

– PROGRAM / CUPRINS –

Interval orar		Pag.
8:30 - 9:00	Înregistrarea participanților	
9:00 - 11:00	Secțiunea 1 Moderatori: <i>Constantin Milu și Constantin Cosma</i>	
	- Cerințe noi ca urmare a Directivei 2013 / 59 / Euratom în domeniile NORM/TENORM – <i>C. Milu, SRRp</i>	3
	- Efectul industriei extractive și energetice asupra populației umane și a unor culturi agricole din bazinul mijlociu al Jiului – <i>Mihaela Corneanu, G.-C. Corneanu și Luminița Cojocaru - USAMV Timișoara, U Craiova și APM Dolj</i>	14
	- Radonul în contextul eficientizării energetice a clădirilor – <i>C. Cosma, Alexandra Cucos și T. Dicu - UBB Cluj-Napoca</i>	22
	- Reziuurile NORM – Deșeu radioactiv sau material de construcție? – <i>Elena Botezatu, SRRp</i>	33
	- Monitorizarea mediului desfășurată de RNSRM la nivelul României” – <i>Elena Simion și Ana Elena Gherasim, ANPM</i>	51
11:00-11:30	PAUZA DE CAFEA	
11:30 - 12:30	Secțiunea 2 Moderatori : <i>Maria Sahagia și Vasile Simionov</i>	
	- Evaluarea dozelor pentru grupurile critice datorită emisiilor radioactive ale CNE-PROD Cernavodă în perioada 1996–2014. – <i>Elena Bobric, I. Popescu - CNE-Cernavodă</i>	67
	- Studii privind evaluarea limitelor derivate de emisie pentru IFIN-HH – <i>Ana Stochioiu, C. Tuca, F. Mihai și I. Tudor IFIN-HH</i>	88
12:30-13:30	PRANZ COMUN (inclus în taxa de participare)	
13:30-14:30	Secțiunea 3 Moderatori: <i>Margareta Cheresteș și Felicia Steliana Popescu</i>	
	- Impactul implementării noilor limite de doză pentru ochi la CNE-Cernavodă” – <i>Cătălina Chițu,</i>	101-

	<i>I. Popescu - CNE-Cernavodă</i>	
	- Monitorizarea dozelor la cristalin în România: stadiul actual – <i>Margareta Cheresteș, Ștefania Stan, M. V. Paraschiva, DOZIMED - Măgurele</i>	116
	- Evaluarea afectărilor cristaliniene la expusul profesional la radiații ionizante – <i>Felicia Steliana Popescu, SRRp</i>	124
14:30-15:00	Secțiunea 4	
	Moderatori: Costel Sima și Anton Coroianu	
	- Realizări MBT în domeniul imagisticii medicale și non medicale – <i>D. P. Munteanu - MBT</i>	129
	- Implicarea MBT în procesul de actualizare a reglementărilor din domeniul nuclear – <i>A. Coroianu - MBT</i>	139
15:00-15:30	PAUZA DE CAFEA	
15:30-18:00	Secțiunea 5	
	25 ANI DE LA INFIINȚAREA SRRp	
	Moderatori: Constantin Milu și Ion Chiosilă	
	- Scurt istoric și principale realizări ale SRRp la 25 de ani – <i>Constantin Milu, Ion Chiosilă și Nicolae Mocanu, SRRp</i>	137
	- Profesorul Dr. Mircea Oncescu, Pionier al Radioprotejiei în România – <i>Maria Sahagia, SRRp</i>	148
	Adunarea generală anuală a membrilor SRRp - Dare de Seamă și Alegerea Consiliului de Conducere, Comisiei de Cenzori și Trezorerului	
	<i>C. Milu, Președinte executiv</i>	
	Cocktail aniversar (toți participanții) !	
	SPONSORI:	
	MEDA RESEARCH	151
	DOZIMED	152
	MATEFIN	153
	CANBERRA PACKARD SRL	154
	MBTelecom	129

- LUCRĂRI SELECTATE -

Cerinte noi ca urmare a Directivei 2013/59/Euratom in domeniile NORM/TENORM

Dr. fiz. Constantin MILU , SRRp

ICRP-Raportul 103

Asa cum se cunoste, Raportul ICRP nr.103 din 2007 inlocuieste formal recomandarile anterioare (din 1990), le aduce la zi, le consolideaza si, mai ales, le dezvolta sub forma unor noi definitii , concepte si ghiduri.

ICRP/AIEA/UE

Consecinta a acestor noi recomandari generale ale ICRP, AIEA-Vienna si UE-Luxembourg au format imediat mai multe grupuri de lucru pentru revizuirea BSS-115 si respectiv , prin Grupul de Experti pentru Art.31 – Euratom , a legislatiei Europene de radioprotectie.

UE

La nivelul UE, principala atributie a grupului de experti 31 a constat in elaborarea de recomandari tehnice, pentru:

- Revizuirea directivei de baza 96/29/EURATOM;
- Consolidarea legislatiei Europene existente in domeniul protectiei radiologice (directivele 96/29, 89/618/, 90/641/, 2003/122 si 97/43 , a recomandarilor comisiei 90/143 si alte standarde si reglementari), intr-un singur document, in concordanta cu ICRP-2007.

UE

Dupa 6 ani de munca in cadrul Grupului 31 , in 2012 au fost finalizate noile Standarde de Baza de Radioprotectie Europene (EBSS) , care , in 2013 , au trecut prin mai multe faze de avizare (“Atomic Group”) si aprobare (Parlamentul European , in Decembrie 2013) , pentru ca ,in final, sa fie publicate in Jurnalul Oficial al Uniunii Europene din 17 ianuarie 2014 , sub denumirea
DIRECTIVA CONSILIULUI 2013/59/EURATOM

ICRP - UE

Care sunt principalele modificari ale ICRP 103 din 2007, comparativ cu ICRP 60 din 1990 si care se regasesc astazi in Directiva 2013/59/Euratom ?!

ICRP 2007 / Directiva 2013/59

1. Deși cele trei principii fundamentale ale protecției radiologice: justificarea, limitarea dozei și optimizarea se mențin, vechea abordare (din 1990) considerând PRACTICI și INTERVENȚII se înlocuiește cu SITUAȚII DE EXPUNERE.

ICRP 2007 / Directiva 2013/59

2. Sunt recunoscute trei situații de EXPUNERE:

- - EXPUNERE PLANIFICATA
- - EXPUNERE DE URGENTA
- - EXPUNERE EXISTENTA

ICRP 2007 / Directiva 2013/59

- 3.- Situatiile de **EXPUNERE PLANIFICATA** – situatiile de introducere si operare a unor **SURSE**, in mod “planificat”. Echivalent cu ceea ce anterior erau “practici” si include “expunerea medicala”.
- Situatiile de **EXPUNERE DE URGENTA** –un eveniment neprevazut care poate sa apara in cursul unei situatii planificate sau datorita unor actiuni rauvoitoare si care necesita o actiune de urgenta (ATENTIE:actiunile “rauvoitoare”!).
 - Situatiile de **EXPUNERE EXISTENTA** – situatii de expunere care deja exista, atunci cand se ia decizia de control, cum ar fi : expunerea naturala de fond, NORM, reziduurile in mediu de la practici mai vechi sau zone contaminate dupa un accident major.

ICRP 2007 / Directiva 2013/59

4. Sistemul nou de protectie radiologica propus se refera la toate expunerile la radiatie (ionizanta), de la orice sursa, indiferent de marime si origine; termenul de “expunere” este in sensul ca determina o “doza de radiatie” iar termenul “sursa” indica cauza unei expuneri, nu neaparat semnificand o sursa fizica de radiatie.

ICRP 2007 / Directiva 2013/59

5. Faptul ca recomandările ICRP se refera la toate expunerile , sursele si activitățile umane, asta nu inseamna ca la aplicarea lor ele trebuie considerate intr-un mod egal, din punct de vedere al sistemelor legale si de reglementare.

Se mentin: situatiile de EXCLUDERE (dela reglementare, cum ar fi potasiul 40 din corpul uman,radiatia cosmica la nivelul solului) si situatiile de EXCEPTARE (dela autorizare; stabilite de autoritatea de reglementare,atunci efortul de control este considerat excesiv,comparativ cu riscul asociat).

“Graded approach”

- 6. Un element nou al Directivei 2013/59/Euratom si deosebit de important din punct de vedere al autoritatii nucleare de reglementare (CNCAN, in Romania) il reprezinta accentuarea aspectelor de abordare “gradata” a regimului de autorizare, ceea ce inseamna ca inainte de aplicarea oricarui sistem de autorizare propriuzis, mai intai trebuie stabilite in mod foarte clar care sunt situatiile de “excludere” si “exceptare” de laautorizare.

“Graded approach”

- **7. In al doilea rand, Directiva stabileste ca “graded approach” inseamna totodata si faptul ca “practicile sunt supuse controlului de reglementare, prin notificare, autorizare si inspectie adecvata, in relatie directa cu amplitudinea si probabilitatea expunerilor rezultate din practica si comensurabil cu impactul pe care controlul de reglementare il poate avea in reducerea expunerii sau in imbunatatirea sigurantei radiologice” (Sectiunea 2, Art.24, al.1).**

“Graded approach”

- **8. In Anexa VII a Directivei sunt prezentate criteriile generale de exceptare posibile si care ar putea fi folosite, lasand insa la latitudinea fiecarui Stat Membru sa decida asupra propriilor criterii de “exceptare” sau de simpla “notificare” a unor practici.**

“Graded approach”

- **9. Acest lucru inseamna o munca deosebita pentru CNCAN, pentru a identifica si stabili situatiile de excludere, exceptare si notificare valabile pentru tara noastra, si din acest punct de vedere Directiva ofera asa cum am aratat multiple exemple posibile de utilizat. Consultarea si participarea la aceste decizii a specialistilor din diverse domenii de activitate ar fi deosebit de utila.**

Controlul de reglementare

- **10. In sectiunea 2 (“Regulatory Control”), la Art.23 privind “*Identificarea practicilor implicand materiale radioactive naturale*” Directiva stabileste **obligativitatea Statelor Membre de a realiza “*identificarea claselor sau tipurilor de practici implicand materiale radioactive ca fiind naturale si care conduc la expuneri ale lucratorilor sau membrilor din public care nu pot fi neglijate din punct de vedere al protectiei radiologice”.*****

Controlul de reglementare

- **11. In Anexa VI din Directiva sunt prezentate sectoarele industriale care pot fi luate in considerare la aceasta activitate de identificare mentionata mai inainte, cum ar fi : productiile de petrol, gaze, ingrasaminte fosfatice, ciment, acid fosforic, energie geotermala, centralele termoelectrice pe baza de carbute, instalatiile de filtrare a apei de profunzime, mineritul altul decat cel de uraniu.**

Controlul de reglementare

- **12. In general bine cunoscute de noi toate aceste domenii de activitate, conform noii Directive ele trebuie re-considerate astazi prin :**
 - **stabilirea activitatilor industriale din Romania care ar putea intra in asa zisa "lista activa";**
 - **introducerea lor intr-un program sistematic de determinari radiometrice si dozimetrice care sa stabileasca masura in care activitatile se "excepteaza" sau daca eventual este suficienta "notificarea";**
 - **introducerea lor in sistemul de control reglementat CNCAN, prin autorizare propriuzisa (inregistrare sau licentiere), atunci cand valorile sunt mai mari decat nivelele de exceptare sau notificare stabilite.**

Controlul de reglementare

- **13. Si in aceasta problema, consultarea si participarea specialistilor din domeniile mentionate, poate contribui la intocmirea unei liste adecvate, a unor criterii corecte de evaluarea si a unor proceduri corespunzatoare de supraveghere si control.**

ICRP 2007 / Directiva 2013/59/Euratom "Graded approach"

- **14.- Cel mai adecvat exemplu de aplicare il reprezinta expunerile din categoria NORM : daca concentratia activitatii oricarui radionuclid din familiile U-238 sau Th-232 depaseste 1 Bq/g aplicatia industrială respectiva poate deveni o situatie de expunere planificata ; daca NU , se aplica cerintele situatiilor de expunere existenta.**

**ICRP 2007 / Directiva 2013/59/Euratom
"Graded approach"**

- **Cum trebuie aplicat conceptul "*Graded approach*" in diverse situatii concrete, care sunt activitatile industriale care ar trebui sa fie incluse in tara noastra in lista "*pozitiva*" si cum se face includerea lor gradata in situatii de "*expunere planificata*" si multe alte probleme practice concrete necesita evident dezbateri separate, amanuntite , inaintea elaborarii legislatiei propriuzise.**

Conferinta Nationala SRRp 2015

- **Sper ca si prezentarile si discutiile Conferintei de astazi sa contribuie la lamurirea unor aspecte teoretice si practice noi privind NORM/TENORM si nu numai.**
- **VA MULTUMESC PENTRU ATENTIE !**

EFACTUL INDUSTRIEI EXTRACTIVE ȘI ENERGETICE ASUPRA POPULAȚIEI UMANE ȘI A UNOR TERENURI AGRICOLE DIN BAZINUL MIJLOCIU AL JIULUI

*Mihaela Corneanu¹, Gabriel C. Corneanu² Luminița Cojocaru³, Florin
Burada⁴*

¹Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Regele Mihai I, Timișoara, e-mail: micorneanu@yahoo.com; ²Universitatea din Craiova, Dept. Genetică; E-mail: gabicorneanu@yahoo.com; ³Agentia de Protecția Mediului, Unitatea de Monitorizare Radiologica, Craiova; ⁴UMF-Craiova, Dept. Biologie-Genetică

1. Introducere.

Exploatarea cărbunelui la suprafață și industria energetică din bazinul mijlociu al Jiului (CET Rovinari și CET Turceni), au condus la dislocarea solului și aducerea la suprafață a unor mari cantități din subteran, formarea haldelor de steril și cenușă bogate în metale grele și radionuclizi, modificări climatice, un început de deșertificare, s.a.

