOJSTAVA OKOLINE NA TEMPERATURU VODE DUNAVA, IZLOŽENOST POPLAVAMA, BEZBEDNOST CRPLJENJA RASHLADNE VODE I PROMENE KORITA

Cilj obavljenih modelskih ispitivanja Dunava u okviru procene uticaja Paksa II na životnu sredinu je da se odredi izloženost područja Nuklearne elektrane Paks u slučaju najnepovoljnijih ekstremnih okolnosti, iskažu morfodinamičke promene Dunava usled uticaja raznih hidroloških događaja, odnosno da se ispitaju karakteristični parametri topotnog mlaza (tzv. „perjanice“) zagrejane rashladne vode vraćene u Dunav.

Modeliranjem Dunava detaljno je ispitano i analizirano sledeće:

- Jednodimenzionalno (1D) modeliranje uticaja ekstremnih prirodnih ili veštačkih okolnosti
 - izloženost lokacije poplavama
 - bezbednost crpljenja rashladne vode
- Dvodimenzionalno (2D) modeliranje uticaja ekstremnih događaja pri niskom i visokom vodostaju
- Promene korita, morfodinamika
 - Jednodimenzionalno (1D) modeliranje kretanja suspendovanog i kotrljajućeg taloga
 - Dvodimenzionalno (2D) modeliranje morfodinamičkih procesa korita Dunava
- Uticaj zagrejane rashladne vode - trodimenzionalno (3D) modeliranje topotnog mlaza vode puštene u Dunav
- Ispitivanje mešanja usled rada prečistača otpadnih voda u havarijskom pogonskom stanju

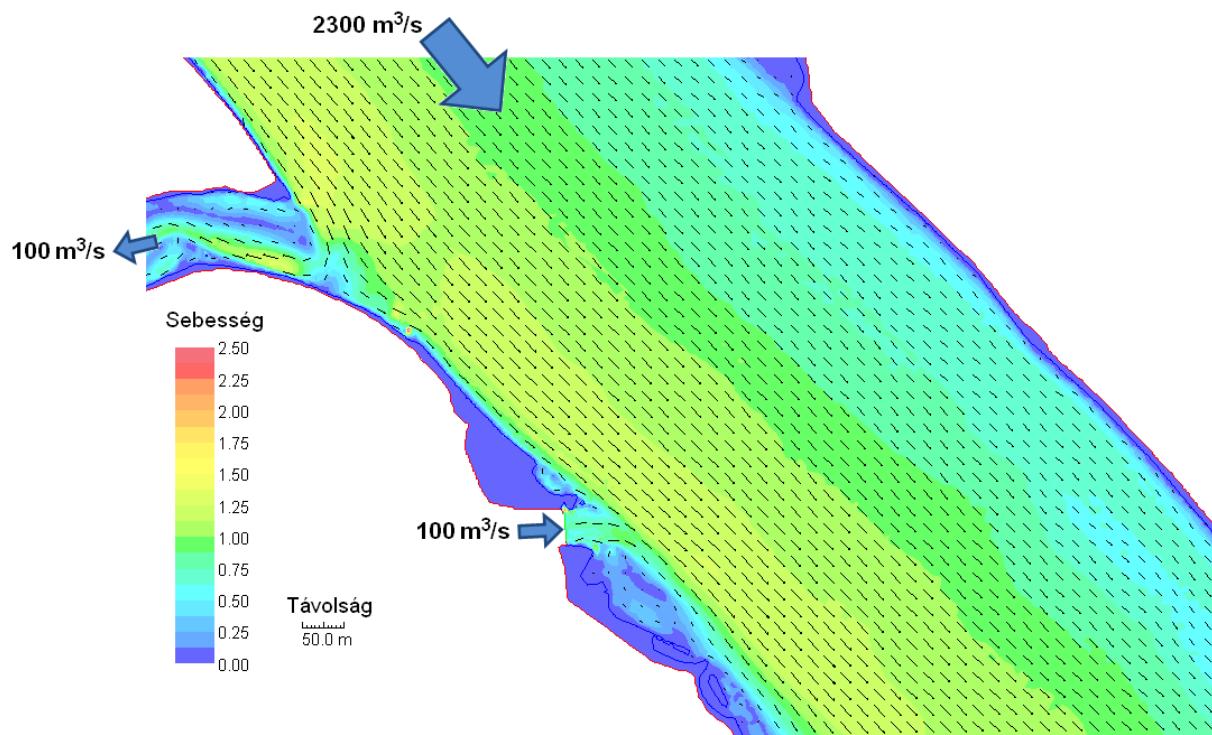
12.1 UTICAJ IZGRADNJE PAKSA II NA DUNAV

Tokom građenja Paksa II na svojstva toka Dunava na desnoj obali imaće minimalni uticaj proširenje poprečnog preseka hladnovodnog kanala na ušću, odnosno temelji planirane rekuperacijske elektrane na oko 200 metara uzvodno od postojećeg mesta ispuštanja tople vode.

Za potvrdu gore iznetih pretpostavki u sledećem potpoglavlju ćemo prikazati uticaje na promene rasporeda brzine toka, prikazom rezultata ispitivanja hidrodinamičkim 2D modeliranjem.

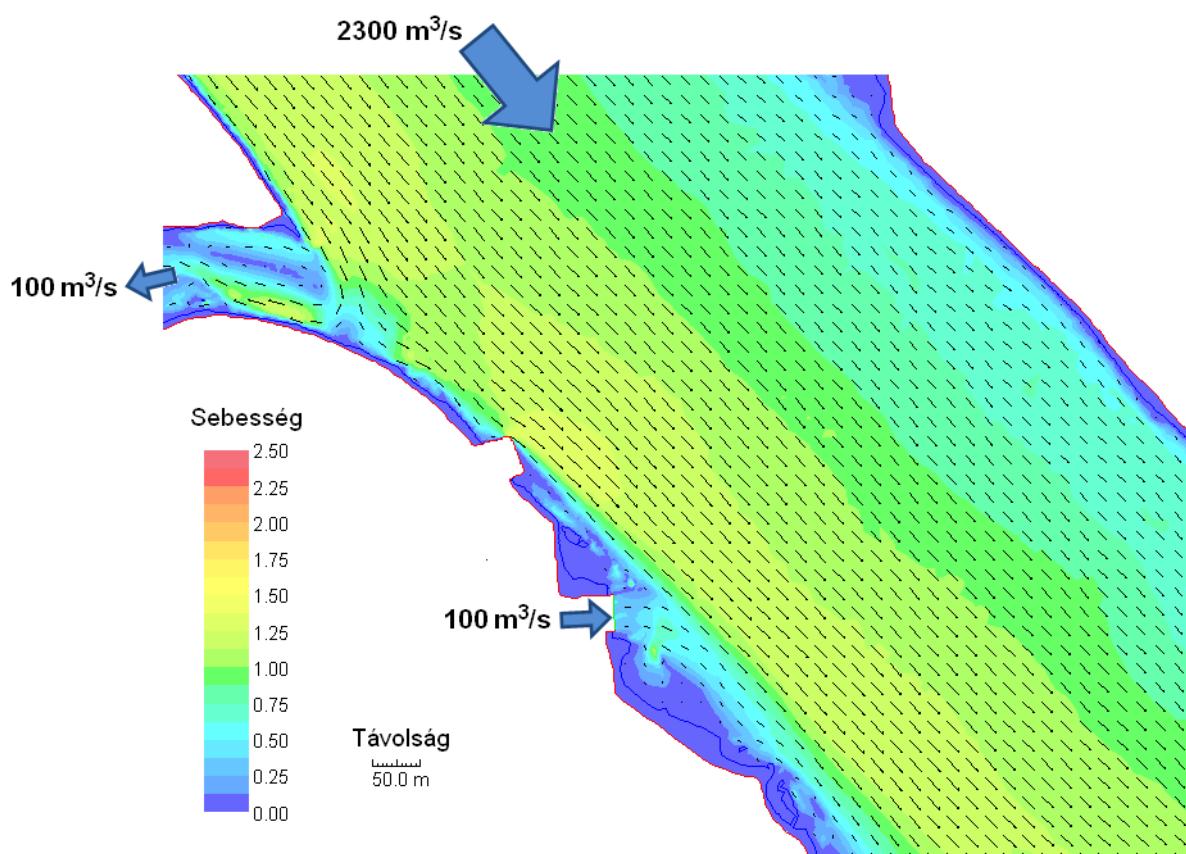
12.1.1 UTICAJ IZGRADNJE PAKSA II NA VODOTOK DUNAVA I NA PROCESE PROMENE KORITA

2D modelom proticaja kalibriranim prema postojećem stanju, odredili smo dubinsko integrисано поле протока за водни простор Дунава - у околини локације - са дугогодишњим средњим протоком Дунава ($2.300 \text{ m}^3/\text{s}$), за случај рада Нукларне електране Пакс I за стање током грађења. На основу поређења два брзинска поља може се установити да изградња Пакс II прouзрокује веома мале промене у протоку Дунава (распоредност брзине, водостаји). Из тог разлога, због горе наведених треба рачунати са минималним променама у погледу промена корита и међанга испуштене топле воде током реализације планiranog проширења.



Slika 51. Računato brzinsko polje u okolini ušća toplovodnog i hladnovodnog kanala, u slučaju dugogodišnjeg srednjeg protoka Dunava od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ i crpljenja rashladne vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$ – Nuklearna elektrana Paks samostalno

Sebesség	Brzina
Távolság	Odstojanje



Slika 52. Računato brzinsko polje u okolini ušća toplovodnog i hladnovodnog kanala, u slučaju dugogodišnjeg srednjeg protoka Dunava od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ i crpljenja rashladne vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (Nuklearna elektrana Paks – stanje tokom građenja Paksa II)

Sebesség	Brzina
Távolság	Odstojanje

12.1.2 ISPUŠTANJE PROČIŠĆENIH KOMUNALNIH OTPADNIH VODA TOKOM GRAĐENJA

Maksimalna potreba za pijaćom vodom javlja se nakon početka rada prvog novog bloka i istovremenog građenja drugog bloka, maksimalna dnevna količina iznosi $646 \text{ m}^3/\text{dan}$, a maksimalna količina nastale otpadne vode iznosi 95% od te količine, to jest $614 \text{ m}^3/\text{dan}$.

Ukupni kapacitet postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda na području elektrane trenutno iznosi $1.870 \text{ m}^3/\text{dan}$, od kojih sada radi prečistač sa oznakom II, obnovljen 2012. godine, kapaciteta $1.200 \text{ m}^3/\text{dan}$, a drugi trenutno služi kao rezervni. S obzirom na to da na području Nuklearne elektrane Paks trenutno dnevno nastaje oko $300 \text{ m}^3/\text{dan}$ komunalne otpadne vode (operativna Nuklearna elektrana Paks), sa sigurnošću nam stoji na raspolaganju $\sim 1570 \text{ m}^3/\text{dan}$ slobodnog kapaciteta.

Uzimajući u obzir planirano proširenje, merodavna količina protoka komunalnih otpadnih voda koju treba pročistiti je $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$ na strani bezbednosti ($300 + 614 = 914 \text{ m}^3/\text{dan}$), koju količinu samostalno pokriva kapacitet ($1200 \text{ m}^3/\text{dan}$) postrojenja za prečišćavanje broj II, obnovljenog 2012. godine.

Granične vrednosti kvaliteta vode recipijenta određene su Uredbom Ministarstva ruralnog razvoja broj 10/2010. (18.VIII.) „o graničnim vrednostima zagađenosti površinskih voda i njihovoј primeni“ (Prilog 2: Granične vrednosti kvaliteta vode vodotoka).

Kategorije tipova vodnih tela prema ekološkom stanju određene su u nacionalnom Planu upravljanja rečnim slivovima (PURS) izrađenom u skladu sa principima Zajedničke harmonizovane uredbe Ministarstva za zaštitu životne sredine i Ministarstva ruralnog razvoja broj 31/2004. (30.XII.) „o pojedinim pravilima ispitivanja i ocene stanja površinskih voda“, Okvirne direktive o vodama (ODV) („Pomoći materijal za 5. poglavље nacionalnog PURS-a, Fizičko-hemiske granične vrednosti dobrog stanja površinskih vodnih tela i sistem kvalifikovanja“). Utvrđen je petostepeni sistem ocenjivanja fizičko-hemiskih komponenti (5. klasa: Odlično, 4. klasa: Dobro, 3. klasa: Umereno, 2. klasa: Slabo, 1. klasa: Loše).

Merodavni protok otpadne vode – tokom građenja i istovremenog rada pogona – manji je od kapaciteta postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ($1870 \text{ m}^3/\text{dan}$). Budući da se kao merodavan protok uzima količina otpadne vode tokom izgradnje, ispitivanja mešanja obavljena su na osnovu $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$ sa transportnim 2D modelom za sledeće slučajevе:

1.) *Ispitivanje mešanja vode postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda pri normalnom režimu rada*

- neposredni recipijent je desna obala toplovodnog kanala na mestu $0+050 \text{ rkm}$ (rečnog kilometra) (merodavno je stanje: rad 3 bloka, protok kanala $75 \text{ m}^3/\text{s}$),
- posredni recipijent: desna obala Dunava kod $1526+250 \text{ rkm}$
- protok prečišćene otpadne vode: $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$,
- koncentracije komponenti prečišćenih zagađivača: granična vrednost prema vodnoj dozvoli za rad (Dél-dunántúli Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség - Inspekcija za zaštitu životne sredine, prirode i voda Južnog Zadunavlja, broj rešenja 917-20/2009-9992).

1.1.) U slučaju ekstremno malih protoka Dunava ($Q = 579 \text{ m}^3/\text{s}$),

1.2.) U slučaju višegodišnjeg srednjeg protoka Dunava ($Q = 2300 \text{ m}^3/\text{s}$).

2.) *Ispitivanje mešanja tokom rada prečistača otpadnih voda u havarijskom stanju*

- neposredni recipijent: desna obala Dunava kod $1525+810 \text{ rkm}$
- protok neprečišćene otpadne vode: $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$,
- koncentracije komponenti neprečišćenih zagađivača: koncentracije sirove otpadne vode koje dospevaju u prečistač

2.1.) U slučaju ekstremno malih protoka Dunava ($Q = 579 \text{ m}^3/\text{s}$),

2.2.) U slučaju višegodišnjeg srednjeg protoka Dunava ($Q = 2300 \text{ m}^3/\text{s}$).

Pri ispitivanju mešanja treba voditi računa o opteretivosti površinskog vodnog tela-recipijenta, u vezi čega informacije u cilju kvalifikovanje daje veličina prostora na kojem se menja klasa kvaliteta vode, kao područja uticaja.

12.1.2.1 Rezime uticaja ispuštanja otpadnih voda na vodno telo Dunava

Na osnovu rezultata ispitivanja mešanja može se utvrditi da je pri normalnom režimu rada postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda priraštaj koncentracije za red veličine manji od fizičko-hemijske granične vrednosti (granica II klase, odnosno „dobrog“ kvaliteta prema ODV-u iz PURS-a) iz Uredbe Ministarstva ruralnog razvoja broj 10/2010. (18.VIII.) „o graničnim vrednostima zagađenosti površinskih voda i njihovoj primeni“ (Prilog 2: Granične vrednosti kvaliteta vode vodotoka), stoga u vodnom prostoru Dunava praktično nigde ne prouzrokuje smanjenje klase kvaliteta u vodnom telu Dunava, čak ni u slučaju ekstremno malog protoka (koji se javlja svakih 20.000 godina, $Q = 579 \text{ m}^3/\text{s}$). U pogledu metala uticaj je još slabiji. Područje uticaja ograničava se na pojas $\sim 20 \text{ m}$ nizvodno i $\sim 4 \text{ m}$ poprečno od ulivanja očišćenih otpadnih voda u toplovodni kanal. Uticaj na vodno telo Dunava je zanemariv. Korito toplovodnog kanala je obloženo, stoga ne treba računati sa neposrednim uticajem na podzemne vode. Uticaj ulivanja otpadnih voda preko vodnog tela Dunava na kvalitet vode neposredno ispod površine je zanemariv.

U slučaju havarijskog opterećenja (direktno ulivanje u Dunav, zaobilazeći toplovodni kanal), kada računamo sa opterećenjem otpadnom vodom na desnoj obali Dunava kod $1525+810 \text{ rkm}$, povećanje količine fizičko-hemijskih supstanci je takve veličine da možemo računati sa promenom klase kvaliteta (manje pogoršanje kvaliteta vode) na određenim deonicama vodnog tela Dunava, područje uticaja se ograničava nizvodno na dužini od $\sim 200 \text{ m}$ i poprečno do $\sim 10 \text{ m}$, u pojasu na desnoj obali Dunava u slučaju ekstremno malog vodostaja. U slučaju prosečnog protoka Dunava područje uticaja se smanjuje na manje od pola: $\sim 80 \text{ m}$ nizvodno i $\sim 4 \text{ m}$ poprečno. Eventualno nastupajuća havarijska stanja su privremena, sanacijom prečistača dolaze do izražaja normalna pogonska stanja, odnosno područje uticaja se ograničava u toplovodnom kanalu na 50 metara nizvodno i $\sim 8 \text{ m}$ poprečno uz desnu obalu, te uticaj na Dunav praktično prestaje.

12.1.2.2 Rezime uticaja ispuštanja otpadnih voda na izvorišta pijaće vode

Najbljiže mestu ispuštanja pri normalnom režimu rada (Dunav $1526+205 \text{ rkm}$, desna obala), na udaljenosti od 3.450 m je hidrogeološko zaštićeno područje izvorišta vode u mestu Foktő-Baráka sa zalihama za 50 godina, čija severna ivica doseže Dunav kod $1522,8 \text{ rkm}$. Na zaštićenim područjima u izvorišta u eksploraciji ili perspektivnih izvorišta sa obalnim procedivanjem, sa zalihama za 50 godina, zajedničkom uredbom Ministarstva za zaštitu životne sredine i upravljanja vodama, Ministarstva zdravlja i Ministarstva poljoprivrede i ruralnoga razvoja broj 6/2009. (14.IV.) „o graničnim

vrednostima određenim za zaštitu geološke sredine i podzemnih voda od zagađenja i o merenju zagađivanja" određena je granična vrednost „B“ za koncentraciju nitrata u vrednosti od 25 mg/l (= 5,65 mg/l Nitrat-N), i za koncentraciju amonijaka 0,5 mg/l (= 0,39 Amonij-N). Prema proračunima, tokom izgradnje, usled merodavnog ispuštanja otpadnih voda pri normalnom režimu rada povećanje koncentracije u vodnom telu Dunava nema očekivanih uticaja na zahvaćena izvorišta.

U slučaju havarijskog opterećenja kada zbog zaobilazeњa toplovodnog kanala računamo sa opterećenjem otpadnom vodom na desnoj obali Dunava kod 1525+810 rkm, uticaji će biti merljivi (najosetljivija komponenta u slučaju amonijaka je maksimalno povećanje vrednosti koncentracije 0,04 mg/l koja je izvanredno niska, i pri srednjem protoku Dunava prosečno iznosi 0,02 mg/l), ali na zaštićenom području izvorišta u mestu Foktő-Baráka sa zalihamama za 50 godina koji se nalazi 3.010 metara nizvodno od mesta ulivanja, ne povećava pozadinsku koncentraciju amonijaka (niti nitrata) Dunava iznad dozvoljene granične vrednosti odredene za zaštitu kvaliteta vode. Uticaj mlaza („perjanice“) otpadne vode, zbog poprečnog spljoštavanja mlaza nestaje unutar ~20 metara. Nastupanje eventualnog havarijskog događaja je privremeno, njegov uticaj se eliminiše sanacijom prečistača, vrativši na taj način područje uticaja normalnog režima rada i njegov umereni uticaj na porast koncentracije.

12.1.2.3 Monitoring kvaliteta vode i otpadnih voda

U vreme građenja odnosno i tokom rada novih postrojenja je važno da se konstantno prate ispuštanja otpadnih voda postojećeg prečistača elektrane, kao i kontrola parametara kvaliteta prečišćenih otpadnih voda i graničnih vrednosti emisija propisanih vodnom dozvolom za rad i važećim propisima, odnosno konstantni monitoring u skladu sa Planom upravljanja rečnim slivovima (PURS) izrađenog prema Okvirnoj direktivi o vodama (ODV).

12.2 UTICAJ RADA PAKSA II NA DUNAV

12.2.1 MERODAVNA POGONSKA STANJA

Modeliranje rada postojećih i planiranih novih blokova izradili smo za dole navedena merodavna pogonska stanja.

Rad operativne Nuklearne elektrane Paks (2014-2025.)

Crpljenje rashladne vode preko postojećeg hladnovodnog kanala i vraćanje tople vode preko postojećeg toplovodnog kanala, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

Tokom zajedničkog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II (2030-2032.)

Zahvatanje rashladne vode u profilu kod ušća na Dunavu i vraćanje tople vode u Dunav: s jedne strane preko postojećeg toplovodnog kanala, preko disipatora (objekta za rasipanje energije vode) sa maksimalnim protokom tople vode od $100 \text{ m}^3/\text{s}$, a s druge strane preko planiranog rekuperacijskog postrojenja 200 metara uzvodno, sa maksimalnim protokom tople vode od $132 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q = 132 + 100 = 232 \text{ m}^3/\text{s}$.

U periodu samostalnog rada Paksa II (2037-2085.)

Crpljenje rashladne vode i vraćanje tople vode, $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

12.2.2 OPIS OČEKIVANIH PROMENA NA OSNOVU ANALIZE BRZINSKOG POLJA PROTOKA

Zahvatanje vode i vraćanje tople vode u najvećem obimu se očekuje u periodu od 2030. do 2032. godine sa protokom od $232 \text{ m}^3/\text{s}$ ($100 \text{ m}^3/\text{s}$ za postojeća 4 bloka i $132 \text{ m}^3/\text{s}$ za 2 nova bloka)

Nova crpna stanica će se izgraditi na hladnovodnom kanalu čije će se korito proširiti tako da nema neposrednog uticaja na prostor toka i na korito Dunava, jedino će u maloj meri posredno uticati korišćenje crpnih pumpi i deonice uvodnog dela hladnovodnog kanala (zbog taloženja mulja, čišćenja korita). Ovaj posredni uticaj, slično uticaju postojeće elektrane, proširuje se na beznačajnom prostoru i javlja se samo povremeno.

Odvođenje tople vode iz četiri operativna bloka u Dunav vrši toplovodni kanal (1526+250 rkm, desna obala) preko postojećeg objekta za rasipanje energije.

Za odvođenje tople vode novih blokova izgradiće se nova deonica toplovodnog kanala na čijem će se ušću u Dunav (Dunav, 1526+450 rkm) izgraditi rekuperacijska elektrana. Planirana izgradnja ušća toplovodnog kanala neposredno utiče na uslove proticaja i lokalne izmene korita Dunava.

Uticaji se javljaju u lokalnim promenama vodotoka:

Novo mesto ulivanja tople vode prouzrokuje podizanje nivoa vode na uzvodnom delu, neposredno ispod ušća hladnovodnog kanala, jer u priobalnom pojasu Dunava remeti strujanje koje je skoro paralelno sa obalom. Između hladnovodnog kanala i novog mesta ulivanja toplovodnog kanala stvara se rasprostranjeni vrtlog sa okretanjem u smeru kazaljke na satu i još jedan u suprotnom smeru, skoro vertikalne ose, koji se dinamički okreće te povremeno prouzrokuju odvajanja vrtloga u desnom priobalnom pojasu Dunava. Ispod mesta ulivanja tople vode nastaje rasprostranjeni vrtlog sa okretanjem u smeru kazaljke na satu koji potiskuje mlaz tople vode prema središnjoj liniji Dunava. I ovaj vrtlog je dinamički, povremeno se odvajaju vrtlozi koji sa strujanjem Dunava nastavljaju uzduž desne obale ili prema središnjoj liniji Dunava.

U centru ovih rasprostranjenih vrtloga strujanje je usporeno, što može prouzrokovati taloženje suspendovanih sedimentnih čestica, odnosno zamuljavanje mrtvih rukavaca.

Na području promenjenog smera strujanja predviđaju se manje izmene položaja linije glavnog toka, matica reke (linija najbržeg toka) će se sa sadašnje linije blizu desne obale povući prema središnjoj liniji Dunava.

Navedeni uticaji na promene toka će se tokom niskih i srednjih vodostaja Dunava javiti izrazitije, snažnije, a tokom visokih vodostaja Dunava uticaji će biti blaži, dominiraće glavni tok Dunava.

12.2.2.1 2D modelsko ispitivanje ekstremno niskih i visokih vodostaja na Dunavu

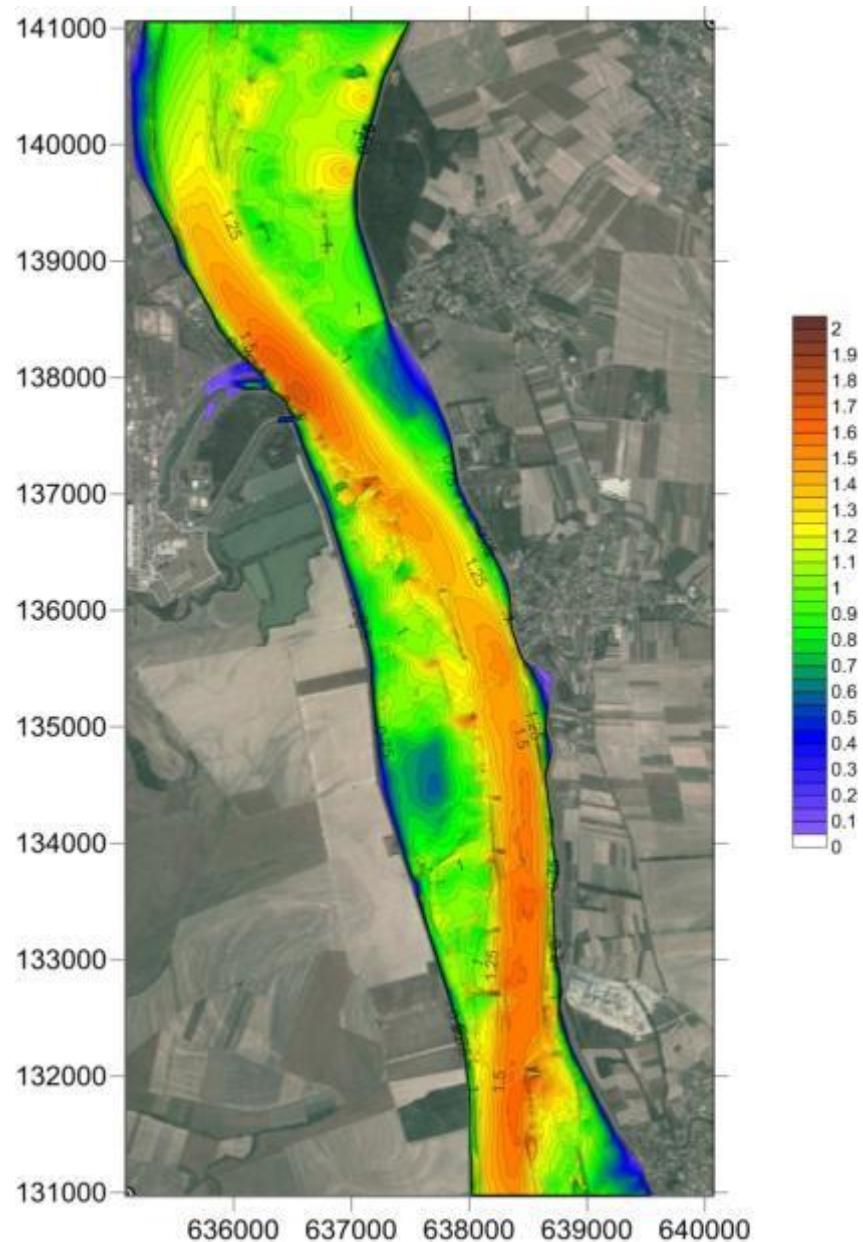
Modelska ispitivanja protoka u koritu Dunava za niske vodostaje i za poplave obavili smo hidrodinamičkim modelom Delft3D-Flow za uslove tokova pri ekstremno niskim i visokim vodostajima – koji se javljaju samo jednom u 20.000 godina – na potezu korita Dunava od 1500 rkm do 1530 rkm, tokom merodavnog pogonskog stanja planiranog proširenja.

U razmatrano područje Dunava uključene su deonice uzvodno i nizvodno od lokacije postojeće i planirane elektrane.

REZULTATI 2D ISPITIVANJA PROTKA PRI EKSTREMNO VISOKIM VODOSTAJIMA DUNAVA

Tokom rada Nuklearne elektrane Paks

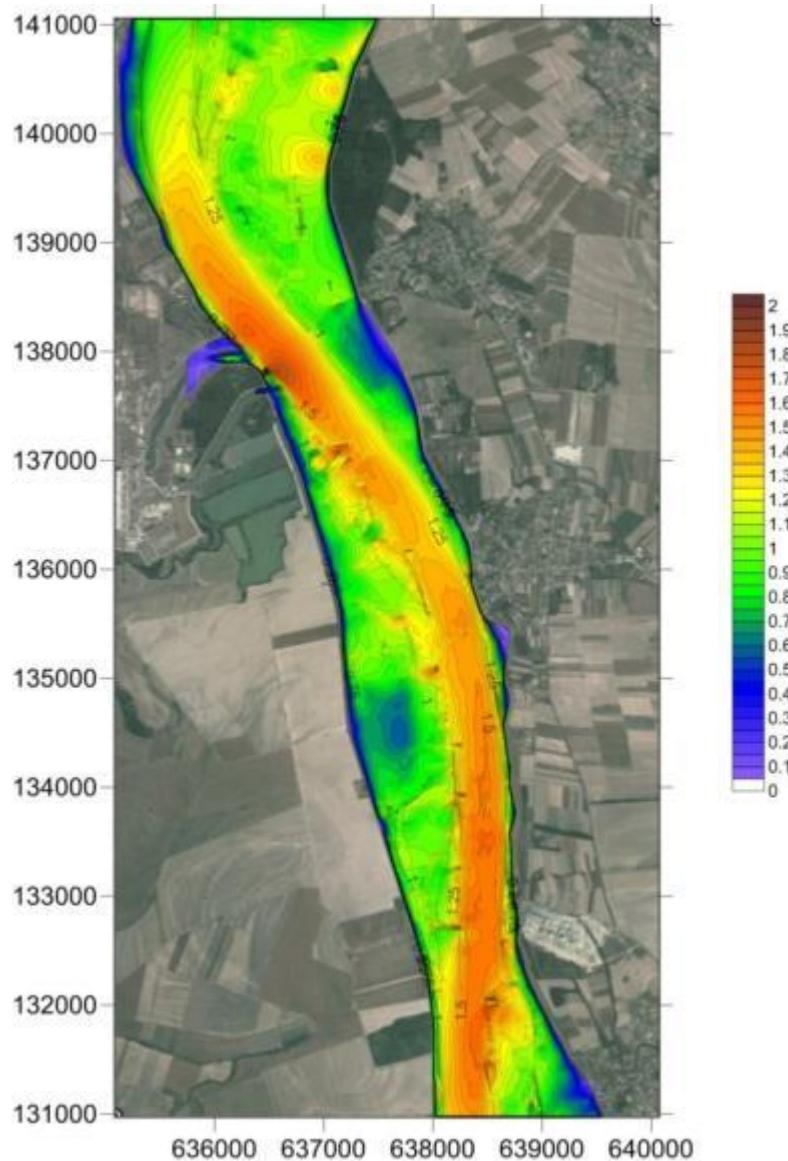
U slučaju ekstremno velikog permanentnog protoka dunavske vode, sa učestalošću jednom u 20.000 godina, $Q_{\text{Dunav}}=14.799 \text{ m}^3/\text{s}$ i maksimalnog crpljenja rashladne vode od $100 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno vraćanja preko dissipatora energije.



Slika 53. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – Nuklearna elektrana Paks, ekstremno visoki vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 14.799 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$) – Nuklearna elektrana Paks samostalno – sa koordinatama EOV (Jedinstveni državni projekcioni sistem Mađarske)

Zajednički rad Nuklearne elektrane Paks i Paks II

U slučaju ekstremno velikog permanentnog protoka dunavske vode sa učestalošću jednom u 20.000 godina, $Q_{\text{Dunav}}=14.799 \text{ m}^3/\text{s}$ i maksimalnog crpljenja rashladne vode od $232 \text{ m}^3/\text{s}$. Vraćanje u Dunav preko dissipatora energije na kraju toplovodnog kanala sa maksimalnim protokom tople vode od $100 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno 200 metara uzvodno, preko planiranog rekuperacijskog objekta sa maksimalnim protokom tople vode od $132 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 54. Raspored apsolutne brzine strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – merodavan normalan rad, ekstremni protok vode ($Q_{20.000\text{godina}} = 14.799 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$) – Nuklearna elektrana Paks zajedno sa Paksom II – sa koordinatama EOV

Poplave

Pri razmatranju poplavnih događaja gornji (protok) granični uslov (Dunav, 1530 rkm) je poplavni talas zapreminskog protoka sa učestalošću jednom u 20.000 godina: $Q=14.799 \text{ m}^3/\text{s}$ (vršni protok). Najniži vodostaj kao granični uslov (Dunav, 1500 rkm) u proračunima je 81,55 m n.v.B. (nadmorska visina iznad Baltičkog mora)

U modelskim proračunima, na strani bezbednosti smo pretpostavili da će se u budućnosti povećati sadašnji nasipi na Dunavu za zaštitu od poplava, odnosno da će se merama odbrane protiv poplava moći zadržati vodena masa unutar nasipa.

Na osnovu modelskih proračuna, u vreme ekstremne poplave (sa učestalošću jednom u 20.000 godina), u najnepovoljnijim uslovima vršni vodostaj Dunava je na nivou 96,90 m n.v.B. u blizini postojeće i planirane lokacije. Ako pri ovom vodostaju

popusti nasip na desnoj strani Dunava ili ako se ošteti zaštitna brana hladnovodnog ili toplovodnog kanala, može nastati poplavno područje prikazano na donjoj slici.

Može se videti da ni ovo stanje ne predstavlja opasnost od staticke poplave ni za postojeće niti za planirano pogonsko područje na nivou terena 97,00 m n.v.B., ali ako iz nekog razloga talasi postaju intenzivni, mogu generisati opasna stanja ukoliko na površini ili preko tunela infrastrukture dopre do osetljive objekte. Iz tog razloga je preporučljivo postavljanje aktivne odbrane (parapetni zid i sl.) oko takvih objekata, a u okviru planiranog proširenja i izgraditi.



Slika 55. Prikaz staticke poplave u slučaju vodostaja Dunava na 96,90 m n.v.B.

Gornji ekstremni slučaj treba smatrati havarijom, s obzirom na to da na dotičnom delu Dunava ni na levoj ni na desnoj obali ne možemo računati sa investicijom u svrhu podizanja visine nasipa ili krune brana, jer merodavni nivoi (1%, odnosno sa učestalošću jednom u 100 godina) poplava ne dosežu nivo krune brana.

Iz ispitivanja jednodimenzionalnih modela poplavne havarije vidi se da i bez povišenja brana u slučaju ekstremnog poplavnog talasa – koji ostaje unutar brana - iz smera Bratislave, uzimajući u obzir klizišta i odrone obale, maksimalni nivo vode Dunava u blizini lokacije neće nadmašiti nivo 96,30 m n.v.B. Iz tog razloga oko lokacije eventualno (npr. usled oštećenja zaštitnog nasipa) može da se pojavi poplavi nivo na 96,30 m n.v.B. prikazan na sledećoj slici.



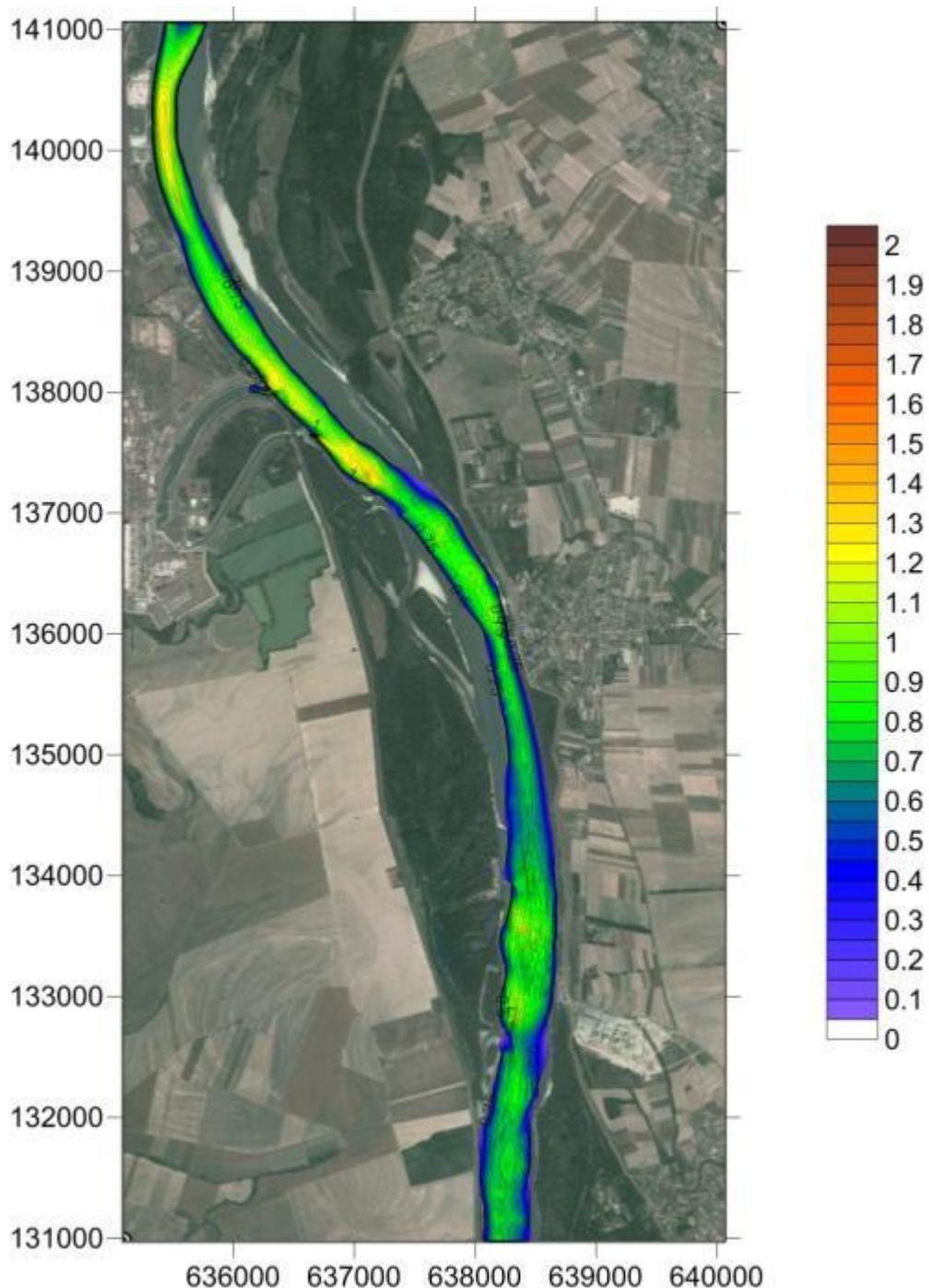
Slika 56. Prikaz staticke poplave usled vodostaja Dunava na 96,30 m n.v.B.

REZULTATI 2D ISPITIVANJA PROTKA PRI EKSTREMNO NISKIM VODOSTAJIMA DUNAVA

Pri ispitivanju događaju u slučaju ekstremno niskih vodostaja gornji (protok) granični uslov (Dunav, 1530 rkm) je merodavni zapreminske protok $Q=579 \text{ m}^3/\text{s}$ (u permanentnom stanju) sa učestalošću jednom u 20.000 godina.

Rad Nuklearne elektrane Paks

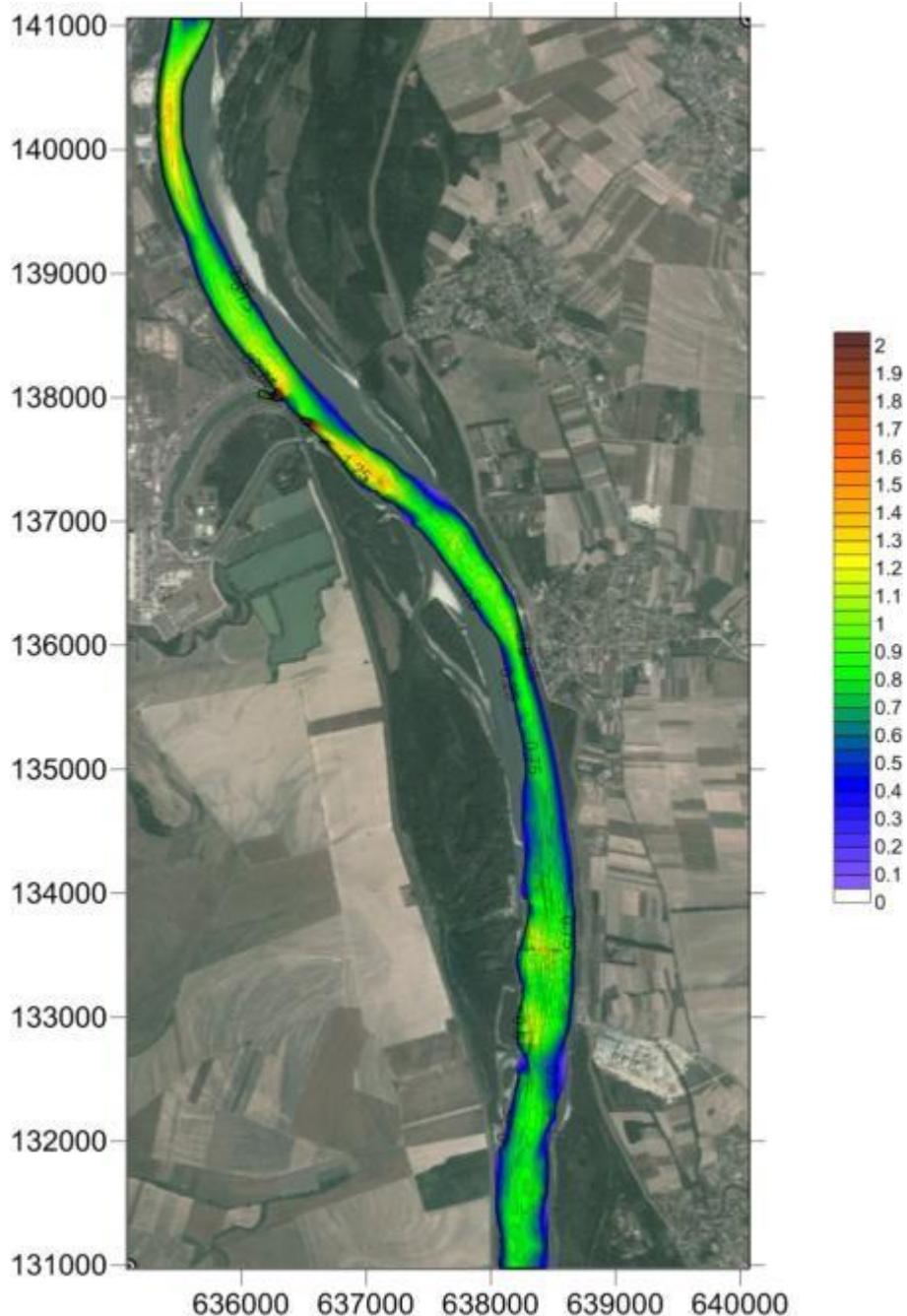
U slučaju ekstremno malog permanentnog protoka dunavske vode sa učestalošću jednom u 20.000 godina, $Q_{\text{Dunav}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$, maksimalnog crpljenja rashladne vode od $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (preko postojećeg hladnovodnog kanala) i vraćanja preko dissipatora energije.



Slika 57. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – Nuklearna elektrana Paks samostalno, ekstremno nizak vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$) sa koordinatama EOY

Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno

U slučaju ekstremno malog, permanentnog protoka dunavske vode sa učestalošću jednom u 20.000 godina, $Q_{\text{Duna}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ i maksimalnog crpljenja rashladne vode od $232 \text{ m}^3/\text{s}$ (preko dunavskog ušća planiranog proširenja postojećeg hladnovodnog kanala). Vraćanje u Dunav: sa jedne strane kroz postojeći toplovodni kanal, preko dissipatora energije (ulivanjem na desnoj obali) sa maksimalnim protokom tople vode od $100 \text{ m}^3/\text{s}$, sa druge strane 200 metara uzvodno, preko planiranog rekuperacijskog objekta ulivanjem na desnoj obali Dunava, sa maksimalnim protokom tople vode od $132 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 58. Raspored apsolutnih brzina strujanja [m/s] na deonici Dunava od 1519 rkm do 1530 rkm – merodavno pogonsko stanje - ekstremno nizak vodostaj ($Q_{20.000\text{godina}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$, crpljenje vode $232 \text{ m}^3/\text{s}$) – Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno – sa koordinatama EOV

12.2.2.2 Rezime ocenjivanja 2D hidrodinamičkih uticaja događaja pri ekstremno niskim i visokim vodostajima (Dunav, od 1500 rkm do 1530 rkm)

- U osnovnom stanju (sadašnje stanje) poplavni talasi sa učestalošću jednom u 20.000 godina prouzrokovali probleme zbog prelivanja na desnoj obali Dunava gde je kruna nasipa za zaštitu od poplava za oko 0,5 m niža. Ovaj uticaj se ne može sprečiti ni zecijsim nasipima s obzirom na postojeće visine krune.
- Ekstremni poplavni vodostaji kod elektrane ostaju ispod nivoa terena (97 m n.v.B.) postojeće i planirane lokacije i u slučaju povećanja visine nasipa u budućnosti.
- Ako prepostavimo popuštanje nasipa na levoj obali – što se može desiti prirodnim putem ili odlukom u kriznoj situaciji, visina uticaja poplave ostaje ispod 20 cm na uzvodnoj granici ispitanih područja -, u ovom slučaju poplavni talas ostaje ispod nivoa terena postojeće i projektne lokacije.
- Planirano povećanje količine zahvatane rashladne vode – realizacijom proširenja – pri ekstremno niskom vodostaju prouzrokuje smanjenje nivoa vode za manje od 12 cm, u slučaju visokog vodostaja uticaj ostaje ispod 3 cm.
- Verzija sa odronom zemlje iznad hladnovodnog kanala ima uticaj podizanja nivoa vode. Na deonici nizvodno od klizišta, zbog ubrzanog kretanja vode u suženom preseku smanjuje se nivo vode.
- Usled odrona zemlje koji sužava presek glavnog korita nivo vode će se povećati odnosno smanjiti (uzvodno, odnosno nizvodno od klizišta) kako u slučaju niskog, tako i u slučaju visokog vodostaja. Povećanje nivoa vode pri niskom i visokom vodostaju može dostići 5, odnosno 3 cm.

12.2.3 ISPITIVANJE OČEKIVANIH UTICAJA PLANIRANOG PROŠIRENJA NA PROMENE U KORITU DUNAVA

Trend u promenama korita Dunava pri srednjem vodostaju kod Paksa u prošlim decenijama određen je događajima u tom periodu (prvenstveno industrijsko bagerisanje, regulisanje niske i srednje vode Dunava, smanjenje obima pristiglog taloga). Trend smanjenja godišnjih niskih i srednjih vodostaja Dunava treba tretirati kao buduća okolnost, stoga taj uticaj treba odvojiti od očekivanih uticaja na lokalne promene korita prouzrokovanih planiranim proširenjem.

12.2.3.1 Ispitivanje lokalnih morfodinamičkih uticaja

Očekivane promene korita Dunava u merodavnim pogonskim stanjima ispitivali smo primenom dvodimenzionalnog (2D) morfodinamičkog modela (Delft3D-Flow).

Na osnovu rezultata modelskih ispitivanja možemo utvrditi da glavni uticaj na morfodinamičke promene ima višegodišnji srednji protok Dunava, poplavni talasi kraćeg trajanja remete stanje samo u manjoj meri.

Hidrološki vremenski periodi (zavisno od ukupne količine padavina na slivnom području Dunava):

- period sa prosečnim protokom u koritu (1 - 5 godina) – protok Dunava: $Q = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$
- hidrološko razdoblje sa značajnim padavinama: (1 - 5 godina) – protok Dunava: $Q = 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$

12.2.3.2 Promena matice (linije najbržeg toka) Dunava

Tokom rada Nuklearne elektrane Paks (2014-2025.)

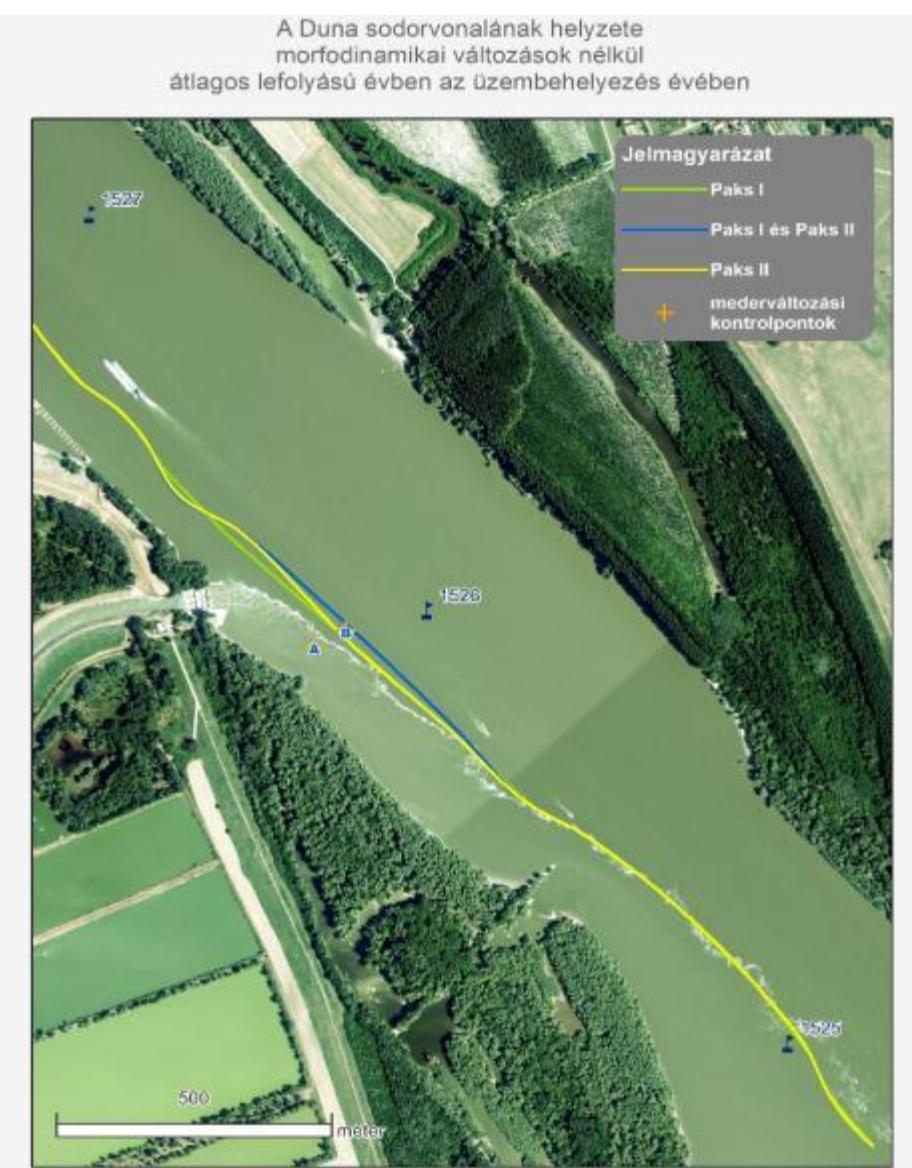
U sadašnjem stanju toka Dunava u okolini lokacije matica se nalazi blizu desne obale glavnog korita Dunava. Njen položaj se može menjati u manjoj meri, u zavisnosti od količine protoka Dunava.

U slučaju zajedničkog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II (2030-2032.)

U odnosu na sadašnji položaj matica će se pomeriti ka središnjoj liniji Dunava za najviše 25 metara, ali i dalje će ostati bliže desnoj obali. U slučaju višegodišnjeg srednjeg protoka Dunava ($2.300 \text{ m}^3/\text{s}$) bivša i nova matica će se međusobno razlikovati na dužini od oko 1000 metara. Dakle, područje uticaja u okolini lokacije je desni priobalni pojas širine oko 150 metara, na dužini od 1000 metara, mereno u smeru toka Dunava.

Tokom samostalnog rada Paksa II (2037-2085.)

Matica će od sadašnjeg položaja matice odstupati na dužini od svega 500 metara, sa maksimalnim odstupanjem takođe za 25 metara. Dakle, u slučaju višegodišnjeg srednjeg protoka Dunava ($2.300 \text{ m}^3/\text{s}$) područje uticaja u okolini lokacije je desni priobalni pojas širine oko 150 metara, na dužini od 500 metara, mereno u smeru toka Dunava.



Slika 59. Proračunate promene matice u slučaju protoka od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečna hidrološka godina) u tri pogonska perioda:
Nuklearna elektrana Paks samostalno, Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno, Paks II samostalno

A Duna sodorvonalának helyzete morfodinamikai változások nélkül átlagos lefolyású évben az üzembelehelyezés évében	Položaj matice Dunava bez morfodinamičkih promena u prosečnoj godini, u godini puštanja u rad
Jelmagyarázat	Legenda
Paks I és Paks II	Paks I i Paks II
Mederváltozási kontrolpontok	Kontrolne tačke promene korita

U kišnoj hidrološkoj godini godišnji prosečni protok Dunava je $3.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1,3 puta veće od višegodišnjeg proseka protoka vode). U ovom slučaju uzdužno područje uticaja se u maloj meri, za oko 10% povećava (1.100 m), dok se pomeranje matice prema središnjoj liniji Dunava smanjuje za oko 10% (na 22 m).



Slika 60: Proračunate promene matice u slučaju protoka od 3 000 m³/s (kišna hidrološka godina) u tri radna perioda: Nuklearna elektrana Paks samostalno, Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno, Paks II samostalno

A Duna sodorvonalának helyzete morfodinamikai változások nélkül nedves lefolyású évben az üzembelevezés évében	Položaj matice Dunava bez morfodinamičkih promena u kišnoj godini, u godini puštanja u rad
Jelmagyarázat	Legenda
Paks I és Paks II	Paks I i Paks II
Mederváltozási kontrolpontok	Kontrolne tačke promene korita

Promene u brzinama protoka, pa tako i pomeranja matice najizraženija su u početnom periodu, nakon promena u merodavnim pogonskim stanjima. Vremenom, promenama u koritu smanjuju se anomalije u protoku i za oko 5 godina će se korito prilagoditi promjenjenim stanjima protoka (popunjava se, odnosno produbljuje se), promena korita se umiruje, odnosno prestaju daljnje promene korita.

12.2.3.3 Očekivane lokalne promene korita Dunava usled uticaja planiranog proširenja

Promene korita računatih za 5 godina operativnog rada prikazujemo na sledećim slikama. Na prikazima obojena polja promene korita smo učinili providnim i položili smo ih na ortofotografije snimljenih iz vazduha 22. juna 2013. godine. U vreme snimanja iz vazduha izmereni protok Dunava (merna letva u mestu Dombori) dana 22.07.2013. bio je ~2.000 m³/s, a proračune smo vršili za dugogodišnji prosek protoka od 2.300 m³/s.

RAD NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS (2014-2025.)

Protok Dunava: $Q_{\text{Dunav}} = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečni), crpljenje rashladne vode: $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

Na sledećoj slici (slika 61.) se vidi da granica promena korita nastalih uz mlaz („perjanicu“) ispuštene tople vode nalazi se na severnom obodu dissipatora energije, odvaja se sa objekta za usmeravanje („mali naper“), te nastavlja uz dunavsku vodu zapenjenu usled niza vrtloga u protočnom prostoru.



Slika 61. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada elektrane, pri protoku od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$ – samostalni rad Nuklearne elektrane Paks (2014-2025.)

Számított mederváltozás Paks I üzemelésekor átlagos lefolyású évben ötéves üzemiidő után	Proračunata promena korita tokom pogona Paksa I u prosečnoj godini nakon petogodišnjeg rada
Jelmagyarázat	Legenda

U slučaju promene korita računatih za godinu vlažniju od proseka maksimalna vrednost lokalnih produbljivanja je manja od 40 cm, a popunjavanje je manje od 80 cm.

MERODAVAN ZAJEDNIČKI RAD NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS I PAKS II (2030-2032.)

Protok Dunava: $Q_{\text{Dunav}} = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečni), crpljenje rashladne vode: $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s} + 132 \text{ m}^3/\text{s} = 232 \text{ m}^3/\text{s}$

Promene korita tokom 5-godišnjeg zajedničkog rada Nuklearne elektrane Paks I i Paks II pokazuju produbljivanje od 10 cm u odnosu na promene korita usled uticaja Nuklearne elektrane Paks na području postojećeg toplotnog mlaza u Dunavu, predviđa se produbljivanje korita za 40 cm na potezu dužine 200 metara između planiranog novog i postojećeg ispuštanja tople vode, duž toplotnog mlaza. Između toplotnog mlaza i obale očekuje se minimalno popunjavanje. Lokalni uticaji kod 1525+500 rkm Dunava (poprečna brana, objekat izgrađen na desnoj obali Dunava koji se proteže u protočni prostor) jedva su osetni.



Slika 62. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada pri protoku od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (stanje između 2030. i 2032.) – zajednički rad Nuklearne elektrane Paks I i Paks II (2030-2032.)

Számított mederváltozás Paks I és Paks II együttes üzemelésekor átlagos lefolyású évben ötéves üzemiidő után	Proračunata promena korita tokom zajedničkog rada Paksa I i Paksa II u prosečnoj godini nakon petogodišnjeg rada
Jelmagyarázat	Legenda

MERODAVAN SAMOSTALNI RAD PAKSA II (2037-2085.)

Protok Dunava: $Q_{\text{Dunav}} = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečni), crpljenje rashladne vode: $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

Promene korita za 5-godišnji samostalan rad Paksa II u odnosu na promene korita usled uticaja Nuklearne elektrane Paks pokazuju produbljivanje od 5 cm na području postojećeg mlaza tople vode u Dunavu. Predviđa se daljnje produbljivanje korita za 10 cm na potezu dužine 200 metara između planiranog novog i postojećeg mesta ispuštanja tople vode duž mlaza tople vode – naime zbog prestanka donjeg mlaza prestaje i njegov uticaj na podizanje nivoa. Između toplotnog mlaza i obale očekuje se minimalno popunjavanje. Lokalni uticaji nizvodno od 1525 rkm Dunava postaće zanemarljiv.



Slika 63. Proračunate promene korita Dunava nakon 5 godina rada pri protoku od $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (prosečna hidrološka godina) i crpljenju rashladne vode $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (stanje između 2037. i 2085. godine) – Paks II samostalno (2037-2085.)

Számított mederváltozás Paks II üzemelésekor átlagos lefolyású évben ötéves üzemiidő után	Proračunata promena korita tokom rada Paksa II u prosečnoj godini nakon petogodišnjeg rada
Jelmagyarázat	Legenda

12.2.3.4 Rezime rezultata ispitivanja lokalnih promena korita

Prema rezultatima ispitivanja korita može se utvrditi da nakon pet godina rada – kada se stanje dna korita gotovo konsoliduje možemo očekivati sledeće:

- Na promene dna će uticati uglavnom višegodišnji prosečni protok Dunava, a poplavni talasi kraćeg trajanja će imati samo manji uticaj.
- Tokom znatno kišovitijih godina ($3.000 \text{ m}^3/\text{s}$) promene korita će se malo povećati u odnosu na uticaj dugogodišnjeg prosečnog toka ($2.300 \text{ m}^3/\text{s}$) Dunava.
- Vrednost lokalnih popunjavanja će biti najviše 80 cm, dok vrednost lokalnih produbljivanja iznosi najviše 40 cm. Njihova teritorijalna rasprostranjenost nije značajna.
- Razlika u promeni korita usled samostalnog rada Nuklearne elektrane Paks (2014-2025.), odnosno samostalnog rada Paksa II. (2037-2085.) će biti minimalna.
- Tokom zajedničkog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II. (2030-2032.) pojaviće se primetne razlike u promenama korita u odnosu na samostalne pogone. Ovaj uticaj se, međutim, u roku od 2 godine smanjuje, naime zbog prestanka rada operativnih blokova Nuklearne elektrane Paks prema dinamičkom planu produženja radnog veka, crpljenje i ispuštanje vode će se smanjiti za $25 \text{ m}^3/\text{s}$ po bloku, te do 2037. godine će pasti na vrednost iz perioda samostalnog rada Paksa II.

Merodavna pogonska stanja planiranog proširenja (Paks II)	Određivanje morfodinamičkog i protočnog prostornog uticaja u koritu Dunava u slučaju realizacije planiranog proširenja, u odnosu na osnovno stanje	
	Dužina područja uticaja u smeru glavnog toka Dunava [Dunav, rkm], [m]	Širina područja uticaja od desne obale Dunava uzduž poprečnog preseka [m]
Nuklearna elektrana Paks i Paks II zajedno ($232 \text{ m}^3/\text{s}$)	od 1525+500 rkm do 1527+000 rkm (1500 m)	maksimalno 300 m
Paks II. samostalno ($132 \text{ m}^3/\text{s}$)	od 1526+000 rkm do 1527+000 rkm (1000 m)	maksimalno 200 m

Tabela 36. Određivanje morfodinamičkog i protočnog područja uticaja u odnosu na postojeće stanje

12.2.4 VRAĆANJE ZAGREJANE RASHLADNE VODE U DUNAV

Vraćanje zagrejane tehnološke vode planiranih novih blokova biće na desnoj obali profila Dunava kod 1526+450 rkm, uzvodno od sadašnjeg mesta ispuštanja, na ~200 metara od postojećeg toplovodnog kanala, u novoj tački ulivanja, preko rekuperacijske elektrane koja će se izgradi na severu.

Dinamički plan rada Nuklearne elektrane Paks i planiranog proširenja smo rezimirali u sledećoj tabeli.

Vremenski period [godine]	Maksimalni protok tople vode [m^3/s]	Broj blokova u pogonu [kom]	Merodavni termini [godina]	Procenjena najviša godišnja temperatura Dunava [$^{\circ}\text{C}$]
2014. (Sadašnjost)	100	Postojeća 4 bloka Nuklearne elektrane Paks	2014. godina	25,61 [$^{\circ}\text{C}$]
od 2014. do 2025.	100	Postojeća 4 bloka Nuklearne elektrane Paks		
od 2025. do 2030.	166	Postojeća 4 bloka Nuklearne elektrane Paks+ 1 novi blok		
od 2030. do 2032.	232	Postojeća 4 bloka Nuklearne elektrane Paks + 2 nova bloka	2032. godina	26,38 [$^{\circ}\text{C}$]
od 2032. do 2034.	207	Postojeća 3 bloka Nuklearne elektrane Paks + 2 nova bloka		
od 2034. do 2036.	182	Postojeća 2 bloka Nuklearne elektrane Paks + 2 nova bloka		
od 2036. do 2037.	157	Postojeći 1 blok Nuklearne elektrane Paks + 2 nova bloka		
od 2037. do 2085.	132	2 nova bloka	2085. godina	28,64 [$^{\circ}\text{C}$]
od 2085. do 2090.	66	1 novi blok		
od 2090.	0	-		

Tabela 37. Vrednosti ispuštanja ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) u slučaju ostvarenja planiranog proširenja, pri najvećoj očekivanoj godišnjoj temperaturi Dunava ($T_{\text{Dunav}}, ^{\circ}\text{C}$) u merodavnim pogonskim terminima

U merodavnim terminima (2014., 2032. i 2085.) po pesimističkom klimatskom scenariju (DMI-B2 PRODUCE: globalno zagrevanje Zemlje između 2000. i 2100. godine iznosi $1,8 ^{\circ}\text{C}$), očekivano trajanje najvišeg prekoračenja za merodavnu Dunavsku pozadinsku temperaturu vode je svega 1 dan/godina u opsegu protoka Dunava ispod $1500 \text{ m}^3/\text{s}$.

12.2.4.1 Određivanje područja uticaja pri temperaturi vode iznad 30 °C, u slučaju protoka Dunava od 1.500 m³/s

U merodavnim situacijama u godinama 2014., 2032. i 2085. područja u Dunavu zahvaćena uticajem vode temperature 30 °C, područja zahvaćena toplotnim mlazom prikazujemo na sledeće tri slike.

ODREĐIVANJE PODRUČJA UTICAJA ZA MERODAVNO STANJE U 2014. GODINI PRI PROTOKU DUNAVA OD 1.500 M³/S

- pozadinska temperatura Dunava (T_{Dunav}) 25,61 °C,
- protok rashladne vode (q) 100 m³/s, na postojećem mestu ispuštanja u Dunav,
- temperatura zagrejane rashladne vode:
 - (1. slučaj) $T_{topla\ voda} = 33\ ^\circ C$ i
 - (2. slučaj) ulivanje primenom temperaturne razlike od 8 °C ($T_{topla\ voda} = T_{Dunav} + 8\ ^\circ C = 33,61\ ^\circ C$).

Raspored merodavne temperature Dunava očekivanog trajanja 1 dan/godina u 2014. godini, područje vodnog tela koji se može karakterisati temperaturama iznad 30 °C, prikazujemo na sledećoj slici (slika 64).



