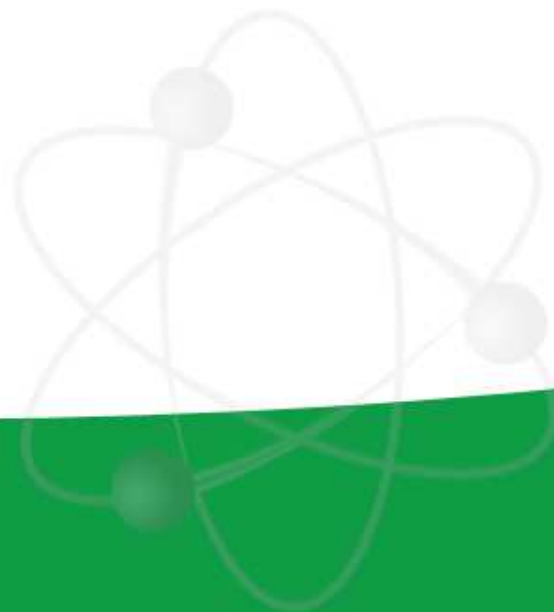




## **Obrada i skladištenje radioaktivnoga otpada u Nuklearnoj elektrani Krško**



Luka Mikelić, 01. srpnja 2015.

[luka.mikelic@nek.si](mailto:luka.mikelic@nek.si)

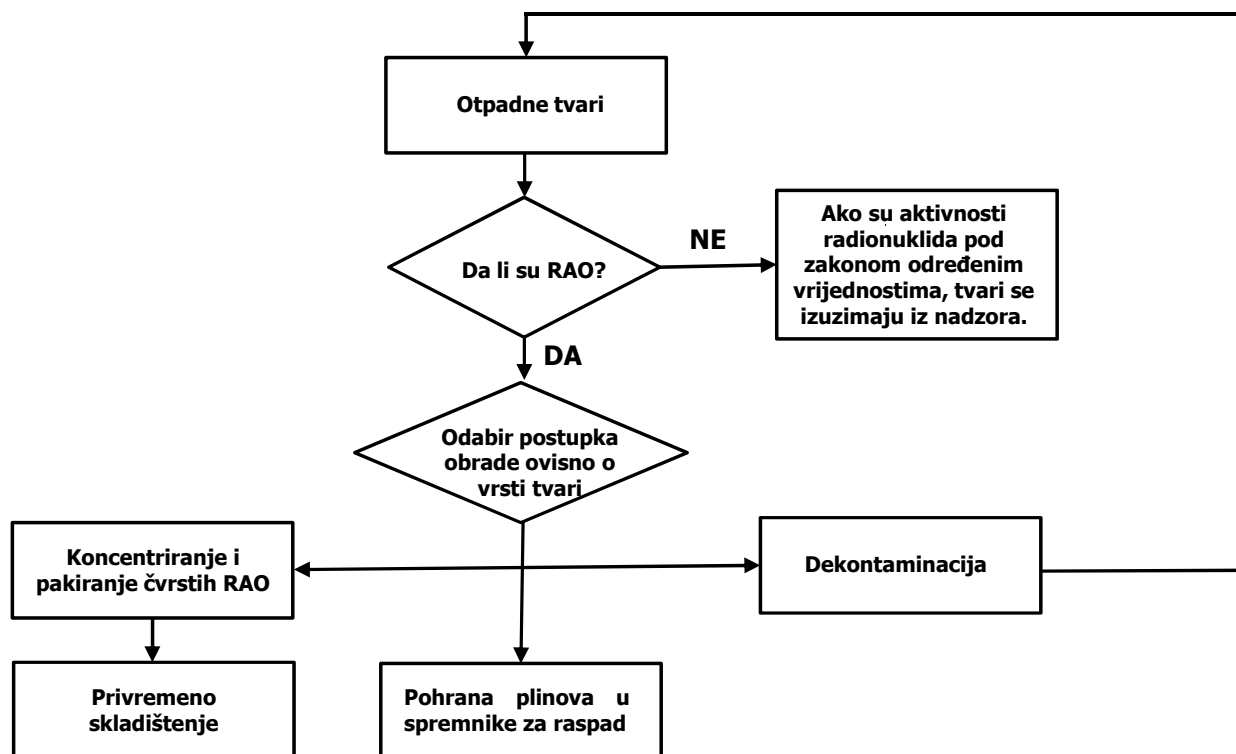


[www.nek.si](http://www.nek.si)

