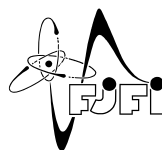


XXXV. Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Třeboň, Jižní Čechy
11.–15. 11. 2013



Česká společnost ochrany před zářením
Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Programový výbor:

Ing. Marie Davídková, CSc.

Ing. Ludmila Auxtová

prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.

Ing. Dana Drábová, Ph.D.

Mgr. Aleš Froňka

Ing. Ivana Horáková, CSc.

Ing. Jiří Hůlka

prof. MUDr. Vladislav Klener, CSc.

Ing. Irena Malátová, CSc.

RNDr. Ladislav Moučka

doc. RNDr. Denisa Nikodemová, Ph.D.

Ing. Karla Petrová

RNDr. Zdeněk Rozlívka

doc. Ing. Tomáš Trojek, Ph.D.

RNDr. Josef Thomas, CSc.

Organizační výbor:

Tomáš Urban

Tomáš Čechák

Eva Čermáková

Lenka Dragounová

Jan Hradecký

Kamila Johnová

Hana Linhartová

Jiří Martinčík

Matěj Navrátil

Kateřina Navrátilová-Rovenská

Kateřina Pilařová

Eva Prášilová

Pavel Solný

Markéta Šmejkalová

Václav Štěpán

Lenka Thinová

XXXV. Dny radiální ochrany

sborník abstraktů

Editor

Václav Štěpán

Vydalo

České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Kontaktní adresa

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření,
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze,
Břehová 7, 115 19, Praha 1

Kontaktní osoba

Tomáš Urban tel. +420 224 358 239

Sazba

Vít Zýka a Václav Štěpán

Tisk

Česká technika – nakladatelství ČVUT
(<http://www.cvut.cz/cs/struktura/ctn>)

Vydáno

Praha, listopad 2013

Počet stran

171

ISBN

978-80-01-05356-0

Úvodní slovo

Jsem z nové generace vědeckých pracovníků, která v oboru pracuje pouze několik málo let a která se k výzkumu a práci v jaderném oboru dostala s přesvědčením, že se jedná o moderní, zajímavý a rozvíjející se obor, který má v dnešní nejisté době budoucnost a hlavně smysl. Tento rok jsem dostala příležitost napsat pár slov jako úvod ke sborníku abstraktů pro konferenci, kterou já osobně považuji za jednu z nejzajímavějších konferencí v roce. Proto mi dovoluje podělit se s Vámi o několik málo postřehů.

Jako každý rok máme možnost setkat se s lidmi z různých oborů, které spojuje práce s „jádreem“. Tímto setkáním si nejenom rozšíříme přehled o oboru, ale zároveň máme možnost neformálního setkání s kolegy, spolupracovníky a se zajímavými lidmi nejen ze stejného oboru. V dnešní době není samozřejmě problém komunikovat mezi kontinenty v reálném čase, ale osobní setkání a rozhovor je stále nenahraditelný. Tato setkání se mohou pozitivně projevit i v našem profesním životě, protože s lidmi, se kterými se známe z neformálního setkání, se nám lépe řeší pracovní i soukromé záležitosti.

Každý obor má své konference, které bývají úzce oborově zaměřené. Konfe-

rence „Dny radiační ochrany“ naopak spojuje lidi z různých odvětví (jaderná energetika, zdravotnictví, ...), které mají ale zároveň společné téma – radiační zátěž. Navíc jsem sama i díky této konferenci poznala, že má práce není jenom to, co se přímo dotýká mé profese, ale zároveň je to i osvěta širší veřejnosti, aby lépe porozuměla problémům, o kterých může slyšet v médiích. Se vzrůstající dostupností informací z nejrůznějších zdrojů (zejména internetu a televize), je tento úkol ještě důležitější a občas i složitější, zejména proto, že řada informací, které má veřejnost k dispozici bývá nepřesná, nebo dokonce nesprávná. I proto jsem ráda, že široký tematický okruh přednášek a plakátových sdělení mi umožní setkat se a seznámit se s tématy, které bych v mé praxi nepoznala, ale které mi mohou pomoci a rozšířit mé obzory.

Těší mne, že mohu strávit jeden pracovní týden s lidmi z různých koutů země a různých oborů v krásném historickém prostředí města Třeboně, které toho může hodně nabídnout. Věřím, že tradice této konference bude pokračovat i v dalších letech a budeme se moci těšit na další nové informace, zároveň doplněné o zajímavé kulturní zážitky.

Hana Linhartová, KDAIZ FJFI

Sponzoři

Hlavní sponzoři

Canberra–Packard, s. r. o. www.cpce.net



ENVINET a. s. www.envinet.cz



VF, a. s. www.vf.cz



Další sponzoři

AFRAS Energo s. r. o. www.afras-energo.cz



CRYTUR, spol. s. r. o. www.crytur.com



GEORADIS s. r. o. www.georadis.com



QRV Systems s. r. o. www.qrv.cz



RDS – Ing. Petr Šimeček www.rdsys.cz



ÚJV Řež, a. s. www.ujv.cz



V.M.K., spol. s. r. o. www.vmk-rtg.cz



Obsah

Úvodní slovo	1
Sponzoři	2

Pondělí

Úvodní přednáška

První radioizotopy pro Československo po r. 1945 <i>Emilie Těšínská</i>	17
--	----

Biologické účinky záření a zdravotní hlediska – 1

Kombinované působení radonu a kouření – aditivní nebo multiplikativní? <i>Ladislav Tomášek</i>	18
Leukémie ve vztahu k expozici ionizujícímu záření <i>Tomáš Müller</i>	19
Riziko leukémie ve vztahu k expozici radonu v uranových dolech a v domech <i>Ladislav Tomášek</i>	20
Biodozimetrie u uranových horníků a pracovníků radonových lázní <i>Friedo Zölzer, Zdeněk Hon, Zuzana Freitinger Skalická, Renata Havránková, Leoš Navrátil, Jozef Rosina, Jiří Škopek</i> . . .	21
Analýza hypersenzitivity buněk při nízkých dávkách <i>Antonín Sedlák</i>	22
Odezva kultur lidských neonatálních fibroblastů na protonové záření <i>Anna Michaelidesová, Jana Vachelová, Alexandra Litvinchuk, Martin Falk, Iva Falková, Vladimír Havránek, Jan Štursa, Vladimír Vondráček, Marie Davidková</i>	23
Vliv nepřímého účinku na komplexní poškození DNA při ozáření protony <i>Václav Štěpán, Kateřina Pachnerová Brabcová, Mathieu Karamitros, Sébastien Incerti, Lembit Sihver, Marie Davidková</i>	24

Využitelnost strukturních modelů DNA plasmidů pro modelování biologických účinků záření <i>Václav Štěpán, Marie Davidková, Mathieu Karamitros, Sébastien Incerti</i>	25
---	----

Plakátová sdělení

Oxidativní stres v normálních lidských kožních fibroblastech ozářených protony <i>Jana Vachelová, Anna Michaelidesová, Alexandra Litvinchuk, Vladimír Havránek, Jan Štursa, Vladimír Vondráček, Marie Davidková</i>	26
Vplyv fajčenia na nárast onkologického rizika z exhalácie radónu a jeho produktov premeny <i>Radoslav Böhm, Karol Holý, Antonín Sedlák</i>	27
Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v období 2002–2012 <i>Tomáš Müller</i>	28

Dozimetrie zevního a vnitřního ozáření – 2

Detektor Timepix jako dozimeter rychlých neutronů <i>Boris Bulánek, Daniela Ekendahl</i>	29
Výsledky dozimetrů Neutrak-144T SOD VF v mezinárodním porovnávacím měření Eurados IC2012n pro neutronové dozimetrie <i>Pavel Prášek, Petr Nováček, Pavel Kratochvíl, Radim Kříž</i>	30
Mezinárodní porovnání v Monte Carlo modelování hlavových fantomů s Am-241 (první část) <i>Tomáš Vrba</i>	31
Simulace odezvy BEGe detektoru na brzdné záření ^{90}Sr - ^{90}Y metodou Monte Carlo <i>Karín Fantínová, Pavel Fojtík</i>	32
Mikrodozimetrie ve svazcích iontů uhlíku pomocí stopových detektorů v pevné fázi <i>Iva Ambrožová, Vladimír Vondráček, Martin Šefl, Václav Štěpán, Kateřina Pachnerová Brabcová, Ondřej Ploc, Sébastien Incerti, Marie Davidková</i>	33
Modelování LET distribucí ve svazku uhlíkových iontů o energii 290 MeV/n pomocí Geant4 <i>Martin Šefl, Václav Štěpán, Kateřina Pachnerová Brabcová, Iva Ambrožová, Ondřej Ploc, Sébastien Incerti, Marie Davidková</i>	34
Monitorovanie kozmického počasia na vysokohorských observatóriách s pomocou polovodičového spektrometra Liulin <i>Ján Kubančák, Ondřej Ploc, Iva Ambrožová, Roland Langer</i>	35
Současný stav letecké dozimetrie v ČR a SR <i>Ondřej Ploc, Ján Kubančák, Ivan Kovář, Dagmar Kyselová, Zdeněk Vykydal, Iva Ambrožová</i>	36
Srovnávací měření osobních dozimetrů v ČR <i>Tomáš Čechák, Jana Davidková, Otto Kodl, Petr Nováček, Petr Papírník, Karla Petrová, Petr Prášek, Jiří Martinčík, Vladimír Sochor</i>	37
Jak ovlivňuje design přesnost vyhodnocování osobních dávek <i>Zdeněk Zelenka, Jaroslav Šolc, Josef Tecl</i>	38

Plakátová sdělení

Operativní stanovení sumární alfa a beta aktivity u vzorků půdy a vegetace v podmínkách Polní převozní laboratoře PPCHL AL-2/r (AČR) <i>Silvia Plucnarová, Petr Sládek, Jiří Janda</i>	39
---	----

Měření vzorků ze životního prostředí <i>Petra Gajdošová</i>	40
Modelování radioaktivní kontaminace zemědělských plodin na příkladu okolí JE Temelín a JE Dukovany <i>Jan Procházka, Jakub Brom, Václav Nedbal, Hana Vinciková</i>	41

Metrologie, měření a přístrojová technika – 3

Letecký gama spektrometrický systém IRIS při nestandardních způsobech použití <i>Josef Pavlík, Marcel Ohera, Daniel Sas</i>	42
Kalibrace a možnosti použití plastových detektorů v přístrojích pro detekci kermového příkonu <i>Petr Sládek, Marcel Ohera, Jiří Janda, Daniel Sas</i>	43
Teplotní závislost plastových scintilátorů <i>Jiří Janda, Daniel Sas, Alena Tokárová</i>	44
Odezva osobních dozimetrů v pulzním fotonovém poli <i>Veronika Olšovcová, Iva Ambrožová, Zdeněk Zelenka</i>	45
Vliv opatření státní správy na vývoj a výrobu přístrojové techniky <i>Alois Zeman</i>	46
Zkušenosti a výsledky mezilaboratorních porovnávacích zkoušek Centrální analytické laboratoře ÚJV Řež, a. s. <i>Karel Svoboda, Ján Lengyel</i>	47
Výzkumný a vývojový projekt RANUS <i>Milan Buňata</i>	48
Výzkum a vývoj bezpečnostních projektů Ministerstva vnitra ČR <i>Jan Surý, Irena Češpírová, Pavel Fojtík</i>	49
Gama automat – zařízení pro měření vzorků pomocí spektrometrie gama <i>Helena Malá, Petr Rulík, Lenka Dragounová, Pavel Holčák, Marek Hrozníček, Miroslav Hýža, Pavel Jelínek, Jan Žák</i>	50
Stínící stavební prvky ENVINET a. s. pro nízkopozadové aplikace, odstínění gamma záření a neutronů <i>Jan Surý, Michal Kazda, Petr Sládek, Daniel Sas, Jiří Janda, Marcel Ohera</i>	51

Plakátová sdělení

Optimalizace současného stanovení izotopů uranu a radia 226 ve spadech <i>Šárka Maříková, Věra Bečková</i>	52
Příprava vzorků mléka před stanovením Sr-90 bez pálení <i>Eva Schlesingerová, Vlasta Pešková, Reza Mirchi</i>	53
Vliv složení plastového scintilátoru na jeho energetické rozlišení <i>Hana Burešová, Ivan Štekl, Petr Přidal, Karel Smolek</i>	54

Scintilační odezva pyrosilikátů $(\text{La,Gd})_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{:Ce}$ <i>Petr Průša, Kei Kamada, Shunsuke Kurosawa, Akira Yoshikawa,</i> <i>Jiří A. Mareš, Alena Beitlerová, Martin Nikl</i>	55
Výběr detektoru pro nový monitorovací vůz <i>Irena Češpírová, Lubomír Gryc, Jan Surý, Martina Škáblová</i>	56
Detekce směsných polí neutronového a fotonového záření za použití nových scintilačních materiálů <i>Aleš Jančář, Zdeněk Kopecký, František Cvachovec,</i> <i>Martin Veškrna, Lukáš Džbánek</i>	57
Použití grafitizačního postupu založeného na redukci CO_2 kovovým Zn pro stanovení ^{14}C cestou AMS <i>Radek Černý, Ivo Světlík, Michal Fejgl, Lenka Tomášková</i>	58
Standardizace absorbované dávky v molekulární terapii <i>Ludmila Burianová, Jaroslav Šolc</i>	59
Monte Carlo simulace miniaturních brachyterapeutických rentgenek <i>Jaroslav Šolc, Ludmila Burianová, Thorsten Schneider</i>	60
Průběžné výsledky řešení projektu Metrologie ionizujícího záření pro metalurgický průmysl <i>Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor, Petr Kovář, Ludmila Burianová,</i> <i>Pavel Dryák</i>	61
Projekt IND04 MetroMetal – vybrané výsledky <i>Josef Tecl, Jaroslav Šolc</i>	62
Európsky metrologický výskumný projekt MetroNORM <i>Monika Mazánová, Petr Kovář, Jiří Šuráň, Vlasta Zdychová</i>	63
Využití detektorů NaI(Tl) a LaBr pro stanovení dozimetrických veličin ve fotonových polích <i>Jaroslav Klusoň, Tomáš Urban</i>	64
Online spektrometrie gama nad aerosolovým filtrem <i>Miroslav Hýža, Petr Rulík</i>	65

Všeobecné aspekty radiační ochrany a vzdělávání – 4

Mezinárodní legislativa a doporučení v oblasti radiační ochrany – aktuální vývoj <i>Karla Petrová</i>	66
Změny právních předpisů v oblasti využívání ionizujícího záření <i>Jana Davídková</i>	67
Poznámky k optimalizaci <i>Martin Neznal</i>	68
Hodnocení efektivních dávek obyvatelstva ze zevního ozáření zářením gama v okolí pracovišť s. p. DIAMO <i>Martin Neznal</i>	69

Plakátová sdělení

Možnosti detekce/záchytu neutronových zdrojů při kontrole osobních zavazadel v letecké dopravě <i>Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň, Lukáš Džbánek, Petr Okruhlica</i> . .	70
Radiačná záťaž minulosti <i>Alena Bužnová, Darina Páleníková</i>	71
Miesto radiačnej ochrany v novej štruktúre vzdelávania FEI STU Bratislava <i>Róbert Hinc, Vladimír Slugeň</i>	72
Trendy ve vývoji počtu radiačních pracovníků a v rozložení jejich dávek a ve vývoji počtu zdrojů ionizujícího záření sestavené na základě dat z Registrů SÚJB <i>Jan Vinklář</i>	73

Nakládání s radioaktivními odpady – 5

Praktické zkušenosti s uvolňováním kovového materiálu do ŽP v ÚJV Řež, a. s. <i>Josef Mudra</i>	74
Modernizace technologií pro zpracování radioaktivních odpadů v ÚJV Řež, a. s. <i>Milan Touš, Tomáš Otcovský, Jan Krmela</i>	75

Plakátová sdělení

The use of molecular recognition product (MRT) AnaLig® Tc-02 gel and solid phase extraction techniques for determination of ⁹⁹ Tc in evaporator concentrate samples from NPP Mochovce <i>Veronika Paučová, Boris Remenec, Silvia Dulanská, Lubomír Mátel</i>	76
--	----

Radiační ochrana v jaderně-palivovém cyklu včetně havarijní připravenosti – 6

Monitorování radiační situace pomocí dálkově ovládaných prostředků <i>Vladimír Fišer, Jan Švanda, Hana Hušáková</i>	77
Zvýšení dávkového příkonu záření gama v důsledku depozice produktů přeměny radonu na povrchy <i>Miroslav Jurda, Martin Neznal</i>	78
Odvoz vyhořelého jaderného paliva z ÚJV Řež, a. s. do Ruska k přepracování <i>Josef Podlaha</i>	79
Enhanced activities of organically bound tritium in biota samples <i>Michal Fejgl, Ivo Světlík, Irena Malátová, Radek Černý, Lenka Tomášková</i>	80
Zátěžové cvičení laboratoří RMS vybavených spektrometrií gama <i>Tereza Ježková, Petr Rulík, Helena Malá, Miluše Bartusková, Věra Bečková, Zdeněk Borecký, Lenka Dragounová, Karin Fantínová, Jiří Havránek, Miroslav Hýža, Jan Lušňák, Helena Pilátová, Jiří Rada, Tereza Svobodová, Eva Šindelková, Jan Škrkal, Jaroslav Vlček</i>	81
IAEA Response and Assistance Network Workshop, prefektura Fukušima, Japonsko, květen 2013 <i>Petr Kuča, Irena Čespířová, Lubomír Gryc</i>	82
Notes from Excursion to the NPS Fukushima Daiichi and a Selection of Nuclear Accident Countermeasures in Japan <i>Ondřej Ploc, Yukio Uchihori, Kazuya Matsushashi, Keisuke Toda, Nakahiro Yasuda</i>	83
Projekt OECD/NEA – hodnotenie rýchlych SW nástrojov na stanovenie zdrojového člena v prípade havárie na JE, časť B – diskusia hodnotených vlastností a odozva ESTE <i>Peter Čarný, Eva Smejkalová, Eudovít Lipták, Monika Krpelanová, Dušan Suchoň, Miroslav Chylý</i>	84

Porovnání různých detekčních systémů ve štěpném poli radionuklidů <i>Pavel Žlebčík, Petr Rulík, Miroslav Hýža, Jan Škrkal, Boris Bulánek, Jiří Hůlka, Helena Malá, Irena Malátová, Ondřej Huml, Antonín Kolros, Lubomír Sklenka</i>	85
Radiační monitoring a proces uvolňování materiálů při vyřazování jaderné elektrárny V1 Jaslovské Bohunice <i>Petr Okruhlica</i>	86
Skupiny radionuklidů v úniku a jejich reprezentanti <i>Jan Matzner</i>	87

Plakátová sdělení

Monitorovanie a bilancovanie únikov zo sekundárneho okruhu JE V2 Jaslovské Bohunice (SE EBO) <i>Anna Tomášková, Boris Remenec</i>	88
Sít včasného zjištění – změny hodnot přírodního pozadí vlivem rozsáhlé srážkové fronty v roce 2013 <i>Barbora Marešová, Jelena Burianová, Zdeněk Prouza</i>	89
Vliv poozařovacích činností na osobní dávky pracovníků obsluhy výzkumného reaktoru LVR-15 <i>Jiří Neužil</i>	90
Testování materiálů sloužících k chemické a tepelné stabilizaci roztaveného jaderného paliva <i>Zdena Lahodová, Ladislav Viererbl, Vít Klupák, Miroslav Vinš</i>	91
Stínící vlastnosti ochranných materiálů BIORUBBER RSM <i>Michaela Kozlovská, Petr Otáhal</i>	92
Monitorování v podmínkách reálné situace v evakuované oblasti JE Fukušima 2 roky po havárii <i>Lubomír Gryc, Irena Češpírová, Petr Kuča, Jan Helebrant</i>	93
Možnosti optimalizace rozsahu a konfigurace sítě měřicích míst <i>Petr Kuča, Václav Šmídl, Radek Hofman, Petr Pecha, Irena Češpírová</i>	94
Analýza spektier dávkového príkonu v priestoroch JE <i>Matúš Stacho, Štefan Krnáč, Stanislav Sojak, Róbert Hinca, Vladimír Slugeň</i>	95
Výsledky monitorování radionuklidů v okolí JE Temelín v letech 2000–2012 <i>Lenka Thínová, Jaroslav Klusoň, Lenka Dragounová</i>	96
Využitie metód diaľkového prieskumu Zeme v systéme ESTE pre odozvu na jadrové a radiačné havárie <i>Eva Smejkalová, Andrej Halabuk, Juraj Lieskovský, Peter Čarný, Eudovít Lipták, Monika Krpelanová, Dušan Suchoň, Miroslav Chylý</i>	97

Projekt OECD/NEA – hodnotenie rýchlych SW nástrojov na stanovenie zdrojového člena v prípade havárie na JE, časť A – popis projektu <i>Peter Čarný, Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták, Monika Krpelanová, Dušan Suchoň, Miroslav Chylý</i>	98
--	----

Radiační ochrana v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně – 7

Standardy zdravotní péče – radiologické standardy	
<i>Jitka Nožičková</i>	99
Interní audit místních radiologických standardů – první zkušenosti z praxe	
<i>Petra Mihalová, Josef Novotný ml., Otakar Bělohávek</i>	100
Korespondenční TLD audit v radioterapii v ČR: současnost, zkušenosti a možnosti	
<i>Michaela Kapuciánová, Daniela Ekendahl</i>	101
Efektivní dávka vs. optimalizační meze a referenční úrovně v radiační ochraně v medicíně	
<i>Jozef Sabol, Jana Hudzietzová</i>	102
Srovnání výpočtů radiačního rizika z lékařského ozáření	
<i>Ivana Horáková, Irena Koniarová, Ladislav Tomášek</i>	103
Současný stav mamografie v České republice	
<i>Eva Jursíková, Otto Kodl</i>	104
Optimalizace digitální zobrazovací techniky pro mamografii s wolframovou anodou	
<i>Otto Kodl, Eva Jursíková</i>	105
Dozimetrie pro CT s širokými svazky	
<i>Leoš Novák, Jiří Terš</i>	106
Automatizovaný systém výpočtu dávek pacientů	
<i>Kateřina Krkavcová, Martin Janota, Jan Křivonoska</i>	107
Srovnání radiační zátěže rukou pracovníků při manipulaci s radiofarmaky značenými radionuklidem F-18	
<i>Jana Hudzietzová, Marko Fülöp, Jozef Sabol</i>	108
Vliv ozáření rukou pracovníků při manipulaci s radiofarmaky na vybraných pracovištích s PET k celkové efektivní dávce	
<i>Jana Hudzietzová, Marko Fülöp, Jozef Sabol</i>	109
Možnosti monitorovania veľkosti ožiarenia očných šošoviek pre vybraných pracovníkov v intervenčnej rádiológii	
<i>Denisa Nikodémová</i>	110
Ukázka a možnosti dozimetrie pacientů při terapii ^{131}I MIBG a ^{131}I	
<i>Pavel Solný, Jaroslav Zimák, Kateřina Tábořská, Dana Prchalová</i>	111

Využití PET/CT k verifikaci protonové terapie <i>Pavel Máca, Matěj Navrátil, Lubomír Zámečník, Vladimír Vondráček, Jan Vilimovský, Michal Andrlík, Vanda Dziedzicová, Klára Badraoui Čuprová, Tereza Grillová, Anna Michaelidesová, Simona Šťastná</i>	112
Chování ionizačních komor ve skenovaném protonovém svazku <i>Matěj Navrátil, Vladimír Vondráček, Lubomír Zámečník, Pavel Máca, Jan Vilimovský, Michal Andrlík, Simona Šťastná, Anna Michaelidesová, Tereza Grillová, Klára Badraoui Čuprová</i>	113
Plakátová sdělení	
Měření osobních dávek pacientů v radioterapii mimo centrální svazek ionizujícího záření pomocí elektronického osobního dozimetru <i>Jan Singer, Petr Berkovský, Adéla Černohorská, Renata Chylíková</i>	114
Automatizace kontrol nastavení ozařovacích polí pomocí EPID <i>Tomáš Veselský, Martin Steiner, Zuzana Horáková</i>	115
Verifikace 3D dávkové distribuce ozáření na Leksellově gama noži pomocí gelového dozimetru na bázi Turnbullovy moře <i>Petra Kozubíková, Jaroslav Šolc, Kateřina Pilařová, Kamila Kulhová, Josef Novotný ml.</i>	116
Vyhodnocení odezvy 3D polymerního gelového dozimetru zobrazovací magnetickou rezonancí (IMR) a optickou tomografií (OT). Srovnání metod. <i>Václav Spěvák, Kateřina Pilařová, Pavel Dvořák, Petra Kozubíková</i>	117
Návrh stínění, kolimace a homogenizačního filtru kobaltového ozařovače krve <i>Tomáš Urban, Tomáš Čechák, Ondřej Konček, Milan Semmler</i>	118
Optimalizace aplikovaných aktivit na oddělení nukleární medicíny <i>Hana Linhartová</i>	119
Spektra lineárního přenosu energie v terapeutickém protonovém svazku v SÚJV v Dubně <i>Iva Ambrožová, Pavel Tichý, Ján Kubančák, Ondřej Ploc, Marie Davídková, Alexandr Grigorjevič Molokanov</i>	120
Analýza neshod zjištěných při PZ a ZDS na rentgenových zařízeních <i>Leoš Novák</i>	121
Experimentální stanovení nejistot při dozimetrických měřeních pacientů během terapie ^{131}I MIBG <i>Pavel Solný</i>	122
Možnosti monitorování ozáření oční čočky <i>Petr Papírník, Josef Kryštůfek</i>	123

Determination of patient doses in different groups of radiodiagnostic examinations in Slovak Republic	
<i>Lukáš Zachar</i>	124
Optimalizace parametrů LKB, Källmanova a Logit+EUD radiobiologických modelů pro rektum – porovnání pravděpodobnosti poškození zdravé tkáně s klinickými daty	
<i>Darína Trojková, Libor Judas, Tomáš Trojek</i>	125

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 8

Radonový program 2013 – Strategie informovanosti <i>Eva Pravdová, Jaroslav Slovák</i>	126
Radonová problematika nemovitostí z pohledu stavebníka nebo kupujícího <i>Ladislav Moučka</i>	127
Analýza přísunových cest radonu s využitím metody stopovacích plynů <i>Aleš Froňka, Karel Jílek</i>	128
Jednoduché modely variací koncentracie radónu v pôdnom vzduchu <i>Karol Holý, Monika Müllerová, Martin Bulko</i>	129
Prípadová štúdiá využitia protiradónových opatrení pri výstavbe rodinného domu <i>Igor Pinter, Magdaléna Vičanová, Denisa Nikodémová</i>	130
Vliv zateplování na růst objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních <i>Ivana Fojtíková, Kateřina Navrátilová Rovenská</i>	131
Zkušenosti s měřením objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních <i>Kateřina Navrátilová Rovenská, Ivana Fojtíková, Ladislav Moučka</i>	132
Měření dceřinných produktů radonu detektorem Timepix <i>Boris Bulánek, Karel Jílek, Pavel Čermák</i>	133
Obsah U-238 v moči horníků v závislosti na denních inhalačních příjmech a fyzikálně chemických parametrech aerosolu <i>Lukáš Kotík, Irena Malátová, Věra Bečková, Ladislav Tomášek, Zdeněk Gregor</i>	134
Odstraňování uranu z pitné vody <i>Jan Krmela</i>	135

Plakátová sdělení

Variabilita opakovaných meraní koncentracie radónu v obydlích v Českej republike <i>Jana Timková, Ladislav Tomášek, Miriam Slezáková, Josef Holeček</i>	136
Testovanie vlastností materiálov filtračných polomasek pomocí radioaktivního aerosolu <i>Josef Vošahlík, Petr Otáhal, Ivo Burian</i>	137
Mapovanie distribúcie koncentracie radónu v prízemnom rodinnom dome <i>Monika Müllerová, Attila Moravcsík, Karol Holý, Miroslav Hutka, Olga Holá</i>	138

Shrnutí výsledků měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech	
<i>Zdeňka Veselá, Jan Merta, Ivo Burian</i>	139
Odhalování skrytých tektonických zlomů na JV svazích sopky Etny	
<i>Kamila Johnová, Lenka Thínová</i>	140
Srovnávací analýza stanovení dávkových příkonů pro TL datování cihel pomocí NAA, počítání přeměn alfa a XRF	
<i>Hana Bártová, Jan Kučera, Ladislav Musílek, Tomáš Trojek</i>	141
Posouzení vlivu vysokých koncentrací radonu v jeskyních na stanovení ^{226}Ra gamaspektrometrickým měřením in situ	
<i>Lenka Thínová, Jaroslav Šolc</i>	142
Predbežné výsledky z merania ^{222}Rn v prameňoch v oblasti Malé Karpaty	
<i>Pavol Blahušiak, Monika Müllerová, Karol Holý</i>	143
Rejstřík	144

První radioizotopy pro Československo po r. 1945

Emilie Těšínská

Kabinet dějin vědy, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, Puškinovo nám. 9,
Praha 6, 160 00, ČR

tesinska@cesnet.cz

Dovoz radioizotopů do Československa z Francie (1949, 1950) a SSSR (1951) a s nimi konané pokusy vyličil se ve svých pamětech nestor čs. jaderné fyziky prof. Ing. Čestmír Šimáně, DrSc.. Již v září 1947 však byly čs. odbornými kruhy podniknuty kroky k získání radioizotopů z USA.

Rozhodnutí o uvolnění radioizotopů vyráběných v USA pro zahraniční zájemce bylo zveřejněno v telegramu prezidenta H. S. Trumana adresovaném 4. mezinárodnímu kongresu pro výzkum rakoviny, který se konal 2.–7. září 1947 v St. Louis v USA.

MUDr. Miroslav Netoušek, který právě pobýval na stáži v USA, obratem zprostředkoval informaci do Československa a iniciativně zahájil informativní jednání v této věci v USA.

V čs. ministerstvu zdravotnictví byl prostřednictvím sekčního šéfa MUDr. Emila Ungára vypracován návrh na využití nabídky, který byl následně předán k projednání ve vládě. O rozšíření informace mezi čs. odborníky a o osvětu ohledně radioizotopů

se zasloužil RNDr. Vilém Santholzer, působící v té době také v čs. ministerstvu zdravotnictví.

K dovozu radioizotopů do Československa z USA, přes velký zájem ze strany vědeckých pracovníků a lékařů, nedošlo. Zabránila tomu politická rozhodnutí: odmítnutí Marshallova plánu zeměmi východního bloku a neochota přistoupit na nezávislou mezinárodní kontrolu použití radioizotopů, kterou požadovaly USA.

S využitím profesních kontaktů byly ze strany čs. odborníků souběžně konány pokusy o získání radioizotopů ze Švédska, Anglie a Kanady. Zdá se, že ještě před dovozem radioizotopů z Francie se podařilo zajistit jednorázovou „neformální“ dodávku „radiofosforu“ (P-32) ze Švédska (pro urgentní případ léčby polycytémie).

Od září 1951 byly do Československa dováženy radioizotopy z SSSR. Na první mezinárodní konferenci o mírovém využití jaderné energie v Ženevě v r. 1955 už Československo prezentovalo četné výsledky v této oblasti.

Kombinované působení radonu a kouření – aditivní nebo multiplikativní?

Ladislav Tomášek

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.tomasek@suro.cz

Cílem prezentace je hodnocení rizika plicní rakoviny při kombinované expozici radonu a kouření. Metodologicky je hodnocení založeno na studii případů a kontrol vnořené ve dvou kohortových studiích, a to 11 000 horníků a 12 000 obyvatel exponovaných vysokým koncentracím radonu v domech. Expozice radonu u jednotlivých osob je doplněna informacemi o kouření získaných osobně od těchto osob nebo od jejich příbuzných. Celkem je studie založena na 1 029 případech plicní rakoviny mezi horníky a na 370 případech ve studii obyvatel. Kontrolní osoby byly v každé studii náhodně vybrány s ohledem na pohlaví, rok narození a dosažený věk.

Kombinovaný účinek radonu a kouření je hodnocen pomocí tzv. geometrických smíšených modelů, jejichž speciálním případem je aditivní nebo multiplikativní model. Výsledný model rizika je blíže k aditivní interakci (parametr smíšeného modelu 0.2). Důsledky výsledného modelu ve studii obyvatel jsou ilustrovány odhady celoživotního rizika v hypotetické populaci kuřáků a nekuřáků. Oproti multiplikativnímu modelu rizika je celoživotní riziko podle nejlepšího geometrického smíšeného modelu podstatně větší, zejména v populaci nekuřáků. Studie vznikla v rámci projektu Interní grantové agentury MZ ČR (projekt NS10596).