Napomena:

plavo: emisija tople vode 33°C, crveno: temperaturna razlika od 8 °C

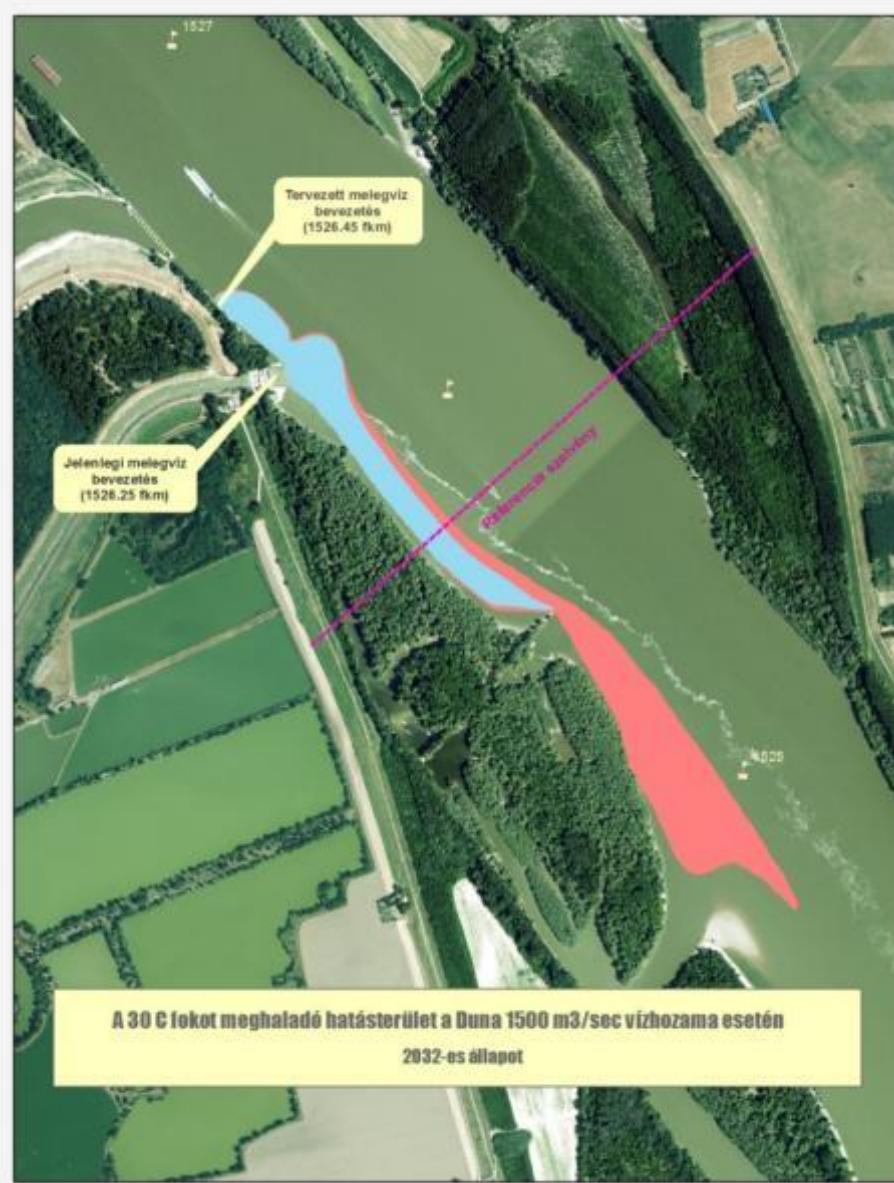
Slika 64. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – Sadašnje stanje ($T_{Dunav,max}=25,61\ ^\circ C$, $Q_{Dunav}=1500\ m^3/s$, protok tople vode 100 m³/s)

Tervezett melegvíz bevezetés 1526,45 fkm	Planirano mesto ispuštanja tople vode: 1526,45 rkm
Jelenlegi melegvíz bevezetés 1526,25 fkm	Sadašnje mesto ispuštanja tople vode: 1526,25 rkm
Referencia szelvény	Referentni profil
A 30 °C fokot meghaladó hatásterület a Duna 1500 m3/sec vízhozama esetén jelen állapot	Područje uticaja temperatura iznad 30 °C pri protoku Dunava od 1500 m3/sec. Sadašnje stanje

ODREDIVANJE PODRUČJA UTICAJA ZA MERODAVNO STANJE U 2032. GODINI PRI PROTOKU DUNAVA OD 1500 M³/S

- $T_{Dunav}=26,38 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- Tokom zajedničkog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II, $q_{sadašnji}=100 \text{ m}^3/\text{s}$ na mestu sadašnjeg ispuštanja odnosno $q_{2032}=132 \text{ m}^3/\text{s}$ na mestu ispuštanja planiranog uzvodno (200 metara) od sadašnjeg mesta ispuštanja se uliva u Dunav, preko rekuperacijskog postrojenja,
- temperatura zagrejane rashladne vode:
 - (1. slučaj) $T_{topla voda}=33 \text{ } ^\circ\text{C}$ i
 - (2. slučaj) $T_{topla voda}=34,38 \text{ } ^\circ\text{C}$ (temperaturna razlika 8 °C).

Raspored merodavne temperature Dunava očekivanog trajanja 1 dan/godina u 2032. godini, područje vodnog tela koji se može karakterisati temperaturama iznad 30 °C prikazujemo na sledećoj slici.



Napomena:

plavo: emisija tople vode 33°C, crveno: temperaturna razlika od 8 °C

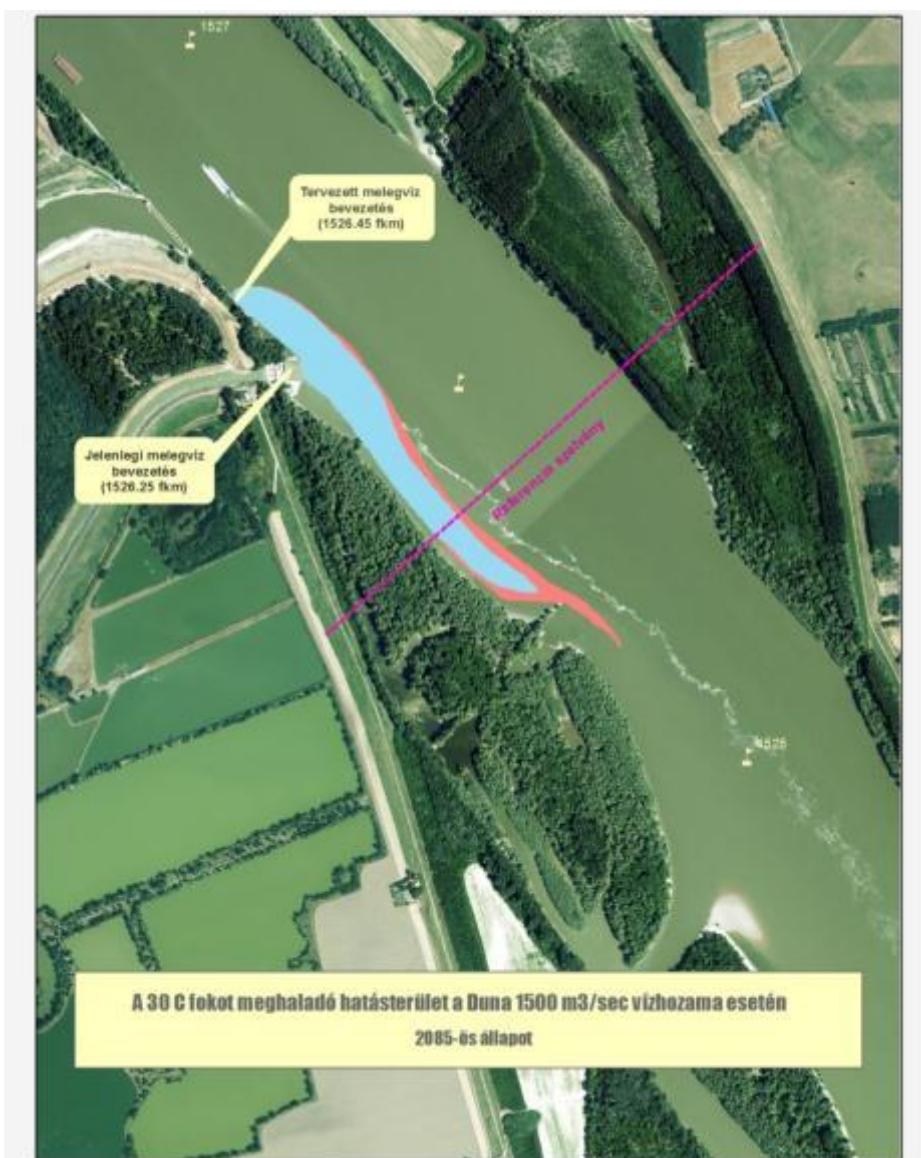
Slika 65. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – stanje 2032. ($T_{Dunav,max}=26,38 \text{ } ^\circ\text{C}$, $Q_{Dunav}=1500 \text{ m}^3/\text{s}$, protok tople vode 100 m³/s + 132 m³/s)

Tervezett melegvíz bevezetés 1526,45 fkm	Planirano mesto ispuštanja tople vode: 1526,45 rkm
Jelenlegi melegvíz bevezetés 1526,25 fkm	Sadašnje mesto ispuštanja tople vode: 1526,25 rkm
Referencia szelvény	Referentni profil
A 30 °C fokot meghaladó hatásterület a Duna 1500 m3/sec vízhozama esetén jelen állapot	Područje uticaja temperatura iznad 30 °C pri protoku Dunava od 1500 m3/sec. Stanje u 2032. godini

ODREĐIVANJE PODRUČJA UTICAJA ZA MERODAVNO STANJE 2085. GODINE PRI PROTOKU DUNAVA OD 1500 M³/S

- $T_{Dunav}=28,64 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- $q_{2085.}=132 \text{ m}^3/\text{s}$ uliva se u Dunav na planiranom mestu ulivanja, uzvodno od sadašnjeg mesta ispuštanja, preko rekuperacijskog postrojenja,
- temperatura zagrijane rashladne vode:
 - (1. slučaj) $T_{topla voda}=33 \text{ } ^\circ\text{C}$ i
 - (2. slučaj) $T_{topla voda}=36,64 \text{ } ^\circ\text{C}$ (temperaturna razlika 8 °C).

Raspored merodavne temperature Dunava očekivanog trajanja 1 dan/godina u 2085. godini, područje vodnog tela koji se može karakterisati temperaturama iznad 30 °C, prikazujemo na sledećoj slici.



Napomena:
plavo: emisija tople vode 33°C, crveno: temperaturna razlika od 8 °C

Slika 66. Područje uticaja toplotnog mlaza iznad 30 °C – merodavno stanje u 2085. godini ($T_{Dunav,max}=28,64 \text{ } ^\circ\text{C}$, $Q_{Dunav}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, protok tople vode 132 m³/s) – Paks II. samostalno

Tervezett melegvíz bevezetés 1526,45 fkm	Planirano mesto ispuštanja tople vode: 1526,45 rkm
--	--

Jelenlegi melegvíz bevezetés 1526,25 fkm	Sadašnje mesto ispuštanja tople vode: 1526,25 rkm
Referencia szelvény	Referentni profil
A 30 °C fokot meghaladó hatásterület a Duna 1500 m³/sec vízhozama esetén jelen állapot	Područje uticaja temperatura iznad 30 °C pri protoku Dunava od 1500 m³/sec. Stanje u 2085. godini:

Na osnovu gornjih slika možemo utvrditi da u sadašnjem stanju u referentnom profilu (Dunav, 1525,75 rkm) maksimalna temperatura vode Dunava ne dostiže vrednost od 30 °C. U merodavnim godinama 2032. i 2085.– u slučaju merodavnog protoka Dunava od 1.500 m³/s – u referentnom profilu možemo uočiti malo prekoračenje temperaturne granice od 30 °C u slučaju ispuštanja tople vode temperature 33 °C. Veće prekoračenje nastupa u slučaju ispuštanja sa temperaturnom razlikom preko 8 °C.

1.1.1.1 Dužina trajanja, odnosno trajnosti perioda prekoračenja granične temperature 30 °C u referentnom profilu +500 m

NUKLEARNA ELEKTRANA PAKS + PAKS II (2032.)

Vrednosti maksimalne temperature vode Dunava u referentnom profilu na 500 m i dužinu perioda odnosno trajnost prekoračenja granične vrednosti od 30 °C računate na osnovu pesimističnijeg klimatskog modela (DMI-B2 PRODUCE) rezimirali smo u sledećoj tabeli. Trajanje perioda sa protokom Dunava ispod 1500 m³/dan je 1 dan/godina u slučaju osnovne merodavne pozadinske temperature vode (26,38 °C), ali u korist bezbednosti smo uzeli u obzir veće vrednosti trajnosti koje se odnose na protok od 2.800 m³/s.

Područje prekoračenja granične vrednosti koja treba sanirati intervencijama	2014.		2032.	
	8 [°C] temperaturna razlika	33 [°C] ispuštanje tople vode	8 [°C] temperaturna razlika	33 [°C] ispuštanje tople vode
Očekivana maksimalna temperatura pozadinske vode Dunava [°C]	25,61 [°C]		26,38 [°C]	
Računata maksimalna temperatura Dunava [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	24,31 [°C]	25,11 [°C]
Procenjeno vreme prekoračenja, trajnost [dan] – u slučaju protoka Dunava od 2800 m³/dan	0,2 [dan/godina]	0,1 [dan/godina]	13 [dan/godina]	7 [dan/godina]

Tabela 38. Dužine perioda, trajnost prekoračenja granične vrednosti (2032.) – Nuklearna elektrana Paks + Paks II.

Paks II. samostalno (2085.)

Pri samostalnom radu Paksa II na novom mestu ulivanja puštamo rashladnu vodu sa protokom od 132 m³/s u Dunav preko rekuperacijskog postrojenja. Toplotno opterećenje je manje nego u slučaju 2032. godine, ali zbog vremenskog rasta trajanja maksimalnih pozadinskih temperatura usled klimatskih promena granična vrednost od 30 °C – u slučaju protoka ispod 1500 m³/s trajnošću najviše 1 dan/godina –, održivo je samo iza poprečne brane, jer je u ovom slučaju dozvoljeni višak temperature toplostog mlaza u referentnom profilu na 500 m svega: 30 - 28,64 = 1,36 °C.

U merodavnim stanjima vrednosti maksimalnih temperatura Dunava u kontrolnom profilu (+500 m) i prekoračenja granične vrednosti od 30 °C računate na osnovu pesimističnijeg klimatskog modela (DMI-B2 PRODUCE) rezimirali smo u sledećoj tabeli. Trajanja perioda sa protokom Dunava ispod 1500 m³/dan je 1 dan/godina u slučaju osnovne merodavne pozadinske temperature vode (28,64 °C), ali u korist bezbednosti smo uzeli u obzir veće vrednosti trajnosti koje se odnose na protok od 2.800 m³/s.

Područje prekoračenja granične vrednosti koja treba sanirati intervencijom	Merodavno stanje (2014.)		Merodavno stanje (2085.)	
	8 [°C] temperaturna razlika	33 [°C] ispuštanje tople vode 33	8 [°C] temperaturna razlika	33 [°C] ispuštanje tople vode
Očekivana maksimalna temperatura pozadinske vode Dunava [°C]	25,61 [°C]		28,64 [°C]	
Računata maksimalna temperatura Dunava [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	23,81 [°C]	25,23 [°C]
Procenjeno vreme prekoračenja, trajnost [dan] – u slučaju protoka Dunava od 2800 m³/dan	0,2 [dan]	0,1 [dan/godina]	40 [dan/godina]	20 [dan/godina]

Tabela 39. Dužine perioda, trajnosti prekoračenja granične vrednosti (2085.) – Paks II. samostalno

Mogućnosti za izbegavanje prekoračenja granične vrednosti:

- povratno opterećenje,
- zaustavljanje bloka,
- održavanje bloka.

12.2.4.2 Temperaturna raspodela kod deonice Dunava na južnoj državnoj granici (Dunav, 1433 rkm) u slučaju protoka Dunava od $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$

Topla voda od tačke ispuštanja u Dunav (Dunav, 1526,25 rkm) do južne državne granice (Dunav, 1433 rkm) prelazi put od skoro ~93 km u koritu Dunava, prosečno u roku od 24 sata – u slučaju srednjeg protoka Dunava ($2300 \text{ m}^3/\text{s}$), a pri manjim protocima vreme putovanja se produžava.

Pri ispitivanju zajedničkog javljanja određenih protoka i temperatura vode, imajući u vidu buduće klimatske promene, mogli smo uočiti da prosečno godišnje trajanje prekoračenja osnovnih vrednosti merodavnih temperatura vode Dunava, po očekivanjima iznosi 1 dan/godina u merodavnim terminima ispitivanja.

Najveće promene temperature računate za deonicu Dunava na južnoj državnoj granici, u pogledu merodavnih godina 2014., 2032. i 2085. rezimirali smo u sledećim tabelama.

Uticaj ispuštanja tople vode temperature 33°C na deonici Dunava na južnoj državnoj granici

Najveće promene temperature u preseku Dunava na južnoj državnoj granici (Dunav, 1433 rkm)		
$T_{\text{Topla voda}} = 33^\circ\text{C}, Q_{\text{Dunav}} = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$		
$\Delta T_{\text{Max}} = T_{\text{Max}} - T_{\text{Pozadina}} [\text{ }^\circ\text{C}]$		
Merodavno stanje u 2014. godini	Merodavno stanje u 2032. godini	Merodavno stanje u 2085. godini
$T_{\text{Max}} = 26,08 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Max}} = 28,13 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Max}} = 28,95 [^\circ\text{C}]$
$T_{\text{Pozadina}} = 25,61 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Pozadina}} = 26,38 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Pozadina}} = 28,64 [^\circ\text{C}]$
$\Delta T_{\text{Max}} = 0,47 [^\circ\text{C}]$	$\Delta T_{\text{Max}} = 1,75 [^\circ\text{C}]$	$\Delta T_{\text{Max}} = 0,31 [^\circ\text{C}]$

Tabela 40: Najveće promene temperature Dunava na južnoj državnoj granici, $T_{\text{Topla voda}} = 33^\circ\text{C}$ (merodavna stanja u 2014., 2032. i 2085. godini)

Uticaj ispuštanja sa temperaturnom razlikom od 8°C na deonici Dunava na južnoj državnoj granici

Najveće promene temperature Dunava na južnoj državnoj granici (Dunav, 1433 rkm)		
$\Delta T_{\text{temperaturna razlika}} = 8^\circ\text{C}, Q_{\text{Dunav}} = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$		
$\Delta T_{\text{Max}} = T_{\text{Max}} - T_{\text{Pozadina}} [\text{ }^\circ\text{C}]$		
Merodavno stanje u 2014. godini	Merodavno stanje u 2032. godini	Merodavno stanje u 2085. godini
$T_{\text{Max}} = 26,40 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Max}} = 28,24 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Max}} = 29,55 [^\circ\text{C}]$
$T_{\text{Pozadina}} = 25,61 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Pozadina}} = 26,38 [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{Pozadina}} = 28,64 [^\circ\text{C}]$
$\Delta T_{\text{Max}} = 0,79 [^\circ\text{C}]$	$\Delta T_{\text{Max}} = 1,86 [^\circ\text{C}]$	$\Delta T_{\text{Max}} = 0,91 [^\circ\text{C}]$

Tabela 41. Najveće promene temperature Dunava na južnoj državnoj granici, $\Delta T_{\text{temperaturna razlika}} = 8^\circ\text{C}$ (merodavna stanja u 2014., 2032. i 2085. godini)

12.2.5 ISPUŠTANJE PREČIŠĆENE KOMUNALNE OTPADNE VODE U PERIODU RADA NOVIH BLOKOVA

Kapacitet postojećeg prečistača otpadnih voda elektrane koji radi na osnovu vodne dozvole izdate od strane Inspekcije, iznosi $1.870 \text{ m}^3/\text{dan}$ i koji je dovoljan za prijem i prečišćavanje očekivanih maksimalno povećanih opterećenja komunalnom otpadnom vodom tokom izgradnje i pogona elektrane.

Povećanje količine komunalnih otpadnih voda tokom rada Paksa II u proseku iznosi $67 \text{ m}^3/\text{dan}$, vršna emisija se javlja za vreme velikih remonta svakih deset (10) godina, u količini od $95 \text{ m}^3/\text{dan}$.

S obzirom na to da na lokaciji Nuklearne elektrane Paks trenutno nastaju komunalne otpadne vode u količini od ~300 m³/dan (pogon Nuklearne elektrane Paks), količina komunalne otpadne vode ni pri zajedničkom radu Nuklearne elektrane Paks i Paks II verovatno neće premašiti količinu od 400 m³/dan, stoga ostaje još ~1.470 m³/dan slobodnog kapaciteta prečišćavanja.

12.2.6 ISPITIVANJE UTICAJA EKSTREMNIH DUNAVSKIH PRIRODNIH I VEŠTAČKIH OKOLNOSTI NA IZLOŽENOST LOKACIJE POPLAVAMA I NA BEZBEDNOST CRPLJENJA RASHLADNE VODE

Za havarije smo modelisali događaje čiji uticajni faktori mogu nastati na osnovu prirodnih i veštačkih svojstava okruženja Dunava, a ne kao uticaj planiranog proširenja. Ispitali smo sledeće slučajevе:

- ✓ izloženost lokacije poplavama u slučaju popuštanja brane akumulacionog objekta u Čunovu pri kritičnim vodostajima Dunava i zbog ekstremnog delimičnog zatvaranja korita Dunava, odnosno pri uticaju ledenih poplava sa stvaranjem ekstremno velikih ledenih barijera.
- ✓ u vreme ekstremno niskih voda na Dunavu mogući uslovi bezbednosti crpljenja rashladne vode u slučaju nenormalnog rada akumulacionog objekta u Čunovu (popunjavanje kapaciteta sa zadržavanjem vode u vreme niskog vodostaja na Dunavu), nadalje usled eventualnih ekstremnih odrona obale, klizišta, odnosno ledenih barijera na uzvodnoj deonici.

12.2.6.1 Uticaj ekstremnih prirodnih i veštačkih okolnosti na izloženost lokacije poplavama

Trajanje poplava iznad bezbednosnih granica ($T_{prekoračenje}$) zabeleženi i u Nuklearnoj elektrani Paks, merodavni u pogledu reljefa lokacije Nuklearne elektrane Paks (potez Dunava od 1526,5 rkm do 1527 rkm) i važnijih objekata koje se тамо nalaze, u slučaju najnepovoljnijeg poplavnog talasa, - koji se još može zadržati unutar brana na deonicu Dunava nizvodno od Bratislave prikazane su u sledećoj tabeli.

Važniji ugroženi objekti (Na lokaciji Nuklearne elektrane Paks blizu Dunava kod 1527 rkm)	Merodavni vodostaji (Dunav, 1527 rkm) [m n.v.B.]	Trajanje prekoračenja (u slučaju najnepovoljnijeg poplavnog talasa 1965. godine) [dan]
Kota krune nasipa u blizini elektrane, desna obala	96,30 m n.v.B.	0,0
Kota krune nasipa u blizini elektrane, leva obala*	95,80* m n.v.B.	16,0
Kota terena elektrane	97,00 - 97,10 m n.v.B.	0,0
Kota poda zgrade KKÁT (privremeno skladište isluženog goriva)	92,30 m n.v.B.	68,5
Kota poda trafo stanice uz južni obodni kanal	93,30 m n.v.B.	59,5
Kota prečistača otpadnih voda	94,00 m n.v.B.	57,0
Kota praga preliva bazena krečnog mulja	97,00 m n.v.B.	0,0
Stepen pripravnosti zaštite od poplava** (na mernoj letvi Nuklearne elektrane Paks na Dunavu kod 1526,5 rkm)		
I. Stepen	91,50 m n.v.B.	108,0
II. Stepen	93,00 m n.v.B.	61,0
III. Stepen	94,00 m n.v.B.	56,5
Nivoi merodavnih velikih voda (NMVV)		
Najviši nivo bez leda (LNV) 11.06.2013.	94,06 m n.v.B. (8750 m ³ /s)	56,0
NMVV ₂₀₁₀ (Prema uredbi KvVM „o nivoima merodavnih velikih voda (NMVV) reka“ broj 11/2010. (28.IV.) koja važi od 08.08.2014.)	94,14 m n.v.B. (linearno interpolirano na osnovu vrednosti iz uredbe)	55,1

Napomene uz gornju tabelu:

* Izvori podataka u tabeli: Visinu krune utvrdili smo merenjem na licu mesta primenom merne stanice RTK GPS.

** Proglašavanje preduzimanja zaštitnih mera zbog poplave: Preduzimanje mera zaštite od poplava proglašava nadležna Direkcija za vode (VIZIG) na područjima koja su ugrožena poplavom, zatim organizuje i sprovodi radove odbrane. Ukoliko na jednoj reci postoje dve ili više Direkcija (VIZIG) zahvaćene stanjem pripravnosti III. stepena, tada upravljanje odbranom spada u nadležnost OMIT-a (Glavni štab za tehničku upravu) pri OVF-u (Nacionalna Vodoprivredna Uprava).

Tabela 42. Očekivano trajanje prekoračenja nekih važnijih stepeni zaštite u slučaju najnepovoljnije poplave (96,30 m n.v.B.) u okruženju Nuklearne elektrane Paks

Dodatni poplavlji talas na Dunavu koji bi nastao u slučaju popuštanja brane akumulacionog objekta u Čunovu pri punim akumulacionim i kanalnim kapacitetima u slučaju najkritičnijeg vodostaja Dunava ne ugrožava bezbednost lokacije od poplava. Dodatni poplavlji talas doseže samo I. nivo (91,50 m n.v.B.) mera zaštite od poplava na kratko vreme ne ugrožava objekte na lokaciji i ne iziskuje preduzimanje mera.

Slučaj ekstremnih (sa učestalošću jednom u 20.000 godina) poplavnih pojava ispitali smo pomoću 2D modela na potezu Dunava od 1500 rkm do 1530 rkm. Za havarije ispitali smo slučaj delomičnog zatvaranja glavnog korita na nepovoljnom mestu (ispod toplovodnog kanala) usled klizišta, za merodavno stanje crpljenja i vraćanje dunavske vode, u 2032. godini.

Hidrodinamičko modelsko ispitivanje pogonskih smetnji, udesa i havarija iziskuju ispitivanje na dužoj deonici Dunava, te smo iz tog razloga primenili 1D hidrodinamički model.

UTICAJ KVARA REGULACIONIH OBJEKATA NA UZVODNOJ DEONICI

Kao najnepovoljniju situaciju ispitali smo deonicu Dunava ispod Bratislave za slučaj poplavnog talasa iz 1965. godine transformisanog na vršni protok od 14.000 m³/s, koji se može zadržati unutar nasipa za zaštitu od poplava. Poplavni nivo na visini kote krune (96,30 m n.v.B.) odbrambenog nasipa na desnoj obali Dunava na lokaciji Nuklearne elektrane Paks ni usled opterećenja zbog navedenog ekstremno visokog vodostaja nije prekoračena.

ISPITIVANJA UTICAJA KLIZIŠTA VISOKE OBALE KOJA UZROKUJU PROMENE U KORITU DUNAVA

Modelskim ispitivanjima ispitali smo klizišta na dva mesta: jednu iznad Nuklearne elektrane Paks i jednu kod mesta Dunaszekcső. Na oba mesta smo pretpostavili klizišta koja prouzrokuju značajno zatvaranje korita na dužini od 1.000 metara, simulirali smo merodavnu (sa učestalošću jednom u 20.000 godina) poplavu iz 1926. godine u Budimpešti, transformisana na protok od 12.200 m³/s. U oba slučaja smo utvrdili da uticaji pretpostavljenih klizišta nisu značajni, u slučaju klizišta iznad Paksa maksimalni nivoi vode su se smanjili za 5 cm, a kod klizišta u Dunaszekcsősu su se maksimalni vodostaji povećali za 13 cm.

PROGNOZA FORMIRANJA LEDENIH ČEPOVA, ISPITIVANJE UTICAJA PRI VISOKOM VODOSTAJU PRIMENOM MODELA PROTICAJA

Cilj ovog ispitivanja je da se odredi izloženost lokacije Nuklearne elektrane Paks na uticaje ledenih čepova koji se formiraju ispod elektrane, u mogućim najnepovoljnijim uslovima pri visokim ledenim vodostajima ili usled rasta vodostaja prouzrokovanih ledenim preprekama ili čepovima (koji se obično javljaju u zimskom periodu pri malom i srednjem protoku vode).

Ne uzimajući u obzir sadašnje tendencije promene klime, pri ispitivanjima smo uzeli za osnovu merodavno zaledeno stanje (sa ledenim preprekama) iz 1965. godine, iznad tadašnjih merodavnih nivoa ledenih poplava, ispod toplovodnog kanala elektrane, prema ranijim iskustvima generisali smo ledenu prepreku na dužini od 5 km, mada je Dunav neosetljiv na zaustavljanje ledenih santi.

Na osnovu hidrauličkih ispitivanja možemo ustanoviti da su najnepovoljniji nivoi visokog vodostaja sa ledom u okruženju Nuklearne elektrane Paks bili na nivou kote krune (95,90 m n.v.B.) odbrambenog nasipa. Na osnovu ranijih iskustava i hidrauličkih ispitivanja leda utvrđuje se da ledeni sloj na nepovoljnim nivoima traje najviše 2-3 dana, nakon čega se nagomilane sante leda, odnosno ledena prepreka urušava. Na ledenu poplavu u okolini Nuklearne elektrane Paks ne treba računati.

Poslednja ozbiljna ledena poplava bila je 1956. godine. Na ledene poplave u okolini Nuklearne elektrane Paks ne treba previše računati ni zbog klimatskih promena, odnosno zbog postrojenja akumulacionih objekata na uzvodnom delu reke, osim toga postoji mogućnost uključivanja flote ledolomaca. Flota ledolomaca trenutno spada pod komandu vodoprivrednih organizacija (OVF i VIZIG), dunavska flota se sastoji od 9 ledolomaca.

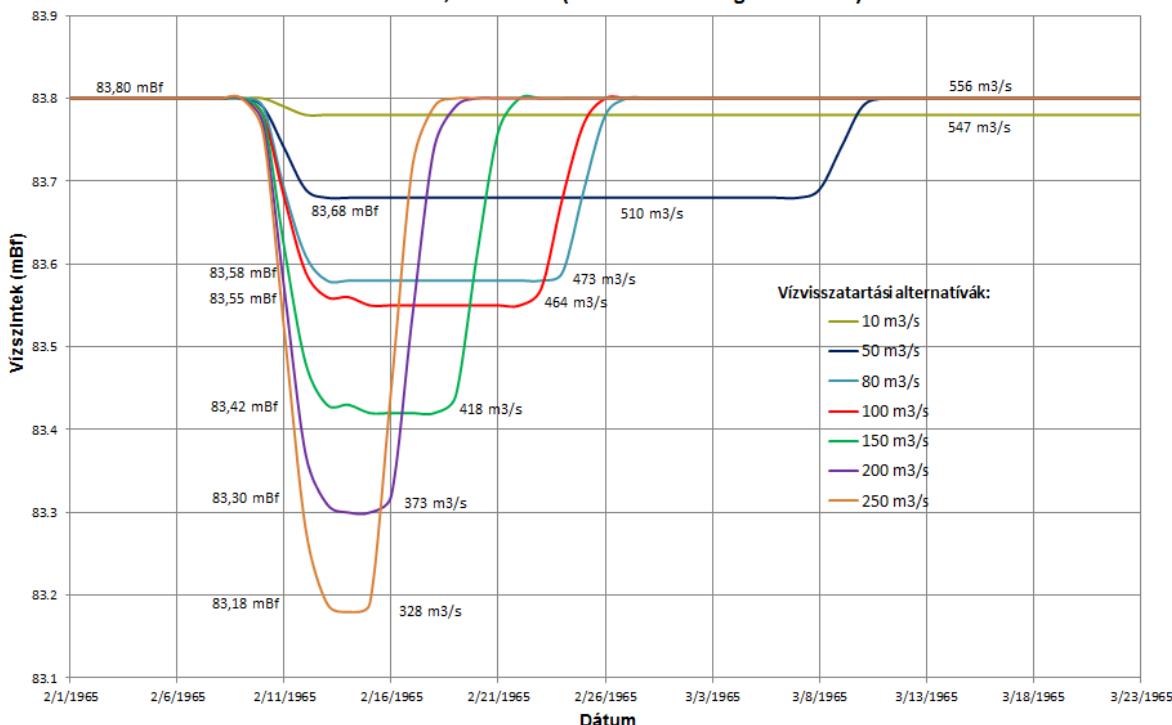
12.2.6.2 Uticaj ekstremnih prirodnih i veštačkih okolnosti na bezbednost crpljenja rashladne vode pri ekstremno niskom vodostaju Dunava

UTICAJ OŠTEĆENJA OBJEKATA ZA REGULISANJE UZVODNOG VODOSTAJA I NJIHOVOG NENORMALNOG REŽIMA RADA

U slučaju nenormalnog režima rada akumulacionog objekta u Čunovu – u vreme ekstremno niskih vodostaja – (zadržavanje vode u cilju popunjavanja kapaciteta) na Dunavu nastaju talasi oseke koji se šire nizvodno. Talase oseke računate jednodimenzionalnim (1D) modelom proticaja prikazujemo na sledećoj slici.

Dunacsúnyi duzzasztómű hatása a Paksi Atomerőműnél

Duna 1526,5 rkm Paks (Atomerőmű hidegvízcsatorna)



Slika 67. Uticaj na bezbednost crpljenja vode za Nuklearnu elektranu Paks u vreme zadržavanja vode Akumulacionih objekata Čunovo/Bős karakterizovanog alternativama, u periodu niskog vodostaja sa učestalošću jednom u 20.000 godina (Dunav, 1526,5 rkm)

Dunacsúnyi duzzasztómű hatása a Paksi Atomerőműnél	Uticaj akumulacionog objekta u Čunovu na Nuklearnu elektranu Paks
Duna 1526,5 rkm Paks (Atomerőmű hidegvízcsatorna)	Dunav, 1526,5 rkm Paks (hladnovodni kanal Nuklearne elektrane)
Vízszintek (mBf)	Vodostaji (m n.v.B.)
Vízvisszatartási alternatívák	Alternative zadržavanja vode
Dátum	Datum

Pogonski i bezbednosni nivoi crpljenja vode u zalivu postojeće crpne stanice su sledeće:

- ❖ Kritični nivo vode za pumpe pogonske i rashladne vode (rashladna voda kondenzatora): 83,60 m n.v.B. na mernoj letvi u zalivu, 83,71 m n.v.B. u profilu Dunava kod 1526,5 rkm (na mernoj letvi u Paksu kod 1531,3 rkm Dunava: 83,98 m n.v.B.).
- ❖ Do kritičnog nivoa u pogledu crpljenja pogonske vode može doći usled zadržavanja vode akumulacionog objekta u Bős-u više od ~50 m³/s, u slučaju ekstremno niskih protoka Dunava od 556 m³/s sa učestalošću jednom u 20.000 godina.
- ❖ Kritični nivo vode za pumpe bezbednosne rashladne vode je: 83,50 m n.v.B., na mernoj letvi u zalivu: 83,50 m n.v.B., u profilu Dunava kod 1526,5 rkm: 83,61 m n.v.B. (na mernoj letvi u Paksu kod 1531,3 rkm Dunava: 83,88 m n.v.B.).
 - ❖ Do kritičnog nivoa u pogledu crpljenja bezbednosne vode može doći usled zadržavanja vode akumulacionog objekta u Bős-u više od ~70 m³/s, u slučaju ekstremno niskih protoka Dunava 556 m³/s sa učestalošću jednom u 20.000 godina

UTICAJI USLED LEDENOGL „ČEPA“, NAGOMILAVANJA SANTI LEDA

Svrha ovog ispitivanja je da se u cilju opisa bezbednosti crpljenja rashladne vode ustanovi izloženost lokacije elektrane uticaju ledenog „čepa“ nastalog iznad crpne stanice elektrane pri ledenom, ekstremno niskom vodostaju.

Ledeni čep je najekstremnija varijanta nagomilavanja ledenih santi, koji zatvara tok reke celim poprečnim presekom. U tom slučaju (barem teoretski) jedno vreme prestaje proticaj, količina protoka vode se smanjuje na nulu. Ovo stanje se održava sve dok nivo nagomilane vode uzvodno od ledenog čepa ne dostigne nivo krune ledenog čepa, i počinje prelivati preko čepa. Nakon toga protok nizvodnog dela postepeno raste i dostiže prethodnu količinu protoka.

Modelska ispitivanja smo obavili za dve alternative u pogledu visine ledene prepreke. Prva je bila sa preprekom visine 15,34 m (kruna na 93,0 m n.v.B.), koja je potpuno zatvorila glavno korito od najniže tačke do ivice obale. U drugom slučaju smo odabrali manju, realniju visinu prepreke koja je i ovako bila 10,34 m visoka (kruna na 88,0 m n.v.B.)

Oba proračuna smo izvršili za ekstremno mali protok od $544 \text{ m}^3/\text{s}$ sa učestalošću jednom u 20.000 godina kojem pripada nivo 84,24 m n.v.B. (Dunav, rkm 1580,6 merna letva u Dunaújvárosu). Ranije, nakon izuzetno niskog vodostaja u 1983. godini zavod za ispitivanje VITUKI je 1985. godine izradio proračune za kritično niske vodostaje na Dunavu iznad ušća hladnovodnog kanala, pretpostavljajući stvaranje ledenog čepa. (VITUKI, 1985.)

Tokom ispitivanja, u korist bezbednosti, nismo uzeli u obzir uticaj protoka podzemnih voda koje struje prema Dunavu (uticaj dizanja nivoa Dunava). Takođe na strani bezbednosti, nismo uzeli u obzir da se uticaji ledenih prepreka nakon njihovog nastanka mogu brže sanirati odgovarajućim intervencijama (ledolomci, miniranje)

Dobili smo značajne razlike u uticajima talasa oseke nastalih usled dve ledene prepreke različitih visina. U slučaju ledene prepreke sa visinom krune na 93,0 m n.v.B. smanjenje nivoa vode traje $\Delta t = 60$ sati. Kod nižeg ledenog čepa, sa nivoom krune na 88,0 m n.v.B. trajanje vodostaja ispod permanentno niskih nivoa smanjilo se na $\Delta t = 40$ sati.

Na snabdevanje rashladnom vodom bitan uticaj može imati samo ledeni čep iznad hladnovodnog kanala, ali samo u uslovima ekstremno niskih vodostaja na Dunavu. Međutim, na ovakve situacije se možemo bezbedno pripremiti. Od perioda pucanja ledenog pokrivača i zamrzavanja površine treba da prođe barem 10-15 vrlo hladnih (dnevna srednja temperatura: ispod -10°C) dana. Ako se to desi pri ekstremno niskom protoku ($544 \text{ m}^3/\text{s}$) sa učestalošću jednom u 20.000 godina, prethodno treba da prođe i više sušnih meseci.

Na mađarskoj deonici Dunava u zaštiti protiv leda pomaže i flota ledolomaca. Ukoliko bi došlo do navedenog neočekivanog događaja, radom ledolomaca bi mogli sprečiti stvaranje ledenog čepa.

Napominjemo još da nakon izgradnje akumulacionog objekta u Čunovu i Elektrane u Gabčikovu, stvaranje leda na uzvodnom delu Dunava u Mađarskoj počinje od „nule”. Led nastao na gornjim delovima u Austriji i Slovačkoj zadržava se u akumulacionom jezeru u Hrušovu, tako da ispod Elektrane/akumulacionog objekta teče čista voda bez leda. Stvaranje leda dakle, ponovo počinje ispod te elektrane, i tek na kraju vrlo hladnog (još nemamo iskustvo koliko hladnog) perioda može nastati ta količina i te čvrstoće leda koja može dovesti do stvaranja ledenog čepa ili prepreke.

U slučaju privremenog gubitka rashladne vode, kada se kod pogonskih pumpi ne može obezbediti nivo vode na 83,60 m n.v.B., a kod bezbednosnih pumpi (merna letva u zalivu) 83,50 m n.v.B., nadalje, ako je vodostaj Dunava na nivou oko 81,0 - 81,5 m n.v.B. to jest blizu kote dna korita hladnovodnog kanala, dostupno bezbednosno izvorište vode za hlađenje je vodno telo Dunava i izvorišta sa priobalnim procedivanjem na Dunavu. Kapacitet izvorišta sa priobalnim procedivanjem se ne smanjuje osetno ni u ekstremnim slučajevima kada izuzetno niski vodostaj traje 3-4 dana, naime u tom slučaju se pojačava nadoknada iz vodonosnog sloja sa talhom vodom iz pozadine. Pražnjenje i nadoknada vodonosnika je znatno sporiji proces na koji osim Dunava utiču i drugi faktori.

OCENJIVANJE UTICAJA ODRONA ZIDOVA OBALA I KLIZIŠTA OBALNIH ZIDOVA

U modelskom ispitivanju ispitali smo klizište na jednom mestu – mada se ovakav događaj skoro sigurno može isključiti -, koje bi nastalo iznad crpne stanice Nuklearne elektrane Paks. Pretpostavili smo klizište velikih dimenzija koje zatvara korito Dunava na dužini od skoro 1.000 metara i simulirali smo stanje Dunava pri merodavnom, ekstremno niskom protoku od $579 \text{ m}^3/\text{s}$ (niski protok sa učestalošću jednom u 20.000 godina kod merne letve u Domboriju, Dunav, 1506,8 rkm). Utvrdili smo da uticaji pretpostavljenog klizišta nisu značajni, ispod klizišta je vidi smanjenje nivoa od 1 cm (jednog centimetra), uzvodno se vodostaj povećava za 30 cm, a petnaest kilometara uzvodno se već potpuno poklapa sa izvornim nivoom vode.

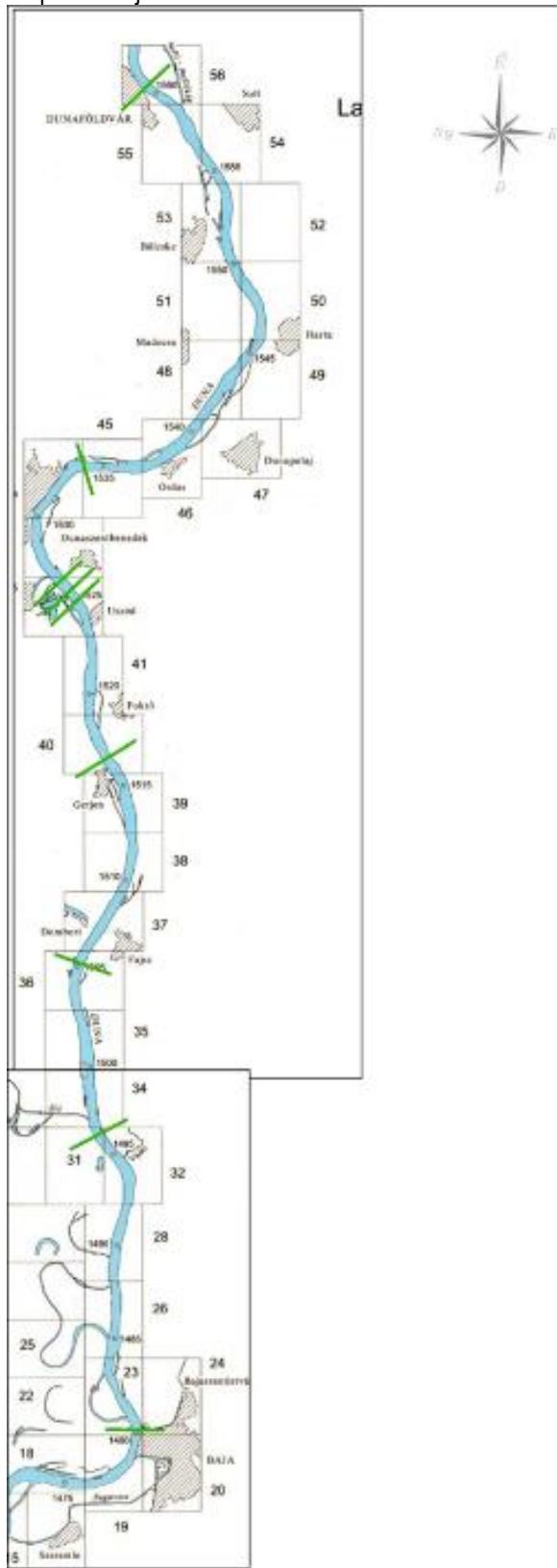
Uticaj odrona obalnih zidova i klizišta obalnih zidova izvanrednog opsega ima zanemarljiv i prolazan uticaj na bezbednost crpljenja rashladne vode, jer će se proticajem Dunava konstantno erodirati i odnositi.

12.3 OČEKIVANI UTICAJ NA DUNAV PRI RASTAVLJANJU PAKSA II

Očekivani uticaji pri dekomisiji Paksa II zaostaju od uticaja tokom izgradnje i rada. Detaljnije analize su moguće samo na osnovu projekta demontaže postrojenja (planirane mere i njihov dinamički raspored).

13 ISPITIVANJE KVALITETA VODE DUNAVA I DRUGIH POVRŠINSKIH VODA PREMA OKVIRNOJ DIREKTIVI O VODAMA (ODV)

U okviru procene uticaja na životnu sredinu (PUŽS) izgradnje i rada Paksa II, tokom 2012 i 2013 obavili smo uspešna ispitivanja i ocenjivanje po kriterijumima ODV-a na deonici Dunava između 1560,6 rkm i 1481,5 rkm, odnosno na više vodnih tela koja su u posrednoj ili neposrednoj vezi sa Dunavom.



Slika 68. Situacioni plan rasporeda profila Dunava ispitanih tokom 2012. i 2013. godine

Cilj ispitivanja je procena uticaja na okolinu Paksa II tokom izgradnje, operativnog rada, odnosno demontaže i utvrđivanje tih uticaja prema kriterijumima Okvirne direktive o vodama.

U skladu sa ovim osnovnim zahtevom izradili smo plan ispitivanja u kojem smo istovremeno uzeli u obzir i uskladili:

- (1) odredbe Vladine uredbe broj 314/2005. (25.XII.) o proceni uticaja na životnu sredinu i postupku izdavanja integrisane dozvole,
- (2) sistem kriterijuma iz Okvirne direktive o vodama broj 2000/60/EZ, domaćeg Nacionalnog plana upravljanja rečnim slivovima, odnosno standarda i preporuka koje se odnose na monitoring,
- (3) odredbe Uredbe KvVM (Ministarstvo za zaštitu životne sredine i upravljanja vodama) broj 31/2004 (30.XII.) o pojedinim pravilima ispitivanja i ocenjivanja stanja površinskih voda, nadalje,
- (4) rezultate ranije obavljenih istraživanja na ovom području,
- (5) zvanično mišljenje br. 8588-32/2012 inspekcije DdKTFV izneto tokom izrade Dokumentacije za prethodnu konsultaciju (DPK),
- (6) načelna i praktična razmatranja monitoringa ispitivanih bioloških elemenata.

13.1 ISPITIVANJA OSNOVNOG STANJA

U okviru ispitivanja Dunava 2012. i 2013. godine obavljene su analize sledećih fizičkih i hemijskih komponenti.

Komponente	Jedinica mere	Grupe kvaliteta vode prema ODV
pH		Aciditet (kiselost)
Provodljivost	µS/cm	Koncentracija soli
Rastvoreni kiseonik	mg/l	Kiseonički režim
Zasićenje kiseonikom	%	Kiseonički režim
BPK ₅ (biohemijska potrošnja kiseonika)	mg/l	Kiseonički režim
KPK _K (hemijska potrošnja kiseonika)	mg/l	Kiseonički režim
Amonijum-N (NH ₄ ⁺ -N) Amonijum- N (NH ₄ ⁺ -N)	mg/l	Hranjive materije za biljke
Nitrit-N (NO ₂ ⁻ -N)	mg/l	Hranjive materije za biljke
Nitrat-N (NO ₃ ⁻ -N) Nitrat N (NO ₃ ⁻ -N)	mg/l	Hranjive materije za biljke
Ukupno N	mg/l	Hranjive materije za biljke
Ortofosfati (PO ₄ -P)	µg/l	Hranjive materije za biljke
Ukupan fosfor	µg/l	Hranjive materije za biljke
Cd	µg/l	Metali
Hg	µg/l	Metali
Ni	µg/l	Metali
Pb	µg/l	Metali
As	µg/l	Specifične zagađujuće materije (opasni hemijski elementi)
Zn	µg/l	Specifične zagađujuće materije (opasni hemijski elementi)
Cr	µg/l	Specifične zagađujuće materije (opasni hemijski elementi)
Cu	µg/l	Specifične zagađujuće materije (opasni hemijski elementi)
TPH	µg/l	
Temperatura vode	°C	
Ukupne suspendovane čestice	mg/l	
Ukupan alkalitet (baznost)	mmol/l	
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	
Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/l	
Ortofosfati	µg/l	
Amonijum (NH ₄ ⁺)	mg/l	
Ukupni cijanidi	mg/l	

Tabela 43. Lista fizičkih i hemijskih parametara koji se odnose na Dunav, sa grupama kvaliteta vode prema ODV-u

U slučaju navedenih komponenti odredili smo grupu kvaliteta zadate komponente prema ODV-u. U ranijim ispitivanjima izvršili smo vrednovanje i po kriterijumima van ODV-a, iz tog razloga su u rezultatima navedeni i parametri koji po uredbi nisu kategorizovani prema kvalitetu voda.

Od bioloških parametara ispitali smo sve grupe živih bića nabrojanih u Okvirnoj direktivi o vodama (2000/60/EZ), odnosno u Uredbi KvVM broj 31/2004 (30.XII.) o pojedinim pravilima osmatranja i ocenjivanja stanja površinskih voda – fitoplanktone (FP); fitobentose (FB); makrofite (MF); makroskopske vodene beskičmenjake (MVB); ribe.

U pogledu fizičkih i hemijskih parametara prikazujemo u donjoj tabeli profile Dunava u kojima smo obradili rezultate ispitivanja obavljenih u okviru programa u 2012. i 2013. godini (PR), odnosno rezultate iz osnovne mreže za klasifikaciju vode (VmTH).

Redni broj	Naziv profila	rkm Dunava	Broj profila	Godina ispit.	Broj PR ispitivanja	Napomena
1	Dunaföldvár (drumski most)*	1560,6	0	2013	2	<u>Udaljeni uzvodni profil na Dunavu. PR+VmTH ispitivanja.</u>
2	Paks (skela)	1534,0	1	2012	12	<u>Bliži uzvodni profil na Dunavu. PR ispitivanja.</u>
3	Paks toplovodni kanal	1526,0	2	2012	12	<u>Nizvodni profil neposrednih uticaja. PR ispitivanja.</u>
4	Veliki naper	1525,3	3	2012	12	<u>Nizvodni profil neposrednih uticaja. PR ispitivanja.</u>
5	Uszód	1524,7	4	2012	12	<u>Nizvodni profil neposrednih uticaja. PR ispitivanja.</u>
6	Gerjen-Foktő	1516,0	5	2012	12	<u>Nizvodni profil posrednih uticaja. PR ispitivanja.</u>
7	Fadd-Dombori*	1506,8	6	2013	6	<u>Udaljeni nizvodni profil. PR+VmTH ispitivanja.</u>
8	Sió-Dél (Gemenc)	1496,0	7	2013	6	<u>Udaljeni nizvodni profil. PR+VmTH ispitivanja.</u>
9	Baja (drumski most)	1481,5	8	2013	2	<u>Udaljeni nizvodni profil. PR+VmTH ispitivanja.</u>

Tabela 44. Ispitani profili Dunava i njihove ostale karakteristike

U pogledu bioloških parametara smo izvršili uzorkovanja na devet mesta na deonici određenoj za ispitivanje između 1560,6 rkm i 1481,5 rkm Dunava, koju smo podelili na pod-deonice: uzvodni deo (Dunaföldvár, skela Paks), bliži nizvodni deo (ispust tople vode, veliki naper, Uszód), srednje udaljeni nizvodni deo (Gerjen, Dombori) i udaljeni nizvodni deo (Sió-jug, Gemenc).

U pojedinim profilima u slučaju fitoplanktona uzorke smo uzeli na tri mesta (desna obala, sredina, leva obala), a u slučaju ostalih grupa živih organizama na dva (desna obala, leva obala). Ispitana dunavska deonica pod nazivom „Dunav između Szoba i Baje“ pripada vodnom telu sa oznakom HURWAEP444. Pored toga, ova deonica čini deo područja SCI NATURA 2000 pod nazivom HUDD20023 Tolnanski Dunav. Osim Dunava ispitali smo i dva profila Faddi Holt Duna (rukavac Dunava u mestu Fadd) (HULWAIH066), po jedan profil ribnjaka u Pakstu i jezera Kondor (HULWAIH005), dva profila deonice Tolnai Északi Holt Dunav (Severni Mrtvi Rukavac Tolnanskog Dunava) (HULWAIH136), odnosno jedan profil kanala Sió (HURWAEP959).

Godina uzorkovanja je 2012., osim toga kao teritorijalno proširenje, vršili smo uzorkovanje i na srednje udaljenom i udaljenom nizvodnom delu Dunava, na Severnom-Mrvom-Rukavcu-Tolnanskog-Dunava i na kanalu Sió. Metodologija uzorkovanja u pogledu svih grupa organizama bila je kvantitativna u skladu sa zahtevima ODV-a. Klasifikacija vodnih tela je takođe izvršeno prema sistemu kriterijuma ODV-a. U slučaju tipa vodnog tela za koji ne postoji raspoloživa prihvaćena metoda klasifikacije primenili smo posebni način ocenjivanja vodnog tela koji zadovoljava zahteve ODV-a. Takva je kvalifikacija stajaćih voda u pogledu makrozoobentosa na osnovu sistema bodovanja porodica koji se u međunarodnoj literaturi uopšteno koristi, odnosno u slučaju riba vrednovanje stajaćih voda na osnovu metode sadržane u Planu upravljanja rečnim slivovima (Halasi-Kovács et al 2009).

13.1.1 VREDNOVANJE PODATAKA IZ DRŽAVNE ARHIVE O ISPITANOJ DEONICI DUNAVA

13.1.1.1 Fizičko hemijske promenljive

Ispitivana deonica Dunava se prostire 34 km prema severu od lokacije Nuklearne elektrane Paks – uzvodni deo – i 45 km prema jugu - nizvodni deo. U ovo područje spadaju dva profila osnovne mreže, stanica u Dunaföldváru i u Fajszu. Karakterizaciju i klasifikaciju ove deonice Dunava izvršili smo obradom arhivskih hidrohemijskih podataka iz 2007-2011. (Fajsz-2012.) godine, u skladu sa odredbama ODV-a.

Obrada rezultata metodom linearog ispitivanja trenda daje osnovu za ispitivanje kronoloških promena hidrohemijskih komponenti koje se očekuju rastom temperature vode Dunava.

U okviru ispitivanja promena usled rasta temperature ispitali smo sledeće grupe komponenti.

Kiselost (aciditet): pH

Sadržaj soli: Provodljivost

Karakteristike kiseoničkog režima: Rastvoren kiseonik, Zasićenje kiseonikom BPK₅, KPK_k, Amonijum- N (NH₄⁺-N), Nitrit-N (NO₂⁻-N)

Hranjive materije za biljke: Nitrat-N (NO₃⁻-N), Ukupan kiseonik, Ukupan fosfor, Ortofosfati (PO₄³⁻-P),

Metali: Cd, Hg, Ni, Pb

Specifične zagadjujuće materije (opasni hemijski elementi): Zn, Cu, Cr, As

KLASIFIKACIJA DEONICE DUNAVA DUNAFÖLDVÁR-FAJSZ PREMA ODV-U NA OSNOVU ARHIVSKIH PODATAKA

Klasifikaciju ispitane deonice Dunava (od 1560.6 rkm do 1507.6 rkm) izvršili smo na osnovu prosečnih vrednosti ispitivanja obavljenih u periodu između 2007-2011. godine (u slučaju Fajza do 2012.).

Uz klasifikaciju arhivskih podataka priložili smo kvalifikaciju iz tabele za ocenu stanja prema sistemu graničnih vrednosti ODV-a koja se nalazi u prilogu 5_1 Planova upravljanja rečnim slivovima iz 2007 godine, i koja se odnosi na vrednovanje fizičko-hemijskih parametara u vodnom telu HURWAEP444 Dunava između Szoba i Baje (24. tip). U ovoj tabeli, radi informisanja, objavili smo i klasifikaciju vodnog tela HURWAEP445 Dunava između Baje i Santova.

Stanje sa aspekta aciditeta na osnovu prosečnog rezultata u periodu ispitivanja ocenjujemo kao **dobro stanje**.

Stanje **sadržaja soli** na osnovu prosečnog rezultata u periodu ispitivanja ocenjujemo kao **odlično stanje**.

Prosek vrednosti klase stanja **kiseoničkog režima** je 4,5. Na osnovu klasifikacije ODV-a ocenjujemo kao **dobro stanje**.

Prosek vrednosti klase stanja **hranjivih materija za biljke** je 4,2. Na osnovu metodike klasifikacije ODV-a ocenjujemo kao **dobro stanje**.

Prosek vrednosti klase stanja **metala** je 4,5. Na osnovu metodike klasifikacije ODV ocenjujemo kao **dobro stanje**.

Deonicu Dunava između Dunaföldvára i Fajza na osnovu ispitivanja kvaliteta vode sprovedenih između 2007. i 2011. (2012.) godine, u pogledu ekološkog stanja ocenjujemo kao dobro stanje, u pogledu specifičnih zagadjujućih materija (opasnih hemijskih elemenata) ocenjujemo kao dobro/zadovoljavajuće stanje. Klasifikacija u pogledu fizičko-hemijskih grupa parametara vodno telo između Baje i Hercegszántóa podudara se sa deonicom Dunava između Dunaföldvára i Fajza.

Ova klasifikacija (**osim aciditeta - dobro**) identična je rezultatima ocene stanja vodnih tela prema sistemu graničnih vrednosti ODV-a koji se nalaze u prilogu 5_1 Plana upravljanja rečnim slivovima (PURS) izrađenog 2010. godine, u tabeli 46.

	Šifra mesta uzorkovanja		101180039	101178210		101178933		101179653	101178232	Grupe kvaliteta vode po ODV-u		
			Dunaföldvár				Fajsz	Hercegszántó				
Mesto monitoringa			leva obala	matica		desna obala						
Rkm Dunava			1560.6 rkm	1560.6 rkm		1560.6 rkm	1507.6 rkm	1433.0 rkm				
KAJ	Parametri kvaliteta vode		kom	prosek	kom	prosek	kom	prosek	kom	prosek		
156075	pH (laboratorijsko merenje)		97	8.2	97	8.2	97	8.2	87	8.3		
155201	Hlorid (Cl ⁻)	mg/l	86	23.7	86	24.1	86	24.4	49	22.7		
159469	Provodljivost	µS/cm	97	405	97	414	97	424	87	403		
158420	Kiseonik (rastvoreni) (O ₂)	mg/l	97	10.0	97	10.0	97	9.8	75	10.1		
159487	Rastvoreni kiseonik (procenat zasićenja kiseonikom)	%	97	91.9	97	91.9	97	90.5	75	95.0		
158970	Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK _s)	mg/l	97	2.7	97	2.7	97	2.7	75	2.7		
159001	Potrošnja kiseonika (KPK _d) izvorno	mg/l	97	12.0	97	11.9	97	11.9	75	11.3		
156754	Amonijum-amonijačni-azot (NH ₃ , NH ₄ -N)	mg/l	97	0.074	97	0.064	97	0.064	75	0.072		
160551	Nitrit-azot (NO ₂ -N)	mg/l	97	0.026	97	0.020	97	0.019	75	0.017		
160560	Nitrat-azot (NO ₃ -N)	mg/l	97	2.0	97	2.0	97	2.0	75	1.8		
159405	Ukupni azot (N)	mg/l	97	2.6	96	2.7	97	2.7	87	2.4		
	Ortofosfati-P (PO ₄ -P)	µg/l	97	57.1	97	58.0	97	53.5	75	61.6		
158154	Ukupan fosfor (P)	mg/l	97	0.11	97	0.11	97	0.11	87	0.11		
157601	Kadmijum (rastvoreni) (Cd)	µg/l	57	0.090	56	0.060	57	0.062	22	<0,05		
157472	Živa (rastvorena) (Hg)	µg/l	57	0.075	56	<0,05	57	0.050	23	0.063		
157885	Nikl (rastvoreni) (Ni)	µg/l	57	0.7	56	0.8	57	0.7	22	0.9		
158099	Olovo (rastvoreni) (Pb)	µg/l	57	1.9	56	<0,5	57	<0,5	24	<0,5		
157665	Klorofil-a	µg/l	96	28.0	96	27.9	96	28.3	74	28.4		
120498	Arsen (As)	µg/l	6	1.8	6	1.6	6	1.6	0	1.6		
157050	Cink (rastvoreni) (Zn)	µg/l	57	4.9	56	5.5	57	4.7	25	4.4		
120434	Ukupni hrom (Cr)	µg/l	6	0.6	6	0.7	6	0.5	0	0.7		
156204	Bakar (rastvoreni) (Cu)	µg/l	57	3.7	56	1.8	57	1.7	25	1.3		

Tabela 45. Prosečni rezultati ispitivanja osnovne mreže u periodu 2007-2011. godine sa ocenjivanjem prema kriterijumima ODV-a

POD JEDINICA	KÖVIZIG	Kategorija vodnog tela	vt-VOR	Naziv vodnog tela	Fizičko hemijski elementi					
					Organske materije	Hranjive materije	Sadržaj soli	Aciditet	Stanje fizičko-hemijskih elemenata	Pouzdanost fizičko hemijske kvalifikacije
1-10	3	prirodno	AEP444	Dunav između Szoba i Baje	dobro	dobro	odlično	odlično	dobro	srednje

Tabela 46. Procena stanja vodnog tela HURWAEP444 Dunava između Szoba i Baje (tip 24.) prema ODV-u

13.1.1.2 Biološki parametri.

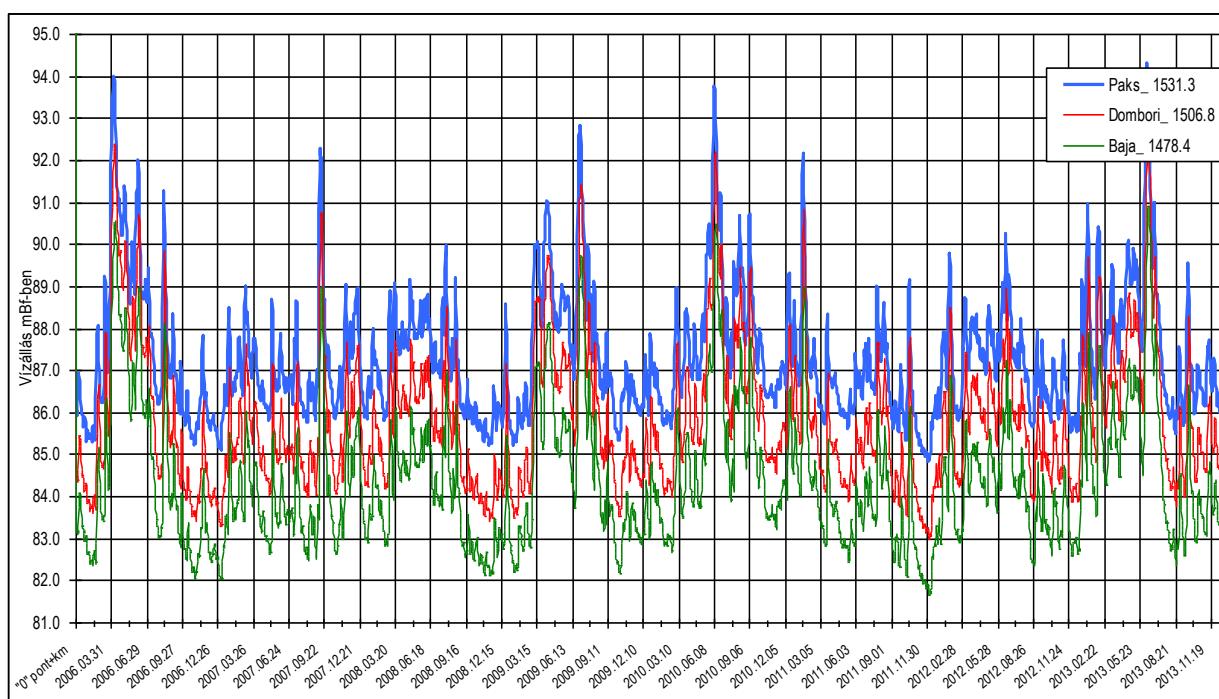
Pored vrednovanja rezultata ispitivanja sastavili smo i ocenili arhivske podatke koji se odnose na ispitivano područje Dunava na deonici Dunaföldvár-Baja. Na osnovu tih podataka možemo ustanoviti sledeće.