# Općenito o radioaktivnom otpadu



Radom nuklearnih elektrana nastaju otpadne tvari u različitim agregatnim stanjima. Ako su aktivnosti radionuklida u tim tvarima nad zakonom određenim vrijednostima, te tvari se kvalificiraju kao radioaktivni otpad (RAO).





## Plinovito

Smjesa pretežito plemenitih radioaktivnih plinova nastalih fisijom nuklearnog goriva. Pohranjuju se u spremnicima za raspad dok aktivnost ne padne pod zakonski dozvoljenu vrijednost.

## Tekuće

Predstavljaju značajan udio glede na ukupnu količinu nastalog otpada. Ovisno o količini te fizikalnim i kemijskim karakteristikama tekućina, odabire se najpogodnija metoda obrade u svrhu smanjenja volumena. Po obradi se dobije koncentrat i dekontaminirana tekućina. Koncentrat se obradi kako bi bio prikladan za skladištenje. Dekontaminirana tekućina se kontrolirano ispusti u rijeku Savu.

POSTUPAK	NAMJENA	OBLIK NASTALOG OTPADA
Uparivanje na evaporatoru	Tekućine	Koncentrat
Ionska izmjena	Tekućine s kontaminatima u ionskom obliku	Ionski posušeni izmjenjivači
Filtriranje	Sve tekućine	Filtarski ulošci

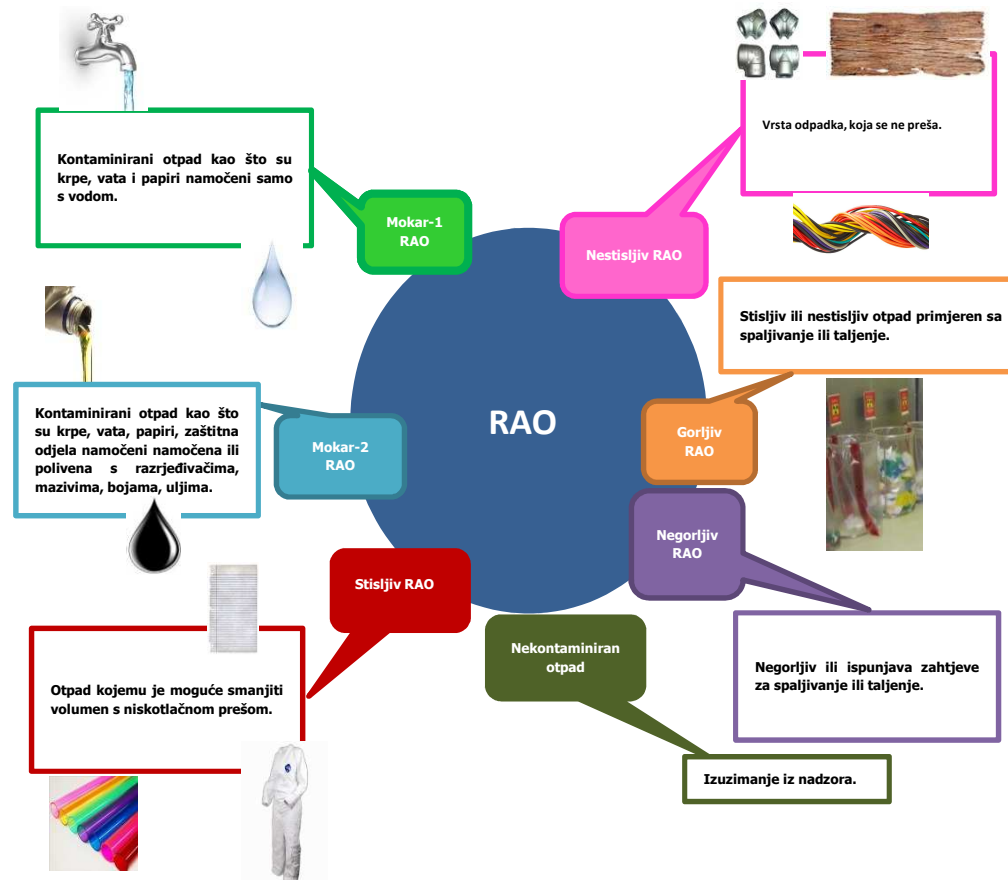
# Agregatna stanja nastalog otpada - nastavak



