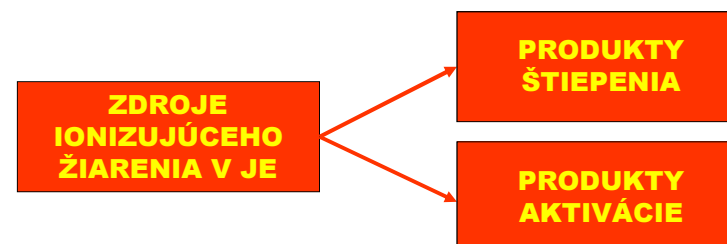


ZDROJE ŽIARENIA V JADROVEJ ELEKTRÁRNI

ING. RÓBERT HINCA
DOZIMETRIA A RADIAČNÁ OCHRANA

JADROVÝ REAKTOR AKO ZDROJ ŽIARENIA

Žiarenie v jadrovej elektrárni pochádza zo zdrojov ionizujúceho žiarenie vznikajúcich pri štiepení jadrového paliva a pri aktivácii neutrónmi.



2

ŽIARENIE V JE

Obsah rádionuklidov v reaktore sa nazýva inventár reaktora.

Inventár štiepných produktov je oveľa väčší ako inventár aktivačných produktov.

Rádionuklidy, ktoré môžu významným spôsobom vplývať na biosféru a môžu sa dostať do potravinového reťazca nazývame biologicky významnými (^{14}C , ^3H , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs a pod.).

3

OKAMŽITÉ PRIMÁRNE ŽIARENIE PRI ŠTIEPENÍ

Fragmenty štiepenia sú vo vysoko excitovanom stave.

Prebytočnej energie sa zbavujú emisiou neutrónov, protónov, alfa častíc a napokon gama kvantov.

Pravdepodobnosť emisie jednotlivých častíc závisí od väzobnej energie častice E_v a energetickej bariéry E_B .

Z tabuľky je vidieť, že najväčšiu pravdepodobnosť emisie majú neutróny.

Fragment	Neutrón		Protón		α - častica	
	E_v (MeV)	E_B (MeV)	E_v (MeV)	E_B (MeV)	E_v (MeV)	E_B (MeV)
^{72}Ni	7,39	1,15	17,68	5,05	13,18	8,73
^{72}Cu	4,76	1,15	10,80	5,23	10,27	9,05
^{100}Zr	7,23	0,93	12,82	6,86	5,21	12,04
^{100}Nb	5,87	0,93	9,62	6,86	5,99	12,04
^{137}Te	4,5	0,75	11,93	8,36	0,55	14,9
^{137}Xe	3,88	0,75	10,57	8,36	1,95	14,9
^{161}Gd	5,46	0,67	9,24	9,45	0,82	17,0
^{161}Sm	4,38	0,67	11,04	9,45	2,54	17,0

4

HLAVNÉ ZDROJE NEUTRÓNŮ V JE

Okamžité neutróny vznikajú emisiou zo štiepných fragmentov bezprostredne po štiepení (hovorí sa o čase 10^{-13} s).

V priemere sa pri štiepení jadra ^{235}U uvoľní 2,46 neutrónov.

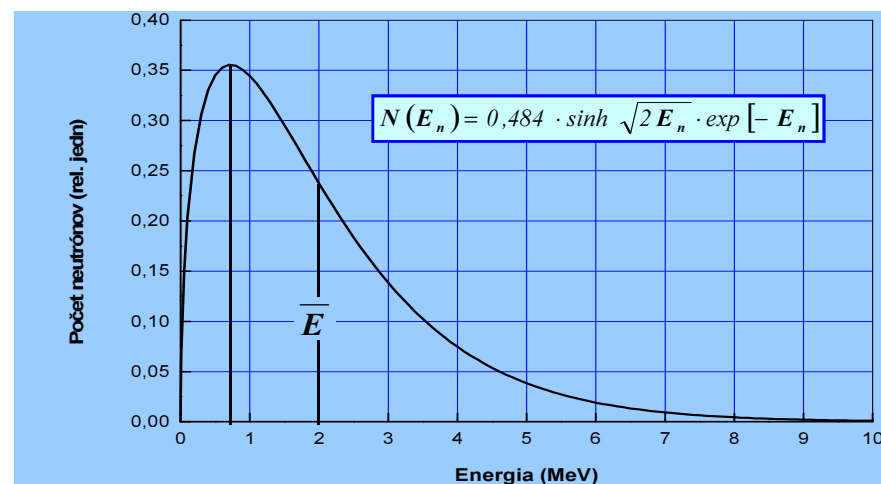
Neutróny odnášajú v priemere na jedno štiepenie energiu 5 MeV.

Energetické spektrum okamžitých neutrónov popisuje Wattovo spektrum (1952).

$$N(E_n) = 0,484 \cdot \sinh \sqrt{2 E_n} \cdot \exp [- E_n]$$

5

WATTOVO ŠTIEPNE SPEKTRUM



6

ENERGIA UVOĽNENÁ PRI ŠTIEPENÍ

Forma uvoľnenia energie	Množstvo energie
Kinetická energia štiepných fragmentov	162 MeV
Okamžité gama	5 MeV
Oneskorené gama (~10 fotónov)	8 MeV
Okamžité neutróny	5 MeV
Oneskorené neutróny	7 MeV
Beta častice fragmentov	8 MeV
Záchytné žiarenie gama	7 MeV
Energia produktov rozpadu produktov štiepenia	...
Stredná energia uvoľnená pri štiepení	~200 MeV

7

HLAVNÉ ZDROJE NEUTRÓNŮ V JE

Oneskorené neutróny sú emitované z excitovaných stavov štiepných produktov.

V priemere 0,65% neutrónov sa pri štiepení ^{235}U (0,21% pre ^{239}Pu) uvoľní s oneskorením (priemerný čas je 14 s).

Majú veľký význam pre kinetiku reaktora a bezpečnosť JE.

Reaktory sú kritické len vrátane oneskorených neutrónov.

Stredná energia oneskorených neutrónov je 500 keV.

8

HLAVNÉ ZDROJE NEUTRÓNŮ V JE

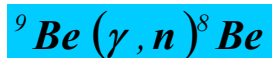
Fotoneutróny sú emitované pri reakcii (γ, n) .

Reakcie so vznikom fotoneutrónov sú prahové a spôsobujú ho hlavne vysoko-energetické fotóny γ .

Hlavnými zdrojmi sú ^2H alebo ^9Be .

V reaktore sú málo významné.

Môžu byť zdrojom neutrónov v materiáloch mimo reaktora.



9

HLAVNÉ ZDROJE GAMA ŽIARENIA V JE

Okamžité gama je uvoľnené fragmentami štiepenia okamžite. Časovo považujeme za hranicu $5 \cdot 10^{-8}$ s. Hranica je výsledkom dohody.

Celková uvoľnená energia je asi 5 MeV.

Je rozdelená na cca. 10 fotónov. Teda priemerná energia je menšia ako 1 MeV.

Spektrum fotónov je spojité a rýchlo klesá s rastúcou energiou. Ojedinele však môžeme v spektre objaviť aj fotóny s energiou 10 MeV.

10

HLAVNÉ ZDROJE GAMA ŽIARENIA V JE

Gama z radiačného záchytu neutrónov - vzniká v komponentoch reaktora a mimo reaktora, napr. v samotnom tienení.

Fotóny majú v priemere vyššiu energiu ako okamžité a oneskorené fotóny.

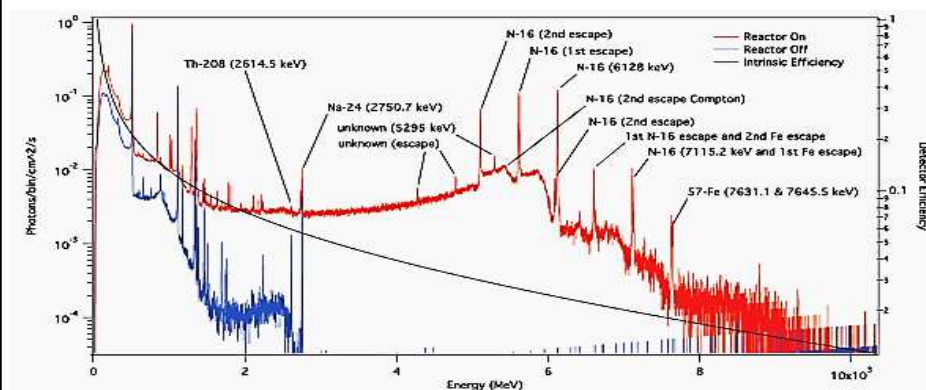
Napr. pri záchyte na ^{10}B až 11,43 MeV, na ^{14}N až 10,83 MeV a na ^{56}Fe od 3,2 do 7,6 MeV (27 čiar).

Energia závisí od zloženia konštrukčných materiálov.

