

# **XXXIII. DNI RADIÁČNEJ OCHRANY**



**Zborník abstraktov**

**Štiavnické vrchy – Vyhne  
07. – 11.11.2011**

**Fakulta verejného zdravotníctva Slovenskej  
zdravotníckej univerzity v Bratislave**

**Slovenská spoločnosť nukleárnej medicíny a  
radiačnej hygieny SLS (člen IRPA)**

**Slovenská nukleárna spoločnosť  
(člen ZSVTS)**

**XXXIII.  
DNI RADIÁČNEJ OCHRANY**

**Zborník abstraktov**

**Štiavnické vrchy – Vyhne  
07. – 11.11.2011**

**ISBN 978-80-89384-04-4  
EAN 9788089384044**

## **Programový výbor**

Nikodemová Denisa, doc. RNDr., PhD. – predseda  
Böhm Karol, RNDr., PhD.  
Čechák Tomáš, Prof., Ing., CSc.  
Holý Karol, doc., RNDr., CSc.  
Hůlka Jiří, Ing.  
Malátová Irena, Ing. CSc.  
Petrová Karla, Ing.  
Slávik Ondrej, RNDr., CSc.  
Svitek Jaroslav, Ing.  
Vondrák Vladimír, doc., MUDr.  
Vulev Ivan, MUDr., PhD., MPH  
Zrubec Milan, RNDr.

## **Organizačný výbor**

Cabánková Helena, RNDr., PhD.  
Auxtová Ľudmila, Ing.  
Dobiš Ľubomír, Ing.  
Melicherová Tereza, Ing.  
Pražská Milena, Ing.

## **Hlavní Sponzori**

Canberra Pacard, s.r.o  
Envinet, a.s.  
VF, s.r.o.

## **Ďalší sponzori**

AMEC Nuclear Slovakia, s.r.o.  
Huma Lab Apeko  
JAVYS, a.s.  
SE, a.s. Atómové elektrárne Bohunice  
VUJE, a.s.

Za obsah príspevkov zodpovedajú ich autori

## Príhovor

Vážení priatelia,

narastajúci záujem o problematiku ochrany pred žiarením vo všetkých odvetviach aplikácie ionizujúceho žiarenia bol v poslednom období dokumentovaný aj vysokou účasťou na IRPA kongrese v Helsinkách a na mnohých ďalších podujatiach venovaných regulácii prírodného žiarenia, osobnej dozimetrii a monitorovaniu, optimalizácii lekárskej expozície a kultúre bezpečnosti v jadrovej energetike. Veľmi úspešný priebeh Dní Radiačnej Ochrany v prekrásnom prostredí Třeboně tento aktuálny trend taktiež potvrdil.

Domnievam sa, že dôvodom pre zvýšenú zainteresovanosť odborníkov je jednak zhromaždenie veľkého počtu nových biologických a fyzikálnych vedeckých informácií, ktoré umožnili dôkladnejšie kvantifikovať účinky ožiarenia a vytvoriť stabilnejší základ pre modelovanie potenciálnych rizík a porozumenie zdravotnej ujmy vyvolanej žiarením, jednak aktualizácia štandardov radiačnej ochrany, s väčším dôrazom na hodnotenie rizika spojeného s expozíciou prírodnému žiareniu a optimalizáciu ochranných opatrení v prípade mimoriadnych situácií.

Rozvoj zobrazovacích technológií v rádiológii sa zrýchľuje digitalizáciou, trojdimenzionálnym zobrazovaním a vývojom citlivých detekčných systémov. Tým sa síce zlepšuje diagnostická informácia a zvyšuje pravdepodobnosť vyliečenia, sme však konfrontovaní s narastajúcou radiačnou záťažou pacienta, ale aj zdravotníckeho personálu. Náprava v tejto oblasti nie je dostatočne účinná, najmä z dôvodov chýbajúcich štandardných postupov pre najnáročnejšie a nové vyšetrovacie postupy, nedostatočnej kontroly dodržiavania programov zabezpečenia kvality a optimalizácie parametrov zobrazovacieho procesu a v SR tiež malej podpore úsiliu Komisie ministra zdravotníctva pre zabezpečenie kvality v rádiológii na usmerňovanie ožiarenia v rádiológii. Znižovanie radiačnej záťaže v rádiológii vyžaduje ucelený a účinný systém vzdelávania v radiačnej ochrane, s dostatočným výcvikom a zručnosťou personálu, tak aby sa redukcia dávok žiarenia dosiahla bez straty diagnostických informácií. Jednou zo závažných úloh je zlepšenie situácie v pediatrickej rádiológii, kde z dôvodov vyššej citlivosti na žiarenie je každé ožiarenie spojené s významne vyšším rizikom detí, ako u dospelých. Pre pediatrické vyšetrenia chýbajú aj diagnostické referenčné úrovne.

Veľkou výzvou pre odborníkov v radiačnej ochrane bola a je jadrová havária vo Fukušime, ktorej bude v rámci XXXIII. Dní Radiačnej Ochrany venovaná veľká pozornosť.

V mene organizátorov DRO, ktorí sú nesmierne potešení Vaším záujmom o aktívnu účasť na konferencii, Vám želim príjemný pobyt v malebnom prostredí Štiavnických Vrchov, získanie nových poznatkov zo zaujímavých prezentácií, riešenie problémov v podnetnej diskusii a veľa krásnych zážitkov v spoločenskej časti konferencie.

Využívam tiež príležitosť poďakovať všetkým, ktorí sa zúčastňujú na príprave konferencie, za ich angažovanosť, strávené nadčasové hodiny a entuziazmus.

Denisa Nikodemová



## Obsah

<b>SEKCIA I.: ÚČINKY IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA</b>	<b>16</b>
EFFECTS OF IRRADIATION ON THE URINE ABSORBANCE Singer J., Radová Š	17
VÝVOJ V HODNOTENÍ PRÍJMOVÝCH KOEFICIENTOV RÁDIONUKLIDOV DO RASTLÍN V ODPORÚČANIACH MAE A ICH APLIKOVANIE NA LOKÁLNE PODMIENKY Mihalík J., Hůlka J., Prochazka J.	18
VLIV VAZBY PROTEINU NA PŘÍMÉ A NEPŘÍMÉ POŠKOZENÍ DNA ZÁŘENÍM - KOMPLEX LAC REPRESORU S DNA LAC OPERÁTOREM Davidková M., Štěpán V.	19
VLIV IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ NA SCHOPNOST ENZYMU PVUII ŠTĚPIT PLASMIDOVOU DNA Rosová E., Dučevová K., Davidková M.	20
DIŠTORZE OBRAZŮ MAĢNETICKÉ REZONANCE A JEJICH VLIV NA PLÁNOVÁNÍ LÉČBY NA LEKSELLOVĚ GAMA NOŽI Kozubíková P	21
LABORATÓRIUM PRE VEDU A VÝVOJ S PRIEMYSELNÝM LINEÁRNÝM URÝCHĽOVAČOM Fülöp M., Šiplák D., Slabeycius J., Hybler P., Ragan P.	22
VÝZNAM STRUKTURY STOPY PRO CHEMICKOU FÁZI ÚČINKU IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ A VÝSLEDNÁ POŠKOZENÍ DNA Štěpán V., Davidková M.	23
VLIV GAMA ZÁŘENÍ NA REPARAČNÍ SCHOPNOST PROTEINU FPG Dučevová K., Rosová E., Davidková M.	24
PO STOPÁCH STOP V DETEKTORECH STOP Pachnerová Brabcová K., , Ambrožová I., Kolísková Z.	25
<b>SEKCIA II.: VŠEOBECNÉ ASPEKTY RADIÁČNEJ OCHRANY</b>	<b>26</b>
RENTGENOVÉ SKENERY PRO BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY OSOB NA LETIŠTÍCH Z POHLEDU OCHRANY PŘED ZÁŘENÍM Petrová K, Zachariášová I.	27
KRITÉRIA K POSOUZENÍ RIZIKA ŠIRŠÍHO NASAZENÍ CELOTĚLOVÝCH BEZPEČNOSTNÍCH RTG SKENERŮ NA LETIŠTÍCH Sabol J., Navrátil L.	29
CO PŘINESLA HAVÁRIE JE FUKUSHIMA PRO STRATEGII ZAVÁDĚNÍ OCHRANNÝCH OPATŘENÍ Prouza Z.	30
LETECKÁ GAMA SPEKTROMETRIE V SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ RADIÁČNÍ SITUACE AČR Pavlík J., Sládek P.	31
BIOLOGICKÉ ÚČINKY NÍZKÝCH DÁVEK IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ Davidková M.	32
RIZIKO PLICNÍ RAKOVINY U HORNÍKŮ URANOVÝCH DOLŮ – NEJNOVĚJŠÍ VÝSLEDKY K ROKU 2010 Tomášek L.	33

NEMOCI Z POVOLÁNÍ ZPŮSOBENÉ EXPOZICÍ I.Z. - PROGRAMY ODŠKODŇOVÁNÍ PRACOVNÍKŮ V RŮZNÝCH ZEMÍCH Müller T.	34
LIKVIDACE OZAŘOVAČE POLSKO Holcner M., Borek P.	35
ČINNOSTI VEDÚCE K SKVALITNENIU SLUŽIEB ODDELENIA OSOBNEJ DOZIMETRIE SLOVENSKEJ LEGÁLNEJ METROLÓGIE Solivajs D.	36
EXPOZICE KOSMICKÉMU ZÁŘENÍ NA PALUBÁCH LETADEL A VESMÍRNÝCH LODÍ Ambrožová I., Pachnerová-Brabcová K., Ploc O., Kubančák J., Kolísková Z.	37
AKTUÁLNÍ PROBLÉMY SPOJENÉ S DŮSLEDNÝM POUŽÍVÁNÍM VELIČIN A JEDNOTEK V RADIACNÍ OCHRANĚ V SOULADU S PŘÍSLUŠNÝMI MEZINÁRODNÍMI DOPORUČENÍMI Sabol J.	38
JAKÉ VÝHODY PŘINESE NÁHRADA VELIČINY AKTIVITA VELIČINOU TOK ČÁSTIC PŘI POSUZOVÁNÍ MĚŘIDEL PLOŠNÉ AKTIVITY Soukup T.	39
NERIS - EUROPEAN PLATFORM ON PREPAREDNESS FOR NUCLEAR AND RADIOLOGICAL EMERGENCY RESPONSE AND RECOVERY Đúranová T., Mustnoner R., Raskob W., NĪisbet A., Schneider T., Liland A., Croteau C.	40
MERANIE DISTRIBÚCIE RADIACNEJ ZÁŤAŽE LETECKÉHO PERSONÁLU SPOLOČNOSTI ČSA S POMOCOU TKANIVOVO EKVIVALENTNÉHO POČÍTAČA HAWK A DETEKTOROV LIULIN Kubančák J., Pachnerová-Brabcová K., Kolísková Z., Štěpán V., Yu. Uchihori, Ploc O.	41
CELOSTÁTNÍ SLUŽBA OSOBNÍ DOZIMETRIE, S.R.O. - 20 LET POSKYTOVÁNÍ VYSOCE KVALITNÍ A PROFESIONÁLNÍ SLUŽBY OSOBNÍ DOZIMETRIE OD ZEVNÍHO OZÁŘENÍ (1992 - 2012) Zelenka Z.	42
DOVOZ POTRAVIN A KRMIV POCHÁZEJÍCÍCH NEBO ODESÍLANÝCH Z JAPONSKA DO ČESKÉ REPUBLIKY Havránková B.	43
<b>SEKCIA III.: DOZIMETRIA A METROLÓGIA IONUJÚCEHO ŽIARENIA</b>	<b>44</b>
VÝZKUMNÉ LASEROVÉ CENTRUM ELI BEAMLINES - NÁVRH STÍNĚNÍ A TÉMATA K ŘEŠENÍ Olšovcová V., Griffiths M., Haley R., McFarlene L., Rus B.	45
VERIFIKÁCIA ZABEZPEČENIA RADIACNEJ OCHRANY A MERANIE RADIACNÝCH POLÍ V OKOLÍ PRIEMYSELNÉHO 5 MEV LINEÁRNEHO URÝCHĽOVAČA ELEKTRÓNŮV Ragan P., Fulöp M.	46
PARAMETRY OZAŘOVACÍCH ZAŘÍZENÍ VÝZKUMNÉHO REAKTORU LVR-15 Viererbl L., Klupák V., Lahodová Z., Kolečka M.	47
OPTIMALIZACE LETECKÉ GAMASPEKTROMETRIE PRO MONITOROVÁNÍ RADIACNÍ SITUACE A LOKALIZACI ZDROJŮ ZÁŘENÍ Sládek P., Ohera M., Pavlík J.	48

SLEDOVÁNÍ PŘÍPADŮ VNITŘNÍ KONTAMINACE Am-241 Fojtík P., Malátová I.	49
MONITOROVANIE DÁVKOVÉHO EKVIVALENTU NEUTRÓNŮV A GAMA ŽIARENIA V PROTÓNŮVOM TERAPEUTICKOM KOMPLEXE ÚVN RUŽOMBEROK OSOBNÝM DOZIMETROM NBG Fulöp M., Solivajs D., Vlk P., Ragan P., Šiplák D.	50
MONTE CARLO SIMULACE ODEZVY NEUTRONOVÝCH DETEKTORŮ (3HE, NE-213) Jančář A., Dressler J., Kopecký Z.	51
SYSTÉM DOZIMETRICKÉHO ZABEZPEČENÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR Gavel A., Marek R.	52
MOŽNOSTI INDIKACE PŘÍTOMNOSTI RUŠIVÝCH RADIONUKLIDŮ U MĚŘENÍ KARBONÁTOVÝCH FOREM <sup>14</sup> C VE VZORCÍCH PLYNNÝCH VÝPUSTÍ JEZ Tomášková L., Světlík I., Fejgl M., Pospíchal J.	53
ZAKONCENTROVANIE A STANOVENIE <sup>90</sup> SR V RÁDIOAKTÍVNYCH ODPADOCH POUŽITÍM METÓD EXTRAKCIE S PEVNOU FÁZOU. Dulanská S., Remenec B., Mátel L., Galanda D., Molnár A.	54
MOŽNOSTI APLIKÁCIE SORBENTU DGA PRI SEPARÁCII PU A AM V RÁDIOCHEMICKÉJ ANALÝZE. Galanda D., Mátel L., Dulanská S., Kováč P.	55
VÝPOČTY RADIAČNÍ ZÁTĚŽE POSÁDKY SERVISNÍHO MODULU ZVEZDA MEZINÁRODNÍ KOSMICKÉ STANICE S POUŽITÍM KULOVÉHO TKÁŇOVÉ- EKVIVALENTNÍHO FANTOMU MATROSHKA-R Kolísková (Mrázová), I. Ambrožová L., Sihver T. Sato, Shurshakov V.A.,	56
VLASTNOSTI DIAMANTOVÉHO DETEKTORU - POROVNÁNÍ S IONIZAČNÍMI KOMORAMI Navrátil M., Vondráček, V.	57
VÝSLEDKY EVROPSKÉHO VÝZKUMNÉHO PROJEKTU „ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY LÉČBY NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ POMOCÍ 3D BRACHYTERAPIE“ Šolc J., Sochor V., Selbach H. J., Aubineau-Laniece I., Lourenco V., Gábriš F., Grindborg J. E., Kosunen A., Siiskonen T., Jarvinen H., Sipila P., Gouldstone C., Sander T., Sharpe P., Zeman J., Ol C.	58
OPTIMALIZACE VÝVOJE A VÝZKUMU U FIRMY ENVINET A.S. Surý J.	59
KONTAMINÁCIA HÚB <sup>137</sup> CS NA ÚZEMÍ STREDOSLOVENSKEHO REGIÓNU V ROKU 2011 Ďurecová A., Ďurec F., Auxtová L., Čechová A.	60
OBSAH <sup>137</sup> CS A <sup>90</sup> SR V POTRAVINÁCH V ČESKÉ REPUBLICE Fantínová K., Rulík P., Bečková V., Schlesingerová E., Fojtík P., Bartusková M.	61
DÁLKOVÝ MONITOR RADIOAKTIVNÍ KONTAMINACE Kratochvíl P., Borek P., Halas P. Prášek P.	62
REKONSTRUKCE SYSTÉMU MĚŘENÍ PLYNNÝCH VÝPUSTÍ VE VENTILAČNÍM KOMÍNĚ ÚJV ŘEŽ A.S. Neužil J., Činovský V., Javůrek D.	63



METÓDA PRÍPRAVY STOPOVACÍHO RÁDIONUKLIDU 239NP POUŽITÍM EXTRAČNEJ CHROMATOGRFIE Strišovská J., Galanda D., Remenec B., Drábová V., Kuruc J.	64
VYUŽITIE IÓNOVÝMENNEJ CHROMATOGRFIE NA ELIMINÁCIU CURIA OD AMERÍCIA PRI JEHO STANOVENÍ METÓDOU KVAPALINOVEJ SCINTILAČNEJ SPEKTROMETRIE Drábová V., Galanda D., Remenec B., Strišovská J., Kuruc J.	65
SVĚTELNÝ VÝTĚŽEK JAKO FUNKCE ČASOVÉ KONSTANTY ZESILOVAČE A VZTAH TÉTO FUNKCE K DOSVITOVÝM KŘIVKÁM Průša P., Mareš J. A., Nikl M.,	66
METODIKA PŘÍPRAVY POLYMERNÍHO GELOVÉHO DOZIMETRU PAGAT Vávrů K., Pytloun M., Šemnická J., Spěváček V.	67
DOZIMETRICKÉ, RADIOMETRICKÉ, SPEKTROMETRICKÉ A MONITOROVACÍ SYSTÉMY HZS ČR Gavel A., Marek R.	68
KALIBRAČNÍ ZAŘÍZENÍ PRO SIMULACI PLOŠNÉ AKTIVITY CS-137 Ohera M., Sládek P., Sas D., Janda J.	69
PŘÍPRAVA BIOLOGICKÝCH VZORKŮ POMOCÍ MIKROVLNNÉHO ROZKLADNÉHO ZAŘÍZENÍ Janda J., Sas D., Sládek P.	70
<b>SEKCIA IV.: RADIČNÁ OCHRANA V JADROVEJ ENERGETIKE</b>	<b>72</b>
KONCEPCIA RADIČNEJ OCHRANY POČAS VYRAĐOVANIA JE V1 Kaizer J., Svitek J.	73
DETEKCIA MALÝCH ÚNIKOV Z I.O. NA ZÁKLADE MONITOROVANIA AKTIVITY RÁDIONUKLIDU <sup>13</sup> N Ševečka Š., Kuchárek P., Košťal J., Kapišovský V.	74
NOVÉ UVOĽŇOVACIE KAPACITY PRE MONITOROVANIE MATERIÁLOV NA JE A1 Slávik O., Slaninka A., Lištjak M.	76
REKONSTRUKCE SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ VK EDU Okruhlica P., Petráněk V.	77
DECOMMISSIONING DATABASE OF V1 NPP Rapant T., Křištofová K., Hanzel R.	78
NEZÁVISLÉ MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ Hort M., Havránek J., Pospíchal J.	79
INOVÁCIA SYSTÉMU NEZÁVISLÉHO MONITOROVANIA RADIČNEJ SITUÁCIE NA JE A1 - MOBILNÉ MONITOROVACIE STANIČKY Lištjak M., Gôndôr P., Slávik O., Ševečka Š., Košťal J., Galbička I.	80
UVOĽŇOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE A VE SVĚTĚ Krmela J.	81
URČENÍ ZDROJOVÉHO ČLENU VYHOŘÍVAJÍCÍHO JADERNÉHO PALIVA JE JAKO VSTUPNÍCH PARAMETRŮ PRO DALŠÍ VÝVOJ NEZÁVISLÉHO MONITORINGU JE V ČR Žlebčik P., Hůlka J.	82

VALIDÁCIA MODELU ROZPTYLU RÁDIONUKLIDOV V ATMOSFÉRE PO VÝBUCHU RDD BÔMB Đúran J.	83
KONTAJNEROVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM PRE UVOLŇOVANIE MATERIÁLOV DO ŽP - NEISTOTA MERANIA A SPÔSOB OVERENIA Slaninka A., Slávik O., Nečas V.	84
REKONSTRUKCE OBJEKTU CENTRA NAKLÁDÁNÍ S RAO Mudra J., Podlaha J., Svoboda K.	85
ZAJIŠTĚNÍ RADIČNÍ OCHRANY PŘI OPRAVÁCH VNITŘNÍCH ČÁSTÍ REAKTORU NA 2. BLOKU JE TEMELÍN Zapletal P., Konop R., Koc J., Kvasnička O., Hort M.	86
MODELING OF RADIATION IMPACT IN NUCLEAR FACILITIES' PROXIMITY Patera V., Pokorný O.	87
OPTIMALIZÁCIA NASTAVENIA DIGITÁLNEHO MCA S HPGE DETEKTOROM A JEHO VYUŽITIE V PRAXI Bryndziar P.	88
APLIKÁCIA CELOSPEKTRÁLNEHO SPRACOVANIA PRI ANALÝZE SPEKTRIER GAMA ŽIARENIA MERANÝCH V JE EMO Stacho M., Krnáč Š., Slugeň V., Hinca R., Sojak S.	89
EVALUATION OF THE SHALLOW PENETRATING RADIATION CONTRIBUTION TO THE INDIVIDUAL DOSE - EXPERIMENT AND MCNP SIMULATION Kvasnička O., Studený J., Fárniková M., Figalla R.	90
POPIS RIADIACEHO A VYHODNOCOVACIEHO SW OPERATÍVNEHO LYŽICOVÉHO MONITORA PRE TRIEDENIE KZ Lištjak M., Góndór P., Slaninka A., Slávik O.	91
OPERATÍVNY LYŽICOVÝ TRIEDIACI MONITOR KONTAMINOVANÝCH ZEMÍN - ODSKÚŠANIE A JEHO VÝSLEDKY Slaninka A., Lištjak M.	92
DETERMINATION OF 99TC IN EVAPORATOR CONCENTRATES USING SOLID PHASE EXTRACTION TECHNIQUES Paučová V., Remenec B., Dulanská S., Mátel L.	93
<b>SEKCIA V.: HAVARIJNÝ MANAŽMENT</b>	<b>94</b>
MonNRaS - PROGRAMOVÝ PROSTŘEDEK PRO UKLÁDÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A ZVEŘEJŇOVÁNÍ DAT Z RMS ČR - 1. ČÁST Bodřová M., Bílková H., Havránek J. Moltašová J., Starostová V., Šindelková E., Votruba Z.	95
MonRaS - GIS MODUL A MAPOVÝ SERVER SÚJB Smejkalová E., Suchoň D., Čarný P.	96
PROGRAMOVÝ PROSTŘEDEK PRO UKLÁDÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A ZVEŘEJŇOVÁNÍ DAT Z RMS ČR - 2. ČÁST Lavický M., Forman T.	97
MIMORÁDNÉ PŘÍPADY ŠETŘENÉ STÁTNÍM ÚŘADEM PRO JADERNOU BEZPEČNOST ČESKÉ REPUBLIKY Davidková J.	98

MONITOROVACÍ SYSTÉM CTBTO A JEHO ROLE PO HAVÁRII JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUŠIMA Malátová I., Froňka A	99
FUKUŠIMA NA SLOVENSKU Ragan P., Klenovič I., Ďurecová Al., Ďurec F.	100
MONITOROVÁNÍ RADIONUKLIDŮ V OVZDUŠÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ PO HAVÁRII JE FUKUŠIMA Hýža M., Rulík P., Bečková V., Borecký Z., Havránek J., Hôlgye Z., Luňák J., Malá H., Matzner J., Pilátová H., Rada J., Schlesingerová E., Šindelková E., Trnková L., Vlček J.	101
FUKUSHIMA - RÁDIOLOGICKÉ DOPADY NA STREDNÚ EURÓPU MODELOVANÉ SYSTÉMOM ESTE Čarný P., Suchoň D., Smejkalová E., Krpelanová M., Lipták Ľ., Chylý M.	102
FUKUSHIMA - VÝPOČET INVENTÁRA AZ REAKTOROV A BAZÉNOV SKLADOVANIA DAI-ICHI 1 AŽ DAI-ICHI 4, ODHAD ZDROJOVÉHO ČLENA Krpelanová M., Čarný P.	103
CO PŘINESLA HAVÁRIE JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUSHIMA PRO STRATEGII MONITOROVÁNÍ MOBILNÍMI SKUPINAMI Škábová M., Helebrant J., Češpírová I., Gryc L.	104
VELIKOSTNÍ ROZDĚLENÍ AEROSOLŮ SPOJENÝCH S RADIONUKLIDY UVOLNĚNÝMI Z JE FUKUŠIMA Malá H., Rulík P., Mihalík J., Hýža M.	105
MONITOROVANIE I-131 PO HAVÁRII JE FUKUŠIMA A KOREKCIA PRÍSPEVKU I-131 VO VÝPUSTIACH SE EBO. Tomášková A, Remenec B., Nemčovič V.	106
REPORT ABOUT RADIATION MEASUREMENTS WITH THE SILICON DETECTOR AROUND THE FUKUSHIMA POWER PLANT Ploc O., Uchihori Y., Kitamura H.	107
CVIČENIE INEX-4 - APLIKÁCIA MODELOV ESTE NA PRÍPRAVU SCENÁRA Čarný P., Lipták Ľ., Smejkalová E., Krpelanová M.	108
ZÁSAHOVÁ SKUPINA ÚJV ŘEŽ A.S. A ZÁCHYTY RADIOAKTIVNÍCH MATERIÁLŮ (PODOLÍ 2011 A JINÉ) Podlaha J., Svoboda K.	109
PODOLÍ, ZÁŘÍ 2011 – ZÁCHYT ZÁŘIČE Češpírová I., Rovenská K., Prouza P, Gryc L., Celebrant J.	110
EVALUATION OF EXPECTED CONSEQUENCES OF A NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENT USING SEQUENTIAL MONTE CARLO Hofman R., Šmídl V.	111
<b>SEKCIA VI.: RADIČNÁ ZÁŤAŽ A OCHRAN V DIAGNOSTIKE, NUKLEÁRNEJ MEDICÍNE A V RADIČNEJ ONKOLÓGII</b>	<b>112</b>
RADIČNÍ OCHRANA DĚTÍ V RADIODIAGNOSTICE Nožičková J.	113
HODNOTENIE RADIČNEJ ZÁŤAŽE NOVORODENCOV V DÔSLEDKU RÁDIOLOGICKÝCH VYŠETRENÍ Maruniaková A., Nikodemová D.	114

ZÁVERY A ODPORÚČANIA EURÓPSKEHO PROJEKTU ORAMED PRE PRAKTICKÚ INTERVENČNÚ RÁDIOLÓGIU A NUKLEÁRNU MEDICÍNU Nikodemová D., Fülöp M., Cabáneková H.	115
SLEDOVANIE VEĽKOSTI OŽIARENIA PACIENTOV NA VYBRANÝCH RÁDIOLOGICKÝCH PRACOVISKÁCH SR Šalát D., Nikodemová D., Šalátová A.	116
MERANIE OŽIARENIA RÚK GAMA ŽIARENÍM A POZITRÓNMI PERSONÁLU ODDELENÍ NUKLEÁRNEJ MEDICÍNY POMOCOU TL DOZIMETROV Fülöp M., Solivajs D., Makaiová I., Povinec P., Baček D., Vlk P., Ragan P., Hušák V.	117
RESEARCH ON RADIATION EXPOSURE FROM CT PART OF SPECT/PETCT Solný P.	118
STANOVENÍ RADIAČNÍ ZÁTĚŽE Z VYŠETŘENÍ TLUSTÉHO STŘEVA POMOCÍ GA- CITRÁTU Mihalová P., Vrba T., Buncová M.	119
SPECIFIKA RADIAČNÍHO MONITOROVACÍHO SYSTÉMU PRO PET CENTRUM ŘEŽ Kazda M., Andert D., Sláma L.	120
POROVNÁNÍ DVOU METOD PRO REDUKCI METALOVÝCH ARTEFAKTŮ V CT: SIMULACE A EXPERIMENTY Klepetková H.	121
ZAŤAŽENIE PACIENTA MIMO CIEĽOVÉHO OBJEMU U ŠPECIÁLNYCH TECHNÍK LIEČBY ŽIARENÍM Králik G., Kontrišová K., Lojko D., Fribertová M., Poláková K.	122
ZKUŠENOSTI S VERIFIKACÍ OZAŘOVACÍ TECHNIKY VMAT - RAPID ARC Nechvíl K., Mynařík J.	123
KONKRÉTNÍ MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ PRINCIPU ALARA K OPTIMALIZACI OZÁŘENÍ OBSLUHY TELETERAPEUTICKÝCH RADIONUKLIDOVÝCH OZAŘOVAČŮ Hudzieťzová J., Sabol J., Grayová-Bulíčková L.	124
UPŘESNĚNÍ ZESLABOVACÍCH KOEFICIENTŮ OCHRANNÝCH ZÁSTĚR PRO NEJBĚŽNĚJŠÍ SE VYSKYTUJÍCÍ ENERGIE ROZPTÝLENÉHO ZÁŘENÍ NA RADIODIAGNOSTICKÝCH PRACOVIŠTÍCH Zelenka Z., Rozlívka Z., Papírník P.	125
LETÁKY PRO PACIENTY A PRACOVNÍKY V RADIOLOGII Vinklář J.	126
VÝROBA A CHARAKTERIZÁCIA RÁDIONUKLIDU CU-64 PRE PET DIAGNOSTIKU A TERAPIU Ometáková J., Rajec P.	127
POROVNÁNÍ RADIOBIOLOGICKÝCH MODELŮ PRAVDĚPODOBNOTI POŠKOZENÍ ZDRAVÉ TKÁNĚ S KLINICKÝMI DATY Trojčková D., Judas L., Odrážka K., Trojek T.	128
ANALÝZA STÍNĚNÍ OZAŘOVNY S OČNÍM PAPERSEM V PTC PRAHA Urban T.	129

<b>SEKCIA VII.: PRÍRODNÉ ZDROJE ŽIARENIA V PRACOVNOM A ŽIVOTNOM PROSTREDÍ</b>	<b>130</b>
VPLYV INHALÁCIE RADÓNU A POČTU VYFAJČENÝCH CIGARIET NA RIZIKO VZNIKU RAKOVINY PLŮC. Böhm R., Sedlák A., Holý K.	131
MOŽNOST OVĚŘENÍ ÚDAJŮ O INHALAČNÍM PŘÍJMU DĚLOUHODOBÝCH ALFA ZÁŘIČŮ Z OSOBNÍCH DOZIMETRŮ ALGADE V URANOVÝCH DOLECH Malátová I., Bečková J. Tomášek L., Hůlka J.	132
KRÁTKODOBÁ A DLHODOBÁ VARIABILITA KONCENTRACÍ DCÉRSKÝCH PRODUKTŮ RADÓNU V BYTOCH V ČESKEJ REPUBLIKE Marušiaková M., Tomášek L., Holeček J.	133
VPLYV METEOROLOGICKÝCH PARAMETROV NA OBJEMOVÚ AKTIVITU RADÓNU VO VIACPODLAŽNOM DOME Müllerová M., Holý K.	134
DEGRADACE POLYMERNÍCH HYDROIZOLACÍ POMOCÍ ALFA ČÁSTIC A PŮDNÍCH BAKTERIÍ Rovenska K., Jiránek M., Froňka A.	135
INDUKOVANÁ FYTOEXTRAKCIA URÁNU KYSELINOU CITRÓNOVOU Mihalík J.	136
MÁ NA DÁVKOVÝ PŘÍKON V ČR VĚTŠÍ VLIV RADON NEBO FUKUSHIMA? Škábová M. Rovenská K., Hradecký J., Marešová B.	137
ONLINE DATABASE OF MEASUREMENTS WITH THE SILICON SPECTROMETER LIULIN ON BOARD AIRCRAFT Ploc O., Ambrožová I., Kubančák J., Spurný F.	138
РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ Киреев С., Обризан С., Вишневецкий Д.	139
PŮLSTOLETÍ S RADONEM V OSOBNÍ ANGAŽOVANOSTI Thomas J.	140
ŠTÚDIUM VLASTNOSTÍ AKTÍVNEHO UHLIA POUŽÍVANÉHO PRI MERANÍ NÍZKYCH AKTIVÍT RADÓNU Müllerová M., Holý K.	141
DVOJFILTROVÝ DETEKČNÝ SYSTÉM PRE KONTINUÁLNE MONITOROVANIE RADÓNU Holý K. Attila Moravcsík A., Müllerová M., Bujnová A., Bulko M.	142
MONITORY OBJEMOVÉ A EKVIVALENTNÍ OBJEMOVÉ AKTIVITY RADONU Halas P., Borek P., Kratochvíl P., Dostál J., Okruhlica P.	143
<b>SEKCIA VIII.: VZDELÁVANIE</b>	<b>144</b>
RADIAČNÁ OCHRANA NA STREDNÝCH ŠKOLÁCH - NOVÉ FORMY VZDELÁVANIA Holá O.	145
INOVAČE BAKALÁRSKÉHO STUDIJNÍHO ZAMĚŘENÍ RADIAČNÍ OCHRANA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ Thinová L., Froňka A., Martinčík J., Rovenská K.	146

RADIOLOGICKÁ FYZIKA NA FJFI ČVUT V PRAZE Steiner M., Čechák T., Vávrů K., Urban T.	147
RADONOVÝ PROGRAM ČR - PROJEKTY PRO ŠKOLY Rovenska K., Ivana Fojtíková I., Froňka A.	148
IMPLEMENTÁCIA INOVATÍVNYCH PRÍSTUPOV K PARTICIPÁCII VEREJNOSTI PRI UKLADANÍ RÁDIOAKTÍVNYCH ODPADOV (IPPA PROJEKT 7RP) Mršková A., Jozef Prítrský J.	149
ASPEKTY RADIAČNÍ OCHRANY VÝZKUMNÉHO REAKTORU MALÉHO VÝKONU PŘI EXPERIMENTÁLNÍ VÝUCE A VZDĚLÁVÁNÍ. Kolros A.	150
RADIAČNÁ SITUÁCIA OCHRANNÉHO PÁSMA ČERNOBYĽA Hinca R., Stacho M., Javorník A.	151



**Sekcia I.**

**ÚČINKY IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA**  
(rádiológia, zdravotné účinky, rizikové faktory)



## EFFECTS OF IRRADIATION ON THE URINE ABSORBANCE

Jan Singer<sup>1</sup>, Štěpánka Radová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zdravotně sociální fakulta, Jihočeská univerzita České Budějovice

In radiotherapy, irradiation can exceptionally involve not only a higher exposure of the patient healthy tissue, but in the case of accidents also high doses in the personnel. Thus, the authors studied changes in the absorbance of the urine after its irradiation to make possible the use of the urine as a rapid biological dosimeter. The study was based on experiments, where after addition of a ferrous sulphate solution, the absorbance of the irradiated urine was increased from a dose of 1 Gy compared with non-irradiated urine. The changes were intensified with increasing doses. After doses up to 20 Gy, the absorbance was changed by 0.3 to 0.8 (for wave lengths corresponding with the red to violet colour). However, due to a considerable spread of values for different urine specimens (of the order of magnitude of tens of percent), the method can only be used as an indicator of the urine irradiation without quantitative evaluation of the dose.

## VÝVOJ V HODNOTENÍ PRÍJMOVÝCH KOEFICIENTOV RÁDIONUKLIDOV DO RASTLÍN V ODPORÚČANIACH MAAE A ICH APLIKOVANIE NA LOKÁLNE PODMIENKY

Ján Mihalík<sup>1</sup>, Jiří Hůlka<sup>1</sup>, Ján Prochazka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Pri riešení potenciálnych dopadov havárie v jadrovej elektrárni na poľnohospodárku produkciu, v rámci bezpečnostného výskumu MV ČR (VF20102015014), je jednou z úloh vývoj modelu kontaminácie plodín. Cieľom práce je adaptovať modely na lokálne podmienky: fenofázu rastlín, agronomické zásahy a typické pôdy, a urýchliť odhad kontaminovaného množstva biomasy. Bezprostredne po spáde rádioaktívnej kontaminácie čelia plodiny predovšetkým povrchovej kontaminácii, ktorá sa v dôsledku vetra a dažďa znižuje. Rádionuklidy zo spadu sa dostávajú do pôdy, ktorá sa takto stáva ich dlhodobým zdrojom. Ich ďalší osud môže prebiehať viacerými scenármi:\* Príjem koreňmi do rastlín alebo absorpcia na povrchu koreňov,' Príjem a adsorpcia na povrchu pôdných živočíchov,' Migrácia v pôdnom roztoku,' Stabilizácia v pôde,' Resuspensia z povrchovej vrstvy. Kľúčové pre odhad obsahu rádionuklidov v rastlinách v neskoršom období po spade sú: príjem koreňmi a resuspensia. Príjmové koeficienty sú pre naše modely prevzaté z TRS 1616, ktorá nahradila TRS 364. Vývoj medzi obidvoma správami je predovšetkým v: dôkladnejšie rozčlenenie rastlín do skupín,' zohľadnení vplyvu štruktúry a zloženia pôdy,' zahrnutí väčšieho množstva výsledkov,' definovaní príjmového koeficientu vzhľadom k sušine biomasy a pôdy. Správa TRS 1616 uvádza ako príjmové koeficienty geometrické priemery hodnôt. Z vybraných nuklidov (<sup>131</sup>I, <sup>90</sup>Sr a <sup>137</sup>Cs) došlo k výrazným zmenám len v prípade cézia, ktorého tabelované príjmové koeficienty klesli niekoľkonásobne. Rozptyl medzi najnižšími a najvyššími uvedenými hodnotami v TRS 1616 je až tri rady (pre jednotlivé skupiny plodín a druhy pôd). Pre získanie, čo najpresnejších hodnôt príjmových koeficientov je dôležité uskutočniť pokusy s vybranými druhmi rastlín, ktoré sú silne zastúpené v lokálnej produkcii, na konkrétnej pôde so známym obsahom pôdných frakcií, pH, štruktúrou, a pod. Dôležitými plodinami v okolí JE Temelín sú ozimná pšenica a repka. Vzhľadom k TRS 1616 môžeme pre pšenicu použiť všeobecné hodnoty pre obilie. Fenologická fáza: vzchádzanie nastáva v sledovanej lokalite od 20.9. do 4.10. Žatva nastáva od 1.8. V období medzi týmito termínmi by došlo k depozícii spadu na zelenej biomase. Náročnejší je výber správnej kategórie pri repke. Vzhľadom k jej príbuznosti s kapustovitými (brukvovité), ktoré majú všeobecne jedny z najvyšších príjmových koeficientov, by sme ju mohli zaradiť do skupiny „listová zelenina“. Príjmové koeficienty sú pre túto skupinu vzťahované na zelenú biomasu. Na druhej strane, z repky sú využívané predovšetkým semená, ktoré, podobne ako iné generatívne orgány, majú v rámci rastliny najnižšie príjmové koeficienty. Zelené časti repky sú niekedy používané na zelené hnojenie. Vzchádzanie nastáva u repky v okolí Temelína od 5.9. Zber prebieha od 22.7. Model má slúžiť na kvantifikovanie množstva odpadov z kontaminovaného územia a vzhľadom k tomu, na prijatie odpovedajúcich opatrení.

## **VLIV VAZBY PROTEINU NA PŘÍMÉ A NEPŘÍMÉ POŠKOZENÍ DNA ZÁŘENÍM - KOMPLEX LAC REPRESORU S DNA LAC OPERÁTOREM.**

Marie Davidková<sup>1,2</sup>, Václav Štěpán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

<sup>2</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

Vazba proteinů na specifickou sekvenci bází DNA modifikuje radiační poškození obou biomolekul. Pro popis a pochopení procesů radiačního poškození takových komplexních biologických terčů jako jsou komplexy DNA s proteiny je možné použít teoretické modelování. Stochastický model RADAMOL založený na metodě Monte Carlo byl vyvinutý pro simulaci přímého a nepřímého účinku ionizujícího záření na biologické terče se známou atomární strukturou. Časo-prostorový vývoj stop nabitých částic je modelován od primární depozice energie nabitými částicemi v kapalné vodě až do konce chemického stádia s nehomogenní distribucí radikálů a iontů (do 10-6s). Přímá ionizace DNA nebo okolní vrstvy vázané vody vede k produkci děr a elektronů následované jejich migrací a lokalizací náboje v DNA. Nepřímá poškození zahrnují léze vzniklé chemickými reakcemi deoxyribozy, bází anebo aminokyselin s produkty radiolýzy (především OH, eaq- and H-). Výsledkem simulace jsou výtěžky a distribuce jednoduchých a komplexních poškození ve studovaném terči. Modelem RADAMOL bylo simulováno radiační poškození DNA oligomeru dlouhého 100 bázových párů, který obsahuje sekvenci bází lac operator, a stejnou DNA s vázaným proteinem lac represorem. Budou prezentovány výsledky výpočtů pro elektrony, protony a alfa částice s různými energiemi. Bude demonstrován vliv interakce proteinu na distribuci poškození DNA a příspěvek přímých a nepřímých poškození v závislosti na kvalitě záření.

