

## DETEKCE RADIONUKLIDU <sup>131</sup>I V EVROPĚ NA PODZIM ROKU 2011

Na podzim roku 2011 byl napříč Evropou identifikován výskyt radionuklidu <sup>131</sup>I. Ukázalo se, jak reportovala International Atomic Energy Agency (IAEA), že zdrojem byly úniky v maďarském Institute of Isotopes Ltd (I I) při zpracovávání kysličníku teluru TeO<sub>2</sub>. Jak následně informovala Hungarian Atomic Energy Authority (HAEA), produkční zařízení bylo spuštěno po letní odstávce na podzim roku 2011. V časovém intervalu mezi 8. září a 16. listopadem 2011 uniklo 342 GBq jódu <sup>131</sup>I. Uvádí se, že maximální 48hodinový únik byl identifikován mezi 12. – 14. září (?) 2011 a byl odhadnut na hodnotu 108 GBq/48 hodin.

Měřené údaje vykázaly velmi nízkou úroveň koncentrace radionuklidu v ovzduší. Pokud by v místech měření po Evropě osoba dýchala celý rok vzduch s měřenou úrovní aktivity <sup>131</sup>I, obdržela by dávku (úvazek) řádově 0.01 microSv za rok. Srovnáme-li to s dávkou od přírodního pozadí (průměrně asi 2400 microSv za rok), jedná se o mimořádně nízkou dávku se zcela zanedbatelnou zdravotní újmou. Potěšitelným faktem je ale prověření vysoké úrovně monitorovacích evropských služeb se schopností včasného měření a odhalení i těchto zcela nepatrných koncentrací.

Nicméně jsme využili tuto reálnou situaci k matematickému modelování a k predikci kontaminace radioaktivním jódem s epicentrem v Maďarsku (meteo se vztahuje k letišti Budapešť). Ke scénáři úniku jsou neúplné informace a některá data bylo třeba intuitivně definovat a interpolovat. Lokalizace produktu HARP na místo úniku nebyla provedena, byla by velmi pracná a byla by neefektivní pro takový jednorázový náhodný únik. Nicméně prováděná analýza měla za cíl:

- Poskytnout dílčí kvantitativní závěry o radiologických důsledcích pro takový reálný extenzivní „evropský“ scénář úniku.
- Současně poukázat na omezení našeho výpočtového kódu HARP (HAzardous Radioactivity Propagation) při jeho aplikaci na šíření škodlivin do velkých vzdáleností.

Produkt HARP byl rozšířen o modul FURTFECZ: analýza dlouhodobých úniků při radiální nehodě pro případ, že jsou k dispozici **pouze** bodové dlouhodobé sekvence počasí **v místě úniku**.

*pozn.: pokud jsou k dispozici 3-D předpovědi HIRLAM, řešili jsme již v minulosti modulem FURT (aplikováno na 2-roční archiv pro ETE po hodinách – viz konference PSA 2011). Ale bohužel pro hrubší rozdělení 35 radiálních pásem do 100 km).*

Podmínky výpočtu:

- 42 radiálních pásem – zjemnění sítě v blízkých vzdálenostech:  
42 pásem: 50m 150m 250 400 600 850 1200 1650 2200 2850 3600 4500 ....  
staré 35 pásem: 500 1000 1500 2500 3500 4500 ... ..

- Analýzu dělá HARP jen do 100 km od zdroje (z Budapešti ani ne do Bratislavy)  
Z velkého archivu meteorologických hodinových měření prováděných pro lokalitu letiště v Budapešti byly zkonstruovány meteorologické vstupy METEO.WEA pro běhy programu HARP. Konkrétně byl k tomuto účelu odladěn projekt FURTFECZ.

**Scénář úniku:** dílčí interval 4 dny (t. zn. 96 hodin):

Odhad (podle Institute of Isotopes – pozor: IAEA nakonec uvedla poněkud jiné úniky):  
vezmeme únik I131A za 12. až 15. října 2011 = 24511 MBq <sup>131</sup>I v aerosolové formě (= asi  
255 KBq homogenní a konstantní pro každou hodinu), meteorologické údaje pro každou  
hodinu v tomto intervalu se braly z měření na budapešťském letišti (viz opis dále).

