



Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Sugárvédelmi Szakosztály

***XLVIII. Sugárvédelmi
Továbbképző Tanfolyam
Kivonatok***

***48th Annual Meeting
on Radiation Protection***

Book of Abstracts

2023. április 18–20. Gyula

**A XLVIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
Absztrakt könyv**

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat különszáma

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat impresszuma:

Kiadó: az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakosztálya

Kiadásért felelős: Pesznyák Csilla, a Szakosztály elnöke

Szerkesztő: Antus Andrea

Technikai szerkesztő: Deme Sándor

Szerkesztőbizottság tagjai:

Antus Andrea,

Bujtás Tibor,

Déri Zsolt,

Elek Richárd,

Katona Tünde,

Kristóf Krisztina,

Pesznyák Csilla,

Petrányi János,

C. Szabó István,

Szűcs László,

Taba Gabriella

Elérhetőség:

Szerkesztőség címe: 1539 Budapest, PF. 676.

E-mail: svszakcsop@gmail.com

HU ISSN 2060-2391

Lektorálta: Deme Sándor, Vincze Árpád

A Továbbképző Tanfolyam tudományos és szervező bizottságának tagjai a szerkesztőbizottság tagjai.

**A XLVIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
2023. április 18–20.**

Sugárvédelmi Nívódíj Pályázat

Deme Sándor, Apáthy István, Hirn Attila, Pázmándi Tamás és Pinczés Patrik PILLE MÉRÉSEK A NEMZETKÖZI ÚRÁLLOMÁSON 2003 ÉS 2021 KÖZÖTT
--

Április 18., kedd (Szekció-1)

Takács Eszter A KISMÉRETŰ MODULÁRIS ATOMREAKTOROK (SMR-EK) JELLEGZETESSÉGEI ÉS AKTUÁLIS HELYZETÜK
Polanek Róbert, Kecskés Tamara, Zagyvai Péter A LÉZERES RÉSZECSEGYORSÍTÁS SAJÁTOSSÁGAI ÉS SUGÁRVÉDELMI KÉRDÉSEI
Janovics Róbert, Nemes Zoltán, Vajda Nóra, Papp István, Veres Mihály KALANDOS HULLADÉK KARAKTERIZÁLÁSI KÜLDETÉS A BOR ŐSHAZÁJÁBAN

April 18., Tuesday (Section-1)

Eszter Takács FEATURES AND CURRENT STATUS OF SMALL MODULAR REACTORS
Robert Polanek, Tamara Kecskés, Péter Zagyvai CHARACTERISTICS AND RADIATION PROTECTION ISSUES OF LASER BASED PARTICLE ACCELERATION
Róbert Janovics, Zoltán Nemes, Nóra Vajda, István Papp, Mihály Veres AN ADVENTUROUS WASTE CHARACTERISATION MISSION IN THE ANCESTRAL HOME OF WINE

Április 18., kedd (Szekció-2)

Csige István, Sóki Erzsébet, Baradács Eszter, Borbélyné Bacsó Viktória MARATOTTNYOM-DETEKTOROS LAKÁSRADON MÉRÉSEK DEBRECENBEN
Homoki Zsolt, Szigeti Ágnes, Csordás Anita, Tóth Gergely A HAZAI RADON PROGRAM ELŐREHALADÁSA
Hening Kinga, Cucos Alexandra, Dicu Tiberius, Burgele Bety, Pap István, Lupulescu Alexandru, Moldovan Mircea, Tenter Ancuta, Dobrei Gabriel RADON A 21-IK SZÁZADBAN, RADON TAPASZTALATOK ROMÁNIÁBAN, A MÉRÉSTŐL A MENTESÍTÉSIG

April 18., Tuesday (Section-2)

István Csige, Erzsébet Sóki, Eszter Baradács, Viktória Borbélyné Bacsó ETCHED TRACK TYPE RADON MEASUREMENTS IN DEBRECEN
Zsolt Homoki, Ágnes Szigeti, Anita Csordás, Gergely Tóth THE NATIONAL RADON PROGRAM MOVES ON
Kinga Hening, Alexandra Cucos, Tiberius Dicu, Bety Burghela, István Pap, Alexandru Lupulescu, Mircea Moldovan, Ancuta Tenter, Gabriel Dobrei RADON IN THE 21ST CENTURY, COMPREHENSIVE EXPERIENCES IN ROMANIA, FROM MEASUREMENT TO MITIGATION

Április 18., kedd (Szekció-3)

Bodor Károly, Csalótzky Zsolt, Völgyesi Péter, Gulyás Attila, Pál Károly SUGÁRVÉDELMI ALKALMAZÁSOKRA HASZNÁLHATÓ DRÓNOK FEJLESZTÉSE
Gulyás Attila, Csalótzky Zsolt, Bodor Károly, Völgyesi Péter VIRTUÁLIS SUGÁRFORRÁS SZIMULÁCIÓS RENDSZER

April 18., Tuesday (Section-3)

Károly Bodor, Zsolt Csalótzky, Péter Völgyesi, Attila Gulyás, Károly Pál DEVELOPMENT OF A DRONES FOR RADIATION PROTECTION APPLICATIONS
Attila Gulyás, Zsolt Csalótzky, Károly Bodor, Péter Völgyesi VIRTUAL RADIATION SOURCE SIMULATION SYSTEM

Április 19., szerda (Szekció-4)

Nagyné Szilágyi Zsófia, Szűcs László ÚJ SI ÉS RÉGI ETALONOK
Szűcs László, Nagyné Szilágyi Zsófia, Zömbikné Peka Anita, Kári Béla, Taba Gabriella, Czibor Sándor AKNÁS IONIZÁCIÓS KAMRÁK KALIBRÁLÁSA ⁹⁰Y RADIONUKLIDRA A SEMMELWEIS EGYETEMEN
Zömbikné Peka Anita, Finta Viktória, Szűcs László, Nagyné Szilágyi Zsófia METROLÓGIA A FÖLD BIOSZFÉRÁJÁHOZ: KOZMIKUS SUGARAK, ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS ÉS AZ ÓZONPAJZS TÖRÉKENYSÉGE
Csete István ÚJ SUGÁRVÉDELMI MENNYISÉGEK A MÉRÉSI GYAKORLATBAN

April 19., Wednesday (Section-4)

Zsófia Nagyné Szilágyi, László Szűcs NEW SI AND OLD STANDARDS
László Szűcs, Zsófia Nagyné Szilágyi, Anita Zömbikné Peka, Béla Kári, Gabriella Taba, Sándor Czibor CALIBRATION OF WELL TYPE IONIZATION CHAMBERS FOR ⁹⁰Y RADIONUCLIDE AT SEMMELWEIS UNIVERSITY
Anita Zömbikné Peka, Viktória Finta, László Szűcs, Zsófia Nagyné Szilágyi METROLOGY FOR EARTH BIOSPHERE: COSMIC RAYS, ULTRAVIOLET RADIATION AND FRAGILITY OF OZONE SHIELD
István Csete REDEFINITION OF THE OPERATIONAL QUANTITIES FOR EXTERNAL EXPOSURE BASED ON THE ICRU 95 REPORT

Április 19., szerda (Szekció-5)

Kapuvári Bence, Kovács Judit, Mile Viktória, Kőhalmy-Peebles Krisztina A DIHIDROPIRIMIDIN-DEHIDROGENÁZ (DPD) ENZIM AKTIVITÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA C-14 JELZETT 5-FLUOROURACILLAL (5-FU)
Kolozsi Zoltán, Elek Richárd DIAGNOSZTIKAI IRÁNYADÓ SZINTEK NUKLEÁRIS MEDICINA MUNKAHELYEK HIBRID KÉPALKOTÓ VIZSGÁLATAINÁL
Cservenák Ildikó, Pesznyák Csilla, Elek Richárd, Sáfrány Géza KLINIKAI AUDIT
Tóth Nikolett, Cservenák Ildikó, Elek Richárd, Keveházi Zsombor, Képíró Gábor, Kokol Judit, Mihályi Dávid, Salik Ádám, Váradi Csaba RÖNTGENBERENDEZÉSEK ELLENŐRZÉSE HAZÁNKBAN
Sáfrány Géza, Lumniczky Katalin AZ ORVOSTECHNIKAI FEJLESZTÉSEK FENNTARTHATÓSÁGA

April 19., Wednesday (Section-5)

Bence Kapuvári, Judit Kovács, Viktória Mile, Krisztina Kóhalmy-Peebles DETERMINATION OF DIHYDROPYRIMIDINE DEHYDROGENASE (DPD) ENZYME ACTIVITY WITH C-14 LABELED 5-FLUOROURACIL (5-FU)
Zoltán Kolozsi, Richárd Elek DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS FOR HYBRID IMAGING STUDIES IN NUCLEAR MEDICINE WORKPLACES
Ildikó Cservenak, Csilla Pesznyak, Richard Elek, Géza Safrany CLINICAL AUDIT
Nikolett Tóth, Ildikó Cservenák, Richárd Elek, Zsombor Keveházi, Gábor Képiró, Judit Kokol, Dávid Mihályi, Ádám Salik, Csaba Váradi INSPECTION OF DIAGNOSTIC X-RAY MACHINE IN OUR COUNTRY
Géza Sáfrány, Katalin Lumniczky GUARANTEEING SUSTAINABILITY IN MEDICAL PRODUCTS

Április 19., szerda (Szekció-6)

Sarkadi Margit A NUKLEÁRIS MEDICINA LABOROK KÖRNYEZETI HATÁSAI, HATÓSÁGI SZEMPONTOK AZ OAH ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁSÁBAN
Jobbágy Benedek A FORGALOMBAHOZATALI (TÍPUS-)ENGEDÉLYEZÉS ÉS MENTESÍTÉS AZ ORSZÁGOS ATOMENERGIA HIVATAL GYAKORLATÁBAN
Hum Gábor, Déri Zsolt AZ ORSZÁGOS ATOMENERGIA HIVATAL INTEGRÁLT SUGÁRVÉDELMI ELLENŐZÉSEINEK SAROKPONTJAI

April 19., Wednesday (Section-6)

Margit Sarkadi THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE NUCLEAR MEDICINE LABORATORIES, AUTHORITY ASPECTS IN THE LICENSING PROCEDURE OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY
Benedek Jobbágy EXPERIENCES FROM MARKETING LICENSING AND EXEMPTION PROCEDURES IN THE PRACTICE OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY
Gábor Hum, Zsolt Déri THE CORNERSTONES OF THE INTEGRATED RADIATION PROTECTION INSPECTION OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY

Április 19., szerda (Szekció-7)

Petrányi János SZIMULÁTOROK FEJLESZTÉSE A NUKLEÁRIS MÉRÉSTECHNIKA TERÜLETÉN
Jónás Jácint, Garai Zoltán, Petrányi János GEANT4 SZIMULÁCIÓS KÖRNYEZETBEN LÉTREHOZOTT VÁLASZMÁTRIX EMPIRIKUS KORREKCIÓJA PLASZTIK SZCINTILLÁCIÓS DETEKTOROKNÁL
Molnár Mihály, Baráth Balázs, A.J.T. Jull VAS ALAPANYAGÚ ESZKÖZÖK C-14 TARTALMÁNAK MÉRÉSTECHNIKAI FEJLESZTÉSE A HEKAL AMS LABORATÓRIUMBAN
Fitala Dávid, Pesznyák Csilla, Hülber Timea, Francesco D'Errico, Hülber Erik SUGÁRTERÁPIÁS LINAC DÓZISTERÉNEK VIZSGÁLATA OCT SZKENERREL ÉS SPECIÁLIS POLIMER GÉLEK FEJLESZTÉSE

April 19., Wednesday (Section-7)

János Petrányi DEVELOPMENT OF SIMULATORS IN THE FIELD OF NUCLEAR MEASUREMENT
Jácint Jónás, Zoltán Garai, János Petrányi EMPIRICAL CORRECTION OF RESPONSE MATRIX FOR PLASTIC SCINTILLATION DETECTOR CREATED IN GEANT4 SIMULATION ENVIRONMENT
Mihály Molnár, Balázs Baráth, Jull A.J.T. DEVELOPMENT OF C-14 ANALYSES METHOD FOR IRON BASED MATERIALS AT HEKAL AMS LABORATORY
Dávid Fitala, Csilla Pesznyák, Timea Hülber, Francesco D'Errico, Erik Hülber AN OCT SCANNER FOR 3D ASSESMENT OF CLINICAL LINAC DOSE FIELDS AND DEVELOPMENTS OF SPECIFIC POLYMER GELS

Április 20., csütörtök (Szekció-8)

Osváth Szabolcs A MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYOS VIZEKNEK BOMLÁSÁRÓL KÖZÖNSÉGESEN
Kiss Mihály A PAKSI ATOMERŐMŰ OPERATÍV DOZIMETRIAI RENDSZERE
Pesznyák Csilla, Leon Cizelj, Roberta Cirillo, Gabriel Pavel ENEN2PLUS - MOBILITÁSI PROGRAM

April 20., Thursday (Section-8)

Szabolcs Osváth RADIONUCLIDES IN THE HUNGARIAN BOTTLED MINERAL WATERS
Mihály Kiss THE ELECTRONIC PERSONAL DOSIMETER SYSTEM OF THE PAKS NPP
Csilla Pesznyak, Leon Cizelj, Roberta Cirillo, Gabriel Pavel ENEN2PLUS - BUILDING EUROPEAN NUCLEAR COMPETENCE THROUGH CONTINUOUS ADVANCED AND STRUCTURED EDUCATION AND TRAINING ACTIONS

Április 20., csütörtök (Szekció-9)

Thuróczy György ÖNNEK MILYEN SAR-OS A MOBILTELEFONJA? NÉHÁNY GONDOLAT A MOBILTELEFONOK RÁDIÓFREKVENCIÁS SUGÁRZÁSÁRÓL ÉS DOZIMETRIAI VIZSGÁLATÁRÓL
Necz Péter Pál, Gyulai Balázs, Krausz József, Thuróczy György RÁDIÓFREKVENCIÁS (RF) EXPOZÍCIÓ MÉRÉSE 5G BÁZISÁLLOMÁS KÖRNYEZETÉBEN
Vecsei Zsuzsanna, Szilágyi Zsófia, Pintér Bertalan, Thuróczy György SZEMÉLYI RÁDIÓFREKVENCIÁS EXPOZÍCIÓS MÉRÉSEK NYÁRI ZENEI FESZTIVÁLON
Pintér Bertalan, Szilágyi Zsófia, Szabó Erika, Necz Péter Pál, Kubinyi Györgyi, Thuróczy György TAPASZTALATOK AZ UVC SUGÁRZÁST KIBOCSÁJTÓ LEVEGŐFERTŐTLENÍTŐ BERENDEZÉSEKRŐL

April 20., Thursday (Section-9)

Thuróczy György WHAT SAR'S MOBILE PHONE DO YOU HAVE? ABOUT THE RADIOFREQUENCY RADIATION AND DOSIMETRY OF MOBILE PHONES
Péter Pál Necz, Balázs Gyulai, József Krausz, György Thuróczy MEASUREMENT OF RADIOFREQUENCY (RF) EXPOSURE AROUND A 5G BASE STATION
Zsuzsanna Vecsei, Zsófia Szilágyi, Bertalan Pintér, György Thuróczy PERSONAL RADIOFREQUENCY EXPOSURE MEASUREMENTS AT SUMMER MUSIC FESTIVAL
Bertalan Pintér, Zsófia Szilágyi, Erika Szabó, Péter Pál Necz, Györgyi Kubinyi, György Thuróczy EXPERIENCES ABOUT THE UVC EMITTING AIR DISINFECTION SYSTEMS

Sugárvédelmi Nívódíj Pályázat 2023

PILLE MÉRÉSEK A NEMZETKÖZI ŰRÁLLOMÁSON 2003 ÉS 2021 KÖZÖTT

**Deme Sándor, Apáthy István, Hirn Attila,
Pázmándi Tamás, Pinczés Patrik**

Energiatudományi Kutatóközpont

A Nemzetközi Űrállomás egy különleges sugárveszélyes munkahelynek tekinthető, ahol az űrhajósok intenzív sugárzási térben dolgoznak. Azért különleges a munkahely, mert a földi dóziskorlátok nem alkalmazhatóak, egyedi szabályozásra van szükség. Közleményünkben ismertetjük az űrállomás pályájánál és az űrállomás belsejében kialakult sugárzási teret, foglalkozunk az űrhajósok életpálya-dózis korlátaival, bemutatjuk az űrállomás fedélzetén alkalmazott Pille dózismérő rendszert. A cikk második felében áttekinthetjük a közel 20 év mérési eredményeit, félévenkénti bontásban megadjuk a 1,5 órás ciklusú automata mérési eredményekből számított átlagos dózisteljesítményeket, összehasonlítjuk a napciklusok várható hatásával. Tárgyaljuk az űrsétáknál mért extra dózisokat és a Dél-atlanti Anomáliánál mért dózisteljesítményeket.