Leukémie ve vztahu k expozici ionizujícímu záření

Tomáš Müller

Oddělení radiačních rizik, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.muller@suro.cz

Tématem sdělení je přehled poznatků o vztahu expozice ionizujícímu záření (i.z.) a výskytem leukémie. Leukémie patří mezi nádorová onemocnění postihující krvetvornou tkáň a imunitní systém (IS) organismu. Je způsobené řadou faktorů, které působí jednotlivě nebo společně. Pojem leukémie zahrnuje celou řadu maligních onemocnění. Imunitní systém obsahuje řadu buněk, které se liší svoji morfologií a funkcí. Vznikají procesem diferenciaci z pluripotentní hemopoetické kmenové buňky. Podstatou vzniku leukémie je porucha tohoto procesu diferenciaci. K maligní transformaci kmenové buňky může dojít na různém stupni vývoje. Vznikne klon nádorových nefunkčních buněk, který svou proliferací postupně vytlačí zdravé buňky, což vede k poškození IS.

Mezi prokázané rizikové faktory patří genetická onemocnění, která jsou ve většině případů predisponujícím faktorem pro vznik leukémie. Tato onemocnění bývají provázena zvýšenou chromozomální instabilitou, a tím i zvýšenou citlivostí na působení ostatních faktorů, tedy i i.z.. Podobně může ovlivnit riziko vzniku akutní leukémie tzv. „genetické pozadí“ každého jednotlivce. Dalším rizikovým faktorem je expozice elektromagnetickému poli o velmi nízké

frekvenci. Za leukemogenní jsou považovány různé chemikálie (např. benzen, pesticidy mykotoxiny aj.). S etiologií leukémií u lidí jsou spojovány také viry.

Jedním z nejvýznamnějších rizikových faktorů je expozice i.z.. Již od konce 2.světové války probíhají prospektivní epidemiologické studie, které sledují osoby exponované i.z. v průběhu války, v zaměstnání nebo v rámci zdravotnické péče. Poprvé bylo pozorováno zvýšení frekvence leukémií Japonců, kteří přežili výbuch atomové bomby. Také u pacientů v minulosti léčených i.z. je častější výskyt leukémie. Tento efekt lze rovněž pozorovat u některých pacientů léčených radiofarmaky. Tyto účinky zahrnují jak zvýšení frekvence somatických mutací a chromosomových aberací u lymfocytů, tak signifikantní změny ve složení a funkci buněk lymfoidní řady. Epidemiologické studie uskutečněné na konci 20. století prokázaly zvýšený výskyt leukémie u mladých lidí žijících v blízkosti některých jaderných zařízení. Pro tyto případy leukémie bylo charakteristické, že se vyskytovaly v tzv. „shlucích“. Stejný jev byl také pozorován v blízkém okolí jiných velkých staveb spojených s velkou migrací obyvatelstva. Dnes se to vysvětluje imunologickými příčinami, tj. kontakty s novými antigeny.

Riziko leukémie ve vztahu k expozici radonu v uranových dolech a v domech

Ladislav Tomášek

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.tomasek@suro.cz

Na rozdíl od rizika plicní rakoviny je hodnocení rizika leukémie obtížnější, protože počty případů v populaci jsou mnohonásobně nižší. Ve studii 10 000 horníků uranových dolů bylo v letech 1952–2010 pozorováno 42 úmrtí na leukémii oproti 1161 úmrtí na rakovinu plic. Ve studii 12 000 obyvatel středočeského plutonu v letech 1960–2010 to bylo 41 případů leukémie

oproti 295 rakovinám plic. V obou studiích rizika leukémie vykazují statisticky významný lineární trend ve vztahu ke kumulované expozici radonu, přičemž ve studii horníků uranových dolů je zahrnuto i riziko z dlouhodobých radionuklidů alfa a zevního záření gama. Práce vznikla za institucionální podpory MV ČR (projekt MV-25972-20/OBVV-2010).

Biodozimetrie u uranových horníků a pracovníků radonových lázní

Friedo Zölzer¹, Zdeněk Hon^{1,2}, Zuzana Freitinger Skalická¹,
Renata Havránková¹, Leoš Navrátil^{1,2}, Jozef Rosina^{1,2}, Jiří Škopek¹

¹ Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva, Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Emy Destinové 46, České Budějovice, 370 05, ČR

² Katedra lékařských a humanitních oborů, Fakulta biomedicínského inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

zoelzer@zsf.jcu.cz

Od května roku 2008 do října roku 2011 bylo zkoumáno více než 200 osob, jež pracují v prostředí, kde je relativně velká koncentrace radonu ve vzduchu. Mezi osobami zařazenými do výzkumného souboru byli horníci z uranového dolu Rožná na Vysočině, pracovníci Radonových lázní Jáchymov a kontrolní osoby. Každému z těchto lidí byla jedenkrát odebrána krev a v její lymfocyty byly analyzovány metodou „mikrojaderně-centromerového testu“, která zjistí chromosomální poškození v buňkách.

Počet buněk s mikrojádrem na 100 buněk byl poněkud vyšší pro horníky než pro kontroly ($0,74 \pm 0,60$ a $0,50 \pm 0,42$, rozdíl významný na hladině $p = 0,017$). Můžeme proto konstatovat, že přibližně třetina mikrojader nalezených u horníků byla indukována zářením (za předpokladu, že mikrojádra v kontrolních vzorcích nebyla

indukována zářením). Pro každého z horníků byly záznamy o jejich profesionální radiační expozici poskytnuty zaměstnavatelem. Efektivní dávky významně korelovaly s frekvencí buněk obsahujících mikrojádra ($p < 0,013$).

Vedle horníků z dolu Rožná jsou vybraní pracovníci Radonových lázní další skupinou osob exponovaných zářením alfa v rámci svého zaměstnání. Nejsou předmětem dozimetrie v rámci radiační ochrany, jelikož jejich dávky byly v minulosti považovány za nepatrné. Nicméně byl u nich počet buněk s mikrojádrem na 100 buněk vyšší než u kontrol ($0,95 \pm 0,83$ a $0,50 \pm 0,42$, rozdíl významný na hladině $p = 0,004$). Naše výsledky proto ukazují, že tato skupina je skutečně exponována nezanedbatelnými dávkami záření alfa. Hrubým odhadem můžeme říci, že jejich průměrné dávky jsou téměř dvakrát vyšší než dávky horníků.

Analýza hypersenzitivity buněk při nízkých dávkách

Antonín Sedlák

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

antonin.sedlak@suro.cz

Možné odchylky od lineární závislosti biologického účinku při malých dávkách záření lze systematicky nejsnáze zkoumat u experimentů se savčími buňkami ozařovanými v tkáňové kultuře in vitro, kdy je často pozorována jejich hypersenzitivita. Podle současných názorů existují dva možné, vzájemně se vylučující důvody pro zvýšenou citlivost buněk při ozáření velmi nízkými dávkami – adaptivní odezva a bystander efekt. V prvním případě nejsou buňky při těchto dávkách na škodlivý účinek záření adaptovány a teprve při vyšších dávkách dochází k indukci reparačních mechanismů. Bystander efekt, překládaný do

češtiny jako efekt signalizace nezasaženým buňkám, se vykládá tak, že ozářená buňka sama neprovádí eliminaci vzniklých škodlivých signálů, ale odesílá je do okolního prostoru, kde je jiné zářením nezasažené buňky zachytí, čímž dojde k jejich poškození. Na rozdíl od metod zkoumajících tyto procesy v průběhu experimentů, pokusili jsme se analyzovat až výsledná publikovaná data závislosti dávka – účinek. Bylo třeba ji popsat vhodnou matematickou funkcí a ze zjištěných hodnot jejích parametrů zkusit odhadnout, která z dvou výše uvedených hypotéz může pro daný druh buněk přicházet v úvahu.

Odezva kultur lidských neonatálních fibroblastů na protonové záření

**Anna Michaelidesová^{1,2,3}, Jana Vachelová¹, Alexandra Litvinchuk¹,
Martin Falk⁴, Iva Falková⁴, Vladimír Havránek¹, Jan Štursa¹,
Vladimír Vondráček², Marie Davidková¹**

¹ ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

² Proton Therapy Center s. r. o., Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR

³ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

⁴ Biofyzikální Ústav, AV ČR, Brno, ČR

anna.michaelidesova@odz.ujf.cas.cz

Na celém světě se, téměř exponenciálním způsobem, rozrůstají centra poskytující protonovou léčbu nádorových onemocnění. Protonové záření je biologicky účinnější než záření fotonové a proto je pro léčení řady nádorů mnohem vhodnější než klasická radiotherapie. S použitím třech různých zdrojů protonového záření byla provedena řada experimentů k prozkoumání odpovědi buněčné kultury na ozáření.

Použitými zdroji byly dva cyklotrony a Tandetron. Prvním cyklotronem byl isochronní cyklotron U-120M v ÚJF AV ČR v Řeži s energiemi protonů 5,4–38 MeV a druhým byl cyklotron instalovaný v PTC v Praze na Bulovce od firmy IBA s energiemi protonů 100–226 MeV. Tandetron 4130 MC je umístěn také v Řeži a produkuje protony o energiích do 6 MeV. Vzhledem k nízkým energiím a tedy krátkému dosahu protonů na Tandetronu 4130 MC a cyklotronu U-120M jsou buňky pěstovány na tenkých mylarových fóliích, které jsou připevněny na plastových kroužcích (Chemplex Industries, USA) a jsou ozařovány ve

speciálních držácích. Navíc na tandetronu je svazek úzký, takže byl použit motorek pro pohyb vzorku a proskenování celé plochy narostlých buněk. Na obou cyklotronech je možné ozařování buněk i v tkáňových lahvičkách (TPP, Německo) či v petriho miskách se skleněným dnem (Ibidi, Německo).

Účinky ozařování protony byly studovány na normálních buněčných kulturách lidských neonatálních kožních fibroblastů. Tyto buňky rostou přirostlé na povrchu kultivačních misek a tvoří monovrstvy. Po ozáření vzorků byly fibroblasty nasazeny do nových kultivačních tkáňových lahviček a byla sledována jejich schopnost dalšího růstu, tvoření kolonií a úroveň apoptózy. Médium z ozářených buněk bylo použito pro sledování neterčových projevů radiačního poškození (tzv. by-stander effects) v neozářených kulturách buněk. Budou prezentovány a diskutovány aktuální výsledky z těchto experimentů a dále budou představeny i první výsledky experimentů pro stanovení biologické účinnosti rozšířeného Braggova píku.

Vliv nepřímého účinku na komplexní poškození DNA při ozáření protony

Václav Štěpán^{1,2}, Kateřina Pachnerová Brabcová^{2,3}, Mathieu Karamitros¹, Sébastien Incerti¹, Lembit Sihver³, Marie Davidková²

¹ Université Bordeaux 1, CNRS/IN2P3, CENBG, Gradignan, France

² ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

³ Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

stepan@ujf.cas.cz

Protony tvoří hlavní část galaktického i slunečního kosmického záření. Zároveň jsou také ve stále větší míře využívány v radioterapii – jejich fyzikální vlastnosti umožňují dobrou kontrolu prostorového rozložení dávky a ozařování v blízkosti kritických struktur.

Z hlediska biologických účinků je důležitou vlastností ionizujícího záření schopnost vyvolávat komplexní poškození DNA. Souvislost mezi kvalitou záření a četnostmi vyvolaných poškození DNA je dlouhodobě předmětem studií. Plasmidy DNA ve vodním prostředí jsou s výhodou používány jako dobře definovaný modelový systém. Charakter a četnost poškození DNA mimo kvality záření také výrazně ovlivňují faktory prostředí – zejména přítomnost vychytávacích sloučenin, které modifikují příspěvek přímého a nepřímého účinku záření.

Cílem příspěvku je porovnat experimentálně stanovené a počítačovým modelem předpovězené výtěžky různých typů poškození DNA pro pBR322 plasmid ve vodním prostředí ozařovaný 30 MeV protony pro různé koncentrace vychytávacích sloučenin.

Vzorky s pBR322 plasmidy ve vodním prostředí byly ozářeny protony s energií až 30 MeV na cyklotronu U120-M v ÚJF AVČR a následně vyhodnoceny pomocí agarózové gelové elektroforézy. Tato metoda přímo umožňuje stanovit výtěžky jednoduchých a dvojných poškození studovaného plasmidu. Pro stanovení poškození výtěžků bází byly dále použity Fpg a Nth enzymy, které v místě poškození báze štěpí DNA. DNA byla ozařována ve vodním roztoku s různými koncentracemi vychytávacích sloučenin C3CA, glycylglycine a dimethylsulfoxid.

Experimentální měření byla porovnána s předpověďmi kódu RADAMOL. Kód využívá podrobného popisu struktury stopy vytvářeného pomocí Geant4-DNA a dále sleduje vývoj stopy ionizující částice ve vodě v čase po dobu jedné mikrosekundy. Poškození byla vyhodnocována pro na atomární úrovni popsany 100 bp dlouhý oligomer DNA.

Za podporu děkujeme projektům ESTEC-Contract No.4000101677/10/-NL/PA-NPI 120-2009, ESA AO-7146 a MŠMT LD12008 a Národní gridové infrastruktuře MetaCentrum (LM2010005).

Využitelnost strukturních modelů DNA plasmidů pro modelování biologických účinků záření

Václav Štěpán^{1,2}, Marie Davídková², Mathieu Karamitros¹, Sébastien Incerti¹

¹ Université Bordeaux 1, CNRS/IN2P3, CENBG, Gradignan, Francie

² ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

stepan@ujf.cas.cz

Rozdíly mezi biologickými účinky různých typů ionizujícího záření na živé organismy vycházejí z rozdílů ve fyzikální a chemické fázi účinku záření. Jako jeden z modelových systémů pro studium vlivu faktorů prostředí a struktury stopy záření na úvodní poškození v buňce jsou využívány DNA plasmidy – uzavřené smyčky dvoušroubovice DNA s délkou od desítek po tisíce bázových párů.

Fyzikální a chemická fáze účinku ionizujícího záření jsou určeny prostorovým rozložením depozic energie, vlastnostmi prostředí a také strukturou a prostorovým tvarem biologického terče.

Cílem příspěvku je představit v současnosti dostupné a používané přístupy k modelování prostorového uspořádání plasmidů ve vodných roztocích a možnosti jejich využití v počítačových kódech RADAMOL a Geant4.

Oxidativní stres v normálních lidských kožních fibroblastech ozářených protony

Jana Vachelová¹, Anna Michaelidesová^{1,2}, Alexandra Litvinchuk¹,
Vladimír Havránek¹, Jan Štursa¹, Vladimír Vondráček², Marie Davidková¹

¹ ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

² Proton Therapy Center s. r. o., Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR

vachelova@ujf.cas.cz

Celosvětová implementace protonové terapie vyžaduje detailní prozkoumání účinků protonového záření. Účinek záření může být buď přímý či nepřímý. Nepřímým účinkem je myšlena interakce molekul buňky se vzniklými radikály, které jsou produkovány v buňce či v jejím okolí.

V důsledku vytvořených velmi reaktivních oxidativních radikálů se buňka dostává do takzvaného oxidativního stresu. Existuje řada enzymů, které ochraňují buňku před vzniklými radikály. Příkladem těchto enzymů jsou superoxid dismutáza, glutathion peroxidáza a kataláza, které rozkládají peroxid vodíku na vodu a kyslík. V této práci budou prezentovány výsledky měření aktivity těchto enzymů v normálních lidských fibroblastech po ozáření protony.

Jiným projevem ozáření buněk je zvýšený výskyt mikrojader. Mikrojádra jsou malé kulaté struktury viditelné v buněčné cytoplazmě během interfáze. Obsahují celé chromozomy nebo chromozomální fragmenty, které zůstanou mimo nově vytvořená buněčná jádra při buněčném dělení (mitóze). Četnost

mikrojader byla stanovována ve vzorcích ozářených za stejných podmínek jako úroveň oxidativního stresu a tyto výsledky budou také prezentovány.

Experimenty byly prováděny na kulturech normálních lidských kožních fibroblastů. Buněčné monovrstvy byly ozařovány protonovými svazky ze tří různých zdrojů s cílem pokrýt co nejširší interval energií protonů. Jako zdroje protonového záření byly použity dva cyklotrony a Tandetron. Prvním cyklotronem byl isochronní cyklotron U-120M patřící ÚJF AV ČR umístěný v Řeži. Tento cyklotron produkuje protony o energiích 5,4–38 MeV. Dalším zdrojem byl cyklotron instalovaný v PTC v Praze na Bulovce od firmy IBA, který umožňuje ozařování energiemi protonů 100–226 MeV. Vzorky byly ozařovány s použitím aktivního skenovacího tužkového svazku. Tandetron 4130 MC je umístěn také v Řeži. Zde je možnost ozářit vzorky energiemi protonů do 6 MeV pomocí mikrosvazku.

Tato práce je podporována granty GAČR č. P108/12/G108 a MŠMT ČR č. LD12039, LD12008.

Vplyv fajčenia na nárast onkologického rizika z exhalácie radónu a jeho produktov premeny

Radoslav Böhm¹, Karol Holý¹, Antonín Sedlák²

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

² Státní ústav radiační ochrany, Bartoškova 28, Praha, 140 00, ČR

Radoslav.Bohm@fmph.uniba.sk

Fajčenie a radiácia patria medzi najvýznamnejšie činitele, ktoré ovplyvňujú riziko vzniku rakoviny pľúc, no ich vzájomné pôsobenie nie je zatiaľ dostatočne preskúmané a môže byť protichodné. Vzájomné pôsobenie radiácie a fajčenia je predmetom záujmu epidemiologických ako aj teoretických štúdií. Bez pochopenia tohto synergického efektu na vznik rakoviny pľúc nie je možné správne hodnotiť radónové riziko bežnej populácie, v ktorej sú zahrnuté skupiny s rôznym dennými spotrebami cigariet. Cieľom práce bolo modelom hraničnej energie ponúknuť interakčný mechanizmus fajčenia a radiácie a kvantifikovať vplyv

fajčenia na navýšenie onkologického účinku radónovej expozície, pri rôznych spotrebách cigariet. Pri analýzach sme zohľadňovali prejavy chronickej obštrukcie, ktorá zhoršuje priechodnosť dýchacích ciest, čo vedie ku kumulácii produktov premeny radónu na povrchu dýchacích ciest a následnému zvýšenie radiačnej záťaže terčových buniek. Za mieru dynamiky zmien pri fajčení v závislosti od veku sme považovali vitálnu kapacitu pľúc FEV1. Do výpočtov bol zahrnutý aj vplyv „time since exposure effect“ a navýšenie onkologického účinku sa určovalo v rôznych ožarovacích režimoch – dlhodobých aj krátkodobých.

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v období 2002–2012

Tomáš Müller

Oddělení radiačních rizik, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.muller@suro.cz

Každý rok se v České republice předkládají k posouzení desítky případů onemocnění u stávajících či bývalých horníků uranových nebo rudných dolů, o kterých se postižený nebo jeho ošetřující lékař domnívá, že vznikly v důsledku expozice ionizujícím záření na pracovišti. Pouze malá část z těchto případů je v závěru řízení kvalifikována jako nemoc z povolání.

Prakticky u všech onemocnění, které byly předloženy k posouzení, se jednalo o zhoubné nádory. Podstatnou část z těchto zhoubných nádorů tvoří rakovina plic. Rozhodování o nemoci z povolání vychází v současné době z pravděpodobnostního přístupu posuzování založeném na stanovení podílu příčinné souvislosti (PPS) ozáření na vzniku onemocnění (např. metodické opatření č. 15 Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR, částka 9, 1998). Nemoc z povolání je právní pojem, který zakládá nárok na odškodnění.

Sdělení podává souhrnnou informaci o všech posuzovaných případech

nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v České republice v období 2002–2012. Ve sledovaném období bylo na SÚRO každý rok předloženo k posouzení podmínek vzniku onemocnění 40–80 případů. Ve většině případů šlo o rakovinu plic. Druhou nejpočetnější skupinu diagnos tvořily rakoviny kůže (non-melanoma skin cancers). Další skupinou byly leukémie. Na ostatní diagnózy připadaly pouze ojedinelé případy onemocnění.

Z posuzovaných onemocnění splňuje kritéria přiznání nemoci z povolání polovina až třetina posuzovaných případů. Z toho většinu tvoří rakovina plic. Podíl rakoviny plic u přiznaných nemocí z povolání má v posledních letech klesající tendenci. Následují rakoviny kůže (basaliomy a spinaliomy). Jejich podíl na počtu přiznaných nemocí z povolání má naopak rostoucí tendenci. Na třetím místě jsou leukémie (zhruba 1 případ za rok).

Detektor Timepix ako dozimeter rýchlych neutrónov

Boris Bulánek, Daniela Ekendahl

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

boris.bulanek@suro.cz

Pozičně senzitivní detektor Timepix pokrytý polyethylenovými konvertory o různých tloušťkách je prezentován jako dozimetr rychlých neutronů. Aplikace váhových faktorů pro různé oblasti detekční plochy umožňuje získat ode-

zvu úměrnou neutronovému dávkovému ekvivalentu. Prezentované jsou experimentální výsledky za použití AmBe a ^{252}Cf neutronových zdrojů. Výsledky jsou srovnané s Monte Carlo simulacemi.

Výsledky dozimetrů Neutrak-144T SOD VF v mezinárodním porovnávacím měření Eurados IC2012n pro neutronové dozimetry

Pavel Prášek, Petr Nováček, Pavel Kratochvíl, Radim Kříž

Oddělení radiační ochrany, VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR
radim.kriz@vf.cz

SOD VF, a. s. poskytuje službu měření osobních dávek neutronů zprostředkovaně – dozimetry jsou zasílány na vyhodnocení do firmy Landauer. Mezinárodní porovnávací měření celotělových neutronových dozimetrů IC2012n pořádané organizací Eurados bylo využito jako možnost pro ověření schopností provádět tuto službu vlastními silami.

Ozáření dozimetrů bylo provedeno akreditovanými laboratořemi (NPL a PTB) ve standardních neutronových polích a v polích simulujících pracovní prostředí v rozsahu energií od termál-

ních do několika MeV pro různé hodnoty a úhly.

Účastníci porovnání zasílali výsledky ve dvou kolech. Pro první kolo nebyla zúčastněným laboratořím poskytnuta žádná informace o poli ozáření. Pro druhé kolo byly poskytnuty přibližné informace o poli ozáření.

Kritérium: Jako rozumná a dosažitelná hodnota pro analýzu dat byla organizátory zvolena hodnota 2.

Výsledky SOD, VF, a. s. prvního i druhého kola vyhověly tomuto kritériu, výsledky druhého kola splňují i přísnější kritérium používané pro dozimetry fotonů (faktor 1.5).

Mezinárodní porovnání v Monte Carlo modelování hlavových fantomů s Am-241 (první část)

Tomáš Vrba

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, ČVUT FJFI, Břehová 7,
Praha 1, 115 19, ČR

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

Mezinárodní porovnání, pořádané společností EURADOS, s úkolem měřit in-vivo aktivitu Am-241 v třech hlavových fantomech bylo odstartováno v roce 2011. Akce byla zaměřena na měření a odhad aktivity Am-241 v lidské lebce. Během akce byly použity tři různě komplexní fantomy. Monte Carlo (MC) porovnání s voxelovými reprezentacemi skutečných fantomů bylo spuštěno v září 2012. Hlavním cílem akce bylo prověřit použitelnost MC kalibrace v komplexních situacích a porov-

nat přístupy zúčastněných laboratoří. Toto porovnání se skládalo z tří úkolů s narůstající komplexitou, tak aby se daly prověřit schopnosti účastníků. První úkolem bylo simulovat velmi dobře definovanou geometrii se zjednodušeným fantomem. Všechny parametry úlohy byly stanoveny, a to včetně fotonových výtěžků, popisu detektoru a materiálového složení. Příspěvek přináší přehled výsledků a analýzu nalezených nedostatků v rámci prvního úkolu.

Simulace odezvy BEGe detektoru na brzdné záření ^{90}Sr - ^{90}Y metodou Monte Carlo

Karin Fantínová, Pavel Fojtík

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

karin.fantinova@suro.cz

Pro účely rychlého stanovení vnitřní kontaminace čistými zářiči beta byla zkoumána možnost odhadu aktivity těchto zářičů v těle pomocí produkovaného brzdného záření a jeho měření spektrometrem záření gama. Experimentální měření jednoduchého geometrického uspořádání zářiče beta a spektrometru bylo doplněno simulací odezvy spektrometru metodou Monte Carlo ve snaze využít ověřený výpočtový model měřicího uspořádání pro další radionuklidy a měřicí geometrie.

Intenzita produkovaného brzdného záření závisí na energii částic β a atomovém čísle materiálu, ve kterém dochází k jejich absorpci. V lidském těle produkují částice β brzdné záření v důsledku radiačních ztrát energie v tkáni. Intenzita takto produkovaného brzdného záření je v případě částic β nejvyšší v oblasti nízkých energií fotonů do 250 keV. K detekci brzdného záření in vivo je tedy vhodné použít detektor s dobrou detekční účinností v oblasti nízkých energií. V prezentované práci byl vybrán polovodičový

detektor typu BEGe (Broad Energy Germanium Detector).

Dostupným významným zářičem beta z hlediska vnitřní kontaminace je ^{90}Sr , u něhož se ustavuje trvalá radioaktivní rovnováha s dceřiným nuklidem ^{90}Y . Stroncium je analogem vápníku, a v lidském těle se tedy depozuje v kostní tkáni. Pro experimentální měření byly vyrobeny zdroje obsahující ^{90}Sr - ^{90}Y v plexisklu a sádře zastupujících měkkou a kostní tkáň. Zdroje byly dále obklopeny tkániekvivalentním materiálem zeslabujícím a rozptylujícím buzené brzdné záření. K tomu byly využity polyethylenové bloky, ze kterých se skládá unifikovaný fantom lidského těla UP-02T (IGOR).

Model experimentálního uspořádání byl použit pro simulaci odezvy BEGe detektoru metodou Monte Carlo pomocí kódu MCNP5. Porovnání výsledků simulace s experimentálními daty potvrdilo použitelnost daného geometrického modelu pro účely kalibrace spektrometru k odhadu aktivity čistých zářičů beta v těle in vivo měřením brzdného záření.

Mikrodozimetrie ve svazcích iontů uhlíku pomocí stopových detektorů v pevné fázi

Iva Ambrožová¹, Vladimír Vondráček², Martin Šeřl³, Václav Štěpán^{1,4},
Kateřina Pachnerová Brabcová^{1,5}, Ondřej Ploc¹, Sébastien Incerti⁴,
Marie Davidková^{1,3}

¹ Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.,
Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 00, ČR

² Proton Therapy Center Czech s. r. o., Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR

³ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

⁴ Université Bordeaux 1, CNRS/IN2P3, Centre d'Etudes Nucléaires de
Bordeaux Gradignan, Gradignan, Francie

⁵ Chalmers University of Technology, Gothenburg, Švédsko

davidkova@ujf.cas.cz

Stopové detektory v pevné fázi (SDPF) se používají pro spektrometrii lineárního přenosu energie (LPE) ve svazcích těžkých iontů již řadu let. SDPF detekují nabitě částice z omezeného intervalu LPE. Při vhodně zvolené fluenci a leptacích podmínek lze na tomto intervalu měřit LPE spektra s prostorovým rozlišením menším než 1 mm.

LPE spektra a hloubkové dávkové křivky byly měřeny ve svazku iontů uhlíku za různými tloušťkami desek z poly(metyl metakrylátu) na urychlovači těžkých iontů v Chibě v Japonsku pomocí SDPF detektorů distribuovaných pod značkou USF-4. Tento materiál je za našich vyhodnocovacích podmínek citlivý pro částice s LPE v intervalu od 8 do 400 keV/μm.

Měření bylo realizováno pro monoenergetický svazek iontů uhlíku s energií 290 MeV/u v různých pozicích: 1) na

výstupu svazku, 2) na začátku Braggova píku, 3) v maximu a 4) za Braggovým píkem, což odpovídá vodě-ekvivalentním hloubkám 0, 117,24, 147,29 a 151,32 mm. Detektory byly ozařovány ve formě pásků 10 × 150 mm umístěných kolmo na svazek. SDPF byly leptány podle standardního protokolu v roztoku 5 M NaOH po dobu 18 hodin v 70°C a analyzovány pomocí mikroskopu HSP-1000.

Pro odhad nejistot měření byl použit výpočetní nástroj Geant4 verze 9.6-p01. V Geant4 byla reprodukována geometrie iontového svazku a uspořádání detektorů. Byla porovnána vypočtená a měřená spektra LPE a byly stanoveny podíl různých typů částic v těchto spektrech. V příspěvku bude diskutována použitelnost stopových detektorů pro mikrodozimetrii iontových svazků.

Modelování LET distribucí ve svazku uhlíkových iontů o energii 290 MeV/n pomocí Geant4

Martin Šefl¹, Václav Štěpán^{2,3}, Kateřina Pachnerová Brabcová³,
Iva Ambrožová³, Ondřej Ploc³, Sébastien Incerti², Marie Davidková³

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Université Bordeaux 1, CNIN2P3, Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux
Gradignan, CENBG, Gradignan, Francie

³ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

martin.sefl@gmail.com

Stopové detektory v pevné fázi jsou schopny detekovat pouze těžké nabitě částice s lineárním přenosem energie v rozmezí 8–700 keV/μm. Elektrony, neutrony, fotony a částice s nízkým LET nejsou detekovány. Cílem práce je právě určit nepřesnosti měření stopovými detektory s využitím výpočetního nástroje Geant4. Pomocí Geant4 9.6-p01 jsme simulovali geometrii svazku a umístění detektorů během experimentů a spočetli hloubkové dávkové křivky a LET spektra pro monoenergetický svazek uhlíkových iontů o energii 290 MeV/n. Výsledky simu-

lací byly porovnány s experimentálními daty, která byla naměřena v detektoru PAGE na Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC). V případě hloubkových křivek i LET spekter byl zjištěn velmi dobrý souhlas simulace s experimentálními měřeními. Ze srovnání LET spekter bylo odhadnuto, které částice je detektor PAGE schopen detekovat a které nikoli. Výpočty dále pokračují, budou realizovány pro monoenergetický svazek uhlíkových iontů 400 MeV/n a dále pro SOBP (Spread Out Bragg Peak). Na DRO budou prezentovány aktuální výsledky.

Monitorovanie kozmického počasia na vysokohorských observatóriách s pomocou polovodičového spektrometra Liulin

Ján Kubančák^{1,2}, Ondřej Ploc¹, Iva Ambrožová¹, Roland Langer³

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Ústav experimentálnej fyziky SAV, Košice, SR

jan.kubancak@odz.ujf.cas.cz

Modely slúžiace na predikciu dynamiky kozmického žiarenia a slnečných udalostí musia byť verifikované. Základným vstupom pre verifikačné procesy môžu byť napr. dáta zmerané s pomocou družíc, stratosférických balónov alebo s pomocou neutrónových monitorov umiestnených na Zemi. Posledný uvedený spôsob predstavuje relatívne lacný a spoľahlivý zdroj kontinuálnych informácií o sekundárnom poli indukovanom primárnymi časticami kozmického žiarenia v atmosfére. V našom príspevku sa budeme zaoberať prínosom použitia polovodičového spektrometra deponovanej energie Liulin na vysokohorskom observatóriu na Lomnickom štíte. Polovodičový detektor totiž okrem počtu interagujúcich častíc meria aj spektrum deponovanej energie a tým by mohol zvýšiť informačnú hodnotu dát

meraných na Zemi. Príspevok je rozdelený na tri časti, konkrétne na a) výpočty základných detekčných vlastností detektora Liulin umiestneného na Lomnickom štíte, b) prezentáciu dát z testovacích meraní realizovaných v rokoch 2011 a 2012 a c) porovnanie meraní s referenčným prístrojom – tkanivovo-ekvivalentným počítačom HAWK.

V našej práci sme zistili, že hlavnou nevýhodou tohoto detektora je vysoká hodnota štatistickej neistoty, ktorá je dôsledkom jeho malého citlivého objemu. Napriek tejto nevýhode je však detektor schopný registrovať slnečné udalosti a to hlavne prostredníctvom zmeny toku sekundárnych nabitých častíc kozmického žiarenia.

Současný stav letecké dozimetrie v ČR a SR

Ondřej Ploc¹, Ján Kubančák^{1,2}, Ivan Kovář¹, Dagmar Kyselová²,
Zdeněk Vykydal³, Iva Ambrožová¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR,
Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Ústav technické a experimentální fyziky, ČVUT v Praze, Horská 3a/22,
Praha 2, 128 00, ČR

ploc@ujf.cas.cz

Posádky letadel jsou vystavovány zvýšené intenzitě ionizujícího záření kosmického původu. Úrovně ozáření se rutinně stanovují výpočtem efektivní dávky (E) pomocí programu CARI-6 podle metodiky schválené SÚJB. Výpočet vychází z informací o účasti jednotlivých členů posádek na letech nad 8 km a z údajů o těchto letech zjednodušených na minimum (typ letadla, místem odletu a přiletu, datum). V příspěvku budeme prezentovat výsledky rutinní osobní dozimetrie posádek letadel od roku 1998 do 2012 (distribuce efektivních dávek podle jednotlivých společností, průměrné efektivní dávky, kolektivní efektivní dávky).

