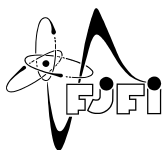


XXXVII. Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Mikulov, Česká republika

9.–13. 11. 2015



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

Oddělení dozimetrie záření ÚJF AV ČR, v. v. i.

Česká společnost ochrany před zářením

Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.

Programový výbor:

Ing. Marie Davídková, CSc.

Ing. Ludmila Auxtová
RNDr. Radoslav Böhm, PhD.
prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.
Ing. Tatiana Duranová
Mgr. Aleš Froňka, PhD.
doc. RNDr. Karol Holý, CSc.
Ing. Jiří Hůlka

Ing. Irena Malátová, CSc.
doc. RNDr. Denisa Nikodemová, Ph.D.
RNDr. Darina Páleníková, MPH.
Ing. Karla Petrová
RNDr. Zdeněk Rozlívka
RNDr. Jiří Slovák
RNDr. Ivana Ženatá

Organizační výbor:

Lenka Thinová
Zuzana Augstenová
Lukáš Bláha
Eva Čermáková
Marie Davídková

Jan Hradecký
Kamila Johnová
Petra Kohoutová
Jiří Martinčík
Petr Průša

Pavel Solný
Václav Štěpán
Tomáš Urban
Helena Valouchová
Tomáš Vrba

XXXVII. Dny radiační 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	Václav Štěpán a Vít Zýka
Tisk	Česká technika – nakladatelství ČVUT (http://www.cvut.cz/cs/struktura/ctn)
Vydáno	Praha, listopad 2015
Počet stran	141
ISBN	978-80-01-05822-0

Úvodní slovo ČSOZ

Vážené kolegyně, vážení kolegové!

Od samého začátku existence Dnů radiační ochrany, které se dříve jmenovaly Radiohygienické dny, byla mezi organizátory Česká společnost ochrany před zářením (ČSOZ) či její předchůdci. ČSOZ jako občanské sdružení vznikla v r. 2006, ovšem nevznikla na „zelené louce“. Je pokračováním Společnosti ochrany před zářením (SOZ), která existovala v rámci Lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (LS JEP) od r. 1991. Jdeme-li ještě dále do historie, SOZ v r. 1991 navázala na sekci Radiační hygieny v rámci Společnosti nukleární medicíny a radiobiologie, založené r. 1965 při LS JEP. Existence jako součást lékařské společnosti byla jednou z mála možností, jak se za minulého režimu sdružovat; nebyly povoleny organizace mimo Národní Frontu. Prakticky tedy pro nás byla možnost buď být součástí LS JEP nebo součástí Vědecko-technické společnosti. V tomto rámci mohla být sekce Radiační hygieny od r. 1967 členem IRPA, ovšem s mnoha omezeními a problémy.

V r. 2004 jsem se stala předsedkyní SOZ a od té doby jsme začali vážně uvažovat o založení samostatné organizace; lékařská společnost nás poněkud svazovala a styčných bodů s touto společností bylo stále méně. Reorganizace nebyla zcela jednoduchá, podle stanov LS JEP nebylo možné se odtrhnout a odnést si naše finanční prostředky;

bylo potřeba SOZ zrušit a založit společnost novou. Naše snaha před založením nové společnosti byla vyčerpat účet, na němž sice nebylo moc peněz, ale přece jen jsme mohli po dva roky sponzorovat cesty mladých pracovníků na zahraniční konference a uspořádat i první soutěž mladých vědeckých pracovníků. Nejdůležitější ovšem bylo přesvědčit členskou základnu, aby každý své členství v LS JEP zrušil a registroval se do ČSOZ. Samozřejmě bylo třeba sepsat stanovy, registrovat se na Ministerstvu vnitra, postarat se o účetnictví.

Současně se zakládající schůzí ČSOZ a volbou předsednictva jsme založili novou tradici přednášek či seminářů – první přednáška byla o expozici posádek družic kosmickým zářením, kterou přednesl prof. Ing. František Spurný, DrSc., dlouholetý člen výborů jak SOZ, tak ČSOZ. Tuto tradici se snažíme držet – můžeme zmínit semináře o problémech ozáření oční čočky a o havarijní připravenosti, který se konal na JE Temelín, přednášku Mgr. Emílie Těšínské o historii ICRP, o prof. Čestmíru Šimáněm nebo seminář prof. Klenera o historii naší účasti v IRPA.

Založili jsme také tradici jmenování čestných členů ČSOZ, kterými se stali lidé, kteří se mimořádně zasloužili o obor radiační ochrany v České republice a dříve v Československu. Byli to

MUDr. Emil Kunz, CSc., dlouholetý vedoucí Centra hygieny záření Institutu hygieny a epidemiologie (CHZ IHE) a člen 4. výboru ICRP po několika obdobích, prof. MUDr. Vladislav Klenner, CSc., vedoucí CHZ, první ředitel samostatného SÚRO, člen výkonného výboru IRPA po dvě volební období, RNDr. Josef Thomas, CSc., vedoucí fyzikálního odboru CHZ, zakladatel radonového programu ČR, dlouholetý předseda SOZ, dále ze Slovenska doc. RNDr. Denisa Nikodémová, CSc. a RNDr. Mária Petrášová, které se významně zasloužily o rozvoj radiační ochrany na Slovensku. Všichni čestní členové jsou, až na MUDr. Kunze, který nás bohužel v r. 2012 navždy opustil, aktivními v oboru a jsme rádi, že se často účastní Dnů radiační ochrany.

Jsmo rádi, že se nám daří udržovat tradici soutěží mladých pracovníků. Je velmi potěšující, že z většiny těch, kteří se umístili na předních místech, jsou již dnes významní a mnohdy vedoucí pracovníci v oboru, včetně naší sou-

časné předsedkyně Ing. Marie Davidkové, CSc. Od r. 2010 vysíláme mladé pracovníky i na mezinárodní soutěže, které se konají při příležitosti evropských nebo světových kongresů IRPA.

Významným úspěchem bylo založení webové stránky ČSOZ, o níž se od jejího založení stará Ing. Zdeněk Borecký (SÚRO). Prostřednictvím této stránky jsou členové ČSOZ stále informováni o všem, co se v oboru děje. Navíc jsme umožnili pro podnikatele v oboru radiační ochrany, dozimetrie a jaderných oborů umístit na tuto webovou stránku své logo, což znamená pro ČSOZ významný finanční příspěvek – příjmy Společnosti jsou jinak založeny jen na příspěvcích jejích členů. Finance používáme zejména na odměny pro mladé pracovníky a částečné financování cest na zahraniční soutěže. Na závěr této rekapitulace bych ráda popřála všem členům ČSOZ. mnoho úspěchů a chuti do práce s cílem uskutečnit vše, co se nám doposud nepovedlo.

Irena Malátová

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



Tesla, a. s. www.tesla.cz



RDS – Ing. Petr Šimeček www.rdsys.cz



ÚJV Řež, a. s. www.ujv.cz



Obsah

Úvodní slovo ČSOZ	1
Sponzoři	3

Pondělí

Všeobecné aspekty radiační ochrany a vzdělávání – 4

Nový atomový zákon a příprava prováděcích předpisů <i>Jana Davídková</i>	17
Zproštění a uvolňování v nové právní úpravě <i>Milan Hort</i>	18
Vlastnosti ochranných oděvů proti pronikavému ionizujícímu záření <i>Radek Černý, Lenka Thinová, Jaroslav Šolc, Hana Bártová, Michaela Kozlovská, Petr Otáhal</i>	19
Využití snímatelných laků k dekontaminaci a radiační ochraně povrchů <i>Josef Holeček, Petr Otáhal</i>	20
Nové trendy v osobní ochraně zasahujících osob proti účinkům pronikavého ionizujícího záření <i>Michaela Kozlovská, Radek Černý, Petr Otáhal</i>	21
Některé aspekty současného radiologického terorismu: Potenciální nebezpečí použití radioaktivních zářičů používaných v medicíně <i>Jozef Sabol, Bedřich Šesták</i>	22
Vzdělávání v oblasti radiační ochrany na školním reaktoru VR-1 <i>Radovan Starý, Tomáš Bílý</i>	23
Aktivace materiálů v radiačních polích generovaných laserovými zdroji <i>Alberto Fasso, Anna Ferrari, Roberto Versaci, Veronika Olšovcová, Roman Truneček</i>	24
Radiation safety – international approach in addressing challenges <i>Miroslav Piňák</i>	25

Plakátová sdělení

Jadrovochemický priemysel na Slovensku <i>Olga Holá</i>	26
--	----

Pozorování trojného rozpadu Cf-252 pomocí jaderných emulzí <i>Kahramon Mamatkulov, Iva Ambrožová, Martin Kákona, Ondřej Ploc, Věra Bradnová, Pavel Zarubin</i>	27
Separácia rádionuklidov z vodných roztokov sorbentom na báze benzénsulfónovej kyseliny <i>Dušan Galanda, Jana Strišovská</i>	28

Dozimetrie zevního a vnitřního ozáření – 2

Zdroje ionizujícího záření přispívající k radiační zátěži posádek letadel <i>Ondřej Ploc, Martin Kákona, Dagmar Kyselová, Iva Ambrožová</i>	29
CR10 <i>Martin Kákona, Ondřej Ploc, Dagmar Kyselová, Iva Ambrožová, Ján Kubančák</i>	30
Dozimetrie kosmického záření pomocí modifikovaného a původního detektoru Liulin <i>Dagmar Kyselová, Iva Ambrožová, Pavel Krist, Ján Kubančák, Martin Kákona, Ondřej Ploc</i>	31
Fading termoluminiscenčních detektorů ozářených těžkými nabitými částicemi <i>Ján Kubančák, Kateřina Pachnerová Brabcová, Iva Ambrožová</i>	32

Plakátová sdělení

Nové webové rozhraní pro zákazníky využívající Službu Osobní Dozimetrie VF <i>Jiří Studený</i>	33
Výskyt anomálií v osobní filmové dozimetrii CSOD <i>Zdeněk Zelenka, Josef Tecl</i>	34
Emisia parazitného ionizujúceho žiarenia z vysokonapäťových prvkov rádiolokačných staníc <i>Juraj Beňo, Darina Páleníková, Alena Bujnová</i>	35
Mezinárodní porovnání EURADOS <i>Tomáš Vrba</i>	36
Proton LET measurement using nuclear emulsion and TED at the National Cancer Center <i>Jae-ik Shin, Se Byeong Lee, Sung Hyun Kim, Kunihiko Morishima, Naotaka Naganawa, Osamu Sato, Václav Štěpán, Kateřina Pachnerová Brabcová, Anna Michaelidesová, Iva Ambrožová, Marie Davidková, Sébastien Incerti</i>	37
Radiační zátěž spojená s nesprávným užíváním ručních rentgenfluorescenčních analyzátorů <i>Hana Bártová, Tomáš Trojek</i>	38
Výsledky meraní osobného dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ vo fotónových poliach v rámci Medzinárodných porovnávacích meraní <i>Dušan Solivajs</i>	39

Meranie neutrónových spektier v SE EBO a určenie korekčných faktorov pre neutrónovú dozimetriu <i>Marko Fülöp, Lubomír Dobiš, Milan Moravanský, Boris Remenec</i>	40
Experimentální zařízení MONTE-1 pro testování detekčních systémů v polích štěpných produktů <i>Pavel Žlebčík, Helena Malá, Petr Rulík, Ondřej Huml, Lubomír Sklenka</i>	41
Trendy v praktickém zajištění radiační ochrany na pracovišti školního reaktoru VR-1 <i>Tomáš Bílý, Radovan Starý</i>	42
Letecká a pozemní měření v oblasti severozápadních Čech <i>Irena Češpírová, Lubomír Gryc, Aleš Froňka, Petr Kuča, Jan Helebrant</i>	43
Simulace dávek v leteckých prostředcích při monitorování a zásazích v případě těžkých havárií JE <i>Jaroslav Klusoň, Tomáš Urban</i>	44
Radiační ochrana pracovišť Centra výzkumu Řež nově vznikajících v rámci projektu SUSEN <i>Antonín Kolros</i>	45
Vývoj metodiky ke stanovení aktivit ^{14}C v kapalných výpustech jaderných elektráren <i>Michal Fejgl, Ivo Světlík, Pavel Šímek</i>	46
Plakátová sdělení	
Expertní systém ExPeS <i>Barbora Marešová, Josef Koc, Petr Kuča</i>	47
Zátěžové testy vybraných komponent radiačních monitorovacích systémů <i>Petr Kuča, Josef Koc, Pavel Hájek, Pavel Weinar</i>	48
International Aero Gamma Spectrometry Campaign 2015 <i>Lubomír Gryc, Aleš Froňka, Irena Češpírová, Jan Helebrant, Ladislav Kojzar, Veronika Topičová, Ondřej Veselý, Libor Hartych, Jan Lehet, Petr Dolejší, David Pustějovský</i>	49
Monitorování výpustí v ÚJV Řež, a. s. <i>Radek Pošvař, Kamila Klognerová</i>	50
Long term monitoring of NPP Temelin (CR) outcome radionuclides using laboratory and in situ gamma spectrometry method <i>Lenka Thinová, Jaroslav Klusoň, Kamila Johnová, Tomáš Čechák</i>	51

Mobilní systém SAFECAST a jeho využitelnost pro radiační monitorování území ČR	
<i>Michaela Slavíčková, Jan Helebrant, Petr Kuča, Jiří Hůlka</i>	52
Test jednoduchého mobilního teledozimetrického systému	
<i>Irena Češpírová, Jan Helebrant, Josef Koc, Eva Čermáková</i>	53
Studium vlastností CdZnTe detektoru na reaktoru VR-1	
<i>Pavel Žlebčík, Ondřej Huml, Karin Fantínová, Jaroslav Šoltés, Eduard Belas</i>	54

Nakládání s radioaktivními odpady, vyřazování jaderných zařízení z provozu – 5

Vyradovanie Oblúkovej haly pri obj. 44/20, JE A1	
<i>Martin Lištjak, Alojz Slaninka, Ľuboš Rau, Pavol Pajerský</i>	55
Všeprofesní zkušenosti s vyřazováním jaderných zařízení v Nuvia Group v mezinárodním měřítku	
<i>Michal Kazda</i>	56
Charakterizace velkoobjemových RAO pomocí segmentového gamma-scanneru v ÚJV Řež, a. s.	
<i>Josef Mudra</i>	57

Plakátová sdělení

Sekvenčné stanovenie významných antropogénnych rádionuklidov v radioaktívnych odpadoch	
<i>Silvia Dulanská, Ján Bilohuščin, Boris Remenec, Ľubomír Mátel</i>	58
Monte Carlo optimalizace zařízení pro třídění velkých objemů pevných odpadových materiálů	
<i>Jaroslav Šolc, Lukáš Skála, Petr Kovář, Ludmila Burianová</i>	59
Sorption of cobalt on crosslinked chitosan	
<i>Lucia Pivarčiová, Olga Roszkopfová, Pavol Rajec</i>	60
Stanovenie ^{107}Pd extrakčnou chromatografiou	
<i>Bianka Horváthová, Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Boris Remenec, Veronika Gardoňová</i>	61

Biologické účinky záření a zdravotní hlediska – 1

Leukémie ve studii pracovníků nukleárních zařízení – komentář k výsledkům a simulační studie <i>Ladislav Tomášek, Lukáš Kotík</i>	62
Případy s aplikovaným Thorotrastem z hlediska biologické dozimetrie (příspěvek pro EURADOS WG 7) <i>Irena Malátová</i>	63
Hypersenzitivita buněk při různém lineárním přenosu energie <i>Antonín Sedlák</i>	64
Modelling of Auger-electron radioimmunotherapy with carbon nanotubes at the single cell level <i>Martin Šeft, Ioanna Kyriakou, Chang Guo, Kostas Kostarelos, Dimitris Emfietzoglou</i>	65
Vliv dávkového příkonu na odezvu buněčných kultur <i>Anna Michaelidesová, Jana Vachelová, Kateřina Pachnerová Brabcová, Petra Sýkorová, Daniel Depeš, Martin Falk, Iva Falková, Vladimír Vondráček, Marie Davidková</i>	66
Analýza možností využití detekce γ H2AX/53BP1 ohnisek a monitorování reparace dvouřetězcových zlomů DNA pro pre-terapeutické stanovení radiosensitivity nádorů hlavy a krku <i>Daniel Depeš, Martin Falk, Michal Masařík, Iva Falková, Jaromír Gumulec, Alena Bačíková, Zuzana Horáková, Eva Pagáčová, Hana Binková</i>	67
Vliv ionizujícího záření na aktivitu restričních endonukleáz PvuII a HindIII <i>Martina Lužová, Anna Michaelidesová, Marie Davidková</i>	68
Účinky low dose – vybrané zajímavosti, projekt OPERRA <i>Eva Zemanová</i>	69

Plakátová sdělení

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícímu záření v období 2002–2014 <i>Tomáš Müller</i>	70
Length of plasmid DNA molecules imaged by Atomic Force Microscopy <i>Kateřina Pachnerová Brabcová, Lembit Sihver, Václav Štěpán, Marie Davidková</i>	71
Neterčové efekty v buněčných kulturách <i>Petra Sýkorová, Anna Michaelidesová, Marie Davidková</i>	72

První experimenty s mezenchymálními kmenovými buňkami <i>Jana Vachelová, Anna Michaelidesová, Marie Davidková</i>	73
Automatické počítání foci v buněčných jádrech pomocí programu FociCounter 1.0 <i>Daniel Depeš, Martin Falk</i>	74

Radiační ochrana v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně – 7

Národní radiologické standardy a externí klinické audity <i>Barbora Havránková, Jitka Nožicková, Petr Papírník</i>	75
Klinické audity na zdravotnických pracovištích <i>Petr Borek, Radim Kříž, Jiří Hlavička</i>	76
Radiačný preukaz pacienta – efektívny nástroj odôvodnenia a optimalizácie radiačnej ochrany <i>Dušan Šalát, Anna Šalátová</i>	77
Diagnostické referenční úrovně pro dětské pacienty <i>Leoš Novák</i>	78
Nuvia – Řešení a systémy vedoucí k optimalizaci radiační ochrany ve zdravotnictví <i>Milan Buňata</i>	79
Stanovení radiační zátěže rukou při manipulaci s radiofarmakem na základě metody Monte Carlo <i>Jana Hudzietzová, Marko Fülöp, Pavol Ragan, Jozef Sabol</i>	80
Multidetektorová počítačová tomografia a jej využívanie v kardiológii <i>Zuzana Bárdyová, Martina Horváthová, Denisa Nikodemová</i>	81
Ozařování protonovým svazkem ve fázi hlubokého nádechu s využitím systému SDX <i>Darina Trojková, Jitka Stokučová, Michal Andrlík</i>	82
Influence of orthopaedic implants on LET spectra of charged particles during proton irradiation. <i>Cristina Oancea, Iva Ambrožová, Aurel I. Popescu, Gennady Mytsin, Vladimír Vondráček, Marie Davidková</i>	83
Stanovení dávky pacienta při nenádorové radioterapii v ČR <i>Vladimír Dufek, Helena Žáčková, Ivana Horáková</i>	84

Plakátová sdělení

Kvantifikace ozáření kůže pracovníků: Současné problémy a inkonzistence <i>Jozef Sabol, Jana Hudzietzová</i>	85
--	----

Ozáření personálu na lůžkových odděleních nukleární medicíny <i>Tomáš Čechák, Petr Papírník, Miluše Budayová, Jiří Martinčík, Pavel Solný, Kateřina Daníčková</i>	86
Znižovanie radiačnej záťaže pracovníkov PET/CT pracoviska <i>Žaneta Kantová, Gabriel Králik, Zuzana Tomišková, Soňa Kováčová</i>	87
Verifikace povrchové brachyterapeutické aplikace pomocí gafchromických filmů EBT3+ <i>Petra Bartoňová, Petra Kozubíková, Anna Kindlová, Josef Novotný</i>	88
Speciální ochranné pomůcky pro intervenční radiologii – zkušenosti z klinické praxe <i>Kateřina Daníčková, Daša Chmelová, Miloslav Roček</i>	89
Porovnání radiační zátěže pracovníků 2. lůžkové stanice KNME 2. LF UK a FN Motol při přechodu od roztoku ¹³¹ I ke kapslím ¹³¹ I <i>Tereza Kráčmerová, Lenka Jonášová</i>	90

Metrologie, měření a přístrojová technika – 3

Parametry epitermálního svazku neutronů při změnách konfigurace aktivní zóny reaktoru <i>Vít Klupák, Ladislav Viererbl, Zdena Lahodová, Miroslav Vinš . . .</i>	91
Scintilační charakteristiky Mg^{2+} kodopovaných $(Lu,Gd)_3Al_5O_{12}:Ce$ epitaxních granátových vrstev <i>Petr Průša, Miroslav Kučera, Martin Nikl, Jiří A. Mareš, Martin Hanuš, Zuzana Onderišinová</i>	92
Výsledky projektu „Vývoj nových scintilačních detektorů a pokročilé technologie testování“ <i>Hana Burešová, Ivan Štekl, Jiří Hůlka</i>	93
Nová jednotka pro detekci kosmických mionů <i>Josef Voltr, Hana Burešová, Jiří Hůlka, Rastislav Hodák, Josef Kos, Pavel Novák, Petr Mašek, Petr Přidal, Petr Rulík, Pavel Skoták, Jan Surý, Ivan Štekl</i>	94
Saturační koeficient ionizačních komor <i>Ivan Kovář, Richard Wagner</i>	95
Terénní měření záření gama pomocí průzkumného robotu <i>Luděk Žalud, Tomáš Lázná</i>	96
Energy Windowing Algorithm for Discrimination of Natural and Man-made Radionuclides Contribution in Air Kerma Rate <i>Petr Sládek, Marcel Ohera</i>	97
Alaninová/EPR dozimetria pre oblasť radiačnej onkológie <i>Norman Durný</i>	98
Metrologická legislatíva v oblasti ionizujúceho žiarenia <i>Jarmila Ometáková, Andrej Javorník</i>	99

Plakátová sdělení

Gamaspektrometrické stanovení čistých zářičů beta prostřednictvím brzdného záření měřeného pomocí HPGe detektoru <i>Karín Fantínová, Petr Rulík</i>	100
MCNP6 Monte Carlo simulace kalibračních místností na Ústavu OPZHN Univerzity obrany ve Vyškově pro stanovení kermového příkonu u detektorů záření gama <i>Marcel Ohera, Petr Sládek, Daniel Sas</i>	101
Porovnání postupů pro výpočet korekce na samoabsorpci fotonů gama <i>Tereza Svobodová, Miroslav Hýža, Petr Rulík, Jaroslav Vlček . . .</i>	102

Referenčné radiačné polia Národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama <i>Norman Durný</i>	103
Stanovení zeslabovací schopnosti materiálů ve svazcích rentgenového záření akreditovaným zkušebním postupem podle normy ČSN EN 61331-1 <i>Martina Vtelenská, Libor Judas</i>	104
Proměření intenzity a homogenity radiačního pole v pilotním výrobku ozařovače transfúzních přípravků <i>Tomáš Urban, Ondřej Konček</i>	105
Rozšířený Bonnerův spektrometr neutronů <i>Zdenek Vykydal, Miloslav Králík, Jaroslav Šolc</i>	106
Vlastnosti konfokální rentgenové fluorescenční aparatury s pohyblivou kolimační optikou <i>Radek Prokeš, Tomáš Trojek</i>	107
Vliv geometrie měření při kalibracích pozemních gama spektrometrů – aplikace metody Monte Carlo <i>Kamila Johnová, Lenka Thinová, Radek Černý</i>	108
Vývoj a certifikace kvalifikované inteligentní sondy příkonu gama <i>Aleš Jančář, Petr Okruhlica</i>	109
Experimentální měření emise sekundárních neutronů při protonové radioterapii <i>Aleš Jančář, Zdeněk Kopecký, Zdeněk Matěj, Martin Veškrna</i> . . .	110

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 8

Skúmanie závislosti hraničnej mernej energie od počtu vyfajčených cigaret pre predikciu radónového rizika <i>Radoslav Böhm, Antonín Sedlák, Karol Holý</i>	111
Štúdium koncentrácií radónu v pobytoých priestoroch v lokalitách s rôznym pôdnym radónovým potenciálom <i>Attila Moravcsík, Monika Müllerová, Karol Holý, Martin Bulko, Iveta Smetanová, Radoslav Böhm</i>	112
Integration monitoring of indoor radon and thoron activity concentration in houses in Ružomberok (Northern Slovakia) <i>Iveta Smetanová, Monika Müllerová, Karol Holý, Attila Moravcsík, Tibor Kovács, Matej Neznal, Krzysztof Kozak, Jadwiga Mazur, Dominik Grzadziel</i>	113

Plakátová sdělení

Přehled systematického měření obsahu radionuklidů v pitné vodě dodávané do veřejných vodovodů v ČR <i>Hana Procházková</i>	114
Radiouhlíkové datování – pokus o interdisciplinární komunikaci <i>Nikola Košťová, Pavel Šímek</i>	115
Rapid method for alpha spectrometric determination of ^{226}Ra in the samples of building materials <i>Veronika Gardoňová, Silvia Dulanská, Lubomír Mátl,</i> <i>Bianka Horváthová</i>	116
Skríning koncentrácie radónu v pobytových priestoroch SR <i>Helena Cabáneková, Matej Ďurčík, Denisa Nikodemová</i>	117
Testování prostředků improvizované ochrany dýchacích cest pomocí radioaktivního aerosolu <i>Josef Vošahlík, Petr Otáhal, Ivo Burian</i>	118
Vývoj referenčných materiálov v oblasti NORM a TENORM priemyslu <i>Monika Mazánová, Vlasta Zdychová, Richard Bludovský</i>	119
Rozšíření aktivity organicky vázaného tritia (NE-OBT) v údolí řeky Jihlavy a přehrady Mohelno <i>Pavel Šímek, Ivo Světlík, Michal Fejgl, Tereza Kořínková,</i> <i>Lenka Tomášková</i>	120
Zhodnotenie celkovej objemovej aktivity alfa, beta a objemovej aktivity radónu v pitných vodách Slovenska za rok 2013 a vplyv novej legislatívy <i>Gabriela Wallová, Zuzana Kulichová, Alena Belanová, J. Merešová</i>	121

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 8

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán, průběžná bilance <i>Jaroslav Slovák</i>	122
Variácie ^{222}Rn v pracovnom priestore a určenie efektívnej dávky <i>Monika Müllerová, Karol Holý</i>	123
Radón v termálnych vodách a termálne kúpele na Slovensku <i>Pavol Blahušiak, Karol Holý, Monika Müllerová, Martin Bulko</i> . .	124
Využití měřidel RAMARn pro potřeby radonového programu <i>Josef Holeček, Petr Otáhal</i>	125
Odvaly Příbramska – rekultivovat nebo využít? <i>Miroslav Jurda, Zbyněk Skála</i>	126
Víceúčelová, venkovní měřicí stanice přírodní radioaktivity v atmosféře a zemské litosféře <i>Karel Jílek, Jana Timková, Aleš Froňka, Tomáš Prokop, Martin Neznal</i>	127
Aplikace principů radiační ochrany v australských uranových dolech <i>Petr Otáhal, Miroslav Jurda</i>	128
Rejstřík	129

Nový atomový zákon a příprava prováděcích předpisů

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. Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) v předchozích několika letech intenzivně pracoval na přípravě nového atomového zákona, který by měl po více než 15 letech nahradit zákon č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Nový atomový zákon vychází zejména z Doporučení č. 113 Mezinárodní komise pro radiační ochranu z roku 2007, kterým se částečně mění koncepce radiační ochrany, jež je nově postavena na regulaci tzv. expozičních situací. Nový atomový zákon 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. V průběhu přípravy nového zákona byla přijata Směrnice Rady č. 2013/59/EURATOM, kterou se stanoví základní bezpečnostní stan-

dardy na ochranu před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření (která nahrazuje čtyři starší směrnice upravující oblast radiační ochrany) a nový atomový zákon tak již tuto směrnici implementuje. Česká republika tak pravděpodobně bude jednou z prvních zemí, která transpozici směrnice dokončí. Nejvýraznější změny přinesla nová směrnice v oblasti regulace ozáření z přírodních zdrojů záření, nelékařského ozáření, ochrany externích pracovníků a zabezpečení zdrojů. Nový atomový zákon byl 14. července 2015 schválen vládou a postoupen Parlamentu. Zároveň byl vládou schválen tzv. změnový zákon, který novelizuje související předpisy (např. zákon o specifických zdravotních službách, který obsahuje úpravu v oblasti lékařského ozáření). V současnosti SÚJB intenzivně připravuje prováděcí předpisy, zejména vyhlášky, které jsou podstatnou součástí komplexní právní úpravy v oblasti radiační ochrany a které by měly vstoupit v platnost společně s atomovým zákonem, tj. k 1. lednu 2017.

Zproštění a uvolňování v nové právní úpravě

Milan Hort

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

milan.hort@sujb.cz

Nový atomový zákon a prováděcí vyhláška o radiační ochraně mimo jiné transponují směrnici Rady EU 2013/59/EURATOM. V souladu s ní je nově upraven institut zproštění regulace a uvolňování radioaktivních látek z pracovišť, na nichž se vykonává radiační činnost. Ze směrnice jsou převzaty

i hodnoty aktivit a hmotnostních aktivit pro zproštění či uvolnění (zprošťovací a uvolňovací úrovně). Nově jsou též upraveny uvolňovací úrovně pro povrchovou kontaminaci předmětů.

Příspěvek sumarizuje hlavní změny oproti dosavadní právní úpravě.