PILLE MEASUREMENTS AT THE INTERNATIONAL SPACE STATION BETWEEN 2003 AND 2021

**Sándor Deme, István Apáthy, Attila Hirn,
Tamás Pázmándi, Patrik Pinczés**

Centre for Energy Research

The International Space Station is considered a special radiation workplace where astronauts work in an intense radiation field. It is a special workplace because the dose limits on Earth cannot be applied and, therefore, specific regulations are required. We describe the radiation field at the orbit of the space station and inside the space station, we discuss the career dose limits for astronauts, and we present the Pille dosimetry system used on board the space station. In the second part of the article, we review nearly 20 years of measurements, give the average dose rates calculated from the 1.5-hour cycle automatic measurements, broken down in half-years, and compare them with the expected effects of solar cycles. Extra doses from extravehicular activities and dose rates at the South Atlantic Anomaly are also discussed.

Előadások:

A KISMÉRETŰ MODULÁRIS ATOMREAKTOROK (SMR-EK) JELLEGZETESSÉGEI ÉS AKTUÁLIS HELYZETÜK

Takács Eszter

Országos Atomenergia Hivatal

Egyre nagyobb érdeklődés övezi világszerte a kisméretű moduláris atomreaktorokat (Small Modular Reactor, SMR). Az előadás bemutatja, mitől minősül egy reaktor SMR-nek, kitér a bennük rejlő lehetőségekre és a jelenlegi kihívásokra.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség több, mint 80 db, fejlesztés, engedélyeztetés illetve létesítés különböző szakaszaiban levő SMR-t tart számon. Ezen számos terv közül néhány, elsősorban az előrehaladott fejlesztési, létesítési fázisban levő SMR főbb technológiai és üzemeltetési tulajdonságai is ismertetésre kerülnek.

Az egyik jelentős kihívás az SMR-ek engedélyez(tet)ése, így az előadás kitér az engedélyezés alapjául szolgáló követelmények harmonizációjára irányuló jelenlegi nemzetközi tevékenységekre is. Ezzel összefüggésben bemutatásra kerül az is, hogy a jelenlegi magyar jogszabályi környezet miért szorul fejlesztésre, és az Országos Atomenergia Hivatal hogyan készül fel a jövőben várható kihívásokra.

FEATURES AND CURRENT STATUS OF SMALL MODULAR REACTORS

Eszter Takács

Hungarian Atomic Energy Authority

Small Modular Reactors (SMRs) are of growing interest worldwide. This presentation will explain what makes a reactor an SMR, their potential and the challenges they face today.

The International Atomic Energy Agency has identified more than 80 SMRs in various stages of development, licensing and construction. The main technological and operational features of some of these many designs, in particular those at an advanced stage of development and deployment, are presented.

One of the major challenges is the licensing of SMRs, and the presentation will cover the current international activities to harmonise the requirements for licensing. In this regard, it will also be presented why the current Hungarian legislative framework needs to be improved and how the Hungarian Atomic Energy Authority is preparing for the challenges ahead.

A LÉZERES RÉSZECSEGYORSÍTÁS SAJÁTOSSÁGAI ÉS SUGÁRVÉDELMI KÉRDÉSEI

Polanek Róbert¹, Kecskés Tamara¹, Zagvyai Péter^{1,2}

¹ELI ALPS, ELI-HU Nonprofit Kft.,

6728 Szeged, Wolfgang Sandner utca 3., Magyarország

²Energiatudományi Kutatóközpont, KFKI Campus 1121

Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

A lézeres részecskegyorsítás kompakt, költséghatékony, ultrarövid impulzusüzemű és ultranagy intenzitású sugárzást létrehozó alternatívát kínál a nagyméretű részecskegyorsítókhoz képest. Az ígéretes alkalmazási lehetőségeken túl ezek sugárvédelme is fontos szerepet kap a fejlesztések során. A lézeres gyorsítás sajátosságaiból fakadóan számos, a sugárvédelem optimalását is érintő, nyitott elméleti és gyakorlati kérdés vár megválaszolásra. A dózisterek számítása során legtöbbször csak elméleti becslésekre, jobb esetben hasonló paraméterű lézerekkel végzett kísérleti eredményekre támaszkodhatunk. Az optimális védelem kialakításánál fontos ismerni a lézeres gyorsítás folyamatait, de tisztában kell lennünk az alkalmazott technológia jelenlegi korlátaival és jövőbeni lehetőségeivel is.

Az igen rövid impulzushosszú (a fs-ps tartományba eső), nagy (akár 10^9 Gy/s) pillanatnyi dózisteljesítményű, pulzáló sugárterek mérésére nincs széles körben elfogadott módszer. A sugárvédelmi gyakorlatban alkalmazott, max. 2–3 MeV-ig terjedő tartományra hitelesített mérőszondák nem alkalmasak a lézeres gyorsításkor keletkező igen nagy energiájú, legtöbbször kevert sugárterek megbízható mérésére, továbbá e speciális tulajdonságú, kevert sugárterek biológiai hatásai sem teljesen tisztázottak.

Előadásomban a fenti kérdéskörrel igyekszem általános képet adni az ELI ALPS lézeres kutatóközpontban végzett munkából vett egy-egy példán keresztül, röviden érintve a kialakított sugárvédelmi rendszer releváns elemeit.

Az ELI ALPS projekt (GINOP-2.3.6-15-2015-00001) az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

CHARACTERISTICS AND RADIATION PROTECTION ISSUES OF LASER BASED PARTICLE ACCELERATION

Robert Polanek¹, Tamara Kecskés¹, Péter Zagyvai^{1,2}

*¹ELI ALPS, ELI-HU Non-Profit Ltd., Wolfgang Sandner utca 3.,
Szeged, H-6728, Hungary*

*²Center for Energy Research (CER), KFKI Campus, 1121
Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.*

Laser based particle acceleration represents a compact, cost-effective alternative to large particle accelerators, offering ultrashort pulse durations and ultrahigh intensity beams. In addition to their promising applications, their radiation protection will also play an important role in their development.

Due to the unique properties of laser acceleration, there are many open questions to be answered. To estimate the resulting radiation fields, we can mostly rely only on theoretical results or, at best, on results of experiments conducted with lasers of similar parameters. In designing the optimal protection, it is important to understand the processes of laser acceleration, and to be aware of the current limitations and future potentials of the technology.

For the time being, there is no widely accepted method to measure pulsed radiation fields with very short (fs–ps) pulse lengths and high instantaneous dose rates (up to 109Gy/s). The probes used in radiation protection practice and certified for energies up to 2–3 MeV are not suitable for the reliable measurement of very high energy, mostly mixed radiation fields. Furthermore, the biological effects of these specific mixed radiation fields are not fully understood either. In my presentation, I will try to give a general overview of the above issues through examples drawn from the work carried out at the

ELI ALPS Research Centre, briefly touching the relevant elements of the radiation protection system that has been developed.

The ELI ALPS project (GINOP-2.3.6-15-2015-00001) is supported by the European Union and co-financed by the European Regional Development Fund.

KALANDOS HULLADÉK KARAKTERIZÁLÁSI KÜLDETÉS A BOR ŐSHAZÁJÁBAN

**Janovics Róbert¹, Nemes Zoltán¹, Vajda Nóra²,
Papp István¹, Veres Mihály¹**

¹Isotoptech Zrt.

²RadAnal Kft.

Georgia a bor őshazája, ahol már 8000 éve is készítettek bort, melyet földbe ástott agyagkorsóban ún. kvevrikben tároltak. A szovjet időkben a folyékony radioaktív hulladékokat szintén földbe ástott tartályokban helyezték el a Saakadze területen. Az IAEA megbízásából végrehajtott küldetésünk alkalmával az ezen tartályokban több mint 60 éve elhelyezett történelmi folyékony radioaktív hulladékok karakterizálását végeztük a georgiai Nukleáris és Sugárbiztonsági Ügynökséggel együttműködve.

A hulladékos tartályok gázterének radon mérését követően speciális kamerák segítségével belső vizuális vizsgálatot végeztünk. A hulladékvizet, a tartályok felületéről vett dörzsmintákat, a tartály alján felhalmozódott üledéket vízkémiai, elemanalitikai, gamma spektrometriai, össz alfa, össz béta és béta spektrometriai, továbbá alfa spektrometriai vizsgálatoknak vetettük alá, hogy a lehető legpontosabb hulladék jellemzést tudjuk biztosítani a hulladék kezelő részére. A három vizsgált tartály egyikében kis mennyiségű tríciumot, továbbá számottevő Ra-226-ot és leányizotópjait azonosítottunk, míg egy másik tartályban tank elhárító gránátot azonosítottunk, amelyet sikerrel „hatástalanítottunk”.

AN ADVENTUROUS WASTE CHARACTERISATION MISSION IN THE ANCESTRAL HOME OF WINE

**Róbert Janovics¹, Zoltán Nemes¹, Nóra Vajda²,
István Papp¹, Mihály Veres¹**

¹Isotoptech Zrt.,

²RadAnal Ltd.

Georgia is the ancestral home of wine, where wine has been made for over 8000 years and is originally stored in clay jars dug into the ground, known as quevriks. In Soviet times, liquid radioactive waste was also stored in underground tanks in the Saakadze site. During our mission on behalf of the IAEA, we carried out a characterisation procedure of legacy liquid radioactive waste, stored in these tanks for more than 60 years, in cooperation with the Georgian Nuclear and Radiation Safety Agency.

After measuring radon in the headspace of the tanks, we carried out an internal visual inspection using special cameras. Water samples, smear samples from the surface of the tanks, and sediment accumulated at the bottom of the tanks were subjected to water chemistry, elemental analysis, gamma spectrometric, total alpha, total beta, and beta spectrometric, and alpha spectrometric analyses to provide the most accurate results as possible to the waste operator for the characterization. Small amount of tritium and significant amount of Ra-226 and its daughter isotopes were identified in one of the three containers, while in another container an anti-tank grenade was identified and successfully "deactivated".

MARATOTTNYOM-DETEKTOROS LAKÁSRADON MÉRÉSEK DEBRECENBEN

**Csige István^{1,2}, Sóki Erzsébet¹, Baradács Eszter²,
Borbélyné Bacsó Viktória³**

¹ Atommagkutató Intézet, Debrecen

² Debreceni Egyetem, Környezetfizikai Tanszék

³ Medgyessy Ferenc Gimnázium, Debrecen

Maratottnyom-detektoros lakásradonméréseket végeztünk Debrecen városában és környékbeli településeken. Radamon típusú radondetektorokat használtunk. Lakásonként jellemzően 3-3 darab mérőeszközt helyeztünk ki a leginkább használatos helyiségekbe (hálósobák, nappali, konyha). A detektorokat 3, 6 vagy 12 hónapra helyeztük ki, de mindegyik esetben legalább 1 éves összefüggő időtartamban végeztük a méréseket.

Az eredményeink szerint a lakásradon szintek (éves átlagos ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció) a vizsgált lakások több mint 95%-ban alatta maradnak a jogszabályokban meghatározott 300 Bq/m^3 vonatkoztatási szintnek. A lakások kb. felében a különböző helyiségekben végzett mérések nem mutattak jelentős különbséget, a másik felében viszont akár többszörös eltérések is megfigyelhetők voltak az egyes helyiségek radonszintje között.

ETCHED TRACK TYPE RADON MEASUREMENTS IN DEBRECEN

**István Csige^{1,2}, Erzsébet Sóki¹, Eszter Baradács²,
Viktória Borbélyné Bacsó³**

¹ Institute for Nuclear Research, Debrecen

*² University of Debrecen, Department of Environmental Physics,
Debrecen*

³ Medgyessy Ferenc High School, Debrecen

We carried out radon measurements with etched track type detectors in houses in the city of Debrecen and nearby settlements. Radamon type radon detectors were used. We typically placed 3 measuring devices per apartment in the most used rooms (bedrooms, living room, kitchen). The detectors were placed for 3, 6 or 12 months, but in each case the measurements were carried out for a continuous period of at least 1 year.

According to our results, the apartment radon levels (annual average ^{222}Rn activity concentration) in more than 95% of the examined apartments remain below the reference level of 300 Bq/m^3 defined in the legislation. About in half of the apartments the measurements in different rooms showed no significant difference, while in the other half, significant (up to a factor of 10) differences were observed between the radon levels of individual rooms.

A HAZAI RADON PROGRAM ELŐREHALADÁSA

**Homoki Zsolt^{1,2}, Szigeti Ágnes¹, Csordás Anita²,
Tóth Gergely²**

*¹ Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és
Sugáregészségügyi Főosztály*

*² Pannon Egyetem, Vegyészmérnöki és Anyagtudományok Doktori
Iskola*

A hazai radon program (NRCsT) megvalósításának előkészítése 2021-ben kezdődött el. Ennek keretében a beltéri radioaktív sugárzásokkal és mérésükkel foglalkozó, lakossági tájékoztató információs felület 2022 márciusában készült el és az NNK honlapján kapott helyet.

A talaj radon potenciál felméréseket az NNK 2022 májusában kezdte meg. A szeptemberig, összesen 249 helyszínen végzett vizsgálatok főként Pest és Nógrád vármegye területére estek. Ezalatt a két mérőcsapat összesen 13.645 km utat tett meg, 717 talajgáz permeabilitás mérést és 2.151 talajgáz radon-koncentráció mérést végzett. A radon program megvalósításában a Pannon Egyetem is részt vesz. Munkatársaik 2022-ben 600 helyszínen végeztek talaj radon méréseket. Így a Magyarország területét lefedő, 10×10 km-es rácshálózatból összesen 205 cellában volt már vizsgálat.

A passzív detektoros beltéri radon felmérés a Kormányhivatalok munkatársainak nagyarányú bevonásával 2022 júliusában kezdődött el kb. 1.120 helyszínen és kb. 640 településen. Az NNK közvetlen szervezésében eddig további 285 helyszínen és kb. 130 településen kezdődött el mérés. Eközben további 1.000 helyszínen végzett beltéri radon mérést a Pannon Egyetem. Jelenleg 530 településről van már egy éves, lezárt vizsgálati eredmény és kb. 690 településen zajlik aktuálisan mérés. Ezek együttesen 643 cella területén oszlanak el. A vármegyenkénti, település szintű lefedettség 13 - 89 % közötti.

Továbbra is várjuk minden érdeklődő jelentkezését a radon programunkba a radon@nnk.gov.hu címen!

THE NATIONAL RADON PROGRAM MOVES ON

**^{1,2} Zsolt Homoki, ¹Ágnes Szigeti, ²Anita Csordás,
²Gergely Tóth**

*¹National Public Health Center, Department of Radiobiology and
Radiohygiene*

*²University of Pannonia, Chemical Engineering and Material Sciences
Doctoral School*

The preparation of the execution of the national radon program started in 2021. A specialised web page was developed with the aim of information the public about the indoor radioactive radiations and measurements techniques. It can be found within the home page of NPHC.