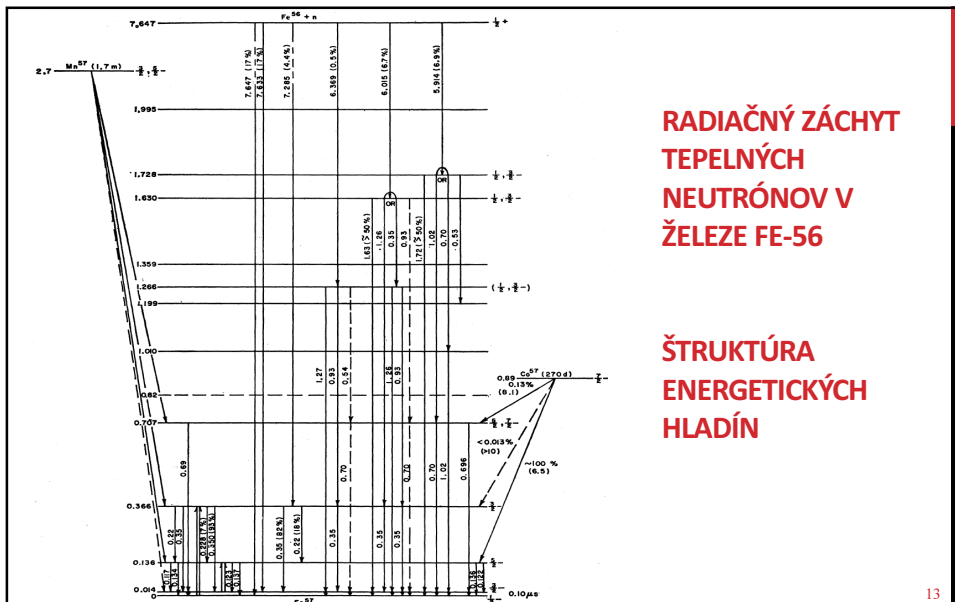
Energia uvoľnená touto formou dosahuje 2-8 MeV na jedno štiepenie.

11

SPEKTRUM GAMA ŽIARENIA V OKOLÍ REAKTORA



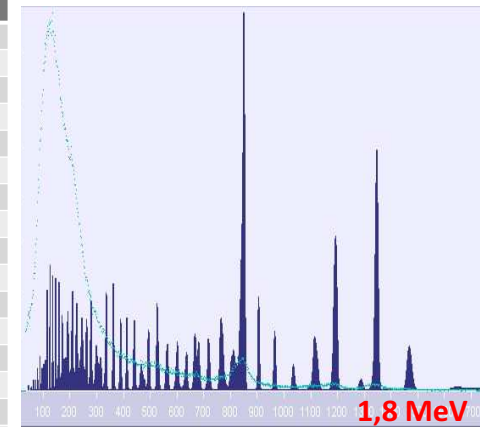
12



13

ZLOŽKY SPEKTRA DÁVKOVÉHO PRÍKONU NAD POKLOPOM PG14 EMO1, ODSTAVENÝ REAKTOR

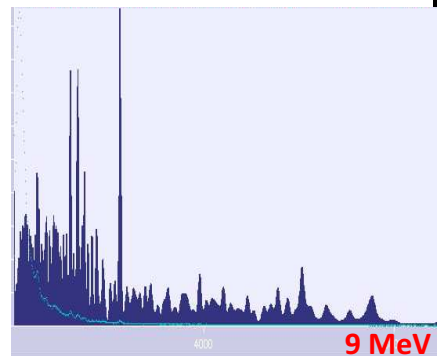
Nuklid	$T_{1/2}$	E [keV]	γ [%]
Anih.		511.0	
Cs-137	30.17 r	661.7	85.1
Mn-54	312.7 d	834.8	100
Fe-59	44.63 d	1 099.2	56.5
Fe-59	44.63 d	1 291.6	43.2
Co-58	71 d	810.8	99.4
Co-60	5.3 r	1 173.2	100
Co-60	5.3 r	1 332.5	100
Ag-110 m	249.85 d	657.7	94.4
Ag-110 m	249.85 d	677.6	10.7
Ag-110 m	249.85 d	706.7	16.7
Ag-110 m	249.85 d	763.9	22.3
Ag-110 m	249.85 d	884.7	72.6
Ag-110 m	249.85 d	937.5	34.2
Ag-110 m	249.85 d	1 384.3	24.3
Ag-110 m	249.85 d	1 505.0	13.1
K-40	1.3 10^9 r	1 460.8	32.5



14

SPEKTRUM DÁVKOVÉHO PRÍKONU, REAKTOROVÁ SÁLA (POKLOP HCČ 6)

Nuklid, interakcia	E [keV]	γ [%]
Fe-56 (n, γ)	7 646,73	24,1
	7 632,47	28,5
	6 019,41	9
	5 921,17	9
N-16	6 129,85	69
H-1 (n, γ)	2 225,5	
Anih.	511	
Co-60	1 332,501	100
Co-60	1 173,237	100
Mn-54	834,838	100
Cs-137	661,657	85,1



15

HLAVNÉ ZDROJE GAMA ŽIARENIA V JE

Oneskorené gama je emitované produktami štiepenia.

Väčšia časť sa vyžiari v dobe do 10^{-3} s.

75% sa vyžiari do 10^3 s.

Počas prevádzky môžeme túto zložku považovať za konštantnú.

Po odstavení prevláda gama žiarenie z dlho žijúcich produktov štiepenia.

16

HLAVNÉ ZDROJE GAMA ŽIARENIA V JE

Gama z nepružného rozptylu neutrónov má oveľa menší význam.

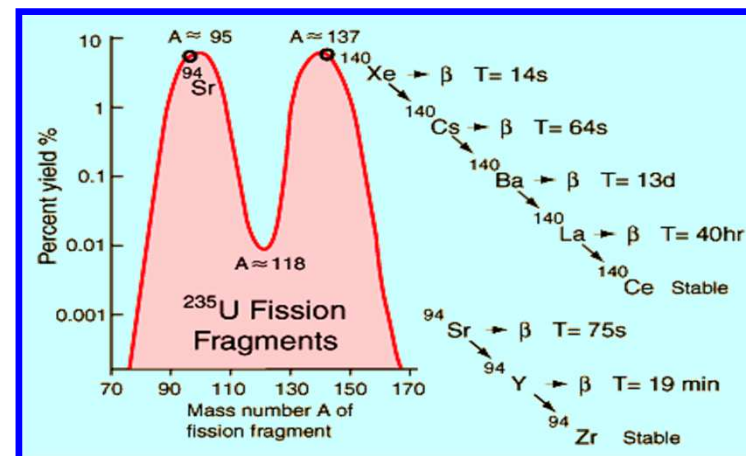
Nepružný rozptyl je prahový proces.

Významný je pre energie 5 - 10 MeV.

Energia uvoľnená touto formou dosahuje 2-8 MeV na jedno štiepenie.

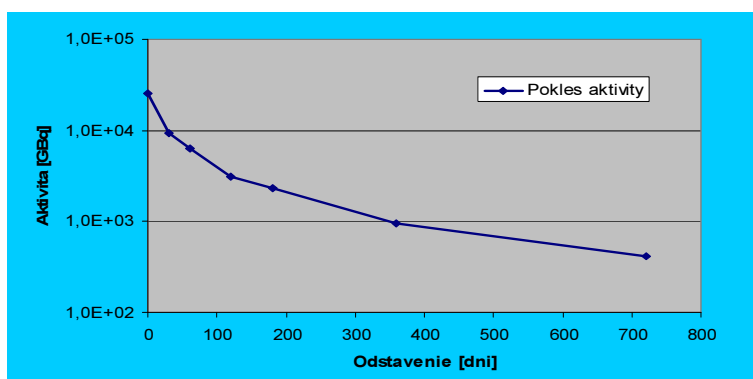
17

PREHĽAD ŠTIEPNÝCH RÁDIONUKLIDOV



18

POKLES AKTIVITY PRODUKTOV ŠTIEPENIA ^{235}U PO ODTAVENÍ REAKTORA.



19

Biologicky najvýznamnejšie štiepne produkty

Vzácne plyny	^{85}Kr	$T_{1/2}=10,8 \text{ r}$	^{133}Xe	$T_{1/2}=5,3 \text{ d}$
	^{87}Kr	$T_{1/2}=1,3 \text{ h}$	^{135}Xe	$T_{1/2}=9,2 \text{ h}$
	^{88}Kr	$T_{1/2}=2,8 \text{ h}$		
Prchavé látky	^{129}I	$T_{1/2}=1,6 \cdot 10^7 \text{ r}$	^{135}I	$T_{1/2}=6,7 \text{ h}$
	^{131}I	$T_{1/2}=8 \text{ d}$	^{134}Cs	$T_{1/2}=2,1 \text{ r}$
	^{133}I	$T_{1/2}=21 \text{ h}$	^{137}Cs	$T_{1/2}=30 \text{ r}$
Trícium	^3H	$T_{1/2}=12,3 \text{ r}$		
Neprchavé látky	^{140}La	$T_{1/2}=40,2 \text{ h}$	^{91}Y	$T_{1/2}=58 \text{ d}$
	^{89}Sr	$T_{1/2}=50 \text{ d}$	^{95}Nb	$T_{1/2}=35 \text{ d}$
	^{90}Sr	$T_{1/2}=28,5 \text{ r}$	^{103}Ru	$T_{1/2}=40 \text{ d}$
	^{140}Ba	$T_{1/2}=12,8 \text{ d}$	^{106}Ru	$T_{1/2}=1 \text{ r}$

20

CÉZIUM-137

Céziu je alkalický kov, chemicky agresívny, vlastnosťami podobný na **sodík a draslík**, vytvára soli dobre rozpustné vo vode.

Polčas rozpadu ^{137}Cs je $T_{1/2} = 30$ rokov, preto sa môže nachádzať v životnom prostredí stovky rokov po jeho úniku. Iné izotopy: ^{134}Cs vzniká aktiváciou ^{133}Cs a má $T_{1/2} = 2$ roky.

V ľudskom organizme sa nachádza prevažne **v mäkkých tkanivách a telových tekutinách**. Céziu v rozpustnej forme je prakticky úplne absorbovaný v tráviacom trakte. Absorpcia cézia z potravín je v priemere 80 %.

Biologický polčas cézia v organizme priemerného dospelého jedinca je 110 dní a priemerného 10-ročného dieťaťa je 50 dní

21

CÉZIUM-137

Céziu je produkt štiepenia s vysokým výťažkom ($\approx 5\%$).

Pri havárii v Černobyle unikol hlavne vo forme aerosólov so stredným priemerom v rozmedzí 0,5-1,0 mikrometra.

V dažďovej vode sa nachádzal v koloidnej forme a len veľmi málo v iónovej forme.