## Čvrsto

Ovisno o na stupnju i vrsti radioaktivnosti čvrsti RAO dijelimo u sljedeće kategorije:

- prijelazno radioaktivni,
- vrlo nisko radioaktivni,
- nisko i srednje radioaktivni (kratkoživući i dugoživući),
- visoko radioaktivni
- radioaktivni otpad s prirodnim radionuklidima.



# Ambalaža za pohranu radioaktivnog otpada

---



## ❑ 208 l bačve

Za pohranu upotrijebljenih filtarskih uložaka, produkata spaljivanja, za negoriv stisljiv otpad i za ostali negorivi i nestiljivi otpad.



## ❑ Lake bačve iz nehrđajućeg lima

Posušeni koncentрати evaporatora te istrošeni ionski izmjenjivači.

## ❑ Teške bačve iz nehrđajućeg lima

Posušeni ionski izmjenjivači s višim koncentracijama radionuklida.



## ❑ Cjevasti spremnici

Konstruirani da je u njih moguće staviti tri teške bačve. Osim optimizacije prostora pružaju i dodatnu mehaničku zaštitu bačava.



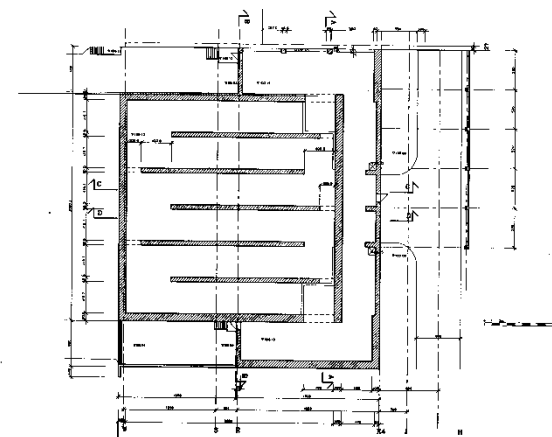
\*Bačve su dizajnirane i izrađene u skladu sa relevantnim međunarodnim standardima.

## Privremeno skladište radioaktivnog otpada

---



- ❑ Seizmički kvalificirana armirano-betonska zgrada postavljena neposredno do pomoćne zgrade.
- ❑ Ukupna površina zgrade je 1470 m<sup>2</sup>.
- ❑ Vanjski zidovi su debeli 100 cm a unutarnji 60 cm. Armirano-betonska ploča nad ulazom je debela 60 cm a nad ostalim dijelom 100 cm.
- ❑ Unutrašnjost skladišta je razdijeljeno na 6 skladišnih polja širokih 417 cm i visokih 741 cm.
- ❑ Skladište je bilo namijenjeno za 5000 bačava koje bi nastale u prvih 5 godina rada NEK-a.
- ❑ Administrativna prepreka iz prve dozvole za upotrebu skladišta je otklonjena drugom uredbom kojom je dozvoljena uporaba skladišta uz uvjet da se ne mijenjanju gabariti skladišta te da doza na ogradi ne prelazi 200 μSv/a.
- ❑ Dodatni prostor u skladištu dobiven je postavljanjem čelične konstrukcije s čim je omogućeno racionalnije iskorištavanje prostora.