**Princip výpočtu:** pro jednu konkrétní hodinu  $h$  se sleduje šíření příslušného hodinového  
homogenizovaného úniku 255 KBq v jeho dalších následných hodinách (dokud nepřekročí  
hranici 100 km od zdroje šíření, ale maximálně dalších 43 hodin). Úniky v jednotlivých  
hodinách jsou konstantní. Sledovanou radiologickou hodnotou je časový integrál přízemní  
objemové aktivity (TIC) (mohla by to být též depozice apod.). Po skončení se přejde na únik  
v hodině  $h+1$  (opět se sleduje jeho šíření v odpovídajících 43 hodinách) atd. Nakonec se  
provede suma pro prvních 72 hodin (z celkových 96 hodin) následných homogenizovaných  
úniků (jen s malou modifikací by bylo možno zadat jinou dynamiku úniku než konstantní ve  
všech hodinách a uvažovat dále celý interval přerušovaného úniku za září až listopad).

Další zjednodušení:

- Modif. na calm: pro malé rychlosti  $< 0.7$  m/sec je automaticky převedeno na 0.7 m/sec (v 10m)
- Simulace bezvětří: tam a zpět s 1m/sec
- Uvažována jen kategorie stability počasí D podle Pasquill - kategorie z měření na letišti nelze zjistit
- Uvažován rovinný terén a všude typ zemského povrchu = tráva
- Homogenizace celkového úniku pro hodiny
- V TIC není zatím zahrnut rozpad <sup>131</sup>I

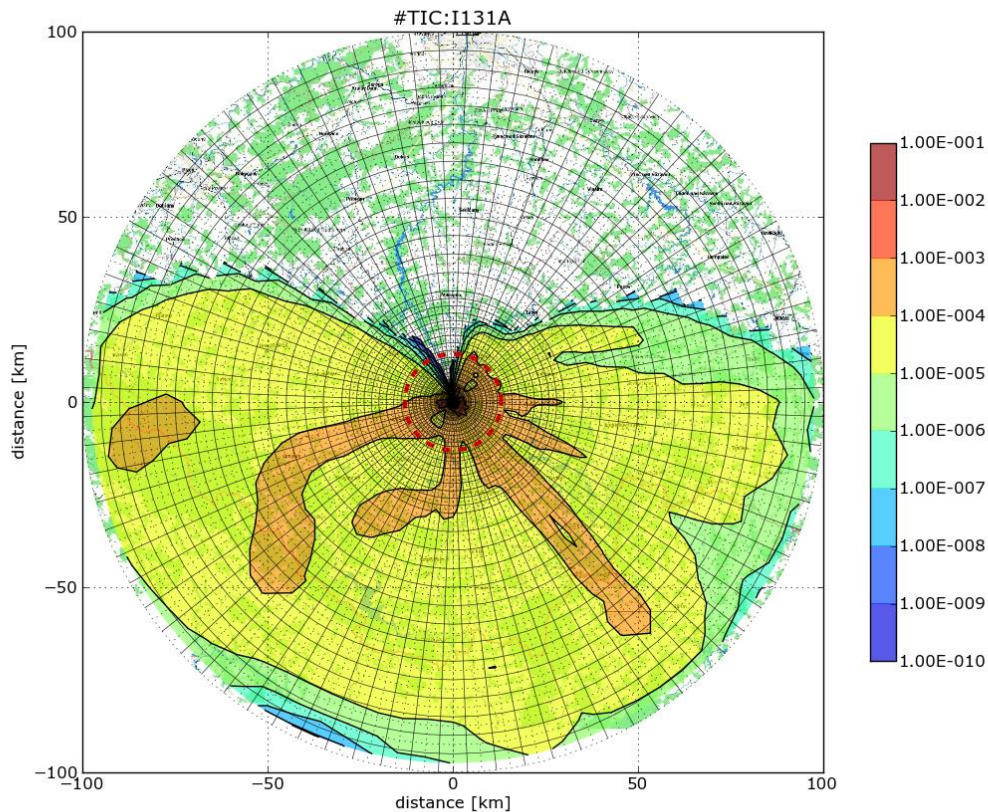
Měření meteo letiště Budapest:

