

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 04.08 Rádiologické podmienky
spôsobené vonkajšími zdrojmi

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

		LC							
SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil	Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil			
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia	Company use/P	
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	A	Information Only / Len na informáciu			
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000			Revision index / Index revízie: 13		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361015		A4	6.01	RS	Z	8	
				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent	
				1	44				

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436101513_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 29.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0730	• 29.07.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•	•	•	•	•	•	
	•	•	•	•	•	•	
	•	•	•	•	•	•	
	•	•	•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0220	• 31.07.2019	•	
Verified by / Overil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0720	• 31.07.2019	•	
Approved by / Schválil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 1703	• 31.07.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Predprevádzková bezpečnostná správa • Kapitola 04.08 Rádiologické podmienky spôsobené vonkajšími zdrojmi	• PNM3436101513_S_C00_V	• 13
2.	• Predprevádzková bezpečnostná správa • Kapitola 04.08 Rádiologické podmienky spôsobené vonkajšími zdrojmi	• PNM3436101513_S_C01_V	• 13
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	4
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	5
ÚVOD	7
4.8 Rádiologické podmienky spôsobené vonkajšími zdrojmi	8
4.8.1 Rádioaktivita pozadia a gama žiarenie	8
4.8.1.1 Prírodná pozadová rádioaktivita a gama žiarenie v lokalite, vývoj a stav pred uvedením MO34 do prevádzky	9
4.8.1.2 Aktivita umelých rádionuklidov v jednotlivých zložkách životného prostredia pred a po Černobyľskej havárii	11
4.8.2 Systém monitorovania v okolí existujúcich JZ v lokalite Mochovce	21
4.8.2.1 Monitorovací program okolia - EMO	21
4.8.2.1.1 Teledozimetrický systém (TDS)	21
4.8.2.1.2 Monitorovacia sieť stálych dozimetrických staníc - SDS	23
4.8.2.1.3 Monitorovacia sieť TLD	23
4.8.2.1.4 Mobilné prostriedky monitorovania v okolí EMO	23
4.8.2.1.5 Odber, spracovanie a vyhodnotenie vzoriek ŽP v LRKO a TDS	24
4.8.2.1.6 Spracovanie výsledkov analýz, meraní a archivácia	27
4.8.2.2 Špecifiká monitorovania vplyvu RÚ RAO a FS KRAO na okolité ŽP	28
4.8.2.2.1 Monitorovanie okolia RÚ RAO	28
4.8.2.2.2 Monitorovanie okolia FS KRAO	28
4.8.3 Súčasná úroveň externého žiarenia a aktivity RN v zložkách ŽP v okolí existujúcich JZ	30
4.8.3.1 Možné akumulčné zóny v lokalite	30
4.8.3.2 Aktivita rádionuklidov v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite Mochovce	31
4.8.3.2.1 Vplyv havárie JE Fukushima v okolí EMO	36
4.8.3.3 Aktivita ¹⁴ C vo vode a atmosfére	37
ZÁVER	39
LITERATÚRA	40
ZOZNAM TABULIEK	44
ZOZNAM OBRÁZKOV	44

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

%MC	Percentá moderného uhlíka (angl. percent modern carbon, vyjadruje obsah ^{14}C v percentách vzhľadom na medzinárodný rádiouhlíkový štandard definujúci rovnovážnu hodnotu aktivity ^{14}C v prírode v roku 1890, t.j. v čase pred vplyvom civilizačných faktorov. Rovnovážna aktivita rádiouhlíka je 0.225 Bq/g uhlíka.)
CD	Elektronický nosič dát (angl. Compact Disc)
CRCS	Centralizovaný systém radiačnej kontroly (V dozorni radiačnej kontroly na EMO12) (angl. Centralised Radiation Control System)
EIA	Analýza dopadu na životné prostredie (angl. Environmental Impact Analysis)
EMO	Jadrová elektrárň Mochovce - označenie pre areál SE skladajúci sa z areálov EMO12 a MO34, ktoré bezprostredne navzájom susedia a ktoré majú spoločný systém radiačnej kontroly ich okolia (všeobecné označenie JE Mochovce)
EMO12	SE a.s. Bratislava, závod 1. a 2. blok JE Mochovce (v prevádzke)
FMFI UK	Fakulta matematiky fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Bratislava
FS KRAO	Finálne spracovanie kvapalných rádioaktívnych odpadov
GIS	Geografický informačný systém
GPS	Globálny polohovací systém (angl. Global Positioning System)
GSM	Globálny systém mobilných komunikácií (ang. Global System for Mobile Communications)
HPGe GSP	Gama spektrometria s polovodičovým detektorom z vysokočistého germánia
ICRP	Medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu (ang. International Commission on Radiation Protection)
IK	Ionizačná komora
JAVYS	Jadrová a vyradovacia spoločnosť, a.s. Bratislava
JE	jadrová elektrárň
JEZ	jadrovo-energetické zariadenie
JZ	jadrové zariadenie
LRKO a TDS	Laboratórium radiačnej kontroly okolia a teledozimetrický systém
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MDA	minimálna detekovateľná aktivita
MO34	SE a.s. Bratislava, závod, 3. a 4. blok JE Mochovce (vo výstavbe)
MSVP	Medzisklad vyhoreného paliva (jadrového)
MŽP SR	Ministerstvo ŽP SR
NV	Nariadenie vlády
PC	personálny počítač
PpBS	predprevádzková bezpečnostná správa
PD	Príkon dávky

PPDE	príkon priestorového dávkového ekvivalentu
RAO	rádioaktívny odpad
RDEMO	výpočtový systém na ocenenie rádiologických následkov výpustí rádioaktívnych látok (Ročné Dávky v okolí EMO)
RK	radiačná kontrola
RN	Rádionuklid
RÚ RAO	Republikové úložisko rádioaktívnych odpadov Mochovce
SDS	stabilná dozimetrická stanica
SE	Slovenské elektrárne a.s., Bratislava
SE-VYZ	Slovenské elektrárne, a.s. Bratislava, závod Vyrad'ovanie JEZ a nakladanie s RAO a vyhoreným palivom, závod Jaslovské Bohunice (teraz JAVYS a.s.)
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SPARTACUS	Medzinárodný projekt (Modelling of Spatial Redistribution of Radionuclides within the Mochovce Study Catchment)
SR	Slovenská republika
TDS	teledozimetrický systém
TLD	termoluminiscenčný dozimeter
USA	Spojené štáty americké (angl. United States of America)
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
ÚVZ SR	Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava
VTP	Vedecko technický projekt
VUJE	VUJE a.s. Trnava (skrátенý obchodný názov podľa obchodného registra)
VzPhV	Vzorka poľnohospodárskej výroby
WLM	Mesačná pracovná úroveň (angl. Working Level Mounthly)
Z.z.	Zbierka zákonov SR
ŽP	životné prostredie

ÚVOD

Predkladaná technická správa je súčasťou PpBS MO34.

Je vypracovaná v súlade s [II.1], [II.2], [II.3], [II.6], [II.7]. Pritom bolo primerane prihliadnuté k [II.11].

Sú dostatočne popísané rádiologické podmienky v areáli JZ a jeho okolí vrátane vplyvu iných JZ (JE) a iných externých zdrojov. Tieto údaje sú popísané v takom rozsahu, aby umožnili vytvorenie prehľadu o rádiologických podmienkach na území lokality. Uvedený je stručný popis systémov pre monitorovanie radiačnej situácie a príslušných technických prostriedkov pre detekciu všetkých druhov žiarenia a rádioaktívnej kontaminácie. Kapitola obsahuje referencie na iné časti tejto PpBS týkajúce sa radiačnej ochrany a vplyvu JZ na ŽP.

Kapitola popisuje rádiologické podmienky na území a v okolí JE MO34, spolu so zohľadnením rádiologických vplyvov ostatných JZ v lokalite (bloky EMO12, FS KRAO a RÚ RAO) ako aj iných vonkajších zdrojov (globálny depozit, depozit z černobyľskej havárie a jeho priestorové prerozdelenie v mikropovodiach, vplyv havárie Fukushima). Tieto údaje sú popísané v takom rozsahu, aby umožnili vytvorenie prehľadu o rádiologických podmienkach na území lokality [II.9]. Okrem toho sú popísané siete radiačného monitorovania určené na detekciu všetkých druhov žiarenia a kontaminácie na území EMO.

Pri vypracovávaní tejto technickej správy boli zohľadnené aj pripomienky uvedené v Rozhodnutí ÚJD SR č. 267/2008.

4.8 Rádiologické podmienky spôsobené vonkajšími zdrojmi

4.8.1 Rádioaktivita pozadia a gama žiarenie

V súčasnosti sa v lokalite Mochovce nachádzajú viaceré jadrové zariadenia, ktoré sú prevádzkované dvomi organizáciami – SE, a.s. a JAVYS a.s., Bratislava.

SE a.s. Bratislava je prevádzkovateľom EMO 12, JAVYS, a.s. je prevádzkovateľom dvoch JZ:

1. RÚ RAO, ktoré sa nachádza vo vzdialenosti 1,5 km severozápadným smerom od EMO,
2. FS KRAO, ktoré je objektovo spojené s EMO12.

Pripravovaná je výstavba ďalšieho JZ v areáli EMO – Medziskladu vyhoreného jadrového paliva, ktorého výstavba bola zatiaľ odložená.

Vymenované JZ v lokalite môžu byť v prípade ich havárie s únikom RN do okolia významnými potenciálnymi vonkajšími zdrojmi ovplyvňujúcim rádiologické podmienky v okolí MO34. V prípade normálnej prevádzky je ich vplyv zanedbateľný.

Významnými potenciálnymi vonkajšími zdrojmi pre MO34 môžu byť aj existujúce JZ mimo lokalitu a to v SR, alebo aj za jej hranicami, avšak opäť iba v prípade ak dôjde k ich ťažkej havárii. Významnosť vplyvu takýchto zdrojov závisí potom od uvoľneného inventáru rádionuklidov, ich vzdialenosti od lokality a meteorologických podmienok, hlavne smeru vetra, prevládajúceho následne po havárii.

Príkladom zdroja s významným vplyvom na rádiologické podmienky v lokalite je Černobyľská havária v r. 1986. Menej významný, ale merateľný v atmosférickom vzduchu bol vplyv havárie JE vo Fukushime v r. 2011. Havária JE Three Mile Island v USA v r. 1979, ale napr. aj havária JE A1 v lokalite Bohunice v r. 1977 mala na lokalitu nemerateľný zanedbateľný vplyv.

Havária blízkeho (EMO12), alebo aj vzdialeného JZ s nepriaznivými podmienkami sa môže prejaviť v okolí MO34 hlavne:

- zvýšením externého gama žiarenia v lokalite z prechádzajúceho mraku s krátko žijúcimi RN (hlavne vzácne plyny, príp. aj aerosól) – málo závažné havárie s únikom prevažne rádioaktívnych vzácných plynov, nadprojektové havárie EMO12 bez závažného poškodenia aktívnej zóny.
- zvýšením rádioaktivity aerosólov v prízemnej vrstve atmosférického vzduchu (významný je hlavne krátkodobý ^{131}I a dlhodobé ^{137}Cs (príp. aj častice ožiareného paliva z blízkeho zdroja), ktoré sa môžu prejaviť aj významným zvýšením depozitu na terén a vegetáciu, napr. rádiologické podmienky po černobyľskej havárii – ťažké havárie vzdialených zdrojov, alebo nadprojektová havária blízkeho zdroja s reaktorom s tavením paliva),
- zvýšením rádioaktivity pôdy, spádom zasiahnutej vegetácie, a odtokajúcich povrchových vôd po búrkovom daždi,
- zvýšením rádioaktivity pôdy a dnových sedimentov retenčných vodných nádrží v dôsledku priestorového prerozdelenia zvýšeného depozitu v členitých mikrouzemiach lokality (dôsledky vodnej erózie pôdy), prerozdelenie RN je špecifické pre lokalitu a závisí od mnohých faktorov, hlavne však od členitosti mikroreliefu lokality.

Hromadné **jadrové skúšky** vykonávané v atmosfére do ich zákazu v roku 1962 sú stále merateľným vonkajším globálnym zdrojom v lokalite. Je to dôsledok uvoľnenia veľkého množstva umelých RN do atmosféry a globálne do stratosféry, odkiaľ sa umelé dlhožijúce RN opäť cez atmosféru postupne dostávajú do zložiek ŽP. V súčasnosti sa stále prejavujú veľmi nízkymi rádioaktivitami dlho žijúcich RN (napr. ^{137}Cs , ^{90}Sr , transu-

rány) v prízemnej vrstve atmosféry ako aj ich zvýšenou aktivitou v pôde, kde sa tieto RN postupne nahromadili (depozit). Vo vode a tým prakticky vo všetkých zložkách ŽP lokality sú tiež stále merateľné.

Jednorazové skúšky vykonané v Číne (posledná merateľná v lokalite v r. 1980 v LOP NOR) – bola zaznamenaná aj v lokalite Mochovce a spôsobila zvýšenie niektorých štiepných a aktivačných produktov na niekoľko mesiacov hlavne v akumuláčnych zložkách ŽP. Po relatívne rýchlom odznení sa výskyt RN v lokalite vrátil k trendom ovplyvňovaným jadrovými skúškami do r. 1962.

Ďalšími významnými vonkajšími zdrojmi v lokalite sú:

- **prirodzené RN v pôde** a ostatných terestriálnych a hydrologických zložkách ŽP a
- **prirodné kozmické gama žiarenie**, závislé od nadmorskej výšky lokality a výskytu prirodzených RN v podloží okolitého terénu.

4.8.1.1 Prírodná pozadťová rádioaktivita a gama žiarenie v lokalite, vývoj a stav pred uvedením MO34 do prevádzky

Je tvorená prírodnými a umelými RN vo všetkých zložkách ŽP a kozmickým gama žiarením. Spolu vytvárajú pozadťové prírodné gama žiarenie, ktoré je všade okolo nás. Okrem toho sú tieto RN zabudované do všetkých aj potravinových expozičných ciest človeka, čím vytvárajú prírodné pozadťové (vzhľadom k MO34) interné ožiarovanie kritických skupín obyvateľstva.

Celková úroveň externého žiarenia, meraná tlakovou ionizačnou komorou RSS 111 na sprasiach a hlinách je v lokalite približne rovnaká s hodnotou dávkového príkonu externého gama žiarenia v 1 m výške nad povrchom terénu: $95 \pm 6,1$ nGy/h. Podľa meraní RSS-111 pred zahájením výstavby (1979-1982) hodnota úrovne externého gama žiarenia významne závisí od geologického podložia v mieste merania [I.1]. Východne od areálu EMO sa ťahne severojužne veľký pás andezitov, ktorý spôsobuje zvýšenie expozičných príkonov asi o 30 %.

Úroveň kozmického žiarenia stanovená ionizačnou komorou RSS 111 nad vodnou hladinou, prepočítaná pre nadmorskú výšku lokality Mochovce je 34 nGy/h [I.2]. Podľa tejto hodnoty veľkosť terestriálnej zložky externého gama žiarenia bola v priemere 61 nGy/h.

Meraniami útvaru Laboratória radiačnej kontroly okolia EMO v Leviciach (ionizačná komora RSS 111 na 15 miestach v okolí EMO) bola stanovená veľmi podobná priemerná úroveň celkového gama žiarenia aj v r.1992 ($94 \pm 7,4$ nGy/h) [I.3]. Z toho vyplýva po odpočítaní kozmickej zložky hodnota pre terestriálnu zložku 60 nSv/h. Až 98.6% terestriálnej zložky príkonu dávky pri týchto meraniach pochádzalo od prirodzených geogénnych rádionuklidov: U- radu (23,2 %), Th- radu (39,9 %) a ^{40}K : (35,5) %.

Podiel antropogénneho RN ^{137}Cs vo vybraných miestach (in situ) merania v okolí EMO tvoril iba 1,4 % celkového príkonu dávky (1.3 nGy/h), čo zodpovedá relatívne nízkemu depozitu s mernou aktivitou okolo 7 Bq/kg, alebo plošnou aktivitou 2625 Bq/m² vo vrchnej 25 cm vrstve pôdy. V porovnaní s týmito údajmi boli na viacerých miestach lokality EMO namerané v roku 1992 aj oveľa vyššie úrovne černobyľského depozitu - viď Tab. 4.8-7. Navyše na neobrábaných pôdach je konverzný faktor príkonu dávky oproti spomínanej hodnote asi 2-krát vyšší - viď Tab. 4.8-5. Podľa textu v časti „Zvýšené aktivity ^{137}Cs z černobyľského depozitu v pôdach“ na niektorých miestach lokality je možné očakávať príkon dávky od ^{137}Cs až na úrovni okolo 35 nGy/h (190 Bq/kg v 5 cm vrstve pôdy).

Podľa „Vyhodnotenia predprevádzkových meraní v okolí EMO“ [I.17] priemerná hodnota celkového príkonu dávky za roky 2005-2010 bola na úrovni 92.5 nSv/h, čiže opäť podobná priemerná úroveň ako predtým (tento PD zodpovedá ročnej dávkovej záťaži 0.80 mSv/r).

Napriek stálosti priemernej hodnoty v lokalite je z Tab. 4.8-1 vidieť výraznú variabilitu jednotlivých hodnôt celkovej PD (67 až 116 nSv/h) spôsobenú hlavne časovými a aj priestorovými vplyvmi. Napr. maximálne úrovne PD v mieste EMO chladiace veže sú v rozsahu 93 až 116 nSv/h, kým minimálne úrovne v mieste Levice vo významne menšom rozsahu 74 až 92 nSv/h. Miesta s absolútne najnižšími hodnotami PD sú podľa [I.17] v lokalite RÚ RAO (74.8 ± 4.5 nSv/h) a v lokalite merania Levice čo je pravdepodobne dané ílovi tým geologickým podložím (tieto údaje neboli zahrnuté do spomínanej priemernej hodnoty).

Najvýraznejšími faktormi ovplyvňujúcimi PD sú zmeny kozmického žiarenia a vplyv emanácie radónu z podložia, o ktorých nie sú dostupné presnejšie údaje .