## VLIV IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ NA SCHOPNOST ENZYMU PvuII ŠTĚPIT PLASMIDOVOU DNA

Eva Rosová<sup>1</sup>, Kateřina Dučevová<sup>1</sup>, Marie Davídková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

Restrikční endonukleasy typu II patří do skupiny enzymů, které rozpoznávají tzv. palindromické sekvence nukleotidů a štěpí vlákno dvouřetězcové DNA na přesně daných místech těchto úseků. Kromě toho, že jsou cenným nástrojem pro molekulární biologii, jsou restrikční endonukleasy II typu důležité i pro studium aspektů specifických interakcí proteinů s DNA. Tato práce se zabývá vlivem ionizujícího záření na schopnost jednoho z těchto enzymů štěpit plasmidovou DNA. Některé výzkumy ukazují, že právě proteiny jsou v buňkách hlavními prvotními cíly volných radikálů, přičemž druhotně pak mohou poškodit ostatní molekuly včetně DNA. Právě z toho důvodu je studium jejich poškození důležité. Pro experimentální studii byl vybrán plasmid pcDNA3 (délka 5446 bázových párů) a restrikční endonukleasa PvuII. Enzym PvuII na daném plasmidu rozpoznává tři sekvence bází, které štěpí na přesně daných místech. Díky tomu při úplném štěpení plasmidu vznikají DNA úseky o délce 1069, 1097 a 3280 bázových párů. Výsledek štěpení se však podstatně změní po ozáření, v této studii gama zářením <sup>60</sup>Co. K detekci modifikací vzniklých štěpením plasmidové DNA ozářeným enzymem PvuII byla použita metoda agarózové elektroforézy. Při experimentech byly aplikovány dávky od 0 do 700 Gy. Zvláštní pozornost pak byla věnována dávkám v rozsahu 200 - 400 Gy. Při dávkách přibližně 250 Gy dochází k prokazatelnému snížení aktivity enzymu PvuII, což se projevuje vznikem nových fragmentů DNA. Při dávkách nad 500 Gy je pak poškození natolik závažné, že ke štěpení plasmidu již téměř nedochází.

# **DISTORZE OBRAZŮ MAGNETICKÉ REZONANCE A JEJICH VLIV NA PLÁNOVÁNÍ LÉČBY NA LEKSELLOVĚ GAMA NOŽI**

Petra Kozubíková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nemocnice na Homolce, Praha

Studie se zabývá problémem měření distorzí (prostorovými zkresleními) obrazů magnetické rezonance (MR) a možnými důsledky na plánování radiochirurgické léčby. Práce byla podpořena z projektu GAČR 202/09/H086.

## LABORATÓRIUM PRE VEDU A VÝVOJ S PRIEMYSELNÝM LINEÁRNÝM URÝCHĽOVAČOM

Marko Fülöp<sup>1</sup>, Dušan Šiplák<sup>1</sup>, Juraj Slabeycius<sup>2</sup>, Peter Hybler<sup>1</sup>, Pavol Ragan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SZU v Bratislave, Bratislava

<sup>2</sup> EVPU a.s., Nová Dubnica

<sup>3</sup> ÚVZ SR, Bratislava

Pracovisko s lineárnym urýchľovačom zväzku elektrónov na 5MeV/0,2mA bolo pôvodne projektované na účely metrológie ako zdroj dávok vysokých príkonov. Ochranné tienenia boli vypočítané pomocou poloempirických vzťahov a s použitím Monte Carlo kódu MCNP 5. Po dokončení stavby budovy bolo januári 2011 pracovisko prevedené na SZU. Do júna 2011 bol inštalovaný už predtým vyrobený lineárny urýchľovač. V nasledujúcich mesiacoch prebehla CE certifikácia a testy inštalácie (IQ), na preverenie kvality radiačnej ochrany sa vykonali merania radiačných polí v pracovnom prostredí a na okolí pracoviska, testy IQ a funkčnosti (OQ) systému radiačnej kontroly a systému riadenia urýchľovača. Kvalifikačné skúšky OQ urýchľovača spolu s dopravníkovým pásom sa vykonali podľa EN ISO 11 137. V príspevku sú prezentované niektoré výsledky meraní, ako je energia zväzku elektrónov, 8-hodinová stabilita energie a intenzity vo zväzku elektrónov, homogenita dávky na povrchu a v hĺbke objemného ožarovaného materiálu. Nový projekt využiteľnosti bol vypracovaný v súlade s požiadavkami Slovenská zdravotnícka univerzita (SZU) a s projektovanými parametrami lineárneho urýchľovača, ktoré boli už predtým nastavené na jeho využitie v metrológii ionizujúceho žiarenia. Ako optimálne sa ukázalo zameranie činnosti na vedu a vývoj s paralelným využitím lineárneho urýchľovača na komerčné aplikácie. V prezentácii sú uvedené príklady možných projektov pre vedu a vývoj v oblasti nanotechnológií, v životnom prostredí a v zdravotníctve. Sú diskutované aplikácie lineárneho urýchľovača pri sterilizácii a úprave zdravotníckych pomôcok a technických materiálov zväzkom elektrónov a brzdného žiarenia.

## VÝZNAM STRUKTURY STOPY PRO CHEMICKOU FÁZI ÚČINKU IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ A VÝSLEDNÁ POŠKOZENÍ DNA

Václav Štěpán<sup>1</sup> Marie Davídková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

Struktura stopy je považována za jeden z klíčových faktorů ovlivňujících účinek ionizujícího záření na biologické struktury. Pro záření s nízkým lineárním přenosem energie (LET) je ovšem často používáno přiblížení náhodného rozložení primárních poškození v prostoru. Jaké záření je ale „dostatečně řídce“ ionizující a jaký má vlastně struktura stopy vliv na chemickou fázi účinku záření ve vodě a výsledná poškození biologického terče? S použitím teoretického modelu RADAMOL se na tyto otázky pokusíme odpovědět pro modelový případ krátkého DNA oligomeru umístěného ve vodě. Budou uvažovány elektrony (10 keV), protony a alfa částice (1-20 MeV). Teoretický model RADAMOL umožňuje studovat přímé a nepřímé účinky ionizujícího záření na krátkých DNA oligomerech a DNA-proteinových komplexech. Pomocí Monte Carlo přístupu je modelována prechemická a chemická fáze účinku záření až po 1 s. Jako vstupy jsou používány stopy částic generované kódem TRIOL a popisy terčových struktur na atomární úrovni získávané z databáze PDB nebo generované kódy pro molekulární dynamiku (např. Amber). Pro každou uvažovanou kombinaci energie a typu primární částice byly modelovány dva případy pro konfiguraci DNA oligomer o délce 100 bázových párů umístěný ve vodě. V prvním byla struktura stopy na počátku chemické fáze zachována - a úvodní rozložení radikálů v prostoru bylo tedy plně určeno strukturou stopy primární částice a sekundárních částic. Ve druhém případě bylo rozložení radikálů v prostoru na začátku chemické fáze nahrazeno náhodným rozložením - struktura stopy byla tedy „zapomenuta“. V prvním i druhém případě byla modelována difúze radikálů během chemické fáze, reakce mezi nimi a jejich reakce s terčovým oligomerem DNA. Byly vyhodnocovány počty reakcí na jednotlivých nukleotidech a pro každou jednotlivou stopu byla klasifikována vzniklá poškození na oligomeru - poškození bází, jednoduché zlomy a komplexní poškození. V této modelové studii výsledky ukazují, že už pro 20 MeV protony, což bylo záření s nejnižším studovaným LET, je vliv struktury stopy patrný a pro sledované cílové efekty jeho význam roste s rostoucím LET.

## VLIV GAMA ZÁŘENÍ NA REPARAČNÍ SCHOPNOST PROTEINU FPG

Kateřina Dučevová<sup>1</sup>, Eva Rosová<sup>1</sup>, Marie Davidková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

Publikované experimentální studie ukazují, že v komplexech DNA s proteiny je citlivější částí protein. Znalost vlivu záření na proteiny a jejich funkčnost je tedy podstatná pro posouzení závažnosti radiačního poškození živých buněk a tkání. Přímá depozice energie záření a nebo reaktivní radikály vznikající radiolýzou vody modifikují aminokyselinové zbytky v proteinu, čímž se může změnit jeho konformace a chemické vlastnosti. To může mít za následek omezení či ztrátu původní biologické funkce. Nahromaděné poškozené proteiny mohou samy působit prooxidačně a zapříčinit poškození dalších biomolekul, což je pro živý organismus nežádoucí. Formamidopyrimidin glykosyláza (Fpg) je klíčovým proteinem systému báze excizní reparace DNA, který rozeznává modifikované purinové báze a excizí je odstraňuje z řetězce DNA. Cílem prezentované studie bylo určení změn funkčnosti tohoto proteinu po ozáření. V DNA plasmidech pBR322 bylo dávkou 2,5 Gy indukováno celé spektrum radiačních lézí včetně poškození bází. Protein Fpg byl ozářen rostoucími dávkami v rozmezí 0-500 Gy a poté byl inkubován s ozářenými DNA plasmidy. Pokles výtěžků zlomů odpovídajících excizi poškozených purinových bází proteinem Fpg byl měřen pomocí horizontální agarózové elektroforézy. Bylo zjištěno, že se vzrůstající dávkou ozáření proteinu klesají výtěžky zlomů vznikající působením proteinu Fpg. Již při dávce 50 Gy dochází k prokazatelnému snížení aktivity proteinu a při dávce 300 Gy k jeho kompletní inaktivaci.



## PO STOPÁCH STOP V DETEKTORECH STOP

Kateřina Pachnerová<sup>1</sup>, Brabcová<sup>1</sup>, Iva Ambrořov<sup>1</sup>, Zlata Kolísková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Oddělení dozimetrie záření, stav jadern fyziky AV R, Praha

<sup>2</sup>Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

Stanoven úrovně ozáření na palubách kosmických lod je velmi aktuln téma dozimetrie. K ozáření pispvj nabt i nenabt částice, primrn i sekundrn vznikající v plášti a zařízení lodi nebo v lidskm těle. Velká pozornost je zaměřena na stanoven podl neutronů, kter mohou vznamn přispět k celkovému dávkovému ekvivalentu (odhaduje se od 30 do 60 %). Pro vesmírnou dozimetrii se s výhodou pouřzvj pasivn detektory, kter nevyžadují zdroj energie, ani obsluhu a jsou lehk a mal. Jednm z tchto typů detektorů jsou i detektory stop v pevn fázi, v dneřn době skoro vhradn polyalyl-diglykol karbonáty, kter detekují nabt částice s určitou minimln hodnotou lineárního přenosu energie (LET). Mohou to být částice primrn nebo v případě neutronů sekundrn vznikající reakcí neutronů s materiálem okolí nebo přímo detektoru. V materiálu se prchodem nabt částice vytvoří mikroskopick poškození, kter lze hydroxidem pednostn naleptvat a zviditelní ho tak pro pozorování optickm mikroskopem. Parametry stop leptaných za definovaných podmínek mohou být kalibrovány pro hodnoty LET a detektor tak může být aplikován i jako LET spektrometr. Tento přispěvek pedstav námi vyvinutou metodu sledování stopy částice v materiálu podl její dráhy a její pouřzt k odhadu dávkového ekvivalentu částic primárního a sekundárního kosmického záření. Ke sledování dráhy částice vyuřzvme unikátní mikroskopick systém HSP-1000, kter umozňuje automaticky skenovat velké plochy detektorů a vyhodnocovat naskenovan obraz pomocí sofistikovaného softwaru. Naše metoda porovnv vyleptan stopy částic na obou stranách detektoru a rozlišuje tak stopy částic prořlch detektorem přsluřejc primárnímu kosmickému záření s dostatečnou energií od krátkých stop částic vznikajících ař v materiálu detektoru napřklad interakcemi neutronů. Tato studie vznikla za podpory grantů GAAV KJB100480901 a GA R 202/09/HO86.

**Sekcia II.**  
**VŠEOBECNÉ ASPEKTY RADIAČNEJ**  
**OCRANY**  
(odporúčania a legislatíva v radiačnej ochrane)

## RENTGENOVÉ SKENERY PRO BEZPEČNOSTNÍ KONTROLY OSOB NA LETIŠTÍCH Z POHLEDU OCHRANY PŘED ZÁŘENÍM

Karla Petrová<sup>1</sup>, Ivanka Zachariášová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Rentgenové přístroje pro účely bezpečnostní kontroly osob jsou předmětem odborných diskusí již po mnoho let a dosud nebyl k jejich používání nikde zakotven jednotný mezinárodně uznávaný názor a postup. Z hlediska radiační ochrany se jedná o expozici obyvatelstva ionizujícímu záření. Základní principy radiační ochrany vyžadují, aby jakákoliv expozice, tedy jakékoliv zavedení nového zdroje ionizujícího záření do praxe, bylo zdůvodněno čistým přínosem pro společnost nebo jednotlivce. Zdůvodnění používání zdroje ionizujícího záření spočívá také v tom, že je prokázána neexistence metody umožňující dosažení srovnatelného účelu a nevyužívající ionizujícího záření. Pokud je toto zdůvodnění provedeno s kladným výsledkem je dále požadována optimalizace radiační ochrany a dodržování legislativně stanovených limitů pro různé skupiny osob. V současné době není stále i přes snahu zainteresovaných mezinárodních organizací k dispozici jednotné doporučení, jak postupovat při schvalování a používání přístrojů pro bezpečnostní kontrolu osob (dlouhodoběji připravována norma IEC týkající se technických požadavků na tato zařízení). Každá země a její státní orgány musí tedy zaujmout vlastní stanovisko a přístup a regulovat používání těchto zařízení v souladu se svými platnými právními předpisy. V roce 2008 se objevil ze strany Evropské komise (EK) návrh na zařazení bezpečnostních skenerů osob do standardního vybavení evropských letišť. Tento návrh vyvolal velmi bouřlivé reakce (často negativní) ze strany mnoha členských zemí vyjádřené ústy jejich poslanců v Evropském parlamentu. Reakce byla vyvolaná zejména proto, že členské země EU nikdo o tomto záměru předem neinformoval a problematiku s nimi nediskutoval. Mnoho členských zemí vidí při zavádění bezpečnostních skenerů stále mnoho nevyřešených a nezodpovězených otázek - zejména se jedná o nevyjasněné potenciální zdravotní účinky při používání těchto zařízení a je zde také mnoho závažných otázek vztažených k etice, ochraně lidských práv a ochraně osobnosti vzhledem k tomu, že tato zařízení odhalují při kontrole intimní detaily kontrolovaných osob. Výsledkem této reakce bylo pozastavení realizace návrhu a vyvolání veřejné diskuse k danému tématu. Byl vytvořen dotazník, jehož cílem bylo shromáždění všech relevantních názorů k používání bezpečnostních skenerů osob v civilní letecké dopravě. Otázky se týkaly technických, praktických, zdravotních, etických a dalších aspektů daného problému. Předmětem diskuse byly i přístroje využívající jiné záření než ionizující (tepelné, vysokofrekvenční). SÚJB zaslal své vyjádření k dané problematice s uvedením závěru, že pokud existuje alternativní metoda nevyužívající ionizující záření a poskytující srovnatelnou informaci použitelnou v rámci kontroly osob prováděné pro zvýšení bezpečnosti letecké dopravy, pak je nutno považovat použití rentgenového přístroje pro tyto účely za nezdůvodněné. Již před několika lety SÚJB zahájil interní diskusi na téma zdůvodnitelnosti použití rentgenového záření pro účely bezpečnostních kontrol osob, a ta vedla k závěru, že tyto rentgeny jsou klasifikovány jako jednoduché zdroje a budou tedy podléhat regulaci ze strany SÚJB. V roce 2009 se na základě výzvy SÚJB uskutečnilo jednání za přítomnosti představitelů Ministerstva dopravy, Úřadu pro ochranu osobních údajů (ÚOOÚ) a Úřadu pro civilní letectví (ÚCL). Problematika byla velmi detailně prodiskutována a byly vyjasněny kompetence jednotlivých orgánů státní

správy v této oblasti. SÚJB prezentoval své stanovisko, ve kterém je zdůrazněno že dávky, které obdrží osoby při jedné kontrole, jsou dávky získané v neprospěch jejich zdraví (efektivní dávka od 0,1 - 10  $\mu$ Sv/kontrolu v závislosti na použitém principu prozařování) a jsou to dávky z hlediska radiační ochrany samozřejmě velmi malé. Nelze ale hovořit o dávce zanedbatelné, pokud bude u některých jednotlivců docházet k opakovaným expozicím, což není nereálný předpoklad vzhledem k různým teroristickým hrozbám na různých místech, a tedy možnosti masivnějšího zavádění tohoto způsobu kontroly do života společnosti. Zavedení bezpečnostních skenerů je v současné době prezentováno téměř jako jediné možné řešení stávající situace. To ovšem není pravda. Toto zařízení může pouze posloužit jako doplňkové ke kontrole již vybraných podezřelých osob nebo k identifikaci takových osob. Navíc je nutno si uvědomit, že stále hovoříme pouze o skenování povrchu lidského těla - tímto přístrojem není umožněna kontrola lidských dutin. Tuto službu mohou dostatečně splnit i jiná zařízení, která ionizující záření nevyužívají - jedná se o zařízení na bázi vysokofrekvenčního záření nebo zaznamenávající tepelné vyzařování lidského těla. Za velmi významnou okolnost lze také považovat to, že se jedná o první a ojedinělé použití zdrojů ionizujícího záření pro hromadné ozařování lidí bez lékařské indikace. Tento průlom může znamenat precedens motivující k dalšímu zavádění těchto zdrojů ionizujícího záření do života společnosti. V tomto případě se jasně ukazuje, hodnocení společenského přínosu uvedených opatření, včetně posouzení použití alternativních zařízení (detektory kovů, chemických látek, výbušnin, apod.), se netýká pouze radiační ochrany, ale úzce souvisí také s celkovým hodnocením rizik ve společnosti a stanovením priorit a strategií pro zajištění co nejvyšší bezpečnosti ve společnosti. Zde jistě hrají nezpochybnitelnou roli i další orgány státní správy, které by svá hodnocení a návrhy v této oblasti měly předkládat vládě k rozhodnutí. S tímto vědomím zaslal SÚJB dopisem předsedkyně veškeré podklady k této diskusi také ministru vnitra a předsedovi vlády. V současné době v ČR nejsou bezpečnostní rentgenové skenery osob používány. Diskuse na úrovni EU pokračuje. V dubnu 2011 byl předložen návrh DG MOVE na rozšíření povolených metod pro kontrolu cestujících v letadlech o lidské skenery včetně rentgenových. Tento návrh byl zablokován DG SANCO s požadavkem na detailní analýzu potenciálních zdravotních účinků. Byla ustanovena zvláštní expertní skupina pro tento účel. Do března 2012 má být zpracováno stanovisko. Diskuse se tedy vrátila na začátek. Nicméně je nutno konstatovat, že spousta zemí mimo EU (v EU pouze Velká Británie) lidské skenery již na letištích běžně používá - USA, Rusko, Japonsko, atd... Další podrobnosti k této problematice budou uvedeny v prezentaci.

## KRITÉRIA K POSOUZENÍ RIZIKA ŠIRŠÍHO NASAZENÍ CELOTĚLOVÝCH BEZPEČNOSTNÍCH RTG SKENERŮ NA LETIŠTÍCH

Jozef Sabol<sup>1</sup>, Leoš Navrátil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta biomedicínského inženýrství, ČVUT Praha

Referát se zabývá některými aktuálními otázkami, které souvisí se stále narůstajícím počtem instalovaných bezpečnostních skenerů pro kontrolu cestujících na letištích, a které se dotýkají možné očekávané zdravotní újmy v důsledku ozáření kontrolovaných osob. Pozornost je soustředěna zejména na aplikaci příslušných nominálních koeficientů rizika vztažených k výskytu stochastických biologických účinků vyvolaných ozáření cestujících, které jsou v souladu s nejnovějšími doporučeními Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu. Na základě dostupných údajů o počtu cestujících a hodnotách efektivní dávky, kterou uvádějí výrobci rtg skenerů, je proveden odhad přídavného onemocnění rakovinou mezi ozářenými cestujícími nad rámec jejího spontánního výskytu. Tyto výsledky jsou konfrontovány s potenciálním rizikem teroristického útoku na dopravní letadla, k nimž by došlo, pokud by se při kontrole nezachytily pokusy o propašování nebezpečných předmětů nebo látek sloužících k takovému útoku na palubu letadla.

## CO PŘINESLA HAVÁRIE JE FUKUSHIMA PRO STRATEGII ZAVÁDĚNÍ OCHRANNÝCH OPATŘENÍ

Zdeněk Prouza<sup>1</sup>, a kol.

<sup>1</sup>Státní ústav radiační ochrany, Praha

Porovnávat dopady havárii JE v Černobyli a Fukushima je sice ještě předčasné, nicméně již nyní je lze charakterizovat jak podobnými (šlo o staré reaktory bez integrálního kontejnmentu), tak významně rozdílnými rysy:- JE Černobyl - rozvalený jaderný reaktor, dlouhodobý, praktický kontinuální únik radionuklidů, avšak dostupné zdroje energie, nezničená infrastruktura v okolí havarovaného bloku, normální přírodní podmínky, - JE Fukushima - 4 reaktory a bazény vyhořelého jaderného paliva (VJP) „přežily“ zemětřesení, avšak v důsledku tsunami přišly o možnost chlazení, poškozena/zničena infrastruktura v okolí JE a technologie na jejím teritoriu; několikadenní, avšak krátkodobé úniky radionuklidů do různých směrů (velmi proměnlivý směr větru) - silně nehomogenní kontaminace i v blízké vzdálenosti od JE. Analýzy dopadů černobylské havárie vedly k řadě pozitivních kroků v oblasti havarijní připravenosti, a to jak na mezinárodní, tak národních úrovních - systém včasné informovanosti o vzniku havárie, konvence o mezinárodní pomoci postižené zemi, budování národních a mezinárodních (EURDEP, síť CTBTO) monitorovacích sítí a výměna dat z těchto sítí, zpracování mezinárodně akceptovatelné kritériální báze hodnocení radiačních dopadů, vývoj postupů a metod řízení havárie, monitorování a hodnocení dat (asimilace naměřených dat do modelů šíření RaL). Jak se tyto kroky projeví v případě japonské havárie? Předně je třeba říci, že patrně došlo k podcenění pravděpodobnosti souběhu silného zemětřesení - výšky přílivové vlny - black-out, což způsobilo na počátku ztrátu dat a informací, obtížené hodnocení nejen vývoje situace, ale i rozhodování o opatřeních. Je proto třeba vyzdvihnout rozhodnutí o zavedení preventivních opatření - ukrytí, evakuace a postupný rozvoj komplexního radiačního monitoringu (včetně prezentování aktuálních dat) - od jednoduchých metod měření dávkových příkonů (využití mobilních pozemních a leteckých skupin, zapojení sociálních sítí do sledování časových trendů dávek), ke spektrometrickým analýzám vzorků životního prostředí a potravních řetězců, monitorování pracovníků a obyvatel - hodnocení vnějšího i vnitřního ozáření (je připravován dlouhodobý monitoring 2 mil. osob s cílem hodnocení vlivu nízkých dávek - koeficienty rizika). Zdůraznit je třeba zaměření monitoringu na speciální komodity (pitné vody, mléko, maso, mořské produkty), na vybrané oblasti a lokality (zóny potenciální relokace obyvatel - městské aglomerace, moře, letiště, přístavy) a na speciální skupiny osob (děti, školy, zdravotnická zařízení, zařízení pro seniory), zaměření na proces přípravy a realizace přesídlení obyvatel v nejvíce zasažených oblastech. Upřesnit bude třeba zdrojový člen uniklých radionuklidů (úniky z bazénů VJP, úniky směrem na oceán, atd.). Již nyní je však možné ocenit program obnovy infrastruktury, likvidace následků havárie jak v samotné JE, tak jejím okolí a zejména snahu využít již získaná, získávat další data a dlouhodobě je hodnotit s cílem dalšího poznání.

## LETECKÁ GAMA SPEKTROMETRIE V SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ RADIAČNÍ SITUACE AČR

Josef Pavlík<sup>1</sup>, Petr Sládek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Vyškov

Události spojené s letošní havárií JEZ ve Fukušimě jednoznačně akcentují význam oblasti radiační ochrany a celospolečenské dopady takových krizových situací. V této souvislosti je vhodné diskutovat i zapojení specializovaných jednotek (kapacit) ozbrojených sil při jejich řešení a efektivní meze resortní spolupráci. Prioritní zájem ozbrojených sil představuje budování kapacit pro udržení a obnovu bojeschopnosti jednotek nasazených v celém spektru operací. Přesto je běžné, že vybrané prvky (jednotky) přispívají k řešení krizových situací na teritoriu jednotlivých států. Monitorování radiační situace je jedním z příkladů, kdy dochází k provázání oblastí ochrany vojsk i civilního obyvatelstva. V oblasti mírového monitorování radiační situace na území ČR sehraávají jednotky AČR jednoznačně definovanou úlohu zřízením a rozvojem Armádní radiační monitorovací sítě (ARMS) jako součásti Celostátní radiační monitorovací sítě (CRMS) ČR. ARMS je možné rozčlenit na stálé a pohotovostní složky, konkrétně pak: Ústředí ARMS (314. CV ZHN), síť včasného zjištění, centrální laboratoř, leteckou skupinu, mobilní skupiny, měřicí místa na uzávěrách a laboratorní skupinu. Svěbytné postavení v armádním systému monitorování radiační situace sehraává i vzdušný radiační průzkum. Této problematice je v AČR dlouhodobě věnována značná pozornost, za zmínku jistě stojí i mnoholetá úspěšná spolupráce se specialisty SÚRO Praha. Pro plnění úkolů leteckého monitorování v rámci systému monitorování radiační situace AČR je již několik let používán vlastní letecký gama spektrometrický systém IRIS. Optimalizace použití tohoto sofistikovaného systému probíhá prioritně pro aplikace zaměřené do oblastí ochrany vojsk i civilního obyvatelstva, kdy je důraz kladen především na získání prvotních informací o radiační situaci a zvyšování kapacit pro plnění širšího spektra operací. Rozhodující význam při rozvoji této problematiky, včetně výcviku specialistů CHV sehraává Ústav OPZHN Vyškov (ÚO Brno). I přes současnou a plánovanou realizaci jednotlivých úsporných opatření zůstává problematika Ochrany proti ZHN jednou z priorit resortu MO ČR. V této souvislosti se dá předpokládat další rozvoj souvisejících oblastí i pokračování již započatých projektů.

## BIOLOGICKÉ ÚČINKY NÍZKÝCH DÁVEK IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.

Marie Davidková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

<sup>2</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

Procesy odezvy buněk a orgánů po ozáření malými dávkami ionizujícího záření jsou stále více studovanou oblastí radiobiologie. Rozsah procesů in vivo a vzájemná provázanost je nutnou podmínkou pro jejich začlenění do odhadů potenciálního rizika lidské populace nízkými dávkami ionizujícího záření. V přednášce budou shrnuty aktuální poznatky výzkumu v oblasti účinků nízkých a velmi nízkých dávek na buňky, tkáně a živé organismy, které byly letos prezentovány a diskutovány na mezinárodním kongresu 14th International Congress on Radiation Research (28.8.-1.9.2011, Varšava, Polsko). Dále budou předneseny informace o evropských projektech NOTE (Non-targeted effects of ionising radiation, 2006-2010, <https://ssl.note-ip.org/index.asp>), HLEG (High Level Expert Group on European Low Dose Risk Research, <http://www.hleg.de/>), Melodi (Multidisciplinary European Low Dose Initiative, <http://www.melodi-online.eu/>) a DoReMi (Low DOse REsearch towards Multidisciplinary Integration, Network of excellence, 2010-2015, <http://www.doremi-noe.net/>), které se týkají výzkumu a vzdělávání v této oblasti.



## **RIZIKO PLICNÍ RAKOVINY U HORNÍKŮ URANOVÝCH DOLŮ - NEJNOVĚJŠÍ VÝSLEDKY K ROKU 2010**

Ladislav Tomášek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Riziko plicní rakoviny u horníků českých uranových dolů je předmětem výzkumu od roku 1971, kdy byly publikovány první výsledky studie Josefa Ševce na IV. radiohygienických dnech v Jasné pod Chopkom. Tyto výsledky byly založeny na 244 případech plicní rakoviny. Ke konci roku 2010 je v rozšířené studii 10 000 horníků pozorováno celkem 1122 rakovin plic. Prezentace zahrne odhady parametrů modelu relativního rizika, včetně vlivu modifikujících faktorů, jako je doba od expozice a věk při expozici. Kromě toho bude posouzen kombinovaný vliv expozice radonu a kouření, zejména otázka, zda je jejich vzájemné působení multiplikativní či aditivní.

## NEMOCI Z POVOLÁNÍ ZPŮSOBENÉ EXPOZICÍ I. Z. - PROGRAMY ODŠKODŇOVÁNÍ PRACOVNÍKŮ V RŮZNÝCH ZEMÍCH

Tomáš Müller<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Pro expozici ionizujícímu záření na pracovišti se na světě monitoruje 6,5 milionu pracovníků. Z toho je 800 000 pracovníků v jaderné palivovém cyklu. Platné systémy radiační ochrany na pracovištích vycházejí ze striktního dodržování dávkových limitů. To za normálních okolností vylučuje výskyt deterministických účinků, zatímco výskyt stochastických účinků (onemocnění rakovinou) se udržuje na přijatelné úrovni. U každé populace osob exponovaných i. z. na pracovišti se u signifikantního podílu jedinců vyvine rakovina z jiných důvodů, než je expozice i. z. na pracovišti. Konvence ILO č. 121 vyžaduje, aby pracovníci, u nichž došlo ke vzniku rakoviny jako důsledku expozice i. z. na pracovišti, byli odškodněni. Postup odškodňování musí být zvolen tak, aby byl schopen odlišit ty případy rakoviny, které jsou s nejvyšší pravděpodobností způsobeny expozicí i. z. na pracovišti od ostatních případů rakoviny, které vznikly z jiných důvodů. Vzhledem ke skutečnosti, že i. z. by mohlo hrát roli při vzniku rakoviny u pracovníka a že tyto případy rakoviny způsobené i. z. nelze specificky určit lékařskými nebo biologickými prostředky, byl vyvinut statistický přístup ke stanovení odhadu pravděpodobnosti, že konkrétní případ rakoviny byl způsoben předchozí expozicí i. z.. Vychází z koncepce stanovení podílu příčinné souvislosti (Probability of causation, PC) i. z. se vznikem konkrétního případu onemocnění. Z tohoto principu vycházejí programy odškodňování pracovníků v některých zemích (Velká Británie, USA, ČR). Konstrukce programů musí splňovat určitá kritéria (vymezení populace, vhodnost, záznamy dávek, evidence zaměstnání, identifikace sbíraných dat, nejistoty atd.). Program odškodňování by měl být připraven tak, aby identifikoval ty jedince, kteří si nejvíce zaslouží odškodnění. Administrativní postupy by měly být pro žadatele jasné a srozumitelné. Na světě existují i alternativní programy odškodňování, které nevycházejí z koncepce pravděpodobnosti příčinné souvislosti. Tento poster podává stručný přehled programů odškodňování v některých státech a jejich základní charakteristiku.

## **LIKVIDACE OZAŘOVAČE POLSKO**

Martin Holcner<sup>1</sup>, Petr Borek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VF, a.s., Černá Hora

V roce 2010 - 2011 VF, a.s. realizovala práce související s likvidací průmyslového ozařovače na Politechnice v Lodži, Polsko. Cílem přednášky bude seznámit posluchače s tímto projektem, zejména pak s procesem získávání platných povolení pro tento typ prací na území členského státu EU, postup a kontrola vykonaných činností vyplývajících z polské legislativy a platných polských právních předpisů a v neposlední řadě budou prezentovány zkušenosti s ukládáním zdrojů IZ na polském úložišti RO.

## ČINNOSTI VEDÚCE K SKVALITNENIU SLUŽIEB ODDELENIA OSOBNEJ DOZIMETRIE SLOVENSKEJ LEGÁLNEJ METROLÓGIE

Dušan Solivajs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenská legálna dozimetria, B. Bystrica

V rámci skvalitnenia služieb ponúka oddelenie osobnej dozimetrie pre svojich zákazníkov prístup do webovej databázy, kde sú v pdf formáte uložené výsledky meraní a aktuálny zoznam dozimetricky monitorovaných zamestnancov. Zákazník má možnosť ihneď po zmeraní a vydaní certikátu nahliadnuť na výsledky meraní a skontrolovať si správnosť zaradenia zamestnancov. Na začiatok boli pridelené prístupové heslá zazmluvneným organizáciám a v súčasnosti prideliujeme prístup zákazníkom s dlhodobými objednávkami našich služieb. Ďalším krokom k skvalitneniu služieb osobnej dozimetrie je kontrola stability meraní používaných TL dozimetrov. Bola vypracovaná metodika niekoľkonásobného nažarovania známou hodnotou a následného zmerania. Metodika bola odskúšaná na viac ako 700 ks TL dozimetroch a na základe tejto metodiky budú skontrolované aj ostatné dozimetre používané zákazníkmi na monitorovanie pracovníkov. V druhom polroku 2011 sme rozbehli projekt paralelného monitorovania pracovníkov pomocou OSL a TL dozimetrov. TL dozimetre budú vyhodnocované na pracovisku OOD bežnou metódou a OSL dozimetre budú vyhodnotené v Belgicku. Meranie bude slúžiť ako na porovnanie nameraných výsledkov, tak aj na porovnanie metodík vyhodnotenia a interpretácie výsledkov.

## EXPOZICE KOSMICKÉMU ZÁŘENÍ NA PALUBÁCH LETADEL A VESMÍRNÝCH LODÍ

Iva Ambrožová<sup>1</sup>, Kateřina Pachnerová-Brabcová<sup>1</sup>, Ondrej Ploc<sup>1,2</sup>, Jan. Kubančák<sup>1,3</sup>, Zlata Kolísková<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

<sup>2</sup> NIRS, Japonsko,

<sup>3</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

Příspěvek je zaměřen na shrnutí aktivit ODZ ÚJF AV ČR, v.v.i. souvisejících s měřeními kosmického záření a prezentaci výsledků získaných během posledních let. Dlouhodobá měření kosmického záření probíhají na třech různých úrovních nadmořské výšky - na vysokohorských observatořích (2-4 km), na palubách letadel (10-13 km) a na palubách vesmírných lodí a satelitů (300-500 km). Kromě vlastního měření úrovně ozáření na palubách je třeba, pro správné stanovení dozimetrických veličin, provádět kalibraci detektorů ve známých polích záření, která jsou co nejvíce podobná těm reálným. Zde budou stručně prezentovány výsledky následujících studií: měření na vysokohorské observatoři Lomnický Štít (ve spolupráci s ÚEF SAV); dlouhodobá měření na palubách letadel pomocí detektoru Liulin; dlouhodobá měření na palubě Mezinárodní kosmické stanice pomocí pasivních detektorů (experimenty Matroshka- R, DOSIS, CFS-A, EXPOSE); měření na palubě Mezinárodní kosmické stanice pomocí detektoru Liulin (ve spolupráci s STIL BAS); kalibrace detektorů používaných k detekci kosmického záření (projekt ICCHIBAN, kalibrace v polích neutronů vysokých energií).

# **AKTUÁLNÍ PROBLÉMY SPOJENÉ S DŮSLEDNÝM POUŽÍVÁNÍM VELIČIN A JEDNOTEK V RADIAČNÍ OCHRANĚ V SOULADU S PŘÍSLUŠNÝMI MEZINÁRODNÍMI DOPORUČENÍMI**

Jozef Sabol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta biomedicínckého inženýrství, ČVUT Praha

V současné době ke kvantifikaci ozáření osob, resp. k monitorování osob a pracovišť, slouží celá řada veličin, které vycházejí z fyzikálního popisu interakce záření s látkou, přičemž však obsahují specifické váhové faktory, které odrážejí biologickou odezvu tkání, orgánů i celého organismu na ozáření. Všeobecně převládá názor, že počet těchto veličin je příliš velký a že jejich poměrně komplikované definice znesnadňují jejich správnou interpretaci a následné použití v praxi. Navíc několika z těchto veličin odpovídá stejná jednotka, což někdy vede k nejasnostem a omylům při celkovém hodnocení radiologické situace. V příspěvku je podán stručný přehled nejdůležitějších veličin určených pro potřeby radiační ochrany a je poukázáno na některé problémy spojené s nevhodným používáním veličin a jednotek v souladu s posledními mezinárodními doporučeními. Jedná se zejména o přístup k hodnocení stochastických a deterministických účinků ozáření na zdraví osob vystavených působení ionizujícího záření a radionuklidů v některých typických situacích.

## JAKÉ VÝHODY PŘINESE NÁHRADA VELIČINY AKTIVITA VELIČINOU TOK ČÁSTIC PŘI POSUZOVÁNÍ MĚŘIDEL PLOŠNÉ AKTIVITY

Tomáš Soukup<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Český metrologický institut - Inspektorát pro ionizující záření, Praha

Technologický i administrativní pokrok v měření veličin ionizujícího záření se projevuje ve změnách technických norem, obsahujících požadavky na měřidla. Výrazným trendem v normách pro přístroje pro stanovení plošné aktivity (přenosné přístroje i zabudované monitory povrchové kontaminace osob) je záměna popisu použitých etalonových zdrojů záření. Dosavadní veličina „aktivita“ (nebo plošná aktivita) je nahrazena veličinou „tok částic“ (nebo odvozené veličiny, emise, plošná emise). Pro přesnou definici odezvy při zkoušce měřidla je to výhodná změna, konstrukce přístroje je tím popsána přesněji, než dosud. Uživatel měřidla zato dostává méně praktickou informaci, protože logické požadavky národních regulačních úřadů jsou spíše definovány jako dosud v jednotkách „Bq/cm<sup>2</sup>“ než „s<sup>-1</sup>“. Druhá potíž nastává při přesné specifikaci toků částic při různé dolní mezi energie částic, která obráží stejný problém jako stávající veličiny, totiž neznámé spektrum energií částic před okénkem detektoru. Přestože v praxi se většinou změna použitých veličin neprojeví nijak výrazně a přestože z důvodů pohodlí konstruktérů přístrojů se nelze vrátit zpět k původním veličinám, je dobré brát rozdíly výsledků v úvahu a nenechat se jimi překvapit.

## **NERIS - EUROPEAN PLATFORM ON PREPAREDNESS FOR NUCLEAR AND RADIOLOGICAL EMERGENCY RESPONSE AND RECOVERY**

Tatiana Ďúranová<sup>1</sup>, Raimo Mustnoner<sup>2</sup>, Wolfgang Raskob<sup>3</sup>, Anne Nlisbet<sup>4</sup>,  
Thierry Schneider<sup>5</sup>, Astrid Liland<sup>6</sup>, Cyril Croteau<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, Trnava

<sup>2</sup> Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland

<sup>3</sup> Karlsruhe Institute of Technology, Germany

<sup>4</sup> Health Protection Agency, United Kingdom

<sup>5</sup> Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection Dans le domaine Nucléaire, France

<sup>6</sup> Norwegian Radiation Protection Authority, Norway

European organisations that participated in the European integrated research project EURANOS (2004-2009) decided, at the end of the project, to create a unique European Platform (NERIS) on preparedness for nuclear and radiological emergency response and recovery, combining researchers, operational communities and relevant stakeholders. To date, 37 organisations have already joined the NERIS Platform. It comprises national and local authorities, technical support organisations, professional organisations, research institutes, universities and non-governmental organisations. The first General Assembly of the Platform was organised in June 2010 in Helsinki. Two working groups have been created so far. The first working group on "the practical implementation of the ICRP-103 recommendations" aims to understand the implications of these recommendations and how they can be adopted into national systems. The group will also develop guidance on how to adapt existing Decision Support Systems RODOS and ARGOS to the new approach. The objectives of the second working group on "processes and tools for emergency and rehabilitation preparedness at community level" are to exchange experience on local-national cooperation and stakeholder engagement in developing emergency and recovery strategies. The first drafts of the Strategic Research Agenda and the Vision of the Platform have been discussed at the second General Assembly held in May 2011 in Paris. The vision is that by 2015, the self-sustaining association for development of the joint European approach in responding to and recovering from nuclear and radiological emergencies exists, and by 2020, all European organisations being members of the association are developing and using compatible technology and methods for consequence management of the emergencies. A first NERIS RTD workshop was held in September 2011 in Brussels and gave the opportunity to all NERIS members and further interested parties to share their views on the needs for further research activities in the field of preparedness for nuclear and radiological emergency response and recovery, notably based on the first lessons learnt from the Fukushima accident. The outcomes will form basis for the Strategic Research Agenda. The main structure of the NERIS Platform is described in its Terms of Reference (<http://www.eu-neris.net/>) accepted in the first General Assembly. Membership of the Platform is open to all European organisations concerned with nuclear and radiological emergency response and recovery having expressed their interest in the activities of the Platform and having agreed to the Terms of Reference.