După UNSCEAR (United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiations), cantitatea de radionuclizi primită de populația umană este diferită, fiind dependentă de zona geografică și activitățile industriale desfășurate. Radioactivitatea naturală are valoarea de 2,4 mSv/an, care poate ajunge însă la 100 mSv/an. Activitățile industriale, determină o concentrare a radionuclizilor în mediu. Producerea de energie electrică, prin arderea combustibililor fosili (cărbune) este o activitate principală. Concentrarea radionuclizilor este neuniformă, fiind dependentă de tipul de rocă și haldă, rețeaua hidrografică, s.a. În cadrul grantului POLMEDJIU (2008-2011), subvenționat de UEFISCDI-București, au fost analizate efectele radionuclizilor și al metalelor grele din bazinul mijlociu al Jiului, asupra comunităților vegetale și umane, precum și posibilitățile de reducere a acestor efecte prin procese de fitoremediere, s.a.

2. Material și metoda

Conținutul de radionuclizi din sol.

Pe teren, probele au fost recoltate în pungi de plastic din orizontul 5 – 20 cm al solului. Solul a provenit din terenul ocupat de diferite culturi agricole, dezvoltate atât pe halde de steril sau cenușă, sau pe solul arabil învecinat. Determinarea activității principalilor radionuclizi s-a realizat cu un

spectrometru gamma tip Canberra, cu detector HPGe, model BE3820 și soft-ul Geme 2000. Probele au fost supuse analizei după ce radioizotopii din seriile naturale au ajuns în echilibru. U-238 și Th-232 s-au determinat indirect, prin intermediul descendenților lor (Th-234, respectiv Ac-228). Ra-226 a fost determinat la energia de 186 keV, scăzând contribuția liniei U-235 la această energie. Timpul de măsurare a fost de circa 30000s pentru fiecare probă.

Modificări structurale ale cromosomilor la populația umană feminină. Au fost investigate citogenetic 12 femei cu tulburări de fertilitate, în principal avorturi spontane sporadice sau recurente. Toate pacientele analizate locuiesc sau își desfășoară activitatea în zona exploatărilor carbonifere, sau în vecinătatea celor 2 CET-uri (Rovinari și Turceni). În plus, pacientele investigate au prezentat diferite alte particularități (leziuni de col uterin, sarcină molară, s.a.). Cromosomii au fost evidențiați din culturi de limfocite, inițiate din sânge periferic, după metodele standard (Dr. Florin Burada, UMF-Craiova), colorație Giemsa, fiind analizate la microscopul optic.

3.Rezultate și discuții.

3A.Activitatea radionuclizilor din sol.

Activitatea radionuclizilor din orizontul 5-20 cm al solului, în unele stațiuni investigate, este redată în tabelele 1-3, fiind prezentate limitele inferioară și superioară. Aceste valori au fost apreciate prin compararea lor cu limitele activității radionuclizilor, pentru România. Valorile scrise cu cifre bold în cele trei tabele, reprezintă valorile care depășesc limitele înregistrate pentru România. Toate valorile înregistrate, se referă la activitatea din luna aprilie 2011.

Se constată depășirea limitelor pentru România pentru Th-234, Pb-210 și U-235, iar în unele cazuri (Văleni, Bâlteni și Urdari) și pentru Ra-226 (Tabelele 1 - 3).

Conținutul în Cs-137 a fost cuprins între 19,8 - 180,1 Bq/kg sol, valorile înregistrate în culturile agricole fiind mai mici decât valorile înregistrate în grădini, datorită unei mobilizări mai profunde a solului (Tabelele 1-3).

Tabelul 1. Activitatea principalilor radionuclizi din orizontul 5-20 cm al solului (în Bq/kg sol) în diferite halde

Situs	Radionuclid									
	Th-234 U-238	Ra-226	Pb-210	Bi-214	Pb-214	U-235	Ac-228 Th-232	Pb-212	K-40	Cs-137
Valea Scoarței	51,2	37,5	48,9	28,9	24,1	4,78	41,3	41,4	555,4	1
Gârla, h. steril	51	47,7	56,3	27,9	30,5	5,26	39	45,3	585,6	51,8
Tismana h. steril	81,4	63,5	57,7	59,6	67,2	5,64	78,3	80,1	776,4	1
Beterega h.cenușă	314,5	412	220,8	280,8	316,3	13,8	113,1	132	269,9	1
Balta unc h.cenusa	130,1	102,3	127,5	86,8	97,3	8,46	72,7	90,8	416,9	74,9
Gârla h.cenușă	42,1	29,5	38,8	27,4	31,6	4,69	34,9	31,8	522,8	1,1
Gârla h. steril	51	47,7	56,3	27,9	30,5	5,26	39	45,3	585,6	51,7
Lignit depozit	< 10,5	19,1	-	23,5	14,8	2,18	19,1	-	< 43	< 1.4
Cenușă depozit	137,8	122,7	18,9	112,6	132,7	6,5	122,7	18,9	67,1	< 1.9
Limite România	25	25-50	20-40	20-40	20-40	2	20-50	20-50	300-700	0

Balta unc.- Balta Unchiașului; h – haldă

Tabelul 2. Activitatea principalilor radionuclizi din orizontul 5-20 cm sol (în Bq/kg sol) în solul din gospodărie.

Situs	Radionuclid									
	Th-234 U-238	Ra-226	Pb-210	Bi-214	Pb-214	U-235	Ac-228 Th-232	Pb-212	K-40	Cs-137
Izvoarele	15,5	34,7	24,7	15,3	16,5	2,11	21,4	25,9	322,3	133,6

Văleni	23.2- 27.5	43.4- 51.9	26.7- 46.2	16.1- 27.0	18.0- 28.6	2.64- 4.13	27.1- 38.6	30.4- 45.7	400.9- 534.9	51.1- 170.4
Plopoșoru	18.9- 40.8	17.9- 27.1	45.0- 53.8	17.7- 25.7	18.5- 31.8	2.03- 4.6	26.2- 34.6	36.3- 47.6	44029- 563.1	<1.59- 70.9
Sărdănești	<17.0- 27.7	18.4- 47.4	16.1- 37.9	18.4- 22.1	18.5- 23.8	2.89- 3.58	20.6- 30.7	30.4- 35.0	202.0- 518.8	<1.59- 180.1
Olari	20.7- 33.5	43.8- 45.1	28.7- 68.3	16.4- 21.6	17.8- 22.4	2.66- 2.75	21.6- 27.0	23.3- 34.7	365.9- 436.2	24.3- 34.5
Bălteni	30.7- 47.9	28.5- 53.7	30.8- 54.6	17.3- 26.7	20.5- 32.9	3.27- 5.00	32.2- 36.2	33.2- 47.1	434.8- 602.1	53.1- 115.9
Baniu	<11.0- 33.6	23.2- 39.2	35.5- 63.9	11.1- 22.9	10.9- 23.9	1.78- 3.15	16.8- 30.3	19.5- 41.8	308.7- 469.8	39.3- 129.7
Fântânele	41,1	25,1	36,1	21	27,3	<1.58	37,8	42,6	580,5	93,4
Urdari	32	61,8	31,2	20,2	23,2	3,76	36,7	39,8	469,4	<2.25
Fărcășel	41,85	26,3	74	21	27,3	5,9	38,9	42,6	572,8	84,8
Negomir	< 17.6- 41.9	15.3- 25.5	37.4- 63.0	18.5- 25.8	29.3- 35.4	3.01- 4.34	16.7- 31.7	37.8- 44.5	395.9- 475.5	19.8- 80.6
Limite România	25	20- 50	20- 40	20- 40	20- 40	2	20- 50	20- 50	300- 700	0

Tabel 3. Activitatea principalilor radionuclizi din orizontul 5-20 cm sol (în Bq/kg sol) în solul culturile agricole din zona CET-Turceni și CET-Rovinari.

Radionuclid	Th- 234 U- 238	Ra- 226	Pb- 210	Bi- 214	Pb- 214	U- 235	Ac- 228 Th- 232	Pb- 212	K-40	Cs- 137
CET-Turceni										
Turceni	<17.3	24,5	40	25,2	24,4	5,09	43,1	47,1	487,9	16,2
	60,9	88,2	45	25,9	28,4	5,37	38,9	43,4	470,7	<3.02
Grozești	24.4- 35.7	53.4- 60.9	24.9- 40.8	20.6- 22.0	22.5- 25.2	3.25- 3.75	33.1- 37.6	35.8- 39.8	434.5- 652.6	14.9- 23.9
Păsărani- pădure	<8.75	43,2	34,5	16,1	19	2,63	30,4	31,5	308,2	23,9
Păsărani-	48,3	31,5	55,4	30,5	32,9	4,26	38,8	49,8	417,8	64,4

livadă										
Jilț	23.6- 38.1	52.0- 58.5	24.0- 29.5	18.5- 22.3	19.2- 25.5	3.17- 3.55	31.9- 33.2	35.4- 41.3	409.1- 450.1	18.7- 20.1
Calopar	21.9- 39.9	25.8- 61.0	35.1- 37.0	21.9- 22.6	24.7- 27.0	3.44- 3.88	29.5- 33.8	30.2- 41.4	414.1- 421.7	39.3- 44.6
Cursaru	27.8- 40.9	22.5- 23.5	28.4- 42.9	21.9- 23.5	23.0- 24.8	3.22- 3.91	29.5- 33.7	31.0- 37.7	185.1- 374.1	6.43- 13.2
CET-Rovinari										
Moi	36.0- 39.5	20.8- 28.1	30.3- 45.0	18.9- 28.1	25.3- 28.1	3.75- 5.40	30.4- 35.5	35.2- 41.6	471.7- 500.4	29.7- 38.3
Pinoasa	43,2	24,5	38,2	24,4	25,9	4,23	44,1	47,3	549,3	23,4
Timișeni	37,1	25,6	34,3	23,5	26	4,24	31	37	431,7	<1.24
Vart	37.8- 55.4	20.1- 23.1	31.6- 47.6	19.7- 22.1	20-4- 24.0	3.92- 4.77	30.1- 36.1	35.6- 44.1	494.8- 550.3	24.5- 70.6
Rovinari	30.5- 49.4	20.1- 29.5	42.2- 51.4	20.7- 28.7	29.3- 33.0	3.89- 6.15	31.8- 46.3	37.5- 59.5	470.0- 599.1	15.0- 39.2
Limite România	25	20- 50	20- 40	20- 40	20- 40	2	20- 50	20- 50	300- 700	0

3B. Modificări cromosomale în populația umană feminină.

Factorii de stres din mediul intern precum și cei din mediul extern, induc numeroase modificări cromosomiale. De asemenea, radiațiile din spațiu induc leziuni cromosomiale. Cercetările efectuate de numeroși specialiști, au evidențiat creșterea procentajului de leziuni din limfocitele din sângele periferic, la astronauții aflați în spațiul cosmic (George et al., 2001).

Constricție secundară alungită (braț lung, perechea 1 de cromosomi [*1qh+*], apărută probabil ca urmare a unui crossing-over inegal sau printr-o replicare adițională. A fost întâlnită la o pacientă de 30 ani, cu avort spontan, psoriazis și leziune de col uterin (Fig. 1). Alongkoad et al. (2008) (citată de Corneanu et al., 2011), au evidențiat prezența sa la *Viverra zibelina*. La om, lungimea constricției secundare de pe cromosomul *1q*, poate fi corelată cu rezistența la unii factori de stres, fiind mai frecventă în cazul nașterii copilului ca urmare a unui travaliu prelungit (Ross Smith, 2011, citat din Corneanu et al., 2011). Antecedentele familiale ale pacientei sprijină această ipoteză, pacienta provenind dintr-o sarcină gemelară bivitelină și născută în urma unui travaliu prelungit, iar fratele ei a decedat după naștere (Corneanu C., 2011). În

tratamentul cuplurilor infertile prin transfer de embrioni, a fost raportată existența unei variații cromosomale polimorfice care are loc prin heterocromatinizarea brațului lung al cromosomilor 1, 9 sau 16, sau prin heterocromatinizarea brațului scurt al unui cromosom din grupele **D** sau **G**, ș.a. (Hong et al., 2011).

Rupturi cromatidice și expulzare de heterocromatină în metafază, au fost întâlnite la două paciente. Pacienta PIIA, 22 ani, originară din Rovinari, casnică, leziune de col uterin cicatrizată, stare de sub-infertilitate, având rupturi cromosomale/cromatidale la 3% din metafazele analizate. Pacienta ML, 23 ani, Fărcășești, sat Peșteana de Jos, rupturi cromatidale la 3-4% din metafaze (Fig. 2). Cercetările lui Knöbel et al. (2006), au stabilit că o concentrație ridicată de uraniu poate induce fisiuni ale cromosomilor umani (linia celulară LT97, adenom de col uterin).