Program CARI-6 k výpočtu E používá váhové faktory podle doporučení ICRP 60. Efektivní dávky počítané podle doporučení ICRP 103 vycházejí pro směsná pole záření na palubách letadel zhruba o 20% nižší a to zejména v důsledku snížení radiačního váhového faktoru pro protony. Existují i jiné programy, které umožňují výpočet E podle obou doporučení a také

výpočet prostorového dávkového ekvivalentu $H^*(10)$, který je možné rovněž stanovit měřením a který slouží jako konzervativní odhad E. V současné době se dokonce uvažuje o možnosti měřit $H^*(10)$ detektorem nepřetržitě umístěným na palubě letadla. Výhodou takového přístupu je kromě osobní dozimetrie posádek letadel také možnost okamžité reakce pilota (změnou letové hladiny, změnou trasy, v krajním případě přistáním) na neočekávané navýšení dávkových příkonů, způsobených např. sluneční erupcí, průletem letadla radioaktivním mrakem, přítomností vysoce radioaktivního prvku na palubě, apod. Naše oddělení testuje tři možné typy detektorů, které by mohly být k tomuto účelu vhodné. Jsou jimi: polovodičový detektor typu Liulin, tkáňově-ekvivalentní proporcionalní počítač HAWK a pixelový detektor Timepix. V příspěvku ukážeme příklady výsledků měření těmito detektory, jejich srovnání, výhody a nevýhody.

Srovnávací měření osobních dozimetrů v ČR

Tomáš Čechák¹, Jana Davidková², Otto Kodl², Petr Nováček³,
Petr Papírník², Karla Petrová², Petr Párášek³, Jiří Martinčík¹,
Vladimír Sochor⁴

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

³ VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

⁴ Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

cechak@fjfi.cvut.cz

Státní úřad pro jadernou bezpečnost organizuje každoročně srovnávací měření systémů osobní dozimetrie, používaných v ČR. Na měření se podílejí všechny organizace provádějící služby osobní dozimetrie, ČMI-IZ, kde se ozařování dozimetrů provádí a KDAIZ. Srovnávací měření zahrnuje všechny typy dozimetrů používané v ČR v osobní dozimetrii fotoionizačních polí: Filmové dozimetrie, OSL, TLD i elektronické dozimetrie. Měření a vyhodnocení se provádí dle ISO 4037 a byly využity poznatky ze srovnávacích měření organizovaných v rámci EURADOSu. (EURADOS Intercomparison 2008 for Whole Body Dosemeters in Photon Fields. EURADOS Report 2012).

V posledních letech bylo zjištěno, že ačkoli jednotlivé dozimetrické systémy splňovaly požadavky ISO 14146 a předepsaný počet hodnot $H_p(10)$ a $H_p(0.07)$ ležel uvnitř „trumpet curves“, při změně dozimetrických systémů na jednotlivých pracovištích (lékařská pracoviště) došlo k nečekané změně průměrných hodnot naměřených veličin.

Referát je věnován experimentům, které byly provedeny s cílem najít oblasti energií a úhlů, použitých při ozařování dozimetrů, pro které se mohou, pro jednotlivé typy dozimetrů, lišit hodnoty získané při vyhodnocování jednotlivých dozimetrů od nazářených hodnot a interpretaci těchto výsledků pro praxi využití systémů osobní dozimetrie na jednotlivých pracovištích.

Jak ovlivňuje design přesnost vyhodnocování osobních dávek

Zdeněk Zelenka¹, Jaroslav Šolc², Josef Tecl^{1,3}

¹ Celostátní služba osobní dozimetrie, s. r. o., Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 84, ČR

² Inspektorát ionizujícího záření, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

³ Divize rozvoje obchodu, ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR
zdenek.zelenka@csod.cz

Současné pasivní celotělové osobní dozimetrie jsou navrhovány tak, že 3 nebo 4, případně 5 detektorů (TLD nebo OSL) je uspořádáno v jedné linii (in-line) za různými filtry. Toto uspořádání detektorů umožňuje jednoduchou a relativně levnou automatizaci vyhodnocovacího procesu – jednotlivé detektory na kartě jsou postupně posunovány do měřícího místa.

Z poměrů odezev jednotlivých detektorů lze stanovit druh a energii záření (beta, gama, X) a korekční faktory pro stanovení osobních dávkových ekvivalentů $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$ z vyhodnocené odezvy příslušného detektoru. Tyto korekční faktory jsou závislé na poměru odezev příslušných dvou detektorů, což ovlivňuje přesnost vyhodnocení $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$. Konkrétní uspořádání detektorů (velikost detektoru, jejich vzdálenost od sebe, velikost filtrů, rozměry karty detektorů) výrazně ovlivňuje směrovou a energetickou závislost hodnot odezev jednotlivých detektorů, a tím i stanovení energie záření, korekčních faktorů pro sta-

novení $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ a efektivní dávky E.

Tato práce prezentuje výsledky výpočtů metodou Monte Carlo pro hypotetický osobní celotělový se 4 detektory LiF:

- uspořádaných jednak in-line, jednak v rozích pravoúhlého čtyřúhelníku
- dvou tvarů po dvou velikostech (kruhový průřez $\varnothing 5 \times 0,3$ mm a $\varnothing 3 \times 0,8$ mm; čtvercový průřez $5 \times 5 \times 0,3$ mm a $3 \times 3 \times 0,8$ mm)
- ozařovaných na ISO slab fantomu monoenergetickými fotony o energii 20 keV až 1500 keV a pod úhlem 0° až 75° .

Výsledky potvrzují významný vliv geometrického uspořádání detektorů u celotělového osobního dozimetru na přesnost vyhodnocení osobních dávkových ekvivalentů $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$ a efektivní dávky E pro energie fotonů menší než 80 keV a úhly ozáření větší než 45° .

Operativní stanovení sumární alfa a beta aktivity u vzorků půdy a vegetace v podmínkách Polní převozní laboratoře PPCHL AL-2/r (AČR)

Silvia Plucnarová¹, Petr Sládek², Jiří Janda²

¹ 311. prapor radiační, chemické a biologické ochrany, Štefánikovo nám. 1, Liberec, 460 01, ČR

² Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Váta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

silviaplucnarova@gmail.com

Práce se zabývá operativním stanovením sumární alfa a beta aktivity u vzorků půdy a vegetace v podmínkách převozní polní laboratoře PPCHL AL-2/R. Cílem práce bylo optimalizovat stávající pracovní postupy stanovení radioaktivní kontaminace půdy a vegetace a upravit je tak, aby bylo dosaženo přesnějších výsledků u zájmových vzorků.

Pro ověření metody byly vybrány některé alfa a beta radionuklidy, které patří do skupiny zájmových radioaktivních látek při nasazení laboratoře

ve standardních situacích. Bylo provedeno porovnání extrakčních vlastností vybraných komplexotvorných činidel pro zájmové radionuklidy ze vzorků půdy a vegetace. Pro vlastní stanovení byl použit přístroj HandEcount (Thermo).

Z výsledků vyplynulo, že po optimalizaci pracovního postupu s použitím vybraných extrakčních činidel, je polní laboratoř schopna získat přesnější informace o radioaktivní kontaminaci vzorků než je tomu za stávajících podmínek.

Měření vzorků ze životního prostředí

Petra Gajdošová

odd. 2405 Centrální analytická laboratoř, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130,
Husinec-Řež, 250 68, ČR

Petra.Gajdosova@ujv.cz

Na území ČR se nachází ve složkách životního prostředí řada umělých radionuklidů (např. ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^3H , ^{14}C , ^{131}I atd.). Umělé radionuklidy se do životního prostředí dostaly v minulosti jednak ze zkoušek jaderných zbraní z 20. století, z havárie v Černobylu z 26. dubna 1986 a z havárie ve Fukušimě z 11. března 2011. Odebírání vzorků ze životního prostředí a jejich měření umožňuje sledovat časový vývoj spadu v ČR a jeho trend. V současnosti je dále v ČR v provozu několik zařízení, které mají povolené vypouštění radionuklidů do vod a ovzduší (elektrárny Temelín, Dukovany, ÚJV Řež a. s. atd.). Z uvedeného vyplývá, že dalším důvodem pro měření složek ze životního prostředí v okolí těchto zařízení je zejména včasné zjištění odchylky. Pokud se umělé radionuklidy dostanou do životního prostředí, stávají se součástí potravního řetězce. Cesty radionuklidu do potravního řetězce mohou být různé, např.

z půdy se dostávají kořenovou cestou do vegetace, která je zpracovávána ke konzumaci. Proto je důležité kontrolně monitorovat i složky potravního řetězce (např. mléčné výrobky, sena atd.). Centrální analytická laboratoř (dále CAL) je součástí skupiny ÚJV Řež, a. s.. CAL se zaměřuje mimo jiné na stanovení radionuklidů ve složkách životního prostředí a ve složkách potravin. CAL spolupracuje s externími společnostmi na gamaspektrometrickém měření vzorků z přírodních materiálů. Měří se vzorky: půdy, jetel, kukuřice, pšenice, ječmen, oves, sýry atd. Tyto vzorky se upravují (vysušení, nadrcení...) a měří se ve vhodné geometrii pomocí HPGe detektoru. CAL stanovuje i vybrané nuklidy uranu, rádia a prvky těžkých kovů např. v rybách, hnojivu, nebo seně pomocí metody ICP-MS. V této práci jsou popsány přístroje pro měření daných radionuklidů. Dále jsou zde shrnuty výsledky měření vybraných vzorků a to jednotlivě a v časovém rozložení.

Modelování radioaktivní kontaminace zemědělských plodin na příkladu okolí JE Temelín a JE Dukovany

Jan Procházka, Jakub Brom, Václav Nedbal, Hana Vinciková

Katedra krajinného managementu, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta, ČR

prochaz@zf.jcu.cz

Pro případ nečekané události spojené s únikem radioaktivního materiálu do okolního prostředí je důležité kromě jiného mít k dispozici operativní informace o stavu a distribuci zemědělských plodin v širším okolí JEZ. Jedná se zejména o logistiku opatření spojenou s případnou likvidací zemědělské produkce za účelem snížení radioaktivní kontaminace krajiny a snížení rizika kontaminace potravního řetězce. Pro tyto potřeby je vyvíjen modul „Biomasa_Kontaminace“, který pracuje v prostředí geografických informačních systémů ESRI® ArcMap 9.2 ArcInfo. Modul umožňuje orientační výpočty parametrů produkce zemědělských plodin (množství živé biomasy a sušiny na ploše, relativní obsah vody v biomase, index listové plochy) dále využitých k odhadu měrné radioaktivní depozice na povrchu zemědělských plodin a povrchu půdy v rané depoziční fázi radiační havárie za podmínek suché i mokré depozice. Tento modul využívá výstupů ze simulované havárie a šíření kontami-

nace z modulu HAVAR RP vyvíjeného na pracovišti UTIA AV ČR, v. v. i. Případová studie řeší kontaminaci zemědělských plodin v okolí jaderných elektráren Temelín a Dukovany pro konkrétní podmínky v roce 2013 a simulovaný únik radioaktivního materiálu z elektrárny. Konkrétní data o stavu a distribuci plodin jsou primárně zjišťována pro území příslušných zón havarijního plánování a výpočet úrovně kontaminace je prováděn jak pro toto území, tak s možným přesahem v závislosti na šíření kontaminace. Výstupy tedy mají prostorový charakter vyjádřený v daném geografickém zobrazení a jsou vztaženy ke konkrétnímu časovému okamžiku. Modul představuje komplexní nástroj využitelný v krizovém managementu pro rozhodovací procesy při radiační havárii a pro následná opatření na zemědělských plochách. Řešení této studie a vývoj modulu je podporován výzkumnými projekty č. VF20102015014 a VG20122015100.

Letecký gama spektrometrický systém IRIS při nestandardních způsobech použití

Josef Pavlík¹, Marcel Ohera², Daniel Sas³

¹ 314. centrum výstrahy ZHN, Hostivice-Břve, 253 01, ČR

² ENVIMO Brno, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

³ Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Universita obrany,
ul. Víta Nejedlého, Vyškov 1, 682 01, ČR

nbc.centre@army.cz

Již několik let je pro účely monitorování radiační situace používán v Armádě České republiky (AČR) sofistikovaný měřicí systém IRIS XP, který představuje komplexní řešení pro provádění letecké gama spektrometrie. Tento prostředek byl na platformě vrtulníku Mi-17 implementován do Systému monitorování radiační situace AČR.

Na teoretické i experimentální úrovni bylo řešeno nestandardní využití tohoto systému, především při zástavbě do záložní mobilní platformy (vozidla Land Rover 110) pro provádění mobilních pozemních měření a také jeho možné využití jako monitorovacího portálu (brány) pro monitorování zdrojů záření gama při stacionárních měřeních. Terénní měření byla zaměřena na mobilní pozemní monitorování a gamaspektrometrická měření, přede-

vším byla ověřena využitelnost systému pro měření hodnot dávkového příkonu ve výšce 1 m nad terénem a dále stanoven odhad minimálních detekovatelných aktivit zájmových přírodních i umělých radionuklidů. Systém IRIS také umožňuje, v omezeném rozsahu, plnit funkci monitorovacího portálu. Při takovém to použití je však nezbytné plně zohlednit původní určení tohoto prostředku a s tím související omezení a specifika měření.

Letecký gama spektrometrický systém IRIS je využitelný v širším aplikačním spektru gamaspektrometrických měření. Začlenění tohoto ojedinělého systému do vojenského prostředí přispívá k hledání standardních i nestandardních způsobů na jeho použití s cílem maximálního využití jeho možností.

Kalibrace a možnosti použití plastových detektorů v přístrojích pro detekci kermového příkonu

Petr Sládek¹, Marcel Ohera², Jiří Janda³, Daniel Sas³

¹ Pico Envirotec, Inc., 222 Snidercroft Road, Toronto, Canada

² ENVIMO Brno, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

³ Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Universita obrany,
ul. Víta Nejedlého, Vyškov 1, 682 01, ČR

envimo@seznam.cz

Firmy ENVINET, a.s. a kanadská firma Pico Envirotec Inc. (obě firmy součástí mezinárodního skupiny Nuvia GROUP, Francie) zavádí na trh přístroje, které umožňují měřit dávkový příkon v oblasti nízkých hodnot (od přírodního pozadí do cca 100 $\mu\text{Gy/h}$ v energetickém rozsahu od 20 keV do 3 MeV). Přístroje využívají obvykle ke stanovení dávkového příkonu GM trubice popř. detektory NaI(Tl). V některých případech byla statistika GM trubic poměrně malá a tak se nabídla možnost využít plastové scintilátory vyráběné v ENVINETu, a.s., jako detektory záření gama ke stanovení dávkového příkonu, které poskytují vyšší četnost pulsů i při nízkých dávkových příkonech. Ve spolupráci s Universitou obrany byly upraveny některé metody používané pro kalibraci detektorů NaI(Tl), a byl proveden postup kalibrace s použitím zdrojů záření Co-60, Cs-137 a Eu-152 a měřením pomocí

ionizační komory u detektorů NaI (Tl) 3" $\times$ 3". Stejný postup byl pak aplikován u plastových scintilačních detektorů s rozměry $\varnothing$ 90 mm $\times$ 90 mm a $\varnothing$ 90 mm $\times$ 90 mm. Byly provedeny kalibrace těchto detektorů ve veličině příkonu fotonového dávkového ekvivalentu a kermového příkonu v rozsahu od 0,1 do cca 50 $\mu\text{Gy/h}$ v energetickém rozsahu od 25 keV do 3 MeV. Rovněž byly testovány vlastnosti plastových detektorů, které by mohly ovlivňovat kalibraci a měření dávkového příkonu (teplotní závislosti, vliv různých reflexních materiálů, apod.). Byly otestovány možnosti kalibrace i větších detektorů (220 $\times$ 100 $\times$ 100 mm nebo 400 $\times$ 100 $\times$ 100 mm) s možností jejich použití v leteckých prostředcích jako detektory dávkového příkonu. Na další období se připravuje technické řešení problematiky stabilizace spektra plastových detektorů, což bude ještě představovat další vývojovou práci.

Teplotní závislost plastových scintilátorů

Jiří Janda, Daniel Sas, Alena Tokárová

Ústav OPZHN, Univerzita obrany, Kounicova 156/65, Brno, 662 10, ČR

jiri.janda@unob.cz

Práce se zabývá vlivem teploty na vybrané plastové styrenové scintilátory, produkováné firmou ENVINET, a.s. určené pro měření alfa, beta, alfa/beta částic a gama záření. Byla studována problematika posunu středu píku izotopu ^{137}Cs v závislosti na změně teploty, přičemž teplotní rozsah byl sta-

noven od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dále byl zkoumán vliv dynamické změny teploty v čase na posun středu píku. Vlastní měření bylo prováděno pomocí digitální patice DigiBase a vyhodnocovacího software Maestro. Ověření teploty bylo uskutečňováno prostřednictvím teploměru Comet S3631.

Odezva osobních dozimetrů v pulzním fotonovém poli

Veronika Olšovcová¹, Iva Ambrožová², Zdeněk Zelenka³

¹ Sekce realizace projektu ELI Beamlines, Fyzikální ústav AV ČR,
Na Slovance 2, Praha 8, 182 21, ČR

² ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

³ CSOD, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, ČR

olsovcova@fzu.cz

Moderní laserové systémy umožňují fokusaci ultra krátkých vysokoenergetických pulsů a tím i generování ionizujícího záření. Proto je třeba v laboratorích, kde jsou tato zařízení provozována, zajistit mimo jiné i osobní dozimetrii pracovníků. Vzhledem k tomu, že osobní dozimetry byly vyvíjeny pro měření v kontinuálních polích, je třeba prozkoumat jejich odezvu na velmi krátké pulsy záření a dále vhodnost použití v pulzním poli s vysokou repeticí.

Tato práce se zabývá odezvou standardních osobních dozimetrů v puls-

ním fotonovém poli. Dozimetry byly testovány na urychlovači ELBE v Drážďanech, kde jsou generovány fotony brzděného záření pomocí elektronového svazku, s délkou pulsu 1 až 10 ps a repeticí 1 Hz až 200 kHz. Při našem experimentu byl použit elektronový svazek o energii 16 MeV. Ve svazku byly postupně ozářeny pasivní dozimetry (filmový a termoluminiscenční) a aktivní dozimetry (Liulin a elektronický osobní dozimetr) a jejich odezvy byly porovnány.

Vliv opatření státní správy na vývoj a výrobu přístrojové techniky

Alois Zeman

GEORADIS s. r. o., Novomoravanská 321/41, Brno, 619 00, ČR

zeman@georadis.com

Příspěvek popisuje rozdíl přístupů soukromých firem a státních institucí k různým radiačním činnostem. Na konkrétních případech odhaluje mechanismy ovlivňování vývoje a výroby přístrojové techniky v soukromých firmách postupy státní správy. Zabývá se odkrý-

váním paradoxů vznikajících při uplatňování zákonných opatření, které někdy v konečném důsledku vedou proti jejich původnímu smyslu. V závěru varuje před odosobněným přístupem ke kontrolní činnosti.

Zkušenosti a výsledky mezilaboratorních porovnávacích zkoušek Centrální analytické laboratoře ÚJV Řež, a. s.

Karel Svoboda, Ján Lengyel

2405 – Měření a Laboratoře, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR
ska@ujv.cz

Centrální analytická laboratoř – zkušební laboratoř (dále jen CAL ZL) zajišťuje analytické služby pro potřeby ÚJV Řež, a. s. jejíž je nedílnou součástí, ale také služby pro další klienty mimo ÚJV včetně zahraničních institucí. CAL ZL je akreditovaná u ČIA dle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 a splňuje další ISO normy 9001:2008, 14001:2004 a 18001:2007 v rámci integrovaného systému řízení společnosti. CAL ZL úzce spolupracuje s řadou českých pracovišť, zejména s ČEZ a. s., výzkumnými ústavu a orgány státní správy, zejména se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB), Policií ČR, Ministerstvem životního prostředí (MŽP). Ze zahraničních pracovišť jsou to zejména MAAE, ústavy EU (např. European Safeguards Research and Development Association (ESARDA)) a národními ústavy (např. Forschungszentrum (FZ), Karlsruhe). Z hlediska předmětu akreditačního procesu, tj. tematických okruhů zkoušek se v tomto směru zejména jedná o analýzy: vzorků z provozu jaderných zařízení

a vzorků z technologických provozů a jejich okolí, vzorků z životního prostředí (vody, půdy, sedimenty, odpady a další), vzorků konstrukčních materiálů, vývoj a ověřování postupů pro analýzy daných typů vzorků, stanovení biomasového uhlíku a analýzy plynů. Zákazníkovi obvykle nestačí konstatační o akreditaci laboratoře, ale laboratoř sama musí prokázat, že je schopna plnit požadavky a potřeby zákazníků a zajistit vysokou kvalitu prováděných analýz. Proto se laboratoře účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek způsobilosti (dále jen MPZ). To platí i pro CAL ZL, která se mimo MPZ pořádaných v ČR účastní i mezinárodních MPZ (např. PROGRAMME EQRAIN „Uranium” N° 12 na stanovení U v dodaném vzorku, stanovení QC vzorků dodaných MAAE v rámci sítě zárukových laboratoří pro analýzy jaderných materiálů, jejíž je CAL ZL členem, apod.). V těchto MPZ má CAL ZL velmi dobré výsledky. Zkušenosti a výsledky těchto MPZ budou předmětem prezentace.

Výzkumný a vývojový projekt RANUS

Milan Buňata

ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

milan.bunata@envinet.cz

Záměrem Centra kompetence, složeného z dlouhodobě spolupracujících exportně orientovaných podniků s výsadním postavením v ČR i mezinárodně uznávaných vědecko-výzkumných ústavů, je vývoj, výroba a export unikátních dosud nedostupných detekčních materiálů a systémů detekce záření pro řešení aktuálních problémů bezpečnosti jaderných zdrojů a jejich dopadů do životního prostředí. Výstupy projektu mají přesah do aplikací v průmyslu, zdravotnictví, geologii, v kosmickém i základním výzkumu.

Primárním účelem projektu je dosáhnout zvýšení výkonnosti, konkurenceschopnosti a exportu českého průmyslu v oblasti výroby radiačních a jaderných detekčních technologií a inteligentních vyhodnocovacích systémů používaných jak v oblasti vlastního jaderně palivového cyklu, tak v ostatních průmyslových aplikacích i aplikovaném

výzkumu, dále ve zdravotnictví, v dozorové činnosti, v aplikacích v geologii a v kosmickém výzkumu, očekává se i významné využití v základním výzkumu.

Sekundárním cílem a důsledkem činnosti centra bude – po předpokládaném nasazení nových technologií v jaderných elektrárnách (JE) – zvýšení bezpečnosti jaderných zařízení a efektivnější hospodaření s odpady, sofistikovanější proces vyřazování z provozu starších jaderných elektráren v EU tak, jak se předpokládá v horizontu příštích desetiletí. Tento proces bude nepochybně i mezinárodně bedlivě sledován z důvodů dopadů na životní prostředí. Předpoklad, že výsledky projektu využijí i dlouhodobí partneři ČR v Evropě i ve světě ke zlepšení obecné bezpečnostní situace nových, provozovaných i vyřazovaných jaderných elektráren v EU.

Výzkum a vývoj bezpečnostních projektů Ministerstva vnitra ČR

Jan Surý¹, Irena Češpírová², Pavel Fojtík²

¹ ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jan.sury@envinet.cz

Od roku 2012 řeší SÚRO, v. v. i. Praha a ENVINET NUVIA GROUP, a. s. dva vývojové projekty pro poskytovatele účelové podpory VaV Ministerstvo vnitra ČR.

Čtyřletý projekt VG2VS/168 Mobilní a stacionární radiační monitorovací systémy nové generace pro radiační monitorovací síť. Hlavním cílem projektu je na základě analýz aktuálních zkušeností z havárie jaderné elektrárny Fukušima, dále zkušeností z průběhu a dopadu havárie JE Černobyl (1986) a havárie JE Three Mile Island (USA 1979) – provést aplikovaný výzkum nových detekčních systémů nové generace, jejich vývoj, konstrukci vč. odzkoušení v praxi tak, aby byly použitelné nejen pro systémy měření a rozhodování v rámci radiační monitorovací sítě ČR, ale i pro potřeby regionálních a místních samospráv a

dalších místních složek záchranného systému. Projekt je členěn na čtyři dílčí cíle.

Tříletý projekt VG2VS/169 Systém pro měření vnitřní kontaminace po havárii JEZ zaměřený na štítné žlázy u dětí a kontaminaci transurany. Hlavním cílem projektu je výzkum, vývoj a konstrukce praktické odzkoušení dvou systémů pro měření vnitřní kontaminace radionuklidy in vivo po havárii jaderně energetického zařízení, nebo po teroristickém zneužití radioaktivních látek. Tím přispějeme k řešení bezpečnostní problematiky, které za poslední roky nezaznamenalo zásadní posun, přestože k tomu vyzývají přinejmenším zkušenosti z havárie JE Černobyl a JE Fukušima a hrozba teroristického zneužití radioaktivních látek. Projekt je členěn na dva dílčí cíle.

Gama automat – zařízení pro měření vzorků pomocí spektrometrie gama

**Helena Malá¹, Petr Rulík¹, Lenka Dragounová¹, Pavel Holčák²,
Marek Hrozníček², Miroslav Hýža¹, Pavel Jelínek², Jan Žák²**

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

helen.mala@suro.cz

Ve spolupráci Státního ústavu radi-
ační ochrany (SÚRO) Praha a firmy
Envinet, a. s. se sídlem v Třebíči byla
v rámci výzkumného úkolu vyvinuta
měřicí technologie (nazývaná „gama
automat” – GA) v podobě automa-
tizovaného systému měření vzorků
pomocí spektrometrie gama s využitím
polovodičových HPGe detektorů. Zaří-
zení bylo instalováno v SÚRO Praha.
Skládá se ze 4 hlavních částí: detek-
čního systému, manipulátorů vzorků,
zásobníku vzorků a řídicí jednotky.
K měření vzorků slouží 2 HPGe detek-
tory (relativní účinnost 30% a 55%)
umístěné v Pb stínění (10 cm). GA
umožňuje měření vzorků ve dvou geo-
metriích – válcová nádoba „mastovka”
(200 ml) na čele detektoru nebo 2 až 6
okolo detektoru a v geometrii Marinel-
liho nádoby (600 ml), přičemž je pama-
továno na případnou další měřicí geo-
metrii. Zásobník na vzorky má kapa-
citu 180 mastovek nebo 54 Marinel-
liho nádob; možná je kombinace obou
typů nádob. Vzorky jsou na detek-
torech měněny pomocí manipulátoru
s automaticky vyměnitelnými klešti-
kami v závislosti na druhu geometrie
vzorku. Pohyb manipulátorů zajišťuje
stlačený vzduch. Měření na detektorech

probíhá v režimu předem zvolené délky
měření vzorků nebo v režimu zvolené
plochy píku příslušného vybrané ener-
gie fotonů emitovaných radionuklidy.
V SÚRO užívaný laboratorní systém
LabSys byl přizpůsoben a doplněn, aby
vzorky měřené na GA byly zahrnuty do
jednotné evidence laboratoře. Základní
údaje o měřeném vzorku jsou GA pře-
dávány formou 2D kódu. Spektromet-
rické analýzy jsou automaticky prová-
děny pomocí programu GENIE 2000.
Informace o činnosti GA, o ukončení
měření, či o případné poruše stroje jsou
automaticky vygenerovány a odesílány
na mobil a PC obsluhy. Ačkoliv GA byl
vyvinut pro využití hlavně v případech
havárie jaderného zařízení nebo lokální
radiační mimořádné události, je v sou-
časné době užíván v běžném provozu
laboratoře. GA umožňuje kromě auto-
matického režimu měření samozřejmě
také manuální režim ovládání. Funk-
čnost GA byla plně prověřena při zátěžo-
vém cvičení laboratoře v červnu 2013.

Sdělení bylo vypracováno na základě
výsledků řešení Projektu MV ČR
– BV „Výzkum pokročilých metod
detekce, stanovení a následného zvlád-
nutí radioaktivní kontaminace”, identi-
fikační kód: VF20102015014.

Stínící stavební prvky ENVINET a. s. pro nízko-*poza*řadové aplikace, odstínění gamma záření a neutronů

**Jan Sury¹, Michal Kazda¹, Petr Sládek¹, Daniel Sas², Jiří Janda²,
Marcel Ohera³**

¹ ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² Univerzita obrany, Ústav OPZHN, Víta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

³ RNDr. Marcel Ohera, Vlčnovská 4180/16, Brno, 628 00, ČR

jan.sury@envinet.cz

Společnost ENVINET a. s. vyvinula v rámci VaV projektu RANUS-TD (Technologická Agentura České republiky) sadu speciálních kompozitních stavebních prvků, která přináší nové alternativní řešení v problému odstínění silných zdrojů ionizujícího záření v technologických objektech, stejně jako pro výstavbu objektů s požadavkem na odstínění záření vně objektu pro nízko-*poza*řadové aplikace. Další varianta sta-

vebních prvků je vyvinuta pro efektivní odstínění zdrojů neutronů.

Tyto stavební prvky dle aplikace mají měrnou hmotnost v intervalu 2300 kg/m³–4000 kg/m³. Stavební prvky umožňují výstavbu různých geometrií i kombinaci různých typů stínících vrstev navzájem. Stavební prvky jsou samonosné a umožňují snadnou výstavbu i demontáž.

Řešení je chráněno průmyslovými a užitnými vzory.

Optimalizace současného stanovení izotopů uranu a radia 226 ve spadech

Šárka Maříková, Věra Bečková

Radiochemie, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

sarka.marikova@suro.cz

V práci je řešena problematika současného stanovení aktivit izotopů uranu (^{238}U , ^{235}U a ^{234}U) a ^{226}Ra ve vzorcích spadu. Stanovením izotopů uranu a ^{226}Ra se zabýváme, protože patří mezi významné zdroje radiačního zatížení populace z přírodních zdrojů. Vzorky spadu obsahují převážně resuspendovanou zeminu, takže je stejná metoda použitelná pro vzorky zeminy.

Stanovení izotopů uranu je založeno na separaci uranu obsaženého ve výluhu z rozloženého vzorku. Uran je oddělen spolusrážením s hydroxidem železitým, Th a Pu je ze vzorku odděleno pomocí měniče aniontů a extrakční chromatografie. Pro stanovení aktivity přírodních izotopů uranu spektrometrií alfa je přidáván monitor výtěžku ^{232}U .

V supernatantu po oddělení uranu se stanoví radium emanační metodou běžně používanou pro stanovení ^{226}Ra ve vodách. Metoda je založena na spolusrážení molybdátosfosforečnanem vápenatým za přítomnosti polyethylen-glykolu. Z hlediska svých chemických vlastností je radium nejbližší baryu, proto je ^{133}Ba použito jako monitor výtěžku. Při použití této metody jsme měli nízké výtěžky ^{133}Ba a radia. Velká část barya a radia zůstávala v supernatantu po odfiltrování sraženiny fosfomolybdenanu. Z toho důvodu jsme se snažili o nalezení podmínek, za nichž by se chemický výtěžek radia (a barya) blížil výtěžkům dosahovaným při analýze vody.

Příprava vzorků mléka před stanovením Sr-90 bez pálení

Eva Schlesingerová, Vlasta Pešková, Reza Mirchi

radiochemie, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

eva.schlesingerova@suro.cz

Práce se zaměřuje na odzkoušení a ověření rychlé metody úpravy vzorků mléka a dalších mléčných výrobků před stanovením Sr-90, s ohledem na ekologii, a částečně také na ekonomickou a časovou náročnost. Namísto pálení vzorků v muflové peci, které je pro okolí obtěžující, se ve vzorcích za tepla vysráží kasein a mléčné bílkoviny pomocí 50% kyseliny trichloroc-

tové (TCA) a po jejich odfiltrování se ve filtrátu, kterým je kyselá syrovátka, přistoupí k přímému srážení oxalátů a návazně se další analýza provádí podle již zavedeného standardního zkušebního postupu SZP 14, odstavce 9.2.

Vzhledem k nízkým aktivitám Sr-90 v českém mléce byla sledována bilance vápníku.