Vlastnosti ochranných oděvů proti pronikavému ionizujícímu záření

Radek Černý^{1, 2}, Lenka Thinová², Jaroslav Šolc³, Hana Bártová²,
Michaela Kozlovská¹, Petr Otáhal¹

¹ Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i., Kamenná 71,
Milín, 262 31, ČR

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

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

cerny@sujchbo.cz

V současné době roste nabídka komerčně dostupných osobních ochranných prostředků proti ionizujícímu záření. V rámci řešení výzkumného úkolu Prevence, připravenost a zmírnění následků těžkých havárií českých jaderných elektráren v souvislosti s novými poznatky zátěžových testů po havárii ve Fukušimě (VG20132015105 – MV ČR) byla v laboratořích SÚJ-CHBO, v. v. i. shromážděna a následně testována kolekce komerčně dostupných osobních ochranných oděvů proti pronikavému ionizujícímu záření. Tyto oděvy jsou společně s první částí testů, zaměřených na zeslabení záření gama a X, představeny v samostatném příspěvku.

Příspěvek prezentuje část testů zaměřenou na srovnání osobních ochranných oděvů z hlediska jejich vlivu na efektivní dávku pro jedince, pohybujícího se v ochranném oděvu v atmosféře obsahující radioaktivní aerosoly v prostředí radon-aerosolové komory (RAK). Toto srovnání bylo prováděno na základě Monte Carlo (MC) simulací s využitím kódu MCNPX. Pro MC simulace je nezbytné znát prvkové složení stíní-

cích vrstev jednotlivých oděvů. Vzhledem k tomu, že výrobci neuvádí kompletní informace o složení stínících vrstev, bylo jejich prvkové složení stanoveno s využitím rentgenfluorescenční analýzy a následně korigováno podle naměřených stínících vlastností. Pro ověření byla porovnána experimentálně naměřená spektra gama a X záření, penetrující jednotlivé oděvy, se simulovanými spektry, s využitím získaného prvkového složení. Stanovené složení stínících vrstev umožnilo provést MC simulace efektivní dávky na jedince ve stínícím oděvu, obklopeného atmosférou s radioaktivními aerosoly v prostředí RAK.

V neposlední řadě byla s využitím skenovací elektronové mikroskopie zkoumána struktura shromážděných stínících oděvů s přihlédnutím k užitém vlastnostem, zejména z hlediska možnosti kontaminace radioaktivními částicemi. Získané poznatky byly potvrzeny experimenty zaměřenými na možnost kontaminace stínících oděvů radioaktivními aerosoly (depozice na různé povrchy) v prostředí RAK.

Využití snímatelných laků k dekontaminaci a radiační ochraně povrchů

Josef Holeček, Petr Otáhal

Laboratoř dozimetrie a monitorování radioaktivity, Státní ústav jaderné chemické a biologické ochrany, vědecko výzkumná instituce, Kamenná 71, pošta Milín, 262 31, ČR

holecek@sujchbo.cz

Pro nedestruktivní radiační dekontaminaci ploch je používáno speciálních nátěrů, například ARGONNE, DG1101, DG1108 a dalších. Avšak je možné použít i běžně vyráběných stíratelných laků k radiační dekontaminaci? Pro posouzení dekontaminačních schopností takových nátěrů byly zvoleny a následně použity následující laky AZ 1-700 a AXAL 1807 S. Nátěry byly testovány na površích některých stavebních materiálů kontaminovaných krátkodobými radioizotopy sodíku či lanthanu. Kvalita dekontaminace byla posuzována dle dosažené hodnoty dekontaminační účinnosti, definované jako podíl aktivity odnesené k aktivitě nanesené v procentech. Bylo zjištěno, že hodnoty dekontaminačních účinností jednotlivých nátěrů jsou závislé na formě užitého kontaminantu a v případě použití laku AXAL 1807 S i na způsobu

nanesení na kontaminovaný povrch. Hodnoty účinnosti dekontaminace pro lak AZ1-700 se pohybují od 46 %, pro dekontaminaci rozpustné formy radioizotopu z betonového povrchu, po 98 %, pro dekontaminaci rozpustné formy radioizotopu z povrchu keramické dlaždice. Pro lak AXAL byly stanoveny hodnoty dekontaminační účinnosti v rozmezí od 48 %, pro dekontaminaci rozpustné formy radioizotopu z betonového povrchu, do hodnoty 96 %, pro dekontaminaci nerozpustné formy radioizotopu z povrchu keramické dlaždice Srovnáním těchto hodnot s hodnotami uvedenými pro dekontaminační nátěry lze dojít k závěru, že laky AXAL 1807 S a AZ 1-700 lze použít. Výhodou těchto laků je jejich schopnost použít je jako prevenci před kontaminací, jelikož na povrch propustí méně než 1 % kontaminantu, který na nich ulpí.

Nové trendy v osobní ochraně zasahujících osob proti účinkům pronikavého ionizujícího záření

Michaela Kozlovská, Radek Černý, Petr Otáhal

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

kozlovska@sujchbo.cz

V rámci řešení výzkumného úkolu Prevence, připravenost a zmírnění následků těžkých havárií českých jaderných elektráren v souvislosti s novými poznatky zátěžových testů po havárii ve Fukušimě (VG20132015105 – MV ČR), byl v SÚJCHBO, v.v.i. shromážděn rozsáhlý soubor ochranných oděvů, které zeslabují účinky pronikavého ionizujícího záření. Ochranné oděvy se mezi sebou liší jak provedením, tak i materiálovým složením jednotlivých stínících vrstev.

Pomocí příručních spektrometrů byla měřena spektra vybraných radionuklidů, jejichž rentgenové a gama záření pokrývá široký rozsah energií. Spektra záření, procházejícího testovanými oděvy, byla měřena v geometrii úzkého svazku, nastavené za pomoci speciální testovací lavice a sady různých kolimátorů. V obdobné geometrii byl rovněž měřen pokles dávkového příkonu v testovaných oděvech.

Zeslabení fotonového záření v jednotlivých ochranných oděvech bylo pro signifikantní energie radionuklidů určeno porovnáním čistých ploch píků ve spektrech záření, procházejícího

daným vzorkem, a odpovídajících píků ve spektrech, měřených bez přítomnosti ochranného oděvu mezi zdrojem a detektorem. Dalšími stanovovanými veličinami byla energetická závislost hmotnostního koeficientu zeslabení a odpovídající ekvivalent olova.

U některých testovaných oděvů byl pomocí TL dozimetrů rovněž měřen pokles absorbované dávky v daném oděvu v atmosféře rozptýleného záření radioaktivních aerosolů v radon-aerosolové komoře (RAK). RAK je konstruována jako experimentální box o objemu 10 m^3 , hermeticky oddělený od okolní atmosféry, ve kterém je možno vytvořit stabilní atmosféru s vysokou koncentrací radioaktivních, nebo neradioaktivních aerosolových částic o různých fyzikálních parametrech.

Aerosoly byly tvořeny buď pomocí nebulizovaných krystalů různých solí (velikostní mód 30–200 nm), nebo pomocí kondenzovaných par karnaubského vosku (200–350 nm). Koncentrace injektovaných radionuklidů (^{140}La , ^{24}Na , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, RnDP) se pohybovala od $15 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-3}$ do $5 \text{ MBq} \cdot \text{m}^{-3}$.

Některé aspekty současného radiologického terorismu: Potenciální nebezpečí použití radioaktivních zářičů používaných v medicíně

Jozef Sabol, Bedřich Šesták

Katedra krizového řízení, Policejní akademie České republiky v Praze,
Lhotecká 559/7, Praha, 143 01, ČR

j.sabol44@gmail.com

V dnešní době nelze zcela vyloučit možnost zneužití některých vybraných radioaktivních zdrojů, které se využívají v medicíně, k teroristickým účelům. K takovému radiologickému útoku připadají v úvahu zejména silné radioaktivní zdroje, které se využívají v radioterapii nebo a v lékařských ozařovačích. Tyto zdroje se vyznačují enormně vysokou aktivitou a za určitých okolností mohou vyvolat letální ozáření nebo přivodit dávky, které vyvolají akutní nemoc z ozáření. Jsou

však i další zářiče, používané v brachyterapii, nebo i radioaktivní látky používané v nukleární medicíně, které by také mohly posloužit ke konstrukci tzv. špinavé bomby.

V referátu jsou diskutovány některé aktuální otázky spojené s kontrolou a zabezpečením vysoce aktivních lékařských radioaktivních zdrojů a materiálů, včetně jejich dopadů v případě, že se tyto zdroje použijí pro teroristické účely.

Vzdělávání v oblasti radiační ochrany na školním reaktoru VR-1

Radovan Starý, Tomáš Bílý

Katedra jaderných reaktorů, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR
radovan.starý@fjfi.cvut.cz

Školní reaktor VR-1 je v provozu již 25 let a je široce využíván především pro výuku reaktorové fyziky českými i zahraničními uživateli. Jako reálné jaderné zařízení výborně slouží i pro praktické vzdělávání v oblasti radiační ochrany jaderných zařízení. Radiační ochrana je nedílnou součástí všech činností prováděných na reaktoru a je také standardní součástí výuky studentů KJR FJFI. V posledních letech se vzdělávání v oblasti radiační ochrany jaderných zařízení rozšířilo díky pořádání mezinárodních kurzů EERRI, zaměřených na vzdělávání budoucích expertů ze zemí, jejichž jaderný program je na samém počátku či pro vzdělávání stážistů přicházejících prostřednictvím IAEA. Reaktor VR-1 v této oblasti nabízí dlouholeté zkušenosti jak v oblasti plánování radiační

ochrany, tak i její aplikace v každodenním provozu. Na konkrétních příkladech lze demonstrovat implementaci požadavků legislativy do provozní dokumentace i do provozní praxe – zajištění jakosti, programy monitorování, vymezení kontrolovaných a sledovaných pásem, nakládání se zdroji záření, zajištění dohledu nad radiační ochranou, požadavky na vybavení měřicími přístroji a ochrannými pomůckami atd. Neméně důležitou součástí jsou demonstrace radiační ochrany při různých provozních činnostech – monitorování radiační situace na pracovišti při různých výkonech reaktoru, manipulace se zdroji, používání přenosných přístrojů, osobní dozimetrie, dále příklady a možnosti použití osobních ochranných prostředků, stínění či nácvik dekontaminace povrchu.

Aktivace materiálů v radiačních polích generovaných laserovými zdroji

**Alberto Fasso, Anna Ferrari, Roberto Versaci, Veronika Olšovcová,
Roman Truneček**

ELI Beamlines, Fyzikální ústav, Akademie věd ČR, v.v.i., Na Slovance 2, Praha,
182 21, ČR

veronika.olsovcova@eli-beams.eu

Mezinárodní výzkumné centrum ELI Beamlines, které je ve výstavbě v Dolních Břežanech u Prahy, bude využívat vysokoenergetické lasery PW třídy ke generování a urychlování svazků nabitých částic až do energií desítek GeV.

Energie těchto primárních nabitých částic je významně vyšší než prahová energie nutná pro aktivaci jader většiny běžných materiálů. Navíc interakcí těchto částic s okolní hmotou dochází k produkci sekundárních neutronů.

Jedním z problémů, které je nutné z hlediska radiační ochrany řešit, je proto aktivace materiálů v okolí zdroje – vnitřního vybavení a konstrukce interakčních komor, stoperů svazku apod. Pro umožnění dlouhodobého bezproblémového provozu Centra je třeba vhodně zvolit konstrukční materiály těchto technologických celků. V souladu s principem ALARA je třeba mini-

malizovat dávku, kterou by pracovníci mohli obdržet při práci v blízkosti aktivovaných částí technologie a zároveň co nejvíce snížit množství vzniklých radioaktivních odpadů a tím i náklady na budoucí vyřazování z provozu.

Základní studie uskutečněné pomocí metody Monte Carlo, výpočetním kódem FLUKA, byly provedeny pro několik vybraných energií primárních elektronů a protonů a pro sadu běžně používaných konstrukčních materiálů. Po identifikaci základních schémat ozařování byly spočteny dávkové příkony v blízkosti materiálu a jeho radioizotopové složení v různých časových okamžicích po ukončení ozařování.

Výsledky těchto studií jsou podkladem pro design a konstrukci objektů, které budou používány v blízkosti svazků.

Radiation safety – international approach in addressing challenges

Miroslav Piňák

IAEA, Vienna, Austria

m.pinak@iaea.org

The presentation will address radiation safety as being formulated and provided for implementation by the IAEA. The main aim of the IAEA programme aims *inter alia* to improve radiation safety through establishment and global acceptance of the consensually formulated standards and guides in the field. These standards, based on science and values approach address to a very large extent the current needs associated with the introduction and implementation of so called nuclear techniques in energy, industry, medicine, science and society in general. The IAEA has a very extensive programme on ensuring that the fundamental basis for radiation safety is in place, paying particular attention to general protection of the general public, patients and workers. Recently, after publication of the revised International Basic Safety Standards (GSR Part 3 – Radiation Protection and Safety of Radiation Sources), the IAEA is focusing its effort on encouraging its Member states and the worldwide community in general to implement BSS and associated Safety Guides.

Such implementation, primarily undertaken by Members States through their legislative and radiation safety

regulatory mechanisms, may also encounter certain challenges, for example:

- strengthening radiation protection of the lens of the eyes based on the ICRP Statement on tissue reactions from 2011;
- modalities in modern dosimetry addressing trade-offs between the accuracy and efficiency;
- exposure to natural occurring radioactive material (such as from radon and radium);
- measurement of low doses and verification of data from measurements undertaken by different interested parties or stakeholders (NGO, citizens groups);
- application of concept of dose limits and dose constraints.

The presentation will try to explain each of the above and potentially other issues, in logical flow starting with identification of the challenge, description of the current situation, explanation of view and role of the IAEA and finally with suggestions on how to address the issue in practice.

Jadrovochemický priemysel na Slovensku

Olga Holá

Ústav fyzikálnej chémie a chemickej fyziky, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, Bratislava, 812 37, SR

olga.hola@stuba.sk

V príspevku chcem informovať o pripravovanej publikácii: „Jadrovochemický priemysel na Slovensku“, ktorá bude súčasťou cyklu „Chemický priemysel v zrkadle dejín Slovenska“. Doteraz bolo knižne vydaných 6 zväzkov z rôznych oblastí chemického priemyslu. V pripravovanej časti sa chceme zamerať jednak na popis uránových baní a prieskum uránových ložísk na Slovensku v minulosti a dnes. Jadrom publikácie bude história a súčasný stav jadrových elektrární na Slovensku. Ďalej bude venovaná kapitola riešeniu rádioaktívnych odpadov, popis

technológií pre spracovanie a úpravu rádioaktívnych odpadov, medzisklady a republikové úložiská. Predpokladáme, že súčasťou publikácie bude aj kapitola, pojednávajúca o príprave rádiofarmák v cyklotrónovom centre a ich využitie napríklad v Bionte. Takisto chceme zistiť využitie rádioaktívnych meračov v priemysle a v poľnohospodárstve na Slovensku. Neodmysliteľnou súčasťou publikácie bude história vysokých škôl, ktoré prispeli k výchove pracovníkov pre jadrovochemický, resp. jadrovofyzikálny priemysel.

Pozorování trojného rozpadu Cf-252 pomocí jaderných emulzí

Kahramon Mamatkulov¹, Iva Ambrožová², Martin Kákona², Ondřej Ploc²,
Věra Bradnová¹, Pavel Zarubin¹

¹ Spojený ústav jaderných výzkumů, Joliot-Curie 6, Moskva, 141980, Rusko

² Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

ploc@ujf.cas.cz

Jaderné emulze představují detektor stop ionizujícího záření s mnohými přednostmi i nedostatky. K přednostem patří zejména zatím nepřekonané prostorové rozlišení umožňující pozorování stop od štěpných fragmentů až k relativistickým částicím, dále nízká pořizovací cena a skutečnost, že jsou tkáňově ekvivalentní. K nedostatkům pak patří zdoluhavá procedura potřebná k jejich vyvolání a vyhodnocení na mikroskopu. To je možné urychlit automatickým ske-

nováním na velkoplošném mikroskopu Seiko, původně určeném pro pevnolátkové detektory stop, na jehož upgradu se nyní pracuje. V našem příspěvku navrhujeme úlohu pro studenty, kteří si tak mohou vyzkoušet tuto tradiční metodu od ozáření emulze, přes její vyvolání až po analýzu na mikroskopu. Úloha spočívá v nalezení trojného rozpadu ^{252}Cf a z tloušťky a dosahu stop klasifikovat štěpné fragmenty.

Separácia rádionuklidov z vodných roztokov sorbentom na báze benzénsulfónovej kyseliny

Dušan Galanda, Jana Strišovská

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

galanda@fns.uniba.sk

Separácia rádionuklidov z vodných roztokov sorbentom na báze benzénsulfónovej kyseliny

Prezentovaná práca predstavuje výsledky experimentov zameraných na kvalitatívne a kvantitatívne stanovenie antropogénnych rádionuklidov vo vzorkách vôd iónovymenným sorbentom dodávaným firmou Phenomenex pod komerčným názvom Strata® SCX.

Primárne experimenty boli zamerané na stanovenie potenciálu aplikácie skúmaného extrakčného materiálu pre separáciu rádionuklidov amerícia a plutónia.

Na základe pozitívnych výsledkov základných experimentov bol ďalší výskum zameraný na kvantifikáciu efek-

tivity použitého sorbentu v závislosti od úpravy zloženia kvapalnej matrice, pričom jedným zo sledovaných parametrov bola aj snaha minimalizovať množstvo krokov realizujúcich chemicko-fyzikálnu úpravu vzoriek.

Ďalšia časť výskumu bola zameraná na realizáciu experimentov s cieľom charakterizovať kapacitné možnosti skúmaného extrakčného materiálu vzhľadom na meniace sa objemy vzoriek.

Pri sledovaní efektivity rádiochemickej separácie boli použité štandardizované roztoky ^{239}Pu a ^{241}Am . Spektrometrická analýza bola vykonávaná na systéme ORTEC TU-020-450 AS s polovodičovým detektorom.

Zdroje ionizujícího záření přispívající k radiační zátěži posádek letadel

Ondřej Ploc¹, Martin Kákona^{1, 2}, Dagmar Kyselová^{1, 2}, Iva Ambrožová¹

¹ ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

ploc@ujf.cas.cz

Posádky letadel jsou vystaveny zvýšené úrovni kosmického záření. Již od roku 1997 jsou v ČR monitorovány jejich efektivní dávky. V současné době se efektivní dávky stanovují výpočtem podle fyzikálního modelu závislého na třech parametrech: nadmořská výška, zeměpisná šířka a sluneční aktivita (měsíční průměr heliocentrického potenciálu). Dávky záření se tedy neměří přímo. Dodnes však není známo, do jaké míry mohou hrát roli přechodné atmosférické a sluneční jevy, které model nezahrnuje. Díky našim

dlouhodobým měřením na letadlech jsme schopni odhadnout vliv energetických nabitých částic emitovaných Sluncem při slunečních erupcích. V poslední době se ukazuje, že může být také nezanedbatelný příspěvek od takzvaných terestriálních záblesků gama záření. V našem příspěvku budeme prezentovat výsledky osobní dozimetrie posádek letadel za poslední roky a představíme koncept metody, pomocí které by bylo možné měřit terestriální záblesky gama.

CR10

**Martin Kákona^{1, 2}, Ondřej Ploc¹, Dagmar Kyselová^{1, 2}, Iva Ambrožová¹,
Ján Kubančák^{1, 3}**

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

³ ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

kakona@ujf.cas.cz

Bude představena webová aplikace CR10, která umožňuje přístup k dlouhodobým měřením ionizujícího záření na palubách letadel. Tato měření provádí náš ústav od roku 2001. Měřená data jsou závislá na konkrétním místě, ve kterém se v dané době měření uskutečňovalo. Byla vypracována metoda, která umožňuje z měřených dat odstranit závislost na výšce letu a zeměpisné šířce tak, aby mohla být jednotlivá měření porovnávána v časové ose

s jinými měřicími metodami. Zároveň je umožněno zobrazení dat z neutronového monitoru, který je umístěn na observatoři na Lomnickém štítu, který nám dává nepřímou informaci o sluneční aktivitě a o vlivu Slunce na galaktické kosmické záření. Data, která aplikace CR10 zpřístupňuje, mohou být využita ke stanovení radiační zátěže posádek letadel a k verifikaci výpočetních metod rutinní dozimetrie posádek letadel.

Dozimetrie kosmického záření pomocí modifikovaného a původního detektoru Liulin

Dagmar Kyselová^{1, 2}, Iva Ambrožová¹, Pavel Krist³, Ján Kubančák^{1, 4},
Martin Kákona^{1, 2}, Ondřej Ploc¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

³ Oddělení urychlovačů, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

⁴ ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

kyselova@hroch.ujf.cas.cz

Aktivní polovodičový detektor Liulin byl původně vyvinut pro sledování kosmického záření na palubě vesmírné stanice MIR. V současnosti se používá pro charakterizaci ionizujícího záření na palubách letadel a popis pole vysokohorských observatoří. Je také jedním z detektorů sloužících pro experimentální verifikaci výpočetních programů, určených k rutinní individuální dozimetrii posádek letadel. Výstupní veličina měření detektoru Liulin je $H^*(10)$, ke stanovení její správné hodnoty jsou nutné dvě kalibrace. Pro správný převod signálu detektoru na absorbovanou dávku slouží první kalibrace. Kalibrační metoda se provádí na urychlovači HIMAC v Chibě, nebo nově po výměně původní polovodičové fotodiody typu S2744-08 za křemíkovou fotodiodu S2744-09 bez ochranné epoxidové vrstvy, pomocí běžně dostupných

radionuklidových zdrojů. Druhá kalibrace zajišťuje správný převod DSi na $H^*(10)$ a byla zrealizována v referenčním poli CERF v CERNu, poskytující neutronové pole s podobnými vlastnostmi vyvolaným interakcemi kosmického záření s atmosférou v nadmořské výšce 10–20 km, která odpovídá letové výšce komerčních letů. Cílem bylo srovnání výsledků dvou detektorů Liulin s rozdílnou kalibrací pro určení vztahu mezi deponovanou energií a číslem kanálu. Kalibrace detektoru, obsahující původní křemíkovou fotodiodou s ochrannou epoxidovou vrstvou, byla provedena na urychlovači HIMAC. Pro modifikovaný detektor Liulin byla použita jednoduchá kalibrační metoda pomocí běžně dostupných radionuklidových zdrojů. Srovnávací měření se uskutečnila na palubě letadel a na vysokohorské observatoři.

Fading termoluminiscenčních detektorů ozářených těžkými nabitými částicemi

Ján Kubančák^{1, 2}, Kateřina Pachnerová Brabcová¹, Iva Ambrožová¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlárce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

jan@kubancak.net

Již více než 20 let se Oddělení dozimetrie záření ÚJF AV ČR, ve spolupráci s různými partnery ze zahraničí, zabývá výzkumem radiační zátěže posádek letadel a kosmických lodí. Pro tato měření se s výhodou používají pasivní termoluminiscenční detektory (TLD). Druhou nejvýznamnější součástí galaktického kosmického záření, po vysokoenergetických protonech, jsou alfa částice, které v solární složce záření představují až 12 %.

Vzhledem k dlouhým expozičním časům je nutné při vyhodnocení detektorů uvážit především fading, tedy vytrácení se informace o ozáření v čase. Dalšími faktory, které je nutné zohlednit, jsou závislost odezvy detektoru na hodnotě lineárního přenosu energie a termální fading, ztráta signálu způsobená například přímým slunečním

zářením. Fading TLD je dobře znám a popsán pro gama záření a to především díky dostupnosti zdrojů ^{137}Cs a ^{60}Co , méně probádaná situace je v případě fadingu po ozáření těžkými ionty.

V roce 2010 byly na ozařovači HIMAC v japonské Chibě ozářeny tři typy TLD používaných pro výzkum radiační zátěže ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$, $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ a alumino-fosfátová skla) dávkou 50 mGy ve svazku He s energií 150 MeV/u. V následujících dvou letech byla TLD v prodlužujících se časových odstupech zpracována a vyhodnocen jejich fading.

Výsledky experimentu ukazují, že alumino-fosfátová skla ztratila v prvním půlroce 25 % původního signálu a $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ 20 % signálu. U detektorů $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ byl fading za stejné období zanedbatelný.

Nové webové rozhraní pro zákazníky využívající Službu Osobní Dozimetrie VF

Jiří Studený

Služba Osobní Dozimetrie, VF, a.s., Svitavská 588, Černá Hora, 679 21, ČR
jiri.studený@vf.cz

Příspěvek si klade za cíl seznámit posluchače s aktualizací WebSOD – webového rozhraní pro zákazníky Služby Osobní Dozimetrie VF.

WebSOD má nyní mnoho nových funkcí, moderní grafickou podobu, intuitivní ovládání, umožňuje otevřít několik záložek současně.

WebSOD poskytuje komplexní podporu dohlížečích pracovníků:

Přehledné tabulkové i grafické zobrazení dávek jednotlivých monitorovaných osob.

Administraci monitorovaných osob – zavedení, zrušení osoby, změny osobních údajů, snadné vyplnění a tisk regis-

trační karty, doplnění dávek z jiných pracovišť, tzv. donesené dávky.

Pro potřeby inspekcí a prezentací je možné zobrazit a tisknout protokoly ročních hodnot dávek (osobní + prstové, neutronové).

Pro další zpracování nebo import do informačních a databázových systémů jsou k dispozici elektronické výpisy dávek v csv formátu.

Přehledné grafy naměřených dávek pro všechny veličiny.

Zpracování kolektivních dávek a jejich grafické zobrazení.

Nastavení referenčních úrovní pro snadnou kontrolu dodržování limitů.

Výskyt anomálií v osobní filmové dozimetrii CSOD

Zdeněk Zelenka¹, Josef Tecl²

¹ Celostátní služba osobní dozimetrie, s.r.o., Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 00, ČR

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

zdenek.zelenka@csod.cz

Filmový dozimetr slouží k osobní dozimetrii v polích záření fotonů, případně elektronů a tepelných neutronů. Dozimetr se skládá z dozimetrické kazety s kompenzačními filtry a dozimetrického filmu. Na rozdíl od jiných celotělových dozimetrů filmová dozimetrie je zobrazovací metoda, která umožňuje opakovaně vyhodnotit osobní dávkové ekvivalenty, druh záření, energii fotonového záření, směr a časové rozložení ozáření. Zároveň umožňuje vizuálně zjistit nesprávné používání filmového dozimetru (např. zastínění části dozimetru, kontaminace, ozáření

zezadu, ponechání dozimetru v blízkosti zdroje ionizujícího záření, poškození dozimetru, pozdní zaslání k vyhodnocení apod.), což způsobuje technické komplikace při vyhodnocování takovýchto dozimetrů. CSOD používá zpracovaný systém poznámek k označení těchto nestandardností, které slouží jednak k identifikaci takovýchto stavů, jednak k vyrozumění zákazníka na takovéto neobvyklé ozáření filmového dozimetru. Bylo analyzováno vyhodnocení cca 360 tisíc filmových dozimetrů s cílem zjistit četnost výskytu těchto anomálií.

Emisia parazitného ionizujúceho žiarenia z vysokonapäťových prvkov rádiolokačných staníc

Juraj Beňo, Darina Páleníková, Alena Bujnová

Útvar vedúceho hygienika rezortu, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Námestie slobody 6, Bratislava, 810 05, SR

juraj.beno@mindop.sk

Cieľom tohto príspevku je prezentovanie prvých výsledkov monitorovania radiačnej záťaže personálu vo vojenských a civilných rádiolokačných staniciach v Slovenskej republike spôsobenej parazitným ionizujúcim žiarením. Rádiolokačná technika slúžiaca na monitorovanie letovej premávky je primárne určená na generovanie mikrovlnného žiarenia vo frekvenčnom rozsahu niekoľko GHz. V rámci technologických komponentov využívaných v radaroch sú inštalované aj vysokonapäťové vákuové prvky určené na emisiu mikrovlnného žiarenia (magnetrony), zosilňovacie prvky (klystróny) alebo prvky slúžiace ako spínače (tyatrony). Princíp fungovania týchto súčiastok je založený na urýchľovaní veľmi intenzívnych tokov elektrónov vysokým anódovým napätím v rozmedzí nie-

koľko kV až približne 200 kV. Pri prevádzke rádiolokačných staníc dochádza k nežiaducej emisii parazitného ionizujúceho žiarenia v röntgenovskej oblasti, ktoré vzniká ako dôsledok spomaľovania urýchlených elektrónov v zariadeniach (brzdné žiarenie). Charakteristikou tohto žiarenia je emisia v intenzívnych pulzoch počas prevádzky radarov a maximálna energia emitovaných kvánt korešponduje s napájacím napätím použitých prvkov. Takto generovanému ionizujúcemu žiareniu môže byť vystavený technický personál radarov. Dozimetria tohto žiarenia nie je triviálna kvôli prítomnosti ionizujúceho žiarenia v pulznom režime a vysokým hodnotám mikrovlnných polí, ktoré spôsobujú interferenciu na meracích prístrojoch.

Mezinárodní porovnání EURADOS

Tomáš Vrba

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

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

Mezinárodní porovnání zabývající se stanovením lebeční aktivity ^{241}Am pomocí in-vivo měření bylo zahájeno v roce 2011. Projekt byl primárně zaměřen na měření s třemi unikátními fyzikálními fantomy hlavy obsahující ^{241}Am . Tyto fantomy, mající různou míru realističnosti, byly postupně zaslaný všem účastníkům. Souběžně s měřením proběhlo též Monte Carlo mezilaboratorní cvičení, při kterém byly použity voxelové modely všech

třech fyzikálních fantomů. Tři úkoly cvičení měli vzrůstající náročnost a komplexitu. První úkol měl pevné všechny parametry simulace. V druhém měli účastníci za úkol nasimulovat skutečný detektor, kterým v dané laboratoři fyzikální fantomy měřili. Poslední úloha představovala zcela reálnou situaci s více detektory v individuální geometrii měření. Příspěvek shrnuje výsledky všech úkolů a přináší obecné závěry.