Pre porovnanie sú v Tab. 4.8-2 uvedené priemerné ročné hodnoty efektívnej dávky zo všetkých významných prírodných zdrojov žiarenia podľa UNSCEAR 2008 [II.10]. Je vidieť, že úroveň kozmického a externého ožiarovania je podobná ako v okolí EMO. Navyše sú v tejto tabuľke uvedené aj celosvetové priemerné hodnoty pre vnútorné ožiarovanie z inhalácie radónu a ingescie potravín s obsahom prírodných RN. Celkovo sa v priemere podľa tejto tabuľky jedná o požadovú dávkovú záťaž 2.4 mSv/rok (1.14 mSv/rok bez radónu). Táto hodnota môže byť v lokalite EMO ešte vyššia v dôsledku zvýšenej priemernej úrovne radónu v SR (2.0 mSv/rok - vid' poznámka pod Tab. 4.8-2).

Tab. 4.8-1 Ročné priemerné hodnoty príkonu dávky [nSv/h] namerané ionizačnou komorou RSS 111 v okolí EMO za roky 2005 – 2010 (priemer 72 jednomesačných hodnôt) [I.17]

Miesto merania	Priemer	Št.odchýlka	Minimum	Maximum
Levice	83.8	4.3	74	92
Kalná	92.8	5.3	77	106
Nový Tekov	96.8	6.3	68	108
M. Kozmálovce	96.9	5.0	79	106
Veľký Ďur	95.1	5.3	79	109
Čífare	88.2	5.9	68	102
Vráble	84.6	7.3	67	96
Tajná	87.1	4.4	69	96
Č. Hrádok	87.9	4.0	75	98
Nemčiňany	92.4	5.1	76	103
Zlaté Moravce	91.3	4.2	72	100
Kozárovce	97.0	4.9	83	107
Rybník	93.0	7.2	69	110
EMO SDS	95.6	5.3	77	104
EMO CHL. VEŽE	102.9	4.2	93	116
EMO FS KRAO 2	94.2	6.8	72	113
Priemer	92.5	5.3	67	116
RÚ RAO (5 miest vrátane SDS)	74.8	4.5	61	95
Kozmické žiarenie* (1x za rok)	41.7	3.9	38	50

* - kozmické žiarenie je merané 1x za rok, preto priemerná hodnota nie je dostatočne reprezentatívna pre porovnanie s ostatnými hodnotami PD

Tab. 4.8-2 Ožiarenie obyvateľstva z prírodných zdrojov podľa UNSCEAR 2008 [II.10]

Zdroj ožiarenia	Ročná efektívna dávka [mSv]	Poznámka
Kozmické žiarenie	0.39	Z toho 0.1 od zložky neutrónov (0 m nad morom, 50° severnej šírky)
Externé terestriálne žiarenie	0.48	Z toho 0.41 z pobytových priestorov
Interné ožiarenie vdychovaním	1.26	Z toho 1.15 od radónu ²²² Rn *
Interné ožiarenie ingesciou	0.29	Z toho 0.17 od ⁴⁰ K
Celkom	2.4	Bez inhalácie 1.14

* Nominálny koeficient ujmy použitý pre prepočet ožiarenia na riziko rakoviny pľúc sa zmenil z hodnoty 2.83E-04/WLM (ICRP65) na 5.0E-04/WLM (ICRP115 [II.9]), t.j. približne dvojnásobne. Z toho vyplýva zvýšená hodnota ročnej efektívnej dávky z inhalácie radónu²²² 2.37 mSv.

SR patrí medzi krajiny s vyšším výskytom radónu v pobytových priestoroch. V [III.27] sa uvádza priemerná hodnota ročnej efektívnej dávky pre obyvateľa v SR v dôsledku inhalácie radónu 2 mSv.

Podľa § 91 zákona 87/2007 Z.z. [II.4] [II.4] z pracoviska, na ktorom sa vykonáva činnosť vedúca k ožiareniu možno vypúšťať rádioaktívne látky do ovzdušia a povrchových vôd, ak úrad alebo príslušný regionálny úrad vypúšťanie povolil a ak je zabezpečené, že priemerná efektívna dávka reprezentatívnej osoby spôsobená ich uvedením do životného prostredia v žiadnom kalendárnom roku neprekročí 0.05 mSv, a to ani vtedy, ak sa uvoľňovaná rádioaktívna látka v dôsledku vykonávania činnosti nahromadí. Medzná dávka reprezentatívnej osoby na projektovanie, stavbu a prevádzku jadrového zariadenia pre jedného prevádzkovateľa jadrového zariadenia je 0.25 mSv za kalendárny rok; pri výpustiach do ovzdušia aj do povrchových vôd sa hodnota medznej dávky reprezentatívnej osoby stanovuje osobitne pre jednotlivé výpuste takto: efektívna dávka 0.2 mSv za kalendárny rok pre výpuste do ovzdušia a efektívna dávka 0.05 mSv za kalendárny rok pre výpuste do povrchových vôd. Jedná sa pritom o podiel ročného limitu efektívnej dávky pre kritickú skupinu obyvateľov v okolí JE, ktorý je tiež v súlade s medzinárodným odporúčaním ICRP 103 [II.8].

Ako dôsledok jadrových reakcií medzi kozmickým žiarením a molekulami vzduchu neustále vznikajú aj prírodné kozmogénne RN v atmosfére. Jedná sa o ⁷Be, ¹⁴C a ³H. Tieto RN sú vymývané zrážkami, ale aj suchým depozitom do pôd a povrchových vôd. Špecifické aktivity týchto RN v pôde a vodách sú veľmi nízke, sú popisované podrobnejšie v kap. 4.8.3 tejto podkapitoly. Dávková záťaž od týchto RN je zanedbateľne malá.

4.8.1.2 Aktivita umelých rádionuklidov v jednotlivých zložkách životného prostredia pred a po Černobyľskej havárii

Pozadová rádiologická situácia v lokalite Mochovce bola monitorovaná v značnom predstihu pred uvedením do prevádzky JZ a to rôznymi organizáciami z titulu svojej pôsobnosti (hygienické dozorné orgány, SHMÚ, VUJE a ďalšie podľa odkazov v literatúre). Výsledky prvého systematického prieskumu rádioaktivity v r. 1979-82 (VUJE) sú zhrnuté v [I.1]. Ďalšie údaje z tohto obdobia možno nájsť v [I.2]. V tomto období bola rádiologická situácia v lokalite **ovplyvnená iba globálnym depozitom umelých RN z jadrových skúšok v atmosfére**. Charakteristickým v tomto období bola už relatívne nízka kontaminácia vzduchu (zodpovedala celkovému trendu poklesu úrovne umelých RN v atmosfére ako dôsledok zákazu skúšok jadrových zbraní v atmosfére, ktorý začal platiť od r.1963). Výsledky monitorovania radiačného pozadia v lokalite Mochovce podľa rádiologického prieskumu vykonaného vo VUJE v období 1981 - 1982 sú zhrnuté v Tab. 4.8-3. Z tabuľky je vidieť, že umelé RN z globálneho depozitu boli merateľné, ale tvorili iba nepatrnú časť zistenej

celkovej rádioaktivity jednotlivých zložiek životného prostredia, v ktorých jednoznačne dominoval prirodzený geogénny ^{40}K . Výnimku tvorí ovzdušie (aerosóly a atmosférický spád), kde v celkovej rádioaktivite dominuje kozmogénne ^7Be . Umelé RN boli pri dostatočnej koncentrácii vo vzduchu merateľné na úrovniach 0.03 - 0.5 mBq/m^3 .

Tab. 4.8-3 Výskyt pozadovej rádioaktivity v zložkách životného prostredia a v článkoch potravinového reťazca (výsledky meraní podľa VUJE z r.1981-1982) [I.1]

Zložka prostredia	Rozsah nameraných hodnôt			
	$\Sigma\beta$	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
VZDUCH				
Aerosóly* $[\text{mBq/m}^3]$	0,7 - 2,7	-	0,03 - 0,5	-
Spád atmosférický $[\text{Bq m}^{-2}/\text{mesiac}]$	4 - 70	-	1,0 - 5,0	0,2 - 2,2
PÔDY $[\text{Bq/kg}]$				
Orné	580 - 975	730 - 945	4 - 15	1 - 4,5
Lesné	500 - 1440	310 - 885	6 - 47	3 - 12
POVRCHOVÉ VODY $[\text{Bq/dm}^3]$				
Hron	0,1 - 0,3	0,07 - 0,2	$(0,5 - 2) \cdot 10^{-3}$	$(5 - 10) \cdot 10^{-3}$
Žitava	0,1 - 0,5	0,03 - 0,5	$(1 - 4) \cdot 10^{-3}$	$(5 - 10) \cdot 10^{-3}$
Telínsky potok	0,2 - 0,7	0,15 - 0,6	$(2 - 8) \cdot 10^{-3}$	$(5 - 10) \cdot 10^{-3}$
PITNÉ VODY $[\text{Bq/dm}^3]$				
Komunálne zdroje	0,1 - 0,5	0,05 - 0,4	$(1 - 4) \cdot 10^{-3}$	$(2 - 8) \cdot 10^{-3}$
VODNÝ SEDIMENT				
Sušina $[\text{Bq/kg}]$	750 - 1100	450 - 550	4 - 20	1 - 2
KRMOVINY $[\text{Bq/kg}]$				
Trávy suché	100 - 400	50 - 200	2 - 8	6 - 25
Lucerna suchá	600 - 1000	500 - 900	1 - 4	3 - 15
POTRAVINY $[\text{Bq/kg}]$				
Obilie - zrna	50 - 200	40 - 150	0,2 - 0,8	0,1 - 0,5
Mäso - sušina ⁽¹⁾	200 - 400	150 - 350	0,5 - 1,5	0,2 - 0,6
Mlieko - sušina ⁽¹⁾	300 - 600	300 - 550	0,5 - 1,5	0,2 - 0,6
- surové ⁽¹⁾	35 - 70	35 - 65	0,06 - 0,18	0,02 - 0,07

(1) - Aktivita ^{90}Sr je odhadnutá relatívne k aktivite ^{137}Cs ,

*- na aerosólových filtroch dominuje aktivita ^7Be (3-5 MBq/m^3 a krátkodobých rozpadových produktov ^{220}Rn)

Jednorazové čínske nukleárne skúšky. Výnimku zo spomínaného klesajúceho trendu tvoril globálny depozit v roku 1981, kedy bolo zaznamenané rádové zvýšenie celkovej beta aktivity spádov za mesiace jún a júl. Gamaspéktrometrická analýza vzoriek z tohto obdobia potvrdila významné zvýšenie aktivity krátkodobých rádioizotopov ($^{95}\text{Zr-Nb}$, $^{103,106}\text{Ru}$, ^{144}Ce) v globálnom atmosférickom spáde. Analogické zvýšenie aktivity bolo zaznamenané aj vo vzorke sedimentu z Hrona (jún 1981) a vo vzorkách lístia lesných drevín a trvalých trávnych porastov odobraných v septembri 1981 [III.14]. Toto krátkodobé zvýšenie pozadových hodnôt aktivity vo vzorkách kumulatívneho charakteru sa prejavilo aj v iných lokalitách (Jaslovské Bohunice, Bratislava [III.15], [III.16]) a bolo aj s ohľadom na publikované údaje prisúdené vplyvu atmosférickej nukleárnej skúšky

v r.1980 [III.17] - podľa [III.18] posledný atmosférický výbuch sa uskutočnil 16. Októbra 1980 v Lop Nor (Čína).

Havária JE v Černobyle v apríli 1986 sa prejavila podobne ako aj na iných miestach zvýšením krátko žijúceho ^{131}I (8.3 dňa) a dlho žijúceho ^{137}Cs (30.7 rokov) v atmosférických aerosóloch a spáde. V priebehu prechodu černobyľského mraku začiatkom mája 1986 sa v lokalite EMO vyskytli na niektorých miestach aj významné zrážky. Takto došlo k zvýšenému vymývaniu ^{137}Cs z atmosféry a jeho kumulácii v pôdach a na povrchu vegetácie s už rozvinutou listovou plochou. Oproti miestam v SR, kde k takýmto zrážkam nedošlo, napr. lokalita Bohunice, je tento depozit na exponovaných miestach v lokalite EMO viacnásobne zvýšený. Transport RN z černobyľského mraku v podmienkach SR je na základe empirických údajov podrobne popísaný v publikácii [III.25]. Z nameraných údajov vyplýva, že príjem koreňmi rastlín je aj na miestach so zvýšenou aktivitou zanedbateľný.

Postupom času sa vplyv havárie na výskyt RN v zložkách ŽP v lokalite zmenšoval a už v r.1992 bol merateľný prakticky iba v pôde, kde kumulovaný zvýšený depozit ^{137}Cs ostal dlhodobo zadržaný. Zvýšenie hmotnostnej aktivity tohto RN sa najviac prejavuje aj v súčasnosti v neobrábaných pôdach (napr. lesy, lúky), kde černobyľský depozit sa stále nachádza v plytkej povrchovej vrstve pôdy (hrúbka niekoľko cm). V ornej pôde bol depozit zriedený orbami postupne do hĺbky 20 cm a následne až 30 cm. Zvýšenie výskytu ^{137}Cs sa prejavuje aj v iných vzorkách ŽP kumulatívneho charakteru (napr. dnových sedimentoch), kde navyše dochádza v dôsledku pôdnej erózie svahov ku kumulácii kontaminovaných pôdných častíc z odtiekajúcich dažďových vôd v danom mikropovodí (viď napr. ďalej údaje pre Čifársky rybník).

Na orných pôdach dochádza k postupnej veternej a vodnej erózii pôdy, ktorá najmä na svahoch v kombinácii s orbou prispieva k postupnému znižovaniu aktivity RN v povrchovej (oranej) vrstve pôdy. Naopak v miestach povodia s kumuláciou odplavených častíc pôdy dochádza k nárastu plošnej aktivity týchto RN (údolná časť povodia v miestach odvodnenia daného povodia).

Rozsah meraní, ktoré sa uskutočňovali útvarom LRKO a TDS Levice v rámci predprevádzkového monitorovacieho programu okolia EMO12 bol obdobný ako v rámci prieskumu VUJE v r.1979-82. Základné parametre požadovej radiačnej situácie boli získavané v 15 stabilných dozimetrických staničkách. Vo väčšom rozsahu bola využívaná polovodičová gama spektrometria a to i pre terénne in-situ merania - pozri Tab. 4.8-4.

V tejto tabuľke sú uvedené údaje o rádioaktivite vzoriek ŽP v okolí EMO12 za r.1992, vybraných ako charakteristické pre úroveň požadovej rádioaktivity vzoriek životného prostredia v posledných rokoch pred uvedením do prevádzky 1. bloku EMO12.

Tab. 4.8-4 Výskyt požadovej rádioaktivity v jednotlivých zložkách životného prostredia, LRKO rok 1992 [I.3]

Zložka prostredia	Rozsah nameraných hodnôt			
		^7Be	^{137}Cs	^{90}Sr
VZDUCH				
Aerosóly [mBq/m ³]		2,6 ± 1,1	0,006 ± 0,002	-
Spád atmosférický [Bq.m ⁻² /štvrťrok]		-	1,1 - 3,3	-
		^3H	^{40}K	^{137}Cs
POVRCHOVÉ VODY				
[Bq/dm ³]				
Hron (Kalná)	6,7 ± 0,5	0,34 ± 0,07	< 0,02	0,033 ± 0,01

Zložka prostredia	Rozsah nameraných hodnôt			
Žitava (Vráble)	5,5 ± 1,3	0,35 ± 0,07	< 0,02	0,032 ± 0,01
Telínsky potok	5,25 ± 0,95	0,53 ± 0,06	< 0,02	0,022 ± 0,005
PITNÉ VODY [Bq/dm ³]				
Nový Tekov (33)	8,5 ± 1	0,46 ± 0,08	< 0,02	0,022 ± 7,6
Krškany (studňa)	6,25 ± 0,5	0,24 ± 0,05	< 0,02	0,028 ± 10
	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	U-rad	Th - rad
VODNÝ SEDIMENT				
[Bq/kg sušiny]				
Hron (Kalná) ⁽¹⁾	15,4 - 83,5	471 - 518	30,9 - 44,1	28,3 - 38,1
KRMOVINY [Bq/kg sušiny]				
Trávy suché	1,4 - 7,0	540 - 580	< 1,0	0,5
Lucerna suchá	0,6 - 0,9	780 - 1210	< 1,0	0,5
POTRAVINY [Bq/kg suš.]				
Obilie - zrno	< 0,1	106 - 183	< 0,5	0,3
Mlieko-sušina	0,33 - 3,56	366 - 482	< 0,9	0,3
Zelenina	0,2 - 0,61	79 - 437	< 0,5	0,3
Ovocie (jablká)	0,12 - 0,31	33 - 51	< 0,2	0,1
Ovocie (hrozno)	< 0,1	66 - 121	< 0,2	0,1

⁽¹⁾ -merateľné bolo i ¹³⁴Cs

Porovnaním Tab. 4.8-4 s Tab. 4.8-3 je možné konštatovať výrazný pokles aktivity umelých rádionuklidov hlavne v atmosférických aerosóloch (2 rády) a spádoch napriek ich krátkodobému zvýšeniu po havárii JE Černobyl'. Úroveň dlhodobého ¹³⁷Cs v aerosóloch (600 µBq/m³) v r. 1981 - 82 (Tab. 4.8-3) bola určená globálnym depozitom po skúškach s jadrovými zbraňami. V máji 1986 po černobyľskej havárii jeho úroveň výrazne stúpla na jednotky Bq/m³ [III.20]. Po niekoľko ročnom odznievaní bola jeho aktivita vo vzduchu už v priebehu roka 1989 iba na úrovni 8.6 µBq/m³ [III.23]. Podľa údajov v Tab. 4.8-4 úroveň ¹³⁷Cs v aerosóloch v priebehu roka 1992 iba veľmi mierne poklesla úroveň 6 ± 2 µBq/m³. Odvtedy táto úroveň neustále klesá a v roku 2006 (ale aj v súčasnosti) dosahuje veľmi nízkych hodnôt na úrovni niekoľko desiatín µBq/m³ – viď Obr. 4.8-6.

V ostatných zložkách okrem vôd sa údaje v oboch tabuľkách podstatne nelíšia. Možno konštatovať, že stanovené hodnoty zodpovedali úrovniam globálneho rádioaktívneho znečistenia biosféry v danom období.