Vliv složení plastového scintilátoru na jeho energetické rozlišení

Hana Burešová^{1,2}, Ivan Štekl³, Petr Přidal³, Karel Smolek³

¹ ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT v Praze, Horská 3a/22, Praha 2, 128 00, ČR

hana.buresova@envinet.cz

Různé aplikace a experimenty převážně ve fyzice částic vysokých energií, studiu kosmického záření a neutrin využívají plastové scintilační detektory k určení energie detekovaných částic a schopnost energetického rozlišení je pro ně jedním z klíčových faktorů. Z definice energetického rozlišení vyplývá, že čím větší bude světelný výtěžek scintilátoru, tím lepší bude rozlišení detektoru. Světelný výtěžek plastového scintilačního detektoru závisí na obsahu scintilačních složek – aktivátoru a posunovače spektra – a to jak na druhu, tak jejich koncentraci. Optimální koncentrace je závislá také na velikosti vzorku resp. délce dráhy fotonu v detektoru. Koncentrace aktivátoru a posunovače je volena taková maximální, při které je dosaženo maximální scintilační účinnosti, v materiálu o větších rozměrech pak ale dochází k samoabsorpci s větší pravděpodobností a tak je třeba najít vyvážení těchto dvou protichůdných vlivů.

V rámci projektu ALFA TA02010896 spolufinancovaného Technologickou agenturou České republiky byly vyrobeny a testovány vzorky polystyrenového plastového scintilátoru s různým obsahem aktivátoru p-terfenyl a posunovače spektra POPOP za účelem najít optimální koncentrace pro konkrétní uspořádání detektoru. Zároveň bylo vybudováno zařízení pro kontrolu rozlišení plastových scintilačních bloků založené na elektronovém spektrometru, který obsahuje silný zdroj elektronů (390 MBq ⁹⁰Sr) a za použití magnetického pole umožňuje vybrat svazek elektronů o určité energii. Spektrometr je umístěn na polohovacím zařízení a dovoluje měřit odezvu scintilačního bloku v různých místech. Měření scintilátor je uzavřen v černém boxu, kam jsou přivedeny konektory elektroniky pro zpracování signálu a je zde připojen fotonásobič.

Scintilační odezva pyrosilikátů $(\text{La,Gd})_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{:Ce}$

Petr Průša^{1,2}, Kei Kamada³, Shunsuke Kurosawa⁴, Akira Yoshikawa^{3,4},
Jiří A. Mareš², Alena Beitlerová², Martin Nikl²

¹ Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Oddělení optických materiálů, Fyzikální ústav AV ČR, Cukrovarnická 10, Praha, 162 00, ČR

³ New Industry Creation Hatchery Center (NICHe), Tohoku University, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, 980-8579, Japan

⁴ Institute for Materials Research, Tohoku University, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, 980-8579, Japan

petr.prusa@fjfi.cvut.cz

Ce a Pr dopované komplexní kyslíkaté sloučeniny představují širokou skupinu scintilátorů s rychlou odezvou a mnohdy i vysokým světelným výtěžkem. Oproti halogenidům se vyznačují nehygroskopičností a vysokou chemickou stabilitou. Skupina zahrnuje např. granáty či ortosilikáty, jako jsou scintilátory LSO:Ce ($\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{:Ce}$), LYSO:Ce ($\text{Lu}_{2(1-x)}\text{Y}_x\text{SiO}_5\text{:Ce}$) a GSO:Ce ($\text{Gd}_2\text{SiO}_5\text{:Ce}$), nově narůstá zájem o pyrosilikáty. Pyrosilikát $\text{Gd}_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{:Ce}$ (GPS:Ce) má vyšší světelný výtěžek a rychlejší dosvit než GSO:Ce s obdobným složením. Žel inkoguentní tavenina GPS:Ce v kongruentní přechází až při koncentracích Ce nad 10 %, jež ovšem způsobují koncentrační zhášení a/nebo reabsorpci scintilačních fotonů. Náhradou větší části Ce aktivátoru La, jež absorpci a luminiscenci nevykazuje, získáme směs LGPS:Ce ($(\text{La,Gd})_2\text{Si}_2\text{O}_7\text{:Ce}$), tající při dostatečně vysokých koncentracích La taktéž kongruentně. LGPS:Ce

vykazuje světelný výtěžek a dosvit srovnatelný s LYSO:Ce, má však lepší energetickou rozlišovací schopnost, nejspíše díky lineárnější odezvě. LGPS:Ce též obsahuje málo radioaktivních kontaminantů, v čemž plně konkuruje GSO:Ce.

Studii na systému LGPS:Ce bylo dosud provedeno velice málo. Tento příspěvek prezentuje světelný výtěžek, energetickou rozlišovací schopnost a nelinearitu odezvy dvou různých LGPS:Ce krystalů, se stechiometrickým poměrem $\text{La}/(\text{La} + \text{Gd}) = 30\%$, respektive 48 %.

Scintilační odezva byla měřena pomocí standardní spektrometrické elektroniky standardu NIM, hybridního fotonásobiče, sady gama zářičů, reflektoru (teflon) a silikonového oleje zajišťujícího optický kontakt. Naměřeny byly světelné výtěžky 22 fot./keV, resp. 16 fot./keV. Energetická rozlišovací schopnost činila 9 %.

Výběr detektoru pro nový monitorovací vůz

Irena Češpírová¹, Lubomír Gryc¹, Jan Surý², Martina Škábová¹

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

irena.cespirova@suro.cz

V rámci úkolu MV „MOSTAR” buduje SÚRO ve spolupráci s ENVINET a. s. nový monitorovací vůz pro účely monitorování radiační situace v terénu. Nedílnou součástí vozu jsou detektory pro kvalitativní i kvantitativní analýzy obsahu umělých i přírodních radionuklidů ve vzorcích životního prostředí prováděné přímo v terénu. V posteru

jsou porovnány parametry různých typů detektoru (HPGe, NaI(Tl), LaBr) s ohledem na jejich použití do nově budovaného vozu.

Poster je vypracován na základě výsledků řešení Projektů MV ČR ID: VF20102015014 a MV ČR ID: VG20122015083.

Detekce směsných polí neutronového a fotonového záření za použití nových scintilačních materiálů

**Aleš Jančář¹, Zdeněk Kopecký¹, František Cvachovec², Martin Veškrna¹,
Lukáš Džbánek¹**

¹ VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

² Univerzita obrany, Kounicova 156/65, Brno, 662 10, ČR

jan1@vf.cz

Příspěvek zahrnuje experimentální měření s pomocí nejnovějších scintilačních materiálů EJ-299-33 v poli fotonového a neutronového záření s využitím námi zkonstruované moderní elektroniky, postavené na technologii analog-digitálních převodníků s velmi vysokou vzorkovací frekvencí (1 GHz).

V teoretické části se zbýváme Monte Carlo simulacemi odezvových charakteristik nových scintilačních materiálů v porovnání s kapalnými scintilátory.

Prezentované výsledky byly získány v rámci projektu Spektrum, číslo TA01011383 programu ALFA Technologické agentury ČR.

Použití grafitizačního postupu založeného na redukci CO_2 kovovým Zn pro stanovení ^{14}C cestou AMS

Radek Černý^{1,2}, Ivo Světlík^{1,3}, Michal Fejgl^{1,3}, Lenka Tomášková¹

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

rc.cerny@gmail.com

Pro stanovení ^{14}C v mikrovzorcích o hmotnostech uhlíku řádu jednotek miligramů je nezbytné využití urychlovačové hmotnostní spektrometrie (Accelerator Mass Spectrometry – AMS). Grafitizační postup umožňuje převádět uhlík z CO_2 od vzorku do formy elementárního uhlíku naneseného na vodivém podkladu. Při měření jsou z grafitizovaných terčů generovány záporně nabití ionty, které jsou dále hmotnostně filtrovány. Poté ionty uhlíku vstupují do urychlovače, v centrální části (central stripper channel) se následkem kolize s molekulami plynu přepolarizují a následně jsou opět urychlovány. Po výstupu z urychlovače jsou kladně nabití ionty izotopů uhlíku opět filtrovány a vstupují do detektorů.

Ve spolupráci s INR (ATOMKI) HAS v Debrecenu experimentálně ověřujeme novou grafitizační metodu založenou na redukci CO_2 na CO s použitím kovového zinku. Vzniklý oxid uhelnatý poté aproportionuje na katalyzátoru Fe na CO_2 a elementární uhlík. Oproti nejčastěji používaným grafitizačním postupům (redukce CO_2 vodíkem nebo redukce využívající směsi TiH_2 a zinku) má námi ověřovaný postup značné výhody, zejména: snížení možností kontaminace vzorku, vysoká spolehlivost grafitizačního postupu, možnost zpracovávat vzorky o hmotnostech pouhých stovek mikrogramů. V našem příspěvku budou porovnávány analytické parametry nového ověřovaného postupu se stávajícími metodami grafitizace.

Standardizace absorbované dávky v molekulární terapii

Ludmila Burianová, Jaroslav Šolc

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

lburianova@cmi.cz

Evropský výzkumný projekt Metrology for Molecular Radiotherapy (Metro-MRT) se zabývá vytvořením metrologické základny nutné pro zavedení standardizace absorbované dávky od radionuklidů používaných v nukleární medicíně. Jedná se o tříletý projekt spolufinancovaný Evropskou komisí a řešený ve spolupráci metrologických institutů zemí Evropské unie a za podpory cílových uživatelů, zejména nemocnic. V první třetině práce na projektu byly stanoveny klíčové radionuklidy, na které se projekt zaměří.

Jedná se o Lu-177, I-131 a Y-90. Dále probíhá příprava Monte Carlo modelu a měřicího zařízení Čerenkov-TDCR, které umožní standardizaci aktivity čistých beta radionuklidů. Probíhají také práce zabývající se vhodnými dozimetry pro měření prostorového rozložení dávky absorbované dávky od radionuklidů, pomocí nichž bude možné validovat Monte Carlo modely využívané pro výpočty dávek. Paralelně také probíhá studium a analýza nejistot stanovení absorbované dávky od radionuklidů.

Monte Carlo simulace miniaturních brachyterapeutických rentgenek

Jaroslav Šolc¹, Ludmila Burianová¹, Thorsten Schneider²

¹ Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

² Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, Braunschweig, 38116, Německo

jsolc@cmi.cz

Evropský výzkumný projekt Metrology for Radiotherapy Using Complex Radiation Fields (MetrExtRT), který nyní probíhá druhým rokem, se zabývá zavedením nebo zkvalitněním metrologie ionizujícího záření ve specifických oblastech externí radioterapie a brachyterapie, jako jsou ozařování protonovými a iontovými svazky, elektronická brachyterapie nebo IMRT. Úkolem ČMI v tomto projektu je zejména práce na charakterizaci miniaturních rentgenek využívaných v brachyterapii. Jedním z dílčích cílů dosavadního výzkumu byla charakterizace dvou typů těchto

rentgenek (INTRABEAM, Carl Zeiss, Germany, a AXXENT, XOFT, USA) pomocí Monte Carlo výpočtů. Příspěvek popisuje modely obou rentgenek a zejména pak výpočty radiální dávkové funkce, anisotropické funkce a fluenčních spekter ve fantomech tvořených vodou a dvěma typy radiochromních gelových dozimetrů. Fluenční spektra fotonů jsou porovnána s údaji publikovanými v odborné literatuře. Výsledky prezentovaných Monte Carlo výpočtů pomohou v přípravě doporučení kalibračního řetězce pro miniaturní brachyterapeutické rentgenky.

Průběžné výsledky řešení projektu Metrologie ionizujícího záření pro metalurgický průmysl

Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor, Petr Kovář, Ludmila Burianová, Pavel Dryák

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

jsolc@cmi.cz

Cílem evropského výzkumného projektu „Ionizing Radiation Metrology for Metallurgical Industry” (MetroMetal) je zkvalitněním metrologie ionizujícího záření v metalurgickém průmyslu. Obsahuje celkem 5 technických pracovních celků (WP): 1) WP1: Vývoj standardizovaných metod pro měření aktivity radionuklidů, 2) WP2: Vývoj referenčních standardů, 3) WP3: Charakterizace měřících geometrií pomocí Monte Carlo simulací a mezinárodních porovnáání, 4) WP4: Produkce spektrometrického systému pro měření tavebních vzorků, strusky a odprašků, a 5) WP5: On-site testování prototypu spektrometrického systému. Na základě mezinárodního dotazníku byly ve WP1 shrnuty systémy a metody, které jsou v současnosti v metalurgickém průmyslu využívány pro monitorování radionuklidů, a byla připravena doporučení pro a) testování bránových měřidel, b) design spektrometrického přístroje pro měření aktivity vzorků, a c) přípravu vzorků, kalibraci a měření aktivity odprašků. Ve WP2 byly vyrobeny referenční zdroje pro

použití v jiných WP tohoto projektu: a) 2 sady tavebních zdrojů s Co-60, b) sada zdrojů s Ra-226 ve strusce, c) sada zdrojů s Cs-137 v odprašcích, a d) 3 sady kompozitních zdrojů Am-241, Cs-137 a Co-60. Ve WP3 byly všemi účastníky projektu validovány Monte Carlo modely spektrometrických zařízení, které byly později použity pro mezilaboratorní porovnáání. Byl připraven metodický postup stanovení opravy na pravé koincidence při měření metalurgických vzorků v geometrii a se spektrometrickým systémem dle doporučení WP1. V současné době také probíhají 4 mezilaboratorní porovnáání s účastí všech partnerů projektu, jejichž cílem je certifikace referenčních materiálů vyrobených ve WP2. V rámci WP4 jsou připravovány 2 prototypy spektrometrických zařízení optimalizované pro měření metalurgických vzorků. Tyto prototypy budou v příštím roce testovány ve vybraných evropských hutích v souladu s doporučenými měřícími postupy vytvořenými ve WP1 a WP3 a s využitím referenčních materiálů vyrobených ve WP2.

Projekt IND04 MetroMetal – vybrané výsledky

Josef Tecl¹, Jaroslav Šolc²

¹ Divize rozvoje obchodu, ENVINET a. s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² Inspektorát pro ionizující záření, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

josef.tecl@envinet.cz

Organizace evropských metrologických institucí EURAMET je vyhlášovatelem výzkumných programů EMRP. V rámci EMRP projektu IND04 MetroMetal „Ionising radiation metrology for the metallurgical industry“, na jehož řešení se účastní zástupci 14 metrologických institutů ze zemí Evropské unie, byla navázána spolupráce i se společností ENVINET a. s., která se tak spolupodílí na jednotlivých pracovních balíčcích.

V rámci tohoto projektu byl proveden dotazníkový průzkum mezi doplňující skupinou respondentů týkající se metod a zařízení používaných k měření radioaktivity v produktech (nejen výrobcích, ale i odpadech) metalurgického průmyslu, který rozšířil obdobný průzkum provedený v rámci tohoto projektu mezi skupinou respondentů pocházejících pouze z hutí a oceláren.

Další naší aktivitou v rámci projektu je vývoj a výroba referenčních standardů oceli ve dvou geometricky odliš-

ných formách a s aktivitami pod zprošťovacími úrovněmi. K oběma typům standardů, které obsahují směs radionuklidů ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs a ⁶⁰Co, byl vytvořen jejich Monte Carlo model v prostředí kódu MCNPX. Detekční účinnosti v píku totální absorpce byly porovnány s měřeními. Rozdíl obou hodnot byl nižší než 4%. Tyto standardy a modely budou k dispozici nejen spoluřešitelům v rámci projektu IND04, ale i pracovištím metalurgického průmyslu.

Kromě toho byly získány vzorky kyslíko-konvertorového prachu, ocelářské strusky a odprašků z výroby oceli. Pro tyto vzorky byla s partnery projektu dohodnuta geometrie měření v plastových nádobkách o objemu 100 ml o středním průměru 65 mm a výšce 35 mm. Také pro tyto vzorky byly vytvořeny matematické modely.

Podrobnější údaje o tomto evropském projektu jsou uvedeny na internetové adrese <http://projects.ciemat.es/en/web/metrometal>.

Európsky metrologický výskumný projekt MetroNORM

Monika Mazánová, Petr Kovář, Jiří Šurán, Vlasta Zdychová

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

mmazanova@cmi.cz

„European Association of National Metrology Institutes” (EURAMET) každoročne vyhlasuje a podporuje „European Metrology Research Programme” (EMRP). EMRP je dlhodobý program s vysokou kvalitou výskumu a vývoja v rámci metrologickej komunity v Európe.

Jedným z podporovaných projektov je Metrology for Processing Materials with High Natural Radioactivity (MetroNORM). Projekt je zameraný na vývoj a aplikáciu nových meracích technológií v NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) priemysle.

Prirodzene vyskytujúce sa rádio-nuklidov sú prítomné v mnohých prírodných zdrojoch. Priemyselné činnosti, ktoré využívajú tieto zdroje, môžu prispievať k vyššej expozícii. Priemyselné odvetvia pracujúce s prirodzene vyskytujúcimi sa materiálmi produkujú veľké množstvo odpadu. Tieto odpady predstavujú obrovskú ekonomickú a ekologickú záťaž, ak nie sú správne zlikvidované alebo recyklované.

Recyklačný priemysel sa v súčasnosti zameriava na meranie ionizujúceho žiarenia pochádzajúceho z umelých rádio-

nuklidov. Prirodzené rádionuklidov sú často brané ako súčasť prirodzeného pozadia bez ohľadu na ich koncentráciu. Spoľahlivé meranie prítomnosti prírodných rádionuklidov má zabezpečiť, aby suroviny vstupujúce do výrobného procesu nespôsobili zvýšenie úrovní aktivity v konečných produktoch a odpadoch.

Je nevyhnutné stanoviť prítomné rádionuklidov v odpadoch a ich koncentrácie tak presne, ako je to možné pomocou nadväzujúcich štandardizovaných metód. Za týmto účelom je potrebné vytvoriť laboratória a meracie systémy umiestnené priamo na mieste. Tieto zariadenia musia byť kalibrované a overené. Aby sa zabezpečilo správne a presné meranie je nevyhnutné vytvoriť kalibračné štandardy a referenčné materiály, ktoré sú prispôbené skutočnému zloženiu a geometrii meraných materiálov. Taktiež je dôležité spresniť dáta premeny pre vybrané rádionuklidov.

Tento projekt prinesie významné zlepšenie v oblasti spracovania NORM zdrojov a odpadov v rôznych priemyselných odvetviach.

Využití detektorů NaI(Tl) a LaBr pro stanovení dozimetrických veličin ve fotonových polích

Jaroslav Klusoň, Tomáš Urban

ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

kluson@fjfi.cvut.cz

Dekonvoluční technika založená na znalosti matice odezvy scintilačního spektrometrického detekčního systému umožňuje stanovení dozimetrických veličin ve fotonových polích. Výhodou oproti integrálnímu měření je stanovení spektrálních distribucí měřených veličin, které umožňuje identifikaci radionuklidů, vytvářejících měřené pole a kvantifikaci jejich podílu na měřené veličině (obvykle příkon kerry ve vzduchu). Další výhodou je, že metoda nevyžaduje kalibraci ani korekce energetické závislosti (jsou implicitně zahrnuty v matici odezvy). V rámci porovnání vlastností detektorů NaI(Tl) a LaBr

se zaměřením na využití pro monitorování životního a pracovního prostředí byly metodou Monte Carlo (s využitím programu MCNPX) simulovány odezvy detektorů NaI(Tl) $2'' \times 2''$ (IPROS-2) a LaBr $1,5'' \times 1,5''$ (IPROL-1) a sestaveny matice odezvy pro energetický interval do 3 MeV s šířkou energetického binu 10 keV, resp. 6 KeV. V příspěvku je prezentováno porovnání výsledků aplikace dekonvoluční metody na vybraná spektra pro oba detektory a diskutován přínos a možnosti využití detektoru LaBr s ohledem na jeho lepší rozlišení.

Online spektrometrie gama nad aerosolovým filtrem

Miroslav Hýža, Petr Rulík

Odbor monitorování, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

miroslav.hyza@suro.cz

V rámci řešení projektu MOSTAR byly posuzovány možnosti využití různých typů detektorů pro online spektrometrii gama nad kontinuálně prosávaným aerosolovým filtrem. Cílem bylo porovnat schopnosti detekčních systémů zjistit přítomnost umělých radionuklidů na poměrně vysokém pozadí přírodních radionuklidů způsobeném zejména dceřinými produkty radonu. Porovnávány byly zejména rozlišovací schopnosti a citlivosti detekce v energetických oblastech fotonů těch radionuklidů, které by mohly být přítomny v ovzduší po havárii JE.

K odběrům aerosolů byla využita odběrová zařízení Snow White s průtokem $900 \text{ m}^3/\text{h}$ a Hunter s průtokem $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Byly testovány čtyři typy detektorů – polovodičové HPGe a CdZnTe a scintilační NaI(Tl) a LaBr.

Kromě výsledků porovnání jsou diskutovány i faktory ovlivňující analýzu jako například homogenita depozice aerosolu na filtru.

Práce vznikla za podpory programu bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra České republiky VG20132015119 „MOSTAR”.

Mezinárodní legislativa a doporučení v oblasti radiační ochrany – aktuální vývoj

Karla Petrová

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

karla.petrova@sujb.cz

Příspěvek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost s aktuálním vývojem v oblasti mezinárodní legislativy a relevantních mezinárodních doporučení v radiační ochraně. V červnu 2013 byla pod irským předsednictvím dokončena příprava nové direktivy EU týkající se radiační ochrany pracovníků, obyvatel i pacientů – návrh je kompilací stávajících direktiv platných v oblasti radiační ochrany a obsahuje navíc expli-

citní požadavky na radiační ochranu v oblasti regulace ozáření z přírodních zdrojů a ochranu životního prostředí. Jsou diskutovány potenciální problémy vyplývající z implementace této verze návrhu do české legislativy. Diskutován také bude vývoj některých doporučení ICRP a standardů IAEA, které mají bezprostřední vztah k uvedenému návrhu.

Změny právních předpisů v oblasti využívání ionizujícího záření

Jana Davidková

Odbor usměrňování expozic, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR
jana.davidkova@sujb.cz

Právní předpisy ve všech oblastech lidské činnosti se v průběhu času vyvíjí a stejně tak je tomu i v oblasti využívání ionizujícího záření. V posledních několika letech bylo nejvýznamnější změnou přijetí tzv. nových zdravotnických zákonů. V dubnu roku 2012 vstoupil v platnost zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování a zákon č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách, který nově upravuje oblast lékařského ozáření a novelizuje zákon č. 18/1997 Sb., ve zn.p.p (atomový zákon). V souvislosti s tím byla dne 23. 11. 2012 publikována vyhláška č. 389/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně a dne 30. 11. 2012 byla uveřejněna vyhláška č. 410/2012 Sb., o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření. Nová úprava, kromě upřesnění některých kompetencí a povinností v oblasti lékařského ozáření, posiluje roli národních radiologických standardů a klinického auditu. Státní úřad pro jadernou bezpečnost se zároveň rozhodl připravit nový atomový

zákon, který by měl po více než 15 letech nahradit zákon č. 18/1997 Sb., ve zn.p.p. Přípravovaný nový atomový zákon vychází zejména z Doporučení č. 113 Mezinárodní komise pro radiační ochranu z roku 2007, kterým se částečně mění koncepce radiační ochrany. Nová koncepce, kterou již převzala Mezinárodní agentura pro atomovou energii do svých International Basic Safety Standards a kterou rovněž reflektuje aktuálně projednávaný návrh novely Směrnice Rady EURATOM, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy na ochranu před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření, je postavena na regulaci tzv. expozičních situací. Návrh nového atomového zákona zároveň reaguje na zkušenosti s aplikací současného zákona a také na dobrou úroveň radiační ochrany v ČR a uplatňuje takzvaný odstupňovaný přístup, kdy pro některé činnosti méně významné z pohledu radiační ochrany zmírňuje požadavky, např. zavedením registrace místo povolení.

Poznámky k optimalizaci

Martin Neznal

RADON v.o.s., Novakových 6, Praha 8, 180 00, ČR

neznal@clnet.cz

Optimalizace radiační ochrany představuje jeden ze základních pilířů ochrany před zářením (§ 4, odst. 4 a 6 Atomového zákona). Při posuzování konkrétních situací – při zpracování optimalizační analýzy nebo průkazu optimalizace radiační ochrany pro dané pracoviště – se lze setkat s problémy, jejichž řešení může být diskutabilní. Jednoznačné postupy či návody obvykle nejsou k dispozici a výsledek optimalizace často závisí pouze na rozhodnutí zpracovatele.

Jako příklad lze uvést následující otázky:

Jak zahrnout do optimalizační analýzy časový faktor, jaký časový interval by měl být použit pro předpokládanou účinnost posuzovaného opatření?

Jakým způsobem nakládat s časovými změnami finančních nákladů a přínosů? Jestliže se hodnoty finanč-

ního ekvivalentu efektivních dávek (§ 17 vyhlášky č. 307/2012 Sb.) zatím „nevalorizují“, je vhodné uvažovat inflaci při hodnocení nákladů spojených s posuzovaným opatřením?

Jak zahrnout do optimalizační analýzy náklady spojené se samotným měřením a hodnocením efektivních dávek, které mohou v některých případech představovat rozhodující položku?

V příspěvku budou prezentovány poznatky, které autor získal jednak při zpracování obecně pojatých studií (Expertíza optimalizace radiační ochrany na pracovištích, kde dochází k významně zvýšenému ozáření osob z přírodních zdrojů, 2009, zadavatel: Státní úřad pro jadernou bezpečnost; Optimalizace radiační ochrany v DIAMO, s.p., 2012, zadavatel: DIAMO, s.p.), jednak při řešení konkrétních případů z praxe.

Hodnocení efektivních dávek obyvatelstva ze zevního ozáření zářením gama v okolí pracovišť s. p. DIAMO

Martin Neznal

RADON v.o.s., Novakových 6, Praha 8, 180 00, ČR

neznal@clnet.cz

Jedním z témat studie „Optimalizace radiační ochrany v DIAMO, s.p.“, zpracované v r. 2012, bylo posouzení stávajícího způsobu monitorování a hodnocení efektivních dávek obyvatelstva ze zevního ozáření zářením gama v okolí pracovišť III. kategorie. Hodnocení efektivních dávek v současnosti vychází z výsledků integrálních měření termoluminiscenčními dozimetry (TLD), v některých lokalitách z výsledků okamžitých měření dávkového příkonu záření gama, resp. příkonu fotonového dávkového ekvivalentu. Okamžitá měření se dále používají v případě selhání termoluminiscenční dozimetrie a také v případech, kdy TLD vykazují vyšší hodnoty, způsobené obvykle náhodnou fluktuací metody, nikoliv reálnou změnou sledované veličiny.

V rámci studie se uskutečnila rozsáhlá plošná měření záření gama ve všech monitorovaných obcích v okolí pracovišť DIAMO, s.p., která přinesla poměrně přesnou představu o skutečné radiační zátěži obyvatelstva související se zevním ozářením.

V příspěvku budou podrobněji komentovány:

- závěry kritického vyhodnocení stávajícího způsobu monitorování a stanovení efektivních dávek;
- výsledky terénních měření a jejich interpretace;
- výhody a nevýhody používaných měřících metod;
- navržené změny přístupu k této problematice a dosavadní průběh jednání se zástupci Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Možnosti detekce/záchytu neutronových zdrojů při kontrole osobních zavazadel v letecké dopravě

Tomáš Urban¹, Jaroslav Klusoň¹, Lukáš Džbánek², Petr Okruhlica²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

V oblasti simulace odezvy detekčních systémů pro kontrolu osobních zavazadel pasažérů v letecké dopravě byly provedeny simulační výpočty s cílem ověřit možnosti detekce neutronů ve směsném poli záření n- γ metodou „time-of-flight“ (TOF) s využitím dvojice (organických) scintilátorů. Na základě navržené metodiky modelových výpočtů byl připraven a ověřen návrh zjednodušené konfigurace uspořádání detektorů (vhodného pro použití v RTG skeneru). Cílem modelových výpočtů bylo stanovit energetické závislosti detekční účinnosti jednotlivých detektorů (pro vybraná modelová uspořádání) pro rychlé neutrony a záření gama a detekční účinnost pro koincidenční zpracování signálu z obou detektorů. Dále byly simulovány časové distribuce mezi impulsy vyvolanými v obou detektorech jedním primár-

ním neutronem, resp. fotonem v závislosti na jejich primární energii. Simulovány byly rovněž spektrální distribuce impulsů odezev obou detektorů pro vybrané posloupnosti energií neutronového a fotonového zdroje. V příspěvku uvedené výsledky by měly sloužit jako základ pro specifikaci, resp. představu o chování a vlastnostech uvažovaného modelového detekčního systému a z toho plynoucích požadavků na parametry elektroniky s ohledem na zpracování (koincidenčního) signálu a metody analýzy a interpretace naměřených dat.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory MPO v rámci řešení projektu č.FR-TI3/099 programu TIP, SGS ČVUT v Praze č.SGS12/200/OHK4/3T/14 a RVO 68407700.

Radiačná záťaž minulosti

Alena Bujnová, Darina Páleníková

Oddelenie ochrany zdravia pred fyzikálnymi faktormi ÚVHR, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Námestie slobody č. 6, Bratislava, 810 05, SR

alena.bujnova@mindop.sk

Od roku 2008 Útvar vedúceho hygienika MDVRR SR, ako orgán verejného zdravotníctva, riešil viac ako 50 mimoriadnych udalostí v súvislosti so zachytmi zdrojov ionizujúceho žiarenia v kovovom šrote a v poštových zásielkach. Bolo zistené, že prevažnú časť zdrojov predstavujú ciferníky kontaminované Ra-226.

V roku 2013 bola stacionárnymi monitorovacím bránami na pracovisku Slovenskej pošty, a.s. v Bratislave zachytená poštová zásielka, v ktorej sa nachádzali hodiny z historického vozi-

dla. Dávkový príkon na povrchu hodín bol 16 mikroSv/hod (10 cm od povrchu 3,4 mikroSv/hod). Takýto zdroj ionizujúceho žiarenia nespĺňa podmienky na vyňatie spod administratívnej kontroly.

S cieľom spoznať súčasný stav výskytu zdrojov ionizujúceho žiarenia v historických vozidlách bolo premeraných viac ako 100 historických vozidiel, pochádzajúcich z doby, kedy využívanie rádia a uránu v spotrebných predmetoch bolo bežné. Výsledky tohto prieskumu sú uvedené na poster.

Miesto radiačnej ochrany v novej štruktúre vzdelávania FEI STU Bratislava

Róbert Hinca, Vladimír Slugeň

Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva, Fakulta elektrotechniky a
informatiky STU Bratislava, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

robert.hinca@stuba.sk

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU (FEI STU) sa pripravuje na komplexnú akreditáciu (termín predloženia podkladov je 2.6.2014). Príprava spočíva vo vytvorení a personálnom, technickom a priestorovom zabezpečení nových študijných programov. Tie majú odzrkadľovať dlhodobý zámer vzdelávacej, výskumnej, vývojovej a tvorivej činnosti fakulty.

Historicky sa vzdelávanie pre odbor jadrovej energetiky, vyučoval v rámci študijného programu elektroenergetika a vybrané oblasti radiačnej fyziky aj v odbore fyzikálne inžinierstvo, ktorý sa vytvoril z elektro-materiálového inžinierstva. V rámci týchto odborov sa témy radiačnej ochrany vyučovali v rámci predmetu dozimetria a radiačná ochrana a radiačná ekológia. V novej štruktúre študijných programov sa zachovali predmety z minulosti a pribudli predmety radiačná ochrana a ekológia, environmentalistika. Výpočtové a laboratórne cvičenia sú samozrejmosťou súčasťou vzdelávacieho procesu. Okrem predmetov a cvičení sú na radiačnú ochranu zamerané aj

témy tímových a ročníkových projektov. Vela študentov ukončilo štúdium s témou záverečnej práce orientovanou na radiačnú ochranu.

Okrem praktických úloh v rádioizotopových laboratóriách zameraných na dozimetriu a meranie aktivity sú k dispozícii softvérové prostriedky na modelovanie a analýzu radiačnej situácie. Pre účely modelovania a hodnotenia ožiarenia pracovníkov pri činnostiach vedúcich k ožiareniu je na ústave k dispozícii počítačový program VISIPLAN. Na analýzu následkov ťažkých havárií, odhad zdrojového člena, výpočet dopadov a návrhy ochranných opatrení je k dispozícii výpočtový balík ESTE EU FEI. Pre analýzu environmentálnych dopadov rôznych scenárov nakladania s rádioaktívnym odpadom sa používa GoldSim. Na iné špeciálne výpočty je možno použiť MCNP, LABSOCS, MATLAB, SRIM, SCALE a iné.

Trend do budúcnosti je jasný a rozsah vyučovania radiačnej ochrany na FEI STU v pripravovaných študijných programoch sa bude zvyšovať.

Trendy ve vývoji počtu radiačních pracovníků a v rozložení jejich dávek a ve vývoji počtu zdrojů ionizujícího záření sestavené na základě dat z Registrů SÚJB

Jan Vinklář

Oddělení evidencí a hodnocení ozáření, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1,
110 00, ČR

jan.vinklar@sujb.cz

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) od roku 1997 vyvíjí a spravuje elektronický systém státních evidencí, tzv. Registry. Poster popisuje k čemu registry slouží, jak systém funguje a jaké druhy registrů SÚJB vede.