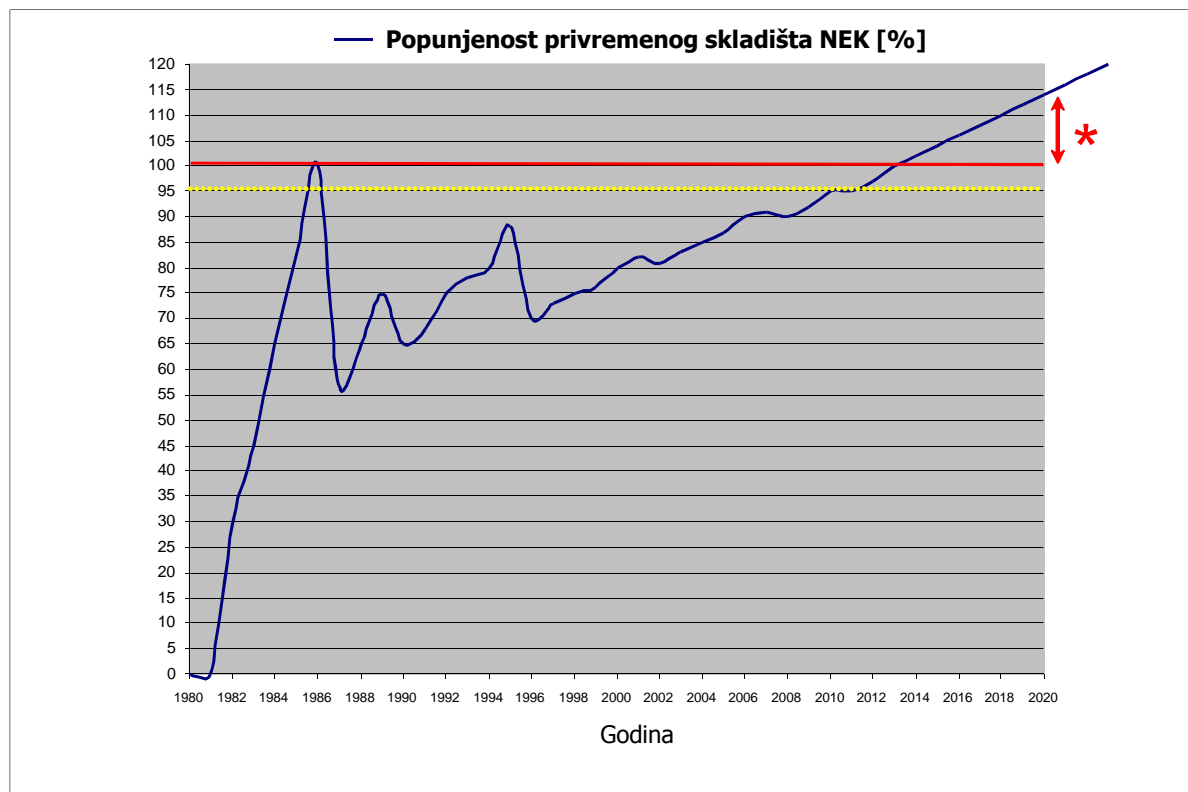


# Količina otpada uskladištena do 31.12.2014



Vrsta otpada	Oznaka	Broj paketa	Gama Aktivnost [Bq]	Alfa aktivnost [Bq]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Produkti spaljivanja	A	76	$6,49 \cdot 10^9$	$1,26 \cdot 10^8$	15,808
Posušeni istrošeni ionskih izmjenjivači sekundarnog kruga	BR	54	$2,86 \cdot 10^9$	$4,01 \cdot 10^6$	10,800
Stisljiv otpad	CW	12	$1,91 \cdot 10^8$	$3,36 \cdot 10^5$	2,496
Koncentrat isparivača	EB	2	$2,63 \cdot 10^8$	$1,28 \cdot 10^5$	0,416
Iskorišteni filtri	F	117	$1,49 \cdot 10^{11}$	$5,09 \cdot 10^7$	24,104
Ostali otpad	O	5	$9,48 \cdot 10^8$	$1,55 \cdot 10^6$	1,040
Sprešani otpad u 1988 i 1989 godini	SC	617	$1,62 \cdot 10^{10}$	$2,24 \cdot 10^8$	197,440
Posušeni istrošeni ionskih izmjenjivači primarnog kruga	SR	689	$2,24 \cdot 10^{12}$	$3,97 \cdot 10^9$	143,312