V marci 2011 sa nad územím v SR a aj v okolí MO34 začala prejavovať globálna kontaminácia ovzdušia po havárii Fukushima. Napriek obrovskej vzdialenosti havárie boli v ovzduší nad našim územím merateľné stopové aktivity rádionuklidov ¹³¹I, ¹³⁴Cs a ¹³⁷Cs (viď Tab. 4.8-14). Ich úroveň bolo možné v začiatkoch stanoviť len veľmi presnými meraniami, vyznačujúcimi sa odberom veľkého objemu vzduchu podobne ako to je aj v našom prípade. Úroveň RN v ovzduší sa podľa spomínanej tabuľky vrátila do normálu v júni 2011.

V lete 2011 sa v ovzduší objavili znovu stopy ¹³¹I (jednotky µBq/m³). Zaujímavé bolo, že sa jednalo len o tento RN. Výskyt iba jediného RN poukazoval na zdroj mimo prevádzky, alebo havárie JE (viď výsledky meraní aerosólov v okolí EMO12, alebo VUJE v tomto období). Neskôr sa ukázalo, že sa jednalo o úniky z výroby rádioizotopu ¹³¹I vo výskumnom reaktore v Budapešti.

Zvýšené aktivity ¹³⁷Cs z černobyľského depozitu v pôdach.

V lokalite Vráble boli v r.1992 pomocou terénnej in-situ spektrometrie namerané aktivity ¹³⁷Cs i ¹³⁴Cs, ktoré už badateľnejšie ovplyvňovali úroveň dávkového príkonu externého žiarenia od terestriálnej zložky v porovnaní so stavom pred haváriou v Černobyle. Výsledky terénnej in situ spektrometrie sú uvedené v Tab. 4.8-5.

Tab. 4.8-5 Výsledky terénnej gamaspektrometrie v lokalite Vráble, (19. 5.1992)

Rádionuklid	aktivita	dávkový príkon [nGy/h]
Umelé	[Bq/m ²]	
¹³⁴ Cs	620 ± 90	2,2 ± 0,3
¹³⁷ Cs	8660 ± 170	11,5 ± 0,2
Prirodzené	[Bq/kg]	
⁴⁰ K	530 ± 10	22,8 ± 0,6
U-rad	33 ± 8 (1)	14,4 ± 3,4 (2)
Th-rad	34 ± 7 (1)	22,1 ± 4,7 (2)
spolu		73,0 ± 5,0
merané ionizačnou komorou spolu - zahŕňa navyše aj kozmické žiarenie		101,0 ± 4,0

(1) - aktivita jedného člena rozpadového radu

(2) - dávkový príkon všetkých členov rozpadového radu v rovnováhe

Jednalo sa o dávkový príkon v neobrábanej pôde, ktorý bol ovplyvnený aj hĺbkovým rozdelením jednotlivých rádionuklidov. Zatiaľ čo prirodzené rádionuklidy sa vyznačujú rovnomerným hĺbkovým rozdelením ¹³⁷Cs a ¹³⁴Cs mali v r.1992 na tomto mieste hĺbkové rozdelenie podľa Tab. 4.8-6.

Tab. 4.8-6 Hĺbkové rozdelenie ¹³⁴Cs a ¹³⁷Cs v pôde v lokalite Vráble (1992)

vrstva	0 - 2 cm	2 - 5 cm	5 - 10 cm	> 10 cm
¹³⁷ Cs	25,5 %	44,3 %	25 %	5,2 %
¹³⁴ Cs	26,0 %	46,0 %	27 %	~ 1 %

Z údajov plošnej aktivity a hĺbkového rozdelenia v mieste Vráble v r. 1992 vyplýva, že hmotnostná aktivita ¹³⁷Cs v 0 až 5 cm vrstve je okolo 81 Bq/kg a vo vrstve pôdy 0-10 cm 55 Bq/kg (prepočet podľa predpokladanej plošnej hmotnosti pôdy: 15 kg.cm⁻²).

Ďalšie lokality so zvýšeným depozitom boli zistené v rámci predprevádzkového monitoringu LRKO a TDS na náhodne vybraných miestach v okolí EMO12, ktoré zrejme súvisia s už spomínaným výskytom zrážok na týchto miestach. Namerané údaje o aktivite pôdy vo vrchnej 5 cm vrstve sú uvedené v Tab. 4.8-7 podľa údajov LRKO a TDS z roku 1989.

Tab. 4.8-7 Hodnoty mernej aktivity RN ¹³⁷Cs v Bq/kg vo vrchnej 5 cm vrstve pôdy, odobranej v rámci prieskumu v r. 1989 prevažne z neobrábanej pôdy podľa štúdie „Východiskový stav...“ pre MŽP SR

P.č.	Lokalita	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	P.č.	Lokalita	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
1	Malé Kozmálovce	1.69	71.4	30	Hronské Kosihy	3.01	122.9
2	Nový Tekov	0.75	30.5	31	Čajkov-vinice	2.32	96.6
3	Nemčiňany	1.01	36.2	32	Nová Dedina-vinice	3.81	159.2
4	Červený Hrádok	1.74	73.8	33	Nová Dedina	0.56	23.2
5	Čifáre	1.34	50.7	34	Nemčiňany – Dobrica	0.63	30.7
6	Veľký Ďúr	2.02	81.2	35	Korlát-Majer	3.76	190.0
7	Kalná n/Hronom	0.47	18.4	36	Kozárovce	0.60	30.1

P.č.	Lokalita	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	P.č.	Lokalita	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
8	Tajná	0.74	30.5	37	Kováčov pot.-Tehla	0.38	19.8
9	Levice	1.18	51.1	38	Liska-Iňa	1.24	61.1
10	Kozárovce	2.21	90.0	39	Tehla-ornica	0.61	27.0
11	Rybník	3.02	121.8	40	Slepčany	-	14.8
12	Kalná n/Hronom	0.69	27.1	41	Sándorhalma	0.35	18.6
13	Veľký Ďúr	1.76	69.6	42	Nemčiňany-ornica	0.71	36.9
14	Červený Hrádok	1.92	75.4	43	Horná Seč	-	11.4
15	Čifáre	1.05	44.2	44	Vyšné n/Hronom	0.49	24.8
16	Lok	-	15.3	45	Starý Hrádok	0.78	38.8
17	Veľké Kozmálovce	4.07	158.2	46	Margita-Ilona	-	13.4
18	Nevidzany-Oháj	1.89	75.2	47	Dolné Lúky	0.45	22.8
19	EMO	3.45	137.4	48	Volkovce	0.48	22.3
20	Nemčiňany	0.87	34.8	49	Psiare	-	13.4
21	Malé Kozmálovce	2.01	81.3	50	T.Mlyňany-St. Háj	0.83	41.5
22	Nový Tekov	1.40	56.9	51	Melek	0.97	50.2
23	Hronské Kľačany	1.56	67.0	52	Mochovce-potok	-	4.1
24	Tajná	1.98	75.2	53	Géňa	-	8.4
25	Kalná n/Hronom	0.79	30.8	54	Čajkov	1.73	85.0
26	Ladislavov dvor	-	11.8	55	Gondovo	1.09	55.2
27	Strážny vrch-Levice	2.19	88.6	56	Nová Dedina	1.56	78.3
28	Marušová - Podlužany	1.15	49.8	57	Kmeťovce	1.24	62.2
29	Starý Tekov	0.34	12.8	58	Krškany	0.55	27.5

Z Tab. 4.8-7 vyplýva, že v okolí EMO sú miesta, kde hmotnostná aktivita ¹³⁷Cs je na úrovni 160 až 190 Bq/kg, čiže asi 2.5 – násobne vyššia ako v už vyššie spomínanom mieste merania vo Vrábľoch. V takýchto miestach dávkový príkon od ¹³⁷Cs je už významný, pretože jeho príspevok okolo 35 nSv/h, alebo 0.3 mSv/rok (určený odhadom podľa Tab. 4.8-5) dosahuje už asi polovicu PD od celkového požadovného terestriálneho gama žiarenia a znamená výraznú zmenu prirodzeného rádiologického pozadia. Merania uskutočnené po černobyľskej havárii preukázali aj v lokalite Mochovce, že príjem koreňmi rastlín a potravinovým reťazcom nie je ani na miestach so zvýšenou aktivitou významný [III.25].

Priestorové prerozdelenie zvýšeného depozitu ¹³⁷Cs v mikropovodí s vodnou nádržou

V rámci predprevádzkového monitorovania okolia RÚ RAO vykonaného VUJE bolo v roku 1998 uskutočnené aj bilančné monitorovanie ¹³⁷Cs na dne Čifárskeho rybníka (výsledky priestorového vyhodnotenia - [I.10]). V spolupráci s výskumným ústavom vodohospodárskym boli geodeticky zamerané vybrané šírkové profily (5 profilov) a v ich určených bodoch boli odobrané jadrové vzorky dnových sedimentov. Boli gamaspektrometricky analyzované 10 cm hrubé zhomogenizované jadrové vzorky a stanovená plošná aktivita ¹³⁷Cs spracovaná do príslušnej mapy. Získané výsledky sú znázornené na Obr. 4.8-1.

Zvýšenú hmotnostnú aktivitu ¹³⁷Cs (okolo 150 Bq/kg) možno pozorovať v sedimentoch na dne rybníka (hrúbka sedimentov okolo 30 cm). Ich hmotnostná aktivita koreluje s aktivitou najjemnejších frakcií pôdy zmývanej z vyššie položených častí elementárneho povodia s RÚ RAO. Plošná aktivita sedimentov dna bola v dobe odberu porovnateľná s plošnou aktivitou pôdy. Štatistiku nameraných hodnôt ¹³⁷Cs v odobraných jadrových vzorkách sedimentov a odhad jeho bilancie na dne možno zhrnúť nasledovne:

Tab. 4.8-8 Sumarizácia interpolácie aktivity ^{137}Cs v dnových sedimentoch Čifárskeho rybníka

plocha rybníka (ha)	14.0
Min. aktivita (Bq/m^2)	1 300.0
max aktivita (Bq/m^2)	13 748.0
priemer aktivita (Bq/m^2)	5 809.1
smerodajná odchýlka	3 064.0
Medián	5 348.0
stredná kvadratická chyba interpol. RMSE (Bq/m^2)	1676.0
aktivita sedimentov v rybníku spolu (Bq)	8.13×10^8

Dno Čifárskeho rybníka podľa týchto výsledkov sa ukazuje ako účinný zachytýny systém kontaminovaných častíc pôdy splavovaných búrkovými zrážkovými vodami z vyššie ležiaceho elementárneho povodia kontaminovaného zvýšeným depozitom ^{137}Cs či už z externého, alebo vlastného zdroja. Výsledkom je samočistiacca schopnosť povrchových vôd a zníženie objemovej aktivity plavenín na výstupe z Čifárskeho rybníka (Telínsky potok). Na druhej strane je kumulácia a zadržanie ^{137}Cs v dnových sedimentoch novým externým zdrojom v lokalite, ktorý na danom mieste znamená nepatrnú zmenu pôvodného rádiologického pozadia.

Akumulácia transportovaného materiálu v mikropovodí predstavuje jeden z vonkajších zdrojov rádioaktivity v lokalite, ktoré môžu ovplyvňovať pôvodné rádiologické pozadie ako aj rádiologické podmienky v ovplyvnených zložkách. Rôzne typy akumulačných zón identifikovaných v lokalite sú uvedené v kap. 4.8.3.1 tejto PpBS [I.10].

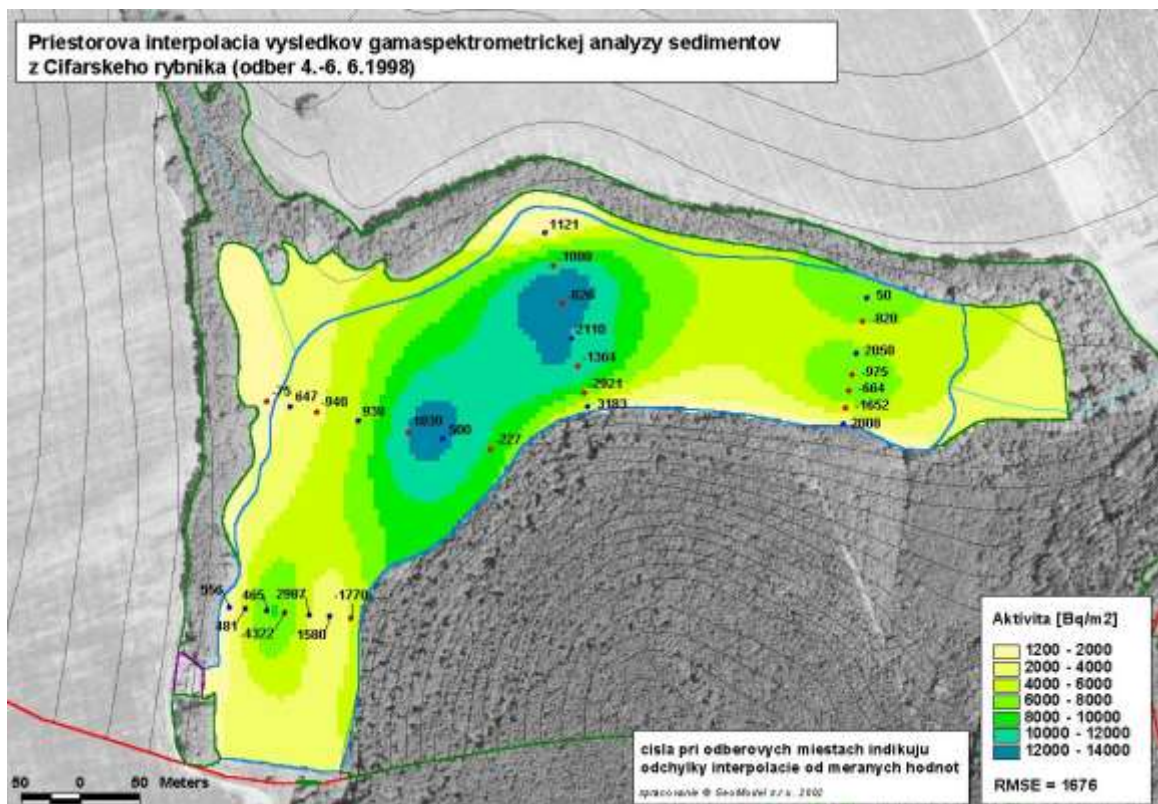
Priestorové prerozdelenie rádionuklidov depozitu (černobyľská havária) v priestoroch elementárneho povodia v blízkosti MO34 ako študijnej lokality, v ktorom je umiestnené aj RÚ RAO, bolo predmetom riešenia aj medzinárodného projektu SPARTACUS [I.10], [III.22], [III.26]. V rámci riešenia projektu bolo uskutočnené aj podrobné monitorovanie aktivity ^{137}Cs v obrábaných a lesných pôdach tohto mikropovodia.

Príslušné výsledky monitorovania na tomto študijnom území vzdialenom od SE- EMO asi 2 až 3 km ukázali, že ([III.24], [III.26]):

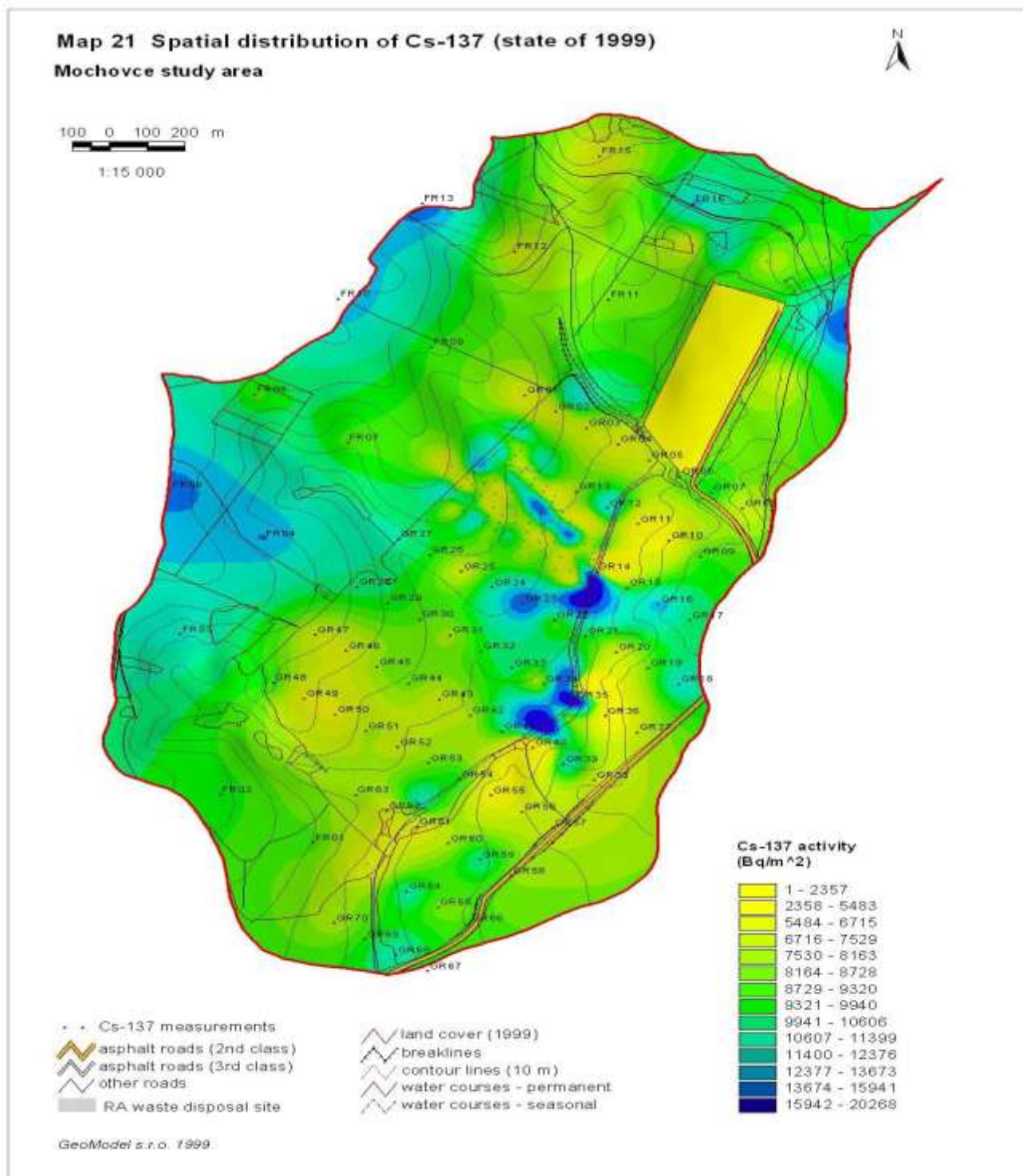
- Depozit ^{137}Cs v povodí zvýšený po černobyľskej havárii bol na úrovni $13\text{--}14 \text{ kBq/m}^2$, výnimočne až 20 kBq/m^2 , maximálna kontaminácia pôdy v tomto mikropovodí koreluje s výskytom zrážok a smerom vetra v dobe prechodu černobyľského mraku.
- Najvyššie hmotnostné aktivity pôdy boli zistené v lesnej pôde vo vrchnej vrstve humusu.
- Vyššie spomínané efekty vodnej erózie pôdy na svahoch a údolnej časti povodia viedli za 3 roky k diferenciácii depozitu na svahoch (zníženie aktivity) a údolnej časti mikropovodia (zvýšená plošná aktivita) – vid' Obr. 4.8-2 ako aj nárastu plošnej aktivity dnových sedimentov v Čifárskom rybníku – vid' Obr. 4.8-1 (z obrázku je vidieť, že kým pozaďové predčernobyľské úrovne boli na úrovni $2\text{--}4 \text{ kBq/m}^2$, počernobyľské úrovne dosahujú v najhlbších miestach v strede rybníka úroveň $12\text{--}14 \text{ kBq/m}^2$).