The NPHC started the geogenic radon potential survey in May of 2022 at 249 sites mainly on the territory of Pest and Nógrád county. Our two measuring groups drove 13,645 km and done 717 soil gas permeability and 2,151 soil gas radon concentration measurements until September. The University of Pannonia has also taken part in the execution of the radon program. Their colleagues done geogenic radon survey at 600 sampling sites in 2022. Thus 205 10×10 km grid cells are attached by these measurements on the territory of Hungary

The indoor radon survey started with the large-scale involvement of the colleagues of the government offices in July of 2022. It means about 1,120 sampling sites located in 640 settlements. The NPHC maintains indoor radon measurements at further 285 sampling sites located in 130 settlements. Additionally, the University of Pannonia made indoor radon survey in further 1,000 buildings. Actually we have one-year long results from 530 settlements and radon survey is in progress in 690 settlements. They located in 643 grid cells. The involvement of the settlements within the counties varies between 13 - 89%.

If you are interested in our radon program, do not hesitate and send a message to us (radon@nnk.gov.hu).

RADON A 21. SZÁZADBAN, RADON TAPASZTALATOK ROMÁNIÁBAN, A MÉRÉSTŐL A MENTESÍTÉSIG

**Hening Kinga^{1,2}, Cucos Alexandra¹, Dicu Tiberius¹, Burghelle Bety¹,
Pap István^{1,2}, Lupulescu Alexandru¹, Moldovan Mircea¹,
Tenter Ancuta¹, Dobrei Gabriel¹**

*¹Babes Bolyai Tudományegyetem, Constantin Cosma
Radonlaboratórium LiRaCC, Kolozsvár, Románia*

*²Babes Bolyai Tudományegyetem, UBB TechTransfer, Kolozsvár,
Románia*

Mivel a 21-ik század embere a WHO szerint élete 80%-át zárt térben tölti, a beltéri levegőminőség ismerete fontossá vált. A radon jelentős természetes sugárforrás, és a dohányzás után a tüdőrák második vezető oka. 2013-ban Románia elfogadta az CE 2013/59 EURATOM irányelvet, amely a munkahelyeken és középületekben a beltéri radonkoncentrációra vonatkozóan $\leq 300 \text{ Bq/m}^3$ nemzeti referenciaszintet ír elő. A lakossági radonexpozícióval kapcsolatos kutatásokban a közelmúltban kihívást jelentett az energiafogyasztás csökkentése érdekében utólagosan átalakított házak növekvő száma. A hőszigetelt épületek és a modern építészeti megoldások magas beltéri szennyezőanyagszintek felhalmozódásához vezethetnek.

A dolgozat célja bemutatni Romániai lakások és munkahelyek radonkoncentrációjának eloszlását illetve az alkalmazott diagnosztizálási és radonmentesítési módszerek bemutatása és hatékonyságának ismertetése. A beltéri radonmérések (CR-39-es nyomdetektorok segítségével) esetében az NRPB mérési protokollt, a munkahelyi mérések a 185/22.07.2019 kormányrendelet szerint voltak elvégezve. A diagnosztizálás szintén nemzetközi protokoll betartásával történt, a radon mentesítés személyre (épületre) szabott volt. A BBTE LiRaCC radonlaboratórium közel 10 000 beltéri radonmérési eredményeiből állt össze Románia radontérképe, amely egyenlőre az ország 42%-át fedi le. A mérések kutatási pályázatok eredményei.

RADON IN THE 21ST CENTURY, COMPREHENSIVE EXPERIENCES IN ROMANIA, FROM MEASUREMENT TO MITIGATION

**Kinga Hening^{1,2}, Alexandra Cucos¹, Tiberius Dicu¹, Bety Burghel¹,
István Pap^{1,2}, Alexandru Lupulescu¹, Mircea Moldovan¹,
Ancuta Tenter¹, Gabriel Dobrei¹**

¹Babeş-Bolyai University, UBBTechTransfer, Cluj-Napoca, Romania

²Babeş-Bolyai University, Constantin Cosma Radon Laboratory, Cluj-Napoca, Romania

Radon is a significant natural radiation source and the second leading cause of lung cancer after smoking. Romania adopted the CE 2013/59 EURATOM Directive, which requires a national reference level of $\leq 300 \text{ Bq/m}^3$ for indoor radon concentration in workplaces. (HG 526/25.07.2018). However, there is a lack of systematic surveys in public buildings in Romania. Indoor radon levels can vary greatly due to natural and human factors. A recent challenge in research dedicated to residential exposure to radon comes from the growing number of houses retrofitted to reduce energy consumption. Efficiently insulated buildings and modern architectural solutions can lead to the accumulation of high levels of indoor pollutants. The study presents the distribution of indoor radon in Romania, residential and workplaces, detailed diagnostics and several mitigation methods. Indoor radon measurements were performed using CR-39 track detectors, conform NRPB protocol. The detailed diagnosis and mitigation was successfully realized in more than fifty different buildings. The radon map plotted at this date, based almost 10.000 indoor radon measurements is still in progress of completion, covering an area of about 42% of the Romanian territory. The LiRaCC Radon Laboratory has compiled a radon map of Romania, covering 42% of the country, from nearly 10 000 indoor radon measurements. The measurements are the results of different research proposals.

SUGÁRVÉDELMI ALKALMAZÁSOKRA HASZNÁLHATÓ DRÓNOK FEJLESZTÉSE

**Bodor Károly¹, Csalótzky Zsolt¹, Völgyesi Péter¹,
Gulyás Attila¹, Pál Károly²**

*¹Energiatudományi Kutatóközpont, Sugárbiztonsági Laboratórium,
1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33.*

² DoubleRingWings, 8112 Zichyújfalu, Móra Ferenc u. 8.

Az előadás bemutatja az Energiatudományi Kutatóközpont Sugárbiztonsági Laboratóriumában (EK SBL) fejlesztés alatt álló radioaktív sugárforrás felderítésére alkalmas drón prototípust, valamint a további fejlesztési irányokat (pl. pulzált terek mérése drón segítségével, dekontaminációra alkalmas drón).

Az elmúlt években széles körben elterjedt a drón technika alkalmazása, ugyanakkor a radioaktív anyagok felkutatásához olyan drónra van szükség, mely bizonyos speciális feltételeknek (pl. kellően nagy magasságból-távolságból képes detektálni az elveszett sugárforrásokat, anélkül, hogy a drón szétfújna a feltételezhetően nyitott forrást) is megfelel. Jelenleg is sok fejlesztés zajlik a világon, de nem minden esetben megfelelő ezek felépítése, mivel a sugárvédelem speciálisabb igényeit nem veszik figyelembe (pl. drón-forrás távolság, dekontaminálhatóság, drónra szerelt mérőeszközök megfelelő tesztelése, drón pilóták képzése sugárforrás felderítéshez.) Ezért az EK és a DoubleRingWings (DRW) kft. elkezdte a speciális igényeknek megfelelő sugaras vagy sugárzás detektálására alkalmas drón kifejlesztését.

DEVELOPMENT OF A DRONES FOR RADIATION PROTECTION APPLICATIONS

**Károly Bodor¹, Zsolt Csalótzky¹, Péter Völgyesi¹,
Attila Gulyás¹, Károly Pál²**

*¹Centre for Energy Research, Nuclear Security Department, 1121
Budapest, Konkoly Thege M. st. 29-33.*

² DoubleRingWings, 8112 Zichyújfalu, Móra Ferenc st. 8.

A drone prototype, which is suitable for the exploration of radioactive sources, is under development in the Nuclear Security Department (EK SBL) of the Centre for Energy Research. Furthermore, other directions of this development (e.g. measurement of pulsed fields using a drone, drone suitable for decontamination) are presented.

In recent years, the use of drone technology has become available, but at the same time, the search for radioactive materials requires a drone that meets certain special conditions (e.g. it can detect orphan radiation sources from a sufficiently high height and distance, without the drone blowing up the supposedly open source). Currently, many developments are taking place in the world, but their structure is not appropriate in all cases since the more special needs of radiation protection are not taken into account (e.g. drone-source distance, decontamination ability, appropriate testing of drone-mounted measuring devices, training of drone pilots for radiation source detection.). That is why the EK Double-RingWings (DRW) co. with his cooperation, we started the development of a drone that meets special needs.

VIRTUÁLIS SUGÁRFORRÁS SZIMULÁCIÓS RENDSZER

Gulyás Attila, Csalótzky Zsolt, Bodor Károly, Völgyesi Péter,

*Energiatudományi Kutatóközpont, Sugárbiztonsági Laboratórium, 1121
Budapest, Konkoly-Thege M. út 29-33.*

A sugárvédelemi oktatásoknak elméleti és gyakorlati ismeretátadást kell tartalmaznia. A gyakorlati ismeretek elsajátítása nagyrészt a mérőeszközök használatával valósítható meg, ennek viszont szükséges feltétele a sugárforrás. Ugyanakkor a valódi sugárforrások használatának komoly feltételei, korlátai és kockázatai vannak. Inaktív körülmények közötti sugaras scenáriók lefolytatásakor - az egyszerű mérendő jelektől kezdve a sokszereplős, dinamikus környezetű, komplex sugaras gyakorlatokig - elvész a mérések adta realitásérzékelés. Az Energiatudományi Kutatóközpont Sugárbiztonsági Laboratóriuma (EK SBL) kültéri és beltéri tanpályát hozott létre oktatási és tréning céllal, ahol „D” fizikai védelmi szintű igazi sugárforrások használata lokálisan engedélyezett. Az igazán nagy (2., 3. kategóriájú) aktivitású források és azok sugárzási tere valamint a nyitott forrásként értelmezett felületi szennyezettség oktatási, bemutatási, tréning célú használata az ALARA (As Low As Reasonably Achievable) elv alapján is tilos.

Az EK SBL által fejlesztett Virtuális Sugárforrás Szimulációs Rendszer egy valódi ionizáló sugárzástól mentes, valós-cselekményes modellező rendszer elektronikus hardver- és szoftvereszközök felhasználásával. A rendszer képes bármilyen sugárzásérzékelési körülmény létrehozására igazi sugárzás, sugárforrás és mérődetektor nélkül, azok megfelelőjével megvalósítva. A résztvevő végrehajtja, tapasztalja a sugárzásmérési szimulációt, amelyet az operátor ellenőriz, manipulál.

Adott tehát a lehetőség a sugárzások és sugaras scenáriók mérőeszközös megismerésére, gyakorlati oktatására bárhol, bármikor, bárkinek kockázatok és engedélyek nélkül.

VIRTUAL RADIATION SOURCE SIMULATION SYSTEM

**Attila Gulyás, Zsolt Csalótzky, Károly Bodor,
Péter Völgyesi**

*Centre for Energy Research, Nuclear Security Department, 1121
Budapest, Konkoly-Thege M. st. 29-33.*

The education of radiation protection has to contain theoretical and practical knowledge transfer. Learning practical knowledge is largely feasible by using measuring tools, however, a radiation source is required for this. At the same time, there are serious conditions, limitations and risks to use real radioactive sources. In inactive conditions, when the radiation scenarios are carried out - from the simple signals to be measured to the complex radiation exercises with many actors, dynamic environment - the perception of reality provided by the measurements is lost. The Nuclear Security Department of Centre for Energy Research (NSD CER) created an outdoor and indoor training site for educational purposes, where the use of real sources at "D" level physical protection is locally allowed. The use of really high (category 2, 3) activity sources and their radiation fields as well as the use of radioactive surface contamination is prohibited based on the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle as well.

The Virtual Radiation Source Simulation System developed by NSD CER is a real action modelling system using electronic hardware and software tools without real ionizing radiation. The system is able to create any radiation detection circumstance without real radiation, real source, real measuring detector, but with equivalents of these. The participant executes/experiences the radiation measurement simulation, which is controlled and manipulated by the operator.

This gives the opportunity (1) to be familiarized with radiation and radiation scenarios by using measuring devices, and (2) for practical training anywhere, anytime, for anyone without risks or permits.

ÚJ SI ÉS RÉGI ETALONOK

Nagyné Szilágyi Zsófia, Szűcs László

*Budapest Főváros Kormányhivatala, Metrológiai és Műszaki
Felügyeleti Főosztály*

A CGPM (Általános Súly és Mértékügyi Konferencia) 2018. november 16-án döntött a Nemzetközi Mértékegységrendszer (SI) új, egységes szerkezetű definícióiról, amely mind a 7 alapegységet egy-egy természeti állandóhoz kötötte. Az új definíciók 2019. május 20-án, a Metrológiai Világnapon léptek életbe.

Az új mértékegységrendszerről korábban már több előadás hangzott el a Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyamok keretén belül (2019 és 2022). A definíciók 4 alapegység esetében jelentenek lényeges változást. A tudomány, a technika és technológiák fejlődése lehetővé tette, hogy az egykor mesterséges tárgyakhoz kötött definíciók lecserélésre kerüljenek. Az új definíciókhoz kötődő etalonok pontossága meghaladta a mesterséges etalonokét (utolsóként a tömeg esetében), ezért valósulhatott meg a definícióváltás 2019 során.

Felmerülhet a kérdés, hogy mi lett a régi etalonokkal? A jelen előadás a régi egységeket megvalósító berendezések és az új definíciók közötti kapcsolatot állítja a középpontba.

Bemutatásra kerül továbbá a mértékegységek egymáshoz való viszonya, a természeti állandók és az etalonok kapcsolata is.

NEW SI AND OLD STANDARDS

Zsófia Nagyné Szilágyi, László Szűcs

*Government Office of the Capital City Budapest, Metrological and
Technical Supervisory Department*

On 16th November 2018, the CGPM (General Conference on Weights and Measures) decided on a new, unified definitions of the International System of Units (SI), linking all the 7 basic units to fundamental constants. The new definitions came into force on the World Metrology Day 20th May 2019.

The new system of units has already been the subject of several presentations at the Radiation Protection Training (2019 and 2022). The definitions represent a substantial change for 4 basic units. Advances in science, engineering and technology have made it possible to replace definitions that were once linked to artificial objects. The accuracy of the standards linked to the new definitions has exceeded that of the artificial standards (the last one being mass), which is why the change of definition in 2019.

The question may arise: what happened to the old standards? This presentation will focus on the relationship between the equipment implementing the old units and the new definitions.

The relationship between units of measurement, fundamental constants and standards will also be discussed.

AKNÁS IONIZÁCIÓS KAMRÁK KALIBRÁLÁSA ^{90}Y RADIONUKLIDRA A SEMMELWEIS EGYETEMEN

**Szűcs László¹, Nagyné Szilágyi Zsófia¹, Zömbikné Peka Anita¹,
Kári Béla², Taba Gabriella², Czibor Sándor²**

*¹ Budapest Főváros Kormányhivatala, Metrológiai és Műszaki
Felügyeleti Főosztály*

*² Semmelweis Egyetem, Orvosi Képző Kórház, Nukleáris Medicina
Tanszék*

A máj daganatos megbetegedésének kezelésében az elmúlt évtizedben jelentős mértékben megnőtt az ^{90}Y radionuklid alkalmazása, úgy a műgyantához kapcsolt, mint az üveggyöngyhöz kötött formában. Az ^{90}Y tiszta béta sugárzó izotóp, a béta spektrum végenergiája 2279,8 keV, átlagos energiája pedig 926,7 keV.

Az ^{90}Y a magas átlagos energiája miatt, daganatos sejtek közelébe juttatva eredményesen pusztítja a rákos sejteket. Egy korábbi előadásban (XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, 2019) a Semmelweis Egyetem munkatársai már bemutatták az ^{90}Y üveggyöngyökhöz kötődő radioembolizációs terápia alkalmazását.