- Na dатој relацији Dunava, poseбно на локацији Nuklearne elektrane Paks, redovno су вршена hidrobioloшка испитивања у прошлим 15 година. На основу истих располажемо са архивским подацима о fitoplanktonima, fitobentosima, makrozoobentosima и zajednicама риба. Информације ранијих испитивања makrofita искључиво се однose на терестиčка подручја Nuklearne elektrane Paks.
- Архивски кохерентни низ података који омогућавају одређивање целокупног еколошког стања по Okvirnoj директиви о водама чине расположиви подаци мерења из 2009-2010. године (Kék Csermely Kft. 2010), док за одређене групе живих бића подаци само спорадично одговарају ODV-у.
- Оценјивањем стања према ODV-у на основу резултата мерења из 2009-2010. се утврђује да је на деоници Dunava стање FP добро, FB умерено, MZB умерено, а zajednica riba добро. Следом начела „ако је нешто лоше, све је лоше”, еколошко стање Dunava се оцењује као умерено. По оценјивању према критеријумима ODV-а нема значајних разлика – које би прouзроковали промену класе – између узводне деонице i - sa аспекта испуštanja iz NE Paks - nizvodne dionice.
- Архивски подаци доказују да је део Dunava са ознаком HURWAEAP444 на деоници Dunaföldvár-Baja у умереном еколошком стању. Осим тога, стање fitoplanktona i riba је углавном добро, док је стање fitobentosa i makrozoobentosa умерено.
- На основу плана управљања рећним сливовима на подсливу Dunava, цела мађарска деоница Dunava је у умереном стању. То се може свести делimično на kvalitativne, ali sa истом težinom i na hidromorfološke uzroke. Dobro еколошко стање vodnog tela са ознаком HURWAEAP444 на деоници Dunava Szob-Baja према planovima постићи ће се до 2027. године (VKKI – Centralna direkcija za vodoprivredu i zaštitu životne sredine, 2010).
- Такође располажемо подацима о утицају на Dunav emisije rashladne воде Nuklearne elektrane Paks. Fiziološka испитивања algi покazuју да је интензитет fotosinteze algi u toplovodnom kanalu niži nego u hladnovodnim kanalu, доказујући да се biomasa algi u rashladnoj vodi u maloj meri оштећује при prolasku kroz rashladni sistem. Međutim, rezultati uzoraka nisu доказали утицај emisije niti u slučaju fitoplanktona (FP), niti u slučaju fitobentosa (FB). На основу резултата fino skaliranih испитивања makrozoobentosa (MZB) i zajednice riba утицај toplovnog opterećenja испуštenе rashladne воде u Dunav se mogao iskazati на деоници дужине oko 2 km (Halasi-Kovács 2005, Kék Csermely Kft. 2010). To je u slučaju MBZ prouzrokovalo u prvom redu kvantitativne, dok u slučaju riba više kvalitativne promene.
- Ispitali smo i податке ribolova i ribarenja поčев од 2000 године. Резултати покazuју постепено смањење улова како у ribolovu tako i u ribarenju. Smanjenje se u 2011. i 2012. години зауставило, te je u ovim godinama ponovo primetan polagani rast. Gledajući u celini, sa jedne стране zbog značajne nepouzdanosti података o ulovu који се однose на manje подручје, a sa друге стране, zbog toga što je за Dunav karakteristično značajno odstupanje структуре poribljavanja i улова u односу на остale velike reke (Halasi-Kovács i Várádi 2012) te можемо рећи да nema značajne veze између rada Nuklearne elektrane Paks i промена u ekonomskoj iskorišćenosti riblje mase u Dunavu.
- Delom zbog sporadičnih arhivskih података i njihove manje pouzdanosti, a delom iz razloga što основни подаци испитивања из 2012-2013. године, за razliku od ranijih испитивања, u целости daju dovoljnu količinu niza koherenčnih података dovoljno kvalitetnih за izvršenje analize, pri proceni утицаја на животну средину Paksa II uzeli smo u obzir zaključke који се из arhivskih података mogu izvesti, ali smo za analize koristili искључиво rezultate испитивања обavljenih u 2012-2013. години. Rezultate испитивања uzoraka iz 2009-2010 koristili smo за контролу pri оценjivanju.

13.1.2 OSNOVNO STANJE ISPITANE DEONICE DUNAVA (OD 1560.6 RKM DO 1481.5 RKM)

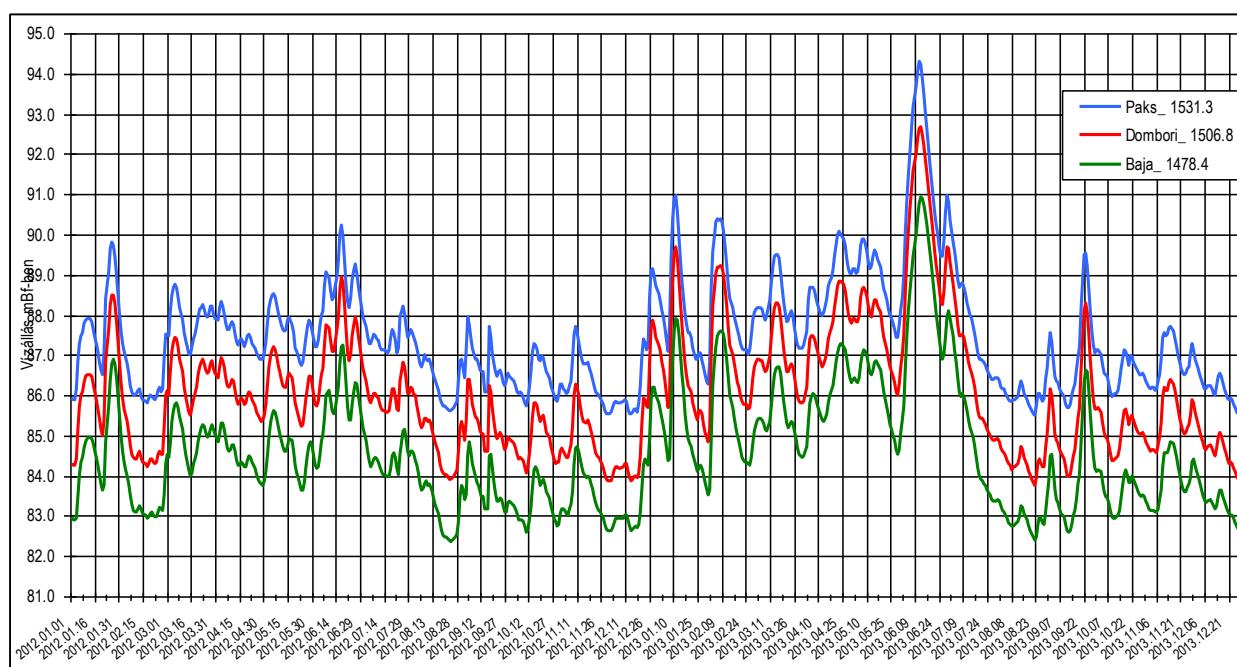
Ocenjivanje deonice Dunava izvršili smo na osnovu arhivskih podataka iz 2006-2011 godine, odnosno na osnovu obavljenih ispitivanja u okviru rada u 2012. i 2013. godina.

Ocenjivanje profila smo izvršili na osnovu graničnih vrednosti prema ODV-u za Dunavsku vodu.



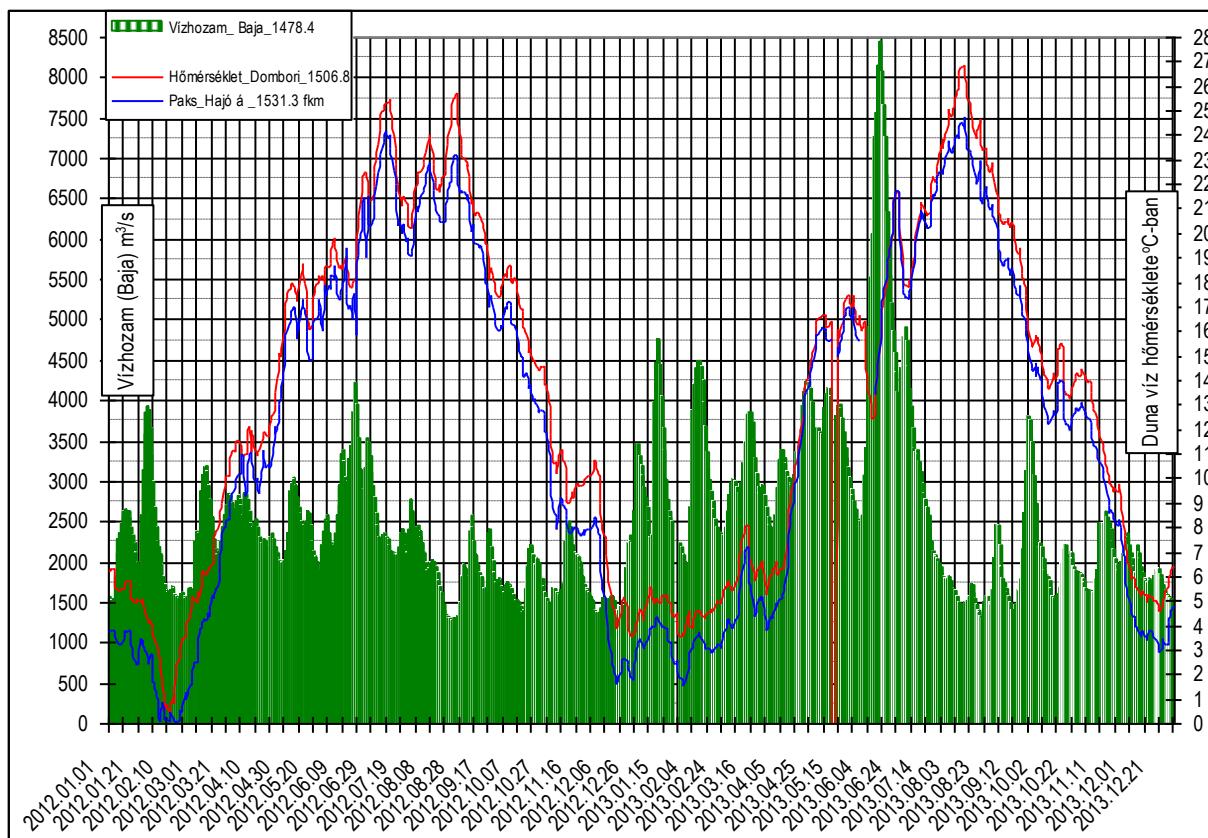
Slika 69. Hod vodostaja Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2006. i 2013. godine

Vízállás m Bf-ben - Vodostaj [m n.v.B.]



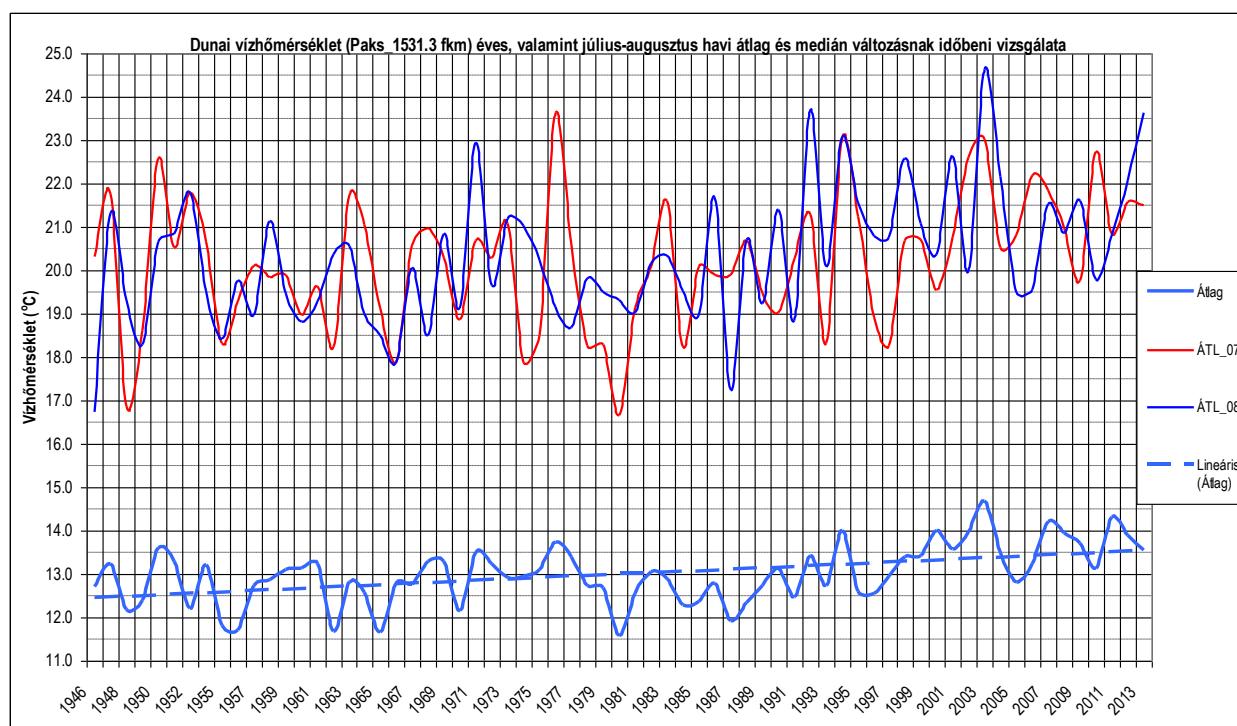
Slika 70. Hod vodostaja Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2012. i 2013. godine

Vízállás m Bf-ben - Vodostaj [m n.v.B.]



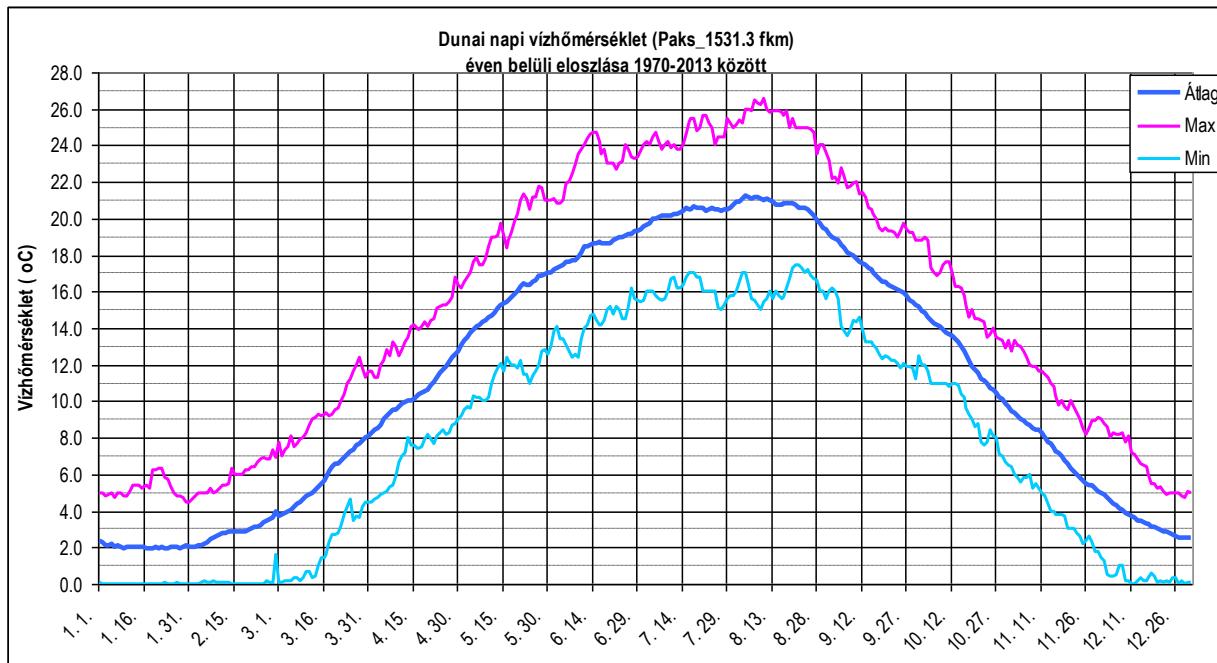
Slika 71. Hod protoka i temperature Dunava (Paks-Dombori-Baja) između 2012. i 2013. godine

Vízhozam_Baja_1478.4 fkm	Protok u Baji kod 1478,4 rkm
Hőmérséklet_Dombori_1506.8 fkm	Temperatura Dombori 1506,8 rkm
Paks_Hajó á á _1531.3 fkm	Pristanište Paks 1531,3 rkm
Vízhozam_Baja_m³/s	Protok vode (Baja) m³/s
Duna víz hőmérséklete °C-ban	Temperatura vode Dunava u °C.



Slika 72. Hronološko ispitivanje hoda godišnjih prosečnih temperatura Dunava (Paks) između 1970. i 2013 godine

Dunai vízhőmérseklet (Paks 1531,3 fkm), éves, valamint július-augusztus havi átlag és median változások időbeni vizsgálata	Hronološko ispitivanje godišnjeg hoda temperature Dunava (Paks, 1531,3 rkm), odnosno prosek i medijana za jul i avgust
Vízhőmérseklet (°C)	Temperatura vode (°C)
Átlag	Prosek
ÁTL_07	Prosek_07
ÁTL_08	Prosek_08
Lineáris (átlag)	Linearni (prosek)



Slika 73. Ispitivanje godišnje raspodele dnevnih temperaturu vode Dunava (Paks) između 1970. i 2013. godine

Dunai napi vízhőmérseklet (Paks_1531,3 fkm) éven belüli eloszlása 1970-2013 között	Godišnja raspodela dnevnih temperaturu Dunava (Paks, 531,3 rkm) između 1970. i 2013. godine
Vízhőmérseklet (°C)	Temperatura vode (°C)
Átlag	Prosek
Max	Maksimum
Min	Minimum

KVALIFIKACIJA UZVODNE DEONICE DUNAVA

Dunaföldvár	1560.6 rkm	dobro stanje
Skela Paks	1533.5 rkm	dobro stanje

Tabela 47. ODV klasifikacija uzvodne deonice Dunava po fizičko-hemijskim parametrima (od 1560.6 rkm do 1533.5 rkm)

Stanje deonice Dunava (VODNA TELA HURWAEP444) od rkm 1560,6 do rkm 1533,5 na osnovu rezultata kvalifikovanja prema ODV-u je dobro.

Na uzvodnom delu najveći deo biomase fitoplanktona u svim vremenskim periodima čine silikatne alge koje spadaju u red Centrales. Koncentracije jedinice uzoraka biomase i hlorofila pokazala su značajna odstupanja čak i u istom periodu. Rezultati uzorkovanja iz 2012. i 2013. godine pokazuju da su u 2012. godini bile karakteristične veće vrednosti biomase u istom periodu. Međutim, u godišnjim odstupanjima registrovane su značajnije promene po periodima. Time se istovremeno potvrđuje činjenica da se rezultati uzoraka uzimani u različitim godinama međusobno potvrđuju te daju ispravne rezultate i za duži vremenski period. Periodi sa najvećom vrednošću biomase su mart i avgust, dok su najniže vrednosti biomase u septembru, oktobru i novemburu.

Na osnovu ocenjivanja ekološkog stanja jedinica uzoraka na uzvodnom delu možemo ustanoviti sledeće.

- (1) Između pojedinih jedinica uzoraka uzimanih i u istom periodu mogu postojati odstupanja u klasi.
- (2) U ispitanim profilima najveće vrednosti biomase u svim periodima su izmerene uglavnom u matici (liniji najbržeg toka), međutim, ovo odstupanje nije bilo takvog obima da bi uzrokovalo promenu klase celog profila.
- (3) Razlike u klasi su sejavljale i u uzorcima uzimanih u istom periodu pojedinih godina.

- (4) Iz rezultata kvalifikacije se dobro vidi sezonska dinamika biomase FP.
- (5) Gruba petostepena skala ODV-a nije osetljiva na finije promene.
- (6) U pogledu procene uticaja najkritičnije stanje je u letnjem periodu. Ekološko stanje ove deonice je dobro.

Na osnovu rezultata ispitivanja fitobentosa se utvrđuje da (1) između uzoraka uzetih na desnoj i levoj obali čak i u istom periodu pokazuju odstupanja u klasi. (2) Uzorci uzeti u letnjem periodu 2013. godine u profilu kod Dunaföldvára pokazuju za klasu slabije rezultate od uzoraka uzetih 2012. godine u profilu kod skele Paks, dok preko jeseni nema odstupanja, međutim, profil u Dunaföldváru pokazuje nešto bolje rezultate.(3) Vrednosti ocenjivanja ove deonice su u skladu sa rezultatima ispitivanja obavljenih 2009-2010. godine. Navedene činjenice – slično opisanim u slučaju fitoplanktona - potvrđuju da se stabilan rezultat može dobiti u slučaju klasifikovanja korišćenjem prosečnih vrednosti podataka u najvećem mogućem broju. Gruba skala ODV-a od pet stepeni ni u slučaju ovog taksona nije osetljiva na finije promene. Ekološko stanje uzvodnog dela u pogledu fitobentosa je umereno dobro.

Tokom letnjih i jesenjih testova na uzvodnom delu Dunava identifikovali smo ukupno 9 vrsta. Među vrstama pronađenih u profilu nema zaštićenih. Od ovih vrsta više njih spada u nerezidentne (pensilvanijski jasen, gronjasta zvezdica) čija masovna pojava ukazuje na remećenost područja. Indikatorska vrsta na području NATURA 2000 je puzavi celer (*Apium repens*). Ovu vrstu nismo našli na području uzorkovanja. U stručnom pogledu, rezultati su manje pouzdani sa obzirom da uz reke – kao i pri ovom uzorkovanju – makrofita se pojavljuju samo u maloj količini, i određivanje ekološkog stanja na osnovu njihove ocene nije pouzdano. Prema tome, u ispitanim profilu količina i broj biljnih vrsta nije omogućila tačno kvalifikovanje jer raspoložive količine nisu dosegle potrebbni minimum. Stoga, dobijeni rezultati su samo informativnog karaktera. Zbog ovih nepouzdanosti, u cilju utvrđivanja uticaja na okolinu, obavili smo analizu podataka za celo ispitivano područje na osnovu finije skale. Ekološko stanje uzvodnog dela u pogledu makrofita je umereno.

Značajan deo pronađenih taksona makroskopskih beskičmenjaka je invazivan, to su elementi iz drugih krajeva i agresivno se proširuju. Istoču se mase puževa (*Lithoglyphus naticoides*), školjki (*Dreissena polymorpha* i *Corbicula fluminea*), odnosno rakova (*Dikerogammarus villosus*). Prilikom uzorkovanja je pronađena i jedna zaštićena vrsta vilinih konjica: žutonoga rečno vretence (*Gomphus flavipes*), u malom broju. Indikatorska vrsta makrozoobentosa područja HUDD20023 SCI, rečna školjka *Unio crassus* tokom uzorkovanja nije pronađena. Na osnovu ocenjivanja ekološkog stanja obavljenog prema HMMI (Hungarian Macroinvertebrate Multimetric Index) može se uočiti sezonska razlika: vrednosti jesenjih uzoraka su manje, međutim, to nije uticalo na promenu klase vode. Na osnovu rezultata ispitivanja utvrđuje se da je ekološko stanje uzvodnog dela u pogledu makroskopskih beskičmenjaka umereno.

Tokom letnjeg i jesenjeg ispitivanja u 4 jedinice uzoraka na deonici Dunava kod Paksa izvršili smo identifikaciju 2.489 jedinki iz ukupno 28 vrsta. Od vrsta pronađenih na uzorkovanom delu četiri su zaštićene: govedarka (*Romanogobio vladkyovi*), gavčica (*Rhodeus amarus*), Balonov balavac (*Gymnocephalus baloni*) i prugasti balavac (*Gymnocephalus schraetser*), odnosno dve strogo zaštićene: ukrajinska paklara (*Eudontomyzon mariae*), i mali vrtenar (*Zingel zingel*). Na području NATURA 2000 pronađene su indikatorske vrste *Eudontomyzon mariae*, bucov (*Aspius aspius*), *Zingel zingel*, *Gymnocephalus baloni* i *G. schraetser*. Na osnovu navedenih se utvrđuje da su indikatorske riblje vrste NATURA 2000 - karakteristične za glavno korito - prisutne i na uzvodnom delu. Od 28 vrsta pronađenih tokom uzorkovanja kod 24 su pronađene i jedinke podmlatka. To znači da je 86% vrsta na ovoj deonici zastupljeno i u uzrastu podmlatka, što ukazuje na stabilnost populacija. Prema rezultatima ispitivanja uzvodnog dela Dunava vidi se da sastav ulovljenih vrsta pokazuje značajnu sličnost sa rezultatima ranijih ispitivanja. Rezultati uzorkovanja obavljenog u letnjem i jesenjem periodu obezbeđuju dovoljno podataka za vrednovanje vode po kriterijumima ODV-a. Ekološko vrednovanje deonice na osnovu riblje zajednice izvršili smo metodom EQIHRF koja je u Mađarskoj prihvaćena. U pogledu rezultata vrednovanja usvojili smo relevantnim rezultate iz letnjeg perioda. Ekološko stanje uzvodnog dela koji nije izložen uticaju tople vode, sa aspektom zajednice je dobro.

Klasifikacija neposredne nizvodne deonice Dunava (od 1534 rkm do 1516 rkm)

Toplovodni kanal Paks	1526.0 rkm	dobro stanje
Veliki naper	1525.3 rkm	dobro stanje
Uszód	1524.8 rkm	dobro stanje
Gerjen-Foktó	1516.0 rkm	dobro stanje

Tabela 48: Klasifikacija neposrednog nizvodnog dela Dunava (od 1526 rkm do 1516 rkm) na osnovu fizičko-hemijskih parametara po ODV-u

Stanje deonice Dunava od 1534 rkm do 1516 rkm (VODNO TELO HURWAE444) prema rezultatima ODV klasifikacije je dobro.

Rezultati uzorkovanja fitoplanktona na nizvodnom delu u velikoj meri pokazuju sličnost sa stanjem na uzvodnom delu.

- (1) Na neposrednom nizvodnom delu najveći deo biomase fitoplanktona u svim periodima čine silikatne alge koji spadaju u red Centrales.
- (2) Vrednosti biomase pokazuju sezonski trend.
- (3) Period koje se može karakterisati sa najvećom vrednošću biomase je mart, odnosno avgust, dok najniže vrednosti biomase su bile u septembru i novembru.

Prema kvalifikovanju fitoplaktona ekološko stanje bližeg nizvodnog dela u martu i junu je dobro, a u septembru i novembru odlično. U periodu avgusta ekološko stanje je umereno. Sezonska kolebanja na bližem nizvodnom delu su u potpunom skladu sa rezultatima na uzvodnom delu. Vrednosti stanja po godišnjim dobima – pa tako i za ceo period – takođe se slažu sa podacima izmerenim na uzvodnom delu. Ekološko stanje bližeg nizvodnog dela u pogledu fitoplanktona je dobro.

Prema klasifikaciji zajednice fitobentosa ekološko stanje nizvodnog dela preko leta je bilo srednje, a preko jeseni slabo. Između jedinica uzoraka na desnoj (izloženoj uticaju tople vode) i levoj (neizloženoj) strani pri svakom uzorkovanju smo uočili odstupanje veličine najmanje jedne klase. Vrednosti jedinica uzoraka desne strane, izložene uticaju tople vode tendencijozno pokazuju niže vrednosti. Isto tako, sličnu sliku prikazuju rezultati jesenjeg uzorkovanja na uzvodnom delu, na profilu kod skele Paks. Niska – umerena - vrednost klasifikacije je u skladu sa rezultatima ranijih ispitivanja, obavljenih u istom periodu. Prosečna vrednost klasifikacije je ista kao na uzvodnom delu. Prosečna vrednost zajednički promatranih rezultata iz oba perioda predstavlja ekološko stanje koje se klasificuje kao umereno.

Tokom ispitivanja u letnjem i jesenjem periodu, na bližem nizvodnom delu smo otkrili ukupno 51 vrsta makrofita. Među vrstama pronađenih na toj deonici nema zaštićenih. Slično kao na uzvodnom delu, i ovde se masovno pojavljuje nerezidentni pensilvanijski jasen i gronjasta zvezdica što upućuje na poremećenost područja. Indikatorska biljna vrsta ni na ovom području nije pronađena. Rezultat klasifikacije bližeg nizvodnog dela slaže se sa rezultatom na uzvodnom delu. Ekološko stanje bližeg nizvodnog dela Dunava na osnovu ocenjivanja makrofita je umereno.

Iz uzoraka makroskopskih beskičmenjaka prikupljenih sa 6 tačaka uzorkovanja identifikovali smo 44 različita taksona. Slično uzvodnom delu, značajan deo iskazanih taksona makroskopskih beskičmenjaka je invazivna vrsta. Od njih *Dikerogammarus villosus* se pojavljuje u značajnijem broju dotične jedinice uzorka vađenih neposredno ispod ispusta rashladne vode na desnoj strani. Ispod ispusta, na peščanom sprudu u velikom broju se mogu naći prazne ljske školjke (npr. *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Sinanodonta woodiana*) koje su ovde dospele uglavnom proticanjem vode. Iza velikog i malog napera, sa okretajućim deonicama sporog proticanja u velikom broju se izbacuju plutajuće ljske. Od zaštićenih vrsta pronađeni su vilin konjic *Gomphus flavipes* i puž *Fagotia acicularis*. Istovremeno, kao ni na uzvodnom delu, ni ovde nije pronađena indikatorska vrsta područja NATURA 2000, obična rečna školjka. Više vrsta (npr. *Lithoglyphus naticoides*, *Corophium curvispinum*) izbegava okolinu ispusta tople vode. Multimetrički pokazatelj HMMI, slično onima koji se koriste u EU, obično je osetljiv na opštu degradaciju, tako da prikazivanje posebnog uticaja toplotnog zagađenja raspoloživim kvalitativnim indeksima poprilično je nesigurno. Iz tog razloga smo obavili ekološku klasifikaciju deonica i po finijoj skali. Međutim, vrednost klasifikacije se podudara sa vrednošću klasifikacije računatom na uzvodnom delu. Ekološko stanje bliže nizvodne deonice, izložene uticaju tople vode, sa gledišta zajednice vodnih makroskopskih beskičmenjaka je umereno.

Na deonici bližeg nizvodnog dela izvršili smo identifikaciju ukupno 3.679 jedinki 33 ribljih vrsta. Ova deonica Dunava u pogledu sastava vrsta riba pokazuje veliku sličnost sa ranijim rezultatima merenja obavljenih u istu svrhu (Halasi-Kovács 2005, SCIAPI Kft. 2010), kao i sa rezultatima na uzvodnom delu. Od pronađenih vrsta na uzorkovanoj deonici pet su zaštićene: govedarka (*Romanogobio vladykovi*), gavčica (*Rhodeus amarus*), balkanski zlatni vijun (*Sabanejewia*

balcanica), Balonov balavac (Gymnocephalus baloni) i prugasti balavac (Gymnocephalus schraetser), a dve su strogo zaštićene: ukrajinska paklara (Eudontomyzon mariae) i mali vretenar (Zingel zingel). Od indikatorskih vrsta NATURA 2000 našli smo pet (Eudontomyzon mariae, Aspius aspius, Gymnocephalus baloni, Gymnocephalus schraetser, Zingel zingel) koje su prisutne i na uzvodnom delu.

Na osnovu analize sastava vrsta na mestima uzorkovanja vidimo da u maloj meri izbegavaju uticaj tople vode ukrajinska paklara (Eudontomyzon mariae), manič (Lota lota) i glavoč trkač (Babka gymnotrachelus) a toplu vodu preferiraju bucov (Aspius aspius), keder (Alburnus alburnus), krupatica (Blicca bjoerkna), skobalj (Chondrostoma nasus), mrena (Barbus barbus), babuška (Carassius gibelio), grgeč (Perca fluviatilis) i okrugli glavoč (Neogobius melanostomus). Ovaj rezultat je u skladu i sa rezultatima ispitivanja iz 2010. godine. Tokom uzorkovanja pronađeni su i jedinke podmlatka 27 vrsta. To znači da 82% vrsta na ovoj deonici zastupljeno je i u uzrastu podmlatka. Ovaj je odnos, slično uzvodnom, dosta visok. Ukupna vrednost ulova po jedinici dužine (100 m) na osnovu rezultata letnjeg uzorkovanja na desnoj strani - to jest na delu izloženom toploj vodi - pokazuje najveće vrednosti 2012. godine. Istovremeno, vrednosti jedinica uzorkovanja sa leve strane, dakle dela koji nije izložen uticaju tople vode, pokazuju značajnu sličnost sa vrednostima jedinica uzoraka iz uzvodnog dela. Ekološko stanje bližeg nizvodnog dela Dunava sa gledišta ribljih zajednica je dobro.

KLASIFIKACIJA UDALJENE NIZVODNE DEONICE DUNAVA (OD 1506,8 RKM DO 1481,5 RKM)

Profil kod Domborija	1506.8 rkm	dobro stanje
Sió jug (Gemenc)	1496 rkm	dobro stanje
Profil kod Baje	1481.5 rkm	dobro stanje

Tabela 49. Klasifikacija udaljene nizvodne deonice Dunava (od 1506,8 rkm do 1481,5 rkm) na osnovu fizičko-hemijskih parametara po ODV-u

Stanje deonice Dunava od 1506,8 rkm do 1481,5 rkm (VODNO TELO HURWAEP444) prema rezultatu ODV klasifikacije je dobro.

Rezultati fitoplanktona u srednje udaljenoj i udaljenoj pod-deonici pokazuju značajnu sličnost. Isto tako, i rezultati fitoplanktona cele ove deonice pokazuju vrlo slično stanje odnosno tendenciju kao na uzvodnom i bližoj nizvodnoj deonici. U biomasi fitoplanktona najveći deo imaju silikatne alge, period sa najvećom vrednošću biomase je mart odnosno avgust, a najniže vrednosti biomase nastupaju u septembru i novembru. Prema proseku vrednosti mesta uzorkovanja ekološko stanje srednje udaljenog nizvodnog dela po klasifikaciji fitoplanktona u martu i junu je dobro, a u septembru i novembru odlično. Najniže vrednosti smo dobili pri uzorkovanju u avgustu. U ovom periodu ekološko stanje je umereno. Vrednosti stanja po godišnjim dobima – pa tako i za ceo period – podudaraju se sa rezultatima izmerenim na uzvodnom, odnosno na bližem nizvodnom delu. Ekološko stanje srednje udaljenog i udaljenog nizvodnog dela u pogledu fitoplanktona je dobro. U globalu se može reći da u odnosu na uzvodni deo, ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks u slučaju fitoplanktona ne prouzrokuje promenu klase na nizvodnom delu.

Rezultati ekološkog stanja dve pod-deonice udaljenog nizvodnog dela, sa gledišta silikatnih algi pokazuju identičnost sa rezultatima kako uzvodnog tako i bližeg nizvodnog dela. Tendencije vrednosti klasifikacije takođe su iste kao na višim delovima. Za obe pod-deonice je karakteristično umereno ekološko stanje. Uopšteno se može ustanoviti da u odnosu na uzvodni deo, ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks u slučaju fitobentosa ne prouzrokuje odstupanje u klasi.

Na srednje udaljenom nizvodnom delu smo zabeležili 31, a na udaljenom nizvodnom delu 19 vrsta biljaka. Od pronađenih vrsta u uzorkovanim profilima ni jedna nije zaštićena. Istovremeno, masovno se pojavljuju nerezidentni pensilvanijski jasen i gronjasta zvezdica. Indikatorska biljka područja, puzavi celer nije pronađen na udaljenom nizvodnom delu. Na osnovu makrofita, ekološko stanje kako srednje udaljenog tako i udaljenog nizvodnog dela je umereno, klasifikacija se podudara sa klasifikacijom uzvodnog i bližeg nizvodnog dela. Možemo utvrditi i to da ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks ne prouzrokuje promenu klase na nizvodnom delu.

Na srednje udaljenoj nizvodnoj pod-deonici pri letnjem i jesenjem uzorkovanju pronašli smo ukupno 42, a na udaljenijem pod-delu 37 taksona makroskopskih beskičmenjaka različitog ranga. Invazivni taksoni iskazani u prethodnim delovima i ovde se pojavljuju, ističe se vrsta puža *Lithoglyphus naticoides* koji se pojavljuje u masovnoj količini. Treba nadalje istaći invazivnu vrstu mnogočekinjastih crva poreklom iz Ponto-kaspijskog regiona, *Hypania invalida*, odnosno *Dreissena bugensis*, vrstu školjke koja je u našoj zemlji samo na malo mesta poznata. Da deonici je pronađena zaštićena vrsta vilinog konjica, *Gomphus flavipes* i vrsta puža *Fagotia acicularis*. Indikatorska vrsta makrozoobentosa područja NATURA 2000, rečna školjka (*Unio crassus*) prilikom uzorkovanja nije pronađena. Na osnovu zajednice makroskopskih beskičmenjaka

stanje srednje udaljene nizvodne pod-deonice je umereno. Slično tome, stanje udaljenog nizvodnog dela takođe je umereno. Vrednost klasifikacije se podudara sa vrednostima dobijenih na uzvodnom i bližem nizvodnom delu. Uopšteno se utvrđuje da u odnosu na uzvodni deo ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks ne prouzrokuje odstupanje u klasi na nizvodnom delu.

Tokom ispitivanja riblje zajednice u srednje udaljenoj pod-deonici izvršili smo identifikaciju ukupno 3.367 jedinki 34 vrsta, dok na udaljenom nizvodnom delu 4.151 jedinki 33 vrsta. Od pronađenih vrsta na uzorkovanom delu pet su zaštićene: plotica (*Rutilus virgo*), govedarka (*Romanogobio vladykovi*), gavčica (*Rhodeus amarus*), balonov balavac (*Gymnocephalus baloni*) i prugasti balavac (*Gymnocephalus schraetser*), a dve su strogo zaštićene: ukrajinska paklara (*Eudontomyzon mariae*), i mali vretenar (*Zingel zingel*) ugrožena. Od indikatorskih vrsta područja HUDD 20023 SCI samo je ovde pronađena plotica (*Rutilus virgo*), dok je u slučaju ostalih indikatorskih vrsta stanje isto kao na višim deonicama. Na srednje udaljenom delu pronašli smo žive podmlatke 27 vrsta. To je 79% od iskazanih vrsta. Na udaljenoj pod-deonici ulovili smo podmlatke 26 vrsta, što predstavlja 79% od svih vrsta. Ovi pokazatelji su sa jedne strane slični ostalim ispitanim deonicama, a sa druge strane takođe se mogu smatrati visokim vrednostima. Na osnovu rezultata uzorkovanja utvrđuje se da u sastavu vrsta udaljenog nizvodnog dela nema razlike u odnosu na više deonice, sastav vrste riba ispitanih područja je istovetna. Dakle, ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks ne prouzrokuje promenu u sastavu vrsta. Usled uticaja tople vode neće nestati niti jedna vrsta, a neće se pojaviti ni nove. U letnjem periodu uzorkovanja u obe godine je broj jedinki bio veći. To je bilo karakteristično za sva ispitana profila.

Uzimajući sve u obzir, rezultati uzorkovanja u oba perioda obezbeđuju dovoljno podataka za kvalifikaciju vode po kriterijumima ODV-a. Ekološko stanje udaljene deonice se podudara sa vrednostima klasifikacije uzvodne, odnosno bliže nizvodne deonice, pokazuje dobro stanje. Uopšteno se utvrđuje da u odnosu na uzvodni deo, ispuštanje tople vode Nuklearne elektrane Paks ne prouzrokuje promenu klase na nizvodnom delu.

Već i na osnovu rezultata ranijih merenja - 2009-2010. – je utvrđeno, a i rezultati svežih ispitivanja pokazuju, da se grubim petostepenim sistemom vrednovanja ODV-a ne mogu iskazati finije strukturne promene. Iz tog razloga smo izvršili ekološko vrednovanje deonica i sa finijom skalom.

REZIME KLASIFIKACIJE DEONICE DUNAVA KOJA PRIPADA VODNOM TELU HURWAEP444 U POGLEDU ZAŠTITE ŽIVOG SVETA PO KRITERIJUMIMA ODV-A

Vrednovanje deonice smo izvršili uzimajući u obzir osnovna načela ECOSTAT guidance document no. 13. (ECOSTAT 2005: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), odnosno smernice određene tokom državnog planiranja upravljanja rečnim slivovima 2008. godine. Pri klasifikaciji Dunava prema kriterijumima ODV-a sledili smo načelo „ako je nešto loše, sve je loše” na nivou kvalitativnih parametara i grupa parametara. To znači da je vrednost klasifikacije određena najgorim elementom. Vrednosti klasifikacije makrofita su samo informativnog karaktera.

DEONICA DUNAVA	FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE	FITOPLANKTONI	FITOBENTOSI	MAKROFITE	MAKRO-ZOOBENTOSI	RIBE
UZVODNA DEONICA	Dobro	Dobro	Umereno	Umereno	Umereno	Dobro
BLIŽA NIZVODNA DEONICA	Dobro	Dobro	Umereno	Umereno	Umereno	Dobro
UDALJENA NIZVODNA DEONICA	Dobro	Dobro	Umereno	Umereno	Umereno	Dobro

Tabela 50. Klasifikacija ispitane deonice Dunava (HURWAEP444) po kriterijumima ODV-a

Na osnovu klasifikacije vode izvršene tokom 2012-2013. godine po kriterijumima ODV-a, ekološko stanje vodnog tela na deonici Dunava Szob-Baja sa oznakom HURWAEP444 je UMERENO.

Rezultat ovog ispitivanja je u skladu sa raspoloživim rezultatima klasifikacije arhivskih podataka. Možemo izjaviti da emisija Nuklearne elektrane Paks ne prouzrokuje promenu klase u pogledu niti jedne ispitane grupe.

Međutim, finija strukturalna analiza podataka ukazuje na činjenicu da emisije imaju uticaj na strukturu nizvodne životne zajednice, stoga sama klasifikacija po ODV-u nije pogodna za tačnu procenu uticaja emisije elektrane. Iz tog razloga smatramo izuzetno bitnim da u daljim ispitivanjima uzorkovanje bude po kriterijumima ODV-a, da se izvrši klasifikacija, a istovremeno, planiranjem i izvođenjem uzorkovanja treba omogućiti finiju rezoluciju ekoloških analiza, as tim i tačnije vrednovanje ekoloških uticaja emisija.

TEORETSKI UTICAJI ZAGREJANE TOPLE VODE NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS NA POKAZATELJE KVALITETA VODE NA ISPITANOJ DEONICI DUNAVA

Na osnovu rezultata ispitivanja obavljenih u periodu između 1979-2004. godine u profilima osnovne mreže možemo utvrditi da se promena kvaliteta vode u pogledu najvećeg broja komponenti javlja mnogo izraženije u zavisnosti od vremena nego od mesta.

Uzimajući u obzir uzorce uzete na mestima uzvodno i nizvodno od Nuklearne elektrane Paks, kod najviše mesta uzorkovanja i karakteristika kvaliteta vode, funkcije tokom vremena su se promenile u pozitivnom smislu. Na mestima uzorkovanja nizvodno od Nuklearne elektrane Paks (Fajsz, Baja, Mohács, Hercegszántó) kvalitet vode nije pokazivao odstupanja u odnosu na uzvodnu deonicu (Dunaföldvár). To znači da **Nuklearna elektrana u pogledu vrednovanih komponenti nije imala značajnu ulogu u promeni kvaliteta vode Dunava.**

13.2 UTICAJI INVESTICIJE PAKS II NA ŽIVI SVET DUNAVA

U vezi sa investicijom Paks II – izgradnja, rad, rastavljanje – pri proceni uticaja na ekološko stanje Dunava odredili smo i vrednovali potencijalne uticajne faktore, očekivane uticaje, karakter uticaja i receptore uticaja. Pored toga, sastavili smo predloge intervencija u interesu očuvanja ekološkog stanja površinskih voda.

Na osnovu vrednovanja osnovnih stanja možemo zaključiti da se čak ni potencijalni uticaji investicije Paks II ne smeju proširiti na površinska vodna tela u blizini, te u skladu sa tim, tokom procene uticaja dali smo isključivo primedbe koje se odnose na vodno telo Dunava (HURWAEP444) koje je potencijalno izloženo emisijama.

U pogledu uticaja i područja uticaja na osnovu zakonske regulative (Vladina uredba broj 314/2005. (25.XII.)) razlikujemo posredne i neposredne uticaje odnosno prekogranične uticaje kao i njihova područja. Pri proceni uticaja karakter uticaja smo odredili na osnovu njihove trajnosti, jačini i značaju, usmerivši se na žive organizme (dakle sa gledišta vodnih organizama). Uzimajući u obzir kriterijume ODV-a za receptora smo uzeli živi svet. Tokom procene uticaja, kao receptore utvrdili smo biološke činioce koji su relevantni pri proceni stanja prema kriterijumima ODV-a. Fizička i hemijska svojstva vode ne smatramo receptorom kao ni samu vodu Dunava, ali oni nam pružaju bitne informacije u pogledu vrednovanja ekološkog stanja.

Potencijalne uticajne faktore tokom investicije Paks II rezimirali smo u sledećoj tabeli.

Potencijalni uticajni faktori	Izgradnja	Rad	Razgradnja	Havarija
Voda crpljena radi smanjenja nivoa podzemne vode	X		X	
Emisija prečišćenih komunalnih otpadnih voda	X	X	X	
Izgradnja rekuperacijske elektrane	X			
Oštećenje rezervoara za dizel gorivo prilikom izgradnje				X
Kvar havarijskog karaktera na precištaču komunalnih otpadnih voda				X
Crpljenje vode iz Dunava		X		
Ispuštanje zagrejane rashladne vode u Dunav		X		
Ispuštanje tehnološke otpadne vode u Dunav		X		
Ispuštanje prečišćenih atmosferskih voda u Dunav		X		
Oštećenje rezervoara za hemikalije, stanice za istakanje, rezervoara goriva za dizel agregate				X
Emisija otpadnog ulja i ostalog tečnog otpada				X
Emisija neprečišćenih industrijskih otpadnih voda				X

Tabela 51. Potencijalni uticajni faktori u vezi sa investicijom Paks II

Izgradnja

Voda crpljena radi smanjenja nivoa podzemne vode

Tokom izvođenja blokova Paksa II nekoliko objekata će se izgraditi sa dubokim temeljima, radovi će se izvoditi ispod nivoa podzemne vode. U ovom periodu neophodno je crpljenje vode iz građevinske jame. Količina iscrpljene vode po proračunima preduzeća Isotoptech Zrt. iznosi 13.000 – 18.000 m³/dan (maksimalno 0,2 m³/s). Zahvatana podzemna voda se odvodi u hladnovodni kanal, pa preko rashladnih kola elektrane dospeva u toplovodni kanal, a na kraju se vraća u Dunav. Predviđamo da će sadržaj hranjivih materija za biljke – posebno azotni oblici - crpljene vode biti veće nego u

dunavskoj vodi, stoga će receptor biti životni svet hladnovodnog kanala. Međutim, zbog razređivanja za više od petsto puta, odnosno zbog mešanja ne očekujemo posredan niti neposredan uticaj na ekološko stanje živog sveta Dunava.

Emisija prečišćenih komunalnih otpadnih voda

U vreme izgradnje Paksa II potreba za maksimalne količine pijaće vode, a zajedno s tim i maksimalne količine otpadne vode javljaju se u periodu nakon početka rada prvog novog bloka i istovremene izgradnje drugog bloka, prema planu u trajanju od 5 godina. Na osnovu proračuna zavoda VITUKI Hungary Kft., maksimalna količina komunalnih otpadnih voda koja nastaje u tom periodu je $614 \text{ m}^3/\text{dan}$. Prosečna količina komunalnih otpadnih voda koja nastaje na lokaciji Nuklearne elektrane Paks trenutno iznosi $300 \text{ m}^3/\text{dan}$. Dakle, merodavna količina komunalne otpadne vode za prečišćavanje, zaokruženo u korist bezbednosti ukupno iznosi $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$. Prečistač komunalnih otpadnih voda Nuklearne elektrane Paks primenjuje tehnologiju sa potpunom oksidacijom i aktivnim muljem, sa nominalnim kapacitetom od $1.870 \text{ m}^3/\text{dan}$. Prečišćena otpadna voda se preko cevovoda neposredno odvodi u toplovodni kanal, a odavde u Dunav. Prema modelu mešanja izrađenom od strane zavoda VITUKI Hungary Kft. za slučaj ekstremno niskog protoka od $579 \text{ m}^3/\text{s}$ sa učestalošću jednom u 20.000 godina možemo zaključiti, da vrednosti zagađujućih parametara, 10 metara nizvodno od tačke ispuštanja u Dunav već ostaju ispod graničnih vrednosti za analitičke metode sadržane u mađarskim standardima. Koncentracija i sastav ostataka hranljivih materija u prečišćenoj vodi verovatno će u blagoj meri biti veća od dunavske vrednosti, odnosno odstupaće od prirodne vrednosti karakteristične za Dunav. Ovaj uticaj se dalje smanjuje u toplovodnom kanalu razređivanjem devet hiljada puta i mešanjem, odnosno prirodnim procesom prečišćavanja. Iz tog razloga emisija prečišćene otpadne vode neće imati signifikantne, posredne ili neposredne uticaje na ekološku strukturu akvatičnih organizama Dunava. U pogledu količine emisije neće se moći iskazati ni hidrološki uticaj emisije.

Izgradnja rekuperacijske elektrane

Izgradnja rekuperacijske elektrane se nadovezuje na izgradnju Paksa II, iz tog razloga je uzet među potencijalne uticajne faktore, ali ova investicija i sama po sebi podleže obavezi ispitivanja uticaja na životnu sredinu, odnosno pribavljanja vodne dozvole za realizaciju, stoga u ovom dokumentu se nećemo baviti sa njenim vrednovanjem.

Oštećenje rezervoara za dizel gorivo tokom izgradnje

Mogućnost eventualnog ispuštanja i širenja zagađujuće materije, odnosno njegove posledice ispitivalo je preduzeće Isotoptech Zrt. Kao zaključak tog ispitivanja možemo utvrditi da vreme dospevanja od lokacije do Dunava spada u opseg od 10-20 godina. Dizel gorivo koje zbog eventualnog oštećenja rezervoara iscuri na zemlju tokom izgradnje može se odmah lokalno zbrinuti, kako zagađujuće materije ne bi dospele u Dunav. Prema tome, u slučaju takve havarije nikako ne može doći do posrednog ili neposrednog uticaja na površinske vode.

Kvar havarijskog karaktera na prečistaču komunalnih otpadnih voda

Potencijalne havarije tokom izgradnje, odnosno rada postrojenja je dospeće nastale neprečišćene komunalne otpadne vode u Dunav zbog kvara prečistača komunalnih otpadnih voda. Najveća količina se i u ovom slučaju može pojavit za vreme 5-godišnjeg perioda izgradnje. U skladu sa tim, i modeliranje havarijskog stanja je izvršeno za slučaj ispuštanja količine od $1000 \text{ m}^3/\text{dan}$ komunalnih otpadnih voda pri ekstremno niskom protoku Dunava od $579 \text{ m}^3/\text{s}$, uzimajući u obzir vrednost najveće koncentracije ispuštene sirove otpadne vode izmerene u zadnje dve godine. U ovom slučaju, kod profila Dunava 1.500 metara nizvodno, usled mešanja će svi parametri postići graničnu vrednost koja prema mađarskim normama predstavlja prag detekcije.

Kvar postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda predstavlja realnu opasnost u pogledu životne zajednice Dunava. Ispuštanje neprečišćene komunalne vode u količini od $\sim 1000 \text{ m}^3/\text{dan}$ u toplovodni kanal, zatim u Dunav, u odnosu na normalni pogon prouzrokuje povećanje koncentracije suspendovanih hranljivih materija i povećanje zamućenosti vode. Uzimajući u obzir razređivanje u toplovodnom kanalu u razmeru jedan prema devet hiljada, odnosno dodatnu desetostruko razređivanje čak i pri kritičnom najnižem vodostaju Dunava, emisija neprečišćene komunalne otpadne vode može imati blagi subletalni uticaj na živi svet Dunava. Vrednost biomase fitoplanktona će porasti u mlazu („perjanici“) ispuštene zagađene vode. U tom mlazu teoretski se može povećati riblja biomasa. Usled zagađenja u blizini ispuštanja među fitobentosnih organizama privremeno se mogu pojavit u većoj meri vrste koje su manje osjetljive na izloženost organskim materijama. Usled razređivanja emisija neprečišćene vode neće dostići letalni prag niti kod makrozoobentosnih organizama. MZB vrste će na opterećenost organskim materijama reagovati sa jedne strane izbegavanjem, sa druge strane izmenama u broju jedinki, zavisno od njihove tolerancije prema nivou kiseonika. Na ispuštanje neprečišćenih

otpadnih voda na području ispusta osetljivije riblje vrste reagovaće izbegavanjem, a vrste tolerantnije u pogledu hranljivih materija povećanjem broja jedinki. Zbog značajne razlike između količine ispuštene rashladne vode i količine nastale otpadne vode i u ovom slučaju se može računati samo na lokalne uticaje. Shodno tome, uticaj je kratkotrajan, srednje jačine i manjeg značaja. Međutim, preporučena je izgradnja baferskog kapaciteta u okviru postrojenja za prečišćavanje kojim se sprečava neposredno ispuštanje. Područje neposrednog uticaja na Dunav je <500m. Ne treba računati na područje neposrednog uticaja većeg od ovoga.

Rad postrojenja

Crpljenje vode iz Dunava

Dovod dunavske vode u cilju obezbeđenja rashladne vode vrši se preko hladnovodnog kanala. Količina crpljene vode odgovara količini vraćene tople vode preko toplovodnog kanala. U sadašnjem pogonskom stanju Nuklearne elektrane Paks ova vrednost iznosi 25 m³/s po bloku, ukupno 100 m³/s. Za nove blokove će trebati 66 m³/s po bloku, ukupno 132 m³/s. Najveća količina crpljene vode očekuje se pri zajedničkom radu oba postrojenja u periodu između 2030. i 2032. godine. Tada će količina crpljene vode biti 232 m³/s. Crpljenje vode uzrokuje promene u protoku dunavske vode samo na deonici između hladnovodnog i toplovodnog kanala. Količina crpljene vode ne prouzrokuje poremećaje na ovoj deonici reke ni u slučaju niskih protoka vode. Na osnovu proračuna obima morfoloških promena korita od strane zavoda VITUKI Hungary Kft ne računamo sa posrednim niti sa neposrednim uticajima na živi svet.

Ispuštanje zagrejane rashladne vode u Dunav

Rashladni sistemi planirane nuklearne elektrane mogu se podeliti na tri glavna dela (1) rashladna voda kondenzatora, (2) tehnološka rashladna voda i (3) bezbednosna rashladna voda. U pogledu toplotnog opterećenja merodavna je količina rashladne vode kondenzatora računata za dva bloka, ukupno 132 m³/s.

Najveći zapreminski protok tople vode očekujemo u periodu od 2030. do 2032. godine.

Rashladne i ostale otpadne vode dospevaju u glavno korito Dunava preko toplovodnog kanala dužine 1.500 metara. Usled toga se u tački ispuštanja menjaju uslovi proticanja Dunava. Zbog toga, na osnovu rezultata ispitivanja koja služe za izradu studije uticaja na životnu sredinu, u području tačke ulivanja sastav vrsta fitobentosa će se izmeniti uslovno, a zajednice makrozoobentosa i riba sigurno, i – barem delimično – će porasti vrednost njihove abundance. Ovaj uticaj je dugoročan, srednje jačine, ali manjeg značaja. Posredno i neposredno područje uticaja je <250 m. Tokom rada, u interesu zaštite riblje zajednice preporučljivo je zabraniti ribolov i ribarstvo u prečniku od 250 metara.

Sa pitanjem toplotnog uticaja rashladne vode vraćene u Dunav bavimo se stalno, još od dana puštanja u pogon Nuklearne elektrane Paks. Zaključci se mogu rezimirati po sledećem.

- (1) Maksimalna letnja temperatura Dunava, merodavna u pogledu toplotnog opterećenja javlja se obično između 21–24 °C, u izuzetnim slučajevima dostiže i vrednost iznad 25 °C. Hod temperatura je karakterističan za svako razdoblje, maksimumi se javljaju od početka jula do kraja avgusta.
- (2) Godišnji hod protoka (zapreminski protok) dunavske vode manje je pravilan, ali je jednoznačno da najniži vodostaji koji prouzrokuju relativni maksimum toplotnog opterećenja, javljaju se najverovatnije u jesenjem i zimskom periodu.
- (3) Opasnost od toplotnog opterećenja smanjuje svojstvenost Dunava da se visoki vodostaji skoro isključivo javljaju u julu i avgustu, a niski vodostaji od oko 1000 m³/s pretežno se javljaju samo od septembra.

Stanje prognozirano prema ranijim statističkim podacima izmenilo se zbog izuzetno suvih i toplih letnjih vremenskih prilika između 1992. i 2003. godine, jer je u periodu od jula do avgusta temperatura vode bila između 20–26 °C.

Na osnovu ranijih ispitivanja se utvrđuje da do 2015. godine ne treba očekivati promene u kvalitetu vode koje bi nastupile kao direktna posledica vraćanja korišćenih i tretiranih voda iz Nuklearne elektrane Paks i koje bi izazvale promenu u klasi kvaliteta vode Dunava.

Ispitivanje i prognoza povezanosti hidrohemiskih parametara Dunava i temperature dunavske vode u području Dunaföldvára, Fadda i Hercegszántóa za merodavne termine

Prognozu promena hidrohemijских parametara Dunava vezanih za kritične vrednosti temperature vode, odnosno očekivane intervale njihovih pojavljivanja odredili smo statističkim metodama. U okviru merenja u osnovnoj mreži obavljena su ispitivanja različitih komponenti svakog meseca, odnosno godišnje u dvanaest navrata. Mesečna ispitivanja su omogućila praćenje godišnjih sezonskih promena. U okviru ispitivanja sa velikim brojem elemenata primenom analize raspodele linearног trenda utvrdili smo da li postoji veza linearног trenda datog elementa sa temperaturnim promenama, ili ne zavisi od njih. Ukoliko postoji takva veza, u tom slučaju se sa statističkim metodama može izračunati očekivana vrednost koja pripada određenim temperaturama. Ukoliko ne postoji korelacija između date komponente i temperature dunavske vode, možemo pretpostaviti da prosek i raspodela pojavljivanja određene komponente izmerena u zadnjih sedam godina odgovara očekivanim vrednostima raspodeli i u predstojećem periodu.

U tom cilju smo odredili koeficijent korelacije i parametre ekvivalentnog linearног trenda. Koeficijentom korelacije je parametrizovana jačina veze, a jednačina ekvivalentne prave je omogućila da u slučaju različitih topotnih scenarija odredimo očekivanu vrednost. U okviru statističkih ispitivanja utvrdili smo raspodelu datog elementa na koju su vršili uticaj promene temperature po godišnjim dobima, vodostaji Dunava i pripadajuće aktualne vrednosti protoka, kao i minimalne i maksimalne vrednosti koje su se javljale u ispitnom vremenskom periodu. Uzimajući u obzir koeficijent korelacije koji predstavlja koreacionu vezu na osnovu vrednosti distribucije odnosno minimuma i maksimuma koje su se javljale do sada, procenili smo očekivanu vrednost i interval vrednosti date komponente u budućnosti.

Izvršili smo klasifikaciju prema ODV-u na osnovu očekivane vrednosti i na osnovu računatog očekivanog intervala.

U cilju poređenja, na osnovu podataka o kvalitetu vode u nizvodnom profilu kod Fadda izvršili smo proračune i za maksimalno dozvoljeno topotno opterećenje od 30 °C kod Velikog napera.

Rezime posledica ispuštanja zagrejane rashladne vode u Dunav

Na osnovu izvoda ranijih rezultata ispitivanja kvaliteta vode, protoka i temperature Dunava može se ostvariti povećanje topotnog opterećenja na način da se pri tom ne prekorače granice određene za očuvanje kvaliteta vode recipijenta, odnosno da nije u suprotnosti sa gledišтima zaštite prirode. U pogledu topotnog opterećenja tokom rada, uvažavajući propisane granice, usled emisija Nuklearne elektrane Paks II ni u nepovoljnim situacijama se neće menjati hidrohemjni i fizički kvalitet Dunava u odnosu na sadašnje stanje.

Iz rezimiranih rezultata ispitivanja kvaliteta vode Dunava obavljenih u tačkama osnovne mreže u periodu između 2006-2011. i 2012-2013. godine možemo utvrditi da će se topotno opterećenje prema proračunima u blagoj meri povećati nakon realizacije planiranog povećanja kapaciteta.

Usled uticaja povećanja kapaciteta, međutim, u budućnosti se ne očekuje bitna promena vrednosti pokazatelja kvaliteta dunavske vode (aciditet, sadržaj soli, kiseonički režim i hranljive materije za biljke) koji u manjoj ili većoj meri zavise od povećanja temperature.

Premda se usled uticaja zagrejane rashladne vode nuklearne elektrane, vraćene u reku ubrzaju procesi razgradnje organskih materija koje prati potrošnja kiseonika i oduzimanje kiseonika, taj uticaj se izjednačava zahvaljujući hidrauličkim svojstvima, uslovima mešanja i karakteristično visokom sadržaju rastvorenog kiseonika ove reke. Spomenuti uticaji prema očekivanjima neće biti značajni, ali radi zaštite kvaliteta vode ne smeju se ni zanemariti, te iz tog razloga preporučujemo njihov monitoring i u budućnosti.

Tokom procene osnovnog stanja, u slučaju fitobentosa uslovno, a u slučaju zajednice makrozoobentosa i riba nedvosmisleno je dokazan sadašnji uticaj tople vode na desnoj strani profila na dužini od skoro 2 km. To znači da se uticaj povećanja temperature za $\Delta t=2,5$ °C može iskazati u slučaju ovih taksona. Istovremeno, povećanje temperature u strukturi zajednice planktonskih algi nije prouzrokovalo signifikantne promene. Rezultati ekoloških analiza ukazuju na to da se iskazani uticaji mogu opisati kao dugotrajni. Na osnovu analiza je dokazano da je uticaj tople vode i pri idealnim uslovima uzorkovanja tek na pragu detekcije, uticaj emisije Nuklearne elektrane Paks može se otkloniti i prirodnom raznolikošću ekoloških svojstava Dunava. I sam uticaj je značajan više zbog trajnosti izloženosti nego li zbog obima.

Na dotičnoj deonici Dunava fizički i hemijski rezultati vode dobijeni tokom ispitivanja osnovnog stanja potvrđuju da usled fizičkog povećanja kapaciteta elektrane u budućnosti ne treba očekivati promene vrednosti pokazatelja vode Dunava koji u manjoj ili većoj meri zavise od povećanja temperature, kao što je karakteristično stanje aciditeta, sadržaja soli, kiseoničkog režima i hranljivih materija za biljke.

U pogledu ekološkog stanja Dunava najznačajniji ekološki uticaj predstavlja emisija zagrejane rashladne vode. Ovaj uticaj će biti najjači u vremenskom periodu između 2030-2032. godine. Osim tri izložena taksona utvrđena pri vrednovanju

osnovnog stanja (fitobentosi, makrozoobentosi, ribe), verovatno ni u ovom periodu ne treba računati na druge grupe organizama kao na neposredne receptore. Uticaj toplotnog opterećenja je dugotrajno, intenzivno i od velikog je značaja. Međutim, na osnovu rezultata ekoloških ispitivanja možemo zaključiti da uticaj toplotnog opterećenja (i zajedničkog rada svih šest blokova u globalu) na dotičnoj deonici Dunava niti u jednoj grupi živih bića neće prouzrokovati pogoršanje klase stanja prema kriterijumima ODV-a. Prema pretpostavkama, rad rekuperacijske hidroelektrane će u pogledu temperature ispuštene vode uticati povoljno. U letnjem periodu sa niskim vodostajem može se javiti potreba za smanjenjem kapaciteta blokova. Po izrađenom modelu, za vreme zajedničkog rada svih blokova područje neposrednog uticaja će biti nizvodno od tačke ispuštanja, na udaljenosti od oko 11 km, kod 1515,8 rkm Dunava. Na osnovu modelskog proračuna toplotni mlaz karakterisan izotermijom od $\Delta t=2,5$ °C doseže srednju liniju Dunava, ali je ne prelazi u značajnoj meri.

Posredni uticaji toplotnog opterećenja javljaju se kao strukturalne promene koje nastaju širenjem preko zahvaćenih životnih zajednica, delom kao posledica promene u kruženju hranjivih materija u zajednicama potrošačkih organizama, a delom kao rezultat kompeticije, odnosno konkurenциje usled povećanja relativne ili apsolutne abundance invazivnih vrsta. Naime, na osnovu rezultata ranijih ispitivanja (Halasi-Kovács 2005, SCIAPI 2010) i procene osnovnog stanja, zaključujemo da kao posredni uticaj emisije tople vode, vodna područja zahvaćene deonice sa odgovarajućim karakteristikama mogu funkcionsati kao središta razmnožavanja invazivnih vrsta te na taj način doprineti njihovom daljem širenju. U pogledu kruženja hranljivih materija područje posrednog uticaja je istovetno sa područjem neposrednog uticaja toplotnog opterećenja određenim u vezi sa biološkim elementima za vreme zajedničkog rada blokova. U pogledu emisije invazivnih vrsta se ne može odrediti prostor područja uticaja na nivou biološke organizacije iznad jedinki (supraindividualni nivo), iz tog razloga uticaj registrujemo, ali pripadajuće područje uticaja nećemo odrediti. U skladu sa tim, celo područje uticaja istovetno je sa neposrednim područjem uticaja.

Za vreme samostalnog rada Paksa II (2037-2085.) možemo računati sa nižim toplotnim opterećenjem u odnosu na osnovno (sadašnje) stanje. Međutim, uticaj usled toplotnog opterećenja i u ovom periodu je dugoročan, srednje jačine i od velikog značaja. Na osnovu rezultata ispitivanja osnovnog stanja se može izjaviti da uticaj toplotnog opterećenja tokom samostalnog rada ni u jednoj grupi živih organizama neće prouzrokovati pogoršanje klase po kriterijumima Okvirne direktive o vodama (ODV) na dotičnoj deonici Dunava. Prema proračunima na osnovu modela izrađenog od strane zavoda VITUKI Hungary Kft. područje neposrednog uticaja u tom vremenskom periodu se nalazi na nizvodnoj deonici od ispusta, na udaljenosti od oko 1.000 metara, gde njegova širina doseže do srednje linije Dunava. U vezi sa posrednim uticajem, odnosno njegovim područjem važe iste konstatacije kao u prethodnom pasusu.

Ispuštanje tehnološke otpadne vode u Dunav

Tokom upotrebe tehnoloških voda nastaju razne radioaktivne i konvencionalne industrijske otpadne vode, čija količina u vremenu samostalnog rada iznosi $50 \text{ m}^3/\text{h}$. Od toga $10 \text{ m}^3/\text{h}$ je radioaktivna, a $40 \text{ m}^3/\text{h}$ je konvencionalna otpadna voda. U uslovima rada pogona ova zagađenja se eliminisu pomoću specifičnih metoda čišćenja. Tako nastale otpadne vode sa koncentracijom zagađujućih materija ispod graničnih vrednosti odvode se u Dunav preko toplovodnog kanala. Jedan deo zagađujućih materija koje su dospele u vodu tokom upotrebe, može se ostati u otpadnoj vodi u signifikantnoj koncentraciji i nakon čišćenja. Međutim, jedan deo zagađenja prolazi kroz dalju degradaciju u toplovodnom kanalu, odnosno značajno razređeno u rashladnoj vodi (1:0,0001) dospeva u Dunav koji je krajnji recipijent. Pri vrednovanju osnovnog stanja ovaj uticaj Nuklearne elektrane Paks ne može se iskazati u pogledu ekološkog stanja akvatičnih organizama. Tokom rada, ispuštene otpadne vode u celini neće imati signifikantne uticaje na strukturu akvatičnih organizama Dunava. Tokom rada postrojenja treba nastojati postići što veći stepen efikasnosti prečišćavanja, odnosno bitan je i stalni monitoring emisije.