Podrobné priestorové rozdelenie plošnej aktivity ^{137}Cs v elementárnom povodí s RÚ RAO je zobrazené podľa výsledkov riešenia projektu SPARTACUS na Obr. 4.8-2. Jednotlivé odberové miesta vzoriek pôdy pre upresňovanie výskytu ^{137}Cs v mikropovodí s RÚ RAO sú znázornené na Obr. 4.8-3

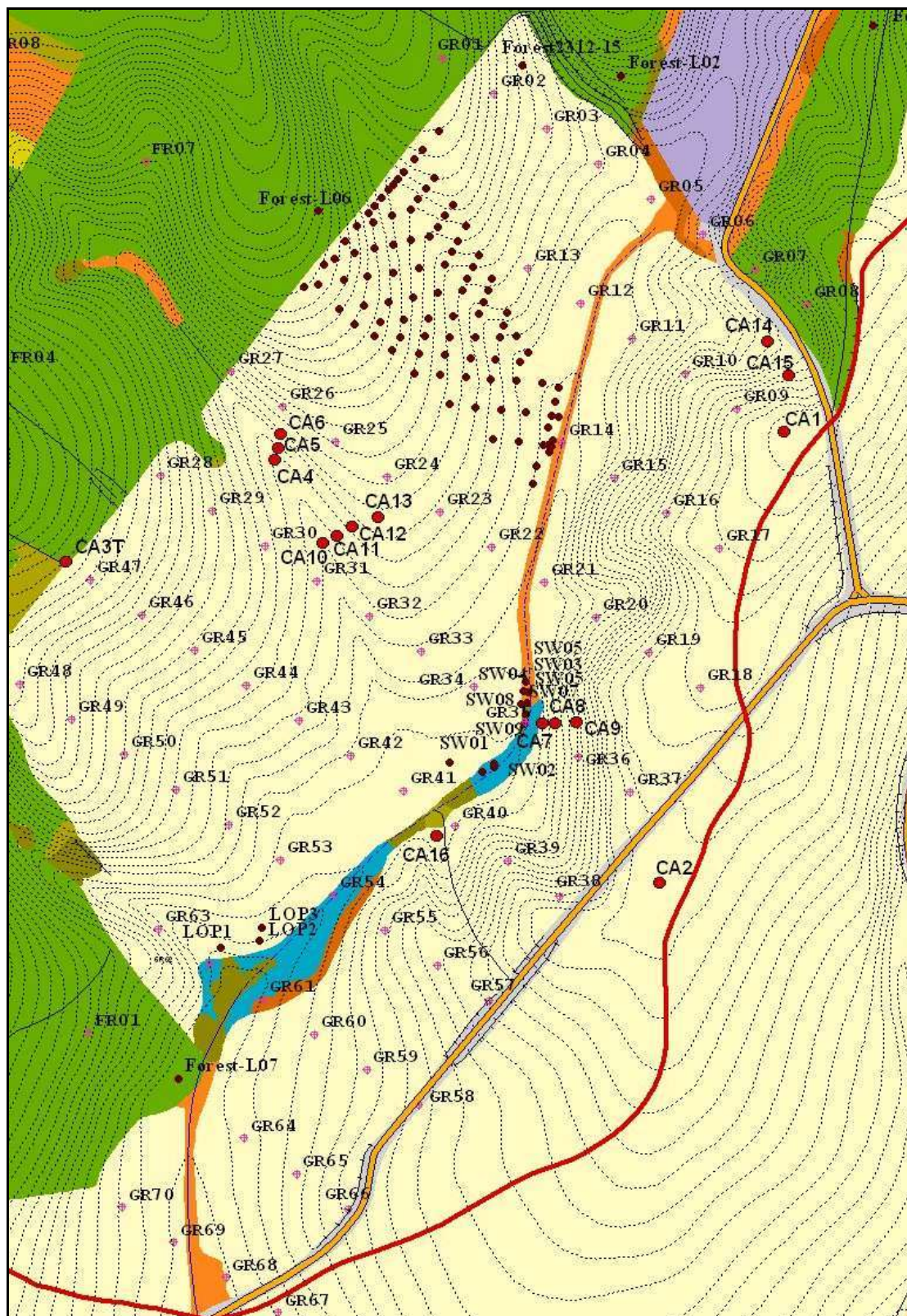
Obr. 4.8-1 Čifársky rybník – plošná aktivita ^{137}Cs podľa interpolácie údajov merania spracovaných segmentov odobraných neporušených jadrových vzoriek sedimentov (HPGe GSP)



Obr. 4.8-2 Priestorové rozdelenie ^{137}Cs v okolí RÚ RAO Mochovce 3 roky po černobyľskom depozite (projekt SPARTACUS – I.)



Obr. 4.8-3 Odberové miesta vzoriek pôd pre prieskum výskytu ^{137}Cs v mikropovodí s RÚ RAO v okolí EMO v rámci projektu EK SPARTACUS (červené krúžky)



4.8.2 Systém monitorovania v okolí existujúcich JZ v lokalite Mochovce

4.8.2.1 Monitorovací program okolia - EMO

Monitorovanie okolia EMO a teda aj MO34 zabezpečuje Laboratórium radiačnej kontroly okolia v Leviciach, ktoré spadá pod útvar radiačnej ochrany EMO12. LRKO a TDS v Leviciach zabezpečuje monitorovanie okolia JZ, ktoré sú umiestnené v areáli EMO, FS KRAO a po uvedení do prevádzky i MO34 a v budúcnosti i MSVP. Pre MO34 sa bude používať ten istý monitorovací systém ako pre EMO12. Monitorovanie okolia sa vykonáva podľa Programu monitorovania okolia EMO, ktorý bol schválený ÚVZ SR Bratislava, ako orgánom hygienického dozoru. Monitorovanie pozostáva z:

- teledozimetrického systému,
- mobilných prostriedkov monitorovania a
- odberu, spracovania a vyhodnotenie vzoriek ŽP v laboratóriu.

Pre hodnotenie ročnej efektívnej dávky kritickej skupiny obyvateľov v okolí EMO sa používa validovaný výpočtový softvér RDEMO [I.5]. Metódy výpočtu a používané parametre sú popísané v správe VUJE [I.4]. Úpravy niektorých dôležitých parametrov pre modelovanie RN v povodí sú popísané v správe VUJE [I.6]. Dávková záťaž obyvateľov od EMO12 bola určená na základe hodnotenia výpustí uvedených v ročnej správe útvaru radiačnej ochrany [I.7].

4.8.2.1.1 Teledozimetrický systém (TDS)

Teledozimetrický systém slúži pre nepretržité sledovanie radiačnej situácie v areáli EMO a jeho okolí za normálnej prevádzky ako aj pri udalostiach, definovaných vo vnútornom havarijnom pláne, ktoré sú spojené s únikom rádioaktívnych látok do ŽP. TDS je tvorený monitorovacími stanicami, rozmiestnenými v dvoch okruhoch, prvý v areáli a druhý v okolí areálu EMO.

Účelom prvého okruhu TDS je zaznamenať a vyhodnotiť každý únik rádioaktívnych látok z EMO12, alebo MO34 do ovzdušia a to aj cestou mimo ventilačný komín. Prvý okruh TDS je umiestnený v areáli EMO. Účelom druhého okruhu TDS je poskytnúť informácie o aktuálnej radiačnej situácii vo vybraných najbližších obciach okolo spomínaných elektrární a v blízkych lokalitách s vyššou hustotou obyvateľstva. Tento okruh je plne mimo areálu EMO.

Systém TDS tvoria 3 typy monitorovacích staníc rozmiestnených v už spomínaných dvoch okruhoch. Prvý okruh je zložený zo 16 kusov monitorovacích staníc typu č. 1 a troch kusov typu č.3. Druhý okruh je zložený z 21 kontrolných meracích bodov, na ktorých je osadených 16 kusov monitorovacích staníc TDS typu č. 2 a 5 kusov typu č. 3. Stanice TDS sú umiestnené v blízkosti vybraných osídlených miest cca do 15 km od areálu EMO.

Základné komponenty a skladba staníc TDS

STANICA typ č. 1 - 16 ks a každá obsahuje:

- Monitor príkonu dávky s radiacou jednotkou,
- Olovené tienenie – kolimátor,
- Kryt proti poveternostným vplyvom,
- Betónový stĺpik.

STANICA typ č. 2 - 16 ks a každá obsahuje:

- Kontajner 2438 mm x 2600 mm x 2591 mm (d x š x v),

- Monitor príkonu dávky s radiacou jednotkou a montážnym rámom,
- Vzorkovač aerosólov a jódov s odberovou trasou vzorky a úpravou na spúšťanie vzorkovača z dozorne RK resp. od merania príkonu dávky,
- GSM modul,
- Prostriedky pre rádiové spojenie - rádiomodem, anténový stožiar s anténou,
- Záložný zdroj napájania (s batériami) na min 8. hod prevádzky merania príkonu dávky a prostriedkov na prenos informácií,
- Elektrický rozvádzač s istením,
- Vykurovací systém kontajnera,
- Vykurovací systém vzorkovacej trasy vzorkovačov,
- Elektronický systém pre spúšťanie vzorkovacieho systému,
- Ventilačný resp. klimatizačný systém,
- Systém kontroly teploty,
- Zabezpečovací systém dverí,
- Osvetlenie stanice a elektrické rozvody.

STANICA typ č. 3 - 8 ks a každá obsahuje:

- Kontajner 2438 mm x 7000 mm x 2591 mm (d x š x v),
- Monitor príkonu dávky s radiacou jednotkou a montážnym rámom,
- Monitory aerosólov a jódov s odberovou trasou vzorky,
- GSM modul len v 5 staniciach 2. okruhu,
- Prostriedky pre rádiové spojenie - rádiomodem, anténový stožiar s anténou sú len v 5 staniciach 2. okruhu,
- Záložný zdroj napájania (s batériami) na min 8. hod prevádzky merania príkonu dávky a prostriedkov na prenos informácií,
- Elektrický rozvádzač s istením,
- PC prevodník pre riadenie a spracovanie dát aerosólového a jódového monitoru,
- Vykurovací systém kontajnera,
- Vykurovací systém trás odberu aerosólov a jódov,
- Klimatizačný systém,
- Systém kontroly teploty,
- Zabezpečovací systém dverí,
- Osvetlenie stanice a elektrické rozvody.

Teledozimetrický systém ako celok musí byť v činnosti nepretržite. Chod monitorov a zariadení RK TDS je nasledujúci:

- Monitory príkonu dávky vo všetkých typoch staníc majú kontinuálny chod.
- Vzorkovače aerosólov a jódov majú diskontinuálny chod a môžu byť spúšťané z dozorne radiačnej kontroly (systém CRCS), ďalej automaticky od merania príkonu dávky (jeho zvýšenia) v príslušnej stanici a ručne vo vlastnej stanici typu č. 2.
- Monitory aerosólov a jódov majú kontinuálny chod a môžu byť spúšťané a vypnuté len ručne vo vlastnej stanici typu č. 3.

Informácie zo všetkých staníc sú prenášané do nadstavbového centralizovaného počítačového systému radiačnej kontroly.

Tab. 4.8-9 Meracie rozsahy riadiacich jednotiek a jednotiek monitorovania

Prístroj, zariadenie	Rozsah merania
Monitor dávok (RD 02)	0,01 $\mu\text{Sv/h}$ - 10 Sv/h
Vzorkovač na aerosóly a jód (H 1351)	prietok: 1,5 m^3/h
Monitor na aerosóly (FHT 59S)	0,3 – 5.10 ⁵ Bq/m ³
Monitor na jód FHT 1700	5 - 5.10 ⁶ Bq/m ³

4.8.2.1.2 Monitorovacia sieť stálych dozimetrických staníc - SDS

Monitorovacia sieť SDS sa skladá zo 16 stabilných dozimetrických staníc, v každej z nich je

- veľkoobjemové presávacie zariadenie s filtrom na zachytávanie aerosólov (na stanicike SDS RÚ RAO nie je veľkoobjemové presávacie zariadenie)
- zariadenie na odber spadu - spady sa zachytávajú cez komínový otvor s priemerom 196 mm na vodnú hladinu
- zariadenie na reguláciu teploty v stanicike – ventilátor s ohrevom

Frekvencie odberov a umiestnenie jednotlivých staníc je podrobnejšie uvedené v [I.15].

4.8.2.1.3 Monitorovacia sieť TLD

Monitorovacia sieť TLD sa skladá z dvoch podsietí (líšia sa frekvenciou odberu TLD za normálnej a havarijnej prevádzky, t.j. expozičnou dobou)

- podsieť TLD s expozičnou dobou 1 mesiac – skladá sa z 29 kariet TLD
- podsieť TLD s expozičnou dobou 4 mesiace – skladá sa z 50 kariet TLD

Zloženie jednej karty TLD – (v jednej karte sú 4 kryštály):

- 2x TLD 100 (LiF:Mg,Ti)
- 2x TLD 200 (CaF₂:Dy)

Karty TLD slúžia na zistenie integrálnej dávky v jednotlivých lokalitách za normálnej prevádzky a v prípade havarijnej radiačnej situácie. V prípade havarijnej situácie sa frekvencia výmeny TLD mení podľa potreby. Podrobnejší popis a umiestnenie jednotlivých TLD je popísané v [I.15].

4.8.2.1.4 Mobilné prostriedky monitorovania v okolí EMO

Na tento účel sa využívajú mobilné laboratória. Odber vzoriek sa uskutočňuje špeciálnymi nástrojmi podľa postupov, ktoré sú uvedené v Programe radiačnej kontroly okolia EMO [I.1]. Tieto nástroje sú súčasťou vybavenia mobilných laboratórií (monitorovacích automobilov). Príkon dávky je možné monitorovať aj za pohybu priamo v automobiloch. Vybavenie laboratória umožňuje aj meranie aktivity odobraných vzoriek životného prostredia priamo v mobilnom laboratóriu.

Počas a po havarijnej udalosti je hlavný cieľ monitorovacích automobilov veľmi rýchlo monitorovať kontamináciu životného prostredia a dávkový príkon. Druhý cieľ je, overiť predpokladané šírenie vypúšťanej aktivity.

Pre vyplnenie týchto úloh boli pre JE Mochovce upravené a dovybavené tri automobily toho istého typu - mobilné laboratóriá. Každé laboratórium pozostáva z terénneho automobilu a príslušenstva pre odber vzoriek a monitorovanie dávkových príkonov a rádioaktivity odobraných vzoriek:

- Monitory príkonu dávky s meracím rozsahom 0,01 μ Sv/hod - 10 Sv/hod,
- Vzorkovacia jednotka na aerosóly a jódny,
- Gamaspektroskopické systémy vrátane tlačiarne,
- Veľkoplošný monitor kontaminácie s β/γ detektorom,
- Pohotovostná súprava - za účelom rýchlej detekcie pre celkovú α a β aktivitu a príkon dávky γ žiarenia veľmi malých vzoriek,
- Dekontaminačná jednotka obsahujúca zásobník s čerstvou vodou a ohrievacou jednotku, umývadlo, zásobník s tekutým mydlom, zásobník na odpadnú vodu a zásobník obsahujúci papierové utierky,
- Systém zásobovania energiou pomocou elektrickej siete 230 V striedavých a 12 V jednosmerných, vrátane podpornej siete z automobilového alternátora, automobilovej batérie, prídavných špeciálnych batérií a externej elektrickej siete prostredníctvom zásuvky a elektrocentrály,
- GPS (Global positioning system) s jednotkou osobného navigátora pozostávajúceho z tabule s kódovanou mapou.
- Špeciálne odpružený počítač,
- Lokálna databáza s prenosom údajov cez dve rozdielne prenosové cesty. Na požiadanie z centrálného rádiologického počítača sú údaje posielané z palubného zariadenia v 2 minútových cykloch prostredníctvom:
 - rádiového prenosu
 - prostredníctvom mobilného telefónu (GSM modem).

4.8.2.1.5 Odber, spracovanie a vyhodnotenie vzoriek ŽP v LRKO a TDS

Odber vzoriek sa vykonáva podľa vopred schválenej prevádzkovej inštrukcie. Odoberajú sa nasledovné vzorky ŽP: aerosóly, spády, vody (povrchové, pitné, podzemné), sedimenty, pôdy, mlieko, trávy, poľnohospodárske plodiny (krmoviny, zelenina a ovocie) a ryby v okolí EMO.

Odber všetkých vzoriek zabezpečuje útvar LRKO a TDS v Leviciach s variabilnou frekvenciou. Pri odbere platí zásada, že tieto vzorky sú odoberané pravidelne zo všetkých 16 sektorov okolia JE EMO a sú odoberané minimálne dve vzorky z každého sektoru. Dôležitou súčasťou monitorovania je dôsledná evidencia vzoriek a výsledkov monitorovania.