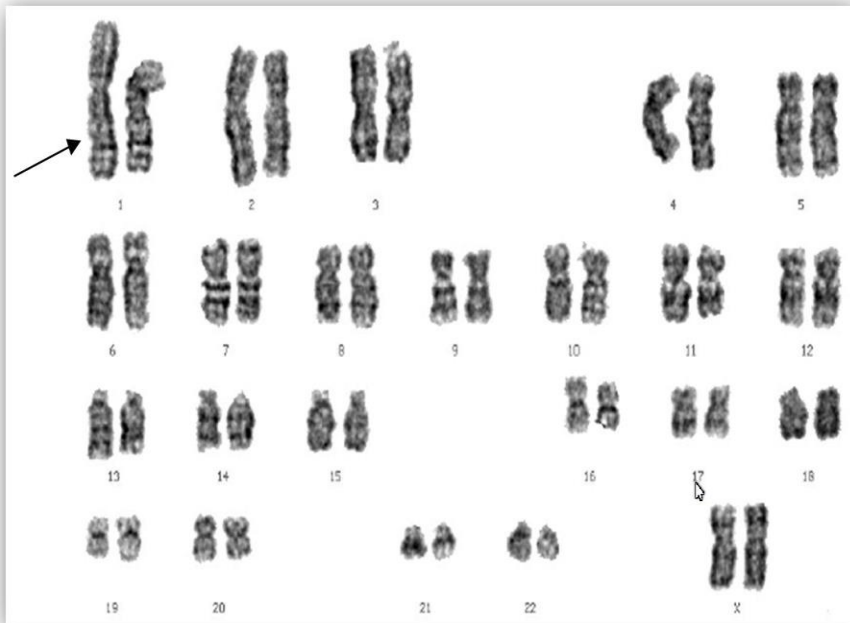


Fig. 1. Cariotip 46, XX, 1qh+ (bandare G).



Fig. 2. Metafază cu rupturi cromatidice

Sarcina molară, la o pacientă având cariotip normal, însă care a fost expusă la cantități crescute de radionuclizi și metale grele, care pot afecta procesele de ovogeneză și spermatogeneză, precum și procesul de fertilizare și dezvoltare al embrionului. Tulburările din timpul procesului de fertilizare, împreună cu anomalii ale celulelor care formează placenta, pot induce o sarcină molară. Ea poate fi completă sau parțială, având cauze diferite: vârsta înaintată a mamei, regim alimentar sărac în proteine, afecțiuni endocrine, imunologice, expunerea mamei la doze crescute de radiații, șocuri termice, ș.a. Semnalată la pacienta IEC, casnică, 31 ani, comuna Scoarța unde a fost înregistrată o natalitate scăzută, cantitate crescută de radionuclizi și metale grele.

Concluzii:

Analiza solului din gospodăriile populației (din grădini și culturile agricole), a evidențiat prezența radionuclizilor naturali proveniți din cenușă și din pulberi de cărbune, precum și a radionuclidului Cs-137 de proveniența Cernobîliană.

Analiza activității radionuclizilor în diferite situsuri din bazinul mijlociu al Jiului (județul Gorj), a oferit informații importante pentru starea de sănătate

din zona considerată.

A fost constatată depășirea limitelor pentru România pentru Th-234, Pb-210 și U-235, iar în unele cazuri (Văleni, Bâlteni și Urdari) și pentru Ra-226 (Tabele 1, 2, 3).

Conținutul în Cs-137 a fost cuprins între 19,8 - 180,1 Bq/kg sol, valorile înregistrate în culturile agricole fiind mai mici decât valorile înregistrate în grădini, datorită unei mobilizări mai profunde a solului (Tabele 1-3).

Analize citogenetice efectuate la unele paciente (femei tinere având stare de infertilitate) care locuiesc și își desfășoară activitatea în această zonă, au înregistrat unele modificări cromosomiale, datorate cel mai probabil factorilor de mediu din areal. Acestea sunt reprezentate prin: **rupturi cromosomiale și expulzare de heterocromatină în metafază** (afectate 3 %, respectiv 3-4% din metafazele analizate; o **variantă polimorfică Iq+**, datorată travaliului prelungit la nașterea pacientei; pacientă cu **sarcina molară** datorată probabil cantității mari de radionuclizi și metale grele înregistrată în zonă.

Bibliografie selectiva

*Corneanu G., Burada F., Corneanu C., Corneanu M., 2011 – Efecte citogenetice ale unui conținut ridicat de radionuclizi și metale grele în populația umană. În: Corneanu M. (Ed.) Bazinul mijlociu al Jiului. Implicații de mediu și sociale ale industriei extractive și energetice. pp. 236-246. Edit. Universitaria, Craiova.

*George K.A., Wu H., Willingham V., Cuciroyha F.A., 2001 – The effect of space radiation on the induced chromosome damage. *Physica Medica. European J. of Medical Physics*, **17** (Suppl. 1): 222-225.

*Hong Y., Zhou Y.-W., Tao J., Wang S.-X., Zhao X.-M., 2011 – Do polymorphic variants of chromosomes affect the outcome of *in vitro* fertilization and embryo transfer treatment? *Human Reprod.*, **26** (4): 933-940.

*Knöbel Y., Gleis M., Weise A., Osswald K., Schaferheinrich A., Richter K.K., Clausen U., Pool-Zobel B.L., 2006 - Uranyl nitrotriacetate, a stabilized salt of uranium, is genotoxic in nontransformed human colon cells and in the human colon adenoma cell line LT97. *Toxicol. Sci.* **93**: 286-297.

*Lăcătușu A.-R., Corneanu G., Cojocaru L., Corneanu M., 2011 – Conținutul în elemente poluante a solului în aria de exploatare minieră de suprafață și CET. În: Corneanu M. (Ed.) Bazinul mijlociu al Jiului. Implicații de mediu și sociale ale industriei extractive și energetice. pp. 129-151. Edit. Universitaria, Craiova.

RADONUL ÎN CONTEXTUL EFICIENTIZĂRII ENERGETICE A CLĂDIRILOR

Constantin Cosma¹, Alexandra Cucos (Dinu)^{1,2*}, Tiberius Dicu², Alexandru Lupulescu²

¹Universitatea Babeș-Bolyai, Centrul de Radioactivitatea Mediului și Datăre Nucleară, Cluj-Napoca; ²Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, Cluj-Napoca; *autor corespondent: alexandra.dinu@ubbcluj.ro

Contextul național și internațional

Condițiile mediului interior din locuințe influențează în mod semnificativ calitatea vieții populației, manifestată prin starea de sănătate și potențialul intelectual, condițiile de creștere și educare a copiilor, siguranța vieții cotidiene și evoluția demografică. Clădirile, publice și locuințele, reprezintă un sector deosebit de important, sub aspect socio-economic, cunoașterea condițiilor de mediu interior fiind necesară pentru elaborarea politicilor din domeniul habitatului (Pavel et al., 2006). Conform studiului OMS 2014, poluarea aerului a totalizat peste 7 milioane de victime în 2012 și a ajuns să fie considerată **principalul risc de mediu la adresa sănătății populației**. Din acestea, cca. **4,3 milioane de decese sunt cauzate anual de poluarea din interiorul caselor**¹. În Europa s-au înregistrat în anul 2012 aproximativ 81.000 de morți, victime ale poluării domestice¹.

Se estimează că în Europa, **o treime din energia electrică și emisiile de CO₂ pot fi puse pe seama clădirilor** (raport BPIE). Directiva UE lansată în anul 2010², "Performanța energetică a clădirilor" ("Energy Performance of Buildings"-EPBD) se referă la *utilizarea eficientă a energiei în clădiri prin reducerea consumului de energie cu 20%* și îndeamnă națiunile membre ale UE să stabilească reglementări stricte în ceea ce privește utilizarea eficientă a energiei în clădiri. Implementarea directivei EU pentru clădiri ar putea să salveze 40Mtone (echivalent cu milioane tone de petrol) până în anul 2020. Din acest motiv, unul dintre obiectivele principale ale sistemelor de control avansate, care se aplică la clădiri, este *minimizarea consumului de energie*. În 2007, liderii UE au stabilit obiectivul de a reduce consumul de energie anual al Uniunii cu 20% până în 2020². În vederea atingerii acestui obiectiv, **toate acțiunile și activitățile UE sunt în concordanță cu Directiva 2002/91/EC**

¹http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1

² http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/ro/FTU_5.7.3.pdf

care realizează cadrul comun pentru promovarea îmbunătățirii performanțelor energetice a clădirilor, vizând sectoarele rezidențial și terțiar (Duțianu, 2004).

Prin urmare se impune o mai bună izolare și etanșeitate a clădirilor, reducerea ratei de infiltrații și gestionarea corectă a instalațiilor în vederea reducerii pierderilor de căldură. Ameliorarea etanșietății nu trebuie să conducă la o degradare a calității aerului de interior, impunându-se împrăștierea periodică a aerului din clădiri printr-o ventilație adecvată. În acest sens, **clădirile inteligente presupun atât respectarea criteriilor legate de eficiența energetică, cât și a celor referitoare la calitatea aerului de interior.**

„Tratarea aspectelor legate de calitatea aerului interior la același nivel de importanță precum aspectele privind eficiența energetică va permite ca renovarea energetică și investițiile în ameliorarea confortului să fie consolidate reciproc” (raport BPIE).

S-au întreprins multe acțiuni în Europa în ultimul timp pentru reducerea poluării aerului exterior și în interiorul clădirilor și a efectelor negative asupra stării de sănătate. Cu toate acestea, rămân necunoscute aspecte importante la nivelul factorilor de decizie, pentru a înțelege pe deplin amenințarea continuă pe care o reprezintă această poluare și consecințele aferente, precum progresul lent în planificarea și implementarea măsurilor de protecție a sănătății publice. Potrivit **proiectului APHEKOM**³, cofinanțat de Comisia Europeană, desfășurat în perioada 2008-2012 cu implicarea a 60 de specialiști din 25 de țări europene, poluarea aerului în Europa determină o reducere a speranței de viață cu aproximativ 8,6 luni per persoană.

În contextul mobilizării masive europene **privind eficiența energetică a clădirilor**, în cadrul **Proiectului european HOPE (Health Optimization Protocol for Energy efficient Buildings)**, care a implicat 14 specialiști din 12 țări europene, în perioada 2002 – 2005, s-a realizat o analiză complexă a relației consum de energie – calitatea mediului interior la clădiri de locuit și administrative (Roulet et al., 2005). Au fost investigate detaliat mai mult de 160 de clădiri din sectorul de locuințe și administrativ, jumătate dintre acestea prezentând un consum de energie relativ redus. Prin cuantificarea rezultatelor obținute, s-a constatat că energia consumată nu depinde numai de valoarea temperaturii interioare, de rigorile climatului și de rata ventilării, ci într-o măsură chiar mai mare de soluțiile arhitecturale și

³ http://ec.europa.eu/health/highlights/2012/7/news_20120831_aphekom_ro.htm

constructive și de modul de exploatare. S-a înregistrat un procentaj ridicat de insatisfacție sau chiar *sindromul clădirii bolnave* (SBS) în clădiri în care se consumă o mare cantitate de energie pentru ventilare mecanică, dar nu se acordă atenție aspectelor de mediu interior, precum umiditatea, ocupanța și comportamentul rezidenților sau protecția la zgomot. De asemenea, s-a constatat și fenomenul invers, clădiri cu consum de energie redus, ventilate natural, și care prezintă un mediu interior sănătos și confortabil.

Cercetări privind calitatea mediului interior au fost abordate doar la nivel de instituții și clădiri publice, atât pe plan național cât și internațional. Locuințele reprezintă o zonă încă neinvestigată din perspectiva poluării aerului interior. Prin urmare, există o nevoie urgentă de a monitoriza calitatea aerului în spațiile închise și de a studia efectul noilor materiale de construcții, al sistemelor performante de încălzire, izolație și ventilație specifice, asupra stării de sănătate și calității vieții rezidenților.

Într-un studiu efectuat în 8 țări din Comunitatea Europeană (BPIE)⁴ privind calitatea aerului de interior și confortul termic pentru clădirile rezidențiale existente, în codurile de construcție analizate nu au fost găsite cerințe privind calitatea aerului de interior. *„Această lipsă de cerințe adecvate privind calitatea aerului de interior care să însoțească cerințele privind performanța termică și energetică ar trebui considerată ca o prioritate”* (raport BPIE). Dintre țările investigate, doar în Suedia în cadrul codurilor de construcție sunt menționate conflictele care pot apărea între metodele aplicate în vederea economisirii energiei și calitatea aerului de interior din cadrul construcțiilor, prioritatea în acest caz fiind reprezentată de calitatea aerului de interior. Concluzia studiului, rezumat în cadrul raportului BPIE, este că legislațiile UE, respectiv naționale să conțină **cerințe stricte privind performanța energetică completate cu cerințe și recomandări privind calitatea aerului de interior. Conform Recomandărilor finale precizate în Raportul BPIE, aspectele legate de sănătatea și confortul mediului interior din clădiri ar trebui luate mai serios în considerare în codurile de construcție europene și legiferate.**

Calitatea aerului de interior este influențată de mai mulți poluanți și surse precum: (1) poluanții generați în interior din combustie sau materiale de construcție, incluzând compușii organici volatili, formaldehida, monoxidul de carbon, radonul din materiale de construcție etc.; (2) poluanți introduși din exterior (aer, sol) prin intermediul ventilației, cum ar fi radonul din sol; (3)

⁴http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/119/BPIE_IAQ_Rezumato_Romanian.pdf

poluanți generați de oameni (CO₂). Numeroase studii (Daisey et al., 2003; Fisk et al., 2009) au indicat o corelație puternică între concentrația de CO₂ din interior, respectiv rata de ventilație și calitatea generală a aerului de interior.