A beavatkozások során alkalmazott aktivitások páciensekre szabottak, a készítmény 3 és 20 GBq közötti összaktivitással rendelhető 0,5 GBq-es emelkedési fokozatokkal. A páciensre szabott optimális kezelés, valamint a kezelő személyzet sugárvédelme érdekében szükség van a beadandó ^{90}Y aktivitásának minél pontosabb ismeretére. Az aktivitások mérésére a jól ismert aknás ionizációs kamrák szolgálnak.

Az ionizációs kamrák országos etalonra történő visszavezetett kalibrációját a Budapest Főváros Kormányhivatala, Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztálya végezte. A radioaktív anyag speciális, bonthatatlan kiszerelésben érkezik, ezért meg kellett határozni, ez a geometria mennyiben változtatja meg a kalibrációs faktor értékét.

Az előadás az új geometriára vonatkozó kalibrációs faktorok meghatározásáról, valamint a Semmelweis Egyetem mérőeszközeinek kalibrációjáról szól.

CALIBRATION OF WELL TYPE IONIZATION CHAMBERS FOR ^{90}Y RADIONUCLIDE AT SEMMELWEIS UNIVERSITY

**László Szűcs¹, Zsófia Nagyné Szilágyi¹, Anita Zömbikné Peka¹,
Béla Kári², Gabriella Taba², Sándor Czibor**

*¹ Government Office of the Capital City Budapest, Metrological and
Technical Supervisory Department*

*²Semmelweis University, Medical Imaging Clinic, Department of
Nuclear Medicine*

In the treatment of liver cancer, the use of ^{90}Y radionuclide, both in resin-bound and glass bead-bound forms, has increased significantly over the last decade. ^{90}Y is a pure beta emitting isotope, the final energy of the beta spectrum is 2279.8 keV and its average energy is 926.7 keV.

Due to its high average energy, ^{90}Y effectively destroys cancer cells when brought close to tumor cells. In a previous presentation (XLIVth Radiation Protection Training, 2019), Semmelweis University colleagues have already demonstrated the use of radioembolization therapy with ^{90}Y glass beads.

The activity levels used in the interventions are depend on the patient, with the formulation available in total activity levels ranging from 3 to 20 GBq, with increments of 0.5 GBq. In order to provide optimal treatment and to protect the treating staff, it is necessary to know the activity of the ^{90}Y as precisely as possible. The known well type ionisation chambers are used to measure the activity.

The calibration of the ionisation chambers was performed by the Metrological and Technical Supervisory Department of the Government Office of the Capital City Budapest. The radioactive material comes in a special, unbreakable package, so it had to be determined the influence of this geometry changes to the value of the calibration factor.

The presentation is about determining the calibration factors for the new geometry, as well as the calibration of Semmelweis University's measuring devices.

METROLÓGIA A FÖLD BIOSZFÉRÁJÁHOZ: KOZMIKUS SUGARAK, ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS ÉS AZ ÓZONPAJZS TÖRÉKENYSÉGE

**Zömbikné Peka Anita, Finta Viktória, Szűcs László,
Nagyné Szilágyi Zsófia**

*Budapest Főváros Kormányhivatala, Metrológiai és Műszaki
Felügyeleti Főosztály*

Az egyik legjelentősebb, de még feltáratlan ökológiai kihívás, amellyel az EU tagállamainak és azon túlmenően is szembe kell nézniük, a földön kívüli sugárzás (kozmikus sugárzás és a nap UV-sugárzása) által okozott, az antropogén eredetű kibocsátások által fokozódó légköri ionizációnak az emberi és ökológiai egészségre gyakorolt hatása.

A projekt célja a kozmikus sugárzás és a biológiailag aktív UV-sugárzás Föld bioszférájára gyakorolt kölcsönös hatásának értékeléséhez szükséges eszközök, módszerek és mérési infrastruktúra kifejlesztése, valamint az EU döntéshozóinak olyan tudományos értékelésekkel és információkkal való támogatása, amelyek jelentősen javíthatják az éghajlatra, az egészségre és az antropogén kibocsátási tevékenységekre vonatkozó szakpolitikákat.

Az intézetünk a négy szakmai munkacsoportból a másodikban dolgozik, amely a kozmikus sugárzás, az UV-sugárzás és az antropogén emisszió közötti kapcsolat azonosítása és számszerűsítését tűzte ki célul.

A méréseket négy különböző helyszínen (Athén, Brüsszel, Milešovka, Lindenberg) végezzük el a projekt során a részt vevő partnerek segítségével.

A 21GRD02 BIOSPHERE projektet az Európai Metrológiai Partnerség támogatta, amelyet az Európai Unió Horizont Európa kutatási és innovációs programja és a részt vevő államok társ finanszíroznak.

*Funder name: European Partnership on Metrology, Funder ID: 10.13039/100019599,
Grant number: 21GRD02 BIOSPHERE*

METROLOGY FOR EARTH BIOSPHERE: COSMIC RAYS, ULTRAVIOLET RADIATION AND FRAGILITY OF OZONE SHIELD

**Anita Zömbikné Peka, Viktória Finta, László Szűcs,
Zsófia Nagyné Szilágyi**

*Government Office of the Capital City Budapest, Metrological and
Technical Supervisory Department*

One of the most significant yet unexplored ecological challenges facing EU member states and beyond, is the impact on human and ecological health of the increasing atmospheric ionisation caused by extra-terrestrial radiation (cosmic rays and solar UV radiation) boosted by anthropogenic emissions. This project aims to develop the necessary tools, methodologies and measurement infrastructure needed to evaluate the mutual impact of cosmic rays and biologically active UV radiation on the Earth's biosphere, and to support EU policy makers with scientific assessments and information that has the potential to substantially improve policies on climate, health and anthropogenic emission activities.

Our institute is working in the second working group from the four which deals with identifying and quantifying the relationship between cosmic radiation, UV radiation and anthropogenic emission.

The measurements will be carried out in four different locations (Athens, Brussels, Milešovka, Lindenberg) during the project with the help of the participating partners.

The project 21GRD02 BIOSPHERE has received funding from the European Partnership on Metrology, co-financed from the European Union's Horizon Europe Research and Innovation Programme and by the Participating States.

*Funder name: European Partnership on Metrology, Funder ID: 10.13039/100019599,
Grant number: 21GRD02 BIOSPHERE*

ÚJ SUGÁRVÉDELMI MENNYISÉGEK A MÉRÉSI GYAKORLATBAN

Csete István

Nyugdíjas (IAEA)

Az előadásban ismertetésre kerülnek a területellenőrzésre és a személyi dozimetriában használatos új dózis fogalmak a 2020-ban megjelent (*Journal of the ICRU 2020 Vol(I)*) **ICRU Report 95** alapján.

A rövid összegzés kitér a jelenleg használatos mennyiségekkel ($H^*(d)$, $(H_p(d), H'(d, \Omega))$ kapcsolatos problémákra, ismerteti az effektív dózis pontosabb becslését lehetővé tevő új, terület ellenőrzésre (H^* , $D'_{szemlencse}(\Omega), D'_{bőr}(\Omega)$) és a személyi dozimetriában használható (H_p , $D_{p,szemlencse}, D_{p,bőr}$) mennyiségeket és az alkalmazott fantomokat. A hat új mennyiség a részecske fluensből kiindulva az effektív dózis, illetve a bőrfelszínben vagy a szemlencsében elnyelt átlag dózis számításán alapul.

A javasolt új dózis mennyiségek gyakorlati hatását a hazai gyakorlatban előforduló sugárzás fajtákra az új és régi konverziós tényezők összehasonlítása szemlélteti.

Az előadás kitér a mérőeszközök újra kalibrálásának gyakorlati kérdéseire, ismertetve az ISO 4037 és az IEC 61267 szabványokban szereplő referencia foton sugárzásokra vonatkozó 2022-ben publikált konverziós tényezőket.

REDEFINITION OF THE OPERATIONAL QUANTITIES FOR EXTERNAL EXPOSURE BASED ON THE ICRU 95 REPORT

István Csete

Retired (IAEA)

The presentation briefing the recommended new area monitoring and individual monitoring operational quantities according to the ICRU Report 95 (*Journal of the ICRU 2020 Vol(I)*)

There will be highlighted the limitations of the existing operational quantities ($H^*(d)$, $H_p(d)$, $H'(d, \Omega)$) published in the ICRU 39/51. The proposed new operational quantities are the ambient dose (H^*), directional absorbed doses ($D'_{lens, local\ skin}(\Omega)$) for area monitoring, as well as the personal dose (H_p), and personal absorbed dose in the local skin and in the lens of the eye ($D_{p, lens, local\ skin}$) for individual monitoring. Definitions of the six new quantities include the appropriate phantom descriptions applied for calculations of the conversion coefficients will be presented. The new operational quantities enable better estimation of the effective dose based on the particle fluence and calculation of effective dose or mean absorbed dose in the lens of eye and in local skin.

The magnitude of the changes of the proposed new quantities to the old ones will be demonstrated for some typical irradiation situations.

Possibility of recalibration of measuring instruments including the recent published conversion coefficients of the reference photon radiation beams according to the ISO 4037 and IEC 61267 will also be presented.

A DIHIDROPIRIMIDIN-DEHIDROGENÁZ (DPD) ENZIM AKTIVITÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA C-14 JELZETT 5- FLUOROURACILLAL (5-FU)

**Kapuvári Bence, Kovács Judit, Mile Viktória,
Kőhalmy-Peebles Krisztina**

Országos Onkológiai Intézet, Biokémiai Osztály

Az 5-FU-t 1956-ban szabadalmaztatták és 1962-től használják a daganat terápiaiban. Sejtosztódást gátló kemoterápiás szer. Elsősorban gastrointestinalis tumorok kezelésénél használják, de alkalmazzák fej-nyaki- és emlő daganatos betegeknél is.

A DPD az 5-FU biodegradációjának sebesség-meghatározó enzime. Az enzim hiánya súlyos, néhány esetben akár halálos toxicitást is okozhat. Ugyan a DPD enzim teljes hiánya (familiáris pyrimidinaemia) nagyon ritka veleszületett autoszómás recesszíven öröklődő genetikai betegség; ugyanakkor a nem szelektált daganatos betegpopulációk 3%-ában részleges DPD hiányt figyeltek meg.

Az OOI Biokémiai Osztályának *in vitro* Izotópdiagnosztikai Laboratóriumában az 5-FU kezelésben részesülő daganatos betegek lymphocytáiban a DPD aktivitását határoztuk meg a kezelés előtt és a kezelés folyamán. Az enzimreakcióban 5-FU [6-¹⁴C] (SpA=1,98 GBq/mmol) jelzett szubsztrátot használunk. A reakció kiértékelését FlowStar2 LB 514 radiokémiai detektorral ellátott HPLC rendszerrel végezzük.

Lehetőség lenne, még génexpressziós (nem izotópos) módszerekkel is vizsgálni a DPD enzimet, de akkor könnyen fals pozitív eredményt kapnánk, mivel azok csak az enzimfehérje esetleges jelenlétét, illetve hiányát mutatják ki és nem veszik figyelembe az enzimatisztikus aktivitást.

Az izotópos módszer indokoltsága vitathatatlan.

DETERMINATION OF DIHYDROPYRIMIDINE DEHYDROGENASE (DPD) ENZYME ACTIVITY WITH C-14 LABELED 5-FLUOROURACIL (5-FU)

**Bence Kapuvári, Judit Kovács, Viktória Mile,
Krisztina Kóhalmy-Peebles**

National Institute of Oncology, Department of Biochemistry

5-FU, a chemotherapy agent that inhibits cell division, was patented in 1956 and has been used in tumor therapy since 1962. It is primarily used in the treatment of gastrointestinal tumors, but it is also used in head and neck, and breast cancer patients.

DPD is the rate-limiting enzyme of 5-FU biodegradation. Deficiency of the enzyme can cause severe, and in some cases, even fatal toxicity. Although the complete absence of the DPD enzyme (familial pyrimidineemia) is a very rare congenital autosomal recessively inherited genetic disease; at the same time partial DPD deficiency was observed in 3% of unselected tumor patient populations.

In the *in vitro* Isotope Diagnostics Laboratory of the Biochemistry Department of the OOI, we determined the lymphocyte DPD activity of cancer patients receiving 5-FU treatment before and during the treatment. In the enzyme reaction, we use a [6-14C] labeled substrate 5-FU (SpA=1,98 GBq/mmol). The reaction is evaluated using an HPLC system equipped with a FlowStar2 LB 514 radiochemical detector.

It would be possible to test the DPD enzyme even with gene expression (non-isotopic) methods, but then we could potentially get a false positive result, since they only detect the possible presence or absence of the enzyme protein and do not take into account the enzymatic activity.

Therefore the isotope method (it is still the gold standard method) has a high justification for use.

DIAGNOSZTIKAI IRÁNYADÓ SZINTEK NUKLEÁRIS MEDICINA MUNKAHELYEK HIBRID KÉPALKOTÓ VIZSGÁLATAINÁL

Kolozsi Zoltán¹, Elek Richárd²

*¹Békés Megyei Központi Kórház, Gyula, ²Semmelweis Egyetem,
Elméleti és Transzlációs Orvostudományok Doktori Iskola, Budapest*

Bevezetés: A nukleáris medicina munkahelyek hibrid képalkotó eljárásainál a páciens sugárterhelésének jelentős része a CT (Computed Tomography) modalitásból származik, így ennek optimalálása és a diagnosztikai irányadó szintek (DRL – Diagnostic Reference Level) bevezetése, valamint rendszeres felülvizsgálata különösen indokolt. A CT képsorozat sugárgyengítési „térképként” és a radioizotóp eloszlás morfológiai lokalizálására szolgál.

Anyag és módszer: A felmérést a Békés Megyei Központi Kórház Nukleáris Medicina Osztályán lévő Mediso gyártmányú Anyscan SCP típusú hibrid képalkotó berendezésén végeztük. A vizsgálatok során összehasonlítottuk a különböző beállítások mellett végzett csontszcintigráfiai eljárások során készült SPECT/CT felvételek CT képalkotásából származó dózisszintjeit. Az utóbbiakat összevetettük nemzetközi diagnosztikai irányadó szintekkel.

Eredmények: A beállítások megfelelő megválasztásával a csontszcintigráfiai vizsgálatokat kiegészítő CT felvételek készítése esetén a sugárterhelés mértéke akár a felére is csökkenthető, ami így jellemzően kisebb, mint a radiológiai diagnosztikában használt CT vizsgálatok dózisszintjei.

Következtetés: A CT képalkotó paramétereinek megismerésével, az egyes paraméterek képalkotásra gyakorolt hatásainak megértésével és helyes megválasztásával a pácienseket érő sugárterhelés jelentősen csökkenthető. A sugárterhelések optimalálásának érdekében érdemes a vizsgálati paramétereket rendszeresen felülvizsgálni és újabb diagnosztikai irányadó szinteket bevezetni.

DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS FOR HYBRID IMAGING STUDIES IN NUCLEAR MEDICINE WORKPLACES

Zoltán Kolozsi¹, Richárd Elek²

*¹Békés County Central Hospital, Gyula, ²Semmelweis University
Doctoral School of Theoretical and Translational Medicine, Budapest*

Introduction: Hybrid imaging procedures in nuclear medicine workplaces, a significant part of the patient exposure is from the CT (Computed Tomography) modality, so its optimisation and the introduction of regularly reviewed Diagnostic Reference Levels (DRLs) are particularly justified. The CT image sequence is used as a radiation "map" and for morphological localisation of the radioisotope distribution.

Material and Methods: The study was performed on the Mediso Anyscan SCP hybrid imaging system at the Department of Nuclear Medicine of the Békés County Central Hospital. Dose levels from CT imaging of SPECT/CT scans obtained during bone scintigraphy procedures in different settings were compared. The CT doses were compared with international diagnostic reference levels.