U vremenu zajedničkog rada svih blokova količina ispuštene industrijske vode će se povećati na oko $90 \text{ m}^3/\text{h}$, ali zahvaljujući prečišćavanju njihova koncentracija se neće menjati. Prema tome, sve što je utvrđeno u vezi sa periodom samostalnog rada Paksa II, važi i za stanje u periodu zajedničkog rada.

Ispuštanje prečišćene atmosferske vode u Dunav

Atmosferske vode sa područja pogona preko odvajača (separadora) ulja prikupljaju se u severnom i južnom obodnom kanalu, te se severnim odvodi u hladnovodni kanal, a južnim u toplovodni. Prema ispitivanju osnovnog stanja, ispuštanje tople vode u Dunav, u pogledu naftnih derivata nije imalo signifikantan uticaj.

Oštećenje rezervoara za hemikalije, stanice za pretakanje, rezervoara goriva za dizel aggregate, ispuštanje otpadnog ulja i ostalih tečnih otpada.

Rezervoari za hemikalije, podstanica za pretakanje, skladište za otpadno ulje i ostalih tečnih otpada su projektom predviđeni u zatvorenoj zgradi. Na otvorenom se nalazi rezervoar goriva dizel agregata. Kao rezime ispitivanja slučaja eventualnog ispuštanja i širenja zagađujućih materija možemo izjaviti da vreme dospevanja u Dunav spada u opseg od 10-20 godina. U slučaju eventualnog oštećenja rezervoara za hemikalije, stanice za pretakanje, rezervoara goriva dizel agregata, skladišta za otpadno ulje i ostalih tečnih otpada, ulje koje isuri na površinu zemlje može se odmah lokalno sanirati, kako zagađujuće materije ne bi dospele u Dunav. U skladu sa tim, u slučaju takve havarije ne treba računati na posredan niti na neposredan uticaj na površinske vode.

Ispuštanje neprečišćenih industrijskih otpadnih voda

Kvar na prečistaču industrijskih otpadnih voda sam po sebi ne izaziva neposredno dospevanje neprečišćene industrijske otpadne vode u Dunav, odnosno u ostale površinske vode s obzirom na to da ona preko taložnih bazena dospeva prvo u toplovodni kanal, pa preko njega u Dunav. Konačno čišćenje se obavlja u taložnim bazeinima. Njihovo oštećenje realno ne prouzrokuje zagađenje površinskih voda, već može prouzrokovati zagađenje podzemnih voda. Sa teoretske strane, u vezi sa ispuštanjem neprečišćene industrijske otpadne vode u Dunav može se ustanoviti sledeće. Pri zagađenju, ispuštanje preko toplovodnog kanala u Dunav, zbog značajnog razređivanja (1:0,0003) verovatno ni u neprečišćenom stanju ne prouzrokuje pomor živih organizama, prema pretpostavkama ovaj uticaj je subletalan, živi organizmi koji su sposobni za aktivno kretanje privremeno će izbegavati područje. Međutim, zbog ispuštenih toksičnih materija i usled njihovog sporog razgrađivanja može imati i dugoročniji uticaj na akvatične organizme. Ovaj uticaj, imajući u vidu i odnos razređivanja u Dunavu, na osnovu ekspertize stručnjaka ne prelazi 50 km.

13.3 VREDNOVANJE INVESTICIJE PAKS II SA STANOVIŠTA PLANA UPRAVLJANJA REČNIM SLIVOM (PURS)

Na osnovu Plana upravljanja rečnim slivovima za podsliv Dunava (VKKI – Centralna direkcija za vodoprivodu i zaštitu životne sredine, 2010) ekološko stanje cele domaće deonice Dunava je umereno, ne dostiže dobro stanje. Ovo se može delom svesti na kvalitativne, ali istom ili još većom težinom i na hidromorfološke razloge, s obzirom da je hemijsko stanje Dunava klasifikovano kao dobro. Klasifikacija deonice Dunava Szob-Baja i južno od Baje na osnovu fitoplanktona i fitobentosa je dobro. U pogledu klasifikacije makrozoobentosa i ribljih životnih zajednica niti jedno vodno telo Dunava ne dostiže dobro stanje. U tome su presudni prvenstveno hidromorfoloških uticaji zaštite od poplava, obezbeđenje obale i regulacije korita, s obzirom na to da na osnovu ostalih indikatorskih parametara organske zagađenosti sve deonice su dobile klasifikaciju dobrog stanja. Prema klasifikaciji na osnovu ispitivanja beskičmenjaka na dnu korita, prihvaćenog od strane ICPDR (Međunarodna komisija za zaštitu reke Dunav), Dunav i skoro sve njene sporedne reke pokazuju srednje-kritičnu vrednost zagađenosti. Na osnovu činjenica sadržanih u PURS-u se utvrđuje da se dobar ekološki status na mađarskoj deonici Dunava može postići samo zajedničkim nastupom svih država na području celog sliva Dunava. Umereni ekološki status nastao kao posledica hidromorfoloških intervencija i emisija zagađujućih materija može se popraviti za jednu klasu samo preduzimanjem značajnih i veoma skupih intervencija. Prema planovima (VKKI 2010) do 2027. godine može se postići cilj da ekološki status vodnog tela Dunava između Szoba i Baje sa oznakom HURWAEP444 bude dobro.

Rezultati procene stanja prema kriterijumima ODV-a, u okviru ispitivanja uticaja na okolinu obavljenih tokom 2012. i 2013. godine potvrđuju da su klasifikacione vrednosti ispitanih parametara (fizički i hemijski pokazatelji vode: dobro; FP: dobro; FB: umereno; MF: umereno; MZB: umereno; ribe: dobro) u skladu sa vrednostima sadržanim u PURS-u, ni jedan parametar nije pokazivao lošije stanje.

Istovremeno, analize finije rezolucije su iskazale da tokom rada Nuklearne elektrane Paks, emisija tople vode prouzrokuje signifikantan uticaj u ekološkoj strukturi makrozoobentosa i riba, dok se isti uticaj ne isključuje u slučaju fitobentosa. Uticaj koji se manifestuje u pokazateljima strukture zajednice može se iskazati do temperaturne promene od $\Delta t=2,5$ °C. Temperaturna promena za vreme rada Nuklearne elektrane Paks javlja se na dužini od 2 km na desnoj obali dotične deonice Dunava. Na osnovu rezultata ispitivanja potvrđeno je i to da veličina iskazanog uticaja ne prouzrokuje pogoršanje klase ekološkog statusa date deonice Dunava.

U pogledu investicije Paksa II toplotno opterećenje predstavlja najznačajniji uticaj. Sa najvećim toplotnim opterećenjem možemo računati u periodu između 2030-2032. godine. U ovom periodu će raditi sva četiri bloka Nuklearne elektrane Paks i dva bloka Paksa II. Celo područje uticaja toplotnog opterećenja se može prostirati na dužini maksimalno 11 km na nizvodnoj deonici od mesta ispuštanja u Dunav. Ova tačka se nalazi kod mesta 1515,8 rkm Dunava. Na osnovu iznetog utvrđuje se da se usled toplotnog opterećenja ne očekuje prekogranično zagađenje.

Na osnovu ranije iznetih, neposredni receptori uticaja će biti grupe živih organizama fitobentosa, makrozoobentosa, i riba. Kao neposredni receptori, prvenstveno se mogu pojaviti potrošački organizmi - makrozoobentosi, ribe. Najjači posredan uticaj tople vode se javlja u ulozi podsticanja širenja invazivnih vrsta. Uticaj usled topotnog opterećenja je dugoročan, jak i od velikog značaja na području uticaja. Na osnovu rezultata ekoloških ispitivanja može se zaključiti da topotno opterećenje ni u jednoj grupi živih organizama neće prouzrokovati pogoršanje klase prema kriterijumima ODV-a na dotičnim nizvodnim deonicama. Isti zaključak važi i za ukupan ekološki status.

Tokom samostalnog rada Paksa II (2037-2085.) prema rezultatu modelskog proračuna topotno opterećenje neće dostići sadašnju vrednost emisije Nuklearne elektrane Paks. Područje uticaja će se prostirati na ~1 km nizvodno od mesta ispuštanja u Dunav. To ujedno znači da nizvodno od ispuštanja, od 2037. godine možemo računati na ekološki status povoljniji od današnjeg.

Na osnovu ispitivanja se utvrđuje da ekološke ciljeve datog vodnog tela Dunava, postizanje dobrog ekološkog statusa dotičnog vodnog tela Dunava investicija Paks II ne sprečava, zbog nje ne treba menjati rok ostvarenja ekoloških ciljeva.

14 GEOLOŠKA SREDINA I PODZEMNE VODE NA LOKACIJI I U NJENOM NEPOSREDNOM OKRUŽENJU

U cilju utvrđivanja i opisa stanja geološke sredine i podzemnih voda ispitano je područje Nuklearne elektrane Paks, planirana lokacija proširenja i njeno usko okruženje (3 km, najbliže izvorište pijače vode je u Csámpi).

U pogledu opisa stanja pod površinskim voda ispitane su podzemne vode, moguća izvorišta sa priobalnim procedivanjem i arteske vode. Horizontalni opseg ispitivanog područja određen je mrežom više od 220 komada bunara za kontrolu kvaliteta i nivoa podzemnih voda, odnosno bunarima crpne stanice u Csámpi. Ispitivanjima je vertikalno obuhvaćeno – uzimajući u obzir položaj arteskih izdana – geološki prostor od površine terena do 210 metara dubine.

Na ovom području postoje dve vrste podzemnih voda: arteska voda u panonskim peščanim slojevima u dubini, ispod vodonepropusnih slojeva, odnosno kontinualna lutajuća (freatska) podzemna voda u pleistocensko-holocenskom konglomeratu iznad njih.

Na lokaciji postrojenja, do nivoa podzemnih voda su ispune raznih sastava i debljina, ispod kojih se nalaze aluvijalna glina, aluvijalni pesak i aluvijalni mulj naneseni poplavom Dunava. Dalje od korita Dunava prvobitnu površinu prekriva rano-holocenski živi pesak. Atmosferske vode stižu do podzemnih voda vertikalnim procedivanjem kroz gornjih slojeva. Nisko aluvijalno područje umreženo je popunjениm meanderima (bivšim krivinama korita reke). Izgrađeni nasipi za zaštitu od poplava na nivou od 96-97 m n.v.B. trenutno su dovoljni za odbranu područja od poplava, ali promene u vodostaju Dunava jako utiču na nivo podzemnih voda – prvobitno kroz slojeve nekadašnjih zavoja korita.

Iznad gornjo- i srednjeholocenskog aluvija Dunava izdiže se na oko 6-8 metara staro-holocenska terasa od sitno- i srednjezrnog rečnog peska isprekidanog slojevima krupnozrnog šljunka. Površina joj je prekrivena kasnim holocenskim živim peskom. Na nivo podzemne vode terase Dunav već jedva ili uopšte nema uticaja.

Dolinu Dunava sa severozapadne strane ograju lesna zaravni visine 160-180 m n.v.B. Padavine koje se proseđuju u tlo lesne zaravni sakupljaju se u poroznijim slojevima iznad vodonepropusnog sloja i teku prema erozijskoj bazi (Dunav). Odavde se napaja podzemna voda doline Dunava. Ispod vodonosnih slojeva nalaze se sedimentni redovi gornje panonske regije, to su slojevi peska, glinenog laporu i lapornog praha raznih debljina, to jest vodonosni slojevi i vodonepropusni slojevi naizmenično. Vertikalni faktor filtriranja gornjih 20-30 m iznosi 10^{-6} - 10^{-7} m/s. Debljina gornje-panonskih formacija tla na ovom području iznosi oko 500 m. Lutajuće podzemne vode ne mogu dospeti prirodnim putem do arteskih voda zbog pritiska koja vlada u arteskoj izdani.

Podzemna voda na ovom području čini kontinualni sistem, srednji nivo podzemne vode se nalazi u gornjem finom klastičnom (peščanom, praškastom) sloju, na dubini od 8-10 m ispod nivoa terena. Aktualni nivo podzemne vode određen je uglavnom aktualnim vodostajem Dunava.

Pri visokim vodostajima i poplavama reka napaja vodonosne slojeve, raste nivo vode filtrirane iz pozadine, poveća se i nivo podzemne vode. Uticaj promena u vodostaju Dunava – kolebanje premašuje i 8,5 metara – prema podacima kontrolnih bunara, najviše se javlja u pojasu širine oko 200-500 m duž reke, ali se taj uticaj može iskazati i na udaljenosti od 1500 metara od obale. Uticaj se javlja sa kašnjenjem, samo tokom trajnih poplava se javlja u celom opsegu,

udaljavanjem od obale porast nivoa vode je sve slabiji. U slučaju kraćih poplavnih talasa uticaj je neznatan. Usled poplavnog talasa nivo podzemne vode na 100-200 m od obale povećava se tek nakon oko 2 dana.

Očekivani maksimalni nivo podzemne vode pored hladnovodnog kanala je na oko 94 m n.v.B. Na područjima elektrane udaljenim od Dunava višegodišnja prosečna sezonalna fluktuacija nivoa vode iznosi oko 2 m. Brzina proticanja podzemne vode nije ujednačena, menja se u zavisnosti od granulometrijskog sastava vodonosnog sloja.

U pogledu hemijskog sastava podzemne vode sadrže kalcijum-azotne karbonate. Sadržaj ukupne rastvorene materije u vodi u proseku iznosi 300-400 mg/l, pH je slabo bazno, prosečna ukupna tvrdoča je 15-25° dH (nemački stepen), karakteristična koncentracija hloridnih jona je 20-30 mg/l, sadržaj sulfatnih jona je u proseku 100-150 mg/l. Obično sadrži više gvožđa (0,5-1,0 mg/l) i mangana (0,3-0,8 mg/l).

14.1 GLAVNI PROCESI STRUJANJA PODPOVRŠINSKIH VODA U OKOLINI LOKACIJE

Podzemna voda

U užem okruženju lokacije Nuklearne elektrane Paks obavili smo kompleksna modelska ispitivanja strujanja lutajućih i arteskih podzemnih voda, odnosno analizu širenja najmobilnijeg pripadajućeg radioaktivnog izotopa, tricijuma (^{3}H). Budući da se elektrana nalazi na obali Dunava, najznačajniji uticajni faktor u pogledu strujanja lutajućih i arteskih podzemnih voda je sam Dunav i hladnovodni kanal koji je usko povezan sa njim. Pored ova dva glavna faktora jak uticaj ima i jezero Kondor, odnosno zapadna lesna zaravan. Zajednički uticaj svih ovih faktora u datom periodu određuje uslove strujanja podzemnih voda u okolini lokacije.

Područje se može karakterisati sledećim obuhvatnim brzinskim prostorima:

- U blizini severne strane glavne zgrade i hladnovodnog kanala obično se javljaju veće brzine strujanja podzemne vode nego na južnoj strani. Razlika može biti i 1-2 reda veličine.
- Na jugoistočnoj strani susreću se dve zone sa suprotnim smerom strujanja. Usled toga severno od bunara O5 formira se jedna zona sa sporim proticanjem.
- Kod niza bunara „T“ (istočno od niza bunara sa oznakom „O“) nastaje strujanje iz pravca jezera Kondor.

Na osnovu upoređenja maksimalnih brzina možemo utvrditi da se najmanja brzina javlja za vreme srednjeg vodostaja Dunava, $V_{\min} = 7,7 \cdot 10^{-6}$ m/s. Najveće brzine pripadaju najmanjem vodostaju Dunava, $V_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ m/s. Ove brzine su karakteristične duž Dunava i hladnovodnog kanala, u neposrednoj blizini glavne zgrade strujanje podzemne vode je sporije. To znači da voda pređe dnevno 0,66 – 1,38 metara u blizini hladnovodnog kanala. Razlika u brzinama izmerenih pored hladnovodnog kanala odnosno pored glavne zgrade može da iznosi i više od jednog reda veličine. Dužine puteva pređenih tokom jednog dana u blizini glavne zgrade variraju zavisno od mesta i vremena, u rasponu 0,028 – 0,53 metara. U nezasićenoj zoni se javljaju i vertikalna oscilirajuća kretanja. Njihove veličine su za više redova veličina manja od brzina u zasićenoj zoni.

U cilju ispitivanja međusobnog uticaja podzemnih i površinskih voda na lokaciju i u njenom neposrednom okruženju izradili smo hidrološki model sa primenom uslova koji se javljaju pri ekstremnim vodostajima Dunava. Ekstremne vrednosti smo uzeli iz niza podataka zabeleženih na mernoj letvi kod Paksa i iz trinaestogodišnjih (2000-2013.) rezultata crpne stanice kod hladnovodnog kanala. Najniži je bio vodostaj 03. decembar 2011. godine. Tada je na mernoj letvi kod Paksa izmerena visina od 84,81 m n.v.B., a kod hladnovodnog kanala 84,3 m n.v.B. Najviša vrednost je izmerena 11. jun 2013. godine. Na mernoj letvi kod Paksa vrednost je bila 94,29 m n.v.B., a kod hladnovodnog kanala 94,01 m n.v.B.

Pri ekstremno niskom vodostaju Dunava procesi slede tokove koji se javljaju pri niskom vodostaju, to jest od ribljih jezera prema Dunavu proticanje je u smeru istoka, a bliže hladnovodnom kanalu je strujanje u pravcu severozapada. Sa područja postaje elektrane pravac proticanja je prema severoistoku, sa lokacije planirane elektrane vidimo proticanje u pravcu istoka, dok iz pravca zapadne lesne zaravni podzemna voda strui prema hladnovodnom kanalu na istoku. To znači da pri niskom vodostaju Dunava riblja jezera se ponašaju kao izvori, a Dunav i hladnovodni kanal kao slivnici.

Mada pri ekstremno visokom vodostaju procesi prate tokove koji se javljaju pri visokom vodostaju, povratni porast nivoa mnogo je izraženiji. Na južnom delu Dunava pored lokacije javlja se povećanje nivoa prema zapadu u pravcu ribljih jezera. Na istočnoj strani hladnovodnog kanala javlja se porast nivoa prema jugoistoku, takođe prema ribljim jezerima. Južno od hladnovodnog kanala, kod obodnog kanala susreću se strujanja prema zapadu i prema istoku (od zapadne lesne zaravni). Na zapadnoj strani hladnovodnog kanala (područje proširenja) proticanje je u pravcu severozapada, koje se ublažava

nakon spajanja sa jugoistočnim strujanjem iz pravca lesne zaravni. U ovom slučaju Dunav i hladnovodni kanal se ponašaju kao izvori a riblja jezera i obodni kanal kao slivnici.

Brzinski prostor modela povezali smo sa mestima o kojima pretpostavljamo da mogu funkcionišati kao izvori tricijuma, npr. područje ispod bloka, tehnološki sistemi, dati potezi cevovoda. Tokom brojanja tricijumskih sočiva pretpostavljali smo da na odabranim mestima, usled dospeća tricijuma u tlo uvek nastupa određena koncentracija koja je veća od koncentracije neizloženog područja. Model je brojao širenje količine tricijuma unete kao početni uslov, koji smo odredili prema pretpostavljenim količinama na tim mestima i prema izmerenim podacima. Tricijumsko sočivo za početni uslov dobili smo iz "steady state" simulacije koja rešava jednačine prema ustaljenom stanju pre vremenski promenljivog (tranzientnog) brojanja. U slučaju brojanja tricijuma prvenstveno smo se usmerili na okolinu glavne zgrade. Vreme dospeća od glavne zgrade do njoj najbližeg kontrolnog bunara je 1-6 meseci, dok između glavne zgrade i Dunava iznosi 12-20 godina, zavisno od vodostaja Dunava. Ove podatke smo pored modelskih proračuna potvrdili i starostima vode $^{3}\text{H}/^{3}\text{He}$ računatim iz visoko osetljivih izotopa tricijuma i helijuma.

Arteske vode

Porozni slojevi gornjeg panonskog konglomerata u okolini Paksa sadrže artesku vodu. Prosečna količina arteske vode iznosi 1,0-1,5 l/s/km². Dubina gornje-panonskih izdani iz koje se crpi voda, varira između 60-229 m. Pijezometarske visine voda u svim bunarima – u vreme njihovog puštanja u pogon – bile su iznad nivoa terena, dakle radi se o bunarima sa pozitivnim pritiskom. Nivo pritiska varirala je između +0,1 i +6,7 m. Specifični kapaciteti su bili od 5,2 do 87,7 l/min/m, temperatura crpljene vode je varirala od 14 do 23 °C, zavisno od dubine izdani.

Na osnovu navedenih pretpostavljamo da plitke arteske vode u sedimentnim slojevima gornjeg panonskog konglomerata pripadaju raznim, međusobno nezavisnim hidrauličkim sistemima. Zbog uslova pritisaka do komunikacije može doći samo iz smera arteskih voda prema lutajućim podzemnim vodama.

Kvalitet arteskih voda zavisi prvenstveno od materijalnog sastava izdani. Osnovni tip vode obično sadrži kalcijum-magnezijum-azotne karbonate, pH je bazno. Sadržaj ukupnih rastvorenih materija obično ne dostiže koncentraciju od 1000 mg/l. Vode iz dubljih slojeva obično sadrže više rastvorenih soli. Sadržaj hloridnih jona (10-190 mg/l) raste sa dubinom. Ove vode praktično ne sadrže sulfatore. Zbog znatne koncentracije gvožđa i mangana vodu treba tretirati.

Nuklearna elektrana Paks snabdeva se vodom iz izvorišta u mestu Csámpa-puszta (Čampa-pusta). Sistem za crpljenje i kontrolu vode u sadašnjem stanju čine 4 bunara u eksplotaciji i 3 u rezervi. Ukupan kapacitet bunara u eksplotaciji je oko 800 m³/dan, što će se za vreme građenja Paksa II, prema prethodnim proračunima podići na oko 1400-1500 m³/dan. Priraštaj iznosi oko 650 m³/dan. U poslednjih 10 godina (2004-2013.) količina crpljene vode pokazuje tendenciju smanjivanja, usled čega su se povećali nivoi vode kako u mirnom tako i u pogonskom stanju. Utvrđili smo smerove proticanja u okolini crpnih bunara, staze sa zalihama za 50 godina, odnosno konuse depresije nastalih usled povećanja eksplotacije. Na osnovu hidrološkog modela izvorišta isključeno je dospeće podzemne vode koja se nalazi ispod Nuklearne elektrane Paks, u izvorište u mestu Csámpa-puszta, naime radi se o uzlaznom području, dakle pritisak raste sa dubinom. Prisutnost komponenti sveže vode u arteskim vodama isključili smo i kontrolnim laboratorijskim merenjima velike tačnosti, kako u bunarima kod Csámpe, tako i u arteskim bunarima na području elektrane.

14.2 UTICAJ GRAĐENJA I RADA PAKSA II NA GEOLOŠKU SREDINU, ODNOŠNO NA PODZEMNE VODE

U fazi projektovanja nisu predviđeni radovi većeg obima, dakle ne treba računati ni na uticaje vezane za njih, što se geološke sredine tice. Jedino se planira seča drveća i manji radovi vezani za premeštanje mreže infrastrukture. Na području planiranog postrojenja i privremenog gradilišta nalaze se više kontrolnih bunara, treba izvršiti njihovo uklanjanje/premeštanje.

Zemlja iskopana iz građevinskih jama zbog fundiranja novih objekata obično se tretira kao otpad, ali se njihovo odlaganje može rešiti na području gradilišta. Za postupanje humusnim slojem treba prethodno izraditi plan uklanjanja humusa. Selektivno skidani humusni plodni sloj može se deponovati na području gradilišta i kasnije se može upotrebiti za uređenje okoline. Druga je mogućnost da se odveze sa područja građenja i upotrebi na terenu sa sličnim svojstvima, u cilju podebljavanja plodnog sloja. Uticaj pripremnih radova je neutralan. Uticaj skidanja humusnog sloja tokom građenja javlja se samo jednom, u vremenski tačno određenom razdoblju. Humusna tla koja su sada u ukopanom stanju upotrebiće se u korisne svrhe, dakle ovaj je uticaj pozitivan.

Tokom iskopa temeljnih jama, kosina, odnosno za vreme građenja prilaznih puteva doći će do stvaranja prašine. Ovaj uticaj će se javljati samo do 20 cm dubine mereno od površine terena. Prosečna veličina čestica zemlje iskopane iz

građevinskih jama varira između 0,1 i 0,3 mm, stoga su ova tla zbog njihove granulacije sklona da praši. Stvaranje prašine javlja se naročito u suvom letnjem periodu. U zimskom polugodištu ova pojava nije uobičajena zbog niskih temperatura i visoke relativne atmosferske vlažnosti. Stvaranje prašine nepovoljno utiče na kvalitet vazduha, naročito u užoj okolini zemljanih radova. Područje uticaja zavisi od dimenzija građevinskih jama. Prašina se stvara samo privremeno, vezano samo za otvorene građevinske jame, nepovoljan uticaj se može ublažiti polivanjem, odnosno sipanjem drobljenog kamena na zemljane puteve.

Stabilnost temeljnih jama – iznad nivoa podzemnih voda – najviše ugrožavaju intenzivne padavine. Peščana tla su vrlo osetljiva na eroziju, stoga se odgovarajuća stabilnost građevinskih jama može obezbediti samo stručnim odvođenjem atmosferskih voda (jarkovi, šahtovi, stabilizacija tla, potporni zid).

Na području građenja, zbog velike mase postrojenja treba računati na povećanje opterećenja slojeva tla. Usled povećanja opterećenja javlja se postepeno sabijanje, kompakcija tla. Zapremina homogenih sedimentnih tala smanjuje se već nakon sleganja – jednostavnim preraspoređivanjem čestica – čak i za 20%. U najvećoj meri stišnjavaju se sitnozrni pelitni sedimenti sa organskim sadržajem, dok u najmanjoj meri se sabijaju krupnozrni klastični sedimenti (peščani šljunak). Na lokaciji postoje sve ove vrste tala, ali uticaj opterećenja postrojenja prvobitno zahvata peščane sedimente. Uticaj fundiranja na podtlo je neutralno, čak će se pojedina fizička svojstva (npr. gustina, vodopropusnost) poboljšati. Međutim, nejednakim sleganjem zbog sabijanja tla može doći do oštećenja konstrukcije objekata.

Tokom građenja nove elektrane odvod crpljene vode iz građevinskih jama uticaće na nivo podzemne vode, odnosno odvođenjem će se velika količina vode puštati u Dunav. Na osnovu tehničkih crteža nacrta objekata u modelu smo postavili objekte planiranih blokova sa dubokim temeljima, koje smo uzeli u obzir kao neaktivne ćelije (ćelije isključene iz strujanja podzemnih voda) u stanju nakon završetka građenja. Na osnovu tehničkih podataka dubina temelja navedenih objekata biće između 16 i 20 m. Tokom ispitivanja računali smo na konzervativan način sa jednakim dubinama od 20 metara. Temelji novih blokova verovatno neće biti izvedeni u isto vreme, stoga smo njihove uticaje ispitali posebno i u modelu (prvo blok broj 1. Paksa II, zatim blok broj 2.).

Građevinsku jamu koju model tretira kao neaktivnu ćeliju, okružili smo sa drenažnom mrežom.. Količina vode koja se odvodi drenažnom mrežom odgovara količini koja se crpi zbog radova u jami. U stvarnosti će verovatno biti potrebno da se izgrade zagatni ili zaštitni zidovi na obodu građevinskih jama radi sprečavanja odrona i stabilizovanja kosina. U modelu smo građevinsku jamu okružili zidom čija je dubina za nekoliko metara veća od dubine jame koja iznosi 20 m.

Prosečna godišnja vrednost kolebanja nivoa vode merene u svim kontrolnim bunarima na celoj lokaciji iznosi nešto više od 3 m. Na severnom delu lokacije, na području građenja i privremenog gradilišta godišnji prosek fluktuacije nivoa vode u monitoring bunarima već iznosi nešto više od 4 metara. U cilju određivanja granica područja uticaja crpljenja vode iz građevinskog jarka, za sve kontrolne bunare smo uzeli podjednaku fluktuaciju u vrednosti godišnjeg proseka svih kontrolnih bunara (~3,12 m = 3 m).

U neposrednoj blizini severne strane operativne elektrane vrednosti usled crpljenja iznose 3-3,5 metara. Te vrednosti verovatno neće uzrokovati statičke probleme kod severne strane glavne zgrade, budući da se tlo pod teretom zgrade tokom godina već konsolidovalo, odnosno i sadašnji uticaji fluktuacije vodostaja Dunava su slične veličine. Za period odvodnjavanja građevinske jame drugog bloka pokazuje se manje smanjenje nivoa vode jer je osnovna površina objekata drugog bloka manja. Područje uticaja ne dostiže do severne granice postojećih blokova, stoga se na području sadašnjih blokova ne očekuje nikakav uticaj. Međutim, pri fundiranju prvog bloka treba uzeti u obzir uticaj odvodnjavanja drugog bloka.

Konus depresije koji nastaje zbog odvodnjavanja građevinskih jama „povlači“ vodu iz svoje okoline, a sa vodom se kreće i najmobilniji zagađivač, tricijum. Mlaz („perjanica“) tricijuma u osnovnom stanju struji prema hladnovodnom kanalu, u pravcu sever-severoistok. Usled odvodnjavanja mlaz tricijuma skreće prema severu.

Iz hidrološkog modela lokacije jednoznačno se mogu izvesti dva zaključka: odvodnjavanje ima samo vrlo ograničen uticaj (područje uticaja ostaje u krugu od nekoliko desetina metara), odnosno da bilo koja zagađujuća materija koja dospe u podzemnu vodu, može da dođe do susednih zemalja samo posrednim putem (podzemna voda→Dunav). U podzemnu vodu pod normalnim uslovima rada zabranjeno je dospevanje zagađivača bilo koje vrste. Uopšteno se može izjaviti da čak i u slučaju pogonskog udesa količina zagađujućih materija koja dospe u podzemne vode iznosi samo delić planiranih tečnih ispuštanja, te se usled toga neće javljati prekogranični uticaj, odnosno neće izmeniti uticaje usled širenja kroz atmosferu, koji su inače merodavni.

Pravce proticanja i vremena dospeća u hidrogeološkom modelu modifikovane lokacije (dopunjene sa novim blokovima, proširenjima toplovodnog i hladnovodnog kanala, ostalim objektima koji mogu izmeniti sadašnje uslove proticanja) prikazali smo za karakterističan niski, srednji i visoki vodostaj Dunava. Sprovedena ispitivanja na modelu pokazuju permanentno

stanje, što znači da je nivo vode Dunava konstantna tokom celog perioda rada elektrane. Samostalni rad Paksa II traje od 2037. do 2090. godine. Među pojedinim periodima rada biće verovatno izvesnih preklapanja. Uticaj Paksa II na pravac i brzinu proticanja podzemnih voda javlja se samo ispod nivoa objekata sa dubokim temeljima i u njihovom neposrednom okruženju. Na obodu objekata pravac proticanja se preusmerava ali njegov glavni tok i ovako vodi prema hladnovodnom kanalu. U zoni ispod objekata brzina proticanja se povećava jer se smanjuje presek protoka vode između glinovitog sloja i temelja. Pri niskom i srednjem vodostaju Dunava ovi smerovi ostaju isti, jedino se menjaju brzine, i to na način da se pri niskom vodostaju javljaju najveće brzine prema hladnovodnom kanalu. Naglašavamo da su permanentna ispitivanja na modelu pesimistička i odnose se na 53 godine. Takvi niski i visoki vodostaji nikada neće trajati više od pola godine, budući da se protok i nivo vode stalno menja.

Na osnovu računatih proticanja i prepostavljenog rasporeda tehnoloških sistema dali smo predlog za raspored kontrolnih bunara unutar mreže sistema monitoringa. Bunare monitoringa treba rasporediti na taj način da sistem monitoringa bude sposoban da nekontrolisano filtriranje u podzemnu vodu ili eventualno u nezasićenu zonu na bilo kom mestu otkrije sa velikom bezbednošću u najkraćem mogućem roku, mnogo pre nego što zagađenje dospe do Dunava. Pri određivanju rasporeda bunara uzeli smo u obzir zahtev da se uticaj dvaju blokova može jednoznačno odvojiti, odnosno da je prвobitno zahvaćeni sloj zona podzemnih voda iznad prvog vodonepropusnog sloja. Bunara u mreži podelili smo na dve grupe: na bunare koji se mogu odmah izgraditi, i na bunare u blizini objekata blokova koje je svrshodno izgraditi nakon završetka radova fundiranja i naknadnog uređenja terena. Kod bušenja arteskih bunara treba obratiti pažnju da jedna tehnička greška pri bušenju, odnosno drastično smanjenje pritiska arteske vode ni zajedničkim uticajem ne sme izazvati migraciju eventualnih zagađivača u izvoriste. Budući da ni tokom građenja niti u kasnijim fazama rada elektrane ovi bunari neće pružati bitne dodatne informacije, predlažemo da se arteski bunari buše samo u ograničenom broju.

Budući da u slučaju normalnog rada emisija radionuklida iz dva nova bloka, odnosno iz četiri stara i dva nova bloka zajedno sigurno neće povećati ukupna alfa aktivnost vode Dunava za $0,1 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, odnosno ukupna beta aktivnost za $1 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, jedini merljivi izotop će biti tricijum. Dva bloka mogu podići koncentraciju aktivnosti tricijuma Dunava za $0,96 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, a četiri stara i dva nova bloka zajedno za $2,14 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, za vreme niskog vodostaja. Radi poređenja: aktivnosti tricijuma sadašnjih padavina iznosi $0,5\text{-}2 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, a dozvoljena granica u vodi za piće je $100 \text{ Bq}/\text{dm}^3$, dakle nema bitnog uticaja ni na Dunav niti na crpne stanice koje eksplorativno vodu delimično iz Dunava obalnim procedovanjem, stoga nije moguće odrediti područje uticaja.

14.3 POGONSKI UDESI, HAVARIJE

Budući da ni po jednom scenariju nije verovatno da u podzemnu vodu dospe radioaktivna zagađujuća materija, kontaminacija podzemnih voda je moguća jedino posrednim putem: suvim taloženjem iz vazduha, odnosno ispiranjem na površini tla → zatim širenjem u nezasićenoj zoni dok ne dospe u zasićenu zonu. Ovaj proces neće imati uticaj na podzemne vode zbog velikog sorpcijskog kapaciteta tla, odnosno zbog izotopsko specifičnog vremena dospevanja koji iznosi čak više stotina godina (vreme filtriranja i u slučaju tricijuma traje nekoliko godina, čak i do 10 godina). Međutim, istina je i to da nakon dospeća u zasićenu zonu, zbog karakterističnih uslova proticanja konačni recipijent podzemne vode (i materije u njoj) biće Dunav. Međutim, budući da se vremena dospeća između lokacije i Dunava - i u slučaju migracije tricijuma sa podzemnom vodom – nalaze u opsegu od 12-20 godina, za sanaciju eventualnih događaja stoji na raspolaganju dovoljno vremena pre dospeća ispuštenih zagađujućih materija u Dunav. Stoga na izvorista sa priobalnim procedovanjem ovi događaji neće imati uticaja.

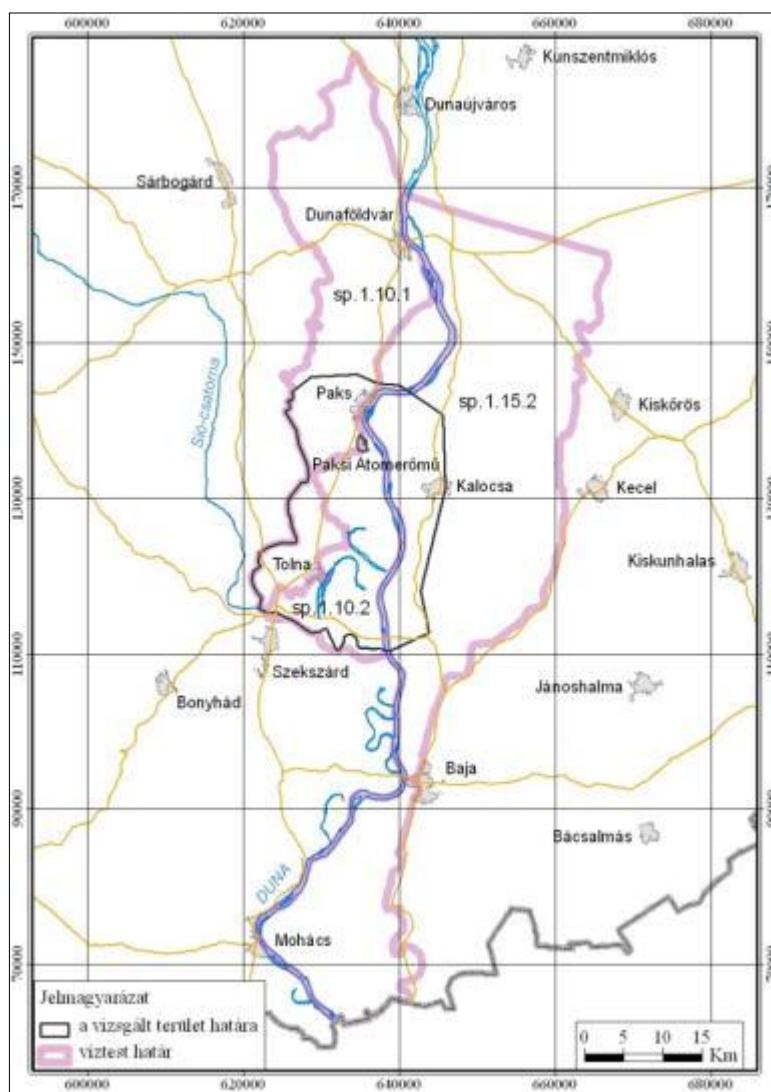
Kao potencijalni zagađujući izvori na području planiranih novih blokova najviše dolaze u obzir skladišta hemikalija, ulje u transformatorima, odnosno rezervoari dizel goriva.

Širenje uljnih zagađivača u suštini određuju 4 procesa: transport advekcijom, disperzija, sorpcija, odnosno biodegradacija. Dok u opsegu filtriranja nakon završetka procedovanja ulja ostaje samo količina absorbovana česticama tla (relativno mala količina), u kapilarnom opsegu slobodna količina ulja se povećava i njenu migraciju ograničava uticaj kapilarne sile. Dok se u opsegu filtriranja ulje relativno brzo kreće, u kapilarnom opsegu može ostati veća količina ulja mesecima, čak i godinama kasnije. Najveća brzina kretanja uljnog sočiva u karakterističnoj geološkoj sredini spada u opseg od 10^{-8} m/s . Lokacija pogona je udaljena oko 1000 metara od obale Dunava, dakle migrantna uljna sočiva bi dospela do Dunava za oko 3000 godina. Budući da se uljni zagađivači slabije rastvaraju u vodi ($20\text{-}80 \text{ mg/l}$) direktni transport podzemnim vodama neće biti značajan, mada i na taj način može dospeti do Dunava za 12-20 godina. Vreme biodegradacijskog poluraspada karakteristično za uljne derive je u opsegu 1-2 godine (uz odgovarajuću koncentraciju kiseonika), stoga za lokalizaciju i sanaciju eventualnog uljnog sočiva ostaje dovoljno vremena pre no što bi ona dospela do Dunava.

Hemikalije koje se koriste (skladište) u velikim količinama su sledeće: borna kiselina (u čvrstom obliku i uglavnom unutar kontejmentra), hidrazin, amonijum, natrijum hidroksid, sona kiselina i azotna kiselina. Stanica za istakanje i pretakanje će se izgraditi na način da tokom istakanja i pretakanja ne može doći do proceđivanja, odlivanja hemikalija. Da hemikalije ni u slučaju havarije ne mogu dospeti u životnu sredinu, izgradiće se odgovarajući prihvativi bazeni, stoga ne treba računati na opterećenje tla i podzemnih voda.

15 GEOLOŠKA STRUKTURA, PODZEMNE VODE U DOLINI DUNAVA

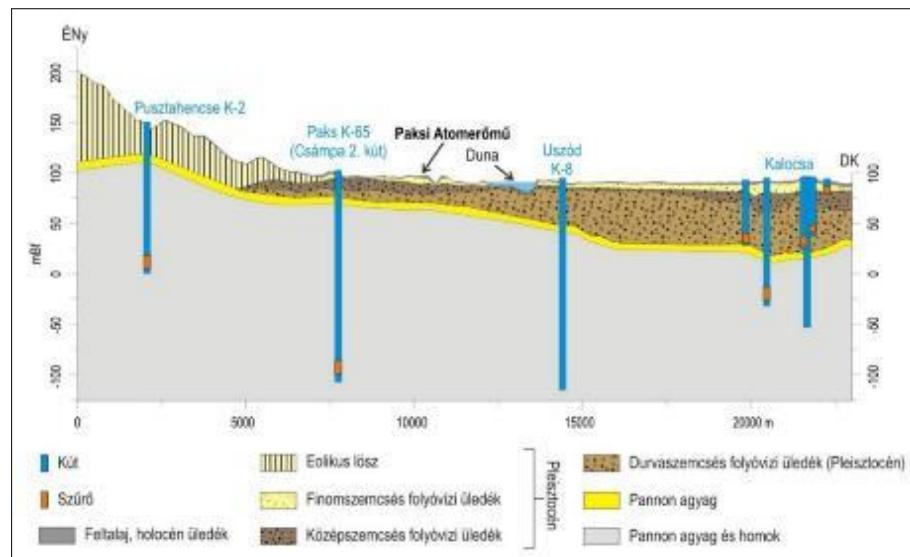
Prema tački 2.c) Priloga br. 2. Vladine uredbe br. 219/2004. (21.VII) o zaštiti podzemnih voda, okruženje Nuklearne elektrane Paks u pogledu stanja podzemnih voda spada u osetljiva područja. Međutim, usled hidrogeoloških svojstava doline Dunava uticaj Paksa II na podzemne vode izvan lokacije se može prostirati jedino posredno, posredstvom Dunava.



Slika 74. Veza među zahvaćenim vodnim telima i ispitivanog područja

Povezanost reke Dunava i sistema podzemnih voda je složena, Dunav na različite načine i u različitoj meri utiče na podzemne vode, zavisno od kretanja vodostaja.

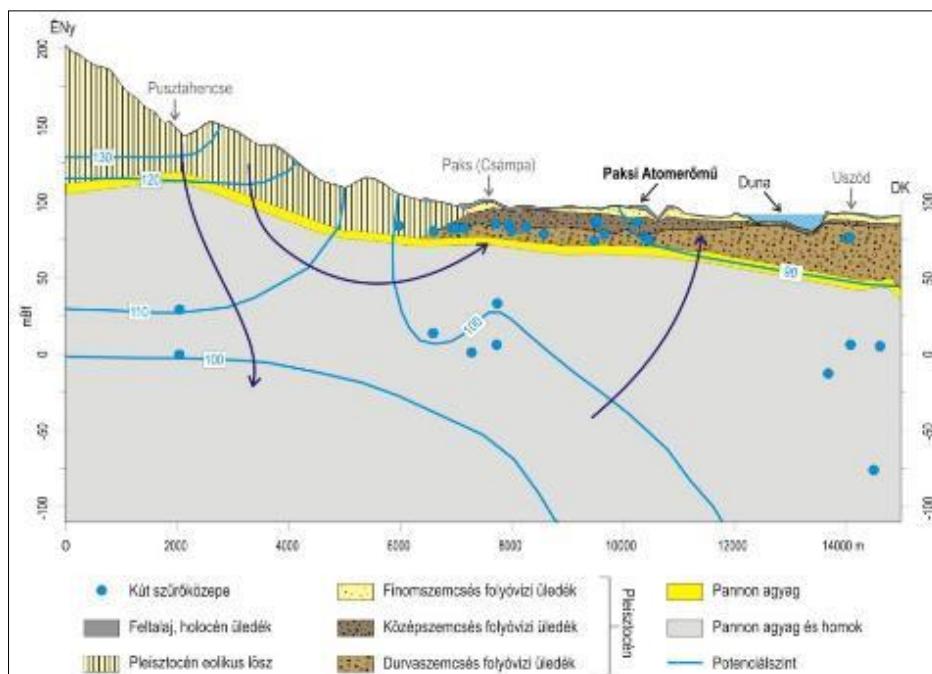
Podzemne vode u dolini Dunava sakupljene su u konglomeratu dunavskog aluvijalnog šljunkovitog, peskovitog tla iz doba pleistocena i holocena. Opšti pravac strujanja podzemnih voda sledi pad reljefa, na desnoj obali Dunava od severozapada ka jugoistoku, a na levoj obali u smeru od istoka prema zapadu. Najviši nivoi podzemnih voda su zapadno od Paksa, na lesnom platou. Hidraulički gradijent se od Mezőfölda do Dunava znatno smanjuje.



Slika 75. Presek kroz ispitivano područje u pravcu severozapad-jugoistok

Ény	severozapad
DK	jugoistok
Paksi Atomerőmű	Nuklearna elektrana Paks
Duna	Dunav
Kút	Bunar
Szűrő	Filtar
Feltalaj, holocén üledék	Površinsko tlo, naslage iz holocena
Eolikus lösz	Eolski les
Finomszemcsés folyóvízi üledék	Sitnozrni rečni talog;
Középszemcsés folyóvízi üledék	Srednjezrni rečni talog
Pleisztocén	Pleistocen;
Durvazsemcsés folyóvízi üledék (Pleisztocén)	Krupnozrni rečni talog (Pleistocen);
Pannon agyag	Panonska glina
Pannon agyag és homok	Panonska glina i pesak

Uz prirodne odnose potencijala Dunav odvodnjava podzemne vode koje stižu iz pozadine. Dunav reguliše nivo priobalnih podzemnih voda svojom relativno brzom promenom vodostaja u odnosu na promene nivoa podzemnih voda. Rasprostiranje pritiska pod prirodnim okolnostima procedivanja retko uzrokuje stvarno ulivanje u podzemni vodonosni sloj. Talas pritiska Dunava uglavnom prediže nivo podzemne vode, nego li ih potiskuje nazad u sloj.



Slika 76. Presek potencijala kroz Nuklearnu elektranu Paks

ÉNy	severozapad
DK	jugoistok
Paksi Atomerőmű	Nuklearna elektrana Paks
Duna	Dunav
Kút szűrőközépe	Usisna košara bunara
Feltalaj, holocén üledék	Površinsko tlo, naslage iz holocena
Pleisztocén eolički löszi	Eolski les iz pleistocena
Pleisztocén	Pleistocen;
Finomszemcsés folyóvízi üledék	Sitnozrni rečni talog
Középszemcsés folyóvízi üledék	Srednjezrni rečni talog
Durvaszemcsés folyóvízi üledék	Krupnozrni rečni talog;
Pannon agyag	Panonska glina
Pannon agyag és homok	Panonska glina i pesak;
Potenciálzint	Potencijal

Na osnovu vrednovanja vremenskog niza izmerenih nivoa vode u sistemu monitoringa, koji održavaju Nuklearna elektrana Paks i vodoprivredne uprave, područje hidrodinamičkog uticaja Dunava tokom najvećih poplavnih talasa nalazi se na desnoj obali na oko 1.000 m od obale, a na levoj obali se proteže na 1.200 m.

Međutim, područje hidrodinamičkog uticaja Dunava ne poklapa se s područjem prostiranja zagađenja koje potiče iz Dunava. Tokom većeg dela godine podzemna voda iz pravca pozadine struji ka Dunavu, Dunav odvodnjava podzemni vodonosni sloj. U prirodnom stanju voda iz Dunava u vodonosni konglomerat ulazi jedino tokom strmih poplavnih talasa. Voda se kreće u smeru pozadine samo dok vodostaj Dunava održava ovaj obrnuti sistem strujanja.

Na deonicama gde su bunari uz obalu u eksploataciji, strujanje iz smera Dunava usled eksploatacije postaje ustaljeno.

Na ispitivanom području u eksploataciji se nalazi samo jedno izvorište vode sa obalnim procediranjem, na levoj obali Dunava, izvorište Foktő-Baráka (Kalocsa-Baráka), koja obezbeđuje vodosnabdevanje grada Kalocsa. Za sada raspolaže načelnom dozvolom za realizaciju, odnosno vezano je izvorište Gerjen Sever perspektivno izvorište, gde je planiran vodozahvat za vodosnabdevanje grada Szekszárda.

Zahvaljujući geološkoj strukturi, deonica Dunava ispod Nuklearne elektrane Paks raspolaže zalihom znatne količine kvalitetne vode sa obalnim procediranjem. U skladu sa time, država ovu količinu vode tretira kao zalihu za potencijalnu eksploataciju. Kako bi se zalihe vode dugoročno zaštitile, određena su tzv. perspektivna izvorišta, njihova zaštitna područja su određena Uredbom Vlade br. 123/1997 (18.VII). Područja izvorišta su u smislu zakona pojačano osetljiva područja. U slučaju perspektivnih izvorišta sa obalnim procediranjem na ispitivanom području, u količini vode koja se potencijalno može da crpi, ideo vode Dunava procenjuje se na oko 50%.

Područje hidrodinamičkog uticaja Dunava ne poklapa se sa područjem uticaja Paksa II na podzemne vode. Rezultati modeliranja tokova vode na lokaciji odnosno površinske vode Dunava pokazuju da se niti tokom rada elektrane niti u slučaju pogonskih udesa Dunavom neće širiti nečistoća koju bi trebalo uzeti u obzir tokom ispitivanja posrednih uticaja.

Posredni uticaj Paksa II na podzemne vode u dolini Dunava ispoljava se kroz termički uticaj Dunava.

Na temperaturu priobalnih podzemnih voda utiče temperatura Dunava koja se menja tokom godine. Način prenošenja i količina predate topote između vode u koritu i vode koja struji ispod površine zavisi od aktuelnih hidroloških i termičkih okolnosti. Prirodna stanja modifikuju se i topotnim opterećenjem koje prouzrokuje Paks II. Buduće prostorne i vremenske promene u podzemnim vodama ispitivali smo hidrodinamičkim i modeliranjem prenosa topote.

Nasuprot površinskim vodama, zakonskim propisima nije regulisana gornja granica temperature podzemnih voda, iznad koje bi neko vodno telo podzemne vode trebalo oceniti kao telo u lošem stanju, iz tog razloga uticaj Paksa II procenjujemo na osnovu prouzrokovane razlike u temperaturi (ΔT). Kao polazno stanje uzima se stanje pre početka rada Paksa II (2014). Uticaj za 2032. godinu ispitujemo sa gledišta zajedničkog uticaja Nuklearne elektrane Paks i Paksa II, a za 2085. godinu (nakon obustavljanja rada prvog bloka), sa gledišta samostalnog uticaja Paksa II. Temperaturne parametre Dunava za ovo razdoblje dobili smo iz rezultata modeliranja površinske vode Dunava.

Tokom ispitivanja uticaja, radi konzervativne procene, dakle težnje ka većoj sigurnosti, ispitivali smo ekstremna hidraulička stanja (trajno nizak vodostaj tokom leta, i povlačenje poplavnog talasa nakon letnjeg niskog vodostaja).

Kao zaključak možemo utvrditi da posredni uticaj Paksa II ni u slučaju konzervativne procene ne prouzrokuje monotono, trajno povećanje temperature u sistemu podzemnih voda. Povećanje temperature podzemnih voda od nekoliko °C može nastupiti jedino u letnjem periodu, pod hidrauličkim uslovima trajno niskog vodostaja. Prema hidrodinamičkom modeliranju u razdoblju najvećeg opterećenja, u slučaju istovremenog rada Nuklearne elektrane Paks i Paksa II (2032.) u blizini mesta ispuštanja tople vode, u površinskim slojevima na koje Dunav ima najveći uticaj, čak i u najgorem slučaju se očekuje

povećanje temperature podzemnih voda samo za $2,8^{\circ}\text{C}$. Na granici ispitivanog područja, u liniji kanala Sió istovremeno se može očekivati povećanje temperature od nekoliko desetih delova $^{\circ}\text{C}$.

U slučaju samostalnog rada Paksa II (2086.) ove će se vrednosti smanjiti na veličine koje su približno jednake sadašnjim. U liniji kanala Sió do povećanja temperature neće doći.

U šljunčano-peščanim slojevima koji su od izuzetnog značaja sa gledišta vodozahvata, povećanje temperature u biti ostaje ispod 1°C , što se jedva može iskazati.

Prema sadašnjim saznanjima povećanje temperature podzemnih voda za nekoliko $^{\circ}\text{C}$ neće prouzrokovati pogoršanje kvaliteta vodnih tela. Ne nanosi štete ni u prirodnim sistemima niti u slojevima koje eksplatiše vodoprivreda. Nema štetnog uticaja na eksplotaciju od strane vodoprivrede.

16 BUKA I VIBRACIJE

16.1 MERENJA STANJA IZLOŽENOSTI BUCI I VIBRACIJAMA

O izloženosti buci saobraćaja ispitivane u okolini elektrane uopšteno se može reći da je emisija buke saobraćajnica koje se nalaze u blizini naseljenih mesta veoma značajna, stanje buke na područjima zahvaćenim saobraćajem je nedvosmisleno zavisno od raspodele i gustoće saobraćaja. Osnovni nivo izloženosti buci naselja na saobraćajnicama ili blizu njih u većem broju slučajeva premašuje graničnu vrednost izloženosti buci, određenu za to područje. Period sa najvećim saobraćajem je vreme od 5 do 8-9 časova ujutro i od 15.00 do 18.00 časova popodne, u ostalim periodima na većini mernih tačaka saobraćaj jenjava, u noćnom periodu uglavnom i prestaje. Tako se i izloženost buci i prekoračenje granične vrednosti vezuje za ove periode. U okolini stambenih objekata na obali Dunava, udaljenih od saobraćajnica osnovni nivo izloženosti buci je svuda ispod dozvoljene granične vrednosti.

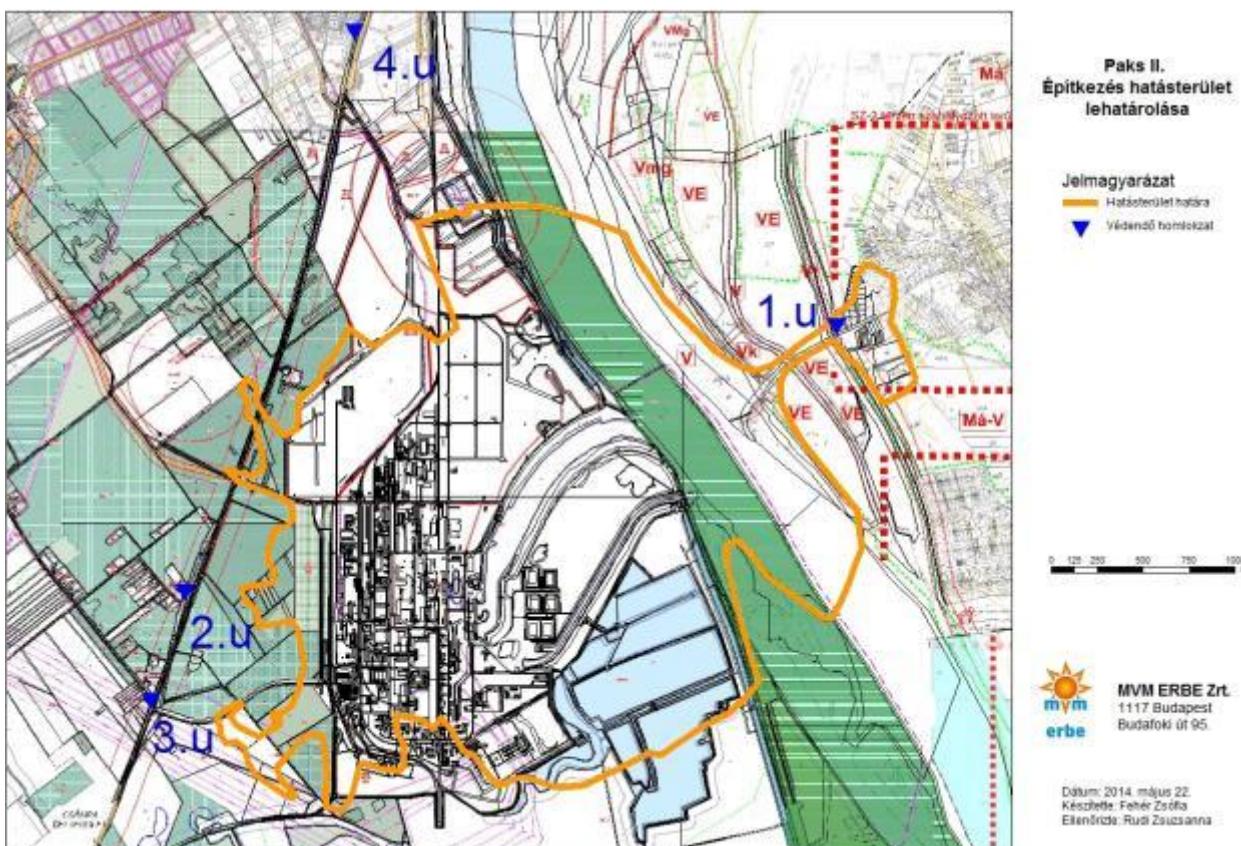
Za sve merne tačke ispitivane vezano za ostvarenje investicije može se reći da će se izloženost vibracijama povećati usled izvora vibracija i vibracije usled drumskog i železničkog saobraćaja na području uticaja Paksa II. Nakon vrednovanja svih rezultata ispitivanja osnovnog nivoa izloženosti vibracijama može se reći da je izloženost vibracijama u periodu ispitivanja/procene u sva tri ortogonalna pravca manja od granične vrednosti, kao i to da je najveća vrednost izloženosti vibracijama u sva tri ortogonalna pravca manja od vrednosti praga ispitivanja opterećenja vibracijama.

16.2 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA GRAĐENJA PAKSA II

U pogledu zaštićenih područja, odnosno zaštićenih objekata, granične vrednosti opterećenja vibracijama na području pogona, odnosno u svim fazama izgradnje dalekovoda mogu se zadržati ispod najveće dozvoljene vrednosti. Kod zaštićenih lokacija uz autoput M6 granične vrednosti opterećenja vibracijama se uz povećanje od 0,6-0,8 dB mogu zadržati ispod najveće dozvoljene vrednosti, kako u pogledu baznog opterećenja tako i u pogledu saobraćaja vezanog za izgradnju Paksa II. Kod zaštićenih lokacija uz glavni put br. 6 rezultati proračuna (i merenja polaznog stanja) u sadašnjem stanju pokazuju prekoračenja granične vrednosti. Predviđa se da će povećanje saobraćaja vezanog za izgradnju Paksa II povećati vrednosti osnovnog nivoa za 0,8-2,1 dB. U slučaju prolaska jednog teretnog voza dnevno tokom izgradnje vrednosti uz zaštićene lokacije mogu se zadržati ispod graničnih.

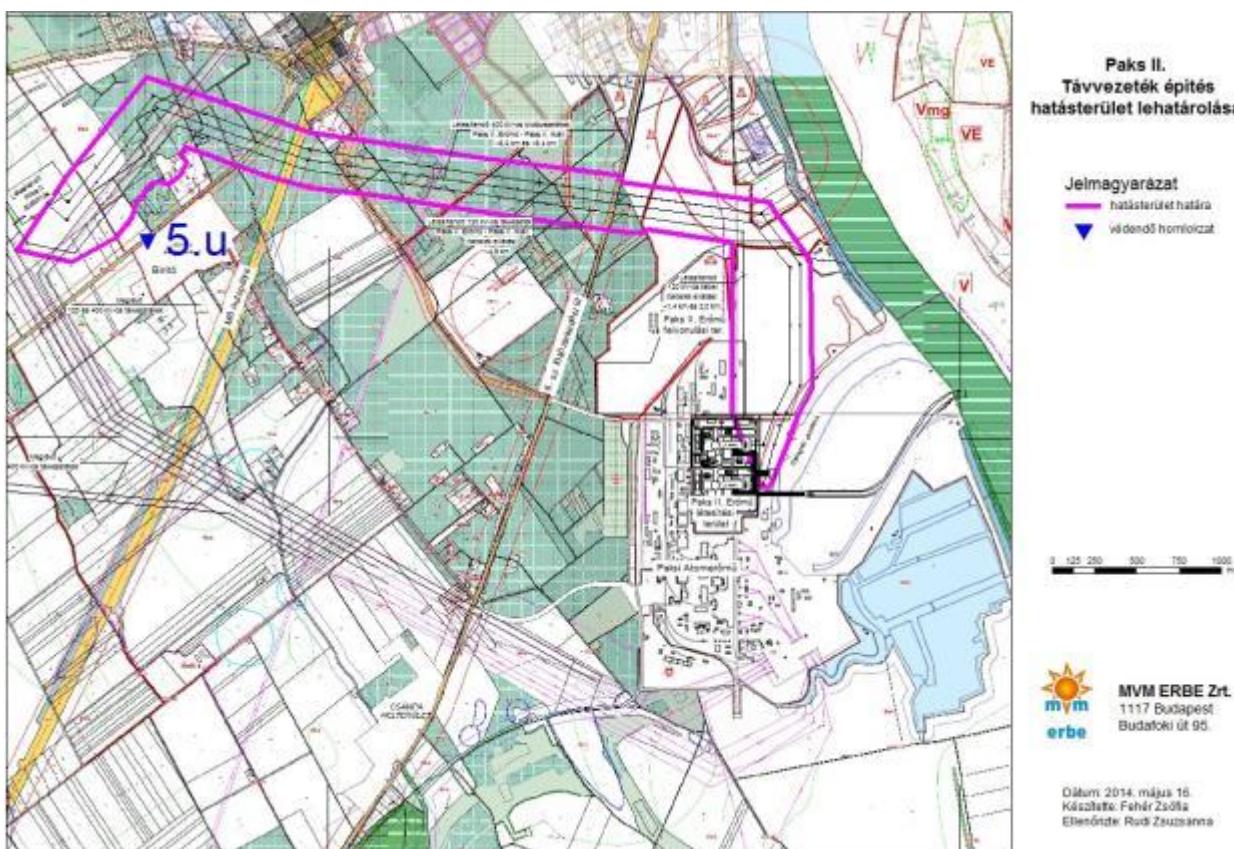
Zbirno područje uticaja izgradnje na pogonskom prostoru prostire se na lokaciji Nuklearne elektrane Paks, na okolnim nenaseljenim područjima, na Dunavu i na prostor sa stambenim objektima na zapadnoj periferiji naselja Dunaszentbenedek (slika 77.). Područje uticaja izgradnje vodova prostire se na oko 70 m od trase vodova na ekonomskim područjima, oko 100-150 m u nezaštićenom području i na 120-300 m u smeru mesta Biritó (slika 78.). Povećanje izloženosti buci u periodu rušenja i izgradnje iznosi 0,6-2,1 dB, dakle za posredan uticaj drumskog saobraćaja tokom rušenja i izgradnje u okviru investicije ne može se definisati područje uticaja prema Uredbi. Teorijska granica područja uticaja u pogledu bilo kojeg ispitivanog naselja ne doseže do zaštićenog područja ili zaštićenog objekta, prema tome voden transport – koji je niskog intenziteta: dnevno 1 motorni brod sa 6 potiskivanih plovila – vezan isključivo za radove fundiranja, nema područje uticaja. Na zaštićenom području, odnosno kod zaštićenih fasada tokom izgradnje, od

železničkog transporta – prolazak 1 teretnog voza dnevno – nema područja uticaja. Prekogranični uticaj buke kao posledica izgradnje Paksa II se ne očekuje.