Studiile indică faptul că în Europa între 8 și 15 % din totalul cazurilor de cancer pulmonar pot fi atribuite expunerii la radon în aerul rezidențial, aspect care îl transformă în **principalul factor de mediu care cauzează cancerul pulmonar** (George, 2015). Impactul carcinogen al radonului și produșilor săi de dezintegrare este dovedit atât de studiile efectuate în cadrul cohortelor de mineri, cât și de studiile caz-martor privind expunerea la radonul rezidențial. În ultimii 25 de ani au fost efectuate 22 de studii majore privind impactul radonului rezidențial în apariția cancerului pulmonar, concluzia principală fiind că riscul de a dezvolta cancer pulmonar datorat radonului crește cu 16 % pe 100 Bq/m³ (Darby et al., 2006). Din aceste motive, radonul este considerat principalul factor, după fumat, responsabil în apariția cancerului pulmonar (IARC, 1988).

Creșterea riscului de expunere la radon în procesul de eficientizare energetică a clădirilor

O provocare actuală deosebită în cercetările dedicate expunerii la radonul rezidențial provine din numărul în creștere al caselor re tehnologizate în scopul reducerii consumului de energie. Tendințele actuale în construcții se bazează pe creșterea eficienței energetice a clădirilor în care locuim. Tehnologiile de reabilitare termică aplicate locuințelor convenționale clasice în scopul îmbunătățirii performanței energetice bazate pe sisteme de izolație etanșe și înlocuirea ușilor și ferestrelor cu termopane cu grad mare de izolare și rame termoizolate conduc la o reducere a intensității ventilației aerului, ceea ce poate afecta negativ calitatea aerului de interior (Jiranek et al., 2013).

Importanța monitorizării nivelului de radon și altor poluanți cancerigeni chimici din interiorul noilor concepte de case moderne din industria construcțiilor este detaliat discutată în câteva lucrări (Gräser et al., 2010; Jiranek et al., 2014; Cucoș et al., 2015; Pressyanov et al., 2015). Izolarea eficientă a clădirilor și soluțiile arhitecturale moderne pot conduce la acumularea unor niveluri ridicate de radon în interior. Cercetări recente desfășurate în Republica Cehă arată că în casele convenționale clasice în care s-au aplicat lucrări de reabilitare termică riscul adițional de cancer pulmonar a crescut cu 125% comparativ cu situația anterioară (Jiranek et al., 2013). Rezultatele unui studiu elvețian care compară concentrația de radon în 163 de locuințe analizate, înainte și după reabilitare termică (Pampuri et al., 2012)

demonstrează că, în medie, concentrația de radon a crescut cu aproximativ 26 % în urma izolării. În cazul în care lucrările de reabilitare se desfășoară la pardoseli și pereți în clădiri locuite care sunt în contact cu solul, este considerabil mai puțin costisitor și mai eficient să se implementeze măsuri de remediere a radonului ca parte din munca inițială, decât după ce aceasta a fost finalizată. Un alt studiu desfășurat în Rusia asupra a 20 de case construite recent, comparativ cu case construite în perioada 1950-1989, confirmă faptul că noile tehnologii și materiale din construcții determină creșterea nivelului de radon în mediul interior (Vasilyev et al., 2013). Referitor la utilizarea sistemelor de aer condiționat, o evaluare a nivelurilor de radon rezidențial în clădiri eficiente energetic cu peste 7 etaje dotate cu sisteme de aer condiționat din Ekaterinburg (Rusia), a arătat că valoarea medie măsurată pentru concentrația de radon (133 Bq/m^3) depășește de 3 ori valoarea medie de radon raportată pentru oraș (43 Bq/m^3) (Yarmoshenko et al., 2014).

În contextul cercetărilor de la nivel european, în cadrul UBB din Cluj Napoca (Centrul de Radioactivitatea Mediului și Datăre Nucleară) se desfășoară în prezent în cadrul unui proiect postdoctoral (CSII Postdoc Dr. Ing. Alexandra Cucos, Mentor Prof. Dr. Constantin Cosma - proiectul POSDRU/159/1.5/S/133391) un studiu pilot privind evaluarea expunerii la radon în 50 de camere din 25 de case eficiente energetic (Cucos et al., 2015) selectate din regiuni ale României în care măsurători preliminare (Cosma et al., 2013; Todea et al., 2013) au indicat un potențial ridicat de radon –Cluj-Napoca, Timișoara, Sibiu, Agnita și Arpașu de Sus din județul Sibiu. Toate casele au fost construite sau izolate termic în perioada „epocii de aur” a eficientizării energetice 2001-2012, majoritatea caselor fiind cu un singur etaj. O atenție deosebită a fost acordată sistemelor de aer condiționat, tipului și materialelor utilizate la izolarea termică, precum și comportamentului rezidențial, care au fost investigate prin intermediul unor chestionare. Rezultatele preliminare obținute la această dată arată că un procent de 24% din casele investigate (16% din numărul total de camere) depășește nivelul de referință european pentru radonul rezidențial de 300 Bq/m^3 (Tollefsen et al., 2014), respectiv că 72% din case (64% din camere) au nivelul de radon superior valorii de 100 Bq/m^3 (Cucos et al., 2015). Valoarea obținută este cu 27% mai mare decât media raportată de autori pentru case convenționale din Transilvania, România (Cucos et al., 2012; Cosma et al., 2013). Cu privire la utilizarea sistemelor de aer condiționat, concentrația de radon măsurată este mai mare de 1,6 ori pentru 17 camere investigate dotate cu aer condiționat față de camerele care nu au instalații de climatizare (Cucos et al., 2015). Concluziile preliminare ale acestei cercetări pilot sugerează că lucrările de

izolare termică, materialele de construcții actuale și sistemele de aer condiționat utilizate în România contribuie la acumularea radonului în locuințe.

Migrarea și transportul radonului din sol și materiale de construcție spre aerul din interiorul locuințelor depind de o serie de factori, precum porozitatea și tipul materialelor, umiditatea, diferențele de presiune între aerul din casă și cel din afară, precum și de factorii meteorologici - viteza și direcția vântului, curenții de aer, etc. Faptul că majoritatea oamenilor staționează până la 90% din timpul lor în spații închise (locuințe, birouri, săli de spectacol sau de sport etc.) îi protejează parțial de radiația cosmică și de cea terestră (din sol), dar îi expune acțiunii radonului și a altor noxe cancerigene care se acumulează în încăperile neaerisite sau închise etanș (Cosma et al., 2009).

Printre factorii care determină nivelul radonului de interior cei mai importanți sunt caracteristicile casei și amplasamentului, tehnologiile de construcții utilizate și comportamentul rezidenților. Înlocuirea ferestrelor cu cele etanșe are cel mai mare impact asupra acumulării radonului și a altor poluanți în interior. Concluziile acestor cercetări europene dovedesc efecte semnificative asupra sănătății cauzate de creșterea concentrațiilor de radon și alți poluanți în locuințele reabilite termic (RADPAR⁵). În acest context, **un scenariu realist preconizează o creștere a riscului expunerii la radon și la alți poluanți aerieni în locuințe în viitor**, datorită modului de viață schimbat, utilizării unor materiale de construcție cu conținut radioactiv ridicat, a diminuării ratei de ventilare datorită creșterii gradului de etanșeitate a clădirilor, respectiv a rațiunilor economice de reducere a aerisirii locuințelor în anotimpurile reci.

Necesitatea cercetărilor de radon

Protejarea populației de radon și alți poluanți casnici reprezintă o contribuție esențială la îmbunătățirea calității aerului de interior și a condițiilor generale de viață, cu consecințe importante asupra evoluției economice și sociale. Noile cerințe ambițioase privind performanța energetică a clădirilor în UE prin Directiva CE 2010/31² impun o serie de schimbări asociate cu certificarea energetică a clădirilor, respectiv un consum energetic redus pentru sistemele tehnice utilizate. Investigațiile arată clar că nu doar nevoia de economisire a energiei, ci și **calitatea mediului interior** trebuie atent planificate în activitatea de eficientizare energetică a clădirilor. Se

⁵ <http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/index.cfm>

recomandă armonizarea programelor de eficiență energetică cu cele de sănătate publică prin găsirea și aplicarea unor tehnologii optime, cu respectarea standardelor energetice și de calitate a mediului interior.

Optimizarea calității mediului interior prin monitorizarea și controlul expunerii populației la radon și la alți poluanți aerieni în interiorul locuințelor, alături de diminuarea riscurilor de sănătate asociate continuă să fie o prioritate la nivel global (Darby et al., 2006; WHO 2009; Council Directive 2013/59/Euratom; www.irart.ro). Reducerea expunerii la radon în interiorul clădirilor reprezintă o prioritate-cheie a sănătății publice de protecție împotriva radiațiilor. Directiva CE 2013/59 stipulează tocmai din această cauză acordarea unei atenții mărite radonului rezidențial prin implementarea unor norme în fiecare țară europeană începând cu anul 2018 și abordarea cu seriozitate a unor acțiuni de monitorizare și reducere a riscurilor. Până la sfârșitul anului 2012, aproximativ 26,000 de locuințe au fost remediate în 23 de țări europene, pe baza raportului oficial transmis de fiecare țară în cadrul proiectului RADPAR, sub egida Comisiei Europene (Holmgren et al., 2013).

În România, până la această dată au fost supuse acțiunilor de remediere **doar 21 de case situate în zona uraniferă Băița-Ștei**, acțiuni întreprinse de membrii prezentei propuneri în cadrul proiectului IRART (www.irart.ro). Nevoia unei monitorizări continue și aplicării măsurilor corective împotriva radonului devine cu atât mai stringentă prin situarea României pe locul 4- Figura 1- privind riscul de expunere la radon în rândul țărilor europene, conform raportului CE (Tollefsen et al., 2014). Mai mult decât atât, România nu are dezvoltată o strategie națională care să permită identificarea și controlul zonelor cu risc de expunere la radon.

Introducerea legislației de radon în România începând cu anul 2018 oferă perspectiva în următoarea decadă a unei cereri de piață însemnate și oportunitatea dezvoltării și aplicării la scară largă a unor **sisteme inteligente de monitorizare și remediere a calității aerului rezidențial, care să asigure în egală măsură avantaje legate de eficiența energetică a clădirii**. Se preconizează dezvoltarea unor sisteme de acest tip în cadrul unui proiect cu care s-a aplicat la competiția POC 2015, în cadrul Universității Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca în calitate de beneficiar, în parteneriat cu specialiști de la Universitățile Tehnice din Cluj-Napoca și București și cu colaborarea Institutului Național de Sănătate Publică (INSP) și Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN).

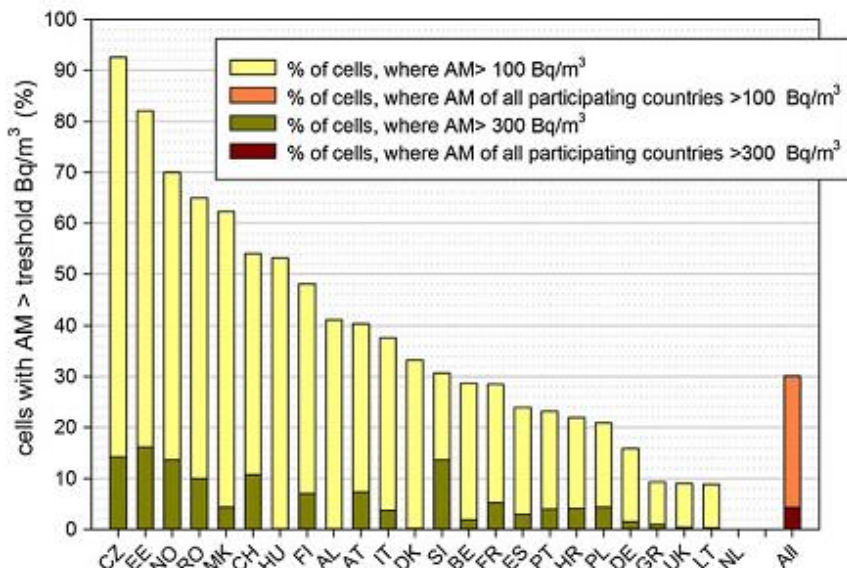


Figura 1. Procentul celulelor cu suprafață de 10 x 10 km care depășesc pragurile de referință (100, respectiv 300 Bq/m³), în funcție de țară (Tollefsen et al., 2014).

Cercetările și studiile de piață realizate în cadrul Centrului de Radioactivitatea Mediului și Datăre Nucleară relevă că există un interes real al autorităților și populației pentru dezvoltarea și comercializarea unor asemenea sisteme. Din studiile pre-design realizate s-a constatat că 92% dintre respondenți sunt dispuși să investească din venituri proprii în achiziția unui sistem de protecție destinat prevenției contaminării cu radon și alți poluanți casnici aerieni care prezintă riscuri majore pentru sănătate.

Mulțumiri: Această lucrare este rezultatul cercetării postdoctorale ce a fost posibilă prin sprijinul financiar oferit prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, cofinanțat prin Fondul Social European, în cadrul proiectului POSDRU/159/1.5/S/133391, cu titlul “Programe doctorale și post-doctorale de excelență pentru formarea de resurse umane înalt calificate pentru cercetare în domeniile Științele Vieții, Mediului și Pământului”.

Referințe:

BPIE – Calitatea aerului interior, confort termic și lumina naturală, O analiză a regulamentelor privind clădirile rezidențiale în opt state membre (http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/119/BPIE_IAQ_Rezumato_omanian.pdf).

Cosma Constantin, Cucuș (Dinu) Alexandra, Dicu Tiberius, (2013), Preliminary results regarding the first map of residential radon in some regions in România, Radiation Protection Dosimetry, 155(3) 343-350.

Cosma C., Dicu T., Dinu A., Begy R. (2009), Radon and lung cancer, Ed. Quantum, Cluj-Napoca, ISBN 978-973-88835-2-9, 166 pp.