**MERANIE DISTRIBÚCIE RADIAČNEJ ZÁŤAŽE LETECKÉHO PERSONÁLU  
SPOLOČNOSTI ČSA S POMOCOU TKANIVOVO EKVIVALENTNÉHO POČÍTAČA HAWK  
A DETEKTOROV LIULIN**

Ján Kubančák<sup>1,2</sup>, Kateřina Pachnerová-Brabcová<sup>1</sup>, Zlata Kolísková<sup>1,2,\*</sup>, Václav Štěpán<sup>1,2</sup>, Yu. Uchihori<sup>3</sup>, Ondřej Ploc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderné fyziky, Oddělení dozimetrie záření, Akademie věd ČR, Praha

<sup>2</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI ČVUT, Praha

<sup>3</sup> Národní ústav pre rádiologické vedy, Chiba, Japonsko

Príspevok popisuje výsledky meraní distribúcie radiačnej záťaže na palubách lietadiel Českých aerolinií, a.s. pri spiatočných letoch z Prahy do Madridu, Osla, Tbilisi, Jekaterinburgu a Almaty. Merania boli realizované s použitím tkanivovo ekvivalentného počítača HAWK a ôsmich detektorov typu Liulin. Detektory boli umiestnené v prepážkach slúžiacich na prepravu príručnej batožiny tak, aby plocha zaujímala horizontálnu polohu. Výsledky meraní však ukazujú, že rozdiely sú menšie alebo na úrovni neistoty vnesenej meracím zariadením a teda rozdielne hodnoty dávkových príkonov na rôznych miestach v lietadle sa nepodarilo preukázať. Práca bola financovaná z grantov GACR 205/09/0171, GAAV KJB100480901, GACR 202/09/H086 a grantu SGS 10/212/OHK4/2T/14. Použitá literatúra[1]Dachev, T. (2009) Characterization of the near Earth radiation environment by Liulin type spectrometers. Advances in Space Research. Vol. 44, s. 1441-1449

**CELOSTÁTNÍ SLUŽBA OSOBNÍ DOZIMETRIE, S.R.O. - 20 LET POSKYTOVÁNÍ VYSOCE  
KVALITNÍ A PROFESIONÁLNÍ SLUŽBY OSOBNÍ DOZIMETRIE OD ZEVNÍHO OZÁŘENÍ  
(1992 - 2012)**

Zdeněk Zelenka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Celostátní služba osobní dozimetrie, s.r.o., Praha

Příspěvek rekapituluje dosažené výsledky v poskytování služby za uplynulých 20 let, zejména v oblasti zkvalitňování metod vyhodnocování osobních dozimetrů a zpřesňování stanovení osobních dávkových ekvivalentů a efektivní dávky. Dále jsou uvedeny některé výsledky z ověřování systémů osobní dozimetrie CSOD a dosažené výsledky při posledních mezinárodních porovnáních organizovaných EURADOsem.

## DOVOZ POTRAVIN A KRMIV POCHÁZEJÍCÍCH NEBO ODESÍLANÝCH Z JAPONSKA DO ČESKÉ REPUBLIKY

Barbora Havránková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Jednou z oblastí mezinárodně řešenou v souvislosti s březnovými událostmi v Japonsku byl také dovoz potravin pocházejících či odeslaných z Japonska. Tato problematika se samozřejmě nevyhnula ani České republice (dále jen ČR). Zde je nutné uvést, že radiačním monitoringem je pověřena celostátní Radiační monitorovací síť (dále jen RMS), která se skládá z jednotlivých složek, mimo jiné i z měřících míst kontaminace potravin, laboratorních skupin a centrální laboratoře RMS. Na chodu těchto složek se podílejí: resort Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále jen SÚJB) včetně se Státním ústavem radiační ochrany, v.v.i. (dále jen SÚRO) a resorty Ministerstva zemědělství (především Státní zemědělská a potravinářská inspekce, dále jen SZPI, a Státní veterinární ústav), Ministerstva životního prostředí (především Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i.) a Ministerstva financí (tj. Generální ředitelství cel). ČR jako i ostatní státy EU a státy Evropského sdružení volného obchodu jsou povinny hlásit překročení povolených maximálních úrovní radionuklidů v potravinách a krmivech do evropského systému Rapid Alert System for Food and Feed (dále jen RASFF). Navíc je ČR povinna poskytovat výsledky monitorování i prostřednictvím evropského systému European Community Urgent Radiological Information Exchange (dále jen ECURIE). Již 17.3.2011 jsem komunikovali se SZPI, jakožto národní kontaktní místo ČR pro RASFF, ohledně měření dovezených potravin a krmiv z Japonska. SÚJB neshledal za opodstatněné vyhlášení havarijního režimu Radiační monitorovací sítě, tj. i složek podílejících se na monitorování složek potravních řetězců. SZPI se po konzultacích s SÚJB a MZe rozhodlo provádět kontrolní měření u všech dovezených potravinových zásilek z Japonska do ČR a to s platností od 17.3.2011, tedy ještě před vydáním Prováděcího nařízení Komise (EU) č. 297/2011, ze dne 25.3.2011, kterým se stanoví zvláštní podmínky pro dovoz krmiv a potravin pocházejících nebo odeslaných z Japonska po havárii v jaderné elektrárně Fukušima. Dále bylo dohodnuto, že v monitorovaných vzorcích se bude provádět stanovení 134 a 137Cs a 131I. V době od 17.3. do 16.8.2011 byla provedena analýza u 9 vzorků potravin dovezených z Japonska. Z toho bylo 7 vzorků zeleného čaje a 2 vzorky mořských řas. Všechny analyzované vzorky neobsahovaly vyšší úroveň obsahů radionuklidů, resp. 8 vzorků bylo pod minimální detekovatelnou aktivitou a jeden vzorek vykazoval velice mírně zvýšený obsah 137Cs. V závislosti na dosavadních výsledcích analýz dovezených vzorků a na přijetí Prováděcích nařízeních Komise (EU) č. 297/2001, č. 351/2011, 506/2011 a č. 657/2011 se již od konce května 2011 neprovádí měření u všech dovezených potravinových zásilek, ale jen namátkové analýzy. Celkově v období od 17.3. do 16.8.2011 bylo do ČR dovezeno celkem 23 potravinových zásilek, což je více než v loňském roce, kdy bylo dovezeno celkem 22 potravinových zásilek z Japonska. Samozřejmě SÚJB po celou dobu řeší četné dotazy veřejnosti týkající se mimo jiné i: dovozu potravin a jejich kontrolu v ČR, problematiky kontaminované vody (pitné i mořské), vhodnost a bezpečnost konzumace potravin při pobytu v zahraničí a v neposlední řadě i řetězový poplašný e-mail o „kontaminaci hub na území ČR“. Za účelem komunikace s veřejností byl zřízen i speciální informativní web <http://otazky-fukusima.cvrez.cz/web/>.

## **SEKCIA III.**

# **DOZIMETRIA A METROLÓGIA IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA**

(monitorovanie, prístrojová technika, využitie  
výpočtových metód)

## VÝZKUMNÉ LASEROVÉ CENTRUM ELI BEAMLINES - NÁVRH STÍNĚNÍ A TÉMATA K ŘEŠENÍ

Veronika Olšovcová<sup>1</sup>, Mike Griffiths<sup>1</sup>, Richard Haley<sup>2</sup>, Lewis McFarlane<sup>2</sup>, Bedřich Rus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fyzikální ústav AV ČR, Praha

<sup>2</sup> Nuclear Technology, plc., UK

Nedávný vývoj laserových systémů umožnil fokusaci ultra krátkých vysokoenergetických pulsů a tím i generování ionizujícího záření. V laboratořích, kde jsou tato zařízení provozována, je následně třeba se zabývat zajištěním radiační bezpečnosti a to jak monitorováním pracovního prostředí, tak i osobní dozimetrií pracovníků. Tento příspěvek představuje nově budované výzkumné laserové centrum ELI Beamlines, které bude stát u Prahy v Dolních Břežanech a bude prvním ze čtyř center evropského projektu ELI (Extreme Light Infrastructure). ELI Beamlines bude vytvářet novou generaci sekundárních zdrojů pro mezioborové aplikace ve fyzice, medicíně, biologii a materiálových vědách. V zařízení budou produkovány vysoce intenzivní laserové svazky, které po interakci s terčem budou generovat ionizující záření - pulsní směsná pole vysokých energií (až jednotky GeV) s délkou laserového pulsu v řádu  $10^{-14}$ s, počtem primárních částic v pulsu  $6 \times 10^{11}$  a opakovací frekvencí 0,1 Hz až 100 Hz v závislosti na typu zdroje. Primární zdroje elektronů, fotonů nebo protonů budou rozmístěny v šesti experimentálních halách. Nestandardní parametry zdrojů ionizujícího záření dávají vzniknout množství témat z oblasti dozimetrie a radiační ochrany, která bude třeba do zahájení provozu, očekávaného v roce 2015, vyřešit. Nejdůležitější problematikou v první fázi projektu byl návrh konstrukce vlastní budovy centra a lokálních stínících bloků - dumpů. Cílem návrhu bylo, aby roční efektivní dávka obdržená zaměstnanci v přímé souvislosti s provozem laserů nepřesáhla 1 mSv. Pro výpočty byly použity transportní kódy Monte Carlo FLUKA a ATTILA.

# VERIFIKÁCIA ZABEZPEČENIA RADIAČNEJ OCHRANY A MERANIE RADIAČNÝCH POLÍ V OKOLÍ PRIEMYSELNÉHO 5 MEV LINEÁRNEHO URÝCHĽOVAČA ELEKTRÓNOV

Pavol Ragan<sup>1</sup>, Marko Fulöp<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava

<sup>2</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Bratislava

Lineárny elektrónový urýchľovač UELR-5-1S výrobcu D.V. Efremov Scientific Research Institute of Electrophysical Apparatus (NIIEFA), St. Petersburg, Russia s energiou 5 MeV a výkonom zväzku 1 kW je určený na sterilizáciu malých množstiev materiálov. V miestnosti urýchľovača a v miestnosti vývodu zväzku sú produkované intenzívne radiačné polia brzdného žiarenia. Ich intenzita výrazne vzrastá s rastom atómového čísla Z ožarovaného materiálu. Bežné ožarované materiály (plasty, papier, drevo, koreniny, ...) majú nízke Z, avšak verifikáciu tienení je vhodné vykonať s materiálom s vyšším Z. Verifikácia dostatočnosti navrhnutých a vybudovaných tienení bola vykonaná s blokom hliníka vloženým do zväzku elektrónov. Boli merané radiačné polia v okolí kobky urýchľovača, ktorá sa uzatvára posuvnými dverami a v okolí ožarovne s labyrintom, cez ktorý je vedený dopravníkový pás. V okolí kobky LU na 1. nadzemnom podlaží budovy boli v priestoroch s kontrolovaným vstupom namerané úrovne príkonu dávky do 0,002 mSv/h (FHT 40F2). Problematické sa ukazovali miesta medzi posuvnými dverami a betónom kobky LU, kde bolo namerané do 0,05 mSv/h (FHT 40F2) a pri odsávacom potrubí prechádzajúcim stropom ožarovne - do 0,09 mSv/h (FHT 40F2). Merania zvonku ožarovne (do 0,0003 mSv/h, FHT 40F2) potvrdili, že navrhnuté hrúbky tienení sú dostatočné. Pretože LU je pulzný zdroj ionizujúceho žiarenia na ďalšie merania boli použité TLD. Zároveň boli vykonané Monte Carlo výpočty pomocou programu MCNP 5.

## PARAMETRY OZAŘOVACÍCH ZAŘÍZENÍ VÝZKUMNÉHO REAKTORU LVR-15

Ladislav Viererbl<sup>1</sup>, Vít Klupák<sup>1</sup>, Zdena Lahodová<sup>1</sup>, Michal Kolečka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centrum výzkumu Řež, s.r.o

Nejvýznamnějším zdrojem neutronů v České republice používaným k ozařování vzorků je reaktor LVR-15. Je to lehkvodní výzkumný reaktor umístěný v areálu výzkumných ústavů v Řeži u Prahy provozovaný Centrem výzkumu Řež. Jeho nominální tepelný výkon je 10 MW. K provozu využívá 28 až 32 palivových souborů s uranem obohaceným na 20 %. Reaktor je využíván jako multifunkční zařízení pro potřeby výzkumu a průmyslu. Hlavními oblastmi jsou: materiálový výzkum komponent jaderných elektráren, výroba a vývoj nových radiofarmak, výroba radionuklidů pro průmyslové účely, transmutační dopování polovodičových krystalů křemíku, neutronová aktivační analýza, neutronová difrakce a výzkum neutronové záchytové terapie. V letech 2010 až 2011 proběhlo v provozu reaktoru LVR-15 několik změn: 1. Po formální stránce - provozovatelem reaktoru je nyní Centrum výzkumu Řež s.r.o., což je dceřiná společnost předchozího provozovatele ÚJV Řež a.s. 2. Byl proveden přechod paliva z IRT-2M (obohacení 36 %) na IRT-4M (obohacení 20 %). 3. V aktivní zóně reaktoru se většinu času používá centrální neutronová past. Dvě uvedené technické změny mají určitý vliv na možnosti ozařovacích experimentů. Prezentace se pak zabývá především popisem aktuálních parametrů polí záření, které se na reaktoru používají k ozařování pro potřeby výzkumu a průmyslu. Různé ozařovací experimenty mají rozdílné požadavky na parametry ozařování, především pokud jde o převládající typ záření (tepelné, epitermální nebo rychlé neutrony, záření gama), obdrženou fluenci neutronů, příkon fluence neutronů, teplotu vzorku při ozařování apod. Ozařování probíhá ve vertikálních kanálech uvnitř reaktorové nádoby a v horizontálních kanálech vně reaktorové nádoby a biologického stínění. Ve vertikálních kanálech lze dosáhnout příkonu fluence neutronů v rozmezí od  $1E13$   $cm^{-2}s^{-1}$  do  $5E14$   $cm^{-2}s^{-1}$ , v horizontálních kanálech pak do  $1E09$   $cm^{-2}s^{-1}$ . Dávkový příkon záření gama v aktivní zóně je řádově až  $1E07$  Gy/h, na horizontálních svazcích maximálně jednotky Gy/h.

## OPTIMALIZACE LETECKÉ GAMASPEKTROMETRIE PRO MONITOROVÁNÍ RADIAČNÍ SITUACE A LOKALIZACI ZDROJŮ ZÁŘENÍ

Petr Sládek<sup>1</sup>, Marcel Ohera<sup>1</sup>, Josef Pavlík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Vyškov

Letecká gamaspektrometrie je jednou z efektivních metod monitorování radiační situace. V poslední době se tato metoda rozšířila nejen do oblasti geologického průzkumu ale také do bezpečnostních a obranných aplikací. V AČR se letecká gamaspektrometrie stala součástí systému radiačního průzkumu a monitorování, je rovněž prvkem armádní radiační monitorovací sítě ARMS v systému CRMS. V současnosti jsou v ČR pro leteckou gamaspektrometrii a monitorování radiační situace využívány dva systémy (AČR, SÚRO) letecké gamaspektrometrie typu IRIS (Pico Envirotec Inc.), s detektorem NaI(Tl) o objemu 16 litrů. Vedle standardního uplatnění pro monitorování radiační situace a monitorování přírodních radionuklidů byla v poslední době věnována pozornost rozšíření aplikačních schopností letecké gamaspektrometrie na oblasti vyhledávání zdrojů záření, jejich lokalizaci, identifikaci a také přibližný odhad aktivity. Z hlediska vysoké citlivosti systému byl spektrometr IRIS také ověřován pro použití v mobilních prostředcích nebo pro stacionární monitorování na významných kontrolních bodech. Práce prezentuje výsledky experimentů monitorování přírodních radionuklidů (U-238, Th-232 a K-40), monitorování radionuklidu Cs-137 v životním prostředí po černobylské havárii a také výsledky testování s uzavřenými nestíněnými radionuklidovými zářiči typu Cs-137, Eu-152 a Co-60, o aktivitách řádu desítek MBq až jednotek GBq. Byly sledovány závislosti odezvy detekčního systému při různých letových podmínkách, jako je např. výška letu nebo visu vrtulníku (Mi-17), rychlost letu při monitorování a další. K tomuto účelu bylo využito vybraných testovacích ploch. Na základě provedených experimentů byly stanoveny některé limity použití letecké gamaspektrometrie z hlediska minimálních detekovatelných aktivit, maximálních monitorovatelných hodnot, např. příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, nebo limitních podmínek použití letecké gamaspektrometrie. Práce rovněž uvádí některá srovnání letecké, terénní a polovodičové gamaspektrometrie.



## **SLEDOVÁNÍ PŘÍPADŮ VNITŘNÍ KONTAMINACE AM-241**

Pavel Fojtík<sup>1</sup>, Irena Malátová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Státní ústav radiační ochrany Praha eviduje více než 20 případů vnitřní kontaminace Am-241. Ke kontaminaci došlo v posledních 40 letech, včetně posledních 10 let. V řadě případů kontaminované osoby souhlasily s opakovanými měřeními Am-241 v kostře a se sběrem exkret. Starší případy jsou popsány a citovány v literatuře a jejich sledování v některých případech pokračuje. V nedávné době bylo obnoveno měření u několika osob kontaminovaných po roce 2000. Díky dovybavení celotělového počítače SÚRO polovodičovými detektory pro měření nízkoenergetických radionuklidů je možné provádět měření retence Am-241 v kostře i plicích. Prezentace obsahuje výsledky některých nových měření.

## MONITOROVANIE DÁVKOVÉHO EKVIVALENTU NEUTRÓNŮV A GAMA ŽIARENIA V PROTÓNOM TERAPEUTICKOM KOMPLEXE ÚVN RUŽOMBEROK OSOBNÝM DOZIMETROM NBG

Marko Fulöp<sup>1</sup>, Dušan Solivajs<sup>2</sup>, Peter Vlk<sup>3</sup>, Pavol Ragan<sup>4</sup>, Dušan Šiplák<sup>5</sup>

<sup>1</sup> SZU v Bratislave, Bratislava

<sup>2</sup> Slovenská legálna metrológia, pracovisko v Bratislave

<sup>3</sup> BIONT, Bratislava

<sup>4</sup> ÚVZ SR, Bratislava

<sup>5</sup> EVPU a.s., Nová Dubnica

V protónovom terapeutickom komplexe (PTK) je inštalovaný synchrotrónový urýchľovač protónov s maximálnou energiou 330 MeV. Počas produkcie a pri diagnostike zväzku protónov ako aj v procese ožarovania pacienta dochádza k čiastočným stratám zväzku a absorpcii protónov v konštrukcii urýchľovacieho prstenca. K úplnému pohltenu terapeutického, respektíve diagnostického zväzku protónov sa predpokladá vo fantóme a v tele pacienta. Pri interakciách protónov s hmotným prostredím vznikajú elementárne častice, z ktorých neutróny sú najzávažnejšie z hľadiska intenzity ich produkcie a ich prenikavosti cez ochranné tienenia. Biologický účinok neutrónov je závislý na ich energii a v oblasti energií neutrónov rádovo 1 MeV je viac ako desaťnásobne väčšia ako u gama žiarenia. Radiačné polia neutrónov v PTK sú značne rozdielne v hodnote hustoty toku a spektre energií v závislosti od materiálu, v ktorom došlo ku strate alebo pohltenu zväzku protónov a v závislosti od hrúbky a zloženia ochranného tienenia, cez ktoré neutróny prenikajú. V PTK sa z hľadiska požiadaviek radiačnej ochrany v miestach možného pobytu osôb charakterizovali radiačné polia neutrónov hodnotou dávkového ekvivalentu neutrónov  $H_p(10)$ ,  $H^*(10)$  a spektrom energií neutrónov. Informácia o spektre energií v danom mieste poľa neutrónov je dôležitá pre zavedenie korekcie údajov použitého monitora dávkového ekvivalentu neutrónov, keďže prakticky všetky tieto zariadenia sú energeticky závislé a bežne sa kalibrujú na radiačné polia neutrónov s energiou do 15 MeV ( $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{241}\text{AmBe}$ ). Spektrum energií neutrónov sa určilo Monte Carlo kódom MCNPX a meraním pomocou moderačného Bonnerovho spektrometra. Na monitorovanie priestorového dávkového ekvivalentu neutrónov sa použil moderačný remmeter NM2B. Osobné monitorovanie ožarovania osôb neutrónmi a gama žiarením sa predpokladá vykonávať dozimetrami NBG. Osobné dozimetre neutrónov NBG merajú na princípe albedo tepelných neutrónov vznikajúcich v tele monitorovanej osoby. Albedo dozimetre využívajú dvojicu termoluminiscenčných detektorov (TLD), pomocou ktorých sa dá pomerne selektívne merať dávka gama a neutrónov. Prednosťou albedo dozimetrov je dobrá citivosť, nevýhodou je ich energetická závislosť rozdielna od energetickej závislosti  $H_p(10)$ . Pre spresnenie hodnôt dávkového ekvivalentu neutrónov nameraných osobnými dozimetrami NBG v PTK sa urobili korekcie na tvar spektra energií neutrónov v miestach možného pobytu osôb v radiačnom poli s nezanedbateľným príkonom dávkového ekvivalentu. Pri výpočte korekcií údajov osobných dozimetrov NBG na tvar spektra neutrónov sa vzala do úvahy ich kalibrácia izotopickým zdrojom neutrónov  $^{241}\text{AmBe}$ .

## MONTE CARLO SIMULACE ODEZVY NEUTRONOVÝCH DETEKTORŮ (3HE, NE-213)

Aleš Jančář<sup>1</sup>, Jan Dressler<sup>1</sup>, Zdenek Kopecký<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VF, a.s., Černá Hora

Příspěvek zahrnuje Monte Carlo simulace provedené v poli neutronového záření pro dva typy neutronových detektorů 3He a NE-213. Prvním typem je válcový proporcionální detektor plněný 3He v plynné fázi a druhým typem je kapalný organický scintilační detektor NE-213. Simulace transportu záření byla provedena uživatelsky inovovanými programy MCNPX a MCNP-PoliMi. Na základě provedených simulací byly získány spektrální i celkové odezvy detektorů v širokém pásmu neutronových energií. Významná část vypočtených charakteristik byla ověřena experimentálními měřeními.

## SYSTÉM DOZIMETRICKÉHO ZABEZPEČENÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR

Alan Gavel<sup>1</sup>, René Marek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Generální ředitelství hasičského záchranného zboru, MV ČR, Lázně Bohdaneč

Příslušníci HZS ČR mohou být při výkonu služby vystaveni účinkům ionizujícího záření. Sledování dávek je činnost zvláště důležitá z hlediska radiační ochrany. Systém sledování dávek je zakotven v bojovém řádu jednotek PO. Pro sledování obdržených dávek byly zvoleny elektronické osobní dozimetry. Původně nasazené dozimetry nebyly zaváděny systémově. Na konci roku 2008 byly plošně nakoupené dozimetry MGP Instruments SOR/R022. Ty byly vybrány po předchozím širokém testování a uzpůsobeny dle požadavků HZS ČR. Pro systematické sledování obdržených dávek je budován systém elektronické osobní dozimetrie (SEOD) v rámci Prozatímní služby osobní dozimetrie (PSOD). Tato skutečnost je zakotvena pokynem GŘ č. 35/2009, který stanovuje systém nasazení a používání dozimetrických prostředků, jejich ověřování, způsobilost osob a jejich činnosti v rámci PSOD. SEOD je prozatím nasazen u jednotlivých HZS krajů s dohledem z úrovně GŘ HZS ČR. Zavedení tohoto systému umožňuje evidenci obdržených dávek od úrovně 1  $\mu\text{Sv}$ , sledovaných osob, radiačních událostí a dozimetrických prostředků. Vlastnosti SORR022 umožňují rozlišení časové osy vývoje obdržené dávky po 1 minutě a kapacita paměti dozimetru v podmínkách běžného radiačního pozadí dostává pro několikaměsíční provoz. Na základě těchto dat je možné odhalit radiační událost i zpětně. SEOD je možné provozovat jak v podmínkách organizačního řízení ve spojení s centrální databází, tak nezávisle v podmínkách operačního řízení. Pro tyto účely je využíván specializovaný Terminál mobilní dozimetrie (TED), který je upravený pro nasazení v podmínkách zásahu a může fungovat nezávisle na datovém spojení a napájení. Systém je rovněž koncepčně navržen pro možné rozšíření o osoby z hlavních složek IZS.

## MOŽNOSTI INDIKACE PŘÍTOMNOSTI RUŠIVÝCH RADIONUKLIDŮ U MĚŘENÍ KARBONÁTOVÝCH FOREM $^{14}\text{C}$ VE VZORCÍCH PLYNNÝCH VÝPUSTÍ JEZ

Lenka Tomášková<sup>1</sup>, Ivo Světlík<sup>1</sup>, Michal Fejgl<sup>2</sup>, Jiří Pospíchal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderní fyziky AV ČR, Praha

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

<sup>3</sup> ČEZ, a.s., J E Temelín

Pro sledování obsahu  $^{14}\text{C}$  v plynných výpustech jaderných elektráren je využíván záchyt  $^{14}\text{CO}_2$  do 3M roztoku NaOH. Následující stanovení  $^{14}\text{C}$  v exponovaných roztocích je obvykle založeno na přípravě sraženiny  $\text{BaCO}_3$ , která je promývána, sušena a drcena. Finální, jemně práškovitý, uhlíčitán barnatý je dávkován do měřicích kyvet a homogenizován s vodou a scintilačním koktejlem InstaGel. Toto stanovení je časově i ekonomicky poměrně náročné a při zpracování práškovitého  $\text{BaCO}_3$  s obsahem vyšších aktivit  $^{14}\text{C}$  je zde zvýšené riziko kontaminace laboratorních prostor. V ÚJF AV ČR, v.v.i. byla ve spolupráci se SÚRO zavedena metoda přímého měření v roztocích kumulovaných vzorků, kde je  $^{14}\text{C}$  přítomen ve formě rozpuštěných karbonátů. Preparační část stanovení je méně časově náročná, zvyšuje se tak i kapacita laboratoře a je proto možné dosahovat i vyššího časového rozlišení změn objemových aktivit  $^{14}\text{C}$ . Pro měření silně alkalických roztoků je používán scintilační koktejl HionicFluor. Jelikož příprava vzorků téměř nezahrnuje preparativní kroky zaměřené na odstranění případně přítomných rušivých radionuklidů, je u této metody nezbytné používání postupů umožňujících indikaci interferencí a potlačení možného vlivu od dalších radionuklidů: (1) kontrola kapalinově scintilačních spekter v oblastech převyšujících  $E_{\text{max}}^{14}\text{C}$ ; (2) posunutí dolního okraje měřicího okna nad  $E_{\text{max}}$  od 3H; (3) kontrola tvaru spektra  $^{14}\text{C}$  v měřicím okně; (4) kontrola aktivity výchozích roztoků po karbonátovém srážení; (5) stripování roztoků vzduchem; (6) opakované proměňování vzorků po uplynutí doby nejméně dvou týdnů. Na základě naší několikaleté zkušenosti lze konstatovat, že v proměňovaných vzorcích dosud nebyla indikována významná přítomnost rušivých radionuklidů, vyjma 3H. V případě, že by přítomnost interferujících radionuklidů byla prokázána, je možné pomocí postupu (4) spočítat opravu na příspěvek do měřicího okna. Pokud by však tento příspěvek převyšoval 10% aktivity  $^{14}\text{C}$ , bylo by nezbytné použít klasický postup založený na měření suspenze  $\text{BaCO}_3$  a zvážit další preparační kroky zaměřené na potlačení obsahu rušivých radionuklidů. Náš příspěvek bude zaměřen především na diskusi metod indikace přítomnosti interferujících radionuklidů v karbonátových vzorcích a možnosti modifikace preparačního postupu, aby postup stanovení byl, v důvodných případech, přizpůsobitelný vlastnostem vzorků.

## ZAKONCENTROVANIE A STANOVENIE <sup>90</sup>SR V RÁDIOAKTÍVNYCH ODPADOCH POUŽITÍM METÓD EXTRAKCIE S PEVNOU FÁZOU.

Silvia Dulanská<sup>1</sup>, Boris Remenec<sup>1</sup>, Ľubomír Máteľ<sup>1</sup>, Dušan Galanda<sup>1</sup>, Atilla Molnár<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie, PF UK, Bratislava

This paper describes the use of IBC's AnaLig®Sr-01 molecular recognition technology product and Eichrom's Sr Resin to effectively and selectively preconcentrate, separate and recover strontium from radioactive waste samples. The use and effectiveness of AnaLig®Sr-01 and Eichrom's Sr Resin were successfully tested by analysis of IAEA 375 reference soil and National Physical Laboratory (NPL) - High Alpha-Beta (2003) liquid sample. The second part of this paper focuses on analysis of radioactive waste samples from NPP A1. Our overall conclusion is that the AnaLig® method is superior to the Eichrom resin for Sr removal, because there is no need for any additional purification after elution, and the method is faster, simpler and less time and cost consuming.

## MOŽNOSTI APLIKÁCIE SORBENTU DGA PRI SEPARÁCII PU A AM V RÁDIOCHEMICKEJ ANALÝZE.

Dušan Galanda<sup>1</sup>, Ľubomír Máteľ<sup>1</sup>, Silvia Dulanská<sup>1</sup>, Peter Kováč<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie PF UK, Bratislava

Stanovenie alfa rádionuklidov vo väčšine matric predstavuje vždy komplikovanú a problematickú záležitosť prinášajúcu so sebou množstvo dopredu ťažko odhadnuteľných parametrov, ktoré už v primárnych krokoch rádiochemickej analýzy môžu veľmi negatívne ovplyvňovať celý priebeh a výsledok separačného procesu. Predložená práca prezentuje výsledky experimentálnych pokusov použitia relatívne nového extrakčného materiálu s komerčným názvom DGA od firmy Eichrom, ktorého vlastnosti boli sledované v rôznych prostrediach kyselín HCl a HNO<sub>3</sub>. Zároveň boli sledované aj potenciálne možnosti využitia sorbentu DGA v spojení s inými extrakčnými materiálmi. Na základe týchto experimentov bol navrhnutý a odladený separačný postup na zakoncentrovanie Pu a Am vo vzorkách z JE, ktorého nosnými extrakčnými činidlami sú AnaLig® Pu-02 od IBC Advanced Technologies aplikovaný na separáciu plutónia a vyššie prezentované DGA použité na separáciu Am.

## VÝPOČTY RADIAČNÍ ZÁTĚŽE POSÁDKY SERVISNÍHO MODULU ZVEZDA MEZINÁRODNÍ KOSMICKÉ STANICE S POUŽITÍM KULOVÉHO TKÁŇOVĚ- EKVIVALENTNÍHO FANTOMU MATROSHKA-R

Zlata Kolísková (Mrázová)<sup>1, 2, \*</sup>, Iva Ambrožová<sup>1</sup>, L. Sihver<sup>3, 4, 5, 6</sup>, T. Sato<sup>7</sup>, V.A. Shurshakov<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha, ČR

<sup>2</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

<sup>3</sup> Chalmers University of Technology, Goteborg, Švédsko

<sup>4</sup> Roanoke College, Salem, Virginia, USA

<sup>5</sup> TEXAS A&M, College Station, TX, USA

<sup>6</sup> University of Houston, Houston, TX, USA

<sup>7</sup> JAEA, Tokai-mura, Ibaraki, Japonsko

<sup>8</sup> State Research Center of Russia, Institute of Biomedical Problems, Moskva, Rusko

Je dobře známo, že při uskutečňování dlouhodobých misí ve vesmíru je kosmické záření jedním z hlavních zdravotních rizik. Absorbovanou dávkou či dávkový ekvivalent, které člen posádky obdrží, je možno předpovědět na základě měření úrovně ozáření nebo s použitím výpočetních kódů. V některých případech je ale velmi obtížné ba téměř nemožné vše do detailů proměřit, použití výpočetních kódů se pak stává nezbytností. Vypočtené výsledky se mohou lišit v závislosti na modelech či geometriích použitých v kódu, a proto je třeba nejdříve výsledky simulací pro konkrétní případy ověřovat srovnáním s experimentálními daty. Příspěvek se zabývá použitím Monte Carlo kódu PHITS (Particle and Heavy-Ion Transport code System) k výpočtům absorbované dávky na povrchu i uvnitř Ruského tkáňově-ekvivalentního fantomu Matroshka-R umístěného v roce 2006 na palubě servisního modulu Zvezda Mezinárodní kosmické stanice (ISS). Bude prezentována použitá geometrie a její ověření srovnáním hloubkové distribuce vypočtených absorbovaných dávek s experimentálními daty. Ověřená geometrie je poté použita pro výpočty příspěvků jednotlivých složek kosmického záření k celkové dávce pro různé hloubky tkáňově-ekvivalentního fantomu. Ze srovnání experimentálních dat a simulací je patrné, že riziko ozáření v servisním modulu Zvezda na palubě ISS je možno odhadnout pomocí programu PHITS v kombinaci s námi vytvořenou zjednodušenou geometrií obsahující stínění kosmické stanice tloušťky 3 resp. 5 g/cm<sup>2</sup> hliníku. Pro dolní odhad radiačního rizika lze použít výpočty s hliníkovým stíněním tloušťky 5 g/cm<sup>2</sup>, pro horní mez pak hliníkovým stíněním tloušťky 3 g/cm<sup>2</sup>. Výpočty ukazují, že příspěvek od galaktického kosmického záření k celkové absorbované dávce roste v závislosti na hloubce ve fantomu. Příspěvky jednotlivých složek (ukázáno pro H, He a Fe) galaktického kosmického záření (GKZ) k absorbované dávce od všech iontů GKZ zůstávají napříč celým fantomem v rámci nejistoty výpočtu konstantní. Práce byla financována z GACR 205/09/0171, GAAV KJB100480901, GACR 202/09/H086 a SGS 10/212/OHK4/2T/14.



## VLASTNOSTI DIAMANTOVÉHO DETEKTORU - POROVNÁNÍ S IONIZAČNÍMI KOMORAMI

Matěj Navrátil<sup>1,2</sup>, Vladimír Vondráček<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> FJFI ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Ústav radiační onkologie - Radiofyzikální oddělení, Fakultní nemocnice na Bulovce, Praha

Diamantový detektor - pevnolátkový detektor, který v sobě spojuje výhody tkáňové ekvivalentnosti, velmi dobrého odstupů signálu od šumu a zároveň velmi malého účinného objemu. Je tedy velmi vhodný jak k absolutním měřením i pro oblasti malých dávek, tak k měření přesného dávkového rozložení v oblastech vysokého gradientu dávky. Námí používaný detektor je součástí klinického kompletu DKDa - 01, výrobce Institute in Physical-Technical Problems, Ruská federace. Na diamantový krystal o ploše 7 mm<sup>2</sup> a tloušťce 0,23 mm (citlivý objem 1,6 mm<sup>3</sup>) je přivedeno operační napětí +100 V. Pro ustanovení optimální citlivosti je nutno krystal předzářit dávkou 10 Gy, kalibrační faktor pak činí  $1,45 \cdot 10^{-7}$  C/Gy (pro srovnání ionizační komora farmerovského typu firmy IBA dosimetry účinném objemu 0,6 cm<sup>3</sup> má kalibrační faktor o velikosti cca  $4,8 \cdot 10^{-9}$  C/Gy) ve fotonovém svazku produkovaném <sup>60</sup>Co. Uvedené parametry tento typ detektoru staví do role ideálního čidla pro dozimetrii malých polí nebo polí s modulovanou intenzitou svazku - IMRT. V rámci této práce byla zkoumána zejména reprodukovatelnost a linearita odezvy tohoto detektoru v běžném klinickém rozpětí dávek. Parametry tohoto detektoru byly porovnány s parametry na našem pracovišti používaných ionizačních komor - FC65G, CC13 a CC01 od firmy IBA (Scanditronix Wellhoffer).

## VÝSLEDKY EVROPSKÉHO VÝZKUMNÉHO PROJEKTU „ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY LÉČBY NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ POMOCÍ 3D BRACHYTERAPIE“

Jaroslav Šolc<sup>1</sup>, Vladimír Sochor<sup>1</sup>, Hans-Joachim Selbach<sup>2</sup>, Isabelle Aubineau-Laniec<sup>3</sup>, Valerie Lourenco<sup>3</sup>, František Gábriš<sup>4</sup>, Jan-Erik Grindborg<sup>5</sup>, Antti Kosunen<sup>6</sup>, Teemu Siiskonen<sup>6</sup>, Hannu Jarvinen<sup>6</sup>, Petri Sipilä<sup>6</sup>, Clare Gouldstone<sup>7</sup>, Thorsten Sander<sup>7</sup>, Peter Sharpe<sup>7</sup>, Jozef Zeman<sup>8</sup>, Carlos Oliviera<sup>9</sup>, Luis Portugal<sup>9</sup>, Milton Rodrigues<sup>10</sup>, Asa Carlsson Tedgren<sup>11</sup>, Maria Pia Toni<sup>12</sup>, Macci de Pooter<sup>13</sup>

<sup>1</sup> Český metrologický institut, Praha

<sup>2</sup> Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany

<sup>3</sup> CEA, LIST, Laboratory National Henri Becquerel, France

<sup>4</sup> Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, Physikalisch-Technischer Prüfdienst, Austria

<sup>5</sup> Swedich Radiation Safety Authority, Sweden

<sup>6</sup> Radiation and Nuclear Safety Authority, Radiation Metrology Laboratory, Finland

<sup>7</sup> National Physical Laboratory, UK

<sup>8</sup> IBA Dosimetry, Germany

<sup>9</sup> INT, Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes, Portugal

<sup>10</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal

<sup>11</sup> Linköping University, Faculty of Health Science, Sweden

<sup>12</sup> Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, Italy

<sup>13</sup> Van Swinden Laboratorium, The Netherlands

Projekt iMERA+ T2.J06 „Zvyšování efektivity léčby nádorových onemocnění pomocí 3D brachyterapie“ byl řešen v letech 2008-2011 ve spolupráci 10 metrologických institutů zemí Evropské unie, včetně účasti České republiky. Jeho hlavním cílem bylo vytvořit metrologické prostředky pro zajištění veličiny absorbovaná dávka ve vodě od brachyterapeutických (BT) zářičů umožňující přesnější stanovení terapeutické dávky než pomocí stávajících dozimetrických protokolů, které se opírají o veličinu kerma ve vzduchu. Náplň projektu byla věcně rozdělena na pět částí: vývoj primárního standardu absorbované dávky ve vodě pro 1) low-dose-rate (LDR) a 2) high-dose-rate (HDR) BT zdroje se zaměřením na I-125 (LDR) a Ir-192 (HDR), 3) experimentální stanovení tzv. „dose rate constant“ udávající převod od referenční kermy ve vzduchu na referenční dávku ve vodě, 4) ustanovení kalibračního řetězce pro LDR a HDR BT zdroje od primárního standardu k sekundárním laboratořím a konečným uživatelům a 5) vytvoření metodiky stanovení prostorového rozložení dávky okolo BT zdrojů, která by byla použitelná v rutinní klinické praxi. Primární standard dávky ve vodě pro LDR zdroje vybudovaly instituty ENEA, PTB (oba extrapolační komora) a LNHB (toroidální ionizační komora). Primární standard dávky ve vodě pro HDR zdroje vybudovaly instituty PTB, VSL (oba vodní kalorimetr), LNHB a ENEA (oba grafitový kalorimetr). Prostorové rozložení absorbované dávky bylo stanovováno několika typy detektorů (2D matice ionizačních komor, kapalná ionizační komora, radiochromní film a gely, TL, alaninové, scintilační a EPR dozimetrie, polovodičové diody), jejichž dozimetrické vlastnosti a praktická použitelnost byly v rámci projektu studovány. Hlavním výstupem projektu je soubor metrologických prostředků, na jehož základě bude mít odborná komunita v budoucnu možnost vytvořit pro klinickou praxi v brachyterapii protokol podobný TRS -398 využívanému v externí radioterapii.