Proton LET measurement using nuclear emulsion and TED at the National Cancer Center

Jae-ik Shin¹, Se Byeong Lee², Sung Hyun Kim³, Kunihiro Morishima⁴, Naotaka Naganawa⁴, Osamu Sato⁴, Václav Štěpán⁵, Kateřina Pachnerová Brabcová⁵, Anna Michaelidesová^{5, 6}, Iva Ambrožová⁵, Marie Davidková⁵, Sébastien Incerti^{7, 8}

¹ Division of Heavy Ion Clinical Research, Korea Institute of Radiological and Medical Science, Seoul, Republic of Korea

² Proton Therapy Center, National Cancer Center (NCC), Goyang, Republic of Korea

³ Center for Underground Physics, Institute for Basic Science (IBS), Daejeon, Republic of Korea

⁴ Department of Physics, Nagoya University, Nagoya, Japan

⁵ Department of Radiation Dosimetry, NPI of the CAS, Prague, ČR

⁶ Proton Therapy Center Czech s.r.o. (PTC), Prague, ČR

⁷ CNRS/IN2P3, CENBG UMR 5797, Gradignan, 33170, France

⁸ University of Bordeaux, CENBG, UMR 5797, Gradignan, 33170, France

stepan@ujf.cas.cz

The poster demonstrates applicability of two passive detector types for high precision evaluation of linear energy transfer (LET) spectra along therapeutic proton beam.

Nuclear emulsion films interleaved with tissue equivalent absorbers were irradiated at the NCC proton beam with mean initial energy of 150 MeV. Six emulsion packs were placed perpendicularly to beam axis, from plateau to distal edge of the Bragg peak. Proton tracks were reconstructed from scanned films using technology developed in the OPERA experiment. The setup was then implemented in a Geant4 simulation and the experimentally evaluated "volume pulse height" (VPH) parameter was correlated with the computed LET data.

Track etched detectors (TED) were used at PTC and NCC to perform measurements in the Bragg peak area using the same beamline setup. In order to obtain continuous data for the LET spectrum along the beam axis, the detectors were placed in a tilted setup. Irradiated detectors were etched and scanned at the NPI CAS, and the LET spectra was evaluated using previously developed methodology.

Results show that the nuclear emulsion films can be used for proton beam analysis both before and in the Bragg peak region and that the VPH parameter correlates with the computed LET values. In the Bragg peak, the TED can be used to evaluate the LET spectra in a continuous fashion along the proton beam, with micrometer resolution.

Radiační zátěž spojená s nesprávným užíváním ručních rentgenfluorescenčních analyzátorů

Hana Bártová, Tomáš Trojek

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

hana.bartova@fjfi.cvut.cz

Rentgenfluorescenční analyzátor jsou zařízení určená k prvkové analýze nej-
různějších materiálů pomocí buzení
a následné detekce charakteristického
záření X, které vzniká ve zkouma-
ném předmětu. Zatímco v minulosti
se jednalo mnohdy o rozměrné labora-
torní přístroje, v posledních 10 letech
velmi rychle roste počet uživatelů ruč-
ních analyzátorů schopných provádět
měření in-situ. Tyto přístroje obsa-
hují většinou křemíkový detektor typu
Si-PiN nebo SDD a zdrojem budí-
cího záření je miniaturní rentgenka
o maximálním urychlovacím napětí do
50 kV a maximálním výkonu několika
wattů. Rentgenka bývá dobře odstí-
něná ve všech směrech kromě směru
dopadu kolimovaného svazku na zkou-

maný předmět. Rentgenfluorescenční
analyzátor by se měl při měřeních dotý-
kat rovného povrchu takových analyzo-
vaných předmětů, jejichž tloušťka a slo-
žení dostatečně zeslabí svazek budícího
záření X. Ve skutečnosti jsou často ana-
lyzovány předměty s nerovným povr-
chem nebo dokonce si vlastností před-
mětu vynucují provedení měření bez-
kontaktně (z malé vzdálenosti před-
mětu od analyzátoru), což může vést
k ozařování obsluhy přístroje rozptýle-
ným a charakteristickým zářeními X.
Proto cílem našeho zkoumání bylo
ověřit, jak velké ozáření hrozí oso-
bám, které tyto analyzátor obsluhují
a mnohdy nejsou ani vedeni jako radi-
ační pracovníci.

Výsledky meraní osobného dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ vo fotónových poliach v rámci Medzinárodných porovnávacích meraní

Dušan Solivajs

Pracovisko osobnej dozimetrie, Slovenská legálna metrológia, n.o.,
Hviezdoslavova 31, Banská Bystrica, 974 01, SR

solivajs@slm.sk

V rámci akreditačného procesu sa Pracovisko osobnej dozimetrie zúčastnilo medzinárodných porovnávacích meraní organizovaných MAAE Viedeň a NRC Alžír. Ožiarenie dozimetrov a vyhodnotenie výsledkov zabezpečovalo Algerian Secondary Standard Dosimetry Laboratory. Projekt IAEA TC Regional Project RAF/8/043 bol zameraný na meranie linearity, energetickej a uhlovej závislosti pre osobný dávkový ekvivalent $H_p(10)$. Zároveň bol uskutočnený náhodný test. Pre stanovenie linearity a uhlovej závislosti bol použitý ako referenčný zdroj žiarenia ^{137}Cs . Pre meranie energetickej závislosti boli použité referenčné zdroje

žiarenia kvality N-60, N-80 a N-150. V rámci náhodného testu boli použité zdroje žiarenia ^{137}Cs , ^{60}Co a N-150. Na každú skúšku boli použité 3 dozimetre. Naše pracovisko sa zúčastnilo projektu z dozimetrami LBG 0110 (detektor TLD 100) v puzdre 8814, ktoré sú u nás najčastejšie používané. Dozimetre boli zmerané na čítači HARSHAW 6600 a vyhodnotené podľa štandardných postupov nášho laboratória. Výsledky porovnávacích meraní potvrdili správnosť kalibrácie dozimetrického systému a vyhodnocovacích postupov používaných na SLM. Výsledky všetkých účastníkov boli publikované v Radiation Protection Dosimetry, Vol. 163.

Meranie neutrónových spektier v SE EBO a určenie korekčných faktorov pre neutrónovú dozimetriu

Marko Fülöp¹, Lubomír Dobiš², Milan Moravský², Boris Remenec²

¹ Slovenská Zdravotnícka Univerzita v Bratislave, SR

² SE a.s., AE Bohunice, o.z., Jaslovské Bohunice, 919 31, SR

lubomir.dobis@enel.com

Na palubách hlavných cirkulačných čerpadiel (HČČ) sa pravidelne vykonávajú kontroly, počas ktorých je personál vystavený možnému ožiareniu neutrónmi a gama žiarením. Personál má určenú trasu po ktorej sa počas kontroly pohybuje. Je poučený o lokalitách na palube HČČ, v ktorých je zvýšené riziko ožiarenia. Lokality zvýšeného rizika ožiarenia sa určujú na základe mapovania priestorového dávkového ekvivalentu $H^*(10)$ neutrónov a gama žiarenia merané prenosnými prístrojmi a operatívnymi dozimetrami.

Zatiaľ čo mapovanie zložky gama žiarenia radiačných polí sa určuje s dostatočnou presnosťou, pri mapovaní priestorového dávkového ekvivalentu neutrónov je potrebné poznať spektrum energií neutrónov, pretože na rozdiel od gama monitorov sú monitory priestorového dávkového ekvivalentu neutrónov (ďalej aj remetre) energeticky závislé. Je preto nevyhnutné, aby sa v miestach zvýšenej intenzity radiačných polí na spresnenie údajov remetrov použili korekčné faktory zohľadňujúce spektrá energií neutrónov vo vyšetrovanej lokalite.

Okrem informácií o lokalitách s rizikom zvýšeného ožiarenia personálu je osobná radiačná ochrana personálu na palube HČČ zabezpečená osobnými monitormi (dozimetrami) neutrónov a gama žiarenia. Podobne ako v prípade monitorovania priestorového dávkového ekvivalentu neutrónov aj pri meraní osobného dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ na palube HČČ je potrebné použiť korekčné faktory na spresnenie údajov osobných dozimetrov.

Cieľom predloženej štúdie je pre radiačné prostredie neutrónov na palubách HČČ dvoch blokov jadrovej elektrárne V-2 určiť korekčné faktory na spresnenie údajov monitorov priestorového dávkového ekvivalentu a údajov monitorov osobného dávkového ekvivalentu.

Meranie radiačných charakteristík boli realizované v priestoroch SE-EBO v októbri 2014 pri 100% výkone obidvoch jadrových blokov. V prednáške bude prezentovaná metóda meraní a určenia korekčných faktorov ako aj ich výsledky.

Experimentální zařízení MONTE-1 pro testování detekčních systémů v polích štěpných produktů

Pavel Žlebčík¹, Helena Malá¹, Petr Rulík¹, Ondřej Huml², Lubomír Sklenka²

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

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

pavel.zlebcik@suro.cz

Příspěvek je věnovaný popisu a možnému využití nově vyvinutého experimentálního zařízení MONTE-1 pro měření v reálných polích záření gama. Testování detekčních systémů v polích záření gama generovanými převážně směsí štěpných produktů, jako je tomu u havárií jaderných zařízení, je v případě standartního vybavení laboratorii nemožné. Nastává zde problém s vytvořením takového reálného pole. Důvodem je, že z komerčně dostupných etalonů radionuklidových zářičů je nemožné nebo velice obtížné pořídit

etalony radionuklidů s velice krátkými poločasy přeměny nebo se štěpnými radionuklidy jako je ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{135}I , ^{135}Xe a dalšími, které významně přispívají ke spektru a dávce ze záření právě v časných fázích havárie jaderných zařízení. Proto bylo vyvinuto testovací zařízení MONTE-1, které s využitím polí záření gama generovanými palivovými elementy ozářenými ve školním reaktoru VR-1 KJR FJFI umožňuje testy provádět. Práce byla provedena v rámci projektu bezpečnostního výzkumu MVČR VG20132015119.

Trendy v praktickém zajištění radiační ochrany na pracovišti školního reaktoru VR-1

Tomáš Bílý, Radovan Starý

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

tomas.bily@fjfi.cvut.cz

Příspěvek popisuje vybrané trendy uplatňované při zajišťování radiační ochrany na pracovišti školního reaktoru VR-1. Spektrum aktivit se zdroji ionizujícího záření na pracovišti se postupně rozšiřuje a v současné době se jedná o pracoviště s několika typy neutronových a gama zdrojů zahrnující kromě reaktoru a jaderného paliva také přenosný generátor neutronů a škálu radionuklidových uzavřených a otevřených záříčů. Spolu s rozšiřujícím

se portfoliem výzkumných a vzdělávacích aktivit to klade zvýšené nároky zajištění radiační ochrany při prováděných činnostech, a to jak ve fázi jejich přípravy, provádění či hodnocení. Zmíněny jsou příklady v oblastech simulací při přípravě experimentů, vzdálené řízení experimentů se ZIZ, měření a opatření zaměřená na zvýšení úrovně radiační ochrany při zvyšování využitelnosti zařízení a elektronizaci záznamů o radiačních činnostech.

Letecká a pozemní měření v oblasti severozápadních Čech

Irena Češpírová, Lubomír Gryc, Aleš Froňka, Petr Kuča, Jan Helebrant

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.cespirova@suro.cz

Při rutinním leteckém monitorování v příhraničí severozápadních Čech byla nalezena oblast s významně zvýšenými hodnotami dávkových příkonů a to severně od Nejdku (Karlovarský kraj). Oblast odpovídá umístění bývalé chemické úpravný uranových rud situované v areálu bývalé papírny v obci Vysoká Pec a přilehlém okolí.

Pro ověření naměřených hodnot získaných leteckým monitorováním byla v této lokalitě provedena řada pozemních měření dávkových příkonů. Příspěvek prezentuje výsledky a porovnání těchto měření.

Poster je vypracován na základě projektu Ministerstva vnitra ČR ID: VG20122015083

Simulace dávek v leteckých prostředcích při monitorování a zásazích v případě těžkých havárií JE

Jaroslav Klusoň, Tomáš Urban

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

kluson@fjfi.cvut.cz

Těžké havárie (Černobyl, Fukušima) ukázaly význam využití leteckých prostředků při monitorování radiační situace, resp. zásazích ke zmírnění jejich následků. Součástí plánování nasazení leteckých prostředků je radiační ochrana (RO) leteckého a zasahujícího personálu (ev. pak i problematika radiační odolnosti zařízení bezpilotních prostředků). Příspěvek popisuje navrženou metodiku a výsledky simulace prostorového rozložení mraku a modelových výpočtů prostorové distribuce dávkových příkonů v okolí a mraku z havarijního úniku pro vybrané havarijní scénáře a modely stability atmosféry. Pro šíření mraku kontaminované vzdušiny byl pro blízké okolí zdroje úniku použit Gaussovský model, k simulaci distribuce dávek byl využit program MCNP. Provedené výpočty poskytují 3D distribuce dávkových příkonů ve

volitelné síti prostorových elementů pro segment mraku zvolených rozměrů, prezentovány jsou pak profily dávkových distribucí ve vybraných polohách vůči geometrii mraku. S využitím zjednodušeného modelu kabiny vrtulníku byly provedeny i odhady stínících vlastností tohoto leteckého prostředku, který je pro letecké monitorování využíván nejčastěji. Sledováno bylo i spektrální složení fotonových polí v okolí mraku s ohledem na odhady účinnosti dalších možných ochranných prostředků (ochranné obleky) leteckého personálu v rámci plánování RO. Výsledky jsou diskutovány i z hlediska možností využití letecké spektrometrie gama a zpracování a analýzy spektrometrických dat.

Tato práce byla podpořena grantem MV ČR č. VG20132015105.

Radiační ochrana pracovišť Centra výzkumu Řež nově vznikajících v rámci projektu SUSEN

Antonín Kolros

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

antonin.kolros@cvrez.cz

Projekt SUSEN (Sustainable Energy) realizovaný od roku 2011 v Centru výzkumu Řež s.r.o. (CVŘ) s podporou Evropské komise je projekt primárně zaměřený na vybudování výzkumné infrastruktury v oblasti energetických technologií jako jsou jaderné reaktory IV. generace či jaderná fúze. V souvislosti s řešením projektu SUSEN tak vznikají v CVŘ i nová pracoviště, kde se bude nakládat se zdroji ionizujícího záření (IZ). Do konce roku 2015 a v průběhu roku 2016 bude uvedeno do provozu celkem 8 radiačních pracovišť vyžadujících různý rozsah zabezpečení z hlediska radiační ochrany. Pracoviště Radiochemie II s horkými komorami určenými pro práci s aktivitou ekvivalentní až 300 TBq ^{60}Co prezentuje pracoviště III. kategorie se zdroji IZ určené pro práci s otevřenými zářiči. Pracovištěm III. kategorie je i laboratoř NG s 14 MeV D-T neutronovým generátorem a vysokoaktivním neutronovým zdrojem ^{252}Cf s emisí neutronů 10^9 s^{-1} nebo jím bude i nově rekonstruovaná ozařovna „Malý kobalt“ s vysokoaktivním zářičem ^{60}Co o aktivitě 200 TBq. Mezi pracoviště II. kategorie převážně s otevřenými zářiči patří laboratoř MSO (Molten

Salt Oxidation) určená pro studium oxidace radioaktivních odpadů nebo pracoviště „studený kelímek“ zabývající se studiem chování směsí tavenin na bázi CORIA. Do této kategorie pak patří i pracoviště s experimentálními reaktorovými smyčkami HTHL (High Temperature Helium Loop). Mezi méně náročná radiační pracoviště lze pak zařadit diagnostickou laboratoř Centra vysoce citlivých analytických přístrojů nebo laboratoř pro geologické ukládání radioaktivních odpadů nebo pracoviště HELCzA s elektronovým dělem určeným pro výzkum materiálů přední stěny ITER. Problematika radiační ochrany spojená s uváděním těchto nových pracovišť do provozu je tak poměrně široká, zahrnuje činnosti od tvorby nové dokumentace, zajištění kontrolních výpočtů, optimalizaci technologií určených pro monitorování radiační situace na jednotlivých pracovištích, školení personálu a zejména pak zajištění legislativních požadavků spojených se získáním povolení SÚJB podle Atomového zákona. Cílem je i dosažení jednotných přístupů v oblasti radiační ochrany a bezpečného nakládání se zdroji IZ v rámci CVŘ.

Vývoj metodiky ke stanovení aktivit ^{14}C v kapalných výpustech jaderných elektráren

Michal Fejgl¹, Ivo Světlík², Pavel Šimek²

¹ Radiochemie, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

michal.fejgl@suro.cz

Uhlík 14 je spolu s tritiem radionuklidem zodpovědným za největší dávkové zátěže kritické skupiny obyvatelstva v okolí JE vybavených tlakovými lehkovodními reaktory (PWR) za jejich běžného provozu. Zatímco tritium způsobuje největší dávkovou zátěž ze všech radionuklidů vypouštěných do vodotečí, největší dávkovou zátěž z radionuklidů vypouštěných do ovzduší způsobuje právě ^{14}C . Průměrné výpusti ^{14}C z elektráren vybavených PWR normalizované na produkci elektrické energie dosahují poměrně nízké hodnoty $0,22 \text{ TBq} \cdot \text{GWe}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Tyto hodnoty jsou stanoveny z výsledků monitorování ^{14}C v plynných výpustech, ^{14}C v kapalných výpustech JE tradičně není prováděno vzhledem k tomu, že dřívější studie prokázaly minimální podíl ^{14}C uvolňovaný touto cestou. Odborná literatura uvádí, že z jaderných elektráren vybavených reaktory typu PWR je přibližně 95 % ^{14}C uvolňováno prostřednictvím plynných výpustí a to především ve formě metanu a jiných uhlovodíků.

Monitorování výpustí ^{14}C z JE Temelín ukázalo, že za celou dobu provozování této jaderné elektrárny jsou celkové výpusti ^{14}C normalizované na produkci elektrické energie oproti hodnotám publikovaným pro jaderné elektrárny provozující reaktory typu PWR navýšené. Po roce 2010 navíc začaly tyto hodnoty bez zjevné příčiny fluktuovat.

V zahraničí, například ve Francii, bylo v posledních letech zahájeno také monitorování ^{14}C v kapalných výpustech. Vzhledem k tomu, že podíl kapalných výpustí na celkové vypouštěné aktivitě ^{14}C byl v některých případech prokazatelně vyšší, než uvádějí dříve publikované studie, vzešel ze strany SÚJB požadavek na monitorování ^{14}C také v kapalných výpustech.

Príspevek pojednává o pilotním výzkumu sledujícím aktivitu ^{14}C v různých chemických formách kapalných výpustí z JE Temelín, dále pak aktuální stav vývoje metodiky určené k rutinnímu monitorování aktivit ^{14}C v kapalných výpustech jaderných elektráren České republiky.

Expertní systém ExPeS

Barbora Marešová, Josef Koc, Petr Kuča

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

barbora.maresova@suro.cz

Expertní systém ExPeS představuje softwarový prostředek komplexního sledování a hodnocení dat charakterizujících radiační situaci v zájmové oblasti v případě vzniku radiační havárie. Současná verze aplikace využívá pouze datovou základnu systému MonRaS v režimu on-line. Hlavní funkcí aplikace je integrace, analýza a následná interpretace a prezentace prostorově a časově omezené množiny dat. Hodnocení dat je prováděno na základě porovnávání hodnot sledované veličiny s hodnotou zadané referenční úrovně, operační zásahové úrovně, informační úrovně nebo případně jiného hodnotícího indikátoru. Součástí aplikace je statistický software R-project, který umožňuje uživateli provádět velmi komplexní analýzu dat. Tato analýza probíhá formou tzv. transformací, kdy jsou přímo měřitelná data přepočítávána pomocí uživatelsky definovaných funkcí do forem srovnatelných například s dávkovými referenčními úrovněmi. Výstupem aplikace jsou podklady pro tvorbu doporučení, zahrnující indikace překročení nastavených kritériálních hodnot

sledovaných veličin, vyjádření míry čerpání stanovených hodnot referenčních úrovní, časové trendy hodnot sledovaných veličin, identifikace chybějících parametrů potřebných pro vyhodnocení radiační situace a další parametry a informace významné z hlediska zajištění radiační ochrany při zvládnutí radiačních mimořádných událostí. Aplikace umožňuje zobrazit data v jednoduše interpretovatelných formátech, jakými jsou mapa, graf nebo tabulka. Aplikace je webového typu, nevyžaduje tedy žádnou instalaci a uživateli stačí preferovaný internetový prohlížeč, konečná verze aplikace bude dostupná v prostředí intranetu SÚJB, zpřístupněná pro vybraná pracoviště a uživatele SÚRO/SÚJB. Vypracováno v rámci programu „Bezpečnostní výzkum pro potřeby státu v letech 2010 až 2015“ při řešení projektu výzkumu a vývoje a inovací identifikačního kódu „VF20102015014“, na základě smlouvy o poskytnutí účelové podpory č.j. MV-24236-42/P-2011 uzavřené mezi MV ČR a SÚRO, v. v. i.

Zátěžové testy vybraných komponent radiačních monitorovacích systémů

Petr Kuča¹, Josef Koc¹, Pavel Hájek², Pavel Weiner²

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² AFRAS Energo s.r.o., Fráni Šrámka 1163/41, České Budějovice, 370 01, ČR

petr.kuca@suro.cz

V rámci projektu BV MV ČR VG20132015105 „Prevence, připravenost a zmírnění následků těžkých havárií českých jaderných elektráren v souvislosti s novými poznatky zátěžových testů po havárii ve Fukušimě“ provedlo SÚRO, v.v.i. ve spolupráci s AFRAS Energo, s.r.o., FJFI ČVUT a SÚJCHBO, v.v.i. testování robustnosti (funkčnosti a chování) vybraných částí radiačních monitorovacích systémů v podmínkách těžkých havárií jaderných elektráren. Testovány byly detektory určené projektově k monitorování pracovního prostředí nebo kontrole celistvosti technologických systémů za běžných provozních podmínek. Na základě provedení zátěžových testů byla zjišťována provozuschopnost vybraných typů detektorů za podmí-

nek, pro které již tyto detektory nejsou projektově určeny, tj. nad rámec jejich ověřování v rámci typových zkoušek.

Práce uvádí rozsah zpracovaného programu zátěžového testu, výsledky testů chování zvolených typů detektorů na bázi GM-trubice, plastických scintilátorů a NaI(Tl) v závislosti na teplotě, dávkovém příkonu, absorbované dávce a vibracích, pohybujících se v úrovních nad hodnotami aplikovanými v rámci typových zkoušek.

Poznatky o chování běžných komponent radiačních monitorovacích systémů v podmínkách těžkých havárií, získané v průběhu testů, jsou významným přínosem při rozhodování o zahájení a formě provádění havarijního zásahu a havarijní odezvy.

International Aero Gamma Spectrometry Campaign 2015

Lubomír Gryc¹, Aleš Froňka¹, Irena Češpírová¹, Jan Helebrant¹,
Ladislav Kojzar², Veronika Topičová², Ondřej Veselý², Libor Hartych²,
Jan Lehet², Petr Dolejší², David Pustějovský²

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Armáda České republiky, ČR

lubomir.gryc@suro.cz

V červnu roku 2015 proběhla mezinárodní kampaň mobilních leteckých skupin zaměřená na vzájemnou kooperaci, testy, ověření a porovnání jednotlivých systémů. Monitorovanou oblastí bylo zejména pohraničí Krušných hor a to jak na německé straně (od hranic ČR až ke Zwickau), tak i na české straně (po Karlovy Vary). Za ČR se kampaně zúčastnil tým složený z oborních pracovníků SÚRO a Armády ČR – 314. centrum výstrahy zbraní hro-

madného ničení Hostivice–Břve, která je v podřízenosti 31. brigády radi-ační, chemické a biologické ochrany a 24. základna dopravního letectva Praha Kbely, která poskytla vrtulník Mi-17 s osádkou. Poster představuje průběh kampaně, její cíle, úkoly a výsledky českého týmu.

Poster je vypracován na základě projektu Ministerstva vnitra ČR ID: VG20122015083

Monitorování výpustí v ÚJV Řež, a. s.

Radek Pošvař, Kamila Klognerová

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

radek.posvar@ujv.cz

ÚJV Řež, a. s. je společnost poskytující širokou škálu služeb v oblasti jaderných technologií, především jde o aplikovaný výzkum a inženýrskou činnost. Povinnost monitorovat výpusti z pracovišť se zdroji ionizačního záření je popsána Zákonem č. 18/1997 Sb., O mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění pozdějších předpisů (atomový zákon) a Vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů. S tím souvisí uvolňování odpadní technologické vody a aerosolů do životního prostředí. Úkolem centrální analytické laboratoře (CAL-ZL) je monitorovat a analyzovat množství radionuklidů v aerosolech a vodách vypouštěných z pracovišť v kontrolovaných pásmech a také sledování množství těchto radionuklidů v ovzduší v přilehlých obydlích lokalitách. CAL-ZL je moderně vybavená akreditovaná analytická laboratoř nabízející široké spektrum radionalytických stanovení pro jaderné i nejaderné provozy.

Vzdušné výpusti ústí v komíně ze společného vzduchotechnického sys-

tému pro budovy Radiochemie, budov s reaktory (LR-0 a LVR-15) a centrum nakládání s RAO. Zde je monitorována vzdušina automaticky online a v týdenních intervalech odběrovým zařízením dodaným firmou VF, a. s. Černá hora. V týdenních intervalech jsou odebírány vzorky zachyceného ^3H , ^{14}C , ^{131}I a aerosolů, on-line se monitoruje objemová aktivita alfa, beta v aerosolech, ^{131}I , celková beta aktivita vzácných plynů a gama aktivity vzácných plynů Ar, Kr, Xe. Odebrané vzorky jsou dále analyzovány v CAL-ZL na LSC spektrometru Quantulus 1220, na gama spektroskopickém systému s detektorem GX9021 a na alfa-beta automatu WPC-1050. Dále je monitorováno okolí areálu firmy pomocí odběrových stanic, kde je prosáván okolní vzduch přes filtr a zachycené aerosoly jsou analyzovány v CAL na alfa-beta automatu.

Kapalné výpusti jsou monitorovány každý pracovní den. Standardně je monitorována celková beta aktivita vzorku, v případě záchytu zvýšené aktivity se provádí celková analýza vzorku.

Long term monitoring of NPP Temelin (CR) outcome radionuclides using laboratory and in situ gamma spectrometry method

Lenka Thinová, Jaroslav Klusoň, Kamila Johnová, Tomáš Čechák

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

thinova@fjfi.cvut.cz

Production of electricity in nuclear power plants represents a very small impact on the environment. The safe operation of each NPP is inspected using a number of measures and programs for monitoring a range of parameters inside NPP, and in its surroundings. Monitoring programs and their contents are accurately identified by the legislation, which is based on international recommendations and guidelines, prepared in part by IAEA, partly by the EU and state institutions. The monitored area around NPP Temelin comprises 29 collection sites located along 8 profile radii reaching as far as 20 km from the Power Plant (the measurement points are located at a distance of 2, 5, 10, and 20 km from the Power Plant.) For monitoring, the following bioindicators were selected: forest humus, pine bark, *Pleurozium Schreberi* moss, edible mushrooms, and wild berries. Each two years the biomonitoring is supplemented by measurements determining the dosimetric and gamma-spectrometric characteristics of photon fields. The labo-

ratory gamma spectrometry measurements are conducted using coaxial HPGe detector (40%) in Marinelli geometry 0.6 l. The program Genie 2000 is used for spectra processing and mass activities of presented radionuclides calculations. The results of mass activities of ^{137}Cs (Bq/kg) in forest humus from 15 years monitoring time period enabled effective half-life calculation. The presented wide set of measurements enables monitoring the behavior of radionuclide ^{137}Cs in bioindicators. In the year 2014–15 was determined the depth distribution of this radionuclide in forest humus and compared with results from the year 2001. It is obvious that ^{137}Cs depth distribution differs at individual points, while the maximum concentration is in the range 2–8 cm. After 15 years of observing the value of specific activities ^{137}Cs it was noted, that these values are reaching the limit of detectability (apart from mushrooms and fermenton layer), using the laboratory gamma-spectrometric methods available.

Mobilní systém SAFECAST a jeho využitelnost pro radiační monitorování území ČR

Michaela Slavičková, Jan Helebrant, Petr Kuča, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

michaela.slavickova@suro.cz

Monitorovací systém navržený a provozovaný organizací SAFECAST je založený na jednoduchých měřicích přístrojích s GPS – bGegie Nano a dobrovolným a bezplatným zapojení různých organizací i veřejnosti (tzv. crowdsourcing).

Organizace SAFECAST vznikla v Japonsku po havárii v jaderné elektrárně Fukushima v březnu 2011 ve snaze zajistit monitorování úrovní radioaktivity i mimo možnosti oficiálních japonských zdrojů a zapojit do měření veřejnost. Měřicí systém je dnes zprovozněn tak, že umožňuje předat data z libovolného místa do centrální celosvětové databáze a zobrazit na mapě světa. Všechna nahraná data jsou též veřejně dostupná.