Results: With the right choice of settings, the radiation exposure for CT scans complementary to bone scintigraphy can be reduced by up to half, and is thus typically lower than the dose levels of CT scans used in radiological diagnostics.

Conclusion: By understanding the imaging parameters of CT, the effects of each parameter on imaging and the correct choice of the parameters, the radiation exposure to patients can be significantly reduced. In order to optimise radiation exposure, it is worthwhile to regularly review the scan parameters and introduce new diagnostic reference levels.

KLINIKAI AUDIT

Cservenák Ildikó¹, Pesznyák Csilla², Elek Richárd¹, Sáfrány Géza¹

¹ *Nemzeti Népegészségügyi Központ SSFO*

² *Országos Onkológiai Intézet*

A klinikai auditnak nevezzük az orvosi sugárterheléssel járó eljárások során rendszeresen végzett dokumentált és független felmérést, melyet a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendeletben „az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól” fogalmaznak meg. Ezen eljárásoknak a szakmai protokollokban, útmutatókban és jogszabályokban előírt feltételeknek való megfeleléseit vizsgálja meg és értékeli azokat. Nem megfelelés esetén helyesbítő és minőségjavító intézkedésekre tesz javaslatot. A rendeletben megfogalmazott irányelv szerint az ionizáló sugárzással járó orvosi eljárások megfeleléségének vizsgálatára az adott engedélyesnek 5 évente klinikai auditot kell végeztetni a megfelelő szakterületű auditáló csoporttal. Ehhez megfelelő szakképesítéssel és elegendő szakmai gyakorlattal rendelkező auditáló csoportok létrehozására kell törekedni. Ugyanakkor a szakmai kollégiumok bevonásával létre kell hozni olyan módszertani útmutatót, mely megfelelően szabályozni tudja a klinikai auditok lefolytatásának szempontrendszerét a nemzetközi ajánlások alapján. A radiológiai auditáló csoport összetételére vonatkozó követelményekről a fent jelzett rendelet 1. számú melléklete ad pontos tájékoztatást.

CLINICAL AUDIT

Ildikó Cservenak¹, Csilla Pesznyak², Richard Elek¹, Géza Safrany¹

¹ National Public Health Center

² National Institute of Oncology

Clinical audit is the regularly documented and independent survey carried out during procedures involving medical radiation exposure, which is defined in the 21/2018. (VII. 9.) EMMI decree: "the rules for the protection of the health of persons exposed to ionizing radiation in the course of the provision of health services outside of their work duties". It examines and evaluates the compliance of these procedures with the conditions prescribed in professional protocols, guidelines, and legislation. In case of non-conformity, it proposes corrective and quality improvement measures. According to the directive set out in the decree, in order to check the adequacy of medical procedures involving ionizing radiation, the given license holder must have a clinical audit performed by the auditing group of the appropriate field every 5 years. For this, efforts must be made to establish auditing groups with appropriate professional qualifications and sufficient professional experience. At the same time, with the involvement of professional colleges, a methodological guide must be created that can properly regulate the criteria for conducting clinical audits based on international recommendations. Annex No. 1 of the above-mentioned decree provides precise information on the requirements for the composition of the radiological auditing group.

RÖNTGENBERENDEZÉSEK ELLENŐRZÉSE HAZÁNKBAN

**Tóth Nikolett, Cservenák Ildikó, Elek Richárd, Keveházi Zsombor,
Képiró Gábor, Kokol Judit, Mihályi Dávid,
Salik Ádám, Váradi Csaba,**

*Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és
Sugáregészségügyi Főosztály*

2022. év elejétől végzi a Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály a diagnosztikai röntgenberendezések akkreditált állapotvizsgálatát, amit a 2013/59/EURATOM irányelv alapján a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet ír elő. Ez új álláshelyek létesítésével, képzett munkatársak felvételével és eszközparkunk bővítésével vált elérhetővé. Intézetünk a minőségellenőrző vizsgálatok területén 20 éves múltra tekinthet vissza, azonban így is számos új kihívással nézünk szembe a használt berendezések vizsgálatai során.

Az elmúlt években a vizsgálataink nagyobb hányadát a fogászati berendezések és a felvételi röntgenberendezések ellenőrzése tette ki, Az állapotvizsgálatok száma az elmúlt évekhez képest növekedni látszik, ami a hatóságok engedélyező és ellenőrző tevékenységének köszönhető. Az átvételi vizsgálatok darabszáma némiképp visszaesett, ami valószínűleg az előző években lezajlott, országos szintű géppark fejlesztő intézkedéseknek tudható be.

Előadásunk során beszélünk eredményeinkről és tapasztalatainkról, kitérünk a munkánk során fellépő nehézségekre, mint pl. az „OSSKI” telephelyének változására és eközben a folyamatos akkreditáció fenntartásának küzdelmeire.

INSPECTION OF DIAGNOSTIC X-RAY MACHINE IN OUR COUNTRY

**Nikolett Tóth, Ildikó Cservenák, Richárd Elek, Zsombor Keveházi,
Gábor Képíró, Judit Kokol, Dávid Mihályi,
Ádám Salik, Csaba Váradi,**

*National Health Public Centre, Department of Radiobiology and
Radiohygiene*

From the beginning of 2022, colleagues of the Department of Radiobiology and Radiohygiene are carrying out the accredited status tests of diagnostic X-ray equipment, which, based on the 2013/59/EURATOM directive. This task is regulated by the decree 21/2018 EMMI (Min. of Human Capacities). By creating new jobs and developing the instrumentation park, it became possible to implement our task. Our Group has 20 years of history in the field of quality control tests, but we still face many new challenges during the testing of both the old and new equipment.

In recent years, the majority of our tests consisted of dental equipment and radiography machines. The number of status tests seems to be increasing compared to recent years, due to the licensing and inspection activities of the authorities. However, the number of acceptance tests are decreasing, which is probably due to the recent developments of the X-ray inventory.

During our presentation, we talk about our results and experiences, we mention difficulties, such as the moving of "NRIRR" and the struggle to maintain the continuous accreditation of the Radiation Protection Laboratory.

AZ ORVOSTECHNIKAI FEJLESZTÉSEK FENTARTHATÓSÁGA

Sáfrány Géza, Lumniczky Katalin

*Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és
Sugáregészségügyi Főosztály, Budapest*

A “EUROpeAn MEDical application and Radiation prOteCtion Concept: strategic research agenda aNd ROadmap interLinking to heaLth and digitisation aspects” (EURAMED rocc-n-roll; <https://roccnroll.euramed.eu/about-rocc-n-roll/>) című EURATOM projekt integrált és koordinált európai megközelítést javasol az ionizáló sugárzás és a kapcsolódó sugárvédelem orvosi alkalmazásaival kapcsolatos kutatás és innováció terén. Az EURAMED rocc-n-roll célja, hogy elősegítse azt, hogy az orvosi kutatás eredményei mindenki számára elérhető módon kerüljenek be a klinikai gyakorlatba, és sugárvédelembe, és emellett erősítsék a gazdasági növekedést és az ipari versenyképességet is.

Az EURAMED rocc-n-roll keretében a Nemzeti Népegészségügyi Központ a fenntarthatósággal kapcsolatos kérdéseket vizsgálja az ionizáló sugárzást alkalmazó orvosi területeken. A fenntarthatóság azt jelenti, hogy a gazdaságot úgy kell fejleszteni, hogy közben védjük a környezetet és javítjuk azoknak az életét, akikkel a fejlesztés kölcsönhatásban van. A fenntarthatóság kulcsfontosságú az európai betegek jobb egészségügyi ellátásának biztosításához, ezért kidolgoztunk egy kérdőívet amely segítségével a fenntarthatóság kérdéskörét vizsgáltuk az orvostudomány minden olyan területén, ahol ionizáló sugárzást és/vagy radioaktív anyagokat alkalmaznak diagnosztikai és/vagy terápiás célokra. A felmérés 5 orvosi sugárzással kapcsolatos témakörből állt: Nukleáris medicina; Radiológia/képalkotás; Theranostika; Sugárterápia; Sugárvédelem. Minden témakör egy sor altémát tartalmazott. A válaszadókat arra kértük, hogy értékeljék az altémák fenntarthatósággal kapcsolatos kérdéseit a környezet, a társadalom és a gazdaság területén. A felmérést elektronikus úton juttattuk el a különböző érdekelt felek, köztük az EURAMED rocc-n-roll partnerei, az ALLIANCE, az EURADOS, az EURAMED, a MELODI, a NERIS, a SHARE, az Európai Radiológiai Társaság (ESR) és a COCIR (az orvosi képalkotó, sugárterápiás, és

elektromedicinális iparágakat képviselő európai szakmai szövetség), valamint a sugárvédelemért felelős hatóságok vezetői (HERCA) részére.

Összesen 73 személy válaszolt a felmérésre, bár nem mindenki válaszolt az összes kérdésre. A válaszadók közel 40%-a a tudományos/oktatási területhez tartozott. Magas volt a válaszadási arány a hatóságok, az orvosfizikusok, a klinikai kutatók, az orvosi képzés területén dolgozó klinikusok, a sugárvédelmi szakértők és a radiológusok körében. A felmérés eredményei azt mutatják, hogy a nukleáris medicinában a radioaktív hulladékok keletkezésének és az azt követő hulladék elhelyezésnek a növekedése nagyon erős hatással lehet a környezetre és a társadalomra. A nukleáris reaktorok megnövekedett gyógyszergyártási felhasználása, illetve számuk növekedése, a terápiás gyógyszerek és a diagnosztikai PET alkalmazása pedig a társadalmi hatásokat befolyásolhatja. A legtöbb válaszadó úgy vélte, hogy a sugárbiológiai és sugárfizikai ismeretek nagy hatással vannak a fenntarthatóság társadalmi területére. Az oktatás és képzés, valamint a sugárvédelem és a kapcsolódó kutatás finanszírozása rendkívül nagy hatással lehet a fenntarthatóság minden területére, beleértve a környezeti, társadalmi és gazdasági területeket is.

Összefoglalva, az orvosi sugárzás területén a legmodernebb technológia rendelkezésre állása nagy társadalmi és gazdasági jelentőséggel bír. A fenntarthatóság biztosítása érdekében a kutatás, a képzés és az innovatív kezdeményezések finanszírozását növelni kell. A hangsúlyt kell helyezni mind az új, mind pedig a már meglévő ionizáló sugárzást alkalmazó technológiák klinikai bevezetésére.

GUARANTEEING SUSTAINABILITY IN MEDICAL PRODUCTS

Géza Sáfrány, Katalin Lumniczky

Department of Radiobiology and Radiohygiene, National Public Health Center, Budapest, Hungary

The EUROpeAn MEDical application and Radiation prOteCtion Concept: strategic research agenda aNd ROadmap interLinking to heaLth and digitisation aspects (EURAMED rocc-n-roll; <https://roccnroll.euramed.eu/about-rocc-n-roll/>) EURATOM supported project proposes an integrated and coordinated European approach to research and innovation in medical applications of ionising radiation and related radiation protection based on stakeholder consensus and existing activities in the field. EURAMED rocc-n-roll aims to generate the largest benefit for the European population in an equal, safe, high-quality way throughout Europe by fostering clinical translation while also strengthening economic growth and industrial competitiveness supported by medical radiation protection research and innovation.

Within EURAMED rocc-n-roll National Public Health Center investigates the issues related to sustainability in medical fields applying ionising radiation. Sustainability means that the economy should be developed while protecting the environment and improving the lives of those with whom it interacts. Sustainability is crucial to ensure improved healthcare for patients in Europe, therefore sustainability issues was investigated in all fields of medicine where ionising radiation and/or radioactive materials are applied for diagnosis and/or therapy by developing a small survey. The survey was composed of 5 medical radiation related topics: Nuclear medicine; Radiology/imaging; Theranostics; Radiotherapy; Radiation protection. Each topic contained a series of subtopics. The responders were asked to rate sustainability issues of the subtopics in the sectors of Environment, Society and Economy. The survey was distributed electronically to various stakeholders including EURAMED rocc-n-roll partners, ALLIANCE, EURADOS, EURAMED, MELODI, NERIS, SHARE, European Society of Radiology (ESR) and COCIR (European Trade Association representing the medical imaging, radiotherapy, health ICT and

electromedical industries), as well as to Heads of Radiation Protection Competent Authorities (HERCA).

Altogether 73 people responded to the survey, although not all of them answered to all of the questions. Nearly 40% of the responders was affiliated to the academic/education field. High response rate was recorded from regulators, medical physicists, clinical researchers, medical imaging clinicians radiation experts and radiologists. The survey results indicate that in nuclear medicine an increase in the production of radioactive waste and subsequent disposal might have a very strong effect on the environment and on the society. Increased use of nuclear reactors for production of pharmaceuticals or the increase in their numbers, the applications of therapeutic pharmaceuticals and diagnostic PET might influence the society. Most of the responders considered high impact of radiation biology and radiation physics knowledge especially on the society window of sustainability. Education & training, as well as Funding for radiation protection and related research might have extremely high impact on all fields of sustainability, including environmental, societal and economical areas.

In conclusion, the availability of state-of-the-art technology in medical radiation is of great concern to the society and of economic importance. To assure sustainability in its full deployment funding for research, training and initiatives needs to be increased with the focus on both introduction and maintenance of new and existing medical radiation technologies in the clinic

A NUKLEÁRIS MEDICINA LABOROK KÖRNYEZETI HATÁSAI, HATÓSÁGI SZEMPONTOK AZ OAH ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁSÁBAN

Sarkadi Margit

Országos Atomenergia Hivatal, Budapest

A Nukleáris Medicina Laboratóriumok környezeti hatásai közé két fő kibocsátási típus tartozik.

Az egyik az aktív páciensek elbocsátása a Nukleáris Medicina Laborból (közvetett kibocsátás). Az aktív betegek, úgy az izotópdiagnosztikai vizsgálatok, mint az izotópterápiás kezelések utáni elbocsátása során a beadott radioaktivitás egy részét intézményen kívülre a testükben kiviszik. Ebben az értelemben az izotópdiagnosztikai tevékenység következtében indirekt radioaktívanyag kibocsátás történik. Elbocsátási kritérium: az aktív betegek akkor bocsáthatók el, ha a betegtől 1 méterre mérhető környezeti dózisegyenérték-teljesítmény $25 \mu\text{Sv/h}$ alá csökken. Elbocsátást követően sugárvédelmi elővigyázatossági rendszabályok alkalmazása szükséges a személyi higiéniával, a családtagokkal, továbbá a lakossággal kapcsolatban.

A másik a radioaktív hulladékok, illetve radioaktivitással szennyezett szilárd, folyékony vagy légnemű hulladékok kibocsátása.

Ilyenek az izotópok beadásánál keletkező hulladékok, a használt izotóp generátorok, továbbá a kalibráló zárt sugárforrások. Meleglaborból, dekontamináló mosogatóból, izotópos kézmosóból, aktív páciens WC-kből távozó szennyvizek. Kórházi fekvőbeteg jódterápiás betegek vizelete elkülönített rendszerrel gyűjtőtartályban. Meleglabor vegyi vagy elszívófülke, lamináris fülke szellőztető rendszeréből származó légnemű kibocsátások.

Az előadás áttekinti a Nukleáris Medicina Laborok sugárvédelmi és építészeti kialakításait az OAH engedélyezési eljárásaiban, valamint bemutatja a sugárvédelmi követelményeket a radioaktív hulladékok kezelésében. Továbbá ismerteti a szükséges sugárvédelmi elővigyázatossági szabályozásokat a lakosság és a környezet védelme érdekében.

THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE NUCLEAR MEDICINE LABORATORIES, AUTHORITY ASPECTS IN THE LICENSING PROCEDURE OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY

Margit Sarkadi

Hungarian Atomic Energy Authority, Budapest

The environmental impacts of Nuclear Medicine Laboratories include two main types of emissions.