Únik I131 - 12. - 14. 10. 2011: Bodové z Budapest letiště

směr větru	rychl.	kat	srazky		
247.50	2.10	D	0.00	400.00	začátek: 12.10. v 0.00CET
247.50	1.50	D	0.00	400.00	
202.50	2.10	D	0.00	400.00	
247.50	4.10	D	0.00	400.00	
270.00	5.70	D	0.00	400.00	
292.50	7.70	D	0.00	400.00	
292.50	8.20	D	0.00	400.00	
292.50	7.70	D	0.00	400.00	
315.00	7.70	D	0.00	400.00	
292.50	10.30	D	0.00	200.00	
315.50	10.30	D	0.00	200.00	
292.50	12.30	D	0.00	200.00	
292.50	8.20	D	0.00	200.00	
270.00	6.70	D	0.00	200.00	
270.00	8.70	D	0.00	200.00	
270.00	6.70	D	0.00	200.00	
270.00	5.70	D	0.00	200.00	
270.00	6.70	D	0.00	200.00	
292.50	6.70	D	0.00	200.00	
292.50	6.20	D	0.00	200.00	
292.50	5.70	D	0.00	200.00	
292.50	2.60	D	0.00	200.00	
270.00	3.60	D	0.00	200.00	
247.50	4.10	D	0.00	200.00	
270.00	3.10	D	0.00	400.00	
292.50	3.60	D	0.00	400.00	
292.50	3.10	D	0.00	400.00	
315.00	3.10	D	0.00	400.00	
337.50	2.60	D	0.00	400.00	
315.00	5.10	D	0.00	400.00	
337.50	4.10	D	0.00	400.00	

315.00	4.60	D	0.00	400.00
315.00	3.10	D	0.00	400.00
315.00	4.60	D	0.00	200.00
315.00	4.60	D	0.00	200.00
315.00	4.10	D	0.00	200.00
337.50	5.10	D	0.00	200.00
315.00	6.20	D	0.00	200.00
315.00	7.20	D	0.00	200.00
337.50	6.20	D	0.00	200.00
292.50	6.70	D	0.00	200.00
315.00	8.20	D	0.00	200.00
315.00	5.70	D	0.00	200.00
292.50	3.60	D	0.00	200.00
315.00	5.10	D	0.00	200.00
315.00	5.70	D	0.00	200.00
337.50	3.60	D	0.00	200.00
315.00	3.60	D	0.00	200.00
337.50	4.10	D	0.00	400.00
337.50	3.60	D	0.00	400.00
337.50	2.60	D	0.00	400.00
315.00	1.50	D	0.00	400.00
292.50	3.10	D	0.00	400.00
202.50	1.50	D	0.00	400.00
202.50	0.50	D	0.00	400.00
202.50	1.50	D	0.00	400.00
202.50	1.00	D	0.00	400.00
315.00	2.10	D	0.00	200.00
360.00	5.70	D	0.00	200.00
67.50	4.60	D	0.00	200.00
90.00	3.60	D	0.00	200.00
112.50	4.60	D	0.00	200.00
135.00	4.10	D	0.00	200.00
112.00	4.60	D	0.00	200.00
90.00	2.10	D	0.00	200.00
337.50	2.10	D	0.00	200.00
90.00	1.50	D	0.00	200.00
90.00	1.00	D	0.00	200.00
270.00	0.50	D	0.00	200.00
90.00	1.50	D	0.00	200.00
67.50	2.60	D	0.00	200.00
67.50	1.50	D	0.00	200.00
67.50	1.50	D	0.00	400.00
90.00	1.50	D	0.00	400.00
67.50	2.10	D	0.00	400.00
0.00	2.10	D	0.00	400.00
22.50	1.50	D	0.00	400.00
337.50	1.50	D	0.00	400.00
22.50	0.50	D	0.00	400.00
337.50	0.50	D	0.00	400.00
22.50	1.00	D	0.00	400.00
337.50	0.50	D	0.00	200.00
360.00	1.50	D	0.00	200.00
292.50	2.60	D	0.00	200.00
315.00	3.60	D	0.00	200.00
292.50	3.60	D	0.00	200.00
270.00	3.60	D	0.00	200.00
270.00	1.50	D	0.00	200.00
337.50	4.10	D	0.00	200.00
315.00	3.60	D	0.00	200.00
292.50	2.60	D	0.00	200.00
337.50	2.60	D	0.00	200.00
337.50	3.10	D	0.00	200.00
22.50	3.60	D	0.00	200.00
90.00	7.20	D	0.00	200.00
90.00	7.20	D	0.00	200.00

---



Obr. 1: Výsledné hodnoty časového integrálu přízemní koncentrace TIC  $^{131}\text{I}$  v MBq.s/m<sup>3</sup> za celkem 76 hodin počínaje 12. října 2011, v 00.00hod (podstrčeno mapové pozadí JE Temelín) - zanedbán rozpad.