## OPTIMALIZACE VÝVOJE A VÝZKUMU U FIRMY ENVINET A.S.

Jan Surý<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENVINET, a.s., Třebíč

Společnost ENVINET a.s. se zabývá výzkumem a vývojem v oblasti měření IZ a RaO již 15 let. Má odpovídající zázemí a odborně kvalifikované řešitele projektových záměrů. V roce 2010, zejména v souvislosti s akvizicemi v zahraničí, započalo v naší společnosti systematické budování a posilování samostatné skupiny VaV. V posledních dvou letech jsme podali řadu výzkumných a vývojových projektů do programů jak v České republice (MPO - TIP+CzechInvest, TAČR - ALFA+Centrum kompetence, MV - bezpečnostní výzkum), tak v zahraničí (EMRP, LABONET, CONNECT, atp.). Podpora projektů aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje z prostředků rozpočtu ČR přináší naší společnosti profesní rozvoj pracovníků, urychlení vývoje produktů s kvalitativně vyššími parametry a ověřenou funkcí, okamžitou technologickou použitelností a možností dalšího vývoje. Hlavním cílem při řešení VaV projektů je zavedení špičkové technologie do výroby, transfer know-how z výzkumných a vývojových pracovišť do výrobní sféry a další rozvoj know-how v této oblasti. Díky zázemí a projektovým týmům se stáváme lídrem dodavatelů na obchodním trhu v oblasti měření IZ. Naše projekty směřujeme do výzkumu a vývoje nových materiálů a výrobků, nových progresivních technologií, optimalizací konvenčních výrobních postupů, nových informačních a řídicích systémů, informací vstupujících do výrobního procesu, o průběhu technologických operací, o produktu a jeho použití, o nově vznikajících požadavcích na produkt a také maximum informací vyhodnocujících výrobní proces v celém jeho průběhu. Výzkum a vývoj vždy předpokládá dosažení alespoň jednoho z druhů požadovaných výsledků (patent, poloprovoz, ověřená technologie, výsledky s právní ochranou, technicky realizované výsledky). Optimalizace VaV u naší firmy spočívá v maximálně možném propojení našich pracovníků s odborníky z v.v.i., škol, výzkumných ústavů. Urychluje se tím VaV, převádí výsledky základního výzkumu do aplikovaného VaV, připravují mladí studenti do praxe, zvyšuje se odbornost, know-how, optimalizují náklady a zvyšuje se možnost prosadit výrobky ČR, které využívají nejmodernější technologie do praxe.

## KONTAMINÁCIA HÚB <sup>137</sup>CS NA ÚZEMÍ STREDOSLOVENSKEHO REGIÓNU V ROKU 2011

Alžbeta Ďurecová<sup>1</sup>, František Ďurec<sup>1</sup>, Ľudmila Auxtová<sup>1</sup>, Anna Čechová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Regionálny úrad verejného zdravotníctva, B.Bystrica

Pretrvávajúca kontaminácia životného prostredia stredoslovenského regiónu <sup>137</sup>Cs po havárii jadrového reaktora v Černobyle v roku 1986 bola v priebehu roku 2011 monitorovaná vo zvýšenej miere v dôsledku havárie jadrových reaktorov v jadrovej elektrárni Fukušima Daiči. Huby rastúce vo voľnej prírode sú jedným z najlepších bioindikátorov pretrvávajúcej kontaminácie <sup>137</sup>Cs. Na akumuláciu <sup>137</sup>Cs rôznymi druhmi húb má vplyv niekoľko faktorov, okrem iného spôsob a hĺbka tvorby podhubia, lesný porast, mikroklimatické podmienky, pôdna vlhkosť, zloženie pôdy. V priebehu roku 2011 bolo v našom laboratóriu spracovaných 64 vzoriek húb rastúcich vo voľnej prírode. <sup>137</sup>Cs bolo stanovené vo väčšine vzoriek zvlášť v hlavičkách a hlúbikoch húb. Najvyššie aktivity <sup>137</sup>Cs boli stanovené vo vzorkách húb odobratých z lokality Skalka pri Kremnici. V hlavičke hríbu modrejúceho (*Boletus pulverulentus*) odobratého 18.08.2011 z lokality Skalka pri Kremnici bola aktivita <sup>137</sup>Cs 190 Bq/kg čerstvej hmoty odobratého 18.08.2011 z lokality Skalka pri Kremnici.

## OBSAH $^{137}\text{Cs}$ A $^{90}\text{Sr}$ V POTRAVINÁCH V ČESKÉ REPUBLICE

Karin Fantínová<sup>1</sup>, P. Rulík<sup>1</sup>, V. Bečková<sup>1</sup>, Eva Schlesingerová<sup>1</sup>, P. Fojtík<sup>1</sup>, Miluše Bartusková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Měrné aktivity  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{90}\text{Sr}$  jsou v potravních komoditách České republiky pravidelně monitorovány v rámci Radiační monitorovací sítě od roku 1986. Aktivity  $^{137}\text{Cs}$  jsou v současné době stanovovány v 7 laboratořích, aktivity  $^{90}\text{Sr}$  ve dvou. Výběr sledovaných komodit je proveden jednak dle jejich zastoupení ve spotřebním koši a jednak dle velikosti obsahu radionuklidů v komoditě (produkty lesního ekosystému). Z hlediska obsahu  $^{137}\text{Cs}$  jsou sledovány různé druhy masa, ovoce, zeleniny, obilovin a mléko, v lesním ekosystému houby, borůvky a zvěřina. Obsah  $^{90}\text{Sr}$  je monitorován v obilovinách, mléce a mléčných výrobcích a od roku 2006 také ve smíšené stravě. V práci jsou uvedeny časové vývoje spotřeby komodit, obsahu radionuklidů a ze spotřeby a měrné aktivity odhadnuté časové vývoje příjmu radionuklidů do roku 2010. Výsledky pro  $^{137}\text{Cs}$  jsou porovnány s příjmy odhadnutými na základě měření obsahu  $^{137}\text{Cs}$  v moči. V práci jsou rovněž uvedeny statistické charakteristiky obsahu  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{90}\text{Sr}$  uvedených komodit (geometrický a aritmetický průměr, toleranční interval a další). V roce 2010 se měrné aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v potravních komoditách kromě komodit lesního ekosystému pohybovaly od méně než setin Bq/kg do jednotek Bq/kg. Maximální hodnoty v komoditách lesního ekosystému byly vyšší: v borůvkách 38 Bq/kg, v houbách 460 Bq/kg a ve zvěřině 1400 Bq/kg. Na základě spotřebního koše byl příjem aktivit ingescí  $^{137}\text{Cs}$  bez započtení komodit lesního ekosystému odhadnut na 30 Bq a s jejich započtením na 310 Bq. Příjem aktivity  $^{137}\text{Cs}$  na základě měření 24 hodinové moče byl odhadnut na 64 Bq. Obsah  $^{90}\text{Sr}$  v mléce byl od méně než setin Bq/l do 0,1 Bq/l a ve smíšené stravě od méně než 0,01 Bq/kg do 0,07 Bq/l. Příjem  $^{90}\text{Sr}$  na základě měření smíšené stravy byl odhadnut na 21 Bq.

## **DÁLKOVÝ MONITOR RADIOAKTIVNÍ KONTAMINACE**

Pavel Kratochvíl<sup>1</sup>, Petr Borek<sup>1</sup>, Petr Halas<sup>1</sup>, Pavel Prášek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VF, a.s., Černá Hora

Poster popisuje realizaci projektu výzkumu a vývoje v období 2009-2011 ve společnosti VF, a.s. v rámci programu průmyslového výzkumu a vývoje TIP vyhlášeného Ministerstvem průmyslu a obchodu. Výsledkem projektu je zhotovení a ověření funkčního vzorku autonomního dálkově řízeného monitoru pro mapování úrovní externího záření a povrchové radioaktivní kontaminace.

## **REKONSTRUKCE SYSTÉMU MĚŘENÍ PLYNNÝCH VÝPUSTÍ VE VENTILAČNÍM KOMÍNĚ ÚJV ŘEŽ A.S.**

Jiří Neužil<sup>1</sup>, Vlastislav Činovský<sup>1</sup>, David Javůrek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centrum výskumu Řež, s.r.o.

Zásadním podnětem pro rekonstrukci měření plyných radioaktivních výpustí z ventilačního komína v areálu ÚJV Řež a.s. byly závěry státního metrologického dozoru ČMI IIZ Praha a následná metrologická expertíza provedená ČMI , která zhodnotila stávající systém a navrhla koncepci nového. Zadávací dokumentace rekonstrukce byla zpracována divizí ENERGOPROJEKT ÚJV Řež a.s., realizace byla provedena firmou I&C ENERGO a.s. ve spolupráci s dodavatelem měřicí techniky VF, a.s. Černá Hora. Rekonstrukce byla dokončena v tomto roce, v současnosti probíhá zkušební provoz. Příspěvek podává stručnou charakteristiku nového systému v porovnání s koncepcí systému původního.

## METÓDA PRÍPRAVY STOPOVACÍHO RÁDIONUKLIDU $^{239}\text{Np}$ POUŽITÍM EXTRAČNEJ CHROMATOGRAFIE

Jana Strišovská<sup>1</sup>, Dušan Galanda<sup>1</sup>, Boris Remenec<sup>1</sup>, Veronika Drábová<sup>1</sup>, Jozef Kuruc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie PF UK, Bratislava

Napriek tomu, že význam stanovenia izotopov neptúnia nedosahuje úroveň významných alfa--rádionuklidov, je potrebné si uvedomiť, že  $^{237}\text{Np}$  je dcérskym rádionuklidom  $^{241}\text{Am}$  a v budúcnosti bude dominantným rádionuklidom v rádioaktívnych odpadoch, preto je potrebné venovať pozornosť jeho stanoveniu v životnom prostredí. Rádiochemický výťažok sa monitoruje pridaním stopovača  $^{239}\text{Np}$ , ktorý má dobu polpremeny  $T_{1/2} = 2,355$  d.  $^{243}\text{Am}$  patrí medzi dlhožijúce alfa-žiarice a má dobu polpremeny  $T_{1/2} = 7370$  r. Rádioaktívna rovnováha tohto páru je dosiahnutá po uplynutí 7 až desaťnásobku doby polpremeny  $^{239}\text{Np}$  (23,6 d). Separácia Np a Am vychádza z poznatkov o ich odlišných chemických vlastnostiach, tak môžu byť od seba ľahko separované. Prezentovaná práca popisuje prípravu stopovača  $^{239}\text{Np}$  z  $^{243}\text{Am}$ . Použitá metóda zahŕňa stabilizáciu Np (IV) pomocou kyseliny askorbovej a dusičnanu železitého, separáciu  $^{239}\text{Np}$  od  $^{243}\text{Am}$  využitím extrakčnej chromatografie a stanovenie aktivity získaného roztoku s  $^{239}\text{Np}$  pomocou HPGe detektora. V experimente sme použili na separáciu komerčne dostupný sorbent TEVA®Resin od firmy Eichrom Technologies.



## VYUŽITIE IÓNOVÝMENNEJ CHROMATOGRFIE NA ELIMINÁCIU CURIA OD AMERÍCIA PRI JEHO STANOVENÍ METÓDOU KVAPALINOVEJ SCINTILAČNEJ SPEKTROMETRIE

Veronika Drábová<sup>1</sup>, Dušan Galanda<sup>1</sup>, Boris Remenec<sup>1</sup>, Jana Strišovská<sup>1</sup>, Jozef Kuruc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie PF UK, Bratislava

Vzájomné oddelenie trojmocného amerícia od chemicky podobného trojmocného curia zostáva jednou z najviac náročných úloh pri realizácii akéhokoľvek jadrového palivového cyklu, v ktorom by malo byť amerícium transmutované. Separácia amerícia od curia je zložitou operáciou, z dôvodu veľmi podobných chemických vlastností týchto dvoch prvkov, vrátane oxidačného čísla III, ktoré je pre oba rádionuklidy najtypickejšie. Na stanovenie amerícia vo vzorkách, kde alfa-aktivita curia prekračuje aktivitu samotného amerícia bolo vypracovaných niekoľko metód. Hlavnou rozlišovacou vlastnosťou je stabilita Am v oxidačných stupňoch V a VI, dôvodom je skutočnosť, že práve v týchto oxidačných stupňoch sa lantanoidy alebo curium vo vodných roztokoch nevyskytujú. V tejto práci je prezentovaný postup separácie amerícia (VI) od curia (III) a ostatných lantanoidov a aktinoidov pomocou fluoridu vápenatého ako konvenčnej iónovymennej kolóny. Taktiež bol odskúšaný separačný systém pre trojmocné amerícium a curium s použitím iónovymenného sorbentu, anexu, ktorý je dostupný pod komerčným názvom DOWEX. Médiom bol roztok kyseliny dusičnej a metanolu. Prítomnosť alkoholu v médiu, z ktorého sú rádionuklidy sorbované na aniónové meniče zvyšuje aniónovú výmenu. Poďakovanie : Práca bola podporovaná Grantom Univerzity Komenského č. UK/448/2011 - „Eliminácia curia pri stanovení amerícia metódou kvapalinovej scintilačnej spektrometrie“.

# SVĚTELNÝ VÝTĚŽEK JAKO FUNKCE ČASOVÉ KONSTANTY ZESILOVAČE A VZTAH TÉTO FUNKCE K DOSVITOVÝM KŘIVKÁM

Petr Průša<sup>1</sup>, Jiří A. Mareš<sup>2</sup>, Martin Nikl<sup>2</sup>, Weerapong Chewpraditkul<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FJFI ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Praha

Světelný výtěžek závisí, kromě mnoha dalších faktorů, také na časové konstantě použitého zesilovače ( $\tau$ ) a dynamice dosvitu měřeného scintilátoru. Při publikování výsledků měření světelného výtěžku se tato skutečnost zohledňuje obvykle pouze tak, že se uvádí, pro jaké  $\tau$  byl světelný výtěžek změřen, mimořádně bývá stanovena hodnota pro dvě tyto konstanty. Scintilační dosvit bývá určen jinou metodou. Přesto však platí, že scintilační dosvit se v závislosti světelného výtěžku na  $\tau$  odráží. Při znalosti scintilačního dosvitu a světelného výtěžku pro jedno  $\tau$  lze dopočítat světelný výtěžek pro libovolné  $\tau$ . Postup opačným směrem, výpočet scintilačního dosvitu ze znalosti závislosti světelného výtěžku na  $\tau$ , je také možný. V důsledku nedostatečného množství dostupných časových konstant lze však očekávat nižší přesnost stanovení scintilačního dosvitu touto metodou. Krom toho bude nemožné určit charakter dosvitu v časech kratších než nejkratší  $\tau$  a delších než nejdelší  $\tau$ . Pro použití metody tedy požadujeme, aby se v dosvitové křivce vyskytovaly komponenty s dobami dosvitu řádu, a to dostatečně intenzivní. Příkladem materiálu s těmito vlastnostmi je LuAG:Ce (Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce). K měření světelného výtěžku jsme použili aparaturu s hybridním fotonásobičem, zesilovač se semigausssovským tvarováním s  $s = 0,5, 1, 2, 3, 6$  a  $10$  jis, ADC a PC. Scintilační odezvu jsme budili fotony  $\gamma$  z <sup>137</sup>Cs. Dosvitové křivky byly měřeny pomocí koincidenční metody. Výpočet oběma směry spočívá v konvoluci dosvitové křivky s odezvou aparatury na impuls tvaru delta funkce (na výstupu předzesilovače to znamená jednotkový skok). Konvoluce určí tvar výstupního pulzu na libovolný vstup. Maximum výstupního pulzu odpovídá světelnému výtěžku. Ve výpočtu jsme uvažovali i vliv předzesilovače. S ohledem na malé množství experimentálních bodů závislosti světelného výtěžku na  $\tau$ , je třeba do výpočtu dosvitové křivky vnést a priori informaci o tvaru dosvitu. Nabízí se pouze dosvit exponenciální, mocninný a jejich lineární kombinace. Výsledek obou výpočtů se ukazuje být poměrně přesným. Konvolucí stanovená odezva se od experimentální liší pouze o několik jednotek procent. Dekonvoluce poskytuje přesnou informaci o scintilačním integrálu (počet scintilačních fotonů emitovaných od interakce ionizujícího záření do času  $t$ ). Přesné stanovení dosvitové křivky silně závisí na volbě tvaru dosvitu. Pro kombinaci jednoho exponenciálního a jednoho mocninného členu jsme dosáhli dobré shody s experimentální závislostí.

## METODIKA PŘÍPRAVY POLYMERNÍHO GELOVÉHO DOZIMETRU PAGAT

Kateřina Vávrů<sup>1</sup>, Martin Pytloun<sup>1</sup>, Jitka Šemnická<sup>1</sup>, Václav Spěváček<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FJFI ČVUT, Praha

Práce se zabývá testováním vlivu metodiky přípravy a koncentrace antioxidantu THPC na výsledné dozimetrické a fyzikální vlastnosti normoxického polymerního gelového dozimetru PAGAT (N,N'-methylen-bis-akrylamid (BIS), akrylamid (AA), želatina a antioxidant tetrakis (hydroxymethyl) fosfonium chlorid (THPC)). Byly porovnány tři skupiny vzorků lišící se v metodice přípravy dozimetru a tvořené čtyřmi sériemi o koncentracích THPC (3, 5, 8 a 10) mM. Pro následnou optimalizaci byla zvolena koncentrace antioxidantu 5 mM a použit postup oddělených zásobníků jednotlivých složek dozimetru PAGAT. Pro ozáření vzorků byl použit kobaltový ozařovač Gammacell 220. Vzorky byly hodnoceny měřením absorbance na spektrometru Helios Beta a pro srovnání též prostřednictvím zobrazování metodou magnetické rezonance na MR Siemens Magnetom Avanto 1,5 Tesla. Postup přípravy dozimetru s použitím oddělených zásobníků a přidáním antioxidantu THPC do roztoku monomerů před smícháním s želatinou se ukázal jako nejlepší vzhledem k výsledné citlivosti dozimetru. Práce byla podpořena z projektů GAČR 202/09/H086, MSM6840770012 a SGS11/135/OHK4/2T/14.

## DOZIMETRICKÉ, RADIOMETRICKÉ, SPEKTROMETRICKÉ A MONITOROVACÍ SYSTEMY HZS ČR

Alan Gavel<sup>1</sup>, René Marek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MV – GŘ HZS – 100, Lázně Bohdaneč

Příslušníci jednotek PO HZS ČR se při výkonu své služby setkávají se zdroji ionizujícího záření. Na tuto skutečnost musejí být náležitě připravení a vybavení. Úroveň vybavení se liší dle předurčení dané jednotky (JPO-Z, JPO-S, JPO-O, chemické laboratoře). Specifikem jejich práce je, že mnohdy dopředu netuší, zda vstupují do prostor s radioaktivními látkami či zdroji. Většinu svých analýz navíc provádějí na místě zásahu, ačkoliv obalový soubor umístěný v Technických automobilech chemických v provedení pro průzkum (TACHP) umožňuje převoz zdrojů ionizujícího záření do úrovně ekvivalentu 1 TBq <sup>137</sup>Cs. Ke své činnosti příslušníci HZS využívají indikátory zvýšených úrovní radiace (GI-3H, uRAD 115), dozimetry pro záznam obdržených dávek (SORR022), radiometry pro stanovení doby pobytu, vytýčení bezpečnostních a nebezpečných zón a provedení kontroly kontaminace (radiometry řady DC). Specializované jednotky HZS -skupiny chemických laboratoří - provádějí rovněž spektrometrické stanovení (Falcon 5000N, GR 135, Inspector 1000) přítomných radionuklidů za účelem odhadu aktivity zdroje nebo izotopového poměru složení materiálů (nálezy uranu). Pro monitorování území rovněž disponují soupravami pro záznam radiační situace při průjezdu zájmovým územím - monitotování (UniSpec MCA). Zjištěné skutečnosti jsou hlášeny cestou OPIS na styčné místo SÚJB, který určuje způsob dalšího nakládání se zjištěným nálezem.

## KALIBRAČNÍ ZAŘÍZENÍ PRO SIMULACI PLOŠNÉ AKTIVITY CS-137

Marcel Ohera<sup>1</sup>, Petr Sládek<sup>1</sup>, Daniel Sas<sup>1</sup>, Jiří Janda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Vyškov

Pro kalibraci terénních gama spektrometrů s detektory NaI(Tl) pro měření přírodních nuklidů K, U, Th se používají kalibrační desky obsahující přesně známé aktivity uvedených třech nuklidů. Při kalibraci detektorů a stanovení aktivit nuklidů se používá stripping metoda. Vzhledem ke kontaminaci životního prostředí po černobylské havárii Cs-137 je při měřeních v životním prostředí detekována i aktivita Cs-137. Gama spektrometry používané na Ústavu OPZHN Univerzity obrany nejsou však na Cs-137 kalibrovány. Kalibrace provedená na kalibračních deskách využívá matici 3 x 3 pro tři prvky a pro měření i Cs-137 je nutné rozšířit kalibraci na čtyři prvky s maticí 4 x 4. Pro simulaci plošné aktivity Cs-137 bylo námi navrženo a vyrobeno (vyrobil Envinet, a.s.) kalibrační zařízení, které simuluje plošnou aktivitu cesia (bez hloubkové distribuce) na kruhové ploše s průměrem 2 m, což také odpovídá průměru ploch kalibračních desek K, U, Th (průměr 2m, hloubka 0,6 m v betonu) v současné době umístěných na kalibrační základně Diamo ve Stráži pod Ralskem. Byla provedena kalibrace kanadského spektrometru PGIS-128 (výrobce Pico Envirotec, Inc. Kanada) a provedeno porovnávací měření. Kalibrační zařízení bude rovněž upraveno a využito pro kalibraci leteckého gamaspektrometru IRIS-XP od stejného výrobce.

## **PŘÍPRAVA BIOLOGICKÝCH VZORKŮ POMOCÍ MIKROVLNNÉHO ROZKLADNÉHO ZAŘÍZENÍ**

Janda Jiří<sup>1</sup>, Sas Daniel<sup>1</sup>, Sládek Petr<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Vyškov

### **Abstrakt**

Práce se zabývá využitím mikrovln pro rozklad biologických materiálů. Ty byly v závislosti na struktuře a obsahu látek rozděleny do jednotlivých skupin. Pro ověření metody byla vybrána skupina rizikových alfa a beta radionuklidů z hlediska jejich možného výskytu při vojenských operacích. Mikrovlnný rozklad biologických vzorků se jeví jako velmi efektivní metoda pro převod radionuklidů do roztoku a jejich následnou kvalitativní a kvantitativní analýzu. Pro vlastní rozklad byl použit přístroj MWS4 (Berghof, Německo), a pro stanovení radionuklidů byl použit Automatický TDCR Liquid Scintillation Counter Hidex 300 SL (Hidex, Finsko). Z výsledků vyplývá, že mikrovlnný způsob rozkladu biologického materiálu je výhodným způsobem přípravy tohoto typu vzorků při zachování dobré výtěžnosti radionuklidů.



**SEKCIA IV.**  
**RADIAČNÁ OCHRANA V JADROVEJ**  
**ENERGETIKE**

(pracovné prostredie v JE, dopad na ŽP,  
manažment odstávky JE)



## KONCEPCIA RADIÁCNEJ OCHRANY POČAS VYRAĐOVANIA JE V1

Ján Kaizer<sup>1</sup>, Jaroslav Svitek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> JAVYS, a.s. Jaslovské Bohunice

Prvý reaktorový blok JE V1 bol spustený v r. 1978. Na základe rozhodnutia vlády SR bol prvý reaktorový blok odstavený 31.12.2006 a druhý blok 31.12.2008. Následne začala etapa ukončovania prevádzky JE, ktorá skončila 19.7.2011, keď prevádzkovateľ JE V1 dostal rozhodnutie ÚJD SR, ktorým povoľuje prvú etapu vyradovania JE V1 od 20.7.2011. Po skončení prvej etapy vyradovania v r. 2015 bude nasledovať druhá etapa, ktorej predpokladané ukončenie je v r. 2025. Už v priebehu ukončovania prevádzky JE V1 bola spustená príprava projektov, ktorých financovanie vychádzalo z podporného fondu EÚ a bolo podmienené odstavením reaktorových blokov - projekty BIDSF. Projektová činnosť nemohla obísť oblasť radiačnej ochrany, ktorej bezpečnostný význam po odstavení blokov a vyvezení jadrového paliva relatívne stúpol. Projekty, ktoré sa týkali radiačnej ochrany boli z tohto dôvodu medzi prvými, ktoré boli technicky vyšpecifikované a následne schválené Európskou bankou pre obnovu a rozvoj. V uvedenom období ukončovania prevádzky boli už realizované alebo sa dokončuje realizácia niekoľkých projektov s významným vplyvom na proces radiačnej ochrany. Už ukončený projekt Plán I. etapy vyradovania JE V1 a ďalšia licenčná dokumentácia, v rámci ktorého boli získané dve základné rozhodnutia Úradu verejného zdravotníctva SR pre 1. etapu vyradovania: „Povolenie na činnosti vedúce k ožiareniu počas I. etapy vyradovania jadrovej elektrárne V1“ a „Povolenie na uvoľňovanie rádioaktívnych látok spod administratívnej kontroly ich vypúšťaním v exhalátoch ventilačným komínom a v odpadových vodách jadrovej elektrárne V1“. Obe rozhodnutia rovnako nadobudli platnosť 20.7.2011. Ďalší projekt, ktorý je významný z hľadiska radiačnej ochrany je projekt Databáza vyradovania, v rámci ktorého prebehla rádiologická charakterizácia prevádzkových technologických súborov a stavebných objektov JE V1. Projekt končí v decembri tohto roku odovzdaním výsledkov rádiologickej charakterizácie aktivovaných materiálov na základe odobraných a laboratórne analyzovaných vzoriek. Projekty, ktoré priamo riešia úlohy radiačnej ochrany na JE sú: Uvoľňovanie materiálov z vyradovania a Modernizácia monitorovacieho systému radiačnej ochrany (RPMS) JE V1. Popis technickej špecifikácie týchto projektov tvorí jadro predkladanej prezentácie. V prezentácii popisujeme hlavné príčiny, ktoré ovplyvnili špecifikáciu zariadení pre oba projekty - stav zariadení radiačnej kontroly a zmena niektorých cieľov radiačnej ochrany v etape vyradovania JE oproti prevádzkovému stavu. V závere uvádzame okamžitý stav týchto projektov a riešenie otázok, ktoré vznikli pri tvorbe projektovej dokumentácie a v realizačnej etape oboch projektov.

## DETEKCIA MALÝCH ÚNIKOV Z I.O. NA ZÁKLADE MONITOROVANIA AKTIVITY RÁDIONUKLIDU 13N

Štefan Ševečka<sup>1</sup>, Pavol Kuchárek<sup>1</sup>, Juraj Košťál<sup>1</sup>, Vladimír Kapišovský<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Diagnostické systémy I.O. okruhu sú určené na sledovanie tesnosti (resp. integrity) tlakového rozhrania I.O. od počiatkových fáz poruchy. Kontrola tesnosti rozhrania je uskutočňovaná monitorovaním významných parametrov ovzdušia v hermetickom priestore: • výskyt špecifických RN, • zvýšená vlhkosť v ovzduší, • vysokofrekvenčné zvukové vlny. Porucha tesnosti I.O. v hermetických priestoroch je monitorovaná diagnostickými systémami, ktoré sú klasifikované ako LBB monitorovacie systémy, s citlivosťou merania, zodpovedajúcou požiadavke LBB kritéria. Táto diagnostika je na JE s reaktormi VVER440 realizovaná tromi nezávislými (diverzifikovanými) monitorovacími systémami: • systém ALUS - akustický monitorovací systém, • systém RAMON - radiačný monitorovací systém, • systém HUMON - vlhkosťný monitorovací systém. Prítomnosť N-13 v ovzduší priestorov hermetickej zóny je indikátorom poruchy tesnosti tlakového rozhrania. V systéme RAMON sú malé úniky chladiva z I.O. detegované a kvantifikované selektívnym monitorovaním aktivity N-13. Tento krátkodobý aktívny produkt ( $T_{1/2} = 9,97$  min) sa počas prevádzky reaktora vytvára v aktívnej zóne reaktora aktiváciou terčkových jadier. Únik z primárneho okruhu sa môže vyskytnúť v ľubovoľnom mieste technológie I.O., preto koncepcia monitorovania bola založená na meraní atmosféry v HZ. Monitorovací systém RAMON poskytuje globálnu informáciu o existencii úniku, lokalizácia poruchy tesnosti musí byť určená na základe informácie z iných diverzifikovaných diagnostických systémov. LBB monitorovací systém RAMON pozostáva z: - odberového systému - zabezpečuje odber a prívod vzorky vzduchu z HZ do monitorovacieho systému, - monitorovacieho zariadenia SPLR200 - realizuje vlastnú procedúru (resp. algoritmus vyhodnotenia) monitorovacieho procesu, - prepojovacej skrine - v nej je realizované prepojenie signálov z meracieho kanálu na káblové prepojenie do diagnostickej dozorne, - vyhodnocovacej jednotky - realizuje prezentáciu nameraných údajov. Monitorovací systém RAMON je postavený na báze monitorovacieho zariadenia fy MGPI „SPLR 200“. Vzorka vzduchu z boxu PG a ostatných priestorov HZ je odoberaná z cirkulačného VZT systému HZ (KLA10), ktorým sa udržiava požadovaný teplotný režim v HZ. Odberový systém vytvára reprezentatívnu vzorku atmosféry z celého objemu hermetickej zóny. Napojený je na centrálny odberový systém radiačnej kontroly. Zaisťuje odber vzorky atmosféry hermetickej zóny a jej prívod do monitorovacieho zariadenia systému SPLR 200. SPLR200 je scintilačný gama spektrometer. Scintilačná detekčná jednotka (NaI(Tl) 0 3"x 2") je ponorená v Marinelliho meracej nádobe (objem 9 litrov). Merané sú energetické spektrá (1024 kanálov) gama žiarenia, emitovaného rádionuklidmi z kontrolovaného vzduchu. Na základe zmeranej početnosti impulzov v nastavených energetických oknách je vypočítaná objemová aktivita. Spektrometer je nastavený v energetickom rozsahu 100 až 3500 keV. Z toho pre vlastné monitorovanie je vyhradená energetická oblasť 50 až 2500 keV, v hornej časti spektra (do 3500 keV) je pík od zabudovaného kontrolného žiariča Am-241. Zo spektier je vyhodnocovaná početnosť impulzov v dvoch energetických oknách: hlavné okno ( $461 \wedge 561$  keV) s centroidom 511 keV a dolné kompenzačné okno ( $361 \wedge 411$  keV). Do hlavného okna gama žiarenia (511 keV - z pozitronovej premeny jadier) ) prispieva okrem N-13 aj rádionuklid F-18. Je to interferujúci rádionuklid - jeho výskyt v ovzduší HZ nesie rovnakú

informáciu ako N-13. Jeho aktivita v I.O. je však o dva rády nižšia. Priame meranie úniku chladiva do priestoru HZ závisí okrem parametrov monitorovacieho zariadenia (SPLR200) aj od zhodnotenia transportu referenčných rádionuklidov (N-13 a F-18) v technologických systémoch a v systéme odberu vzorky. Na zhodnotenie transportu bol použitý model pre nodálnu analýzu. Každý uzol (nód) v tomto modeli predstavuje určitý objem (technologické zariadenie), v ktorom sa dá predpokladať homogénne rozloženie sledovaných rádionuklidov. HZ bola predstavovaná ako samostatný nód s recirkuláciou cez nód šachty reaktora, kde je produkovaný Ar-41, a s odvodom vzduchu cez ventilačný systém a systém odberu vzorky. Na základe tohto modelu bol vypočítaný: • konverzný faktor, ktorý prepočítava nameranú objemovú aktivitu N-13 na rýchlosť úniku chladiva I.O. vyjadrenú v litroch za hodinu,\* minimálny detekovateľný únik. Monitorovacie systémy v popisovanej zostave sú inštalované, resp. pripravuje sa ich inštalácia na všetkých blokoch JE Mochovce. Rovnaký monitorovací systém, s menšími technologickými modifikáciami je prevádzkovaný aj na oboch blokoch JE V-2 J. Bohunice.

## NOVÉ UVOĽŇOVACIE KAPACITY PRE MONITOROVANIE MATERIÁLOV NA JE A1

Ondrej Slávik<sup>1</sup>, Alojz Slaninka<sup>1</sup>, Martin Lištjak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

V rámci vyradovania vonkajších objektov v 2. etape JE A1 postupne narastá objem kontaminovaných zemín a betónovej drviny, ktoré je potrebné uvoľniť do ŽP. Pre riešenie týchto požiadaviek boli nedávno uvedené do prevádzky dva nové monitorovacie systémy: jeden pre uvoľňovacie merania betónovej drviny a kontaminovaných zemín pomocou 600 L MEVA kontajnera a druhý pre operatívne vytriedenie kontaminovaných zemín, ktorých aktivita je vyššia ako príslušná uvoľňovacia úroveň. Takéto vytriedenie redukuje objem zemín, ktorý postupuje na časovo náročnejšie uvoľňovacie merania s metrologicky certifikovaným meradlom. Tieto systémy pribudli k ďalším dvom uvoľňovacím systémom, kapacita ktorých bola stále nedostatočná: monitor 200 l sudov WM2001 s trojicou HPGe detektorov a kapacitou cca 10 sudov za zmenu a v roku 2010 spustený pásový monitor s dvojicou scintilačných LaBr detektorov nad pásom pre uvoľňovanie kontaminovaných zemín (KZ) s priepustnosťou okolo 10 t za zmenu. Nový kontajnerový monitor pracuje s dvomi s polovodičovým HPGe detektormi typu GC3020 s elektrickým chladením uloženými horizontálne v stojane s 5 cm hranatými Pb kolimátormi. Kolimátory sú rekonfigurovateľné aj do vertikálnej polohy pre meranie 200 l sudov. Meranie je zaistené dvomi spektrometrickými jednotkami LYNX a vlastným (VUJE) riadiacim SW. Monitorovanie kontajnerov prebieha v dvoch krokoch: zaznamenanie dvojice spektier z jednej strany kontajnera, jeho otočenie o 180 pomocou vysokozdvížneho vozíka a zaznamenanie dvojice spektier z ďalšej strany. Pre stanovenie hmotnosti sa používajú elektronické váhy zaintegrované do riadiaceho SW. Po určení hustoty meranej vzorky sa kalibračná krivka prislúchajúca nameranej hustote vzorky zvolí automaticky. Vyhodnocujú sa všetky namerané spektrá vrátane zosumovaného spektra zo štyroch segmentov, ktoré zvyšuje citlivosť monitora. Do vyhodnocovacieho SW je zahrnutá aj kontrola homo-genity vzorky, založená na porovnaní odozvy z jednotlivých meraní a dopočet ťažko detekovateľných RN (TDRN), ktorých obsah sa odhaduje na základe známych RN vektoru (pomery aktivity TDRN k dominantnému <sup>137</sup>Cs). Monitor je klasifikovaný ako určené meradlo s triedou presnosti 20%. MDA je cca 10 Bq/kg <sup>137</sup>Cs, pri dobe merania 20 min. Predpokladá kapacita monitorovania je 10 kontajnerov / zmenu. Navrhnutý triediaci monitor pozostáva z dvoch gamaspektrometrických trás s dvomi NaI(Tl) 2" x 2" detektormi tienenými 5 cm Pb vežami zabudovanými do ochranného rámu, na ktorý sa pri meraní pokladá lyžica UNC nakladača s kontaminovanou zemínou. Dosiahnutie určenej polohy nakladača pri meraní je uľahčené mechanickými a elektronickými navádzacími a fixačnými komponentmi. Po spustení monitor pracuje v automatickom režime a obsluhu tvorí iba pracovník obsluhujúci UNC. Správna poloha lyžice pri meraní, priebeh merania ako aj jeho výsledky sú indikované svetelnou farebnou signalizáciou. Kapacita triedenia je na úrovni desiatok ton za zmenu. Vyhodnotenie hmotnostnej aktivity <sup>137</sup>Cs sa robí pomocou odozvy v píku totálnej absorpcie zvlášť pre každý detektor a príslušnej kalibračnej konštanty. Účinnosť detekcie bola určená matematicky pomocou kódu ISOCS pre geometriu hrubého kvádra s predpokladanou hustotou, 1200 kg/m<sup>3</sup>. Hodnota účinnosti bola potvrdená aj overovacími výpočtami pomocou kódu MCNP (odchýlka okolo 5 %). Porovnávanie nameranej hodnoty s triediacou úrovňou sa uskutočňuje podľa stanovenej priemernej hodnoty pre obidva detektory. Výsledok triedenia sa indikuje elektronicky pomocou svetelnej veže. Výsledky meraní sú korigované na pozadie detektorov, ktoré sú kontrolované denne pred začatím prác. MDA pri dobe merania 30 s je na úrovni okolo 200 Bq/kg zeminy. Lyžicový monitor je v súčasnosti v etape prevádzkových skúšok.

## REKONSTRUKCE SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ VK EDU

Petr Okruhlica<sup>1</sup>, Vít Petránek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VF a.s, Černá Hora

V roce jaderná elektrárna Dukovany provedla kompletní rekonstrukci systému monitorování výpustí z ventilačních komínů. Byly vyměněny všechny monitory výpustí do ovzduší v normálních provozních podmínkách. Nově bylo doplněno vysokorozsahové monitorování vzácných plynů a dávkového příkonu od vzduchovodu. Byla provedena výměna průtokoměrů vypouštěné vzdušiny ve VK (s přepočtem na standardní podmínky). Součástí rekonstrukce byla rovněž kompletní výměna odběrových tras, napájení, systému zpracování informací, prezentace dat, napojení na Centrální Informační Systém RK v EDU a s tím související archivace a předávání dat do dalších IT systémů v EDU. Primárně jsou data vyvedena na obrazovky umístěné na CDRK a všech BD. Monitory jsou stanovenými měřidly podle zákona č. 505/1990 Sb. a vyhlášky MPO č. 345/2002 Sb. Celý systém monitorování výpustí je klasifikován podle ČSN EN 61226 (kategorie C) a je zařazen do BT3 dle vyhl. 132/2008, Sb. Systém monitorování výpustí do ovzduší v normálních provozních podmínkách sestává z monitorů objemové radioaktivity vzácných plynů, jódu a aerosolů. V jednom VK jsou instalovány 2 komplety monitorů. Systém monitorování výpustí do ovzduší v podmínkách mimořádných událostí sestává z monitorů objemové radioaktivity vzácných plynů a předřadné filtrační vzorkovací komory aerosolů a jódu. V jednom HVB je instalován 1 komplet monitoru a předřadné filtrační jednotky. Datové a napájecí trasy jsou vedeny redundantně. Dále je doplněna dvojice široko rozsahových monitorů dávkového příkonu.

## DECOMMISSIONING DATABASE OF V1 NPP

Tibor Rapant<sup>1</sup>, Kristína Krištofová<sup>1</sup>, Richard Hanzel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AMEC Nuclear Slovakia s.r.o.

Since 2001, the preparation of V1 NPP practical decommissioning has been supported and partly financed by the Bohunice International Decommissioning Support Fund (BIDSF), under the administration of the European Bank for Reconstruction and Development. AMEC Nuclear Slovakia, together with partners STM Power and EWN GmbH, are carrying out BIDSF B6.4 project - Decommissioning database development (June 2008 until July 2010). The main purpose of the B6.4 project is to develop a comprehensive physical and radiological inventory database to support RAW management development of the decommissioning studies and decommissioning project of Bohunice V1 NPP. AMEC Nuclear Slovakia was responsible mainly for DDB design, planning documents and physical and radiological characterization including sampling and analyses of the plant controlled area. The most detailed physical inventory has been required for buildings in the controlled area - reactor building and auxiliary building comprising over 530 rooms. The physical inventory process of the controlled area required over 21.000 man-hours and included different on-site activities as well as the study of technical documentation. Physical inventory process of reactor and auxiliary building resulted in creation of approximately 38.000 DDB records on equipment and civil structures which covers altogether over 1.300.000 parameters. In order to assign a set of radiological parameters to all created DDB items it was necessary to perform the following activities - measurements of dose rates on room by room basis in the controlled area, internal and external contaminations of technological equipment and civil structures determined by sampling and analyses, induced activity calculations for the reactor internals and the adjacent areas of the reactor core, determination of radionuclide vectors to characterize all contaminated or activated items within DDB. After finalization of all activities DDB includes over 75.000 records related to individual equipment and civil structures described by almost 3.000.000 parameters. On the basis of successful completion of the original contract the amendment was signed between JAVYS and Consultant's Consortium related to experimental characterization of NPP activated components. Works within this amendment are still running.