V morskej vode zostáva hlavne v iónovej forme (95%).

V sladkej vode sa väčšia časť nachádza vo vyzrážaných kaloch.

V pôde sa rýchlo chemicky viaže a len malá časť (15%) zostáva dostupná pre rastliny.

⇒ forma závisí od minerálneho obsahu vôd resp. pôd.

22

CÉZIUM-137

^{137}Cs , ktoré je v súčasnosti ešte stále merateľné **v hubách, lesných plodoch, v machoch, v pôde, tráve, v drevnej hmote**,... pochádza z rádioaktívneho spad, ktorý sa k nám dostal po havárii jadrového reaktoru v Černobyle v roku 1986. Vyššie koncentrácie ^{137}Cs v životnom prostredí sú zaznamenávané v regiónoch, kde v období po havárii v Černobyle najviac pršalo.

Najvyššie prípustné úrovne kontaminácie potravín pre pretrvávajúce ožiarenie po černobyľskej havárii sú uvedené v nariadení vlády č. 345/2006 Z. z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením. Pre ^{137}Cs v hubách je to **600 Bq/kg**. Rovnaké „limity“ platia v celej EÚ.

23

MERANIA HÚB V BB KRAJI, SEZÓNA 2011

Druh huby	Miesto odberu	^{137}Cs (Bq/kg v čerstvom stave)*
Masliak zrnitý	Riečka - Buliková	(2,1 ± 0,4)
Plávky zmes	B. Bystrica – Marková	(34,7 ± 3,3)
Peniazovka maslová	Donovaly – Polianka	(4,1 ± 0,4)
Plávka celistvookrajová	Lom nad Rimavicou	(3,7 ± 0,5)
Suchohrúb žltomäsový	Lom nad Rimavicou	(4,1 ± 0,5)
Kuriatko jedlé	Hrochoť – Dúbrava	(16,7 ± 1,5)
Kozák hrabový - klobúčiky	Hrochoť – Hlboká	(1,5 ± 0,4)
Kozák hrabový - hlúbiky	Hrochoť – Hlboká	(2,1 ± 0,3)
Plávka krehká - klobúčiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(3,7 ± 0,6)
Plávka krehká - hlúbiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(1,3 ± 0,3)
Kozák hrabový - klobúčiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(17,4 ± 1,5)
Kozák hrabový - hlúbiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(8,3 ± 0,9)
Hrúb smrekový- klobúčiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(7,5 ± 1,1)
Hrúb smrekový- hlúbiky	Ponická Huta - Veľká dolina	(2,4 ± 0,6)
Rydzik pravý	Ponická Huta - Veľká dolina	(16,3 ± 1,6)

24

SPÁD ^{137}CS V OKOLÍ ČERNOBYĽA

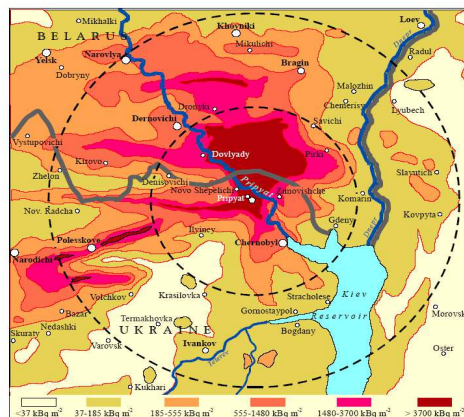


Figure VII. Surface ground deposition of caesium-137 in the immediate vicinity of the Chernobyl reactor [1, 124]. The distances of 30 km and 60 km from the nuclear power plant are indicated.

25

VETERNÁ RUŽICA PRVÉ DNI PO HAVÁRII

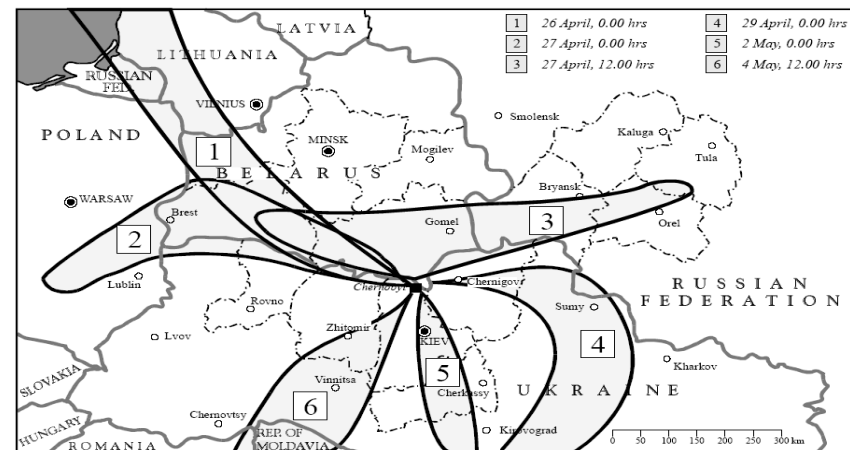
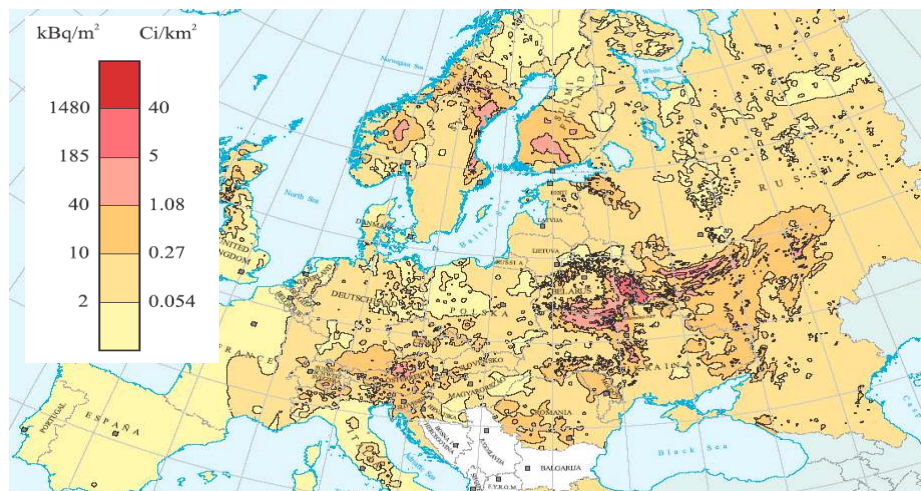


Figure V. Plume formation by meteorological conditions for instantaneous releases on dates and times (GMT) indicated [B7].

26

CELKOVÁ KONTAMINÁCIA ^{137}CS V EURÓPE



27

STRONCIUM-90

Chemicky patrí do skupiny kovov alkalických zemín

Stroncium je produkt štiepenia s vysokým výťažkom ($\approx 5\%$).

Polčasy premeny ^{89}Sr a ^{90}Sr sú 50 dní resp 28,8 roka.

Vo vode sa dobre rozpúšťa a len malá časť sa dostáva do usadenín a kalov (v morskej vode $\sim 1\%$ v sladkej $< 10\%$)

V metabolizme sa správa podobne ako **vápnik** a je veľmi nebezpečný z pohľadu ukladania v kostiach živých organizmov. Ako súčasť kostí je potom prakticky nemožné odstrániť resp. vylúčiť Sr-90 z organizmu. Tu môže potencióálne spôsobiť rakovinu popri prípade poškodenie rýchlo reproduktujúcich sa buniek kostnej drene.

28

UVOĽŇOVANIE JÓDU, CÉZIA A TELÚRU PO HAVÁRII ČJE

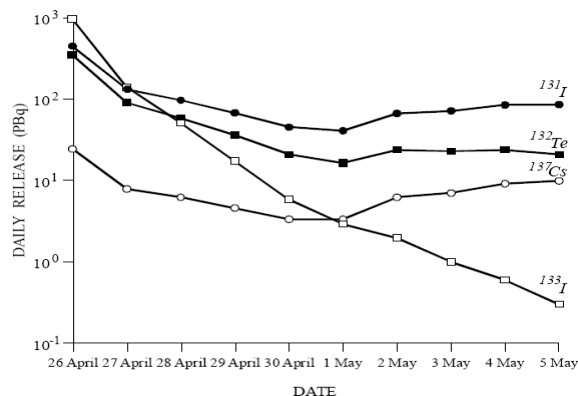


Figure II. Daily release of iodine-131, iodine-133, tellurium-132 and caesium-137 from the Chernobyl reactor.

33

INÉ RÁDIOAKTÍVNE PRVKY

Ruténium 103 a 106 ($T_{1/2}=39,3$ a 368 dní) sa vo forme kysličníkov RuO_3 a RuO_4 a vo forme aerosolov dostali vo veľkom množstve do životného prostredia a spôsobili kontamináciu.

Normálne je ruténium kov a „mal zostať“ v reaktore v pevnom zvyšku.

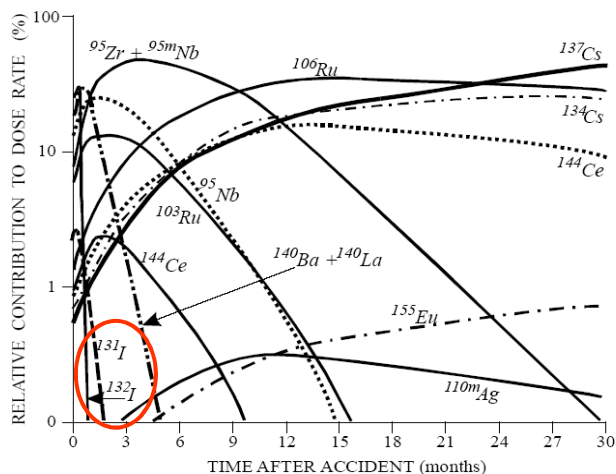
Cérium je lantanoid, významný produkt štiepenia, izotopy 144 a 141 ($T_{1/2}=284$ resp. 32,5 dní). V prírode cérium chemicky zamenil pôdne minerály čím kontaminoval pôdu. V malom množstve sa môže dostať do rastlín, len 5% sa nachádza v rozpustných formách.