Slika 77. Zbirno područje uticaja tokom građenja na lokaciji pogona

Építkezés hatásterület lehatárolása	Određivanje područja uticaja građenja
Jelmagyarázat	Legenda
Hatóterület határa	Granica područja uticaja
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. május 22.	Datum: 22. maja 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:

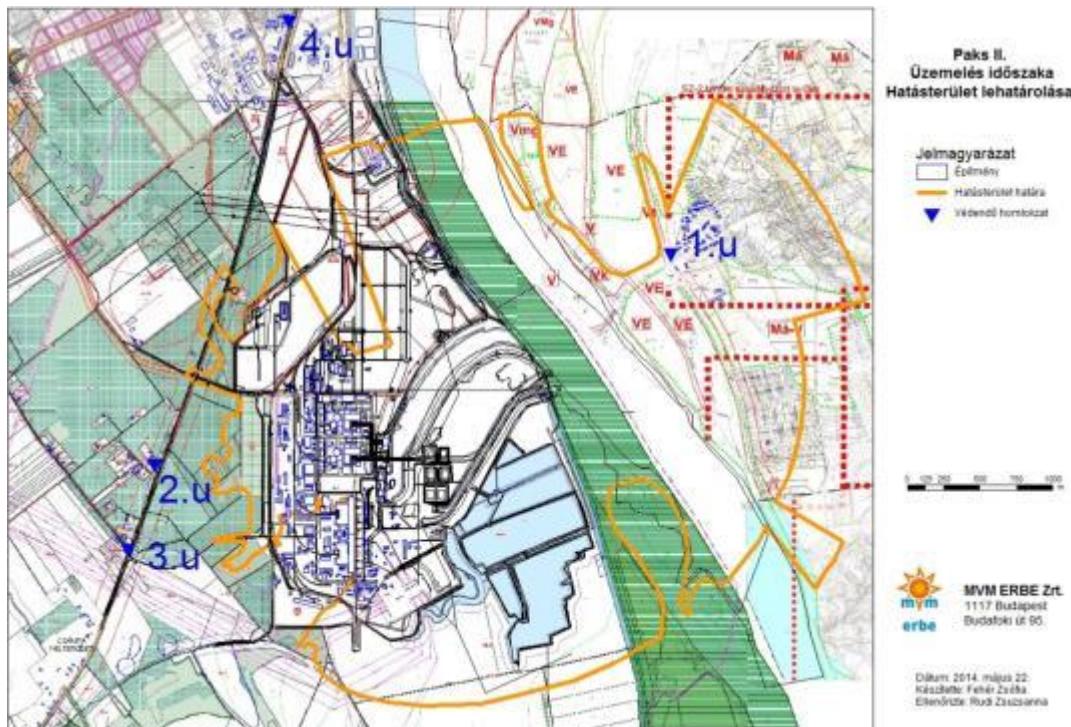


Slika 78. Zbirno područje uticaja građenja dalekovoda

Távvezeték építés hatásterület lehatárolása	Određivanje područja uticaja građenja dalekovoda
Jelmagyarázat	Legenda
Hatásterület határa	Granica područja uticaja
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. május 22.	Datum: 22. maja 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:

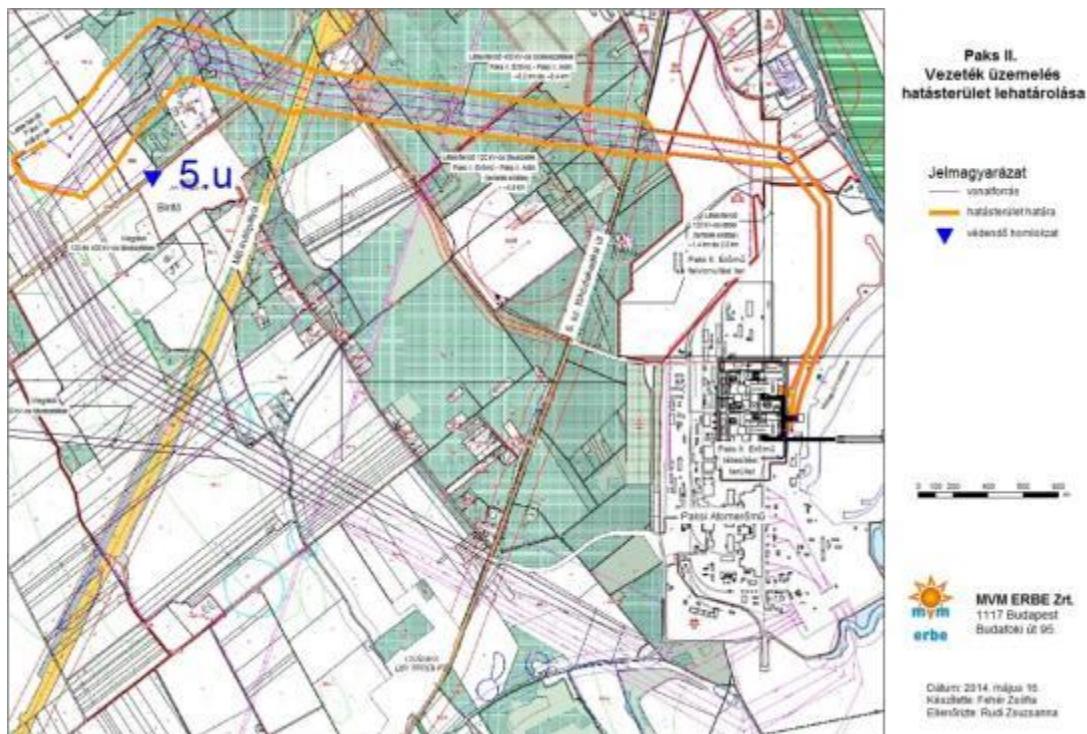
16.3 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA TOKOM RADA PAKSA II.

Emisija buke elektrane – uz primenu potrebnih mera za smanjenje buke – ostaje unutar dozvoljenih granica izloženosti buci koje se odnose na naseljena mesta. Predviđena vrednost opterećenja bukom kod zaštićenih fasada usled funkcionsanja dalekovoda je minimalna. Povećanje saobraćaja zbog dodatnog transporta tokom rada Paksa II ne prouzrokuje osetnu promenu opterećenja bukom.



Slika 79. Područje uticaja tokom rada pogona

Ūzemelés időszaka Hatásterület lehatárolása	Određivanje područja uticaja tokom rada pogona
Jelmagyarázat	Legenda
Építmény	Objekat
Hatásterület határa	Granica područja uticaja
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. május 22.	Datum: 22. maja 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:



Slika 80. Područje uticaja funkcionisanja dalekovoda

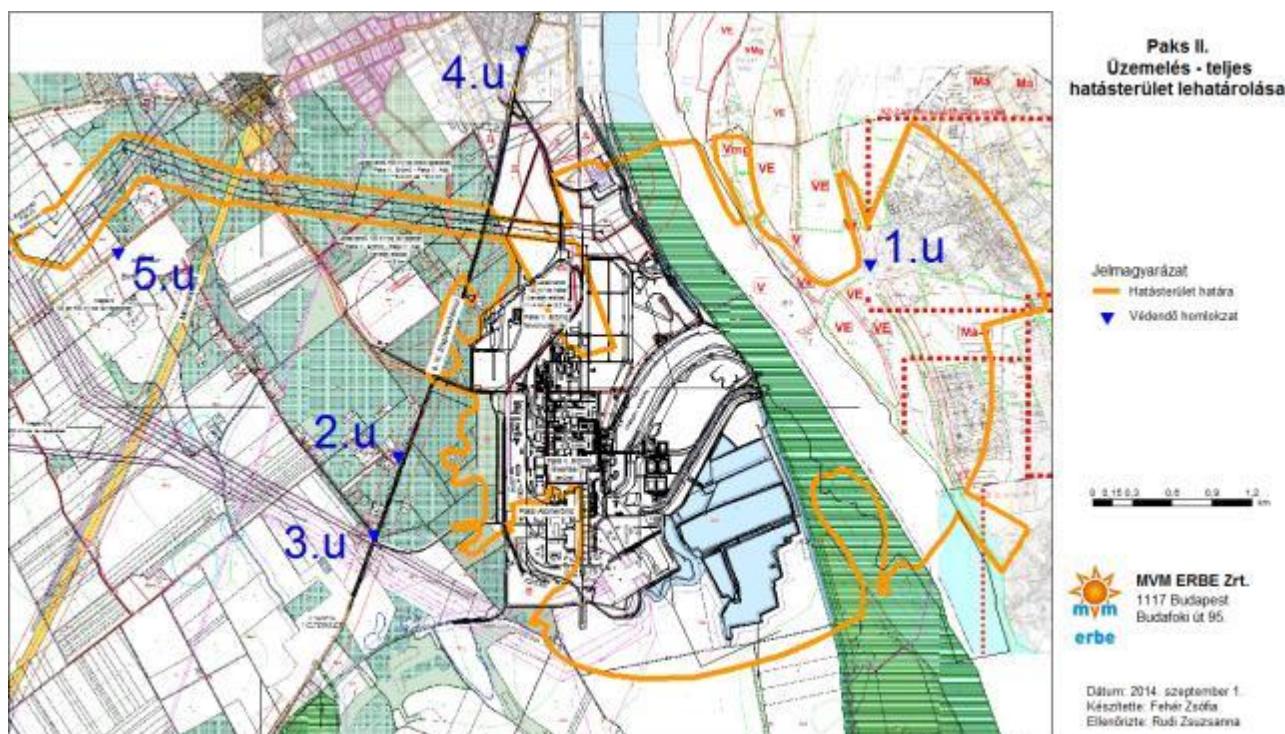
Vezeték ūzemelés hatásterület lehatárolása	Određivanje područja uticaja funkcionisanja dalekovoda
--	--

Jelmagyarázat	Legenda
Vonalforrás	Linijski izvor
Hatásterület határa	Granica područja uticaja
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. május 16.	Datum: 16. maja 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:

Područje uticaja tokom pogona Paksa II (bez dalekovoda) prostire se na lokaciji Nuklearne elektrane Paks, na okolnim nenaseljenim područjima, na Dunavu, na području pojedinih objekata u naselju Dunaszentbenedek, i delimično na severozapadnom delu naselja Uszód (slika 79.). Područje uticaja funkcionisanja dalekovoda je ekonomsko područje neposredno ispod dalekovoda, na nezaštićenim područjima oko 40-70 m od dalekovoda, u smeru naselja Biritó najviše 80 m (slika 80.). Za posredni uticaj tokom pogona investicionog postrojenja ne može se definisati područje uticaja dodatnog opterećenja bukom. Prekogranični uticaj buke kao posledica rada Paksa II se ne očekuje.

16.4 CELOKUPNO PODRUČJE UTICAJA TOKOM RADA PAKSA II.

Celokupno područje uticaja tokom pogona je zbir područja neposrednih i posrednih uticaja, prikazan na slici 81.

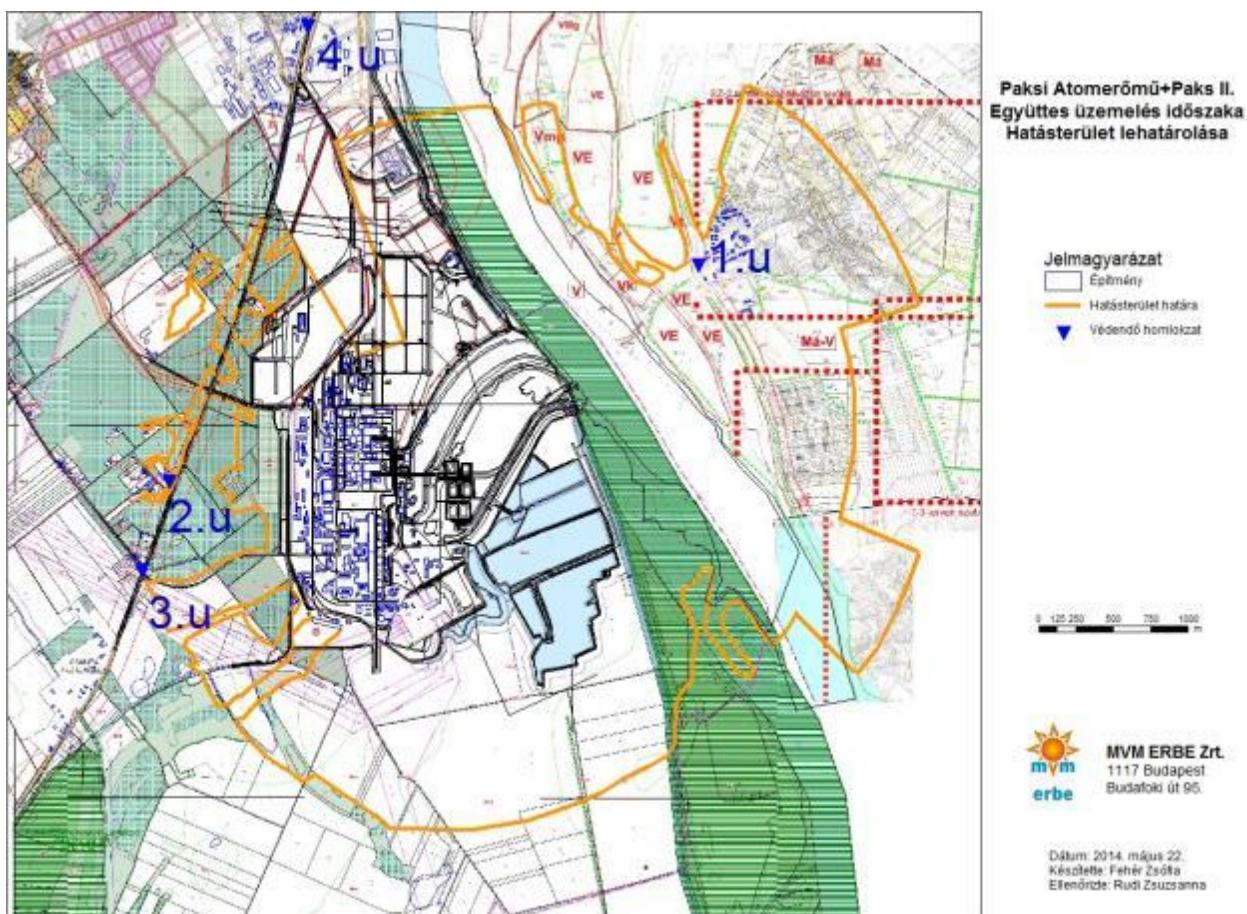


Slika 81. Celokupno područje uticaja tokom rada pogona

Üzemelés - teljes hatásterület lehatárolása	Određivanje celokupnog područja svih uticaja tokom rada pogona
Jelmagyarázat	Legenda
Hatásterület határa	Granica područja uticaja
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. szeptember 1.	Datum: 1. septembra 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:

16.4.1 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA ISTOVREMENOG RADA PAKSA II I NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS

Očekivana vrednost opterećenja bukom tokom istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks – uz primenu potrebnih mera za smanjenje buke – kod zaštićenih fasada ostaje unutar graničnih vrednosti koje važe za to područje. Zbirno područje uticaja Paksa II i Nuklearne elektrane Paks (bez dalekovoda) prostire se na području pogona Nuklearne elektrane Paks, na teritoriji okolnih nenaseljenih područja, na Dunavu i na području pojedinih objekata u naseljima Dunaszentbenedek i Uszód. (Slika 82.)



Slika 82.: Zajedničko područje uticaja Paksa II i Nuklearne elektrane Paks

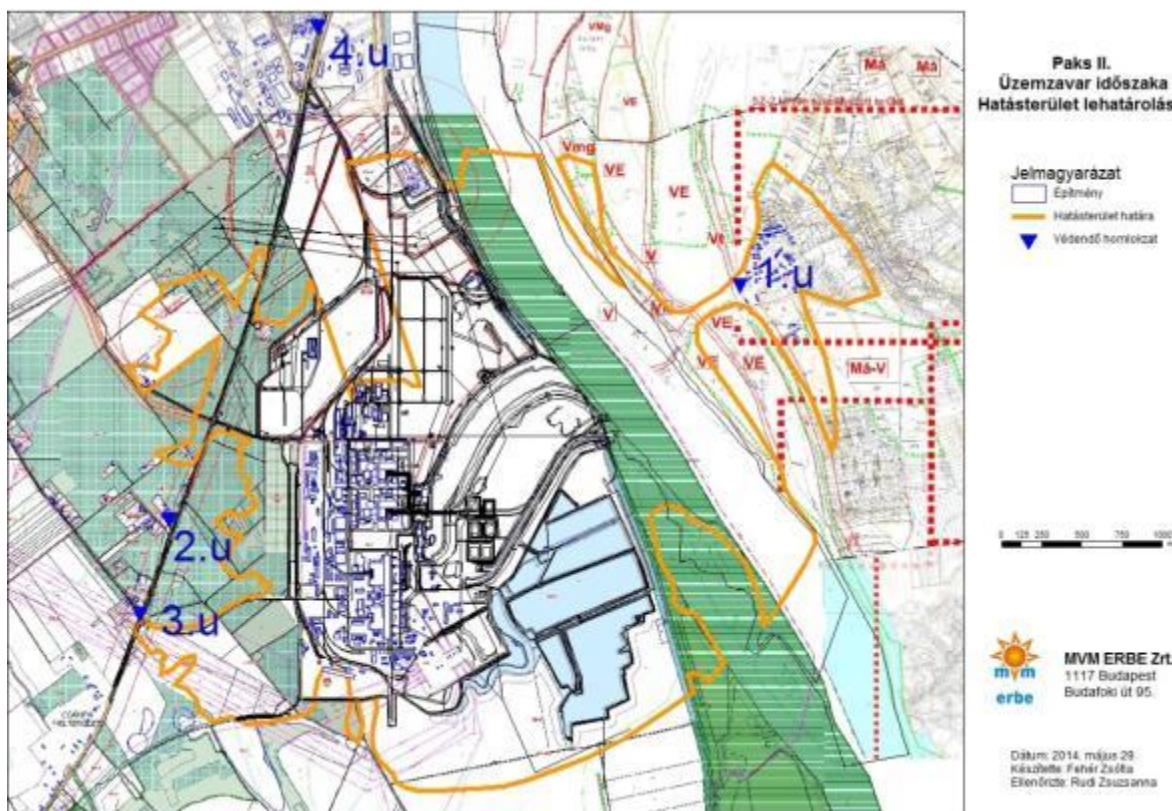
Paksi Atomerőmű + Paks II. Együttes üzemelés időszaka Hatásterület lehatárolása		Određivanje područja uticaja tokom istovremenog rada Nuklearne elektrane Paks i Paksa II
Jelmagyarázat	Legenda	
Építmény	Objekat	
Hatásterület határa	Granica područja uticaja	
Védendő homlokzat	Zaštićena fasada	
Dátum: 2014. május 22.	Datum: 22. maja 2014. godine	
Készítette:	Izradio:	
Ellenőrizte:	Kontrolisao:	

Broj osoblja planirane elektrane je manji od broja osoblja postojeće, stoga je predvidivo da će i opterećenje bukom saobraćaja tokom pogona biti manje, što prouzrokuje neznatno povećanje saobraćaja, odnosno neiskazivu promenu područja uticaja. Usled samostalnog pogona Paksa II, odnosno usled istovremenog pogona sa Nuklearnom elektranom Paks ne očekuje se prekogranični uticaj buke.

16.4.2 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA HAVARIJA

U pogledu emisije pogonske buke znatno odstupanje od normalnog rada može nastupiti u slučaju projektom predviđenih pogonskih udesa sa vrlo malom verovatnoćom. Za te slučajevi je svojstven prekid snabdevanja električnom energijom. U tim slučajevima se pokretanjem dizel agregata obezbeđuje snabdevanje potrošača radi sigurnog zaustavljanja.

Emisija buke tokom poremećaja u radu u naseljenim mestima ostaje unutar granica vrednosti koje se odnose na naseljena mesta. Područje uticaja havarija Paksa II prostire se na lokaciji Nuklearne elektrane Paks, na okolnim nenaseljenim područjima, na Dunavu i na području pojedinih objekata u naselju Dunaszentbenedek (Slika 83.).



Slika 83. Područje uticaja poremećaja u radu Paksa II

Üzemzavar időszaka hatásterület lehatárolása	Određivanje područja uticaja tokom pogonskih udesa
Jelmagyarázat	Legenda
Építmény	Objekat
Hatásterület határa	Granica područja uticaja
Védeendő homlokzat	Zaštićena fasada
Dátum: 2014. május 29.	Dátum: 29. maja 2014. godine
Készítette:	Izradio:
Ellenőrizte:	Kontrolisao:

16.5 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA DEKOMISIJE (RASTAVLJANJA)

Tokom radova dekomisije na području elektrane u pogledu zaštićenih područja i zaštićenih objekata opterećenje bukom se može održati unutar graničnih vrednosti. Neposredno područje uticaja u periodu demontaže se prostire na lokaciji Nuklearne elektrane Paks, na okolnim nenaseljenim područjima, na Dunavu i na području sa stambenim objektima na zapadnoj periferiji naselja Dunaszentbenedek. Područje uticaja u pogledu povećanja opterećenja buke usled drumskog saobraćaja se ne može definisati.

17 VAZDUH

17.1 ISPITIVANJA OSNOVNOG STANJA

Tokom 2012. i 2013. godine obavili smo merenja stanja u okolini lokacije sa ciljem utvrđivanja stanja područja. Na osnovu merenja smo utvrdili stanje zagađenosti vazduha tog područja, a na osnovu toga smo utvrdili opteretivost područja.

Za utvrđivanje stanja zagađenosti vazduha odabrali smo sledeće merne tačke:

- ❖ 1 tačka na lokaciji (1. LMP – Područje predviđeno za proširenje Elektrane)
- ❖ 1 tačka pored severnog prilaznog puta (2. LMP – Pored severnog prilaznog puta)

- ❖ 1 tačka pored južnog prilaznog puta (3. LMP – Pored južnog prilaznog puta, Meteorološka stanica)
- ❖ 1 tačka u naselju Paks-Csámpa kod stambenih zgrada uz glavni put br. 6 (4. LMP – Csámpa, Kis utca)
- ❖ 1 tačka na levoj obali Dunava (5. LMP – Dunaszentbenedek, 2/3 Kuća čuvara brane)
- ❖ 1 tačka u gradu Paksu, u okolini puta Kölesdi út (6. LMP – lokacija OVID-a, ulica Dankó Pista br. 1.)

Tokom izbora mernih tačaka prvenstveni aspekt je bio da merne tačke budu što bliže lokacijama definisanim u tehničkom prilogu ugovora, a u drugom redu trebalo je rešiti električno napajanje i imovinsku zaštitu mernih uređaja.

Raspored mernih tačaka

Raspored označenih mernih tačaka prikazan je na sledećem snimku GoogleEarth-a.



Slika 84. Raspored tačaka za merenje zagađenosti vazduha

Koncentracija NO₂, NO_x, SO₂, CO, PM₁₀, TSPM, taložene prašine i O₃ merena u periodu od 24. januara 2012. do 28. marta 2013. godine bila je niska, prekoračenja graničnih vrednosti PM₁₀ bila su ispod dozvoljenog nivoa.

Na osnovu rezultata merenja može se reći da je kvalitet vazduha okoline u pogledu zagađivanja vazduha SO₂, CO odličan, a u pogledu NO₂, PM₁₀ i O₃ je dobar.

Na osnovu vrednovanja rezultata merenja odredili smo vrednosti opteretivosti područja u skladu sa članom 2. tačkom 40. Vladine uredbe br. 306/2010. (23.XII.).

Nivo opteretivosti vazduha je razlika između granične vrednosti zagađenosti vazduha i stanja opterećenja vazduha, prema sledećem.

Zagadivač vazduha	Stanje opterećenosti vazduha	Jednočasovna granična vrednost zagađenosti vazduha ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Opteretivost
Sumpor dioksid (SO ₂)	2	250	248
Azotni dioksid (NO ₂)	24	100	76
Azotni oksidi (NO _x)	30	100	70

Ugljen monoksid (CO)	525	10 000	9 475
Suspendovane čestice (PM ₁₀)	27	50	23
Suspendovane čestice TSPM	35	200	165

Tablica 52. Sažeto vrednovanje merenja stanja u 2012. godini

17.2 NEPOSREDNI UTICAJI I PODRUČJE UTICAJA GRAĐENJA I RADA PAKSA II.

Vezano za izgradnju i rad Paksa II, za procenu prostiranja neradioaktivnih zagađivača koji dospevaju u vazduh, za prognozu kvaliteta vazduha i određivanje područja uticaja primenili smo Gausov model.

Za konzervativne procene smo uzeli u obzir klimatološke podatke svojstvene za područje, njihove prosečne, odnosno najkarakterističnije vrednosti.

Pomoću baze stvarnih meteoroloških podataka obavili smo modelsku simulaciju za celu godinu, imajući u vidu jednočasovne emisije. Meteorološki podaci tačaka za simulacije delomično su dobijeni iz meteorološkog tornja visokog 120 m na lokaciji Nuklearne elektrane Paks. Iz mernog tornja Paks imali smo na raspolaganju podatke o smeru i jačini vетра. Ostale meteorološke podatke potrebne za simulaciju (koji na osnovu merenja u tornju nisu bili na raspolaganju) generisali smo na osnovu izlaznih podataka GFS (Global Forecasting System) numeričkog modela za prognozu sa slobodnim pristupom (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/GFS/doc.php>). Izlazna polja GFS modela su dostupna u prostornoj rezoluciji od $0,5 \times 0,5$ stepeni, odnosno vremenski za svaka 3 časa.

Za simulacije smo koristili podatke iz 2011. godine, budući da su te godine u više navrata nastupili nepovoljni vremenski uslovi u pogledu širenja i razblaživanja zagađivača (npr. tzv. trajno zadržavanje hladnog vazdušnog sloja u novembru 2011. godine), iz tog razloga rezultati su precenjeni.

Za modeliranje su bili na raspolaganju podaci o emisijama vezani za radove na izgradnji, koji se odnose na nepokretnе izvore (tačkasti, ili površinski izvori), kao i podaci emisije vezani za dostavu materijala i opreme. Za period uređenja terena i fundiranja mogli smo izračunati i količinu premeštene zemlje.

Za operativni period elektrane uzeli smo u obzir emisije prouzrokovane zadatim tačkastim izvorima i dostavom.

Simuliranje rasprostiranja smo izvršili za ugljen monoksid (CO), azotne okside (NO_x) ugljovodonike (C_xH_y) i suspendovanu prašinu (PM₁₀).

Tokom modelske simulacije za različite periode i različite emisije odredili smo koncentraciona polja, koja nastaju usled emisije, prekoračenja graničnih vrednosti i područje uticaja.

Granične vrednosti potrebne za ispitivanja uzeli smo u obzir u skladu sa Uredbom Ministarstva ruralnog razvoja br. 4/2011. (14.I.) o graničnim vrednostima nivoa opterećenosti vazduha i graničnim vrednostima emisije tačkastih nepokretnih izvora zagađenja vazduha. Delimično adekvatne granične vrednosti procenili smo na konzervativni način. Na osnovu toga smo prepostavili ukupnu količinu azotnih oksida (NO_x), celokupnu količinu smo tretirali kao NO₂, budući da je u uredbi granična vrednost zadata za NO₂. Ukupnu količinu ugljovodonika (C_xH_y) smo tretirali kao benzol, budući da je u uredbi granična vrednost zadata samo za benzol.

Područje uticaja zagađivača vazduha odredili smo na osnovu Vladine uredbe br. 306/2010. (23.XII.) o zaštiti vazduha.

17.3 NEPOSREDNI UTICAJI I PODRUČJE UTICAJA GRAĐENJA

Radovi na izgradnji

Tokom izgradnje razlikujemo četiri perioda, a to su sledeća: *rušenje, uređenje terena, fundiranje i izgradnja konstrukcije*.

U slučaju proračuna na osnovu realne meteorološke baze podataka područje uticaja ostaje unutar 500 m od izvora emisije u pogledu svakog zagađivača i u svakoj fazi radova.

U slučaju računanja sa konzervativnom meteorološkom bazom podataka, područje uticaja tokom izgradnje ostaje unutar 1.000 m od izvora emisije u pogledu svakog zagađivača i u svakoj fazi radova.

Područje uticaja zagađenja od saobraćaja u pogledu NO_x je okolina puta u pojasu širine 100 m, u slučaju ostalih zagađivača nije moguće iskazati područje uticaja. Područje uticaja zagađenja od saobraćaja tokom rada nije moguće iskazati. Nivo zagađenja u godišnjem proseku u slučaju CO ne premašuje 0,1 % od granične vrednosti, a u slučaju NO_x (NO₂) i C_xH_y (benzol) 10 % od granične vrednosti.

Pod izuzetno nepovoljnim meteorološkim uslovima u periodu izgradnje može doći i do prekoračenja zdravstvenih graničnih vrednosti. Najnepovoljniji vremenski uslovi obično nastupaju u zimskom periodu, kada se radovi mogu prekinuti, odnosno na osnovu meteorološke prognoze može se odrediti prekid radova. Potrebno je napomenuti da se pod sličnim nepovoljnim uslovima (hladan vazdušni sloj) može primetiti prekoračenje zdravstvenih graničnih vrednosti širom zemlje.

Sistem monitoringa u periodu građenja

Najблиži stambeni objekat gradilištu Paks II u naselju Csámpa udaljen je 1.330 m, stambeni objekat u Paksu 2.960 m, a stambeni objekat u naselju Dunaszentbenedek se nalazi na 2.590 m. Zbog značajnih udaljenosti ni na ovim mernim tačkama ne bi bila potrebna i opravdana izgradnja stanice za monitoring zagađenja vazduha.

Međutim, s obzirom na obim investicije i na trajanje izvođenja radova od ~10 godina, zbog težnje za sigurnošću preporučeno je pratiti promene zagađenosti vazduha u stambenim područjima koja su najbliža gradilištu.

Preporučene merne tačke su sledeće:

- jedna tačka uz stambeni objekat pored glavnog puta br. 6 u naselju Paks-Csámpa,
- jedna tačka na levoj obali Dunava,
- jedna tačka u okolini Kölesdi út u gradu Paksu.

Preporučeni monitoring zagađenosti vazduha je sledeći:

Neprekidno merenje koncentracije azotnog dioksida (NO₂), azotnih oksida (NO_x), ugljen monoksida (CO) integrisane za prosečno vreme od jednog časa, analizatorom instalisanim u mobilnu stanicu.

Vreme trajanja merenja po tačkama: 14 dana, za svako godišnje doba po 2, godišnje ukupno 8 puta (8 x 14 dana)

Merenje frakcije suspendovane prašine ispod 10 µm (PM₁₀), merenje zagađenosti svim suspendovanim česticama (TSPM), primenom ekspozicije od 24 časa, etapnom tehnikom aktivnog merenja.

Vreme trajanja merenja po tačkama: 14 dana, za svako godišnje doba po 2, godišnje ukupno 8 puta (8 x 14 dana).

Neprekidno merenje koncentracije ozona (O₃) integrisane za prosečno vreme od jednog časa, analizatorom instalisanim u mobilnu stanicu.

Vreme trajanja merenja po tačkama: 14 dana, za svako godišnje doba po 2, godišnje ukupno 8 puta (8 x 14 dana).

Merenje zagađenosti taložnom prašinom pasivnom tehnikom merenja.

Vreme trajanja merenja po tačkama: 30 dana, za svako godišnje doba po 1, godišnje ukupno 4 puta (4 x 30 dana).

Paralelno sa merenjem zagađenosti vazduha preporučujemo i neprekidno registrovanje meteoroloških parametara (temperatura, vlažnost vazduha, brzina veta, smer vetra) integrisano za razdoblje od 1 časa.

Merenja može obavljati ovlašćena laboratorijska sa odobrenim tipovima mernih uređaja.

Preporučuje se započeti sa merenjima godinu dana pre početka izvođenja radova, osiguravajući time registraciju početne zagađenosti područja kao referentne tačke. Program merenja preporučujemo nastaviti tokom celokupnog perioda građenja, osiguravajući time registraciju i dokumentaciju aktuelnog stanja.

Rad postrojenja

Za operativni period postrojenja imali smo u vidu emisiju iz zadatih tačkastih izvora, odnosno zbog dostave. Električno napajanje sigurnosnih uređaja tokom poremećaja u radu osiguravaju 4 dizel agregata po bloku, pojedinačne snage od ~7,5 MW_e, i pojedinačne unete toplotne energije sagorevanja od 18,75 MW_{th}. Bilo koji od dizel aggregata je u stanju osigurati napajanje potrebnom količinom električne energije u slučaju zastoja zbog eventualne smetnje. Dizel agregati – pod normalnim pogonskim uslovima – funkcionišu samo radi testiranja ili probnog rada. Nepokretni tačkasti izvori zagađivanja

vazduha su dimnjaci dizel agregata. Na osnovu vremena trajanja emisije, odnosno količine ispuštenog zagađivača ne očekuje se prekoračenje granične vrednosti u pogledu niti jednog zagađivača.

	CO	NO _x	C _x H _y
najveća konc. (µg/m ³):	107,2	15,3	3,8
prekoračenje granične vrednosti	nema	nema	nema
područje uticaja	nema		

Tablica 53. Uticaji probnog rada dizel agregata

O uticaju dostave tokom perioda rada postrojenja može se utvrditi da, računajući bilo sa realnim ili konzervativnim meteorološkim okolnostima, ne dolazi do prekoračenja graničnih vrednosti, nastale atmosferske koncentracije su veoma niske.

Uticaj istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks

Stanje zagađenosti vazduha mereno tokom 2012-2013. godine obuhvata i uticaje neradioaktivne emisije vezane za Nuklearnu elektranu Paks. Ako merenjima početnog stanja dodamo rezultate samostalnog uticaja Paksa II dobijene modeliranjem, dobićemo zbirni uticaj Paksa II i Nuklearne elektrane Paks.

Zagadivači vazduha	Stanje opterećenosti vazduha	Paks II – najveća jednočasovna koncentracija probnog rada dizel agregata	Zbirni uticaj Paksa II i Nuklearne elektrane Paks	Granična vrednost zagađenosti vazduha po času
(µg/m ³)				
Azotni oksidi (NO _x)	30	15	45	100
Ugljen dioksid (CO)	525	107	632	10 000

Tablica 54. Neposredni uticaj na kvalitet vazduha istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks

Na osnovu rezultata se vidi da uticaj neradioaktivne emisije tokom samostalnog rada Paksa II kao ni tokom istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks neće osetno menjati stanje zagađenosti vazduha, u pogledu naseljenih područja će biti kvalifikovano kao *podnošljiva-neutralna*.

17.4 REZIME

Na osnovu detaljnih podataka modeliranja može se utvrditi da se uticaj građenja prostire samo na lokaciji građenja i na njenom neposrednom okruženju, čak i u slučaju konzervativnih meteoroloških okolnosti.

Prekogranični uticaj na zagađenje vazduha od neradioaktivnih emisija se ne očekuje ni u vezi sa građenjem i radom Paksa II niti tokom istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks.

18 ŽIVI SVET-EKOSISTEM

18.1 VEGETACIJA I FLORISTIČKE KARAKTERISTIKE OKRUŽENJA ELEKTRANE

Okruženje u krugu od 3 km oko Nuklearne elektrane Paks, u pogledu strukture pejzaža veoma je heterogeno. Značajan je ideo sađenih belogoričnih i crnogoričnih šuma, kao i poljoprivrednih površina. Veći prostor još zauzimaju različite vodene površine i sve ugroženiji peščani travnjaci, pored toga značajan je i ideo izgrađenih površina. Uopšteno je svojstvena degradacija područja, smanjivanje, odnosno nestanak travnatih površina na peščanoj pustari. Značajan je ideo biljnih sorti koje nisu svojstvene za ovaj krajolik, a značajno je širenje i invazivnih sorti. Veća jedinstvena visokovredna teritorija na ovom području je Dunav i njegove obale, odnosno močvarna šuma u Dunaszentgyörgyu.

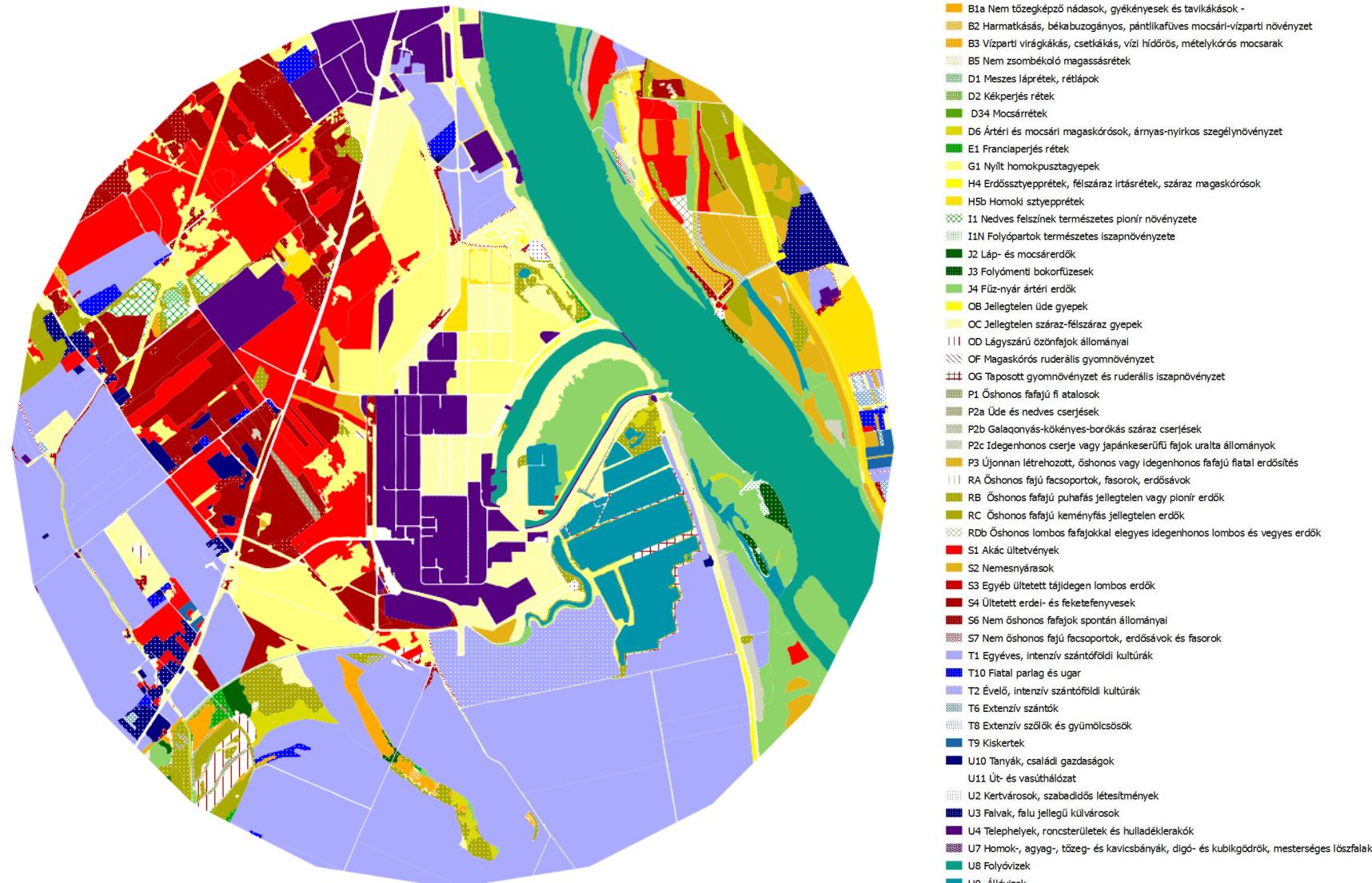
Upoređujući zajednički udeo ekoloških pokazatelja može se utvrditi da u proteklih više od 10 godina u svojstvima flore na ovom području nisu nastupile značajnije promene. Na ispitivanom području prevladavaju sorte zapuštenih, ruderalnih grupacija, ali je značajan i udeo sorti otpornih na stres. Sve to potvrđuje da je područje pod snažnim antropogenim uticajem.

Na području planirane elektrane trenutno se nalaze suve u polusuve travnate površine. Travnate površine su takoreći bez izuzetka košene, s brojnim vrstama korova, i mada se delimično nalaze na pesku, nedostaju sorte peščarskih trava. Učestala su i sveža remećenja populacija.



Slika 85.: Degradirana travnata površina sa kamenim pločama na području zahvaćenom građenjem

Na području privremenog gradilišta najviše rasprostranjene biljne zajednice su suvi i polusuvi travnjaci, peščane stepе, beznačajne ili mlade šume autohtonog drveća i otvorene stepе peščane pustare. U okruženju kanala tople i hladne vode, na površinama bez obloge se kose i sekundarni suvi travnjaci, odnosno sveži travnjaci sa korovom. Ostrvo između dva kanala je prekriveno pretežno vrbovom i topolovom šumom plavnog područja.



Slika 86. Karta vegetacije okruženja Nuklearne elektrane Paks u krugu od 3 km

B1a	Tršćare, rogoz i šaš, koje ne stvaraju treset
B2	Močvarne priobalne biljke sa velikom pirevinom, ježincem, svetlicom
B3	Priobalne močvare sa štitastim vodoljubom, običnom jezernicom, žabočunom
B5	Nerodni visoki blatni ritovi
D1	Krečni močvarni ritovi, ritne ploče
D2	Ritovi sa beskoljenkom
D34	Močvarni ritovi
D6	Vodoplavni i močvarni visoki korov, senovito-vlažno obodne biljke
E1	Ritovi sa ovsenicom, pahovkom
G1	Otvoreni travnjaci peščane pustare
H4	Šumski stepski ritovi, polusuvi ritovi na krčevinama, suvi visoki korov
H5b	Peščani stepski ritovi
I1	Prirodne pionirske biljke vlažnih površina
I1N	Prirodno muljsko rastinje rečnih obala
J2	Tresetne i močvarne šume
J3	Obalni grmoliki vrbaci
J4	Poplavne šume vrbe i topole
OB	Beznačajni sveži travnjaci
OC	Beznačajni suvi-polusuvi travnjaci
OD	Populacije zeljastih invazivnih vrsta
OF	Ruderalno visoko korovno bilje
OG	Gaženo korovno bilje i ruderalno muljsko bilje
P1	Mladice autohtonog drveća
P2a	Sveže i vlažno grmlje
P2b	Suvo grmlje gloga-trnine-borovice
P2c	Populacije u kojima dominiraju neautohtone i japanske gorke trave
P3	Novo posadene mlade šume s autohtonim i neautohtonim vrstama drveća
RA	Skupine drveća, drvoredi i šumski pojasevi autohtonih vrsta
RB	Beznačajne ili pionirske šume autohtonog mekog drveća
RC	Beznačajne šume autohtonog tvrdog drveća
RDb	Belogorične šume neautohtonih vrsta pomešanih sa autohtonim vrstama drveća
S1	Plantaže bagrema
S2	Šume plemenite topole
S3	Ostale sađene krošnjaste šume neautohtonih vrsta
S4	Sađene šume šumskog i crnog bora
S6	Spontane populacije neautohtonih vrsta drveća
S7	Skupine drveća, šumski pojasevi i drvoredi neautohtonih vrsta drveća
T1	Jednogodišnje intenzivne poljoprivredne kulture
T10	Mlado neobrađeno zemljишte i ugar
T2	Višegodišnje intenzivne poljoprivredne kulture
T6	Ekstenzivne oranice
T8	Ekstenzivni vinogradi i voćnjaci
T9	Baštne okoline kuća
U10	Salaši, porodična gazdinstva
U11	Drumska i železnička mreža
U2	Predgrađa, rekreativni objekti
U3	Sela, predgrađa seoskog karaktera
U4	Industrijske lokacije, otpad i skladište otpada
U7	Eksplotacije peska, gline, treseta i šljunka, poplavne barice, jame, veštački lesni zidovi
U8	Vodotoci
U9	Stajaće vode

18.2 PODRUČJA NATURA 2000 U KRUGU OD 10 KM OKO ELEKTRANE

Područja Natura 2000 u krugu od 10 km od Nuklearne elektrane Paks su:

Tolnanski-Dunav (HUDD20023): Deo koji spada u krug od 10 km

Močvarna šuma Dunaszentgyörgy (HUDD20072): 328,03 ha

Područje sa išaranim šafranom kod Paksa (HUDD20071): 91,16 ha

Ritovi u Tengelicu (HUDD20070): 466,35 ha

Polje tekunica kod Paksa (HUDD20069): 352,14 ha

Lesni travnjaci srednje regije Mezőföld (HUDD20020): Područje veličine nekoliko 10-ina ha koje spada u krug od 10 km

Paks II neposredno zahvata jedno područje Natura 2000: Tolnanski Dunav. Uski priobalni pojas, koji je zahvaćen rekuperacijskom elektranom i objektom za disipaciju energije je šumarak poplavnog područja pod snažnim uticajem kretanja voda, odnosno sekundarni degradirani travnjak na bokovima brane, bez vrednosti u pogledu zaštite prirode. Na području Natura 2000 ne nalaze se zaštićene i značajne biljne vrste. Nivo krošnje vrbovih i topolovih šuma poplavnog područja uglavnom sačinjavaju crna topola i bela breza. Na nivou grmlja je masovno prisutna plava kupina i bagremac. Na deonici koju neposredno zahvata investicija na nivou travnjaka, pored invazivne visoke forzicije, skoro isključivo dominiraju nitrofrekventne vrste.



Slika 87. Brezove i toplove šume poplavnog područja na ostrvu između dva kanala

18.3 UTICAJ PAKSA II NA BILJNI SVET

18.3.1 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA GRAĐENJA

Zahvaćenost biljaka

Na gradilištu će tokom izvođenja radova nestati beznačajni suvi i polusuvi travnjaci. To su životni prostori zarašli korovom, degradirani su i remećeni, njihova prirodnost jedva premašuje najniži nivo, kategoriju 1. Biomonitoringom nisu pronađene zaštićene vrste. Na područjima kategorije „Ruševine, industrijske lokacije, deponije otpada”, takođe zahvaćenim investicijom ne nalaze se vrednosti u pogledu zaštite prirode.

Upotreba područja između kanala hladne i tople vode, odnosno izgradnja rekuperacijske elektrane i objekta za disipaciju energije na obali Dunava povlači za sobom delimičnu seču drveća postojećih vrbovih i topolovih šuma. Prirodnost šuma je dobra, to je zajednica sa brzom dinamikom, sposobnost njene regeneracije – ako se vodostaji ne menjaju – ima povoljnu perspektivu.

Značajnije biljne zajednice zahvaćene izgradnjom dalekovoda u vezi sa ovom investicijom su: jednogodišnje intenzivne poljoprivredne kulture, postojeći suvi-polusuvi travnjaci, spontane populacije neautohtonih vrsta drveća, bagremove plantaže, sađene plantaže šumskog i crnog bora, otvoreni degradirani peščani travnjak, zarašao korovom. Izbor mesta stubova je obavljen imajući u vidu aspekte zaštite prirode, iz tog razloga tokom građenja stubova ne treba računati na uništavanje biljnih staništa, vrednih u pogledu zaštite prirode.

Oštećenja staništa

Na privremenom gradilištu Paks II i u zoni izgradnje dalekovoda staništa će postati nepovoljnija usled sabijanja tla, tokom izvođenja građevinskih radova treba računati na gaženje i delimično oštećenje biljaka. Cirkulacija vode u sabijenom tlu je takođe nepovoljnije, biljke će npr. teže savladavati sušu.



Slika 88. Travnjak sa gospinim vlaskom na lokaciji Nuklearne elektrane Paks

Glavna zahvaćena staništa

Privremeno gradilište: beznačajni suvi i polusuvi travnjaci, otvoreni travnjaci peščane pustare, peščani stepski travnjaci, beznačajne ili mlade šume mekog drveća autohtonih vrsta, spontane populacije neautohtonih vrsta, livade francuskog ljuja.

Trasa dalekovoda: jednogodišnje intenzivne poljoprivredne kulture, beznačajni suvi-polusuvi travnjaci, spontane populacije neautohtonih vrsta drveća, bagremove plantaže, sađene plantaže šumskog i crnog bora, otvoreni peščani travnjaci, beznačajne ili mlade šume mekog drveća autohtonih vrsta, sađene grupe neautohtonih vrsta drveća, šumski pojasevi i dvoredi, peščani stepski travnjaci, drumska i železnička mreža.

Vrednija područja u pogledu zaštite prirode su otvoreni peščani travnjaci i peščane stepske livade. Ovi su travnjaci u različitoj meri degradirani, a time im je određena i sposobnost regeneracije. Prirodni delovi se lakše regenerišu, osobito ako se u blizini nalazi izvor izdanaka ili manja šuma (autohtone vrste). Više degradirani travnjaci se teže ili teško regenerišu. Pored gaženja nepovoljno utiče i suša odnosno razmnožavanje invazivnih vrsta.

Zahvaćenost zaštićenih biljaka

Potencijalno zahvaćene vrste na otvorenim travnjacima peščane pustare i peščanim stepskim travnjacima:

Na području elektrane: perasto kovilje (*Stipa pennata*), peščarsko kovilje (*Stipa borysthenica*), peščarski različak (*Centaurea arenaria*), sitnocvetna pušina (*Silene borysthenica*)

Na trasi dalekovoda: peščarski različak (*Centaurea arenaria*), sjajna steničnica (*Corispermum nitidum*), perasto kovilje (*Stipa pennata*), peščarsko kovilje (*Stipa borysthenica*), peščarski karanfil (*Dianthus serotinus*), sitnocvetna pušina (*Silene borysthenica*)



Slika 89.: Peščarski karanfil (*Dianthus serotinus*)

Neposredno područje uticaja ispitivano sa stanovišta biljnih zajednica i zaštićenih biljnih vrsta prostire se na gradilištu, na svim pripadajućim područjima građenja (podrazumevajući i ostrvo i obalu Dunava) kao i na pojas izgradnje trase dalekovoda. Područje posrednog uticaja procesa koji utiču na vegetaciju prostire se na privremenom gradilištu, svim pripadajućim područjima građenja i neposrednom okruženju (podrazumevajući i ostrvo i obalu Dunava), oko Nuklearne elektrane Paks u krugu od nekoliko 100-ina metara (maks. 500 m, a u pravcu zapada i juga oko 300 m), kao i na pojasu izgradnje trase dalekovoda i njegovom okruženju do 100 m. Izgradnja Paksa II, s botaničkog aspekta nema prekogranični uticaj.

18.3.2 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA RADA ELEKTRANE

Tokom rada postrojenja može doći do formiranja sađenih travnjaka na gusto izgrađenom području u okruženju parkova, odnosno sekundarnih degradiranih travnjaka. Na području gradilišta, nakon realizacije investicije prirodna se vegetacija nesmetano može razvijati na ograđenim, regenerisanim površinama kojima će se gazdovati na odgovarajući način za zaštitu pejzaža, zaštićene vrste mogu sebi naći utočište. U sigurnosnoj zoni dalekovoda uključenog u ovu investiciju, tokom rada elektrane će se uesti ograničenja u pogledu obrade zemljišta. Uticaj elektrane na promene vodostaja i temperaturu vode nema signifikantnog uticaja na priobalne biljke. Posredni uticaji elektrane, npr. uticaj taloženja zagađujućih materija iz vazduha, sa botaničkog gledišta su zanemarljivi.

Neposredno područje uticaja rada postrojenja u pogledu biljnih zajednica i zaštićenih biljaka prostire se na celokupnom području Paksa II (i na području privremenog gradilišta), na sigurnosnom pojasu dalekovoda i na okruženju disipatora energije i rekuperacijske elektrane. Posredno područje uticaja rada elektrane u pogledu biljnih zajednica i zaštićenih biljaka praktično se poklapa sa područjem neposrednog uticaja, odnosno potencijalno može biti uključeno i područje zahvaćeno zagađivanjem vazduha. Rad elektrane sa botaničkog gledišta nema prekograničnih uticaja.

18.3.2.1 Uticaj i područje uticaja pogonskih udesa i havarija

Lokalni pogonski udesi i havarija do kojih može doći na lokaciji ne zahvataju biljkama pokrivena područja vredna u pogledu zaštite prirode. U havarijama sa neradioaktivnim emisijama na područjima zahvaćenim požarom mogu nastati oštećenja i uništenje biljaka srazmerno veličini zahvaćenog područja. Havarije koje zahvataju vode povezane sa Dunavom mogu uzrokovati oštećenje biljaka i biljnih zajednica koje su nastanjene u priobalnom pojasu Dunava. Emisije neradioaktivnih materija zbog havarija, sa botaničkog gledišta nemaju prekograničnih uticaja.

18.3.3 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA DEKOMISIJE (RASTAVLJANJA)

Na područjima rušenja treba računati na zahvaćenost biljaka i životnih zajednica regenerisanih tokom radnog veka elektrane, odnosno na biljkama se može taložiti prašina, u vazduhu mogu dospeti zagađujuće materije iz radnih mašina. Oštećenja staništa zbog rušenja potencijalni su izvor širenja invazivnih vrsta. Živi svet će se raširiti na zahvaćenom području u meri zavisnoj od stepena njene rekultivacije. Međutim, površina cele elektrane je dovoljno mala da njena demontaža ne prouzrokuje značajne ekološke promene. Područje trase dalekovoda je veoma izloženo širenju korova i prodom invazivnih vrsta, što predstavlja najveću opasnost za autohtone peščarske životne zajednice. Nakon rastavljanja elektrane prestaju gore navedeni nepovoljni uticaji.

18.4 UTICAJ PAKSA II NA ŽIVOTINJSKI SVET

18.4.1 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA GRAĐENJA

Izgradnja Paksa II ima brojne neposredne uticaje na faunu. Od vrsta makroskopskih vodenih beskičmenjaka na ispitivanoj deonici Dunava 37% su invazivne. Među zaštićenim vrstama su 3 vodena puža, 4 školjki i 1 vrsta vodenog cveta. Od istaknutog je značaja za zajednicu obična rečna školjka (*Unio crassus*), indikatorska vrsta područja Natura 2000 Tolnanskog Dunava, koja je zaštićena na teritoriji cele zemlje. Njeno prisustvo je višestruku dokazano, međutim, o veličini populacije i njenoj dinamici na zahvaćenom području se zna veoma malo. Iz tog bi razloga bilo bitno u budućnosti usmerenim monitoringom pratiti formiranje populacije obične rečne školjke na spomenutoj deonici. Žutonoga rečno vretence (*Gomphus flavipes*) je indikatorska vrsta donjeg toka većih reka, indikatorska vrsta područja Natura 2000. U svim zemljama Evrope im je broj u opadanju, ali na ispitanim području živi stabilna populacija. Među vrstama vodenih cvetova dunavski cvet (*Ephoron virgo*) je takođe zaštićena vrsta.

Radovi koji će se izvesti tokom proširenja poprečnog preseka toplovodnog i hladnovodnog kanala, imaju uticaj na kvalitet vode i na njen živi svet sa više aspekata, verovatno i na spomenute vrste, ali samo privremeno. Pod uticajem građevinskih radova na kanalima za hladnu i toplu vodu ribe će se verovatno odseliti, ali nakon završetka radova se mogu vratiti. Izgradnjom novog kanala za toplu vodu može nastati novo povoljno, raznoliko stanište za ribe.

Pre početka izgradnje preporučljivo je detaljnije ispitati faunu deonice obale Dunava, predviđene za tehničke intervencije, a tokom rada je svrsishodan njihov monitoring. (Treba napomenuti, da nova lokacija kanala tople vode povlači za sobom uništenje manjeg broja životinjskih vrsta – podrazumevajući i vodozemce – i staništa, nego li ona koja je ranije predviđena na ostrvima u Uszódu.)

Paks II će usled korišćenja prostora imati značajan uticaj na zajednice insekata, kao i na pravokrilce, na pojedine leptire i na površinske zglavkare koji su čvrsto vezani uz biljni svet. Među pravokrilcima posebno su zahvaćene zaštićene vrste panonski skakavac (*Acrida ungarica*), divlji skakavac (*Calliptamus barbarus*) i jedna veoma retka vrsta u celoj zemlji, maleni skakavac (*Omocestus minutus*). Potrebno je napomenuti da dve ovde prisutne zaštićene vrste bogomoljki na državnom nivou ne spadaju među ugrožene vrste. Na Niziji se na primer mestimično pojavljuju u velikim koncentracijama. U pogledu leptirova, gradilište i prostor proširenja toplovodnog i hladnovodnog kanala je i pre intervencije veoma siromašan po broju vrsta. Osim nekoliko jedinki velikog dukata (*Lycaena dispar*) nema zaštićenih vrsta leptirova na ovim područjima, ali na populaciju ove vrste radovi sigurno neće imati nepovoljan uticaj. Iz tog razloga, što se tiče leptirova, na području izgradnje nisu potrebne posebne mere. Populacije zaštićenih vrsta koje su prisutne na ostrvu (obični jedrenjak (*Neptis sappho*), danje paunče (*Nymphalis io*), kontinentalna riđa (*N. c-album*), lepokrili admiril (*Vanessa atalanta*), modra lenta (*Catocala fraxini*), odnosno strogo zaštićeni panonski prelivac (*Apatura metis*) nisu ugrožene. Nakon prestanka remećenja brzo će se vratiti sa okolnih područja. Tokom skidanja sloja humusa treba računati na uznemiravanje faune tla i površinskog životinjskog sveta na području, na pojačani saobraćaj i na gaženje tla. Na području se nalaze dve zaštićene vrste, granulisani bronzani trčuljak (*Carabus granulatus*) na ostrvu, odnosno pauk vučjak (*Geolycosa vultuosa*) na

privremenom gradilištu. Ove vrste nisu retke, pogodna staništa za njih nalaze se u svim delovima zemlje. Smanjenje broja insekata nanosi štetu u bazi ishrane slepih miševa.

Ukoliko tokom radova biljni svet ostane neuništen na područjima pored zahvaćenih staništa, na tim područjima vrste ovih grupa u manjoj ili većoj meri mogu preživeti razdoblje građenja, odnosno pionirska vegetacija koja podnosi remećenje i raste na mestima odstranjenih biljaka može biti pogodna kao privremeno stanište ovim vrstama, mada razmnožavanje invazivnog korova može negativno uticati. Ukoliko je celokupno područje gradilišta zahvaćeno kao stanište, ovdašnje populacije navedene procenjene veličine će verovatno i dalje opstati na sličnim susednim staništima.

Tokom izvođenja radova na postavljanju stubova dalekovoda vegetacija će biti posećena na velikom području. Uklanjanje plodnog sloja tla i drvenastih biljaka imaće značajan uticaj na vegetaciju. Na trasi elektro vodova blokova na poremećenim mestimičnim peščanim travnjacima verovatno se nalazi zaštićeni nosati skakavac (*Acrida ungarica*), a takođe može biti prisutna i divlji skakavac (*Calliptamus barbarus*) odnosno i maleni skakavac (*Omocestus minutus*) koji je redak u celoj zemlji. Tokom građenja će nestati njihova staništa, kao i staništa uskršnjeg leptira (*Zerynthia polyxena*), danjeg paunčeta (*Nymphalis io*), kontinentalne ride (*N. c-album*), lepokrilog admirala (*Vanessa atalanta*), Pandorine sedefice (*Argynnис pandora*) danje medonjice (*Euplagia quadripunctaria*), peščarske sove (*Cucullia balsamitae*) i srebrnaste sove (*Cucullia argentea*), koje su ovde nastanjene.



Slika 90. Danja medonjica (*Euplagia quadripunctaria*)

Mesta stubova dalekovoda određena su imajući u vidu mestimične travnjake peščane pustare, svodeći na najmanju meru štetu koju polaganje stubova uzrokuje pravokrilcima, leptirima i površinskim zglavkarima. Potrebno je skrenuti pažnju na to da na području ispod stubova visokog napona dugoročno, uz kasnije odgovarajuće održavanje mogu se stvoriti podobna, štaviše vredna staništa karaktera peščane pustare. Intervencije duž trase omogućavaju širenje travnatih površina na štetu neautohtonih sadnica. U vezi s tim može se očekivati da će na travnjacima koji će niknuti na mestima posećenih plantaža bagremova i borova, siromašnih po vrstama, ponovo nastaniti zaštićeni pravokrilci i leptiri.

Na području Nuklearne elektrane Paks žive brojne vrste vodozemaca, gmizavaca i ptica, jer je na jednom delu tog područja (npr. privremeno gradilište, ostrvo) od vremena izgradnje obavljeno relativno mali broj intervencija. Vodozemci i gmizavci su zahvaćeni tokom zemljanih radova (posebno ako se radovi obavljaju u razdoblju njihovog mirovanja, od novembra do marta). Tokom uređivanja terena započetog u aktivnom razdoblju vodozemaca i gmizavaca jedan deo jedinki još može napustiti područje, povući se na obod gde verovatno mogu pronaći životni prostor za sebe. Mašine mogu pogaziti životinje. Nakon smrkavanja vodozemci se povlače na topao beton, gde je povećana opasnost od gaženja, naime radovi na području elektrane obavljaju se i noću.

Građenje blokova Paks II zahvata mesta hranjenja i gnezđenja vrstama ptica koje se gnezde i hrane na tom području. Teritorije proširenja i građenja, kao i ostrvo trenutno služe kao veoma povoljno mesto za brojne vrste ptičjih zajednica (npr. crna roda (*Ciconia nigra*), stepska trepteljka (*Anthus campestris*), leganj (*Caprimulgus europaeus*), odnosno crna žuna (*Dryocopus martius*) i rusi svračak (*Lanius collurio*) koje se verovatno gnezde na ovom području).



Slika 91. Obična beloguza (*Oenanthe oenanthe*) u potrazi za hranom na području proširenja

Povećana izloženost buci imaće uticaja na sledeće ptice vrste značajne za zajednicu, koje se hrane i gnezde na zahvaćenom području: eja močvarica (*Circus aeruginosus*), crna žuna (*Dryocopus martius*), srednji detlić (*Dendrocopos medius*), šumska ševa (*Lullula arborea*), belovrata muharica (*Ficedula albicollis*), leganj (*Caprimulgus europaeus*), rusi svračak (*Lanius collurio*), crna roda (*Ciconia nigra*), stepska trepteljka (*Anthus campestris*), belorepan (*Haliaeetus albicilla*). Sav otpad koji nastaje tokom građenja može predstavljati izvor opasnosti za ptice koje se tu gnezde i hrane, što može uzrokovati i njihovo uginuće (ptice vezane za vodu i veće jedinke mogu se zamrsiti u ambalažni materijal, sitan otpad može dospeti u sistem za varenje ptica, itd.)

Građenje vodova blokova imaće uticaja i na ptice vrste koje se gnezde i hrane na području podnožja i u neposrednoj blizini i širem okruženju trase elektro vodova, najpre na sokolovke (*Falconiformes*), pevačice (*Passeriformes*), kokoši (*Galliformes*) i sove (*Strigiformes*).

Izgradnja električnih sistema imaće neposredni uticaj na sledeće vrste ptičjih zajednica: crvena lunja (*Milvus milvus*), crna lunja (*Milvus migrans*), eja močvarica (*Circus aeruginosus*). Pored toga treba računati i sa uticajem na stepske miševe.

Ne treba računati na značajan posredni uticaj u slučaju vodene faune i vrste leptirova, mogu se odvojiti od prirodne fluktuacije. Vezano za izmenjenu strukturu biljnog sveta može doći do stvaranja manje vredne faune pravokrilaca, što se može proširiti i na neometana područja. Promena zajednice zglavkaza vezano za promenu biljnog sveta može biti nepovoljna za vodozemce i gmizavce, može rezultirati smanjenjem baze njihove prehrane. U zajednici zglavkaza na površini tla mogu se pojaviti i proširiti invazivne, odnosno sinantropne (vezane za ljudе) vrste zglavkaza. Smanjenje broja izolovane populacije može dovesti do lokalnog izumiranja ili genetskih promena. Izolovanost (fragmentacija) potencijalna je opasnost za populacije vodozemaca i gmizavaca, odnosno u izvesnoj meri, mada u većim prostornim razmerama, i za sitne ptice, ptice koje brane svoju teritoriju i za vrste koje se gnezde na tom području. Fragmentacija staništa će pre svega imati uticaja na sledeće zajednice ptičjih vrsta, koje se gnezde na tom području: crna žuna (*Dryocopus martius*), šumska ševa (*Lullula arborea*), belovrata muharica (*Ficedula albicollis*), stepska trepteljka (*Anthus campestris*), rusi svračak (*Lanius collurio*), leganj (*Caprimulgus europaeus*), prdavac (*Crex crex*).

Usled buke, prašine i zagađenja vazduha većina vrsta vodozemaca i gmizavaca potražiće utočište na udaljenijim područjima. Na biljke će se taložiti suspendovana prašina koja na taj način neposredno utiče na njihov razvoj, a posredno i na ptice koje tu žive i hrane se. Povećanje nivoa buke može predstavljati problem žabama, jer dovodi u zabludu ženke, koje se kreću u pravcu zova mužjaka, što ima uticaja na uspešnost razmnožavanja. Vrednije ptice, koje izbegavaju buku (crna roda (*Ciconia nigra*), stepska trepteljka (*Anthus campestris*), orao štekavac (*Haliaeetus albicilla*)) leganj (*Caprimulgus europaeus*)) mogu napustiti sadašnja staništa, njihova će mesta zauzeti druge, manje vredne ptice vrste koje podnose buku. Pod uticajem vodova blokova mogu nastupiti smetnje u embrionalnom razvoju vodozemaca. Noćno veštačko osvetljenje ima uticaja na orientaciju, na strategiju pribavljanja hrane, na razmnožavanje i razvoj žaba, daždevnjaka, salamandri.

Gore spomenuti posredni i neposredni uticaji će zahvatiti celokupno područje Nuklearne elektrane Paks i Paksa II, podrazumevajući i trasu novog visokonaponskog dalekovoda, njegovo okruženje od 100-200 metara, transportne puteve, deonicu Dunava ispod ispusta kanala tople vode, odnosno faunu koja se tamo nalazi.

Radovi tokom izgradnje verovatno neće imati prekogranični ekološki uticaj na faunu. Ovakav se uticaj ne očekuje ni tokom rada Nuklearne elektrane Paks ili Paksa II, niti tokom njihovog istovremenog rada, u slučaju normalnog funkcionisanja.

Na osnovu dosadašnjih ispitivanja može se pretpostaviti, da će intervencije koje zahvataju Dunav imati uticaja na vodenu faunu makroskopskih beskičmenjaka. Njihova procena i obavljanje potrebnih faunističkih snimanja izričito je preporučljivo

još pre početka radova izgradnje. Konkretni predlozi za zaštitu životne sredine mogu se dati u zavisnosti od rezultata snimanja stanja.



Slika 92. Ljske školjki i puževa na obali Dunava kod Paksa

Uopšteno se može reći da tokom izvođenja radova koji zahvataju korito Dunava, delatnosti koje remete prirodno okruženje i formiranje obalnog korita treba po mogućnosti ograničiti na što manju teritoriju. Što se tiče riba, tokom realizacije Paksa II nisu potrebne naročite ekološke mere, jer većina riba se može povući sa područja odmuljavanja i ostalih radova koji zahvataju rečnu obalu.

U interesu opštanka vrednih pravokrilaca na preostalim mestimičnim staništima na gradilištu, odnosno u njegovom okruženju potrebno je očuvati odnosno poboljšati okolnosti. To pre svega znači poboljšanje stanja staništa peščanih pustara u okolini Nuklearne elektrane Paks, eventualno proširenje ovih područja, kao i suzbijanje širenja mlečike i bagrema.

Negativni uticaji na ptice uzrokovani građenjem elektro vodova blokova mogu se smanjiti odgovarajućom izolacijom stubova i vodova, naime broj udara struje u ptice će se na ovaj način smanjiti. Rehabilitacija prvobitne peščane vegetacije na području ispod dalekovoda je ostvarljiv zadatak rekonstrukcije, koja zahteva kompleksnu ekološku intervenciju. Smatramo korisnim zasejavanje područja semenjem sakupljenim u okolini, pomažući time rehabilitaciju krajolika. Ove će intervencije ubrzati i ponovno nastanjivanje zaštićenih i vrednih vrsta insekata. Rekultivacijom je moguće povećati broj i rasprostranjenost odgovarajućih mesta za gnežđenje i prehranu ptica.