Přístroj se prodává jako kit (stavebnice) k sestavení, za cenu nepřevyšující 14 000 Kč za kus. Přístroj je tzv. open-hardware, což znamená, že je k dispozici kompletní dokumentace a zapojení jak vlastní elektroniky, tak i dokumentace k vnitřnímu ovládacímu software – tzv. firmware, který provádí zpracování dat. Nejedná se tudíž o žádný „black box“ a lze tedy v případě potřeby snadno odstranit případné chyby.

Přístroj je osazen citlivým GM detektorem typu pancake. Je jednoduchý na

obsahu a data spolu s GPS souřadnicemi ukládá na paměťovou kartu. Vše je umístěné v odolném polykarbonátovém pouzdru, které je voděodolné a přístroj dobře chrání i mechanicky.

SÚRO má aktuálně k dispozici více jak 30 kusů bGegie Nano, které se průběžně používají pro terénní monitorování zaměstnanci SÚRO (a vybranými externími spolupracovníky) jak během služebních, ale i soukromých cest. Za tímto účelem vznikla i řada instruktážních materiálů, aby po několika minutovém proškolení zvládl přístroj použít naprosto kdokoli. Vznikly též postupy zobrazení dat do map i mimo webový systém SAFECASTu, v případě potřeby i zcela bez nutnosti připojení k internetu.

Přístroje bGegie Nano se též během následujících let stanou součástí nové sítě mobilních a stacionárních detektorů budované v rámci výzkumného programu s názvem Radiační měřicí síť pro instituce a školy k zajištění včasné informovanosti a zvýšení bezpečnosti občanů měst a obcí (RAMESIS), na kterém se kromě SÚRO, v.v.i. bude podílet i UTEF ČVUT a ENVINET a.s.

Test jednoduchého mobilního teledozimetrického systému

Irena Čěšpírová, Jan Helebrant, Josef Koc, Eva Čermáková

Odb. havarijní připravenosti, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.cespirova@suro.cz

V rámci projektu Fukushima byla ověřena možnost využití osobních dozimetrů typu DMC2000S a DMC3000S jako mobilní teledozimetrický systém. Oba typy detektorů lze doplnit komerčně dodávanými komunikačními pouzdry a pomocí základnové stanice a PC s přiloženým SW vytvořit z nich jednoduchou síť pro sledování osobních dávek

zasahujících osob při radiační nehodě. Poster popisuje zkušenosti s takovou sítí v simulovaných podmínkách radiační nehody, jeho výhody a nevýhody včetně komunikace mezi řídicím centrem a jednotlivými dozimetry.

Poster je vypracován na základě projektu Ministerstva vnitra ČR ID: VG 20132015105.

Studium vlastností CdZnTe detektoru na reaktoru VR-1

Pavel Žlebčík¹, Ondřej Huml¹, Karin Fantínová¹, Jaroslav Šoltés¹,
Eduard Belas²

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

² MFF UK, Ke Karlovu 5, Praha 2, ČR

pavel.zlebcik@suro.cz

Príspevek se věnuje studiu charakteristik a radiační odolnosti CdZnTe detektorů, které jsou čím dál častěji používány pro stále se rozšiřující spektrum aplikací. V porovnání např. s HPGe detektory jsou CdZnTe detektory menší, lehčí a jsou schopny pracovat bez chlazení při pokojové teplotě. Tímto se otevírá možnost využít tyto kompaktní CdZnTe detektory také pro měření v havarijních situacích. Proto je žádoucí zjistit limity, zejména radiační odolnost, těchto detektorů pro

různé radiační zátěže v gama polích štěpných produktů a případně směsných polích gama a neutronů. Měření probíhaly s planárním i koplanárním CdZnTe detektorem v polích záření gama. Měření s planárním CdZnTe detektorem navíc probíhala ve směsných polích záření gama a neutronů v experimentálním kanále reaktoru VR-1. Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS15/095/OHK4/1T/14.

Vyradovanie Oblúkovej haly pri obj. 44/20, JE A1

Martin Lištjak, Alojz Slaninka, Ľuboš Rau, Pavol Pajerský

Oddelenie osobnej dozimetrie a dozimetrie ŽP, VUJE, a.s., Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

alozj.slaninka@vuje.sk

Oblúková hala (OH) s pôdorysom 45×6 m bola súčasťou kontrolovaného pásma JE A1, Jaslovské Bohunice a slúžila na dočasné uskladnenie asi 400 m^3 sypkých rádioaktívnych odpadov (RAO). Charakterizácia skladovaných sypkých RAO v OH vykonaná ešte v roku 2011 preukázala aktivitu na úrovni okolo $10\,000 \text{ Bq/kg}$, pričom dominantným nuklidom bol ^{137}Cs . Táto charakterizácia potvrdila aj kontamináciu vrstiev podložia pod úrovňou okolitého terénu a aj samotnej OH. Cieľom vyradovania OH bolo odstránenie skladovaných sypkých RAO, rozobratie a odstránenie konštrukcie OH a odstránenie kontaminovaných vrstiev podložia OH do úrovne -1 m vzhľadom na okolitý terén, na základe systematického monitorovania.

Sypké RAO boli postupne prevezené a triedené na pracovisku pre triedenie kontaminovaných zemín (PTKZ). Kovová konštrukcia OH bola postupne rozoberaná a vzniknutý materiál bol spracovaný na Linke pre spracovanie kovových RAO v JAVYS, a. s. Vzhľadom na obmedzenú kapacitu pracoviska PTKZ (cca 5 m^3) bola zemina podložia OH triedená vhodnými „in situ“ metódami monitorovania. Nosnou metódou bolo „in situ“ monitorovania bolo gamaspektrometrické mera-

Nakládání s radioaktivními odpady, vyřazování jaderných zařízení z provozu **55**

nie pomocou prenosnej zostavy s MCA typu InSpector a scintilačným LaBr $1.5'' \times 1.5''$ detektorom umiestneným v Pb tienení hrúbky 4 cm . Detektor bol počas merania umiestnený vo výške 10 cm nad povrchom, pričom bola efektívne monitorovaná vrstva hrúbky $20\text{--}30 \text{ cm}$. MDA ^{137}Cs za dobu merania 300 s bola na úrovni $\approx 100 \text{ Bq/kg}$. Merania boli vykonané v pravidelnej sieti $1 \times 1 \text{ m}$ (zodpovedá $\approx 300 \text{ kg}$ pri jednom meraní). Tieto merania boli doplnené o odbery vzoriek pôd z definovanej vrstvy, ktoré boli analyzované v akreditovanom gamaspektrometrickom laboratóriu VUJE. Hustota vzorkovania bola cca 1 vzorka na 10 m^2 . Namerané hodnoty aktivity boli porovnávané so smernou hodnotou 200 Bq/kg . Kontaminované vrstvy boli operatívne vyznačené a odkopané do odstránenia kontaminácie alebo do dosiahnutia hĺbky -1 m .

V rámci monitorovania 2014–2015 bolo odkopaných cca 370 m^3 kontaminovaných zemín, ktoré boli triedené na PTKZ. Nekontaminovaných zemín ponechaných na mieste bolo 85 m^3 , ich reziduálna aktivita ^{137}Cs bola $74 \pm 8 \text{ Bq/kg}$. Výkopová jama bola zavezená nekontaminovanými zeminami a pokrytá geotextíliou a betónovými panelmi.

Všeprofesní zkušenosti s vyřazováním jaderných zařízení v Nuvia Group v mezinárodním měřítku

Michal Kazda

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

michal.kazda@envinet.cz

Decommissioning – vyřazování jaderných elektráren (a jiných jaderných pracovišť) z provozu je v Evropě disciplína, jejíž význam bude mít v následujících desetiletích růstovou tendenci. Cílem prezentace je představit kompetenci skupiny Nuvia v této oblasti životního cyklu jaderných zdrojů. Jedná se

o jednu z aktivit, kterou se zabývají všechny hlavní složky skupiny (Francie, Velká Británie, Česká Republika). Nedílnou součástí vyřazování je odpadové hospodářství. V prezentaci jsou také uvedeny nejvýznamnější aktuálně řešené projekty ve skupině Nuvia.

Charakterizace velkoobjemových RAO pomocí segmentového gamma-scanneru 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

Součástí ÚJV Řež, a. s., který je vedoucí organizací v oblasti jaderného výzkumu a vývoje v ČR je i oddělení Měření a laboratoře. Toto oddělení zajišťuje komplexní služby v oblasti měření ionizujícího záření. V rámci oddělení je zastoupena Centrální analytická laboratoř – zkušební laboratoř (akreditovaná laboratoř pro provádění radiochemických analýz), Záruková laboratoř, která je součástí sítě laboratoří IAEA (analýzy jaderných materiálů – zárukový program) a Laboratoř charakterizace radioaktivních odpadů (RAO). Laboratoř charakterizace RAO je od roku 1995 součástí sítě evropských laboratoří „European Network of Testing Facilities for the Quality Checking of Radioactive Waste Packages“. Charakterizované RAO pocházejí z institucionální sféry (výzkum, průmysl, zdravotnictví, atd.) v ČR. Vzhledem k různorodosti zpracovávaných institucionálních RAO má jejich charakterizace velký význam, a to z hlediska legislativy, podmínek přijatelnosti RAO k uložení

do příslušného úložiště RAO a volby nejvhodnějšího postupu zpracování. Kromě běžných standardních měření (měření dávkového příkonu, povrchové kontaminace, laboratorní analýzy) se v Laboratoři provádí také pokročilé metody nedestruktivní charakterizace RAO. Pro zjištění informací o radionuklidovém složení a aktivitě RAO existují dvě základní metody nedestruktivní a destruktivní. Jednou z pokročilých nedestruktivních metod je použití segmentového gamma-scanneru (SGS). SGS slouží ke gamaspektrometrické charakterizaci velkoobjemových RAO (maximální hmotnost objektu 600 kg a rozměr 60 × 90 cm, ekv. 216 l sud). Výsledkem měření je kromě segmentových spekter a jednoho součtového spektra obrázků průmětu interního rozložení detekovaných radionuklidů na povrch obalového souboru RAO. Pomocí získaných dat (detekované radionuklidy, homogenita rozložení radionuklidů v RAO, původ RAO) je možné vypočítat aktivitu požadovaných radionuklidů v daném RAO.

Sekvenčné stanovenie významných antropogénnych rádionuklidov v radioaktívnych odpadoch

Silvia Dulanská, Ján Bilohuščin, Boris Remenec, Ľubomír Mátel

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

dulanskas@gmail.com

SPE sorbent TEVA® Resin a anión výmenný sorbent Anion exchange resin bol použitý pre sekvenčné stanovenie aktivity významných rádionuklidov ^{126}Sn , ^{93}Zr , ^{94}Nb a ^{99}Tc vo vzorkách rádioaktívneho odpadu kalu z JE Mochovce a JE Jaslovské Bohunice. Sekvenčná metóda bola optimalizovaná na modelových vzorkách, rádiochemický výťažok bol sledovaný pomocou stopovacích rádionuklidov. Eluované frakcie boli merané na HPGe detektore, alebo kvapalinovom scinti-

lačnom spektrometri. Hlavnou výhodou sekvenčnej metódy stanovenia významných rádionuklidov je krátky čas analýzy, použitie jednej kolóny so sorbentom, cena stanovenia a eliminácia použitia koncentrovaných kyselín. ^{94}Nb bol identifikovaný vo všetkých vzorkách kalu, hmotnostná aktivita ^{126}Sn a ^{93}Zr bola menšia ako je hodnota minimálne detegovateľnej aktivity. Aktivita ^{99}Tc bola väčšia ako je hodnota MDA u jednej vzorky kalu z JE A1.

Monte Carlo optimalizace zařízení pro třídění velkých objemů pevných odpadových materiálů

Jaroslav Šolc¹, Lukáš Skála², Petr Kovář¹, Ludmila Burianová¹

¹ Oddělení primární metrologie veličin ionizujícího záření, Český metrologický institut – OI Praha, Radiová 3, Praha 10, 102 00, ČR

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

jsolc@cmi.cz

Významnou částí evropského výzkumného projektu ENV54 „Metrology for decommissioning nuclear facilities“ je vytvoření prototypu měřicího zařízení s plastickými scintilátory pro segregaci velkých objemů pevných odpadových materiálů vznikajících při likvidaci jaderných zařízení po ukončení jejich činnosti. Tyto odpady je nutné roztrždit na část potenciálně uvolnitelnou do životního prostředí, a část, která bude uložena na úložišti radioaktivních odpadů (tzv. „segregation measurement“). Konečné rozhodnutí o uvolnění do životního prostředí je pak prováděno po změření již vytržiděných odpadů na citlivém gama spektrometrickém zařízení (tzv. „free release measurement“). Účelem obou zařízení je maximalizace množství odpadového materiálu, které je uvolněno, aby uvolnitelný

materiál nebyl zbytečně uložen jako radioaktivní odpad. Tento příspěvek popisuje Monte Carlo simulace totálních detekčních účinností plastických scintilačních detektorů instalovaných v různých konfiguracích v segregacním zařízení. Konfigurace obsahovaly různé počty detektorů (4–12), různé šířky detektorů (10–50 cm) a různé varianty jejich uspořádání. Výpočty byly provedeny pro 6 typických měřených materiálů (nerezové trubičky, železné trubky, dřevo, měděné kabely, hliníkové plechy, skelná vata). Vypočítané detekční účinnosti mají pomoci uživatelům segregacního zařízení při výběru vhodné konfigurace detektorů na základě předpokládaného objemu a složení měřeného materiálu s přihlédnutím k jejich finančním možnostem.

Sorption of cobalt on crosslinked chitosan

Lucia Pivarčiová, Oľga Rosskopfová, Pavol Rajec

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

pivarciova@fns.uniba.sk

The contamination of water by heavy metal and radioactive ions is becoming a serious ecological and health hazard due to their toxic effects even at very low concentrations and long half lives. The methods such as chemical precipitation, reverse osmosis, ion exchange and adsorption have been used for reduction of heavy metals. Chitosan is an aminopolysaccharide that binds metal ions through different mechanisms such as ion exchange, chelation or formation of ternary complex. The sorption performance depends on the characteristics of the solution (pH, presence of ligands, metal speciation) and the properties of the biopolymer (crystallinity, degree of deacetylation, molecular weight). These interactions chitosan/metal ions can be used for environmental applications and for the synthesis of new materials. However, the applications of chitosan are limited. Several methods have been used to modify natural chitosan either physically or chemically in order to improve the adsorption capacity. The crosslin-

king with glutaraldehyde or epichlorohydrin can be cited as examples of chemical modifications promoted on chitosan. The sorption of radiocobalt on a mineral surface changes the physicochemical properties of radiocobalt and thereby controls the migration and diffusion of radiocobalt in the natural environment. The radionuclide ^{60}Co in the liquid waste is from neutron activation for corrosion products. Cobalt is a major contributor toward the radiation build up problem because of its rather long half-life ($T_{1/2} = 5.27$ y) and high energy of 2.5 MeV gamma emission. The crosslinked chitosan can be the suitable candidate for the preconcentration of cobalt from large volumes of aqueous solutions, as required from removal of metal ions from industrial wastewater. This work was aimed to study the influence of contact time and pH on sorption of cobalt cations on glutaraldehyde crosslinked chitosan and also the sorption as function of cobalt concentration in aqueous phase was studied.

Stanovenie ^{107}Pd extrakčnou chromatografiou

**Bianka Horváthová, Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Boris Remenec,
Veronika Gardoňová**

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

horvathovabianka@centrum.sk

^{107}Pd sa produkuje ako štiepny produkt v jadrovom reaktore a patrí medzi povinne deklarované rádionuklidy v rádioaktívnych odpadoch. V práci bola optimalizovaná separácia ^{107}Pd metódou extrakčnej chromatografie na sorbente Ni Resin od firmy TrisKem International. Sledoval sa vplyv koncentrácie Cl^- iónov na sorpciu Pd^{2+} na sorbente Ni Resin, nakoľko Pd^{2+} vytvára stabilný komplex $[\text{PdCl}_4]^{2-}$. Experimentálne sa zistilo, že vhodné prostredie na sorpciu Pd^{2+} na sorbente je $(0,5\text{--}3) \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$, na elúciu

Pd^{2+} bola použitá $8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HNO}_3$. V práci bola stanovená maximálna sorpčná kapacita $0,5 \text{ mg Pd}^{2+}$ na $0,2 \text{ g Ni Resin}$. Metóda stanovenia ^{107}Pd bola aplikovaná na reálne vzorky z JE Jaslovské Bohunice. ^{107}Pd bolo merané na kvapalinovom scintilačnom spektrometri TRI CARB 2900TR od firmy PerkinElmer s maximálnou beta energiou 33 keV , chemické výťažky separácie paládia sa stanovili pomocou AAS. Aktivita ^{107}Pd bola menšia ako je hodnota minimálne detegovateľnej aktivity (MDA) $0,6 \text{ Bq} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Středa — Sekce 1

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

Studie zahrnuje rozsáhlé kohorty pracovníků z Velké Británie (148 tis.), USA (101 tis.) a Francie (59 tis.). Třebaže průměrné kumulované dávky jsou velmi nízké (18,2, 15,2 a 11,6 mSv), jsou maximální hodnoty podstatně vyšší (1218, 820 a 416 mSv), přičemž podíl dávek nad 100 mSv činí jen 3,2 %. V celé studii bylo v letech 1944–2005 pozorováno 531 leukémií (vyjma CLL), z toho jen 42 nad 100 mSv. Přesto zvýšení relativního rizika leukémie na 1 Sv bylo překvapivě statisticky významné – 3,4 s 90% konfidenčním intervalem 1,4–5,9. Studie nezahrnuje údaje o lékařské expozici. Naskýtají se otázky, jaký má tento fakt vliv na výsledky a také, zda statistická síla studie (která souvisí s počtem případů a distribucí dávek) je dostatečná k prokázání tohoto rizika. K ověření vlivu jiných dávek, např. z vyšetření CT, byla provedena simulací studie tak, aby distribuce dávek a rozsah pozorování odpovídaly hodnotám v publikovaných dávkových kategoriích. Dávky z CT vyšetření byly simu-

lovány v závislosti na věku s ročním podílem vyšetření v rozsahu 2,8–39% v posledních 30 letech. Průměrné dávky v simulační studii (vážené person-years) byly 14,4 mSv a dávky z CT 2,6 mSv s maximy 410 a 20,6 mSv. Celkem bylo provedeno 20 simulací pomocí Poissonova rozdělení s parametry, které odpovídaly průměrům v dávkových kategoriích a koeficientu relativního rizika 3,4 na 1 Sv. Počty simulovaných případů se pohybovaly v rozsahu 472–549. Odhady koeficientů rizika byly v rozsahu 0,7–5,7 s průměrem 3,2 ve vztahu pouze k profesionálním dávkám a 1,0–6,2 s průměrem 3,3 ve vztahu k celkovým dávkám včetně dávek z CT. Ve většině simulací byly odhady koeficientů rizika z úplných dávek vyšší nebo stejné než jen z profesionálních dávek. Z jednotlivých simulací bylo 80 % významných odhadů koeficientu rizika. Lze tedy uzavřít, že síla studie je 80%, což je minimální hodnota obvykle požadovaná v epidemiologických studiích.

Případy s aplikovaným Thorotrastem z hlediska biologické dozimetrie (příspěvek pro EURADOS WG 7)

Irena Malátová

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.malatova@suro.cz

Pracovní skupina WG7 EURADOS, která se věnuje problémům vnitřního ozáření, s pracovní skupinou WG 10 (biologická dozimetrie), společně shromažďuje dobře dokumentované případy, v nichž dominuje expozice z vnitřního ozáření nad zevním ozářením. Jsou to na př. osoby s významným depem ^{137}Cs z Goianie, pracovníci ze sovětského podniku Maják s depem ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{241}Am a další.

Náš příspěvek se týkal případů s diagnostickou aplikací Thorotrastu. Používání Thorotrastu je široce dokumentováno v Evropě, v USA a v Japonsku. Pro celý svět se odhaduje asi 1 milión případů použití. Z literatury bylo nalezeno celkem jen 71 případů, v nichž je uvedeno jak aplikované množství thorotrastu, tak i a počet chromozomových

aberrací. Korelační koeficienty mezi dávkou na červenou kostní dřev, odvozenou z aplikovaného množství a počtem chromosomálních aberrací je pro všech 71 osob dohromady 0,59, pro muže 0,61, pro ženy 0,55. Odhad dávky je však zatížen velkou chybou, jelikož i při znalosti aplikovaného objemu je aktivita Thorotrastu samého již dost velkým zdrojem nejistot, protože údaje o obsahu ^{232}Th v koloidu se podle různých autorů liší; různý může být poměr aktivit ^{228}Th a ^{232}Th v době aplikace. Stejně tak může být zatíženo nepřesnostmi stanovení chromosomálních aberrací, které většinou pochází z šedesátých a sedmdesátých let 20. století, kdy se neprováděla žádná mezilaboratorní porovnání.

Středa — Sekce 1

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

Je známo, že závislost velikosti biologických účinků na absorbované dávce ionizujícího záření nemusí být v oblasti velmi nízkých dávek záření vždy lineární. Předmětem tohoto sdělení je otázka méně známá – jak se tato počáteční nelinearita může měnit s rostoucím lineárním přenosem energie LET. Analyzovali jsme řadu publikovaných křivek dávka – účinek u savčích buněk. Průběh těchto křivek jsme popsali matematickým vztahem s třemi parametry a , b , c . Prvý charakterizuje lineární závislost účinku při vyšších dávkách, druhý popisuje velikost hypersenzitivity těchto buněk při dávkách velmi nízkých a třetí vyjadřuje schopnost vyrovnat počáteční anomální průběh tak, aby byl při vyšších dávkách již lineární. Protože u různých druhů buněk mohou být výsledky odlišné, soustředili jsme se při analýze vlivu LET pouze na buňky čínskému křečka V79. Překvapivě se ukázalo, že i u jednoho druhu buněk se může jednat o různé mechanismy hypersenzitivity. Zatímco v experimentu s ionty uhlíku při LET 27,5 keV/ μm byla zvýšená cit-

64

Modelling of Auger-electron radioimmunotherapy with carbon nanotubes at the single cell level

Martin Šefl^{1, 2}, Ioanna Kyriakou², Chang Guo³, Kostas Kostarelos³,
Dimitris Emfietzoglou²

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

² Medical Physics Laboratory, University of Ioannina, Ioannina, 45 110, Greece

³ Nanomedicine Laboratory, Faculty of Medical & Human Sciences and National Graphene Institute, University of Manchester, Manchester, M19 9PT, UK

seflmar3@fjfi.cvut.cz

Targeted radiotherapy using low-energy electron emitters is a very promising treatment modality for disseminated disease, such as leukemia and lymphoma, and micrometastasis. Functionalized carbon nanotubes (CNT) are able to penetrate the cell membrane. Therefore it is possible to deliver radiation dose to the most cell sensitive compartment – the nucleus, and at the same time, by using low-range radionuclides which offer more effective sparing of un-targeted (healthy) cells. The aim of this study is to develop a computational model of the radiotherapeutic efficacy of carbon nanotubes filled with low-range radionuclides. Experimental data on intracellular distribution of

CNT in MCF7 cells in combination with radiodosimetric Monte Carlo calculations using CERN's Geant4 simulation code, were used to predict the therapeutic efficacy at the single-cell level based on a time-dependent version of the LQ model of the cell survival. Results in the form of cell-kill probability as a function of cell-bound administered activity are presented for three Auger-electron emitting radionuclides (^{99m}Tc, ¹¹¹In, and ¹²⁵I) in order to evaluate the effect of the radionuclide's emission properties, activity level, and reach of the delivery system. The sensitivity of the results to various LQ model approximations (with repair and proliferation) is also examined.

Vliv dávkového příkonu na odezvu buněčných kultur

Anna Michaelidesová^{1, 2, 3}, Jana Vachelová¹, Kateřina Pachnerová Brabcová¹, Petra Sýkorová^{1, 2}, Daniel Depeš⁴, Martin Falk⁴, Iva Falková⁴, Vladimír Vondráček², Marie Davidková¹

¹ ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, 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 Biofyzikální Ústav AV ČR, ČR

anna.michaelidesova@odz.ujf.cas.cz

Dávkový příkon hraje významnou roli na odezvu buněk na ozáření. U nízkých dávkových příkonů se již během ozařování mohou aktivovat procesy reparace, repopulace a může se měnit fáze buněčného cyklu u ozařovaných buněk. Ionizující záření způsobuje řadu poškození v buňkách, jako jsou jednoduché (SSB) a dvojné zlomy (DSB) na DNA, poškození bází, DNA-protein crosslinky atd. Spuštěním reparací u nízkých příkonů se tato poškození mohou opravovat již během ozařování a efekt celého ozáření může být redukován.

Se zavedením nových technologií v protonové radioterapii, a zejména skenovaného tužkového svazku (PBS), se naprosto mění dávkový příkon v různých částech nádoru oproti technikám pasivním. U PBS je dávka doručována v jednotlivých spotech a přitom

frakce trvá jen několik minut stejně jako v případě pasivních protonových módů, kde je nádorový objem ozařován současně s konstantním příkonem. Tato časová shoda znamená, že dávkový příkon v jednom spotu je velmi vysoký. Dávkový příkon u PBS se navíc liší v různých oblastech nádoru a nejvyšší je v distálních částech.

V příspěvku budou prezentovány výsledky komplexního experimentu provedeného v Protonovém Centru v Praze. Neonatální kožní fibroblasty byly ozářeny módem PBS ve dvou až třech různých pozicích monoenergetického Braggova píku, pro dva až tři různé dávkové příkony, různými dávkami podle potřeby dané části experimentu. Po ozáření bylo sledováno přežití buněk, indukce DSB a formace mikrojadér.

Analýza možností využití detekce γ H2AX/53BP1 ohnisek a monitorování reparace dvouřetězcových zlomů DNA pro pre-terapeutické stanovení radiosensitivity nádorů hlavy a krku

Daniel Depes¹, Martin Falk¹, Michal Masařík², Iva Falková^{1, 3}, Jaromír Gumulec², Alena Bačíková¹, Zuzana Horáková⁴, Eva Pagáčová¹, Hana Binková⁴

¹ Biofyzikální ústav AV ČR, Brno, ČR

² Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno, ČR

³ Vysoká škola zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety, Bratislava, SR

⁴ Nemocnice u sv. Anny, Brno, ČR

394727@mail.muni.cz

Nádory hlavy a krku jsou agresivní novotvary v blízkosti životně důležitých struktur. Chirurgické řešení bývá často devastující, proto je preferována nein-vazivní chemo/radioterapie. Zásadním problémem však je, že neznáme marker určující pacienty responsivní k ionizujícímu záření ještě před zahájením léčby. Pokud totiž radioterapie selže, je „záchranný“ chirurgický zákrok komplikován prací v ozářené tkáni. Prvotní rozhodnutí pro správnou terapii je proto extrémně důležité.

Naším cílem je optimalizovat detekci γ H2AX/53BP1 ohnisek pomocí imunofluorescenční mikroskopie pro pre-terapeutické stanovení citlivosti nádorů hlavy a krku k ionizujícímu záření in vitro. Též se snažíme zjistit, zda indukce dvouřetězcových zlomů (DSB) a efektivita jejich reparace koreluje s výsledky radioterapie a jak se komplexní buněčná odpověď na poškození DNA liší u jednotlivých nádorů a typů buněk izolovaných z nádoru.

První výsledky naznačují možnost využití imunofluorescenční mikroskopie

pro výše popsané účely. Připravili jsme primární linie fibroblastů a nádorových buněk z doposud neléčeného nádoru krku. Na těchto liniích jsme kvantifikovali DSB před a ihned po (5 min) ozáření buněk paprsky γ (^{60}Co , 2 Gy), a následně ještě v několika dalších časech až do 24 h PO. Ukazující patrně na jejich prekancerózní stav, „normální“ fibroblasty izolované z nádoru, podobně jako nádorové buňky, vykazovaly ve srovnání s kultivovanými normálními kožními fibroblasty genomovou nestabilitu (více DSB již před ozářením). Toto vysvětlení se jeví být v souladu s našimi dřívějšími poznatky (Lukášová et al. (2004) Chromosoma 112/5, p:221–230). Předběžná data též naznačují, že obě primární linie reparují DSB zřetelně pomaleji než je obvyklé pro normální fibroblasty.

Podpořeno projekty vládního zmocnění ČR a 3 + 3 pro spolupráci se SUJV Dubna, a Projektem Excellence GAČR 302/12/G157

Vliv ionizujícího záření na aktivitu restrikčních endonukleáz PvuII a HindIII

Martina Lužová^{1, 2}, Anna Michaelidesová^{1, 2, 3}, Marie Davidková^{1, 2}

¹ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Proton Therapy Center Czech s.r.o., Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR
martina.luzova@seznam.cz

Enzymy PvuII a HindIII patří mezi restrikční endonukleázy typu II a lze je nalézt v bakteriích, u kterých hrají významnou roli v obranném mechanismu proti virům. Restrikční endonukleázy typu II rozpoznávají na DNA specifické palindromické sekvence bází, ve kterých, za přítomnosti kofaktoru Mg^{2+} , dvoušroubovici DNA rozštěpí. PvuII štěpí molekulu DNA uprostřed sekvence CAG↓CTG a HindIII štěpí DNA ve vyznačeném místě sekvence A↓AGCTT.

Pro celou studii vlivu ionizujícího záření na aktivitu enzymů PvuII a HindIII byl použit DNA plasmid pcDNA3, který má délku 5446 bázových párů (bp). Enzym PvuII štěpí tento plasmid ve třech místech. Pokud interaguje enzym PvuII s pcDNA3 plasmidem, dostaneme tři fragmenty DNA o délkách 1069, 1097 a 3280 bp.