TTC, u koje je uloženi sprešani otpad iz 1994 i 1995 godine, 387 standardnih bačava te produkti prešanja superkompaktiranjem u 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012 i 2013 godini	ST	1986	$6,45 \cdot 10^{12}$	$9,71 \cdot 10^9$	1717,009
TTC s standardnim bačvama sa produktima IDDS-a	TI	168	$9,66 \cdot 10^{12}$	$1,17 \cdot 10^{10}$	145,992
<b>Ukupno</b>		<b>3726</b>	<b><math>1,85 \cdot 10^{13}</math></b>	<b><math>2,58 \cdot 10^{10}</math></b>	<b>2258,417</b>

# Popunjenost privremenog skladišta NEK



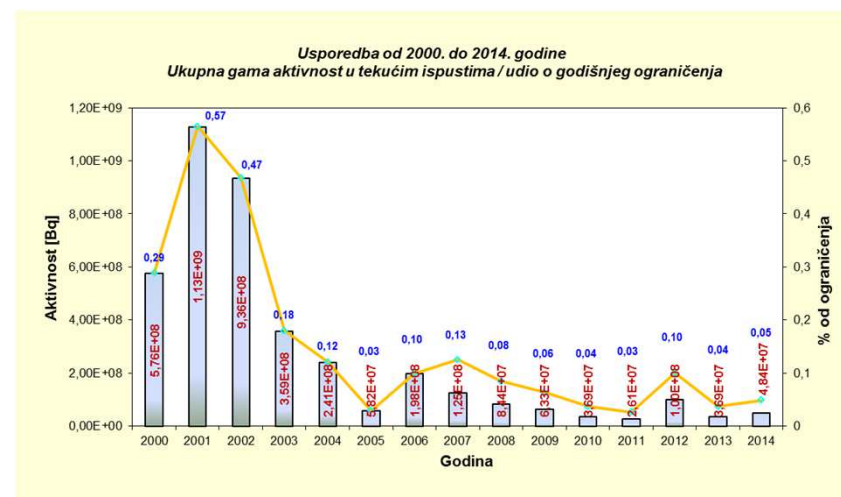
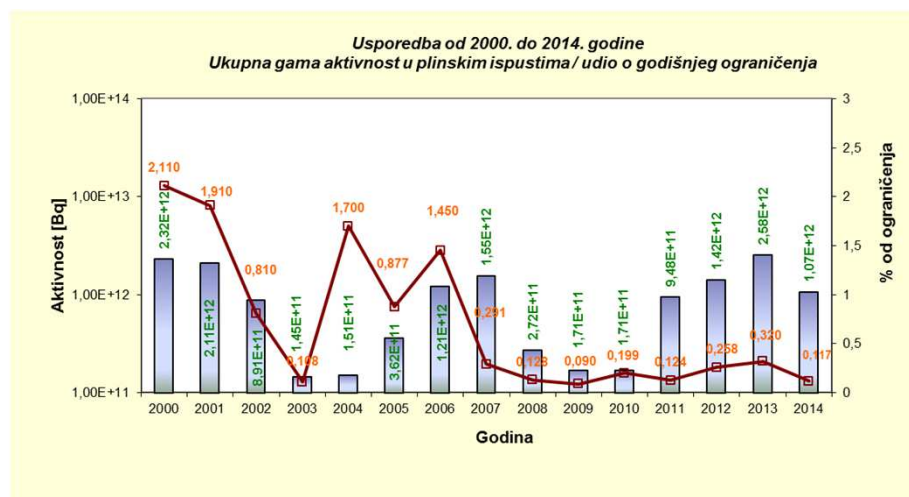
- \*  Ako se zadrži sadašnja prosječna količina od 35 m<sup>3</sup> nastalog otpada, volumen otpada će se smanjiti za NEK uobičajenim metodama (spaljivanje, taljenje, superkompaktiranje...)
- Donešena je strategija smanjenja nastajanja čvrstog otpad metodama dekontaminacije, razrezivanja, recikliranjem, odvajanjem kontaminiranih dijelova opreme od nekontaminiranih...
- Optimizacija prerade borirane vode
- Optimizacija skladišnih polja opremanjem skladišta s mosnim dizalom