V Tab. 4.8-10 je uvedený rozsah monitorovania v okolí EMO12 v r.2010 [I.18], [I.8] podľa „Programu radiačnej kontroly okolia SE-EMO“ [I.1], ktorý sa aktualizuje na každý rok.

Tab. 4.8-10 Rozsah prevádzkového monitorovania v okolí MO34 za rok 2010 - správa EMO12 za rok 2010 [I.18], [I.8]

Monitorovaná zložka ŽP	Stanovenie (meranie)	Počet odberných (meracích) miest	Interval analýz (meraní)	Plánovaný počet analýz za rok 2010	Skutočný stav za rok 2010
PPDE - IK	PPDE žiarenia vo vzduchu	15	mesačne	180	180
PPDE - IK (Hať V. Kozmálovce)	PPDE žiarenia vo vzduchu	1	ročne	1	1
PPDE - IK (lokalita IN SITU)	PPDE žiarenia vo vzduchu	6	ročne	6	8
PPDE - TLD	PPDE žiarenia vo vzduchu	21	mesačne	252	252
PPDE - TLD	PPDE žiarenia vo vzduchu	50	3 krát do roka	150	150

Monitorovaná zložka ŽP	Stanovenie (meranie)	Počet odberných (meracích) miest	Interval analýz (meraní)	Plánovaný počet analýz za rok 2010	Skutočný stav za rok 2010
(havarijné)					
PPDE - TDS	PPDE žiarenia vo vzduchu	39	mesačne	468	468
Aerosóly	Gamaspektrometria	15	tyždenne	780	810
	Stroncium	2	mesačne	24	24
Spady SDS	Gamaspektrometria	15	štvrt'ročne	60	60
Pôdy (4x SDS)	Gamaspektrometria	4	polročne	8	8
	Stroncium	4	ročne	4	4
Sedimenty	Gamaspektrometria	6	štvrt'ročne	24	23
	Stroncium	6	ročne	6	6
	Alfaspektrometria	1	ročne	1	1
Povrchové vody	Gamaspektrometria	8	štvrt'ročne	32	32
	Stroncium	8	štvrt'ročne	32	32
	Trícium	8	štvrt'ročne	32	32
	¹⁴ C	1	ročne	1	1
	Alfaspektrometria	2	ročne	2	2
	Celková aktivita beta	2	štvrt'ročne	8	8
	Celková aktivita alfa	2	štvrt'ročne	8	8
Pitné vody	Gamaspektrometria	8	štvrt'ročne	32	20
	Stroncium	8	štvrt'ročne	32	20
	Trícium	8	štvrt'ročne	32	20
Podzemné vody (odpadové potrubie)	Stroncium	17	polročne	34	32
	Trícium	17	polročne	34	32
	Gamaspektrometria	17	polročne	34	32
Vrty RK (SE - EMO)	Stroncium	1	polročne	2	2
	Trícium	6	polročne	12	12
	Gamaspektrometria	6	polročne	12	12
Články potrav. reťazca	Stroncium	16	ročne	16	16
	¹⁴ C	2	ročne	2	4
	Gamaspektrometria	16	ročne	min. 32	49
Mlieko	Stroncium	1	mesačne	12	12
	¹⁴ C	1	ročne	2	1
	Gamaspektrometria	1	tyždenne	52	52
Ryby	Stroncium	-	ročne	1	1
	Gamaspektrometria	-	ročne	2 - 4	4
Mäso	Stroncium	1	ročne	1	1

Monitorovaná zložka ŽP	Stanovenie (meranie)	Počet odberných (meracích) miest	Interval analýz (meraní)	Plánovaný počet analýz za rok 2010	Skutočný stav za rok 2010
	Gamaspektrometria	1	ročne	1	1
Sneh	Stroncium	1	max.3 krát ročne	max. 3	3
	Trícium	1	max.3 krát ročne	max. 3	3
	Gamaspektrometria	1	max. 8 krát ročne	max. 8	9
IN SITU Meranie	Gamaspektrometria	6	ročne	6	8
Pôdy IN SITU	Gamaspektrometria	6	ročne	18	24
	Stroncium	6	ročne	6	6
Trávy IN SITU	Gamaspektrometria	6	ročne	6	8
Pôdy Alfaspektrometria	Alfaspektrometria	2	ročne	2	2
Vodné rastliny	¹⁴ C	1	ročne	1	0
	Gamaspektrometria	3	ročne	3	0
Vzorky z ventilačného komína	¹⁴ C	1	každý druhý týždeň 2 vzorky	52	47
PPDE - TLD (RÚ RAO)	PPDE žiarenia vo vzduchu	5	mesačne	60	60
PPDE - TDS (RÚ RAO)	PPDE žiarenia vo vzduchu	1	mesačne	12	12
PPDE - IK (RÚ RAO)	Príkon dávky žiarenia vo vzduchu	5	mesačne	60	60
Spady SDS (RÚ RAO)	Gamaspektrometria	1	štvrt'ročne	4	4
Podzemné vody (vrty RÚ RAO)	Gamaspektrometria	6	štvrt'ročne	24	24
	Stroncium	1	štvrt'ročne	4	4
	Trícium	6	štvrt'ročne	24	24
Povrchové vody (RÚ RAO)	Stroncium	1	štvrt'ročne	4	4
	Trícium	1	štvrt'ročne	4	4
	Alfaspektrometria	1	ročne	1	1
	Gamaspektrometria	1	štvrt'ročne	4	4
Sedimenty (RÚ RAO)	Stroncium	1	ročne	1	1
	Gamaspektrometria	1	štvrt'ročne	4	4
Pôdy (RÚ RAO)	Stroncium	4	ročne	4	4
	Gamaspektrometria	4	polročne	8	8
Trávy (RÚ RAO)	Gamaspektrometria	4	polročne	8	8
PPDE - TLD (FS KRAO)	PPDE žiarenia vo vzduchu	3	mesačne	36	36
PPDE - IK (FS KRAO)	PPDE žiarenia vo vzduchu	1	mesačne	12	12
Spolu za rok 2010				2808	2817

4.8.2.1.6 Spracovanie výsledkov analýz, meraní a archivácia

Všetky výsledky sú ukladané do základnej databázy, všetky údaje sú porovnávané s predchádzajúcimi a prevádzkovými údajmi. Namerané výsledky sú porovnávané s vyšetrovacími úrovňami a zaznamenané vo forme elektronických a tlačенých záznamov a správ. Vzorky sú archivované v budove LRKO v archíve vzoriek. Aktivita RN emitujúcich gama žiarenie sa vo vzorkách stanovuje polovodičovou gamaspektrometrickou analýzou. Minimálna detekovateľná aktivita (MDA) tejto metódy pre jednotlivé RN a zložky ŽP je uvedená v Tab. 4.8-11.

Tab. 4.8-11 MDA na LRKO EMO Levice - rok 2010 [I.8]

Polovodičová gamaspektrometria

Rádionuklid	Filter	Spády	Voda	Sneh	Pôda	Sediment	Tekuté mlieko	VzPhV sušená	VzPhV surová
	[Bq/m ³]	[Bq/m ²]	mBq/dm ³	[mBq/dm ³]	[Bq/kg]	[Bq/kg]	[Bq/dm ³]	[Bq/kg]	[Bq/kg]
²² Na	2,60	1,60	5,60	5,80	0,700	0,650	0,090	0,630	0,320
⁵⁴ Mn	3,20	1,70	5,20	5,40	0,400	0,360	0,080	0,460	0,300
⁵⁷ Co	2,10	1,60	5,10	5,40	0,600	0,550	0,080	0,410	0,250
⁵⁸ Co	4,40	2,20	8,80	9,40	0,720	0,660	0,100	0,500	0,540
⁶⁰ Co	2,80	1,60	5,40	5,40	0,620	0,580	0,080	0,490	0,260
⁶⁵ Zn	6,00	3,70	12,5	12,0	1,90	1,80	0,220	1,30	0,780
⁹⁵ Nb	6,40	3,60	16,0	20,0	0,640	0,550	0,120	0,600	0,450
⁹⁵ Zr	6,80	4,30	15,6	18,0	1,40	1,30	0,160	0,850	0,500
¹⁰³ Ru	5,30	3,30	13,5	19,0	0,900	0,800	0,110	0,550	0,300
¹⁰⁶ Ru&	26,0	16,0	52,0	51,0	6,00	5,60	0,650	3,80	2,50
¹⁰⁹ Cd	72,0	37,0	30,0	30,0	20,0	17,0	2,50	20,0	11,0
^{110M} Ag	2,80	1,80	5,40	6,00	0,850	0,800	0,080	0,450	0,350
¹²⁴ Sb	4,10	2,50	9,50	11,0	1,10	1,00	0,100	0,550	0,400
¹³¹ I	42,0	46,0	700	900	3,00	2,60	0,940	2,20	1,50
¹³⁴ Cs	2,90	1,60	5,20	5,30	0,800	0,750	0,070	0,390	0,280
¹³⁷ Cs	3,00	1,70	5,20	5,30	0,800	0,750	0,080	0,400	0,280
¹⁴¹ Ce	6,50	6,10	28,0	30,0	2,00	1,70	0,200	1,60	1,10
¹⁴⁴ Ce	16,0	13,0	40,0	40,0	6,50	6,20	0,550	3,00	2,00
²⁴¹ Am	6,80	5,60	17,0	16,0	4,00	2,50	0,250	1,90	1,50
⁷ Be	45,0	28,0	90,0	100	7,00	6,50	0,800	7,20	4,00
⁴⁰ K	30,0	16,0	75,0	50,0	6,50	6,00	0,700	6,00	3,50
²⁰⁸ Tl	6,80	4,10	12,0	13,0	1,70	1,50	0,100	0,900	0,500
²¹⁰ Pb	3,20	6,30	30,0	30,0	1,80	1,50	2,50	32,0	15,0
²¹² Pb	5,00	3,20	11,0	8,50	0,800	0,800	0,070	0,650	0,400
²¹² Bi	25,0	14,0	42,0	41,0	5,00	4,50	0,550	3,50	2,00
²¹⁴ Pb	9,40	4,90	13,0	15,0	1,70	1,50	0,150	0,800	0,450
²¹⁴ Bi	9,60	4,90	13,0	15,0	1,70	1,50	0,150	0,830	0,500
²²⁶ Ra	59,0	48,0	140	150	15,0	13,0	1,40	8,00	4,70
²²⁸ Ac	13,0	6,40	20,0	20,0	1,60	1,40	0,250	1,70	0,950
²²⁸ Th	200	110	310	310	100	100	7,50	65,0	31,0
²³¹ Th	33,0	17,0	49,0	50,0	16,0	16,0	1,10	10,0	4,90
²³⁴ Th	77,0	48,0	140	150	50,0	45,0	3,10	20,0	11,0

Rádiochemické analýzy:

Rádionuklid	Filter [Bq/m ²]	Spády [Bq/m ²]	Pôdy [Bq/kg]	Sediment [Bq/kg]	Voda [mBq/dm ³]	Mlieko [Bq/dm ³]	VzPhV [Bq/kg]
³ H					600		
⁹⁰ Sr	1		0,5	0,5	6	0,007	0,05
celk. aktivita beta					6		
celk. aktivita alfa					50		

4.8.2.2 Špecifiká monitorovania vplyvu RÚ RAO a FS KRAO na okolité ŽP

4.8.2.2.1 Monitorovanie okolia RÚ RAO

Radiačná kontrola – monitorovanie – zahŕňa monitorovanie drenážnych, podzemných a povrchových vôd, monitorovanie pôdy, ovzdušia a vybraných článkov potravinového reťazca, ako i monitorovanie stability železobetónových konštrukcií a sadania a sledovanie erozívnych vplyvov [III.2]. Monitorovanie má tri fázy – predprevádzkové (zahŕňa i vybudovanie systému monitorovania), prevádzkové i poprevádzkové.

V Programe radiačnej kontroly okolia RÚ RAO [III.3] sú zhrnuté i výsledky predprevádzkového monitorovania radiačnej situácie v okolí JZ pred jeho uvedením do prevádzky, ako základ pre posudzovanie prípadných odchýlok monitorovania po uvedení tohto JZ do prevádzky. Základom pre spracovanie Programu radiačnej kontroly okolia RÚ RAO Mochovce bola kap. II.8 Predprevádzkovej bezpečnostnej správy úložiska z r. 1999 [III.11].

Výsledky monitorovania radiačnej situácie v okolí RÚ RAO, spolu s hodnotením bezpečnosti prevádzky úložiska sa pravidelne v ročných správach predkladajú na ÚJD SR a na ÚVZ SR.

Monitorovaniu radiačnej situácie v areáli samotného RÚ RAO a jeho okolia je významné miesto venované v Programe monitorovania okolia EMO - Tab. 4.8-8 a v Správach o kontrole rádioaktivity v okolí EMO je monitorovaniu RÚ RAO venovaná jedna kapitola [I.8].

4.8.2.2.2 Monitorovanie okolia FS KRAO

V Rozhodnutí Úradu verejného zdravotníctva číslo: 00ZPŽ/578282006 zo dňa 2.10.2006, ktoré bolo vydané v rámci procesu povoľovania prevádzky FS KRAO sa právnickej osobe JAVYS a.s. Jaslovské Bohunice povoľuje:

1. vykonávanie činností vedúcich k ožiareniu – Finálne spracovanie kvapalných rádioaktívnych odpadov a
2. uvoľňovanie rádioaktívnych látok do ŽP ventilačným komínom EMO12.

Súčasne sa ustanovujú podmienky na vykonávanie tejto činnosti, medzi ktorými sú pod bodom 3), 5) a 6) uvedené povinnosti:

- 3) Podávať ÚVZ SR, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava ročnú správu o rádioaktívnych látkach uvoľnených do ŽP ventilačným komínom EMO12, vrátane zhodnotenia systému merania rádioaktívnych látok uvoľňovaných do ŽP v termíne do 31. marca nasledujúceho roka.
- 5) Zabezpečiť, aby aktivita rádionuklidov vypustených zo zariadenia na finálne spracovanie RAO v exhalátoch EMO12 neprevýšila:

- referenčnú hodnotu aktivity vypustenej za kalendárny rok:

- a) pre zmes rádionuklidov s dlhým polčasom premeny emitujúcich beta a gama žiarenie v aerosóloch

8,0.10⁷ Bq

b) pre zmes rádionuklidov emitujúcich alfa žiarenie
v aerosóloch $1,0 \cdot 10^6$ Bq

c) pre rádioaktívny izotop ^{90}Sr v aerosóloch $2,0 \cdot 10^6$ Bq

- referenčnú hodnotu aktivity vypustenej za kalendárny týždeň:

d) pre zmes rádionuklidov s dlhým polčasom premeny emitujúcich beta a gama žiarenie v aerosóloch $1,53 \cdot 10^6$ Bq

e) pre zmes rádionuklidov emitujúcich alfa žiarenie
v aerosóloch $1,92 \cdot 10^4$ Bq

6) Zabezpečiť, aby aktivita kvapalných rádioaktívnych výpustí zo zariadenia na finálne spracovanie RAO neprevýšila:

- referenčnú hodnotu aktivity vypustenej za kalendárny rok:

a) pre trícium $3,0 \cdot 10^{11}$ Bq

b) pre zmes štiepných a korózných produktov $3,9 \cdot 10^9$ Bq

Z uvedeného vyplýva, že pre JZ FS KRAO sa priamo nepredpisuje vykonávať monitorovanie v okolí JZ, ale iba monitorovanie výpustí, pre ktoré sú stanovené aj samostatné referenčné hodnoty výpustí.. Monitorovanie okolia je súčasťou monitorovania okolia EMO v areáli ktorej toto JZ pracuje. FS KRAO bolo uvedené do skúšobnej prevádzky v októbri 2007. Z porovnania vyššie uvedených referenčných hodnôt výpustí pre FS KRAO s referenčnými hodnotami výpustí pre EMO12, uvedenými v Kap.13 [I.12], je vidieť, že referenčné hodnoty výpustí pre FS KRAO sú mnohonásobne nižšie ako v prípade EMO12. Preto sa v tomto prípade neočakáva významnejší vplyv na rádiologické podmienky v lokalite MO34. (Referenčné hodnoty výpustí pre MO34 budú predmetom povolenia ÚVZ SR Bratislava.)

4.8.3 Súčasná úroveň externého žiarenia a aktivity RN v zložkách ŽP v okolí existujúcich JZ

V súčasnosti sú v lokalite Mochovce v prevádzke 2 boky EMO12, Republikové úložisko rádioaktívnych odpadov (RÚ RAO) a od októbra 2007 aj JZ „Finálne spracovanie kvapalných rádioaktívnych odpadov“, ktoré je objektovo spojené s EMO12. FS KRAO je samostatným JZ z toho dôvodu, že jeho prevádzkovateľom je iná právnická osoba ako SE a.s. Bratislava. Prevádzkovateľom je JAVYS a.s. Jaslovské Bohunice, ako subjekt - právnická osoba, v ktorej pôsobnosti je úprava a spracovanie RAO a ich konečné ukladanie.

Súčasný stav radiačnej situácie v lokalite Mochovce je zisťovaný na základe monitorovania vykonávaného:

- LRKO a TDS v Leviciach, ktoré svoju činnosť začalo v období tesne po černobyľskej havárii (organizácia ne spadá do útvaru Radiačnej ochrany závodu Mochovce) a
- RÚ RAO Mochovce, zabezpečované Odborom prevádzky úložisk JAVYS a.s.

Podrobnejší popis je v Kapitole 13 tejto PpBS [I.12].