Enzym HindIII naproti tomu stejný plasmid štěpí jen v jednom místě a stočená (supercoiled) forma plasmidu se změní na formu lineární beze změny

délky řetězce DNA. Snížení aktivity enzymu se projevuje jako nedokončené specifické nebo nespecifické štěpení DNA a proto lze ve vzorcích detekovat fragmenty DNA o jiných délkách.

Pro rozlišení různě dlouhých úseků DNA byla použita metoda agaróзовé gelové elektroforézy. Bylo zjištěno, že aktivita enzymů klesá se vzrůstající dávkou ionizujícího záření. To znamená, že část enzymů je deaktivována ionizujícím zářením a dané množství enzymů není schopné rozštěpit veškerou DNA. Ve snaze porovnat vliv kvality záření byly enzymy ozářeny svazky s různým LET – protonovým svazkem 30 MeV protonů na cyklotronu ÚJF AVČR v Řeži, fotonovým svazkem na kobaltovém zářiči na Oddělení dozimetrie záření ÚJF AVČR a elektro-novým i fotonovým svazkem v Mikrotronové laboratoři Oddělení urychlovačů ÚJF AVČR. Výsledky experimentů budou prezentovány a diskutovány s ohledem na molekulární strukturu obou enzymů.

Účinky low dose – vybrané zajímavosti, projekt OPERRA

Eva Zemanová

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

eva.zemanova@sujb.cz

EU projekt OPERRA (Open Project for the European Radiation Research Area, 2013–2017) si klade za cíl vybudovat koordinační struktury pro správu výzev a řízení výzkumu v oblasti radiací ochrany jménem Evropské Komise. Mezi OPERRA iniciativy patří nastavení udržitelné organizace výzkumu v radiční ochraně v Evropě, zapojení klíčových partnerů v RO, národních a mezinárodních financujících agentur, zapojit VŠ a akademické partnery, hlavní „stakeholders“, authority a jiné technické platformy uvnitř i vně Euratomu. Projekt je zaměřen na získání institucí a orgánů zejména v nových členských státech EU se zájmem o výzkum biologických účinků nízkých dávek, přičemž je nepostradatelná snaha o multidisciplinární přístup. Tj. integrování možností institucí nejen v oblasti RO, ale v oborech jako je buněčná signalizace, genomika, proteomika, imunologie. Důležitým oborem je rovněž matematické modelování, zejména proto, že umožňuje simulaci různorodých podmínek, genetického vybavení buňky, mikroprostředí buňky a dalších charakteristik, které ovlivňují celkovou senzitivitu a výsledný efekt low dose na organismus.

Existují epidemiologické studie, které zachycují a upozorňují na zvýšené riziko rakoviny z CT ozáření, mamografického screeningu, nárůst úmrtnosti na leukémii spojený s dlouhodobým působením nízkých dávek záření (profesní ozáření, z životního prostředí, lékařské ozáření). Na druhé straně mnoho studií zpochybňuje lineární bezprahový model závislosti rizika stochastických účinků na dávce v oblasti nízkých dávek, menších cca než 100 mGy v lidských buňkách. V této oblasti naopak škodlivé účinky expozice záření mizí a jsou nahrazeny ochrannými účinky, které se projevují poklesem transformovaných buněk a u zvířat zvýšením latence rakoviny. Náchylnost ke vzniku rakoviny při působení low dose souvisí se specifickým genetickým místem, které by se mohlo individuálně odhalit pomocí biomarkeru v krvi (tedy genetickými screeningovými testy) a identifikovat tak jedince se zvýšenou citlivostí na low dose.

Uvedená pozorování vybízí k přehodnocení lineární odezvy na nízké dávky a poukazují na to, že biologické procesy vyskytující se v buňkách jako odpověď na nízké dávky a dávkový příkon mohou být zásadně odlišné od těch, které vyplývají z působení vysokých dávek.

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v období 2002–2014

Tomáš Müller

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

tomas.muller@suro.cz

V České republice se každý rok předkládá k posouzení několik desítek případů onemocnění u stávajících či bývalých horníků uranových nebo rudných dolů, o kterých se postižený nebo jeho ošetřující lékař domnívá, že jsou důsledkem profesionální expozice ionizujícím záření. Pouze část těchto případů lze kvalifikovat jako nemoc z povolání.

Téměř veškeré případy, které jsou navrhovány jako nemoci z povolání jsou zhoubné nádory. Většina z těchto posuzovaných případů jsou onemocnění rakovinou plic z radioaktivních látek. 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).

Poster podává souhrnnou informaci o všech posuzovaných případech nemocí z povolání u horníků urano-

vých a rudných dolů v České republice v letech 2002–2014. 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 ojedinělé 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. V roce 2014 činil polovinu případů uznaných nemocí z povolání. Na třetím místě jsou leukémie (zhruba 1 případ za rok).

Length of plasmid DNA molecules imaged by Atomic Force Microscopy

Kateřina Pachnerová Brabcov^{1, 2}, Lembit Sihver¹, Václav Štpn²,
Marie Davdkov²

¹ Atominstytut, TU Wien, Stadionallee 2, Wien, 1020, Austria

² ODZ, ÚJF AV R, Na Truhlrce 39/64, Praha 8, 180 86, R

brabcova@ujf.cas.cz

DNA damage is one of the basic markers of a cancer risk. Ionizing radiation induced DNA damage is specific in its complexity, which nature is difficult to measure with conventional techniques, such as electrophoresis. Yet, the exact nature of these complex DNA damages is important information, considering its relation to possibilities of cell repair and therefore to the height of the cancer risk.

Plasmid DNA in water serves as a simplified model of cell nucleus, which allows omitting of the cell repair processes. Such system was irradiated with gamma ⁶⁰Co rays and the induced damages were investigated with atomic force microscopy (AFM). The

nature of the damages, in case of plasmid DNA, is connected to the length of the created molecules, which can be estimated via an analysis of AFM images. For this purpose, we have developed a semi-automatic algorithm „LEMEDNA“ (Length measurement of DNA). The algorithm consists of three subsequent steps: a) image segmentation – isolation of pixels describing the DNA molecule; b) computation of the pixel length – from the isolated pixels, using an optimised algorithm; c) calibration to the real dimensions – the calculated length is transformed to the length units. The preliminary experiment presented in this work reveals gamma-ray induced DNA fragments.

Neterčové efekty v buněčných kulturách

Petra Sýkorová, Anna Michaelidesová, Marie Davidková

ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

petra.sykorova@outlook.cz

Již od objevení záření X roku 1895 Wilhelmem Conradem Röntgenem se lidská společnost zajímá o účinky ionizujícího záření na živé organismy. Současný radiobiologický výzkum se ubírá směrem k pochopení zářením vyvolaných změn v ozářených buňkách a tkáních, které se opírají o mikrodozimetrické principy. Mikrodozimetrie umožňuje sledovat náhodnou povahu procesu předávání energie ionizujících částic ve velmi malých objemech, jakými jsou např. buněčné a subbuněčné struktury a přispívá k lepšímu poznání mechanismů účinku záření. Jedním ze sledovaných jevů současnosti jsou neterčové „bystander“ efekty. Jedná se o efekty, kdy nejen primárně poškozené buňky reagují na záření, ale také sousední buňky vykazují radiační poškození, aniž by byly přímo ozářeny. Moderní definice „bystander“ efektů jsou odvozeny z práce založené na mikrodozimetrických principech, kterou publikovali v roce 1992 Nagasawa a Little (reference). Ozařovali α -částicemi pouze

1 % z buněčné populace, avšak celých 30 % vykazovalo chromozomální změny v podobě výměny sesterských chromatid. Ozářené buňky reagují na ionizující záření produkcí klastogenních faktorů, které mají schopnost aktivovat různé signální dráhy v sousedních buňkách. Aktivace těchto signálních drah může mít za následek vyvolání různých efektů, jako například poškození DNA, mutace DNA, chromozomální aberace a genomovou nestabilitu, apoptózu, formaci mikrojadér, onkogenní transformaci, senescenci atd. Tyto faktory mohou být do sousedních buněk přeneseny, buď přímou komunikací mezi buňkami, nebo jsou uvolněny do kultivačního media, které může být přeneseno na neozařené buňky. Tímto druhým způsobem jsme provedli několik experimentů s neonatálními lidskými kožními fibroblasty, u nichž jsme sledovali změny v klonogenní činnosti po ozáření ^{60}Co a protonovým svazkem. Výsledky těchto experimentů budou shrnuty a diskutovány na konferenci.

První experimenty s mezenchymálními kmenovými buňkami

Jana Vachelová¹, Anna Michaelidesová^{1, 2, 3}, Marie Davidková¹

¹ ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, 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

jana.vachelova@odz.ujf.cas.cz

Mezenchymální kmenové buňky (MSC) jsou nekrvetvorné progenitorové buňky, které mají schopnost diferenciaci do různých mezodermálních linií. Tyto buňky se dokáží diferencovat na různé buněčné typy, jako jsou například adipocyty, osteoblasty, myocyty, neurony atd. Nejčastějším zdrojem MSC je kostní dřeň, kde se však vyskytují s frekvencí 0,001–0,01 % z celkového počtu jaderných buněk.

MSC lze kultivovat in vitro v laboratoři a jsou radiorezistentnější než buňky normální. V červenci 2015 jsme v naší laboratoři započali práci s těmito buň-

kami a po jejich rozpěstování jsme je různě testovali. Provedli jsme již první experimenty se zářením. Sledovali jsme po ozáření jejich růst a přežití. Pokusili jsme se stanovit indukci apoptózy po ozáření a změny v distribuci buněk v buněčném cyklu v různých časech po ozáření.

V příspěvku budou prezentovány první výsledky z nově rozjeté experimentální práce naší laboratoře. Reakce MSC na ozáření bude porovnaná s reakcí neonatálních kožních fibroblastů ozářených za stejných podmínek.

Automatické počítání foci v buněčných jádrech pomocí programu FociCounter 1.0

Daniel Depeš, Martin Falk

Biofyzikální ústav AV ČR, Královopolská 135, Brno, 612 65, ČR

falk@ibp.cz

Nejzávažnějším radiačním poškozením buněk jsou dvouřetězcové zlomy DNA (DSB). V současnosti nejcitlivější metodou jak kvantifikovat a studovat DSB je imunofluorescenční mikroskopie tzv. reparačních ohnisek, tvořených histonem γ H2AX a dalšími proteiny (např. 53BP1). Vyhodnocení výsledků je však časově velmi náročné a klade i značné nároky na zkušenost analyzátorů.

Jako výhodná alternativa manuálního počítání ohnisek se v ukázala automatická analýza pomocí programu FociCounter(1). Získání kvalitních výsledků ovšem vyžaduje správné nastavení parametrů detekce:

Nejprve je nutné vytvořit knihovnu snímků ve formátu TIFF. V našem případě jsme série trojrozměrných řezů z mikroskopu vzájemně proložili v Acquiarium 2.0 Software za vzniku 2D obrazu, který jsme následně převodili do TIFF (Gadwin Printscreen 5.4.2(3)). Samotná kvantifikace ohnisek ve FociCounteru pak vyžadovala označení jader určených pro analýzu a správné stanovení zejména následujících parametrů (Setting – Set parameters): median square size (MSS), enhance parameter (EP), crown radius (CR), rim radius (RR) a brightness difference (BD).

Optimální hodnoty uvedené níže byly získány srovnáním výsledků automatické analýzy s výsledky manuálního počítání ohnisek několika zkušenými analyzátoři. Experiment byl proveden s normálními kožními fibroblasty ozářenými protony (1 Gy) v různých pozicích Braggova píku a s různým dávkovým příkonem:

MSS (filtr rozmazávající a vyrovnávající šum): MSS 5 pro detekci ohnisek 15 min po ozáření (PO), kdy lze očekávat stále ještě drobná ohniska; ostatní časy PO = MSS 7.

EP (kontrast mezi ohnisky a pozadím): při zvýšení kontrastu (EP) program ignoroval slabá ohniska, proto EP 1.00 (vypnuto).

CR (minimální velikost ohnisek v pixelech pro odstranění nespecifických signálů): CR 4 pro 15 min PO; CR 5 ostatní časy.

BD (rozdíl fluorescence ohnisek a okolí) má největší vliv na výsledek: BD 20 pro velmi jasná a BD 15 pro průměrná ohniska.

RR (okolí ohnisek v pixelech pro výpočet BD): RR 7 ve všech případech.

Podpořeno projekty vládního zmocnění ČR a 3 + 3 pro spolupráci se SUJV Dubna, a Projektem Excellence GAČR 302/12/G157.

Národní radiologické standardy a externí klinické audity

Barbora Havránková, Jitka Nožičková, Petr Papírník

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

barbora.havrankova@sujb.cz

V současné době v České republice existují Standardy zdravotní péče – Národní radiologické standardy (dále jen NRS), které poprvé vyšly ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví (ročník 2011, částka 9). Zezávazněny byly až vydáním ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví (ročník 2012, částka 8). Platné NRS jsou rozděleny na část týkající se radiologické fyziku a na všechny tři oblasti lékařského ozáření. Přičemž radiodiagnostika má dva samostatné standardy, a to pro diagnostickou část na radiodiagnostických pracovištích a pro intervenční radiologii na angiografických, koronarografických a intervenčních radiologických pracovištích. Vzhledem k tomu, že NRS již v době svého vydání ne zcela reflektovaly aktuální situaci v oblasti lékařského ozáření, byly průběžně iniciovány

snahy o jejich aktualizaci. Revizi NRS dosti významně urychlili i povinnosti vyplývající ze zákona č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách, ve znění pozdějších předpisů, a jeho prováděcích předpisů, a to zejména povinnost pracoviště vytvořit místní radiologické standardy (dále jen MRS), následně podle nich postupovat a v neposlední řadě i povinnost provedení klinických auditů. Vzhledem k těmto skutečnostem Ministerstvo zdravotnictví iniciovalo vznik pracovní skupiny složené ze zástupců všech relevantních odborných společností a Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, která od listopadu 2014 pracuje na aktualizaci NRS. V příspěvku/prezentaci bude prezentována nová koncepce revidovaných NRS a jejich provázanost s interními a externími klinickými audity.

Klinické audity na zdravotnických pracovištích

Petr Borek, Radim Kříž, Jiří Hlavička

VF, a.s., Svitavská 588, Černá Hora, 679 21, ČR

renata.hofirkova@vf.cz

Společnost VF, a.s. získala jako první společnost v České republice povolení Ministerstva zdravotnictví k realizaci externích auditů na pracovištích radiodiagnostických, radio-terapeutických a pracovištích nukleár-

ních medicíny. V přednášce popisují autoři první zkušenosti z provádění externích klinických auditů ve všech třech oborech, kde se provádí lékařské ozáření. Veškerá data a informace použité v prezentaci jsou anonymní.

Radiačný preukaz pacienta – efektívny nástroj odôvodnenia a optimalizácie radiačnej ochrany

Dušan Šalát¹, Anna Šalátová²

¹ Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Nám. J. Herdu 2, Trnava, 917 01, SR

² Ústav radiačnej ochrany s.r.o., Staničná 1062/24, Trenčín, 911 05, SR

uro@uro.sk

V poslednom období zaznamenávame výrazný nárast ožiarenia populácie z medicínskych zdrojov ionizujúceho žiarenia nielen vo svete, ale aj na Slovensku. Dôvodom nepriaznivého trendu je paradoxne lepšia dostupnosť rádiologických modalít (cca 20 CT prístrojov na mil. obyvateľov v SR) a aplikácia nových diagnostických metód v rádiológii. Na Slovensku sa ročne vykoná viac ako 5 mil. rádiologických vyšetrení (mimo USG a MR), čo štatisticky znamená, že každý občan Slovenska je a bude minimálne 1× ročne lekárske ožiarený. Pri tomto počte rádiologických vyšetrení však nie sme v krajinách vyspelého sveta žiadnou výnimkou.

Viac ako 50%-ný podiel z lekárskeho ožiarenia tvoria dnes CT vyšetrenia, ktorých výhodou je kvalitná diagnostická obrazová informácia, ale na druhej strane patria medzi najviac radiačne zatažujúce rádiologické vyšetrenia pre pacienta. Počet CT vyšetrení za posledných desať rokov v SR vzrástol o 400 % a mnohokrát pri diagnostike ochorení vytláčajú klasické, menej zatažujúce rádiologické modalitty, ako je skiagrafia a USG.

Zavedenie radiačného preukazu pacienta napomáha uplatňovaniu základných princípov radiačnej ochrany

v praxi a môže poslúžiť ako efektívny nástroj radiačnej ochrany pre indikujúceho lekára (klinika), rádiológa, samotného pacienta, alebo zdravotnú poisťovňu. Okrem sledovania histórie lekárskeho expozícií z rôznych zdravotníckych zariadení, umožňuje hodnotiť dodržiavanie diagnostických referenčných úrovní pre rôzne typy rtg modalít, kalkulovať efektívne, prípadne orgánové dávky pacienta a stanovuje mieru rizika vzniku nádorových ochorení v súvislosti s aplikáciou ionizujúceho žiarenia.

V elektronickom radiačnom preukaze pacienta, kde sú informácie z väčšiny zdravotníckych zariadení na Slovensku, zaznamenávame kumulatívne hodnoty efektívnych dávok pacienta prevyšujúce 100 mSv za rok, čo z pohľadu ožiareného pacienta predstavuje zvýšenie rizika vzniku stochastických účinkov.

Sledovanie histórie ožiarenia pacientov pomocou radiačného preukazu pacienta môže napomôcť nielen k dôslednejšiemu dodržiavaniu základných princípov radiačnej ochrany, ale tiež prispieť k vedeckému skúmaniu biologických účinkov ionizujúceho žiarenia pri nízkych dávkach, alebo pri výuke indikujúcich lekárov, rádiológov a rádiologických technikov.

Diagnostické referenční úrovně pro dětské pacienty

Leoš Novák

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

leos.novak@suro.cz

Problematika diagnostických referenčních úrovní pro dětské pacienty je velice aktuální, v současné době probíhá evropský projekt „PiDRL – European Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging“ řešený Evropskou radiologickou společností, jehož cílem je stanovit hodnoty DRÚ pro dětské pacienty pro radiodiagnostická vyšetření a výkony intervenční radiologie a zároveň navrhnout standardizovanou metodu stanovení DRÚ pro dětské pacienty. Přístupy ke stanovení DRÚ pro

děti se v různých zemích liší zejména v kategorizaci dětí do jednotlivých standardních skupin, ve způsobu přepočtu dávkových veličin na základě parametrů vyjadřujících velikost pacienta a ve výběru vyšetření, pro která je vhodné na národní úrovni DRÚ stanovit. V příspěvku budou prezentovány hodnoty již publikovaných DRÚ pro děti z různých zemí, přehled přístupů ke stanovení DRÚ dětí a předběžná doporučení vycházející z evropského projektu PiDRL.

Stanovení radiační zátěže rukou při manipulaci s radiofarmakem na základě metody Monte Carlo

Jana Hudzietzová¹, Marko Fülöp², Pavol Ragan³, Jozef Sabol⁴

¹ FBMI ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

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

³ ABRS, s.r.o., Palisády 55, Bratislava, 811 06, SR

⁴ PAČR v Praze, Lhotecká 559/7, Praha, 143 00, ČR

Hudzietzova@gmail.com

Určení maximálního ozáření kůže rukou pracovníků na oddělení nukleární medicíny je složité, neboť poloha maxima není dopředu známa a rovněž do značné míry závisí na osobitém přístupu daného pracovníka či technologickém vybavení pracoviště.

Jednou z možností, jak se přiblížit určení tohoto maxima, je monitorování rukou pracovníků ve více polohách, v nichž se předpokládá významné ozáření (konečky prstů) nebo kde je výhodné umístit prstový dozimetr (kořeny prstů). Tato metoda mapování dávek pomocí termoluminiscenčních dozimetrů (TLD) je však časově náročná a na pracovištích nukleární medicíny se neprovádí rutinně. Navíc, poloha TLD nemusí být totožná se skutečnou polohou místa maximálního ozá-

ření kůže, což vede k určitému podhodnocení. Z tohoto důvodu se jeví vhodným nástrojem pro stanovení ozáření ruky simulační metoda Monte Carlo, která nevyžaduje žádné experimentální měření pomocí radionuklidů ani měření rozložení $H_p(0,07)$ na rukách personálu.

Na základě pořízených videozáznamů během přípravy a aplikace radiofarmaka byl vybrán úkon, u kterého se předpokládalo, že je významný z hlediska ozáření kůže ruky. Na základě této vybrané geometrie byl vyroben voxelový fantom a pomocí programu MCNP bylo spočítáno ozáření ruky.

Referát byl připraven za částečné podpory poskytnuté v rámci projektů SGS15/114/OHK4/1T/17 a APVV-0241-011.

Multidetektorová počítačová tomografia a jej využívanie v kardiológii

Zuzana Bárdyová¹, Martina Horváthová¹, Denisa Nikodemová²

¹ Trnavská univerzita v Trnave, Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce,
Univerzitné námestie 1, Trnava, 918 43, SR

² Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislava, Limbová 12, Bratislava,
833 03, SR

zuzanabardyova@gmail.com

Multidetektorová počítačová tomografia a jej využívanie v kardiológii

Kardiovaskulárne ochorenia predstavujú vo svete ako aj na Slovensku veľmi závažný problém. Aby bolo možné zabrániť ich negatívnemu dopadu a znížiť mortalitu pacientov, je nutná včasná diagnostika ochorenia, ako aj včasné zahájenie liečby. Práve to nám umožňuje CT koronarografia, ktorá sa radí k jedným z najnovších zobrazovacích metód v kardiológii. Hlavnou výhodou je neinvazívnosť vyšetrenia a zníženie rizík, ktoré súvisia s invazívnymi zákrokmi. Najväčšou nevýhodou je využívanie ionizujúceho žiarenia a potenciálne riziká, ktoré sa spájajú s ožiarením zdravého tkaniva. Hoci srdce radíme k menej rádiosenzitívnym orgánom, pri expozícii dochádza k priamemu a sekundárnemu ožiareniu ďalších rádiosenzitívnych orgánov, ako sú pľúca, prsia, červená kostná dreň, žal-

údok, pečeň a štítna žľaza. Z tohto dôvodu je nutné udržať veľkosť dávok ionizujúceho žiarenia na najnižšej možnej úrovni s najväčšími možnými benefitmi pre pacienta aj pre lekára. Aby bolo možné zníženie radiačnej záťaže pacientov, a tým aj zníženie potenciálnych rizík, vyplývajúcich z vyšetrenia, je nutné neustále monitorovanie radiačnej záťaže. Nakoľko je CT koronarografia pomerne mladá diagnostická metóda, jej využívanie nadobúda na význame a dochádza k jej zvýšenému využívaniu. V príspevku sa budeme zaoberať veľkosťou radiačnej záťaže pacientov, podstupujúcich CT koronarografiu, ako aj možnosťami zníženia radiačnej záťaže. Dostatočným znížením radiačnej záťaže sa CT koronarografia aj z pohľadu radiačnej ochrany môže javiť ako vhodná diagnostická metóda, ktorú je však nutné optimalizovať.

Středa — Sekce 7

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

Protonový svazek je schopen velmi přesně ozařit nádorovou tkáň (s velmi malými dávkami do tkání okolních), při ozařování karcinomu plic nebo nádorů v jejich blízkosti je však třeba zajistit správné zaměření svazku vzhledem k dýchacím pohybům. Pohybové nejistoty by mohly pacientovi způsobit závažné komplikace, proto bez kontroly nad dýchacími pohyby nelze některé lokality (především plicní nádory) protonovým svazkem vůbec ozařovat.

K redukci dýchacích pohybů cílového objemu během ozařování slouží metody tzv. respiratory gatingu, které buď využívají zadržení dechu v určité fázi dechového cyklu (během níž probíhá ozáření), nebo umožňují sledovat cílový objem v reálném čase a synchronizovat svazek s dýchacími pohyby.

ukazující objem plic v závislosti na čase. Systém se skládá ze spirometru, náustku, kolíku na nos (proti úniku vzduchu jinudy než ústy do spirometru) a brýlí, které přenáší pacientovi obraz dechového cyklu a pomáhají mu tak regulovat hluboký nádech do předem stanovených mezí. Pro každého pacienta je optimální úroveň nádechu nalezena individuálně. V této fázi pak probíhá náběh CT dat pro plánování a poté i ozařování. Během ozařování je protonový svazek automaticky spouštěn pouze v intervalu, kdy je pacient nadechnutý na stanovenou úroveň a vypíná se, pokud pacient vydechne a volně dýchá.

Systém byl nejprve zaváděn pro pacienty s lymfomy v mezihrudí, které přiléhají k plicím, ale dýchací pohyby mají na pohyb cívového objemu menší vliv než u plicních nádorů, pro něž má systém SDX největší přínos. V příspěvku budou prezentovány klinické zkušenosti s tímto systémem.

Influence of orthopaedic implants on LET spectra of charged particles during proton irradiation.

**Cristina Oancea^{1, 2, 3}, Iva Ambrožová⁴, Aurel I. Popescu²,
Gennady Mytsin¹, Vladimír Vondráček⁵, Marie Davidková⁴**

¹ Medico-Technical Complex, Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR, Joliot-Curie 6, Dubna, 141980, Russia

² Faculty of Physics, University of Bucharest, 405 Atomistilor, Bucharest-Magurele, 077125, Romania

³ Horia Hulubei National Institute for Nuclear Physics and Engineering, P.O.Box MG-6, Bucharest-Magurele, 077125, Romania

⁴ Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

⁵ Proton Therapy Center Czech s.r.o., Budínova 2437/1a, Praha 8, 180 00, ČR
oanceacristina90@yahoo.com

In this work a scanned proton pencil beam was applied to hip implant phantoms in order to evaluate the Linear Energy Transfer (LET) spectrum and to study the secondary particles produced in close proximity of the implant. Using two different materials 2, 5, 10, 15, and 20 mm thick phantoms were created. The first phantom type consists of a Titanium (Ti) alloy, while the second is a stainless steel (AK) alloy. The implant samples were placed behind a tissue equivalent plastic with a thickness of 80 mm. In order to study the production of secondary particles, we performed four experiments: 1) Ti phantom irradiated by 226 MeV protons; 2) Ti phantom irradiated by 134 MeV protons; 3) AK phantom irradiated by 226 MeV protons, and 4) AK phantom irradiated by 151 MeV proton beam. The solid track etched detectors (TED) have been used to determine LET spectra behind the implants

of different thicknesses and near their edges. The results indicate that LET spectra at plateau region of the Bragg Peak behind different thicknesses of each particular material do not differ. We detected a difference in the LET at the Bragg Peak for the two different materials studied (when the Bragg Peak corresponds to the end of phantom 15 mm thickness). A high number of tracks, corresponding to particles with LET below 100 keV/ μ m, was detected. For the AK alloy we have a much higher number of primary protons with LET < 9 keV/ μ m in comparison with Ti alloy. This difference can be explained by the large number of particles detected at the edges of the 20 mm Ti phantom and plexiglass. Understanding this behavior may assist with improving the treatment planning software, and thus include patients with orthopedic implants for proton therapy of cancer.

Stanovení dávky pacienta při nenádorové radioterapii v ČR

Vladimír Dufek^{1, 2}, Helena Žáčková¹, Ivana Horáková¹

¹ Odbor lékařských expozic, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Radiofyzikální odbor, Nemocnice Na Bulovce, Budínova 67/2, Praha 8 – Libeň, 180 81, ČR

vladimir.dufek@suro.cz

Nenádorová radioterapie je lékařské ozáření, jehož cílem je úleva od obtíží způsobených nezhoubným onemocněním, eventuálně zábrana zhoršení funkce postiženého orgánu. Česká republika patří mezi země s největším podílem pacientů léčených pomocí nenádorové radioterapie. Proto se SÚRO zaměřilo na radiační ochranu pacientů při této modalitě lékařského ozáření.

Pro stanovení radiační zátěže pacientů provedlo SÚRO na vybraném radioterapeutickém pracovišti měření orgánových dávek pro dvě nejčastěji léčené diagnózy. V antropomorfním fantomu člověka byly pomocí termoluminiscenčních dozimetrů MCP-N (LiF) změřeny orgánové dávky pro typické nastavení terapeutického rentgenového ozařovače. Ze změřených hodnot byla stanovena efektivní dávka (s využitím tkáňových váhových faktorů podle doporučení ICRP 103).

Pro jednoznačně nejčastější diagnózu, která je v ČR léčena nenádorovou radioterapií – ostruhu patní kosti, byla při aplikaci předepsané celkové povrchové dávky 5 Gy stanovena efek-

tivní dávka 1 mSv. Léčba této diagnózy představuje – díky lokalitě cílového objemu – nejnižší radiační zátěž pacienta, která je s nenádorovou radioterapií spojena.

Vedle terapeutických rentgenových ozařovačů provedlo SÚRO také měření orgánových dávek pacienta při nenádorové brachyradiumterapii v Léčebných lázních Jáchymov, kde se na povrch pacienta do blízkosti postiženého kloubu umisťují tzv. „jáchymovské krabičky“ se zdroji ²²⁶Ra. Pro šesti-hodinovou aplikaci brachyradiumterapie o celkové aktivitě 110 mgekv ²²⁶Ra (cca 4,1 GBq), při které byly použity tři „krabičky“ v oblasti pánve a jedna „krabička“ v oblasti krční páteře, což je jedna z aplikací s nejvyšší radiační zátěží pacienta, byla stanovena efektivní dávka 49 mSv. Počet pacientů léčených s využitím čtyř a více aplikátorů však není velký.

Pro hodnocení radiační zátěže související s nenádorovou radioterapií v ČR je důležitá i znalost počtu a věkové struktury léčených pacientů.

Práce byla řešena s finanční podporou TA ČR (TB02SUJB037).