Na posteru je zobrazen jak nárůst, tak pokles a stagnace počtu vybraných zdrojů ionizujícího záření v letech 1997–2013. Dále pak počty a průměrné efektivní dávky pracovníků v jednotlivých sektorech v letech 2008–2011 a dávkové distribuce v letech 2000–2011.

Praktické zkušenosti s uvolňováním kovového materiálu do ŽP v ÚJV Řež, a. s.

Josef Mudra

Měření a laboratoře, ÚJV Řež, a. s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

josef.mudra@ujv.cz

ÚJV Řež, a. s. (ÚJV) zajišťuje výzkumnou a vývojovou činnost v oblasti jaderných technologií a nakládání se zdroji ionizujícího záření. V důsledku svých aktivit vzniklo v ÚJV značné množství radioaktivně kontaminovaných i ozářených materiálů, technologií a stavebních konstrukcí, se kterými je po vyřazení z provozu nakládáno jako s radioaktivními odpady (RAO). Cílem nakládání s RAO je upravit RAO do formy vhodné k uložení a materiály, které lze dekontaminovat, se pokusit dekontaminovat a následně uvolnit do životního prostředí (ŽP) na základě principu minimalizace objemu RAO. Pro tyto práce se používají unikátní metody a postupy včetně využití speciálních technologických zařízení. Před provedením dekontaminace každého materiálu je provedena jeho radiační charakterizace a stanovení tzv. korelačních faktorů obtížně měřitelných radionuklidů k těm, které se dají jednoduše gama-spektrometricky stanovit. Korelační faktory jsou stanoveny pro každý odpad se stejnou historií samostatně (např. nádrž, potrubní trasy). U materiálu připraveného k uvolnění do ŽP je v souladu s legislativními požadavky proměřena povrchová kontami-

nace a stanovená specifická aktivita. Pro stanovení specifické (hmotnostní) aktivity bylo vyvinuto speciální zařízení pro uvolňování materiálu do ŽP firmou Envinet a.s. ve spolupráci s ČMI IIZ. Envinet a.s. zařízení pro ÚJV provozuje. Toto unikátní zařízení je pro tyto účely v ČR typově schválené a je stanoveným měřidlem dle zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii v platném znění. Instalace a zprovoznění zařízení, měření a výpočet účinnostních křivek bylo provedeno na přelomu roku 2012 a 2013. Samotné měření kovového materiálu určeného k uvolnění do ŽP bylo zahájené v březnu 2013. Předpokládané množství takto uvolněného materiálu je cca 150 tun, což představuje zhruba 25 % celkového množství vyřazované technologie. Tento materiál pochází především z likvidace starých ekologických škod, což je v současné době největší realizovaný sanační projekt radioaktivně kontaminovaných materiálů v ČR. Do půlky září letošního roku bylo připraveno pro uvolnění zhruba 4,7 t materiálu, z toho se po změření podařilo uvolnit 4,6 tuny a podmínkám pro uvolnění do ŽP nevyhovělo cca 100 kg.

Modernizace technologií pro zpracování radioaktivních odpadů v ÚJV Řež, a. s.

Milan Touš, Tomáš Otcovský, Jan Krmela

Centrum nakládání s RAO, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

tous@ujv.cz

ÚJV Řež, a. s. (dále jen ÚJV) je inženýrskou organizací působící ve všech oblastech jaderného výzkumu a vývoje a inženýrských služeb v České republice. Společně s oblastí výzkumu a vývoje bylo ve společnosti v roce 1963 vybudováno pracoviště pro nakládání s radioaktivními odpady (RAO). Pro zpracování a úpravu vzniklých RAO byly používány na pracovišti tyto technologie: odpařování a cementace kapalného RAO a fragmentace, dekontaminace a nízkotlaké lisování pevného RAO. Tyto technologie byly instalovány před více než 20-ti lety a objekt byl bez velkých úprav provozován od svého vybudování.

V roce 2003 bylo na pracovištích Centra nakládání s RAO zahájeno vyřazování starých technologií z provozu. V rámci projektu Sanace starých ekologických zátěží v ÚJV byla v roce 2010 zahájena stavební i technologická rekonstrukce objektu. V rámci rekonstrukce byly rekonstruovány následující pracoviště a zařízení: Fragmentační a dekontaminační boxy, nízkotlaký lis, skladovací prostory pro RAO, URZ a jaderné materiály. Součástí rekonstrukce byla i kompletní výměna elektrických rozvodů, vzduchotechnického

systému, speciální kanalizace a požárního zabezpečení. Nově instalovaná nebo rekonstruovaná zařízení si vyžádala i stavební úpravy objektu. Kromě modernizace jednotlivých technologií budou v blízké době instalována i nová moderní zařízení pro zpracování RAO – inovované odpařovací zařízení, zařízení pro abrazivní otryskávání a modernizovaná cementační jednotka.

Rekonstrukce a modernizace Centra nakládání s RAO si vyžádala nemalé finanční náklady z vlastních zdrojů společnosti (více než 5,7 mil. Euro). Náklady na vyřazování z provozu starých technologií byly hrazeny státem v rámci projektu Sanace starých ekologických zátěží v ÚJV Řež (cca 2,7 mil. Euro).

V současnosti je Centrum nakládání s RAO moderním pracovištěm pro zpracování RAO nejen pro potřeby ÚJV, ale zajišťuje i zpracování institucionálních RAO pro producenty v ČR (více než 90% produkce). Centrum nakládání s RAO je na vysoké technické úrovni, srovnatelné se zahraničními pracovišti v tomto oboru a to nejen z hlediska technologické vybavenosti, ale i dodržování radiační ochrany.

The use of molecular recognition product (MRT) AnaLig[®] Tc-02 gel and solid phase extraction techniques for determination of ⁹⁹Tc in evaporator concentrate samples from NPP Mochovce

Veronika Paučová¹, Boris Remenec², Silvia Dulanská², Ľubomír Mátel²

¹ Oddělení diagnostiky a radiační bezpečnosti, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

² Katedra jadrovej chémie, Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH, Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

veronika.paucova@ujv.cz

The release of ⁹⁹Tc into the environment is of concern because, in addition to its long half-life, it is highly mobile in aerobic environments as the pertechnetate ion (TcO_4^-), which is its predominant form. The concentration of ⁹⁹Tc is relatively low, than to achieve low detection limits it is necessary to pre-concentrate and separate the nuclide for its determination. Therefore, for ⁹⁹Tc determination from evaporator concentrate we used AnaLig[®] Tc02 gel for pre-concentration and TEVA[®] Resin for further purification of the ⁹⁹Tc fraction. For testing of methods performance the model solu-

tion of evaporator concentrate was prepared. The composition was similar to the composition of concentrate from nuclear power plants (NPPs) in Jaslovské Bohunice and Mochovce in Slovakia. For analysis of real concentrate were used two samples from nuclear power plant Mochovce in Slovakia (No. 3896 – 325 ml and No. 4196 – 150 ml). The use and effectiveness of AnaLig[®] Tc02 (IBC Advanced Technologies, Inc.) 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.

Monitorování radiační situace pomocí dálkově ovládaných prostředků

Vladimír Fišer, Jan Švanda, Hana Husťáková

Oddělení Diagnostiky a radiační bezpečnosti, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130,
Husinec-Řež, 250 68, ČR

fis@ujv.cz

Je prezentován systém využívající bezpilotní dálkově řízené vzdušné (UAV – unmanned aerial vehicles) a pozemní (UGV – unmanned ground vehicles) prostředky k dálkově řízenému radiačnímu monitorování. Moderní přístroje se vyznačují vysokou citlivostí, malými rozměry, zpracováním měřených dat a novými komunikačními možnostmi, což umožňuje jejich použití ve spojení UAV a UGV nosiči. Konkrétní realizace s využitím dálkově řízených pozemních

vozidel a dálkově řízených vrtulníků nesoucích přístroje umístěné v kontejnerech je propojena se softwarovým systémem znalostní podpory radiačního monitorování. Tento software umožňuje rychlou predikci radiační situace po radiační havárii za stabilních i proměnných meteorologických podmínek a efektivní podporu při návrhu, řízení a provádění radiační monitorovací akce. Systém byl úspěšně otestován a prověřen v reálných radiačních podmínkách.

Zvýšení dávkového příkonu záření gama v důsledku depozice produktů přeměny radonu na povrchy

Miroslav Jurda¹, Martin Neznal²

¹ SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

² Radon v.o.s., ČR

miroslav.jurda@sujb.cz

Při měřeních na vybraných pracovištích – větracích stanicích, ohlubených dolů a čistírnách důlních vod – bylo zjištěno výrazné zvýšení zevního záření gama v blízkosti některých částí technologie. Presentace uvede příklady těchto pracovišť s výsledky měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu záření (až řádově deset $\mu\text{Sv/h}$), resp. dávkového příkonu záření gama, a objemové aktivity radonu, resp. koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu.

Analýza výsledků měření a relativně jednoduché modelové výpočty podporují hypotézu, že zvýšené hod-

noty příkonu fotonového dávkového ekvivalentu jsou způsobeny vysokými koncentracemi radonu ve výdušných větrech z podzemí dolů nebo v nevětráných částech technologických aparatur a depozicí produktů přeměny radonu na povrchy.

Prezentované výsledky jsou významné pro ochranu pracovníků před účinky ionizujícího záření, protože pomohou identifikovat pracoviště nebo pracovní místa, na nichž se s možností ozáření osob touto expoziční cestou dosud nepočítalo.

Odvoz vyhořelého jaderného paliva z ÚJV Řež, a. s. do Ruska k přepracování

Josef Podlaha

Divize chemie palivového cyklu a nakládání s odpady, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

josef.podlaha@ujv.cz

Na jaře 2013 proběhla druhá přeprava vyhořelého jaderného paliva (VJP) z výzkumného reaktoru LVR-15 do Ruské federace (RF). K přepracování byly odvezeny stovky kilogramů VJP s obohacením 36 % ^{235}U . Území ČR tak opustily všechny jaderné materiály (JM) s obohacením vyšším než 20 % (hranice mezi nízkým a vysokým obohacením). V celém světě probíhá konverze výzkumných reaktorů na palivo s obohacením max. 20 % ^{235}U , čímž se snižuje riziko zneužití JM. Provoz reaktoru LVR-15 byl na nízké obohacení plně konvertován již v r. 2011.

Přeprava VJP proběhla v rámci rusko-americké iniciativy GTRI (Global Threat Reduction Initiative). Jejím cílem je minimalizovat hrozbu zneužití JM pro teroristické účely. V rámci programu RRRFR (Russian Research Reactor Fuel Return), jež je součástí GTRI, jsou vysoce obohacené JM z výzkumných reaktorů ruského původu přepravovány zpět do RF k přepracování.

V tomto roce bylo silniční, železniční a námořní přepravou přes ČR, Polsko a RF přepraveno z ÚJV Řež, a. s. (ÚJV) 112 palivových sou-

borů (PS) v 6 obalových souborech (OS) ŠKODA VPVR/M. V r. 2007 bylo silniční a železniční přepravou přes ČR, Slovensko, Ukrajinu a RF přepraveno 568 ks PS v 16 OS.

ÚJV se podílí na odvozech VJP i z dalších zemí. Dosud bylo s podporou ÚJV v průběhu let 2007–2013 úspěšně provedeno dalších 12 odvozů ze 7 zemí (Bulharsko, Maďarsko, Polsko, Ukrajina, Bělorusko, Srbsko, Vietnam). V současné době se připravuje projekt repatriace vysoko obohaceného paliva čínského původu z Ghany, Nigérie, Pákistánu, Sýrie a Íránu.

Aktivní přístup ČR a ÚJV při spolupráci s ruskými organizacemi a za významné finanční podpory USA představuje velmi důležitý příspěvek ČR k celosvětovému úsilí k zamezení zneužití JM k teroristickým účelům. Důležitost tohoto faktu a potřeba akcelerace celého programu byla ostatně silně zdůrazněna i prezidentem Obamou v době summitu EU–USA v Praze v dubnu 2009. Je symbolické, že přesně po 4 letech byl dokončen odvoz veškerých vysoko obohacených JM právě z ČR.

Enhanced activities of organically bound tritium in biota samples

Michal Fejgl^{2,1}, Ivo Světlík^{1,2}, Irena Malátová², Radek Černý¹,
Lenka Tomášková¹

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

michal.fejgl@suro.cz

A pilot study aimed on checking an occurrence of the biota with significantly elevated activity of NE-OBT was performed. Within the scope of the performed study, the testing of a low-cost combustion system was proved for purpose of OBT determination. The first results showed a significant surplus of NE-OBT activity in the biota sam-

pled in the valley of the Mohelno reservoir and the Jihlava river. The liquid releases of HTO from the nuclear power plant Dukovany is the source of tritium at this area. This area, with elevated NE-OBT activity, can be a source of various types of natural samples for future studies tritium pathways.

Zátěžové cvičení laboratoří RMS vybavených spektrometrií gama

**Tereza Ježková¹, Petr Rulík¹, Helena Malá¹, Miluše Bartusková¹,
Věra Bečková¹, Zdeněk Borecký¹, Lenka Dragounová¹, Karin Fantínová¹,
Jiří Havránek², Miroslav Hýža¹, Jan Lušňák¹, Helena Pilátová¹, Jiří Rada¹,
Tereza Svobodová¹, Eva Šindelková², Jan Škrkal¹, Jaroslav Vlček¹**

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

tereza.jezkova@suro.cz

V roce 2013 proběhlo ve čtyřech ze sedmi laboratoří RMS ČR (SÚRO Praha, Hradec Králové a Ostrava a RC SÚJB České Budějovice) vybavených spektrometrií gama zátěžové cvičení. Cílem bylo prověřit jejich měřicí kapacitu za současného technického vybavení a personálního obsazení pro případ radiační mimořádné události (RaMS) a vytipovat problematická místa celého procesu od příjmu vzorků až po zápis do databáze RMS „MonRaS”. Délka cvičení byla kolem 12 hodin, neboť za RaMS, vzhledem k nedostatku personálu, se předpokládá práce v jedné 12 hodinové směně, kterou by byly schopny laboratoře zajišťovat po dobu 14 dnů. Cvičné vzorky pokrývaly širokou škálu komodit, které by za RaMS do laboratoří přicházely (aerosolové filtry, sorbent plyných forem jódu, spady, pitná voda, složky potravního řetězce a půdy). Část vzorků byla předem kontaminována ⁸⁵Sr, ⁸⁸Y a ⁴⁰K (tyto nuklidy pouze zastupovaly skutečné nuklidy, které by

se za RaMS vyskytly); vzorky půd obsahovaly vyšší hodnoty aktivit ¹³⁷Cs pocházejícího z havárie JE Černobyl. Cvičení se účastnilo celkem téměř 40 pracovníků. Měření probíhala na 21 spektrometrických trasách včetně tzv. gama-automatu v SÚRO Praha vybaveného 2 trasami. Během cvičení bylo vyhodnoceno cca 700 vzorků. Navíc gama-automat změřil dalších 80 vzorků v noční směně. Cvičení ukázalo na „slabá” místa v celém procesu u jednotlivých laboratoří, objevily se některé nedostatky, které při běžném režimu laboratoře nejsou vidět; některé se podařilo odstranit již v průběhu cvičení, některé dodatečně, v případě chybných výsledků analýzy vzorků byla zjištěna příčina. Celkově lze cvičení hodnotit jako velice přínosné a bude užitečné je v několikaletých intervalech opakovat (poslední podobné cvičení proběhlo v roce 2007). Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR–BV, identifikační kód: VF20102015014.

IAEA Response and Assistance Network Workshop, prefektura Fukušima, Japonsko, květen 2013

Petr Kuča, Irena Češpírová, Lubomír Gryc

odbor Havarijní připravenosti, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR
petr.kuca@suro.cz

Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) zřídila a provozuje síť Response and Assistance Network (RANET), zaměřenou na posílení kapacity MAAE pro poskytování pomoci a poradenství a na koordinaci poskytování pomoci v rámci Úmluvy o pomoci v případě jaderné havárie nebo radiační nehody, a na podporu schopnosti havarijní připravenosti a odezvy v případech jaderných nebo radiačních havárií/nehod mezi členskými státy MAAE, jejímž je Česká republika registrovaným členem.

V roce 2013 IAEA uspořádala v rámci RANET workshop zamě-

řený na prověření možností spolupráce národních monitorovacích týmů v podmínkách reálné situace v kontaminovaném území. Workshop proběhl v oblasti evakuované zóny v okolí havarované JE Fukushima Dai-ichi.

Referát popisuje základní parametry sítě RANET, rozsah a podmínky zapojení SÚRO a průběh workshopu se zaměřením na účast českého monitorovacího týmu.

Příspěvek je vypracován na základě výsledků řešení Projektů MV ČR ID: VF20102015014, VG20122015083 a VG20132015105.

Notes from Excursion to the NPS Fukushima Daiichi and a Selection of Nuclear Accident Countermeasures in Japan

Ondřej Ploc¹, Yukio Uchihori², Kazuya Matsushashi³, Keisuke Toda³,
Nakahiro Yasuda³

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan

³ University of Fukui, Tsuruga, Japan

ploc@ujf.cas.cz

In the contribution, I'll report the selected countermeasures related to the Fukushima Daiichi accident which I've learned during two visits of Japan this year: (i) the excursion in May 2013 to the nuclear power plant Fukushima Daiichi and (ii) during the preliminary meeting of the project for sharing information on nuclear accidents countermeasures between the Czech Republic and Japan held in University of Fukui, Tsuruga in August 2013.

The excursion lasts about 3 hours and following four subjects were introduced to us: (1) damages to the facilities on NPS from the earthquake and the tsunami, (2) present status for plant stabilization, (3) progress status of preparation for fuel removal from the

fuel pools, and (4) progress status of countermeasures against contaminated water. I'll also present the level of individual dose that we obtained during the excursion.

A lot of work has been done in order to reduce the negative effects of nuclear accident in Japan. The following information on the countermeasures was introduced to me during the project meeting in August – newly translated to English from Japanese reports: (1) Indoor dose survey and methods of dose reduction, (2) air dose monitoring in Fukushima prefecture, (3) monitoring of radionuclides released due to the Fukushima Daiichi accident and comparison with the Chernobyl, etc.

Projekt OECD/NEA – hodnotenie rýchlych SW nástrojov na stanovenie zdrojového člena v prípade havárie na JE, časť B – diskusia hodnotených vlastností a odozva ESTE

Peter Čarný, Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták, Monika Krpelanová,
Dušan Suchoň, Miroslav Chylý

ABmerit, Hornopotočná 1, Trnava, 917 01, SR

carny@abmerit.sk

Projekt je organizovaný a riadený OECD/NEA, konkrétne pracovnou skupinou pre havarijné analýzy (WGAMA, Working Group on the Analysis and Management of Accidents) a pracovnou skupinou pre otázky jadrových havárií (WPNEM, *Working Party on Nuclear Emergency Matters*). Jeho podrobný popis je uvedený v príspevku identických autorov označenom ako „časť A“.

V tejto časti sú diskutované jednotlivé hodnotené vlastnosti SW nástrojov (Questionnaire projektu). V príspevku je demonštrovaná odozva systému ESTE na jednotlivé havarijné scenáre (CANDU6 – Point Lepreau, BWR – Oskarshamn, PWR – Gravelines, PWR Surry a BWR – Peach Bottom).

Hodnotené vlastnosti je možné rozdeliť na:

Schopnosť modelovania – aké dáta o reaktore sú zabudované v SW nástroji, ktoré mechanizmy na redukciiu zdrojového člena sú modelované, je SW nástroj schopný modelovať viacblokové (multiunit) havárie, ako je modelovaná

atmosférická disperzia, ako sa počítajú dávky na obyvateľstvo, sú demografické informácie súčasťou SW?

Beh SW – ako sa zadáva udalosť/havária, aké je minimálne množstvo potrebných vstupných dát, aké výstupy SW poskytuje, aká je maximálna uvažovaná dĺžka úniku, je zdrojový člen rozdelený po nuklidoch a po časových úsekoch, aká je maximálna uvažovaná vzdialenosť pre výpočet disperzie a výpočet dávok, ktoré cesty ožiarovania sú uvažované, je SW nástroj schopný odporučiť neodkladné ochranné opatrenia?

Validácia – ako bol SW nástroj doposiaľ validovaný/porovnávaný, správnosť predikcie zdrojového člena – odhad a vysvetlenie, ako bol odhad stanovený, správnosť predikcie atmosférickej disperzie – odhad a vysvetlenie, ako bol odhad stanovený?

V príspevku sú diskutované jednotlivé hodnotené vlastnosti a je demonštrovaná odozva systému ESTE na havarijné scenáre, ktoré sú predmetom hodnotenia SW nástrojov.

Porovnání různých detekčních systémů ve štěpném poli radionuklidů

Pavel Žlebčík^{1,2}, Petr Rulík¹, Miroslav Hýža¹, Jan Škrkal¹, Boris Bulánek¹, Jiří Hůlka¹, Helena Malá¹, Irena Malátová¹, Ondřej Huml², Antonín Kolros², Ľubomír Sklenka²

¹ Spektrometrie, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Katedra jaderných reaktorů, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

pavel.zlebcik@suro.cz

Problematika odezvy detekčních systémů ve štěpných nebo směsných polích radionuklidů získala opět na důležitosti po havárii v jaderné elektrárně Fukušima z 11. března 2011. V rámci projektu MONTE-1 se předpokládá vybudování zařízení sloužícího pro testování různých detekčních systémů ve fotonovém poli reálného štěpného spektra a v další fázi i ve směsném poli fotonů a neutronů. Předpokládá se, že štěpná spektra radionuklidů, která není možné nasimulovat pomocí běžně dostupných radionuklidů, budou vytvářena ozářením paliva ve školním reaktoru ČVUT – VR-1. Během prvního experimentu, který proběhl na školním reaktoru VR-1 v červnu tohoto roku, byly testovány odezvy několika detektorů (HPGe, LaBr, CdZnTe, NaI, medipix) v různých časových okamžicích

po ozáření malého množství paliva. Samotné ozařování bylo realizováno v několika režimech při výkonech celé aktivní zóny reaktoru 0.08 W, 0.8 W a 8 W po dobu 10 min nebo 100 min. Jako palivo, než budou vyrobeny uranové standardy, které by se svým obohacením více blížily obohacení používaném v palivu pro jaderné elektrárny Dukovany a Temelín, bylo použito zkráceného palivového proutku s označením EK10 jehož obohacení ²³⁵U dosahuje 10%. V prezentaci jsou porovnány první výsledky experimentu včetně průběhů ozařování paliva a měření palivového článku EK10 výše zmíněnými detektory.

Tato práce vznikla za podpory programu bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra České republiky VG20132015119.

Radiační monitoring a proces uvolňování materiálů při vyřazování jaderné elektrárny V1 Jaslovské Bohunice

Petr Okruhlica

VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

petr.okruhlica@vf.cz

V roce 2011 byla jaderná elektrárna V1 oficiálně odstavena a vstoupila do fáze vyřazování. Demontáž a vyřazování jaderných zařízení z provozu je důležitá oblast působnosti společnosti VF. Společnost se podílí na realizaci významných projektů souvisejících s managementem radioaktivních odpadů BIDSF (Bohunice International Decommissioning Support Fund) skupiny C.

BIDSF Projekt C7A.3 Výstavba nového velkokapacitního F&D zařízení JE V1 Vyřazování jaderných zařízení generuje značné objemy radioaktivního odpadu, kde jedním z hlavních úkolů je minimalizace množství odpadů vznikajících při vyřazování.

Hlavním účelem BIDSF Projektu C7A.3 je poskytnout nezbytné prostředky pro management a zpracování těchto materiálů. Mezi hlavní dodávky patří technologická zařízení pro segmentaci, fragmentaci a dekontaminaci demontovaných technologických zařízení a komponent.

BIDSF C10 projekt Uvolňování materiálů z vyřazování Konečné rozhodnutí o budoucnosti materiálů produkováných během vyřazování závisí na jejich radiačním statusu. Materiály

z vyřazování budou směřovány do dvou hlavních proudů, většina nekontaminovaných materiálů bude uvolněna do životního prostředí, zbytek radioaktivně kontaminovaných materiálů bude zpracován na úložišti radioaktivních odpadů. Mezi hlavní zařízení a komponenty dodané v rámci tohoto projektu patří zařízení pro měření uvolňovaných materiálů.

BIDSF Projekt C12 Modernizace monitorovacího zařízení radiační ochrany Zajištění efektivní radiační ochrany pracovníků, obyvatelstva a životního prostředí během vyřazování JE V1 je jedním ze základních požadavků na proces vyřazování.

Původní provozní monitorovací systém radiační kontroly bylo před začátkem vyřazovacích prací potřeba modernizovat, protože systém byl určen pro monitorování provozované jaderné elektrárny a nesplňoval specifické požadavky vyvolané vyřazovacími pracemi, většina zařízení byla na konci jejich životnosti a existující kabelové trasy systému budou demontovány.

V průběhu projektu byly modernizovány vybrané části stávajícího systému a dodány nové části systému RK.

Skupiny radionuklidů v úniku a jejich reprezentanti

Jan Matzner

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

jan.matzner@sujb.cz

Příspěvek se zabývá otázkou, zda při odhadu radiobiologického dopadu havarijního úniku radionuklidů je vhodnější příslušnou skupinu radionuklidů v úniku nahradit jejich reprezentantem

nebo nikoliv. Jednoduchou metodou je kvantifikován vliv obou přístupů na odhad pro tři nejvýznamnější skupiny radionuklidů (vzácné plyny, halogeny a alkalické kovy).

Monitorovanie a bilancovanie únikov zo sekundárneho okruhu JE V2 Jaslovské Bohunice (SE EBO)

Anna Tomášková, Boris Remenec

Radiačná Ochrana, SE a. s., AE Bohunice, o.z., Jaslovské Bohunice, 919 31, SR
anna.tomaskova@enel.com

Z dôvodu netesností na rozhraní primárneho (PO) a sekundárneho okruhu (SO) (netesnosť parogenerátorov) sú v SE EBO od roku 2009 monitorované úniky vzácnych plynov a trícia do životného prostredia.

Na základe Rozhodnutia ÚVZ OOZPŽ/6774/2011 sú SE EBO od r. 2012 povinné tieto úniky bilancovať a započítavať do mesačných, štvrtročných a ročných výpustí. Bola vypracovaná „Metodika pre bilancovanie únikov zo sekundárneho okruhu“ A0120-MTD-001. Podľa tejto metodiky sú mesačne počítané úniky trícia cez brydové pary a štvrtročné úniky vzácnych plynov do ovzdušia. Aktivita únikov trícia do hydrosféry je počítaná mesačne do recipientu Dudváh cez vychladzovaciu nádrž 3. a 4. bloku a do recipientu Váh cez zmluvne dodá-

vanú paru pre JAVYS. Do výpočtu únikov vstupujú sumárna aktivita vzácnych plynov, priemerná aktivita trícia vo vode SO za bilancované obdobie a reálne parametre prevádzky (odpustený objem vody cez vychladzovaciu nádrž bloku, doplnený objem demivody, množstvo nevratného kondenzátu z JAVYSu, množstvo vypustenej vody do ovzdušia prostredníctvom brydových pár bloku...)

Všetky bilancované úniky sú pripočítané k bilancii výpustí z SE EBO do atmosféry a hydrosféry a sú zahrnuté do štvrtročného výpočtu dávkovej záťaže obyvateľstva žijúceho v okolí elektrárne. Príspevok jednotlivých únikov k ročným výpustiam SE EBO predstavuje rádovo u vzácnych plynov 10^{-5} %, trícia do Váhu 10^{-3} % a do Dudváhu 10 % ročnej smernej hodnoty.

Sít včasného zjištění – změny hodnot přírodního pozadí vlivem rozsáhlé srážkové fronty v roce 2013

Barbora Marešová, Jelena Burianová, Zdeněk Prouza

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

barbora.maresova@suro.cz

Príspevek demonštruje vliv specifických meteorologických podmínek – rozsáhlé srážkové fronty v roce 2013 na hodnoty příkonu fotonového dávkového ekvivalentu (PFDE) měřené detektory Sítě včasného zjištění (SVZ). K analýze byla vybrána výrazná srážková fronta, která ve dnech 29.–30. 7. 2013 přecházela postupně od jihozápadu k severovýchodu přes celé území ČR. Intenzita srážek podle demonstrovaných radarových snímků postupně narůstala řádově od desetin do jednotek mm/h, v některých lokalitách se blížila i 50 mm/h. Maximální hodnoty srážkových úhrnů na uvedených měřicích místech SVZ se nacházely v rozmezí od 4 do 49 mm za 6 h. K výpočtu a grafickému zpracování byly použity hodnoty PFDE a srážkových úhrnů z aplikace MonRaS. Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že měřicí místa SVZ zasažená touto srážkovou frontou zazna-

menala spolehlivě změny přírodního pozadí; s příchodem srážek a jejich rostoucí intenzitou docházelo na měřicích místech k postupnému nárůstu PFDE o 21–195% oproti jeho průměrné hodnotě za 12 h před srážkami. Provedená analýza názorně potvrzuje, jak je důležité brát v potaz vliv atmosférických srážek v případě vzniku radiační mimořádné situace. Při úniku radionuklidů z jaderných elektráren do ovzduší a současných dešťových srážkách ve směru šíření radionuklidů by docházelo k jejich zvýšenému vyplavování, což by vedlo k lokálně významným nehomogenitám kontaminace zemského povrchu a tím i k nutnosti detailního monitoringu těchto lokalit, zejména s ohledem na zavádění nezbytných následných/ dlouhodobých opatření. Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV ID: VF20102015014 a VG20122015083.

Sředa — Sekce 6 P

Centrum výzkumu Řež s.r.o., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

Reaktor LVR-15 je univerzální výzkumné jaderné zařízení využívané pro smyčkové a sondové experimenty se zaměřením na materiálový výzkum, experimenty na horizontálních kanálech (neutronová fyzika a fyzika pevné fáze), ozařovací službu (výroba radioizotopů, radiofarmak, ozařování křemíku), neutronovou aktivační analýzu, neutronovou radiografii a neutronovou záchytovou terapii. V posledním

období je reaktor rozhodující měrou využíván k ozařování obohaceného uranu pro výrobu ^{99}Mo pro belgického zákazníka a k neutronovému legování monokrystalů Si pro čínského zákazníka. Procesy ozařování přinášejí řadu poozařovacích činností s ozařeným materiálem. V příspěvku je zkoumán vliv těchto činností na osobní dávky pracovníků obsluhy reaktoru v porovnání s předchozím obdobím.

Testování materiálů sloužících k chemické a tepelné stabilizaci roztaveného jaderného paliva

Zdena Lahodová, Ladislav Viererbl, Vít Klupák, Miroslav Vinš

Reaktorová fyzika, Centrum výzkumu Řež s. r. o., Hlavní 130, Husinec-Řež,
250 68, ČR

zdena.lahodova@cvrez.cz

Během provozu jaderných elektráren existuje i přes přísná bezpečnostní opatření nenulové riziko havárie jaderného reaktoru. To bohužel potvrdily i tři těžké havárie, ke kterým v minulosti ve světě došlo. Vlivem nepředvídatelných nebo špatně odhadnutých okolností mohou nastat na reaktoru závažné poruchy. Nejhorší dopad má porucha chlazení reaktoru, která může vést až k roztavení palivových článků a dále k protavení radioaktivního materiálu skrz okolní ochrannou bariéru do prostoru pod reaktorem. Navrhovaný bezpečnostní pasivní systém má za úkol usměrnit taveninu do předem určeného prostoru, kde je tavenina chemicky a tepelně stabilizována pomocí obětních materiálů. Jednou z vlastností obětních materiálů je i schopnost vytvořit s taveninou pevnou látku (tzv. corium), která by se ani po delší době nerozpádala a nevznikaly by nežádoucí aerosoly. Takový systém by zabránil větším dopadům havárie a umožnil jednodušší likvi-

daci poškozeného reaktoru. Při návrhu bezpečnostního systému se vychází ze zkušeností z Černobyli.

Cílem připravovaných experimentů je sledovat vlastnosti různých obětních materiálů (jejich různých složení) po obdržení dávky odpovídající hodnotě, kterou obdrží corium během prvních let po havárii reaktoru. Dávkový příkon v závislosti na čase po havárii byl stanoven pro jaderné elektrárny typu VVER 440. Předpokládalo se, že během havárie je v reaktoru část paliva delší dobu, část kratší a část paliva nedávno zavezeného.