Plutónium je aktinoid s nízkou prchavosťou. Je málo rozpustný. Kontaminuje pôdu a usadeniny vodných tokov. Najčastejšie sa vyskytujú izotopy 238; 239 a 240 s polčasom 87,7; 24000 a 6600 rokov.

Ag, Te, Zn, Ni, La, Tc, Am

34

PRÍSPEVOK RÔZNYCH NUKLIDOV K DÁVKOVÉMU PRÍKONU VO VZDUCHU V OKOLÍ ČERNOBYĽA



35

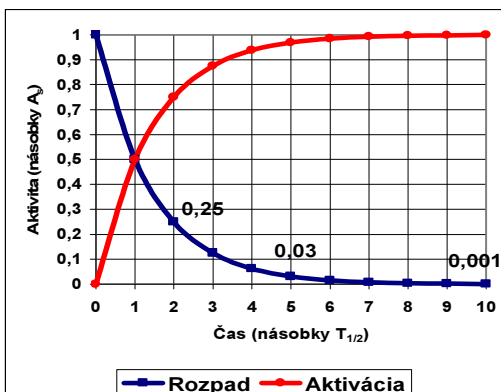
SPÔSOBY VZNIKU TRÍCIA VO VVER

Zdroj	Aktivita, $\text{Bq} \cdot (\text{MW}_{\text{el}} \cdot \text{rok})^{-1}$
Delenie	$(6,66 - 7,4) \cdot 10^{11}$
Aktivácia	
$\text{D}(n, \gamma)\text{T}$	$3,7 \cdot 10^6$
${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$	$7,4 \cdot 10^7$
${}^{10}\text{B}(n, 2\alpha)\text{T}$	$1,85 \cdot 10^{10}$

36

AKTIVAČNÉ PRODUKTY

Gama žiarenie zo zdrojov žiarenia vzniknutých aktiváciou konštrukčných materiálov, samotného paliva a prímiesí v chladiči, moderátore.



37

INDUKOVANÁ AKTIVITA PRVKU:

$$A = \left[1 - e^{-\lambda t}\right] \cdot n \cdot \int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE$$

λ - konštanta premeny s^{-1}

$\sigma(E)$ - účinný prierez aktivácie daného nuklidu pre energiu neutrónu E

$\phi(E)dE$ - hustota toku neutrónov s energiou v intervale $(E, E+dE)$

n - je počet jadier absorbátora v jednotke hmotnosti.

38

Indukovaná aktivita v materiáloch JE

Chladivo + moderátor - voda

Vlastná aktivita	$^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$ $T_{1/2}=7,4$ s emituje γ $^{17}\text{O}(n, p)^{17}\text{N}$ $T_{1/2}=4,1$ s emituje β a n $^{18}\text{O}(n, \gamma)^{19}\text{O}$ $^2\text{H}(n, \gamma)^3\text{H}$ $T_{1/2}=12,3$ r	99,8% 0,039%
Aktivita prímiesí	minerálne soli ^{24}Na , $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$, $^{10}\text{B}(n, 2\alpha)^3\text{H}$ rozpustené plyny ^{41}Ar , $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ produkty korózie ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{56}Mn , ^{51}Cr ... štiepne produkty Kr, Xe, I	
Konštrukčné materiály		
$^{59}\text{Fe}(T_{1/2}=45\text{ d})$, $^{60}\text{Co}(T_{1/2}=5,3\text{ r})$, $^{54}\text{Mn}(T_{1/2}=312\text{ d})$, $^{51}\text{Cr}(T_{1/2}=28\text{ d})$, $^{58}\text{Co}(T_{1/2}=71\text{ d})$, $^{65}\text{Zn}(T_{1/2}=244\text{ d})$, $^{95}\text{Nb}(T_{1/2}=35\text{ d})$, $^{95}\text{Zr}(T_{1/2}=64\text{ d})$, $^{110}\text{Ag}(T_{1/2}=250\text{ d})$, $^{14}\text{C}(T_{1/2}=5730\text{ r})$		
Palivo		
Transuránové prvky	$^{237,239}\text{Np}$, $^{238-242}\text{Pu}$, $^{241, 243}\text{Am}$, $^{242, 244}\text{Cm}$	

39

RÁDIOAKTÍVNE PLYNY

Vzácne plyny tvoria významnú časť plynných výpustí JE.

Existuje najmenej 9 rádioizotopov kryptónu Kr a 11 rádioizotopov xenónu Xe, ktoré sa dostávajú z paliva do chladiča a neskôr do ventilácie.

Aktiváciou vzduchu (^{40}Ar) vzniká rádioaktívny argón ^{41}Ar .

Trícium ^3H tvorí podstatnú zložku plynných a kvapalných výpustí JE.

Vo forme plynov (resp. plynných zlúčenín) sa uvoľňujú aktivačné produkty: ^{14}C , ^{16}N , ^{35}S , ^{41}Ar , ^{76}Se , ^{76}As , trícium, jód.

40

VÝPUSTE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTOK PRI NORMÁLNEJ PREVÁDZKE JE PRE LOKALITU JASLOVSKÉ BOHUNICE (V1+V2)

Plynné výpuste:	Typické nuklidy a hodnoty pre JE EBO: Ročný limit (čerpanie z ročného limitu %)
vzácne plyny: $^{133}, ^{135}\text{Xe}, ^{85m}, ^{88}\text{Kr}$	$4\,000\text{ TBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (0,5-1 %)
prchavé štiepne produkty: $^{131-135}\text{I}, ^{134}, ^{137}\text{Cs}$	$130\text{ GBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (0,5-1 %)
trícium (HTO a HT): ^3H	$4,3\text{ TBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (0,1 %)
aerosoly $^{89}, ^{90}\text{Sr}, ^{58}, ^{60}\text{Co}$ a iné	$160\text{ GBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (0,1-0,5 %)

41

VÝPUSTE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTOK PRI NORMÁLNEJ PREVÁDZKE JE PRE LOKALITU JASLOVSKÉ BOHUNICE (V1+V2)

Kvapalné výpuste:	Ročný limit (čerpanie limitu %)
štiepne produkty, aktivované korózne produkty, $^{58}, ^{60}\text{Co}, ^{239}\text{Pu}$ a iné úniky celkom:	$38\text{ GBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (0,3 - 0,5 %)
trícium (HTO):	$43,7\text{ TBq}\cdot\text{rok}^{-1}$ (35 - 65%)
Celkové množstvo odpadových vôd do recipientu Váh	$15,6\cdot 10^6\text{ m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$ (10-20%)
Celkové množstvo odpadových vôd do recipientu Dudvák	$1,1\cdot 10^6\text{ m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$ (8-15%)

42

VÝPOČET RIZIKA Z PREVÁDZKY JE

Pri výpočte rizika z plynných výpustí JE sa vychádza z nasledovných údajov:

- množstvo rádioaktívnych látok v úlete JE,
- meteorologické údaje - stredná rýchlosť vetra, veterná ružica, koeficienty turbulentnej difúzie, výška komína,
- demografické údaje, hustota osídlenia v okolí JE,
- koeficient rizika úmrtia v dôsledku zhubných nádorov a genetických následkov.

43

VÝPOČET EFEKTÍVNEJ DÁVKY

$$E = E_{\text{external}} + \sum_j h(g)_{j,\text{ing}} \cdot I_{j,\text{ing}} + \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} \cdot I_{j,\text{inh}}$$

$E [\text{Sv}]$ - je celková efektívna dávka, ktorá sa porovnáva s limitnou hodnotou

$E_{\text{external}} [\text{Sv}]$ - efektívna dávka z vonkajšieho ožiarovania

$I_{j,\text{ing}} [\text{Bq}]$ - je príjem rádionuklidu j za rok potravou

$h_{(g)j,\text{ing}} [\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}]$ - konverzný faktor na výpočet úväzku efektívnej dávky z príjmu rádionuklidu j potravou pre vekovú skupinu g (NV 345/2006)

$I_{j,\text{inh}} [\text{Bq}]$ - je príjem rádionuklidu j za rok dýchaním

$h_{(g)j,\text{inh}} [\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}]$ - konverzný faktor na výpočet úväzku efektívnej dávky z príjmu rádionuklidu j dýchaním pre vekovú skupinu g (NV 345/2006)

44

PRÍJEM RÁDIONUKLIDOV POTRAVOU A DÝCHANÍM

$$I_{j,ing} = \sum_p a_{p,j} \cdot P_p$$

$$I_{j,inh} = a_{v,j} \cdot B$$

$a_{p,j}$ [$Bq \cdot kg^{-1}$ resp. $Bq \cdot l^{-1}$] - je priemerná ročná merná aktivita rádionuklidu j v potravině p a vode

P_p [kg resp. l] - je spotreba potravy P v jednom roku

$a_{v,j}$ [$Bq \cdot m^{-3}$] - je priemerná ročná merná aktivita rádionuklidu j vo vzduchu

B [$Bq \cdot m^{-3}$] - je množstvo vdychovaného vzduchu v jednom roku

45

VÝPOČET EXTERNÉHO OŽIARENIA PRE BODOVÝ, PLOSKÝ A OBJEMOVÝ ZDROJ ŽIARENIA

$$\dot{K}_{vzd} = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2}$$

Výpočet príkonu kermy vo vzduchu od bodového zdroja [Gy]

A - aktivita zdroja [Bq]

Γ - kermová konštanta gama [$Gy \cdot m^2$]