Na gradilištu treba stručno pohvatati što veći broj jedinki vodozemaca, gmizavaca i slepih miševa, i preseliti ih na obližnja neremećena staništa. Pošto su sve vrste vodozemaca i gmizavaca zaštićene, potrebno je obratiti pažnju na to, da se zemljani radovi ne izvode u zimskom periodu hibernacije, već od proleća do jeseni, kada su aktivne pokretne jedinke već u stanju da pobegnu sa područja ako treba. Radove po mogućnosti treba vršiti od unutrašnjosti zahvaćene površine prema obodu, da ne nastanu stajaće vode, buku treba ograničiti posebno u proletnom periodu razmnožavanja vodozemaca i ptica. U pogledu ptica, povoljno razdoblje obavljanja radova delimično je suprotno od vodozemaca i gmizavaca. U slučaju ptica je povoljno razdoblje za izvođenje radova od jeseni do proleća, dok u pogledu vodozemaca i gmizavaca od proleća do jeseni. Ovaj se problem ne može rešiti stručno, prema aspektima procene rizika. To je već područje upravljanja rizikom.



Slika 93. Bogati ptičji svet oko elektrane

Negativni uticaji otpada koji s gledišta ptica predstavlja poseban rizik (jedenje, fizička oštećenja) mogu se smanjiti njihovim odgovarajućim skladištenjem.

Za sve životinske vrste je bitno da tokom građenja ostane što je moguće više zelenih površina. Po mogućnosti potrebno je izbegavati fragmentaciju, usitnjavanje staništa. Treba podsticati da pojedina staništa ostanu međusobno povezana

(ekološki koridor). Na strani prema Dunavu, odvajanjem područja uz nasip sa izvornom površinom terena, može se osigurati mogućnost preživljavanja biljnim i životinjskim vrstama, što je od posebno velikog značaja za zaštićene vrste.

Od istaknutog je značaja neprekidni monitoring područja. Ispitivanja obavljena do sada predstavljaju korektno snimanje početnog stanja (base-line), na koje se monitoring pouzdano može oslanjati. Kasnije, uz pomoć monitoringa eventualni problemi se mogu uočiti i otkloniti na vreme.

18.4.2 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA TOKOM RADA ELEKTRANE

Od faktora uticaja normalnog rada elektrane, u pogledu makroskopskih beskičmenjaka prvenstveni značaj imaju uticaji zgrejane rashladne vode, koja se uliva u priobalnu regiju Dunava. Više decenijska praksa pogona Nuklearne elektrane Paks pokazuje da su granične vrednosti temperature vode bile održive čak i u razdobljima sa najvišim temperaturama i najnižim vodostajima. Uticaj toplotnog mlaza zahvata celokupnu deonicu nizvodno od elektrane (primarna proizvodnja, razgradnja, kiseonički režim), ali očekivano povišenje temperature u obodnom području na desnoj obali će verovatno imati značajan uticaj na zajednice makroskopskih beskičmenjaka. Zbog nesigurnosti modelisanja temperturnih promena, predviđene temperature vode Dunava svakako su upozoravajuće, ali budući uticaji na zajednice makroskopskih beskičmenjaka koje žive u priobalnom području mogu se vrednovati samo uopšteno. U manjoj se meri može predvideti uticaj toplotnog opterećenja u odnosu na postojeće stanje, što će verovatno biti teško odvojiti od procesa promene temperature vode usled promene klime. Dok su, međutim, oni prvo spominjani uticaji lokalizirani na deonicu nizvodno od ulivanja, javljaju se jedino na deonici od oko 1000 m do središnje ose Dunava, ovi drugi menjaju strukturu živog sveta Dunava i procese organizovanja zajednica na korenit ali nepoznat način. U slučaju vilinih konjica očekuje se da će se njihove larve pojavit na deonicama udaljenim od uticaja tople vode.



Slika 94. Žutonoga rečno vretence (Gomphus flavipes)

Tokom rada Paksa II u pogledu riba treba posebno uzeti u obzir uticaj dva faktora. S jedne strane, povećava se priliv ispuštene vode, stoga se menjaju hidrološki i morfološki uslovi korita, a time i upotreba staništa riba. S druge strane, povećanje temperature vode utiče na dinamiku populacije i procese metabolizma riba. Očekivane hidrološke i morfološke promene korita nisu štetne za ribe. Prisutnost jednog novog mesta ulivanja stvara raznolike uslove staništa, koji slično postojećem mestu ispuštanja može rezultirati čak i lokalnim povećanjem riblje populacije. Rad Paksa II može lokalno uticati na prostorni raspored riba, ali na dinamiku dunavskih populacija verovatno neće imati značajan uticaj.

Nakon završetka radova na izgradnji Paksa II izvršiće se uređenje terena. To znači da će na tom području postepeno ponovo nastati suvi travnjaci, neremećena staništa, slična postojećim. Na ovim će područjima zajednice pravokrilaca i površinskih zglavkara postupno biti u stanju ponovo se nastaniti sa preostalih okolnih staništa. Na taj se način opet mogu nastati vredne zajednice i opstati ovde tokom radnog veka postrojenja.

Ne očekuje se nastanjivanje zaštićenih vrsta leptira. Isto to vredi i za otvorene travnate površine koje će nastati duž planiranog dalekovoda. Za sve to je potrebna okolina koja se dugoročno, tokom više decenija neće uz nemiravati. Na ostrvu se ne očekuje značajna promena u ekološkom statusu tamo nastanjenih vrsta leptirova. Normalan rad elektrane ne remeti polje tekunica pored Paksa niti staništa močvarnih šuma u Dunaszentgyörgyu, kao ni vrste leptirova, koje su tamo nastanjene.

Prema očekivanjima rad Paksa II za vodozemce i gmizavce neće uzrokovati neposredne nepovoljne uticaje. Očekuje se ponovno nastanjivanje pojedinih vrsta. To je značajno zbog toga što su sve vrste vodozemaca i gmizavaca zaštićene.



Slika 95. Obični zelembać (*Lacerta viridis*) dobro podnosi antropogeno remećenje

U pogledu ptica može se očekivati da će nastati stanja slična postojećem. Zahvaljujući relativnoj neremećenosti, brojne zaštićene i strogo zaštićene ptice vrste pronaći će potrebna staništa (pre svega kao područje za ishranu). Povećan broj dalekovoda i nosećih stubova tokom rada elektrane predstavljaju stalni izvor opasnosti, stubovi će, međutim, imati povoljan uticaj na ptice grabljivice, naime stubovi su istovremeno pogodna mesta za posmatranje.

Usled izgradnje Paksa II, pored povećanog topotognog opterećenja Dunava treba računati na promene temperature uzrokovane globalnim zagrevanjem, u budućnosti treba vršiti njihov zajednički monitoring i modelisanje. Dosadašnji rezultati istraživanja ukazuju na to da globalne promene mogu smanjiti prilagodljivost sadašnjih struktura vodenih zajedница. Potrebno je uzeti u obzir da o uticaju promene temperature na makro-beskičmenjake imamo samo nedovoljna saznanja. Na osnovu dosadašnjih istraživanja uopšteno se može reći da povećanje temperature vode ima veći uticaj na vrste sa uskom tolerancijom koje preferiraju hladne vode i koji su tokom celog života ili u pojedinim fazama razvoja vezane za mesto (sesilne). Sličan se značajan uticaj očekuje kod sporo pokretnih manje mobilnih vrsta (na primer mekušci). Najmanje su zahvaćene mobilne vrste sa širokom tolerancijom. Kao posledica prognoziranog zajedničkog uticaja promene klime i ispuštanja tople vode verovatno će se povećati prisustvo invazivnih vrsta koje preferiraju tople vode i koje su se već pojavile šireći se Dunavom uzvodno sa juga, kako u pogledu broja jedinki tako i u pogledu broja vrsta. Zbirna produkcija celoga sistema se može povećati (bakterije, alge, itd.) i to utiče na funkcionisanje celokupnog sistema preko lanca ishrane, kruženja materije.

Taloženje zagađujućih materija iz vazduha emitovanih tokom normalnog rada elektrane i uticaj neznatno povećane buke neće se primetiti u fauni leptirova. Prisustvo čoveka, remećenje i povećani promet pogodovaće pojavi i širenju sinantropnih površinskih životinjskih vrsta na područjima koja nisu neposredno zahvaćena ovom investicijom. Zagađivači koji dospevaju u vazduh, na pojedinim mestima uz glavne prometne puteve mogu dostići veću koncentraciju u manje pokretnim površinskim vrstama. Tokom rada Paksa II će se povećati putnički i teretni saobraćaj, a samim tim i buka, prašina i zagađenje vazduha. Većina vrsta vodozemaca i gmizavaca izbegava ovakva staništa. Trasa novih elektro vodova blokova koji vode od lokacije Paksa II, može pomagati u nastanjuvanju raznih vrsta gušterova.

Uticaj rada Paksa II na makroskopske vodene beskičmenjake (podrazumevajući i posebno ispitivane viline konjice) u maloj meri može očekivati na ulazu kanala hladne vode i kod ispusta kanala tople vode, kao i na deonici Dunava nizvodno od njih. Ispuštanje zagrejane rashladne vode će uticati na strukturu riblje populacije verovatno samo lokalno (na deonici od oko 1 km).

Neposredno područje uticaja normalnog rada elektrane, u pogledu pravokrilaca, leptira, površinskih zglavkara i ptica prostire se na celokupnom području elektrane (i privremenom gradilištu) i na sigurnosnoj zoni dalekovoda. Za vodozemce i gmizavce prvenstveno područje uticaja je prostor pogona Paksa II.

U pogledu faune ne očekuju se prekogranični uticaji.

18.4.2.1 Uticaj i područje uticaja pogonskih udesa i havarija

Poremećaji u radu mogu biti veoma raznoliki, stoga im je i uticaj na faunu veoma različit. O njima nije moguće sačiniti sveobuhvatni pregled, bavićemo se samo sa najverovatnijim slučajevima. Povećana temperatura vode usled pogonskog udesa uzrokovaće u vodenim ekosistemima smanjenje populacije vrsta vezanih za mesto, kao i odseljavanje mobilnih vrsta. To može imati za posledicu smanjenje ili uništavanje populacije zaštićenih vrsta (obična rečna školjka (*Unio crassus*), žutonoga riječno vretence (*Gomphus flavipes*), dunavski cvet (*Ephoron virgo*)). Pošto su za veći deo područja svojstvena suva staništa, ona su povišeno ugroženi zbog opasnosti od požara velikih razmara. Ukoliko u okruženju

elektrane izbjije požar, mogu se oštetiti životinjske populacije koje žive na ovom području, zajednice u blizini elektrane eventualno mogu nestati. To posebno važi za borove sadnice uz trasu dalekovoda. U slučaju dalekovoda i električna pražnjenja predstavljaju opasnost od požara. Gasoviti hemijski spojevi koji nastaju tokom požara (npr. izolacioni materijal) većinom su otrovni, ali i taloženi ostaci (npr. materijali u pepelu) mogu biti otrovni. Naftni derivati koji se prolivaju po tlu uzrokuju gušenje životinja koje žive u tlu. Otpadne vode koje sadržavaju opasne hemikalije u zavisnosti od njihovog sastava mogu izazvati uginuće ili smanjenje životnih sposobnosti. Svi ovi uticaji zavise od aktualne koncentracije.

18.4.3 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA DEKOMISIJE

U vezi demontaže Paksa II mogu se prepostaviti samo veoma grube ekološke procene. Trenutno raspoložive informacije su veoma oskudne. Uticaj dekomisije u velikoj meri zavisi od tehnologije rastavljanja.

Najveći uticaj ima celokupno rušenje elektrane i pripadajućih objekata (dalekovoda i sl.). U ovom slučaju u pogledu reda veličina i po svojstvima treba računati na sličan uticaj kao i tokom izgradnje elektrane. Ukoliko tehnologija dekomisije zahteva korišćenje većih privremenih gradilišta, zbog uticaja izvođenja radova verovatno će biti oštećena tamošnja staništa. Ove štete tokom kasnijih rehabilitacionih radova, slično kao kod radova na izgradnji, mogu se sanirati, vratiti sve u prvobitno ili tome slično stanje. Međutim tehnološke okolnosti za sada još nisu poznate, iz tog razloga o tome se ne mogu sačiniti merodavne procene.

19 NERADIOAKTIVNI OTPAD

19.1 VRSTE I KOLIČINE OTPADA

Tokom izgradnje, rada i demontaže Paksa II nastaju sledeće grupe otpada, naravno u svakoj fazi u različitoj količini:

- otpad od građenja i rušenja (inertni),
- neopasni industrijski otpad,
- opasan otpad,
- komunalni otpad.

Građenje Paksa II

Usled građevinskih radova (izgradnja blokova nuklearne elektrane, izgradnja sistema rashladne vode kondenzatora, izgradnja deonice dalekovoda unutar lokacije) uglavnom nastaje otpad od građenja i rušenja (inertni), koncentrisano u razdoblju izgradnje u trajanju od 5 godina po bloku.

U najvećoj meri nastaje zemlja prilikom iskopa građevinskih jama, a u odnosu na to u manjoj meri stvara se građevinski otpad pomoćnih konstrukcija i pomoćnih materijala.

Faze radova izgradnje Paksa II	Količina	
	[m ³]	[t]
Izgradnja blokova nuklearne elektrane	820.000	1.476.000
Izgradnja sistema rashladne vode kondenzatora	570.000	1.026.000
Mreža dalekovoda		
izgradnja deonice unutar lokacije	150	270
izgradnja deonice izvan lokacije	650	1170
Ukupno:	1.390.800*	2.503.440*

Napomena:

* Količina iskopane zemlje obuhvata i količine koje će se tokom izgradnje vratiti pored objekata.

Tabela 55. Procenjena količina zemlje iskopane na gradilištu tokom izgradnje Paksa II

Rad Paksa II

Tokom perioda rada nuklearne elektrane, u odnosu na period izgradnje nastaje neradioaktivni otpad u manjoj meri. Količina otpada koja nastaje tokom rada elektrane prikazana je u sledećoj tabeli. Pored toga povremeno nastaje otpad

tokom građevinskih radova održavanja ili pregrađenja, čija se količina uglavnom ne može unapred predvideti, iz tog razloga količinska procena ovakvog otpada nije rađena.

Otpad Paksa II tokom rada elektrane	Količina [t/godišnje]
neopasan otpad	800
opasan otpad	100

Tabela 56. Procenjena količina otpada koja nastaje tokom rada Paksa II

Istovremen rad Paksa II i Nuklearne elektrane Paks

Tokom istovremenog rada dvaju nuklearnih elektrana sabiraju se količine otpada nastalih u dve elektrane. Intenzitet zbirnih količina menjaće se iz godine u godinu, s jedne strane usled kolebanja stvaranja otpada tokom godine, a s druge strane usled različitih termina puštanja u rad blokova Paksa II, odnosno različitih termina zaustavljanja rada blokova Nuklearne elektrane Paks, kao i usled različitog vremena trajanja neprekidnog rada (kampanje) reaktora. U pogledu rukovanja otpadom najintenzivnije razdoblje će biti godine 2030-2032. kada će svi blokovi obe elektrane biti u operativnom stanju, procenjene količine prikazuje tabela 57.

	Neopasni otpad [t/godišnje]	Opasni otpad [t/godišnje]
Nuklearna elektrana Paks	1434	276
Paks II.	800	100
<i>Ukupno:</i>	~2240	~380

Tabela 57. Procenjena količina otpada nastala tokom istovremenog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II

Dekomisija Paksa II

U razdoblju demontaže nuklearne elektrane pretežno će nastati otpad od rastavljanja i rušenja, prepostavljamo, u velikim količinama. Tokom rušenja zgrada nastaje oko 400.000–500.000 tona inertnog betonskog otpada.

19.2 PRIKUPLJANJE, ODLAGANJE, RECIKLAŽA I NEUTRALIZACIJA OTPADA

Prikupljanje otpada na lokaciji Paksa II u svakom razdoblju tokom veka trajanja nuklearne elektrane treba vršiti na način kojim se isključuje zagađenje okoline. Treba u što većoj meri težiti sakupljanju otpada odvojeno po vrstama (selektivno). Na radnim prostorima za prikupljanje otpada treba postaviti posude u potrebnoj količini i odgovarajućeg kvaliteta. Na radnim mestima treba odrediti mesta prikupljanja kao i skladišta za odlaganje industrijskog i opasnog otpada u skladu sa odredbama relevantnih propisa, kako bi se što manji deo otpada trebao neutralisati u skladištu.

Jedan deo zemlje iskopane tokom izgradnje biće vraćen u kasnijoj fazi građenja.

Moguća rešenja za odlaganje preostale količine zemlje su sledeća:

- uređenje terena unutar lokacije,
- upotreba za uređenje terena na spoljašnjim lokacijama,
- odvoz u skladište otpada, gde se može upotrebiti za uređenje terena i pokrivanje.

Ukoliko se iskopana zemlja ne može odmah odvoziti – u cilju kasnijeg korišćenja –, treba odrediti privremene deponije na lokaciji.

Za odvoz otpada sa lokacije – u cilju reciklaže ili neutralizacije – dolaze u obzir sledeći tipovi skladišta otpada:

- selektivno sakupljeni komunalni, industrijski i otpad od građenja i rušenja - organizacije za reciklažu otpada, pogoni za preradu,
- mešoviti komunalni otpad – skladište komunalnog otpada grada Paksa
- otpad od građenja i rušenja – na lokaciji ili izvan lokacije, skladište inertnog, eventualno komunalnog otpada, pogoni za preradu građevinskog otpada,
- termička obrada opasnog otpada – pogoni za spaljivanje opasnog otpada,

- neutralizacija opasnog otpada odlaganjem - skladište opasnog otpada.

Za odvoz, reciklažu ili neutralizaciju raznih vrsta otpada u svakom slučaju treba angažovati organizaciju koja raspolaže zakonom propisanim dozvolama.

19.3 UTICAJI I PODRUČJA UTICAJA

19.3.1 NEPOSREDNI UTICAJI

Za sve faze tokom radnog veka elektrane Paksa II važi da se neposredni uticaji na lokaciji nuklearne elektrane mogu javiti na mestima prikupljanja i odlaganja, odnosno rasipanjem ili prolivanjem tokom transporta otpada unutar lokacije. Uticajni faktori mogu izazvati promene u stanju geološke sredine, a na površinske i podzemne vode nemaju uticaja.

Neposredni uticaji rada Paksa II kao i istovremenog rada Paksa II i Nuklearne elektrane Paks u pogledu nastanka neradioaktivnog otpada biće umereni.

Uticaji izgradnje Paksa II su intenzivniji i zbog velike količine nastalog građevinskog otpada – pre svega zemlje iskopane na gradilištu – i zato što se ovaj uticaj na životnu sredinu koncentriše na razdoblja u trajanju od 5 godina po bloku, međutim, neposredni uticaji u ovom slučaju **ostaće podnošljivi u pogledu nastanka neradioaktivnog otpada.**

19.3.2 POSREDNI UTICAJI

Tokom celog radnog veka Paksa II će se javljati posredni uticaj odvoza otpada sa lokacije radi reciklaže ili neutralizacije, znači kao uticajni faktor pojaviće se na području i pored trase prevoza (deonica puta od severnog ulaza elektrane do skladišta komunalnog otpada grada Paksa, odnosno zahvaćene deonice glavnog puta br. 6. i autoputa M6). Prevoz otpada može izazvati promene u statusu geološke sredine usled zagađivanja zbog rasutog otpada duž trase prevoza, nadalje mogu se javiti uticaji na kvalitet vazduha duž zahvaćenih puteva, odnosno kao jedan od komponenti opterećenja bukom uzrokovanim delatnostima elektrane u vezi sa drumskim prevozom.

Područje posrednog uticaja nastajanja neradiokativnog otpada u svim fazama radnog veka Paksa II ostaje unutar pojasa od 50-100 m širine duž trase drumskog prevoza otpada.

19.3.3 PREKOGRANIČNI UTICAJI NA ŽIVOTNU SREDINU

Uticaji na životnu sredinu stvaranja neradiokativnog otpada tokom celog radnog veka Paksa II ostaju lokalni, prekogranični uticaji se ne očekuju.

20 TRETMAN I ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISLUŽENIH GORIVNIH ELEMENATA

Prikupljanje, tretiranje i prevoz radioaktivnog otpada, kao i upravljanje isluženim gorivnim elementima, njihovo privremeno, zatim trajno odlaganje bez izuzetka sadržavaju tehnološke korake tokom kojih je prvenstveni aspekt zaštita činilaca životne sredine odnosno ljudi na lokaciji i izvan nje od eventualnog radioaktivnog zračenja, kao i održavanje eventualnih uticaja na najnižem mogućem nivou.

Isluženi gorivni elementi se prema zakonskim propisima razlikuju od radioaktivnog otpada jer oni prvi sadržavaju fisione materije pogodne za dalju upotrebu, odnosno mogu se iskoristiti za proizvodnju novog nuklearnog goriva. Prema tome, i upravljanje isluženim gorivnim elementima se razlikuje od postupaka upravljanja radioaktivnim otpadom u klasičnom smislu.

20.1 DEFINICIJA RADIOAKTIVNOG OTPADA

Radioaktivni otpadi definišu se u principu na osnovu člana 2. tačke 15. Zakona o atomskoj energiji: „radioaktivni otpad: radioaktivna materija koja nije za dalju upotrebu, a kojom se na osnovu svojstava zračenja ne može upravljati kao običnim otpadom“.

Njihovu klasifikaciju i razvrstavanje je moguće obaviti prema raznim kriterijumima na osnovu kojih je moguće izvršiti njihovo prikupljanje i tretiranje. Takvi kriterijumi za razvrstavanje su: mesto nastanka, agregatno stanje ili koncentracija aktivnosti.

Prema mestu nastanka razlikujemo otpade koji nastaju tokom održavanja u vremenu normalnog rada, obično vezano za radove čišćenja i dekontaminacije u primarnom krugu, otpad nastao tokom zamene delova i uređaja koji su postali aktivni, kao i tokom planskog ili nepredviđenog curenja rashladnog medija u primarnom krugu.

U pogledu agregatnog stanja imamo čvrsti i tečni radioaktivni otpad. Sakupljanje čvrstog radioaktivnog otpada je zahvaljujući jasnoj prostornoj ograničenosti u principu znatno jednostavnije, nego u slučaju tečnosti. Prikupljanje tečnog radioaktivnog otpada većinom zahteva specijalna tehnološka rešenja već na mestu nastanka.

Budući da se sa područja pogona sme izneti jedino čvrsti radioaktivni otpad, pretvaranje tečnosti u čvrsto stanje zahteva dalje tehnološke operacije.

Klasifikacija prema koncentraciji aktivnosti u slučaju radioaktivnog otpada znači da se prikupljanje, tretiranje i prevoz obavlja uz odgovarajuću biološku i fizičku zaštitu koja je karakteristična za datu koncentraciju aktivnosti otpada i/ili paketa otpada. Razvrstavanje u klase vrši se na osnovu tzv. indeksa otpada koji se računa kao zbir količnika koncentracije aktivnosti i koncentracije otpuštanja iz nadzora („clearance level“). Za skladištenje otpada **niskog nivoa aktivnosti nije potrebna zaštita od zračenja**, dovoljno je njihovo odvojeno skladištenje na za to određenom prostoru sa ograničenim pristupom. Projektovanje opreme za skladištenje otpada **srednjeg nivoa aktivnosti** vrši se na osnovu kriterijuma zaštite od zračenja, ali – za razliku od otpada visokog nivoa aktivnosti – **ne treba računati na razvijanje toplote u otpadu**. Otpad niskog i visokog nivoa aktivnosti treba razlikovati i prema vremenu poluraspada sadržanog izotopa: **u kratkoživućem radioaktivnom otpadu vreme poluraspada dominantnih izotopa ne sme biti duže od 30 godina**.

20.2 SVOJSTVA ISLUŽENIH GORIVNIH ELEMENATA (KASETA)

Prema članu 2. tački 14. Zakona o atomskoj energiji: „isluženo gorivo: nuklearno gorivo ozračeno u nuklearnom reaktoru i iz njega konačno odstranjeno, koji zbog mogućnosti njegove reciklaže u svrhe izvan nuklearnog reaktora ne spada u otpade, ili ako se klasificuje kao radioaktivni otpad, potrebno je pobrinuti se o njegovom konačnom odlaganju“.

Stanje goriva korišćenog u nuklearnom reaktoru opisuje se stepenom istrošenosti koji pokazuje koliko je energije dobijeno iz goriva tokom vremena provedenog u reaktoru, po jedinici mase uranijuma (ili uranijuma i plutonijuma).

U pogledu konačnog odlaganja gorivnih elemenata odnosno njihove reciklaže podjednako su bitni masa isluženog gorivnog elementa, njegov nivo aktivnosti, stvaranje toplote usled raspada, kao i radiotoksičnost svojstvena za biološku štetnost.

Usled lančane reakcije koja se odvija u gorivnim elementima nakon vađenja iz reaktora još se javlja značajna aktivnost i razvijanje toplote. **Razvoj toplote** u isluženim gorivnim elementima se smanjuje paralelno sa njihovom aktivnošću. Nakon deset godina skladištenja - u bazenu za odlaganje – toplota koja se razvija u elementu iznosi svega deset hiljadit deo od one koju element razvija u reaktoru tokom normalnog pogona, i petstoti deo one remanentne toplote, kojom je element raspolagao odmah nakon zaustavljanja reaktora.

Radiotoksičnost isluženog goriva pokazuje kakve bi potencijalne zdravstvene štete naveli radioaktivni izotopi u njemu u slučaju dospeća u ljudski organizam. Radiotoksičnost isluženog goriva u početku premašuje radiotoksičnost prirodnog uranijuma upotrebljenog za proizvodnju za više od deset hiljada puta. Vrednost svojstvenu za prirodni uranijum isluženo gorivo dostiže za više od sto hiljada godina.

Snaga blokova nuklearne elektrane i tip primjenjenog goriva u principu određuju količinu isluženog goriva koja nastaje tokom rada reaktora. Obično, što je veća snaga blokova nuklearne elektrane, tim više isluženog goriva nastaje.

Tokom prerade isluženog goriva odnosno proizvodnje goriva, kao nus produkt nastaje uglavnom radioaktivni otpad visokog nivoa aktivnosti koji nije za dalju upotrebu.

Računajući sa gorivom UO_2 i radnim vekom od 60 godina, prema podacima dobijenih od dobavljača nastaje 3.135 komada isluženih gorivnih kaset, u kojima isluženo gorivo iznosi 1.674 t po bloku (tabela 58.).

Reaktor	Toplotna snaga (MW)	Izgaranje goriva (MWd/kgU)	Stepen iskorišćenja (%)	Masa isluženog goriva (t)
VVER-1200	3.200	47,5	90	1.674

Tabela 58: Količina isluženog goriva po bloku, nastalog tokom celog radnog veka

Privremeno skladištenje pre dalje obrade isluženog goriva nakon vađenja iz bazena za odlaganje vrši se nekoliko godina nakon puštanja u rad novih blokova. O odvođenju zaostale (remanentne) toplove treba se pobrinuti i nakon skladištenja u bazenu za odlaganje, ali u tu svrhu odgovara npr. i hlađenje vazduhom, odnosno odvođenje toplove prirodnim strujanjem vazduha.

20.3 OPŠTI PROPISI O RADIOAKTIVNOM OTPADU

Neizbežni nusproizvod proizvodnje električne energije na bazi nuklearnog goriva je nuklearni otpad, o čijem se tretiranju, privremenom i konačnom odlaganju treba pobrinuti. Radioaktivni otpad je svaka materija koja nastaje tokom neke planirane nuklearne delatnosti, i ne postoji potreba ili način za dalju preradu, istovremeno koncentracija sadržanih radioizotopa premašuje sigurnosne granične vrednosti određene za emisiju ili odlaganje (deponovanje) u životnu sredinu.

Prikupljanje, evidentiranje, tretiranje, klasifikacija, pakovanje, prevoz, kao i privremeno i trajno skladištenje radioaktivnog otpada može se obavljati samo prema odredbama opširnih i detaljnih propisa Vladine uredbe br. 118/2011. (11.VII.) o zahtevima nuklearne sigurnosti nuklearnih postrojenja i povezanim delatnostima državnih organa, kao i drugih domaćih propisa i međunarodnih direktiva.

U pogledu proizvođača otpada, imajući u vidu radni ciklus radioaktivnog otpada, osnovna područja strategije upravljanja otpadom predstavljaju mogućnosti (količinskog i kvalitativnog) planiranja, nastanka (i selektivnog prikupljanja), tretiranja, kondicioniranja, internog skladištenja, prevoza i odlaganja. Među fazama nastanka i tretiranja/kondicioniranja otpada jedan od najznačajnijih koraka je najtačnija moguća identifikacija otpada, klasifikacija paketa otpada, njihovo označavanje u interesu osiguranja praćenja. Na primenjive tehnologije prerade i kondicioniranja imaju uticaja zahtevi prijema otpada u skladištima, odnosno mogućnosti odlaganja.

20.3.1 ČVRSTI RADIOAKTIVNI OTPAD NISKOG I SREDNJEG NIVOA AKTIVNOSTI

Čvrsti otpad koji nastaje u kontrolisanoj zoni nove nuklearne elektrane, već se na mestu nastanka **prikuplja selektivno**. **Selekcija** otpada se vrši na osnovu njihovih radioaktivnih parametara, imajući u vidu i načine daljeg tretmana.

Nakon **radiološke klasifikacije** potencijalno neaktivan otpad se **otpušta iz nadzora**, a dalje upravljanje se odvija kao kod konvencionalnog otpada.

Deo otpada niskog nivoa aktivnosti čiji će sadržaj izotopa na osnovu **radiološke klasifikacije** u dogledno vreme dostići granicu otpuštanja, odlaze se u **odvojenom privremenom skladištu** u cilju otpuštanja iz nadzora nakon raspada izotopa.

Kompresibilni otpad se **sabija**, smanjujući time zapremINU otpada koji će se smestiti u konačno skladište. Sabijeni otpad se nakon **privremenog skladištenja** po potrebi **kondicionira** u cilju formiranja paketa otpada koji se mogu smestiti u Nacionalnom skladištu radioaktivnog otpada (NRHT). Kondicionirani otpad se **konačno odlaze** u NRHT.

20.3.2 ČVRSTI OTPAD VISOKOG NIVOA AKTIVNOSTI

Čvrsti otpad visokog nivoa aktivnosti nastao tokom održavanja treba **pakovati**. Takođe se vrši **smanjivanje zapremine** otpada visokog nivoa aktivnosti, ako to omogućavaju svojstva otpada.

Privremeno odlaganje paketa otpada visokog nivoa aktivnosti, do razgradnje blokova ili do odlaganja u skladištu otpada visokog nivoa aktivnosti vrši se u skladištu namenjenom za tu svrhu.

Nakon privremenog skladištenja radioaktivni otpad visokog nivoa aktivnosti skladišti se u cilju **konačnog odlaganja** u geološko skladište koje će se izgraditi u Mađarskoj.

20.3.3 TEČNI RADIOAKTIVNI OTPAD

Pražnjenja, ispuštanja vazduha, kontrolisana curenja sa sadržajem borne kiseline prikupljaju se odvojeno radi obrade i ponovnog korišćenja. Time je opasnost **dospeća borne kiseline u procednu vodu svedena na minimum**, smanjujući i na taj način zapreminu tečnog radioaktivnog otpada.

Rastvori za regenerisanje i rastresanje smole za ionsku izmenu iz sistema za odmuljavanje generatora pare, specijalne vode iz praonice i voda tuševa u svlačionicama primarnog kruga **ispuštaju** se iz kontrolisane zone bez obrade ili nakon čišćenja selektivnim sorbentima - u zavisnosti od nivo aktivnosti.

Radioaktivne procedne vode se nakon **smanjivanja zapremine kondicioniraju** (očvršćavaju) na taj način da krajnji produkt zadovoljava kriterijume konačnog odlaganja.

Kondenzati nastali tokom smanjenja zapremine procedne vode ponovo se koriste ili se ispuštaju u životnu sredinu kao tehnološki višak vode.

Kondicionirani otpad se odlaže u **konačnom skladištu** NRHT.

20.4 OPŠTI PROPISI ZA GORIVNE ELEMENTE

U ovu tematiku spada celokupni nadzor i potrebne operacije obrade svežih gorivnih elemenata pristiglih na lokaciju pogona ili isluženog goriva izvađenog iz reaktora.

Sveže gorivo, osim fizičke zaštite ne zahteva dalji specijalni tretman (zaštitu od radioaktivnog zračenja), nema uticaja na zdravlje.

Obrada isluženih gorivnih elemenata je daleko složeniji zadatak, relevantni zakonski propisi i međunarodne smernice zahtevaju strogo koordinirane složene tehnološke mere zaštite od zračenja.

Nakon vađenja iz reaktora isluženi gorivni elementi se odlažu u **bazen za odlaganje** u kojem je osigurano **odvođenje remanentne topote** sve dok njihova temperatura ne padne na vrednost pri kojoj se gorivni element mogu preneti u suvo privremeno skladište.

Nakon odležavanja u bazenu islužene gorivne kasete se prevoze u privremeno skladište. U tu svrhu trenutno stoe na raspolaganju dve mogućnosti:

- isluženi gorivni elementi se odvoze na teritoriju Ruske Federacije u cilju privremenog tehnološkog odlaganja ili tehnološkog odlaganja i recikliranja. Isluženi gorivni elementi, odnosno u slučaju recikliranja nuklearni otpad se skladišti na teritoriji Ruske Federacije isto toliko vremena (20 godina) koliko je za tretman nuklearnog goriva propisano u sporazumu (ugovoru) zaključenom prema članu 7. stav 1., a nakon toga se vraća u Mađarsku.
- privremeno odlaganje isluženih gorivnih elemenata u Mađarskoj.

Za privremeno skladištenje isluženih gorivnih kaseta u ovoj studiji uticaja na životnu sredinu (SUŽS) uzimamo u obzir **domaće privremeno skladištenje** u trajanju od nekoliko decenija, na lokaciji blokova ili u njihovom neposrednom susedstvu. Privremeno skladištenje traje dok se ne osiguraju uslovi konačnog odlaganja elemenata.

Nakon privremenog odlaganja predviđamo **konačno skladištenje** isluženih gorivnih elemenata u **Mađarskoj**.

20.5 OČEKIVANI UTICAJI GRAĐENJA

Tokom radova izgradnje ne očekuje se uticaj zbog nastanka, prikupljanja, obrade i tretmana radioaktivnog otpada. Prva šarža stiže na lokaciju godinu dana pre završetka građenja.

Tokom izgradnje u pogledu radioaktivnog otpada se **ne očekuje neposredni uticaj na životnu sredinu**, iz istog razloga ne treba računati ni na posredne uticaje.

Emisija radioaktivnih izotopa iz radioaktivnih otpada tokom građenja se ne očekuje, iz tog razloga pojmovi neposrednog uticaja i područja uticaja nisu relevantni, **ne očekuju se posredni uticaji** (u nedostatku relevantnih uticajnih faktora).

Određivanje područja prekograničnog uticaja na životnu sredinu prikupljanja, obrade, odlaganja radioaktivnog otpada, usled nedostataka uzročnika nije moguće.

20.6 OČEKIVANI UTICAJI RADA ELEKTRANE

20.6.1 RADIOAKTIVNI OTPAD

Očekivane uticaje rada jedne nuklearne elektrane u pogledu radioaktivnih otpada određuje njihova očekivana količina, odnosno kvalitet.

Tokom projektovanja ovog tipa bloka posvećena je istaknuta pažnja na to da se tokom rada stvara manja količina radioaktivnog otpada u odnosu na ranja tehnološka rešenja. Zahvaljujući konstrukciji primarnog kruga i kompaktnijoj tehnologiji, količina otpada niskog i srednjeg nivoa aktivnosti će biti znatno manja u odnosu na onu koja trenutno nastaje u blokovima u Paksu.

Sistemi Paksa II su projektovani da budu u stanju obraditi radioaktivni otpad koji nastaje tokom funkcionsanja, da količina čvrste, tečne i gasovite emisije bude na najnižem racionalnom nivou. Tokom projektovanja uzeta su u obzir iskustva stečena do sada.

Obrada i privremeno odlaganje radioaktivnog otpada vrši se u Pomoćnoj zgradi pored kontejnmenta, na osnovu svojstava agregatnog stanja i koncentracije aktivnosti. Odlaganje selektivno prikupljenog otpada niskog i srednjeg nivoa aktivnosti unutar lokacije pogona moguće je u trajanju do 10 godina. Privremeno odlaganje otpada visokog nivoa aktivnosti unutar lokacije pogona omogućeno je do kraja operativnog razdoblja, iz tog razloga izbor mesta konačnog odlaganja i izgradnju skladišnog kapaciteta treba izvršiti do kraja radnog veka.

Nakon privremenog odlaganja čvrsti i očvrsli otpad niskog i srednjeg nivoa aktivnosti doprema se drumskim prevozom u NRHT, u podzemno skladište.

Godišnja raspodela procenjene količine čvrstog otpada niskog, srednjeg i visokog nivoa aktivnosti po reaktorskim blokovima planirane elektrane Paks II prikazana je u tabeli 59.

Otpad	Količina otpada [m ³ /godina]	Količina otpada nakon obrade (učvršćivanje, usitnjavanje, itd.) [m ³ /godina]	Broj jedinica za odlaganje/obradu
Čvrsti niskog nivoa aktivnosti	70	28	140 bačvi
Čvrsti srednjeg nivoa aktivnosti	11	4	20 bačvi
Čvrsti visokog nivoa aktivnosti	0,5	-	5 kapsula
Velikih dimenzija, neobradiv (nastao tokom održavanja/popravki)	5	-	-
Cementirani ostatak uparavanja	25	20	100 bačvi
Cementirana smola za ionsku izmenu	10	8	40 bačvi
Cementirani mulj	0,6	0,5	3 bačvi

Tabela 59. Procenjena godišnja količina nastalog radioaktivnog otpada po blokovima [40]

Pri proceni količine otpada za konačno odlaganje uzeli smo u obzir i uticaj tehnoloških postrojenja za obradu i kondicioniranje otpada koja će se izgraditi paralelno sa novim blokovima.

20.6.2 ISLUŽENI GORIVNI ELEMENTI - KASETE

Na osnovu poznatih podataka blokova moguće je proceniti količina isluženog goriva tokom celokupnog operativnog razdoblja. Računajući sa gorivom UO₂ i radnim vekom od 60 godina, prema datim podacima nastaje 1.674 t isluženog goriva u jednom reaktoru, računajući na dva bloka to iznosi 3.348 t.

Isluženi gorivni elementi u prvom koraku se odlažu u bazen za odlaganje unutar kontejnmenta.

Za privremeno skladištenje gorivnih elemenata izvađenih iz bazena za odlaganje, na osnovu raspoložive literature i tehnoloških opisa postoji više mogućnosti. Imajući u vidu svojstva lokacije Paksa, kao i prednosti i mane sprovođenja pojedinih tehnologija, najpovoljnija je izgradnja površinskog, suvog, kontejnerskog privremenog skladišta unutar lokacije

pogona. Izbor skladišnog prostora unutar lokacije pogona je najpovoljnije i u pogledu čuvanja, društvene prihvatljivosti, prevoznih/logističkih zadataka i izgradnje sistema monitoringa vezanog za nove blokove. Na osnovu raspoloživih informacija površina veličine oko 75×100 m sa čvrstom podlogom bila bi pogodna za privremeno odlaganje (u trajanju više decenija) isluženih gorivnih elemenata nastalih tokom celokupnog pogonskog razdoblja.



Slika 96. Suvo kontejnersko skladištenje u vertikalnom položaju [42]



Slika 97. Punjenje suvog skladišta u horizontalnom položaju [43]



Slika 98. Uobičajeni raspored u slučaju suvog kontejnerskog skladištenja [44]

20.6.3 OČEKIVANI UTICAJI I PODRUČJE UTICAJA RADA REAKTORA

Radioaktivni otpad

Prikupljanje i upravljanje radioaktivnim otpadom niskog i srednjeg nivoa aktivnosti vršiće se u Pomoćnoj zgradi. Područje uticaja eventualnih **neposrednih** radioloških **uticaja** usled pojedinih tehnoloških faza koji opterećuju činioce životne sredine iznad graničnih vrednosti, ograničava se na lokaciju elektrane, i to na **područje hale za odlaganje i obradu**.

Dužina trase prevoza kondicioniranog otpada do NRHT je 64 km. Od toga 49 km autoputem M6, zato se pretpostavlja da ne treba računati na radioško opterećenje ljudi koji stoje pored puta, jer je uz autoput zabranjen saobraćaj pešaka, osim toga lica koja se nalaze na odmorištima i benzinskim pumpama u okviru sistema autoputa toliko su udaljena od saobraćajne trake da je radiološki uticaj tovara na njih već zanemarljiv. Na prvoj deonici trase prevoza, od postojećeg severnog prilaznog puta Nuklearne elektrane Paks do autoputa M6 plan prostornog uređenja Grada Paksa sadrži jedan prilazni put koji se od ukrštanja severnog prilaznog puta i glavnog puta br. 6. proteže do izlaza „Paks Jug“ autoputa M6, ne prolazeći kroz naseljena mesta.

Može se zaključiti da je godišnja izloženost stanovništva zračenju, čak i konzervativnom procenom za nekoliko redova veličina ispod nivoa granice doze, zato se **tokom prevoza do konačnog skladišta ivica trase prevoza, odnosno puta može smatrati granicom područja uticaja**, pod pretpostavkom da se prilikom prolaska prevoznog sredstva pored puta nalazi uvek isto lice.

Tokom tehničke izrade ambalaže za prevoz do skladišta, njenog procenjenog veka trajanja i veka trajanja ambalažnog materijala, radioaktivna materija u ambalažiranom otpadu ne može dospeti u okolinu, zato **područje posrednog uticaja se prema predviđanjima poklapa sa područjem skladišta**.

Eventualna izloženost zračenju usled skladištenja radioaktivnog otpada visokog nivoa aktivnosti unutar lokacije pogona, u pogledu činilaca životne sredine ograničava se na područje lokacije, odnosno na područje koje se poklapa sa sigurnosnom zonom od 500 m koja još nije tačno određena od strane organa vlasti.

Područje posrednog uticaja otpada visokog nivoa aktivnosti **zavisi od tehnologije obrade i skladištenja tog otpada**. Nakon njegovog nastanka preporučljivo je skladištitи na lokaciji pogona sve dok se ideo izotopa sa kraćim vremenom poluraspada, a time i razvoj topote ne smanji. Nakon toga sledi prevoz i smeštaj na mestu konačnog odlaganja. Bodaj Aleurolit Formacija (BAF), područje koje se trenutno intenzivno istražuje, može poslužiti kao konačno skladište unutar zemlje. Eventualni neposredni ili posredni uticaji koji dolaze iz objekta ovakvog karaktera u biti zavise od propisnog funkcionisanja i rada izgrađenih zaštitnih barijera. Duboka geološka skladišta čak i tokom više desetina hiljada godina sigurno zadržavaju radioaktivne izotope. Uobičajena tehnologija skladištenja su paketi otpada snabdeveni određenom tehničkom zaštitom, komore koje služe za skladištenje su odvojene od prirodne stene debelim slojem vodonepropusnog betona, a nakon toga sledi konačno ispunjavanje prostora komore sa kontejnerima, odnosno zatvaranje slojem betona. Na osnovu podataka sistema geofizičkog monitoringa ugrađenog u skladišne komore pre punjenja i zatvaranja, može se zaključiti o eventualnom curenju koje bi značilo neposredan uticaj na neposredno okruženje dubinskog prostora skladišta, međutim verovatnoča takvog događaja je praktično zanemariva.

U slučaju poštovanja strogih propisa koji se odnose na upravljanje radioaktivnim otpadom tokom normalnog rada, odnosno na način sprovođenja postupaka, uticaji upravljanja radioaktivnim materijama raznih nivoa aktivnosti na životnu sredinu ne smeju dostići odnosno preći državne granice. To se odnosi i na islužene gorivne elemente.

Isluženi gorivni elementi

Nakon privremenog skladištenja na lokaciji pogona u trajanju od više decenija, gorivni elementi (u skladišnim kontejnerima) bez dalje manipulacije prevoze se u postrojenje za reciklažu ili u konačno skladište, budući da površinski kontejneri i tokom prevoza pružaju odgovarajuću zaštitu.

Radioaktivno opterećenje okoline od površinskih skladišnih kontejnera ne prelazi vrednost granice doze čak ni na granici područja uticaja koje se poklapa sa sigurnosnom zonom.

U slučaju prevoza u postrojenje za reciklažu, za osnovu uzimamo deonicu odabrane železničke pruge do državne granice. Tokom planiranja trase treba obratiti pažnju da - uzimajući postojeću železničku mrežu kao polaznu osnovu - kompozicija prolazi kroz najmanji mogući broj naselja, odnosno da se osigura kretanje bezuslovnim prvenstvom i osiguranjem te da - računajući i planirane zastoje - vreme zadržavanja bude minimalno.

Utvrđivanje područja posrednog uticaja zavisi i od načina obrade nakon privremenog skladištenja. Ako se gorivni elementi podvrgavaju reciklaži i ponovnoj upotrebi, odnosno ako se u cilju dalje proizvodnje električne energije iz njih izvadi odgovarajući fisioni materijal, u tom slučaju treba imati u vidu trasu prevoza do pogona za reciklažu, odnosno okolnu objekta za reciklažu. Međutim, tokom prerade jedan se deo sadržanih radioizotopa u elementima pretvara u otpad visokog nivoa aktivnosti, koji se u pogonu za reciklažu kondicionira na odgovarajući način (obično ostakljivanjem). Ovaj otpad visokog nivoa aktivnosti (u skladu sa važećim zakonskim propisima) vraća se u elektranu, odakle se na način opisan kod otpada visokog nivoa aktivnosti prenosi u duboko geološko skladište.

20.6.4 UTICAJ I PODRUČJE UTICAJA ISTOVREMENOG RADA PAKSA II I NUKLEARNE ELEKTRANE PAKS

Reaktori Paksa II će tokom istovremenog rada svih blokova biti u prvoj deceniji svog radnog veka, u tom će razdoblju privremeni smeštaj i skladištenje nastalog radioaktivnog otpada i isluženog nuklearnog goriva biti rešeno unutar lokacije pogona, u Pomoćnoj zgradi primarnog kruga, odnosno u bazenu za odlaganje neposredno uz kontejnment, odnosno i odvoz radioaktivnog otpada sa područja lokacije, dakle u slučaju Paksa II ne predviđa se manipulacija isluženih gorivnih elemenata izvan kontejnmenta. Ako i bude odnošenja radioaktivnog otpada u cilju konačnog odlaganja, očekuje se mala količina u odnosu na odnošenje iz Nuklearne elektrane Paks. U pogledu radioaktivnog otpada i isluženih gorivnih elemenata uticaji tokom istovremenog rada nastaje takoreći isključivo na blokovima Nuklearne elektrane Paks, usled eventualnog uticaja na životnu sredinu ovakvog otpada koji nastaje tokom preduzimanja potrebnih tehnoloških intervencija na kraju radnog veka starih blokova.

Zajednička tačka istovremenog rada svih blokova je odnošenje radioaktivnog otpada iz lokacije drumskim prevozom i odnošenje isluženih gorivnih elemenata železnicom. Tokom istovremenog rada predviđa se odnošenje otpada niskog i srednjeg nivoa aktivnosti u NRHT gore opisanom trasom i sa opisanim očekivanim radiološkim uticajem, u okviru pripreme 20-godišnjeg zaštićenog skladištenja, koji otpad potiče iz blokova Nuklearne elektrane Paks, zaustavljenih jedan za drugim. Isluženi gorivni elementi izvađeni iz zaustavljenih blokova Nuklearne elektrane Paks dolaze u KKAT (Privremeno skladište isluženog goriva). Dinamika odnošenja isluženog goriva iz KKAT nakon odlaganja u trajanju od 50 godina trenutno još nije poznata, međutim, u cilju izbegavanja aditivnih uticaja preporučljivo je usaglasiti termine odnosno trasu prevoza odnošenja iz dve elektrane.,

Imajući u vidu prelazno skladištenje otpada niskog i srednjeg, kao i visokog nivoa aktivnosti unutar lokacije u trajanju više decenija, prema trenutnim prognozama ne očekuje se odnošenje tokom istovremenog rada.

Područje uticaja emisije radioaktivnog otpada, kao i tretmana i privremenog skladištenja otpada tokom normalnog pogona istovremenog rada dve elektrane identična je sa područjem sigurnosne zone.

Prekogranični uticaj na okolinu istovremenog rada Nuklearne elektrane Paks i Paks II tokom normalnog pogona može se isključiti.

20.6.5 UTICAJI DOGAĐAJA KOJI SPADAJU U PROJEKTNU OSNOVU

Prikupljanje i obrada celokupnog radioaktivnog otpada koji nastaje tokom pogonskih udesa koji spadaju u projektну osnovu ali odstupaju od normalnih pogonskih uslova, može se rešiti u pomoćnoj zgradi primarnog kruga, te prema očekivanjima područje neposrednog uticaja ovog otpada na životnu sredinu ostaje unutar granica sigurnosnog pojasa pogona, zato nije potrebna analiza posrednih i prekograničnih uticaja na životnu sredinu.

20.7 OČEKIVANI UTICAJI DEMONTAŽE

Nezavisno od trenutno važeće verzije rastavljanja bez produženja rada Paksa II, konačno zaustavljanje nuklearne elektrane i sprovođenje tehnoloških mera u vezi sa tim tražeće godinama. Radovi na rušenju imajuće slične uticaje na životnu sredinu kao i izgradnja, sa razlikom da nasuprot izgradnji, nastaje značajna količina radioaktivnog otpada niskog i srednjeg nivoa aktivnosti, upravljanje ovom količinom otpada treba rešiti unutar lokacije. Odlaganje ove količine otpada zahteva značajan obim rudarskih radova i manipulisanja materijala, međutim područje uticaja ovih radova će prema očekivanjima ostati unutar državnih granica.

21 RADIOAKTIVNOST ŽIVOTNE SREDINE – IZLOŽENOST ZRAČENJU STANOVNIŠTVA U OKOLINI LOKACIJE

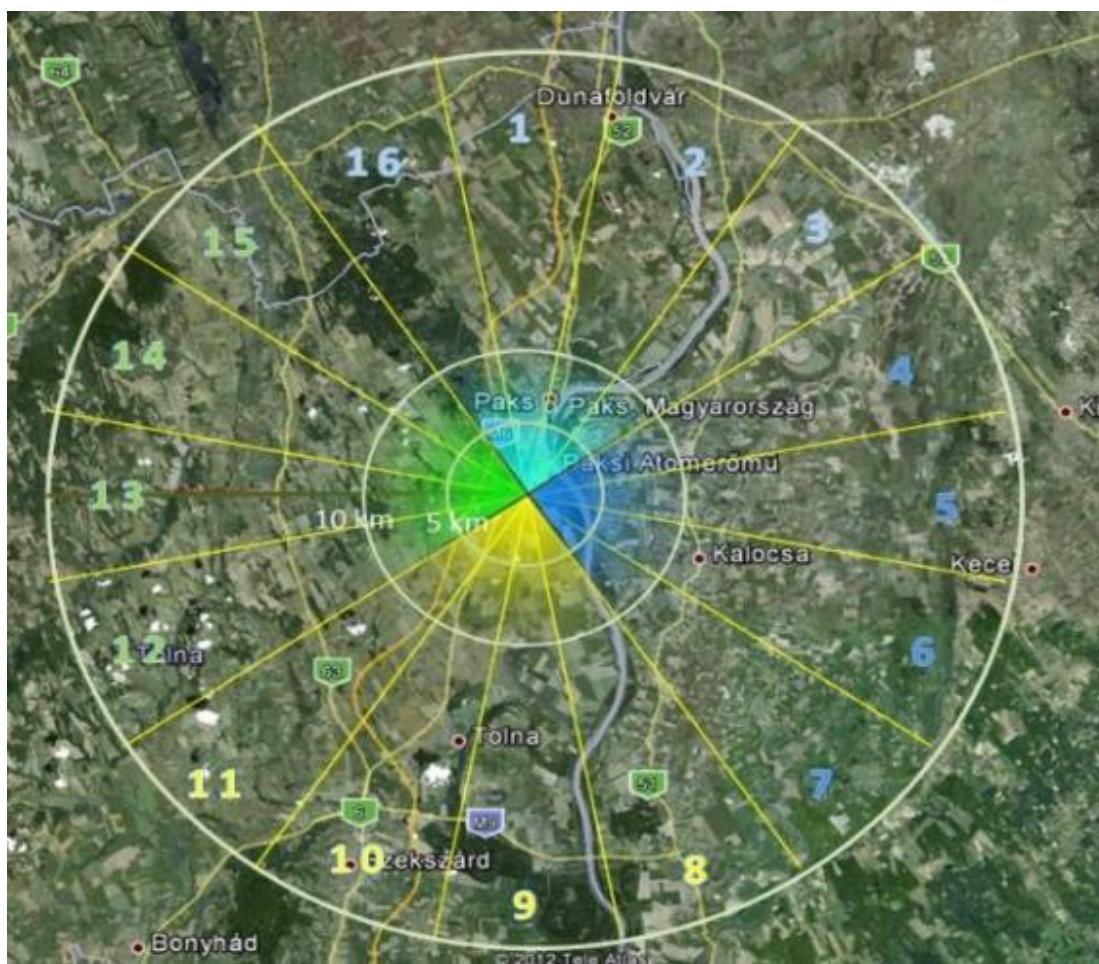
21.1 *RADIOAKTIVNOST ŽIVOTNE SREDINE U KRUGU POLUPREČNIKA OD 30 KM OKO NUKLEARNE ELEKTRANE*

Kontrola životne sredine oko Nuklearne elektrane Paks vrši se već od 1978. godine merenjem radioaktivnosti uzoraka uzetih iz raznih sredina, počev od utvrđivanja osnovnog (nultog) nivoa sve do konstantnih merenja tokom rada elektrane. Merenja su vršili odnosno vrše i danas Nuklearna elektrana Paks, državne službe i druge ustanove.

Za karakterisanje radioaktivnosti životne sredine oko Nuklearne elektrane Pakš upotrebili smo rezultate merenja koncentracije aktivnosti u sledećim činocima životne sredine:

- brzina doze zračenja životne sredine,
- in-situ gama-spektrometrijska merenja,
- uzorci vazduha, tla i trave,
- uzorci površinskih voda,
- uzorci mulja,
- riblji uzorci,
- uzorci podzemnih voda,
- uzorci mleka.

Za osnovu vrednovanja u prvom redu uzeli smo godišnje izveštaje Službenog sistema praćenja radioaktivnosti u okolini (SSPRŽS) i Pogonskog sistema praćenja radioaktivnosti životne sredine (PSPRŽS) iz perioda 2001-2011. godine. Raspoložive rezultate merenja iz perioda 2001-2011. godine podelili smo u grupe prema njihovom mestu. Na osnovu preliminarnih ispitivanja podelili smo okruženje elektrane na 3 udaljenosti (ispod 5 km, 5-10 km i 10-30 km), i na 4 smera (severni, južni, istočni i zapadni).



Slika 99.: Podela sektorskih grupa u okruženju elektrane u krugu od 30 km

Paks, Magyarország	Paks, Mađarska
Paksi Atomerőmű	Nuklearna elektrana Paks

U slučaju uzoraka dunavske vode i mulja primenili smo podelu Dunava na deonicu iznad Pakša i ispod njega.

Kretanje i vezivanje radioaktivnih materija u činiocima životne sredine je rezultat složenih procesa, tako npr. na unos radioizotopa u biljke ima uticaja veliki broj faktora, najznačajniji su sledeći: struktura tla, vezanost tla, mehanički sastav, dubina korenja biljaka, odnos nadzemnih i podzemnih delova biljaka, dužina vegetacionog razdoblja, vremenski i meteorološki uslovi.

Međusobni uticaj činilaca životne sredine, to jest njihova interakcija po preporuci IAEA najlakše se može opisati pomoću takozvanih matrica interakcija. Posredstvom međusobnih uticaja moguće je opisati i kretanje radioaktivnih materija dospelih u životnu sredinu. Prirodna staništa i plodna područja, kao i njihovi značajniji međusobni uticaji preko kojih se širi radioaktivno zagađenje, može da se premesti sa jednog mesta na drugo. U dijagonalni matrice interakcije nalaze se značajniji činoci životne sredine, a polja pored njih su međusobni uticaji. Međusobni uticaji među dijagonalnim elementima posmatraju se u pravcu kretanja kazaljke na satu.

Sledeća tabela prikazuje prirodna staništa i plodna područja i njihove značajnije međusobne uticaje, preko kojih se šire radioaktivna zagađenja, mogu da se premeste sa jedne lokacije na drugu.

	1	2	3	4
1	Šuma	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Upotreba pepela (đubrivo) Upotreba životinjskog izmeta (đubrivo) Produkti organskog raspadanja Upotreba proizvoda od drveta	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Taloženje pepela (spaljivanje) Produkti organskog raspadanja Stočna hrana	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Taloženje pepela (spaljivanje)
2	Vetar (aerosol, isparenje) Taloženje pepela (spaljivanje)	Plodno područje	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Taloženje pepela (spaljivanje) Produkti organskog raspadanja Stočna hrana	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Taloženje pepela (spaljivanje) Produkti organskog raspadanja
3	Vetar (aerosol, isparenje) Taloženje pepela (spaljivanje) Domaće životinje, izmet životinja	Vetar (aerosol, isparenje) Taloženje pepela (spaljivanje) Upotreba životinjskog izmeta	Travnate površine	Vetar (aerosol, isparenje) Podzemne vode, površinske vode (procedivanje) Tlo (mešanje tala) Taloženje pepela (spaljivanje) Produkti organskog raspadanja
4	Vetar (aerosol, isparenje, kapi) Voda (pojenje životinja) Poplave	Vetar (aerosol, isparenje, kapi) Podzemne vode (procedivanje) Sediment (bagerovanje) Voda (pojenje životinja) Polivanje Poplave	Vetar (aerosol, isparenje, kapi) Podzemne vode (procedivanje) Sediment (bagerovanje) Voda (pojenje životinja) Polivanje Poplave	Reka, jezera

Tabela 60. Značajni međusobni uticaji staništa i plodnih područja

REZULTATI MERENJA ČINILACA ŽIVOTNE SREDINE – PODACI SSPRŽS-A

Pre svega potrebno je napomenuti da globalni zagađivači kao što su ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr najverovatnije potiču iz nuklearnih eksperimenata ili havarije u Černobilju, za tricijum (^3H) i radiokarbon (^{14}C) je takođe teško odlučiti jesu li kosmogenog porekla ili su globalni zagađivači, ili eventualno potiču iz pogona Nuklearne elektrane Paks.

Iz podataka merenja koncentracije aktivnosti **aerosola** korisne podatke smo dobili samo za prostornu raspodelu ^{137}Cs i ^{131}I (pri >10 km). ^{131}I se pojavljuje u 11 slučajeva na udaljenosti većoj od 10 km, čije poreklo može biti i klinička primena, odnosno podaci iz 2011. godine mogu biti posledica emisije instituta za izotope Izotóp Intézet Kft. (ili iz Fukušime). Stalna vremenska aktivnost **uzoraka tla** takođe pokazuje (tablica 61.) da na području oko elektrane pretežno nalazimo zagađivače globalnog porekla, kao i to da prosečne vrednosti zaostaju za državnim prosekom:

Nuklid	Godina	Prosek [Bq/kg]	Min [Bq/kg]	Max [Bq/kg]	Komada	Državni prosek [Bq/kg]	Referentni nivo [Bq/kg]
^{134}Cs	2001-2011.	-	0,26	2,6	5	-	-
^{137}Cs	2001-2011.	9,7	0,5	52	516	17	9,7
^{90}Sr	2001-2011.	1,8	0,18	56	183	2,3	1,8

Tabela 61. Zbirni podaci koncentracije aktivnosti tla

Posmatrajući prostorni raspored, u slučaju koncentracije aktivnosti tla u okruženju Nuklearne elektrane Paks pojavljuju se uglavnom zagađivači globalnog porekla. U slučaju prostorne raspodele koncentracije aktivnosti **trave i stočne hrane** nalazimo slična svojstva kao kod radioaktivnosti tla, osim što se tu pojavljuje i tricijum. Raspodela koncentracije aktivnosti po rečnim kilometrima **uzoraka vode Dunava iznad** Pakša takođe pokazuje da i pre tačke ispuštanja tečnosti iz Nuklearne elektrane Paks nalazimo u vodi radioaktivne materije. Tri uobičajene radioaktivne materije globalnog porekla (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H) mogu se neprekidno iskazati u vremenu. U **uzorcima vode Dunava ispod** Nuklearne elektrane Paks nalazimo približno iste koncentracije aktivnosti kao iznad tačke ispuštanja, vrednost merena iznad tačke ispuštanja ponegde je i viša od one ispod Paksa. Na deonici Dunava iznad Nuklearne elektrane Paks u mulju je vremenski ujednačeno pojavljivanje ^{137}Cs . Ispod tačke ispuštanja, u **taloru** deonice Dunava takođe se vremenski ujednačeno pojavljuju radionuklidi ^{137}Cs i ^{90}Sr čije vrednosti nisu znatno više od vrednosti iznad elektrane. Vremenska raspodela koncentracije aktivnosti **uzoraka stajačih voda** ne odstupa od koncentracije aktivnosti drugih domaćih stajačih voda. Hronološka promena merljivih uzoraka stajačih voda može se opaziti pre svega u slučaju ^{90}Sr , vrednost ^3H ostaje ispod državnog

proseka (${}^3\text{H}$: 4,3 Bq/dm 3). Vremenska raspodela koncentracije aktivnosti **taloga stajaćih voda** uglavnom se može meriti u pogledu ${}^{137}\text{Cs}$. Za prostornoj raspodeli koncentracije aktivnosti vodenih životinja u stajaćim vodama postoji samo nekoliko korisnih podataka, u njima je koncentracija aktivnosti ${}^{137}\text{Cs}$ u proseku bila 0,22 Bq/kg. To je ispod državnog proseka (0,42 Bq/kg).

O prostornoj raspodeli koncentracije aktivnosti u **kravljem mleku** korisnih podataka bilo je jedino za radionuklide ${}^{137}\text{Cs}$ i ${}^{90}\text{Sr}$.

Vremenska raspodela koncentracije aktivnosti u kravljem mleku je bila ujednačena, spada u red veličina državnog proseka.

Nuklid	Godina	Prosek [Bq/kg]	Min [Bq/kg]	Max [Bq/kg]	Komada	Državni prosek [Bq/kg]	Referentni nivo [Bq/kg]
${}^{137}\text{Cs}$	2001-2011.	0,040	0,020	0,073	37	0,055	0,040
${}^{90}\text{Sr}$	2001-2011.	0,092	0,024	0,93	47	0,066	0,092

Tabela 62. Zbirni podaci koncentracije aktivnosti kravlje mleka

Prostorna raspodela **brzine doze** (merena dozimetrom TLD) pokazuje da vrednosti na području oko Nuklearne elektrane Paks uglavnom spadaju u donji opseg domaćih izmerenih podataka (prosek: 78 nSv/h).

REZULTATI MERENJA ČINILACA ŽIVOTNE SREDINE – PODACI PSPRŽS-A

Merena PSPRŽS-a su vršena uglavnom u okruženju mernih stanica tipa „A” (A1-A9) i oko kontrolnih mernih stanica (B24), odnosno na lokaciji pogona i u njenom neposrednom okruženju. Stanice tipa „A” nalaze se bliže Nuklearnoj elektrani Paks, iz tog razloga se sa većom verovatnoćom mogu meriti radionuklidi koji potiču iz emisije nuklearne elektrane. I tu smo kao polaznu osnovu uzeli veštačke radionuklide.

Podaci **uzoraka vazduha** na osnovu pogonskih merenja pokazuju da je u razdoblju 2001-2011. godine bilo moguće iskazati samo nekoliko radionuklida svojstvenih za nuklearnu elektranu (${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{58}\text{Co}$, ${}^{60}\text{Co}$). Vrednosti koncentracije aktivnosti ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{14}\text{C}$ i ${}^3\text{H}$ mereni u stanicama tipa „A” i u kontrolnoj stanci tipa „B” su slični. Na osnovu merenja uzorka **fallout-a, tla i trave** jedino je radionuklid ${}^{60}\text{Co}$ bio svojstven za Nuklearnu elektranu Paks, nuklidi ${}^{137}\text{Cs}$ i ${}^{90}\text{Sr}$ su istovremeno i radioaktivni izotopi globalnog porekla. Radionuklid ${}^{131}\text{I}$ u uzorcima vazduha i fallout-a može poticati od havarije nuklearne elektrane Fukušima ili emisije instituta Izotóp Intézet Kft. Pojava radionuklida u uzorcima mulja i tla vađenim na lokaciji pogona i u njegovom neposrednom okruženju (${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{58}\text{Co}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$, ${}^{106}\text{Ru}$, ${}^{144}\text{Ce}$) rezultat je slivanja, dakle gomilanja, ali nedvosmisleno ukazuje na poreklo iz emisije nuklearne elektrane. Pored ovih mesta nakupljanja radionuklidi iz nuklearne elektrane na drugim mestima se ne mogu nedvosmisleno iskazati.

Vrednosti brzine doze takođe se nalaze u donjem opsegu domaćih izmerenih vrednosti.

Stanica	Prosek brzine doze [nSv/h]	Godine
A1	65,5	2001-2011.
A2	66,6	2001-2011.
A3	73,3	2001-2011.
A4	77,0	2001-2011.
A5	73,8	2001-2011.
A6	68,7	2001-2011.
A7	63,8	2001-2011.
A8	82,2	2001-2011.
A9	66,4	2001-2011.
B24	82,1	2001-2011.
Referentni nivo prema SSPRŽS-u	78	2001-2011.