## NEZÁVISLÉ MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ

Milan Hort<sup>1</sup>, Jiří Havránek, Jiří Pospíchal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, České Budějovice

<sup>2</sup> ČEZ a.s., JE Temelín

Nezávislé monitorování výpustí a okolí jaderných elektráren provádí SÚJB v rámci své kontrolní činnosti na základě § 39 odst. 4 písm. d) atomového zákona a v souladu s čl. 35 Smlouvy Euroatom. Nezávislé monitorování může mít různé formy:\* Odběr nezávislého vzorku vlastními silami SÚJB nebo prostřednictvím jiné organizace. Tímto způsobem jsou zpravidla odebírány vzorky z životního prostředí. Následná analýza vzorku je prováděna v laboratoři SÚJB nebo jiné organizace.\* Odběr vzorku pomocí instalovaného odběrového zařízení, které je ve správě JE. Odběr vzorku může být periodický s frekvencí a za podmínek předem dohodnutých s kontrolovanou osobou (většina vzorků výpustí) nebo ad-hoc (např. některé odběry z čerpacích vrtů). V těchto případech je vhodné, aby se odběru a prvotní úpravy vzorku zúčastnil kontrolní pracovník (inspektor SÚJB) - alespoň namátkově. Následná analýza vzorku je prováděna v laboratoři SÚJB nebo jiné organizace.\* Další formou kontroly je kontrola záznamů o prováděných odběrech vzorků a jejich analýze na JE, zpravidla při kontrolách zaměřených na monitorování prováděné podle schválených programů monitorování. Tyto kontroly jsou usnadněny skutečností, že laboratoře provádějící analýzu výpustí na obou JE mají příslušnou akreditaci a v rámci ní definované a dokumentované metodiky a postupy. SÚJB provádí nezávislé monitorování okolí JE, výpustí do vodotečí i výpustí do ovzduší. Příspěvek se podrobněji zabývá nezávislým monitorováním výpustí z JE Temelín do ovzduší. Jsou v něm porovnány výsledky nezávislého monitorování s výsledky monitorování prováděného JE Temelín v r. 2010 a 2011.

## INOVÁCIA SYSTÉMU NEZÁVISLÉHO MONITOROVANIA RADIÁCNEJ SITUÁCIE NA JE A1 - MOBILNÉ MONITOROVACIE STANIČKY

Martin Lištjak<sup>1</sup>, Pavol Göndör<sup>1</sup>, Ondrej. Slávik<sup>1</sup>, Štefan Ševečka<sup>1</sup>, Juraj Košťal<sup>1</sup>, Ivan Galbička<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Od roku 1999 je v lokalite JE A1 v prevádzke systém nezávislého monitorovania radiačnej situácie JE A1. Systém pozostával z monitorovanie príkonov dávky (DP), odberu a merania rádioaktivity aerosólov a spadov v blízkosti BSC a RURAO Mochovce. V roku 2010 nastala kompletná inovácia systému monitorovania v lokalite JE A1. V rámci inovácie systému bol rozšírený monitorovací program na dve monitorovacie miesta. Prvé miesto (ST1) je v blízkosti činností vyradovania, ktorého cieľom je preukázať vplyv vyradovania na ŽP. Druhé miesto (ST2) je lokalizované v blízkosti HVB JE A1 a jeho hlavnou úlohou je demonštrovať krátky dosah vplyvu vyradovacích činností na ŽP. V každom bode monitorovania sa nachádzajú zariadenia na odber aerosólov, spadov a zariadenia na meranie priestorového príkonu ekvivalentnej dávky  $H^*(10)$ . V ST1 je umiestnené taktiež zariadenie na monitorovanie vybraných meteorologických parametrov (rýchlosť a smer vetra, zrážky, teplota) pre lepšiu interpretáciu nameraných údajov. Údaje z merania DP a meteorologické údaje sú on-line pomocou WiFi prenosu prenášané na server, kde sú ďalej spracovávané a archivované pomocou programu, ktorý bol vyvinutý vo VUJE. Klienti si môžu údaje zo serveru vyčítať pomocou SW, ktorý bol taktiež vyvinutý vo VUJE a dodaný v rámci projektu „Realizácia II. etapy projektu vyradovania JE A1“ - inovácie systému monitorovania. Systém zbiera údaje z monitorovacích bodov na centrálny server v reálnom čase a ukladá tieto údaje do svojej databázy. Klientske PC stanice načítavajú tieto údaje v pravidelných intervaloch. Softvérové riešenie na klientských PC stanicach umožňuje rôzne možnosti zobrazenia dát uložených v databáze servera ako aj rôzne grafické nástroje. Komunikácia medzi monitorovacími bodmi a serverom, a medzi serverom a klientskymi stanicami je výlučne riešený pomocou WiFi prenosu. Okrem aktuálnych údajov sú na serveri ukladané aj údaje od doby uvedenia systému do prevádzky. Údaje sú a archivované vo forme databázy MS Access, ktorá je v pravidelných intervaloch zálohovaná. Interval ukladania a priemerovania nameraných údajov je zvolený tak, aby v prípade výpadku spojenia zariadení so serverom bolo možné po obnove spojenia vyčítať z internej pamäte zariadení údaje za posledné 3 dni. Inovovaný systém monitorovania radiačnej situácie umožňuje spoľahlivý a pohodlnejší zber a spracovanie dát, ako tomu bolo v predchádzajúcom monitorovacom programe.



# UVOLŇOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE A VE SVĚTĚ

Jan Krmela<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderného výskumu, Řež

Uvolňování radioaktivních odpadů (RAO) do životního prostředí (ŽP) a obecně nakládání s RAO je jednou z velmi důležitých oblastí spojených s využíváním zdrojů ionizačního záření (ZIZ). Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) se na základě svých doporučení neustále snaží o sjednocení pravidel a postupů pro nakládání s radioaktivními odpady a nejinak je tomu i v případě uvolňování RAO do ŽP. MAAE při svých doporučeních přihlíží především k ochraně zdraví a ŽP. RAO jsou odpady, které obsahují nebo jsou kontaminovány radionuklidy, jejichž měrná aktivita je větší, než jsou uvolňovací úrovně stanovené příslušným dozorným orgánem, a pro něž se nepředpokládá další využití. Takovéto radioaktivní odpady mají různou fyzikální a chemickou formu, vznikají v širokém spektru koncentrací a aktivit. Vzniká tak prostor pro použití mnoha různých technologií pro jejich zpracování a úpravu. Stejně tak existuje řada alternativ pro konečnou likvidaci těchto odpadů od náročného hlubinného geologického ukládání, přes přípovrchová úložiště až po řízené uvolňování do životního prostředí. Uvolňovací úrovně se týkají pouze látek pocházejících ze zařízení, v nichž se nakládá se ZIZ. Tyto úrovně by neměly překračovat zprošťovací úrovně (hodnoty měrné aktivity, při jejichž nepřekročení se kontaminace radionuklidy zpravidla považuje za zanedbatelné) týkající se látek nepocházejících ze zařízení, v nichž se nakládá se ZIZ. Uvolňovací úrovně jsou tedy přísnější. Látku nebo materiál splňující uvolňovací úrovně je možné na základě ohlášení regulačnímu orgánu bez jakýchkoli dalších omezení opětovně použít nebo uvolnit do ŽP (sběrné suroviny, skládky, apod.). Na základě povolení regulačního orgánu lze také za určitých podmínek uvolnit i materiál, který uvolňovací úrovně překračuje. Ve světě se jednotlivé uvolňovací úrovně mírně liší, především na základě stanovených scénářů pro uvolňování, které je ovlivněno mimo jiné přijatelností jaderné energetiky a jaderného průmyslu občany daných států. Většina států při jejich stanovování vychází z doporučení MAAE, v němž je uvedeno, že pro uvolňovaný materiál nesmí efektivní dávka, kterou obdrží jednotlivec z řad obyvatelstva, překročit hodnotu 10 Sv za kalendářní rok a kolektivní efektivní dávka hodnotu 1 Sv za kalendářní rok.

## URČENÍ ZDROJOVÉHO ČLENU VYHOŘÍVAJÍCÍHO JADERNÉHO PALIVA JE JAKO VSTUPNÍCH PARAMETRŮ PRO DALŠÍ VÝVOJ NEZÁVISLÉHO MONITORINGU JE V ČR

Pavel Žlebčík<sup>1</sup>, Jiří Hůlka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Práce shrnuje v několika bodech výsledky výpočtů obsahu radionuklidů ve vyhořívajícím jaderném palivu pro lehkovodní reaktory, které mohou sloužit jako vstup pro analýzy potřeb inovace nezávislého monitoringu jaderných zařízení. Výpočty byly provedeny kódem ORIGEN-S, který patří do modulárního výpočtového systému SCALE sloužícího k výpočtům fyziky jaderných reaktorů. Tento systém je vyvíjený od roku 1976 v národní laboratoři v Oak Ridge. Celý systém SCALE se využívá hlavně pro bezpečnostní analýzy v mnoha oblastech: vytváření problémově závislých multigrupových dat účinných průřezů, výpočty týkající se kritičnosti, analýzy stínění, analýzy vývinu tepla, výpočty charakteristik vyhořelého jaderného paliva a další. Kód ORIGEN-S se používá pro široké spektrum výpočtů v oblasti vyhořívajícího a vyhořelého jaderného paliva. Mezi tyto výpočty patří např. výpočty koncentrací radionuklidů během vyhořívání paliva v reaktoru a po vyvezení paliva z reaktoru, výpočty aktivit, generovaného zbytkového tepla a další. Výpočty byly kódem ORIGEN-S provedeny pro palivový soubor VVER 440 Gd-2M pro JE Dukovany a pro palivový soubor VVER 1000 TVSA-T pro JE Temelín. Pro každý palivový soubor byly napočteny koncentrace aktivačních produktů, aktinidů, štěpných produktů a vybraných izotopů z těchto skupin v průběhu prvního roku ozařování v reaktoru a po pětiletém ozařování palivového souboru v reaktoru. Dále byly kódem ORIGEN-S napočteny pro výše zmíněné skupiny izotopů aktivity po pětiletém ozařování palivových souborů v reaktoru.

## VALIDÁCIA MODELU ROZPTYLU RÁDIONUKLIDOV V ATMOSFÉRE PO VÝBUCHU RDD BÔMB

Juraj Ďúran<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Cieľom prác, vykonávaných v rámci projektu IAEA, Emras II, WG 9 „Urban areas“ a v rámci riešenia úloh pre CHO ÚJD SR, bolo vyvinúť a validovať model difúzie rádionuklidov v atmosfére po výbuchu malých, tzv. RDD (Radioactive Dispersion Devices) bômb. Vytvorený model difúzie spĺňa nasledovné požiadavky: - využíva iba jednoduché, ľahko dostupné vstupné údaje (odhad výšky výbuchu, sily výbuchu, rýchlosti a smeru vetra, dátum výbuchu, lokalita a čas dňa), - poskytuje rýchly odhad radiačnej situácie (dávky z inhalácie, z ožiarenia od oblaku a od depozitu, z depozitu na kožu, objemové a povrchové koncentrácie) po explózii RDD bomby v teréne so zástavbou, - umožňuje rýchly spätný odhad zdrojového člena explózie výbušniny s obsahom rádioaktívnych látok, pri predpoklade, že RDD bomba obsahuje iba jeden rádionuklid, - pre rýchly spätný odhad zdrojového člena využíva údaje z minimálne dvoch meraní hodnôt dávkového príkonu, depozitu alebo objemových koncentrácií namerané v minimálne dvoch bodoch blízkyh k centru výbuchu, v smere vetra. Vytvorený výpočtový kód využíva pri modelovaní procesov difúzie v teréne so zástavbou Lagrangeovský model častíc, v ktorom sú fluktuácie prúdenia simulované metódou Monte Carlo. Kód umožňuje modelovať: - suchý spad, vymývanie atmosférickými zrážkami, gravitačné usadzovanie a rádioaktívny rozpad, - počiatkový geometrický tvar explózie, ktorý sa môže skladať až z 8 nezávislých objemov, - procesy rozptylu až pre 8 typov častíc s rôznymi priemerami, hustotami, rýchlosťami suchého spadu a gravitačného usadzovania, - 2 rôzne typy počiatkového rozloženia častíc v počiatkových objemoch (gaussovské a náhodné). Model môže využívať pre potreby výpočtu 3 rôzne typy časovo nezávislých polí vetra: homogénne pole vetra a výsledné polia vetra z výpočtových kódov Mathew alebo Calmet. V súčasnosti model umožňuje simulovať rozptyl a radiačné následky gama žiaričov. V budúcnosti predpokladáme vykonať úpravy modelu, ktoré umožnia simulovať aj rozptyl a radiačné následky alfa a beta žiaričov. Model bol verifikovaný a validovaný na dostupných údajoch zo 4 poľných testov vykonaných v rámci projektu VaV SÚJB č. 2/2008. Testy s explóziou priemyselnej výbušniny s obsahom rádionuklidu Tc-99m boli vykonané na polygóne SÚJCHBO (Státní ústav jaderné, biologické a chemické ochrany) v Kamenné u Příbrami v rokoch 2007 - 2009.

## KONTAJNEROVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM PRE UVOLŇOVANIE MATERIÁLOV DO ŽP - NEISTOTA MERANIA A SPÔSOB OVERENIA

Alojz Slaninka<sup>1</sup>, Ondrej Slávik<sup>1</sup>, Vladimír Nečas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Pre zvýšenie kapacity uvoľňovania bol navrhnutý a dodaný kontajnerový monitorovací systém využívajúci 600 l hranatý štandardný kontajner. Tento monitor je určený pre uvoľňovacie merania aktivity RN obsiahnutých v kontaminovaných zeminách (KZ) a betónovej drvine (KBD). Deklarovaný energetický rozsah emitovaných fotónov je 200 keV - 2 MeV a rozsah hustoty kontrolovaných materiálov je 0.5 - 2.0 g/cm<sup>3</sup>. Monitor využíva dvojicu gamaspektrometrických trás každá s polovodičovým HPGe detektorom typu GC3020 s elektrickým chladením a 5 cm Pb kolimátorom. Monitorovanie kontajnerov prebieha v dvoch krokoch. Po zaznamenaní dvojice spektier sa kontajner otočí o 180 pomocou vysoko zdvižného vozíka a zaznamená sa ďalšia dvojica spektier. Pre zvýšenie citlivosti sa vyhodnocuje aj zosumované spektrum štyroch segmentov. Vzájomná vzdialenosť detektorov, ich vzdialenosť od kontajnera a uhol kolimácie boli zvolené tak, aby bolo dosiahnuté optimálne rozloženie odozvy po dĺžke a šírke kontajnera a v zornom poli detektorov sa nachádzal iba objem kontajnera, čím absorpčné vlastnosti vzorky prispievajú k eliminácii pozadia. V zostave sú zaintegrované elektronické stolové váhy pre stanovenie hmotnosti a hustoty vzorky, na základe ktorej je automaticky zvolená príslušná kalibračná krivka. Účinnosť detekcie pre pík plnej absorpcie bola stanovená matematickou kalibráciou, metódou ISOCS. Účinnosti boli určené s krokom 0.025 g/cm<sup>3</sup> v celom rozsahu deklarovaných hustôt. V rámci analýzy neistoty bol ocenený vplyv jednotlivých parametrov, ktoré by mohli ovplyvňovať výsledky merania (opakovateľnosť geometrie merania, hustota a materiálové zloženie vzorky, čistá plocha píku, chyba kalibračnej metódy atď.). Analýza preukázala, že najvýznamnejším zdrojom neistoty je potenciálna nehomogénnosť rozdelenia aktivity v objeme meraného kontajnera. Štandardná kombinovaná neistota merania monitora bola ocenená hodnotou 14.9 %. Maximálna chyba merania vzťahujúca sa na prítomnosť bodového zdroja (najnepriaznivejšia geometria) je na úrovni faktoru  $f=23$ . Táto charakteristika má hlavne kvalitatívny charakter. V uvoľňovacej praxi sú takéto bodové nehomogenity prakticky eliminované charakterom kontrolovaných materiálov a pomocou príslušných charakterizačných postupov pred- a po- dekontaminačného monitorovania. Vzhľadom na neštandardnú geometriu vzorky bolo potrebné navrhnuť spôsob metrologického overenia. Pre tento účel boli vykonané teoretické výpočty simulujúce rôzne overovacie etalóny a ich usporiadanie v objeme kontajnera, pričom sa sledovala odchýlka od predpokladaného homogénneho rozdelenia aktivity v objeme kontajnera. Výsledkom bol návrh a výroba overovacieho kontajnera s 24 otvormi po šírke pre vloženie referenčných tyčových etalónov. Otvory boli navrhnuté tak, že ich osi sú rovnobežné s osami detektorov a každý z nich reprezentuje rovnakú časť objemu kontajnera. Objem kontajnera bol vyplnený drveným kamením frakcie 4 - 8 mm s hustotou 1.3 g/cm<sup>3</sup>, čo reprezentuje reálny materiál. Metrologické overenie bolo vykonané v decembri 2010 a monitor bol klasifikovaný ako určené meradlo s triedou presnosti 20%.

## REKONSTRUKCE OBJEKTU CENTRA NAKLÁDÁNÍ S RAO

Josef Mudra<sup>1</sup>, Josef Podlaha<sup>1</sup>, Karel Svoboda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Úřad jaderného výzkumu a.s., Řež

Centrum nakládání s radioaktivními odpady (dále Centrum) je součástí Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s.. Centrum zajišťuje komplexní systém nakládání s více než 90 % institucionálních radioaktivních odpadů (RAO) vznikajících na území ČR. Objekt 241 - Velké zbytky, kde sídlí Centrum, byl dokončen v roce 1962 a uveden do provozu v roce 1963. Objekt je sedmipodlažní, z toho 3 podlaží jsou pod úrovní terénu, a je rozdělen na část administrativní (laboratorní) a část technologickou. Pracoviště Centra jsou zařazena do III. kategorie pracovišť se zdroji ionizujícího záření (ZIZ). Jedná se o pracoviště s otevřenými ZIZ, kde se nakládá s radioaktivními odpady obsahujícími i vysoce radiotoxické radionuklidy jako např. 241Am, 137Cs, 60Co, 90Sr, apod. Do doby zahájení rekonstrukce nebyla provedena žádná zásadní stavební oprava objektu. V technologické části byly nutné opravy stávajících zařízení a dovybavení dalším technologickým zařízením. Celková rekonstrukce byla zahájena v září roku 2010 a její ukončení je naplánováno na polovinu roku 2012. Jde o rekonstrukci stavebních povrchů (podlah, stěn, stropů), výměnu elektroinstalace a vzduchotechnického systému, výměnu oken a dveří, výměnu systému speciální kanalizace, apod. Dále probíhá v rámci rekonstrukce modernizace některých technologických celků, např. instalace nových hermetických boxů na fragmentaci a dekontaminaci pevných RAO. Rekonstrukce probíhá za provozu Centra, tudíž je náročná na organizaci práce, zajištění bezpečnosti práce a radiační ochrany všech pracovníků nacházejících se na objektu. Během rekonstrukce nedošlo k žádné mimořádné události. O vysoké úrovni radiační ochrany svědčí i to, že za rok probíhající rekonstrukce byla kolektivní dávka pracovníků provádějících rekonstrukci získaná z filmových dozimetřů a měření vnitřní kontaminace 0 mSv.

## ZAJIŠTĚNÍ RADIAČNÍ OCHRANY PŘI OPRAVÁCH VNITŘNÍCH ČÁSTÍ REAKTORU NA 2. BLOKU JE TEMELÍN

Petr Zapletal<sup>1</sup>, Radek Konop<sup>1</sup>, Josef Koc<sup>2</sup>, Ondřej Kvasnička<sup>2</sup>, Milan Hort<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ŠKODA JS a.s.

<sup>2</sup> ČEZ, a.s.

<sup>3</sup> SÚJB, české Budejovice

V rámci odstávky pro výměnu paliva druhého bloku JE Temelín v roce 2011 vyvstala potřeba opravy některých míst vnitřních částí reaktoru (spodní desky bloku ochranných trub, šachty reaktoru a rozdělovacího kroužku horního hrdlového prstence tlakové nádoby reaktoru). Oprava spočívala především v přešetření těchto míst, provedení nedestruktivních zkoušek a v odebrání kontrolních otisků. Na základě analýzy radiační situace v místech potenciální práce bylo rozhodnuto o realizaci většiny z těchto činností přímo na místě z odstíněného závěsného koše (stíněná gondola), popř. z podlahy bazénu mokré přepravy. Pouze v okolí spodní desky bloku ochranných trub neumožňovala vysoká úroveň dávkového příkonu ruční provedení opravy, ale vyžádala si realizaci opravy pomocí dálkově ovládaného zařízení monitorovaného kamerou. Pro optimalizaci expozic při pracích na šachtě reaktoru a v tlakové nádobě reaktoru byla kromě stíněné gondoly využita i vhodná výška hladiny vody (tj. maximální možná) v šachtě revize šachty reaktoru a v tlakové nádobě reaktoru. Jak se během měření radiační situace ukázalo, měla výška hladiny na radiační situaci v místě prací zásadní vliv. Dalším významným faktorem, který přispěl k omezení osobních dávek pracovníků, byla volba trajektorie přesunu gondoly k místu a z místa práce. Během předpracovních schůzek, konaných před jednotlivými etapami práce, byli pracovníci seznámeni s charakterem pole ionizujícího záření a z něho vyplývajícím vhodným chováním během prací. Řešení vzniklé situace a koordinaci prací se věnoval tým odborníků ŠKODA JS (výrobce a dodavatel údržby) ve spolupráci s pracovníky útvaru radiační ochrany ČEZ, a. s. (provozovatel). Zajištění radiační ochrany bylo konzultováno se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Tématem příspěvku je způsob řízení činností z hlediska radiační ochrany. Jsou prezentována přijatá opatření radiační ochrany a výsledky monitorování radiační situace i osobních dávek.

## MODELING OF RADIATION IMPACT IN NUCLEAR FACILITIES' PROXIMITY

Vladimír Patera<sup>1</sup>, Ondřej Pokorný<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav jadrového výskumu a.s, Řež

Nuclear plants manufacturers seek to build more sophisticated devices, in terms of minimizing the escape of ionizing radiation, which could have adverse effects on the environment. To assess the extent is to be able to evaluate potential impacts. For this reason and for the purpose of our work were created a specific software tools used to model the radiation load. To capture the potential radiological consequences of normal operation and hypothetical accidents we use localized programs NORMAL and HAVAR-RP, which give us population doses estimation. One of the program components is used for the representation of the calculated values in graphical form on a map background and therefore also easier interpretation of the results. To demonstrate the previous, we present example from practice. The chosen example is the selection of a new generation of nuclear reactors, which are considered for the new units in Temelin NPP. Graphical presentation of program outputs demonstrate improved performance barriers of III. generation unit during the normal and the emergency operation.

# OPTIMALIZÁCIA NASTAVENIA DIGITÁLNEHO MCA S HPGE DETEKTOROM A JEHO VYUŽITIE V PRAXI

Pavol Bryndziar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenské elektrárne, a.s., Mochovce

Sledoval som proces časového nastavenia spracovania impulzov prenosného gama spektrometrického mnohokanálového analyzátora (MCA) založeného na technológií digitálneho spracovania signálu (DSP) v miestach s vysokou úrovňou rádioaktívnej kontaminácie (dávkový príkon gama rádovo mSv h<sup>-1</sup>) a tiež s vysokými energiami (až do 8 MeV) na priechodnosť trasy a rozlíšenie koaxiálneho germániového detektora. Optimalizáciou nastavenia časového intervalu nábehu a časového intervalu na vrchole lichobežníkového impulzu filtra som stanovil plnú šírku v polovici maxima (FWHM) pre nasledovné píky úplnej absorpcie v gama prístrojovom spektre: 54Mn 834.8 keV, 60Co 1332.5 keV, 16O(n,p)16N 6129.9 keV, 56Fe(n,g) 7631.1 keV a 56Fe(n,g) 7645.5 keV. Prvý typ meraní pre veľmi vysoké početnosti a vysoké požiadavky na priechodnosť trasy som vykonal na katexovom ionexovom filtri, ktorý zachytáva korózne produkty aktivácie (54Mn, 60Co) z primárneho chladiaceho média a druhý typ meraní pre vysoké požiadavky na rozlišovaciu schopnosť som zrealizoval na postamente rekatora počas jeho nominálneho výkonu emitujúceho vysoko energetické gama žiarenie s energiou 6129.9 keV z interakcie rýchlych neutrónov na kyslíku 16O(n,p)16N a energiami 7631.1 keV, 7645.5 keV z radiačného záchytu tepelných neutrónov na železe prostredníctvom reakcie 56Fe(n,g). Merať tak vysoké energie do 8 MeV bolo dosiahnuté nastavením hrubého a jemného zosilnenia na najnižšiu možnú úroveň rozsahu zosilnenia a meranie na kontaminovaných ionexových filtroch aktivitou rádovo GBq bolo umožnené použitím valcového oloveného kolimátora hrúbky 50 mm s priemerom 30 mm a uhlom 30 stupňov, bez použitia takéhoto kolimátora by bolo celé prístrojové gama spektrum zdeformované aj napriek optimalizácií nastavenia časových intervalov nábehu a trvania lichobežníkového impulzu filtra. Výsledky ktoré sú prezentované v tejto práci poskytnú optimálne gama spektrometrické meranie pre požiadavky vysokej priechodnosti trasy: FWHM 1.71 keV/834.8 keV(54Mn) a 2.00 keV/1332.5 keV(60Co) a najlepšie rozlíšenie: FWHM 4.49 keV/6129.9 keV 4.97 keV/7631.1 keV/7645.5 keV nastavením časového intervalu nábehu impulzu 2.8 us a časového intervalu trvania na vrchole impulzu 0.6 us. Pre kombináciu nábehu impulzu 0.8/1.2 us a trvania impulzu na vrchole 0.2 us došlo ku degradácii rozlíšenia a to rozšírením a posuvom píkov na energiách 6129.9 keV a 7631.1/7645.5 keV. Pre časový interval nábehu impulzu nad 8.8 us a trvania impulzu na vrchole nad 0.8 us boli píky na energiách 834.8 keV a 1332.5 keV nepoužiteľné pre účely gamaspektrometrickej analýzy.



## **APLIKÁCIA CELOSPEKTRÁLNEHO SPRACOVANIA PRI ANALÝZE SPEKTIER GAMA ŽIARENIA MERANÝCH V JE EMO**

Matúš Stacho<sup>1</sup>, Štefan Krnáč<sup>1</sup>, Vladimír Slugeň<sup>1</sup>, Róbert Hince<sup>1</sup>, Stanislav Sojak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav jadrovej fyziky a informatiky FEI STU, Bratislava

Monitorovanie fotónových polí v priestoroch JE musíme posudzovať rozdielne pri prevádzke na nominálnom výkone reaktora a pri odstávke. Pri prevádzke reaktora na nominálnom výkone dominuje žiarenie pochádzajúce z interakcií neutrónov s prostredím, preto je nutné nastaviť merací rozsah do 10 MeV. Počas odstávky dominuje žiarenie pochádzajúce predovšetkým z rozpadu aktivovaných konštrukčných častí a postačuje merací rozsah do 2 MeV. V prevažnej miere používané modely na vyhodnocovanie spektier sú založené na rôznych modifikáciách tzv. metódy čistej plochy pod píkom (PNA), ktorá využíva len oblasť fotopíku. Táto metóda je nevhodná pri analýze komplexných spektier získaných scintilačným spektrometrom, nakoľko jednotlivé píky sa môžu prekrývať. Metóda celospektrálneho spracovania (WSP), založená na matici operátora odozvy umožňuje analyzovať aj komplexnejšie spektrá. Matica operátora odozvy obsahuje všetky interakcie, ktoré sa zúčastňujú detekcie a šírenia gama žiarenia. Pre vytvorenie kompletnej matice však nie sú dostupné vhodné monoenergetické zdroje pre každý kanál v energetickom rozsahu vstupujúcom do analýzy. Iba niekoľko energetických komponentov môže byť získaných priamo kalibračnými meraniami. Ostatné komponenty, potrebné na vytvorenie matice operátora odozvy, môžeme získať pomocou škálovacej konfirmátornej faktorovej analýzy (SCFA), alebo výpočtom pomocou metódy Monte Carlo. Matematická kalibrácia umožňuje simulovať iba interakciu gama žiarenia s detektorom a jeho okolím. Nezohľadňuje rozšírenie píkov v dôsledku zberu svetelného záblesku a zosilnenia elektrického pulzu vo fotonásobiči. Kombinácia obidvoch metód kalibrácie umožňuje zohľadniť aj tento efekt.

## EVALUATION OF THE SHALLOW PENETRATING RADIATION CONTRIBUTION TO THE INDIVIDUAL DOSE - EXPERIMENT AND MCNP SIMULATION

Ondřej Kvasnička<sup>1</sup>, Jan Studený<sup>2</sup>, Monika Farníková<sup>1</sup>, R. Figalla<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ČEZ, a.s., JE Temelín

<sup>2</sup> ČEZ, a.s., JE Dukovany

<sup>3</sup> Canberra Packard, s.r.o., Praha

The electronic personal dosimetry has recently been introduced at the Czech Nuclear Power Plants Dukovany and Temelín as the official dosimetry. In connection with the legalization process the necessity of the  $\beta$ -radiation measurements has been questioned. Concerning this issue, we have performed several measurements and computer simulations. Comparison of the response of various dosimeter types to the  $\beta$ -radiation was performed using different calibration sources. In the next step the dependence of the shallow penetrating radiation dose on the distance from a contaminated area and its relation to the whole body dose was estimated from in-situ measurements. Finally, a test was carried out by a computer simulation of the actual situation. The computer code MCNP5 was utilized to determine the shallow dose equivalent rate dependence on the distance from a steel plate contaminated by radionuclides emitting  $\beta$ -particles and shallow penetrating gamma radiation. The results showed that the DCM 2000XB electronic dosimeter exhibited the best performance for the P-radiation measurements, closely followed by Siemens EPD1 and passive chipstrate thermoluminescent dosimeters. Comparing the ratios  $H_p(10)$  and  $H_p(0.07)$  in different distances from the contaminated surface it was conclusively shown that if the personal dose equivalent at 10 mm depth -  $H_p(10)$  remains below limit, then the personal dose equivalent at 0.07 mm depth -  $H_p(0.07)$  cannot exceed or even reach its limit either. Present results justify the monitoring of extremities skin expressed in terms of  $H_p(0.07)$ , rather than monitoring  $H_p(0.07)$  at the reference place. These conclusions were also fully confirmed by the computer simulation. The details of our measurements and computer simulations will be presented.

## POPIS RIADIACEHO A VYHODNOCOVACIEHO SW OPERATÍVNEHO LYŽICOVÉHO MONITORA PRE TRIEDENIE KZ

Martin Lištjak<sup>1</sup>, Pavol Göndör<sup>1</sup>, Alojz Slaninka<sup>1</sup>, Ondrej Slávik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Lyžicový monitor je určený pre operatívne veľkoobjemové triedenie kontaminovaných zemín (KZ) nachádzajúcich sa v lyžici nakladača typu UNC. Účelom triedenia je separácia KZ pochádzajúcich z vyraďovacích prác do dvoch kategórií podľa hmotnostnej aktivity Cs-137 (potenciálne uvoľniteľné - do 500 Bq.kg-1 a určite kontaminované, čiže neuvoľniteľné - aktivita nad 500 Bq.kg-1). Zeminy, ktoré budú na základe merania týmto monitorom vytriedené ako potenciálne uvoľniteľné do ŽP, budú následne transportované na pracovisko pre uvoľňovanie KZ do ŽP (PTKZ alebo VMP) s úradne schválenou a metrologicky overenou metodikou uvoľňovania, kde sa definitívne rozhodne o ich uvoľnení do ŽP. SW lyžicového monitora riadi nasledovné hlavné komponenty: NaI(Tl) detektory pripojené k PC cez 2 elektronické trasy Inspector 2000, 2ks indukčné snímače, svetelná veža so zvukovou a svetelnou signalizáciou a prevodník digital to USB. Detektory (2ks 2'x2'NaI(Tl)) sú umiestnené v oceľovom ráme, na ktorý sa pokladá lyžica so zeminou. Riadiaci SW je napísaný v prostredí Visual Basic, ktoré umožňuje použitie programovacích knižníc Genie2K a knižnice prevodníka. Detektory sú ovládané softvérovo a namerané spektrá sú automaticky vyhodnocované bez nutnosti prítomnosti operátora. Monitorovací systém a jeho riadiaci SW je navrhnutý tak, že po jeho uvedení do nominálnej prevádzky je pre prevádzku postačujúci iba jeden pracovník obsluhujúci nakladač UNC, ktorý dostáva informácie pomocou svetelnej signalizácie o správnej polohe lyžice, priebehu a výsledkov merania. Poloha lyžice je priebežne zisťovaná indukčnými snímačmi, z ktorých signál je snímaný cez prevodník digital-to-USB. Na základe signálov zo snímačov sa automaticky spúšťa meranie. Meranie trvá prednastavený čas 20 s. Po meraní prebieha analýza spektier a na záver je operátorovi oznámený výsledok. Pri analýze spektier sa uvažuje s plne naloženou lyžicou o objeme cca 200 L s konštantnou hustotou. Vplyv hustoty na výsledok nie je podstatný pre účely triedenia. Výsledok merania je oznámený signalizáciou svetelnej veže, ktorá je ovládané spomínaným SW cez prevodník digital-to-USB. Po oznámení výsledku merania a odstránení lyžice z meracieho stolu je zariadenie pripravené na ďalšie meranie. Výsledky všetkým meraní sú ukladané do databázy, z ktorej je možné vytlačiť sumárny protokol o o meraní za zvolené obdobie. Na protokole sú uvedené množstvá potenciálne nekontaminovanej a kontaminovanej zeminy.

## OPERATÍVNY LYŽICOVÝ TRIEDIACI MONITOR KONTAMINOVANÝCH ZEMÍN - ODSKÚŠANIE A JEHO VÝSLEDKY

Alojz Slaninka<sup>1</sup>, Martin Lištjak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav jadrových elektrární, a.s., Trnava

Koncepcia operatívneho triediaceho monitora kontaminovaných zemín (KZ) vznikla v rámci zvyšovania kapacity monitorov pre uvoľňovanie do ŽP, prevádzkovaných na JE A1. Účelom monitora je na základe merania hmotnostnej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  roztriediť KZ na kontaminované a potenciálne uvoľniteľné do ŽP. Potenciálne uvoľniteľné KZ budú po roztriedení transportované na pracoviská pre uvoľňovanie do ŽP, kde budú kontrolované monitorovacími systémami licencovanými pre uvoľňovanie do ŽP. Využívanie triediaceho monitora takto nepriamo zvyšuje uvoľňovacie kapacity na JE A1, pretože prispieva k zníženiu objemu KZ postupujúceho na nákladné uvoľňovacie pracoviská. Okrem toho prispieva k zvýšeniu miery homogenity KZ monitorovaných na týchto pracoviskách. Navrhnutý monitorovací systém pozostáva z dvojice tienených scintilačných NaI(Tl) 2" x 2" detektorov. Detektory s tieneniami sú umiestnené v ocelovom ochrannom ráme, na ktorý sa pokladá lyžica nakladača typu UNC (180 x 75 x 50 cm) s KZ určenou na monitorovanie. Prítomnosť lyžice v meracej polohe je kontrolovaná indukčnými snímačmi. Poloha lyžice, priebeh a výsledky merania sú signalizované farebnou svetelnou signalizáciou. Koncepcia triedenia predpokladá, že po uvedení monitora do prevádzky tvorí jeho obsluhu iba pracovník obsluhujúci UNC nakladač. Koncepcia triediaceho monitora je podrobnejšia popísaná v príspevku „Nové uvoľňovacie kapacity pre uvoľňovanie materiálov na JE A1“. Citlivosť merania pre navrhnuté usporiadanie detektorov, tienenia a vzorky, predpokladajúca prítomnosť nasýtenej 30 cm vrstvy KZ v lyžici počas monitorovania, bola stanovená pomocou kalibračného nástroja ISOCS ako aj MCNP simulačných výpočtov. Chýbajúca kontrola hustoty, hmotnosti a hrúbky vrstvy KZ v lyžici ako aj krátka doba merania znamenajú pomerne vysokú neistotu merania (na úrovni desiatok percent), ktorá je ale prijateľná pre daný účel monitorovania, ktorým je predovšetkým vysoká produktivita merania, jednoduchá obsluha ako aj nízke obstarávacie náklady. Na základe stanovenej citlivosti merania a nameraného pozadia počas skúšobnej prevádzky bola stanovená MDA na úrovni 200 Bq/kg  $^{137}\text{Cs}$  pri dobe merania 30 s. Odhad neistoty merania založený na posudzovaní vplyvu rozdielov parametrov reálnej geometrie merania od kalibračného modelu (vplyv hustoty, hrúbky vrstvy a tvaru zeminy v lyžici) ako aj vplyvu krátkej doby merania a možného nehomogénneho rozdelenia aktivity v objeme lyžice poukázal na prijateľnú mieru neistoty merania na úrovni cca 45 %. V rámci skúšok monitora boli vykonané 3 série meraní s rôznou úrovňou kontaminácie kontrolovanej KZ v lyžici. Z lyžíc boli pre porovnanie odobrané vzorky zeminy, ktoré boli následne analyzované v akreditovanom gamaspektrometrickom laboratóriu VUJE. Porovnanie výsledkov meraní triediaceho monitora s 8 výsledkami laboratórných meraní odobraných vzoriek ukázalo, že odchýlky triediacim monitorom nameraných hodnôt od hodnôt laboratórných meraní vzoriek boli v priemere na úrovni 20 %, max. do 40%. V ďalšom kroku sa predpokladá porovnanie s certifikovaným meradlom schopným zmerať celý objem lyžice (napr. monitor sudov).

## **DETERMINATION OF <sup>99</sup>Tc IN EVAPORATOR CONCENTRATES USING SOLID PHASE EXTRACTION TECHNIQUES**

Veronika Paučová<sup>1</sup>, Boris Remenec<sup>1</sup>, Silvia Dulanská<sup>1</sup>, Ľubomír Mátel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie, PF UK, Bratislava

This work describes a simple and rapid method of <sup>99</sup>Tc pre-concentration, separation and purification by using AnaLig® Tc02 gel in two stages or AnaLig® gel in a first stage and TEVA® Resin in a second stage, which are commercially available from IBC Advanced Technologies, Inc. and Eichrom Industries, Inc., respectively. The method is suitable for analyzing large volume concentrate samples in a relatively short time. The use and effectiveness of AnaLig®TC02 and Eichrom's TEVA® Resin were successfully tested by analysis of evaporator concentrate samples which belong to the class of most difficult matrices to analyze.

**SEKCIA V.**  
**HAVARIJNÝ MANAŽMENT**  
(mimoriadne situácie, havárie, odpady)

## **MonRaS - PROGRAMOVÝ PROSTŘEDEK PRO UKLÁDÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A ZVEŘEJŇOVÁNÍ DAT Z RMS ČR - 1. ČÁST**

Michaela Boďová<sup>1</sup>, Hana Bílková<sup>1</sup>, Jiří Havránek<sup>1</sup>, Jana Moltašová<sup>1</sup>, Věra Starostová<sup>1</sup>,  
Eva Šindelková<sup>1</sup>, Zdenek Votruba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Radiační situace na území ČR je zjišťována především pomocí Radiační monitorovací sítě (RMS). Jejím řízením je pověřen Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Kromě SÚJB (tj. jeho regionálních center), Státního ústavu radiační ochrany, v.v.i, a držitelů povolení k provozu jaderných zařízení, se na činnosti RMS podílejí organizace resortů Ministerstva financí, Ministerstva obrany, Ministerstva vnitra, Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí. RMS zahájila činnost v r. 1986. Monitorování je realizováno na základě měření příslušných fyzikálních veličin v tzv. měřicích místech nebo na základě stanovování obsahu radionuklidů ve vzorcích životního prostředí a potravních řetězců odebraných v tzv. odběrových místech. Jedná se tak o velké množství dat, která je třeba centrálně uložit, zpracovat a zveřejnit. Státní úřad pro jadernou bezpečnost se v roce 2007 rozhodl pro pořízení nového programového prostředku „MonRaS - Monitorování Radiační Situace“, který by umožnil toto ukládání, zpracování a zveřejňování s využitím databázového prostředí ORACLE. Zároveň bylo rozhodnuto, že se bude jednat o webovou aplikaci typu klient - server, která bude mj. využívat i prostředí geografického informačního systému (GIS). V prezentaci předkládané SÚJB, která je v pořadí první prezentací na téma „MonRaS“, jsou uvedeny jednak některé podrobnosti k RMS ČR, jednak jsou shrnuty základní zkušenosti ze zadávání požadavků na tento programový prostředek z období 6/2008 až 9/2011.