Kvantifikace ozáření kůže pracovníků: Současné problémy a inkonzistence

Jozef Sabol¹, Jana Hudzietzová²

¹ Katedra krizového řízení, Policejní akademie České republiky v Praze, Lhotecká 559/7, Praha, 143 01, ČR

² Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

j.sabol44@gmail.com

Prakticky při všech aplikacích zdrojů ionizujícího záření dochází u pracovníků k určitému ozáření, které může specifickým způsobem zasáhnout i kůži, zejména pak kůži rukou. Toto ozáření kůže může v některých případech nabývat značných hodnot, které se blíží příslušnému dávkovému limitu, nebo jej dokonce někdy může překročit. Tato situace se týká především pracovníků manipulaci s radioaktivními látkami, což je např. oblast nukleární medicíny, kde pracovníci přicházejí do poměrně těsného styku s radiofarmaky.

Současný přístup k limitování a optimalizaci ozáření kůže se opírá o monitorování osobního dávkového ekvivalentu

$H_p(0,07)$, který se považuje za dostatečnou aproximaci ekvivalentní dávky v kůži. Určitým problémem je však konkrétní vymezení ozáření s ohledem na plochu, přes které se jeho hodnota v místě maximálního ozáření zprůměruje.

V referátu jsou diskutovány souvislosti spojené s volbou referenční plochy a místa monitorování, jakož i s interpretací výsledku monitorování, což vyžaduje zavedení odpovídajících korekčních faktorů. Diskutují se rovněž určité nesrovnalosti v definici ekvivalentní dávky kůže, která představuje specifickou tkáň, jež nevykazuje obvykle atributy orgánu.

Ozáření personálu na lůžkových odděleních nukleární medicíny

**Tomáš Čechák¹, Petr Papírník², Miluše Budayová², Jiří Martinčík¹,
Pavel Solný³, Kateřina Daničková³**

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

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

³ Oddělení radiologické fyziky, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 06, ČR

tomas.cechak@fjfi.cvut.cz

SÚJB každoročně pořádá testování a porovnání provádění služeb osobní dozimetrie v oblasti legální celotělové filmové, TL a OSL dozimetrie se zaměřením na jejich úhlovou a energetickou závislost v oblastech energií záření vyskytujících se v praxi. Srovnávací měření se pod záštitou SÚJB provádí na pracovišti KDAIZ. V letošním roce bylo provedeno nové porovnávací měření zaměřené na pracoviště nukleární medicíny.

Skupiny dozimetrů od každé testované dozimetrické služby byly nazářeny na známé dávky za podmínek simulujících profesionální ozáření na lůžkových a ambulancích částech oddělení nukleární medicíny. Geometrie ozáření zahrnovala celkem dva fantomy lidského těla. Do prvního fan-

tomu simulujícího pacienta byl vpraven radionuklid, zatímco osobní dozimetry byly umístěny na druhém fantomu simulujícím ošetřovatele (na referenčním místě) v určité vzdálenosti od „pacienta“. Toto uspořádání bylo provedeno pro ^{131}I a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ simulující běžné nukleární medicínské použití. Dozimetry byly takto nazářeny různými dávkami korespondujícími s klinickou praxí. Následně byly dozimetry zaslány příslušným dozimetrickým službám k vyhodnocení.

V práci je podrobněji rozebrána metodika experimentu, geometrie ozáření a volba cílových dávek tak aby co nejlépe popisovala reálný režim pracoviště. Dále jsou diskutovány výsledky a případné neshody výsledků s nazářenými dávkami.

Znižovanie radiačnej záťaže pracovníkov PET/CT pracoviska

Žaneta Kantová, Gabriel Králik, Zuzana Tomišková, Soňa Kováčová

Onkologický ústav sv. Alžbety, s.r.o., Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

zaneta.kantova@ousa.sk

Cieľom posteru je poukázať na možnosti znižovania radiačnej záťaže personálu PET/CT pracoviska.

Začiatkom r. 2013 bolo na Klinike nukleárnej medicíny Onkologického ústavu sv. Alžbety, s.r.o. v Bratislave (KNM OÚSA) uvedené do prevádzky nové PET/CT pracovisko po prestavbe pôvodného PET pracoviska. Pri projektovaní nového pracoviska sme sa zameriavali na také dispozičné riešenie a technické vybavenie pracoviska, aby základné spôsoby radiačnej ochrany boli čo najefektívnejšie využívané na dosiahnutie zníženia efektívnych dávok a ekvivalentných dávok na ruky pracovníkov.

Ako prvé PET/CT pracovisko na Slovensku sme začali využívať plnoautomatické rozdeľovanie rádiofarmák a ich automatickú aplikáciu pacientom pomocou kompaktného zariadenia Intego infusion system od firmy MEDRAD, pričom všetky priestory PET/CT pracoviska sme prispôbili tak, aby sa obmedzil čas priameho kontaktu personálu s pacientmi, ktorým bola aplikovaná rádioaktívna látka. Vytvorili sme aplikačnú miestnosť pre pacientov a komunikáciu

s rádioaktívnymi pacientmi riešime pomocou dorozumievacieho zariadenia.

Účinnosť hore uvedených stavebných, technických a organizačných opatrení kontrolujeme monitorovaním príkonu priestorového dávkového ekvivalentu na jednotlivých miestach pracoviska a monitorovaním osobných dávok pracovníkov KNM OÚSA pomocou OSL, TLD a elektronických dozimetrov.

Na zníženie radiačnej záťaže personálu KNM OÚSA poukazujeme porovnaním priemerných ročných efektívnych dávok jednotlivých skupín pracovníkov (lekári, rádiologickí asistenti, sanitári) za roky 2012 a 2014 a porovnaním dávok aplikujúcich lekárov (meraných pomocou elektronických dozimetrov) pri ručnej a automatickej aplikácii rádiofarmaka, ^{18}F FDG jednotlivým pacientom.

Takýmto spôsobom sa nám podarilo znížiť efektívnu dávku v prípade aplikujúceho personálu (lekárov) cca. sedminásobne oproti ručnej aplikácii rádiofarmaka a v prípade sanitárov, ktorí asistujú pri aplikácii rádiofarmaka 8 násobne. Efektívne dávky rádiologických asistentov sa nám tiež podarilo mierne znížiť aj napriek väčšiemu počtu vyšetrovaných pacientov.

Verifikace povrchové brachyterapeutické aplikace pomocí gafchromických filmů EBT3+

Petra Bartoňová¹, Petra Kozubíková^{1, 2, 3}, Anna Kindlová^{1, 2},
Josef Novotný^{1, 2, 3}

¹ Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, 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 00, ČR

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

petra.kozubikova@gmail.com

Brachyterapie umožňuje velmi konformní ozáření s individuálně tvarovanou distribucí dávky do ozařovaného objemu. Strmý spád dávkové distribuce dovoluje aplikovat větší dávku do cílového objemu a šetřit kritické struktury v jeho těsné blízkosti. Verifikace ozařovacích plánů není součástí každodenní rutiny na brachyterapeutickém pracovišti, proto je potřeba nalézt vhodnou efektivní metodu. Pomocí filmové dozimetrie lze provést vyhodnocení dávkové distribuce ve dvou dimenzích s vysokým prostorovým rozlišením. Cílem práce bylo proměření dávkové distribuce pro kovový kruhový povrchový aplikátor o průměru 30 mm (Varian Medical Systems).

Pro účely měření byla použita část dozimetrického fantomu pro Leksellův gama nůž. Tento vodě-ekvivalentní fantom dovoluje přesné uložení gafchromických filmů do vrstev vzdálených 5 mm a fixaci brachyterapeutického aplikátoru na jeho povrchu. Celkem

6 gafchromických filmů EBT3+ bylo uloženo do fantomu ve vzdálenosti 0, 5, 10, 15, 20 a 25 mm od povrchu aplikátoru. Ozáření proběhlo na brachyterapeutickém pracovišti FN Motol. Kalibrace gafchromických filmů byla provedena pomocí ⁶⁰Co na přístroji Leksellův gama nůž Perfexion™. Ozářené filmy byly vyhodnoceny pomocí skeneru Epson Perfection V750 Pro. Výsledky měření jsou prezentovány ve formě isodóz, profilů a dávkově objemových histogramů.

Naměřené dávkové distribuce se shodují s výstupem z plánovacího systému Acuros™. Gafchromické filmy EBT3+ jsou pro své vynikající prostorové rozlišení a jednoduchost použití velmi vhodné pro 2D vyhodnocení dávkových distribucí v oblasti strmých dávkových gradientů.

Tato práce byla podpořena grantem Ministerstva zdravotnictví České republiky (Nemocnice Na Homolce – NNH, 00023884)

Speciální ochranné pomůcky pro intervenční radiologii – zkušenosti z klinické praxe

Kateřina Daníčková¹, Daša Chmelová², Miloslav Roček¹

¹ Klinika zobrazovacích metod, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 00, ČR

² Úsek provozně-technického náměstka, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 00, ČR

katerina.danickova@fnmotol.cz

Intervenční radiologie patří ve spektru radiologických metod k dávkově nejnáročnějším jak z hlediska pacienta, tak i intervenujícího lékaře. Ten musí často během vyšetření stát v nejméně vhodném místě z hlediska radiační ochrany a nevyhne se ani přítomnosti prstů v primárním svazku.

Pro snížení ozáření ruky jsou na trhu dostupné sterilní ochranné rukavice. Alternativní metodou jsou jednorázové sterilní stínící roušky, které se přikládají přímo na pacienta. Publikované klinické studie slibují významnou dávkovou úsporu (až 90 %). Cílem pilotní studie bylo ověřit skutečnou účinnost těchto typů ochranných pomů-

cek v podmínkách klinické praxe jak na angiografickém sále tak i při intervencích vedených pod CT kontrolou.

K monitorování radiační zátěže byl použit přímoodečítající dozimetr Unfors EDD 30. Sonda byla během vyšetření přilepena na dorzální straně levé ruky intervenujícího lékaře. Z naměřených dat je patrné, že jak použití roušky tak i rukavic vede k výrazným snížením dávek (44–90%). Pro dosažení této účinnosti je ale třeba správné polohování a úzká spolupráce radiologa a radiologického asistenta.

Klíčová slova: intervenční radiologie, radiační ochrana, RADPAD®, ochranné rukavice

Porovnání radiační zátěže pracovníků 2. lůžkové stanice KNME 2. LF UK a FN Motol při přechodu od roztoku ^{131}I ke kapslím ^{131}I

Tereza Kráčmerová^{1, 2}, Lenka Jonášová¹

¹ KNME, FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 00, ČR

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

terezakracmerova@gmail.com

Cílem této práce je porovnat radiační zátěž pracovníků přicházejících nejčastěji do styku s ^{131}I během dvou let (od září 2013 do konce srpna 2015). V prvních dvanácti měsících byl pacientům tohoto oddělení podáván roztok ^{131}I . V následujících dvanácti měsících jim byly podávány kapsle s ^{131}I . Sledovali jsme vliv změny lékové formy radiofarmaka na radiační zátěž obsluhujícího personálu.

Porovnání jsme prováděli jednak na základě výsledků měření kontaminace štítné žlázy prováděných na scintilační sondě, jednak na základě osobní dozimetrie (celotělové OSL dozimetrie a TLD prstové dozimetrie) prováděné ve VF, a.s. Černá Hora.

Porovnání výsledků kontaminace štítné žlázy odhalilo fakt, že při používání kapslí s radiojodem se snížila radiační zátěž vybraných pracovníků KNME (personál, který přichází do přímého kontaktu s farmakem – radio-

logičtí asistenti a radiologický technik) o více než 70 % (průměrná aktivita kumulovaná ve štítné žláze se u jednotlivých pracovníků snížila o 60 Bq). Výsledky osobní dozimetrie odhalily výrazné snížení dávkového ekvivalentu Hp(10) vybraných zaměstnanců o více než 60%, u prstových TLD dozimetrů došlo ke snížení dávkového ekvivalentu H(T) o více než 70 %.

U ostatního zdravotnického personálu (zdravotních sester, sanitářů a pracovníků úklidu) však ke změně v radiační zátěži nedošlo. Vyhodnocení osobních dozimetrů ani měření kontaminace štítné žlázy u nich nevykazují významnější odchylky od průměrných hodnot.

Ušetřená radiační zátěž vybraných pracovníků činí přibližně 0,01 man Sv/rok. Výsledky této práce ukazují na to, že lze za použití jiné lékové formy radiofarmaka výrazně snížit radiační zátěž vybraných pracovníků.

Parametry epitermálního svazku neutronů při změnách konfigurace aktivní zóny reaktoru

Vít Klupák, Ladislav Viererbl, Zdena Lahodová, Miroslav Vinš

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

Vit.Klupak@cvrez.cz

Výzkumný reaktor LVR-15 v Řeži slouží jako významný zdroj neutronů jak pro komerční, tak vědecké využití. Snaha o splnění požadovaných podmínek ozařování, efektivní využití jaderného paliva a dodržení limitů a podmínek pro provoz, vede k častým změnám konfigurace aktivní zóny (AZ). Epitermální svazek neutronů reaktoru LVR-15 byl vybudován v rámci výstavby pracoviště pro výzkum v oblasti neutronové zachytové terapie (NZT). Vzhledem k útlumu činnosti okolo NZT a vyšší prioritě dalších ozařovacích zakázek a projektů je konfigurace AZ navrhovaná hlavně z pohledu těchto požadavků než z hlediska optimálních parametrů pro NZT. Stanovení vlivu změny AZ na parametry epitermálního svazku neutronů bylo cílem experimentálního měření, které je, i s výsledky, obsahem presentovaného příspěvku.

Hlavní měření probíhala ve dvou konfiguracích AZ. Lišily se od sebe počtem palivových článků na okraji AZ u ústí svazku epitermálního svazku neutronů. Tyto články se používají ke zvýšení

počtu rychlých neutronů ve svazku. Pro každé měření jsme použili spektrometrickou sadu aktivačních monitorů (Au, Cu, In, La, Mn, Sc, W, Ni) umístěnou volně ve vzduchu v ose svazku. Z aktivit vzniklých sledované radionuklidů byly stanovené reakční rychlosti, které byly využity k výpočtu fluence neutronů pro tepelnou, epitermální a rychlou oblast neutronového spektra. Pro porovnání vlivu na dávkový příkon záření gama jsme použili sadu termoluminiscenčních dozimetřů.

Doplňujícím měřením bylo stanovení změny neutronového spektra v termalizačním bloku oproti konfiguraci volně ve vzduchu. Termalizační blok je válcové polyetylenové pouzdro, do kterého lze umístit drobné vzorky. Stanovení fluence neutronů i měření dávkové příkonu záření gama byla provedena stejnými metodami jako při porovnání vlivu změny v konfiguraci AZ. Předložená práce vznikla za finančního přispění projektu SUSEN CZ.1.05/2.1.00/03.0108, který je realizován v rámci Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF).

Scintilační charakteristiky Mg^{2+} kodopovaných $(\text{Lu}, \text{Gd})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ epitaxních granátových vrstev

Petr Průša^{1, 2}, Miroslav Kučera³, Martin Nikl², Jiří A. Mareš²,
Martin Hanuš³, Zuzana Onderišinová³

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 10/112, Praha 6, 162 00, ČR

³ Fyzikální ústav UK, Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita, Ke Karlovu 5, Praha 2, 121 16, ČR

petr.prusa@fjfi.cvut.cz

První scintilující Ce dopovaný granát, YAG : Ce ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$), existuje od 70. let. Pro nízké efektivní atomové číslo se nehodí k detekci záření γ . Zvýšení detekční účinnosti bylo dosaženo nahrazením Y za Lu, leč za cenu zintenzivnění pomalých složek dosvitu způsobených mělkými elektronovými pastmi tvořených Lu_{Al} antisite defekty.

Pokusy omezit vliv antisite defektů pomocí tzv. band-gap engineeringu probíhající v minulém desetiletí uspěly. Žádoucího efektu se dosáhlo snížením dna vodivostního pásu tak, že se pasti do něj zanoří. Dno vodivostního pásu se posouvá dolů při nahrazení části Al za Ga. Negativem tohoto posunutí je vyšší pravděpodobnost ionizace excitovaného stavu Ce. Nežádoucí ionizace kompenzujeme záměnou Lu za Gd. Materiály $(\text{Lu}, \text{Gd})_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ oproti $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ vykazují více než řádové snížení intenzity pomalé složky odezvy a zhruba trojnásobné zvýšení světelného výtěžku až na více než 50 000 fotonů/MeV.

Další zrychlení odezvy lze teoreticky dosáhnout drobnou, leč význam-

nou změnou scintilačního mechanismu. V původních Ce dopovaných granátech je luminiscenčním centrem iont Ce^{3+} , jenž nejprve zachytává díru, čímž se stává iontem Ce^{4+} , následně zachytává elektron. Takto excitované Ce^{3+} centrum vyzařuje scintilační foton.

Alternativně použitelná stabilní centra Ce^{4+} se nejprve excitují zachycením elektronu, následuje emise fotonu a návrat do původního stavu zachycením díry. Stabilní Ce^{4+} ionty jsou připraveny ihned konkurovat (převládajícím) elektronovým pastem bez potřeby nejdříve zachytit díru. Vliv elektronových pastí na odezvu se snižuje, ta se tak zrychluje. Stabilní Ce^{4+} ionty lze vytvořit kodopací dvojmocnými ionty (Mg^{2+} , Ca^{2+}). Daný přístup byl nejdříve testován na metodou micropulling down vyráběných monokrystalech. Zde prezentujeme světelné výtěžky a dosvitové křivky monokrystalických epitaxních vrstev $(\text{Lu}, \text{Gd})_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ kodopovaných Mg^{2+} ionty.

Metrologie, měření a přístrojová technika

Výsledky projektu „Vývoj nových scintilačních detektorů a pokročilé technologie testování“

Hana Burešová¹, Ivan Štekl², Jiří Hůlka³

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

² ÚTEF ČVUT, Horská 3a/22, Praha 2, 128 00, ČR

³ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

hana.buresova@envinet.cz

V rámci projektu ALFA TA02010896 spolufinancovaného Technologickou agenturou České republiky řešili v období od začátku roku 2012 do konce roku 2014 pracovníci tří organizací – Ústavu technické a experimentální fyziky ČVUT, Státního ústavu radiační ochrany a ENVINET a.s. společně problematiku vývoje nových scintilačních detektorů a pokročilých technologií testování.

Hlavním tématem projektu byl vývoj scintilačních materiálů na bázi polystyrenu s cílem dosažení lepšího energetického rozlišení, které by umožnilo využití jak v průmyslových aplikacích jako detekčních prvků zdrojů ionizujícího záření (např. hladinoměry, hustoměry), tak zejména ve vědeckých apli-

kacích v celém světě používajících velkoobjemové scintilační detektory pro detekci ionizujícího záření různých typů, např. velké experimenty řešené v široké mezinárodní spolupráci jako je projekt SuperNEMO (měření bezneutrinového dvojitého rozpadu beta). Součástí řešení bylo také zavedení pokročilých technologií testování finální produkce scintilačních detektorů – především měření energetického rozlišení velkoobjemových scintilačních detektorů jako rozhodujícího parametru pro jejich využití v moderních detektorech a přístrojích a dále zavedení kontroly přítomnosti radioaktivních příměsí, což hraje dnes důležitou roli pro využití scintilačních detektorů ve vědeckém výzkumu.

Nová jednotka pro detekci kosmických mionů

Josef Voltr¹, Hana Burešová², Jiří Hůlka¹, Rastislav Hodák³, Josef Kos⁴,
Pavel Novák², Petr Mašek³, Petr Přidal³, Petr Rulík¹, Pavel Skoták²,
Jan Surý², Ivan Štekl³

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

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

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

⁴ TEMA s.r.o., Tachovská 1290/64, Praha 10, 100 00, ČR

josef.voltr@suro.cz

V rámci Centra kompetence RANUS-TD je vyvíjen prototyp „Zodolněné jednotky pro detekci radiace nezávislé na externím zdroji (využití mionů)“. Jednotka využívá plastové scintilátory, které ovšem při předpokládaných rozměrech mají odezvu závislou na místě vletu částice. Do popředí se pak dostává otázka nastavení diskriminační úrovně. Byla tedy prováděna měření vlastností takových scintilátorů pomocí energetických částic i při detekci mionů. Byla také zkoumána varianta použití světlovodných vláken ke sběru světelného

impulzu a dále koincidenční zapojení při použití dvou scintilátorů. Byla vyrobena speciální elektronika zahrnující dvě cesty zesilovač + diskriminátory + vn zdroj a vyvinuta metodika nastavení všech parametrů. Možnou aplikací jednotky pro detekci mionů je „kosmické veto“ – systém, který potlačuje část pozadí ve spektru např. HPGe detektoru způsobenou právě miony. Tato měření proběhla v nízkopozadové laboratoři SÚRO. V práci jsou prezentovány dosažené výsledky.

Saturační koeficient ionizačních komor

Ivan Kovář, Richard Wagner

Oddělení dozimetrie záření, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8,
180 86, ČR

kovar@ujf.cas.cz

Saturační koeficient určujeme nelineární metodou nejmenších čtverců ze saturačních křivek, tj. závislosti sebraného náboje na napětí komory. Měření byla provedena v různých svazcích (kon-

stantní, pulsní) a s různými komorami. Takto určené koeficienty jsou porovnány s koeficienty vypočtenými metodou dvou napětí.

Terénní měření záření gama pomocí průzkumného robotu

Luděk Žalud, Tomáš Lázna

CEITEC VUT, Technická 3058/10, Brno, 616 00, ČR

t.lazna@gmail.com

Monitorování radiace v žádané lokalitě patří mezi úlohy, které nejsou příliš vhodné pro realizaci člověkem. Jedním z důvodů je potenciální ohrožení zdraví ionizujícím zářením. Dále je problém s tím, že měření v rozsáhlé oblasti je časově náročné a člověk není schopen přísně rovnoměrného pokrytí dané oblasti. Proto se v této oblasti nabízí aplikace mobilních robotických systémů. Robot může do značné míry pracovat autonomně a je odolný vůči radiaci.

Náš tým vyvinul čtyřkolový mobilní robot Orpheus-X3. Je vybaven přesným vektorovým RTK-GNSS přijímačem, pomocí kterého lze určovat pozici robotu s přesností na centimetry. V realizovaných experimentech byl robot osazen detekčním systémem pro gama záření s citlivým scintilačním detektorem. Na základě záznamu četnosti impulsů, geografických souřadnic a synchronizační časové známky je možné sestavit poměrně přesnou plošnou radiací mapu.

Na začátku je nutné ručně nadefinovat čtyři body ohraničující přibližně obdélníkovou oblast, ve které proběhne měření radiací mapy. Řídicí algoritmus vypočítá na základě definovaného kroku měřicí trajektorii a vytvoří pole bodů, kterými musí robot projet. K experimentu tedy není nutná další účast lidské obsluhy. Náš systém je s použitým detektorem schopen s krokem 1 m lokalizovat takové radionuklidové zdroje záření, které generují dávkový příkon aspoň $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ na vzdálenost 1 m. Dokáže zmapovat plochu 10 m^2 přibližně do 3 minut.

Vývoj měřicího systému je teprve v počátku, ale dosavadní výsledky se jeví slibně. Očekává se úprava algoritmů pro inteligentní řízení robotu, které umožní zefektivnění lokalizace bodových zdrojů. Rovněž se nabízí úprava navigace robotu tak, aby bylo možné měření v uzavřených prostorech bez GNSS signálu.

Energy Windowing Algorithm for Discrimination of Natural and Man-made Radionuclides Contribution in Air Kerma Rate

Petr Sládek¹, Marcel Ohera²

¹ 1, PicoEnvirotec, Snidercroft, Toronto-Concord, Canada

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

envimo@seznam.cz

Detektory na bázi velkoobjemových plastických scintilátorů jsou stále častěji používány pro citlivou detekci záření gama, směrová měření v radiacním poli, vyhledávání zdrojů záření a radioaktivní kontaminace, jakož i citlivé stanovení kermového příkonu záření gama ve vzduchu. Firma PICO Envirotec Inc. využívá plastické detektory různých objemů vyrobené společností ENVINET pro systémy mobilního monitorování radiační situace. V práci byla řešena problematika zpracování spekter plastických scintilátorů pro diskriminaci odezvy přírodních a umělých radionuklidů.

Vzhledem k typickým spektrometrickým vlastnostem plastického detektoru (nejsou detekovány žádné fotopíky, pouze rozptýlené Comptonovo záření) je velmi těžké stanovit ze spektra, zda ke kermovému příkonu přispívají umělé nebo přírodní nuklidy. Za tímto účelem byly zkoumány a testovány 3 různé přístupy zpracování energetického spektra s využitím definovaných energetických oken (Energy Windowing), v nichž byly porovnávány rozdíly energetického spektra. V prv-

ním metodě bylo navrženo celkem pět nepřekrývajících se energetických oken v rozsahu cca do 3 MeV na základě měření maxima poměrů signál/šum pro následující nuklidy: ⁵⁷Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs a ⁶⁰Co. Metoda byla navíc zaměřena na odlišení ²³⁸U/²³²Th a jejich směsi. Tato metoda využívala porovnání tvarů naměřeného energetického spektra s pozadím. Algoritmy byly ověřovány na detektoru cylindrické geometrie 90 × 90 mm s různými zdroji záření, jejich kombinacemi a při různých kermových příkonech. Druhá a třetí metoda nevyužívaly porovnávání spektra s pozadím a ukázaly se jako vhodnější pro extrémně nízká lokální pozadí. Při real-time zpracování spekter bylo použito technik dekonvoluce, u třetí metody bylo také testováno použití kvadratické komprese spektra. Navržené algoritmy byly otestovány a implementovány do SW aplikace PEI-Core (Android) pro přenosné spektrometrické systémy PGIS-2 (Portable Gamma-Ray Spectrometer). Z provedených testů vyplývá velmi dobrá úspěšnost rozlišení, která je vyšší než 95 %.

Alaninová/EPR dozimetria pre oblasť radiačnej onkológie

Norman Durný

Slovenský metrologický ústav, Karloveská 63, Bratislava, 842 55, SR

durny@smu.gov.sk

Práca je zameraná na výskum aplikácie alaninovej/EPR dozimetrie pre oblasť radiačnej onkológie ako jednej z možných dozimetrických metód pre meranie absorbovaných dávok aplikovaných pacientom v externej rádioterapii pomocou ionizujúceho žiarenia (zväzkov fotónov, elektrónov resp. hadrónov).

Výskum bol realizovaný na komerčne dostupnom dozimetrickom EPR systéme e-scanTM od firmy Bruker-BioSpin s použitím súčastí národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama SMU v nasledovných fázach:

Zistenie a popísanie metrologických vlastností systému Bruker e-scanTM na báze alaninovej/EPR dozimetrie v štandardnom meracom rozsahu v oblasti $(100 \div 10)$ Gy.

Zistenie a popísanie metrologických vlastností a možností použitia systému Bruker e-scanTM na báze alaninovej/EPR dozimetrie v rozsahu rozšírenom meracom rozsahu pre oblasť radiačnej onkológie $(10 \div 1)$ Gy.

Návrh metód, úprav a modifikácií systému Bruker e-scanTM na báze alaninovej/EPR dozimetrie pre zlepšenie

parametrov v rádioterapeutickej oblasti so zameraním na dosiahnutie cieľa stanovenia celkovej obdržanej therapeutickej dávky dodanej pacientovi s relatívnou kombinovanou štandardnou neistotou podľa najnovších odporúčaní WHO a MAAE.

Vypracovanie metodického postupu (pracovného postupu SMU) na meranie so systémom Bruker e-scanTM na báze alaninovej/EPR dozimetrie.

V prvých dvoch fázach boli sledované vplyvy kalibrácie systému a nastavení parametrov spektrometra na základné metrologické parametre ako opakovanosť, reprodukovateľnosť, koeficient variácie, linearita odozvy a najväčšia dovolená chyba. Boli sledované aj drift spektrometra a fading odozvy dozimetrom po ožiarení. Výsledky boli porovnané s kritériami vybraných medzinárodných a európskych harmonizovaných technických noriem z príbuzných oblastí dozimetrie.

Po vyhodnotení výsledkov z prvých dvoch fáz výskumu boli navrhnuté úpravy spektrometrického systému Bruker e-scanTM v softvérovej a hardvérovej oblasti.

Metrologická legislatíva v oblasti ionizujúceho žiarenia

Jarmila Ometáková, Andrej Javorník

Pracovná skupina ionizujúceho žiarenia, Slovenský metrologický ústav,
Karloveská 63, Bratislava, 842 55, SR

ometakova@smu.gov.sk

Pri overovaní určených meradiel sme v praxi zistili, že je potrebné upozorniť odbornú verejnosť, používateľov a tiež výrobcov alebo dovozcov určených meradiel na niektoré fakty vyplývajúce z legislatívy týkajúcej určených meradiel pre oblasť ionizujúceho žiarenia.

Určené meradlá sú v zmysle zákona o metrologii 142/2000 Z. z. meradlá určené na povinnú metrologickú kontrolu alebo posúdenie zhody. Vykonávateľ overenia pri overení zistí, či meradlo daného druhu podlieha schváleniu typu. Ak áno, zistí, či sa meradlo zhoduje so schváleným typom a či spĺňa technické a metrologické požiadavky na daný druh meradla platné ku dňu schválenia typu. Či určené meradlo podlieha schváleniu typu alebo nie, rovnako ako interval následného overenia je dané vyhláškou ÚNMS SR č. 210/2000 z. z. v znení neskorších predpisov. Vymedzenie meradiel aktivity rádionuklidov, ich charakteristika a spôsob ich metrologickej kontroly je predmetom prílohy č. 43 k vyhláške č. 9/2001 Z. z. Meradiel dozimetrických veličín sa týka prílohy č. 41.