One of them is the discharge of active patients from the Nuclear Medicine Laboratory (indirect emission). During the discharge, active patients after isotope diagnostic tests and isotope therapy treatments take some of the administered radioactivity out of the institution in their bodies. In this case, indirect radioactive material is released as a result of the isotope diagnostic activity. Discharge criterion: active patients can be discharged if the environmental dose equivalent rate measured 1 meter from the patient falls below 25 $\mu\text{Sv/h}$. After discharge, it is necessary to apply radiation protection precautions in relation to personal hygiene, family members and the general public. The other type is the emission of radioactive waste or solid, liquid or gaseous waste contaminated with radioactivity.

These are for instance; waste generated during the administration of isotopes, used isotope generators and encapsulated calibration sources, wastewater from hot labs, decontaminating sinks, isotope sinks, the toilets of active patients and air emissions from the ventilation system of the chemical or extraction booth, laminar booth of a hot lab. Also, the urine of inpatients undergoing iodine therapy is stored for a given time in a collection tank with a separate system, which can be discharged into the sewage system after storage.

The presentation reviews the radiation protection and architectural designs of the Nuclear Medicine Laboratories in the licensing procedures of the HAEA, as well as presents the radiation protection requirements in the management of radioactive waste. Furthermore, it describes the necessary radiation protection precautionary regulations in order to protect the population and the environment.

A FORGALOMBAHOZATALI (TÍPUS-) ENGEDÉLYEZÉS ÉS MENTESÍTÉS AZ ORSZÁGOS ATOMENERGIA HIVATAL GYAKORLATÁBAN

Jobbágy Benedek

Országos Atomenergia Hivatal

A hazai sugárvédelmi szabályozás 2016-ban végbement átfogó módosítása óta eltelt hét év alatt az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) által végzett sugárvédelmi felügyeleti tevékenység során számos tapasztalat gyűlt fel.

A tapasztalatok alapján az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések (a továbbiakban: berendezés) és radioaktív sugárforrást tartalmazó készülékek (a továbbiakban: készülékek) típusengedélyezési eljárásaihoz kapcsolódóan rávilágítanék pár kérdéses területre.

A magyarázatok, észrevételek segítséget nyújtanak a kérelmezőknek abban, hogy a jogszabályban foglaltaknak megfelelően tudják benyújtani az engedélyezési eljárás lefolytatásához szükséges dokumentumokat.

A hatósági engedélyezés és ellenőrzés alóli mentesítés (a továbbiakban: mentesítés) végeredményeként a berendezéseket vagy készülékeket üzemeltetők, alkalmazók jelentős engedményeket, könnyítéseket kapnak. A mentesítési eljárás során az OAH meggyőződik a berendezés vagy készülék veszélytelenségéről. A berendezések vagy készülékek mentesítésének speciális szabályai szintén említésre kerülnek az eljárásokban benyújtandó dokumentumokkal egyetemben.

EXPERIENCES FROM MARKETING LICENSING AND EXEMPTION PROCEDURES IN THE PRACTICE OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY

Benedek Jobbágy

Hungarian Atomic Energy Authority

Since 2016, when comprehensive amendments of the Hungarian radiation protection legislation has been carried out, the seven years of authority activities for radiation protection has cumulated lots of experience at Hungarian Atomic Energy Authority (hereinafter: HAEA).

Based on this experience, I would like to direct spotlight on some actual questions of marketing licensing procedures for ionizing radiation generating devices (hereinafter referred to as "equipment") and devices containing radioactive sources (hereinafter referred to as "apparatus").

The explanations and comments will help applicants to submit the documents required for the licensing procedure in accordance with the law.

As a result of the exemption from licencing and inspection (hereafter "exemption"), operators and users of equipments or apparatus will gain significant benefits and facilitations.

During the exemption procedure, HAEA is getting certain that the equipment or apparatus is safe.

In my lecture specific rules of the exemption process and the documents to be submitted will be discussed in details.

AZ ORSZÁGOS ATOMENERGIA HIVATAL INTEGRÁLT SUGÁRVÉDELMI ELLEŐRZÉSEINEK SAROKPONTJAI

Hum Gábor, Déri Zsolt

Országos Atomenergia Hivatal

Az előadás célja az Ügyfél hozzásegítése az OAH ellenőrzések folyamatának jobb megértéséhez, növelve az ellenőrzések hatékonyságát, ezzel lerövidítve az ellenőrzések időtartamát.

Az előadás kitér az ellenőrzések alapját képező jogi előírásokra. Bemutatja az Integrált Sugárvédelmi Ellenőrzési Osztály ellenőrzések statisztikáit, ismerteti az általános közigazgatási rendtartásról szóló 2016. évi CL. törvény szerinti ellenőrzések fajtáit.

Az előadás végig vezeti a hallgatót az ellenőrzések folyamatán, röviden bemutatja az Ügyfél kötelezettségeit, az ellenőrzésre történő felkészülést mind az Ügyfél, mind az OAH oldaláról. Felhívja a figyelmet a helyszínen kibontakozó adminisztratív területen tapasztalt általános és a különleges problémákra. Bemutatja az integrált sugárvédelmi ellenőrzések lefolyását elsősorban sugárvédelmi oldalról, érintve a fizikai védelmi, szállítás, radioaktív illetve nukleáris anyag nyilvántartásának ellenőrzéseit. Bemutatja a mérések folyamatát, a mérőműszereket. Taglalja az OAH ellenőrök kötelelességeit és lehetőségeit.

Az előadás a végén összegzi tapasztalatokat, rávilágít azokra a sarokpontokra, amelyek szükségesek a sikeres ellenőrzéshez, bemutatja azokat a megoldásokat, amik elérhetővé teszik a sikeres ellenőrzést. Végezetül szót ejt az OAH ellenőrzések hatáiról, kiemelve a Nemzeti Népegészségügyi Központ (a továbbiakban NNK) ellenőrzéseket, a két hatóság együttműködésének lehetőségeit.

THE CORNERSTONES OF THE INTEGRATED RADIATION PROTECTION INSPECTION OF THE HUNGARIAN ATOMIC ENERGY AUTHORITY

Gábor Hum, Zsolt Déri

Hungarian Atomic Energy Authority

The purpose of the presentation is to help the Licensee to pass the inspections of the Hungarian Atomic Energy Authority even more successfully.

The presentation covers the legal regulations supporting the inspections, the Hungarian objectives that form the basis of the inspections. It presents the statistics of inspections and describes the types of inspections.

The lecturer guides the student through the inspection process, briefly presents the Licensee's obligations and the preparation for the inspection from the side of both the Licensee and the Hungarian Atomic Energy Authority. It draws attention to the general and special problems experienced in the administrative field that unfolded on site. It presents the process of integrated radiation protection inspections primarily from the radiation protection side, without affecting the inspections of physical protection, transport, radioactive and nuclear material records. It presents the process of the measurements and the measuring instruments. Discusses the duties and possibilities of inspectors of the Hungarian Atomic Energy Authority.

At the end of the presentation, he summarizes experiences, highlights the key points that are necessary for a successful inspection, and presents solutions that are necessary for a successful inspection. Finally, he talks about the limits of inspections by the Hungarian Atomic Energy Authority, highlighting the inspections by the National Public Health Authority and the possibilities of cooperation between the two authorities.

SZIMULÁTOROK FEJLESZTÉSE A NUKLEÁRIS MÉRÉSTECHNIKA TERÜLETÉN

Petrányi János

GAMMA Zrt.

A nukleáris mérés technika területén használt szimulátorok nagyban megkönnyítik a szakemberek munkáját, legyen szó mért adatok validálásáról, vagy komplex mérő rendszerek teszteléséről, esetleg sugárveszélyes tevékenységek virtuális térben történő gyakorlásáról.

Az előadás bemutat néhány a GAMMA Zrt. által kifejlesztett detektor szimulátort, amelyek lehetővé teszik valódi műszer nélkül egy sugárvédelmi monitoring rendszer működésének oktatását, tesztelését különleges események pl.: tesztriasztások, meghibásodások vizsgálatát.

A detektor fejlesztéseink során létrehoztuk szcintillációs detektorok virtuális modelljét, hogy különböző sugárforrásokra adott spektrum válaszokat generáljunk, amely spektrumokat aztán izotóp azonosítási algoritmusok fejlesztéséhez, ellenőrzéséhez használtunk fel.

A GAMMA Zrt. új szimulációs és oktató terme is megkezdte a működését, ahol többek között valós időben lehet virtuális járműfedélzeti sugárfelderítést végrehajtani, vagy országos monitoring rendszer riasztás kezelési feladatait gyakorolni.

Konstruktív szimulációs szoftver segítségével egy sugárbaesetet szimuláltunk, amely során a végrehajtott felhasználói műveletek hatékonyságát a virtuális résztvevők által elszenvedett egyéni dózisok alapján mértük.

DEVELOPMENT OF SIMULATORS IN THE FIELD OF NUCLEAR MEASUREMENT

János Petrányi

GAMMA Zrt.

Simulators in the field of nuclear measurement make the work of professionals much easier, whether they are validating measured data, testing complex measurement systems or practising high-risk activities in virtual space.

The presentation will show some of the detector simulators developed by GAMMA Zrt. that allow training and testing of the operation of a radiation monitoring system without the need of a real instrument. It is suitable to create special events such as test alarms, and detector failures.

During our detector developments, we have created virtual models of scintillation detectors to generate spectral responses to different radioactive sources, which spectra are then used to develop and verify isotope identification algorithms.

The new simulation and training room of GAMMA Zrt. has also been started, where, for example, virtual onboard radiation reconnaissance can be performed in real-time, or national monitoring system alarm management tasks can be practised.

Using constructive simulation software, a radiological accident was simulated, during which the effectiveness of the operator's actions was measured on the basis of the individual doses received by the virtual workers.

GEANT4 SZIMULÁCIÓS KÖRNYEZETBEN LÉTREHOZOTT VÁLASZMÁTRIX EMPIRIKUS KORREKCIÓJA PLASZTIK SZCINTILLÁCIÓS DETEKTOROKNÁL

Jónás Jácint, Garai Zoltán, Petrányi János

GAMMA Zrt.

A szervesen szcintillációs kristályok mellett a plastik szcintillátorok is jól használhatók a gammasugárzás mérésére. Plastik szcintillátorokból, a NaI(Tl) szcintillátorokhoz képest, nagyobb térfogatú, így nagyobb érzékenységű detektorok készíthetők. A GAMMA Zrt. által fejlesztett gammaspektrum kiértékelési módszer felhasználásával, a gyengébb felbontás ellenére a plastik szcintillátorral mért spektrum minőségi analízisre is alkalmassá vált.

A plastik szcintillátorral felvett gammaspektrum kiértékeléséhez és izotópazonosításhoz a fotocsúcsok hiánya miatt szükséges a detektor válaszmátrixának meghatározása. Ezért GEANT 4 szimulációs környezetben elkészítettük az 50x50 mm (DxM), és az 1000x500x50 mm (HxMxSZ) PVT plastik szcintillátorral szerelt RadNDI (GAMMA Zrt.) detektor válaszmátrixát. Kezdetben a szimulált és a mért spektrumok alacsony energia tartományban eltértek. Az eltérés a korábbi publikációkkal összhangban 20-200 keV tartományba esett. Ezért monoenergiás gammaforrásokat felhasználva a spektrumban észlelhető különbségeket értékelve empirikus úton változtattuk a válaszmátrixot.

A módosított válaszmátrixszal, ami már a feldolgozó elektronika sajátosságait is tartalmazza, a szimulált spektrumok, és a mért spektrumok közötti távolságot egy nagyságrenddel csökkentettük a vizsgált 20 keV-1500 keV energia tartományban. Az alkalmazott válaszmátrix korrekció más detektorok és szcintillátorok esetében is hatékonyan alkalmazható.

EMPIRICAL CORRECTION OF RESPONSE MATRIX FOR PLASTIC SCINTILLATION DETECTOR CREATED IN GEANT4 SIMULATION ENVIRONMENT

Jácint Jónás, Zoltán Garai, János Petrányi

GAMMA Zrt.

Plastic scintillators are well suited for measuring gamma radiation besides inorganic scintillation crystals. Compared to NaI(Tl) scintillators, plastic scintillators can be used to build detectors with a larger volume and therefore higher sensitivity. Using the gamma spectrum evaluation method developed by GAMMA Zrt., the spectrum measured with a plastic scintillator became suitable for qualitative analysis, despite the low resolution of the plastic scintillator.

In order to evaluate the gamma spectrum recorded with a plastic scintillator and identify isotopes, it is necessary to determine the response matrix of the detector due to the lack of photopeaks. Therefore in this study, we prepared the response matrix of the 50x50 mm (DxH) and 1000x500x50 mm (LxHxW) PVT plastic scintillator RadNDI (GAMMA Zrt.) detectors in the GEANT4 simulation environment. Initially, the simulated and measured spectrums differed in the low-energy region of the spectrum. The difference in accordance with earlier publications fell into the 20-200 keV region. Therefore based on the evaluation of different measurements with monoenergetic gamma sources, the response matrix was empirically modified.

With the modified response matrix, that also contains the characteristics of the processing electronics, we managed to lower the spectral distance between measured and simulated spectrums by one order of magnitude in the range of 20-1500 keV. The applied correction of the response matrix is also suitable in case of other types of detectors and scintillators.

VAS ALAPANYAGÚ ESZKÖZÖK C-14 TARTALMÁNAK MÉRÉSTECHNIKAI FEJLESZTÉSE A HEKAL AMS LABORATÓRIUMBAN

Molnár Mihály^{1,2}, Baráth Balázs², A.J.T. Jull^{2,3}

¹ *ISOTOPTTECH ZRT, Debrecen, Magyarország*

² *Atommagkutató Intézet, Debrecen, Magyarország*

³ *Arizona Egyetem, Tucson, Arizona, USA*

Ez a kutatás egy új megközelítést mutat be a vasalapú anyagok C-14 elemzésére. Az atomreaktorok szerkezeti elemeiben (pl. tartályfal, csövek stb.) a neutronáram jelentős mennyiségű C-14 atomot termel, ami C-14-szennyezettséget okoz. Hulladékgazdálkodási szempontból fontos a hulladékok és az elhasznált elemek C-14 koncentráció mérése. Másrészt a kovácsoltvasból készült tárgyak is tartalmazhatnak szenet, ami az alkalmazott fűtőanyagból - faszén, fa esetén - szintén mérhető C-14-tartalmat juttat a vasba. Ez a C és C-14 lehetővé teheti a vaseszközök gyártásának a C-14 alapú kormeghatározását.

A kutatás során fejlesztett készülék magas hőmérsékleten (~1700°C) oxigénáramban égeti el az anyagokat egy RF indukciós kemence és egy fluxusanyag (általában Ti) segítségével. Ezt az eljárást a Torontói Egyetemen, Arizonában és Nagoyában számos tanulmányban sikeresen alkalmazták régészeti vasak, meteoritok és kőzetminták C tartalmának a kinyerésére. Arizonában 1988 óta, Nagoyában pedig 2004 óta működtetnek egy a korábbi prototípuson alapuló rendszert, Cresswell pedig ugyanezen elvek alapján egy másik konstrukciót fejlesztett ki 1992-ben. Kutatásunk során a gázkezelő rendszert az iparban használt LECO C744 típusú vas-C analizátorral kötöttük össze. A fejlesztett rendszer kb. 1 g vasat 1 perc alatt teljesen oxidál, és a gáz halmazállapotú égésterméket összegyűjti. Az előkészítési módszer C-hozamát és reprodukálhatóságát ismert korú vasleletek és számos C-14 referenciaanyag AMS C-14 analízisével vizsgáltuk.