R - vzdialenosť od zdroja [m]

$$\dot{V}_{vzd} = f_a \cdot a$$

Výpočet príkonu príslušnej dozimetrickej veličiny pre plošný alebo objemový zdroj žiarenia

f_a - konverzný faktor prevádzajúci plošnú alebo objemovú aktivitu na príslušný príkon veličiny V [$Sv \cdot s^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot m^2$]

a - plošná alebo objemová aktivita [$Bq \cdot m^{-2}$, $Bq \cdot l^{-1}$, $Bq \cdot m^{-3}$]

46

KONVERZNÉ KOEFICIENTY PRE VÝPOČET EFEKTÍVNEJ DÁVKY OŽIARENIA Z RÔZNYCH ZDROJOV (VNÚTORNÉ OŽIARENIE PRI DÝCHANÍ, EXTERNÉ OŽIARENIE Z RÁDIOAKTÍVNEHO MRAKU A ZO ZEMSKÉHO POVRCHU)

Nuclide	Inhalation Dose Coefficients (Sv Bq ⁻¹)						External Dose Coefficients ⁽¹⁾	
	3 months	1 Year	5 Years	10 Years	15 Years	Adult	Cloudshine (Sv s ⁻¹ Bq ⁻¹ m ³) 5 Years - Adult	Groundshine (Sv s ⁻¹ Bq ⁻¹ m ³) 5 Years - Adult
a) Particulates								
Hydrogen	Tritium compounds	3.4e-10	2.7e-10	1.4e-10	8.2e-11	5.3e-11	4.5e-11	0
Carbon	C-14	8.3e-09	6.6e-09	4.0e-09	2.8e-09	2.5e-09	2.0e-09	2.60e-18
Sodium	Na-24	2.3e-09	1.8e-09	9.3e-10	5.7e-10	3.4e-10	2.7e-10	2.08e-13
Phosphorus	P-32	2.2e-08	1.5e-08	8.0e-09	5.3e-09	4.0e-09	3.4e-09	5.39e-16
	P-33	6.1e-09	4.6e-09	2.8e-09	2.1e-09	1.9e-09	1.5e-09	1.45e-17
Sulphur	S-35 (Inorganic)	5.9e-09	4.5e-09	2.8e-09	2.0e-09	1.8e-09	1.4e-09	3.11e-18
Scandium	Sc-46	2.8e-08	2.3e-08	1.4e-08	9.8e-09	8.4e-09	6.8e-09	9.36e-14
Chromium	Cr-51	2.6e-10	2.1e-10	1.0e-10	6.6e-11	4.5e-11	3.7e-11	1.38e-15
Manganese	Mn-54	5.2e-09	4.1e-09	2.2e-09	1.5e-09	9.9e-10	8.5e-10	3.83e-14
Iron	Fe-55	1.9e-09	1.4e-09	9.9e-10	6.2e-10	4.4e-10	3.8e-10	0
	Fe-59	1.8e-08	1.3e-08	7.9e-09	5.5e-09	4.6e-09	3.7e-09	5.62e-14
Cobalt	Co-58	7.3e-09	6.5e-09	3.5e-09	2.4e-09	2.0e-09	1.6e-09	4.44e-14
	Co-60	4.2e-08	3.4e-08	2.1e-08	1.5e-08	1.2e-08	1.0e-08	1.19e-13
Zinc	Zn-65	8.5e-09	6.5e-09	3.7e-09	2.4e-09	1.9e-09	1.6e-09	2.72e-14
Arsenic	As-76	5.1e-09	4.6e-09	2.2e-09	1.4e-09	8.8e-10	7.4e-10	2.06e-14
Rubidium	Rb-88	1.9e-10	1.2e-10	5.2e-11	3.2e-11	1.9e-11	1.6e-11	3.33e-14
Strontium	Sr-89	3.3e-08	2.4e-08	1.3e-08	9.1e-09	7.3e-09	6.1e-09	4.37e-16
	Sr-90	1.5e-07	1.1e-07	6.5e-08	5.1e-08	5.0e-08	3.6e-08	9.83e-17
Yttrium	Y-90	1.3e-08	8.8e-09	4.2e-09	2.7e-09	1.8e-09	1.5e-09	7.92e-16
	Y-91	4.3e-08	3.4e-08	1.9e-08	1.3e-08	1.0e-08	8.9e-09	6.22e-16
Zirconium	Zr-95	2.0e-08	1.6e-08	9.7e-09	6.8e-09	5.9e-09	4.8e-09	3.36e-14
Niobium	Nb-95	6.8e-09	5.2e-09	3.1e-09	2.2e-09	1.9e-09	1.5e-09	3.49e-14
Molybdenum	Mo-99	6.0e-09	4.4e-09	2.2e-09	1.5e-09	1.1e-09	8.9e-10	6.99e-15
Ruthenium	Ru-103	1.1e-08	8.4e-09	5.0e-09	3.5e-09	3.0e-09	2.4e-09	2.08e-14
	Ru-106 ⁽¹⁾	1.4e-07	1.1e-07	6.4e-08	4.1e-08	3.1e-08	2.8e-08	1.06e-14
Silver	Ag-110m	3.5e-08	2.8e-08	1.7e-08	1.2e-08	9.2e-09	7.6e-09	1.27e-13

External dose coefficients apply to the 5 Year - Adult age groups. For 3 Month and 1 Year age groups, multiply values by 1.5 (default).

Reference: ICRP Publication 72 (1996) for noble gases. Eckerman and Leggett (1996) for particulates

47

NOMINÁLNE KOEFICIENTY PRAVDEPODOBNOTI STOCHASTICKÝCH EFEKTOV

Ožiaraná populácia	Pravdepodobnosť ujmy (10 ⁻² Sv ⁻¹)			
	Fatálny nádor	Iný nádor	Dedičné následky	Celková ujma
Dospelí profesionáli	4,0	0,8	0,8	5,6
Celá populácia	5,0	1,0	1,3	7,3

zdroj ICRP 60

48

NOMINÁLNE KOEFICIENTY RIZIKA (10^{-2} Sv^{-1}) VYJADRUJÚCE PRAVDEPODOBNOŠŤ UJMY STOCHASTICKÝCH ÚČINKOV PO EXPOZÍCII MALÝM DÁVKOVÝM PRÍKONOM

Exponovaná Populácia	Rakovina		Dedičné účinky		Celkom	
	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60
Celá populácia	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Dospelí	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6

PRAVDEPODOBNOŠŤ VZNIKU FATÁLNEHO NÁDORU PRE JEDNOTLIVÉ TKANIVÁ A ORGÁNY (10^{-2} Sv^{-1})

Tkanivo alebo orgán	Celá populácia	Profesionáli
Mechúr	0,3	0,24
Kostná dreň	0,50	0,40
Kosti	0,05	0,04
Prsník	0,20	0,16
Hrubé črevo	0,85	0,68
Pečeň	0,15	0,12
Pľúca	0,85	0,68
Pažerák	0,30	0,24
Pohlavné žľazy	0,10	0,08
Koža	0,02	0,02
Žalúdok	1,10	0,88
Štitná žľaza	0,08	0,06
Ostatné	0,50	0,40
Spolu	5,00	4,00
Dedičné následky	1,00	0,6

50

KOEFICIENT CELKOVEJ UJMY PRI OŽIARENÍ JEDNOTLIVÝCH TKANÍV A ORGÁNOV (10^{-2} Sv^{-1})

Tkanivo alebo orgán	Celá populácia	Profesionáli
Mechúr	0,29	0,24
Kostná dreň	1,04	0,83
Kosti	0,07	0,06
Prsník	0,36	0,29
Hrubé črevo	1,03	0,82
Pečeň	0,16	0,13
Pľúca	0,80	0,64
Pažerák	0,24	0,19
Pohlavné žľazy	0,15	0,12
Koža	0,04	0,03
Žalúdok	1,00	0,80
Štitná žľaza	0,15	0,12
Ostatné	0,59	0,47
Spolu	5,92	4,74
Dedičné následky	1,33	0,80

51

ODHAD KARCINOGENNEHO RIZIKA PRI INHALÁCII:

Spotreba vzduchu u dospelého jedinca: 8500 m³/rok. Uvažovaná doba príjmu 70 rokov. Uvažované merné aktivity sú maximálne vypočítané hodnoty v okolí JETE.

Nuklid	Merná aktivita Bq/m^3	Celková aktivita, Bq	h_{inh} , Bq/Sv	Celková dávka, Sv	Pravdepodobnosť	
					fatálneho nádoru	celkovej ujmy
³ H	0,0493	29 333	$6,2 \cdot 10^{-12}$	$1,8 \cdot 10^{-07}$	$9,0 \cdot 10^{-09}$	$1,3 \cdot 10^{-08}$
¹⁴ C	$2,76 \cdot 10^{-04}$	164	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$3,3 \cdot 10^{-08}$	$1,2 \cdot 10^{-09}$	$1,8 \cdot 10^{-09}$
¹³¹ I	$2,95 \cdot 10^{-06}$	1,2	$2,2 \cdot 10^{-08}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-09}$	$1,6 \cdot 10^{-09}$
¹³⁷ Cs	$1,71 \cdot 10^{-07}$	0,1	$9,7 \cdot 10^{-09}$	$9,7 \cdot 10^{-10}$	$4,9 \cdot 10^{-11}$	$7,11 \cdot 10^{-11}$
Celkovo				$2,14 \cdot 10^{-07}$	$1,13 \cdot 10^{-08}$	$1,65 \cdot 10^{-08}$

52

DDREF

K přepočítání rizika rakoviny stanoveného při vysokých dávkách a vysokých dávkových příkonech na rizika, která by platila pro nízké dávky a nízké dávkové příkony používá UNSCEAR **faktor efektivity dávky a dávkového příkonu (dose and dose rate effectiveness factor – DDREF)**. Většinou se riziko rakoviny při takových malých dávkách a malých dávkových příkonech posuzuje z kombinace epidemiologických dat, pokusů na zvířatech a buněčných poznatků a je potom upravováno směrem dolů pomocí hodnoty faktoru DDREF. V Doporučeních 1990 Komise učinila s vědomím určité přibližnosti rozhodnutí, že pro běžné účely v radiační ochraně by se měla používat hodnota **DDREF rovná 2**.