## MonRaS - GIS MODUL A MAPOVÝ SERVER SÚJB

Eva Smejkalová<sup>1</sup>, Dušan Suchoň<sup>1</sup>, Peter Čarný<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ABmerit, Trnava

Mapový server SÚJB a GIS Modul boli vytvorené v ABmerit, Trnava, a dodané pre SÚJB v súvislosti s tvorbou systému MonRaS (Monitorování Radiační Situace). GIS Modul spoločne s mapovým serverom SÚJB tvoria mapovú vizualizačnú časť systému MonRaS. Mapový server SÚJB existuje samostatne a nezávisle od systému MonRaS a v podmienkach SÚJB je využívaný aj inými systémami slúžiacimi pre havarijnú odozvu - konkrétne systémami ESTE EDU, ESTE ETE a systémom ESTE EU. Mapové servery uchovávajú, spracovávajú a poskytujú dáta spojené s geografickou informáciou. Patria medzi geoinformačné technológie pracujúce na architektúre klient-server. Mapový server SÚJB slúži ako nástroj na prehliadanie priestorových dát (poskytuje viacero rastrových a vektorových formátov), na zobrazovanie máp prostredníctvom internetu, ďalej pre zdieľanie, prenos geodát vektorových formátov, zobrazovanie a spracovávanie rastrových geodát. Poskytuje funkcionality pre tvorbu mapových výstupov (tematické mapy, symboly, polopriehľadnosť vrstiev, vodotlače, on-fly kartografické transformácie súradnicových systémov) a umožňuje integráciu s funkcionalitou GeoWebCache (GWC) pre zrýchlenie zobrazovania mapových dát a akceleráciu zobrazovania mapových dlaždíc. V rámci informačnej štruktúry SÚJB mapový server tvorí kompletnú geodátovú základňu (všetky dostupné mapové dáta SÚJB -od Českého úradu zeměměřičského a katastrálního, Geografické služby Armády ČR, komerčne zakúpené produkty ArcČR 500, a mapy celoeurópskeho projektu LANDSAT - Corine Land Cover). Disponuje kompatibilitou a interoperabilitou v rámci GIS aplikácií tretích strán (iné formáty, využitie služieb mapového servera napr. systémami ESTE na SÚJB) a tiež umožňuje poskytovanie metadátových údajov (napr. pre INSPIRE). GIS Modul reprezentuje geografickú časť systému MonRaS a umožňuje užívateľom prehliadať výsledky radiačného monitorovania (v havarijnom aj bežnom mierovom režime) na úrovni radiačnej monitorovacej siete ČR a pracovať s nimi pomocou mapy. V MonRaS je modul implementovaný v dvoch inštanciách - verzia pre intranet a internet. GIS Modul poskytuje funkcionality mapového modulu v rámci informačného systému MonRaS, štandardné nástroje pre ovládanie mapy, tlač, export zobrazenej mapy a prepojenie (komunikáciu) s vlastnou aplikáciou MonRaS. Na mape umožňuje zobrazovanie a prehliadanie výsledkov monitorovania siete včasného zistenia (SVZ) vo forme príslušných symbolov na mape, farebne odlišených v závislosti od úrovne meranej hodnoty, integrálnych dozimetrov (TLD, ELD) formou bodových symbolov, z odberových miest (aerosoly, spady, vody, pôdy, potravinový reťazec) vizualizovaných rôznou symbolikou a z meraní mobilných skupín zobrazených formou línie (monitorovacie trasy).



## **PROGRAMOVÝ PROSTŘEDEK PRO UKLÁDÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A ZVEŘEJŇOVÁNÍ DAT Z RMS ČR - 2. ČÁST**

Martin Lavický<sup>1</sup>, Tomáš Forman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENVINET a.s., Třebíč

Programový prostředek MonRaS (Monitorování Radiační Situace) slouží jako jedinečný nástroj pro shromažďování, vyhodnocování a zveřejňování dat radiačního monitorování území České republiky, zejména složkami radiační monitorovací sítě SÚJB/SÚRO, v.v.i.. Byl budován v letech 2008 - 2011 za pomoci předních českých odborníků z SÚJB a SÚRO, v.v.i. a v současné době se jako moderní webová aplikace stal jedním z pilířů kvalitního monitorování radiační situace v České republice. Prezentace předkládaná firmou ENVINET a.s. navazuje na 1. část tří prezentací na téma MonRaS, kterou předkládá Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Obsahem prezentace SÚJB je obecný popis radiačního monitorování na území ČR. Třetí částí je pak příspěvek Ing. Mgr. Evy Smejkalové a kolektivu autorů z firmy ABmerit, který se zabývá zobrazováním naměřených dat v mapě pomocí GIS modulu a mapového servetu SÚJB. Obsahem prezentace firmy ENVINET a.s. je zejména popis tvorby tzv. Implementačního modelu a následně vlastního vývoje programového prostředku MonRaS.

## MIMOŘÁDNÉ PŘÍPADY ŠETŘENÉ STÁTNÍM ÚRADEM PRO JADERNOU BEZPEČNOST ČESKÉ REPUBLIKY

Jana Davídková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Státní úřad pro jadernou bezpečnost České republiky jakožto orgán vykonávající státní správu a dozor v oblasti radiální ochrany šetří každoročně několik desítek mimořádných případů souvisejících s využíváním zdrojů ionizujícího záření. Jde zejména o případy záchytů radioaktivních látek ve spalovnách odpadu, ve sběrnách kovového šrotu nebo v hutích a železárnách, kde je šrot zpracováván. Na těchto místech lze předpokládat výskyt kontaminovaných předmětů či radioaktivního materiálu a jsou zde proto nainstalována detekční zařízení. Zachytávány jsou pak většinou předměty kontaminované přírodními radionuklidy jako např. trubky s usazeninami a staré letecké „budíky“, kontaminovaný zdravotnický materiál, výjimečně i zdroj ionizujícího záření, např. požární hlásič. Někdy (zpravidla na letištích) jsou „zachytávány“ osoby po aplikaci radiofarmak. Pro všechny tyto případy jsou nastaveny standardní postupy řešení. Dochází také k nálezům radioaktivních látek například ve starých skladech apod. Závažné jsou případy, kdy jsou zdroje záření opuštěny (nejsou pod řádnou kontrolou) z důvodu zániku či insolventnosti jejich původního uživatele. Hlášeny jsou i případy událostí přímo na pracovištích se zdroji ionizujícího záření, kdy vlivem lidské chyby nebo selháním techniky dojde ke kontaminaci nebo zvýšenému ozáření. Přešetřováno je rovněž překročení limitů pro radiální pracovníky, ke kterému došlo při běžné činnosti. Cílem příspěvku je podat informaci o tom, jaké je spektrum a počty šetřených mimořádných případů v posledních pěti letech.

## MONITOROVACÍ SYSTÉM CTBTO A JEHO ROLE PO HAVÁRII JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUŠIMA

Irena Malátová<sup>1</sup>, Aleš Froňka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Po havárii jaderné elektrárny Fukušima, která zhavarovala v důsledku zemětřesení a zejména v důsledku zemětřesením vyvolané obrovské vlny tsunami, bylo zřejmé, že se do ovzduší dostaly štěpné produkty zejména z bazénu s vyhořelým palivem a pravděpodobně i z reaktorů. Nejúplnější informace o šíření radionuklidů v ovzduší poskytovala monitorovací síť CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization) ze svých tzv. radionuklidových stanic pro monitorování aerosolů a radioaktivních vzácných plynů. Tyto stanice jsou spolu se stanicemi seismickými, hydroakustickými a infrazvukovými budovány za účelem detekce neohlášených jaderných výbuchů. Stanice pro detekci radionuklidů v aerosolech jsou rozmístěny po celém světě a jsou vybaveny polovodičovými detektory o relativní účinnosti větší než 100% a odběrovými zařízeními s průtokem větším než 100m<sup>3</sup>/h. Filtry se měří, po 24 hodinové přestávce pro vymření přírodních radionuklidů, rovněž 24 hodin. Spektra jsou automaticky vyhodnocována a zasílána do ústředí. Stanice na detekci vzácných plynů jsou obecně několika proveniencí, slouží ke stanovení velmi nízkých aktivit Xe 133 a Xe 135. Po fukušimské havárii CTBTO data z radionuklidových stanic uvolnila, takže bylo možné sledovat, jak se vzdušná kontaminace šířila po severní polokouli.

## FUKUŠIMA NA SLOVENSKU

Pavol Ragan<sup>1</sup>, Ivan Klenovič<sup>1</sup>, Alžbeta Ďurecová<sup>2</sup>, František Ďurec<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava

<sup>2</sup> Regionálny úrad verejného zdravotníctva, B. Bystrica

Po havárii na JE Fukušima sa kontaminované vzdušné hmoty dostali aj nad Slovensko. Stále zložky radiačnej a monitorovacej siete v rezorte zdravotníctva merali najdôležitejšie radiačné parametre v zložkách životného prostredia a to: príkon dávkového ekvivalentu vo vzduchu, objemovú aktivitu rádionuklidov vo vzduchu, rádioaktívny spad a rádioaktivitu vybraných potravinových zložiek. Úrad verejného zdravotníctva SR zaznamenal zvýšené koncentrácie rádioaktívnych aerosólov vo vzduchu (I-131, Cs-137 a Cs-134) ako aj rádioaktívneho spadu v zrážkovej vode. RÚVZ v Banskej Bystrici zaznamenal zvýšené koncentrácie rádioaktívneho spadu v zrážkovej vode a vykonal ciele odbery ovčieho mlieka oviec pasených na čerstvej tráve, v ktorom namerlal I-131 v hodnotách rádovo jednotky Bq/l. Na ÚVZ SR boli bezplatne s negatívnym výsledkom zmeraní viacerí občania, ktorí pricestovali z Japonska, z nich dve osoby priamo z Fukušimy. ÚVZ SR pravidelne informoval o aktuálnej radiačnej situácii a uverejňoval odporúčania, aktuálne informácie a výzvy pre občanov na internete, napr. informácie pre občanov cestujúcich do Japonska alebo o jódovej profylaxii.

## MONITOROVÁNÍ RADIONUKLIDŮ V OVZDUŠÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ PO HAVÁRII JE FUKUŠIMA

Miroslav Hýža<sup>1</sup>, Petr Rulík<sup>1</sup>, Věra Bečková<sup>1</sup>, Zdeněk Borecký<sup>2</sup>, Jiří Havránek<sup>5</sup>, Zoltán Hôlgye<sup>1</sup>, Jan Lušňák<sup>3</sup>, Helena Malá<sup>1</sup>, Jan Matzner<sup>4</sup>, Helena Pilátová<sup>1</sup>, Jiří Rada<sup>3</sup>, Eva Schlesingerová<sup>1</sup>, Eva Šindelková<sup>5</sup>, Lenka Trnková<sup>1</sup>, Jaroslav Vlček<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Hradec Králové

<sup>3</sup> Státní ústav radiační ochrany, Ostrava

<sup>4</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

<sup>5</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, regionálne centrum české Budejovice

Systém monitorování prováděného v rámci Radiační monitorovací sítě (RMS) ČR po havárii JE Fukušima prokázal, že RMS je schopna pružně reagovat při zjištění jakýchkoliv odchylek od normální situace a operativně přizpůsobovat monitorování okolnostem. V článku jsou uvedeny souhrnné výsledky monitorování ovzduší ČR po havárii JE Fukušima. Prvé zvýšené hodnoty byly v ČR zaznamenány z 23. na 24.3.2011; nejvyšší hodnoty byly naměřeny v období 28.3. až 1.4. a činily jednotky mBq/m<sup>3</sup>. Zvýšené hodnoty byly měřitelné do začátku června. Efektivní poločas odstraňování jódu resp. cesia z atmosféry byl 4 resp. 7 dnů. Poměr aktivity plynné a aerosolové formy <sup>131</sup>I se pohyboval obvykle v intervalu od 2 do 6. Poměr aktivity <sup>137</sup>Cs/<sup>134</sup>Cs byl roven jedné. Úvazek efektivní dávky z inhalace pro dospělého obyvatele ČR způsobený radionuklidy pocházejícími z havarované JE Fukušima byl odhadnut na méně než 4x10<sup>-5</sup> mSv.

## FUKUSHIMA - RÁDIOLOGICKÉ DOPADY NA STREDNÚ EURÓPU MODELOVANÉ SYSTÉMOM ESTE

Peter Čarný<sup>1</sup>, Dušan Suchoň<sup>1</sup>, Eva Smejkalová<sup>1</sup>, Monika Krpelanová<sup>1</sup>, Ľudovít Lipták<sup>1</sup>,  
Miroslav Chylý<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ABmerit, Trnava

Rádiologické dopady udalosti na jadrových zariadeniach Fukushima Dai-ichi na strednú Európu boli modelované systémom ESTE. Udalosti vo Fukushime a ich rádiologické dopady sme modelovali najmä z dôvodu overenia našich prístupov, algoritmov a modelov ESTE. V prednáške sú uvedené odhadované zdrojové členy (únik rádionuklidov do atmosféry okolia) v dôsledku udalostí na reaktoroch a bazénoch vyhoretého paliva Dai-ichi 1 až 4. V prednáške je diskutované hodnotenie stupňa havárie vo Fukushime podľa medzinárodnej havarijnej stupnice INES. Rádiologické dopady v globálnom meradle (severná hemisféra) boli modelované s využitím Lagrangeovho časticového modelu šírenia rádionuklidov v atmosfére implementovaného v programe ESTE. Numerické predpovede meteorologických parametrov pre celý svet boli na ten účel zakúpené z predpovedného meteorologického centra ECMWF v Readingu (UK) prostredníctvom SHMÚ Bratislava. V prednáške je prezentované šírenie rádionuklidov z lokality Fukushima po celom svete s časovým krokom 1 deň. Rádiologické dopady sú prezentované ako výstupy 3D vizualizácie mrakov šíriacich sa častíc a sú tiež prezentované ako rastrové mapové výstupy v ekvivalentnej azimutálnej projekcii. V oblasti strednej Európy sú vypočítané rádiologické dopady udalosti na úrovni jednotiek/desiatok nanoSv z ožiarenia z depozitu na teréne (efektívna dávka za 1 mesiac od udalosti) a podobne na úrovni jednotiek/desiatok nanoSv z inhalácie vzduchu kontaminovaného nuklidmi z Fukushimy (úväzok efektívnej dávky z inhalácie, spôsobený udalosťou). Táto práca bola vykonaná v ABmerit ako súčasť riešenia projektu v rámci operačného programu "Veda a Výskum": Vytvorenie inovatívneho pracoviska pre vývoj a aplikáciu pokročilých metód paralelného počítačového modelovania a pokročilých geoinformatických metód diaľkového prieskumu Zeme. Systémy ESTE slúžia na havarijnú odozvu v prípade jadrovej/radiačnej havárie a sú používané na podporu krízového manažmentu na úrovni jadrovej elektrárne (implementácia ESTE EBO a ESTE EMO), na úrovni štátu (implementácie ESTE pre Krízové štáby SÚJB ČR, bulharského Úradu jadrového dozoru, rakúskeho Ministerstva životného prostredia, klienti ESTE na ÚJD SR) a na úrovni IAEA (implementácie ESTE v Incident and Emergency Centre IAEA).

## FUKUSHIMA - VÝPOČET INVENTÁRA AZ REAKTOROV A BAZÉNOV SKLADOVANIA DAI-ICHI 1 AŽ DAI-ICHI 4, ODHAD ZDROJOVÉHO ČLENA

Monika Krpelanova<sup>1</sup>, Peter Čarný<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ABmerit, Trnava

Inventár aktívnej zóny a bazénu skladovania vyhoreného paliva na jednotlivých reaktoroch Dai-ichi 1 až Dai-ichi 4 bol stanovený pre potreby realistického odhadu zdrojového člena (úniku do atmosféry okolia) a modelovania rádiologických dopadov udalostí vo Fukushime. Výpočty inventárov boli vykonané metodológiou, ktorá je používaná v systémoch na havarijnú odozvu a podporu krízového manažmentu ESTE. Výpočty boli vykonané na báze modelu, ktorý rešpektuje znalosti reálneho paliva a palivových cyklov na jednotlivých reaktoroch Dai-ichi. Potrebné vstupné dáta pre prípravu modelu a výpočet inventárov sme získali z databázy PRIS IAEA (Power Reactor Information System) a z komunikácie s pracovníkmi IAEA. Modelové výpočty inventárov reaktorov a bazénov skladovania Dai-ichi boli vykonané programom SCALE verzia 6 (Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation). SCALE je modulárny systém pre výpočet tienenia reaktora, kritičnosti, zdrojového člena, inventára palivových článkov, reaktorovú fyziku. V programe sú implementované knižnice ENDF/B-V, ENDF/B-VI, ENDF/B-VII, pravidelne aktualizované (ENDF = Evaluated Nuclear Data File). Program je licencovaný okrem iného na výpočet inventára AZ. V prednáške je stručne zmienený metodický postup výpočtu a je popísané jadrové palivo používané v reaktoroch (vrátane paliva MOX so zvýšeným obsahom Pu).

## CO PŘINESLA HAVÁRIE JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUSHIMA PRO STRATEGII MONITOROVÁNÍ MOBILNÍMI SKUPINAMI

Martina Škábová<sup>1</sup>, Jan Helebrant<sup>1</sup>, Irena Češpírová<sup>1</sup>, Lubomír Gryc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Státní ústav radiační ochrany, Praha

V důsledku havárie v jaderné elektrárně Fukushima Dai-ichi došlo k postupnému rozšíření plánovaného systému radiačního monitoringu. Pozornost byla v první fázi věnována měření dávkového příkonu na území Japonska a zejména v jaderné elektrárně a jejím okolí s cílem získat co nejdříve relevantní data dovolující přípravu a realizaci nezbytných opatření na ochranu obyvatel. Rozhodující význam měla proto měření japonské monitorovací sítě SPEEDI (obdoba naší SVZ), měření mobilních skupin (MS), a to jak pozemních, leteckých a „námořních“, tak postupně realizovaná in-situ měření v potenciálně nejvíce postižených lokalitách prováděná veřejnými i soukromými institucemi. V příspěvku jsme se pokusili shrnout časové trendy měření radiační situace na území Japonska. Prezentujeme možnost simulace plošné a časové distribuce dávkových příkonů na základě dat z měřicí sítě v dané chvíli dostupných výsledků monitorování MS a in-situ měření. Rádi bychom zdůraznili význam včasného leteckého monitoringu dávkových příkonů, který je rozhodující pro strategii monitorování MS a volbu lokalit in-situ měření na vybraném území. Japonská havárie ukázala na nutnost být připraven urychleně rozvinout radiační monitoring jednoduchou i neprofesionály ovladatelnou technikou včetně předávání dat (a to i za situace, že dojde ke ztrátě funkceschopnosti energetických zdrojů, či mobilní telefonní sítě).



## VELIKOSTNÍ ROZDĚLENÍ AEROSOLŮ SPOJENÝCH S RADIONUKLIDY UVOLNĚNÝMI Z JE FUKUŠIMA

Helena Malá<sup>1</sup>, Petr Rulík, Ján Mihalík<sup>1</sup>, Miroslav Hýža<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

V souvislosti s havárií JE Fukušima byly v období od 24.3. do 13.4. 2011 provedeny na sebe navazující odběry aerosolu pro stanovení objemové aktivity v závislosti na jeho velikostním rozdělení. K odběrům byly využity tři pětistupňové kaskádní impaktory rozmístěné v areálu SÚRO Praha. Objemové aktivity deponované na sběrných vložkách a na podložných filtrech byly stanoveny pomocí polovodičové spektrometrie gama. V získaných spektrech byly z hlediska velikostní distribuce hodnoceny <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs a <sup>137</sup>Cs, pro kontrolu a srovnání bylo rovněž stanoveno <sup>7</sup>Be. I přes velmi dlouhé doby měření aktivity na některých stupních ležely pod hodnotou minimální významné aktivity. Experimentální data - aktivity radionuklidů v závislosti na aerodynamickém průměru (AP) aerosolu - byla hodnocena za předpokladu jejich log-normálního rozdělení hlavně pomocí 2 parametrů: aktivního mediánu aerodynamického průměru (AMAD) a geometrické směrodatné odchylky (GSD). Charakter většiny distribucí (ze všech odběrů) byl podobný, téměř monomodální, s maximem aktivity spojeným s částicemi s AP < 0,49 μm (často více než 60% aktivity v závislosti na druhu radionuklidu), nejméně zastoupené byly částice s největším aerodynamickým průměrem (aerosol s AD > 3,0 μm obsahoval méně než 10% aktivity). Celkové objemové aktivity zachycené na aerosolech všech velikostí se v jednotlivých vždy několik dnů trvajících odběrech pohybovaly v rozmezí pro <sup>131</sup>I 1,5 x 10<sup>-4</sup> - 1,0 x 10<sup>-3</sup> Bq/m<sup>3</sup>, <sup>134</sup>Cs 9,4 x 10<sup>-6</sup> - 7,0 x 10<sup>-5</sup> Bq/m<sup>3</sup> a <sup>137</sup>Cs 2,2 x 10<sup>-5</sup> - 1,1 x 10<sup>-4</sup> Bq/m<sup>3</sup>. Většina hodnot AMAD byla v rozmezí 0,3 až 0,8 μm a GSD 3 až 4. Výsledky byly porovnány s údaji získanými v květnu a červnu 1986 po havárii JE Černobyl, kdy byla stanovena průměrná hodnota AMAD těžkých radionuklidů (k nimž patří i <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs a <sup>137</sup>Cs) 0,5 μm. Z provedeného srovnání vyplývá, že velikostní rozdělení a hodnoty AMAD po havárii JE v Černobylu a po havárii JE ve Fukušimě byly velmi podobné.

## **MONITOROVANIE I-131 PO HAVÁRII JE FUKUŠIMA A KOREKCIA PRÍSPEVKU I-131 VO VÝPUSTIACH SE EBO.**

Anna Tomášková<sup>1</sup>, Boris Remenec<sup>1</sup>, Vladimír Nemčovič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SE, a.s., závod EBO, Trnava

Po zemetrasení a následnej vlne tsunami v marci 2011 boli poškodené reaktory jadrovej elektrárne Fukušima v Japonsku. Následkom poškodenia reaktorov unikli do ovzdušia rádioaktívne izotopy jódu, ktoré sa prúdením vzdušných mäs dostali nad Európu a Slovensko. Izotop I-131 bol identifikovaný vo vzorkách atmosféry a v odberoch systému radiačnej kontroly okolia SE EBO. Vzduch z atmosféry kontaminovaný izotopmi jódu z Fukušimy bol prívodnými ventilačnými systémami, ktoré neobsahujú jódomé filtre, nasávaný do vnútorných priestorov kontrolovaného pásma, následne organizovane vypúšťaný a meraný vo ventilačnom komíne SE EBO. Namerané hodnoty tak vstúpili do bilancí rádioaktívnych výpustí. Výpust I-131 z SE EBO bola v uvedenom období navýšená o príspevok pochádzajúci z JE Fukušima a namerané aktivity I-131 bolo nutné korigovať. Bola vypracovaná a ÚVZ SR schválená metodika stanovenia reálnych výpustí I-131 do atmosféry. Príspevok z JE Fukušima bolo podľa tejto metodiky možné odpočítať z rádioaktívnych bilancí výpustí I-131 z SE EBO v danom období za predpokladov že: a) príspevok JE Fukušima bol merateľný vo vzorkách životného prostredia v okolí SE EBO b) nebola identifikovaná žiadna netesnosť pokrytia palivových článkov c) koncentrácia I-131 v primárnych okruhoch SE EBO bola stabilizovaná a bez trendov V zmysle tejto metodiky boli namerané hodnoty aktivity v období od 21.marca 2011 do 23.mája.2011 boli nahradené priemernou hodnotou výpuste I-131 za obdobie od začiatku roku 2011 po marec 2011.

## **REPORT ABOUT RADIATION MEASUREMENTS WITH THE SILICON DETECTOR AROUND THE FUKUSHIMA POWER PLANT**

Ondrej Ploc<sup>1</sup>, Yukio Uchihori, Hisashi Kitamura

<sup>1</sup> Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

The massive tsunami hit the Fukushima-Daiichi nuclear power plant after the Tohoku earthquake on March 11th, 2011. Emergency electric systems of diesel electric machines stopped and during several days later the hydrogen exploded due to over-heated reactors at units 1, 3 and 4. In addition, serious damage was caused in a fuel nuclear storage of unit 2. As a result of these accidents, an extremely large amount of radioisotopes were spread in air, soil, tap water, seawater and food around large areas in East Japan. First, this paper reports about radiation measurements with the silicon detector Liulin at the J-village, a base of emergency workers, located 20km from Fukushima Daiichi from March 23rd, 2011 to August 5th, 2011. Comparison of measurements with the same device at some other locations (Chiba city, Moscow, board of aircraft) before and after the accident will be presented. Second, the paper describes our efforts to develop a new portable gamma camera based on Medipix to locate radiation hotspots at Fukushima prefecture.

## **CVIČENIE INEX-4 - APLIKÁCIA MODELOV ESTE NA PRÍPRAVU SCENÁRA**

Peter Čarný<sup>1</sup>, Ľudovít Lipták<sup>1</sup>, Eva Smejkalová<sup>1</sup>, Monika Krpelanová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ABmerit, Trnava

Cvičenia INEX sú medzinárodné cvičenia organizované Organizáciou pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj (jej Agentúrou pre jadrovú energiu), OECD NEA. Predchádzajúce cvičenia INEX 1 až 3 boli zamerané najmä na odozvu na haváriu jadrových elektrární, pričom cieľom bolo precvičiť rôzne aspekty havarijnej odozvy na národnej a medzinárodnej úrovni, v skorej fáze po vzniku havárie. Cvičenie INEX-4 (prebieha na národných úrovniach v r.2010-2011), bolo zamerané na precvičenie odozvy na kriminálny čin, pri ktorom bola proti obyvateľstvu aplikovaná "špinavá bomba" obsahujúca rádioaktívny žiarič ("dirty bomb"). Cieľom cvičenia bolo precvičiť a zdokonaľiť havarijnú pripravenosť. Základnými východiskami alebo požiadavkami na scenár: precvičiť odozvu zodpovedných orgánov na hrozbu použitia rádiologickej zbrane; precvičiť starostlivosť o zranených občanov a režimové opatrenia v zdravotníckych zariadeniach, kde boli zranení prevezení; komunikácia s verejnosťou a médiami; dekontaminácia zasiahnutej oblasti mesta vrátane likvidácie odpadových vôd; zásady pohybu osôb po vytýčení bezpečnostných zón. Pre prípravu scenára cvičenia INEX-4 v ČR boli využité modely ESTE - difúzny model a PTM model (puff trajectory model) - na modelovú situáciu, keď na námestí v mestskej zástavbe bola aplikovaná "špinavá bomba". Predmetom príspevku je popis a vizualizácia modelovaného šírenia rádionuklidov v intraviláne historického mesta. Prezentované sú mapy modelom vypočítanej radiačnej situácie (dávkové príkony a depozit na uliciach). Diskutované sú potrebné vstupy pre modelový výpočet (napríklad znalosť meteo-situácie, digitálne geodáta obsahujúce informáciu o rozmiestnení budov a ulíc v priestore - poloha, rozmery) a možnosti využitia obdobných modelových výpočtov pre reálny krízový manažment. Prezentované výsledky boli dosiahnuté ako súčasť verejnej zakázky pre SÚJB: "Spolupráce při přípravě a provedení havarijního cvičení INEX-4" financovanej SÚJB.

## ZÁSAHOVÁ SKUPINA ÚJV ŘEŽ A.S. A ZÁCHYTY RADIOAKTIVNÍCH MATERIÁLŮ (PODOLÍ 2011 A JINÉ)

Josef Podlaha<sup>1</sup>, Karel Svoboda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Úřad jaderného výzkumu, a.s., Řež

Nálezů či záchytů zdrojů ionizujícího záření (ZIZ) mimo pracoviště se ZIZ v posledních letech výrazně ubylo. Na konci září 2011 však došlo k nález, který vzbudil velkou pozornost odborné i laické veřejnosti. Šlo o nález zdroje <sup>226</sup>Ra na dětském hřišti v Praze - Podolí a na řešení této události se také podílel Ústav jaderného výzkumu Řež a.s. (ÚJV). ÚJV a její dceřiná společnost Centrum výzkumu Řež s.r.o. (CVŘ) jsou významnými provozovateli jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření. Vzhledem k velkému rozsahu činností spojených s využíváním ZIZ společnosti disponují adekvátním systémem zajištění havarijní připravenosti. Součástí zásahových složek řešících mimořádné události je také Zásahová skupina pro nehody při přepravě zdrojů ionizujícího záření. Zásahová skupina zabezpečuje především pro potřeby ÚJV a CVŘ provedení zásahu v případě nehody při přepravě ZIZ nebo při fyzické ztrátě ZIZ. Činnosti zásahové skupiny zajišťují pracovníci Centra nakládání s radioaktivními odpady (dále Centrum), neboť toto Centrum zajišťuje největší podíl přeprav ZIZ v ÚJV v rámci své hlavní činnosti - nakládání s radioaktivními odpady (RAO) produkovanými jak ÚJV a CVŘ, tak i ostatními subjekty v celé ČR. Pracovníci zásahové skupiny drží nepřetržitou pohotovost, aby byli schopni kdykoliv v případě potřeby zasáhnout. Zásahová skupina ÚJV slouží též pro potřeby dalších organizací, které nemají podobnou skupinu k dispozici a u kterých přitom může dojít k nestandardní situaci spojené se ZIZ. Jde především o riziko nález (záchytu) ZIZ mimo pracoviště se ZIZ. ÚJV poskytuje tyto služby například pro skládky, kovošroty, spalovny. Skupina také zasahuje na vyžádání Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Činnosti skupiny po příjezdu na místo nález zahrnují provedení monitorování na lokalitě, vytyčení místa zásahu a dohledání ZIZ. Dohledaný ZIZ je přepraven na pracoviště Centra, kde je po určité době skladování zpracován a upraven a poté přepraven do úložiště RAO. V příspěvku budou prezentovány nejzajímavější a nejzávažnější případy záchytů ZIZ, které zásahová skupina ÚJV řešila v nedávné době a ke kterým patří i výše zmíněná událost v Praze - Podolí. Na tomto konkrétním případě pak bude popsán postup provádění samotného zásahu i činnosti prováděné po zásahu související s identifikací zdroje a dalším nakládáním s ním.

## PODOLÍ, ZÁŘÍ 2011 – ZÁCHYT ZÁŘIČE

Irena Češířová<sup>1</sup>, Katarina Rovenská<sup>1</sup>, Zdenek Prouza<sup>1</sup>, Lubomír Gryc<sup>1</sup>, Jan Helebrant<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad radiační ochrany, Praha

Dne 28. září 2008 bylo soukromou osobou oznámeno operačnímu středisku HZS ČR zvýšení dávkového příkonu na dětském hřišti v Praze – Podolí. Zpráva byla předána na styčné místo SÚJB a ten povolal k proměření podezřelé lokality mobilní skupinu SÚRO, v.v.i. Praha (MS). Po příjezdu na lokalitu MS potvrdila toto podezření, ve spolupráci s příslušníky HZS ČR a Policie ČR vymezila bezpečnostní zónu a provedla screeningové monitorování daného prostoru. Měření identifikovalo zářič Ra-226 v jednom místě pod zemským povrchem. Vzhledem k tomu, že hřiště nebylo osvětleno, byla lokalita uzavřena a střežena Policií ČR do druhého dne, kdy MS provedla detailní monitoring lokality. Po té byl zástupci SÚJB vyžádán výjezd zásahové skupiny ÚJV Řež, a.s, k vyzvednutí a bezpečnému odvozu zářiče. Výsledky šetření SÚRO jsou prezentovány na posteru.

## EVALUATION OF EXPECTED CONSEQUENCES OF A NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENT USING SEQUENTIAL MONTE CARLO

Radek Hofman<sup>1</sup>, Václav Šmídl

<sup>1</sup> Ústav teorie, informace a automatizace AV ČR, Praha

We are concerned with probabilistic evaluation of consequences of an incident for support of appointed decision makers. Specifically, we consider scenario with an accidental release of radioactive material from a nuclear power station into the atmosphere. In such a case, the decision makers are expected to make decisions about possible countermeasures such as iodization or evacuation of the population. Key information that needs to be available in these situations are expected consequences of the release. For example, the expected map of the area where the absorbed radiation dose exceeds a predefined limit. Many existing software tools are capable of computing such estimates, however, most commonly in a deterministic way. In this paper we advocate the use of Bayesian approach, where all potential consequences are treated as random variables. Specifically, we focus on the sequential Monte Carlo techniques that represent all potential future realizations of the situation by a set of deterministic possibilities (called the particles). We show that this representation allows to answer various questions required by the decision makers. Since we focus on the very early phase of a radiation accident, the proposed algorithm is supposed to work in a fully autonomous regime without any supervision. We demonstrate that such a tool can use the radiation measurements provided by a radiation monitoring network and significantly improve predictions of radiation situation by the means of data assimilation process. The system on-line gathers data from all the receptors around nuclear facility, combines it with forecast given by an atmospheric dispersion model and thus gradually improves the estimates of radiation situation. The system based on advanced methods of Bayesian filtering is capable of providing probabilistic answers regarding the release and its consequences, e.g. estimates of affected number of people and probability distributions of doses in inhabited areas. Moreover, the algorithm can be also used in the off-line regime, when it allows to address complex tasks such as positioning of measuring devices in order to maximize their usefulness in case of a release. The algorithm and its benefits will be demonstrated on a simulated release from the nuclear power plant Temelin. We will show that even the current sparse radiation monitoring network surrounding the power plant can be successfully used for data assimilation purposes.

**SEKCIA VI.**

**RADIAČNÁ ZÁŤAŽ A OCHRANA V  
DIAGNOSTIKE, NULKEÁRNEJ  
MEDICÍNE A RADIAČNEJ ONKOLÓGII**

(záťaž pacienta, personálu, veľkosť ožiarenia  
populácie z lekárskeho ZIŽ, zabezpečenie  
a kontrola kvality, optimalizácia)



## RADIČNÍ OCHRANA DĚTÍ V RADIODIAGNOSTICE

Nožičková Jitka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (dále SÚJB) se v posledních letech soustředil na provádění inspekcí radiodiagnostických pracovišť, kde dochází ke snímkování dětí. Při formulování svých požadavků vycházel jednak z platné legislativy, jednak z doporučení EC: „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Pediatrics“. Mezi legislativní požadavky patřilo především uplatnění principu optimalizace a principu zdůvodnění, existence radiologických standardů pro typická vyšetření, hodnocení dávek pacientů a stanovení místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ), dostatečnost záznamu o provedeném vyšetření, přítomnost radiologického fyzika a vhodný výběr rtg zařízení. Inspekce SÚJB byly rozděleny do třech základních oblastí: 1. inspekce perinatologických pracovišť 2. inspekce pracovišť, kde existuje předpoklad snímkování dětí do 3 let 3. inspekce CT pracovišť Ad 1. Od roku 2007 byla provedena kontrola všech perinatologických pracovišť (celkem 15). Důraz byl kladen především na vhodný výběr rtg zařízení (multipulzní, krátké expoziční časy < 4 ms, ohnisko 0,6 mm), správné nastavení expozičních parametrů a správné vyclonění snímkové oblasti. Ad 2. Snímkování dětí do 3 let se reálně provádí na většině radiodiagnostických pracovišť. Na tato rtg zařízení těchto pracovišť byl vznesen požadavek reprodukovatelnosti při expozičních časech < 10 ms. Ad 3. Inspekce na CT pracovištích stále probíhají. Zde je sledována vybavenost CT zařízení expoziční automatikou a možnost použití expozičního režimu pro děti. MDRÚ pro děti musí být jednoznačně menší než MDRÚ pro dospělé. Zjištěné nedostatky byly následující: - nevhodný výběr rtg zařízení (na perinatologických pracovištích celkem 4 z 15) - není používáno optimalizované nastavení expozičních parametrů - velikost rtg svazku neodpovídala velikosti vyšetřovaného orgánu - neexistence radiologických standardů. O každé provedené inspekci byl vypracován protokol o kontrole, odstranění zjištěných nedostatků bylo pro kontrolovaný subjekt závazné. Způsob a termín jejich odstranění si určil kontrolovaný subjekt sám podle vlastních možností. Závěr: Provádění lékařského ozáření novorozenců a dětí je složitý proces, který vyžaduje spolupráci lékařů, radiologických asistentů a radiologických fyziků. Na většině pracovišť byla provedena náprava zjištěných nedostatků. Lze tedy jednoznačně konstatovat pozitivní přínos provedených kontrol.

## HODNOTENIE RADIÁČNEJ ZÁŤAŽE NOVORODENCŮ V DÔSLEDKU RÁDIOLOGICKÝCH VYŠETRENÍ

Alexandra Maruniaková<sup>1</sup>, Denisa Nikodemová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Regionálny úrad verejného zdravotníctva, B. Bystrica

<sup>2</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Bratislava

V dôsledku zdravotných problémov a komplikácii predčasne narodené deti podstupujú opakované rádiologické vyšetrenia, ktoré sú nevyhnutné pre včasnú diagnostiku a následnú terapiu. Riziko prejavu stochastických efektov je u detí vyššie ako u dospelých pri rovnakej dávke. Skiagrafická snímka hrudníka je indikovaná pri diagnostike RDS, je metódou zhodnocujúcou polohu endotracheálnej kanyly a katétrov. Intestinálne infekcie, vrodené vývojové chyby GIT-u sú indikácie na rádiologické vyšetrenie brucha. Pri riešení radiáčnej záťaže novorodencov prostredníctvom dotazníka sme zmapovali prístrojové vybavenie pre rádiologické vyšetrenia novorodencov v banskobystričskom a žilinskom kraji, typy najfrekventovanejších vyšetrení a parametre, pri ktorých sa uskutočňujú (kV, filtrácia, mAs, veľkosť poľa, vzdialenosť ohnisko - koža, projekcia). Po zhromaždení údajov sme zmerali dopadovú dávku a zistené skutočnosti porovnali s kritériami v smernici „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics“. Najčastejším vyšetrením je vyšetrenie hrudníka v projekcii AP, vyšetrenia brucha, sporadicky boli vykonané vyšetrenia brucha vo vise. Na pracoviskách deklarovali, že nedochádza k opakovaniu rádiologického vyšetrenia novorodenca z dôvodu nedostatočnej diagnostickej úrovne snímky. Na všetkých pracoviskách sú vykonávané skúšky dlhodobej stability v súlade s platnou legislatívou. Porovnaním expozičných parametrov a parametrov vyšetrenia hrudníka novorodencov s odporúčaniami v smernici sme zistili nesúlad viacerých parametrov a parametrov deklarovaných v smernici, rádiologické vyšetrenie novorodencov nie je teda optimalizované. Používanie pojazdných rentgenových prístrojov na novorodeneckých oddeleniach je častým javom, avšak u nich nie je možné nastaviť vyššie napätie a použiť súčasne prídavnú filtráciu. Veľkosť novorodencov spôsobuje, že mnohé orgány sú pri rádiologickom vyšetrení umiestnené v primárnom zväzku. Rádiosenzitívne orgány v blízkosti zväzku musia byť preto dôsledne kryté a zväzok kolimovaný na oblasť záujmu. Optimalizácia prístrojového vybavenia a rádiologických postupov môže redukovať dávku. Je to náročný proces vyžadujúci spoluprácu neonatológov, klinických fyzikov a rádiologických asistentov. Aj keď je riziko z rádiologického vyšetrenia v porovnaní s inými rizikami vyplývajúcimi zo zdravotného stavu predčasne narodených detí nízke, je potrebné zabezpečiť, aby dávky z ožiarenia boli čo najnižšie.

## ZÁVERY A ODPORÚČANIA EURÓPSKEHO PROJEKTU ORAMED PRE PRAKTICKÚ INTERVENČNÚ RÁDIOLÓGIU A NUKLEÁRNU MEDICÍNU

Denisa Nikodemová<sup>1</sup>, Marko Fülöp<sup>1</sup>, Helena Cabáneková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenská Zdravotnícka Univerzita v Bratislave, Bratislava

Využitie ionizujúceho žiarenia pre diagnostiku a liečbu jednotlivcov z obyvateľstva kontinuálne a dynamicky narastá. Dôsledkom intenzívneho rozvoja moderných zariadení a techník však je aj nárast ožiarenia populácie. Podľa posledných publikovaných údajov tvorí kolektívna efektívna dávka zo zdrojov ionizujúceho žiarenia v medicíne až 25% z celkovej kolektívnej efektívnej dávky. Na základe výsledkov výskumu v radiačnej ochrane bolo možné identifikovať, že dlhodobo najvyššie priemerné efektívne dávky žiarenia dostáva zdravotnícky personál pri vybraných vyšetreniach v intervenčnej rádiológii a kardiológii a pri aplikácii rádiofarmák v nukleárnej medicíne. Projekt ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff), v ktorom participovali výskumné pracoviská z 12-ich európskych krajín si vytýčil za cieľ 5 významných úloh:

- optimalizácia radiačnej ochrany v intervenčnej rádiológii, za účelom vypracovania jednotnej metodiky pre stanovenie dávok extremít a očných šošoviek pri troch kardiologických a 5 cievnych intervenčných vyšetreniach;
- overenie možnosti využitia aktívnych osobných dozimetrov;
- príspevok k zníženiu radiačnej záťaže v nukleárnej medicíne;
- vývoj a aplikácia dozimetrov pre sledovanie dávok žiarenia na očné šošovky a
- vypracovanie materiálov pre výučbu a tréning personálu, pre dosiahnutie zníženia radiačnej záťaže.