Suma TIC  $^{131}\text{I}_A$  za 76 hodin od 12. října 2011 (MBq.s/m<sup>3</sup>) – začíná o půlnoci

Spekulativní odhad koncentrace aktivity v přízemní vrstvě:

Interpretace například:

Nechť TIC<sup>sum</sup>(H) je od všech H hodin – hrubý odhad střední koncentrace aktivity C<sub>str</sub> za celý interval H hodin:

$$C_{\text{str}} = \text{TIC}^{\text{sum}}(H) / H$$

Na obrázku je podsunuto pozadí ETE, nicméně to je počítáno pro rovinný terén a jednotný typ zemského povrchu = tráva.

Ještě vysvětlení, proč jsou v obrázku nepravidelné izočáry, když jde o rovinný terén a jednotný typ zemského povrchu:

Poměrně čteně se vyskytovaly calmy nebo dokonce bezvětří (to se řešilo přibližně posunem vpřed malou rychlostí a opět zpět). Pro otestování tohoto vlivu zvolen 1 hodinový únik (v 15. hodině dne 14. října – hned potom výskyt bezvětří) a jeho modelování po terénu v dalších max. 43 hodinách):

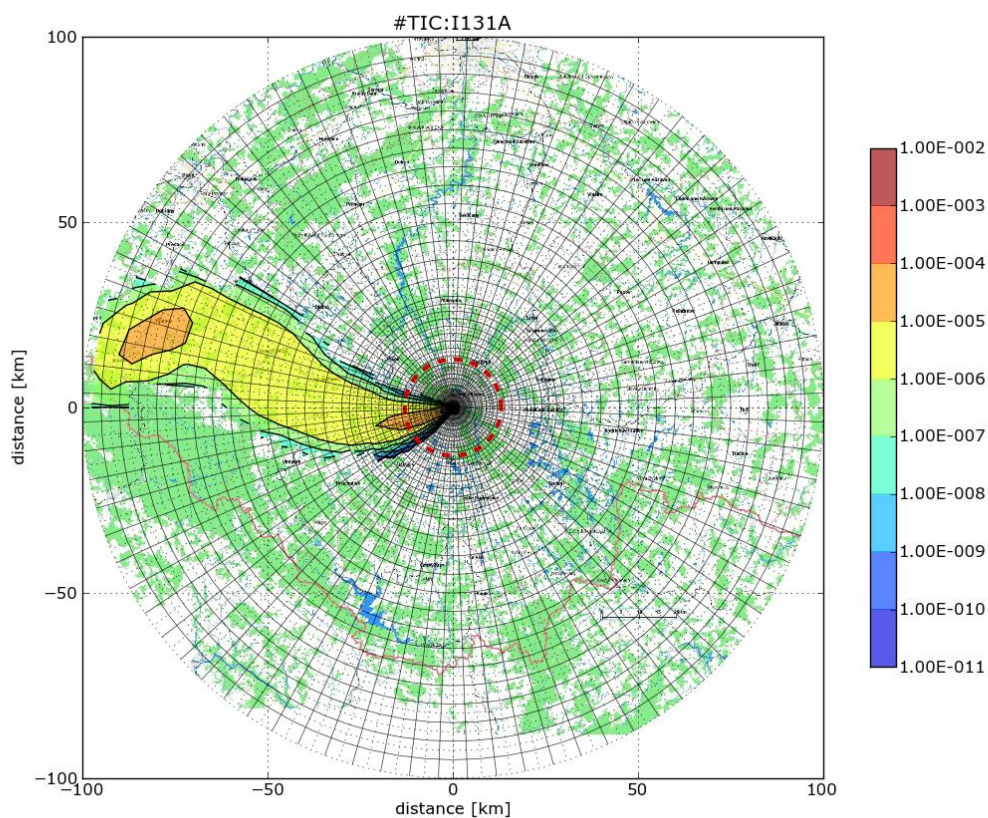
Výběr meteo od 63. hodiny, t. zn. 14. října od 15. hodiny (+ malé doplnění na konci):