Council Directive 2013/59/Euratom laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation (<http://www.ecolex.org/ecolex/ledge/view/RecordDetails;DIDPFDSIjsessionid=0143E1A4CE30CABFEEEE93B0CE3BBFF0F?id=LEX-FAOC130004&index=documents>)

Cucuș (Dinu), A., Cosma, C., Dicu, T., Begy R., Moldovan, M., Papp, B., Niță, D., Burghel, B. & Sainz, C., (2012), Thorough investigations on indoor radon in Băița radon-prone area (România). Science of the Total Environment, 431, 1, 78-83.

A. Cucuș (Dinu), T. Dicu, C. Cosma, (2015), Indoor radon exposure in energy-efficient houses from România, Romanian Journal of Physics, Vol. 60/ 2015, Nr. 9-10, *in press*.

Duțianu D. (2004), Inițiativa europeană privind promovarea performanței energetice a clădirilor, ENERO – București.

Daisey J.M., Angell W., Apte M. (2003) Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information, Indoor Air 13, 53 – 64.

Darby S., Hill D., Deo H., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F., et al. (2006) Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health 32, 1–84.

Fisk W., Mirer A., Mendell M. (2009) Quantitative relationship of sick building syndrome with ventilation rates, Indoor Air 19, 159 – 165.

George A.C. (2015) The history, development and the present status of the radon measurement programme in the United States of America, Radiation Protection Dosimetry, doi:10.1093/rpd/ncv213.

Gräser J., Grimm C., Kaineder H., Körner S., et al. (2010) Radon – The Effect of Retrofitting Thermal Insulation, Published jointly by the Radon Offices in Austria, Switzerland, southern Germany, South Tyrol.

Holmgren O., Arvela H., Collignan B., Jiranek M., Ringer W. (2013) Radon remediation and prevention status in 23 European Countries, Radiation Protection Dosimetry 157, 392-396.

IARC - International Agency for Research on Cancer (1988), Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 43, Man-made Mineral Fibres and Radon, Lyon.

Jiranek Martin, Kaomarikova V. (2013), Increased radon concentration in buildings as a consequence of their energy conversion, Conference Proceeding on Protection Against Radon at Home and at Work, Prague, Czech Republic, September 2-6 2013, ISBN 978-80-01-05324-9, p.69.

Jiranek M., Kacmarikova V. (2014) Dealing with the increased radon concentration in thermally retrofitted buildings, Radiation Protection Dosimetry 160, 43-47.

Pampuri L., Valsangiacomo C., Teruzzi T., Cereghetti N., Generelli M. (2012), Radon pollution in buildings before and after energy renovation - preliminary results. Radon Competence Center, SUPSI.

Pavel V., Vasilache M., Chereches M. (2006) Considerații asupra economiei de energie în clădirile din România (1974-2004), Masa rotundă „Dezvoltarea durabilă în construcții civile sub impactul modificărilor climatice, prețului crescând al energiei și riscului seismic” organizată de Academia de Științe Tehnice, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, Inspectoratul de Stat în Construcții, Iași, 19 mai 2006.

Pressyanov D., Dimitar D., Ivelina D. (2015) Energy-efficient reconstructions and indoor radon: the impact assessed by CDs/DVDs, Journal of Environmental Radioactivity 143, 76-79.

RADPAR Project – Radon: The effect of Retrofitting Thermal Insulation, Radon Offices in Austria, Switzerland, southern Germany, South Tyrol, October 2010, 8 pages.

Roulet C.A., Ostra B., Foradini F., Cox Ch. (2005) Designing healthy, comfortable and energy efficient buildings: lessons from enquiries within the European HOPE Project, CISBAT 2005.

Todea D., Cosma C., Dicu T., Roșca L., Cucuș (Dinu) A., Rîșteiu M., Iancu D., Papuc I., Rădulescu D. (2013) Residential radon and lung cancer risk in Cluj and Alba counties, România, *Environmental Engineering and Management Journal* 12, 1281-1285.

Tollefsen T., Cinelli G., Bossew P., Gruber V., De Cort M. (2014) From the European Indoor Radon Map towards an Atlas of Natural Radiation, *Radiation Protection Dosimetry* 162, 129–134.

Vasilyev A.V., Zhukovsky M.V. (2013) Determination of mechanisms and parameters which affect radon entry into a room, *Journal of Environmental Radioactivity* 124, 185-190.

WHO - World Health Organization (2009) *Handbook on indoor radon: a public health perspective*, ISBN 9789241547673, 1-93.

Yarmoshenko V., Vasilyev A.V., Onishchenko A., Kiselev S., Zhukovsky M. (2014) Indoor radon problem in energy efficient multi-storey buildings, *Radiation Protection Dosimetry* 160, 53-56.

**REZIDUURILE NORM
DEȘEU RADIOACTIV
SAU
MATERIAL DE CONSTRUCȚIE ?**

Dr. Ing. Elena Botezatu - SRRp

- Implementarea noilor Norme de Securitate de Bază (Basic Safety Standards) conform DIRECTIVEI Consiliului 2013/59/EURATOM implică identificarea materialelor de construcție ce ar reprezenta un motiv de îngrijorare din punctul de vedere al protecției radiologice (Art. 75), luându-se în considerare lista orientativă a materialelor prevăzută în ANEXA XIII, cu privire la radiațiile gamma emise de către acestea.

- În cadrul listei orientative a acestor tipuri de materiale sunt incluse “materialele care încorporează reziduuri din industriile de prelucrare a materialelor radioactive naturale (NORM) ”, cum ar fi:
 - cenușă zburătoare
 - fosfogips
 - nămol roșu din producția de aluminiu
 - reziduuri din producția de oțel
 - diverse zguri

- **Materialele de construcție** care emit radiații gamma intră în sfera de aplicare a Directivei 2013/59/EURATOM, (19), dar, ar trebui considerate drept **produse pentru construcții** astfel cum sunt definite în Regulamentul (UE) nr 305/2011, în sensul că acesta se aplică lucrărilor de construcție care emit substanțe sau radiații periculoase.

Acest Regulament al Parlamentului European și al Consiliului stabilește condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții.

- Regulamentul (UE) nr.305/2011 prevede ca informațiile să fie puse la dispoziție atunci când produsele sunt introduse pe piață.
- DIRECTIVA 2013/59 specifică cerințele privind informații suplimentare pe care le consideră necesare în vederea asigurării protecției radiologice. Înainte de introducerea pe piață a unor astfel de produse ce conțin materiale NORM, trebuie determinate concentrațiile activității radionuclizilor ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K , conform anexei VIII.

- A fost introdus Indicele Concentrației de Activitate (ICA) pentru identificarea unor asemenea materiale de construcție, în special pentru cele utilizate în construcția de locuințe. Indicele face referire la doza de radiații gamma, care depășește expunerea externă tipică, dintr-o clădire construită dintr-un material de construcție specificat. Indicele se aplică pentru materialul de construcție ca întreg nu componentelor acestuia, cu excepția cazului în care componentele respective sunt materiale de construcție ele însele.

- Valoarea 1 a ICA poate fi utilizată ca instrument de depistare convențional a materialelor care pot determina depășirea nivelului de referință de **1 mSv/an**, pentru expunerea externă la radiațiile gamma emise de materialele de construcții în interiorul construcțiilor, în plus față de expunerea externă în exteriorul acestora. [Art. 75, alineatul (1)]

- Indicele concentrației activității se calculează după formula:

$$I = \frac{C_{\text{Ra226}}}{300\text{Bq/kg}} + \frac{C_{\text{Th232}}}{200\text{Bq/kg}} + \frac{C_{\text{K40}}}{3000\text{Bq/kg}}$$

Unde C_{Ra226} , C_{Th232} și C_{K40} sunt activitățile specifice (ale materialelor de construcție) în Bq/Kg pentru Radium-226, Toriu-232 și respectiv Potasiu-40.

- Tendința modernă de diversificare și îmbunătățire a parametrilor specifici materialelor de construcție a antrenat prin criterii de eficacitate economică, utilizarea tot mai largă a unor materiale neconvenționale ce conțin în majoritate deșeuri industriale. În acest context, am încercat prin determinarea radioactivității unui spectru larg de materiale de construcție care au în componență deșeuri industriale cu radioactivitate naturală tehnologic crescută (NORM), identificarea lor ca sursă potențială de expunere a populației.

- Au fost analizate 600 probe medii de materiale de construcție, convenționale (cele mai comune) și neconvenționale, (adică cele rezultate din reciclarea anumitor deșeuri industriale) utilizate în construcția de locuințe, precum și 380 probe de reziduuri provenite din diverse industrii prelucrătoare sau extractive.
- Au fost determinate concentrațiile activității radionuclizilor primordiali ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K .
- S-a calculat indicele concentrației activității.

- Prin aplicarea ICA-lui pentru materialul de construcții ca întreg, nu componentelor acestuia, am reușit să definim 3 categorii de materiale de construcție corespunzător conținutului mediu de radionuclizi naturali determinat în aceste materiale.

Pentru clasificare am ales ca:

- indicele concentrației activității să nu depășească valoarea de 0,5, criteriul de doză fiind de 0,3 mSv/an (Categorie I)
- indicele concentrației activității să nu depășească valoarea 1, criteriul de doză fiind de 1 mSv/an (Categorie II)

- Utilizarea materialelor de construcție aparținând celor două categorii nu duce la depășirea nivelului de referință de 1 mSv/an (BSS respectiv Directiva 2013/59).
- Materialele cu nivele ridicate de conținut radioactiv natural, cu indicele concentrației de activitate mai mare ca 1, aparțin categoriei III. Utilizarea lor ca material de construcție ar duce la depășirea nivelului de referință de 1 mSv/an.

Activitățile specifice medii (Bq/kg) determinate în materialele de construcție selectate, valorile Indicelui Concentrației Activității, și clasificarea acestor materiale în cele trei categorii sunt prezentate în următoarele tabele.

Se remarcă gradul mare de variabilitate al rezultatelor !!!

- **Materialele de construcție curent utilizate în România, au concentrații masice medii de activitate de: 541 ± 169 Bq/Kg pentru ^{40}K , 53 ± 32 Bq/Kg pentru ^{226}Ra , și respectiv 48 ± 34 Bq/Kg pentru ^{232}Th . (Tabel 1)**
- **Valoarea ICA variază de la 0,2 până la 0,9, plasând aceste materiale în categoriile I și II.**

Tipul materialului	Activitatea specifică medie (Bq/kg)			Index /
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	Categorie
Materiale de construcție curent utilizate				
Nisip	176 ± 190	24 ± 18	20 ± 22	0,242 / I
Prundiș, pietriș	137 ± 108	25 ± 10	13 ± 4	0,200 / I
Cimenturi PA	281 ± 148	70 ± 59	27 ± 8	0,2 - 0,8 / I-II
Clincher	510 ± 105	49 ± 7	50 ± 26	0,58 / II
Betoane	918 ± 519	69 ± 51	77 ± 69	0,921 / II
Mortar	313 ± 168	43 ± 19	44 ± 25	0,467 / I
Diverse tipuri de cărămizi	658 ± 210	56 ± 25	51 ± 24	0,661 / II
Cărămizi roșii	1038 ± 170	37 ± 9	51 ± 26	0,724 / II
Mat ceramice	725 ± 376	51 ± 34	45 ± 21	0,636 / II
Gips natural	199 ± 100	41 ± 16	40 ± 19	0,403 / I
Var	343 ± 270	43 ± 11	31 ± 17	0,413 / I

Deșeurile/reziduurile industriale au concentrații de activitate ale celor trei radionuclizi naturali de 3 - 10 ori mai mari decât cele ale materialelor uzuale de construcție, valorile concentrației de radium-226 fiind considerabil mai mari. (Tabel 2)

- Valoarea ICA variază de la 0,6 până la 3, (cu excepția rocii sterile din mineritul uranifer ICA=13,7) plasând aceste materiale în categoriile II și III.**

Tipul materialului	Activitatea specifică medie (Bq/kg)			Indice/
	¹⁹ K	²²⁶ Ra	²³² Th	Categorie
Reziduuri				
Zgură CET	394 ± 152	122 ± 74	62 ± 39	0,4-1,3/I-III
Cenușă CET	646 ± 413	248 ± 160	90 ± 38	0,6-3/II-III
Zgură de furnal	270 ± 302	181 ± 105	50 ± 20	0.943 - 1,2 / II-III
Cenușă de furnal	438 ± 394	110 ± 52	62 ± 19	0.822 / II
Zgură de cuptor	828 ± 327	88 ± 94	57 ± 52	0.581 / II
Rocă sterilă din minerit uranifer	795 ± 484	3934 ± 2595	71 ± 58	13.73 / III
Gangă sterilă din extracția cărbunelui	507 ± 205	59 ± 18	41 ± 19	0.570 / II
Bitum	156 ± 135	36 ± 46	18 ± 14	0.210 / I
Phosphogips	44 ± 26	634 ± 382	9 ± 4	2.170 / III
Roci deșeu din extracția de Zn, Pb, Cd	245 ± 233	308 ± 327	84 ± 55	1.528 / III

- În categoria deșeurilor cu radioactivitate naturală crescută se remarcă fosfogipsul, sterilul din mineritul uranifer, roca deșeu din mineritul neferoaselor, anumite tipuri de zgură și cenușă provenind din arderea cărbunelui. Dintre cei trei radionuclizi investigați, ²²⁶Ra ocupă locul esențial în expresia indicelui de doză deoarece prin descendentul său ²²²Rn și respectiv descendenții de viață scurtă ai acestuia poate produce o expunere ridicată (prin inhalare) în habitatul construit cu aceste materiale.