DEVELOPMENT OF C-14 ANALYSES METHOD FOR IRON BASED MATERIALS AT HEKAL AMS LABORATORY

Mihály Molnár ^{1,2}, Balázs Baráth ², Jull A.J.T. ^{2,3}

¹ ISOTOPTECH ZRT, Debrecen, Hungary

² Institute for Nuclear Research, Debrecen, Hungary

³ University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

In this study, we present a novel approach for C-14 analyses of iron material. C-14 contamination of iron material could happen in nuclear reactors, where the neutron flux could produce significant amount of C-14 atoms inside the iron based construction elements (vessel wall, tubes, etc). If those elements are going to be disposed in waste, then the C-14 concentration should be measured, reported. On the other hand, artefacts made from wrought iron, could also incorporate some C content from the applied heating material (charcoal, wood), which also deliver a measurable C-14 content into the iron. This C and C-14 might allow the C-14 based dating of the production of the iron tool.

For all the above listed applications, we need a good sample preparation method, to extract the C from the iron, without any external contamination. As the typical concentration is maximum a few percent C in the iron (m/m%), a complete combustion/oxidation of 0.1 - 1 g iron for this purpose is necessary. We present an elegant way of this preparation, using a LECO C744 type iron – C analyser. The exhaust gas of this automatized oxidizer is applied for trapping the produced CO₂, for further isotope analyses. About 1g of iron is completely oxidized within 1 minute by the C744 unit, and the exhaust gas is collected. C yield, and reproducibility of this preparation method is investigated by AMS C-14 analyses of known age iron artefacts, and several C-14 reference materials.

This method could play an important role, when nuclear power plants are decommissioned and significant amount of iron waste has to be classified according their C-14 isotope content.

SUGÁRTERÁPIÁS LINAC DÓZISTERÉNEK VIZSGÁLATA OCT SZKENERREL ÉS SPECIÁLIS POLIMER GÉLEK FEJLESZTÉSE

**Fitala Dávid^{1*}, Pesznyák Csilla², Hülber Tímea¹,
Francesco D'Errico³, Hülber Erik¹**

¹Radosys Kft, Budapest

²Országos Onkológiai Intézet, Budapest

*³Pisai Egyetem, Építő- és Iparmérnöki Kar, Nukleáris mérések, Pisa,
Olaszország*

A lineáris gyorsítókkal történő sugárterápiás beavatkozások minőségbiztosítása kiemelt jelentőséggel bír a betegbiztonság szempontjából. A minőségbiztosításhoz elengedhetetlen a 3D-s dozimetria, amelynek egyik intenzíven kutatott területe olyan polimer gélek fejlesztése, amelyek optikai tulajdonságaikat változtatják ionizáló sugárzás hatására. Ezt az optikai változást optikai komputertomográfia (optical computed tomography, OCT) segítségével lehet mérni.

Jelen előadásban egy olyan OCT prototípus fejlesztéséről számolunk be, amit kutatók polimer gélek fejlesztésére használhatnak. A szkennert egy henger alakú 12 x 12 x 15 cm-es térrészt pásztáz végig, majd az adatokból szűrt visszaverítéssel végez képrekonstrukciót. A szkennert validálását a rekonstruált kép és a sugárterápiás 3D-s dózisterv összevetésével végeztük.

AN OCT SCANNER FOR 3D ASSESMENT OF CLINICAL LINAC DOSE FIELDS AND DEVELOPMENTS OF SPECIFIC POLYMER GELS

**Dávid Fitala^{1*}, Csilla Pesznyák², Tímea Hülber¹,
Francesco D'Errico³, Erik Hülber¹**

¹Radosys Kft, Budapest, Hungary

²National Institute of Oncology, Budapest, Hungary

*³Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa,
Pisa, Italy*

The accurate measurement of the dose distribution delivered by a linear accelerator of radiotherapy treatments is of utmost importance of the quality control system. One of the emerging techniques to obtain three-dimensional (3D) information about the dose field is the use of polymer gel phantoms, that alters its optical attribute proportionally to the received dose. The dose information can be read out from the exposed polymer gel by means of optical computed tomography (OCT).

Prototype of an OCT scanner was developed to offer instrumentation for researchers who are involved in developments of polymer gel variations to this application area. The reader scans cylindrical volume of polymer gel with size of 12 cm x 12 cm x 15 cm. It is equipped with an image reconstruction software using filtered back projection. The performance is validated by comparative analysis between the treatment plan of a clinical LINAC and the reconstructed images for a set of basic dose fields.

A MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYOS VIZEKNEK BOMLÁSÁRÓL KÖZÖNSÉGESEN

Osváth Szabolcs

Nemzeti Népegészségügyi Központ

A csapvíz Magyarország lényegében teljes területén elérhető és biztonságos, de hazánkban a palackozott ásványvizek is meglehetősen népszerűek. Évi átlagban kb. 120 l ásványvizet iszunk meg fejenként, ami az évi 730 literes vízfogyasztásnak egy jelentős része. Ezért vizsgálatokat végeztünk az ásványvizek radioaktivitását illetően, noha a 2013/51. Euratom direktíva nem vonatkozik a palackozott ásványvizekre.

Az alacsony ($< 0,06$ Bq/L) trícium-aktivitáskoncentráció azt jelzi, hogy a víz mentes az antropogén szennyezőktől.

Az összes-béta aktivitáskoncentráció néhány ásványvízben csekély mértékben túllépte a vizsgálati szintet (1,0 Bq/l), ez a nagy K-koncentrációnak tulajdonítható.

Az összes-alfa aktivitáskoncentráció bizonyos esetekben az 1200 mBq/l-t is elérte, ami lényegesen nagyobb a 0,1 Bq/l-es vonatkoztatási szintnél.

Az U-238 aktivitáskoncentrációja 25 mBq/l-nél, az U-234 aktivitáskoncentrációja pedig 37 mBq/l-nél minden esetben kisebbnek bizonyult. Így az uránizotópok dóziszáruléka évente legfeljebb $2 \mu\text{Sv}$. Ugyanakkor a Ra-226-nak a legnagyobb mért aktivitáskoncentrációja 430 mBq/l volt, aminek már nem elhanyagolható ($86 \mu\text{Sv}$) a dóziskövetkezménye.

A fenti értékek nem magyarázzák meg teljes mértékben az összes-alfa aktivitáskoncentrációkat. Ezért további nuklidszelektív vizsgálatokra (elsősorban a Po-210-ére) van szükség annak érdekében, hogy pontosabban meg tudjuk becsülni az ásványvizek fogyasztásából származó dózist.

RADIONUCLIDES IN THE HUNGARIAN BOTTLED MINERAL WATERS

Szabolcs Osváth

National Public Health Center

Although high quality tap water is available practically everywhere in the country, bottled mineral water is also quite popular in Hungary. Its consumption is ca. 120 L in a year, which is a significant part of the 730 L total yearly water consumption. Therefore radioactivity in different brands of bottled mineral water was studied – although the 2013/51/Euratom directive does not apply to natural mineral waters.

Low (< 0.06 Bq/L) tritium activity concentration is a clear signal of absence of anthropogenic pollutants.

Total beta activity concentrations of some mineral waters have slightly exceeded the 1.0 Bq/L screening level. This can be explained by their high concentrations of K.

Total alpha activity concentrations have reached even 1200 mBq/L in some cases, which is considerably higher than the 0.1 Bq/L screening level.

Activity concentrations of U-238 and U-234 have been below 25 mBq/L and 37 mBq/L, respectively. Therefore their dose consequence is at most 2 μ Sv in a year. However, the highest activity concentration of Ra-226 that has been measured (430 mBq/L) has a dose consequence of 86 μ Sv in a year.

However, these data do not explain all the high total alpha activity concentration results. Further investigation (determination of activity concentration of other alpha-emitting radionuclides, such as Po-210) is needed to get a better assumption of dose consequences of consumption of mineral water.

A PAKSI ATOMERŐMŰ OPERATÍV DOZIMETRIA RENDSZERE

Kiss Mihály

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

Az operatív dozimetrlás 2002-es teljes körű bevezetése óta tartó folyamatos fejlesztések az elmúlt időszakban felgyorsultak a Paksi Atomerőműben.

A kezdetekben használt Toll dozimétereket felváltották az Alnor RAD 100 és Alnor RAD 101S típusú elektronikus doziméterek, melyek a 2010-es évben véglegesen kivonásra kerültek a forgalomból és a balesetelhárítás területéről is.

Így jelenleg Siemens EPD Mk2, MGP DMC 2000 S és MGP DMC 2000 GN típusú elektronikus doziméterek vannak használatban. Utóbbiak nemcsak a gamma, hanem a neutron sugárzás detektálására is alkalmasak, ami elengedhetetlen az üzemelő reaktorhoz kapcsolódó munkavégzésekhez. 2019-es évtől kiegészült a rendszer MIRION DMC 3000-es doziméterekkel, melyekhez telemetriai egység csatlakoztatható.

A telemetria nagy távolságú adat továbbítást, távoli méréseket és akár vezérlést is lehetővé tévő, jellemzően vezeték nélküli kommunikációs rendszer.

Az összerendelő egységek lecserélése is folyamatban van. MGP LDM 210-ek helyett, MIRION LDM 320-as rádiófrekvenciás olvasók lesznek.

Az operatív dozimetriai rendszer esetleges üzemképtelensége esetén a Siemens Easy EPD program mellett rendelkezésre áll a Dosimass nevű program is.

A fejlesztések megfelelnek a felmerülő igényeknek és hosszú távon kezelik az évi 180-200 ezer összerendelést.

THE ELECTRONIC PERSONAL DOSIMETER SYSTEM OF THE PAKS NUCLEAR POWER PLANT

Mihály Kiss

Paks Nuclear Power Plant Ltd.

Developments have speeded up in the Nuclear Power Plant of Paks since 2002, the introduction of the electronic personal dosimeter system.

The pen dosimeters used in the beginning were replaced by Alnor RAD 100 and Alnor RAD 101S type electronic dosimeters, which were permanently withdrawn from circulation and from the accident prevention area in 2010. Now we are using types Siemens EPD Mk2, MGP DMC 2000 S and MGP DMC 2000 GN. The latter ones can detect neutron radiation too, which is very important to work linked with the operating reactor.

From 2019, the system was supplemented with MIRION DMC 3000 dosimeters, to which a telemetry unit can be connected. Telemetry is a typically wireless communication system enabling long-distance data transmission, remote measurements and even control.

The dosimeter readers were also replaced with the change of Alnor dosimeters. The new dosimeter reader is the MGP LDM 210, which communicates with dosimeters in hands free mode.

The connecting units are also being replaced. Instead of MGP LDM 210s, there will be MIRION LDM 320 radio frequency readers. In the event that the operational dosimetry system is inoperable, the Dosimass program is available in addition to the Siemens Easy EPD program.

The developments meet the requirements and handle the annual 180 000 – 200 000 usages in the long run.

ENEN2PLUS - EU PROJEKT A NUKLEÁRIS OKTATÁSÉRT

**Pesznyák Csilla^{1,3}, Leon Cizelj², Roberta Cirillo³,
Gabriel Pavel³**

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, ²Institute Josef Stefan, Szlovénia; ³ENEN, Belgium

Az európai nukleáris oktatás és képzés (E&T) komoly erőfeszítéseket igényel, célja az atomenergia és más nukleáris területén elért magas szintű szakértelem fenntartása és továbbfejlesztése, valamint a nukleáris karrier vonzóvá tétele a fiatalok számára. Az ENEN2plus projekt az Európai Unió támogatásával valósul meg.

A középiskolás diákoknak, hallgatóknak (BSc, MSc, PhD) számos verseny, nyári iskola kerül megszervezésre. A poszt doktoroknak és a fiatal munkavállalók számára dedikált karrierrendezvényeken való részvételre és különböző továbbképzésekre lesz lehetőség. A mobilitási program több mint 1000 hallgató/ fiatal munkavállaló számára 2,5 millió EUR-t biztosít ösztöndíjakra. A Mobilitási Kézikönyv megtalálható az ENEN2plus honlapján:

<https://enen.eu/index.php/portfolio/enen2plus-project/>

A JRC-vel, az OECD/NEA-val és a nemzetközi partnerekkel együttműködésben támogatja az EU-n belüli és azon kívüli, határokon átnyúló és tudományágak közötti mobilitást. Egyetlen adatbázis lesz kialakítva, amely tájékoztatást nyújt a rendelkezésre álló oktatási, képzési és munkalehetőségekről.

Az ENEN2plus projekt a még mindig széttagolt európai oktatási és képzési közösséget integrálja azáltal, hogy nagyszámú résztvevőt hoz össze a nukleáris energiával kapcsolatos valamennyi területről: atomenergia, nukleáris technika és biztonság, sugárvédelem, radioaktív hulladékkezelés, orvosi alkalmazások, radiokémia, leszerelés és nukleáris biztosítékok).

ENEN2PLUS - BUILDING EUROPEAN NUCLEAR COMPETENCE THROUGH CONTINUOUS ADVANCED AND STRUCTURED EDUCATION AND TRAINING ACTIONS

**Csilla Pesznyak^{1,3}, Leon Cizelj², Roberta Cirillo³,
Gabriel Pavel³**

¹Budapest University of Technology and Economics, Hungary,

²Institute Josef Stefan, Slovenia; ³ENEN, Belgium

Education and training (E&T) in nuclear matters in Europe need persistent efforts to be adequately promoted, aiming to maintain and further develop the high level of expertise reached in the nuclear power and non-power fields and also in considering the limited attractiveness of nuclear careers for young generations, experienced both at universities and in recruiting for jobs. The ENEN2plus project is founded by the European Union.

Higher number of nuclear talents will be attracted through dedicated career events and competitions for high school pupils and teachers, students (BSc, MSc, PhD), postdocs and lifelong learners. A strong mobility program will support over 100 person-years of nuclear career enhancing experience to about 1,000 learners with over 2.5 million EUR. The Mobility Manual can be found on the ENEN2plus webpage: <https://enen.eu/index.php/portfolio/enen2plus-project/>

Cross-border and cross-disciplinary mobility within and beyond the EU will be promoted in cooperation with JRC, OECD/NEA and international partners. A single hub will be established to provide information on available educational, training and job opportunities.

The project ENEN2plus integrates the still fragmented European E&T community by bringing together a large number of participants from all nuclear energy related fields (nuclear engineering and safety, radiation protection, radioactive waste management, medical applications, nuclear safety culture, nuclear safety management, radiochemistry, decommissioning and nuclear safeguards).

ÖNNEK MILYEN SAR-OS A MOBILTELEFONJA? NÉHÁNY GONDOLAT A MOBILTELEFONOK RÁDIÓFREKVENCIÁS SUGÁRZÁSÁRÓL ÉS DOZIMETRIAI VIZSGÁLATÁRÓL

Thuróczy György

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Nem-ionizáló Sugárzások Osztálya

A rádiófrekvenciás (RF) sugárzások fajlagosan elnyelt teljesítményének fizikai mennyisége az *SAR* (*Specific Absorption Rate*), amelyet W/kg-ban határoznak meg. Ezért a mobiltelefonok RF sugárzásából keletkezett fajlagosan elnyelt teljesítményt - az SAR-t - az emberi testben (pl. az agyszövetben) szintén W/kg-ban kell meghatározni. A mobiltelefonokra vonatkozó európai szabályozás szerint *CE* jelzéssel csak olyan mobiltelefon hozható forgalomba, amelynek az SAR értéke 10g szövetre átlagolva 2 W/kg SAR-t semmilyen körülmények között nem haladja meg.

A mobiltelefonok technológiai fejlődésével az SAR értékek is változnak. Az SAR nagyságát jelentősen befolyásolja az is, hogy az adott mobiltelefon milyen technológiával készült (pl. az RF antennákat hol és milyen módon helyezik el a telefonban), illetve fejlesztések melyik generációjához tartozik (2G, 3G, 4G, 5G). Az előadásban áttekintjük a mobiltelefonok sugárzásának főbb jellemzőit, a különböző generációkhoz tartozó telefonok SAR értékeit, és a mérési módszereket. Kitérünk a mobiltelefonok sugárzásának nagyságára valós hálózati, illetve forgalmi körülmények között, valamint megvizsgáljuk, hogy az 5G technológia milyen változásokat hoz ezekben a kérdésekben.