Pro indukci genových a chromosomových mutací hodnoty DDREF obvykle spadají do pásma 2-4 a pro navození rakoviny u pokusných zvířat a zkrácení jejich života obvykle do pásma 2-3.

Při uvážení všech údajů zmíněných výše a s uvážením širokého rozpětí dat z pokusů na zvířatech prokazujících snížení účinnosti vyvolání rakoviny a zkrácení života po protrahovaných expozicích Komise nenalezla přesvědčivý důvod ke změně svého doporučení z r. 1990 na hodnotu DDREF rovnou 2. Komise však zdůrazňuje, že je to nadále výběr přibližného celého čísla pro praktické účely radiační ochrany, který nese v sobě prvky neurčitosti. Tento faktor snížení rizika rovný 2 je použit Komisí k odvození nominálních koeficientů rizika uvedených v tab. 1 platících pro souhrn všech nádorů, ale Komise připouští, že ve skutečnosti pro různé orgány/tkáně mohou docela dobře platit odlišné účinky dávek a dávkových příkonů.

KONVENCIA AKCEPTOVATEL'NÉHO RIZIKA PRI OŽIARENÍ

Moderná spoločnosť akceptuje rôzne aktivity často bez ohľadu na riziko, ktoré prinášajú.

Každá ľudská činnosť je sprevádzaná určitou mierou rizika.

Je dôležité obmedziť riziko na najnižšiu rozumne dosiahnuteľnú úroveň a vyhnúť sa zbytočnému riziku.

Miera akceptovateľného rizika v spoločnosti sa historicky vyvíjala.

54

PRACOVNÉ RIZIKO PRI VYKONÁVANÍ NIEKTORÝCH POVOLANÍ

Odvetvie, činnosť	Počet smrteľných prípadov $10^{-6} \cdot \text{rok}^{-1}$	Riziko úmrtia $\text{rok}^{-1} \cdot \text{man}^{-1}$
Odevný a obuvnícky priemysel	1 - 10	$10^{-6} - 10^{-5}$
Textilný, papierenský, polygrafický, lesný a chemický priemysel	$10 - 10^2$	$10^{-5} - 10^{-4}$
Metalurgický, lodiarsky, stavebný a uhoľný priemysel	$10^2 - 10^3$	$10^{-4} - 10^{-3}$
Posádky rybárskych lodí a lietadiel	$10^3 - 10^4$	$10^{-3} - 10^{-2}$

55

LIMITY OŽIARENIA PRE OBYVATEĽSTVO A RIZIKO ÚMRTIA

Odporúčanie ICRP 26 (1977) $5 \text{ mSv} \cdot \text{rok}^{-1}$ bolo prijaté s ohľadom na tézu, že pravdepodobnosť úmrtia nesmie presiahnuť 10^{-3} za rok.

Táto hodnota bola na prahu akceptovateľnosti, preto sa prišlo k zníženiu limitu v odporúčaní ICRP 60.

Nový limit pre obyvateľstvo $1 \text{ mSv} \cdot \text{rok}^{-1}$ korešponduje s pravdepodobnosťou úmrtia 10^{-5} za rok.

56

SYSTÉM RADIAČNEJ KONTROLY ZAHŔŇA:

radiačná kontrola pracovísk, monitorovanie povrchovej kontaminácie zariadení, pracovísk, prepravných zariadení a personálu

radiačná kontrola technologických systémov, monitorovanie objemovej aktivity rádioaktívnych aerosólov a plynov (vrátane výpustí a vypúšťania vzduchu),

osobná dozimetria - monitorovanie dávok a dávkových príkonov, U personálu s rizikom príjmu aktivity potravou/vdýchnutím sa bude navyše sledovať **vnútorná kontaminácia**.

Radiačnú kontrolu **životného prostredia** v okolí JE

Nový systém radiačnej kontroly **demontovaných materiálov**.

RADIAČNÁ KONTROLA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V OKOLÍ JZ

Kontrola životného prostredia v okolí vyradovanej JE sa uskutočňuje s využitím existujúceho systému monitorovania životného prostredia počas prevádzky, modifikovaného resp. obnoveného v priebehu prípravy vyradovania.

Kontrola sa realizuje pomocou nepretržitých meraní na hranici lokality JE a v jej okolí. Tieto merania budú zahŕňať:

- Meranie **dávkového príkonu gama** vo vzduchu okolitého prostredia.
- Hodnotenie **koncentrácie aerosólov** vo vzduchu nad povrchom.
- Zisťovanie **aktivity** v zrážkach.
- Zisťovanie **aktivity vo vode** na vstupe a v kvapalných výpustiach.
- Parametre pre predpovedanie šírenia aktivity (smer a rýchlosť vetra, tlak vzduchu, teplota, vlhkosť, zrážky) v prípade nehôd.

RADIAČNÁ KONTROLA DEMONTOVANÝCH MATERIÁLOV

Vyvezenie všetkých materiálov z kontrolovaného pásma sa bude realizovať za pomoci **materiálových slučiek**.

Pre **registráciu** materiálov sa budú vykonáva komplexné rádiologické kontroly s meraním dávkového príkonu, vyhodnocovania aktivity a merania povrchovej kontaminácie, pričom jednotlivé výsledky sa budú zaznamenávať.

Tieto výsledky sa budú využívať pri ďalšom spracovaní a sledovaní materiálov až po ich uvoľnenie z elektrárne.

HODNOTENIE RADIAČNEJ OCHRANY V EMO 2018

Celkový počet vypísaných hlásení o Odchýlke	853	2182	
z toho - klasifikovaných ako odchýlka	57		
- neklasifikovaných ako odchýlka	796		Topánky 102, monterky 454, šľapky 29, iné 211
neplánované externé ožiarenie vyššie do 1mSv nad plánované ožiarenie	0	1	
vnútorná kontaminácia pracovníka pod 1/10 ALI (nad záznamovú úroveň)	0	1	pod záznamov úroveň
neočakávaná kontaminácia plôch miestností a zariadení, resp. únik ra-kvapaliny s následkom povrchovej kontaminácie do 300 Bq/cm ²	16	31	Pozri ďalej
povrchová kontaminácia pracovníka na 1. a 2. bariére	36	103	
1.bariera prechod na nečistú šatňu HS (RZB 04-04, ARGOS)	35	101	Hlava 20, ruky-nohy 15, pozri ďalej
2.bariera prechod na čistú šatňu HS (ARGOS, BBR)	1	2	BBR - NG50433578
neočakávaná kontaminácia miestností, resp. únik ra-média s následkom 10 násobného prekročenie MPK prekročenia objemovej aktivity (Ae, VzPl, J, 3H), resp. nárast Pd na dvojnásobok bežnej hodnoty	3	7	
pridelenie dávky pre poškodený alebo stratený dozimeter	0	1	
prekročeníu 20 percent dennej hodnoty plyných výpustí LaP alebo 20 percent koncentrácie LaP v kvapalných výpustiach (antropogénne izotopy)	0	0	
iné spolu (alarm na bariére, NORM)	211	702	
klasifikované ako odchýlka	0	0	
neklasifikované ako odchýlka	211	702	

HODNOTENIE RADIAČNEJ OCHRANY V EMO 2018 HLÁSENIA NEKLASIFIKOVANÉ AKO ODCHÝLKA

❑ 97x nákladná vrátnica č. 1 z toho:

- ❑ 22x alarm pri transportoch JAVYS, 1x alarm - hasičské vozidlo,
- ❑ 24x alarm pri transportoch žiaričov (RTG práce Defex, Wizaco),
- ❑ 3x alarm - auto s RK HCČ do EBO,
- ❑ 42x alarm pri transportoch zeminy a štrku,
- ❑ 2x alarm – svedčné vzorky TNR, 3x ostatné alarmy

❑ 50x alarm na TDS EMO - pri RTG prácach na MO34

- ❑ 3x zaznamenané prevýšenie objemovej aktivity gama odpadových vôd na SKOV nad 8 Bq.l⁻¹ do 40 Bq.l⁻¹. Tieto prevýšenia boli zapríčinené prírodnými rádionuklidmi a nedošlo teda k úniku rádioaktívnych látok z prevádzky AE Mochovce
- ❑ 1x prekročenie vyšetrovacej a zásahovej úrovne pre celkovú objemovú aktivitu rádionuklidov gama nad 40 Bq.l⁻¹ (24.12.2018 NG501448564).