- **Materialele de construcție care conțin reziduuri/deșeuri industriale NORM au concentrațiile de activitate ale radionuclizilor naturali variind în domeniile:**

24 - 1100 Bq/Kg pentru ⁴⁰K,

19 - 258 Bq/Kg pentru ²²⁶Ra

11 - 173 Bq/Kg for ²³²Th, cu excepția cimentului, respectiv betonului aluminos (374 – 800 Bq/kg)

- **Valoarea ICA variază de la 0,3 până la 3,38, plasând aceste materiale în toate cele trei categorii. (Tabel 3)**

Tipul materialului	Activitate specifică medie (Bq/kg)			Index/ Categorie
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	
Materiale de construcție care conțin reziduuri industriale				
Căramizi cu zgură	531 ± 115	52 ± 4	56 ± 26	0,4 - 0,8/ I - II
Produse granulate	447 ± 143	53 ± 43	40 ± 13	0,3 - 0,8/ I - II
Căramizi cu cenușă carbune	196 ± 153	139 ± 84	57 ± 32	0,3 - 1,3/ I - III
Prefabricate	291 ± 149	124 ± 95	48 ± 18	0,3- 1,2/I-III
Beton aerat cu șist aluminos	615 ± 101	118 ± 81	556 ± 333	3.378 / III
Beton cu zgură și cenuși de furnal	477 ± 336	106 ± 73	91 ± 42	0.967 / II
Ciment aluminos	133 ± 89	178 ± 80	206 ± 168	1.667 / III
BCA alb	357 ± 309	114 ± 79	115 ± 58	0,4 - 1,7/I-III
BCA cenușiu	485 ± 650	95 ± 26	90 ± 93	0,3-1,7/I-III
Carton bituminos	163 ± 136	21 ± 7	32 ± 31	0.284 / I
Azbo-ciment	79 ± 56	44 ± 26	14 ± 6	0.243 / I

- În consecință, materialele de construcție care includ unele din reziduurile industriale NORM, poartă în spectrul lor radioactiv marca deșeurii folosit în funcție de ponderea acestuia în rețeta de fabricație. De exemplu, bolțarii care includ în componența lor cenușă și zgură pot depăși pragul 1 al indicelui de concentrație, fiind astfel plasați în categoria a-III-a. Dacă ponderea deșeurilor este redusă corespunzător în rețeta de fabricație, bolțarii se pot încadra în categoria a-II-a, respectiv, $ICA < 1$.

- Pe de altă parte, chiar materialele de construcție uzuale (ciment, beton, mortar) conțin reziduuri industriale NORM identificate conform articol 75, (2).
- Cimentul, care este considerat un material clasic de construcție include în rețeta sa un procent de cenușă care mărește conținutul său radioactiv specific în primul rând în privința ^{226}Ra -lui. Totuși cimentul se situează de regulă în categoria I și ca o excepție în categoria a-II-a, având $ICA < 1$. Cimentul este folosit în principal pentru producerea de mortar și beton. (Vezi GLOSAR)

- O atitudine prudentă trebuie adoptată față de anumite tipuri de cenușă și zgură cu ICA >1 când sunt destinate a fi utilizate în amestec cu ciment în construcția de locuințe.
- Materialele cu un conținut radioactiv crescut pot fi utilizate numai în amestec cu cele care au nivele joase de radioactivitate, astfel încât valoarea indicelui concentrației de activitate (ICA) să nu depășească valoarea 1.

- Creșterea activității specifice a celor trei radionuclizi ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , într-un material de construcție, creștere care ar duce la un indice al concentrației activității mai mare ca 1, duce la creșterea iradierii externe (expunerea la radiațiile gamma) peste nivelul de referință de 1 mSv/an dar și la creșterea iradierii interne (expunerea la radon și descendenții săi).

- Pentru materialele de construcție identificate ca materiale a căror utilizare ar putea duce la creșterea expunerii la radiațiile gamma în interiorul construcțiilor, trebuie obligatoriu determinate concentrațiile activității celor trei radionuclizi, înainte ca astfel de materiale să fie introduse pe piață. Dacă se depășește valoarea 1 pentru ICA, fapt ce presupune implicit și creșterea expunerii peste 1 mSv/an, este necesară cunoașterea modului de utilizare a materialului respectiv, a parametrilor tehnici de utilizare în construcție, rețeta, etc, date necesare pentru calculul dozelor, care ar putea rectifica valoarea ICA, rezultând o doză mai mică decât 1 mSv/an.

- Trebuie interzisă utilizarea ca materiale de construcție pentru locuințe a unor materiale ca sterilul din mineritul uranifer, nămolurile și deșeurile din industria aluminiului sau zirconului, deșeuri din extracția Zn, Pb, și Cd, fosfogipsul (Ordin 381/05.04.2004, art.12, alin 2). Aceste materiale, care au un conținut radioactiv ridicat, aparțin categoriei III depășind cu mult valoarea 1 pentru indexul concentrației de activitate.

- Se poate discuta totuși despre utilizarea fosfogipsului :

- în construcții, ca liant și în adezivi pentru exterior;
- în agricultură (amendarea solului), ameliorarea terenurilor (acoperiri și umpleri)
- în construcții de drumuri (ca unul din straturile de bază).

Se aplică constrângeri de doză și se procedează uneori la reducerea contaminării radioactive a fosfogipsului.

Utilizarea unor reziduuri NORM ca materiale de construcție în alte state membre UE – OLANDA și BELGIA

- - **Strategie**

- Evidența clară a reziduurilor NORM: tipuri, caracteristici relevante privind conținutul radioactiv și chimic, compoziția fizică, proveniență, cantități stocate sau în curs de producere, deținători.
- Date statistice privind necesarul de materiale pentru diverse construcții (case, instituții, utilități, infrastructură, agricultură, etc.) și furnizorii existenți pe piață, (CERERE ȘI OFERTĂ).
- Dezvoltarea producerii de noi materiale bazate pe reziduuri NORM având în vedere aspectele tehnice, tehnologii de producție, aspecte economice, legislație și regulamente, dimensiunea pieței, competitori, interacțiunea cu alte materiale de construcție, pentru stabilirea opțiunilor de producție.

- Opțiuni:
 - Substituire NORM în procesele tehnologice existente
 - Produse noi NORM prin procesele tehnologice existente
 - Produse noi NORM prin procese tehnologice noi
- Depind de:
 - Dimensiunea și compoziția by-produsului NORM
 - Rentabilitate
 - Cooperarea existentă între producători
 - Complexitate (legislație, impact, deținătorii haldelor, batalurilor, ...)

➤ Tipuri de impact ale utilizării NORM:

- percepția pentru populație, utilizatori,...
- competitori,
- responsabilități (măsurători/QA),
- impact ambiental (sănătate, eco sistem, reducerea emisiilor de CO₂, înlocuirea unor materiale, reducerea consumului de materii prime naturale, reducerea/remedierea suprafețelor de stocare...)

[În Olanda a scăzut cu ~ 40 % emisia de CO₂ datorită utilizării unor reziduuri/by-produse NORM în diferite amestecuri de ciment, și se întrevede un mare potențial pentru reducerea în continuare a acestor emisii.]

- Materiale NORM utilizate curent în Olanda, aplicând BSS
- Cenușa zburătoare (100 %)
 - Fabricarea cimentului & înlocuire
 - Beton (direct, granulare,...)
- FGD gypsum (100 %)
 - Industria gipsului (mortar, tencuială, pardoseală și cărămizi)
- Sfărâmatură cuptor furnal (100 %)
 - Amestecuri de ciment, înlocuirea cimentului
- Zgură de la fabricarea oțelului (100 %) (și zgură fosforică)
- ☐ Utilizări în construcția de drumuri/infrastructură, construcție clădiri, direct sau în amestec.

Practica reutilizării și reciclării reziduurilor NORM în Belgia include și:

- Reciclarea fosfogipsului
- **Annual** se utilizează 400.000 – 500.000 tone rocă fosfatică, rezultând 750.000 tone fosfogips.
- 85%** este reutilizat: majoritatea ca material de construcție (în loc de gips pt mortar, tencuială), + aditiv pentru industria cimentului și pentru amendarea solurilor. Numai restul de 110.000 tone sunt dispuse în batal.
- Utilizarea turtei rezultate după filtrare în procesul de obținere a TiO_2 , ca material de acoperire a depozitelor de reziduuri, datorită slabei permeabilități.

- Metalurgie din materiale secundare
- Majoritatea companiilor metalurgice belgiene au renunțat la prelucrarea "primară" (din minereu sau concentrate) trecând la procesarea "**secundară**" (extracția *metalelor reziduale din by-produsele metalurgiei primare*).
De ex. producerea staniu/plumb
- Amestecarea cu alte materiale cu scopul de a menține radioactivitatea produselor și a deșeurilor sub control.

- **Decizia privind reutilizarea/reciclarea reziduurilor versus stocare, depinde de mulți factori:**
- Obiectivul operatorului;
- Costul diferitelor opțiuni;
- Posibilitatea (fezabilitatea) tehnică de executare;
- Cerințele/specificațiile beneficiarului final;
- Reglementări, legislație;
- Reutilizare/reciclare care nu necesită tehnică înaltă (Ex. spălare materiale cu jet de apă)

- Prelucrarea și utilizarea reziduurilor **NORM** trebuie încadrată în reglementările de radioprotecție;
- **Sunt necesare interfață și dialog cu reglementările ambientale;**
- **Dialog cu industriile și cei care dețin aceste reziduuri;**
- Abordare gradată – atât pentru managementul deșeurilor cât și pentru remedierea locațiilor respective;
- Importanța păstrării înregistrărilor (record-keeping): trasabilitatea deșeurilor NORM și a "moștenirilor" NORM;
- Monitorizarea ambientală;

Concluzii

- **Dezvoltarea produselor pe bază de materiale NORM, este un proiect de durată și costisitor.**
- Succesul depinde de lucrul în echipă fiind necesară expertiza în multe domenii.
- Există multe reziduuri NORM imobilizate și mulți deținători.
- Rata de succes poate fi îmbunătățită prin:
 - Abordare gradată (pas cu pas);
 - Să nu se uite potențialul pieții și aspectele financiare;
 - Implicarea tuturor "jucătorilor" la momentul oportun (tehnicieni, marketing, clienți potențiali, investitori.....)
- **RĂBDARE și PERSEVERENȚĂ !**

MONITORIZAREA MEDIULUI DESFĂȘURATĂ DE RNSRM LA NIVELUL ROMÂNIEI

Elena Simion, elena.simion@anpm.ro

Ana Elena Gherasim, ana.gherasim@anpm.ro
Agenția Națională pentru Protecția Mediului

1. Descrierea obligațiilor de monitorizare a radioactivității mediului

Monitorizarea radioactivității mediului, la nivel național este o obligație asumată de România prin semnarea Tratatului Euratom, ale cărei prevederi sunt transpuse în legislația națională prin intermediul OUG nr. 195/2005 privind protecția mediului, cu modificările și completările ulterioare. Astfel, în conformitate cu prevederile articolului 35 din Tratatul Euratom, statele membre trebuie să asigure derularea unui program adecvat de monitorizare a radioactivității mediului la nivel național, iar articolului 36 impune raportarea datelor obținute în urma monitorizării către Comisia Europeană. Cerințele de raportare menționate la articolul 36 din Tratatul Euratom se regăsesc în Recomandarea 2000/473/Euratom a Comisiei.

Totodată, Directiva Consiliului Europei nr. 2013/59/Euratom stabilește normele de securitate de bază și se aplică în situații normale și de urgență. Prin comasarea a cinci directive anterioare, ea integrează informații atât despre lucrătorii în mediul de radiații ionizante, cât și despre expunerea la radiații a populației și a mediului ambiant.

Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor (MMAP) este autoritatea publică centrală pentru protecția mediului din România, care în conformitate cu prevederile Ordonanței de urgență nr. 195/2005 privind protecția mediului, cu modificările și completările ulterioare, este responsabilă pentru asigurarea monitorizării radioactivității mediului la nivel național. MMAP este una din autoritățile naționale competente cu responsabilități privind planificarea și răspunsul în cazul unei urgențe radiologice/accident nuclear.

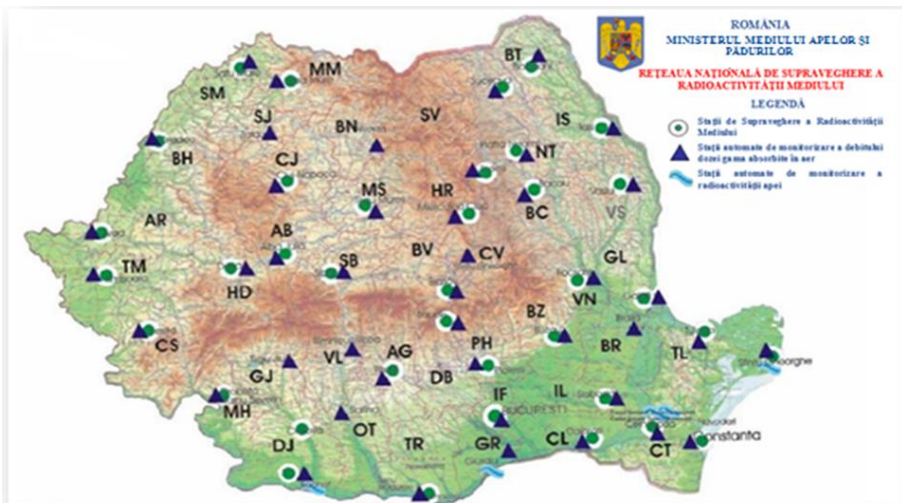
Reglementările existente atribuie responsabilități clare MMAP, care prin Laboratorul Național de Referință pentru Radioactivitatea Mediului (LNRR) din cadrul Agenției Naționale pentru Protecția Mediului asigură: operarea unui sistem național de supraveghere a radioactivității mediului; evaluarea dispersiei și a contaminării factorilor de mediu, atât în situații de rutină, cât și de urgență; stabilirea strategiei de monitorizare a mediului în situații de rutină și în situații de urgență derulată prin intermediul Rețelei Naționale de Supraveghere a Radioactivității Mediului (RNSRM).