Unik I131 - 14. 10. 2011: v 15 hod, Bodove z Budapest letiste

15.00	67.50	4.60	D	0.00	200.00
16.00	90.00	3.60	D	0.00	200.00

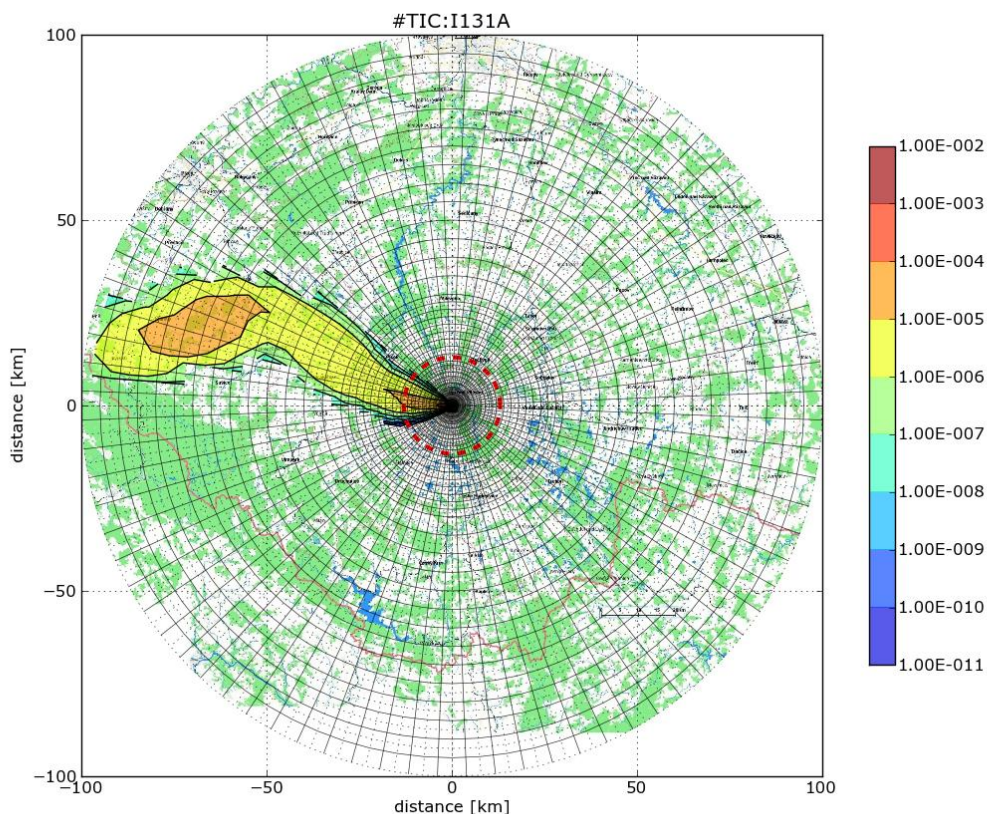
17.00	112.50	4.60	D	0.00	200.00
18.00	135.00	4.10	D	0.00	200.00
19.00	112.00	4.60	D	0.00	200.00
20.00	90.00	2.10	D	0.00	200.00
21.00	337.50	2.10	D	0.00	200.00
22.00	90.00	1.50	D	0.00	200.00
23.00	90.00	1.00	D	0.00	200.00
24.00	270.00	0.50	D	0.00	200.00
0.00	90.00	1.50	D	0.00	200.00
1.00	67.50	2.60	D	0.00	200.00
2.00	67.50	1.50	D	0.00	200.00
3.00	67.50	1.50	D	0.00	400.00
4.00	90.00	1.50	D	0.00	400.00
5.00	67.50	2.10	D	0.00	400.00
6.00	0.00	2.10	D	0.00	400.00
7.00	22.50	1.50	D	0.00	400.00
8.00	337.50	1.50	D	0.00	400.00
9.00	22.50	0.50	D	0.00	400.00
10.00	337.50	0.50	D	0.00	400.00
11.00	22.50	1.00	D	0.00	400.00
12.00	337.50	0.50	D	0.00	200.00
13.00	360.00	1.50	D	0.00	200.00
14.00	292.50	2.60	D	0.00	200.00
15.00	315.00	3.60	D	0.00	200.00
16.00	292.50	3.60	D	0.00	200.00
17.00	270.00	3.60	D	0.00	200.00
18.00	270.00	1.50	D	0.00	200.00
19.00	337.50	4.10	D	0.00	200.00
20.00	315.00	3.60	D	0.00	200.00
21.00	292.50	2.60	D	0.00	200.00
22.00	337.50	2.60	D	0.00	200.00
24.00	337.50	3.10	D	0.00	200.00
00.00	22.50	3.60	D	0.00	200.00
01.00	90.00	7.20	D	0.00	200.00
02.00	90.00	7.20	D	0.00	200.00