# Utjecaj NEK-a na okoliš



- ❑ Nadzor radioaktivnosti uključuje mjerenja emisija u NEK te mjerenja imisija u okolini NEK, mjerenja pozadinskog zračenja okoliša i evaluaciju mjernih rezultat i ocjenu doza.
- ❑ Opseg nadzora je određen u *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS, št. 20/2007)
- ❑ Ograničenje izloženosti stanovništva zračenju je bilo određeno već u lokacijskoj dokumentaciji NEK iz 1974. godine, gdje je navedeno da ukupna godišnja efektivna doza svih utjecaja, ne glede na oblik izloženosti, na rubu uže sigurnosne zone (500 m od osi reaktora) ne smije prelaziti 50  $\mu$ Sv.
- ❑ Na samom početku rada NEK, postojeća odredba je dopunjena odredbom o najvećoj dopuštenoj godišnjoj efektivnoj dozi na ogradi Elektrane od 200  $\mu$ Sv te ograničenjima ukupne aktivnosti radionuklida i pojedinačne aktivnosti radionuklida u plinovitim i tekućim ispuštima.



# Utjecaj NEK-a na okoliš



Sažetak godišnje izloženosti zračenju stanovništva iz okolice NEK u 2014. godini

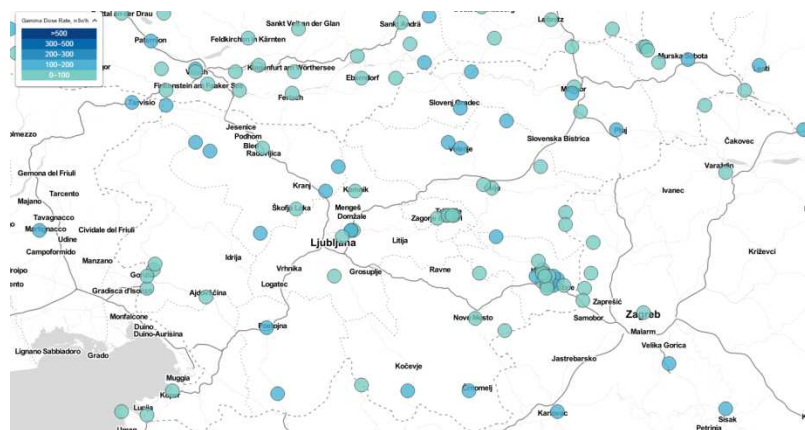
Izvor	Put prijenosa	Godišnja efektivna doza [mSv]
Prirodno zračenje	- Gama ionizirajuće kozmičko zračenje	0,64
	- Kozmički neutroni	0,10
	- Ingestija (K, U, Th)	0,27
	- Inhalacija (kratkoživući potomci Rn-222)	1,30
	<b>Ukupno prirodno zračenje</b>	<b>2,31</b>
NEK Atmosferski ispusti (na ogradi)	- Vanjsko zračenje iz padalina	5,0E-07
	- Vanjsko zračenje iz depozita (I, Co, Cs-137)	3,5E-12
	- Inhalacija iz atmosfere (H-3, C-14)	6,8E-06
	- Ingestija (C-14)	4,0E-05
NEK tekući ispusti (Sava)	- Referentna skupina (350 m pod branom NEK)	6,5E-04
	- Odrasla osoba u Brežicama	3,2E-04
<b>NEK – izravno zračenje na ogradi</b>	<b>Izravno zračenje iz objekata NEK</b>	<b>neodredivo</b>
Černobilska kontaminacija, nuklearni pokusi	- Zračenje iz okoliša	< 0,03
	- Ingestija	8,6E-04
	- Inhalacija	6,0E-07