V praxi však pri takomto znení vyhlášky 210/2000 Z. z. môže nastať

situácia, že pre ten istý typ meradla sa môže vyžadovať schválenie typu, alebo aj nie. Závisí to od účelu použitia určeného meradla. Podobný problém spôsobuje príloha č. 43 k vyhláške 9/2001, ktorá charakterizuje bližšie meradlá aktivity rádionuklidov. Najmä pri gamaspektrometrických prístrojoch a zostavách je potrebné pri posúdení, či meradlo podlieha schváleniu typu vziať do úvahy účel použitia. Gamaspektrometer používaný na meranie veličín rádioaktívnej premeny pri kontrole dodržiavania limitov v oblasti radiačnej ochrany a na dôkazové merania v rámci radiačnej monitorovacej siete schválenie typu nepotrebuje. Schválenie typu sa však vyžaduje pre gamaspektrometer používaný na kontrolu dodržiavania prevádzkových limitov a na kontrolu referenčných úrovní aktivity a objemovej aktivity z výpustí jadrových zariadení.

Podobný problém je napr. aj s kvalitnými scintilačnými spektrometrami.

SMU v tomto smere plánuje podať podnet na Úrad pre normalizáciu, metrologiu a skúšobníctvo s cieľom odstrániť problematické požiadavky z legislatívy.

Gamaspektrometrické stanovení čistých zářičů beta prostřednictvím brzdného záření měřeného pomocí HPGe detektoru

Karin Fantínová, Petr Rulík

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

karin.fantinova@suro.cz

Gamaspektrometrické stanovení čistých zářičů beta prostřednictvím brzdného záření může představovat možnost jejich rychlé detekce, identifikace a stanovení aktivity zejména v případě havarijního monitorování. Měření brzdného záření lze snadno provést pomocí HPGe detektorů, standardně používaných při rutinních laboratorních měřeních vzorků, hodnocených z hlediska obsahu radionuklidů emitujících záření gama. Práce je věnována detekci čistého beta zářiče ^{90}Sr (za předpokladu jeho rovnováhy s dceřiným ^{90}Y) a odhadu jeho aktivity.

Stanovení aktivity čistého zářiče beta, přítomného v měřeném vzorku, je možné za předpokladu správně kalibrovaného detekčního systému. Experimentálně prováděné kalibrace pro měření obsahu ^{90}Sr pomocí gelových kalibračních etalonů byly doplněny Monte Carlo (MC) kalibracemi, které umožnily rozšířit metodu o stanovení i jiných čistých zářičů beta v různých maticích vzorků.

Matrici potenciálně kontaminovanou ^{90}Sr by mohla být půda, voda, mléko nebo maso, proto byly pomocí MC simulací vypočteny koeficienty pro pře-

počet účinnosti generování brzdného záření v matici a jeho detekce v HPGe detektoru získané měřením gelového etalonu s homogenně rozptýleným ^{90}Sr na tyto matrice.

V rámci práce byly zkoumány možnosti odečtu spekter radionuklidů standardě přítomných v přírodních vzorcích, které vedly k přesnějšímu odhadu aktivity ^{90}Sr na pozadí těchto radionuklidů.

Minimální detekovatelná aktivita (MDA) ^{90}Sr pro vzorek půdy, měřený v 200 ml válcové nádobě umístěné na HPGe detektoru s 10% relativní účinností po dobu 1 hodiny, byla odhadnuta na 300 Bq/kg. Jedná se o ideální hodnotu MDA stanovenou z měření spektra pozadí. Pro reálný vzorek půdy s obsahem radionuklidů 17 Bq/kg U řady, 6 Bq/kg Th řady, 100 Bq/kg ^{40}K a 0,6 Bq/kg ^{137}Cs byla MDA za stejných podmínek odhadnuta na 1300 Bq/kg. Při jednodenním měření lze MDA snížit na několik set Bq.

Práce byla prováděna s podporou projektu Ministerstva vnitra ČR VF20102015014 v rámci programu Bezpečnostního výzkumu ČR.

MCNP6 Monte Carlo simulace kalibračních místností na Ústavu OPZHN Univerzity obrany ve Vyškově pro stanovení kermového příkonu u detektorů záření gama

Marcel Ohera¹, Petr Sládek², Daniel Sas³

¹ 1, EnviMO Brno, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

² 2, Pico Envirotec, Snidercroft, Toronto-Concord, Canada

³ 3, Univerzita obrany, UOPZHN, Víta Nejedlého 1, Vyškov, ČR

envimo@seznam.cz

Na Ústavu OPZHN Univerzity obrany byla v rámci řady projektů a spolupráce s firmami (např. Envinet, a.s. a PICO Envirotec) prováděna kalibrace různých detektorů záření gama na příkon fotonového dávkového ekvivalentu a kermový příkon ve vzduchu.

Doposud byly kalibrace prováděny v provizorní místnosti na Ústavu OPZHN se zdroji záření, které umožňovaly kalibrování do hodnot kermového příkonu maximálně 100 $\mu\text{Gy/h}$.

Metodika kalibrace byla prezentována na DRO 2013. Pro kalibraci byly používány ^{137}Cs , ^{60}Co a ^{152}Eu . Zdroje s aktivitami (jednotky GBq) byly při expozici dálkově ovládány a vysunuty z přenosných krytů. Vzdálenost zdroj-detektor bylo možno měnit v rozsahu 2 m až 8 m. Měření vzdáleností střed detektoru a zdroj bylo prováděno laserovým měřidlem Bosch DLE 40 Professional Laser Rangefinder. Toto uspořádání umožňovalo provádět kalibraci kermového příkonu v rozsahu od 0,1 $\mu\text{Gy/h}$ (pozadí místnosti) až maximálně 100 $\mu\text{Gy/h}$.

Ionizační komora RSS-112 Reuter&Stokes, certifikovaná ČMI, byla

pro tyto účely zapůjčena ze SÚJB Praha. Expoziční příkon byl převeden na příkon fotonového dávkového ekvivalentu v $\mu\text{Sv/h}$ a kermový příkon ve vzduchu v $\mu\text{Gy/h}$. Protože aktuální certifikát vydaný ČMI zaručoval údaje s přesností $\pm 25\%$ od konvenčně pravé hodnoty, byl použitý kód MCNP6 Monte Carlo pro výpočet kermového příkonu ve vzduchu pro používané vzdálenosti (2 m až 8 m) a zdroje (^{60}Co , ^{137}Cs a ^{152}Eu). Byly vypočteny standardní tally 4 a tally 6 a stanoven kermový příkon ve vzduchu, který byl porovnán s naměřenými hodnotami pomocí komory RSS-112 Reuter&Stokes.

V současné době Ústav OPZHN Univerzity obrany ve Vyškově dokončuje realizaci kalibrační místnosti s laboratorním ozařovačem LI-52, výrobce VF Instruments, který bude umožňovat využívat zdroje záření s vyššími aktivitami (řádově desítky GBq) a dosažení vyšších kermových příkonů. U nové kalibrační místnosti byl proveden stejný postup s využitím simulace pomocí MCNP6 Monte Carlo jak v případě provizorní kalibrační místnosti.

Porovnání postupů pro výpočet korekce na samoabsorpci fotonů gama

Tereza Svobodová¹, Miroslav Hýža¹, Petr Rulík¹, Jaroslav Vlček²

¹ Pobočka Praha, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Pobočka Hradec Králové, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tereza.svobodova@suro.cz

Pro přesné stanovení specifické aktivity radionuklidů pomocí spektrometrie záření gama je nezbytné brát v úvahu samoabsorpci fotonů v samotném vzorku, zejména v objemných vzorcích životního prostředí. Samoabsorpci záření ovlivňuje mnoho faktorů, mezi které patří složení materiálu vzorku, hustota materiálu, rozměry vzorku a energie zeslabovaných fotonů gama.

Pro běžné vzorky, u kterých je složení matrice známé nebo jej lze odhadnout, můžeme s určitou přesností stanovit korekce pomocí výpočtu např. použitím tabelovaných hodnot lineárního součinitele zeslabení. U vzorků se složitější matricí nebo s obsahem prvků s vyšším protonovým číslem, jako např. železo, kde se více projeví samoabsorpce ve vzorku, je nutné použít náročnější postup s transmisním měřením lineárního součinitele zeslabení. Vět-

šina výpočtů dále vychází ze zjednodušených předpokladů o rozměrech měřicí aparatury a drah fotonů procházejících ze vzorku do aktivní části detektoru. Pro stanovení korekcí na samoabsorpci v environmentálních vzorcích je běžně používáno experimentální zjištění koeficientu zeslabení jednotlivých vzorků. Časově úspornější způsob je stanovení korekcí pomocí sady absorpčních křivek pro sérii vzorků, které se příliš neliší složením. Poslední a v dnešní době velmi rozšířenou metodou je stanovení korekcí simulací Monte Carlo. U vzorků s neznámým složením lze tuto simulaci kombinovat se stanovením lineárního součinitele zeslabení transmisní metodou.

V této práci bylo provedeno srovnání používaných postupů a jejich vhodnost pro různé typy materiálů.

Referenčné radiačné polia Národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama

Norman Durný

Slovenský metrologický ústav, Karloveská 63, Bratislava, 842 55, SR

durny@smu.gov.sk

Referenčné radiačné polia realizované ožarovačmi Tema IM6/M a IM4/P a Chizobalt75 ako súčasťou Národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama tvoria základ pre odovzdávanie dozimetrických veličín na etalóny a meradlá nižších rádov v SR.

Referenčné radiačné polia Národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama sú realizované v súlade s medzinárodnými odporúčaniami technických noriem STN ISO 4037-1:2004, STN ISO 4037-2:2004, ISO 4037-3:2002 a ISO 29661:2012. Sú kalibrované a nadviazané na primárny etalón kermu vo vzduchu SMU a primárny eta-

lón absorbovanej dávky vo vode NPL. Pokrývajú potrebné veličiny a rozsahy pre oblasti radiačnej ochrany, radiačnej onkológie a oblasť životného prostredia.

V roku 2015 na SMU v rámci rekalibrácie Národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia gama bolo uskutočnené aj mapovanie referenčných radiačných polí zamerané na zisťovanie ich symetrie a homogenity s porovnaním s výsledkami z minulosti, najmä z roku 2000–2001 ktoré boli realizované po inštalácii ožarovačov Tema IM6/M a IM4/P v rámci prípravy na schválenie a vyhlásenie etalónu za národný etalón.

Stanovení zeslabovací schopnosti materiálů ve svazcích rentgenového záření akreditovaným zkušební postupem podle normy ČSN EN 61331-1

Martina Vtelenská, Libor Judas

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

martina.vtelenska@suro.cz

V laboratoři dozimetrie rentgenového a gama záření Státního ústavu radiční ochrany, v. v. i. provádíme od roku 2011 akreditovaný zkušební postup „Stanovení zeslabovací schopnosti materiálu pro rentgenové záření“ podle normy ČSN EN 61331-1. Zeslabovací schopnost zkoušeného materiálu se stanoví měřením odezvy referenční ionizační komory ve svazku rentgenového záření. Měřenou veličinou je kerma ve vzduchu nebo příkon kermu ve vzduchu. Odezva je změřena nejprve pro svazek bez zkoušeného předmětu a

následně pak se zkoušeným předmětem v geometrii udané normou. Poté se změří zeslabovací křivka pro 4 až 6 tloušťek referenčního materiálu (nejčastěji Pb) v téže geometrii. Vliv zkoušeného předmětu na změnu odezvy ionizační komory je pak porovnán s vlivem referenčního materiálu a na základě tohoto porovnání je stanoven ekvivalent zeslabení zkoušeného materiálu. V současné době modifikujeme zkušební postup tak, aby vyhovoval požadavkům nové edice uvedené normy (ČSN EN 61331-1, ed. 2).

Proměření intenzity a homogenity radiačního pole v pilotním výrobku ozařovače transfúzních přípravků

Tomáš Urban¹, Ondřej Končák²

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

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

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

Po předchozí analýze stínících vlastností strojírenského návrhu ozařovače transfúzních přípravků byl zkonstruován pilotní výrobek ozařovače. Dalším krokem (na zkonstruovaném výrobku) bylo experimentální proměření intenzity a homogenity radiačního pole v ozařovací komoře ozařovače. Měření bylo rozděleno do dvou částí, v prvním kroku bylo cílem určit v ozařovací komoře dávkový příkon, druhý krok experimentu dále spočíval v proměření homogenity radiačního pole v ozařovací komoře (v příčném i hloubkovém směru/profilu). Dávkový příkon byl určen měřením pomocí ionizační komory umístěné v zájmovém místě (dozimetrický kanál ozařovače), homogenita radiačního pole potom pomocí pasivních detektorů

(termoluminiscenčních dozimetrů, resp. gafchromických filmů) v pravidelném/definovaném uspořádání. V práci byl zvolen modelový přístup, ve kterém bylo předpokládáno, že v dané ozařovací komoře bude v daném okamžiku ozařován jen jeden (resp. maximálně dva) sáček s daným vzorkem (krev, resp. krevní derivát). Daný prostor (pro jeden sáček) odpovídá objemu cca 250 ml, což je typický objem ozařovaného vzorku na hematologických pracovištích.

Tato práce byla podpořena grantem TAČR program ALFA, ev. č. TA02010372, grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS15/217/OHK4/3T/14 a RVO: 68407700.

Rozšířený Bonnerův spektrometr neutronů

Zdenek Vykydal, Miloslav Králík, Jaroslav Šolc

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

zvykydal@cmi.cz

Princip neutronové spektrometrie na bázi moderačních polyethylenových sfér byl popsán v publikaci Bramblett et al. již v roce 1960. Originální sada sestává z polyethylenových moderačních sfér o průměru 2 až 12 palců a slouží pro měření tvaru spojitého neutronového spektra v rozsahu energií od jednotek meV do 20 MeV. Pro energie neutronů vyšší než 20 MeV jsou odezvy jednotlivých sfér již lineárně závislé a není možné je použít k výpočtu spektrometrické informace. Využití větších polyethylenových sfér je přitom problematické kvůli špatné manipulovatelnosti díky jejich velkým rozměrům a hmotnosti. Wiegel et al. v publikaci z roku 2002 navrhli použití moderačních sfér s vnějšími slupkami vyrobenými z olova nebo mědi. Kovová slupka zlepšuje odezvu dané sféry v oblasti

vysokých energií neutronů a efektivně tak rozšiřuje energetický rozsah měření. Tento příspěvek popisuje konstrukci rozšířeného Bonnerova spektrometru v ČMI, sestávajícího z 10 polyethylenových sfér o průměrech 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 10 a 12 palců (rozměry se z historických důvodů udávají v palcích), dvou sfér o průměru 7 palců s vnitřní kovovou slupkou z wolframu a olova o tloušťce 0,5 palce a jedné sféře o průměru 9 palců s vnitřní olověnou slupkou o tloušťce 1 palec. Dále je popsán výpočet odezvových funkcí v rozsahu 10^{-9} až 10^4 MeV pro různé typy pasivních a aktivních detektorů a příklad využití spektrometru pro stanovení dávky od sekundárních neutronů během protonové radioterapie ve spolupráci s Protonovým centrem Praha.

Vlastnosti konfokální rentgenové fluorescenční aparatury s pohyblivou kolimační optikou

Radek Prokeš, Tomáš Trojek

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

radekpro@seznam.cz

Rentgenová fluorescenční analýza (RFA) je nedestruktivní metoda zkoumání prvkového složení měřených vzorků. Je založena na detekci tzv. charakteristického záření X, které ve vzorcích vzniká při jejich ozařování ionizujícím zářením. Prvková analýza vzorků metodou RFA využívá faktu, že energii char. záření X lze jednoznačně přiřadit protonovému číslu daného prvku. Konfokální rentgenová fluorescenční analýza je moderní varianta klasické RFA, která na rozdíl od ní umožňuje získat informaci o hloubkové distribuci prvků ve vzorku. Obě varianty se mírně konstrukčně odlišují. Přístroj pro konfokální RFA obsahuje dva prvky rentgenové optiky, tzv. polykapilární čočky. Primární optika fokusuje záření X z rentgenky dopadající na vzorek. Char. záření X ze vzorku pak prochází do detektoru přes sekundární optiku. Obě optiky jsou vzájemně nastaveny tak, aby se jejich ohniska

překrývala. V prostoru pak překryv ohnisek vytvoří miniaturní konfokální objem. V ideálním případě jsou detekovány pouze fotony přicházející do detektoru z tohoto objemu. Hloubkově rozlišená informace o prvkovém složení je pak získána postupným skenováním vzorku konfokálním objemem kolmo na povrch vzorku. Na KDAIZ FJFI ČVUT v Praze byl zkonstruován přístroj pro konfokální RFA. Zdrojem primárního záření X je rentgenová trubice s připojenou fokusační polykapilární optikou (komplet X-Beam Superflux PF). Sekundární optika je umístěna na motorizované plošině pohyblivé ve všech třech osách. Příspěvek se zabývá hledáním optimálního konfokálního uspořádání tohoto přístroje a zkoumá jeho nejdůležitější vlastnosti (prostorové rozlišení a detekovanou četnost impulsů) v závislosti na vzájemné poloze primární a sekundární optiky.

Vliv geometrie měření při kalibracích pozemních gama spektrometrů – aplikace metody Monte Carlo

Kamila Johnová¹, Lenka Thinová¹, Radek Černý²

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

² SÚJCHBO v.v.i., Kamenná 71, Milín, 262 31, ČR

johnova.kamila@gmail.com

Kalibrační základna Střediska monitorování a karotáže TÚU o. z. ve Stráži pod Ralskem slouží od roku 2009, kdy sem byla přesunuta z Bratkovic, pro kalibrace přenosných, automobilových, leteckých a karotážních spektrometrů využívaných při geologických měřeních a mapování životního prostředí. V současném uspořádání jsou v budově základny k dispozici čtyři povrchové, čtyři karotážní a dva karotážní vrstevnaté standardy.

V rámci ověřovacích měření po přestěhování kalibračních standardů z Bratkovic do Stráže pod Ralskem proběhla v areálu kalibrační základny série měření se stíněním sondy pro odhad příspěvku radiace stěn do spekter nabíraných na jednotlivých standardech při kalibračním měření. Výsledky této práce jsou uvedeny v Matolín M. et al., (2010), Přestěhování kalibrační základny pro terénní spektrometry gama z Bratkovic do Stráže pod Ralskem, technická zpráva, DIAMO s.p.

Naše práce nabízí mnohem detailnější rozbor vlivu okolních prvků (nejen stěn, ale i podlahy, dalších standardů atd.) na měření. Na základě technické dokumentace byl vytvořen model celé základny využívající kód MCNP, kdy příspěvek každého z možných zdrojů do spektra byl zkoumán zvlášť.

Aby bylo možné porovnat výsledky výpočtů a měření, byla modelována skutečná sonda Gamma Surveyor 3"×3" NaI(Tl), pomocí které byla také provedena měření na každém standardu. Dále proběhl odběr vzorků všech materiálů použitých v modelu a stanovení koncentrace K, U, Th pomocí HPGe laboratorní gama spektrometrie. Pro posouzení příspěvku vzdušného radonu bylo též provedeno stanovení koncentrace radonu a EOAR.

Prezentovaný příspěvek shrnuje postup tvorby modelu i měření, představuje vybrané výsledky simulací a porovnání vypočtených a naměřených dat.

Vývoj a certifikace kvalifikované inteligentní sondy příkonu gama

Aleš Jančář, Petr Okruhlica

VF, a.s., Svitavská 588, Černá Hora, 679 21, ČR

jan1@vf.cz

Prezentace zahrnuje problematiku vývoje kvalifikované sondy příkonu gama a její certifikace. Podrobněji budou rozebírány zákonné a norma-

tivní požadavky, nároky na množství a rozsah zkoušek, dále na kvalifikační dokumentaci a v neposlední řadě požadavky na certifikaci.

Experimentální měření emise sekundárních neutronů při protonové radioterapii

Aleš Jančář¹, Zdeněk Kopecký¹, Zdeněk Matěj^{1, 2}, Martin Veškna^{1, 2}

¹ VF, a.s., Svitavská 588, Černá Hora, 679 21, ČR

² Masarykova Univerzita, Botanická 68a, Brno, 612 00, ČR

ales.jancar@vf.cz

Príspevek zahrnuje experimentální měření sekundární emise neutronů na pracovišti protonového centra v Praze. Sekundární neutrony byly generovány při interakcích primárního protonového svazku o energiích v rozmezí 100 až 200 MeV s plastovým fantomem

a detekovány scintilačním detektorem. Sekundární neutrony byly identifikovány metodou pulsní tvarové diskriminace (PSD). Kvalita rozlišení PSD byla studována s použitím nově zkonstruované moderní elektroniky s vysokou vzorkovací frekvencí až 2 GHz.

Skúmanie závislosti hraničnej mernej energie od počtu vyfajčených cigariet pre predikciu radónového rizika

Radoslav Böhm¹, Antonín Sedlák², Karol Holý³

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

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

³ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

bohm@fmph.uniba.sk

Rozpadové produkty radónu a fajčenie patria medzi najvýznamnejšie faktory, ktoré vyvolávajú rakovinu pľúc. Miera vzájomného pôsobenia týchto polutantov však nie je dostatočne preskúmaná a je predmetom záujmu mnohých štúdií. Cigaretový dym obsahuje množstvo chemických látok, ktoré sa dráždením sliznice dýchacích ciest podieľajú na zvýšenej produktivite hlienovej vrstvy. U dlhodobých fajčiarov dochádza okrem hyperprodukcie hlienu k vzniku chronickej obštrukcie,

ktorá má za následok kumuláciu produktov premeny v mukóznej vrstve dýchacích ciest a zvýšenie radiačnej záťaže pľúcneho tkaniva. Na skúmanie vzájomného pôsobenia oboch polutantov sa osvedčil model prahovej energie z , ktorá závisí od počtu vyfajčených cigariet $z(s)$. Cieľom práce bolo preskúmanie tejto závislosti $z(s)$ pomocou epidemiologických modelov a predikcia radónového rizika pre rôzne fajčiarske návyky.

Štúdium koncentrácií radónu v bytových priestoroch v lokalitách s rôznym pôdnym radónovým potenciálom

Attila Moravcsík¹, Monika Müllerová¹, Karol Holý¹, Martin Bulko¹,
Iveta Smetanová², Radoslav Böhm¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

² Ústav vied o Zemi SAV, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, Bratislava, 840 05, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

Otázka ochrany zdravia človeka pred ionizujúcim žiarením je v súčasnej dobe diskutovanou témou. Podľa smernice rady EÚ 2013/59/EURATOM je potrebné v členských krajinách EÚ realizovať národné akčné plány na riešenie dlhodobých rizík vyplývajúcich z ožiarovania radónom. Na podporu plnenia národných akčných plánov vzišla preto v rámci krajín V4 iniciatíva na vytvorenie harmonizačných meraní.

V príspevku sú prezentované výsledky jednoročného monitorovania

objemovej aktivity radónu v ovzduší rodinných domov v 3 lokalitách s rôznym radónovým pôdnym potenciálom na Slovensku, jej závislosť od podlažia a konštrukčných charakteristík domu. V prípade starých domov sme zistili evidentný vplyv kontaktu miestnosti s podlažím na objemovú aktivitu radónu v monitorovanej miestnosti. Získané výsledky sme porovnali s modelom popisujúcim koncentrácie radónu v domoch.

Integration monitoring of indoor radon and thoron activity concentration in houses in Ružomberok (Northern Slovakia)

Iveta Smetanová¹, Monika Müllerová², Karol Holý², Attila Moravcsík²,
Tibor Kovács³, Matej Neznal⁴, Krzysztof Kozak⁵, Jadwiga Mazur⁵,
Dominik Grzadziel⁵

¹ Division of Geophysics, Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences,
P.O. Box 106, Dúbravská cesta 9, Bratislava, 840 05, SR

² Department of Nuclear Physics and Biophysics, Fakulta matematiky, fyziky a
informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

³ Institute of Radiochemistry and Radioecology, University of Pannonia,
Egyetem str. 10, Veszprém, 8200, Hungary

⁴ RADON v. o. s., Novakových 6, Praha, 180 00, ČR

⁵ Laboratory of Radiometric Expertise, Institute of Nuclear Physics PAN (IFJ
PAN), Radzikowskiego 152, Krakow, 31-342, Poland

geofivas@savba.sk

Radon and thoron survey in houses in Slovakia (localities Ružomberok, Záhorská Bystrica and Mochovce) was carried out as a part of the project „Harmonization of determining the radiation dose of the population originating from radon in V4 countries“. Integrated measurement using Raduet type detector with combined radon–thoron detection was performed. Monitoring started in March 2012, lasted for one year, and was carried out in quarterly cycles. In Ružomberok ten houses built before 1990 were selected for the monitoring purposes. Measurements were performed in two rooms situated on the ground floor of a house, detectors were placed 15–20 cm from the wall.

Information about the building material, window tightness, intensity of the ventilation, year of the construction and reconstruction, number of inhabitants and time spent in monitored room were obtained by the questionnaire. In selected houses in Ružomberok, radon activity concentration rarely exceeded 400 Bq/m³ in a three month period, in that case the inhabitants were advised how to lower radon exposure. No house with the annual radon activity concentration more than 400 Bq/m³ was found, it ranged from 74 to 290 Bq/m³. Annual average of thoron activity concentration in Ružomberok varied between 10 and 135 Bq/m³.

Přehled systematického měření obsahu radionuklidů v pitné vodě dodávané do veřejných vodovodů v ČR

Hana Procházková

Oddělení přírodních zdrojů, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

hana.prochazkova@sujb.cz

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění pozdějších předpisů (atomový zákon), stanoví v § 6 odst. 6 dodavatelům vody k veřejnému zásobování pitnou vodou povinnosti týkající se systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané pitné vodě. Podrobnosti k naplnění uvedených povinností stanoví vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů (vyhláška). Systematické měření obsahu přírodních radionuklidů zahrnuje stanovení celkové objemové aktivity alfa, stanovení celkové objemové aktivity beta, stanovení objemové aktivity radonu (ve vodě z podzemních zdrojů). Stanovení objemové aktivity dalších radionuklidů v rozsahu podle tabulky č. 6 přílohy č. 10 vyhlášky (tzv. doplňující rozbor) se provádí v případech, kdy je překročena směrná hodnota celkové objemové aktivity alfa nebo celkové objemové aktivity beta. Statistický přehled následujících ukazatelů za rok 2014 vychází z výsledků systematického měření obsahu přírodních radionuklidů, které zajišťují dodavatelé vody, a z výsledků analýz získaných v rámci kontrolní činnosti.

Celková objemová aktivita alfa:

Směrná hodnota stanovená vyhláškou je 0,2 Bq/l, medián zpracovaného souboru dat je 0,047 Bq/l. Aktivita alfa je způsobena převážně přítomností izotopů uranu a radia. Překročení směrné hodnoty se týká převážně menších vodovodů, obsah přírodních radionuklidů se proěřuje doplňujícím rozbořem.

Celková objemová aktivita beta:

Směrná hodnota podle vyhlášky je 0,5 Bq/l po odečtení příspěvku ^{40}K . Medián zpracovaných výsledků je 0,099 Bq/l. Pořadavky vyhlášky na celkovou objemovou aktivitu beta jsou až na několik výjimek u vodovodů v ČR splněny.

Objemová aktivita radonu:

Směrná hodnota stanovená vyhláškou je 50 Bq/l a mezní hodnota 300 Bq/l. Překročení směrných hodnot je řešeno nejprve posuzováním optimalizace radiační ochrany. Pokud voda převyšuje mezní hodnotu objemové aktivity radonu, nesmí být dodávána pro veřejné zásobování pitnou vodou. Tuto situaci je nezbytné řešit osazením funkční odradonovací technologie nebo použitím jiného zdroje pitné vody. Medián zpracovaných hodnot objemové aktivity radonu je 12,1 Bq/l.

Radiouhlíkové datování – pokus o interdisciplinární komunikaci

Nikola Košťová^{1, 2}, Pavel Šimek²

¹ ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Archeologický ústav AV ČR, v.v.i., ČR

kostova@hroch.ujf.cas.cz

V první části příspěvku budou podány hlavní principy radiouhlíkového datování a teoretický koncept, který umožnil vznik této metody, a následně interpretaci naměření aktivity ^{14}C . Radiouhlíkové datování vychází z předpokladu známé výchozí aktivity ^{14}C ve složkách životního prostředí. Přes původně teoreticky předpokládanou

stabilní aktivitu ^{14}C v přírodě ale docházelo a dochází k jejím výkyvům. Ve druhé části bude prezentována naše snaha o zlepšení komunikace datovacími laboratořemi a uživateli radiouhlíkového datování prostřednictvím nového internetového fóra na adrese www.carbon14.cz.

Rapid method for alpha spectrometric determination of ^{226}Ra in the samples of building materials

Veronika Gardoňová, Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Bianka Horváthová

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

vgardonova@gmail.com

The natural radiation is the main source of human's exposure. The most important radionuclides in environment are nuclides from ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn and ^{40}K . The highest health risk from radium is the exposure from its radioactive decay product radon, which has been classified in 2009 by WHO as a carcinogen of class A. These mentioned radionuclides have been always presented in the basic raw materials generally used in construction materials. Rapid method for ^{226}Ra determination from building materials was proposed and verified. The method is based on elimination of interfering Fe^{3+} by anion exchange resin, preconcentration of ^{226}Ra using MnO_2 -PAN ion absorber composite

and subsequent alpha spectrometry. The developed method was applied on different type of building materials and admixtures used in construction industry in Slovakia. To monitor the radium chemical yield all analyzed samples were spiked with ^{133}Ba . The obtained ^{226}Ra recoveries were in the range of 76–98 %. The samples for alpha spectrometric determination were prepared by microprecipitation with Ba^{2+} . The ^{226}Ra activity concentrations in the analyzed samples were compared the limit value ($a = 120 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$) set in Edict 528 of the Ministry of Health of the Slovak Republic in 2007. The comparison showed the no of analyzed samples of building materials was exceed the limit value.