KONTAMINÁCIE MIESTNOSTÍ A PODLÁH, VYTEČENÁ VODA EMO 2018

P.č.	Dátum	Popis kontaminácie	Číslo NG/UZ3
1	9.10.2018	voda na podlahe A501/2 cca 2m ²	501433627
2	11.10.2018	A003/2, JNF21AA014, netesná deliaca rovina AA, silný výtok média, vytieklo cca 200 litrov. Voda bola odčerpaná pred odobratím vzorky.	501434044
3	12.10.2018	1x vytečená voda A527/2 pri tlakovaní BN zo systému KWA, zatečená plošina KO,	501434155
4	12.10.2018	1x A201/2 – vytečenie vody z odvzdušnení po naplňaní PG po sekundárnej strane, zatiekla plocha PG1,2,3	501434124
5	20.10.2018	vytečená voda z plošiny nad A602/3 a A0054/2. Číslo miestnosti A501/2, A0062/2. Médium tečie z 2PER67AA031, cca 25 m ² . Odoberatá vzorka chemikom. Po deko Pk menej ako 0,3 Bq/cm ² .	bez NG hlásenia
6	22.10.2018	kontaminácia podlahy A501 - okolie boxov KHP, Pk 2Bq/cm ² . Ohradené, označené, nariadená dekontaminácia. NG501143840	501143840

KONTAMINÁCIE MIESTNOSTÍ A PODLÁH, VYTEČENÁ VODA EMO 2018

7	26.10.2018	voda v A203/2, +10,5 m, cca 6m ² , odoberatá vzorka <12 Bq/l	501436624
8	6.11.2018	voda na podlahe A261/2, cca 4m ² , odoberatá vzorka <7Bq/l.	501438342
9	9.11.2018	m.č. A501 na postamente + schody 1.blok je Pk 1Bq/cm ² . Kontaminácia pravdepodobne z pomocného mosta ZMM-5.	501439078
10	12.11.2018	m.č. A622 – podlaha (mimo nerezovej vane) Pk 0,5-3 Bq/cm ² .	501439393
11	20.11.2018	m.č.A104 podlaha (schody, plošina + nerezová podlaha) Pk 10-100 Bq/cm ² . Kontaminácia pochádza z RGO2/18. Ohraničená, označená.	501441484
12	21.11.2018	voda na podlahe A0013/1 z 1KTA11BB001, cca 100 litrov, odoberatá vzorka 46,6 kBq/l. Miestnosť uzamknutá.	501441757
13	21.11.2018	voda na podlahe A201/1 /medzi PG1 a PG2/- voda z preplachu koncového stupňa upchávok HCČ, cca 10 m ² . Odoberatá vzorka 0,71 kBq/l. Pk 2,5 Bq/cm ² . Dôvodom upchatá guľička 1KDT40BZ222.	501439572
14	12.12.2018	Voda na podlahe A 0045 SJZ zariadenie: 7KTA87AA004 veľkosť plochy cca 0,5 m ²	501445577
15	13.12.2018	Voda pod čerpadlom A002/2 SJZ zariadenie: 2JNG41AP001 plocha 3 m ²	501446601
16	31.12.2018	kvapkanie vody z meracej skrine 2CXA104.92 miestnosť A318/2,SJZ zar. 2KBA10004 veľkosť plochy 2 m ²	501448942

KONTAMINÁCIA KOŽE NA ARGOS PRI PRECHODE NA NEČISTÚ ŠATŇU

dátum	útvár	kontaminovaná časť tela	popis práce
1.10.2018	Energovýsku m/91128691	noha - členok, Argos 301 Pk 1,330 Bq/cm ² , prenosným prístrojom 0,3 Bq/cm ²	rozoberanie Tk hláv na BOR-e pracovník sa umyl skôr, ako bol prvolaný TRK
2.10.2018	EBO/A2212/3 1001061	noha - lýtko, Argos 301 Pk 1,292 Bq/cm ² , prenosným prístrojom 0,3 Bq/cm ²	zváranie odvzdušnenia PG
3.10.2018	Reaktortest/9 1123882	noha, Argos 301, Pk 1,222 Bq/cm ² , prenosným prístrojom FHB5 <0,3 Bq/cm ²	zber UT dát – práca s PC A501/2
5.10.2018	EMO/B2042/ 31301966	hlava, ruky, Argos 201, Pk 3,76 Bq/cm ² , prenosným prístrojom FH40G+FHB5 <0,3 Bq/cm ² okolo hlavy	kontroly NDT – zavážanie manipulátora do KO, nepoužité predpísané OOPP (overall) odoslaný na CTP
6.10.2018	EMO/B2216/ 31301072	ruky, Argos 202, Pk 0,397 Bq/cm ²	skúška pružinových blokov na Š.č.1
7.10.2018	Reaktortest/9 1127001	hlava, Argos 301,Pk 0,300 q/cm ² , prenosným prístrojom FHB5 <0,3 Bq/cm ²	výmena systému na ZMM-5 + deliaca rovina. Pracovník odoslaný na CTP.
7.10.2018	SE/20025/310 01291	ruky, argos 202, Pk 0,300 Bq/cm ² Nenahlásil kontamináciu na DRK, po umytí rúk odišiel.	práce pri kontrole Re - NDT práce na manipulátore ZMM5.

KONTAMINÁCIA KOŽE NA ARGOS PRI PRECHODE NA NEČISTÚ ŠATŇU

9.10.2018	EMO/B2216	noha - päta , argos 201, Pk 0,646 Bq/cm2	práce na Bor-e, pružinové bloky
9.10.2018	EMO/B2216/31309841	hlava , argos 201, Pk 2,11 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5 krk 7,5 Bq/cm2	kontrola pružinových blokov odoslaný na CTP
11.10.2018	ROBO /91012501	nohy (členky) , argos 202, Pk 5,550 Bq/cm2, prenosným prístrojom FH40G+sonda 5Bq/cm2	práce na KO zmeraný na CTP pod MDA
11.10.2018	EMO/B2211/31305805	hlava , argos 201, Pk 0,401 Bq/cm2, prenosným prístrojom FH40G+sonda <0,3 Bq/cm2	práce na KO chyba merania - zmeraný na CTP pod MDA
11.10.2018	ROBO/91014195	hlava , argos 301, Pk 0,64 Bq/cm2, prenosným prístrojom 7Bq/cm2	práce na KO zmeraný na CTPO pod MDA
11.10.2018	Profisteel	ruky , argos 301, Pk 0,3 Bq/cm2	montáž stĺpa na čistenie TNR
11.10.2018	EBO/A2212/91001061	hlava , argos 301, Pk 0,359 Bq/cm2, prenosným prístrojom 2 Bq/cm2	práce na KO odoslaný na CTP
11.10.2018	REKO ZA/91130530	pravá ruka , argos 301, Pk 3,177 Bq/cm2	práce na R-prikaz 501310057/0075
13.10.2018	EMO/B2244/31302109	pravá ruka (prsty), argos 201, Pk 0,589 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5 0,34 Bq/cm2	vyberanie vodivostnej sondy z havar.nádrže A104/2.
14.10.2018	EBO/A2217/31209154	hlava-brada , Argos 301, Pk 3,013 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5+sonda 2,6 Bq/cm2	práce na KNI zmeraný na CTP pod MDA
15.10.2018	EMO/B2223/31302657	ruka ľavá , Argos 301, Pk 1 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5+sonda 0,3 Bq/cm2	demontáž HCČ v A622
15.10.2018	Amec/91137384	hlava – argos 301, Pk 1,051 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB11+sonda <0,3 Bq/cm2,	práce v A301/2 , R-prikaz zmeraný na CTP pod MDA
17.10.2018	Amec/91022224	hlava , Argos 301, Pk 0,644 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5+sonda 6 Bq/cm2.	ostrek BVP zmeraný na CTP pod MDA
18.10.2018	EMO/B2216/31302589	hlava-krk , Argos 202, Pk 1,028 Bq/cm2, prenosným prístrojom FHB5+sonda krk 9,5 Bq/cm2	vypodloženie anuloidných rúr plechom na HDR zmeraný na CTP pod MDA

ALARMY NA EPD 4Q.2018

- ☐ za obdobie 4.Q bolo otvorených 2 425 ks R – príkazov
- ☐ 784 ks R-prikazov bolo stornovaných z dôvodu nenastúpenia na prácu alebo ich nepotrebnosti