Tabela 63. Prosečne vrednosti brzine doze

Radioološki rezultati podzemnih voda

Na lokaciji pogona Nuklearne elektrane Paks i u njenoj okolini izbušeno je nekoliko bunara za uzimanje uzorka kako bi se aktivnost ${}^3\text{H}$ i drugih radioaktivnih izotopa mogla meriti u podzemnim vodama. U uzorcima uzimanim unutar pogona može se pronaći tricijum sa velikim kolebanjem. Prosek vrednosti se kreće od 2 do 2.326 Bq/dm 3 zavisno od godišnjeg doba, vodostaja i brzine proticanja. Mogu se izvesti sledeći opšti zaključci:

- U bližoj okolini centralne zgrade Nuklearne elektrane Paks proticanje tricijuma se odvija u smeru sever – severoistok. Smer širenja opterećenja tokom visokog vodostaja Dunava skreće prema severu–severozapadu te se širenje zaustavlja, odnosno njegovo područje se proširuje i prema zapadu.
- Pored tricijuma, u manjoj meri može se iskazati ^{14}C , druge radionuklide veštačkog porekla nije moguće iskazati u podzemnim vodama.
- Rezultati merenja pokazuju da je koncentracija aktivnosti tricijuma u postepenom opadanju.

Pojava tricijuma (^{3}H) i radiokarbona (^{14}C) je pre svega globalnog porekla. Na žalost o tome baza podataka merenja sa državnom pokrivenošću stoji na raspolaganju samo u ograničenom opsegu, ali jedan deo vrednosti koje se pojavljuju na području oko nuklearne elektrane verovatno potiče iz elektrane. U podzemnim vodama na području pogona sigurno potiču iz elektrane, međutim, područje opterećenja je ograničeno na samo područje pogona.

Ispitivanja pojavljivanja radioizotopa na području oko nuklearne elektrane tokom 2012. godine

Za karakterisanje trenutnog stanja (koncentracija radioizotopa) okruženja nuklearne elektrane, na 5 ispitnih mesta obavili smo sledeća merenja: in-situ gama-spektrometrijska merenja (50 merenja), brzina gama doze (50 merenja), merenje koncentracije aktivnosti tla (merenje 50 komada uzoraka). Ispitivanja su obavljena tokom izrade ekološke podloge za produženje radnog veka Nuklearne elektrane Paks, na morfološki identifikovanim potencijalnim mestima nakupljanja.



Slika 100.: Satelitski snimak mesta uzorkovanja određenih u programu

Paksi Atomerőmű | Nuklearne elektrana Paks

U uzorcima tla i biljaka sa odabranih mesta uzorkovanja, uzetim u dve faze vegetacije (proleće-leto i kasno leto-jesen) ispitali smo koncentraciju radionuklida.

Uopšteno se može zaključiti da je u uzorcima tla i biljaka kod većine uzoraka, u 80-95%, ukupna koncentracija beta-aktivnosti poreklom iz sadržaja ^{40}K , tako su te dve vrednosti pokazivale međusobnu konvergentnost. Ukupna prosečna koncentracija beta-aktivnosti uzoraka tla uzetih na području oko Nuklearne elektrane Paks u krugu poluprečnika 30 km iznosila je 612 Bq/kg. Merene vrednosti su imale kolebanja unutar granica od 410 – 788 Bq/kg. Ukupna prosečna

koncentracija beta-aktivnosti biljaka je u prolećnom razdoblju iznosila 706 Bq/kg, a u jesen 604 Bq/kg. Merene veličine su bile unutar jednog šireg opsega, od 226 – 1236 Bq/kg. Uočava se da opisana sezonska promena u slučaju izotopa ^{40}K se pojavila i u slučaju ovih vrednosti.

U uzorcima tla uzetim na području oko Nuklearne elektrane Paks merili smo koncentraciju aktivnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs (prosečno 1,0 Bq/kg, odnosno 16,1 Bq/kg) na mestu ispitivanja broj III. (prosečno 0,4 Bq/kg, odnosno 7 Bq/kg-ot). U uzorcima mulja, u upoređenju sa uzorcima tla, kako u pogledu koncentracije izotopa ^{90}Sr tako i u slučaju ^{137}Cs izmerili smo niže vrednosti. U uzorcima mulja prosečna koncentracija aktivnosti ^{90}Sr je iznosila 0,30 Bq/kg, a prosečna koncentracija aktivnosti ^{137}Cs je iznosila 5,9 Bq/kg. Kao upoređenje, prosek koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u mulju jezera Balaton iznosi 0,92 Bq/kg, a izotopa ^{137}Cs je prosečno 45 Bq/kg. Prosek koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u mulju jezera Velence iznosi 4,39 Bq/kg a prosečna koncentracija aktivnosti ^{137}Cs je 31 Bq/kg. Koncentracija ^{90}Sr u biljnim uzorcima na lokaciji IV. je 1,5 Bq/kg. Prosečna koncentracija aktivnosti ^{137}Cs svih uzetih biljnih uzoraka je 0,44 Bq/kg, a prosek koncentracije aktivnosti ^{90}Sr je bio 1,06 Bq/kg.

Rezime radioaktivnosti životne sredine

Na osnovu podataka SSPRŽS-a i PSPRŽS-a radionuklidi svojstveni za nuklearnu elektranu u merljivom opsegu su se pojavili svega u nekoliko slučajeva tokom kontrolnih merenja u uzorcima vazduha, fallout-a i mulja, pre svega su pronađeni radionuklidi ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{58}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$. Do pojavljivanja radionuklida je došlo u slučajevima kao što je pogonski udes 2003. godine, havarija u Fukušimi, odnosno emisija instituta Izotóp Intézet Kft. U tačkama na većoj udaljenosti od nuklearne elektrane pojava radiojoda može biti i posledica emisije usled kliničke primene. Pored obrade podataka merenja iz razdoblja 2001-2011. godine, na mestima oko Nuklearne elektrane Paks obavili smo i in-situ gama-spektrometrijska merenja i merenja brzine doze 2012. godine, odnosno uzeli smo uzorce tla i biljaka. Laboratorijska merenja takođe su iskazala samo radionuklide ^{90}Sr i ^{137}Cs u raznim uzorcima iz životne sredine. Jedino smo na jednom mestu (u blizini Nuklearne elektrane Paks) u tlu mogli iskazati radionuklid ^{60}Co . Na sličan način i merenja obavljena u 1990-tim godinama na ovim mestima (koja su odabrana kao tačke nakupljanja na osnovu morfoloških svojstava i smerova vetrova) samo u jednom ili dva slučaja su bila u stanju iskazati radionuklide, i to $^{110\text{m}}\text{Ag}$.

Na osnovu navedenog može se reći da uticaj na okolinu emisije normalnog rada nuklearne elektrane, ponašanje radionuklida nije moguće merenjima pratiti odnosno beležiti njihovu migraciju, kretanje u pojedinim činiocima životne sredine. I brzine gama doze u životnoj sredini dokazuju da u okruženju nuklearne elektrane ne postoje mesta sa povećanim vrednostima.

21.2 ZDRAVSTVENO STANJE STANOVNJIŠTVA NA ISPITIVANOM PODRUČJU POLUPREČNIKA 30 KM

Ispitivanjem zdravstvenog stanja stanovnika okruženja lokacije pogona potrebno je utvrditi učestalost oboljenja koja su potencijalno povezana sa jonizujućim zračenjem u krugu stanovništva koji žive na području oko lokacije poluprečnika 30 km.

Ispitivali smo područje u krugu poluprečnika 30 km od centra Nuklearne elektrane Paks.

Za procene epidemiološkog karaktera ne postoje konkretni zakonski propisi niti postoje propisane metode obrade. Kao prvenstvenu referencu za vrednovanje uzeli smo publikaciju, zbirku metoda (Lawson A, Biggeri A, Böhning D, Lessafre E, Viel J-F, Bertollini R: DiseaseMapping and RiskAssessment in Public Health, Wiley, 1999), koja rezimira rezultate projekta organizovanog u okviru programa Biomed 2 podržavanog od strane Evropske unije i Evropske službe WHO-a.

Osnovu ispitivanja sačinjavali su samo indikatori oboljenja ili grupa oboljenja koja raspolaže samostalnom šifrom u Međunarodnoj klasifikaciji bolesti (MKB), odnosno za koje se u analizi podataka referentne populacije nije pokazalo statističko odstupanje koje ukazuje na anomaliju prakse prijavljivanja, to jest u slučaju kojih mađarski referentni podatak u upoređenju sa međunarodnim referentnim vrednostima ne pokazuje znatno, nesrazmerno odstupanje, i u slučaju kojih teritorijalna odstupanja i vremenski trendovi u referentnoj populaciji ne pokazuju nesrazmernost koja nije u skladu sa karakterom oboljenja).

Dijagnoza uzroka smrti

Centralna služba za statistiku u Mađarskoj već dugi niz godina prikuplja izveštaje o pregledu umrlih u kojima lekar koji je utvrdio uzrok smrti unosi demografske podatke, odnosno upisuje dijagnozu uzroka smrti. Dijagnoza uzroka smrti – nasuprot klasičnoj dijagnozi – ne znači utvrđivanje jednog oboljenja, već se – u skladu sa odgovarajućim pravilima - opisuje proces koji je doveo do smrti. Sindrom koji se pojavio na početku procesa smatramo indikatorom koji se može koristiti

tokom monitoringa zdravstvenog stanja, naime osnovni cilj projekta je vrednovanje mogućih uticaja potencijalnih faktora povezanih sa razvojem oboljenja. Broj smrtnih slučajeva u naseljima zbirno po obolelima za godine 2001-2010. stavio nam je na raspolaganje Centralna služba za statistiku.

Društveni status

Unutar ispitivanog područja značajne su razlike u društveno-ekonomskom statusu žitelja tih naselja. Pošto ovaj status, preko brojnih elemenata načina života ima uticaj na verovatnoću pojave oboljenja, tokom ispitivanja treba uzeti u obzir ove uticaje kao faktore koje treba kontrolisati, u čemu je prvi korak prikupljanje podataka koji se na njih odnose. Tokom analize podataka najpouzdaniji izvor indikatora teritorijalno specifičnog društveno-ekonomskog statusa je baza podataka iz popisa stanovništva, posljednji put obavljenog 2011. godine, ova baza podataka pruža široki opseg informacija o društveno-ekonomskoj situaciji. Pošto smo tokom programa analizirali učestalost pojave oboljenja za koje je potrebna ekspozicija u trajanju od nekoliko godina, indikatori statusa iz popisa stanovništva 2011. godine bili su pogodni za ostvarenje ciljeva istraživanja.

Evidencija stanovništva

Evidencija stanovništva u nizovima naselja u zadnjih 10 godina vođena je u raznim ustanovama, ali sa osiguranim pravnim kontinuitetom, a trenutno je odgovorna ustanova: Centralna služba za javne usluge u opštjoj upravi i za elektronske usluge (KEKKH). Tokom programa za proračun indikatora pojedinih godina potrebno je raspolažati demografskim podacima stanovništva sredinom godine, koje smo mogli generisati uz pomoć podataka KEKKH-a.

Određivanje područja uticaja

Tokom istraživanja podatke smo obradili na nivou naselja unutar područja uticaja, odnosno za naselja grupisane po poštanskim brojevima. Evidencija stanovništva provedena je po naseljima. Dijagnoze uzroka smrti i pojava poremećaja u razvoju takođe su podaci registrovani na nivou naselja, ali u ustanovama specijalističke nege se pacijenti registruju na osnovu poštanskog broja mesta stanovanja obolelog.

Tokom istraživanja podatke smo obradili posebno za stanovništvo u krugu unutar 10 km (kao primarne potencijalne receptore) i posebno za stanovnike u krugu od 10-20 km (kao sekundarne potencijalne receptore), odnosno posebno za populaciju u krugu 20-30 km (kao kontrolnu populaciju, koja najbolje prikazuje lokalne uslove). Raspored naselja unutar zona, odnosno udaljenost pojedinih naselja od elektrane predstavljala je osnovni podatak o teritorijalnoj raspodeli faktora rizika.

Vrednovanje rizika mortaliteta

Podaci smrtnosti su obrađeni u skladu sa pojedinim uzrocima smrti. U slučaju svakog uzroka smrti vrednovan je ispitani rizik uzroka smrti i statistička ocena odstupanja broja ispitanih slučajeva od očekivane vrednosti. Izrađene su statističke ocene o ispitanim rizicima smrtnosti u naseljima u krugu od 30 km, odnosno o rezultatima dobijenim statističkim testiranjem odstupanja istih od referentnog nivoa.

Analiza rizika pojavljivanja oboljenja

Učestalosti računate na osnovu izveštaja specijalističkih zdravstvenih ustanova obrađene su po grupama oboljenja. U slučaju svake grupe oboljenja vrednovan je rizik mortaliteta ispitana u gradu Paksu i statističko vrednovanje odstupanja zabeleženih brojeva slučajeva od očekivanih vrednosti.

Testiranjem zbirnog relativnog rizika unutar zona definisanih na svakih 10 km i odstupanja istog od referentnog nivoa, odnosno korigovanjem lokalnih relativnih rizika društveno-ekonomskim statusom i vrednovanjem povezanosti sa udaljenošću od elektrane testirali smo ulogu elektrane kao potencijalnog tačkastog izvora.

Sumirajući sve, konačni rezultat stanja u pogledu oboljenja populacije koja živi na području uticaja, u poređenju s referentnim vrednostima može se opisati kao povoljno ili slično zdravstveno stanje kao što je opaženo i u referentnim populacijama. U rezultatu ispitivanja pojedinih sindroma na osnovu statističkih pokazatelia javila se principijelna mogućnost povezanosti povećanog rizika sa elektranom.

Za opis faktora rizika malignih oboljenja nismo sastavili poseban obrazac, već smo preveli pitanja izrađena u okviru projekta CINDI Svetske zdravstvene organizacije (WHO) koja su potvrđena, odnosno javno objavljena, dakle koja se slobodno mogu koristiti.

Uključivanjem reonskih lekara primenili smo pristup istraživanju koji je omogućio da brojčano izrazimo sposobnost uticaja ekspozicije emisije elektrane na rizik malignih oboljenja. Ispitivanu ekspoziciju (dозу ionizujućeg zračenja koje dospeva u životnu sredinu iz Nuklearne elektrane Paks) umesto neposrednih mernih podataka procenili smo na osnovu udaljenosti mesta stanovanja ispitanika od nuklearne elektrane. Uzrokovano oštećenje zdravlja bila je incidenca malignih oboljenja registrovana od strane reonskog lekara. Ostali kontrolisani faktori rizika su bili sledeći: starost, pol, stepen obrazovanja, pušenje, profesionalna izloženost zračenju, porodično nakupljanje malignih oboljenja, šećerna bolest, povišeni krvni pritisak, ishemskijska bolest srca. Tokom proučavanja reonski lekari su na području 3 županije, u naseljima na udaljenosti manjoj od 30 km od Nuklearne elektrane Paks prikupljali podatke uz pomoć obrazaca sastavljenog na osnovu međunarodnih normi. Reonski lekar je popunio obrasce o odraslim obolelima kod kojih je u razdoblju od 01. januara 2010. do 31. decembra 2012. godine utvrđeno maligno oboljenje, zatim je odabrao kontrolnog pacijenta identičnog po starosti, polu i stepenu obrazovanja, koji ne boluje od malignih oboljenja, o kojem je takođe popunio obrazac. Tokom obrade analizirali smo uticaje faktora rizika po tipovima malignih oboljenja.

Tokom analize faktora rizika delimično smo dobili rezultate koji su bili u skladu sa prirodnom datom malignog oboljenja (pušenje povećava rizik razvoja raka grkljana, pluća, glave i vrata i mehura), odnosno koji su oslikavali uticaj izbora uzorka. (Budući da je baza podataka izrađena uz pomoć kontrolnih podataka uskladištenih po starosti, polu i stepenu obrazovanja, pored savršenog slaganja ne bi smo mogli videti svojstvo uticaja na rizik ovih faktora, uprkos tome što ono očigledno postoji.)

Vrednovanjem lokaliteta pojedinih malignih oboljenja uglavnom nismo uočili pozitivnu povezanost između blizine Nuklearne elektrane Paks i učestalosti malignih oboljenja. U slučaju raka dojke statistička obrada je pokazivala signifikantno smanjenje u blizini elektrane. Budući da je obavljeno proučavanje velikog broja malignih lokalizacija, vrednovanje uticaja elektrane moguće je samo vrednovanjem raspodele količnika verovatnoće. Količnici verovatnoće po tipovima malignih oboljenja rasipaju se jednakomerno oko neutralne vrednosti.

Prema tome zbirno vrednovanje rezultata istraživanja ukazuje na to da prisustvo elektrane ne povećava rizik razvoja malignih oboljenja u okruženju elektrane.

Na kraju se utvrđuje da istraživanjem nije iskazano povećanje rizika od malignih oboljenja među onima koji žive u blizini Nuklearne elektrane Paks.

21.3 TRENUTNA IZLOŽENOST ZRAČENJU STANOVNIŠTVA U KRUGU OD 30 KM OD ELEKTRANE

Procena izlaganja stanovništva ionizujućem zračenju obavljena je na sledeći način:

- Na osnovu radioaktivne emisije postojećih nuklearnih postrojenja koji i sada funkcionišu na lokaciji, na osnovu vrednosti neposredne i rasute brzine doze i na osnovu podataka praćenja radioaktivnosti okoline procenili smo izloženost stanovništva zračenju.
- Za procenu izloženosti zračenju iz drugih veštačkih izvora uzeli smo u obzir i opterećenja zračenjem iz raznih aktivnosti kao što su transport radioaktivnog otpada, prevoz svežih i isluženih gorivnih elemenata, prevoz izvora zračenja unutar lokacije i industrijska radiografska ispitivanja.

Procenu izloženosti zračenju u okruženju elektrane od 30 km izvršili smo korišćenjem baze podataka iz godina 2001-2011., odnosno pomoću međunarodno priznatih metoda i programa.

Za procenu izloženosti stanovništva zračenju, nakon određivanja svojstava koja utiču na širenje radioaktivnih materija unutar i izvan lokacije, razradili smo scenario za pretpostavljane emisije. Za procenu opterećenja zračenjem uzeli smo u obzir i opterećenja zračenjem usled drugih aktivnosti kao što su transport radioaktivnog otpada, prevoz svežih i isluženih gorivnih elemenata, prevoz izvora zračenja unutar lokacije i industrijska radiografska ispitivanja. Potrebno je napomenuti da je rasuto i direktno zračenje koje potiče neposredno iz Nuklearne elektrane Paks praktično zanemarivo. Budući da rezultati merenja brzine doze spadaju u opseg pozadinskog zračenja, zato iz njih nije moguće izračunati izloženost stanovništva zračenju vezanog za nuklearna postrojenja. Stanovništvo je pre svega izloženo dodatnom direktnom ili rasutom zračenju iz drugih izvora, zato smo izvršili modelske proračune za te izvore.

Na osnovu modeliranih scenarija odredili smo potencijalno opterećenje zračenjem kritičnih grupa za pojedinačne, odnosno adekvatno kombinovane slučajeve. Procenu opterećenja zračenjem obavili smo međunarodno priznatim metodama i programima, koristili smo preporuke i podatke ICRP-a i IAEA.

Na osnovu proračuna smo proverili da li u pogledu kritičnog stanovništva (hipotetičke dečije grupe u naseljima Čampa /Čampa/ i Gerjen) doza određena kao granična doza odgovara radu Nuklearne elektrane Paks i KKÁT (Privremeno skladište istrošenog goriva). Ta je vrednost 1998. godine određena u visini od $100 \mu\text{Sv}/\text{godina}$, od čega 90% može iskoristiti Nuklearna elektrana Paks, a 10% KKÁT.

Za karakterisanje širenja kroz atmosferu tokom proračuna za normalne pogonske uslove primenili smo postupak zasnovan na tzv. Gausovom modelu perjanice sa srednjim vrednostima po zonama. Opis pojedinih komponenti kopnenog lanca ishrane zasniva se na tzv. tehnički faktora koncentracije.

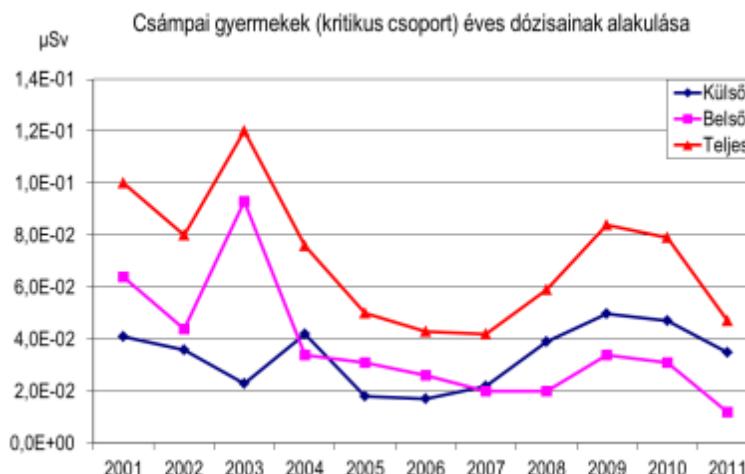
Model koji opisuje emisiju u Dunav uzima u obzir da se bočno mešanje – i na velikim udaljenostima od emisije – ostvaruje tek delimično. Iz hidroloških parametara se mogu odrediti tzv. korekcioni faktori delimičnog mešanja, zavisni od udaljenosti koji za određenu udaljenost od tačke ispuštanja u Dunav određuju koliko puta će koncentracija radionuklida biti veća na desnoj obali u odnosu na potpuno mešanje.

U zadatku smo primenom međunarodno korišćenog programa odredili nivo izloženosti stanovništva zračenju iz drugih izvora duž pojedinih trasa spoljašnjeg zračenja i uporedili smo ih sa dostupnim podacima merenja.

Nivo izloženosti stanovništva zračenju usled atmosferskih emisija

Određivanje atmosferskog širenja atmosferske emisije, koncentracije elemenata kopnenog lanca ishrane i opterećenja zračenjem iz pojedinih prenosnih puteva izlaganja pretežno je izvršeno pomoću paketa vlastitih programa "SS57" izrađenih na osnovu modela opisanih u izdanjima IAEA Safety Series No. 57 i IAEA Safety Reports Series No. 19 s. Tokom proračuna primenili smo postupak zasnovan na tzv. Gausovom modelu perjanice sa zonskim proseccima. Primenili smo postupak koji se zasniva na međunarodnim preporukama koji objedinjuje iskustva iz brojnih zemalja sveta, a primenjuje se jednostavno u rutinskoj praksi.

Proračun nivoa izlaganja zračenju usled atmosferske emisije nuklearne elektrane i KKÁT izvršili smo za svaku godinu u razdoblju 2001-2011. Proračune za dečiju starosnu grupu u Csámpi (kritična grupa) usled atmosferske emisije NE Paks prikazuje sledeća slika. Ne uzimajući u obzir pogonski udes (2003.) opterećenje zračenjem je u razdoblju od 2001. do 2007. pokazalo postepeno smanjenje, nakon toga se pojavio rast do 2009-te (a vrednosti za 2010-11. godinu ponovo su pokazale smanjivanje).



Slika 101. Hod godišnjih doza kod dece u Csámpi (kritična grupa) usled emisija iz dimnjaka elektrane

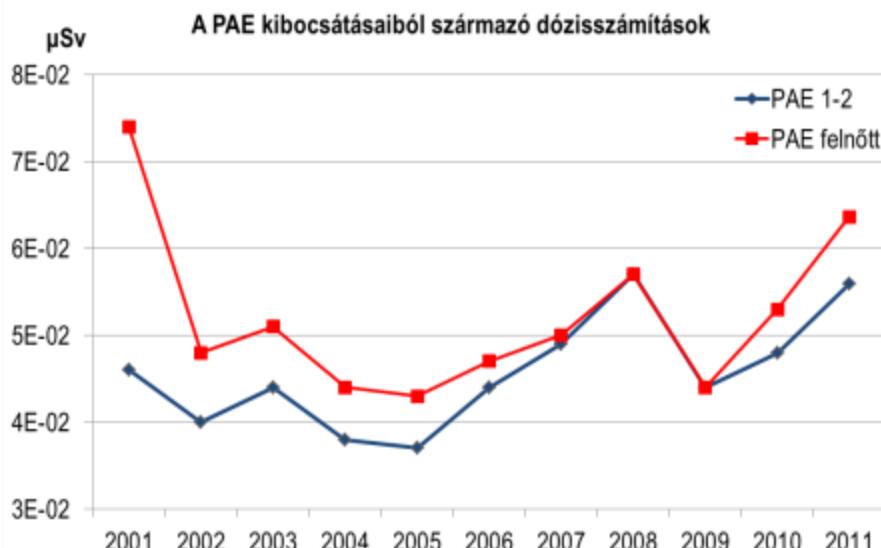
Csámpai gyermek (kritikus csoport) éves dózisainak alakulása	Hod godišnjih doza za decu u Csámpi (kritična grupa)
Külös	Spoljašnji
Belső	Unutrašnji
Teljes	Ukupni

Nivo izlaganja zračenju usled emisija u vodu

Tečne emisije nuklearne elektrane konačno se ulivaju u Dunav, kao recipijenta. Konzervativni je pristup ako na međudeonicama – prihvatni rezervoari, kanal tople vode – zanemarimo procese razblaživanja i taloženja (radioaktivni raspad je takođe zanemarljiv tokom širenja u Dunavu, jedino se uzima u obzir u slučaju taloženih radionuklida).

Najjednostavniji model za opis razblaživanja i širenje u tekućoj vodi pretpostavlja potpuno mešanje. Na mestima dovoljno blizu emisiji naravno ovaj uslov nije ispunjen, stoga se u mlazu („perjanici“) mogu očekivati veće koncentracije nego prema računu sa potpunim mešanjem. Teško je odrediti tačnu meru jer s jedne strane zavisi od brojnih parametara (ispuštena voda i masa recipirajuće vode, temperature, brzine strujanja, itd.), s druge strane i matematičko rešavanje problema je vrlo složeno.

Proračun spoljašnjeg i unutrašnjeg opterećenja zračenjem iz tečne emisije Nuklearne elektrane Paks i KKÁT (zajedno se ulivaju u Dunav) u odnosu na dečje starosno doba (1-2 godine) u Gerjenu prikazuje sledeća slika.



Slika 102. Izloženost zračenju deca (1-2 godine) i odraslog uzrasta u Gerjenu, usled tečne emisije Nuklearne elektrane Paks

A PAE kibocsátásából származó dózisszámítások	Proračun doza usled emisije NE Paks
PAE 1-2	NE Paks 1-2
PAE felnőtt	NE Paks odrasli

Izloženost zračenju iz drugih izvora

Jedan deo trase prevoza **nuklearnog otpada** prolazi pored naseljenih mesta, zato se neko lice može zadržavati relativno blizu teretnom vozilu. U tom slučaju lice pored puta može biti i na 5 m, te tokom prevoza lice pored puta može biti izloženo zračenju čak od 23,04 µSv (5 minuta), ako računamo sa bačvama iz elektrane prosečnog nivoa aktivnosti. To je jedna apsolutno konzervativna procena, naime pretpostavlja se da se tokom svakog transporta zadržava baš isto lice blizu transportnog vozila.

U slučaju prevoza **svežih gorivih elemenata** proučili smo dva slučaja, prvi slučaj: ako se voz na stanicu iz nekog razloga zaustavi (zastoj u saobraćaju) i putnici koji tada čekaju na voz, zadržavaju se izvesno vreme (1/2 sata) relativno blizu, na 5 m od voza. U tom slučaju je opterećenje usled zračenja gorivnih elemenata u jednom železničkom vagonu: 0,66 µSv. Drugi slučaj: kada kompozicija prolazi kroz stanicu bez zaustavljanja, računajući sa brzinom od 30 km/h, kritično lice koja takođe čeka na voz na stanicu, na 5 m od kompozicije tokom njenog prolaska, izlaze se zračenju od 1,17 nSv.

Izračunali smo izloženost stanovništva neutronskom i gama zračenju na raznim udaljenostima od lokacije, usled prevoza **isluženih gorivnih elemenata** (transportni kontejner C-30) u KKÁT unutar lokacije, kao i za kritično stanovništvo u Csámpi. Računali smo sa prosečno istrošenim gorivnim elementima (40,9 GWnap/tU) koji su odležali 3 godine. Za opterećenje zračenjem kritičnog stanovništva (na 1300 m od spoljašnjeg zida kontejnera) računali smo sa 1 časom vremena prevoza i sa 480 komada prevezenih isluzenih gorivnih elemenata godišnje, što se smatra maksimalnom vrednošću, iz toga sledi opterećenje zračenjem od 0,0235 nSv.

Ispitali smo izloženost zračenju na raznim udaljenostima i za slučaj prevoza unutar lokacije **sredstava na čijoj se površini nalaze radionuklidi**. Za ⁶⁰Co (brzina doze na površini: 1 µSv/h) na 500 m brzina doze iznosi 5,33E-09 µSv/h, to znači da bi bilo potrebno oko 21 godine da sredstvo sa radioaktivnom materijom na površini uzrokuje opterećenje zračenjem od 1 nSv.

Za **industrijska radiografska ispitivanja** koriste se izvori zračenja visokog nivoa aktivnosti, ti izvori se koriste u dva položaja: jedan je kada se izvor zračenja nalazi u sopstvenom zaštićenom omotu, a drugi kada je izvor zračenja tokom

ispitivanja bez zaštite u okruženju. Proračune za radiografska ispitivanja izvršili smo za različite udaljenosti, pretpostavljajući izvore zračenja od $2 \text{ TBq}^{192}\text{Ir}$, kao i 5 TBq početne aktivnosti izvora zračenja ^{75}Se , i da će se izvršiti oko 2.200 radiografskih ispitivanja godišnje, i dobili rezultat da se time na udaljenosti od 1.300 m, odnosno 500 m uzrokuje opterećenje zračenjem od $0,67 \mu\text{Sv}$, odnosno $5,62 \mu\text{Sv}$.

Rezime ispitivanja izloženosti stanovništva zračenju

Godišnji nivo izlaganja stanovništva zračenju dobijen tokom modeliranja u svakom slučaju je bio ispod granične doze (1 mSv), odnosno nivoa granice doze ($100 \mu\text{Sv}$ postrojenja Nuklearne elektrane Paks+ KKAT) čak i uz konzervativnih pretpostavki koje se u stvarnosti mogu dogoditi s vrlo malom verovatnoćom. Vrednosti opterećenja zračenjem računate na osnovu emisija spadaju u red veličina nSv/godina , uticaji iz drugih izvora (prevoz svežih gorivnih elemenata, isluženih elemenata, radioaktivnog otpada, radiografska ispitivanja) mogu biti veći, ali to nisu ustaljeni slučajevi, imajući u vidu najnepovoljnije okolnosti izloženost pojedinaca stanovništva zračenju spada u red veličina $\mu\text{Sv/godina}$, što je za više redova veličina ispod dozvoljene vrednosti propisane u regulativi.

Promenu opterećenja zračenjem ove veličine praktično nije moguće iskazati merenjima, zato ćemo se i dalje oslanjati na modeliranja i proračune.

21.4 UTICAJ GRAĐENJA PAKSA II NA NIVO IZLAGANJA ZRAČENJU STANOVNIŠTVA U OKRUŽENJU LOKACIJE

Izloženost zračenju koje zahvata stanovništvo pre svega može poticati iz radiografskih istraživanja. Poznavajući broj radiografskih istraživanja moguće je odrediti nivo godišnjeg izlaganja stanovništva zračenju. Mogu se očekivati vrednosti istog reda veličine kao u prethodno prikazanim proračunima. Opterećenje zračenjem od radiografskih istraživanja možemo smatrati neposrednim uticajem, u fazi izgradnje nisu relevantna posredna opterećenja.

21.5 UTICAJ RADA PAKSA II NA NIVO IZLAGANJA ZRAČENJU STANOVNIŠTVA U OKRUŽENJU LOKACIJE

Izloženost zračenju usled atmosferske emisije

U slučaju normalnog rada elektrane emisija se odvija na visini od 100 m (dimnjak) i na 40 m (turbinska zgrada). Polazeći od visine dimnjaka od 100 m, uzimajući za polaznu osnovu slične uslove kod Nuklearne elektrane Paks računali smo sa 120 m efektivne visine emisije i sa podacima meteorološkog tornja na visini od 120 m . Visinu emisije od 40 m uzeli smo u razmatranje sa efektivnom visinom od 50 m , prilagođavajući se podacima meteorološkog tornja izmerenim na 50 m .

Za emisije pojedinih nuklida, kao polazne podatke uzeli smo vrednosti normalnog pogona dobivenih od preduzeća MVM Paks II. Zrt (podaci ruskog partnera).[40]

Radionuklid	Emisija kroz dimnjak emisija I.	Emisija iznad krova turbinske zgrade emisija II.
	Bq/godina	Bq/godina
^3H	$7,80\text{E}+12$	$2,40\text{E}+09$
$^{14}\text{C} (\text{CO}_2)$	$3,00\text{E}+10$	-
^{14}C (organiski)	$5,70\text{E}+11$	-
^{83m}Kr	$1,34\text{E}+12$	$5,40\text{E}+10$
^{85m}Kr	$4,56\text{E}+12$	$1,22\text{E}+10$
^{85}Kr	$7,12\text{E}+11$	$1,32\text{E}+08$
^{87}Kr	$2,76\text{E}+12$	$1,28\text{E}+11$
^{88}Kr	$1,01\text{E}+13$	$3,00\text{E}+11$
^{131m}Xe	$4,98\text{E}+11$	$3,20\text{E}+09$
^{133}Xe	$5,62\text{E}+13$	$9,40\text{E}+11$
^{135}Xe	$1,51\text{E}+13$	$6,60\text{E}+11$
^{138}Xe	$5,72\text{E}+11$	$6,20\text{E}+10$
^{131}I (aerosol)	$4,85\text{E}+07$	$2,48\text{E}+05$
^{132}I (aerosol)	$6,46\text{E}+07$	$8,00\text{E}+05$
^{133}I (aerosol)	$9,20\text{E}+07$	$7,44\text{E}+05$
^{134}I (aerosol)	$4,40\text{E}+07$	$2,24\text{E}+05$
^{135}I (aerosol)	$7,53\text{E}+07$	$5,68\text{E}+05$
^{131}I (elementarni)	$4,85\text{E}+07$	$2,48\text{E}+06$

^{132}I (elementarni)	6,46E+07	8,00E+06
^{133}I (elementarni)	9,20E+07	7,44E+06
^{134}I (elementarni)	4,40E+07	2,24E+06
^{135}I (elementarni)	7,53E+07	5,68E+06
^{131}I (organski)	4,85E+07	3,47E+06
^{132}I (organski)	6,46E+07	1,12E+07
^{133}I (organski)	9,20E+07	1,04E+07
^{134}I (organski)	4,40E+07	3,14E+06
^{135}I (organski)	7,53E+07	7,95E+06
^{51}Cr	1,57E+05	3,00E+02
^{54}Mn	9,66E+03	4,20E+02
^{60}Co	6,20E+04	4,80E+03
^{89}Sr	6,50E+05	2,80E+04
^{90}Sr	1,19E+03	8,80E+01
^{134}Cs	4,00E+07	2,00E+06
^{137}Cs	6,06E+07	2,60E+06

Izvor: MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Appendix 3

Tabela 64. Emisije normalnog rada dvaju blokova (Bq/godina)

Za ispuštene radionuklide uzeli smo u obzir sedeće dodatne pretpostavke:

- tricijum smo u 100 % tretirali kao vodenu paru
- radiokarbon smo u 5 % tretirali kao CO_2 , a u 95 % kao organsko jedinjenje, na osnovu višegodišnjih podataka emisije Paksa.
- radiojodove smo u 4 % tretirali kao aerosoli, u 40 % kao elementarni, a u 56 % kao organsko jedinjenje, na osnovu podataka emisije iz zadnjih godina Nuklearne elektrane Paks.

Plemenite gasove smo tretirali kao elementarne gasove, a ostale, u ranijoj tački nepomenute radionuklide kao aerosole. I sada smo koristili gore navedeni program „SS57” i na osnovu opisanog načina proračuna iz koncentracija utvrdili smo sledeće doze:

- ❖ spoljašnje opterećenje zračenjem
 - dubinska gama doza
 - gama doza na površini tla
 - gama doza iz resuspenzije
 - dubinska doza beta zračenja (doza na koži)
- ❖ unutrašnje opterećenje zračenjem
 - doza od inhalacije
 - inhalaciona doza iz resuspenzije
 - doza gutanja konzumiranjem hrane

Na osnovu meteoroloških podataka iz 2009. godine proveli smo proračune za decu od 1-2 godine i za starosno doba odraslih i sledili smo sledeću teritorijalnu podelu:

Grupa sektora	Sektor	Kružni prsten	Udaljenost [km]
4-7	4,5,6,7	< 1 km	0,5
8-11	8,9,10,11	1-5 km	3
12-15	12,13,14,15	5-10 km	7,5
16-3	16,1,2,3	10-30 km	20
Csámpa	12	Csámpa	1,5

Tabela 65. Teritorijalna raspodela proračuna emisije

Na osnovu sledeće dve tabele se vidi da su rezultati u biti slični računatim vrednostima emisije postojećih blokova, međutim rezultati za decu iz naselja Csámpa zaostaju za ranijim višegodišnjim maksimumom. To se s jedne strane može zahvaliti tome što je Csámpa nešto udaljenija i nalazi se u drugom smeru u odnosu na dimnjake, a s druge strane zadate prosečne vrednosti emisija odstupaju od ranijih.

U skladu sa emisijama, ideo pojedinih nuklida je drugačiji nego u slučaju ranijih blokova, ali i tu je spoljašnja doza plemenitih gasova (dominira ^{88}Kr) i gutanje poreklom iz radiokarbona presudno. Pored navedenih, značajan ideo u dozi

ima tricijum, odnosno (elementarni) izotopi ^{131}I i Cs. Doza dece od 1-2 godine je nešto viša nego kod odraslih, i kod oba slučaja su spoljašnje doze veće.

Pošto računate efektivne doze na ispitivanom području nigde ne premašuju vrednost od $90 \mu\text{Sv}$, najveće računate vrednosti (i za decu na udaljenosti od 500 m iznosi svega 220nSv) za dva i po reda veličina ostaju ispod, može se reći da normalan pogonski rad elektrane ne predstavlja veći rizik od neutralnog (iznad vrednosti $90 \mu\text{Sv}$) na području izvan sigurnosne zone.

Udaljenost	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
Trasa/Sektor	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
Dubinska gama	1,1E-07	1,3E-07	8,4E-08	7,2E-08	1,5E-08	2,2E-08	9,2E-09	1,4E-08	3,3E-09	5,0E-09	1,8E-09	3,2E-09	5,0E-10	7,7E-10	2,5E-10	5,1E-10	4,0E-08
Površinska gama	1,7E-09	2,1E-09	1,4E-09	1,2E-09	3,2E-10	4,8E-10	2,1E-10	3,0E-10	8,8E-11	1,4E-10	5,2E-11	8,7E-11	1,6E-11	2,5E-11	8,3E-12	1,7E-11	7,7E-10
Resusp. gama	1,9E-13	2,3E-13	1,5E-13	1,3E-13	2,6E-14	3,8E-14	1,6E-14	2,4E-14	5,9E-15	8,8E-15	3,3E-15	5,7E-15	1,1E-15	1,6E-15	5,5E-16	1,1E-15	6,8E-14
Dubinska beta*	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
Ukupno spoljašnja	1,1E-07	1,3E-07	8,6E-08	7,4E-08	1,6E-08	2,3E-08	9,5E-09	1,4E-08	3,4E-09	5,2E-09	1,9E-09	3,3E-09	5,2E-10	8,0E-10	2,6E-10	5,3E-10	4,1E-08
Udisanje	6,4E-09	7,5E-09	5,0E-09	3,8E-09	1,2E-09	1,8E-09	7,4E-10	1,1E-09	3,1E-10	4,7E-10	1,8E-10	3,0E-10	6,3E-11	9,3E-11	3,2E-11	6,1E-11	2,8E-09
Resusp. udisanje	2,2E-12	2,7E-12	1,7E-12	1,5E-12	3,0E-13	4,4E-13	1,8E-13	2,7E-13	6,5E-14	9,7E-14	3,6E-14	6,2E-14	1,1E-14	1,7E-14	5,8E-15	1,1E-14	7,8E-13
Gutanje	6,7E-08	7,9E-08	5,1E-08	4,2E-08	9,6E-09	1,4E-08	5,8E-09	8,6E-09	2,2E-09	3,2E-09	1,2E-09	2,0E-09	4,0E-10	5,9E-10	2,1E-10	3,9E-10	2,5E-08
Ukupno unutrašnja	7,4E-08	8,7E-08	5,6E-08	4,5E-08	1,1E-08	1,6E-08	6,5E-09	9,8E-09	2,5E-09	3,7E-09	1,4E-09	2,3E-09	4,7E-10	6,9E-10	2,4E-10	4,5E-10	2,8E-08
Sveukupno	1,8E-07	2,2E-07	1,4E-07	1,2E-07	2,6E-08	3,9E-08	1,6E-08	2,4E-08	5,8E-09	9,0E-09	3,3E-09	5,7E-09	9,9E-10	1,5E-09	5,0E-10	9,7E-10	6,9E-08

* 1% od vrednosti dubinske beta doze (doza kože) sadržan je u spoljašnjim i sveukupnim (efektivnim) dozama

Tabela 66. Doze za decu od 1-2 godine na pojedinim područjima na osnovu meteoroloških podataka za 2009. godine, po prenosnom putu izlaganja (I+II, Sv)

Udaljenost	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
Trasa/Sektor	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
Dubinska gama	1,0E-07	1,3E-07	8,0E-08	6,8E-08	1,4E-08	2,1E-08	8,7E-09	1,3E-08	3,1E-09	4,7E-09	1,7E-09	3,0E-09	4,7E-10	7,2E-10	2,4E-10	4,8E-10	3,8E-08
Površinska gama	1,4E-09	1,8E-09	1,2E-09	1,0E-09	2,8E-10	4,3E-10	1,8E-10	2,7E-10	7,8E-11	1,2E-10	4,6E-11	7,8E-11	1,4E-11	2,2E-11	7,4E-12	1,5E-11	6,7E-10
Resusp. gama	1,6E-13	2,1E-13	1,3E-13	1,2E-13	2,3E-14	3,4E-14	1,4E-14	2,1E-14	5,2E-15	7,7E-15	2,9E-15	5,0E-15	9,5E-16	1,4E-15	4,9E-16	9,3E-16	6,0E-14
Dubinska beta*	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
Ukupno spoljašnja	1,0E-07	1,3E-07	8,2E-08	7,0E-08	1,5E-08	2,2E-08	8,9E-09	1,3E-08	3,2E-09	4,8E-09	1,8E-09	3,1E-09	4,9E-10	7,5E-10	2,5E-10	5,0E-10	3,9E-08
Udisanje	9,3E-09	1,1E-08	7,1E-09	5,4E-09	1,6E-09	2,3E-09	9,5E-10	1,4E-09	3,9E-10	5,8E-10	2,2E-10	3,6E-10	7,9E-11	1,1E-10	4,0E-11	7,5E-11	3,8E-09
Resusp. udisanje	6,1E-12	7,6E-12	4,8E-12	4,3E-12	8,5E-13	1,3E-12	5,2E-13	7,8E-13	1,9E-13	2,9E-13	1,1E-13	1,8E-13	3,5E-14	5,1E-14	1,8E-14	3,4E-14	2,2E-12
Gutanje	4,1E-08	4,9E-08	3,2E-08	2,6E-08	6,0E-09	8,8E-09	3,6E-09	5,4E-09	1,4E-09	2,1E-09	7,7E-10	1,3E-09	2,7E-10	3,9E-10	1,4E-10	2,6E-10	1,5E-08
Ukupno unutrašnja	5,0E-08	6,0E-08	3,9E-08	3,1E-08	7,5E-09	1,1E-08	4,6E-09	6,8E-09	1,8E-09	2,6E-09	1,0E-09	1,7E-09	3,5E-10	5,0E-10	1,7E-10	3,3E-10	2,0E-08
Sveukupno	1,5E-07	1,9E-07	1,2E-07	1,0E-07	2,2E-08	3,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	5,0E-09	7,5E-09	2,8E-09	4,8E-09	8,4E-10	1,3E-09	4,2E-10	8,2E-10	5,9E-08

* 1% od vrednosti dubinske beta doze (doza kože) sadržan je u spoljašnjim i sveukupnim (efektivnim) dozama

Tabela 67. Doze za odrasle na pojedinim područjima na osnovu meteoroloških podataka iz 2009. godine, po prenosnom putu izlaganja (I+II, Sv)

Opterećenje zračenjem usled projektom predviđenih udesa

Za ispitivanje događaja PO4 (Projektna osnova 4) kao polaznu osnovu uzeli smo slučajeve u DBC4 (Design Basis Category 4) [41] u ruskom izvoru podataka. U slučaju događaja PO4/DBC4 emisije kroz dimnjak visine 100 m uzeli smo sa efektivnom visinom od 120 m, kod „površinskih“ emisija smo računali sa visinom ventilatora na krovu zgrade, na 35 m. Za proračun smo i sada koristili model sa oznakom „SS57“. Rane (na osnovu 10-dnevne emisije) i kasne (na osnovu 30-dnevne emisije) doze tretirali smo kao dva odvojena događaja. U oba slučaja smo za jednu meteorološku situaciju izračunali doze za starosnu dob dece od 1-2 godine i za odrasle. Računali smo sa letnjom emisijom, ostali su parametri bili isti kao kod normalnih uslova. Meteorološki uslovi su bili prosečni, sa malo padavina:

Kategorija stabilnosti (Pasquill): D

Brzina vetra: 5 m/s (18 km/h)

Padavine: 2,8E-7 m/s (1 mm/h)

Za proračun područja uticaja, udaljenost na kojoj su doze maksimalne odredili smo iteracijom. Za scenario smo izvršili proračune za sledeće udaljenosti: 300 m, 400 m (udaljenost maksimalne doze), 600 m, 800 m, 3 km, 10 km, 20 km, 30 km.

Rane doze: na osnovu datih 10-dnevnih „površinskih“ i emisija iz dimnjaka izračunali smo sledeće doze iz oblaka i sa površine tla, zatim izračunali njihove zbirove:

- dubinska gama doza
- dubinska beta doza (u zbiru je sadržana u obimu od 1 %)
- površinska gama doza
- doza od inhalacije
- doze iz resuspenzije

Nuklid	10-dnevna emisija iz dimnjaka	10-dnevna „površinska“ emisija
^{131}I (elementarni)	2,90E+08	2,10E+09
^{132}I (elementarni)	1,50E+07	1,00E+08
^{133}I (elementarni)	5,80E+07	4,00E+08
^{134}I (elementarni)	3,20E+06	2,30E+07
^{135}I (elementarni)	1,00E+07	7,10E+07
^{131}I (organski)	8,70E+09	6,10E+09
^{132}I (organski)	1,70E+08	1,20E+08
^{133}I (organski)	1,40E+09	9,80E+08
^{134}I (organski)	2,00E+07	1,40E+07
^{135}I (organski)	1,90E+08	1,30E+08
^{85m}Kr	9,60E+10	6,70E+08
^{87}Kr	4,40E+10	3,10E+08
^{88}Kr	1,80E+11	1,20E+09
^{133}Xe	9,70E+13	6,80E+11
^{135}Xe	3,30E+11	2,30E+09
^{138}Xe	7,00E+09	4,90E+07
^{134}Cs	6,20E+05	4,30E+07
^{137}Cs	2,20E+05	1,60E+07

Tabela 68. Rane emisije (Bq)

Kasne doze: iz zadatih 30-dnevnih „površinskih“ i emisija iz dimnjaka izračunali smo sledeće doze iz oblaka i sa površine tla, zatim izračunali njihove zbirove:

- dubinska gama doza
- dubinska beta doza (u zbiru je sadržana u obimu od 1 %)
- površinska gama doza
- doza od inhalacije
- doze iz resuspenzije
- doza od gutanja

Nuklid	30-dnevna emisija iz dimnjaka	30-dnevna „površinska“ emisija
^{131}I (elementarni)	4,30E+08	3,00E+09
^{132}I (elementarni)	1,50E+07	1,00E+08
^{133}I (elementarni)	5,80E+07	4,00E+08
^{134}I (elementarni)	3,20E+06	2,30E+07
^{135}I (elementarni)	1,00E+07	7,10E+07
^{131}I (organski)	1,40E+10	9,80E+09
^{132}I (organski)	1,70E+08	1,20E+08
^{133}I (organski)	1,40E+09	9,80E+08
^{134}I (organski)	2,00E+07	1,40E+07
^{135}I (organski)	1,90E+08	1,30E+08
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	9,60E+10	6,70E+08
^{87}Kr	4,40E+10	3,10E+08
^{88}Kr	1,80E+11	1,20E+09
^{133}Xe	1,30E+14	9,20E+11
^{135}Xe	3,30E+11	2,30E+09
^{138}Xe	7,00E+09	4,90E+07
^{134}Cs	6,20E+05	4,30E+07
^{137}Cs	2,20E+05	1,60E+07

Tabela 69. Kasne emisije (Bq)

Proračune smo izvršili i za starosnu dob dece od 1-2 godine i za odrasle, kasne doze iz depozicije na površini tla integrisali smo za odrasle na 50, a za decu na 70 godina, kod unutrašnjih doza u svakom slučaju smo računali sa vezanim faktorima doze. Kao dalju konzervativnu pretpostavku, za polaznu osnovu smo uzeli neprekidni boravak u naselju i potrošnju samo lokalno proizvedene hrane, odnosno da nisu preduzete nikakve zaštitne mere.

Kao što se vidi iz sledeće tabele, računata doza ni u jednom slučaju ne premašuje neutralni uticaj (efektivna doza < 90 $\mu\text{Sv/godišnje}$) (najveća vrednost: 21 μSv – kasna doza za decu na 400 m), iz tog razloga se može reći da se izvan sigurnosne zone očekuje isključivo neutralan uticaj (u stvarnosti i unutar sigurnosne zone).

Dogadjaj/udaljenost	300m	400m	600m	800m	3km	10km	20km	30km
deca rana	9,00E-07	1,10E-06	9,02E-07	6,56E-07	1,17E-07	1,59E-08	4,78E-09	2,38E-09
odrasli rana	5,30E-07	6,53E-07	5,22E-07	3,95E-07	8,40E-08	1,20E-08	3,65E-09	1,85E-09
deca kasna	1,70E-05	2,10E-05	1,61E-05	1,12E-05	8,30E-07	5,30E-08	1,07E-08	4,34E-09
odrasli kasna	1,60E-05	2,00E-05	1,51E-05	1,01E-05	7,75E-07	4,60E-08	8,80E-09	3,46E-09

Tabela 70.: Zbir ukupnih doza projektom predviđenih udesa (Sv)

O ranim dozama se može reći da na manjim udaljenostima (npr. u slučaju maksimuma za 400 m) najveći deo doze prouzrokuje izotop ^{131}I „s površinskom emisijom“ (pre svega putem inhalacije), na većim udaljenostima u prvi plan dolazi dubinska gama doza plemenitih gasova, posebno ^{133}Xe iz emisije dimnjaka (što je, naravno, za više redova veličina manja od doze računate u maksimumu). Doza odraslih je u ovom scenariju znatno manja (na manjim udaljenostima je blizu polovine) nego za decu.

Veći deo kasnih doza na manjim udaljenostima potiče od „površinske“ emisije Cs izotopa (i manjim delom od ^{131}I) (prvenstveno površinska gama i gutanjem), dok na većim udaljenostima i ovde pretežno dominira dubinska gama doza izotopa ^{133}Xe iz emisije dimnjaka. Doza odraslih je i u ovom slučaju manja nego za decu, ali na manjim udaljenostima samo u manjoj meri (veću površinsku gama dozu dece ovde gotovo kompenzira veća doza od gutanja kod odraslih).

Opterećenje zračenjem iz tečnih emisija

Tečni radioaktivni otpad trasom tečne emisije Nuklearne elektrane Paks (kanal tople vode), nakon mešanja i razblaživanja uliva se u Dunav i dolazi do vodozahvata, odnosno do tačaka drugih načina upotrebe vode. Na taj način radioaktivni otpad, korišćenjem vode Dunava posredno ili neposredno (kroz lanac ishrane u vodi) dolazi u kontakt sa ljudima i može uzrokovati unutrašnje odnosno spoljašnje izlaganje zračenju. Model korišćen za proračun nivoa izloženosti zračenju zasniva se na preporuci IAEA. Planske emisije blokova ruskog tipa VVER 1200 MW odnose se na jedan blok i zasnivaju se na podacima ruskog isporučioca:

Radionuklid	^3H	^{14}C	^{131}I	^{132}I	^{133}I	^{134}I	^{135}I	^{89}Sr
Emisija/blok	9,1E+12	1,05E+09*	3,5E+07	2,3E+06	1,2E+07	1,4E+06	3,9E+06	8,1E+05
Radionuklid	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs	^{51}Cr	^{54}Mn	^{60}Co	^{58}Co	
Emisija/blok	2,3E+03	8,0E+07	1,2E+08	5,5E+05	6,1E+05	2,5E+06	5,6E+05	

* vrednost procenjena od strane preduzeća Isotopech Zrt.

Tabela 71. Planirane tečne emisije ruskog bloka tipa VVER 1200 MW (Bq/godina) [30]

Opterećenje zračenjem starosne dobi dece od 1-2 godine i odraslih među stanovništvom naselja Gerjen – koji istovremeno predstavlja referentnu (kritičnu) grupu stanovništva u pogledu tečnih emisija – prikazuje tabela 72. Prema rezultatima doza odraslog stanovništva – pri datim godišnjim emisijama, pretpostavljenim podacima potrošnje i pokazateljima načina života – premašuje vrednost za decu od 1-2 godine. U obe grupe – praktično u 100% je presudno unutrašnje opterećenje zračenjem, unutar toga je najznačajniji ideo izotopa ^3H i ^{14}C (kod dece). Kod odraslih se kao značajni mogu istaći još i udela izotopa ^{134}Cs i ^{137}Cs . Međutim, opterećenja zračenjem – i pored izrazito konzervativnog pristupa – su niska, predstavljaju svega 2-3 promila od vrednosti granice doze.

Radionuklid	Deca 1-2 godine			Odrasli		
	spoljna	unutrašnja	ukupna	spoljna	unutrašnja	ukupna
^{58}Co	4,2E-04	1,2E-03	1,7E-03	4,3E-04	5,8E-04	1,0E-03
^{60}Co	1,8E-02	5,2E-02	7,0E-02	1,8E-02	1,6E-02	3,4E-02
^{51}Cr	9,0E-06	6,8E-05	7,7E-05	9,2E-06	4,2E-05	5,1E-05
^{134}Cs	9,5E-02	2,6E+00	2,7E+00	9,6E-02	1,9E+01	1,9E+01
^{137}Cs	1,4E-01	3,4E+00	3,5E+00	1,4E-01	2,0E+01	2,1E+01
^3H (HTO)	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01
^{14}C	0	3,9E+01	3,9E+01	0	3,9E+01	3,9E+01
^{131}I	2,2E-04	9,3E-01	9,3E-01	3,5E-04	2,1E-01	2,2E-01
^{132}I	7,6E-05	2,0E-04	2,7E-04	1,3E-04	7,9E-05	2,1E-04
^{133}I	1,1E-04	2,5E-02	2,6E-02	1,8E-04	6,9E-03	7,0E-03
^{134}I	5,3E-05	3,7E-05	9,1E-05	9,2E-05	1,8E-05	1,1E-04
^{135}I	9,2E-05	1,3E-03	1,4E-03	1,6E-04	4,4E-04	5,9E-04
^{54}Mn	2,7E-04	5,9E-04	8,6E-04	2,8E-04	6,2E-04	9,0E-04
^{89}Sr	8,1E-06	3,8E-03	3,8E-03	8,2E-06	1,4E-03	1,4E-03
^{90}Sr	5,1E-07	1,7E-04	1,7E-04	5,1E-07	1,5E-04	1,5E-04
Ukupno	2,5E-01	9,7E+01	9,7E+01	2,6E-01	1,3E+02	1,3E+02

Tabela 72. Doza stanovništva Gerjena, dece starosne dobi od 1-2 godine i odraslih usled godišnje tečne emisije, po bloku ruskog tipa VVER 1200 MW (nSv/godina)

Ispitivanje detektibilnosti koncentracije aktivnosti usled atmosferskih i tečnih emisija Paksa II i eventualnih nakupljanja

Cilj nam je bio da utvrdimo da li je uticaj atmosferskih i tečnih emisija 2 ruska bloka tipa VVER 1200 MW merljiv u pojedinim činiocima životne sredine i u eventualnim nakupljanjima. Primenili smo konzervativni pristup na način da smo najveće koncentracije aktivnosti uporedili sa pragovima detekcije programa elektrane za rutinsko praćenje stanja životne sredine.

Kod atmosferske emisije uporedili smo koncentracije aktivnosti računate iz podataka emisije za 2009. godinu sa pragovima detekcije programa elektrane za rutinsko praćenje stanja životne sredine. Uzeli smo maksimume koncentracija aktivnosti (vazduh, površina tla, meso, žitarice, povrće, mleko) za pojedine udaljenosti (<1; 1-5 km, 5-10 km, 10-30 km) u raznim prvcima, odnosno vrednosti računate za 1,5 km, zatim smo ih uporedili sa pragovima merljivosti. Rezultati su pokazali da u prvoj grupi (koja predstavlja ostvariva merenja) postoji mogućnost samo za iskazivanje tek nekoliko radionuklida, naročito u pogledu tricijuma i radiokarbona. U drugoj grupi (sa merenjima koje se mogu obaviti samo uz veće napore) pored koncentracije nekoliko radionuklida u vazduhu, u principu bi se mogli meriti pojedini elementi aktivnosti površine tla, npr. elementarni jod, radiocezijum (koji je inače prisutan i nezavisno od elektrane, u koncentraciji većoj od ovde izmerene), ali bi se oni mogli iskazati uglavnom na manjim udaljenostima od Nuklearne elektrane Paks. Prema proračunima svi ostali radionuklidi spadaju u kategoriju nemerljivih.

Kod tečnih emisija računali smo metodom primjenjenom kod atmosferskih emisija, iz lanca ishrane u vodi: kroz vodu, sedimente i riba Dunava, za činoce životne sredine zahvaćenih putem polivanja: za tlo, lisnato povrće, stočnu hranu, kravljе mleko i goveđe meso. Kod prve grupe – tu spada jedino sadržaj tricijuma i radiokarbona u vodi Dunava, odnosno očekivana koncentracija aktivnosti izotopa ^{137}Cs u ribama – ciljanim ispitivanjem koji ne iziskuje znatno veće napore od rutinskog programa praćenja postoji mogućnost za utvrđivanje uticaja novih blokova. Kod druge grupe bi samo uz mnogo veće napore (vrlo veliki broj uzoraka, ekstremno osetljivi merni instrumenti, kako dugo vreme merenja) bilo eventualno moguće iskazati izotop ^{137}Cs (u vodi Dunava, u sedimentu i stočnoj hrani). U slučaju treće grupe za iskazivanje uticaja elektrane na životnu sredinu uopšte ne postoji realna mogućnost.

Kao zaključak, može se reći da pri normalnom radu Paksa II, u pogledu atmosferske i tečne emisije radioološki uticaj je vrlo mali, za više redova veličina ispod granice doze ($90 \mu\text{Sv/godina}$).

Područja uticaja rada Paksa II

Prilikom klasifikacije radioološkog uticaja koristili smo sledeću kategorizaciju:

Klasifikacija	Radioološki uticaj (E=efektivna doza)
neutralan	$E < 90 \mu\text{Sv/godina}$
podnošljiv	$90 \mu\text{Sv/godina} < E < 1 \text{ mSv/godina}$
opterećujući	$1 \text{ mSv/godina} < E < 10 \text{ mSv/2 dana ili } 10 \text{ mSv/događaj}^*$
štetan	$10 \text{ mSv/2 dana ili } 10 \text{ mSv/događaj} < E < 1 \text{ Sv/događaj}^{**}$
isključujući	$1 \text{ Sv/život} < E$

* bez uticaja lanca ishrane

** za ceo životni vek (za odrasle 50 godina, za decu 70 godina), bez uticaja lanca ishrane

gde je

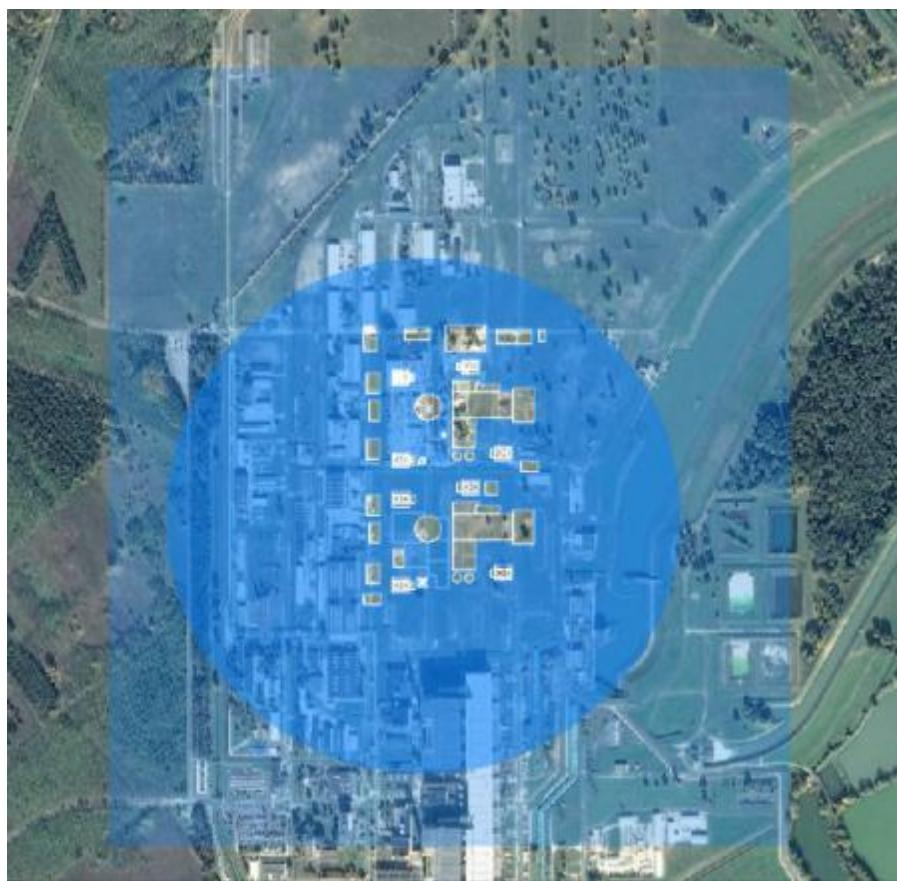
$90 \mu\text{Sv/godina}$ vrednost granice doze određena od strane ÁNTSZ-OTH (Nacionalna služba za javno zdravlje)

1 mSv/godina granica doze za stanovništvo

10 mSv doza koja se može sprečiti u slučaju odstupanja od normalnog pogonskog stanja

1 Sv/život nivo intervencije koji se odnosi na trajno preseljenje.

Ukupan radioološki uticaji (neposredni i posredni) pri normalnom pogonu, u krugu poluprečnika 500 m ostaju ispod granice doze (neutralni uticaj), budući da to važi i za područje bezbednosne zone, zato: granica područja uticaja tokom **normalnog rada** se podudara sa granicom bezbednosne zone.



Slika 103. Područje uticaja normalnog rada Paksa II: krug poluprečnika od 500 m u bezbednosnoj zoni od 500 m

(Tokom određivanja područja uticaja uzeli smo osu dvaju dimnjaka, područje uticaja smo označili počev od te ose u krugu poluprečnika od 500 m. Kao što se vidi na gornjoj slici, ovaj krug obuhvata sigurnosnu zonu od 500 m.)

Uticaj i područje uticaja istovremenog rada Paksa II, Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a

Zbirni uticaj atmosferskih emisija tokom normalnog rada prikazali smo u donjim tabelama kao ukupnu maksimalnu dozu triju postrojenja (Paks II., Nuklearna elektrana Paks i KKÁT) koja funkcionišu na tom području, iskazanu za dve grupe i za određene udaljenosti. Na osnovu toga se vidi da zbirna doza ostaje ispod neutralne vrednosti za dva reda veličine.

Postrojenje/područje	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Nuklearna elektrana Paks (2009)	8,40E-08	4,00E-08	6,50E-09	1,00E-09
Paks II. (2009)	6,90E-08	3,90E-08	9,00E-09	1,50E-09
KKÁT (2011)	1,40E-09	4,00E-10	6,60E-11	1,00E-11
Ukupno	1,54E-07	7,94E-08	1,56E-08	2,51E-09

Tabela 73. Ukupna doza Paksa II, Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a u maksimalnoj godini, za decu od 1-2 godine, Sv

Postrojenje/područje	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Nuklearna elektrana Paks (2009)	6,00E-08	2,90E-08	4,70E-09	7,30E-10
Paks II. (2009)	5,90E-08	3,30E-08	7,50E-09	1,30E-09
KKÁT (2011)	7,00E-10	2,10E-10	3,40E-11	6,60E-12
Ukupno	1,20E-07	6,22E-08	1,22E-08	2,04E-09

Tabela 74.: Ukupna doza Paksa II., Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a u maksimalnoj godini, za odrasle, Sv

Deca 1-2 godine (nSv/godina)	Odrasli (nSv/godina)
1,54E+02	2,04E+02

Tabela 75. Najveći zbirni uticaj tečnih emisija u naselju Gerjen na godišnjem nivou

U slučaju opterećenja zračenjem usled normalnog rada, područje uticaja Paksa II, Nuklearne elektrane Paks i KKÁT-a je granica objedinjene bezbednosne zone.