Skríning koncentrácie radónu v bytových priestoroch SR

Helena Cabáneková¹, Matej Ďurčík², Denisa Nikodemová¹

¹ Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² University of Arizona, Tuscon, USA

helena.cabaneckova@szu.sk

V príspevku sú prezentované výsledky skríningu koncentrácie radónu v bytových priestoroch SR, uskutočneného v rokoch 2013 a 2014 v rámci riešenia OP Výskum a vývoj „Centrum excelentnosti environmentálneho zdravia“. Skríning bol vykonaný v siedmich územných celkoch (Topoľčany, Levice, Galanta, Lučenec, Trenčín, D.Kubín a Košice) a v lokalite so zvýšeným výskytom radónu v geologickom podloží, resp. geologického zlomu (Jahodná – ložisko uránu, Bratislava – vidiek). Do každého bytového objektu boli pridelené 2 ks detektorov typu CR-39 spolu s návodom na umiestnenie a dotazníkom pre charakteristiku sledovaného objektu. Pri

hodnotení radónovej situácie v sledovanom súbore bytových objektov bol zohľadňovaný druh bytového priestoru, typ miestnosti, ako aj charakter stavby. Z analýzy nameraných priemerých OAR vyplýva, že geometricky priemer OAR je $(125 \pm 3) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ a 13 % sledovaných objektov prekračuje smernú hodnotu pre nápravné opatrenia, $\text{OAR} = 400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. V závere sú porovnané získané výsledky s výsledkami radónových skríníngov uskutočnených v SR do roku 2003 [Vičanová, 2003] a analýza výsledkov v jednotlivých územných celkoch s ohľadom na platnú legislatívu a možné zdroje radónu v jednotlivých lokalitách.

Testování prostředků improvizované ochrany dýchacích cest 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

Testování prostředků improvizované ochrany dýchacích cest pomocí radioaktivního aerosolu

K individuální ochraně obyvatelstva před účinky nebezpečných škodlivin při mimořádných událostech se využívají prostředky improvizované ochrany dýchacích cest, očí a povrchu těla. Jedná se o jednoduché pomůcky, které si občané mohou připravit svépomocí z dostupných prostředků a které omezeným způsobem nahrazují prostředky individuální ochrany.

Cílem testování bylo zjištění účinnosti zachytu materiálu prostředků improvizované ochrany dýchacích cest při různých rychlostech proudění vzduchu (0,25 m/s a 0,47 m/s) v prostředí

s radioaktivním aerosolem o geometrickém průměru 240 nm a 55 nm. Rychlost 0,25 m/s odpovídá dýchání dítěte ve věku 10 let, rychlost 0,47 m/s odpovídá intenzivnímu dýchání dospělé osoby během výkonu fyzické práce. Ke značkování aerosolu byly použity přeměnové produkty radonu (popř. La-140).

Poster 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.

Vývoj referenčních materiálů v oblasti NORM a TENORM průmyslu

Monika Mazánová¹, Vlasta Zdychová², Richard Bludňovský²

¹ Oddělení primární metrologie veličin ionizujícího záření, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

² Oddělení výroby standardních radionuklidových zdrojů, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

mmazanova@cmi.cz

Přírodní radionuklidy se vyskytují v mnohých přírodních zdrojích. Průmyslné činnosti, které využívají tyto zdroje, mohou vést k zvýšenému výskytu radioaktivních prvků ve výrobcích, mezivýrobkách a odpadech. Průmyslné odvětví zpracovávající NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) produkují každoročně velké množství odpadu kontaminovaného přírodními radionuklidy. Z důvodu zpracování a manipulace s takovými materiály je potřebné stanovit přítomné radionuklidy a jejich koncentrace tak přesně, jako je to možné. To vytváří potřebu vyvíjet referenční materiály pro spolehlivé měření přírodních radionuklidů a stanovení

aktivit materiálů. Evropský projekt JRP IND57 MetroNORM se dokonale hodí pro určení takovýchto nebezpečných NORM materiálů. Náročné úlohy vyžadují důkladnou analýzu NORM pro minimalizaci ekonomické a ekologické zátěže. Tento projekt nabízí nové a inovativní referenční materiály pro mnoho odvětví průmyslu. Vyvinuté referenční materiály přispívají k zvýšení ochrany zdraví a k optimalizaci výrobní technologie v NORM a TENORM průmyslu.

Program EMRP (European Metrology Research Programme) je podporovaný členskými státy EURAMETu, které se tohoto programu zúčastní, a Evropskou unií.

Rozšíření aktivity organicky vázaného tritia (NE-OBT) v údolí řeky Jihlavy a přehrady Mohelno

Pavel Šimek^{1, 3}, Ivo Světlík^{1, 2}, Michal Fejgl^{2, 1}, Tereza Kořínková^{1, 3},
Lenka Tomášková¹

¹ Oddělení dozimetrie záření – CRL, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Oddělení radiochemie, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

³ Katedra jaderné chemie, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

simek@ujf.cas.cz

Studie byla zaměřena na aktivity tritia v údolí řeky Jihlavy a přehradní nádrže Mohelno. Vodní nádrž Mohelno je součástí vodního díla Dalešice, které leží na řece Jihlavě asi 30 km jiho-východně od Třebíče. Vodní nádrž Mohelno slouží k čerpání chladící vody a současně k vypouštění chladící vody pro Jadernou elektrárnu Dukovany (EDU). Tekuté výpusti z EDU jsou vypouštěny pomocí odtokového kanálu do Skrýjského potoka, který ústí do nádrže Mohelno. Čerpání chladící vody do EDU je situováno přibližně 50–60 metrů od ústí Skrýjského potoka. Krátká vzdálenost mezi body výpusti a čerpání způsobuje efekt smyčky a navyšuje aktivity HTO v tomto místě.

Významné rozšíření aktivity tritia bylo pozorováno ve formě TFWT (tissue free water tritium) a NE-OBT (not exchangeable organically bond tritium) v okolní biotě, která byla v přímém dosahu vodního díla. Pozorujeme možné zvýšené aktivity tritia v pletivech rostlin, kdy dochází k příjmu tritia

především pomocí kořenového systému a při transpiraci. V údolí řeky Jihlavy a přehrady Mohelno s omezenou ventilací pozorujeme aktivity tritia překračující hodnotu pozadí, které je pod 2 Bq/L, o jeden řád.

Jak jsme zjistili, krajinný reliéf a ventilace vzduchu v této lokalitě mají zásadní vliv na aktivity NE-OBT. Nízké aktivity tritia můžeme pozorovat i v nádrži Dalešice, která je několikrát větší než nádrž Mohelno. Nízké aktivity v nádrži Dalešice souvisí s přečerpávací elektrárnou, která přečerpává vodu z jednotlivých nádrží v obou směrech a dochází tak k míšení. Pod nádrží Mohelno protéká řeka Jihlava dále k Ivančicím úzkým údolím. V úseku Ivančice až nádrže Nové Mlýny se krajinný reliéf otevírá do široké říční nivy.

V naší prezentaci popíšeme celý systém zvýšených aktivit tritia v tomto údolí a budeme diskutovat aktivity HTO, TFWT a NE-OBT v různých částech tohoto zajímavého systému.

Zhodnotenie celkovej objemovej aktivity alfa, beta a objemovej aktivity radónu v pitných vodách Slovenska za rok 2013 a vplyv novej legislatívy

Gabriela Wallová, Zuzana Kulichová, Alena Belanová, J. Merešová

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5,
Bratislava, 812 49, SR

wallova@vuvh.sk

Na Slovensku upravuje požiadavky na rádiochemickú kontrolu prameňnej, pitnej a minerálnej vody vyhláška MZ SR č. 528/2007 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia. V tejto vyhláške je stanovená takzvaná smerná hodnota na vykonanie opatrení – hodnota priamo merateľnej veličiny, po ktorej prekročení by sa malo uvažovať o vykonaní opatrení na obmedzenie ožiarenia. Sú tu tiež špecifikované podmienky pre úplný rozbor a hodnotenie obsahu prírodných radionuklidov v dodávanej vode, kritéria pre metódy stanovenia jednotlivých rádiochemických ukazovateľov ako aj spôsob evidencie výsledkov stanovenia.

V podzemných a pitných vodách sa stanovujú dva skupinové ukazovatele rádioaktivity – celková objemová aktivita alfa (STN 75 7611) a beta (STN 75 7612) a objemová aktivita ^{222}Rn (STN 75 7615). Po prekročení smerných hodnôt celkovej objemovej aktivity alfa sa stanovujú ďalšie radionuklidy: objemová aktivita ^{226}Ra (STN 75 7622) a hmotnostná koncentrácia Unat (STN 75 7614).

V našom príspevku prezentujeme hodnoty celkovej aktivity alfa a beta a objemovej aktivity ^{222}Rn v pitnej a surovej vode za rok 2013. Údaje sú z databázového systému ZBERVAK zozbierané z jednotlivých vodárenských spoločností a pokrývajú takmer celé územie Slovenska.

Smernica Rady 2013/51/Euratom z 22. októbra 2013, ktorou sa stanovujú požiadavky na ochranu zdravia obyvateľstva vzhľadom na rádioaktívne látky obsiahnuté vo vode určenej na ľudskú spotrebu prináša niekoľko zásadných legislatívnych zmien. Mení smernú hodnotu (po novom indikačná hodnota) pre celkovú objemovú aktivitu alfa z $0,2 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ na $0,1 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$. Retrospektívne analyzujeme vplyv tejto zmeny na konkrétne namerané hodnoty z roku 2013. Ďalšou veľkou zmenou je postup pri prekročení indikačných hodnôt, kedy sa už nebude stanovovať hmotnostná koncentrácia Unat, ale jednotlivé izotopy uránu. To prináša zvýšené nároky na vybavenie laboratórií, ktoré realizujú dané analýzy.

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán, průběžná bilance

Jaroslav Slovák

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

jaroslav.slovak@sujb.cz

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán byl schválen jako mezirezortní projekt Usnesením vlády ČR č. 594/2009. Jeho hlavním cílem je pozitivně ovlivnit/podpořit snížení počtu úmrtí na rakovinu plic v důsledku zvýšeného ozáření radonem a jeho dceřinými produkty. Nynější strategie a priority vychází z hodnocení Radonového programu ČR za období 2000 až 2009. Na prvním místě je strategie informovanosti, která má prostřednictvím obecných i cílených informací občanům vyvolat zájem, starost a aktivní snahu o kvalitu vlastního bydlení. Informovanost je cílena i na odbornou veřejnost, zejména na profesionály v oblasti stavebnictví. Naše zkušenosti a poznatky uplatňujeme i na mezinárodních fórech a v rámci připomínkování dokumentů, které k problematice přírodního ozáření zpracovávají mezinárodní instituce. Snažíme se reagovat na nové trendy a technologie ve stavebnictví. Zejména jde o extenzivní

tendence k energetické úspornosti cestou snižování ventilace a zateplování. Potvrzuje se, že mohou výrazně ovlivnit koncentraci radonu uvnitř budov. Z mezinárodních srovnání vyplývá, že systém radiační ochrany v ČR v oblasti přírodních zdrojů záření je u nás na vysoké úrovni. Každý, kdo projeví zájem, má možnost bezplatného informativního měření objemové aktivity radonu v bytech, ve vymezených případech i možnost požádat o poskytnutí státní dotace na provedení protiradonových ozdravných opatření. Veřejnost odborná i laická je prostřednictvím webového portálu zaměřeného na přírodní zdroje ionizujícího záření a dále cestou vydávání specializovaných příruček, tematických letáků, konzultačních akcí a seminářů, průběžně informována o radonové problematice. Při hodnocení účinnosti Akčního plánu a především pro jeho úspěšnost je však rozhodující aktivní přístup občanů a zainteresovaných profesních skupin.

Variácie ^{222}Rn v pracovnom priestore a určenie efektívnej dávky

Monika Müllerová, Karol Holý

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

Záujem o radón v ovzduší pobyto-
vých priestorov je spôsobený tým, že
vedie k vysokej radiačnej záťaži obyva-
telstva. Meranie koncentrácie radónu
v pobyto-
vých priestoroch a hlavne
interpretácia tohto merania je pomerne
zložitý problém. Koncentrácia radónu
v ovzduší domov závisí od veľkosti prí-
sunu radónu do vnútorného ovzdušia
a ventilačnej rýchlosti objektu. Výsled-
kom je veľká variabilita objemovej akti-
vity radónu vo vnútornom ovzduší
ako v čase, tak aj v priestore budovy.
V dôsledku toho, krátkodobé meranie
koncentrácie radónu môže viesť k pod-
statne sa líšiacim výsledkom.

Cieľom tohto príspevku bolo pouká-
zať na vplyv rôznych prístupov k urče-
niu priemernej hodnoty objemovej akti-

vity radónu na výpočet efektívnej
dávky od radónu. Bol získaný kon-
tinuálny súbor dát pre modelovanie
časových zmien. Boli zistené pravi-
delné variácie radónu vo vnútornom
ovzduší. Frekvenčné rozdelenia neme-
raných objemových aktivít radónu sa
líšilo pre rôzne časti dňa a roka. Pri
výpočte efektívnej dávky je vplyv
týchto rozdelení na presnosť jej výpo-
čtu menšia ako 20 %. Podstatnejší
vplyv na presnosť výpočtu efektívnej
dávky môžu mať krátkodobé merania
objemovej aktivity radónu uskutočnené
v rôznych obdobiach roka. V takomto
prípade sa môžeme dopustiť pri výpo-
čte efektívnej dávky nepresnosti až
100 %.

Radón v termálnych vodách a termálne kúpele na Slovensku

Pavol Blahušiak, Karol Holý, Monika Müllerová, Martin Bulko

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Radiačná fyzika, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

blahusiakpavol@gmail.com

Radón v termálnych vodách a termálne kúpele na Slovensku

Geologické podložie spôsobuje, že Slovenská republika je veľmi bohatá na termálne pramene. Na Slovensku sa nachádza okolo 20 oblastí termálnych kúpeľov, ktoré používajú vo svojej prevádzke vodu z termálnych vrtov. Termálne kúpele sú všeobecne veľmi obľúbené. Z dôvodu dobrej rozpustnosti radónu vo vode a vplyvom podložia, cez ktoré termálna voda preteká, dosahuje objemová aktivita radónu (OAR) termálnych vôd značne vysoké hodnoty. OAR niektorých termálnych vôd presahuje až 1000 Bq/l. Avšak hodnota OAR vo vodách nie je konštantná. Termálne vody sa používajú počas liečebných procedúr v termálnych kúpeľoch zahrňujúcich pitie alebo kúpanie resp. balneoterapiu. Vplyvom používania vôd, špeciálne pri balneoterapeutických procesoch, sa radón z tejto vody uvoľňuje do vnútorného prostredia kúpeľov a

prispejeva výraznou mierou k celkovej radiačnej záťaži personálu pracujúceho s termálnymi vodami. Radiačné zaťaženie pacientov a návštevníkov kúpeľov je vzhľadom na čas strávený v danom prostredí v porovnaní s pracovníkmi výrazne nižšie. Radiačná ochrana personálu pracujúceho s geotermálnymi vodami je veľmi aktuálna.

Merania OAR v termálnych vodách a vo vnútornej atmosfére vybraných termálnych kúpeľov sme vykonávali počas obdobia jedného roka. Týmto monitorovaním sme objavili niekoľko pracovných priestorov, kde OAR presiahla smerné hodnoty na vykonanie opatrení podľa Vyhlášky 528/2007 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia. Navyše, počas pravidelného monitorovania termálnych vôd sme zistili aj významné zmeny OAR počas roka.

Využití měřidel RAMARn pro potřeby radonového programu

Josef Holeček, Petr Otáhal

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

holecek@sujchbo.cz

Pracovníci Odboru jaderné ochrany SÚJCHBO Kamenná v. v. i. se podílí na Radonovém programu od jeho vzniku. Jejich hlavní úlohou je výroba a vyhodnocení měřidel RAMARn. V příspěvku jsou uvedeny zkušenosti pracovníků SÚJCHBO s těmito měřidly a stručná shrnutí využití těchto měřidel v rámci Radonového programu. Shrnutí je provedeno v několika oblastech. Těmi oblastmi jsou počet použitých měřidel, doba expozice systémů a nakonec rozmístění systémů. Z hodnocení vývoje potřeby měřidel je patrný, výrazný pokles potřeby měřidel RAMARn v prvním roce realizace programu Akčního plán. Tento výrazný propad vznikl přechodem od Vyhle-

dávacího programu k Akčnímu plánu. V posledních letech, i vlivem změny strategie rozmístění, je patrný nárůst požadavků na měřidla RAMARn. Na vzrůstu potřeb měřidel RAMARn se projevila, jak změna přístupu odpovědných autorit při cílení předmětu měření, tak i zkrácená doba expozice. Ze shrnutí vyplývá, že roste zájem o použití měřidel RAMARn na dobu expozice kratší jednoho roku. Větší zájem o zkrácené expozice je patrný v oblastech, do kterých jsou systémy RAMARn distribuovány prostřednictvím SÚRO Praha, zde zkrácené expozice tvořily v roce 2014 výraznou část z exponovaných systémů.

Odvaly Příbramska – rekultivovat nebo využít?

Miroslav Jurda¹, Zbyněk Skála²

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

² DIAMO, státní podnik odštěpný závod SUL, Příbram, ČR

miroslav.jurda@sujb.cz

Po těžbě uranu zůstalo v oblasti Příbramska 26 odvalů o objemu těžebního odpadu (hlušiny) 28 mil. m³ s průměrným zbytkovým obsahem uranové mineralizace 0,005 %. Většina odvalů nebyla rekultivována a podle původních plánů by měla být využita k sanačním účelům a k dalšímu využití jako tříděného kameniva.

Presentace popisuje současný stav, výsledky monitorování, odhad radiační zátěže obyvatel v okolních obcích.

Monitorování veličin, parametrů a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany je v oblasti Příbram prováděno podle schváleného programu monitorování a v souladu s podmínkami stanovenými v rozhodnutí SÚJB. Sledování dopadu pozůstatků po těžbě uranu

včetně vlivu odvalů (vliv záření gama, radonu a poléťavého prachu) je zaměřeno převážně na sídelní oblasti (obce) a jejich obyvatele. Data z monitorování jsou podkladem pro každoroční vyhodnocení celkové efektivní dávky jednotlivce z obyvatelstva sídelních oblastí a příslušné kolektivní dávky.

Presentace dále rozebírá možnosti řešení minimalizace radiační zátěže a náklady s tím spojené. Vzhledem k dlouhodobosti a finanční náročnosti jednotlivých řešení nelze dle našeho názoru v současné době přijmout jednoznačné stanovisko k určitému řešení. Je nutná jak odborná, tak společenská diskuze ke zvážení nejen odborných hledisek, ale i společenských dopadů.

Víceúčelová, venkovní měřicí stanice přírodní radioaktivity v atmosféře a zemské litosféře

Karel Jílek¹, Jana Timková¹, Aleš Froňka¹, Tomáš Prokop², Martin Neznal³

¹ Odb. Přírodních zdrojů ozáření, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ENVitech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, Praha 6, 161 00, ČR

³ Diamo s.p. o.z. TÚU Stráž pod Ralskem, Pod Vinicí 84, Stráž pod Ralskem, 471 27, ČR

Karel.jilek@suro.cz

An automated and wireless outdoor measurement station of atmospheric radon, gamma dose rate and meteorological parameters was developed and tested at area of the National Radiation Protection Institute (SÚRO, v. v. i.) of Prague during the years 2010–2012. The results concerning investigated seasonal and diurnal variations of the outdoor radon concentration have been already published.

At the turn of years 2013–2014 the technological enhancement and upgrade of the existing station was completed regarding possibility of simultaneous continuous monitoring both of

atmospheric radon-thoron short-lived decay products and soil gas radon concentration, including measurement of its exhalation rate from the surface soil layers.

After introduction of the most important detection, operational and transmission characteristics of the station, which can be a part of the network such stations, the most interesting results of continuous measurements carried out simultaneously within period August 2014 – July 2015 at premises of the NRPI and the DIAMO will be presented and discussed.

Aplikace principů radiační ochrany v australských uranových dolech

Petr Otáhal¹, Miroslav Jurda²

¹ Odbor jaderné ochrany, Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany,
v.v.i., Kamenná 71, Lazsko, 262 31, ČR

² Regionální centrum Kamenná, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR
otahal@sujchbo.cz

Příspěvek prezentuje nastavení a uplatňování základních principů radiační ochrany pracovníků vybraných australských uranových dolů. Jako příklad aplikace radiační ochrany byly vybrány doly Beverley Mine, Olympic Dam a Ranger Mine, které představují jedny z největších producentů

uranu v celosvětovém měřítku. Popisované doly se vzájemně liší různým způsobem dobývání uranu a následným zpracováním a výrobou uranového koncentrátu. V závěru příspěvku je prezentováno srovnání s českým přístupem radiační ochrany v uranovém průmyslu.

Rejstřík

Ambrožová Iva, 27, 29–32, 37, 83
Andrlík Michal, 82

Bačíková Alena, 67
Bárdyová Zuzana, 81
Bartoňová Petra, 88
Bártová Hana, 19, 38
Belanová Alena, 121
Belas Eduard, 54
Beňo Juraj, 35
Bilohuščin Ján, 58
Bílý Tomáš, 23, 42
Binková Hana, 67
Blahušiak Pavol, 124
Bluďovský Richard, 119
Böhm Radoslav, 111, 112
Borek Petr, 76
Bradnová Věra, 27
Budayová Miluše, 86
Bujnová Alena, 35
Bulko Martin, 112, 124
Buňata Milan, 79
Burešová Hana, 93, 94
Burian Ivo, 118
Burianová Ludmila, 59

Cabáneková Helena, 117

Čechák Tomáš, 51, 86
Čermáková Eva, 53
Černý Radek, 19, 21, 108
Češpírová Irena, 43, 49, 53

Daníčková Kateřina, 86, 89
Davičková Jana, 17
Davičková Marie, 37, 66, 68, 71–73,
83

Depeš Daniel, 66, 67, 74
Dobiš Lubomír, 40
Dolejší Petr, 49

Dufek Vladimír, 84
Dulanská Silvia, 58, 61, 116

Đurčík Matej, 117

Durný Norman, 98, 103

Emfietzoglou Dimitris, 65

Falk Martin, 66, 67, 74
Falková Iva, 66, 67
Fantínová Karin, 54, 100
Fasso Alberto, 24
Fejgl Michal, 46, 120
Ferrari Anna, 24
Froňka Aleš, 43, 49, 127
Fülöp Marko, 40, 80

Galanda Dušan, 28
Gardoňová Veronika, 61, 116
Gryc Lubomír, 43, 49
Grzadziel Dominik, 113
Gumulec Jaromír, 67
Guo Chang, 65

Hájek Pavel, 48
Hanuš Martin, 92
Hartych Libor, 49
Havráňková Barbora, 75
Helebrant Jan, 43, 49, 52, 53
Hlavička Jiří, 76
Hodák Rastislav, 94
Holá Olga, 26
Holeček Josef, 20, 125
Holý Karol, 111–113, 123, 124
Horáková Ivana, 84
Horáková Zuzana, 67
Hort Milan, 18
Horváthová Bianka, 61, 116
Horváthová Martina, 81

Hudzietzová Jana, 80, 85
Hůlka Jiří, 52, 93, 94
Huml Ondřej, 41, 54
Hýža Miroslav, 102

Chmelová Daša, 89

Incerti Sébastien, 37

Jančář Aleš, 109, 110
Javorník Andrej, 99
Jílek Karel, 127
Johnová Kamila, 51, 108
Jonášová Lenka, 90
Judas Libor, 104
Jurda Miroslav, 126, 128

Kákona Martin, 27, 29–31
Kantová Žaneta, 87
Kazda Michal, 56
Kim Sung Hyun, 37
Kindlová Anna, 88
Klognerová Kamila, 50
Klupák Vít, 91
Klusoň Jaroslav, 44, 51
Koc Josef, 47, 48, 53
Kojzar Ladislav, 49
Kolros Antonín, 45
Konček Ondřej, 105
Kopecký Zdeněk, 110
Kořínková Tereza, 120
Kos Josef, 94
Kostarelos Kostas, 65
Košťová Nikola, 115
Kotík Lukáš, 62
Kovács Tibor, 113
Kováčová Soňa, 87
Kovář Ivan, 95
Kovář Petr, 59
Kozak Krzysztof, 113
Kozlovská Michaela, 19, 21
Kozubíková Petra, 88
Kráčmerová Tereza, 90

Králík Gabriel, 87
Králík Miloslav, 106
Krist Pavel, 31
Kříž Radim, 76
Kubančák Ján, 30–32
Kuča Petr, 43, 47, 48, 52
Kučera Miroslav, 92
Kulichová Zuzana, 121
Kyriakou Ioanna, 65
Kyselová Dagmar, 29–31

Lahodová Zdena, 91
Lázna Tomáš, 96
Lee Se Byeong, 37
Lehet Jan, 49
Lištjak Martin, 55
Lužová Martina, 68

Malá Helena, 41
Malátová Irena, 63
Mamatkulov Kahramon, 27
Mareš Jiří A., 92
Marešová Barbora, 47
Martinčík Jiří, 86
Masařík Michal, 67
Mašek Petr, 94
Matěj Zdeněk, 110
Mátel Eubomír, 58, 61, 116
Mazánová Monika, 119
Mazur Jadwiga, 113
Merešová J., 121
Michaelidesová Anna, 37, 66, 68, 72,
73

Moravanský Milan, 40
Moravcsík Attila, 112, 113
Morishima Kunihiro, 37
Mudra Josef, 57
Müller Tomáš, 70
Müllerová Monika, 112, 113, 123, 124
Mytsin Gennady, 83

Naganawa Naotaka, 37
Neznal Martin, 127

Neznal Matej, 113
Nikl Martin, 92
Nikodemová Denisa, 81, 117
Novák Leoš, 78
Novák Pavel, 94
Novotný Josef, 88
Nožičková Jitka, 75

Oancea Cristina, 83
Ohera Marcel, 97, 101
Okruhlica Petr, 109
Olšovcová Veronika, 24
Ometáková Jarmila, 99
Onderišinová Zuzana, 92
Otáhal Petr, 19–21, 118, 125, 128

Pagáčová Eva, 67
Pachnerová Brabcová Kateřina, 32,
37, 66, 71
Pajerský Pavol, 55
Páleníková Darina, 35
Papírník Petr, 75, 86
Piňák Miroslav, 25
Pivarčiová Lucia, 60
Ploc Ondřej, 27, 29–31
Popescu Aurel I., 83
Pošvař Radek, 50
Procházková Hana, 114
Prokeš Radek, 107
Prokop Tomáš, 127
Průša Petr, 92
Přidal Petr, 94
Pustějovský David, 49

Ragan Pavol, 80
Rajec Pavol, 60
Rau Luboš, 55
Remenec Boris, 40, 58, 61
Roček Miloslav, 89
Roskopfová Olga, 60
Rulík Petr, 41, 94, 100, 102
Sabol Jozef, 22, 80, 85

Sas Daniel, 101
Sato Osamu, 37
Sedlák Antonín, 64, 111
Shin Jae-ik, 37
Sihver Lembit, 71
Skála Lukáš, 59
Skála Zbyněk, 126
Sklenka Lubomír, 41
Skoták Pavel, 94
Sládek Petr, 97, 101
Slaninka Alojz, 55
Slavíčková Michaela, 52
Slovák Jaroslav, 122
Smetanová Iveta, 112, 113
Solivajs Dušan, 39
Solný Pavel, 86
Starý Radovan, 23, 42
Stokučová Jitka, 82
Strišovská Jana, 28
Studený Jiří, 33
Surý Jan, 94
Světlík Ivo, 46, 120
Svobodová Tereza, 102
Sýkorová Petra, 66, 72

Šalát Dušan, 77
Šalátová Anna, 77
Šefl Martin, 65
Šesták Bedřich, 22
Šimek Pavel, 46, 115, 120
Šolc Jaroslav, 19, 59, 106
Šoltés Jaroslav, 54
Štekl Ivan, 93, 94
Štěpán Václav, 37, 71

Tecl Josef, 34
Thinová Lenka, 19, 51, 108
Timková Jana, 127
Tomášek Ladislav, 62
Tomášková Lenka, 120
Tomišková Zuzana, 87
Topičová Veronika, 49

Trojek Tomáš, 38, 107
Trojková Darina, 82
Truneček Roman, 24

Urban Tomáš, 44, 105

Vachelová Jana, 66, 73
Versaci Roberto, 24
Veselý Ondřej, 49
Veškrna Martin, 110
Viererbl Ladislav, 91
Vinš Miroslav, 91
Vlček Jaroslav, 102
Voltr Josef, 94
Vondráček Vladimír, 66, 83
Vošahlík Josef, 118

Vrba Tomáš, 36
Vtelenská Martina, 104
Vykydal Zdenek, 106

Wagner Richard, 95
Wallová Gabriela, 121
Weinar Pavel, 48

Zarubin Pavel, 27
Zdychová Vlasta, 119
Zelenka Zdeněk, 34
Zemanová Eva, 69

Žáčková Helena, 84
Žalud Luděk, 96
Žlebčík Pavel, 41, 54