Pro radiační testování vzorků simulujících corium bylo navrženo speciální pouzdro, které umožňuje současně ozařovat dva vzorky bez stínění a dva vzorky se stíněním neutronů (např. kadmium). V pouzdře je i prostor pro dozimetrickou tyčku, která umožňuje vložit aktivační detektory sloužící ke stanovení fluence neutronů.

Středa — Sekce 6 P

kozlovska@sujchbo.cz

prostředcích v případě radiační havárie. Tyto materiály jsou tvořeny slitinami těžkých kovů, které jsou rozptýlené v syntetické gumě s pravidelnou plástvovou strukturou uzavřených buněk, tvořených vysoce čistým vápencem. Díky své struktuře je materiál velmi pružný a mechanicky odolný.

U materiálů byly testovány jejich stí-
nící vlastnosti při průchodu kolimova-
ného svazku gama záření testovaným
vzorkem. Bylo vyhodnocováno zesla-
bení dávkového příkonu a pokles veli-
kosti čisté plochy píku u spekter radio-
nuklidů emitujících fotonové záření.

Monitorování v podmínkách reálné situace v evakuované oblasti JE Fukušima 2 roky po havárii

Lubomír Gryc, Irena Češpírová, Petr Kuča, Jan Helebrant

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

lubomir.gryc@suro.cz

Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) upořádala v roce 2013 v rámci sítě RANET workshop zaměřený na prověření možností spolupráce národních monitorovacích týmů při společné mezinárodní akci v podmínkách reálné situace v evakuované oblasti zóny JE Fukušima.

Pořadající stranou bylo vybráno několik stanovišť s relativně vysokou úrovní kontaminace terénu zejména radionuklidem Cs-137 a Cs-134, na kterých bylo následně provedeno měření dávkového příkonu a kontaminace

pomocí spektrometrie in-situ s použitím různých typů detektorů. Cílem monitorování bylo také vyhledávání ploch nebo míst s lokálně výrazně vyšším dávkovým příkonem resp. aktivitou, tzv. „hot spotů”.

V posteru jsou prezentovány vybrané výsledky měření na jednotlivých místech.

Poster je vypracován na základě výsledků řešení Projektů MV ČR ID: VF20102015014, VG20122015083 a VG20132015105.

Možnosti optimalizace rozsahu a konfigurace sítě měřicích míst

Petr Kuča¹, Václav Šmídl², Radek Hofman², Petr Pecha^{1,2},
Irena Češpírová¹

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v. v. i., Pod Vodárenskou věží 4,
Praha 8, 182 08, ČR

petr.kuca@suro.cz

Práce se zabývá hodnocením konfigurací radiačních monitorovacích sítí měřicích dávkový příkon v okolí jaderných zařízení. V příspěvku porovnááme několik pevně daných konfigurací na základě různých ztrátových funkcí.

Základním vyhodnocovaným kritériem je kvalita rekonstrukce nastalého úniku na základě data asimilace modelové předpovědi s měřeními poskytnutými danou konfigurací sítě pro různé okolnosti úniku (zdrojový člen, meteorologické podmínky). Celý proces probíhá jako Monte Carlo studie přes danou množinu sítí a variant zdrojového členu a/nebo meteorologických podmínek úniku, kdy z každého data asimilačního běhu získáváme apo-

steriorní distribuci parametrů úniku. Výsledný soubor aposteriorních distribucí se pak dále statisticky zpracovává a vstupuje do ztrátových funkcí hodnotících kvalitu sítí z různých úhlů pohledu, jako je např. schopnost rekonstrukce nastalé radiační situace v osídlených oblastech v okolí jaderného zařízení.

Pro výpočty je použit programový prostředek vyvinutý ÚTIA, založený na použití částicového filtru a segmentovaného Gaussovského modelu šíření.

Příspěvek je vypracován na základě výsledků řešení Projektů MV ČR ID: VF20102015014, VG20122015083 a VG20102013018.

Analýza spektier dávkového príkonu v priestoroch JE

**Matúš Stacho¹, Štefan Krnáč², Stanislav Sojak¹, Róbert Hinc¹,
Vladimír Slugeň¹**

¹ UJFI, FEI STU, Bratislava, SR

² Metra s. r. o., Matejkova 30, Bratislava, 841 05, SR

matus.stacho@stuba.sk

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 prekryvať. Metóda celospektrálneho spracovania (WSP), založená na matici operátora odozvy umožňuje analyzovať aj komplexnejšie spektrá. Systém BOB, použitý pri analýze spektier, umožňuje prepočet incidenčného spektra na spektrum dávkového príkonu vo vode resp. vzduchu (expozičný príkon).

Výsledky monitorování radionuklidů v okolí JE Temelín v letech 2000–2012

Lenka Thinová, Jaroslav Klusoň, Lenka Dragounová

ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

Přítomnost radionuklidů v okolí JE Temelín je pracovníky FJFI ČVUT každoročně sledována v souladu s dohodou z Melku od roku 2000 (předprovozní stav). Souhrn výsledků za 13 let monitorování životního prostředí v okolí JETE s využitím laboratorní gama spektrometrie umožňuje sledovat snižování hmotnostních koncentrací ^{137}Cs ve vzorcích bioindikátorů. Z dlouhodobého hlediska výsledky měření umožňují stanovit efektivní poločas tohoto radionuklidu, přítom-

ného v životním prostředí v důsledku havárie v Černobylské elektrárně v roce 1986 a zkoušek jaderných zbraní v ovzduší v druhé polovině 20. století. Výsledky laboratorních gama spektrometrických měření i výsledky stanovení příkonu kermu z měření in situ odpovídají po celou dobu monitorování běžným hodnotám přírodního pozadí a neukazují na krátkodobý ani dlouhodobý únik radionuklidů v důsledku provozu JE Temelín.

Využitie metód diaľkového prieskumu Zeme v systéme ESTE pre odozvu na jadrové a radiačné havárie

Eva Smejkalová¹, Andrej Halabuk², Juraj Lieskovský², Peter Čarný¹, Ľudovít Lipták¹, Monika Krpelanová¹, Dušan Suchoň¹, Miroslav Chylý¹

¹ ABmerit, Hornopotočná 1, Trnava, 917 01, SR

² Ústav krajiny ekológie SAV, Akademická 2, Nitra, 949 10, SR

smejkalova@abmerit.sk

V príspevku sú diskutované možnosti využitia metód diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) v expertnom systéme, ktorý slúži na hodnotenie rádiodologických dopadov jadrovej a radiačnej havárie a na navrhovanie ochranných opatrení pre obyvateľstvo a v oblasti poľnohospodárstva.

V najnovšej verzii programu ESTE EU sú implementované algoritmy na predikciu objemovej aktivity vo vybraných poľno produktoch v prípade havarijného úniku z JZ: v listovej zelenine, v ostatných zeleninových produktoch, v pastve, v mlieku dobytka (za predpokladu, že dobytok sa pasie na pastvine).

Predikcia aktivity v poľno produktoch jednak umožňuje vykonávať analýzy nožnej/očakávanej kontaminácie potravín a potreby zavádzania preventívnych ochranných opatrení v poľnohospodárstve a v potravinárstve, jednak v reálnej havarijnej situácii poskytuje predikované údaje pre manažment monitorovania potravinového reťazca.

Pre organizáciu havarijnej odozvy je efektívne, ak sú výsledky počítačového modelovania aktivity a RA dopadov prepojené s reálnymi údajmi o rozložení

poľno výroby na záujmovom území. To je možné dosiahnuť aplikáciou metód DPZ a ich prepojením so systémom ESTE EU.

V príspevku sú diskutované analýzy satelitných dát Landsat a MODIS. Je diskutovaná metodika pre spracovanie satelitných dát, príprava výrezov záujmovej oblasti (napr. typu krajiny pokrývky kategórie „orná pôda“), odstraňovanie šumov, aplikáciu vybraných klasifikačných algoritmov, kontrola a validácia. Popisované sú metódy DPZ pre prácu s multispektrálnymi dátami – možnosti nástrojov pre analýzy (ENVI, IDRISI), použiteľnosť produktov MODIS (vegetačných indexov) vo vzťahu k tvorbe požadovaných výsledkov. Na záver je predstavené konkrétne využívanie výsledkov v programoch ESTE.

Práca bola vykonaná v ABmerit v spolupráci s ÚKE SAV ako súčasť riešenia projektu operačného programu EÚ „Veda a Výskum: Vytvorenie inovatívneho high-tech pracoviska pre vývoj a aplikáciu pokročilých metód paralelného počítačového modelovania a geoinformatických metód DPZ“.

Projekt OECD/NEA – hodnotenie rýchlych SW nástrojov na stanovenie zdrojového člena v prípade havárie na JE, časť A – popis projektu

Peter Čarný, Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták, Monika Krpelanová,
Dušan Suchoň, Miroslav Chylý

ABmerit, Hornopotočná 1, Trnava, 917 01, SR

carny@abmerit.sk

Projekt je organizovaný a riadený OECD/NEA, konkrétne pracovnou skupinou pre havarijné analýzy (WGAMA, Working Group on the Analysis and Management of Accidents) a pracovnou skupinou pre otázky jadrových havárií (WPNEM, *Working Party on Nuclear Emergency Matters*). Jeden z autorov príspevku je členom WPNEM nominovaným za SR. Cieľom projektu je porovnať a ohodnotiť existujúce softvérové nástroje, ktoré sa používajú na odhad úniku rádioaktívnych látok do atmosféry okolia pri ťažkej havárii na jadrovom zariadení. Projekt identifikuje silné a slabé stránky jednotlivých hodnotených softvérových nástrojov a prispieva k zlepšeniu schopnosti krízových štábov na národnej aj lokálnej úrovni rýchlo a efektívne stanoviť neodkladné ochranné opatrenia v prípade jadrovej havárie.

Základnou metódou hodnotenia jednotlivých SW je porovnanie ich odzvy na vopred pripravené scenáre ťažkých havárií. V projekte participujú SW nástroje, ktoré sa majú použiť pri havárii „v reálnom čase“ a ktorým na hodnotenie situácie postačujú dáta alebo údaje, ktoré by mohli byť počas

konkrétnej havárie dostupné v reálnom čase. Predmetom hodnotenia teda nie sú kódy ako MELCOR, MAAP, ASTEC, ale kódy ako RASCAL, ESTE, RASTEP+ARGOS, a podobné.

Pracovná skupina projektu pripravila celkom 5 scenárov ťažkých havárií pre jadrové reaktory, ktoré sú predmetom záujmu projektu. Úlohou zúčastnených kódov je stanoviť zdrojový člen v rôznych fázach havárie, vypočítať rádiologické dopady na okolie a stanoviť neodkladné ochranné opatrenia. Výsledky – pokiaľ ide o zdrojový člen – sú porovnávané voči výsledkom dosiahnutým detailnou simuláciou scenára s kódom MELCOR/ MAAP/ ASTEC. Predikovaná radiačná situácia v okolí, t.j. výsledok aplikácie disperzného a dozimetrického modelu hodnoteného kódu, je porovnávaná medzi kódmi navzájom.

Scenáre ťažkých havárií boli pripravené pre jadrové reaktory:

- 1) CANDU-6, Point Lepreau (Kanada);
- 2) BWR, Oskarshamn-3 (Švédsko);
- 3) PWR France (3900 MWt);
- 4) PWR, Surry (USA);
- 5) BWR, Peach Bottom (USA).

Standardy zdravotní péče – radiologické standardy

Jitka Nožičková

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

jitka.nozickova@sujb.cz

Ve spolupráci Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Ministerstva zdravotnictví došlo v letech 2011–2012 k významné právní úpravě v oblasti ochrany před účinky ionizujícího záření při lékařském ozáření. Záměrem byl přesun části právní úpravy podmínek lékařského ozáření ze zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, (atomový zákon) a jeho prováděcích právních předpisů, zejména vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů, do nové zdravotnické legislativy a přesnější a podrobnější úprava někte-

rých oblastí ryze zdravotnické povahy. Novými zdravotnickými zákony jsou zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, a zákon č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách. Stěžejními novinkami v oblasti lékařského ozáření je zavedení definice pojmu „národní radiologický standard“ a posílení role klinických auditů. Příspěvek uvádí základní prvky a principy systému radiologických standardů a klinických auditů jako nástrojů k posouzení a zajištění kvality lékařského ozáření.

Interní audit místních radiologických standardů – první zkušenosti z praxe

Petra Mihalová^{1,2}, Josef Novotný ml.², Otakar Bělohlávek²

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

Petruska.Mihy@seznam.cz

Zákon 373/2011 Sb. ukládá povinnost provádět interní klinický audit, jehož cílem je ověřit a zhodnotit, zda je lékařské ozáření prováděno v souladu s místními radiologickými standardy (MRS) a zda je dodržován systém jakosti lékařského ozáření. Tento audit je třeba provést do dvou let od vydání Národních radiologických standardů (NRS), tj. do 9. října 2014. Na pracovišti PET Centra NNH jsme uskutečnili tento audit již v červnu 2013.

Jelikož k internímu auditu MRS zatím neexistuje žádná doporučená metodika, vyšli jsme z NRS a z vyhlášky 410/2012 Sb., která stanovuje pravidla a postupy při externím auditu MRS. Ke spolupráci jsme přizvali Oddělení kontroly kvality, aby nám pomohlo s formální strukturou auditu a s jeho hodnocením. Jelikož se jedná o první audit tohoto druhu, popojili jsme jeho první provedení s kompletní revizí Standardních operačních

postupů, které na našem pracovišti plní funkci MRS.

Interní audit MRS nás přiměl provést revizi dokumentace třetí osobou, nejen nadřízeným. Tento třetí pohled byl pro nás velmi přínosný, neboť nám umožnil odhalit nedostatky způsobené „autorskou slepotou“. Zároveň jsme si ověřili existenci a návaznost veškeré související dokumentace, která s MRS úzce souvisí a která na našem pracovišti balancuje na hraně dokumentace Oddělení nukleární medicíny a Oddělení lékařské fyziky.

Interní audit MRS jistě každému pracovišti přinese dobrou zpětnou vazbu, zda je jeho dokumentace a MRS úplná a smysluplná. Nemělo by se jednat pouze o formální tvorbu a kontrolu dokumentace, ale hlavně o funkční standardy, které svým provedením budou dobrým manuálem pro lékaře i obsluhující personál.

Korespondenční TLD audit v radioterapii v ČR: současnost, zkušenosti a možnosti

Michaela Kapuciánová, Daniela Ekendahl

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

michaela.kapucianova@suro.cz

Príspevok pojednáva o súčasnej praxi provádění korespondenčních TLD auditů v radioterapii a možnostech uplatnění jejich pokročilejších verzí, které vznikly v souvislosti s technologickým pokrokem v radioterapii.

Korespondenční TLD audit zajišťuje SÚRO, v. v. i. pro potřeby SÚJB již od roku 1997. Tento TLD audit spočívá v kontrole kalibrace radio-terapeutických svazků. V letech 1997 až 2012 bylo takto zkontrolováno více než 1300 svazků. Ročně je tedy zkontrolováno v průměru 90 svazků. Kore-spondenční TLD audit se provádí dle příslušného doporučení SÚJB.

V souvislosti s modernizací vybavení radioterapeutických pracovišť v ČR a s tím spojeným rostoucím využitím nových technologií by měly být rozvíjeny a modifikovány i nástroje systému zabezpečení jakosti. Do praxe by měly být postupně zaváděny pokročilejší formy TLD auditu, které jsou zaměřené na potenciálně kritická místa moderních radioterapeutických systémů. V rámci výzkumných projektů byly v letech 2010–2012 navrženy nové metodiky TLD auditu specificky zaměřené na moderní lineární urych-

lovače s vícelamelovými kolimátory a moderní plánovací systémy. Dávka je pomocí TLD kontrolována nejen za referenčních podmínek, ale i v podmínkách radiačních polí ovlivněných přítomností nehomogenit v ozařovaném objemu. Kromě toho jsou aplikována malá ozařovací pole a kontrola zahrnuje i ověření dávkového profilu pomocí radiochromického filmu. Navržené metodiky byly testovány v praxi v rámci pilotních studií provedených ve spolupráci radioterapeutickými pracovišti v ČR. Získané výsledky dokládají účelnost a užitečnost těchto pokročilejších verzí TLD auditu. Je však otázkou, jak se tyto nové metodiky následně uplatní v praxi.

Za dlouhou dobu své existence korespondenční TLD audit prokázal, že je přínosem pro zajištění kvality radioterapie v ČR. Jeho pravidelné provádění přispělo ke zlepšení klinické dozimetrie na pracovištích v ČR. Současná legislativa nevylučuje možnost zakotvení korespondenčního TLD auditu jakožto součásti externího klinického auditu v radioterapii.

Práce byla řešena s finanční podporou TA ČR (TB01SUJB071).

Efektivní dávka vs. optimalizační meze a referenční úrovně v radiační ochraně v medicíně

Jozef Sabol, Jana Hudzietzová

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství,
Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

j.sabol44@gmail.com

Hlavním cílem radiační ochrany je zajistit adekvátní úroveň ochrany osob a dopadů radiačních resp. jaderných technologií na životní prostředí. K tomu účelu slouží propracovaný systém radiační ochrany vycházející z nejnovějších relevantních mezinárodních standardů, zejména doporučení Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu a Mezinárodní agentury pro atomovou energii, jakož i příslušných směrnic Evropské unie. Implementace těchto požadavků vyžaduje konzistentní systém veličin a jednotek pro kvantifikaci zdrojů ionizujícího záření, pole záření a obzvláště ozáření osob, pro které se stanovují určitá kritéria, jež by neměla být překročena. V této souvis-

losti hraje důležitou roli veličina efektivní dávka, charakterizuje míru stochastických účinků záření na člověka. Pomocí této veličiny jsou stanoveny stěžejní limity a další úrovně, které by se neměly překročit. Na základě veličiny efektivní dávka jsou rovněž definovány i optimalizační meze a referenční úrovně, které slouží pro minimalizaci ozáření personálu, ale i pacientů. V referátu jsou blíže vymezeny souvislosti mezi efektivní dávkou na jedné straně a optimalizačními mezemi či referenčními úrovněmi na straně druhé.

Příspěvek byl připraven za částečné podpory v rámci projektu Popularizace VaV (CZ.1.07/2.3.00/35.0046).

Srovnání výpočtů radiačního rizika z lékařského ozáření

Ivana Horáková, Irena Koniarová, Ladislav Tomášek

Odbor lékařských expozic, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ivana.horakova@suro.cz

S rostoucí radiační zátěží pacientů z lékařského ozáření roste i potřeba odhadu rizika pozdních účinků, zejména rizika rakoviny. Důležité je provést nejen správný odhad rizika, ale i správnou interpretaci. Celoživotní přídatné riziko rakoviny zvoleného orgánu závisí na věku při ozáření, orgánu, pohlaví a dávce. Lze také stanovit poměr celoživotního přídatného rizika výskytu rakoviny zvoleného orgánu, resp. úmrtí na rakovinu zvoleného orgánu, k celkovému životnímu riziku výskytu rakoviny zvoleného orgánu, resp. úmrtí na rakovinu zvoleného orgánu, nebo lze stanovit tyto

poměry pro výskyt, resp. úmrtí, přes všechny orgány. Prezentovaná metoda výpočtu rizik je založena na doporučení ICRP 103 a tabulkách Ivanova a kol. (Health Physics, December 2012, Volume 103, Number 6). Je uveden příklad odhadu rizika rakoviny (výskytu nebo úmrtí) dívky, která absolvovala ve 12 letech CT vyšetření hrudníku. Jsou porovnány odhady rizika vycházející z doporučení ICRP 103 a orgánových dávek, nebo z doporučení ICRP 103 a z efektivní dávky, nebo nejjednodušeji z nominálního koeficientu rizika 5% na 1 Sv a efektivní dávky, a to v závislosti na věku při ozáření a pohlaví.

Současný stav mamografie v České republice

Eva Jursíková, Otto Kodl

Regionální centrum Praha, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

eva.jursikova@sujb.cz

Již před 100 lety berlínský chirurg Albert Salomon publikoval první studii využívající rtg záření ke studiu onemocnění rakovinou prsu. Podrobnější vyšetřovací technika diagnostiky rakoviny prsu byla zpracována až po roce 1940, a to na přístrojích určených ke klasické radiodiagnostice. První přístroj určený výhradně pro mamografii byl vyroben v roce 1967. V této době již ve světě probíhaly studie, které zjistily přínos plošného vyšetřování žen. Mamografický screening byl zahájen v USA v r. 1982, r. 1985 ve Švédsku, r. 1987 v Holandsku a Velké Británii. V České republice byl plošný mamografický screening oficiálně zahájen v září roku 2002 a v současné době probíhá na 68 pracovištích. Průběh programu, dodržování stanovených pravidel sleduje Komise pro screening nádorů prsu MZ ČR (je složena ze zástupců mamodiagnostiků, členů výborů všech odborných společností zabývajících se problematikou diagnostiky a léčení chorob prsu, SÚJB, Všeobecné zdravotní pojišťovny, Svazu zdravotních pojišťoven a Ministerstva

zdravotnictví ČR) a Komise odborníků pro mamární diagnostiku.

Nezávisle na tomto programu vykonává SÚJB státní dozor na diagnostických i screeningových mamografických pracovištích. Kontroly jsou prováděny na základě požadavků:

- zákona č. 18/1997 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů,
- zákona č. 372/2011 Sb., zákon o zdravotních službách, ve znění pozdějších předpisů,
- zákona č. 552/1991 Sb., zákon o kontrole, ve znění pozdějších předpisů,
- a navazujících vyhlášek, Národních radiologických standardů, Věstníku MZ 4/2010.

Sdělení pojednává o kontrolovaných subjektech, diagnostické a screeningové mamografii, vývoji přístrojového vybavení, prováděných zkouškách dlouhodobé stability a výsledků zkoušek provozní stálosti. V současné době SÚJB dozoruje 101 mamografických pracovišť se 120 mamografy.

Optimalizace digitální zobrazovací techniky pro mamografii s wolframovou anodou

Otto Kodl, Eva Jursíková

Regionální centrum SÚJB Praha, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR
otto.kodl@subj.cz

Materiály ohnisek používaných v mamografii jako je Mo, Mo/Rh, nebo Mo/W v kombinaci s odpovídajícími Mo a Rh filtry poskytly optimální energii pro analogové zobrazovací systémy se zesilující folií a filmem. S nástupem digitálního zobrazení, podobně jako u zobrazení analogového, byly přijaty nové kombinace materiálů ohnisek a filtrů, a to na základě vlastností digitálních detektorů s vysokým dynamickým rozsahem, vysokou účinností detekce

dávky a nízkou hladinou šumu. V příspěvku je prezentován návrh volby parametrů pro mamografická vyšetření pomocí plochého Se detektoru v kombinaci s wolframovou anodou a dvojicí filtrů 50 μm Rh a 50 μm Ag. Ukázalo se, že pro tloušťky prsů od 3,0 do 6,0 cm jsou vhodná napětí 26 až 29 kV v kombinaci s filtrem 50 μm Rh. Pro tloušťky prsů od 7,0 do 9,0 cm jsou vhodná napětí 31 až 33 kV v kombinaci s filtrem 50 μm Ag.

Dozimetrie pro CT s širokými svazky

Leoš Novák¹, Jiří Terš²

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

leos.novak@suro.cz

Stanovení dávky pacienta pro CT vyšetření je založeno na dozimetrické veličině kermový index výpočetní tomografie (CTKI, CTDI). Tento dozimetrický koncept vyvinutý pro původní jednoradá CT je třeba modifikovat pro současné CT se širokou kolimací svazku a zároveň pro tzv. cone beam CT používající jako receptor obrazu flat panel detektor. Díky široké kolimaci, množství rozptýleného záření v CT fantomu a omezené délce integrace kermového profilu podél osy z dochází při klasické definici CTDI k podhodnocení průměrné kermu v centrální části skenovaného objemu a toto podhodnocení je závislé na šířce kolimace. Mezinárodní elektrotechnická komise proto modifikovala definici CTDI v nejnovější verzi CT normy (v ČR norma ČSN EN 60601-2-44 ed. 3/A1 Zdravotnické elektrické přístroje – Část 2-44: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost rentgenových zařízení pro výpočetní tomografii, 2013) způsobem, který zajistí, že podhodnocení kermu v centrální části skenovaného objemu není závislé na šířce kolimace.

Změna definice je založena na skutečnosti, že hodnota podílu kermových indexů v CT fantomu pro úzkou a širokou kolimaci svazku je stejná jako hodnota podílu kermových indexů volně ve vzduchu pro tyto dvě kolimace. IEC si novou definicí neklade za cíl integrovat celý kermový profil, neboli zcela odstranit zmíněné podhodnocení kermu v centrální části fantomu. To je předmětem dozimetrického formalismu definovaného v AAPM reportu 111, který ale není pro výrobce CT skenerů závazný. V nové verzi normy je uveden i způsob, jakým se má nově definované CTDI měřit. Nový způsob měření CTDI byl vyzkoušen na CT zařízení Toshiba Aquilion One, jehož maximální šířka kolimace svazku je 16 cm. Výsledky měření jsou ve shodě s očekávanou závislostí kermových indexů na kolimaci svazku popisovanou v IEC normě. Nová metodika měření je prakticky jednoduše proveditelná, přímočará, při měření lze použít dozimetrické vybavení používané doposud a její zavedení do praxe proto nebude představovat žádný problém.

Automatizovaný systém výpočtu dávek pacientů

Kateřina Krkavcová, Martin Janota, Jan Křivonoska

VF a. s., náměstí Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

katerina.krkavcova@vf.cz

Možnosti přístupu k informacím běžných občanů neustále rostou a spolu s nimi roste i vzdělanost v oblasti radiální ochrany. V praxi se tak stále častěji setkáváme se situací, kdy se pacienti dotazují na škodlivost rentgenových vyšetření a velikost dávky, kterou během ozáření obdrží.

Provedení odhadu efektivní dávky je však časově poměrně náročné. Kvalifikovanému odborníkovi s použitím speciálního programu trvá výpočet 30 min až 2 hodiny, podle typu vyšetření. Je tedy zřejmé, že výpočet nelze za stávajících podmínek praktikovat u každého pacienta.

Naší snahou bylo vytvořit systém, který by prováděl odhad efektivní dávky automaticky. Tento systém získává potřebná data přímo z rentgenových přístrojů, archivu snímků nebo nemocničního informačního systému, přičemž výslednou hodnotu efektivní dávky lze zjistit ihned po vyšetření. Následně lze jednoduchým způsobem vytisknout pacientovi automaticky generovaný protokol o obdržené dávce. Systém dále nabízí tvorbu nejrůznějších statistik a lze pomocí něj stanovovat místní diagnostické referenční úroveň.

Srovnání radiační zátěže rukou pracovníků při manipulaci s radiofarmaky značenými radionuklidem F-18

Jana Hudzietzová¹, Marko Fülöp², Jozef Sabol¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

² SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

Hudzietzova@gmail.com

Během přípravy a aplikace radiofarmak dochází k významnému ozáření kůže rukou pracovníků. V rámci projektu ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff) bylo poukázáno, že riziko případného překročení dávkového limitu lokálního ozáření kůže je vysoké zejména u radiofarmak značených radionuklidem ¹⁸F.

Cílem práce bylo zhodnocení ozáření končetin pracovníků na dvou pracovištích s pozitronovou emisní tomografií v České republice. Sledovanou skupinu tvořili pracovníci, kteří připravovali a aplikovali radiofarmaka značená radionuklidem ¹⁸F.

Pro určení lokálního ozáření kůže rukou pracovníků byly použity dvojice

termoluminiscenčních dozimetřů (MCP – Ns a MCP – 7), které byly umístěny v 12 místech na dlaňové a hřbetové straně ruky. Celkem bylo provedeno 44 měření.

Nejčastější výskyt lokálního maxima ozáření kůže rukou pracovníků byl pozorován u bříska ukazováčků a palců. Rovněž byly provedeny odhady maximální roční ekvivalentní dávky na kůži rukou pracovníků, které ukázaly, že v některých případech by mohlo dojít k překročení dávkového limitu na kůži.

Referát byl připraven za částečné podpory poskytnuté v rámci projektu SGS13/161/OHK4/2T/17.

Vliv ozáření rukou pracovníků při manipulaci s radiofarmaky na vybraných pracovištích s PET k celkové efektivní dávce

Jana Hudzietzová¹, Marko Fülöp², Jozef Sabol¹

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

² SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

Hudzietzova@gmail.com

Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) jsou stanoveny dávkové limity pro obyvatelstvo a pro radiační pracovníky. Dávkové limity jsou stanoveny ve veličině efektivní dávka, která charakterizuje celotělové ozáření, a dále ve veličině ekvivalentní dávka, která je vztažena na oční čočku, kůži a končetiny.

Cílem práce bylo zhodnocení příspěvku ozáření rukou pracovníků manipulujících s radiofarmaky značenými ¹⁸F k celkové efektivní dávce pracovníka. Sledovanou skupinou byli pracovníci z vybraných pracovišť s pozitronovou emisní tomografií (PET) v České republice, přičemž jednotliví pracovníci byli rozděleni do dvou kategorií dle

jejich náplně práce (příprava a aplikace radiofarmaka).

Dosažené výsledky byly získány porovnáním hodnot celotělových osobních dozimetrů, prstových dozimetrů jednotlivých pracovníků a též hodnotou z prstového dozimetru, která byla korigována na maximální dávku z 12 měřících poloh na ruce během měření.

Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že v některých případech nejsou pracovníci limitováni hodnotou celotělového ozáření (efektivní dávkou), ale že je limitujícím faktorem lokální ozáření kůže rukou na 1 cm².

Referát byl připraven za částečné podpory poskytnuté v rámci projektu SGS13/161/OHK4/2T/17.

Možnosti monitorovania veľkosti ožiarenia očných šošoviek pre vybraných pracovníkov v intervenčnej rádiológii

Denisa Nikodémová

Radiačná Hygiena, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Aktuálne existuje množstvo publikácií, ktoré potvrdzujú, že expozícia očných šošoviek môže byť významná aj keď celotelová dávka nedosahuje legislatívne stanovených limitných hodnôt. Najviac prípadov bolo zistených u zdravotníckeho personálu, využívajúceho fluoroskopiю v operačných sálach, pri vysokej úrovni rozptýleného žiarenia, v intervenčnej rádiológii a kardiológii a pri aplikácii rádiofarmak v nukleárnej medicíne. ICRP prehodnotila súčasné epidemiologické dôkazy so záverom, že existujú určité účinky tkanivovej reakcie, s neskorými prejavmi, ktorých prahová hodnota je alebo môže byť nižšia ako uznávaná v minulosti a stanovila novú hodnotu pre absorpciu žiarenia očnou šošovkou na 0,5 Gy. Zároveň boli stanovené nové limity ekvivalentnej dávky očných šošoviek, znižujúce súčasne platnú hodnotu limitu 150 mSv za rok, na 20 mSv ročne. V rámci činnosti špeciálnych Komisií ICRP, MAAE vo Viedni a ISO bol špecifikovaný postup osobného monitoro-

vania očných šošoviek pri plánovaných expozičných situáciách, vrátane postupu kalibrácie, výber vhodného fantómu a stanovenie príslušných konverzných faktorov pre prepočet dávkového ekvivalentu $H_p(d)$ na $H_p(3)$, tak vo fotónových, ako aj v radiačných poliach beta žiarenia. Súčasne boli jednotlivým spoločnostiam RO, členom IRPA, distribuované podrobné dotazníky, ktoré už predpokladajú archiváciu dávok na očné šošovky, prípadne osobné monitorovanie a vyžadujú pružné zakotvenie osobného monitorovania očných šošoviek do národných legislatív. Pritom je veľký dôraz kladený na zabezpečenie tréningu a osvetu na vybraných IR pracoviskách.

V príspevku budú diskutované odporúčané postupy monitorovania, výber pracovníkov a procedúr, u ktorých sa osobné monitorovanie očí predpokladá a úloha pracovných pomôcok, i osobných ochranných prostriedkov pri znižovaní ožiarenia očných šošoviek.