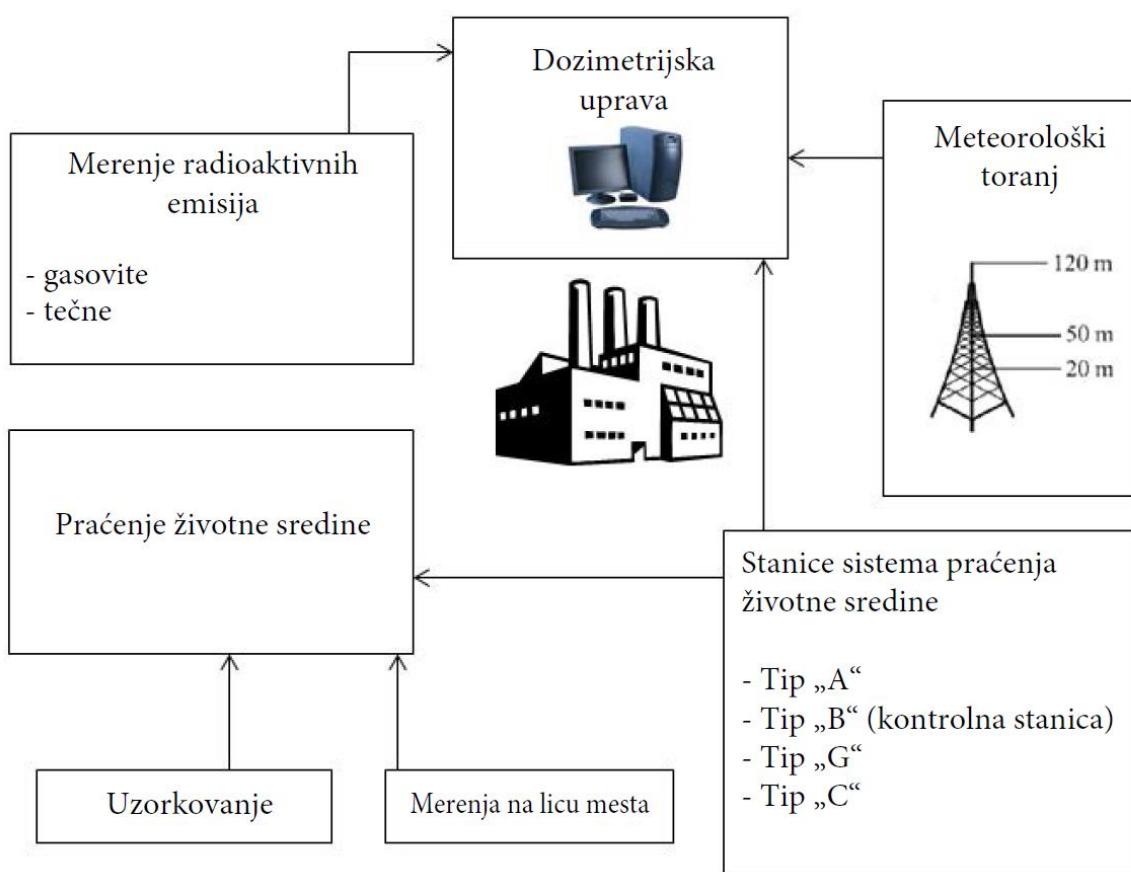
Preporučeni sistem praćenja radioaktivnosti u životnoj sredini

Sistem monitoringa radioaktivnosti na području oko operativne Nuklearne elektrane Paks može se smatrati potpunim, funkcioniše na visokom nivou čak i po međunarodnim merilima. Merenje tečnih i gasovitih emisija obavlja se kontrolom na dva nivoa: konstantnim merenjem sistemom daljinskog merenja, odnosno uzorkovanjem.

U sistem daljinskog merenja spadaju stanice daljinskog merenja: stanice tipa A (9 kom.), G (11 kom.) C (15 kom.) i B (1 kom, kontrola). Blokovi Paksa II će se izgraditi uglavnom unutar postojećeg sistema monitoringa životne sredine, uz nekoliko izuzetaka:

- Zbog navedenih preporučujemo da se postojeći sistem praćenja radioaktivnosti životne sredine oko operativne Nuklearne elektrane Paks proširi oko lokacije Paksa II.
- Smatramo potrebnim povećanje broja mernih stanica tipa „A“ i „G“.
- Smatramo opravdanim proširenje stanica tipa „V“ u zavisnosti od primenjene tehnologije.
- Preporučujemo proširenje područja uzimanja uzoraka i merenja od strane Laboratorije za nadzor životne sredine na elemente oko lokacije Paksa II, to je bitno radi obezbeđenja kontinuiteta i uporedivosti (referentni nivo).
- Potrebno je bušenje novih bunara za uzorkovanje, kako je to detaljno opisano u poglavlju *Geološka sredina i podzemne vode na lokaciji i u njenom neposrednom okruženju*.
- U cilju dvostepenog nadzora gasovitih i tečnih emisija blokova Paksa II u nove dimnjake, kao i u tačkama tečnih emisija potrebno je postaviti detektore za praćenje zračenja sa neprekidnim radom, slične postojećim.

Tokom laboratorijskih merenja svrshodno je dati prednost izotopsko selektivnom merenju, odnosno nabaviti uređaj sa nižim pragom detekcije. Načelnu strukturu preporučenog sistema monitoringa radioaktivnosti u okolini Paksa II prikazuje sledeća slika.



Slika 104. Načelna struktura preporučenog sistema monitoringa radioaktivnosti oko Paksa II.

Uticaj dekomisije na opterećenje zračenjem stanovništva u blizini lokacije pogona

Na osnovu međunarodnih iskustava možemo izjaviti da se pri demontaži ne očekuje veći uticaj na životnu sredinu pri normalnom radu elektrane, uticaji će biti slični već prikazanim, jedino se mogu menjati tačke emisije i količina otpada.

22 IZLOŽENOST ŽIVOG SVETA ZRAČENJU

Ovo poglavlje studije uticaja na životnu sredinu izgradnje novih blokova nuklearne elektrane na lokaciji u Paksu bavi se pitanjem opterećenja živog sveta zračenjem koje potiče iz novog izvora. Ispitivanje živog sveta ovakve prirode je relativno novo područje zaštite od zračenja, još ne postoji čak ni zakonski propisi koji se bave izrazito sa ovim pitanjem. Međutim, međunarodne naučne organizacije su već pre nekoliko godina dale preporuke za regulisanje na nivou donosilaca odluka. Na osnovu toga se može očekivati da će se pre ili kasnije pojaviti zakonski propisi o ograničenjima koja osiguravaju zaštitu vrsta odnosno ekosistema živog sveta od jonizujućeg zračenja nastalog usled delovanja čoveka.

Iz tog razloga je u vezi sa građenjem novih blokova nuklearne elektrane svršishodno da se bavimo ovim pitanjem već sada. S jedne strane treba odrediti postojeći polazni nivo, naime sva ostala eventualna povećanja opterećenja zračenjem dodaju se ovom polaznom nivou, a s druge strane treba proceniti, u kojoj će meri planirani blokovi povećati nivo izlaganja zračenju okolnog kopnenog i vodenog živog sveta u odnosu na postojeće stanje. Pošto se vezuje za jednu novu delatnost, a u pogledu uticaja zračenja na živi svet nisu propisane konkretno određene granične vrednosti, za procenu uticaja je evidentna i može poslužiti kao osnova za upoređenje brzina doze kojoj su pojedini živi organizmi izloženi iz prirodnog pozadinskog zračenja. Ako se na taj način utvrdi da dodatno opterećenje zračenjem usled ljudske delatnosti iznosi samo delić prirodnog zračenja, možemo biti sigurni da ni na koji način neće uticati na funkcionisanje ekoloških sistema.

Budući da ne raspolažemo podacima o brzinama doze pozadinskog zračenja u pogledu živog sveta, u okruženju Paksa je potrebno proceniti izloženost biote (skup svih živih organizama) zračenju prirodnog porekla – koje postoji nezavisno od ljudske delatnosti. Potiče pretežno iz uranijuma, torijuma i izotopa kalijuma sa masenim brojem 40, koji su u zemljinoj kori prisutni od nastanka Zemlje, i tom uticaju je živi svet (u njemu i čovek) oduvek bio izložen. Pribavljeni rezultati ranijih merenja radioaktivnosti vezani za ovo područje, zatim sopstvena eksperimentalna ispitivanja usmerena na prikupljanje, odnosno dopunu nedostajućih podataka dali su dovoljno detaljnu sliku o dozi zračenja kojem je izložen kopneni i vodenii živi svet. Rezimirajući te rezultate, o nivou izlaganja pozadinskom zračenju kopnenih živih bića u okruženju elektrane može se reći s jedne strane da je njegova veličina kod većine vrsta ispod $0,5 \mu\text{Gy/h}$. Bića koja nakupljaju krečnjak, odnosno mahovine pokazuju znatno veće vrednosti, čak vrednost koja premašuje i preporučeni relevantni nivo za vrste živog sveta. S druge strane, čini se da u velikom broju slučajeva čak i sa faktorom dva ili tri možemo potceniti opterećenje zračenjem date vrste ako ne koristimo lokalno specifične prenosne faktore za proračun unutrašnjeg opterećenja zračenjem. U slučaju živih bića u vodi prirodni polazni nivo se kreće u širem opsegu: živa bića koja celi svoj život provode u vodnom telu ili delimično žive na njegovoj površini i u vazduhu, mogu se karakterisati brzinom doze bliskom kopnenim biljkama i životinjama, istovremeno za one koji žive pretežno na dnu korita, odnosno koji imaju čvrstu zaštitnu ljsku (školjke, puževi) svojstvene su brzine doze za oko deset puta veće.

Preporučeni referentni nivo izloženosti zračenju prouzrokovanoj ljudskom delatnošću od $10 \mu\text{Gy/h}$ odnosi se na sve izvore koji imaju uticaja na tom mestu i potiču od čoveka, dakle uticaj jednog novoplaniranog izvora treba vrednovati zajedno sa već postojećim. Zato s jedne strane treba utvrditi nivo radioaktivne kontaminacije okoline Paksa koja potiče od ostataka eksperimenata nuklearnog naoružanja (globalni fallout) kao i trenutni uticaj černobiljskog falloutu (padavina) u okruženju Paksa. Opterećenju zračenjem ljudskog porekla doprinose i emisije u atmosferu i vodu 4 bloka nuklearne elektrane koji funkcionišu već oko 30 godina. Ta tri uticaja zbirno daju trenutno opterećenje živog sveta veštačkim zračenjem.

Za navedene komponente na osnovu modelskog proračuna izvršenog u koprenom okruženju može se zaključiti da je doprinos elektrane (maks. $\sim 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$) praktično zanemarljiv u odnosu na opterećenje globalnim i černobiljskim zračenjem ($\sim 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$).

Međutim, najveći deo globalnog zračenja veštačkog porekla pokazuje opadanje tokom vremena, budući da se vreme poluraspađa izotopa koji određuju njenu veličinu, ^{137}Cs i ^{90}Sr , može uporediti sa radnim vekom reaktorskih blokova. U vreme planiranog puštanja u pogon prvog novog bloka u 2025. godini procenjene brzine doze će se smanjiti za 25%, znači merodavni osnovni nivo za pojedine vrste će biti 3/4 deo od sadašnjeg.

Zbir modelirane unutrašnje i spoljašnje brzine doze za planiranu elektranu će biti celokupno opterećenje kopnenih referentnih biljaka zračenjem koje nastaje kao rezultat dugoročnog rada dvaju blokova Paksa II. Naravno, njena veličina zavisi od udaljenosti od ventilacionih kanala („dimnjaka“) koji ispuštaju radioaktivne materije u vazduh. Očekivana

maksimalna vrednost će se pojaviti duboko unutar lokacije elektrane, a njena veličina će za većinu vrsta iznositi oko 0,5 nGy/h. U najbližem okruženju izvan lokacije (na oko 1,5 km od tačaka emisije) model pokazuje vrlo nisku vrednost opterećenja zračenjem, koja nije niti blizu baznom nivou, što važi praktično na sve referentne žive organizme. Procenjeno opterećenje zračenjem je preporučljivo uporediti sa doprinosom baznom nivou nuklearne elektrane koja funkcioniše već blizu 30 godina. To su brzine doze utvrđene za okolinu stанице A4, dakle za najblže merno mesto područja koje je najviše izloženo uticaju Paksa II. Može se utvrditi da uticaj planirane elektrane ne pokazuje znatno odstupanje u odnosu na već postojeći uticaj. Dve bi elektrane čak i pri puštanju u pogon 2025. godine dale priraštaj samo od 1-2% tadašnjem globalnom opterećenju zračenjem.

U vezi sa baznim nivoom veštačkih izvora treba još napomenuti da isti važi na celokupnom području oko elektrane između glavnog puta br. 6. i Dunava, pošto koncentracije aktivnosti tla koje predstavljaju osnovu za procenu, po rezultatima merenja ne pokazuju značajna odstupanja. Pored toga treba napomenuti da vrednosti opterećenja zračenjem dobijene za pojedine grupe vrsta, koja ne pokazuju znatna odstupanja i koje u odnosu na prirodnu pozadinu predstavljaju svega 1%, pokazuju da među vrstama nema niti jedne koja zahteva istaknutu pažnju zbog nivoa izloženosti.

U okruženju Nuklearne elektrane Paks tri vodena staništa mogu biti izložena emisijama elektrane. U prvom redu recipijent tečnih emisija, Dunav, i to njegova deonica od nekoliko 100-ina metara ispod toplovodnog kanala. Mada je sam kanal industrijski objekat, živi svet ga je – doduše u ograničenom diverzitetu – već odavno osvojio, barem priobalno područje. Odvojenim staništem možemo tretirati jezero Kondor koje je jedan odvojen mrtvi rukavac, međutim, preko veštačkih ribnjaka moguća je njegova povremena povezanost sa kanalom tople vode. Od ova tri staništa pažnju pre svega obraćamo na Dunav, naime on je recipijent tečne radioaktivne emisije postojeće i buduće elektrane.

Rezultati modelskih proračuna izvršenih na osnovu dobijenih podataka emisije pokazuju da za vodena živa bića koja se nalaze na mestu ispuštanja rashladne vode u Dunav može očekivati svega deseti-stoti deo opterećenja zračenjem u odnosu na prirodno pozadinsko zračenje. Naravno, idući nizvodno od izvora, usled razblaživanja opterećenje je verovatno još manje. Na prognoziranom nivou izloženosti zračenju usled normalnog rada elektrane - koje spada u opseg od 20 pGy/h do 1 nGy/h – odlučujuća je unutrašnja izloženost.

Organizmi	Ukupna brzina doze, $\mu\text{Gy}/\text{h}$				Udeo Paksa II u celokupnoj emisiji elektrana %	Udeo Paksa II u celokupnom veštačkom zračenju %
	Paks II	Nuklearna elektrana Paks	globalno	ukupno		
vodozemci	$9,96 \cdot 10^{-05}$	$5,18 \cdot 10^{-04}$	$5,65 \cdot 10^{-04}$	$1,18 \cdot 10^{-03}$	16,1	8,4
bentičke ribe	$5,13 \cdot 10^{-04}$	$1,89 \cdot 10^{-03}$	$2,59 \cdot 10^{-03}$	$5,00 \cdot 10^{-03}$	21,3	10,3
ptice	$6,10 \cdot 10^{-05}$	$5,49 \cdot 10^{-04}$	$2,36 \cdot 10^{-04}$	$8,45 \cdot 10^{-04}$	10,0	7,2
školjke	$4,90 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,48 \cdot 10^{-03}$	$4,57 \cdot 10^{-03}$	23,4	10,7
rakovi	$5,89 \cdot 10^{-04}$	$2,04 \cdot 10^{-03}$	$3,27 \cdot 10^{-03}$	$5,90 \cdot 10^{-03}$	22,4	10,0
puževi	$5,26 \cdot 10^{-04}$	$2,32 \cdot 10^{-03}$	$2,75 \cdot 10^{-03}$	$5,60 \cdot 10^{-03}$	18,5	9,4
larve insekata	$1,10 \cdot 10^{-03}$	$4,87 \cdot 10^{-03}$	$6,12 \cdot 10^{-03}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$	18,5	9,1
sisari	$1,49 \cdot 10^{-04}$	$1,09 \cdot 10^{-03}$	$7,89 \cdot 10^{-04}$	$2,02 \cdot 10^{-03}$	12,1	7,4
pelagične ribe	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$7,05 \cdot 10^{-04}$	$5,19 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-03}$	12,4	7,6
fitoplankton	$8,58 \cdot 10^{-05}$	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$2,37 \cdot 10^{-04}$	$8,13 \cdot 10^{-04}$	14,9	10,6
vaskularne biljke	$3,89 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,08 \cdot 10^{-03}$	$4,07 \cdot 10^{-03}$	19,5	9,6
zooplankton	$3,16 \cdot 10^{-05}$	$1,72 \cdot 10^{-04}$	$5,38 \cdot 10^{-05}$	$2,58 \cdot 10^{-04}$	15,5	12,3

Tabela 76. Udeo Paksa II i postojećih veštačkih izvora u opterećenju zračenjem dunavskih vodenih živih bića u 2025. godini

Mada je za projektovanje, izgradnju, odnosno rad nuklearnih elektrana velike snage svojstvena izuzetna sigurnost, u principu se ne može isključiti situacija koja nastupa usled greške u materijalu, elementarne nepogode, eventualne ljudske greške, nemara, u kojoj ogromne energije iz reaktorskog prostora nije moguće odvesti na način uobičajen za normalan pogon. Mada je verovatnoća nastupanja ovakvih događaja vrlo mala, većinu mogućih havarija i njihove posledice već tokom projektovanja uzimaju u obzir, te se tehnologije potrebne za njihovo otklanjanje ugrađuju već tokom izgradnje elektrane.

U današnjici, kod ovakvih investicija je već neizostavni uslov bezbednosna analiza obavljena u skladu sa međunarodnim protokolom, koju su ruski projektanti izvršili prema tzv. EUR preporukama, tako je za moguće najznačajnije havarije poznata verovatnoća nastupanja, kao i lista pripadajućih radioaktivnih emisija. Podaci dobijeni od ruskog partnera detaljno sadrže više takvih slučajeva, od kojih smo za koreografiju pogonskog udesa stepena tzv. PO4 (učestalost: $10^{-4} - 10^{-5}$

⁶/godišnje) obavili procenu uticaja na živi svet. Jedan od svojstava projektom predviđenih udesa vrlo male verovatnoće je da za posledicu ima jedino atmosfersku emisiju, a i ona se odvija pod kontrolisanim okolnostima. Postoje dva moguća mesta ispuštanja: s jedne strane ventilacioni kanal visok 100 m, korišćen za atmosferske emisije i tokom normalnog pogona, a s druge strane na mestu u sekundarnom krugu gde se nalaze 4 sigurnosna ispusta pare, što znači emisiju na visini od 35 m.

Upoređujući brzine emisije zadane za pojedina vremenska razdoblja ispitivanog pogonskog događaja utvrđeno je da izotopi sa kratkim vremenom poluraspada ($t_{1/2}$ ~nekoliko sati) praktično dospevaju u životnu sredinu jedino tokom prvog dana. S druge strane, utvrđeno je da ugrađena automatska tehnologija za intervenciju u slučaju havarije sa velikom efikasnošću zadržava elementarne izotope joda sa dužim periodom poluraspada, što važi npr. i za izotope Cs. 99,5 % od atmosferske emisije predstavlja plemeniti gas ^{133}Xe , većina dospeva u okolinu kroz 100 m visokog kanala za provetrvanje. Nasuprot tome, emisija izotopa cezijuma sa daleko dužim vremenom poluraspada, u 99% se odvija na visini od 35 m, i prema podacima ograničena je samo na prvi dan događaja. Što se tiče ispuštene aktivnosti, ona iznosi deset milionita deo ksenona, što je približno jednak jednogodišnjoj emisiji cezijuma u normalnom režimu rada. To je značajno zbog toga što usled ustaljenog smera vetra tokom pola/jednog dana do zagađivanja tla usled fallouta dolazi samo u jednom - relativno uskom - pojasu (u aktualno dominirajućem smeru vetra). U okolini Paksa najučestaliji smer vetra je sa severozapada, zato u slučaju stvarnog nastupanja jednog takvog događaja može biti zahvaćeno poljoprivredno područje jugoistočno od elektrane.

Za procenu uticaja kojem je izložen kopneni živi svet modelirali smo putanju i veličinu radioaktivnog oblaka nastalog na tačkama emisije, kao i padavine (fallout) iz tog oblaka u okolini Paksa, za vremenske uslove primenjene u sličnim analizama obavljenim za postojeće blokove. To je stanje kategorije Pasquill D (visinski položaj inverzionog sloja: 560 m), na 120 m visine brzina vetra je 5 m/s, vreme kišovito tokom celog trajanja događaja. Ovaj zadnji uslov unosi značajnu meru konzervativnosti u modelu, naime ispiranje padavinama predstavlja mnogo veće opterećenje nego suvi fallout (taloženje), na taj način će dodatna brzina doze od sveže radioaktivnosti biti precenjena.

U cilju prikazivanja ranog uticaja radioaktivne materije emitovane tokom prvih 10 dana smo obradili posebno, i računali smo sa vetrom u uvek istom smeru. Radioaktivne koncentracije nastale oko tačaka emisije (vazduh, tlo) i brzinu doze poreklom iz radioaktivnog oblaka modelirali smo na 20 različitih razmaka od mesta emisije do 20 km udaljenosti, pomoću programa pogodnog za simulaciju širenja kroz atmosferu. Rezultati su pokazali da se maksimum koncentracije materija iz „dimnjaka“ visine 35 m nalazi duboko unutar lokacije, dok u slučaju ventilacionog kanala visine 100 m maksimum je na 1000 m, što se i u slučaju najverovatnijeg smera vetra nalazi unutar lokacije.

izotop	prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 100 m visine			prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 35 m visine		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
	vazduh, Bq/m ³					
^{85}Kr	$3,74 \cdot 10^{-40}$	$3,50 \cdot 10^{-03}$	$1,46 \cdot 10^{-01}$	$3,30 \cdot 10^{-03}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$	$5,62 \cdot 10^{-03}$
^{87}Kr	$1,72 \cdot 10^{-40}$	$1,60 \cdot 10^{-03}$	$6,62 \cdot 10^{-02}$	$1,52 \cdot 10^{-03}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$	$2,49 \cdot 10^{-03}$
^{88}Kr	$7,06 \cdot 10^{-40}$	$6,79 \cdot 10^{-03}$	$3,02 \cdot 10^{-01}$	$5,98 \cdot 10^{-03}$	$5,10 \cdot 10^{-02}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$
^{131}I	$3,50 \cdot 10^{-41}$	$3,29 \cdot 10^{-04}$	$1,37 \cdot 10^{-02}$	$4,03 \cdot 10^{-02}$	$3,24 \cdot 10^{-01}$	$6,79 \cdot 10^{-02}$
^{132}I	$7,20 \cdot 10^{-43}$	$6,73 \cdot 10^{-06}$	$2,79 \cdot 10^{-04}$	$1,08 \cdot 10^{-03}$	$8,58 \cdot 10^{-03}$	$1,75 \cdot 10^{-03}$
^{133}I	$5,69 \cdot 10^{-42}$	$5,31 \cdot 10^{-05}$	$2,22 \cdot 10^{-03}$	$6,78 \cdot 10^{-03}$	$5,45 \cdot 10^{-02}$	$1,14 \cdot 10^{-02}$
^{133}Xe	$3,78 \cdot 10^{-37}$	$3,55 \cdot 10^{00}$	$1,49 \cdot 10^{02}$	$3,34 \cdot 10^{00}$	$2,71 \cdot 10^{01}$	$5,77 \cdot 10^{00}$
^{134}Cs	$2,41 \cdot 10^{-45}$	$2,26 \cdot 10^{-08}$	$9,44 \cdot 10^{-07}$	$2,11 \cdot 10^{-04}$	$1,70 \cdot 10^{-03}$	$3,58 \cdot 10^{-04}$
^{134}I	$9,02 \cdot 10^{-44}$	$8,35 \cdot 10^{-07}$	$3,41 \cdot 10^{-05}$	$1,80 \cdot 10^{-04}$	$1,42 \cdot 10^{-03}$	$2,79 \cdot 10^{-04}$
^{135}I	$7,80 \cdot 10^{-43}$	$7,28 \cdot 10^{-06}$	$3,03 \cdot 10^{-04}$	$9,87 \cdot 10^{-04}$	$7,90 \cdot 10^{-03}$	$1,64 \cdot 10^{-03}$
^{135}Xe	$1,28 \cdot 10^{-39}$	$1,20 \cdot 10^{-02}$	$5,04 \cdot 10^{-01}$	$1,13 \cdot 10^{-02}$	$9,17 \cdot 10^{-02}$	$1,95 \cdot 10^{-02}$
^{137}Cs	$8,99 \cdot 10^{-46}$	$9,80 \cdot 10^{-09}$	$5,13 \cdot 10^{-07}$	$8,69 \cdot 10^{-05}$	$9,03 \cdot 10^{-04}$	$2,41 \cdot 10^{-04}$
^{138}Xe	$2,82 \cdot 10^{-41}$	$2,59 \cdot 10^{-04}$	$1,03 \cdot 10^{-02}$	$2,38 \cdot 10^{-04}$	$1,85 \cdot 10^{-03}$	$3,53 \cdot 10^{-04}$
tlo, Bq/kg						
^{131}I	$3,41 \cdot 10^{01}$	$6,80 \cdot 10^{00}$	$2,29 \cdot 10^{00}$	$6,98 \cdot 10^{01}$	$2,31 \cdot 10^{01}$	$6,33 \cdot 10^{00}$
^{132}I	$1,45 \cdot 10^{-02}$	$2,87 \cdot 10^{-03}$	$9,89 \cdot 10^{-04}$	$3,90 \cdot 10^{-02}$	$1,67 \cdot 10^{-02}$	$4,19 \cdot 10^{-03}$
^{133}I	$1,03 \cdot 10^{00}$	$2,05 \cdot 10^{-01}$	$6,92 \cdot 10^{-02}$	$2,19 \cdot 10^{00}$	$7,62 \cdot 10^{-01}$	$2,06 \cdot 10^{-01}$
^{134}Cs	$3,49 \cdot 10^{-03}$	$6,95 \cdot 10^{-04}$	$2,43 \cdot 10^{-04}$	$5,37 \cdot 10^{-01}$	$1,29 \cdot 10^{-01}$	$3,92 \cdot 10^{-02}$

izotop	prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 100 m visine			prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 35 m visine		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
¹³⁴ I	$6,89 \cdot 10^{-04}$	$1,36 \cdot 10^{-04}$	$4,78 \cdot 10^{-05}$	$2,51 \cdot 10^{-03}$	$1,27 \cdot 10^{-03}$	$2,96 \cdot 10^{-04}$
¹³⁵ I	$4,51 \cdot 10^{-02}$	$8,94 \cdot 10^{-03}$	$3,03 \cdot 10^{-03}$	$1,02 \cdot 10^{-01}$	$3,87 \cdot 10^{-02}$	$1,02 \cdot 10^{-02}$
¹³⁷ Cs	$1,30 \cdot 10^{-03}$	$3,02 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-04}$	$2,21 \cdot 10^{-01}$	$6,88 \cdot 10^{-02}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$

Tabela 77. Koncentracije aktivnosti na površini i blizu površine od 10-dnevne emisije u zavisnosti od udaljenosti.

Procenjena brzina doze na osnovu radioaktivnih koncentracija neposredno izvan lokacije iznosi obično nekoliko nGy/h, tek 1% od vrednosti svojstvene za prirodno opterećenje zračenjem. Ako u modelskom proračunu uzimamo u obzir i dinamiku emisije rane faze (izotopi sa kratkim periodom poluraspada u životnu sredinu dospevaju jedino tokom prvog dana), u tom slučaju se 1. dana javljaju veće brzine doze kod svakog živog bića (5-10% od prirodnog pozadinskog zračenja), međutim, tokom sledećih 9 dana brzinom doze dominira spoljašnje opterećenje zračenja radioaktivnih materija (izotopi cezijuma i joda) taloženih na tlu od ranije. Na osnovu brojčanih rezultata može se zaključiti da je predmetni pogonski udes stepena PO4 – čak i pri nepovoljnijim meteorološkim uslovima – u pogledu uticaja na živi svet u okruženju neutralan. To istovremeno znači da ne možemo govoriti o području uticaja rane posledice emisije pogonskog udesa.

Procena uticaja ispitivanog pogonskog udesa izvršena je upotrebom podataka emisije zadatih za 30 dana, pri već spomenutim meteorološkim uslovima. Vetur i dalje duva u smeru utvrđenom na početku pogonskog udesa, kiša i dalje pada. Ovi uslovi rezultiraju poprilično konzervativnu procenu, naime celokupna emitovana radioaktivna materija se kreće u jednom pravcu, uticaj se može očekivati samo u jednom uskom pojasu.

izotop	prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 100 m visine			prosečna koncentracija aktivnosti od izvora emisije na 35 m visine		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
vazduh, Bq/m ³						
^{85m} Kr	$1,25 \cdot 10^{-40}$	$1,17 \cdot 10^{-03}$	$4,89 \cdot 10^{-02}$	$1,10 \cdot 10^{-03}$	$8,85 \cdot 10^{-03}$	$1,87 \cdot 10^{-03}$
⁸⁷ Kr	$5,70 \cdot 10^{-41}$	$5,31 \cdot 10^{-04}$	$2,20 \cdot 10^{-02}$	$5,06 \cdot 10^{-04}$	$4,04 \cdot 10^{-03}$	$8,30 \cdot 10^{-04}$
⁸⁸ Kr	$2,36 \cdot 10^{-40}$	$2,27 \cdot 10^{-03}$	$1,01 \cdot 10^{-01}$	$1,99 \cdot 10^{-03}$	$1,70 \cdot 10^{-02}$	$4,03 \cdot 10^{-03}$
¹³¹ I	$1,87 \cdot 10^{-41}$	$1,75 \cdot 10^{-04}$	$7,32 \cdot 10^{-03}$	$2,09 \cdot 10^{-02}$	$1,68 \cdot 10^{-01}$	$3,52 \cdot 10^{-02}$
¹³² I	$2,41 \cdot 10^{-43}$	$2,24 \cdot 10^{-06}$	$9,28 \cdot 10^{-05}$	$3,60 \cdot 10^{-04}$	$2,87 \cdot 10^{-03}$	$5,85 \cdot 10^{-04}$
¹³³ I	$1,89 \cdot 10^{-42}$	$1,77 \cdot 10^{-05}$	$7,38 \cdot 10^{-04}$	$2,26 \cdot 10^{-03}$	$1,81 \cdot 10^{-02}$	$3,78 \cdot 10^{-03}$
¹³³ Xe	$1,69 \cdot 10^{-37}$	$1,58 \cdot 10^{+00}$	$6,65 \cdot 10^{+01}$	$1,51 \cdot 10^{+00}$	$1,22 \cdot 10^{+01}$	$2,61 \cdot 10^{+00}$
¹³⁴ Cs	$8,05 \cdot 10^{-46}$	$7,53 \cdot 10^{-09}$	$3,15 \cdot 10^{-07}$	$7,04 \cdot 10^{-05}$	$5,67 \cdot 10^{-04}$	$1,19 \cdot 10^{-04}$
¹³⁴ I	$3,00 \cdot 10^{-44}$	$2,78 \cdot 10^{-07}$	$1,14 \cdot 10^{-05}$	$6,03 \cdot 10^{-05}$	$4,73 \cdot 10^{-04}$	$9,28 \cdot 10^{-05}$
¹³⁵ I	$2,60 \cdot 10^{-43}$	$2,42 \cdot 10^{-06}$	$1,01 \cdot 10^{-04}$	$3,28 \cdot 10^{-04}$	$2,64 \cdot 10^{-03}$	$5,46 \cdot 10^{-04}$
¹³⁵ Xe	$4,29 \cdot 10^{-40}$	$4,02 \cdot 10^{-03}$	$1,69 \cdot 10^{-01}$	$3,77 \cdot 10^{-03}$	$3,06 \cdot 10^{-02}$	$6,52 \cdot 10^{-03}$
¹³⁷ Cs	$3,00 \cdot 10^{-46}$	$3,28 \cdot 10^{-09}$	$1,71 \cdot 10^{-07}$	$2,90 \cdot 10^{-05}$	$3,01 \cdot 10^{-04}$	$8,06 \cdot 10^{-05}$
¹³⁸ Xe	$9,06 \cdot 10^{-42}$	$8,33 \cdot 10^{-05}$	$3,32 \cdot 10^{-03}$	$7,94 \cdot 10^{-05}$	$6,16 \cdot 10^{-04}$	$1,18 \cdot 10^{-04}$
tlo, Bq/kg						
¹³¹ I	$2,90 \cdot 10^{+01}$	$5,81 \cdot 10^{+00}$	$1,95 \cdot 10^{+00}$	$5,78 \cdot 10^{+01}$	$1,85 \cdot 10^{+01}$	$5,13 \cdot 10^{+00}$
¹³² I	$4,81 \cdot 10^{-03}$	$9,57 \cdot 10^{-04}$	$3,30 \cdot 10^{-04}$	$1,30 \cdot 10^{-02}$	$5,58 \cdot 10^{-03}$	$1,40 \cdot 10^{-03}$
¹³³ I	$3,42 \cdot 10^{-01}$	$6,82 \cdot 10^{-02}$	$2,31 \cdot 10^{-02}$	$7,30 \cdot 10^{-01}$	$2,54 \cdot 10^{-01}$	$6,87 \cdot 10^{-02}$
¹³⁴ Cs	$3,46 \cdot 10^{-03}$	$6,90 \cdot 10^{-04}$	$2,40 \cdot 10^{-04}$	$5,32 \cdot 10^{-01}$	$1,28 \cdot 10^{-01}$	$3,88 \cdot 10^{-02}$
¹³⁴ I	$2,29 \cdot 10^{-04}$	$4,52 \cdot 10^{-05}$	$1,60 \cdot 10^{-05}$	$8,38 \cdot 10^{-04}$	$4,21 \cdot 10^{-04}$	$9,87 \cdot 10^{-05}$
¹³⁵ I	$1,50 \cdot 10^{-02}$	$2,98 \cdot 10^{-03}$	$1,01 \cdot 10^{-03}$	$3,40 \cdot 10^{-02}$	$1,29 \cdot 10^{-02}$	$3,38 \cdot 10^{-03}$
¹³⁷ Cs	$1,31 \cdot 10^{-03}$	$3,03 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-04}$	$2,22 \cdot 10^{-01}$	$6,89 \cdot 10^{-02}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$

Tabela 78. Koncentracije aktivnosti na površini i blizu površine od 30-dnevne emisije u zavisnosti od udaljenosti.

Prema rezultatima modelskog proračuna izvan lokacije biće dominantna brzina doze koja potiče od radioaktivnih materija dospelih na tlo, za koju presudni deo daje fallout od emisije na visini od 35 m. Same procenjene vrednosti brzine doze su i u ovom slučaju uglavnom niske, u okruženju elektrane niti u jednom živom organizmu ne dostiže 10% od odgovarajućeg prirodnog pozadinskog zračenja.

U pogledu kasnog uticaja takođe možemo zaključiti da je u slučaju ispitivanog pogonskog događaja kategorije PO4 uticaj na živi svet neutralan. Tu treba posebno istaći da meteorološki uslovi koji tokom događaja ostaju nepromenjeni do kraja,

rezultirali su daleko najveći uticaj emisije, naime cela ispuštena radioaktivnost je ograničena na jedan uski pojas. Ukoliko ovaj konzervativizam pooštimo time što za opterećenje živog sveta uzimamo zbir procenjene brzine doze poreklom iz dvaju tačaka emisije, tada se u najgorem slučaju kod pojedinih živih bića udvostručuje očekivani uticaj, ali i to je još daleko ispod 10% od prirodnog nivoa. To znači da u vezi sa emisijama usled pogonskog udesa ne možemo govoriti o signifikantnom uticaju, prema tome ni o području uticaja.

23 MERE USMERENE NA SPREČAVANJE HAVARIJA SA POSLEDICAMA PO ŽIVOTNU SREDINU, ODNOSNO NA UBLAŽAVANJE POSLEDICA U SLUČAJU NASTUPANJA TAKVIH UDESA

Mere usmerene na sprečavanje izvanrednih stanja i havarija sa posledicama uticaja na životnu sredinu, odnosno na ublažavanje posledica po okolinu u slučaju nastupanja takvih nesreća biće utvrđene u Sveobuhvatnom planu intervencija u slučaju opasnosti (SPIO – na mađarskom: ÁVIT) koji će se izraditi u kasnijoj fazi pribavljanja dozvole i biće u skladu sa praksom operativne Nuklearne elektrane Paks. U ovom planu ćemo detaljno propisati mere za otklanjanje opasnosti ili potencijalnih opasnosti koje mogu zahvatiti nove blokove (izvanredno stanje nuklearnog objekta, radiološka opasnost, prirodne i industrijske katastrofe, požar, ostali udesi), sa kompleksnim postupcima za sprečavanje nesreće, odnosno za otklanjanje i ublažavanje posledica eventualnog izvanrednog događaja koje će osoblje odnosno sarađujući partneri iz nacionalnog sistema sprovesti.

I malac dozvole će tokom upravljanja radom novih blokova, u skladu sa sadašnjom praksom u Nuklearnoj elektrani Paks, primeniti Plan preventivnih i interventnih mera u slučaju nuklearne nesreće (PPIMN – mađarski: NBEIT) za otklanjanje posledica u životnoj sredini. PPIMN će sadržati uputstva o postupcima i intervencijama za otklanjanje i sanaciju posledica u slučaju izvanrednih radioloških događaja u nuklearnom postrojenju novih blokova, kako bi osoblje koje radi na otklanjanju na osnovu sveobuhvatnog plana u svakom pogledu mogao da drži nastalu situaciju pod kontrolom. Ovim Planom su uzeti u obzir izvanredni događaji u postrojenju i radiološki događaji, kako sa unutrašnjim tako i sa spoljašnjim uzrocima. Sistem zaštite od zračenja i tehnoloških intervencija PPIMN-a obezbeđuje sprečavanje širenja radioloških uticaja u životnoj sredini, na taj način je najefikasnije sredstvo za ublažavanje zdravstvenih, ekonomskih i ostalih štetnih uticaja. Ove mere se i sada primenjuju u Nuklearnoj elektrani Paks u sistemu koji se redovno kontroliše od strane organa državne službe za nuklearnu zaštitu, te će ih kod novih blokova I malac dozvole uzeti u obzir tokom izgradnje i upravljanja radom sopstvenog postrojenja. Sistem koji će se instalati u novoizgrađenim postrojenjima, svoju funkciju u sprečavanju udesa, odnosno u saniranju nastalih ekoloških situacija i ublažavanju štetnih posledica obavljaće u sklopu i u skladu sa Državnim Planom preventivnih i interventnih mera u slučaju nuklearnog udesa.

24 SAŽETAK

14. januara 2014. godine Vlada Mađarske sporazumela se sa Vladom Ruske Federacije o obnovi ugovora sklopljenog prije više desetljeća o nuklearnoj saradnji između ove dve države. Sporazum između dvaju vlada Mađarski Parlament je potvrdio *Zakonom broj II iz 2014. godine* o potvrđivanju Sporazuma o suradnji Mađarske Vlade i Vlade Ruske Federacije o korišćenju nuklearne energije u mirne svrhe. Na osnovu sporazuma na području Nuklearne elektrane Paks nadležni organ vlasti Ruske Federacije kao generalni izvođač izgradiće dva nova bloka snage po 1.200 MW.

Cilj investicije je proizvodnja električne energije za javnu potrošnju savremenim blokovima III⁺ generacije sa vodom pod pritiskom, sa radnim vekom najmanje 60 godina, u skladu sa dinamičkim planom iz *Nacionalne energetske strategije*, sa planiranim puštanjem u pogon 2025. i 2030. godine.

U studiji uticaja na životnu sredinu (SUŽS) koja prikazuje i rezimira obavljena ispitivanja uticaja na životnu sredinu Nuklearne elektrane Paks II, ispitivana je ruska nuklearna tehnologija odabrana od mogućih varijanti navedenih u Dokumentaciji za prethodnu konsultaciju (DPK), te je u pogledu procene značajnog uticaja na životnu sredinu izvršeno ispitivanje njenih glavnih veza, zahvatanje rashladne vode i ispuštanje zagrejane vode u Dunav, odnosno blokovskih vodova za prenos proizvedene električne energije.

U cilju utvrđivanja polaznog opterećenja činilaca/sistema prirodne sredine i trenutnog ekološkog stanja, odnosno radi karakterisanja i vrednovanja stanja, na području planiranih blokova nuklearne elektrane, kao i na ispitivanim područjima odabranim na osnovu prethodno procenjenih područja uticaja, obavljena su ispitivanja i analize počev od 01. marta 2012., većim delom tokom 2012. godine, a u nekim slučajevima i u 2013. godini.

Višemesečni proces ispitivanja uticaja na životnu sredinu Nuklearne elektrane Paks II – imajući sve navedeno u vidu – obavljen je na osnovu sistema tehničkih uslova i situacijskog plana iz marta 2014. godine.

Pri određivanju uticajnih faktora kao i tokom proračuna i modeliranja izazvanih uticaja, za osnovu smo uzeli faktore sa najvećim uticajem na prirodnu sredinu, pored ekoloških aspekata imajući u vidu i osnovni princip konzervativnog pristupa, shodno Pravilnicima o nuklearnoj bezbednosti.

Studija uticaja na životnu sredinu Paks II. obuhvata sledeće tematike:

- ❖ detaljan prikaz investicije nuklearne elektrane, osnovni tehnološki podaci,
 - obim radova, predviđeni termin početka i vremensko trajanje izgradnje i rada postrojenja,
 - opis ostvarenja projektovane tehnologije,
 - nabiranje i razmeštaj objekata potrebnih za obavljanje delatnosti,
 - vodosnabdevanje,
 - upravljanje otpadom i otpadnim vodama nastalih tokom izvođenja radova,
 - glavni pokazatelji potrošnje materijala,
 - red veličine teretnog i putničkog prevoza potrebnog za izvođenje radova,
- ❖ opis odabrane lokacije izgradnje, njenog užeg i šireg okruženja, mesto obavljanja delatnosti i prostorni zahtevi, prikaz situacijskog plana,
- ❖ utvrđivanje i proračun ekoloških uticaja nuklearne tehnologije na pojedine činioce i sisteme prirodne sredine,
- ❖ definisanje područja uticaja planirane investicije,
- ❖ prikaz prekograničnih uticaja.

Studija uticaja na životnu sredinu Paks II. je u pogledu činilaca, odnosno sistema prirodne sredine, faktore uticaja koji se javljaju u raznim fazama izgradnje analizirala i vrednovala prema uticajnim procesima i posledicama koje nastaju usled njihovog delovanja, odnosno veličinu područja njihovog uticaja.

Klasifikacija uticaja izvršena je po logičnom sledu: uticajni faktori → uticajni procesi → receptori (zahvaćeni uticajem), imajući u vidu osnovno opterećenje činilaca/sistema prirodne sredine, kao i očekivane promene životne sredine i stanja prirode (npr. promenu klime) tokom celog radnog veka Paksa II.

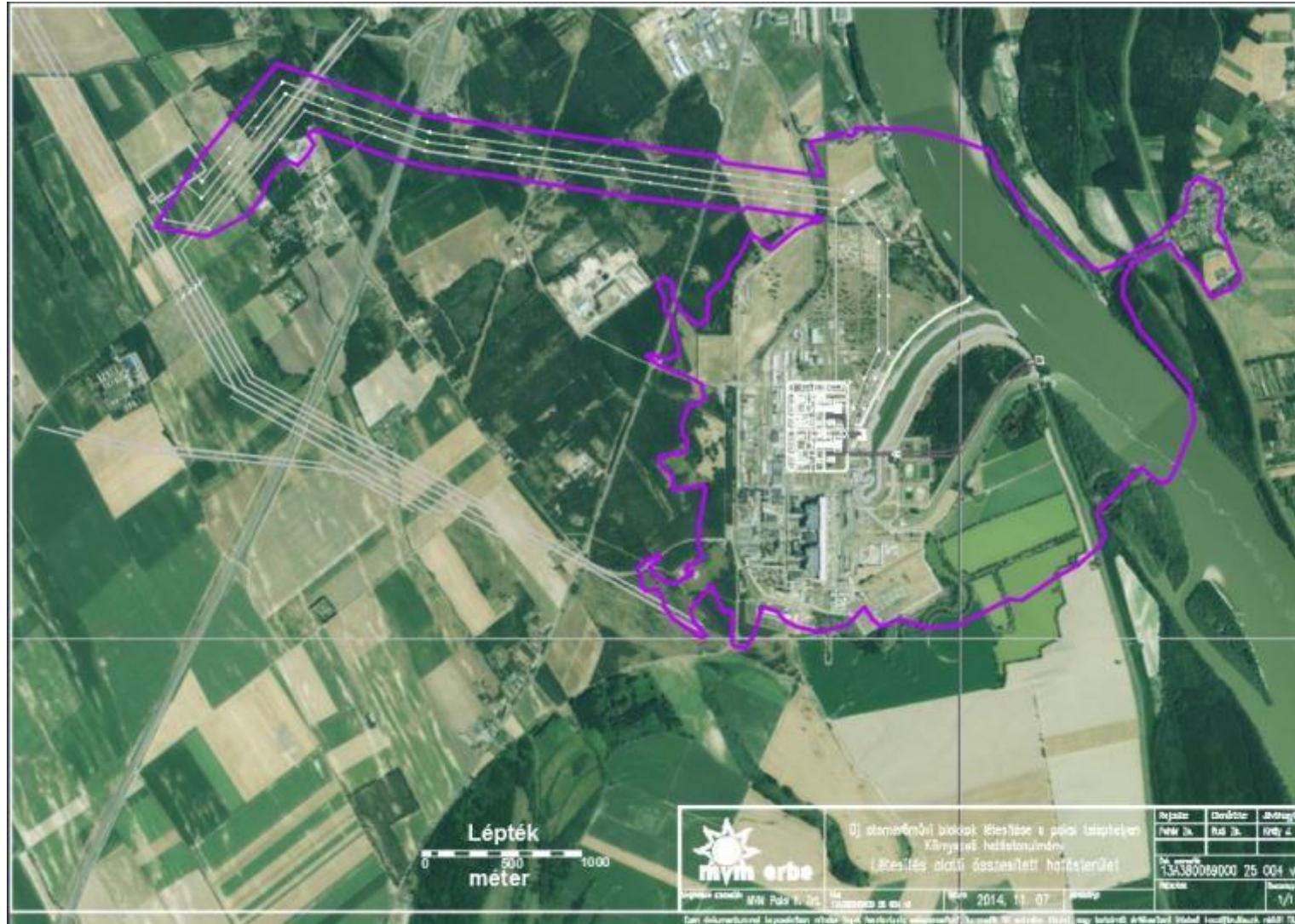
Tokom ispitivanja uticaja, uticajne faktore blokova nove nuklearne elektrane i pripadajućih postrojenja proučavali smo po grupama: građenje/montaža, rad elektrane, odnosno dekomisija, imajući u vidu zahvaćena područja koja će se koristiti, razvrstavajući pojedine faze po najznačajnijim grupama uticajnih faktora. S obzirom na karakter postrojenja, od pojedinih uticajnih faktora izdvojili smo emisije i otpad podeljeno u grupe klasičnih otpada, bez radioaktivne emisije, odnosno radioaktivnih otpada, prema sledećem:

- ❖ *izloženost činilaca prirodne sredine*
- ❖ *emisije zagađujućih materija i otpad*
 - nastajanje i obrada klasičnih, neradioaktivnih ispuštanja zagađivača i otpada
 - nastajanje i tretman radioaktivnih emisija i radioaktivnog otpada
- ❖ *isluženi gorivni elementi*
 - tretiranje i skladištenje gorivnih elemenata izvađenih iz reaktorske zone

Uticaji na životnu sredinu rada operativne Nuklearne elektrane Paks su već karakterisani stanjem prirodne sredine utvrđenim detaljnim merenjima i proračunima tokom ispitivanja uticaja na životnu sredinu, koji čine sastavni deo ove studije. Zbirne uticaje istovremenog rada zbog produženja radnog veka Nuklearne elektrane Paks ispitati smo imajući u vidu očekivano stanje prirodne sredine u tom periodu.

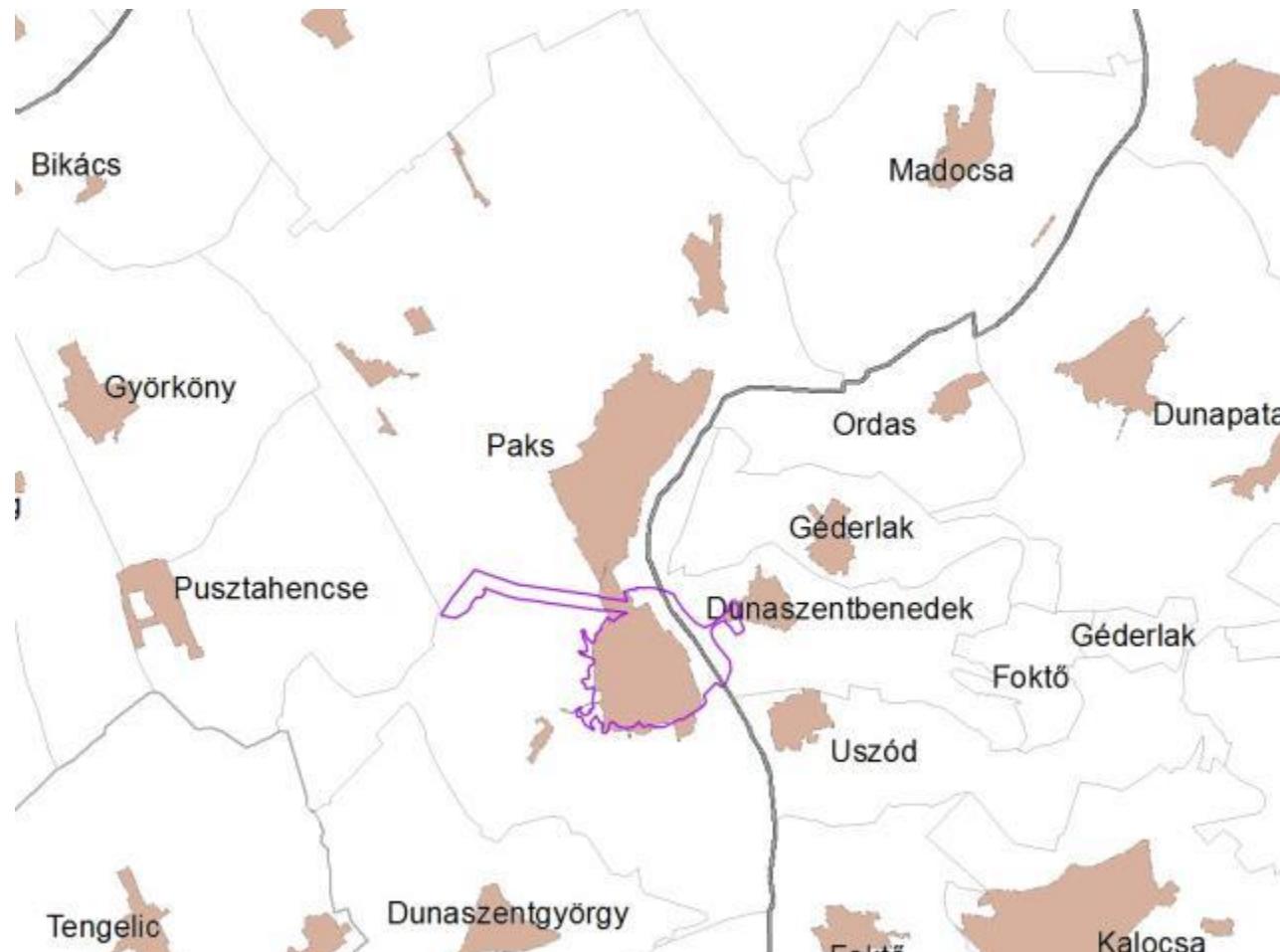
Rezimirajući ispitivanja, na karti smo označili i zbirno područje uticaja, koje smo dobili kao zbir područja uticaja pojedinih strukovnih područja nakon ucrtavanja spoljašnjih konturnih linija pojedinih područja uticaja.

Prema detaljnoj analizi ispitivanja uticaja na životnu sredinu izgradnja Paksa II. zahvata područja naselja Dunaszentbenedek i Paks, a rad Paksa II zahvata područja naselja Dunaszentbenedek, Paks i Uszód.



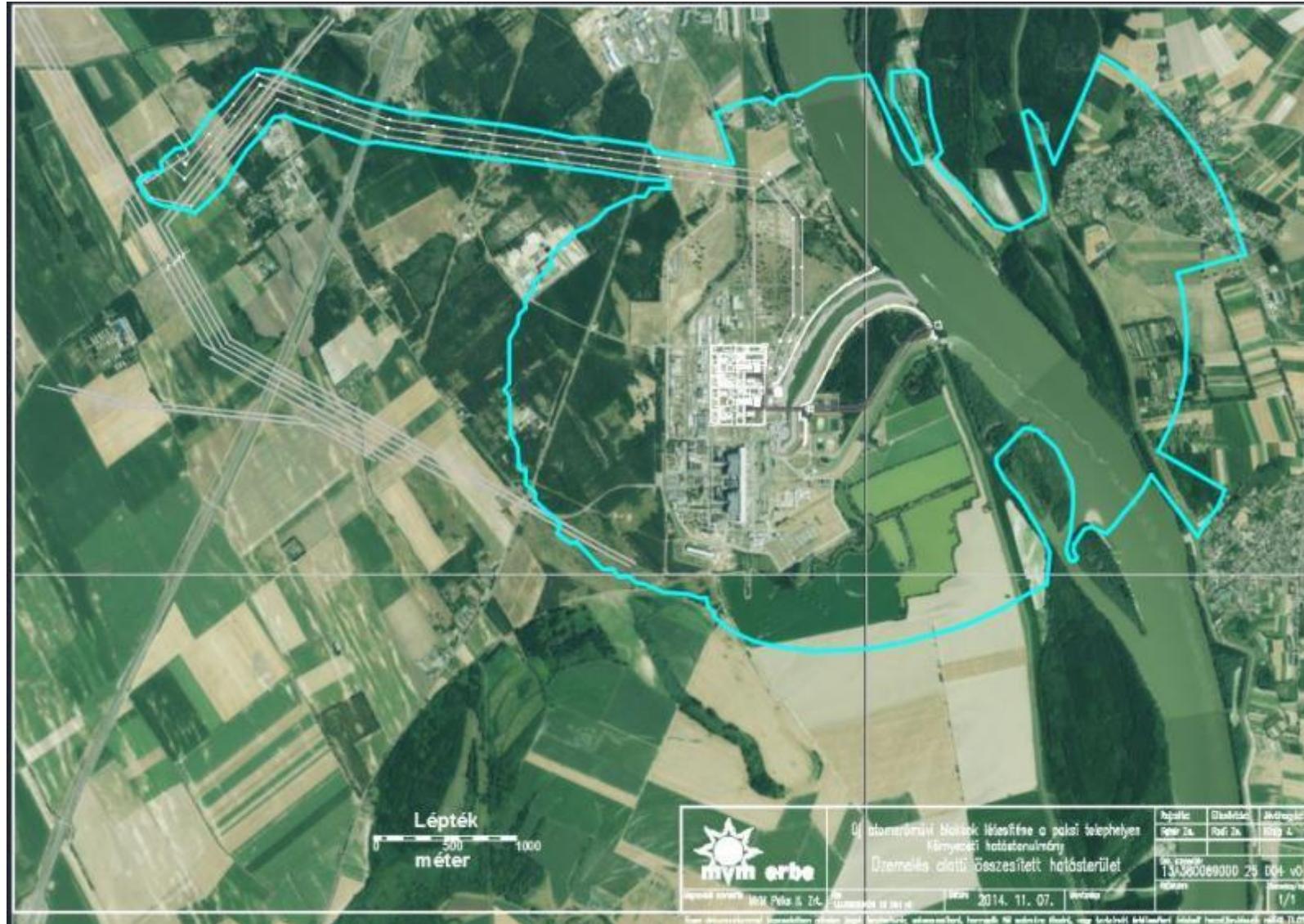
Slika 105. Zbirno područje uticaja izgradnje Paksa II

Lépték -Razmera	méter – metara	Környezeti hatástanulmány	Studija uticaju na životnu sredinu
Új atomerőművi blokkok létesítése a paksi telephelyen	Izgradnja novih blokova nuklearne elektrane na lokaciji u Paksu	Létesítés alatti összesített hatásterület	Zbirno područje uticaja tokom izgradnje



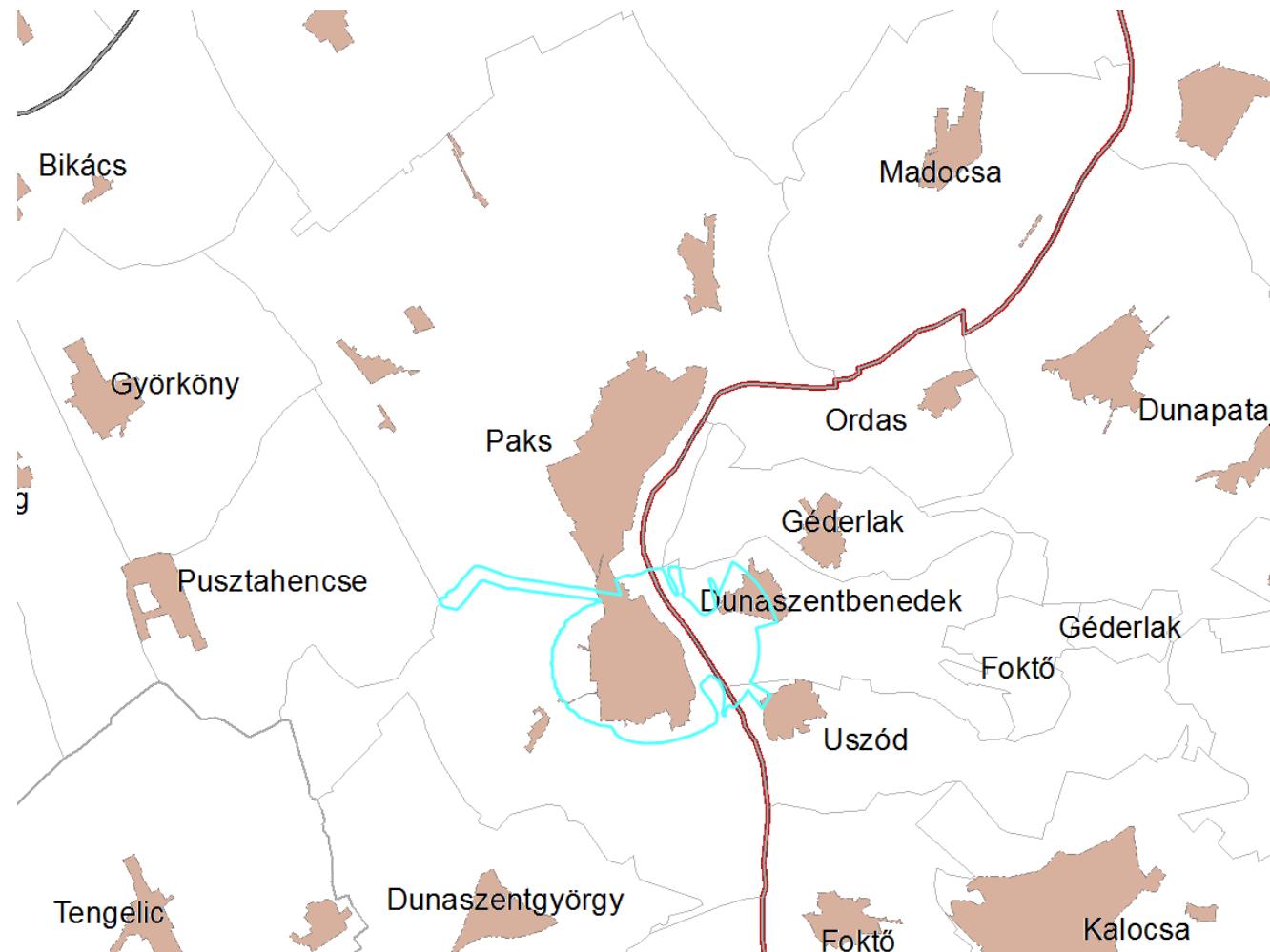
Izvor: http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMServer

Slika 106. Zbirno područje uticaja izgradnje Paksa II sa administrativnim granicama



Slika 107. Zbirno područje uticaja tokom rada elektrane Paks II

Lépték -Razmera	méter – metara	Környezeti hatástanulmány	Studija uticaja na životnu sredinu
Új atomerőművi blokkok létesítése a paksi telephelyen	Izgradnja novih blokova nuklearne elektrane na lokaciji u Paksu	Üzemelés alatt összesített hatásterület	Zbirno područje uticaja tokom rada elektrane



Izvor: http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMServer

Slika 108. Zbirno područje uticaja rada elektrane Paks II sa administrativnim granicama

Rad elektrane Paks II zahvata područja naselja Dunaszentbenedek, Paks i Uszód.

LITERATURA

- [1] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése - Előzetes Konzultációs Dokumentáció, PÖRY ERŐTERV ZRt, 2011.01.31.
- [2] http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teiris_corine2006/MapServer/WMServer
- [3] [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teiris_kozigazgatas/MapServer/WMServer\]](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teiris_kozigazgatas/MapServer/WMServer)
- [4] <http://nuclearinfo.net/Nuclearpower/CurrentReactors>
- [5] http://theresilientearth.com/files/images/european_nuc_plants.jpg
- [6] http://www.animatedsoftware.com/hotwords/nuclear_reactor/nuclear_reactor.htm
- [7] Nagy Sándor, Nukleáris kapacitás fenntartás, Engedélyezési feladatok, Budapest, 2014.04.23.
- [8] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖRY ERŐTERV, 2011.04.15.
- [9] dr. Czibolya László, Magyar Atomfórum Egyesület, Paksi Atomerőmű III. Az atomerőmű biztonsága, 2013.
- [10] dr. Gadó János, A biztonság fogalma és mérhetősége
- [11] dr. Lux Iván, Országos Atomenergia Hivatal, Az atomenergia-felhasználás szabályozásának jogi rendszere
- [12] Országos Atomenergia Hivatal 1.48. sz. útmutató, Útmutató az INES besorolás elvégzéséhez nukleáris és radiológiai események kapcsán Verzió száma: 2. 2013. április
- [13] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖRY ERŐTERV, 2012.10.05.
- [14] <http://atomeromu.hu/download/1450/A%20tervezett%20blokkok%20helye.jpg>
- [15] Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk; Véleges Biztonsági jelentés 2013
- [16] Dr. Csom Gyula, Atomerőművek, Magyar Atomfórum Egyesület, Budapest, 2004. június
- [17] Kibocsátás- és környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműben, Dr. Bujtás Tibor, Debrecen, 2009.09.04.
- [18] MVM Paks II. Zrt. Ranga Tibor, 2014.04.25.
- [19] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben 2013-ban, (Éves jelentés), MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Biztonsági Igazgatóság Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály, Paks, 2014. március hó
- [20] A hatósági környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (HAKSER) 2012. évi jelentése
- [21] <http://www.okser.hu>
- [22] Az Országos Környezeti Sugárvédelmi ellenőrző rendszer (OKSER) 2012. évi Jelentése Budapest, 2013.12.27.
- [23] IAEA Nuclear Energy Series: Efficient Water Management in Water Cooled Reactors (No. NP-T-2.6), IAEA, Bécs, 2012.
- [24] Development of Environmental Impact Assessment Related Requirements for NPP Projects Report of Environmental Impact Assessment Co-ordination Group of EUR, Date of issue of this report: 28/06/2011
- [25] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok hűtési alternatíváinak összehasonlító vizsgálata, MVM ERBE Zrt., 2012. július.
- [26] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, I. kötet, GEA EGI Energiaigazdálkodási Zrt, Budapest, 2011.05.04.
- [27] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, III. kötet, PÖRY ERŐTERV ZRt, Budapest, 2011.05.04.
- [28] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkokhoz kapcsolódó, tájképbe illeszthető hűtőtornyos hűtési alternatívák részletes vizsgálata, MVM ERBE Zrt, 2012. június
- [29] <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power>
- [30] MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Report, 2010. A.H.Обысова
- [31] MVM Paks II. Zrt.
- [32] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok tervezett Duna-víz használatának elvi vízjogi engedélyezési dokumentációja, MVM ERBE Zrt.
- [33] Döntés előkészítő elemzés a paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok ivóvíz-betáplálása, illetve szennyvíz-elvezetése téma körökben, MVM ERBE Zrt, 2013.
- [34] Elpanneteknik references, Finland's Olkiluoto 3 Nuclear plant
- [35] ERBE Fővállalkozói Terjedelmen Kívüli Tételek elemzése, 2013.

- [36] Lévai Projekt, Új atomerőmű létesítése, Döntés-előkészítő Megvalósíthatósági Tanulmány, PÖYRY ERŐTERV Zrt.
- [37] Elemzés az új atomerőmű blokkok munkaerőigényének meghatározásához, MVM ERBE Zrt., 2013.
- [38] MVM Zrt Új atomerőművi blokkok létesítése – A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése 1/2. Kötet, PÖYRY ERŐTERV Zrt, 2012. január
- [39] Irányelvezek; Tanács 2011/70/Euratom Irányelvezek, EU, 2011.07.19.
- [40] EPC-Contract, Construction of Paks Nuclear Power Plant units 5 and 6, Hungary, Appendix 1.2, Part 1.2.1 Nuclear Island, 02-05-02 Radioactive Waste Treatment and Storage Systems (Gaseous, Liquide and Solid Waste) rev 0.0, 2014. 09. 15. [19.14]
- [41] Data for NPP environmental impact analysis (AES-2006 with VVER-1200)
- [42] Palo Verde, Arizona, Griselda Nevarez
- [43] Millstone Power Station Waterford, Connecticut, (AP Photo / Dominion Resources)
- [44] Nuklearna elektrana Haddam Neck, EastHampton, Connecticut