Možno tu vidieť úrovne dávkových príkonov a koncentrácie ^{137}Cs v pôde, ktoré možno z dlhodobého hľadiska považovať za najreprezentatívnejšie a najjasnejšie, dokladujú vplyv externých zdrojov na požadované hodnoty v lokalite (klesajúci dlhodobý trend na odberových miestach zvolených v monitorovacom pláne). Úrovně ^{137}Cs a prírodných RN v pôde možno nájsť tiež v [III.19]. Objemová aktivita ^{137}Cs v aerosóloch ovzdušia je tiež zaujímavým parametrom životného prostredia, avšak od určitej doby jej hodnoty sú natoľko nízke, že sú pod MDA gamaspektrometrických meraní na LRKO EMO, $<3.5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

V povrchových vodách boli namerané veľmi nízke objemové aktivity umelých RN, hlavne ^{137}Cs a ^{90}Sr [III.1]. Popritom aktivita prirodzených rádionuklidov (^{40}K , ^7Be , U-rad a Th-rad) zostáva dlhodobo na rovnakej úrovni ako v Tab. 4.8-3. V lokalite bol stanovovaný aj rádiouhlík a to v podzemných a povrchových vodách, ako aj v atmosfére podľa metodiky FMFI UK [III.12]. Výsledky meraní odrážajú prírodné procesy a prislúchajúce požadované hodnoty, ktoré sú podrobnejšie diskutované napr. v PpBS RÚ RAO [III.4] – pozri tiež [III.5].

Výsledky meraní LRKO a TDS Levice preukazujú, že normálna prevádzka všetkých JZ v lokalite neprispieva k merateľnému zvýšeniu úrovne radiačnej situácie a že i po necelých 10-tich rokoch prevádzky JE je radiačná situácia na úrovni radiačného pozadia.

V lokalite RÚ RAO od jeho uvedenia do prevádzky je v činnosti i monitorovacia stanička pre odber aerosólov, spádu a meranie smeru a rýchlosti vetra v prízemnej vrstve atmosféry. Odberové zariadenie aerosólov v tejto staničke má dostatočný výkon, aby bolo možné monitorovať reálnu aktivitu umelých rádionuklidov v aerosóloch v prízemnej vrstve atmosféry, ktorá je na úrovni desiatín $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, čo je menej ako MDA rutinného monitorovania. Vyhodnotenie týchto údajov o aerosóloch je vykonávané vo VUJE ako referenčné požadované údaje v rámci doplnkového monitorovacieho programu pre hodnotenie vplyvu vyradovania JE A1 na ŽP (pozri príslušné ročné správy JAVYS, posledná je dostupná pre rok 2011). Veľmi nízke úrovne umelých RN v aerosóloch a spádach možno tiež nájsť v ročných správach VUJE o výsledkoch spomínaného doplnkového monitorovania do roku 2006 [III.6]. Namerané údaje o podzemných vodách v okolí RÚ RAO možno nájsť v ročných správach o stave jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky RÚ RAO za jednotlivé roky, napr. [III.13].

4.8.3.1 Možné akumulačné zóny v lokalite

V prípade havarijnej situácie a následnej zrážkovej udalosti podľa výpočtových predpokladov dochádza v akumulačných zónach k ukladaniu (akumulácii) transportovaného kontaminovaného materiálu – viď [III.25]. Tým sa súčasne znižuje celkové množstvo materiálu, ktoré je ďalej transportované prostredníctvom vodných tokov z bezprostrednej blízkosti miesta havárie do vzdialených oblastí, kde ohrozuje obyvateľstvo a jeho

ekonomické aktivity. Z tohto hľadiska je možné akumulčné oblasti chápať ako jeden z dôležitých prvkov obmedzujúcich šírenie kontaminovaných častíc.

Podľa genézy je možné podľa [I.10] rozlíšiť v lokalite mikropovodia RÚ RAO (EMO12) na 4 základné typy akumulčných oblastí:

- koluviálne, na úpätí erózných svahov (zmena sklonu),
- proluviálne, pri vyústení úvalín a dolín do širších nivných oblastí tokov alebo väčších dolín (rozptyl povrchového toku vody, ktorý bol v rámci úvaliny koncentrovaný),
- aluviálne, na nivách vodných tokov, v dôsledku vylitia toku z koryta pri vysokých vodných stavoch (morfológické vlastnosti povrchu koryta a odtoku vody z povodia v záplavových územiach toku),
- na dne vodných nádrží, ktoré vznikajú pri zaústení vodného toku do vodnej nádrže (náhle spomalenie toku a unášacej schopnosti vody).

Blízke okolie EMO v okruhu cca 3-4 km je svojim mikroreléfom značne členité. Podľa uskutočnenej geografickej GIS analýzy toto územie sa skladá až z 8 mikropovodií – viď Obr. 4.8-4. Podobné priestorové prerozdelenie ¹³⁷Cs ako v povodí č. 2 s RÚ RAO (EMO2 na obrázku) možno očakávať aj pre ďalšie elementárne povodia.

Podrobné mapové údaje a odvodené rastrové a GIS súbory (digitálny 3D model reliéfu, využitie krajiny, typy pôd a parametre ovplyvňujúce vodnú eróziu pôdy) boli vytvorené aj pre ďalšie vybrané elementárne povodia (EMO1, EMO8 podľa Obr. 4.8-4) potenciálne postihované vodnou eróziou pôdy v okolí EMO. Okrem toho boli v rámci riešenia tejto úlohy vypracované digitálne GIS databázové súbory spracované do formy GIS databázového informačného systému o redistribúcii RN v okolí EMO a EBO. Tento databázový systém je stručne popísaný aj v kap. 4.10 tejto PpBS [I.11].

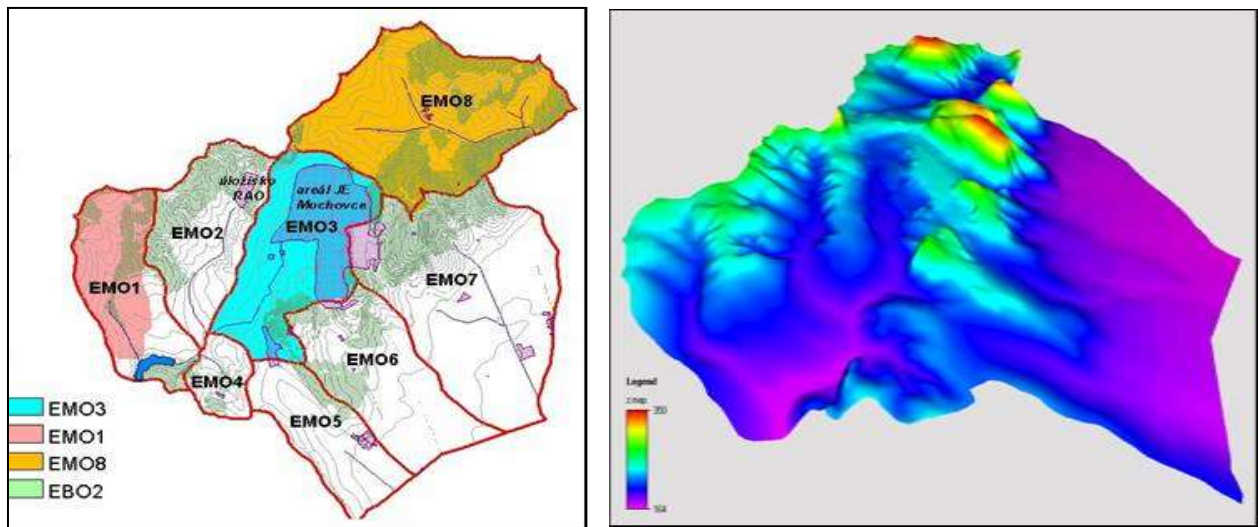
4.8.3.2 Aktivita rádionuklidov v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite Mochovce

Najvýznamnejším zdrojom ionizujúceho žiarenia v rádioaktívnych aerosóloch vo vzduchu je kozmogénny ⁷Be a prírodné rádionuklidy obsiahnuté v pôde (prach), najmä ⁴⁰K a rozpadové produkty radónu, ktorý sa ako plyn uvoľňuje z pôdy a rádionuklidy pochádzajúce z globálneho spádu. V globálnom spáde sa v súčasnosti nachádzajú okrem ⁷Be aj umelé rádionuklidy z vyšších vrstiev atmosféry, kde sa dostali v dôsledku atmosférických pokusných výbuchov jadrových zbraní (boli uskutočňované do r.1963) a z prevádzkovaných JE (s najvýznamnejším príspevkom havárie JE Černobyl').

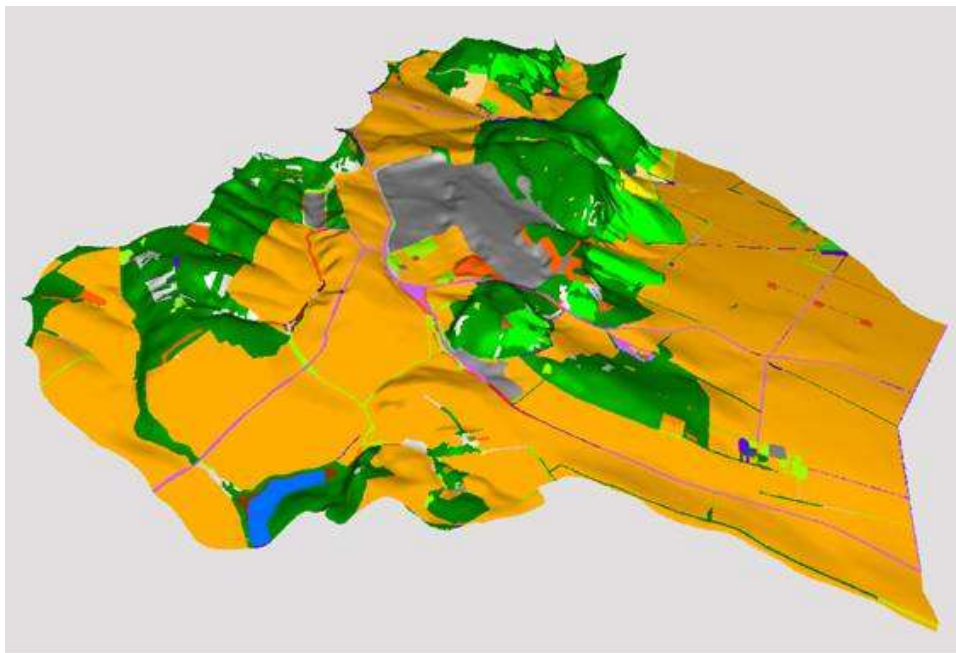
Pri hodnotení vplyvu jadrových zariadení na okolie (JE a RÚ RAO) obidve tieto zložky tvoria pozadie. Pri monitorovaní aktivity vzdušných aerosólov sa kladie dôraz na umelú zložku, pričom významné sú predovšetkým dlhodobé rádionuklidy. V aerosólových filtroch sa preto merajú z gama rádionuklidov hlavne ¹³⁷Cs (gama spektrometricky) a z čistých beta rádionuklidov ⁹⁰Sr (rádiochemicky). Aktivita transuránov (²³⁹Pu) sa meria alfa spektrometricky po ich rádiochemickej separácii (podobne ²⁴¹Am).

Výsledky meraní aerosólov sú uvedené v Tab. 4.8-12. Uvedené sú výsledky gama spektrometrického merania aktivity rádionuklidov ¹³⁷Cs, ⁴⁰K a ⁷Be na aerosólových filtroch odobratých v areáli RÚ RAO Mochovce za rok 2005 a 2010 [I.16].

Obr. 4.8-4 Vybrané výsledky riešenia (E1882, VTP 1880 [I.10]): A. vľavo – elementárne povodia s dostupnými detailnými databázami v okolí EBO a EMO, B. vpravo – 3D model reliéfu okolia EMO



Obr. 4.8-5 Vybrané výsledky riešenia (E1882, VTP 1880 [I.10]): 3D model využitia krajiny v okolí EMO



Tab. 4.8-12 Výsledky merania objemovej aktivity aerosólov v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce pre referenčný rok 2010 a ich porovnanie s rokom 2005

Por.č. mesiaca	Odberové obdobie	ekv. objem vzduchu [m³]	Cs-137		K-40		Be-7	
			[μBq/m³]		[μBq/m³]		[μBq/m³]	
			hodnota	št.neist.	hodnota	št.neist.	hodnota	št.neist.
	Rok 2005							
1	4.1.-4.2.2005	117 794	1.33	0.11	36.6	2.5	2 470	124
2	4.2.-1.3.2005	87 211	1.50	0.14	57.6	3.5	3 700	185
3	1.3.-4.4.2005	179 639	0.66	0.05	20.0	1.9	2 451	127
4	4.4.-30.4.2005	144 399	1.01	0.09	33.6	2.2	4 680	234
5	29.4.-31.5.2005	229 558	0.44	0.05	19.7	1.3	3 480	174
6	31.5.-30.6.2005	177 255	0.55	0.06	55.1	2.5	4 239	188
7	30.6.-1.8.2005	162 813	0.56	0.09	49.5	3.0	4 339	192
8	1.8.-5.9.2005	128 977	0.62	0.07	69.7	3.1	4 158	185
9	5.9.-30.9.2005	98 415	0.67	0.20	70.1	4.8	4 886	217
10	30.9.-3.11.2005	111 726	1.44	0.21	88.1	4.0	3 341	148
11	3.11.-1.12.2005	70 080	1.26	0.12	113.5	5.5	2 724	146
12	1.12.2005-3.1.2006	82 259	0.86	0.10	87.9	6.21	1 810	81
Priemerné hodnoty		132 510	0.9	0.4	58.4	28.9	3523	985
Rok 2010								
1	4.1.-2.2.2010	67689	3.94	0.526	66.5	11.7	4 750	537
2	2.2.-26.2.2010	142040	1.03	0.189	47.0	7.34	3 580	405
3	25.2.-31.3.2010	136027	0.37	0.174	52.0	6.56	2 550	288
4	31.3.-3.5.2010	205510	0.29	0.115	31.8	4.11	3 670	415
5	3.5.-1.6.2010	138941	0.28	0.147	45.2	7.31	4 820	545
6	1.6.-30.6.2010	177121	0.22	0.129	37.5	4.93	4 010	453
7	30.6.-2.8.2010	157269	0.33	0.114	42.4	6.69	6 540	738
8	2.8.-19.8.2010	192192	0.43	0.134	59.1	6.64	5 140	581
9	19.8.-31.8.2010	122562	1.10	0.555	36.5	4.21	6 390	722
10	31.8.-4.10.2010	327905	0.44	0.096	131	18	4 030	456
11	4.10.-2.11.2010	177867	1.58	0.317	59.5	8.78	4 350	491
12	2.11.-1.12.2010	230201	0.71	0.142	48.5	5.66	4 060	459
13	1.12.10-4.1.2011	101413	1.24	0.424	84.3	9.84	3 570	403
Priemerné hodnoty		162727	0,92	1,01	57.02	26.31	4420	1122

Poznámka k Tab. 4.8-12: Údaje uvedené v riadkoch 8 a 9 pre rok 2010 sú dvojtyždňové priemerné hodnoty (ostatné sú jednomesačné), poukazujú na možný vplyv lesných požiarov v okolí havarovanej Černobyľskej JE.

V roku 2010 objemová aktivita ¹³⁷Cs na odberovom mieste RÚ RAO bola v priemerných mesačných vzorkách už len na úrovni desiatín μBq/m³. Z tabuľky mesačných priemerných hodnôt je vidieť, že v mesiacoch na začiatku roka (január, február) je táto aktivita zvýšená na úroveň 1-3 μBq/m³ (možný súvis s topením snehov). Porovnaním údajov aj z predchádzajúcich rokov vyplýva, že v prvých mesiacoch roka dochádza k zvýšeniu objemovej aktivity ¹³⁷Cs. Takéto nízke hodnoty je možné merať iba vďaka výkonnému odberové-

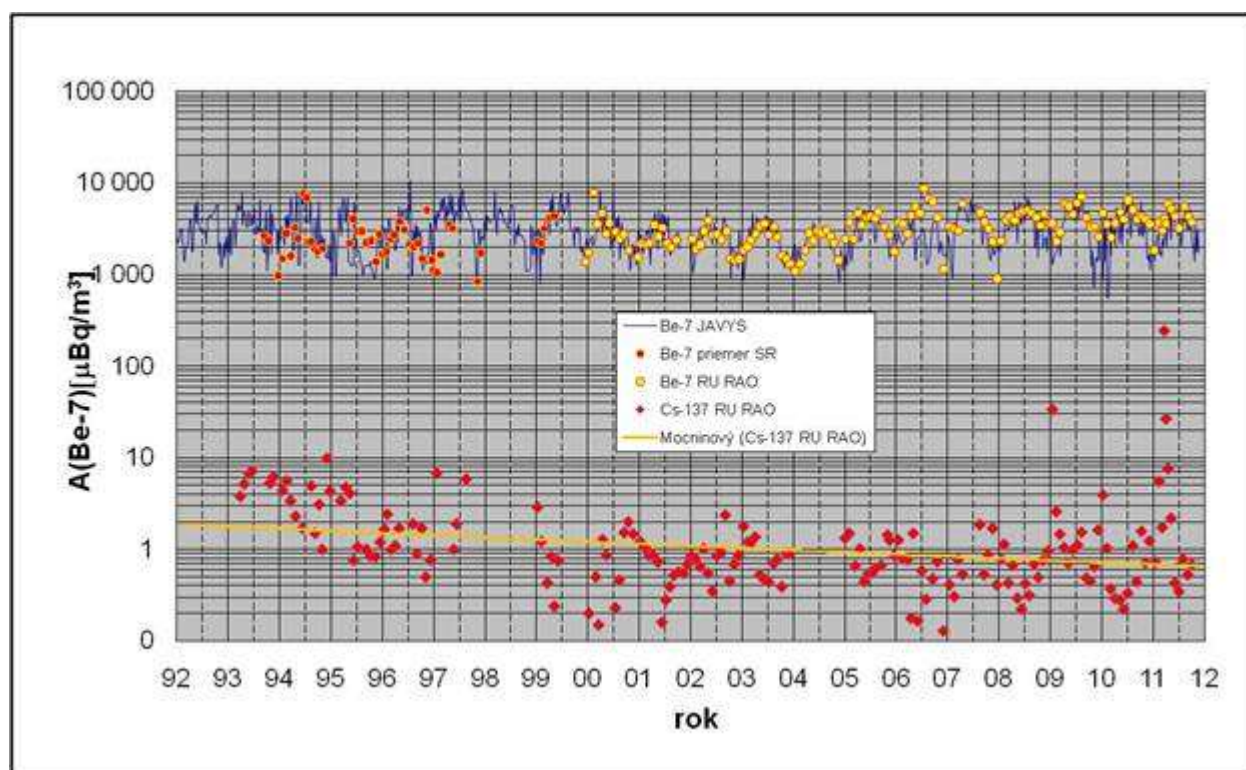
mu zariadeniu na staničke RÚ RAO, pomerne dlhej dobe odberu (jeden mesiac) a taktiež pomerne dlhej dobe merania v laboratóriu VUJE (cca 60 hod.).