V príspevku budú prezentované niektoré závery pre prax v intervenčnej rádiológii a v nukleárnej medicíne s možnosťou získania praktických cvičení a video-filmov pre ozrejenie najčastejších chýb pri práci v blízkosti zdrojov žiarenia, ktorých odstránenie vedie k významnému zníženiu osobných dávok žiarenia.

## SLEDOVANIE VEĽKOSTI OŽIARENIA PACIENTOV NA VYBRANÝCH RÁDIOLOGICKÝCH PRACOVISKÁCH SR

Dušan Šalát<sup>1</sup>, Denisa Nikodemová<sup>2</sup>, Anna Šalátová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav radiačnej ochrany, Trenčín

<sup>2</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Bratislava

Medzi významné úlohy radiačnej ochrany pri ochrane zdravia jednotlivcov pred ionizujúcim žiarením patrí sledovanie a hodnotenie veľkosti ožiarenia populácie pri používaní zdrojov žiarenia v medicíne. Článok 12 Direktívy 97/43 EURATOM, Odporúčanie EC č.154/2008, ako aj Nar. Vlády SR č. 340/2006 Z.z., vyžadujú aby boli na národnej úrovni uskutočnené prehľady ožiarenia populácie z jednotlivých typov rádiologických vyšetrení. Sledovanie ožiarenia pacientov sa v SR doposiaľ uskutočňuje len v obmedzenej miere, a to najmä z dôvodov nedostatočného počtu medicínskych fyzikov na rádiologických oddeleniach a nejednotnosti postupu archivácie údajov potrebných pre kontrolu kvality príslušného vyšetrenia. Stanovenie veľkosti efektívnej dávky pre najfrekvencovanejšie diagnostické procedúry nukleárnej medicíny vyžaduje podrobný prieskum demografických parametrov, veku a pohlavia pacientov, podrobné charakteristiky typu vyšetrenia, spôsob aplikácie, použitie príslušného rádionuklidu, veľkosť aplikovanej aktivity apod. V prípade PET / CT vyšetrení sú potrebné ďalšie parametre, ako sú napätie, CTDI, DLP, a i. V príspevku budú popísané možnosti zabezpečenia on-line systému sledovania veľkosti ožiarenia (DQC) na rádiologických pracoviskách vrátane pracovísk nukleárnej medicíny. Tento systém vyvinutý v Ústave radiačnej ochrany, detailne eviduje potrebné parametre expozície, bez zásahu personálu v prípade moderných digitálnych systémov nukleárnej medicíny, ale aj u systémov, ktoré nie sú DICOM kompatibilné a je potrebné editovať parameter ožiarenia pomocou personálu. V závere budú zhodnotené možnosti využitia získaných údajov pre harmonizáciu národných prehľadov o populačných dávkach skupiny obyvateľstva z lekárskeho žiarenia, ako aj pre vytvorenie národnej stratégie optimalizácie diagnostických metód v rádiológii a znižovania radiačnej záťaže obyvateľstva.

## MERANIE OŽIARENIA RÚK GAMA ŽIARENÍM A POZITRÓNMI PERSONÁLU ODDELENÍ NUKLEÁRNEJ MEDICÍNY POMOCOU TL DOZIMETROV

Marko Fülöp<sup>1</sup>, Dušan Solivajs<sup>2</sup>, Izabela Makaiová<sup>3</sup>, Pavol Povinec<sup>4</sup>, Daniel Baček<sup>4</sup>, Peter Vlk<sup>4</sup>, Pavol Ragan<sup>5</sup>, Václav Hušák<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Bratislava

<sup>2</sup> Slovenská legálna metrológia v Bratislave

<sup>3</sup> Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava

<sup>4</sup> BIONT, Bratislava

<sup>5</sup> Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava

<sup>6</sup> Univerzitná nemocnica Olomouc

Na oddeleniach nukleárnej medicíny dochádza pri manipulácii s rádiofarmakom FDG k ožiareniu rúk personálu nielen od gama žiarenia, ale aj od pozitronov. Pozitrony emitované rádionuklidom <sup>18</sup>F ožarujú ruky personálu nielen z kontaminovaného povrchu zdravotníckeho materiálu alebo kože pacienta, ale dokážu preniknúť aj cez tenké steny injekčnej striekačky alebo infúznej trubičky. Na určenie veľkosti ožiarenia rúk pracovníkov nukleárnej medicíny v prsteňových dozimetoch sa bežne používajú TLD s hrúbkou 0,9 mm. Tieto dozimetre majú zníženú odpoveď na pozitrony v porovnaní s gama žiarením. To môže spôsobiť významné (až trojnásobné) podhodnotenie nameranej dávky na ruku v mieste jej maximálneho ožiarenia. Prítom u pracovníka manipulujúceho s rádiofarmakami hodnota dávky na ruky v mieste ich maximálneho ožiarenia býva limitujúca pre jeho prácu. Novonavrhnutá metóda merania dávky na kožu rúk od gama žiarenia a pozitronov od FDG využíva systém dvoch TLD s rozdielnou citlivosťou detekcie gama žiarenia a pozitronov. V predloženej práci boli použité dvojice TLD typu MCP-N (LiF: Mg, Cu, P), ktoré tvoril tenký MCP-Ns s hrúbkou aktívnej vrstvy 0,05 mm (tkanivoekvivalentná hrúbka 0,07 mm) a hrubý MCP-7 s aktívnou hrúbkou 0,9 mm. Obidva dozimetre majú tvar disku s priemerom 4,5 mm. Metóda určenia príspevku dávky od pozitronov bola overovaná v reálnych podmienkach práce s FDG na oddelení nukleárnej medicíny pri príprave a podávaní injekcií s FDG. Zistilo sa, že pri takom bežnom úkone, keď sa pri podávaní FDG pacientovi prichytí rukou infúzna hadička, prsty sú lokálne ožiarené dávkou pozitronov, ktorá viac ako dvojnásobne prevyšuje dávku od gama žiarenia. Ak by sa v prsteňovom dozimetri použilo TLD bežne používanej hrúbky 0,9 mm, potom by nameraná dávka na kožu ruky v mieste maximálneho ožiarenia bola podhodnotená 1,9 krát. Pri viacdňovom monitorovaní rúk pomocou dvojíc TLD MCP-7 a MCP-Ns sa ukázalo, že ak by sa na monitorovanie použil iba klasický TLD dozimeter s hrúbkou 0,9 mm, u temer 30 % personálu manipulujúceho s FDG dávka na kožu rúk v mieste maximálneho ožiarenia by bola podhodnotená viac ako o 25 - 300 %.

## RESEARCH ON RADIATION EXPOSURE FROM CT PART OF SPECT/PETCT

Pavel Solný<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

This paper deals with the issues of radiation dose estimation from the CT part of SPECT/CT and PET/CT examination exercise in seven different Departments of Nuclear Medicine (DNM) all over the Czech Republic. Gathering necessary data and entries from patient examinations together with basic documentation of the CT devices was one of the crucial parts of this research. Thanks to great consequent cooperation with participating DNM personnel it was possible to gather necessary information from about 100 patients (130 patients PET, SPECT/CT checkup protocols in average) from each DNM. The selected data was then pre-processed and utilized by dose estimation programs (ExPACT, ImPACT, ImpactDose) with respect to the type of examination and examination procedures. Required data was: sex, age, height, Nuclear Medicine examination, csl, length of the examined locality, number of slices taken, DLP, CTDI, mAs value per rotation and examined locality. Data from the CT device documentation: CTDI - in air per 100 mAs, in the head and body phantom, used voltage and the x-ray tube current. Sorted and pre-processed data was assembled in Excel spreadsheets and then entered into the dose estimation programs. The effective dose in each program was estimated for each individual case using ExPACT, ImPACT, ImpactDose programs. Appropriate charts including: "Effective dose estimations, DLP and CTDI values, type of undergone examination, weight, age, sex and approximate body region were prepared. Gathered data and results of this work will be distributed to the participating DNM. Preserving the same procedure in dose estimating process allows us to compare the resulting dose computed by each program. Then comparing radiation exposure at each DNM is possible. The effective dose in this research varies from tenths of mSv up to 12 mSv (depending on software used and type of examination undergone). For ImPACT, differences in estimated doses using ICRP 60 and 103 could be seen. Further statistical analysis and involved programs comparison is ongoing. The outcome of this work will hopefully help participating DNM to gain a better idea about radiation exposures in other departments and they may even reconsider device settings. Detailed analysis and resulting data implementation are prepared as a part of consequent thesis. Moreover, as a side product of this research, some remarks about data storage and possible patient dose estimation are prepared to be given to each participating DNM.

## STANOVENÍ RADIAČNÍ ZÁTĚŽE Z VYŠETŘENÍ TLUSTÉHO STŘEVA POMOCÍ GA-CITRÁTU

Petra Mihalová<sup>1</sup>, Tomáš Vrba<sup>2</sup>, Marie Buncová

<sup>1</sup> IKEM Praha- Rádioizotopové pracoviště

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Vyšetření doby průchodu tlustým střevem je diagnostická metoda důležitá zejména u pacientů trpících těžkou zácpou. Scintigrafické vyšetření času průchodu (transit time) je relativně jednoduché a zatím často opomíjené, ačkoli jeho výpovědní hodnota je nesporná. Ve srovnání s vyšetřením pomocí radiokontrastních markerů navíc představuje pro pacienta nižší radiační zátěž. Citrát značený galiem je dobře dostupné radiofarmakum, které se ze zažívacího traktu do krve téměř nevstřebává. Během studie bylo vyšetřeno 32 pacientů, z toho 7 mužů a 25 žen. Série snímků břišní krajiny byly pořízeny po podání 5 MBq 67Ga-citrátu. Radiofarmakum je podáváno ústy ve formě roztoku a v trávicím ústrojí je rovnoměrně rozmícháno ve střevním obsahu. Vyšetření probíhá po dobu 72 hodin. Cílem studie je kvantifikovat doby průchodu střevem pro různé typy zácpy a stanovit úvazky ekvivalentních a efektivních dávek pro pacienty, kteří podstupují vyšetření. Odhad úvazků efektivních a ekvivalentních dávek byl stanoven na základě metodiky MIRD. Radiační zátěž závisí na době, kterou radiofarmakum stráví ve střevě, proto jsou hodnoty dávek individuální. Nicméně průměrný vypočtený úvazek efektivní dávky po podání 5 MBq 67Ga-citrátu je 2,05 mSv. Vypočtená hodnota řadí toto vyšetření k ostatním běžným vyšetřením nukleární medicíny, jejichž zátěž se pohybuje obvykle v rozmezí 1-5 mSv. Vypočtený konverzní faktor pro zdravé jedince dobře koresponduje s hodnotou uvedenou ve Vyhlášce o radiační ochraně. Pro jednoduchý odhad úvazku efektivní dávky z léčby byly vypočteny konverzní faktory pro tři druhy zácpy. Faktory uvedené v práci platí pouze pro ženy, pro muže nebylo k dispozici dostatečné množství dat.

## SPECIFIKA RADIAČNÍHO MONITOROVACÍHO SYSTÉMU PRO PET CENTRUM ŘEŽ

Michal Kazda<sup>1</sup>, David Andert<sup>1</sup>, Lubomír Sláma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENVINET a.s., Třebíč

Společnost ENVINET a.s. se stala v roce 2010 generálním dodavatelem technologie nově budovaného Výzkumného a vývojového PET Centra v areálu ÚJV Řež. Dodávka technologie zahrnuje mimo jiné cyklický vysokofrekvenční urychlovač, nebo-li cyklotron CYCLONE 18/9ST belgického výrobce IBA, polohorké komory s výrobními moduly pro výrobu radiofarmak, komplexní vybavení laboratoří, radiační monitorovací systém a další navazující technologie. Zakázka bude dokončena v polovině roku 2012. Radiační monitorovací systém (RMS) je určen pro monitorování veličin a parametrů majících přímý nebo nepřímý vliv na radiační bezpečnost a ochranu v prostoru PET centra ÚJV. Systém zahrnuje monitorování prostředí, především dávkových příkonů v laboratorních prostorách budovy, dávkových příkonů od technologických zařízení, plyných výpustí a aerosolů ve vzduchotechnice, monitorování vypouštěné aktivity vodních výpustí, měření povrchové kontaminace osob a osobní dozimetrie personálu do prostor kontrolovaného pásma. Celý systém je kontrolován a řízen prostřednictvím SW RMIS. Software RMIS (Radiační monitorovací a informační systém), vyvinutý společností ENVINET a.s., zahrnuje jak komunikační moduly pro načítání dat z jednotlivých měřidel a zápis do relační databáze, tak webovou aplikaci umožňující prezentaci naměřených dat, online diagnostiku celého systému a zajišťující interakci systému s uživateli. Webová aplikace slouží i pro administraci celého systému - osobní dozimetrie a monitorování prostředí. Cílem prezentace bude zejména ukázka celkové koncepce řešení výše zmiňovaného monitorovacího systému, ukázka jednotlivých použitých sond/měřidel, stručný popis vlastních komunikačních modulů, signalizačních jednotek, terminálových modulů pro zpracování z elektronických dozimetrů. Druhá část prezentace bude věnována stručnému popisu SW RMIS, jeho hlavních funkcí a možností. Závěrem prezentace budou nastíněny možnosti implementace RMS pro jiné lokality resp. možnosti nasazení tohoto systému v libovolném rozsahu podle konkrétních požadavků uživatele.



## POROVNÁNÍ DVOU METOD PRO REDUKCI METALOVÝCH ARTEFAKTŮ V CT: SIMULACE A EXPERIMENTY

Hana Klepetková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

Výpočetní tomografie (CT) je neinvazivní zobrazovací metoda, díky které můžeme získat detailní informace o tvaru a hustotě tkání a kostí, které jsou důležité pro diagnostiku a při plánování ozařování pacientů. CT je založeno na měření zeslabení rentgenového záření při průchodu tělem pacienta z různých úhlů a na následné rekonstrukci takto získaných dat. K rekonstrukci se dnes nejčastěji používá filtrovaná zpětná projekce. Tato metoda rekonstrukce je velice rychlá a stabilní, ale v některých případech vytváří v rekonstruovaném CT obraze artefakty. Jedny z největších artefaktů jsou artefakty způsobené kovovými materiály v těle pacienta. Tyto artefakty mohou tedy informace obsažené v CT obraze poškodit a tím mohou způsobit nepřesnou interpretaci výsledků a nebo dokonce vytvoření chybných ozařovacích plánů. Tyto artefakty mohou být potlačeny mnoha redukčními metodami, jejichž vývoj není stále uzavřen. Metody redukce artefaktů se mohou rozdělit do dvou skupin podle přístupu k datům v sinogramu, která byla přímo ovlivněna kovem (tzv. „chybějící“ data). Jeden typ metod tato „chybějící“ data nevyužívá při rekonstrukci obrazu a druhý typ metod tato data nahrazuje na základě okolních dat a následně použije konvenční metody rekonstrukce takto získaného sinogramu. K rekonstrukci neúplného sinogramu v případě prvního typu metod se nedá použít klasická filtrovaná zpětná projekce a musí být tedy použity jiné metody rekonstrukce. Tyto metody jsou většinou více časově náročné a jejich využití v klinické praxi je tedy omezené. K vytvoření a porozumění redukčních metod je nutné porozumět i vzniku artefaktů v obraze a jejich chování v různých případech. Proto se tato práce zabývá i vznikem těchto artefaktů a studiem jejich chování na různých typech fantomů s různým uspořádáním a počtem kovových objektů. Na základě studia chování těchto artefaktů byl sestaven program v prostředí Matlab na simulaci těchto artefaktů. Největší část práce je věnována dvěma metodám redukce těchto artefaktů. První metoda je založená na prvním typu redukčních metod a sinogram bez „chybějících“ dat rekonstruuje pomocí iterativní metody rekonstrukce obrazu. Druhá metoda je založená na nahrazení „chybějících“ dat v sinogramu pomocí interpolace kubickými spliny okolních data. Účinnost redukce artefaktů pomocí těchto dvou metod je nakonec porovnána pomocí simulovaných a reálných CT obrazů. Studované metody redukce artefaktů se dají úspěšně použít v klinické praxi.

## **ZAŤAŽENIE PACIENTA MIMO CIEĽOVÉHO OBJEMU U ŠPECIÁLNYCH TECHNÍK LIEČBY ŽIARENÍM**

Gabriel Králik<sup>1</sup>, Kristína Kontrišová<sup>1</sup>, Dalibor Lojko<sup>1</sup>, Mária Fríbertová<sup>1</sup>, Kristína Poláková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava

Optimalizácia ožiarenia pacientov pomocou nových špeciálnych ožarovacích techník najmä IMRT a STRCH prináša so sebou zvýšené množstvo žiarenia (niekedy až rádovo) hlavne v oblasti mimo plánovaného liečebného objemu. Pri plánovanej aplikácii liečebnej dávky 50 - 70 Gy u frakcionovanej terapie je zaťaženie v tejto oblasti na úrovni jednotiek Gy i napriek tomu, že systém obsahuje ďalší kolimačný systém s absorpciou neúčinného žiarenia. Práca je zameraná na vyhodnotenie zaťaženia pri aplikácii reálneho plánu pre IMRT techniky ako i stereotaktickú rádiochirurgiu pomocou cylindrických kolimátorov a mikro MLC pripraveným k originálnemu kolimačnému systému.

## ZKUŠENOSTI S VERIFIKACÍ OZAŘOVACÍ TECHNIKY VMAT - RAPID ARC

Karel Nechvíl<sup>1</sup>, Jiří Mynařík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Multiscan,s.r.o., Pardubice

Cílem této práce je popsat rozšíření QA programu pro lineární urychlovač o systém RapidArc a program pro verifikaci dávky z jednotlivých ozařovacích plánů tvořených touto technikou na radioterapeutickém pracovišti Multiscan s.r.o., RC Pardubice. Stručně jsou rozebrána specifika ozařovací techniky Rapid Arc a z nich vyplývající požadavky na testy a kontrolované parametry. V práci jsou shrnuty možnosti, výsledky a zkušenosti s verifikací této ozařovací metody od doby, kdy byla instalována do klinické praxe.

## KONKRÉTNÍ MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ PRINCIPU ALARA K OPTIMALIZACI OZÁŘENÍ OBSLUHY TELETERAPEUTICKÝCH RADIONUKLIDOVÝCH OZAŘOVAČŮ

Jana Hudzietzová<sup>1</sup>, Jozef Sabol<sup>1</sup>, Lenka Grayová-Bulíčková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta biomedicínského inženýrstva, ČVUT, Praha

Referát se týká ozáření pracovníků obsluhujících radioterapeutické ozařovače se zdroji Co-60 a také se zdrojem Cs-137 s cílem redukce příspěvku k celkové efektivní dávce od unikajícího záření gama. Podrobně bylo proměřeno a zmapováno radiační pole pomocí distribuce příkonu prostorového dávkového ekvivalentu jak v samotné ozařovací místnosti, tak i v prostorách v blízkosti ovládacího pultu u třech různých ozařovačů Co -60 a jednoho staršího ozařovače Cs-137. Na základě znalosti prostorového rozložení radiačního pole bylo možné stanovit vliv unikajícího záření v různých místech, kde se personál pohybuje nebo zdržuje během přípravy pacienta a nastavení přístroje na ozařování. Ukázalo se, že pole v okolí hlavice vykazuje určité změny, které jsou specifické pro danou polohu hlavice, v níž je radioaktivní zdroj uložen. Dále zde sehrávají důležitou roli faktory např. jako je velikost místnosti, složení stavebního materiálu a tloušťky stěn či v neposlední řadě přítomnost a uspořádání předmětů potřebných k terapii nacházejících se v blízkosti ozařovače. Volbou optimálního pohybu pracovníků spolu s v nejvhodnějším postupem pracovních činností obsluhy v ozařovací místnosti lze snížit efektivní dávku od unikajícího záření až o 40-50% oproti situaci, kdy se charakter pole nebere v úvahu. Tuto redukci lze provést bez jakýchkoli dodatečných nákladů spojených s přestavbou pracoviště, potřebná je pouze znalost rozložení gradientu příkonu prostorového dávkového ekvivalentu získaná proměřením pole vhodným radiačním monitorem. V referátu jsou pro srovnání uvedeny rovněž výsledky měření radiačních úrovní vně ozařovací místnosti a také v ovládací místnosti během ozařování za různých podmínek včetně závislosti na poloze hlavice a parametrů svazku.

## UPŘESNĚNÍ ZESLABOVACÍCH KOEFICIENTŮ OCHRANNÝCH ZÁSTĚR PRO NEJBĚŽNĚJŠÍ SE VYSKYTUJÍCÍ ENERGIE ROZPTÝLENÉHO ZÁŘENÍ NA RADIODIAGNOSTICKÝCH PRACOVIŠTÍCH

Zdeněk Zelenka<sup>1</sup>, Zdeněk Rozlívka<sup>1</sup>, Petr Papírník<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Tato práce navazuje na výsledky expertízy provedené v CSOD, s.r.o. v roce 1999, jejíž výsledky se staly jedním z podkladů pro doporučení SÚJB „Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření, Část I. - zevní ozáření“ (SÚJB Praha, říjen 2007) ohledně korekčních faktorů pro přepočtení efektivní dávky z hodnoty vyhodnocené z osobního dozimetru, který je nošen na ochranné stínící zástěře. Doporučení platí pro vyhodnocenou efektivní energii X záření 30 - 60 keV. Požadavek na upřesnění zeslabovacích koeficientů ochranných zástěr vzešel z požadavku dohlízejících pracovníků, protože ve výše uvedeném doporučení SÚJB korekční faktory nejsou zcela jednoznačné - např. pro zástěru s ekvivalentem 0,5 mm Pb je doporučeno vyhodnocenou efektivní dávku dělit korekčním faktorem 8 až 10. Z výsledků vyhodnocení osobních filmových dozimetrů z radiodiagnostických a rentgenových pracovišť vyplývá, že u více než 90 % dozimetrů s  $H_p(10) > 0,10$  mSv je odhad efektivní energie X záření právě v intervalu 30 keV až 60 keV. Pro tuto oblast energie X záření předchází expertíza provedla měření pro efektivní energii X záření 27 keV a 54 keV. Pro tyto energie vycházejí korekční faktory ve velmi širokém rozsahu (pro úhel ozáření 0°) - pro energii 27 keV je faktor 100 pro všechny používané ekvivalenty Pb ochranných stínících zástěr, pro energii 54 keV jsou faktory 3,1 (ekvivalent 0,25 mm Pb), resp. 4,2 (ekvivalent 0,35 mm Pb), případně 7,1 (ekvivalent 0,5 mm Pb). Upřesnění zeslabovacích koeficientů bylo provedeno pro ochranné zástěry s ekvivalentem Pb 0,25 mm, 0,35 mm a 0,5 mm. Jako měřidlo byl použit filmový dozimetr CSOD. Ozařování X zářením bylo provedeno v laboratoři Českého metrologického institutu - Inspektorátu pro ionizující záření a dozimetry byly ozářeny 5 zdroji úzkého spektra X záření se střední energií 24; 33; 48; 65 a 83 keV na ISO slab vodním fantomu 30 x 30 x 15 cm. Získané výsledky upřesněných zeslabovacích koeficientů ochranných stínících zástěr poslouží dohlízejícím pracovníkům při znalosti efektivní energie X záření ozáření pracovníka (CSOD, s.r.o. v zasílaných výsledcích vyhodnocení osobních dávkových ekvivalentů z filmových dozimetrů uvádí pro X záření a  $H_p(10) > 1,5$  mSv odhad efektivní energie) a znalostí ekvivalentu Pb použité ochranné zástěry k zpřesnění skutečné obdržené efektivní dávky pracovníka při „přepočtu na zástěru“.

## LETÁKY PRO PACIENTY A PRACOVNÍKY V RADIOLOGII

Jan Vinklář<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

V současnosti narůstá celková populační dávka z lékařských expozic a proto je nutný odpovědný přístup indikujících lékařů, ale také lepší informovanost pacientů. Z toho důvodu si nechal Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) vytvořit informační letáky pro pacienty a lékaře. V posteru jsou ukázány jak letáky, které byly zhotoveny pro SÚJB, tak letáky převzaté z mezinárodní agentury pro atomovou energii. Letáky se zabývají informacemi pro pacienty a pro lékaře v oblasti intervenční kardiologie, fluoroskopie a obecně pro rentgenová vyšetření. Tyto letáky budou distribuovány prostřednictvím Všeobecné zdravotní pojišťovny, jejíž krajské pobočky je předají na pracoviště s rtg zařízeními. Je také možné zařadit tyto informace jako článek v nějakém časopise, který je na tuto oblast zaměřen. Poster ukazuje možnosti jak zvýšit informovanost pacientů o rtg vyšetřeních a hlavně lékařů, kteří mohou správnými postupy snížit dávky jak pacientům, tak sobě.

## VÝROBA A CHARAKTERIZÁCIA RÁDIONUKLIDU CU-64 PRE PET DIAGNOSTIKU A TERAPIU

Jarmila Ometáková<sup>1</sup>, Pavol Rajec<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej chémie PF UK, Bratislava

V posledných rokoch vzrástol záujem o použitie rádiofarmák značených rádioizotopom  $^{64}\text{Cu}$ . Tento záujem možno pripísať jeho fyzikálnym vlastnostiam ( $T_{1/2}=12,7$  h, P- 37,1%, P+ 17,9%), ktoré ho predurčujú pre terapiu (P-) a pre použitie v diagnostike (P+) napr. hypoxických tumorov. Práve jadrová reakcia  $^{64}\text{Ni}(p,n)$  s prahovou energiou 2,5 MeV je veľmi vhodná, pretože má veľký účinný prierez aj pri energiách malých biomedicínskych cyklotrónov. Elektrolytická príprava terča spočíva v galvanostatickom pokovovaní  $^{64}\text{Ni}$  na Au disk. Terč je ožarovaný v cyklotróne IBA Cyclone 18/9, na konci externého zväzku je nainštalované zariadenie COSTIS (Compact Solid Target Irradiation System).  $^{64}\text{Cu}$  je od terčového materiálu separovaná pomocou ionexu Bio-Rad AG1-X8 (vo forme  $^{64}\text{CuCl}_2$ ). Terčový materiál je recyklovaný. Celý proces je automatizovaný v nami vyvinutom separačnom module s použitím PLC SIMATIC S7-1200. Aktivita produktu bola meraná ionizačnou komorou (Curriementor), HPGe detektorom a LSC metódou (TDCR). Cieľom práce realizovaného v projekte APVV VMSP-P-0075-09 bol vývoj elektrodepozičnej cely a následná príprava terča s požadovanou hrúbkou terčového materiálu, vypracovanie separačných postupov pre oddelenie  $^{64}\text{Cu}$  a  $^{64}\text{Ni}$ , recyklácia  $^{64}\text{Ni}$  pre ďalšie použitie, charakterizácia produktu a automatizácia celého procesu prípravy  $^{64}\text{Cu}$ . Ďalšími krokmi budú príprava rádiofarmaka  $^{64}\text{Cu}$ -ATSM a využitie elektrochemickej metódy ASV (Adsorptive stripping voltammetry) pre kontrolu kvality produktu.

## POROVNÁNÍ RADIOBIOLOGICKÝCH MODELŮ PRAVDĚPODOBNOSTI POŠKOZENÍ ZDRAVÉ TKÁNĚ S KLINICKÝMI DATY

Darina Trojková<sup>1</sup>, Libor Judas<sup>2</sup>, Karel Odrážka<sup>3</sup>, Tomáš Trojek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT Praha

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

<sup>3</sup> Pardubická krajská nemocnice – Oddělení klinické a radiační onkologie

Současné 3D plánovací systémy a techniky ozařování (jako konformní terapie a IMRT) umožňují přesné doručení dávky do cílového objemu (tumoru), zároveň je však třeba porovnávat konkurenční plány z pohledu dávek na kritické orgány. Jedním z takových nástrojů jsou radiobiologické - NTCP („Normal Tissue Complication Probability“) modely, které koncentrují dávkovou distribuci v rizikovém orgánu do jednoho čísla a vyjadřují pravděpodobnost výskytu komplikací. Jako vstupní data pro výpočet slouží dávkově objemový histogram (DVH) plánu a parametry daného modelu. Zpětně pak může být pozorovaná toxicita léčby u pacienta porovnána s NTCP hodnotou, což by mělo vést ke zlepšení techniky léčby pro další pacienty. Nejznámějším a nejpoužívanějším modelem je čtyřparametrový model LKB, alternativně pak modely Kallmanův a Niemierkův. V naší práci jsme použili LKB a Kallmanův model na data 331 pacientů (z Fakultní Nemocnice Hradec Králové) s karcinomem prostaty, kde rizikové orgány jsou rektum a močový měchýř. Výsledky z obou modelů pro rektum s použitím publikovaných parametrů ukazují poměrně dobrou shodu s pozorovanými toxicitami (na základě statistického testu hypotézy o nezávislosti hodnot NTCP na pozorované toxicitě, která může být na hladině významnosti 5% zamítnuta), ovšem absolutní hodnoty odhadu rizika z těchto modelů získat nelze (a každý dává řádově jiné výsledky). Pro močový měchýř se použité radiobiologické modely jeví jako nevhodné, i po optimalizaci parametrů hypotézu o nezávislosti zamítnout nelze. Dále se tedy zaměříme na další možnosti statistického vyhodnocování dat pro rektum, optimalizaci parametrů, případně porovnání s některým z dalších NTCP modelů a jejich aplikaci na jiný soubor dat.



## ANALÝZA STÍNĚNÍ OZAŘOVNY S OČNÍM PAPSKEM V PTC PRAHA

Tomáš Urban<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT, Praha

V práci je analyzováno stínění nově projektované ozařovny, tzv. očního paprsku (FSTR) v jiho-východní části budovy Protonového terapeutického centra v Praze. Prostor se skládá ze tří místností - vlastní ozařovny, ovladovny a elektrorozvodny. Nové prostory navazují na stávající prostor chodby s transportním systémem (BTS), od kterého jsou odděleny stínícím labyrintem. Betonové stínící konstrukce byly analyzovány metodou Monte Carlo s využitím kódů MCNPX. V rámci analýzy byly identifikovány hlavní zdroje záření a namodelovány úhlově energetická distribuce (zejména) neutronů produkovaných při interakci protonového svazku s konstrukčními materiály technologických částí PTC. Výsledná namodelovaná spektra byla porovnána a dále použita k odhadu ročního prostorového dávkového ekvivalentu z vybraných zdrojů sekundárního záření v PTC. Hodnoty dávkových ekvivalentů byly dále použity k verifikaci dostatečné tloušťky betonových konstrukcí. S ohledem na další optimalizaci radiační ochrany jsou výsledky analýzy stínění v příspěvku dále diskutovány.

**SEKCIA VII.**  
**PRÍRODNÉ ZDROJE ŽIARENIA**  
**V PRACOVNOM A ŽIVOTNOM**  
**PROSTREDÍ**

(radón a iné prírodné rádionuklidy, odhad rizika,  
optimalizácia)

## VPLYV INHALÁCIE RADÓNU A POČTU VYFAJČENÝCH CIGARIET NA RIZIKO VZNIKU RAKOVINY PLŮC

Radoslav Böhm<sup>1</sup>, Antonín Sedlák<sup>2</sup>, Karol Holý<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej fyziky FMFI UK, Bratislava

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Zhubné nádory pľúc tvoria v súčasnosti vo vyspelých krajinách asi štvrtinu ochorení a tretinu úmrtí na všetky zhubné nádory u mužov. Viac než 80% týchto úmrtí je spôsobených fajčením, ktoré je najčastejšou príčinou smrti na svete. Mortalita fajčiarov cigariet je asi 1,7 krát vyššia ako nefajčiarov. Na modelovanie rakovinového rizika z fajčenia sa v súčasnosti využívajú popisné (epidemiologické) modely, v ktorých sa štatistickou analýzou dostupných epidemiologických dát vyberá tvar krivky, ktorá najreálnejšie popisujúcej závislosť medzi relatívnym rizikom RR a karcinogénnymi faktormi (napr. vek, pohlavie, počet vyfajčených cigariet, ...). V literatúre sa najčastejšie uvádzajú lineárne, kvadratické a exponenciálne závislosti. Vplyv vyfajčených cigariet  $S$  na rakovinové riziko  $RR$  sme odvodili modelom prahovej energie, ktorým bolo možné analyzovať radiačné účinky produktov premeny radónu na pľúcne tkanivo. Model je založený na predpoklade, že inaktivácia bunky sa prejaví pri prekročení prahovej hodnoty mernej energie  $z_0$  v terči. Fajčenie indukuje nárast syntézy proteínu nazývaného survin, ktorý chráni bunku pred apoptózou a znižuje jej citlivosť na žiarenie. Modelom sme stanovili hodnotu  $z_0$ , v závislosti od počtu vyfajčených cigariet a odvodili priebeh  $RR(S)$ . Do výpočtov  $RR(S)$  bola zahrnutá rôzna geometria dýchacích ciest fajčiarov, ako aj zmena funkčnosti pľúc spôsobená chronickým fajčením. Porovnaním výsledkov s epidemiologickými dátami sme dospeli k záveru, že radón je vhodným prostriedkom na stanovenie karcinogénneho rizika indukovaného fajčením.

## MOŽNOST OVĚŘENÍ ÚDAJŮ O INHALAČNÍM PŘÍJMU DLOUHODOBÝCH ALFA ZÁŘIČŮ Z OSOBNÍCH DOZIMETRŮ ALGADE V URANOVÝCH DOLECH

Irena Malátová<sup>1</sup>, Věra Bečková<sup>1</sup>, Ladislav Tomášek<sup>1</sup>, Jiří Hůlka<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Státní ústav radiální ochrany, Praha

Horníci v uranových dolech České republiky používají třísloužkové dozimetry ALGADE, jimiž se měří expozice zevnímu ozáření, inhalační příjem krátkodobých produktů přeměny radonu a inhalační příjem dlouhodobých radionuklidů, alfa zářičů, pro jejichž roční příjem je ve vyhlášce o radiální ochraně... uveden odvozený limit 1850 Bq, který odpovídá úvazku efektivní dávky 20mSv, takže přepočtení je 0.011 mSv/Bq. Ověření, zdali údaje z dozimetrů jsou realistické, lze provést buď přímým měřením in vivo některých členů uranové řady v plicích na celotělovém počítači se speciálními detektory pro měření nízkých energií gama a X nebo stanovením uranu ve vylučované moči. Pilotními experimenty a výpočty s biokinetickým modelem uranu bylo zjištěno, že při současné citlivosti „plicního počítače“ v SÚRO je citlivost při rozumných dobách měření in vivo stále mnohem horší než by stačilo pro změření obsahu uranu v plicích i při čerpání celé roční dávky 20mSv pouze inhalací dlouhodobých radionuklidů. Ve skutečnosti jsou tyto dávky mnohem nižší. Příznivější se jeví pro odhad retence a tedy i příjmu uranu stanovení vylučovaného uranu močí. Pro výpočet retence i exkrece uranu byly vypočteny příslušné časové průběhy s biokinetickým modelem ICRP 68. K výpočtu byl použit software IMBA, který umožňuje počítat retenční a exkrenční křivky pro inhalační příjem pro různé parametry (AMAD, třídy rozpustnosti aerosolu v plicích atd) a různé formy radionuklidů. Tyto parametry byly zvoleny na základě údajů, získaných v experimentech s aerosolem z příslušného dolu. Nezbytný je však předpoklad, že vylučování uranu u horníků uranových dolů je významně vyšší než průměrné vylučované množství u populace. Z pilotní studie, provedené v letech 2009 a 2010 vyplynulo, že průměrné vylučované množství uranu u populace je 10 ng/L. Toto množství, i když souhlasí s literárními údaji, nelze však brát jako reprezentativní údaj pro celou republiku, protože počet osob ve studii byl zatím poměrně malý a nepokrýval území celé republiky. Průměrně bylo zatím u horníků uranových dolů nalezeno, 223 ng/L (medián 142ng/L), pokud byli horníci rozděleni po profesních skupinách, nejvyšší hodnoty byly u lamačů s průměrem 359ng/L (s mediánem 300ng/L), u ostatních skupin byly hodnoty velmi variabilní a členů skupin nebyl dostatečný počet. Jelikož rozpustnost uranu v aerosolu blíže třídě M, obsah uranu v těle a tedy i vylučování močí se dost rychle mění v závislosti na příjmu uranu, proto byla pro jednotlivé horníky vypočtena teoreticky vylučovací rychlost na základě příjmů, odvozených z údajů v osobních dozimetrech a tyto hodnoty porovnány s experimentálně nalezenými. Práce provedena v rámci projektu SÚJB VZ 60022490.

## KRÁTKODOBÁ A DLHODOBÁ VARIABILITA KONCENTRÁCIÍ DCÉRSKÝCH PRODUKTOV RADÓNU V BYTOCH V ČESKEJ REPUBLIKE

Miriam Marušiaková<sup>1</sup>, Ladislav Tomášek<sup>1</sup>, Josef Holeček<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

<sup>2</sup> SÚJCHBO, Milín

Prezentácia je založená na výsledkoch opakovaných meraní koncentrácie ekvivalentnej objemovej aktivity radónu (EOAR) v bytoch v Českej republike pred zhruba dvadsiatimi rokmi a teraz. V tomto roku boli podobne ako v minulosti použité holé stopové detektory, ktoré se do miestností inštalovali na dobu jedného roku. Takmer 150 bytov z vybraných lokalít Chyšky, Petrovice, Kovářov a Milevsko bolo po dvadsiatich rokoch znova premeraných, detektory boli umiestnené v rovnakej obytnej miestnosti alebo kuchyni ako predtým. Ďalej sme analyzovali variabilitu 1920 ročných meraní z 960 bytov v Českej republike, ktoré prebiehali v rokoch 1992 a opakovane potom v 1993. U všetkých budov bolo hlavným zdrojom radónu geologické podložie. Aplikovali sme model analýzy rozptylu s náhodnými efektami pre logaritmy koncentrácií EOAR, kde náhodné efekty reprezentujú odchylky úrovni EOAR v jednotlivých domoch od celkového priemeru. Podstata modelu spočíva v rozklade celkovej variability logaritmov koncentrácií EOAR na variabilitu medzi jednotlivými domami a na variabilitu reziduálnu, tj. variabilitu medzi opakovanými meraniami v rámci jedného domu. Podiel variability odpovedajúci opakovaným meraniam v tej istej miestnosti v dvoch po sebe nasledujúcich rokoch 1992 a 1993 je odhadnutý na 36%. Variabilita opakovaných meraní s odstupom 20 rokov je podľa očakávania vyššia - približne 45%. Hodnota koncentrácií EOAR sa vo vybraných domoch po dvadsiatich rokoch významne zvýšila z geometrického priemeru 300 na asi 450 Bq/m<sup>3</sup>. Uvedený rozdiel bude predmetom ďalšieho výskumu. Jedným z dôvodov zvýšenia je častá prestavba domov, napr. výmena starých okien za plastové. Práca vznikla za podpory MZ ČR (IGA NS 10596).

## VPLYV METEOROLOGICKÝCH PARAMETROV NA OBJEMOVÚ AKTIVITU RADÓNU VO VIACPODLAŽNOM DOME

Monika Müllerová<sup>1</sup>, Karol Holý<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej fyziky FMFI UK, Bratislava

Merali sme objemovú aktivitu radónu v troch miestnostiach trojpodlažného domu. Dve miestnosti boli na druhom podlaží - miestnosť č. 1 s oknami orientovanými na sever, miestnosť č. 2 s oknami orientovanými na juh. Miestnosť č. 3 bola na treťom podlaží, s oknami orientovanými na sever. Miestnosti č. 1 a 3 boli proti priamemu vplyvu vetra chránené ďalšími budovami. Miestnosť č. 2 bola na náveternej strane budovy. Najvýznamnejším zdrojom radónu v miestnostiach bola exhalácia radónu zo stavebných materiálov. Na účely monitorovania objemovej aktivity radónu sme zostavili dva kontinuálne monitory na báze litrovej scintilačnej komory. Tretím detektorom bol AlphaGUARD. Objemová aktivita  $^{222}\text{Rn}$  v miestnostiach č. 1 a 2 bola monitorovaná v dňoch od 29.6.2010 do 2.7.2010. Objemová aktivita  $^{222}\text{Rn}$  v miestnostiach č. 1 a 3 bola monitorovaná v dňoch od 17.4.2011 do 30.4.2011. Denné variácie objemovej aktivity radónu sa objavujú v rovnakom období vo všetkých troch miestnostiach a majú podobný tvar. Korelačný koeficient medzi objemovými aktivitami radónu meranými v miestnostiach č. 1 a 2 bol  $R = 0,84$  a medzi objemovými aktivitami radónu meranými v miestnostiach č. 1 a 3 bol  $R = 0,79$ . Priebeh objemových aktivít radónu boli porovnané s meteorologickými parametrami ako rýchlosť vetra a vonkajšia teplota a tiež s objemovou aktivitou radónu meranou vo vonkajšej atmosfére.