2. *Monitorizarea radioactivității mediului la nivel național*

Principalele obiective de monitorizare a radioactivității mediului o reprezintă: detectarea rapidă a oricăror creșteri cu semnificație radiologică a nivelurilor de radioactivitate a mediului pe teritoriul național; notificarea rapidă a factorilor de decizie în situație de urgență radiologică și susținerea, cu date din teren, a deciziilor de implementare a măsurilor de protecție în timp real; controlul funcționării surselor de poluare radioactivă cu impact asupra mediului, în acord cu cerințele legale, și limitele autorizate la nivel național; evaluarea dozelor încasate de populație ca urmare a expunerii suplimentare la radiații, datorate practicilor sau accidentelor radiologice; urmărirea continuă a nivelurilor de radioactivitate naturală, importante în evaluarea consecințelor unei situații de urgență radiologică; furnizarea de informații către public.

RNSRM a fost înființată la începutul anilor '60, în prezent monitorizarea fiind asigurată de 37 de Stații de Supraveghere a Radioactivității Mediului (SSRM), laboratoare aflate în structura organizatorică și administrativă a Agențiilor pentru Protecția Mediului județene, precum și cu 88 stații automate de monitorizare a debitului dozei gama absorbite în aer. Distribuția acestora pe teritoriul României acoperă toate formele de relief (figura 1).

Figura 1 - Rețeaua Națională de Supraveghere a Radioactivității Mediului



Cele 37 de SSRM-uri asigură monitorizarea zilnică a radioactivității mediului, funcționând cu programe de lucru de 24 ore/zi (SSRM Cernavodă, SSRM Constanța, SSRM Bechet, SSRM Craiova, SSRM Pitești, SSRM Babele, SSRM Cluj, SSRM Toaca și SSRM Iași) și respectiv de 11 ore/zi.

Sub coordonarea LNRR - ANPM, RNSRM desfășoară două tipuri de programe de monitorizare a radioactivității mediului: Programul național standard desfășurat în mod unitar de către toate SSRM-urile din cadrul RNSRM și Programul de monitorizare a zonelor cu fondul natural modificat antropic specific fiecărei zone, ce se desfășoară în paralel cu Programul național standard de monitorizare a radioactivității factorilor de mediu.

Programele cu aria de răspândire cea mai mare sunt cele dedicate monitorizării radioactivității factorilor de mediu din zona de influență a CNE Cernavodă (cuprinzând județele Constanța, Călărași și Ialomița) și respectiv CNE Kozlodui (pe teritoriul românesc, cuprinzând județele Dolj, Teleorman și Mehedinți).

3. Rezumat al rezultatelor monitorizării mediului la nivelul României în ultimii ani

Factorii de mediu monitorizați sunt aer - prin aerosoli atmosferici, depuneri atmosferice umede și uscate, ape - prin ape de suprafață și freatice, sol necultivat, vegetație spontană. Monitorizarea factorilor de mediu au fost efectuată prin analize: beta globale, beta spectrometrice și gama spectrometrice, precum și determinarea debitului de doză gama.

3.1. Radioactivitatea aerului

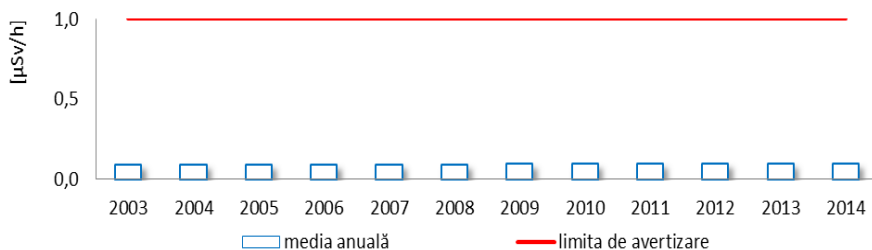
Monitorizarea calității aerului din punct de vedere al radioactivității este prima cale de identificare a prezenței radionuclizilor naturali și artificiali în atmosferă, peste limitele fondului natural. În acest scop sunt efectuate determinări ale debitului dozei gama, determinări beta globale și gama spectrometrice asupra aerosolilor atmosferici, precum și asupra depunerilor atmosferice totale (umede și uscate) și determinări beta spectrometrice asupra depunerilor atmosferice umede.

3.1.1. Debitul dozei gama absorbite în aer

Determinarea debitului dozei gama se realizează cu frecvență orară. Valorile obținute dau o primă indicație asupra radioactivității din atmosferă. În figura 2 este prezentată tendința de variația medie anuală a debitului dozei gama înregistrată în perioada 2003 – 2014 în cadrul RNSRM. Valorile obținute s-au

încadrat în limita de variație a fondului natural al României. Domeniul de variație al valorilor medii s-a situat în intervalul 0,086 – 0,094 $\mu\text{Sv/h}$.

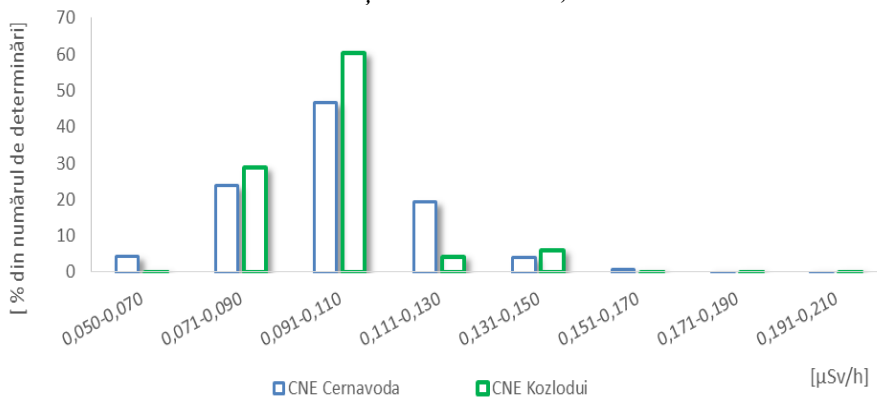
Figura 2 - Variația medie multianuală a debitului dozei gama în aer pe teritoriul României



Notă: limita de avertizare pentru debitul dozei gama (conform O.M. 1978/2010) este de 1 $\mu\text{Sv/h}$.

În zona de influență a CNE Cernavodă și respectiv CNE Kozlodui debitul dozei gama în aer este supravegheat permanent prin intermediul stațiilor automate de monitorizare a dozei gama. Distribuția procentuală a numărului determinărilor de debit de doză gama absorbită în aer, înregistrată de stațiile automate amplasate în zona de influență a CNE Cernavodă și CNE Kozlodui, în anul 2014, este prezentată în figura 3.

Figura 3 - Distribuția procentuală a numărului determinărilor de debit de doză gama înregistrate de stațiile automate, în zona de influență CNE Cernavodă și CNE Kozlodui, în 2014



3.1.2. Radioactivitatea aerosolilor atmosferici

Probele de aerosoli atmosferici sunt prelevate prin aspirare pe filtre, care sunt analizate beta global și gama spectrometric. Prelevarea aerosolilor atmosferici se realizează în cadrul SSRM în funcție de programul de lucru specific, în următoarele intervale orare: 4 aspirații: 02 – 07 (A1), 08 – 13 (A2), 14 – 19 (A3) și 20 – 01 (A4); respectiv 2 aspirații: 02 - 07 (A1) și 08 – 13 (A2). În figura 4 este prezentată variația multianuală a aerosolilor atmosferici – măsurarea imediată.

Figura 4 - Variația medie multianuală a activității beta globale a aerosolilor atmosferici pe teritoriul României – măsurarea imediată

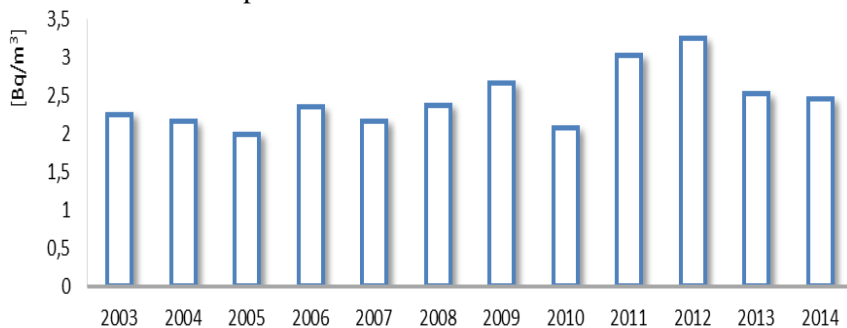
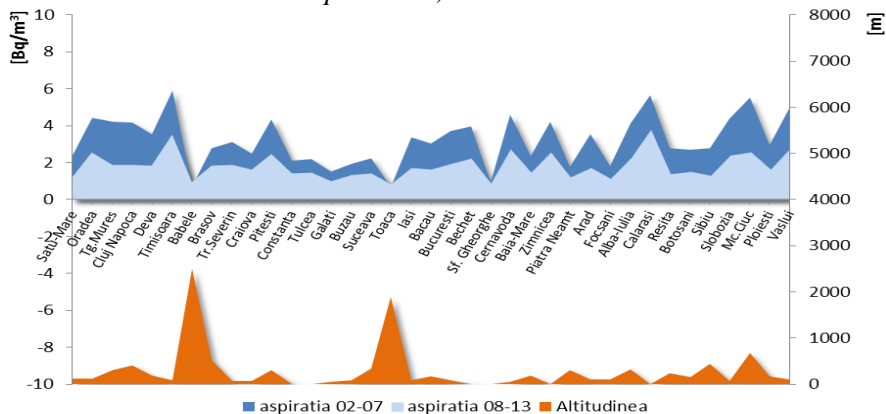


Figura 5 - Distribuția activității beta globale (valori medii anuale) a probelor de aerosoli atmosferici, aspirațiile A1 și A2, în funcție de altitudinea punctului de prelevare, în anul 2014



Notă: limita de avertizare a aerosolii atmosferici prin analiza beta globală (O.M. 1978/2010) este de 50 Bq/m³.

Analizele beta globale asupra filtrelor de aerosoli atmosferici s-au efectuat pe filtre individuale. Fiecare filtru a fost măsurat de trei ori, la intervale de timp bine stabilite: la 3 minute după încetarea prelevării (figura 5), la 20 ore, respectiv 24 ore (în funcție de programul de lucru al stației, în scopul determinării radonului și toronului din atmosferă) și 5 zile după încetarea aspirării.

Radonul (Rn-222) și toronul (Rn-220) sunt produși de filiație ai U-238 și Th-232, aflați în stare gazoasă. Ei ajung în atmosferă în urma exhalăției din sol și roci, unde sunt supuși fenomenelor de dispersie atmosferică. Concentrațiile de Rn-222 și Rn-220 în atmosferă variază sezonier, depinzând de condițiile meteorologice care influențează, atât viteza de emanație a gazelor din sol, cât și diluția/dispersia acestora în atmosferă. Activitatea specifică medie anuală a radonului și toronului determinată pentru aspirațiile A1 și A2 este prezentată în figurile 6 și 7.

Figura 6 - Variația activității specifice medii anuale a Rn-222, pe teritoriul României, în 2014

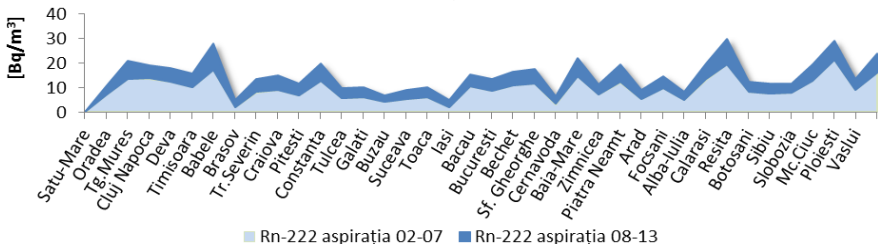
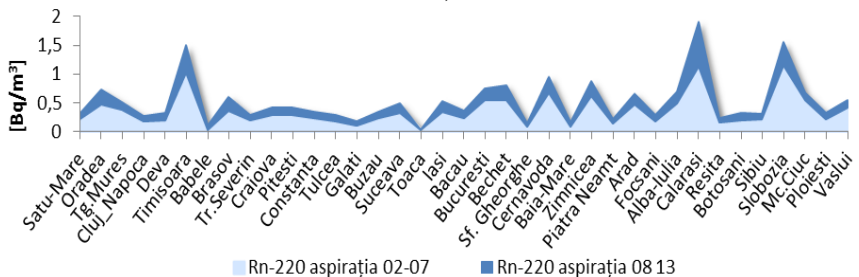
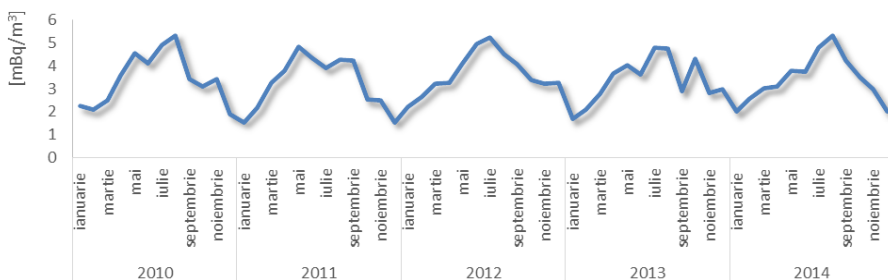


Figura 7 - Variația activității specifice medii anuale a Rn-220, pe teritoriul României, în 2014



Analiza gama spectrometrică a probelor de aerosoli atmosferici se efectuează, în situații normale, asupra unei probe cumulate, care conține toate probele prelevate de un SSRM pe parcursul unei luni calendaristice.