Ukázka a možnosti dozimetrie pacientů při terapii ^{131}I MIBG a ^{131}I

Pavel Solný^{1,2}, Jaroslav Zimák¹, Kateřina Táborská¹, Dana Prchalová¹

¹ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie, Fakultní nemocnice v Motole,
V Úvalu 84, Praha, 150 06, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

pavel.solny@fnmotol.cz

Při terapii pacientů s neuroendokrinními tumory léčených na KNME je vhodné provádět dozimetrická měření. Cílem je stanovení celotělové, orgánové a terapeutické dávky v pacientovi. Tato měření jsou však v současnosti časově i provozně náročná a rutinně jsou prováděna jen pro dětské pacienty, kde může při podání standardních aktivit radiofarmaka hrozit překročení celotělové dávky 2 Gy. Cílem této práce je ukázat první kroky při stanovení a eliminaci chyb odhadu celotělové a orgánové dávky, nastínit možnou optimalizaci procesů klinické dozimetrie. Je třeba poukázat na jednoznačné přínosy, které by mohla mít. V rámci několika studií provedených na KNME ve FN v Motole v průběhu roku 2013 byly stanoveny celotělové absorbované dávky i dávky absorbované v tumoru. Stanovené absorbované dávky se pohybovaly v rozmezí 4 až

15 Gy při jedné terapii – v závislosti na velikosti tumoru. Celotělové dávky nepřesahovaly 1,8 Gy u dětských pacientů a 0,7 u dospělých. Chyba stanovení dávky však může být až 50% a v některých případech se jedná jen o sofistikovaný odhad. Výsledky indikují, že v současné době používaný konzervativní přístup (aktivita aplikovaného ^{131}I MIBG od 3,4 do 7,4 GBq) nemusí nutně vést k nejlepším terapeutickým výsledkům. Přesto, že při léčbě nebývá dosaženo kompletní odpovědi, kontrola symptomů vyplývajících z útlumu sekrece hormonů zlepšuje kvalitu života nemocných. Do budoucna je však s přihlédnutím k současným znalostem nutné provést optimalizaci dozimetrie, vyhodnocování a stanovování dávek. Cílem je optimalizovat podávanou terapii pro zvýšení účinnosti léčby a neohrožení pacientů.

Využití PET/CT k verifikaci protonové terapie

**Pavel Máca, Matěj Navrátil, Lubomír Zámečník, Vladimír Vondráček,
Jan Vilimovský, Michal Andrlík, Vanda Dziedzicová, Klára Badraoui
Čuprová, Tereza Grillová, Anna Michaelidesová, Simona Šťastná**

Oddělení klinické fyziky, Proton Therapy Center Czech, s. r. o., Budínova
2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR

pavel.maca@gmail.com

Pozitronová emisní tomografie (PET) hraje významnou roli při prvotním stagingu nádorových onemocnění, hodnocení efektivity léčby a kontrolách po dokončení terapie. Důležitou pozici získává PET/CT také při plánování radio-terapie a protonové terapie, kde je obzvláště velmi důležité přesné vymezení cílového objemu.

Specifické využití nachází PET/CT také při verifikaci ozařovacích plánů i samotného ozáření pacienta protonovým svazkem. V těle pacienta dochází při ozařování protony k jaderným aktivačním reakcím, jejichž produktem je např. C-11 s vhodným poločasem přeměny 20,4 minut, jehož distribuci v ozářeném cílovém objemu a okolí lze krátce po ozáření zobrazit pomocí PET/CT.

V těle pacienta lze verifikovat zejména směr a velikost ozařovacího pole a distální dosah protonového svazku.

Vzhledem k závislosti účinných průřezů aktivačních reakcí na energii dopadajících protonů a značné nehomogenitě těla pacienta je velmi obtížné nalézt jednoznačný vztah mezi absorbovanou dávkou a aktivitou vytvořenou v těle pacienta. Pro precizní in-vivo verifikaci protonového plánu se předpokládá jako nejvhodnější využití Monte Carlo simulace vytvořené aktivity. Vztah mezi absorbovanou dávkou a indukovanou aktivitou byl stanoven pomocí homogenního polyamidového fantomu, na kterém lze dále verifikovat tvar, orientaci, velikost a fluenční mapu ozařovacího pole.

Chování ionizačních komor ve skenovaném protonovém svazku

Matěj Navrátil^{1,2}, Vladimír Vondráček¹, Lubomír Zámečník¹, Pavel Máca¹, Jan Vilimovský¹, Michal Andrlík¹, Simona Šťastná¹, Anna Michaelidesová¹, Tereza Grillová¹, Klára Badraoui Čuprová¹

¹ Oddělení klinické fyziky, Proton Therapy Center Czech s.r.o, Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

matej.navratil@ptc.cz

Ozařování skenovaným tužkovým protonovým svazkem (PBS) zvyšuje pravděpodobnost optimálního ozaření cílového objemu a zároveň umožňuje velmi dobře chránit okolní zdravé tkáně. Na druhou stranu klade použití PBS zvýšené nároky na QA celého ozařovacího procesu, zejména v oblasti dozimetrie.

Pro dozimetrii skenovaných tužkových protonových svazků v současné době chybí ucelené doporučení. Použité doporučení TRS 398 popisuje dozimetrii protonů pouze pro pasivně rozptýlené svazky, ve kterých je splněna Bragg-Grayova podmínka rovnováhy nabitých částic.

Fyzikální vlastnosti PBS s průměrem 3–8 mm splnění této podmínky nezaručují. Klinická ozařovací pole jsou značně nehomogenní s výraznými dávkovými gradienty v laterálním i distálním směru. To je dáno tím, že pole je skládáno z jednotlivých tužkových svazků (spotů) a ozařováno postupně vrstvu po vrstvě. Dále je velmi vysoký dávkový příkon v jednotlivém spotu,

kdy je celá dávka dodána během jednotek milisekund.

Chování použitých detektorů v PBS svazku bylo podrobně zmapováno zejména s ohledem na chování odezvy v závislosti na velikosti spotu a polohy detektoru vůči spotu. Dále byl testován tvar hloubkové dávkové křivky v závislosti na použitém detektoru a také rychlost sběru náboje jednotlivých detektorů.

Z těchto měření mimo jiné plyne:

Již během nabírání dat do TPS je nutné zvolit optimální ionizační komoru pro změření hloubkové dávkové křivky – musí být dostatečně velká, aby v každé hloubce pokryla celý spot.

U detektorů pro měření absolutní dávky v ozařovacím poli je pak nutné minimalizovat vliv velikosti jednotlivého spotu a jeho umístění vzhledem ke komoře na výslednou odezvu.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/148/OHK4/2T/14.

Měření osobních dávek pacientů v radioterapii mimo centrální svazek ionizujícího záření pomocí elektronického osobního dozimetru

Jan Singer, Petr Berkovský, Adéla Černohorská, Renata Chylíková

Katedra laboratorních metod a informačních systémů, Zdravotně sociální fakulta
Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Boreckého 27, České Budějovice,
370 11, ČR

singerj@seznam.cz

Radiační ochrana na radioterapeutickém pracovišti musí zahrnout zejména dvě kategorie osob, které mohou být ozářeny v důsledku činnosti související s radioterapií. Jednou z těchto kategorií jsou léčeni pacienti.

Bylo potvrzeno, že v radioterapii lze měřit pomocí elektronických dozimetrů. Při měření ozařovaných pacientů jsme zjistili, že dostávají nezanedbatelnou dávku mimo ozařovanou oblast. V této práci byla těmito ozařovanými oblastmi prostata, hlava a krk. Je zřejmé, že smě-

rodatné odchylky pro jednotlivé pacienty mají poměrně nízké hodnoty a tak lze zkonstatovat, že dozimetry, kterými se měřily osobní dávkové ekvivalenty $H_p(10)$, měří poměrně přesně.

Z tabulek a grafů je zřejmé, že při ozařování hlavy nebo krku je dávka na hrudi (podle legislativy celotělová (SÚJB 2002) (CR 1997)) cca 2 až 6 krát vyšší než při ozařování prostaty. Avšak relativní rozptyl mezi pacienty je obdobný (cca 9 až 14%).

Automatizace kontrol nastavení ozařovacích polí pomocí EPID

Tomáš Veselský^{1,2}, Martin Steiner^{1,2}, Zuzana Horáková²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Onkologická klinika 2.LF UK a FN Motol, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 06, ČR

veselskyt@seznam.cz

V současné době, kdy je výzkum v oblasti klinické dozimetrie v radioterapii směřován na dozimetrii malých a dynamických ozařovacích polí a s tím spojených ozařovacích technik a technologií (různé stereotaktické systémy spojené s lineárním urychlovačem, Cyberknife, Gamma nůž a další), je nutné hledat způsoby automatizace rutinních dozimetrických kontrol prováděných na lineárním urychlovači pro klasickou konformní radioterapii. Důvodem je optimální využití času radiologického fyzika v klinické praxi. Mezi takové rutinní dozimetrické testy patří kontroly přesnosti kolimačního systému.

Pro kontroly přesnosti kolimačního systému, tedy přesnosti nastavení ozařovacích polí byl využíván radiografický film. Od jeho použití se vzhledem k časové náročnosti vyhodnocovacího procesu v klinické praxi ustupuje. Později zavedené radiochromické filmy pak vyžadují vyhodnocení pomocí skeneru. Z hlediska časové náročnosti měření se

pro tyto účely jeví jako ideální nástroj elektronický portálový zobrazovací systém EPID. Je ale třeba srovnat jeho výsledky s radiochromickými filmy a tím ověřit jeho použitelnost.

Pro měření byl použit radiochromický film EBT-2 v kombinaci se skenerem EPSON V750 k jeho vyhodnocení. Cílem měření je ověřit shodu fyzického nastavení kolimačního systému na lineárním urychlovači s modelem zadaným v plánovacím systému. A to prostřednictvím MLC tvarovaných radiačních polí různých velikostí. Použito bylo také individuální klinické ozařovací pole. Na závěr je uvedeno srovnání rutinního dozimetrického testu na shodu polohy radiačního a mechanického izocentra lineárního urychlovače vyhodnoceného oběmi srovnávanými metodami.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/148/OHK4/2T/14.

Verifikace 3D dávkové distribuce ozáření na Leksellově gama noži pomocí gelového dozimetru na bázi Turnbullovy moře

Petra Kozubíková^{1,2}, Jaroslav Šolc³, Kateřina Pilařová¹, Kamila Kulhová¹,
Josef Novotný ml.²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

³ Inspektorát ionizujícího záření, Český metrologický institut, Radiová 1,
Praha 10, 102 00, ČR

katerina.vavru@fjfi.cvut.cz

Gelový dozimetr na bázi Turnbullovy moře (TB dozimetr) je radiochromní dozimetr se zanedbatelnou difúzí vhodný pro vyhodnocení metodou optické výpočetní tomografie. Tato studie byla věnována možnosti uplatnění TB dozimetru pro verifikaci 3D dávkové distribuce ozáření na Leksellově gama noži.

Složení TB dozimetru bylo následující: phytigel rozpuštěný ve vodě, ferrikyanid draselný, chlorid železitý, kyselina sírová. Byly připraveny dozimetry, které byly následně ozářeny na Leksellově gama noži PerfexionTM v Nemocnici Na Homolce. Ozáření bylo provedeno 16, 8 a 4 mm kolimátory, s předepsanou dávkou na 50% izodózu 55 Gy. Dávkový příkon v izocentru v době ozařování pro 16 mm kolimátor byl 2,217 Gy/min. Vyhodnocení dozimetru metodou optické výpočetní tomografie s širokým světelným svazkem bylo provedeno na pracovišti Českého metrologického institutu – Inspektorátu ionizujícího záření (ČMI-IIZ) pomocí optického skeneru sestaveného pro účely

gelové dozimetrie. Byl proveden výpočet relativních faktorů velikosti pole a porovnání naměřené dávkové distribuce s plánovacím systémem Leksell Gamma Plan (LGP) ve formě porovnání profilu a izodózních křivek v centrálním řezu.

Naměřené hodnoty relativních faktorů velikosti pole byly porovnány s hodnotou stanovenou výrobcem pomocí metody Monte Carlo. Naměřená odchylka pro velikost kolimátorů 8 mm byla 2,5 % a pro velikost kolimátorů 4 mm 6,8 %. Při relativním porovnání výsledků skenování 3D objemu gelu se ukazuje vynikající shoda mezi daty z plánovacího systému a daty naměřenými pomocí optické CT. Vysoké rozlišení snímků z optické CT dovoluje hodnotit odezvu dozimetru i v oblastech velmi strmých dávkových gradientů. Linearita dávkové odezvy gelu až do oblasti vysokých dávek zároveň dozimetr předurčuje pro využití v oblasti stereotaktické radiochirurgie.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/148/OHK4/2T/14.

Vyhodnocení odezvy 3D polymerního gelového dozimetru zobrazovací magnetickou rezonancí (IMR) a optickou tomografií (OT). Srovnání metod.

Václav Spěvák¹, Kateřina Pilařová¹, Pavel Dvořák², Petra Kozubíková³

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² The London Clinic, 22 Devonshire Place, London, W1G 6JA, Velká Británie

³ Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

vaclav.spevacek@fjfi.cvut.cz

Gelový 3D dozimetr je chemický dozimetr ve kterém je aktivní složka (složka podléhající změně působením ionizujícího záření) fixována v hydrofilním gelu, nejčastěji želatině. Gelové dozimetry jsou dvojího typu:

Polymerní gelový dozimetr (PGD): aktivní složkou je monomer (nejčastěji derivát kys. akrylové), který ozářením polymeruje. Stupeň polymerace lze stanovit měřením příčného relaxačního času T_2 pomocí IMR. To je ale finančně i organizačně náročné.

Radiochromní gelový dozimetr (RGD): aktivní složkou je látka měnící vlivem ionizujícího záření barvu. Prostorové rozložení intenzity zbarvení (absorbance) lze určit pomocí optické

tomografie (OT). Tato metoda je jednak levnější a její provedení přístupnější než IMR.

PGD světlo neabsorbuje, ale rozptyluje, takže závislost absorbance světla na stupni polymerace (a tím na dávce) je silně nelineární a v některých případech vykazuje i maximum. Proto je použití OT pro vyhodnocení odezvy PGD komplikované až neproveditelné.

V práci je představeno několik úprav metody OT umožňující její použití i k vyhodnocení PGD. Předběžný výsledek je testován na vyhodnocení PGD ozářeného Leksellovým gama nožem (jednoduchý šot) a technikou IMRT (složitý klinicky realistický ozařovací plán).

Návrh stínění, kolimace a homogenizačního filtru kobaltového ozařovače krve

Tomáš Urban¹, Tomáš Čechák¹, Ondřej Končák², Milan Semmler²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP Praha, a. s., Nad Kamínkou 1345, Praha-Zbraslav, 156 10, ČR

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

Práce se zabývá odhadem, popř. možnostmi zlepšení homogenity radiačního pole v kobaltovém ozařovači krve. K odhadům byl zvolen modelový přístup – metodou Monte Carlo – s použitím programu MCNPX.

S ohledem na počet instalovaných zdrojů jsou vytvořeny návrhy homogenizačních filtrů a zkoumán vliv jejich instalace (mezi zdroj a ozařovaný vzorek) na homogenitu a rychlost (tj. dávkový příkon) prozáření vzorku. Podobně jsou analyzovány možnosti instalace kolimátoru, resp. stínících

konstrukcí. Namodelovaná distribuce radiačního pole v okolí ozařovače byla použita k odhadu prostorového dávkového ekvivalentu na pracovním místě obsluhy. S ohledem na další optimalizaci homogenního prozáření vzorku, ekonomického hlediska, hlediska radiační ochrany obsluhujícího personálu, apod., jsou výsledky v příspěvku dále diskutovány.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory TA ČR v rámci řešení projektu č. TA02010372 programu ALFA.

Optimalizace aplikovaných aktivit na oddělení nukleární medicíny

Hana Linhartová^{1,2}

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Oddělení nukleární medicíny, Nemocnice Havlíčkův Brod, p.o., Husova 2624, Havlíčkův Brod, 580 22, ČR

h.linhartova@tehuti.cz

Nukleární medicína je lékařský obor, který slouží k diagnostice a terapii pomocí radionuklidů. Při diagnostice se do těla aplikuje malé množství radioaktivní látky a její pohyb a rozložení v těle se sleduje pomocí gamakamer.

Vzhledem aplikaci radioaktivní látky do těla pacienta, je nutné její množství minimalizovat. Množství aplikované radioaktivní látky je ovlivněno přístrojovým vybavením, nastavením parametrů snímání, zkušeností hodnotícího lékaře, velkou roli hrají i zvyklosti zažité na daném oddělení.

Aplikované aktivity by neměly překročit diagnostické referenční úroveň (DRÚ) uvedené ve vyhlášce č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně v posledním znění.

Na oddělení nukleární medicíny v Havlíčkově Brodě došlo na začátku roku 2013 k hodnocení a kontrole aplikovaných aktivit z vyšetření, která se na oddělení provádí. Na základě zjištěných dat jsme mohli konstatovat, že některá vyšetření se na našem oddělení provádí s hodnotami stejnými s DRÚ, ale některá vyšetření provádíme s méně než 50 % DRÚ. Tyto výsledky ukazují, že diagnostické závěry se dají získat i s o mnoho nižší aplikovanou aktivitou než udává vyhláška a je možné, že jsou i jiná vyšetření u kterých lze snížit aplikovanou aktivitou bez vlivu na kvalitu diagnostických závěrů.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/148/OHK4/2T/14.

Spektra lineárního přenosu energie v terapeutickém protonovém svazku v SÚJV v Dubně

Iva Ambrožová¹, Pavel Tichý², Ján Kubančák^{1,2}, Ondřej Ploc¹,
Marie Davidková¹, Alexandr Grigorievič Molokanov³

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Spojený ústav jaderných výzkumů, Joliot-Curie 6, Dubna, 141980, Ruská federace

jan.kubancak@odz.ujf.cas.cz

Príspevek se zabývá stanovením spekter lineárního přenosu energie (LPE) v terapeutickém protonovém svazku v SÚJV v Dubně. K tomuto účelu byla použita kombinace detektoru Liulin a detektorů stop v pevné fázi (DSPF). DSPF registrují pouze těžké nabitě částice s hodnotou LPE větší než zhruba 10 keV/ μm , tzn. že primární protony až do energií kolem 3 MeV nejsou detekovány; registrovány jsou pouze sekundární nabitě částice vzniklé interakcemi primárních protonů a neutronů. Na druhé straně Liulin, který detekuje deponovanou energii v křemíku,

je možné použít pro detekci částic s nižším LPE. Kombinací dat získaných pomocí obou typů detektorů je tak možné získat spektra LPE v širokém rozsahu. Detektory byly umístěny v různých pozicích ve svazku (od vstupu svazku do fantomu až do hloubky za Braggovým píkem) s primární energií protonů 171 MeV. Ze získaných spekter LPE pak bylo možné stanovit absorbovanou dávku. Takto stanovená dávka byla srovnána s dávkou měřenou křemíkovou diodou. Byl také stanoven příspěvek částic s různým LPE k celkové dávce.

Analýza neshod zjištěných při PZ a ZDS na rentgenových zařízeních

Leoš Novák

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

leos.novak@suro.cz

Pro potřeby SÚJB jako podklad pro rozhodování o budoucí podobě zkoušek zdrojů byla provedena analýza neshod z protokolů PZ a ZDS uložených v registru SÚJB pro rentgenová zařízení skiagrafická, skiaskopická, skiagraficko – skiaskopická, angiografická, mamografická, zubní intraorální a panoramatická a pro výpočetní tomografy. Neshody uvedené v protokolech byly rozčleněny na neshody závažné a méně závažné (hlediskem rozčlenění byla významnost vlivu na dávku pacienta a kvalitu obrazu) a dále na neshody, které lze odhalit při ZPS a které nelze odhalit při ZPS. Zda je neshoda odhalitelná při ZPS bylo určeno na základě seznamů testů definovaných v modrých doporučeních SÚJB týkajících se ZPS a na základě Věstníku MZ ČR 04/2010 týkajícího se mamografie. Do neshod odhalitelných při

ZPS byly zařazeny také neshody, které jsou odhalitelné při běžném klinickém provozu, i když při ZPS se příslušný test neprovádí. Pro každý typ rentgenového zařízení byly zkontrolovány protokoly vydané za určité období (2 měsíce – 2 roky, dle typu zobrazovací modality), aby byl výběr reprezentativní a obsahoval zařízení všech výrobců, z celé České republiky a měřená všemi držiteli povolení. Minimální počet zkontrolovaných protokolů pro danou zobrazovací modalitu byl 283 (mamografy), maximální počet byl 1247 (skiagrafické rtg). Nejčastěji se neshody vyskytují u testů týkajících se souladů polí, linearity, AEC, kvality zobrazení a komprese u mamografických zařízení. Výskyt velkého množství neshod, které jsou odhalitelné při ZPS indikuje, že ZPS nemusí být vždy prováděny zodpovědně a že je třeba na ně klást zvýšený důraz.

Experimentální stanovení nejistot při dozimetrických měřeních pacientů během terapie ^{131}I MIBG

Pavel Solný^{1, 2}

¹ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie, Fakultní nemocnice v Motole,
V Úvalu 84, Praha, 150 06, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

pavel.solny@fnmotol.cz

Během provádění dozimetrických měření pacientů podstupujících radionuklidovou terapii s využitím ^{131}I je možné setkat se s řadou faktorů ovlivňujících přesnost dozimetrického měření. V současnosti je na KNME používáno ke stanovování aktivity radiofarmaka v těle pacienta měření příkonu dávkového ekvivalentu pomocí přístroje FH40G. Cílem této práce je provést optimalizaci prováděných měření a nalézt i vhodný přístroj, který by v dané konfiguraci poskytoval relevantní údaje. Při měření s vodním fantomem obsahujícím ^{131}I v lahvičce byla provedena měření v různých vzdálenos-

tech a s různou pozicí v něm umístěném vzorku radiojodu. Měření byla provedena i s jednokanálovým analyzátozem JKA 300. V optimální vzdálenosti, která je ještě akceptovatelná při patientské dozimetrii, vedly změny pozice zdroje ve vodním fantomu (do 10 cm) a změny pozice měřících přístrojů (až 20 cm) k rozdílu v měřených hodnotách do 20%. Takto by se daly přiblížit hrubé chyby v důsledku pohybu pacienta během měření. Získané údaje korespondují s daty získanými při měření dobrovolníka během terapie. Získané údaje budou rozšiřovány a porovnány s MC simulací.

Možnosti monitorování ozáření oční čočky

Petr Papírník, Josef Kryštůfek

OEHO, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

petr.papirnik@sujb.cz

V roce 2011 vydala Mezinárodní komise pro radiační ochranu (ICRP) prohlášení, v němž na základě nejnovějších studií účinků ionizujícího záření na oční čočku, přehodnotilo postoj k prahu pro výskyt radiační katarakty a následně doporučilo snížení limitu pro ozáření oční čočky pro radiační pracovníky na 20 mSv za rok po dobu 5 let, přičemž v žádném roce by nemělo být překročeno 50 mSv. Tento přístup následně od ICRP převzala jak Mezinárodní agentura pro atomovou energii tak Evropská unie. V návrhu nové evropské směrnice, která stanoví základní bezpečnostní standardy na ochranu před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření, je již tento nový limit zahrnut. Vzhledem k tomu, že směrnice je pro členské státy závazná, bude mít po jejím vydání Česká republika povinnost zpracovat tuto změnu do svého

právního řádu. Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) předpokládal tento vývoj a v roce 2012 zadal dvě zakázky malého rozsahu, které měly zmapovat možnosti rutinního monitorování dávek na oční čočku. Každá ze studií byla zaměřena na jinou část této problematiky a dohromady tak byly dobře pokryty všechny související aspekty. SÚJB má nyní přesnou představu o tom, za jakých okolností bude nutné určovat ozáření oční čočky ze samostatného dozimetru umístěného v oblasti očí, o poloze referenčního místa, o možnostech dozimetrických služeb toto měření standardně provádět a o způsobu monitorování ozáření oční čočky při používání ochranných brýlí (včetně zeslabovacích koeficientů těchto brýlí pro různé energie). Více informací v posteru.

Determination of patient doses in different groups of radiodiagnostic examinations in Slovak Republic

Lukáš Zachar

VF, a. s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

lukas.zachar@vf.sk

Introduction Effective dose quantity (E) was defined in publications of International Commission on Radiological Protection and International Atomic Energy Agency as a sum of the mean doses to radiosensitive organs or tissues in the body of the patient. The aim of this work was find out, relative simple method for estimation effective dose quantity useful for selected group of radiographic and CT examinations in clinical practice.

Methodology In this work was quantity (E) determined using two different methods for each group of selected radiographic and computed tomography (CT) examinations. Calculation of organ absorbed doses and (E) quantity selected group of radiographic examinations (Lungs, C-spine, Th-spine, LS-spine, Pelvis, Abdomen, Hip joint) was performed using NRPB dose conversion coefficients and software application PCXMC v.2.0. Effective dose for selected CT examinations (Head, Chest, Abdomen-Pelvis, Pelvis) was performed using conversion of DLP

quantity to effective dose and software application CTExpo v.2.1. Organ absorbed doses for CT examinations was calculated using CTExpo.

Results The highest values of quantity (E) were determined in the case of the radiographic examination of lumbar spine (LS) and thoracic spine (Th). The lowest effective dose values in the group of radiographic examinations were identified for chest and cervical spine examinations. In the group of selected (CT) examinations the highest values of quantity (E) was determined in the examination of Abdomen-Pelvis region. However, the lowest value of the (E) was identified in the case of CT examination of the head and thorax.

Conclusions The consistency achieved by using the different methods for estimation of (E) quantity in this work was generally good. All determined results from this work were in the good conformity with data presented in (UNSCEAR 2008) and publications of foreign authors.

Optimalizace parametrů LKB, Källmanova a Logit+EUD radiobiologických modelů pro rektum – porovnání pravděpodobnosti poškození zdravé tkáně s klinickými daty

Darina Trojková¹, Libor Judas², Tomáš Trojek¹

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

darina.ornova@seznam.cz

Hodnoty parametrů radiobiologických modelů pravděpodobnosti poškození zdravé tkáně (NTCP) jsou stále klíčovou problematikou v použitelnosti těchto modelů v klinické praxi.

NTCP modely 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.

V naší práci byla provedena optimalizace parametrů pro tři nejvíce používané NTCP modely minimalizací Brierova skóre pro rektum u skupiny 302 pacientů. V této skupině byla chronická rektální toxicita hodnocena pomocí RTOG/LENT skórovacího systému. Výskyt toxicity (uvažujeme stupně 2 + 3) ve skupině byl

21,9%. Brierovo skóre porovnává shodu předpovědi modelu s pozorovanými toxicitami (čím je jeho hodnota menší, tím je shoda lepší). Výsledné NTCP hodnoty byly porovnány s hodnotami získanými s použitím dříve publikovaných hodnot parametrů.

Pro ověření správnosti optimalizace byl pro hodnoty NTCP rozdělené do kvartilů proveden chí-kvadrát test (vážený součet kvadrátů odchylek mezi pozorovanou a předpovězenou toxicitou). Ten prokázal, že NTCP hodnoty vypočtené s optimalizovanými parametry jsou pro tento soubor pacientů výrazně lepší. Medián hodnot NTCP pro pacienty s toxicitou stupňů 2 a 3 se rovněž pohyboval blíže reálnému výskytu komplikací (kolem 23% pro všechny modely) oproti výrazně nižším hodnotám pro ostatní sady parametrů.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/148/OHK4/2T/14.

Radonový program 2013 – Strategie informovanosti

Eva Pravdová, Jaroslav Slovák

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

eva.pravdova@sujb.cz

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán je schválen Usnesením vlády ČR č. 594 ze dne 4. 5. 2009. Základním cílem Akčního plánu je příspěvek ke snížení počtu úmrtí na rakovinu plic v důsledku zvýšeného ozáření radonem a jeho dceřinými produkty. Přes velké množství provedených měření, vznik velmi kvalitní vědecké, odborné i technologické základny a legislativní a dotační podporu se v minulosti vynaložené úsilí nepromítlo uspokojivě do zájmu veřejnosti o ozdravování domů a bytů. Přitom aktivní přístup vlastníků k protiradonové prevenci a k ozdravování stávajících staveb je rozhodujícím měřítkem efektivity Radonového programu ČR. Proto je prioritou současné etapy informovanost.

V současnosti jsou již dostupná skutečně účinná technologická řešení a ochrana proti radonu se stává především problémem sociálním. Strategie informovanosti je zaměřena na hledání účinných cest pro informování a motivování občanů i odborné veřejnosti.

Obsahem příspěvku je prezentace aktuálních aktivit v oblasti strategie informovanosti a využití poznatků ze sociologických průzkumů v Radonovém programu ČR. Je třeba věnovat pozornost zejména zviditelnění rizika, protože znalost rizika modifikuje chování obyvatel. Nezbytná je pozitivní motivace a nabídka možných řešení, aby se předešlo zbytečně radikálnímu přístupu některých občanů (např. stěhování, stres). Občané preferují svépomocná opatření, nejsou většinou ochotni vynakládat finanční prostředky na měření radonu a následná opatření. Často pasivně očekávají, že budou informováni, aniž by si uvědomovali vlastní spoluodpovědnost za výběr informačních zdrojů a množství a kvalitu získaných informací. Velmi důležitá je informovanost a spolupráce profesionálů v oblasti stavebnictví, kteří na rozdíl od SÚJB přicházejí do osobního kontaktu se stavebníky a jejichž přístup má na jejich postoj silný vliv.

Radonová problematika nemovitostí z pohledu stavebníka nebo kupujícího

Ladislav Moučka

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.moucka@suro.cz

Ochrana zdraví před ionizujícím zářením z přírodních zdrojů ozáření je řešena Atomovým zákonem a prováděcími předpisy.

Protože více než polovina efektivní dávky pochází od radonu a jeho produktů přeměny, je obsah radonu v ovzduší veličinou charakterizující stavbu z hlediska ozáření osob.

Bydlení z hlediska ekonomického představuje tržní komoditu a z tohoto pohledu je obsah radonu ve vnitřním ovzduší stavby parametrem, který může velmi významně ovlivnit cenu stavby. Z tohoto pohledu často dochází ke konfliktům mezi stavebníkem a zhotovitelem stavby v případě nově stavěných nebo rekonstruovaných domů, nebo mezi kupujícím a prodávajícím v případě existujících staveb. Výjimkou nejsou ani spory mezi nájemníkem a vlastníkem stavby.

V případě nových a rekonstruovaných staveb bývají předmětem sporu kvalita izolačních prací, technologie ochrany stavby proti radonu z pod-

loží, případně kvalita použitých materiálů (zpravidla izolačních). Při prodeji a koupi nemovitostí je nejčastěji spornou záležitostí míra zatajení informací o stavu radonové problematiky v objektu, případně je snaha deklarovat vysokou, nebo zvýšenou koncentraci radonu, jako skrytou vadu stavby a předmětem sporu je pak stanovit stranu odpovědnou za tuto skrytou vadu.

Zcela specifické je pak místo sporů u nemovitostí, ve kterých se prokazuje, že příčinou vysokých koncentrací radonu je stavební materiál s vysokým obsahem Ra-226.

Příspěvek pojedná o zkušenostech získaných v souvislosti se spory tohoto charakteru, zejména pak o nezbytnosti validním způsobem dokumentovat stav stavby z hlediska radonové problematiky při přejímání stavby, případně při její koupi nebo prodeji. Prezentovány budou příklady typických soudních sporů.

Analýza přísunových cest radonu s využitím metody stopovacích plynů

Aleš Fronka, Karel Jílek

Odbor přírodních zdrojů, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR
ales.fronka@suro.cz

Pro pochopení základních principů variability objemové aktivity radonu ve vnitřním prostředí budov bylo v posledních letech vynaloženo značné úsilí. Vzájemný vztah mezi rychlostí přísunu radonu a násobností výměny vzduchu byl označen za zcela klíčovou oblast zájmu dalšího experimentálního a teoretického výzkumu. Významné množství experimentálních prací bylo provedeno za účelem nezávislého stanovení výše uvedených fyzikálních veličin, umožňujících analýzu základních ovlivňujících faktorů, t.j. účinek tlakové difference mezi vnějším a vnitřním prostředím budovy vyvolané působením větru, působení komínového efektu, vliv provozu větracích a vytápěcích systémů, včetně činnosti kli-

matických zařízení. V nedávné době byl často zdůrazňován vliv energeticky úsporných technologií na zhoršení kvality vnitřního ovzduší staveb, převážně v souvislosti s významným snižováním výměny vzduchu v budovách. V případě rekonstrukcí a modernizací stávajících budov je vliv těchto energeticky úsporných technologií na objemovou aktivitu radonu v interiéru budov značně komplexní a musí být pečlivě vyhodnocen s ohledem na změny rychlosti přísunu radonu a násobnosti výměny vzduchu. Pro účely podrobné analýzy přísunových cest radonu byl uskutečněn jedinečný infiltrační experiment s využitím metody stopovacího plynu aplikovaného v terénních podmínkách.

Jednoduché modely variácií koncentrácie radónu v pôdnom vzduchu

Karol Holý, Monika Müllerová, Martin Bulko

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave,
Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

Karol.Holy@fmph.uniba.sk

Objemová aktivita ^{222}Rn v pôdnom vzduchu (OAR) dosahuje hodnôt niekoľkých $\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3}$ a nie je stabilná. Závisí hlavne na type pôdy, koncentrácii ^{226}Ra v nej, ale aj na atmosférickom tlaku, vlhkosti pôdy, zrážkach a teplote. Výsledná objemová aktivita radónu v pôde predstavuje spravidla výsledok simultánnych vplyvov viacerých faktorov.