Dňa 19.8. 2010 bol prerušený odber a vymenený filter, za účelom sledovania potenciálneho vplyvu lesných požiarov v okolí černobyľskej JE (podľa hlásenia komunikačných prostriedkov kontaminované lesy horeli dlhšiu dobu v 2. polovici mesiaca august 2010). V Tab. 4.8-12 je vidieť asi 3-násobný nárast aktivity ^{137}Cs v tomto období (August 2010) v porovnaní s údajmi za júl a za september.

Priemerné mesačné hodnoty tejto veličiny v roku 2005 boli asi 2 x vyššie a väčšinou pod úrovňou $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ vzduchu. V mesiacoch január február aj v tomto roku bola zvýšená úroveň tesne nad $1.0 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ vzduchu. Na Obr. 4.8-6 je vynesovaný časový priebeh objemovej aktivity ^{137}Cs a ^7Be vo vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce, porovnaný s priemernými hodnotami podobných meraní v iných lokalitách SR (mimo lokality Jaslovské Bohunice).

Namerané údaje o aktivite ^{137}Cs v aerosóloch v areáli RÚ RAO Mochovce za obdobie rokov 1999 až 2010 sú zobrazené červenými bodmi na spodnom grafe, žltá krivka zobrazuje ich regresnú (mocninnú) interpolačnú krivku s dvojnásobným poklesom asi za posledných 11 rokov. To potvrdzuje konštatovanie, že úroveň aktivity v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce sa nemení ani po uvedení jadrových zariadení do prevádzky v lokalite Mochovce. Aktivita ^{137}Cs vo vzduchu je prejavom globálneho bombového a hlavne černobyľského depozitu zo stratosféry.

Obr. 4.8-6 Časový priebeh objemovej aktivity ^{137}Cs a ^7Be [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$] vo vzduchu v lokalite RÚ RAO Mochovce a na ostatnom území SR za roky 1993 až 2011



Z podrobných údajov časového priebehu objemovej aktivity ^{137}Cs v aerosóloch (jednomesačné priemerné hodnoty) [1.16] je možné konštatovať, že v zimných mesiacoch (január, február) väčšinou dochádza k rádomému nárastu tejto aktivity ($1-3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) – vid' napr. EIA štúdiu k rozšíreniu RÚ RAO. Rádiologicky sa nejedná o významnú hodnotu. Mohlo by sa jednať o vplyv faktorov špecifických pre lokalitu odberu vzoriek

na RÚ RAO (zvýšená kontaminácia ^{137}Cs v ornej a lesnej pôde okolitých svahov). Iným vysvetlením by mohol byť vplyv kumulácie depozitu ^{137}Cs cez snehové zrážky v zimnom období a jeho relatívne rýchle uvoľnenie do vzduchu v dobe topenia snehov.

Na tom istom obrázku je vynesená i časová závislosť objemovej aktivity ^7Be v aerosóloch prízemnej vrstvy atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce (žlté body) a na území SR (do priemeru pre územie SR boli zahrnuté údaje z lokalít Bratislava, Lučenec, Liesek a Stropkov získavané Celostátnou monitorovacou sieťou riadenou Ústavom preventívnej a klinickej medicíny (teraz Slovenská zdravotná univerzita) Bratislava v spolupráci s Slovenským hydrometeorologickým ústavom Bratislava [III.7], [III.8]). Úroveň aktivity kozmogénneho ^7Be je približne 1000 - krát vyššia (jednotky mBq/m^3 vzduchu) ako je aktivita ^{137}Cs , pričom aktivita v letných mesiacoch je približne trojnásobná oproti aktivite ^7Be v zimných mesiacoch. Z dlhodobého hľadiska je aktivita ^7Be na porovnateľnej úrovni s hodnotami z meraní v lokalite Jaslovské Bohunice a na iných miestach SR [III.9]. Ako už bolo spomínané aj takéto úrovne ^7Be vo vzduchu sú rádiologicky zanedbateľné oproti prirodzenému radiačnému pozadiu.

Podobný záver možno urobiť aj na základe merania aktivity spádov odoberaných na tomto mieste. Namerané hodnoty ^{137}Cs sa pohybujú na úrovni pod 1 Bq/m^2 za mesiac [I.16].

V Tab. 4.8-13 a na Obr. 4.8-7 sú uvedené výsledky rádiochemických stanovení ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ a ^{238}Pu a ^{241}Am v kumulovaných vzorkách aerosólov a spádov za roky 1999 až 2005.

Merania boli vykonané v akreditovanom Skúšobnom laboratóriu rádiochemickej analýzy na Katedre jadrovej chémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave [III.10].

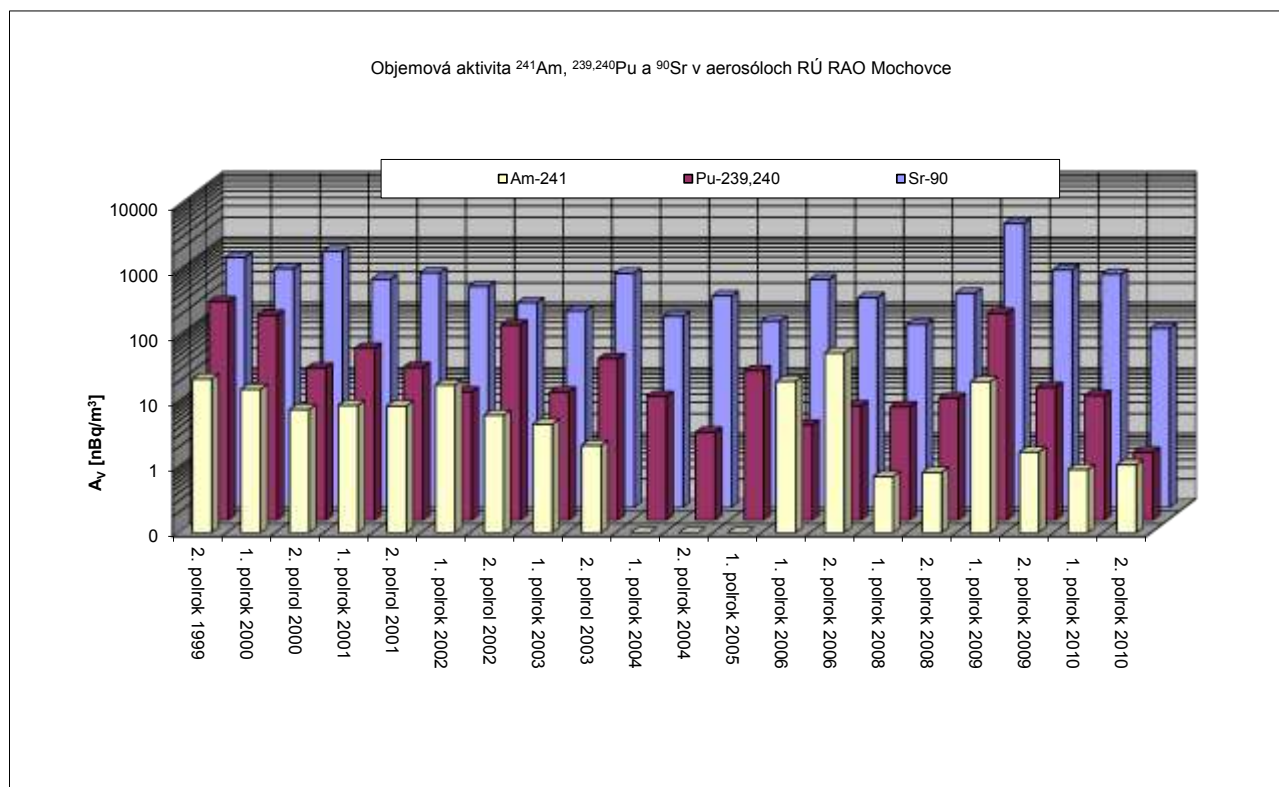
Tab. 4.8-13 Výsledky rádiochemického stanovenia aktivity Sr a Pu a Am v aerosóloch, areál RÚ RAO za roky 1999 až 2010

Časové obdobie	Sr-90		Pu-239,240		Am-241	
	hodnota	Št. neistota	hodnota	Št. neistota	hodnota	Št. neistota
	[$\mu\text{Bq/m}^3$]					
2. polrok 1999	0.66	0.06	0.22	0.039	0.022	0.006
1. polrok 2000	0.45	0.04	0.14	0.022	0.016	0.004
2. polrok 2000	0.83	0.03	0.02	0.003	0.008	0.001
1. polrok 2001	0.31	0.02	0.04	0.009	0.009	0.002
2. polrok 2001	0.39	0.02	0.02	0.005	0.009	0.002
1. polrok 2002	0.24	0.02	0.01	0.003	0.018	0.005
2. polrok 2002	0.14	0.05	0.10	0.006	0.006	0.002
1. polrok 2003	0.10	0.02	0.01	0.001	0.005	0.002
2. polrok 2003	9.49 *	0.35	0.03	0.002	0.002	
1. polrok 2004	0.084	0.023	0.008	0.001		
2. polrok 2004	0.172	0.034	0.002	0.001		
rok 2005	0.07	0.02	0.019	0.002		
1. polrok 2006	0.30	0.02	0.00	0.001	0.021	0.006
2. polrok 2006	0.16	0.02	0.01	0.001	0.056	0.004
1. polrok 2008	0.06	0.01	0.005	0.002	0.001	
2. polrok 2008	0.19	0.01	0.007	0.002	0.001	
1. polrok 2009	2.20	0.08	0.144	0.012	0.020	0.003
2. polrok 2009	0.43	0.03	0.011	0.002	0.002	
1. polrok 2010	0.37	0.02	0.008	0.002	0.001	

Časové obdobie	Sr-90		Pu-239,240		Am-241	
	hodnota	Št. neistota	hodnota	Št. neistota	hodnota	Št. neistota
	[μBq/m ³]					
2. polrok 2010	0.05	0.01	0.001		0.001	
1. polrok 2011	0.076	0.006	0.044	0.001	0.003	
2. polrok 2011	0.009		0.007		0.012	
priemer	0.348	0.041	0.039	0.005	0.010	0.002

* - štatisticky odľahlá (nevierohodná) hodnota, prevyšujúca aj príslušné aktivity ¹³⁷Cs – do grafu použitý priemer

Obr. 4.8-7 Objemová aktivita ²⁴¹Am, ^{239,240}Pu a ⁹⁰Sr v aerosóloch RÚ RAO Mochovce od r.1999 – do roku 2011



4.8.3.2.1 Vplyv havárie JE Fukushima v okolí EMO

V marci 2011 sa aj nad územím v SR začala prejavovať globálna kontaminácia ovzdušia po havárii Fukushima. Napriek obrovskej vzdialenosti havárie boli v ovzduší nad našim územím merateľné stopové aktivity rádionuklidov (viď Tab. 4.8-14). Na odberovej stanicike aerosólov na RÚ RAO Mochovce po správe o príchode mraku so stopami tejto havárie (televízne spravodajské informácie) bol mesačný kontinuálny odber vzoriek aerosólov predčasne prerušený a odobraná kratšie exponovaná filtračná tkanina (28.3) v porovnaní s plánovanou výmenou filtra na konci mesiaca. Potom sa odbery vzoriek aerosólov uskutočňovali v kratších odberových intervaloch tak, aby bolo možné lepšie odlíšiť dynamiku zmien aktivity RN po havárii JE Fukushima. Výsledky meraní v období tesne pred a po havárii sú uvedené v Tab. 4.8-14.

Tab. 4.8-14 Výsledky meraní aerosólov v mieste odberu RÚ RAO v roku 2011

Por.č.	Odberové obdobie	Cs-137	Cs-134	I-131
		[μBq/m ³]		
1	4.1.-1.2.2011	0.73		
2	1.2.-1.3.2011	5.56		
3	1.3.-28.3.2011	1.74	0.433	36.2
4	28.3.-1.4.2011	246.00	183	2020
5	1.4.-18.4.2011	26.80	21.9	162
6	18.4.-2.5.2011	7.66	4.8	15
7	2.5.-31.5.2011	2.20		
8	31.5.-1.7.2011	0.431		

Poznámka: prázdne polia znamenajú, že nameraná aktivita bola pod detekčným limitom

Z tabuľky je vidieť úroveň aktivity ¹³⁷Cs v týždennej vzorke na zvýšenej úrovni 250 μBq/m³. Okrem toho bola merateľná objemová aktivita ¹³⁴Cs (doba polpremeny - 2 roky) a ďalšieho štiepneho krátkodobého RN ¹³¹I, avšak na rádovo vyššej úrovni okolo **2000 μBq/m³**. Výskyt ¹³¹I v aerosóloch indikuje jednoznačne pôvod týchto RN zo vzdialenej havárie JE (chýbajú kratšie žijúce RN, napr. ¹³²Te, ¹³²I a pod. Podobné úrovne rádioaktivity vyplývajú aj z meraní LRKO a TDS, viď príslušnú štvrťročnú správu posielanú na ÚVZ SR Bratislava).

Priemerné denné údaje aktivity týchto RN možno nájsť na web stránke ÚVZ SR Bratislava. Z nich je vidieť, že maximálne objemové aktivity ¹³¹I boli v dňoch 28.3 - 30.3.2011. Potom tieto hodnoty prudko klesali a v máji prestali byť merateľné.

4.8.3.3 Aktivita ¹⁴C vo vode a atmosfére

Rádiouhlík v podzemných a povrchových vodách lokality

Prvé výsledky merania ¹⁴C v podzemných a povrchových vodách, ktoré boli získané v rámci realizácie predprevádzkového monitorovania RÚ RAO Mochovce sú uvedené v nasledujúcej Tab. 4.8- 15. Meranie bolo vykonané na Katedre jadrovej fyziky FMFI UK v Bratislave - [III.12].

Tab. 4.8- 15 Výsledky stanovenia ¹⁴C vo vodách z lokality RÚ RAO (FMFI UK Bratislava)

Vzorka	Obsah HCO ₃ mg/l	Obsah ¹⁴ C % MC	Objemová aktivita A ₀ , mBq/l
KD ₂ B/4	162,2	97,0 ± 0,8	7,4 ± 0,4
N13	250,2	99,4 ± 0,6	11,7 ± 0,5
MON 2A	458	48,5 ± 0,5	9,9 ± 0,4
MON 2B	500	50,0 ± 0,3	11,1 ± 0,4
MOPN 2C	628	43,3 ± 0,3	12,2 ± 0,4
L1	317	97,1 ± 0,4	13,6 ± 0,5
L2	458	102,4 ± 0,3	20,9 ± 0,7
V	250	104,7 ± 0,4	11,6 ± 0,4

V tejto tabuľke je uvedený obsah hydrouhličitanov v jednotlivých vzorkách vody, objemová aktivita ^{14}C a relatívny obsah ^{14}C vo vode (% MC - percent modern carbon), vyjadrený v percentách vzhľadom k medzinárodnému rádiouhlikovému štandardu, ktorý definuje rovnovážnu hodnotu aktivity ^{14}C v uhlíku v prírodnom prostredí v roku 1890 - teda z obdobia, keď táto nebola narušená civilizačnými vplyvmi. Táto rovnovážna rádiouhliková aktivita je 0,225 Bq/g uhlíka.

V súčasnosti je obsah ^{14}C v atmosfére okolo 105 %MC. Takúto hodnotu majú aj povrchové vody, nakoľko sú v kontakte s ovzduším.

Vzorky L1, L2 a V sú povrchové vody (L1 – Telínsky potok, L2 – prítok C z RÚ RAO do Telínskeho potoka, V – výtok z Čifárskeho rybníka). V povrchových vodách býva relatívny obsah ^{14}C zrovnateľný s hodnotami v atmosfére, pretože povrchové vody sú v priamom kontakte s atmosférou a dochádza k výmene oxidu uhličitého medzi atmosférou a vodou. Takúto aktivitu má vzorka V - výtok vody z Čifárskeho rybníka. (Např. obsah ^{14}C vo vode z Dunaja je 109,8 %MC).

Vzorky MON 2A, 2B, 2C sú podzemné vody. Podzemná voda pri infiltrácii pod zemský povrch sa nasýti oxidom uhličitým z pôdy, pretože parciálny tlak oxidu uhličitého v pôde je o niekoľko rádov vyšší ako v atmosfére. Takáto voda potom rozpúšťa vápence v pôde, čím sa do vody dostáva neaktívny uhlík a tak dochádza k zníženiu obsahu rádiouhlíka v uhlíku vo vode. Súčasná podzemná voda obsahuje okolo 85 % rádiouhlíka. Vody s obsahom rádiouhlíka nižším ako 85 % sa považujú za staré. U týchto vôd došlo k ďalšiemu zníženiu obsahu rádiouhlíka v dôsledku jeho rádioaktívnej premeny.

Z tohto pohľadu možno zaradiť podzemné vody z vrtov MON 2A, 2B, 2C medzi staré vody. Vzorky MON 2A, MON 2B majú približne rovnaký obsah rádiouhlíka a ich vek určený rádiouhlikovou metódou je okolo 4000 rokov. Vzorka MON 2C je z najhlbšieho horizontu a má aj najnižší obsah rádiouhlíka (43,3 %). Jej vek je okolo 5000 rokov.

Rádiouhlík v atmosfére

V lokalite RÚ RAO bol stanovený aj obsah ^{14}C v prízemnej vrstve atmosféry. Výsledky merania ^{14}C v atmosfére RÚ RAO Mochovce v mesiaci november 1997 sú uvedené v Tab. 4.8-16. Pre porovnanie sú tu uvedené aj hodnoty ^{14}C v mesiaci november pre Bratislavu a Žilkovce.