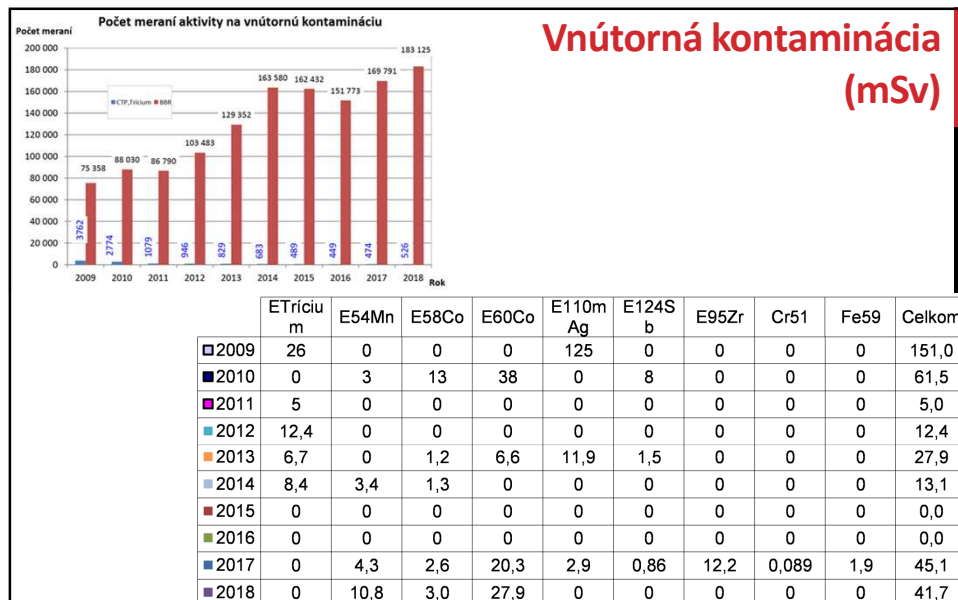
R-prikaz / IPV	Hp / HpN [mSv]	Hp-stav	maxDp/DpN [mSv/h]	Dp-stav	odstúpiť	nahlásiť	poznámka
2018/000501380084/0050	0,057	0	3,870	2	áno	áno	demontáž nátrubkového modulu na manipulátore ZMM-5
2018/000501310057/0031	0,041	0	1,789	1	áno	áno	A201/2, box PG 2LC0168R001 obhládka
2018/000501380084/0083	0,415	0	4,410	2	áno	áno	práce pod HB - špary
2018/000501422243/0007	0,368	0	2,235	2	áno	áno	práce v A211/2
2018/000501379819/0018	0,731	1	3,284	0	áno	áno	skúšky pružinových blokov
2018/000501380803/0014	0,085	0	2,118	2	áno	áno	deko utility HUA A301/2
2018/000501388907/0002	0,678	0	3,291	2	áno	áno	oprava opásaní 158,159 a 154 s priložením opásaní k potrebným PGO
bez R-prikazu	0,043	0	0,833	1	áno	nie	obhládka zariadení HVB
2018/000501382480/0003	0,038	1	2,172	2	áno	áno	práce v KO, A527/2, A 202/2
2018/000501382480/0003	0,243	1	47,018	2	áno	áno	práce v KO, A527/2, A 202/2
2018/000501380069/0009	0,636	0	13,820	2	áno	áno	práce v nádrži ZKA11
2018/000501380097/0018		0	7,764	2	áno	áno	transport KAZ, zámerne neprestavované prahy signalizácie EPD- nutný prechod cez chodbu A624 do miestnosti ovládania nákl.žeravú A606/2, zvýšený Dp počas vyťaženia KAZ do transportnej polohy (odkvapkovanie)
bez R-prikazu, resp. nebol priradený na R-prikaze	0,022	0	6,245	2	áno	áno	prechod cez A624 počas transportu KAZ
2018/000501380097/0023	0,051	0	2,841	2	áno	áno	prípravné práce - likvidácia KNI
2018/000501380097/0014	0,016	0	4,292	2	áno	nie	likvidácia spojovacích tyčí
práce bez R-prikazu	0,020	0	1,926	1	áno	áno	meranie rá-situácie pri likvidácii RAO (vysoký Dp 91 mSv/h)
2018/000501380069/0010	0,187	0	4,601	2	áno	áno	likvidácia výšaveč (vysoký Dp 105 mSv/h)
2018/000501419496/0002	0,023	0	17,749	2	áno	áno	likvidácia spojovacích tyčí
2018/000501380097/0027 (alarm na R-prikaz nastavený na Vltkovec)	0,695	1	1,296	0	áno	áno	OTK BOR-u na HDR
2018/000501380097/0027 (alarm na R-prikaz nastavený na Vltkovec)	0,684	1	1,527	0	áno	áno	OTK BOR-u na HDR
2018/000501304449/0546	0,038	0	1,741	2	áno	nie	práce pri čistení šachty č.1 a likvidácia odpadu
2018/000501388281/0009	0,014	0	2,745	2	áno	áno	rtg.práce RK HCČ v A621
2018/000501430776/0020	0,094	0	1,961	1	áno	áno	práca s pružinovými blokmi
2018/000501436275/0045	0,100	0	381,937	2	áno	áno	zváranie nosníkov
2018/000501304449/0611	0,233	0	1,616	1	áno	nie	m.č.105 BPP prečerpávanie ionexov

HODNOTENIE OSOBNÝCH DÁVOK PRACOVNÍKOV EMO 2018

Mesiac	FD [mSv]	TLD(n) [mSv]	FD+TLD(n) [mSv]	EPD(g,n) [mSv]	EPD(g) [mSv]	EPD(n) [mSv]
január	0,127	0	0,127	0,138	0,138	0
február	0,320	0	0,320	0,325	0,325	0
marec	0,144	0,870	1,001	0,699	0,155	0,544
apríl	1,402	0	1,402	1,463	1,463	0
máj	0,228	0	0,228	0,255	0,255	0
jún	0	0	0	0,124	0	0
júl	0	0	0	0,147	0	0
august	0	0	0	0	0,116	0
september	1,649	0	1,649	1,645	1,645	0
október	2,570	0	2,570	2,617	2,617	0
november	0,260	0	0,260	0,260	0,260	0
december	0,637	0	0,637	0,661	0,661	0
rok	4,780	0,870	4,780	4,850	4,849	0,548

HODNOTENIE INDIVIDUÁLNYCH E A KOLEKTÍVNYCH EFEKTÍVNYCH DÁVOK KED

Hodnotenie dávok a kontaminácie	4.štvrťrok 2018	Kumulatív 2018
Kolektívna efektívna dávka - FD+ND+E50	126,759 manmSv	315,108 manmSv
Kolektívna efektívna dávka EPD - Gama+ND	155,487 manmSv	407,455 manmSv
Kolektívna efektívna dávka EPD (údaje z EPD znížené o MDD FD 0,1 mSv)	126,070 manmSv	317,668 manmSv
Priemerná individuálna efektívna dávka pracovníka	0,124 mSv	0,174 mSv
Maximálna individuálna efektívna dávka pracovníka za mesiac FD+ND+E50	2,570 mSv (október)	4,780 mSv
Maximálna individuálna efektívna dávka pracovníka za mesiac z EPD - Gama+ND	2,618 mSv (október)	4,850 mSv
Počet ožiarení väčších ako plánované	0	0



VÝPUSTE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTKOK DO ATMOSFÉRY

Pre účely bilancovania výpustí sa používajú merania pre:

- zmes** rádioaktívnych vzácnych plynov (**Xe+Kr**) - z meraní monitora vzácnych plynov SB 150 (599,1 GBq čerpanie smernej hodnoty na 0,0146%)
- sumárny jód ¹³¹I** - výsledky gamaspektrometrickej analýzy veľkoobjemovej jódovej patróny (131I - plyn) a hodnoty získané gamaspektrometrickou analýzou veľkoplošných filtrov (131I - aerosól) (0,866 MBq čerpanie smernej hodnoty na 0,001293%)
- zmes** rádionuklidov v **aerosóloch** - hodnoty získané gamaspektrometrickou analýzou veľkoplošných aerosólových filtrov, sú započítané aj hodnoty stroncií získané rádiochemickou analýzou a hodnoty aerosólov alfa získané alfaspektrometrickou analýzou z týchto filtrov; od takto získanej hodnoty pre aerosóly je odpočítaný príspevok od aerosólov gama z objektu FS KRAO (JAVYS). (9,237 MBq čerpanie smernej hodnoty na 0,005433%)
- d)

VÝPUSTE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTKOK DO HYDROSFÉRY

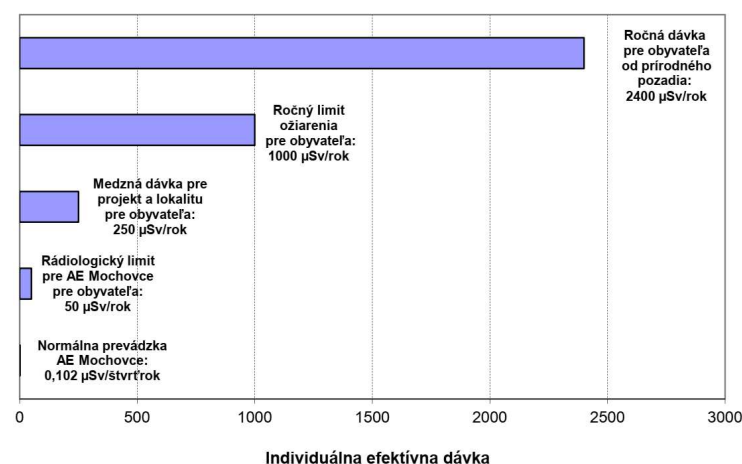
Pre účely bilancovania smerných hodnôt výpustí sa používajú merania pre:

- trícium ³H** - z meraní odpadových vôd čistiacej stanice odpadových vôd ŠOV 3; od takto získanej hodnoty bol odpočítaný príspevok od trícia z FS KRAO (11840 GBq, čerpanie smernej hodnoty 98,64%)
- ostatné** rádionuklidy (**aktivačné a štiepne produkty**) - z **gamaspektrometrických** meraní mesačných zlievaných vzoriek odpadových vôd odobraných z kontrolných nádrží technologických systémov SE-EMO: sú započítané aj hodnoty stroncií získané **rádiochemickou** analýzou a hodnoty transuránov získané **alfaspektrometrickou** analýzou štvrťročnej zlievanej vzorky; od takto získanej hodnoty bol odpočítaný príspevok od aktivačných a štiepných produktov gama z FS KRAO. (18,55 MBq, čerpanie smernej hodnoty 1,686%)

Množstvo vypustenej skontrolovanej odpadovej vody z kontrolných nádrží za celý rok **20460 m³**.

Za účelom kontroly neprekročenia koncentračných limitov aktivity gama rádionuklidov aktivačných a štiepných produktov v kvapalných rá-výpustiach boli použité hodnoty získané z **kontinuálnych meraní** detektorov gama **BAI 9125** umiestnených v Združenom objekte merania odpadových vôd - SKOV Podľa EMO/MNA-172.01 je zaznamová úroveň 20% hodnoty koncentrácie gama limitnej hodnoty v kvapalných rá-výpustiach, t.j. nad 8 Bq.l-1 do 40 Bq.l-1, pre aktivačné a štiepne produkty gama.

RÁDIOLOGICKÝ VPLYV VÝPUSTÍ RAL NA OKOLIE



HODNOTENIE UVOĽŇOVANIA RÁ-MATERIÁLOV DO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Uvoľňovaný materiál do životného prostredia bol meraný meracími systémami ISOCS, CONTAMAT FHT111, WM2110, TK159, CRONOS, FRM-24.

Uvoľňovanie predmetov ISOCS-om	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	5 628
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie predmetov WM2110	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	750
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie predmetov TK159	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	860
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie predmetov CRONOS	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	0,0
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie predmetov kontamatom FHT 111	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	12 265

Uvoľňovanie predmetov FRM	2018
Uvoľnená hmotnosť v kg	2 670
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie predmetov celkovo všetkými monitormi 2018

Uvoľnená hmotnosť v kg	22 173
Celková uvoľnená aktivita v kBq do ŽP	0,0

Uvoľňovanie kalu z kalových polí ISOCS-om	2018
---	------

Uvoľnená hmotnosť v kg	26440
------------------------	-------