Potom výsledky výpočtu s jediným hodinovým únikem 255 MBq v 15 hodin dne 14. října 2011 dává obrázek, kde flek vlevo na okraji odpovídá přibližně nasimulovanému bezvětří:



Obr. 2a: Výsledné hodnoty TIC  $^{131}\text{I}$  v MBq.s/m<sup>3</sup> od jediného hodinového úniku 255 MBq v 15 hodin dne 14. října 2011. Opět podstrčeno mapové pozadí JE Temelín.

Na obr. 2b následuje to stejné o hodinu později: 1 hodinový únik (v 16 hodin dne 14. října 2011). Z obou obrázků 2a a 2b je zřejmá důležitost modelovat nepříznivé povětrnostní situace při malých rychlostech větru (mrak se „dlouho“ zdržuje nad daným místem).



Obr. 2b: Výsledné hodnoty TIC  $^{131}\text{I}$  v MBq.s/m<sup>3</sup> od jediného hodinového úniku 255 MBq v 16 hodin dne 14. října 2011

**Závěr:** Programový systém HARP je vyvíjen pro účely modelování průniku radionuklidů do životního prostředí do vzdálenosti zhruba 100 km od zdroje znečištění s cílem zpřesňovat modelové predikce na základě aplikace pokročilých statistických metod asimilace s měřeními v terénu. Shora popsáný problém však má deterministický charakter, přičemž rozsah šíření by měl odpovídat středoevropskému měřítku. Z uvedeného detailního popisu výpočtu jsou zřejmá omezení kódu HARP pro účely analýzy značně neurčitěho maďarského scénáře úniku a šíření radionuklidu  $^{131}\text{I}_A$ . Nicméně i tak lze získat zajímavé limitní odhady a bylo možno odhalit a poukázat na některé specifické rysy šíření radioaktivního znečištění.

Kvantitativní odhady radiologických důsledků dílčího třídenního úniku lze provést z obrázku 1. Pokud by dospělý jedinec stál na rozhraní žluté a okrové TIC izočáry s hodnotou  $1.0\text{E}-4$  MBq.s/m<sup>3</sup>, nadýchal by za celou dobu 3 dnů tuto hodnotu TIC. S použitím konverzního koeficientu  $K_{\text{inh}}(^{131}\text{I}_A, \text{dospělý, eff}) = 7.20 \text{ E}-08 \text{ Sv/Bq}$  bude mít odhadnutý úvazek efektivní dávky z inhalace hodnotu:

$$E_{\text{ef}} = \text{TIC} \times K_{\text{inh}} = 7.2 \mu\text{Sv}$$

Na hranici 100 km pásma (zelená izočára) dostáváme průměrnou hodnotu více než o řád nižší. Další podstatný pokles lze očekávat s rozptylem a promícháváním ve vzdálenostech několik stovek kilometrů od zdroje šíření (území ČR). Takto se dostáváme k odhadovaným malým hodnotám uvedeným na začátku tohoto popisu majících zcela zanedbatelný nepříznivý zdravotní dopad na populaci.

Je připraven speciální software a není problém analyzovat celý dlouhodobý únik za září až listopad 2011 s naměřenou (nebo alespoň odhadovanou) dynamikou úniku (pracovní režim v přepracovacím závodě, týdenní pracovní cykly a pod.). Je to pouze otázka poněkud zdlouhavé přípravy vstupů (pokud pro ně budou existovat věrohodné podklady). Nicméně konstatujeme, že je zde připraven multifunkční programový prostředek pro mnohostranné použití v posuzování následků nejrůznějších scénářů úniků radionuklidů do životního prostředí.