Tab. 4.8-16 Výsledky stanovenia ^{14}C v atmosfére lokality RÚ RAO získané na FMFI UK

Lokalita		Objemová aktivita A_0 , mBq/m ³	Relatívne prevýšenie $\delta^{14}\text{C}$, %
RÚ RAO Mochovce,	november 1997	$44,5 \pm 1,4$	$12,3 \pm 0,8$
Bratislava	november 1997	$44,9 \pm 1,5$	$13,4 \pm 0,8$
Žilkovce	november 1997	$44,3 \pm 1,5$	$11,9 \pm 0,8$
RÚ RAO Mochovce	apríl 1999	$47,6 \pm 1,5$	$14,2 \pm 0,6$
Bratislava	marec 1999	$46,1 \pm 1,4$	$10,6 \pm 0,7$
Žilkovce	marec 1999	$46,3 \pm 1,4$	$11,1 \pm 0,7$

Rovnovážna koncentrácia ^{14}C v atmosfére bola narušená v dôsledku skúšok jadrových zbraní v atmosfére, kedy sa dostalo do atmosféry veľké množstvo ^{14}C . V roku 1963 bolo v atmosfére severnej pologule namerané až 100 % zvýšenie ^{14}C nad prirodzenú hladinu. Od roku 1963, po podpísaní moratória o zákaze skúšok jadrových zbraní v atmosfére, koncentrácia ^{14}C v atmosfére klesá a blíži sa k prirodzenej hladine. V súčasnej dobe sa pokles koncentrácie ^{14}C v atmosfére spomalil, pretože prevádzka jadrových elektrární tiež prispieva k produkcii ^{14}C .

ZÁVER

V správe sú uvedené rádiologické údaje charakterizujúce výskyt rádionuklidov a priestorový dávkový príkon gama žiarenia v okolí EMO pochádzajúci z vonkajších zdrojov. Sú popísané jednotlivé typy zdrojov žiarenia (prirodzená rádioaktivita, globálny a černobyľský depozit, priestorové prerozdelenie černobyľského depozitu v lokalite, lesné požiare v okolí Černobyľskej JE, havária na JE Fukushima, havária pri výrobe ^{131}I na výskumnom reaktore Budapešť).

V okolí MO34 a EMO12 sa okrem prírodných rádionuklidov nachádzajú v zložkách ŽP aj umelé RN (^{137}Cs , ^{90}Sr , transurány), pochádzajúce z globálneho depozitu po skúškach jadrových zbraní v atmosfére a hlavne černobyľského depozitu. Je poukázané na zvýšenú úroveň černobyľského depozitu v lokalite a doterajší vývoj jeho priestorového prerozdelenia merateľný v pôdach a sedimentoch, ktoré predstavujú pre mikropodvia v lokalite sekundárny zdroj kontaminácie ^{137}Cs (hodnoty nie sú významné) [III.21], [III.22], [III.26].

Presnejšie údaje o rozsahu černobyľského depozitu (plošné aktivity a maximálne hodnoty priestorového dávkového príkonu gama žiarenia od ^{137}Cs) sú pre lokalitu dostupné v obmedzenej miere. Tieto sa budú podľa platného monitorovacieho plánu okolia získavať postupne v rámci prevádzkového monitorovania okolia lokality EMO. Dostupné namerané údaje potvrdzujú očakávanú skutočnosť, že vplyv doterajšej prevádzky referenčnej EMO12 je zanedbateľne nízky a prakticky nemerateľný. Je to vidieť aj na systematických údajoch z monitorovania úrovne rádioaktivity v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce počas prevádzky EMO12, kde sú v aerosóloch merateľné iba prirodzené RN a stopy ^{137}Cs z černobyľského depozitu [I.16], [I.8].

Z toho vyplýva, že merateľné zmeny nemožno očakávať v okolí EMO ani po uvedení MO34 do prevádzky.

Popísaný je tiež monitorovací systém okolia EMO pozostávajúci z viacerých nezávislých meraní a vzorkovania zložiek ŽP. Monitorovací plán, podľa ktorého sa vykonáva monitorovanie okolia EMO, sa predkladá a schvaľuje na ÚVZ SR Bratislava.

LITERATÚRA**I. Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.**

- [I.1] Slávik, O., Morávek, J.: Prieskum rádioaktivity v lokalite s výstavbou JE Mochovce. Záverečná správa a správy za jednotlivé roky riešenia úlohy č.9013/79-82, správy VUJE Jaslovské Bohunice
- [I.2] JE MOCHOVCE (úvodná štúdia lokality pre výstavbu EMO) spracovaná v rámci plánu rozvoja vedy a techniky P 09-159-487. Správa Ústavu rádioekológie a využitia jadrovej techniky (medzičasom bol zrušený) Košice č.5/487/81, Košice
- [I.3] Demeter M., Szabo A., Rapko J.: Správa o kontrole aktivity v okolí EMO za r.1992, Atómové elektrárne Mochovce, o.z., Levice,
- [I.4] Kusovská Z., Ďuranová T., Ďuran J.: Metodika na výpočet šírenia rádioaktívnych látok v okolí JEZ pri normálnej prevádzke, Správa VUJE Trnava a.s. č.129/99, rev. 1.
- [I.5] Kusovská a kol.: Manuál výpočtového programu RDEMO, ver. 1.0 na ocenenie rádiologických následkov normálnej prevádzky JEZ EMO, Správa VUJE Trnava a.s. č. 308/98
- [I.6] Slávik O., Kusovská Z.: Výber a adaptácia parametrov modelu šírenia rádioaktívnych látok a dávok v okolí JEZ, Správa VUJE Trnava a.s., č. 221/98
- [I.7] Útvar radiačnej bezpečnosti EMO12: "Správa o stave radiačnej bezpečnosti" za jednotlivé roky prevádzky.
- [I.8] Laboratórium radiačnej kontroly okolia SE-EMO v Leviciach: "Správa o stave rádioaktivity v okolí SE-EMO za rok 2010".
- [I.9] Program radiačnej kontroly okolia SE-EMO, Návod: EMO-NA-172-00-05,
- [I.10] Slávik O., Švec P, E. Fulajtár, J. Hofierka, a kol. Validácia priestorových databáz pre celé ovplyvnené povodie v okolí JE, Výskumná správa k riešeniu E 08-02.3, projekt VTP 1800 „Hodnotenie bezpečnosti JE“, VSp. VUJE, ev.č. 1882-1/2002,
- [I.11] „Monitorovanie lokálnych parametrov územia a okolia JE MO34“, Kapitola 04.10 tejto PpBS, PNM34361017, VUJE.
- [I.12] Kapitola 13 Predprevádzkovej bezpečnostnej správy „Vplyv JE MO34 na životné prostredie“, PNM34361765, Technická správa, VUJE
- [I.13] SE/MNA-183.06 – Havarijné plánovanie a pripravenosť v JE
- [I.14] Kapitola 4.01 Predprevádzkovej bezpečnostnej správy „Referenčné údaje umiestnenia JE MO34“, PNM34361008, VUJE
- [I.15] Návod EMO/NA-172.00-05 Monitorovací plán radiačnej kontroly okolia JE Mochovce
- [I.16] Doplnkové monitorovanie radiačnej situácie v lokalite Bohunice, správa za jednotlivé roky 1999 – 2012 (napr. Správa za 2012 Ev.č.: VJEA1_II/TP_2.4.3.5/TS/VUJE/12/00)
- [I.17] Vyhodnotenie predprevádzkového monitorovania okolia, PNM34361202, VUJE, 2013
- [I.18] Všeobecné údaje o jadrovej elektrárni Mochovce 3,4 na účel oznamovania v súlade s čl. 37 zmluvy EURATOM, PNM34082493

II. Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Zákon Národnej Rady SR č.541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [II.2] Vyhláška ÚJD SR č. 31/2012 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovenia dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.3] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [II.4] Zákon Národnej Rady SR č.87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [II.5] Vyhláška ÚJD SR č. 55/2006 Z.z. o podrobnostiach v havarijnom plánovaní pre prípad nehody alebo havárie
- [II.6] BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, 2008, ISBN 978-80-88806-73-8
- [II.7] IAEA Safety Guide No. GS-G-4.1 Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, 2004
- [II.8] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4), 2007
- [II.9] ICRP Publication 115, Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon, , Ann. ICRP 40(1), 2010
- [II.10] Source and effects of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2008, Volume I, Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation, United Nations, New York, 2010, ISBN 978-92-1-142274-0
- [II.11] BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, 2014, ISBN 978-80-88806-99-8

III. Zdrojové dokumenty, ktoré nie sú uvedené vyššie

- [III.1] Rádioaktivita podzemných vôd a zemín na budovanom úložisku RAO v lokalite Mochovce. Správa VUJE č.105/91 pre IGHP Bratislava, Jaslovské Bohunice
- [III.2] Morávek, J. a kol.: "Projekt monitorovania RÚ RAO Mochovce" Správa VUJE Trnava a.s. č.95/96, Jaslovské Bohunice,
- [III.3] Program monitorovania okolia RÚ RAO Mochovce
- [III.4] Predprevádzková bezpečnostná správa pre Republikové úložisko rádioaktívnych odpadov SR v Mochovciach, kolektív autorov VUJE Trnava a.s. , SE-VYZ, Decom Slovakia, EGP Invest a ďalších organizácií, zúčastnených na dostavbe úložiska v r.1966 až 1999.
- [III.5] Morávek, J. Slávik, O. Rosol, M.: Výsledky predprevádzkového monitorovania RÚ RAO Mochovce. Spravodajca VUJE,
- [III.6] Morávek, J., Slávik, O., Lištjak, M.: „Technická podpora systému monitorovania v lokalite RÚ RAO Mochovce – výsledky za r.2005“. Technická správa VUJE a.s. Trnava v rámci úlohy Hodnotenie bezpečnosti úložísk RAO, Trnava.
- [III.7] Vladár M., Cabáneková a kol.: Údaje celoštátnej siete radiačného monitorovania na Slovensku za r.1993 až 1997. Ústav preventívnej a klinickej medicíny Bratislava
- [III.8] Cabáneková, H., Melicherová, T.: Správa o radiačnej situácii na území SR za r.2003. Bezpečnosť jadrovej energie, 12(50), 2004, č.11/12

- [III.9] Morávek, J., Slávik, O., Šoóš, F.: Program a výsledky nezávislých meraní v okolí vyradovanej JE-A1 vrátane hodnotenia dlhodobých trendov. Časopis pre elektrotechniku a energetiku, 11, 2005 č.6
- [III.10] Výsledky analýzy ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu a ^{241}Am v aerosóloch a spádach, Protokoly o skúške Skúšobného laboratória rádiochemickej analýzy Katedry jadrovej chémie Prír. fakulty UK Bratislava pre VUJE a.s. Trnava
- [III.11] Slávik, O., Morávek, J.: Predprevádzkový monitoring, Kap.II.8 PpBS RÚ RAO Mochovce. Správa VUJE Trnava a.s., Trnava
- [III.12] Šivo, A., a kol.: Metodika monitorovania ^{14}C vo vzduchu a vo vodách. Správa Katedry jadrovej fyziky FMFI UK – 125/97 pre VUJE Trnava a.s.(ZoD 7173/12/97), Bratislava,
- [III.13] Baláž, J., Chren, O., Rosol, M.: Správa o stave jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky na republikovom úložisku rádioaktívnych odpadov za rok 2006. Správa JAVYS, a.s. Jaslovské Bohunice, Odbor prevádzky úložísk Mochovce D 8.4/9000, Mochovce
- [III.14] Slávik, O. a kol.: Prieskum požadovej rádioaktivity v lokalite s výstavbou JE Mochovce - Príloha č.3 k Správe VUJE :Radičná situácia v okolí atómových elektrární Bohunice za r.1982, ktorá bola spracovaná pre potreby FMPE, J. Bohunice
- [III.15] Beláň, T. et al.: Investigation of radionuclide variations in the Bratislava air. Proc. Rare Nuclear Processes, World Scientific, Singapore 1992, 345-366
- [III.16] Závodský, D.: Artificial atmospheric radioactivity in Slovakia in 1962 - 2000. Meteorological Journal, SHMÚ, 9/2006, No 1
- [III.17] Genetic and somatic effects of ionizing radiation. UNSCEAR Report 1982, Anex E, p.227
- [III.18] Oklahoma geological survey observatory catalogue of nuclear explosions. Compiled by J. E. Lawson Jr., Oklahoma 2006
- [III.19] Daniel J. a kol.: Meranie prírodnej aktivity a aktivity ^{137}Cs v okolí JE Mochovce. URANPRES spol. s r.o. Spišská Nová Ves, jún 2003
- [III.20] M. Vladár a kol., Správa o radiačnej situácii v SSR po havárii černobyľskej jadrovej elektrárne r. 1986, Správa VÚPL, Bratislava, 1987.
- [III.21] Slávik, O., Švec, P. (2001): Modelovanie zmyvu rádionuklidov z povrchu kontaminovaného povodia - model Csredis a jeho prvé výsledky v skúšobnom povodí Mochovce, III. Banskostíavnické dni 2001, 5. – 6. 10. 2001 v Banskej Štiavnici.
- [III.22] Slávik O, Hofierka J., M. van der Perk, (2001-a): Assessment of the effects of rainstorm events on radiocaesium redistribution in the first period after a nuclear power plant accident, poster a Zb., Rádioekologický kongres ECORAD 2001, Aix en Preovence, 3-9. 9.2001.
- [III.23] Demeter, M. Šeliga, Správa o výsledkoch kontroly rádioaktivity v okolí JE Mochovce I., II., III., a IV. Kvartál, LRKO Levice 1989-1990.
- [III.24] M. van der Perk, O. Slávik and E. Fulajtár, Assessment of Spatial Variation of Caesium-137 in Small Catchments, Journal of Environmental Quality, Vol. 31, No6, Dec 2002.
- [III.25] O. Slavik, E. Fulajtar,H. Mueller, G. Proohl, Model for food chain transfer and dose assessment in areas of Slovak Republic, Radiat Environm Biophysics (2001), 59-67.
- [III.26] O.Slávik, E. Fulajtár, M. Šúri, J. Hofierka, a kol.: Modelling of Spatial Redistribution of Radionuclides within the Mochovce Study Catchment; Záverečná správa projektu SPARTACUS č. VUJE 1/2001, 2001

[III.27] D.Nikodémová, Prírodné žiarenie, Problematika radónu, Prednáška z radiačnej ochrany, Fakulta verejného zdravotníctva, Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, 2010

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 4.8-1	Ročné priemerné hodnoty príkonu dávky [nSv/h] namerané ionizačnou komorou RSS 111 v okolí EMO za roky 2005 – 2010 (priemer 72 jednomesačných hodnôt) [I.17]	10
Tab. 4.8-2	Ožiarenie obyvateľstva z prírodných zdrojov podľa UNSCEAR 2008 [II.10]	11
Tab. 4.8-3	Výskyt pozadovej rádioaktivity v zložkách životného prostredia a v článkoch potravinového reťazca (výsledky meraní podľa VUJE z r.1981-1982) [I.1]	12
Tab. 4.8-4	Výskyt pozadovej rádioaktivity v jednotlivých zložkách životného prostredia, LRKO rok 1992 [I.3]	13
Tab. 4.8-5	Výsledky terénnej gamaspektrometrie v lokalite Vráble, (19. 5.1992)	15
Tab. 4.8-6	Hĺbkové rozdelenie ^{134}Cs a ^{137}Cs v pôde v lokalite Vráble (1992)	15
Tab. 4.8-7	Hodnoty mernej aktivity RN ^{137}Cs v Bq/kg vo vrchnej 5 cm vrstve pôdy, odobranej v rámci prieskumu v r. 1989 prevažne z neobrábanej pôdy podľa štúdie „Východiskový stav...“ pre MŽP SR	15
Tab. 4.8-8	Sumarizácia interpolácie aktivity ^{137}Cs v dnových sedimentoch Čifárskeho rybníka	17
Tab. 4.8-9	Meracie rozsahy riadiacich jednotiek a jednotiek monitorovania	23
Tab. 4.8-10	Rozsah prevádzkového monitorovania v okolí MO34 za rok 2010 - správa EMO12 za rok 2010 [I.18], [I.8]	24
Tab. 4.8-11	MDA na LRKO EMO Levice - rok 2010 [I.8]	27
Tab. 4.8-12	Výsledky merania objemovej aktivity aerosólov v prízemnej vrstve atmosféry v lokalite RÚ RAO Mochovce pre referenčný rok 2010 a ich porovnanie s rokom 2005	33
Tab. 4.8-13	Výsledky rádiochemického stanovenia aktivity Sr a Pu a Am v aerosóloch, areál RÚ RAO za roky 1999 až 2010	35
Tab. 4.8-14	Výsledky meraní aerosólov v mieste odberu RÚ RAO v roku 2011	37
Tab. 4.8-15	Výsledky stanovenia ^{14}C vo vodách z lokality RÚ RAO (FMFI UK Bratislava)	37
Tab. 4.8-16	Výsledky stanovenia ^{14}C v atmosfére lokality RÚ RAO získané na FMFI UK	38

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 4.8-1	Čifársky rybník – plošná aktivita ^{137}Cs podľa interpolácie údajov merania spracovaných segmentov odobraných neporušených jadrových vzoriek sedimentov (HPGe GSP)	18
Obr. 4.8-2	Priestorové rozdelenie ^{137}Cs v okolí RÚ RAO Mochovce 3 roky po černobyľskom depozite (projekt SPARTACUS – I.)	19
Obr. 4.8-3	Odberové miesta vzoriek pôd pre prieskum výskytu ^{137}Cs v mikropovodí s RÚ RAO v okolí EMO v rámci projektu EK SPARTACUS (červené krúžky)	20
Obr. 4.8-4	Vybrané výsledky riešenia (E1882, VTP 1880 [I.10]): A. vľavo – elementárne povodia s dostupnými detailnými databázami v okolí EBO a EMO, B. vpravo – 3D model reliéfu okolia EMO	32
Obr. 4.8-5	Vybrané výsledky riešenia (E1882, VTP 1880 [I.10]): 3D model využitia krajiny v okolí EMO	32
Obr. 4.8-6	Časový priebeh objemovej aktivity ^{137}Cs a ^7Be [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$] vo vzduchu v lokalite RÚ RAO Mochovce a na ostatnom území SR za roky 1993 až 2011	34
Obr. 4.8-7	Objemová aktivita ^{241}Am , $^{239,240}\text{Pu}$ a ^{90}Sr v aerosóloch RÚ RAO Mochovce od r.1999 – do roku 2011	36