WHAT SAR'S MOBILE PHONE DO YOU HAVE? ABOUT THE RADIOFREQUENCY RADIATION AND DOSIMETRY OF MOBILE PHONES

György Thuróczy

National Public Health Center, Non-ionizing Radiation Unit

The physical quantity of the specific absorbed power of radiofrequency (RF) radiation is the SAR (Specific Absorption Rate), which is defined in W/kg. The specific absorbed power - SAR - of RF radiation from mobile phones in the human body (e.g. brain tissue) is also defined in W/kg. According to the European regulation, it is not allowed to exceed the SAR of 2 W/kg averaged over 10g in the human tissue under any circumstances of any CE marked mobile phones.

As mobile phone technology evolves, the SAR values change. The SAR is also significantly influenced by the technology of the mobile phone (e.g. where and how the RF antennas are placed in the phone) and the generation of developments (e.g. 2G, 3G, 4G, 5G). This presentation will give an overview of the main characteristics of mobile phone RF radiation, the SAR values of different generations of phones and the measurement methods. We will also discuss the magnitude of mobile phone emissions under real network and traffic conditions, and how 5G technologies will change these issues.

RÁDIÓFREKVENCIÁS (RF) EXPOZÍCIÓ MÉRÉSE 5G BÁZISÁLLOMÁS KÖRNYEZETÉBEN

**Necz Péter Pál¹, Gyulai Balázs², Krausz József²,
Thuróczy György¹**

¹Nemzeti Népegészségügyi Központ, Nem-ionizáló Sugárzások Osztálya

²Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság

Az 5. generációs mobil rendszer (5G NR – 5G 'new radio') - hasonlóan a korábbi mobil technológiákhoz (2G, 3G, 4G) - elektromágneses hullámok segítségével működik. A 'beamforming' (nyalábformálás) és 'MIMO' (Multiple Input Multiple Output) technológia hatásaként az átlagos expozíció ugyan megváltozhat, a maximum expozíció pedig megnövekedhet, azonban a várható expozíciós terhelés jelentősen a határérték alatt marad.

A kutatás célja az expozíciós szint meghatározása egy 5G bázisállomás környezetében, a 3.5 GHz frekvenciasávban. Ezért RF mérőműszereket helyeztünk el egy épület tetején lévő 5G bázisállomástól 134 méter távolságban. Egy teszt mobil készülék segítségével 5G adatforgalmat generáltunk, majd a teszt készülékkel a kezdő mérési ponttól oldalirányban távolodtunk. A távolodás során 5 méteres lépésközlőként, minden ponton két perces mobil adatforgalmat generálva végeztük a méréseket. Az elektromos térerősséget három műszerrel vizsgáltuk: Narda SRM-3006 spektrumanalizátor; Narda NBM-550 szélessávú térerősség mérő; ExpoM-RF sávselektív expoziméter. Az eredmények azt mutatják, hogy a kezdő mérési ponton az 5G sávban az elektromos térerősség csökken a teszt mobil távolodásával (25 méter távolságban mintegy 50%-al). Ennek háttérében a 'nyalábformálás' technológia áll, vagyis a bázisállomásból érkező sugárnyaláb a mobil készülékre fókuszálódik, követve annak mozgását.

MEASUREMENT OF RADIOFREQUENCY (RF) EXPOSURE AROUND A 5G BASE STATION

**Péter Pál Necz¹, Balázs Gyulai², József Krausz²,
György Thuróczy¹**

¹National Public Health Center, Non-ionizing Radiation Unit

²National Media and Infocommunications Authority

The fifth generation mobile system (5G NR – 5G 'new radio'), similarly to previous mobile phone telecommunication technologies (2G, 3G, 4G, Wi-Fi), uses electromagnetic waves. With the use of beamforming and MIMO (Multiple Input Multiple Output) technology in 5G technology and optimised service, the ambient RF exposure, will change, the peak exposure may increase, but the expected average ambient electromagnetic exposure will remain below the exposure limit.

The aim of this study was to evaluate the “bystander” RF exposure of a 5G base station using a beamforming antenna in the 3.5 GHz band. For this purpose RF measurement devices were fixed at 134 m distance in front of a building deployed a 5G base station while a test mobile phone which generated standard data traffic was moved step by step away from the measurement point. The electric field strength was measured with three devices: Narda SRM-3006 spectrum analyser; Narda NBM-550 broadband field monitor; ExpoM-RF band selective RF exposimeter. Two minutes of mobile data was generated by the test phone every five metres moving away from the measurement devices. The results show that at the fixed point the electric field strength of the 5G band (3.4-3.8 GHz) is decreasing with the distance the mobile phone generates the traffic. The field level decreased around 50%, while the test mobile distance reached 25 meters. The background of this phenomenon is the “beamforming” technology of the 5G systems, which means that the RF beam of the base station antenna focuses on and follows the active mobile device.

SZEMÉLYI RÁDIÓFREKVENCIÁS EXPOZÍCIÓS MÉRÉSEK NYÁRI ZENEI FESZTIVÁLON

**Vecsei Zsuzsanna, Szilágyi Zsófia, Pintér Bertalan,
Thuróczy György**

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Nem-ionizáló Sugárzások Osztálya

A nyilvános helyeken folyamatosan növekszik a rádiófrekvenciás (RF) expozíció. A 2G-5G mobilkommunikációs rendszerek legtöbb felhasználója fiatal felnőtt, de egyelőre keveset tudunk a személyi rádiófrekvenciás expozíciójukról az életszerű helyzetekben. Egy nyári szabadtéri zenei fesztiválon olyan helyzetben gyűjthettünk személyhez kötött elektromos térerősség-adatokat, amelyek hűen tükrözik a fiatalok szórakozási szokásait.

Két fiatal önkéntes személyi expozimétert (ExpoM RF) kapott egy zenei fesztivál két napjára (hétköznap/hétvégén). A mérőműszert testükhöz közel, egy övtáskában hordták, miközben szabadon mozogtak a fesztiválon egymás közelében maradva. Mobiltelefon használatukat nem korlátoztuk. Különféle mérési helyzetekben tartózkodtak – pl. zsúfolt koncerteket vagy kevésbé zsúfolt pihenőhelyeket látogattak meg, elhaladtak a bázisállomások mellett, stb. Naplózott tevékenységüket összehasonlítottuk az expoziméterek által folyamatosan gyűjtött adatokkal (térerősség (V/m) és GPS adatok). A RF expozíciót 2G-4G uplink és downlink, valamint 5G (3,5 GHz) sávokra osztottuk.

A térerősség adatokat leválogattuk zsúfoltság (nagy/közepes/kicsi/ritka), különféle tevékenységek (koncert/part/egyéb/kontroll) és helyváltoztatás (mozgás/egy helyben állás) szerint.

Míg az RF expozíció nagy részét a 2G-4G rendszerek tették ki, az 5G alig járult ehhez hozzá, amiből arra következtettünk, hogy az 5G rendszer használata egyelőre nem volt jellemző. Más mobiltelefon frekvenciasávok esetében azt tapasztaltuk, hogy a leválogatott csoportok elektromos térerősség adatai eltértek. Ez rámutat arra, hogy a RF expozíció valós helyzetekben történő leírásakor fontos figyelembe vennünk a fiatal felnőttek viselkedését.

PERSONAL RADIOFREQUENCY EXPOSURE MEASUREMENTS AT SUMMER MUSIC FESTIVAL

**Zsuzsanna Vecsei, Zsófia Szilágyi, Bertalan Pintér,
György Thuróczy**

*National Public Health Center, Non-Ionizing Radiation Unit, Budapest,
Hungary*

The radiofrequency (RF) exposure is continuously increasing in the public area. However, most users of 2G-5G mobile communication systems are young adults, little is known about personal RF exposure of their life-like situations. A summer outdoor music festival allowed us to collect realistic electric field strength data faithfully reflecting their entertainment habits.

Two young volunteers received personal exposure meters (ExpoM RF) during two days (weekday/weekend) of a music festival. They wore them close to their body (in their belt pack) moving freely at the festival staying close to each other. Their mobile phone use was not restricted. They made various scenarios – e.g. visiting concerts with crowded people, resting areas, passing by base stations. Their activities were marked in the exposure diaries and subsequently compared with collected data of the exposure meters (field strength (V/m) and GPS data). Band-selective RF exposure sorted along 2G-4G uplinks and downlinks and 5G (3.5 GHz) band were calculated. Field strength data subsets were classified on the basis of crowd (high/ med/ low/ very low) as well as activities (concert/ beach/ other/ control) and locomotion (go/ stay).

While the majority of RF exposure was recorded from 2G-4G systems, the contribution of 5G was negligible. From this result we concluded that the use of the 5G system was not yet typical. In the case of other frequency bands it was found that electric field strength data separated along selection criteria differed. This reflects the importance of consider young adults' behaviour when characterizing RF exposure in a real life situation.

TAPASZTALATOK AZ UVC SUGÁRZÁST KIBOCSÁJTÓ LEVEGŐFERTŐTLENÍTŐ BERENDEZÉSEKRŐL

**Pintér Bertalan¹, Szilágyi Zsófia¹, Szabó Erika¹, Necz Péter Pál¹,
Kubinyi Györgyi¹, Thuróczy György¹**

*¹ Nemzeti Népegészségügyi Központ, Nem-ionizáló Sugárzások
Osztálya*

Az ultraibolya sugárzást a nemzetközi szakirodalom 3 részre osztja, a 320-400 nm-ig terjedő UVA, a 280-320 nm-ig terjedő UVB és a 100-280 nm-ig terjedő UVC tartományra. Az UVC sugárzást a földi ózonréteg teljes mértékben kiszűri, így jelenléte csak mesterséges sugárforrásokban található. Germicid UV sugárzás alatt a rövid hullámhosszú UVC sugárzást értjük. Az UVC sugárzás jelentős károsodást okoz a DNS-ben, ezért alkalmazása hatásos fertőtlenítő eljárás mind az iparban, mind az egészségügyben egyaránt. Ugyanakkor súlyosan károsítja a bőrt, a sugárzásnak kitett bőrfelület leég, hosszútávú expozíció hatására fokozódik a bőrrák kialakulásának kockázata. A COVID-19 járvány megjelenésével a germicid UV sugárzást kibocsátó világítótestek és fertőtlenítő berendezések jelentős mértékben elterjedtek. Ezen berendezések a lakossági felhasználók számára is szabadon hozzáférhetők, ugyanakkor a magyar jogszabályok csak a munkavállalókat érő optikai sugárzásokra vonatkozó határértékeket szabályozzák. Fontos lenne képet kapnunk arról – nemzetközi testületek ajánlásait is figyelembe véve – hogy a Magyarországon beszerezhető UV fertőtlenítő berendezések és világító testek milyen hullámhossztartományban sugároznak és mekkora sugárdózist képesek leadni, illetve mennyire biztonságosak.

EXPERIENCES ABOUT THE UVC EMITTING AIR DISINFECTION SYSTEMS

**Bertalan Pintér¹, Zsófia Szilágyi¹, Erika Szabó¹, Péter Pál Necz¹,
Györgyi Kubinyi¹, György Thuróczy¹**

¹ National Public Health Center, Non-ionizing Radiation Unit

Ultraviolet (UV) radiation is divided in the literature into 3 ranges, UVA (320-400 nm), UVB (280-320 nm) and UVC (100-280 nm). The UVC range is completely filtered by the ozone layer, therefore it can only be found in artificial sources. Germicidal UV radiation refers to short wavelength UV radiation. UVC radiation can cause significant DNA damage, so its application is an effective disinfection process both in industry and in healthcare. The UVC radiation is extremely harmful to the skin, the surface of the skin burns and long term exposure of UVC radiation can cause skin cancer. During the COVID-19 pandemic lamps and disinfection equipment emitting germicidal UV radiation have become widespread. These appliances are accessible to residential users as well at the same time, Hungarian legislation only regulates the limit values for optical radiation reaching workers. It would be important to get know – taking into account the recommendations of international organizations – of the wavelength range of the UV disinfection equipment and light sources available in Hungary and how much radiation dose they can emit as well as how safe they are.

Névmutató

Index of authors (family name, surname)

Név	Oldal
A.J.T. Jull	57, 58
Apáthy István	9, 10
Baradács Eszter	17, 18
Baráth Balázs	57, 58
Bodor Károly	23, 24, 25, 26
Borbélyné Bacsó Viktória	17, 18
Burghele Bety	21, 22
Cucos Alexandra	21, 22
Czibor Sándor	29, 30
Csalótzky Zsolt	23, 24, 25, 26
Cservenák Ildikó	39, 40, 41, 42
Csete István	33, 34
Csige István	17, 18
Csordás Anita	19, 20
Deme Sándor	9, 10
Déri Zsolt	51, 52
Dicu Tiberius	21, 22
Dobrei Gabriel	21, 22
Elek Richárd	37, 38, 39, 40, 41, 42
Finta Viktória	31, 32
Fitala Dávid	59, 60
Francesco D'Errico	59, 60
Gabriel Pavel	65, 66
Garai Zoltán	55, 56
Gulyás Attila	23, 24, 25, 26
Gyulai Balázs	69, 70

Név	Oldal
Hening Kinga	21, 22
Hirn Attila	9, 10
Homoki Zsolt	19, 20
Hum Gábor	51, 52
Hülber Erik	59, 60
Hülber Tímea	59, 60
Janovics Róbert	15, 16
Jobbágy Benedek	49, 50
Jónás Jácint	55, 56
Kapuvári Bence	35, 36
Kári Béla	29, 30
Kecskés Tamara	13, 14
Képíró Gábor	41, 42
Keveházi Zsombor	41, 42
Kiss Mihály	63, 64
Kokol Judit	41, 42
Kolozsi Zoltán	37, 38
Kovács Judit	35, 36
Kőhalmy-Peebles Krisztina	35, 36
Krausz József	69, 70
Kubinyi Györgyi	73, 74
Leon Cizelj	65, 66
Lumniczky Katalin	43, 44
Lupulescu Alexandru	21, 22
Mihályi Dávid	41, 42
Mile Viktória	35, 36
Moldovan Mircea	21, 22
Molnár Mihály	57, 58
Nagyné Szilágyi Zsófia	27, 28, 29, 30, 31, 32

Név	Oldal
Necz Péter Pál	69, 70, 73, 74
Nemes Zoltán	15, 16
Osváth Szabolcs	61, 62
Pál Károly	23, 24
Pap István	21, 22
Papp István	15, 16
Pázmándi Tamás	9, 10
Pesznyák Csilla	39, 40, 59, 60, 65, 66
Petrányi János	53, 54, 55, 56
Pinczés Patrik	9, 10
Pintér Bertalan	71, 72, 73, 74
Polanek Róbert	13, 14
Roberta Cirillo	65, 66
Sáfrány Géza	39, 40, 43, 44
Salik Ádám	41, 42
Sarkadi Margit	47, 48
Sóki Erzsébet	17, 18
Szabó Erika	73, 74
Szigeti Ágnes	19, 20
Szilágyi Zsófia	71, 72, 73, 74
Szücs László	27, 28, 29, 30, 31, 32
Taba Gabriella	29, 30
Takács Eszter	11, 12
Tenter Ancuta	21, 22
Thuróczy György	67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Tóth Gergely	19, 20
Tóth Nikolett	41, 42
Vajda Nóra	15, 16

Név	Oldal
Váradi Csaba	41, 42
Vecsei Zsuzsanna	71, 72
Veres Mihály	15, 16
Völgyesi Péter	23, 24, 25, 26
Zagyvai Péter	13, 14
Zömbikné Peka Anita	29, 30, 31, 32