Záujem o ^{222}Rn v pôdnom vzduchu súvisí hlavne s tým, že pôda predstavuje významný zdroj radónu v pobytových priestoroch. Z tohto dôvodu je dôležité klasifikovať čo najobjektívnejšie typ pôdy z hľadiska radónového rizika ešte pred začatím výstavby domov, pričom stanovenie priemernej ročnej hodnoty OAR je optimálne. Záujem o pôdny radón súvisí tiež s jeho možným využitím na predpovedanie zemetrasení. Tu je dôležité eliminovať vplyv zmien atmosférického tlaku a prípadne ďalších meteorologických parametrov na OAR, aby geodynamický

efekt mohol byť čo najjednoznačnejšie identifikovaný. Pôdny radón je možné využiť aj ako stopovač transportu iných plynov v pôde (CO_2 , CH_4).

Koncentrácia radónu v pôdnom vzduchu bola v areáli Fakulty matematiky, fyziky a informatiky (FMFI) v Bratislave monitorovaná počas 19 rokov. Výsledky týchto meraní poukazujú na veľkú variabilitu koncentrácií pôdneho radónu v hĺbke 0,8 m. Avšak v rokoch s nízkym úhrnom zrážok bola medzi ročnými priebehmi koncentrácie radónu v pôdnom vzduchu a teplotou vonkajšej atmosféry pozorovaná významná antikorelácia. Analýza dát tiež potvrdila, že pravidelné zmeny koncentrácie radónu súvisia s dennými zmenami atmosférického tlaku. Na základe týchto poznatkov boli rozpracované jednoduché modely popisujúce denné, krátkodobé a ročné variácie radónu v pôdnom vzduchu, ktoré sú v príspevku podrobne prezentované.

Prípadová štúdia využitia protiradónových opatrení pri výstavbe rodinného domu

Igor Pinter¹, Magdaléna Vičanová², Denisa Nikodémová³

¹ INTER-P, Ekologický Servis, INTER-P, Ekologický Servis, Košická 12, Bratislava, 821 09, SR

² Regionálny úrad verejného zdravotníctva hl.m.Bratislava, Ružinovská 8, Bratislava, 820 09, SR

³ SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

igorko.pinter@gmail.com

Zhodnotenie nových poznatkov a vedeckých informácií o zdravotných účinkoch, ktoré sú dôsledkom expozície Rn a jeho DP v pobytových priestoroch viedlo medzinárodné inštitúcie k ustanoveniu nových referenčných úrovní na zníženie smerných hodnôt OAR pre nápravné opatrenia. Táto skutočnosť viedla ku zvýšenému záujmu o „radónovú problematiku” pri výstavbe rodinných domov. V posterí bude prezentovaná prípadová štúdia, ktorá popisuje výstavbu rodinného domu na „horúcej ploche”, v oblasti s veľmi vysokou koncentráciou radónu v pôdnom vzduchu (OAR až $500 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-3}$). Sú prezentované detailné výsledky merania OAR v pôdnom vzduchu a ich lokalizácia

na ploche plánovanej zástavby ako aj fotografická dokumentácia základovej škáry s viditeľnými možnými prístupovými cestami radónu. Na základe tohto prieskumu, boli v čase projekčnej prípravy navrhnuté a neskôr realizované protiradónové opatrenia. Po ukončení výstavby bola ich účinnosť overená meraniami OAR v interiéroch objektu. Namerané hodnoty OAR boli v rozsahu od $22 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ do $80 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.) čo prekazateľne dokazuje funkčnosť a úspešnosť realizovaných opatrení. Prezentované výsledky slúžia k podpore informovanosti obyvateľstva, ako aj ku zvýšeniu aktivít pri úsilí o vytvorenie účinného národného radónového programu na Slovensku.

Vliv zateplování na růst objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních

Ivana Fojtíková, Kateřina Navrátilová Rovenská

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

katerina.rovenska@suro.cz

Státní ústav radiační ochrany v rámci plnění plánu Radonového programu ČR – Akčního plánu zahájil v roce 2011 kampaň, jejímž cílem bylo proměření objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních na území ČR. Cílem měření bylo zjistit, zda v zařízeních s celodenním pobytem dětí nedochází ke zvyšování koncentrace radonu vzhledem k masivnímu využívání dotačních programů na zateplování.

Měření probíhá korespondenčně pomocí stopových detektorů radonu RAMARN. Každá školka zašle vypl-

něný dotazník s jednoduchým půdorysem a vyznačením místností, kam detektory umístí – třídy, herny, odpočívárny, jídelny, popř. pracovny učitelů. Interval měření je od září do června. Po vyhodnocení detektorů jsou výsledky zaslány formou standardního protokolu zřizovateli a řediteli školky.

Příspěvek shrnuje výsledky prvních dvou etap měření, které prokazují nepříznivý vliv snahy o energeticky úsporný provoz budov na míru ozáření z radonu.

Zkušenosti s měřením objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních

Kateřina Navrátilová Rovenská, Ivana Fojtíková, Ladislav Moučka

SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

katerina.rovenska@suro.cz

Státní ústav radiační ochrany v rámci plnění plánu Radonového programu ČR – Akčního plánu zahájil v roce 2011 kampaň, jejímž cílem je měření objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních na území ČR. Od posledního proměřování koncentrace radonu ve školských zařízeních již uplynula řada let a, vzhledem k silnému trendu rekonstruování a zateplování, mohlo dojít ke změnám, které koncentraci radonu v objektech školek ovlivnily. Měření probíhá korespondenčně pomocí stopových detektorů radonu RAMARN.

Ta školská zařízení, ve kterých byla překročena směrná hodnota

$400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ v alespoň 1 místnosti s pobytem dětí, jsou předmětem týdenního měření pomocí kontinuálních detektorů radonu s cílem identifikovat místa, kde je směrná hodnota překročena v době pobytu dětí.

Příspěvek shrnuje zkušenosti a závěry z krátkodobých a diagnostických měření, jejich vztah k integrálním měřením v zařízeních. Výsledky integrálních měření jsou detailně diskutovány v příspěvku „Vliv zateplování na růst objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních”.

Měření dceřinných produktů radonu detektorem Timepix

Boris Bulánek¹, Karel Jílek¹, Pavel Čermák²

¹ Oddělení dozimetrie, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Oddělení elektroniky a softwaru, Ústav technické a experimentální fyziky, Horská 22, Praha, 128 00, ČR

boris.bulaneck@suro.cz

Jedinečnou vlastností detektora Timepix je rozlíšit zároveň alfa, beta i gama částice len vďaka tvaru stopy zanechanej v detektore. To nám dáva možnosť použiť detektor ako pre detekciu samotného radónu tak i pre detekciu krátkodobých produktov. Po uve-

dení použitých detektorov s kremíkovou a kadmium-teluridovou detekčnou vrstvou, budú prezentované prvé výsledky detekcie dcériných produktov radónu z radónovej komory SÚRO prostredníctvom zberu na odkrytý filter.

Obsah U-238 v moči horníků v závislosti na denních inhalačních příjmech a fyzikálně chemických parametrech aerosolu

Lukáš Kotík¹, Irena Malátová¹, Věra Bečková¹, Ladislav Tomášek¹,
Zdeněk Gregor²

¹ SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² DIAMO, ČR

lukas.kotik@suro.cz

Studie se zabývá srovnáním naměřených hodnot U-238 v moči s odhady těchto hodnot založených na denních inhalačních příjmech U-238 z osobní dozimetrie. K dispozici jsou údaje pro 90 pracujících horníků. Denní příjmy byly odvozeny z aktivit U-238 zaznamenaných na osobních dozimetrech ALGADE. Denní hodnoty se pohybují v průměru mezi 0,2 až 8,5 mBq, přičemž průměrná hodnota denních příjmů činí 2,2 mBq, směrodatná odchylka hodnot je 2,0 mBq. Vylučovací křivky použité v modelu jsou stanoveny podle

programu IMBA pro různé hodnoty parametrů, jako je izotopické složení aerosolu, velikost částic a rozpustnost aerosolu v plicní tekutině. V závislosti na volbě parametrů modelu jsou korelace mezi naměřenými hodnotami a hodnotami danými modelem v rozmezí 0,4 až 0,6. Vliv nejistot expozičních dat a rozdílů mezi profesemi horníků budou též vyhodnoceny. Projekt byl financován Evropskou komisí a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (DOREMI, GA 249689, 7G13001).

Odstraňování uranu z pitné vody

Jan Krmela

Centrum nakládání s RAO, ÚJV Řež, a. s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR
jan.krmela@ujv.cz

Od roku 2010 byl zpřísněn na základě doporučení WHO hygienický limit pro maximální koncentraci uranu v pitné vodě z 30 na 15 $\mu\text{g/l}$. Na toto zpřísnění reagovala většina dotčených úpravěn pitných vod používáním iontoměničů selektivních na uran. Ačkoli je běžnou praxí v chemickém průmyslu, že se iontoměniče regenerují, v ČR neexistuje technologie, která by tuto činnost zajišťovala pro iontoměniče kontaminované uranem. Důvodem je, že společnosti provádějící chemickou regeneraci iontoměničů neumí regenerovat ion-

toměniče kontaminované radionuklidy, resp. nemají příslušná povolení. Současná praxe je tedy taková, že úpravny jsou nuceny iontoměnič po přibližně 2 letech provozu, kdy je nasycen, vyměnit za nový. Což vede ke zvýšení výdajů na provoz zařízení na separaci uranu z pitné vody. Regenerace (opětovné využití ionexu) by vedla k zlevnění technologie s možností využití uranu z eluátu jako vstupu do technologie pro výrobu „žlutého koláče“ v uranovém průmyslu.

Variabilita opakovaných meraní koncentrácie radónu v obydlích v Českej republike

Jana Timková¹, Ladislav Tomášek¹, Miriam Slezáková¹, Josef Holeček²

¹ Oddělení hodnocení radiačních rizik, Úsek náměstka pro výzkum a vývoj, SÚRO, v. v. i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i., Kamenná 71, Milín, 262 31, ČR

jana.timkova@suro.cz

Radón a jeho produkty premeny sú uznávané ako druhý najsilnejší faktor po fajčení spojený s výskytom rakoviny pľúc. Neistota spojená s meraním koncentrácie radónu je komplikáciou pri stanovení kvalitného odhadu rizika expozície radonu. Hodnota koncentrácie radónu je silne variabilná veličina ovplyvnená niekoľkými zdrojmi neistoty. Medzi ne patrí napríklad dĺžka merania, pozícia dozimetru, sezónna a časová premenlivosť uvoľňovania radónu a taktiež neistota spojená so samotným meraním. V tomto príspevku zhodnotíme tri hlavné faktory vplývajúce na variabilitu nameraných hodnôt koncentrácie radónu v obydlích v Českej republike. Medzi uvažované faktory patrí vplyv obdobia

zberu (rok, v ktorom merania boli prevedené), miesta zberu (dom) a chyba dozimetru. Analýza je založená na 744 opakovaných meraniach zozbieraných v 161 domoch v oblasti so zvýšeným výskytom prírodného radónu (priemer $680 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$). Štatistické vyhodnotenie týchto meraní preukázalo, že premenlivosť spojená s obdobi, kedy boli merania zozbierané, je podstatne menšia než premenlivosť daná miestom zberu. Oba faktory sú však významným prediktorom hodnoty koncentrácie radónu a umožnia korigovať odhad rizika na chybu merania a medziročnú variabilitu. Táto práca bola podporená Ministerstvom zdravotníctví Českej republiky pod projektom NS10596.

Testování vlastností materiálů filtračních polomasek pomocí radioaktivního aerosolu

Josef Vošahlík, Petr Otáhal, Ivo Burian

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i., Kamenná 71,
262 31, ČR

vosahlik@sujchbo.cz

Filtrační polomasky jsou jedním z nelevnějších komerčně dostupných osobních ochranných prostředků dýchacích cest. Všechny tyto výrobky musí splňovat normu ČSN EN 149+A1.

Tento příspěvek shrnuje výsledky testování zachytných vlastností materiálu osobního ochranného prostředku typu Serge CN P3 V při rychlostech pohybu vzduchu 25, 31, 38, 44, 50 cm/s (50 cm/s odpovídá intenzivnímu dýchání) v prostředí radioaktivního aerosolu o velikostním módu aerosolových částic 80 nm a 190 nm. Penetrační vlastnosti materiálu byly zkoumány v radon-aerosolové komoře SÚJCHBO, v. v. i. o objemu 10 m³ dvěma metodami. První metoda testování je založena na měření ekvivalentní objemové aktivity radonu (EOAR),

druhá na měření koncentrace aerosolových částic (AC) – v obou případech před a za testovaným vzorkem.

Z porovnání výsledků testování pomocí veličin EOAR a AC vyplývá, že penetrace aerosolových částic, bez ohledu na případné spojení s produkty přeměny radonu, je přibližně o 60 % vyšší než průnik produktů přeměny radonu (charakterizovaný EOAR).

Příspěvek byl vypracován na základě výsledků řešení projektu MV ČR č. VF20112015013 – Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných chemických, biologických, jaderných a radioaktivních látek (CBRN) a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury.

Mapovanie distribúcie koncentrácie radónu v prízemnom rodinnom dome

Monika Müllerová¹, Attila Moravcsík¹, Karol Holý¹, Miroslav Hutka¹,
Ol'ga Holá²

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského
v Bratislave, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

² Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, STU v Bratislave,
Radlinského 9, Bratislava, 812 37, SR

Karol.Holy@fmph.uniba.sk

Objemová aktivita radónu (OAR) bola sledovaná v staršom prízemnom rodinnom dome, ktorého miestnosti boli v kontakte s podlažím. Dom bol opatrený plastovými oknami a obývaný prevažne v letnom období. Integrálne a kontinuálne metódy boli použité na meranie objemových aktivít radónu. Pomocou RADUET detektorov boli získané poznatky o sezónnych zmenách objemovej aktivity radónu a torónu vo všetkých miestnostiach domu. V priemere sa v dome pohybovali objemové aktivity radónu na úrovni $150 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ a objemové aktivity torónu na úrovni $40 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. Vplyv obývania domu na OAR bol významnejší len v letných mesiacoch, kedy bolo zazname-

nané jej zníženie v dôsledku intenzívnejšieho vetrania. V jesenných a zimných mesiacoch sa OAR líšili len do 20% pre rôzne režimy využívania domu. Výsledky OAR získané pomocou profesionálneho monitoru radónu AlphaGuard boli využité na sledovanie vplyvu vnútornej a vonkajšej teploty na OAR. Významnejšie denné variácie OAR boli zistené len počas obývania domu. Boli analyzované nárastové krivky OAR po vyvetraní miestností pre rôzne obdobia roku s cieľom odhadnúť ventilačné rýchlosti a rýchlosti prísunu radónu do domu. Testovaná bola aj možnosť stanovenia rýchlosti prísunu radónu do domu na základe krátkodobých integrálnych meraní.

Shrnutí výsledků měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech

Zdeňka Veselá, Jan Merta, Ivo Burian

Laboratoř dozimetrie a monitorování radioaktivity, Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.v., Kamenná 71, pošta Milín, 262 31, ČR

vesela@sujchbo.cz

Tento příspěvek obsahuje souhrn výsledků měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech prováděných Laboratoří dozimetrie a monitorování radioaktivity (dříve Laboratoř osobní dozimetrie a monitorování) při SÚJCHBO, v. v. i. v letech 2000–2013. Současně byl sledován vliv charakteru geologického podloží v jed-

notlivých lokalitách na výsledné naměřené hodnoty ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th .

Ze získaných výsledků vyplývá, že pro hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech pomocí indexu hmotnostní aktivity I má v našem případě převažující vliv koncentrace ^{40}K .

Odhalování skrytých tektonických zlomů na JV svazích sopky Etny

Kamila Johnová, Lenka Thinová

KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

johnova.kamila@gmail.com

Okolí sopek přináší jeho obyvatelům kromě výhod úrodné půdy i ohrožení, které může přicházet v podobě lávových výlevů, chrlení popele, zemětřesení a úniků plynu. Přestože v obydlených oblastech okolí sopek v současné době dochází k intenzivnímu průzkumu tektonických podmínek, zůstávají mnohé tektonické zlomy skryté. Odhalování takovýchto zlomů může výrazně přispět k ochraně obyvatel sopečných oblastí.

Předchozí studie prokazují, že narušení zemské kůry, jakými jsou například tektonické zlomy, mohou tvořit cesty pro migraci radonu. Z tohoto důvodu se měření koncentrací půdního radonu ukazuje jako vhodný prostředek pro studium dynamiky sopek a pro potvrzení přítomnosti tektonického zlomu ve studované lokalitě.

Modelovou oblastí pro náš experiment byla zvolena sicilská sopka Etna. Při experimentu byla použita metoda měření koncentrace radonu v půdním plynu na měřicích bodech profilu za účelem detekce anomálií, které mohou být způsobeny přítomností zlomu. Na stejných bodech profilu byly dále aplikovány další vybrané metody, které byly již dříve úspěšně aplikovány v ČR. Hlavním cílem bylo posoudit užitečnost jednotlivých metod pro detekci skrytých zlomů v geologických podmínkách sopky Etny, které jsou výrazně odlišné od těch v ČR, a vybrat jejich nejlepší kombinaci. Je totiž nezbytné porovnávat výsledky jednotlivých metod, jelikož mnohé z nich mohou vykazovat anomálie nesouvisející s přítomností skrytého zlomu.

Srovnávací analýza stanovení dávkových příkonů pro TL datování cihel pomocí NAA, počítání přeměn alfa a XRF

Hana Bártová¹, Jan Kučera², Ladislav Musílek¹, Tomáš Trojek¹

¹ Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

hana.bartova@fjfi.cvut.cz

Pro výpočet stáří pomocí metody jemných zrn při termoluminiscenčním (TL) datování je třeba stanovit vnitřní a vnější dávkové příkony v materiálu po dobu jeho uložení. Vnitřní dávkové příkony pocházejí od radionuklidů přírodních přeměnových řad a od ⁴⁰K. Dávkový příkon od přírodního U a Th a jejich dceřiných produktů lze vypočítat z počtu registrovaných částic alfa za určitý čas nebo z koncentrací přírodního U a Th, které byly stanoveny některou citlivou analytickou metodou. Dávkový příkon od ⁴⁰K lze vypočítat z analyticky stanovené koncentrace draslíku. Měření popsaná a srovnávaná v této práci se zabývají materiálem cihel z historických staveb a metodou jemných zrn. V tomto případě tedy není nutné stanovovat vnější dávkový příkon z půdy (cihly nebyly uloženy v půdě), ale musí být počítáno s dávkovými příkony jak od záření beta a gama, tak i alfa. Dávkový příkon od záření alfa je dán koncentrací přírodního U a Th, dávkový příkon od záření beta a

gama koncentrací přírodního U, Th a K. V laboratoři Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské (FJFI) je k dispozici počítání přeměn alfa na přístroji Daybreak Intelligent Alpha Counter Model 583 a kvalitní zařízení pro rentgenfluorescenční analýzu (XRF). Tyto metody je možné použít bezprostředně po odebrání vzorku. Neutronová aktivační analýza (NAA) je přesnější metoda, ale náročnější na čas, manipulaci se vzorky i cenu, protože vyžaduje jaderný reaktor jako zdroj neutronů. Srovnáním těchto metod získáme informace, zda čas a náklady, ušetřené použitím jednoduššího počítání přeměn alfa a XRF, nevnášejí příliš velkou nejistotu. Ve výpočtu stáří sice může být dávkový příkon určen přímo z počtu částic alfa naměřených za určitý čas, bez použití koncentrací, ale je nutné uvažovat pevný poměr Th:U. Srovnáním těchto metod z hlediska přesnosti, správnosti a času potřebného na analýzu je možné vybrat optimální metodu pro konkrétní datované vzorky.

Posouzení vlivu vysokých koncentrací radonu v jeskyních na stanovení ^{226}Ra gamaspektrometrickým měřením in situ

Lenka Thinová¹, Jaroslav Šolc²

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

Koncentrace radonu v jeskynní atmosféře (případně dalších podzemních pracovištích) v ČR dosahuje až desítek tisíc $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. Jeskyně jsou prostředím s velmi nízkou ventilací, vysokou vlhkostí, nepřítomností zdrojů aerosolů a nízkým počtem aerosolových částic. Vysoké koncentrace způsobují ozáření vlivem inhalace radonu a jeho dceřiných produktů a vlivem vyšších dávkových příkonů způsobených především ^{214}Bi . V případě použití přenosného gama spektrometru (kalibrovaného pro geometrii 2π) dochází k velkým disparitám mezi výsledky laboratorních stanovení měrných koncentrací ^{226}Ra ve vzorcích hornin a ve stanovení hmotnostních koncentrací uranu měřením in situ. Pro posouzení vlivu geometrie měření a vzdušného radonu na příspěvek jednotlivých zdrojů do čet-

nosti impulsů v okně širokém 200 keV symetricky rozloženém kolem energie 1,76 MeV byl vytvořen MCNPX Monte Carlo model. Jeskyně byla modelována jako tunel (2, 4, 6 a 10 m dlouhá a 4, 10, 20 a 30 m široká, s tloušťkou stěn 1 m). Příspěvek fotonů do fotopíku 1,76 MeV, měřených NaI(Tl) detektorem $3'' \times 3''$, byl tvořen zdroji 1,76 MeV fotonů přítomnými ve stěnách, v sedimentech, ve vzduchu a depozicí na povrchu stěn. Model byl ověřen gama spektrometrickým měřením in situ v Mladečských jeskyních, na jejichž tvar byl model upraven. Koncentrace ^{226}Ra byly stanoveny laboratorní gama spektrometrií na odebraných vzorcích a zastoupení produktů přeměny radonu resp. ^{214}Bi bylo stanoveno měřením přístrojem FRITRA4.

Predbežné výsledky z merania ^{222}Rn v prameňoch v oblasti Malé Karpaty

Pavol Blahušiak, Monika Müllerová, Karol Holý

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta Matematiky, Fyziky a informatiky;
Univerzita Komenského, Mlýnská dolina, Bratislava, 842 48, SR

blahusiakpavol@gmail.com

Kontaminácia vôd nebezpečnými látkami je vážny ekologický a rádiologický problém a preto má zmysel sledovať v nich aj koncentráciu radónu. Radón svojimi vlastnosťami, ako je relatívne dlhá doba polpremeny, chemická inertnosť a jednoduchá možnosť detekcie je aj vhodným stopovačom, ktorý sa používa pri štúdiu mnohých prírodných procesov. Vodné vzorky z prameňov sa odoberali v oblasti Železnej Studničky v bratislavskom lesnom parku, ktorý je súčasťou jadrového pohoria Malé Karpaty. Z geologických máp je evidentné, že oblasť, v ktorej

sme vykonali bodové odbery je zložená z magmatických hornín granidov až granodioridov. Takéto horniny sú veľmi bohaté na rádium. Takže v prameňoch z takýchto oblastí je aj zvýšená koncentrácia radónu, čo je potvrdené aj našimi meraniami. Najvyššie aktivity sme namerali v prameňoch Malý Slavín, Zbojníčka a Himligárka. Pri opätovnom odbere vody z prameňa Zbojníčka sme sledovali pokles aktivity vo vzorke vody takmer o tretinu v dôsledku silných dažďov, čo poukazuje na variáciu radónu v prameni vplyvom meteorologických podmienok.

Rejstřík

- Ambrožová Iva, 33–36, 45, 120
Andrlík Michal, 112, 113
- Badraoui Čuprová Klára, 112, 113
Bártová Hana, 141
Bartusková Miluše, 81
Bečková Věra, 52, 81, 134
Beitlerová Alena, 55
Bělohávek Otakar, 100
Berkovský Petr, 114
Blahušiak Pavol, 143
Böhm Radoslav, 27
Borecký Zdeněk, 81
Brom Jakub, 41
Bujnová Alena, 71
Bulánek Boris, 29, 85, 133
Bulko Martin, 129
Buňata Milan, 48
Burešová Hana, 54
Burian Ivo, 137, 139
Burianová Jelená, 89
Burianová Ludmila, 59–61
- Cvachovec František, 57
- Čarný Peter, 84, 97, 98
Čechák Tomáš, 37, 118
Čermák Pavel, 133
Černohorská Adéla, 114
Černý Radek, 58, 80
Češpirová Irena, 49, 56, 82, 93, 94
- Davídková Jana, 37, 67
Davídková Marie, 23–26, 33, 34, 120
Dragounová Lenka, 50, 81, 96
Dryák Pavel, 61
Dulanská Silvia, 76
Dvořák Pavel, 117
Dziedzicová Vanda, 112
Džbánek Lukáš, 57, 70
- Ekendahl Daniela, 29, 101
- Falk Martin, 23
Falková Iva, 23
Fantínová Karin, 32, 81
Fejgl Michal, 58, 80
Fišer Vladimír, 77
Fojtík Pavel, 32, 49
Fojtíková Ivana, 131, 132
Freitinger Skalická Zuzana, 21
Froňka Aleš, 128
Fülöp Marko, 108, 109
- Gajdošová Petra, 40
Gregor Zdeněk, 134
Grillová Tereza, 112, 113
Gryc Lubomír, 56, 82, 93
- Halabuk Andrej, 97
Havránek Jiří, 81
Havránek Vladimír, 23, 26
Havránková Renata, 21
Helebrant Jan, 93
Hinca Róbert, 72, 95
Hofman Radek, 94
Holá Olga, 138
Holčák Pavel, 50
Holeček Josef, 136
Holý Karol, 27, 129, 138, 143
Hon Zdeněk, 21
Horáková Ivana, 103
Horáková Zuzana, 115
Hrozníček Marek, 50
Hudzietzová Jana, 102, 108, 109
Hůlka Jiří, 85
Huml Ondřej, 85
Hustáková Hana, 77
Hutka Miroslav, 138
Hýža Miroslav, 50, 65, 81, 85
- Chylíková Renata, 114

Chylý Miroslav, 84, 97, 98
 Incerti Sébastien, 24, 25, 33, 34
 Jančář Aleš, 57
 Janda Jiří, 39, 43, 44, 51
 Janota Martin, 107
 Jelínek Pavel, 50
 Ježková Tereza, 81
 Jílek Karel, 128, 133
 Johnová Kamila, 140
 Judas Libor, 125
 Jurda Miroslav, 78
 Jursíková Eva, 104, 105
 Kamada Kei, 55
 Kapuciánová Michaela, 101
 Karamitros Mathieu, 24, 25
 Kazda Michal, 51
 Klupák Vít, 91
 Klusoň Jaroslav, 64, 70, 96
 Kodl Otto, 37, 104, 105
 Kolros Antonín, 85
 Konček Ondřej, 118
 Koniarová Irena, 103
 Kopecký Zdeněk, 57
 Kotík Lukáš, 134
 Kovář Ivan, 36
 Kovář Petr, 61, 63
 Kozlovská Michaela, 92
 Kozubíková Petra, 116, 117
 Kratochvíl Pavel, 30
 Krkavcová Kateřina, 107
 Krmela Jan, 75, 135
 Krnáč Štefan, 95
 Krpelanová Monika, 84, 97, 98
 Kryštůfek Josef, 123
 Křivonoska Jan, 107
 Kříž Radim, 30
 Kubančák Ján, 35, 36, 120
 Kuča Petr, 82, 93, 94
 Kučera Jan, 141
 Kulhová Kamila, 116

Kurosawa Shunsuke, 55
 Kyselová Dagmar, 36
 Lahodová Zdena, 91
 Langer Roland, 35
 Lengyel Ján, 47
 Lieskovský Juraj, 97
 Linhartová Hana, 119
 Lipták Ludovít, 84, 97, 98
 Litvinchuk Alexandra, 23, 26
 Lušňák Jan, 81
 Máca Pavel, 112, 113
 Malá Helena, 50, 81, 85
 Malátová Irena, 80, 85, 134
 Mareš Jiří A., 55
 Marešová Barbora, 89
 Martinčík Jiří, 37
 Maříková Šárka, 52
 Mátel Lubomír, 76
 Matsushashi Kazuya, 83
 Matzner Jan, 87
 Mazánová Monika, 63
 Merta Jan, 139
 Mihalová Petra, 100
 Michaelidesová Anna, 23, 26, 112,
 113
 Mirchi Reza, 53
 Molokanov Alexandr Grigorjevič,
 120
 Moravcsík Attila, 138
 Moučka Ladislav, 127, 132
 Mudra Josef, 74
 Müller Tomáš, 19, 28
 Müllerová Monika, 129, 138, 143
 Musílek Ladislav, 141
 Navrátil Leoš, 21
 Navrátil Matěj, 112, 113
 Navrátilová Rovenská Kateřina, 131,
 132
 Nedbal Václav, 41
 Neužil Jiří, 90

Neznal Martin, 68, 69, 78
Nikl Martin, 55
Nikodémová Denisa, 110, 130
Nováček Petr, 30, 37
Novák Leoš, 106, 121
Novotný ml. Josef, 100, 116
Nožičková Jitka, 99

Ohera Marcel, 42, 43, 51
Okruhlica Petr, 70, 86
Olšovcová Veronika, 45
Otáhal Petr, 92, 137
Otcovský Tomáš, 75

Pachnerová Brabcová Kateřina, 24,
33, 34

Páleníková Darina, 71
Papírník Petr, 37, 123
Paučová Veronika, 76
Pavlík Josef, 42
Pecha Petr, 94
Pešková Vlasta, 53
Petrová Karla, 37, 66
Pilařová Kateřina, 116, 117
Pilátová Helena, 81
Pinter Igor, 130
Ploc Ondřej, 33–36, 83, 120
Plucnarová Silvia, 39
Podlaha Josef, 79
Prášek Pavel, 30
Prášek Petr, 37
Pravdová Eva, 126
Prchalová Dana, 111
Procházka Jan, 41
Prouza Zdeněk, 89
Průša Petr, 55
Přidal Petr, 54

Rada Jiří, 81
Remenec Boris, 76, 88
Rosina Jozef, 21
Rulík Petr, 50, 65, 81, 85

Sabol Jozef, 102, 108, 109
Sas Daniel, 42–44, 51
Sedlák Antonín, 22, 27
Semmler Milan, 118
Schlesingerová Eva, 53
Schneider Thorsten, 60
Sihver Lembit, 24
Singer Jan, 114
Sklenka Lubomír, 85
Sládek Petr, 39, 43, 51
Slezáková Miriam, 136
Slovák Jaroslav, 126
Slugeň Vladimír, 72, 95
Smejkalová Eva, 84, 97, 98
Smolek Karel, 54
Sochor Vladimír, 37, 61
Sojak Stanislav, 95
Solný Pavel, 111, 122
Spěvák Václav, 117
Stacho Matúš, 95
Steiner Martin, 115
Suchoň Dušan, 84, 97, 98
Surý Jan, 49, 51, 56
Světlik Ivo, 58, 80
Svoboda Karel, 47
Svobodová Tereza, 81

Šefl Martin, 33, 34
Šindelková Eva, 81
Škábová Martina, 56
Škopek Jiří, 21
Škrkal Jan, 81, 85
Šmídl Václav, 94
Šolc Jaroslav, 38, 59–62, 116, 142
Šťastná Simona, 112, 113
Štekl Ivan, 54
Štěpán Václav, 24, 25, 33, 34
Štursa Jan, 23, 26
Šurán Jiří, 63
Švanda Jan, 77

Táborská Kateřina, 111

Tecl Josef, 38, 62
 Terš Jiří, 106
 Těšínská Emilie, 17
 Thinová Lenka, 96, 140, 142
 Tichý Pavel, 120
 Timková Jana, 136
 Toda Keisuke, 83
 Tokárová Alena, 44
 Tomášek Ladislav, 18, 20, 103, 134,
 136
 Tomášková Anna, 88
 Tomášková Lenka, 58, 80
 Touš Milan, 75
 Trojek Tomáš, 125, 141
 Trojková Darina, 125

 Uchihori Yukio, 83
 Urban Tomáš, 64, 70, 118

 Vachelová Jana, 23, 26
 Veselá Zdeňka, 139
 Veselský Tomáš, 115
 Veškrna Martin, 57
 Vičanová Magdaléna, 130
 Viererbl Ladislav, 91

 Vilimovský Jan, 112, 113
 Vinciková Hana, 41
 Vinklář Jan, 73
 Vinš Miroslav, 91
 Vlček Jaroslav, 81
 Vondráček Vladimír, 23, 26, 33, 112,
 113
 Vošahlík Josef, 137
 Vrba Tomáš, 31
 Vykýdal Zdeněk, 36

 Yasuda Nakahiro, 83
 Yoshikawa Akira, 55

 Zachar Lukáš, 124
 Zámečník Lubomír, 112, 113
 Zdychová Vlasta, 63
 Zelenka Zdeněk, 38, 45
 Zeman Alois, 46
 Zimák Jaroslav, 111
 Zölzer Friedo, 21

 Žák Jan, 50
 Žlebčík Pavel, 85