# Sustav za razmjenu radioloških mjernih podataka

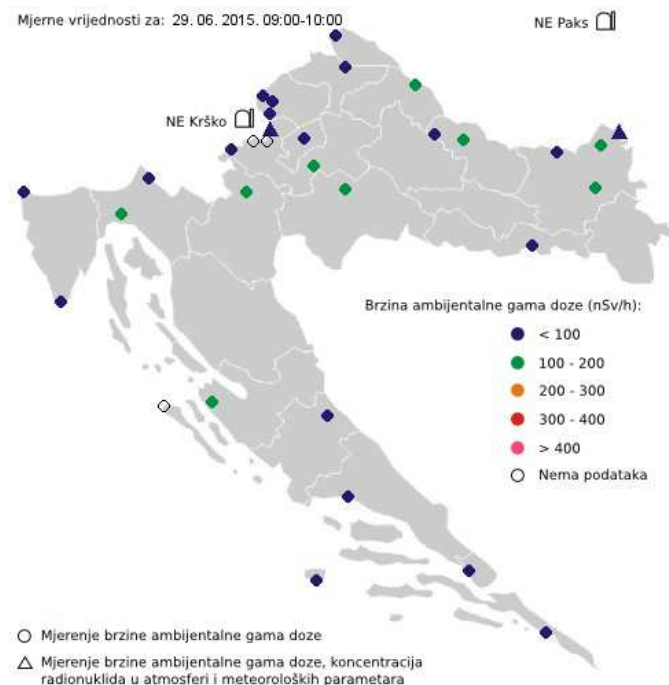


- ❑ EURDEP (*European Radiological Data Exchange Platform*) je sustav za razmjenu radioloških mjernih podataka u kojemu participira najveći broj europskih zemalja.
- ❑ Neovisno o EURDEP-u, radiološki mjerni podaci se razmjenjuju sa Slovenijom i Mađarskom temeljem bilateralnih sporazuma o suradnji na području pripravnosti za nuklearnu nesreću.
- ❑ Rezultati mjerenja radioaktivnosti dostupni u skoro realnom vremenu.

## Slovenija



## Hrvatska



## Sažetak nadzora radioaktivnosti u okolici NEK za 2014. godinu

---



- ❑ Konzervativna ocjena efektivne doze pojedinca zbog emisija radioaktivnosti iz NEK u 2014. godini za atmosferske emisije iznosi 0,047  $\mu\text{Sv/a}$  na ogradi NEK, a za tekućinske emisije 0,650  $\mu\text{Sv/a}$ .
- ❑ U 2014. godini su svi radiološki utjecaji NEK na okolno stanovništvo bili manji od 0,700  $\mu\text{Sv/a}$  što je 1,4 % dozvoljene godišnje doze na ogradi NEK i 350 m nizvodno od brane NEK.
- ❑ Ocijenjena vrijednost utjecaja zračenja NEK na ogradi NEK je približno 0,03 % prirodnog pozadinskog zračenja.

Sva mjerenja okolišnih uzoraka izvode:

Institut Jožef Stefan (IJS), Ljubljana  
Zavod za varstvo pri delu (ZVD), Ljubljana  
Institut Ruđer Bošković (IRB), Zagreb

Sva mjerenja uzoraka unutar NEK izvode se u:

Radiokemijskom laboratoriju NEK i Radiološkom laboratoriju NEK  
(laboratoriji akreditirani po ISO 17025)

Laboratoriji NEK mjesečno šalju kompozitne uzorke ispusta na usporedna mjerenja na IJS i IRB.

(detaljni izvještaji o mjerenju radioaktivnosti dostupni u godišnjim izvještajima: *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško*)



Hvala na pozornosti!



Vrbina 12, 8270 Krško  
nek@nek.si

luka.mikelic@nek.si



www.nek.si