## DEGRADACE POLYMERNÍCH HYDROIZOLACÍ POMOCÍ ALFA ČÁSTIC A PŮDNÍCH BAKTERIÍ

Katerina Rovenska<sup>1</sup>, Martin Jiránek<sup>1</sup>, Aleš Froňka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakulta stavební ČVUT, Praha

<sup>2</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Projekt financovaný GAČR má dva hlavní cíle - Výzkum procesu stárnutí a degradace polymerních hydroizolačních materiálů dlouhodobě exponovaných radonem a půdními bakteriemi. Za tímto účelem byla vytvořena banka hydroizolací, ve které jsou izolační materiály dlouhodobě exponovány radonem a půdními bakteriemi. Kombinace těchto degradačních činitelů je zcela unikátní, jejich vzájemné spolupůsobení nebylo dosud předmětem žádného výzkumu. Druhým cílem je Studium teplotní závislosti součinitele difuze radonu v hydroizolačních materiálech. Pro nejčastěji používané typy hydroizolačních materiálů bude stanovena teplotní závislost součinitele difuze radonu v intervalu teplot 0 °C až 40 °C odpovídajícímu rozsahu teplot, kterému jsou izolace v reálných podmínkách vystaveny. Na základě získaných poznatků bude možné upřesnit podklady pro návrh spolehlivé a účinné protiradonové izolace. Mezi studované materiály jsou zařazeny hlavní zástupci hydroizolačních materiálů: LDPE, HDPE, PVC-P, PP, TPO, EPDM, asfaltový pás z SBS modifikovaného asfaltu a z oxidovaného asfaltu. Testování materiálů je prováděno na obou řešitelských pracovištích (zkouška tažnosti (modul pružnosti, mez pevnosti v tahu, tažnost atd.), zkouška tvrdosti Shore D, měření součinitele difuze radonu, měření infračervených spekter spektrografem Shimadzu FTIR 8201PC s ATR jednotkou, měření spotřeby kyslíku bakterií a jejich produkce CO<sub>2</sub>, měření celkového počtu bakterií na vzorcích). Analýzy nadmolekulární struktury materiálů (DSC analýza, stanovení krystalinity) budou provedeny Ústavem makromolekulární chemie Akademie věd ČR v.v.i. Příspěvek shrnuje vlastnosti matečných vzorků stanovených na FSV ČVUT a SÚRO a je rozšířen o rešerši v oblasti ozařování polymerních materiálů alfa částicemi.

## INDUKOVANÁ FYTOEXTRAKCIA URÁNU KYSELINOU CITRÓNNOVOU

Ján Mihalík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

V rámci doktorskej práce zameranej na indukovanú fytoextrakciu uránu kyselinou citrónovou sme uskutočnili pokusy s cieľom akumulovať urán v nadzemnej biomase rastlín. Cieľom takého výskumu je odhaliť limity pre akumulovane prvkov v jednotlivých rastlinných orgánoch. Znalosti môžu byť využité v biotechnologických postupoch pri čistení alebo stabilizácii kontaminovanej pôdy. Dôkladné štúdium príjmu zároveň prináša poznatky o fyziologických procesoch pri prijímaní toxických kovov. Pre experimenty sme vybrali druhy, ktoré produkujú veľké množstvo biomasy v krátkom čase: vŕba (*Salix Smithiana*) a slnečnica (*Helianthus annuus*). Vŕba bola pre fytoextrakciu uránu použitá pravdepodobne prvýkrát napriek tomu, že je často používaná pre fytoextrakciu iných ťažkých kovov a prejavuje veľkú odolnosť voči ich toxickým účinkom. Slnečnica je známa svojou schopnosťou akumulovať urán v koreňoch. Experimenty prebiehali na kyslej piesčitej pôde. Základom pokusov bolo aplikovanie nízkej dávky kyseliny citrónovej (5 mmol.kg<sup>-1</sup>), ktorá ešte nemá fatálne následky na fyziológiu rastlín a zároveň sú ňou dosiahnuteľné významné koncentrácie uránu v listoch. Kyselina citrónová je prirodzeným exudátom koreňov, ktorý mobilizuje živiny v rizosfére a umožňuje transport kovov v xyléme. Obidva druhy rastlín dosiahli vysoký relatívny nárast koncentrácie, ktoré boli navzájom porovnateľné. Kým v poloprírodných podmienkach bol nárast koncentrácie U v listoch 17 - 22 násobný, v laboratórnych podmienkach sme dosiahli až 900 násobný nárast oproti kontrolnej skupine. Vo všetkých prípadoch bol najväčší relatívny nárast zaznamenaný v listoch. Dôležitým rozdielom medzi vŕbou a slnečnicou bola vysoká koncentrácia uránu v koreňoch slnečnice už v kontrolnej skupine. V koreňoch vŕby sme zaznamenali nárast až po aplikovaní kyseliny citrónovej. Pokúsili sme sa simulovať príjem koreňmi pomocou difúzie v tenkej vrstve (DGT). Adsorbcia v DGT ďaleko preyšuje príjem rastlinami a molárne pomery medzi kovmi v chelexe v DGT sú podobnejšie k pomerom v pôdnom roztoku než k pomerom v rastlinných orgánoch. Je to predovšetkým prejav regulácie živín pri prijímaní rastlinami, ktoré preferovaním Fe spôsobuje nárast pomeru medzi Fe a U v listoch oproti pôdnemu roztoku. Aplikáciou kyseliny citrónovej dochádza k zvýšeniu koncentrácie Fe v listoch, ale relatívne (oproti kontrolnej skupine) väčší nárast koncentrácie U spôsobuje pokles ich vzájomného pomeru. V koreňoch je dokonca pomer Fe:U väčší od 1. Vplyvom kyseliny citrónovej došlo iba k malému nárastu hmotnostnej aktivity <sup>226</sup>Ra v listoch slnečnice a vŕby. Od prvotného popisu akumulácie uránu len na základe jeho celkového obsahu v biomase sme sa prepracovali k štúdiu vzájomnej závislosti prvkov (U, Ra, Zn, Fe, Mn a Cu), ktorých príjem do rastliny bol ovplyvnený kyselinou citrónovou. Výskum prebieha v rámci projektu MV ČR: VF20102015014.



## MÁ NA DÁVKOVÝ PŘÍKON V ČR VĚTŠÍ VLIV RADON NEBO FUKUSHIMA?

Martina Škábová<sup>1</sup>, Kateřina Rovenská<sup>1</sup>, Jan Hradecký<sup>1</sup>, Barbora Marešová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

V areálu SÚRO Praha je dlouhodobě umístěná sonda Síť včasného zjištění (SVZ), jež měří kontinuálně příkon fotonového dávkového ekvivalentu (PFDE). Sonda obsahuje dva detektory, proporcionální a Geiger-Mullerův, které pokrývají široké rozpětí měřených příkonů. V návaznosti na havárii v japonské jaderné elektrárně Fukushima Dai-ichi byla s cílem zaznamenat navýšení hodnot dávkového příkonu gama resp. PFDE v důsledku přechodu vzdušných mas obsahujících radioaktivní částice uvolněné z havarované jaderné elektrárny zprovozněna v areálu SÚRO Praha citlivá ionizační komora GE Reuter Stokes RSS-112. Sondy byly umístěny v malé vzdálenosti od sebe ve výšce 1 m nad zemí. Naměřená data z obou přístrojů byla porovnána nejen s výsledky stanovení objemové aktivity radionuklidů ve vzorkovaném vzduchu a aerosolech (viz zvláštní příspěvek), ale také s časovým průběhem množství spadlých srážek ve sledovaném období a s objemovými aktivitami radonu v atmosférickém vzduchu. Analýza dat ukázala, že sonda RSS-112 vykazuje mírné zvýšení hodnot dávkového příkonu v době, kdy byly v laboratořích SÚRO naměřeny vyšší hodnoty objemových aktivit některých radionuklidů (zejména plynné formy <sup>131</sup>I). Zjištěné hodnoty ale v žádném případě neměly vliv na ozáření obyvatelstva na našem území. Je demonstrováno, že dávkové příkony naměřené v době srážek mohou být v závislosti na srážkovém úhrnu mnohem vyšší než hodnoty, jejichž původ je přisuzován jaderné havárii ve Fukushimě. Zvýšení dávkového příkonu gama v průběhu srážek je způsobeno vymýváním produktů přeměny radonu přítomných na prachových částicích ve vzduchu.

## ONLINE DATABASE OF MEASUREMENTS WITH THE SILICON SPECTROMETER LIULIN ON BOARD AIRCRAFT

Ondrej Ploc<sup>1</sup>, Iva Ambrožová<sup>1</sup>, Ján Kubančák<sup>1</sup>, František Spurný<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav jaderné fyziky AV ČR, Praha

Annual effective doses of aircrew from occupational exposure are typically up to 6 mSv, depending on the number of flight hours, route locations, and solar activity. In many cases, these doses exceed the limit for public exposure to ionizing radiation and thus ICRP recommended their monitoring. Radiation fields at aircraft altitudes are complex and difficult to measure experimentally. For this reason, the doses are estimated via computer codes that take into account flight parameters like aircraft location and altitude, and solar activity. It is generally accepted, that these calculations should be periodically verified by measurements. Precise measurements with tissue equivalent proportional counters are typically short-term only as these detectors are bulky and have only limited battery life. For long-term measurements, which are needed to cover the whole 11-year solar cycle, the silicon spectrometer Liulin is better suited. Liulin is an active dosimeter which records energy deposition events occurring in the semiconductor unit, and - if appropriately calibrated - it estimates neutron and non-neutron component of the ambient dose equivalent. This paper presents a database of long-term measurements performed on board aircraft with the Liulin detector. The measurements have started in 2001. For one run, Liulin was placed in the cabin of a Czech Airlines aircraft for approximately 50 days. So far 29 runs have been performed by now, included 3 185 flights and almost 17 000 flight hours. Flights were flown from Prague to destinations with vertical cut-off rigidities ranging from 1 GV to 17 GV. The most frequent were transatlantic flights from Prague to New York and to Canada. The database comprises more than 105 records where each record contains information on: energy deposition spectra, absorbed dose rates and dose equivalent rates measured with Liulin, date and time, geographic coordinates and altitude. The data are available on the Internet (<http://hroch.ujf.cas.cz/~aircraft/>). The database can be used for instance for verification of computational programs routinely used for estimation of aircrew exposure to cosmic radiation.

## **РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Сергей Киреев<sup>1</sup>, Сергей Обризан<sup>1</sup>, Денис Вишневский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Государственное специализированное предприятие “Чернобыльский радиозоологический центр” (ГСНПП “Экоцентр”) МЧС Украины, г. Чернобыль, Украина

Радиационно-экологический мониторинг является одним из обязательных видов деятельности в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, что определено законодательством Украины.

Система радиационно-экологического мониторинга в зоне отчуждения прошла 25-летний путь становления и развития в сложных условиях, которые определялись высокими уровнями радиоактивного загрязнения, их значительными градиентами и неоднородностью, динамикой во времени, антропогенной деятельностью, статусом зоны отчуждения как радиационно-опасной и территории, с которой проведена в 1986 г. эвакуация населения.

В докладе дан анализ мероприятий, направленных на управление радиационной и экологической ситуацией в первые годы после Чернобыльской катастрофы. Среди этих мероприятий были и неэффективные, такие как масштабная дезактивация населенных пунктов, сельскохозяйственных полей и лесов. Одной из причин низкой эффективности является сложность ландшафтно-геохимических условий Припятского Полесья и неоднородностью радиоактивных выпадений. Уникальное сочетание техногенных особенностей аварии и природных условий территории определило формирование чрезвычайно сложной радиозоологической ситуации.

В середине 1990-х годов исследованиями доказано преобладающую роль природных процессов в формировании радиозоологической ситуации в зоне отчуждения. Была сформирована концепция управления, которая базируется на мониторинге тех объектов и процессов окружающей среды, которые играют ключевую роль в депонировании и миграции радионуклидов.

В докладе даются сведения о распределении основных радионуклидов чернобыльского происхождения в природных и техногенных системах зоны отчуждения, и потоках миграции за пределы зоны.

В связи с тем, что формирование доз облучения персонала и населения не является равномерным, вводится понятие “индекс радиационной опасности” применительно к вероятным событиям и процессам.

Современная радиационно-экологическая ситуация в зоне отчуждения носит признаки динамизма, сложности, стохастичности, инерционности, неравномерности развития.

Организация системы мониторинга зоны отчуждения подчиняется принципам непрерывности наблюдений, зональности, гибкости, ориентации на значимые факторы среды, резервного реагирования на чрезвычайные ситуации.

Дается характеристика сети мониторинга и возможностей аналитических лабораторий.

В ближайшей перспективе в зоне отчуждения будет реализован ряд инженерных проектов - сооружение нового безопасного конфайнмента, пуск комплекса производств “Вектор”, выведение из эксплуатации водоема-охладителя ЧАЭС. Все эти события, бесспорно, вызовут существенные изменения радиационной ситуации на всей территории зоны отчуждения. Таким образом, возникает необходимость в дальнейшей модернизации существующей системы мониторинга.

## PŮLSTOLETÍ S RADONEM V OSOBNÍ ANGAŽOVANOSTI

Josef Thomas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Státní ústav radiační ochrany, Praha

Zavzpomínám k těmto aspektům radonové problematiky v průběhu let 1956 – 2011:

- radon jako problém: zdravotnický, fyzikální, technický, ekonomický, legislativní, politický, administrativní, psychologický (percepce rizika), osvětový, ...
- průkaz kauzality zdravotních účinků: kritéria kauzality, známo od Agricoly, epidstudie, Hdb. WHO 2010; závažnost rizika, distribuce rizika
- percepce rizika radonu: obyvatelé Jáchymova x majitelů domů START, radon x kouření, fobie z Hirošimy a Nagasaki, Černobyli a Fukushimy ano, z radonu zřídka
- -hodnocení rizika radonu – finanční ekvivalent manSv – cost benefit analýza – cost effectiveness analýza, EU doporučení
- -radon jako politikum – totalitární a demokratický přístup, politická vůle řešit, odpovědnost vůči profesní expozici x expozici obyvatelstva = kapitola v státním rozpočtu + institucionalizace problematiky – radonový zákon x stavební zákon
- problém je řešitelný, přístupy rozmanité, čeho lze dosáhnout?

## ŠTÚDIUM VLASTNOSTÍ AKTÍVNEHO UHLIA POUŽÍVANÉHO PRI MERANÍ NÍZKYCH AKTIVÍT RADÓNU

Monika Müllerová<sup>1</sup>, Karol Holý<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej fyziky FMFI UK, Bratislava

V súčasnosti medzi aktuálne vedecké otázky patrí aj štúdium bezneutínovej dvojitej beta premeny atómových jadier. Týmto problémom sa zaoberal experiment NEMO3, ktorý bol uskutočňovaný v podzemných laboratóriách v Modane a v budúcnosti tiež pripravovaný experiment SuperNEMO. Ako sa ukazuje, tak objemová aktivita radónu tvorí nezanedbateľnú časť pozadia, ktoré nepriaznivo ovplyvňuje rozoznanie eventov, ktoré mohli vzniknúť v dôsledku dvojitej beta premeny. Eliminácia radónu v náplni detekčného systému NEMO je dôležitým predpokladom úspechu tohto experimentu. Jedným z hlavných cieľov je ohodnotiť rádioaktivitu jednotlivých konštrukčných súčastí a určiť z nich exhaláciu radónu do detekčného systému. Najpoužívanejšou metodikou určovania exhalácie radónu je akumulčná metóda. Táto metóda je založená na meraní nárastu radónu v závislosti od doby, počas ktorej je vzorka uzavretá v akumuláčnej nádobe. V našich experimentoch po nahromadení radónu v utesnenej nádobe (dni až týždne) je všetok radón adsorbovaný na kolónkach s aktívnym uhlím (chladených na teplotu približne  $-40^{\circ}\text{C}$ ) a potom je transportovaný do scintilačnej komôrky Lucasovho typu pre meranie aktivity  $^{222}\text{Rn}$ . Pôvodne sme používali pre adsorpciu radónu aktívne uhlie štandardne dodávané slovenskými chemickými dodávateľmi. V poslednom období sme prešli k nemeckému aktívnemu uhliu Silcarbon, v ktorom je obsah  $^{226}\text{Ra}$  a  $^{232}\text{Th}$  desaťkrát nižší než u pôvodne používaného aktívneho uhlia. Experimentálne sme získali krivku nárastu vlastného radónového pozadia aktívneho uhlia Silcarbon. Z kolón s aktívnym uhlím zoradených za sebou sme získali závislosti účinnosti záchytu radónu na aktívnom uhlí pri rôznych teplotách chladenia a tiež pri rôznych rýchlostiach čerpania radónového vzduchu cez aktívne uhlie. Zo získaných informácií sme vybrali najvhodnejšiu kombináciu teploty chladenia a prietoku tak, aby sa dosiahla čo najvyššia účinnosť záchytu radónu na prvej kolóne aktívneho uhlia. Zmena aktívneho uhlia a optimalizácia jeho prevádzky nám umožňuje merať exhaláciu radónu z rôznych materiálov až do úrovne  $3 \cdot 10^{-9}$  Bq/s.

## DVOJFILTROVÝ DETEKČNÝ SYSTÉM PRE KONTINUÁLNE MONITOROVANIE RADÓNU

Karol Holý<sup>1</sup>, Attila Moravcsík<sup>1</sup>, Monika Müllerová<sup>1</sup>, Alena Bujnová<sup>1</sup>, Martin Bulko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jadrovej fyziky FMFI UK, Bratislava

Kontinuálne monitorovanie je predpokladom nepretržitého získavania údajov o koncentrácii radónu ( $^{222}\text{Rn}$ ) v rôznych prostrediach s cieľom postrehnúť dynamiku a príčiny jej zmien, ale aj s cieľom využitia radónu ako stopovača rôznych environmentálnych procesov. V posledných 20. rokoch bolo vyvinutých niekoľko typov kontinuálnych monitorov, z ktorých len niektoré splňujú požiadavky na meranie koncentrácií radónu na úrovni  $1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  s dostatočnou presnosťou. Spravidla podmienkou dosiahnutia dostatočne nízkych detekčných limitov je detekcia radónu, resp. jeho produktov premeny, z veľkých objemov vzduchu pri dostatočne nízkom pozadí detekčného systému. Jednou možnosťou ako zistiť údaje o koncentrácii radónu na základe merania jeho produktov premeny zachytených z veľkého objemu vzduchu je tzv. dvojfiltróva metóda, ktorú vyvinuli pre diskontinuálne meranie Thomas a LeClare s tým, že exponovaný filter sa pre vyhodnotenie jeho integrálnej alfa aktivity premiestni pod detektor. V našom príspevku je prezentovaná možnosť použitia dvojfiltróvej metódy pre kontinuálne meranie radónu. Testovaný detekčný systém pozostáva zo vstupného filtra o priemere 80 mm, ktorý zachytáva aerosóly obsiahnuté v presávanom vzduchu, akumuláčnej nádoby o objeme 200 l, v ktorej sa hromadia nové produkty premeny z radónu nachádzajúceho sa v presávanom vzduchu a druhého filtra s priemerom 25 mm, na ktorom sa zachytávajú produkty premeny vzniknuté z nahromadeného radónu v akumuláčnej nádobe. Približne 4,5 mm nad druhým filtrom sa nachádza kremíkový detektor s povrchovou bariérou, o citlivej ploche  $450 \text{ mm}^2$ , pre detekciu alfa častíc emitovaných produktmi premeny radónu zachytených na filtri. Vzduch cez detekčný systém je presávaný kontinuálne rýchlosťou  $15 \text{ l}/\text{min}$ . Problém určenia objemovej aktivity radónu z nameraného počtu impulzov od alfa premeny izotopov  $^{214}\text{Po}$  a  $^{218}\text{Po}$  bol vyriešený tzv. Ward-Borakovou kalibráciou detekčného zariadenia. V režime dvojhodinových meracích intervalov umožňuje testovaný detekčný systém merať objemovú aktivitu radónu  $^{222}\text{Rn}$  na úrovni  $1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  s relatívnou neistotou 20 %. Bolo ukázané, že detekčný systém reaguje na zmeny koncentrácie radónu v bytovom priestore i vo vonkajšej atmosfére v zhode s inými kontinuálnymi monitormi radónu používanými na našom pracovisku. Pretrvávajúcim problémom je nízka účinnosť zberu produktov premeny vytvorených v akumuláčnej nádobe na druhý filter detekčného systému.

## **MONITORY OBJEMOVÉ A EKVIVALENTNÍ OBJEMOVÉ AKTIVITY RADONU**

Petr Halas<sup>1</sup>, Petr Borek<sup>1</sup>, Pavel Kratochvíl<sup>1</sup>, Jiří Dostál<sup>2</sup>, Petr Okruhlica<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VF, a. s., Černá Hora

<sup>2</sup> AMEC, a.s. ČR

Poster popisuje realizaci projektu výzkumu a vývoje v období 2009-2011 ve společnosti VF, a.s. v rámci programu průmyslového výzkumu a vývoje TIP vyhlášeného Ministerstvem průmyslu a obchodu. Výsledkem projektu je zhotovení a ověření funkčního vzorku monitorovacího systému pro měření objemové aktivity radonu a ekvivalentní objemové aktivity radonu, jehož součástí je měřicí řetězec s využitím polovodičových detekčních prvků a technologie pro odběr vzdušiny.

## **SEKCIA VIII.**

### **VZDELÁVANIE**

(nové trendy vo výchove radiačných expertov, lekárskech fyzikov a stakeholderov)



## RADIAČNÁ OCHRANA NA STREDNÝCH ŠKOLÁCH - NOVÉ FORMY VZDELÁVANIA

Oľga Holá<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FCHPT STU, Bratislava

Vo vzdelávacích programoch základných a stredných škôl sa v súčasnosti v Slovenskej republike realizujú radikálne zmeny, ide ako o redukciu kvantity učiva prírodovedných predmetov, ale v mnohých prípadoch aj o zníženie kvality výučby. Nazdávame sa, že musíme s propagáciou a vzdelávaním k vede začínať už na úrovni stredných škôl a stále hľadať nové formy, ktoré by pomohli prekonať všeobecnú averziu k prírodovede a technike v spoločnosti. K zlepšeniu situácie prispievame riešením projektu APVV LPP-0230-09 „Fyzika a chémia v našom živote dnes a zajtra“, v ktorého rámci máme zahrnuté aj tematické okruhy o ionizujúcom žiarení a radiačnej ochrane. Snažíme sa o popularizáciu prírodovedy všeobecne, súčasne aj o prezentáciu vedecko-výskumných výsledkov našej fakulty. Využívame rôzne formy prenosu informácií na stredné školy. Každoročne usporadúvame Dni otvorených dverí na fakulte s tematickými prednáškami, jarmokom experimentov a prezentácií, zúčastňujeme sa Noci výskumníka, Týždňa vedy a techniky na Slovensku, spolupodieľame sa na školeniach stredoškolských učiteľov prírodovedných predmetov. Jedna z najefektívnejších foriem, ktorú na dosiahnutie cieľa využívame sú prednáškovo-experimentálne výjazdy na stredné školy v SR. Takéto akcie pozostávajú z powerpointovej prezentácie prednášky na danú tému, z našich videofilmov, resp. internetových appletov, ako aj z demonštrácií a experimentov. Z oblasti ionizujúceho žiarenia máme pripravené nasledovné témy: Rádioaktivita - strašiak ľudstva alebo náš súputník; Vznik rentgenového žiarenia a jeho využitie; Poznáte princípy činnosti CT, MRI, ultrazvuku, PET -ky?; Nukleárna medicína - otvorené žiariče v diagnostike a terapii; Využitie silných magnetov - cyklotróny, synchrotrony. K spomínaným témam máme pripravených 9 videofilmov vlastnej produkcie. Sprostredkovaním vedomostí snažíme sa prekonať prirodzený strach študentov z neznáameho a našim hlavným cieľom je zvýšenie motivácie a záujmu mladých ľudí o prírodné a technické vedy všeobecne.

## INOVACE BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO ZAMĚŘENÍ RADIAČNÍ OCHRANA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Lenka Thinová<sup>1</sup>, Aleš Froňka<sup>2</sup>, Jiří Martinčík<sup>1</sup>, Kateřina Rovenská<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FJFI ČVUT, Praha

<sup>2</sup> SÚRO, Praha

Rozvoj jaderných zařízení a pracovišť využívajících ionizující záření s sebou nese zvýšení rizika plošné kontaminace životního prostředí radioaktivními látkami. Dalším rizikem je zneužití radioaktivních zdrojů při teroristických útocích. V souvislosti s těmito skutečnostmi roste potřeba vychovat kvalitní odborníky pro tuto specifickou oblast ochrany obyvatelstva a dodržování legislativních pravidel. Chceme vychovávat odborníky, kteří budou mít znalosti v oblasti fyziky ionizujícího záření a jeho detekce. Budou schopni analyzovat kritickou situaci a navrhnout a hlavně provést měřicí a hodnotící postupy tak, aby nedošlo ke zbytečnému ohrožení zdraví či kontaminaci životního prostředí. Budou umět citlivě informovat veřejnost, pracovat s radiofobií. Cílem projektu v rámci Operačního programu Praha - Adaptabilita v prioritní ose Modernizace počátečního vzdělávání „Inovace bakalářského studijního zaměření Radiační ochrana a životní prostředí“ je lépe připravit studenty pro nástup do praxe, která se rychle vyvíjí a připravit je na řešení aktuálních požadavků společnosti. Inovace spočívá v aktualizaci přednášek tří stěžejních předmětů a přípravě skript, jejichž absence ztěžuje přípravu studentů. Dále vytvoření dvou nových předmětů a to přednášek a řady praktických úloh ve spolupráci s předními pracovišti v oboru, kde mohou najít studenti po absolvování uplatnění. Inovované i nové přednášky mohou navštěvovat jako volitelné také ostatní studenti fakulty. Vytvoření sbírky drobných objektů s různou radioaktivitou, které budou použity v praktických cvičeních, umožní studentům zlepšit praktické dovednosti v detekci záření různého typu. Cílem projektu je též podpora akademických pracovníků v jejich profesním růstu absolvováním kurzů statistického zpracování dat. Pomocným prostředkem k dosažení cílů projektu je využití napojení na střední školství pro zvýšení zájmu studentů gymnázií o studium technických oborů přiblížením aktuálních problematik. Projekt je plánován na 24 měsíců. Tento projekt financuje Operační program Praha - Adaptabilita Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti, Evropský sociální fond.

## RADIOLOGICKÁ FYZIKA NA FJFI ČVUT V PRAZE

Martin Steiner<sup>1</sup>, Tomáš Čechák<sup>1</sup>, Kateřina Vávrů<sup>1</sup>, Tomáš Urban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FJFI ČVUT, Praha

Radiologická fyzika je mladý studijní obor, který vychovává výzkumné a zdravotnické pracovníky v oblasti aplikace ionizujícího záření v medicíně. Na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské v Praze („jaderné fakultě“), Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření („katedře“) se tento obor pod různými názvy vyučuje od konce 90. let a do dnešní doby jej absolvovalo přes 60 studentů, z nichž přibližně dvě třetiny nastoupily do klinické praxe. Obor nabízí široké uplatnění absolventů ve zdravotnictví, výzkumu i soukromém sektoru. Vybudování a rozvíjení nového oboru na fakultě v souladu s mezinárodními doporučeními bylo obtížným procesem, na kterém se významnou měrou kromě prof. Ing. Tomáše Čecháka, CSc. a prof. Ladislava Musílky, CSc. podíleli také tehdejší studenti doktorského studia, zejména Ing. Pavel Dvořák, Ph.D., Ing. Martin Soukup, Ph.D., Ing. Jan Hrbáček, Ing. Irena Koniarová, Ph.D., Ing. Daniela Kotalová, Ing. Leoš Novák a Ing. Jiří Trnka, Ph.D. Radiologická fyzika se na jaderné fakultě specializuje na tři medicínské obory využívající ionizující záření: radiodiagnostiku, nukleární medicínu a radiační onkologii. Všechny prodělaly v posledních letech velmi rychlý technický rozvoj, který neustále pokračuje, a to klade značné nároky na rozšiřování znalostí radiologických fyziků. Na jaderné fakultě v současné době probíhá inovace studijních programů včetně vytvoření nových předmětů. Tato aktivita je hrazena ze strukturálních fondů EU za podpory Hlavního města Prahy (Operační program Praha Adaptabilita). Systém vzdělávání lékařských fyziků v České republice výrazně změnil zákon 96/2004 Sb. Ten určil podmínky pro vzdělání všech nelékařských zdravotnických pracovníků a stanovil v zásadě dva stupně způsobilosti pro výkon povolání, tj. odbornou způsobilost po třech letech praxe specializovanou způsobilost, umožňující vykonávat profesi bez odborného dohledu. Odborná způsobilost může být podle tohoto zákona dosažena buď absolvováním akreditovaného zdravotnického magisterského studijního oboru pro přípravu radiologických fyziků, nebo akreditovaného magisterského studijního oboru matematicko-fyzikálního zaměření a Akreditovaného kvalifikačního kurzu Radiologická fyzika. V souladu s tímto zákonem jaderná fakulta akreditovala v roce 2004 obor Radiologická fyzika. Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví (IPVZ) připravil ve spolupráci s jadernou fakultou Akreditovaný kvalifikační kurz (AKK) Radiologická fyzika. V současné době použity tyto instituce umožňují získat odbornou způsobilost pro výkon povolání radiologického fyzika bez odborného dohledu. Nyní vychovává jaderná fakulta v průměru 4-10 radiologických fyziků ročně. K nim se přidává velmi malý počet studentů z jiných fakult, kterým se podaří splnit počty hodin absolvovaných matematických a fyzikálních předmětů nezbytných pro vstup do AKK. Vzniká tak napětí mezi odbornou komunitou, která pociťuje nedostatek radiologických fyziků, a vzdělávacím systémem (vysoká škola + AKK), který nezajišťuje dostatek vysoce kvalifikovaných odborníků. Řešit tuto situaci trvale lze jedině účinnou propagací oboru Radiologická fyzika. Účinná propagace oboru znamená: \* zajistit kvalitní studium, což samo zajišťuje dobrou reklamu mezi studenty, zřídí kvalitní webové stránky, ze kterých bude absolventům gymnázií a studentům nižších ročníků VŠ zřejmé, že se jedná o živý a atraktivní obor, nabízet široké veřejnosti a především středním školám aktivity, které mohou mladé lidi nasměřovat směrem k fyzice, zapojit odborníky z oboru a z jiných blízkých profesí do rozvoje koncepce oboru, vyvážený výzkum a kvalitní vedení studentů při psaní závěrečných prací navázat spolupráci s novými klinickými a výzkumnými centry (PTC Praha, OncoRay Dresden, ...) a nabízet studentům společně s profesní organizací (ČSFM) se kolektivně zasadit o to, aby tento obor byl důstojnější, respektovaný, známý, lépe placený a tím více atraktivní. V současné době vzniká na katedře nová koncepce, jejímž cílem je učinit studium radiologické fyziky kvalitnější a atraktivnější. Katedra je přístupná všem podnětům odborníků, ale i absolventů studia a stávajících studentů, které pomohou při dosažení tohoto cíle.

## **RADONOVÝ PROGRAM ČR - PROJEKTY PRO ŠKOLY**

Kateřina Rovenská<sup>1</sup>, Ivana Fojtíková<sup>1</sup>, Aleš Froňka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Státní ústav radiální ochrany, Praha

Podle výzkumu informovanosti provedeného v ČR v roce 2010, ví o působení radonu na zdraví téměř 90 % občanů starších 18 let. Jejich znalosti jsou ale poměrně povrchní, a není jednoduché odhadnout, jakým způsobem se tito lidé zachovají v případě, že se zvýšené koncentrace radonu vyskytnou u nich doma. Z tohoto důvodu je v Radonovém programu ČR - Akčním plánu, který letos vstoupil do svého druhého roku, kladen velký důraz na informovanost. Je známo, že nové znalosti se nejlépe vstřebávají v mladším věku, kdy si mladiství vytvářejí ucelený přehled o světě. Proto se SÚRO pokusilo navázat kontakty na středních školách a přiblížit studentům radonovou problematiku novou, netradiční formou. V únoru 2011 byla vyhlášena studentská soutěž.

## **IMPLEMENTÁCIA INOVATÍVNYCH PRÍSTUPOV K PARTICIPÁCII VEREJNOSTI PRI UKLADANÍ RÁDIOAKTÍVNYCH ODPADOV (IPPA PROJEKT 7RP)**

Adela Mršková<sup>1</sup>, Jozef Prítrský<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DECOM a.s., Trnava

Jedným z kolaboratívnych projektov 7 rámcového programu Európskej Komisie je aj projekt IPPA – Impementing Public Participation Approaches in Radioactive Waste Disposal.

Cieľom projektu je vytvorenie „arény“= bezpečného prostredia, kde rôzne dotknuté strany môžu vzájomne zlepšovať svoje porozumenie problematike ukladania rádioaktívnych odpadov a ovplyvňovať svoje názory.

Na jednej strane sa projekt snaží využiť výsledky výskumov a skúsenosti s implementáciou skúmaných prístupov v iných projektoch a na druhej strane je tu snaha o získanie spätnej väzby na uvedené vedomosti a výskum. Výskumný projekt nadväzuje na predchádzajúce výskumné projekty v rámci 5. a 6. rámcového programu EU (ARGONA, COWAM, OBRA, <http://www.radwastegovernance.eu/>) a tiež na skúsenosti s prácou s verejnosťou pri úspešnom výbere lokality hlbinného úložiska RAO v severských krajinách Švédska a Fínsku.

Jedným z čiastkových riešení projektu je tiež implementácia modelu RISCOM, úspešne využitého pri zapojení verejnosti do výberu lokality hlbinného úložiska vo Švédsku, v Slovenských podmienkach. V priebehu nasledujúcich dvoch rokov budú v rámci projektu vytvorené pracovné skupiny a zorganizované semináre a okrúhle stoly, kde bude vytvorený priestor pre stretnutie a diskusiu rôznych stakeholderov na tému výberu lokality hlbinného úložiska rádioaktívnych odpadov.

## ASPEKTY RADIAČNÍ OCHRANY VÝZKUMNÉHO REAKTORU MALÉHO VÝKONU PŘI EXPERIMENTÁLNÍ VÝUCE A VZDĚLÁVÁNÍ.

Antonín Kolros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra jaderných reaktorů, FJFI ČVUT, Praha

Je popsán způsob praktické výuky studentů a odborného personálu jaderných zařízení z ČR a SR v oblasti radiační ochrany v rámci reaktorových experimentů na školním reaktoru VR-1 Vrabec (FJFI ČVUT), kdy radiační ochrana je přirozenou esenciální součástí každé výuky a činnosti na reaktoru. Je prezentován i reaktorový výukový modul „Radiální ochrana a dozimetrie“ vytvořený pro výcvikové kurzy IAEA - EERRI Group Fellowship Training Programme on Research Reactors (2010, 2011), které jsou určeny pro vzdělávání budoucího personálu výzkumných reaktorů v členských zemích IAEA mající zájem o rozvoj jaderné energetiky, ale s malou zkušeností z této oblasti. Výukový modul byl zaměřen na praktické aspekty radiační ochrany a jeho ideou bylo, že radiační situace v okolí reaktoru malého výkonu zaměřeného na experimentální reaktorovou fyziku je limitujícím faktorem při jeho provozu a vyžaduje kompromis mezi ozářením personálu a dalších osob, výkonem reaktoru, rozsahem experimentů, aktivitou jaderného paliva, masivností stínění a možnostmi manipulací v aktivní zóně reaktoru. Náplní bylo nejenom seznámení s organizací činnosti práce v kontrolovaném pásmu, způsob zajištění vstupů a výstupů, seznámení s přístrojovým vybavením nezbytným pro radiační měření ale i způsob zajištění radiační kontroly při provozu reaktoru, měření radiační situace při manipulaci s použitým jaderným palivem a její sledování v závislosti na zvyšovaném výkonu reaktoru. Účastníci používali různé typy přenosných měřičů dávkového příkonu gama a neutronů (10" bonner), pro sledování spektra záření gama pak přenosný polovodičový HPGe systém. V souladu s náplní výukového modulu se účastníci pohybovali ve směsném prostorovém poli záření gama a neutronů, které krátkodobě při maximálním výkonu reaktoru VR-1 (5 kWt) dosahovalo příkonu dávkového ekvivalentu až 100  $\mu$ Sv.hod<sup>-1</sup> a zjišťovali i „průstřely“ záření gama nad vertikálními ozařovacími kanály o dávkovém příkonu gama 1 až 2 mGy.hod<sup>-1</sup>. Závěr výukového modulu patřil vyhodnocení ozáření jednotlivců, způsobu evidence dávek, diskuzi k optimalizaci radiační ochrany. Výukový modul „Radiální ochrana a dozimetrie“ byl v září 2011 v rozšířené podobě využit i v rámci programu vzdělávání inspektorů - lektorů SÚJB realizovaném na reaktoru VR-1 Vrabec.

## RADIAČNÁ SITUÁCIA OCHRANNÉHO PÁSMA ČERNOBYĽA

Róbert Hinca<sup>1</sup>, Matúš Stacho<sup>1</sup>, Andrej Javorník<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ÚJFI FEI STU, Bratislava

V septembri 2011 Slovenská nukleárna spoločnosť zorganizovala odbornú expedíciu do ochranného pásma havarovanej jadrovej elektrárne Černobyl'. Do ochranného pásma s polomerom približne 30 km okolo elektrárne je už 25 rokov obmedzený prístup a trvalý pobyt je oficiálne zakázaný. Napriek tomu tu býva okolo 350 ľudí, ktorí odmietli evakuáciu alebo sa sem z rôznych príčin vrátili. Celá zóna má režim kontrolovaného pásma. Vstup a výstup spolu s prezliekarniami, hygienickými slučkami a kontrolou zamorenia je umiestnený na železničnej stanici, kam prichádzajú smenové vlaky privádzajúce a odvádzajúce obsluhujúci personál z mesta Slavutyč. Kontaminácia územia je veľmi nerovnomerná, pričom najkontaminovanejšie časti lesa boli rekultivované a znovu vysadené. Na najviac postihnutom mieste prírody v tzv. „hrdzavom lese" expedícia odobrala na laboratórne analýzy vzorky rastlín a pôdy a mapovala „ad hoc" úrovne dávkových príkonov. Na miestach ktoré sú dobre omývateľné - betónové alebo asfaltové chodníky a cesty sa dávkový príkon vo vzdialenosti 1m nad povrchom pohyboval na úrovni od 250 do 450 nSv/hod a na miestach kde sa zdroje žiarenia mohli lepšie naviazať dosahovali úrovne nad 1 uSv/hod. Počas nášho pobytu sme videli najviac ožiarené miesto v areáli elektrárne v bezprostrednej blízkosti havarovaného bloku, kde systém radiačnej situácie hlásil 22 uSv/hod. Hlavnými sledovanými kontaminantmi sú cézium - 137, ktoré prevláda v gama spektrách na všetkých miestach meraní. Z gama spektier sa dali vyhodnotiť ako kontaminanty ešte rádionuklidy amerícium - 241 a európium - 154. V povrchových vodách je hlavným sledovaným kontaminantom stroncium - 90. V prírodnom kanále chladiacej vody je obsah stroncia nad 10 kBq/m<sup>3</sup>. Umelo vybudované chladiace jazero vykazuje obsah stroncia na úrovni do 10 kBq/m<sup>3</sup>, Medzi alfa kontaminantmi prevládajú rádionuklidy plutónia - 238, 239 a 240 a amerícia - 241. Radiačná situácia sa postupne mení a vyvíja sa v závislosti od hydrometeorologických podmienok. Samotná príroda sa s radiáciou vysporiadala udiviteľným spôsobom. Po prvých rokoch, keď bola úroveň radiácie najvyššia vyhynuli niektoré citlivé alebo radiáciou poškodené druhy rastlín a zvierat. Hlavne sa to týkalo sosnového lesa v bezprostrednej blízkosti havarovaného reaktora. Teraz sa príroda búrlivo rozmáha. V celej zóne bolo zaregistrovaných okolo 400 druhov zvierat, z toho 280 druhov vtákov a 50 ohrozených druhov. Sami sme boli svedkami, keď sa na tráve pri ceste páslo stádo divokých koní Przevalského. Celkovo sa ich tu nachádza okolo 90 z pôvodne umelo nasadeného stáda zo 17 jedincov. Trávnik v meste Pripjat' bol rozrytý diviakmi a podľa miestnych pracovníkov nami navštíveného „Ekocentra" sa v celej zóne nachádzajú napríklad losy, vydry, bobry, orly vzácny žeriav šedý alebo zubor. Tak sa z najviac postihnutej zóny postupne vytvorila de facto i de jure rezervácia, ktorá láka výskumníkov z celého sveta na pozorovanie následkov života v rádioaktívnom prostredí.