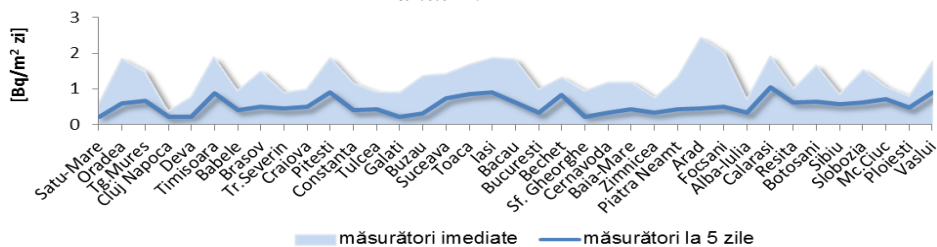
Figura 8 - Variația multianuală a activității medii lunare a Be-7 în probe de aerosoli atmosferici



1.1. Analiza beta globală imediată a probelor de depuneri atmosferice totale

După prelevare și pregătire, probele de depuneri atmosferice totale sunt măsurate pentru determinarea **activității beta globale** imediate și după 5 zile de la prelevare. Variația activității beta globale a depunerilor atmosferice totale, pe teritoriul României, în anul 2014 este prezentată grafic în figura 9 iar variația multianuală a depunerilor atmosferice sunt prezentate în figura 10.

Figura 9 - Activitatea medie anuală beta globală a depunerilor atmosferice în anul 2014



Notă: limita de avertizare pentru depunerile atmosferice totale (umede și uscate) prin analiza beta globală imediată (conform O.M. nr. 1978/2010) este de 1000 Bq/m²zi.

Figura 10 - Variația medie multianuală a activității beta globale a depunerilor atmosferice totale – măsurători imediate

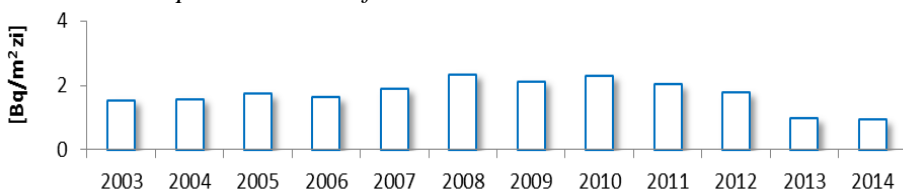
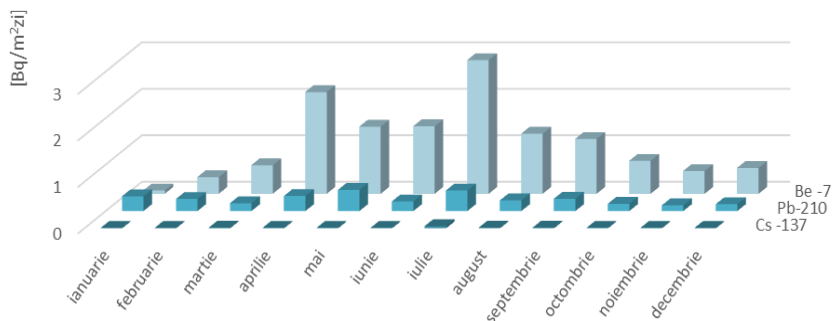


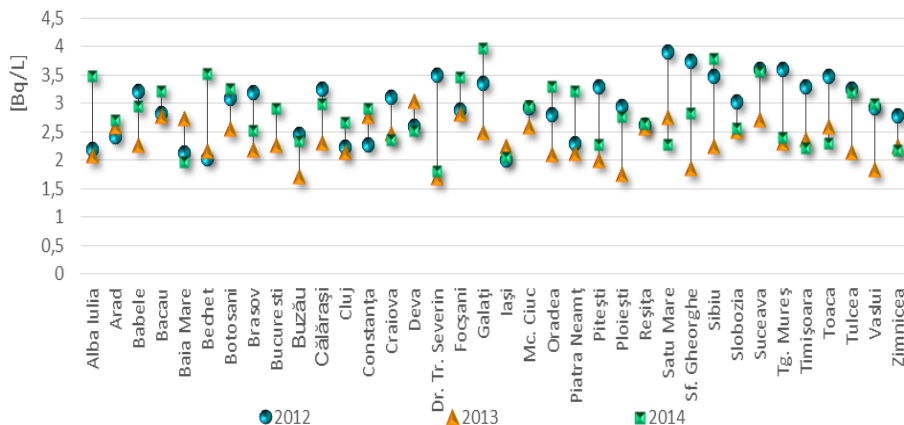
Figura 11 - Variația activității specifice medii lunare a radionuclizilor naturali și artificiali identificați în probele de depuneri atmosferice totale, în anul 2014 la nivelul României



În figura 11, produsul de fisiune Cs-137 este prezent în probele de depuneri atmosferice totale în concentrații medii zilnice cuprinse între 0,007 – 0,044 Bq/m². Sursa predominantă de contaminare atmosferică la nivelul anului 2014 a constituit-o procesele de resuspensie de pe sol a Cs-137 provenind din accidentele nucleare din anii anteriori. Atât la nivelul țării, cât și în zonele de influență ale CNE Cernavodă și CNE Kozlodui (pe teritoriul României) nu a fost identificată prezența altor radionuclizi artificiali gama emițători.

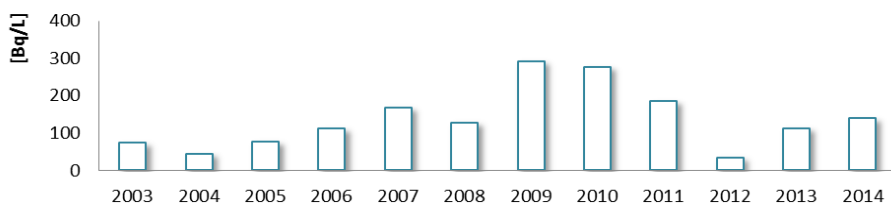
Probele de precipitații atmosferice se obțin prin colectarea tuturor tipurilor de precipitații din 24 de ore. După colectare și pregătire, probele sunt **analizate beta spectrometric** cu analizoare cu scintilator lichid, în vederea determinării activității specifice a tritiului. Tritiul este un radioizotop al hidrogenului care se produce zilnic în natură, dar și în reactoarele nucleare, de unde poate ajunge în mediul înconjurător prin emisii controlate sau accidente nucleare. În figura 12 sunt prezentate nivelurile de tritiu pentru probele de precipitații prelevate în anul perioada 2012-2014 de SSRM de pe teritoriul României (exclusiv SSRM Cernavodă). Valorile lunare prezentate au fost obținute prin cumulara probelor de precipitații prelevate pe parcursul unei luni.

Figura 12 - Variația multianuală a activității specifice a tritiului



Determinarea activității specifice a tritiului din precipitații la SSRM Cernavodă (figura 13) s-a efectuat prin analiza individuală a probelor prelevate în interval de 24 (în zilele în care s-au înregistrat precipitații).

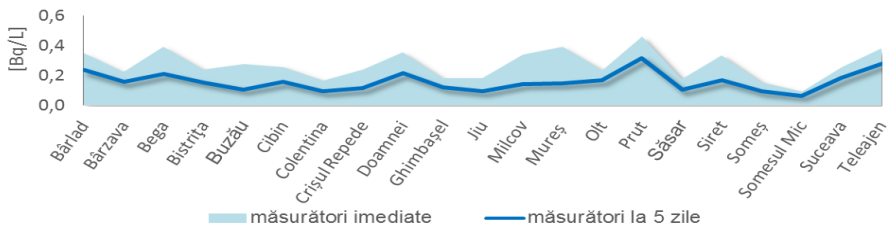
Figura 13 - Variația activității specifice medii anuale de tritiu, înregistrate în probe de precipitații, la SSRM Cernavodă



1.2. Radioactivitatea apelor

În scopul supravegherii principalelor cursuri de apă din țară, se recoltează probe din râurile situate în apropierea SSRM, cu frecvență zilnică. Probele sunt pregătite pentru analiză și se efectuează măsurări ale activității beta globale imediate și după 5 zile de la prelevare. Rezultatele **analizei beta globală a probelor de apă din principalele râuri** (pentru măsurările imediate și întârziate), valorile medii anuale, înregistrate în anul 2014, sunt prezentate grafic în figura 14. Valorile au fost obținute prin medierea valorilor zilnice.

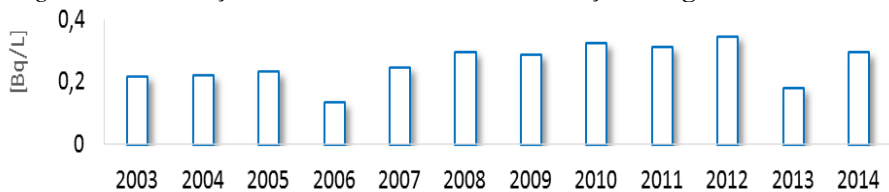
Figura 14 - Variația medie anuală a activității beta globale a râurilor, în anul 2014



Notă: limita de avertizare pentru apa de suprafață (conform O.M. 1978/2010), este de 5 Bq/L.

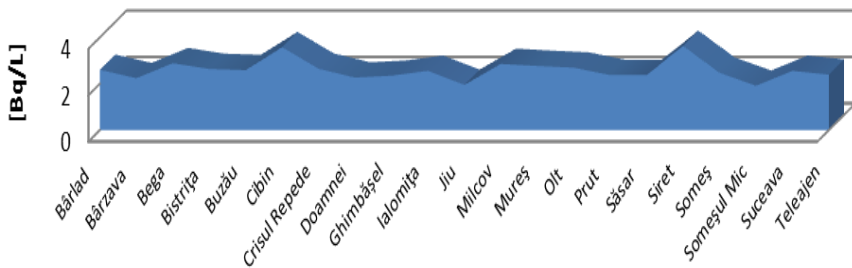
Tendența de variație multianuală a activității beta globale a probelor de apă de suprafață prelevate din râuri este prezentată în figura 15.

Figura 15 - Variația medie multianuală a activității beta globale a râurilor



Analiza beta spectrometrică a probelor de ape din principalele râuri - valorile concentrațiilor medii anuale de tritium (pentru valorile semnificative), în probele de apă de suprafață prelevate din principalele cursuri de apă din România, este prezentată în figura 16.

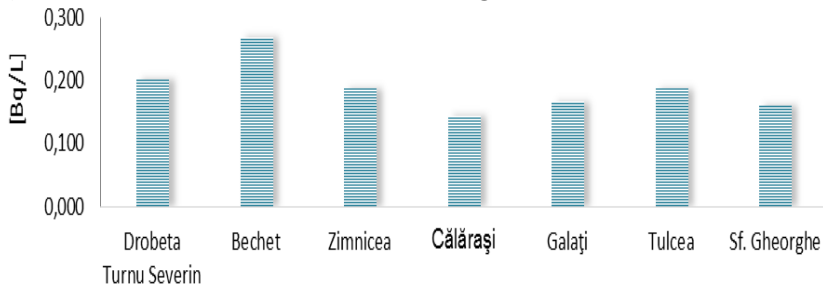
Figura 16 - Variația activității specifice a tritiului în principalele cursuri de apă, în anul 2014



1.2.1. Radioactivitatea Dunării

În figura 17 este reprezentată variația activității beta globale a apei de suprafață prelevată de către SSRM riverane Dunării – valorile medii înregistrate pentru măsurătorile imediate, în anul 2014. Programul de prelevare a probelor de apă, constă în prelevarea cu o frecvență prestabilită a probelor din locațiile alese în programul de supraveghere. Rezultatele obținute sunt prezentate în graficele următoare.

Figura 17 - Variația activității medii beta globale a Dunării, în anul 2014



Notă: limita de avertizare pentru apa de suprafață (conform O.M. 1978/2010), este de 5 Bq/L.

Concentrația medie anuală a tritiului din Dunăre s-a încadrat în intervalul 2,87 – 3,65 Bq/L la nivelul anului 2014 (figura 18).

Figura 18 - Concentrația medie anuală a tritiului în Dunăre, în anul 2014, în diferite sectoare

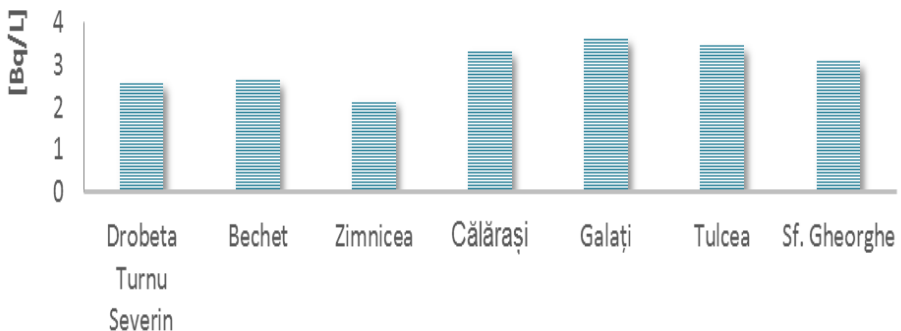


Figura 19 - Variația activității tritiului în probele de apă din Dunăre, în zona Cernavodă

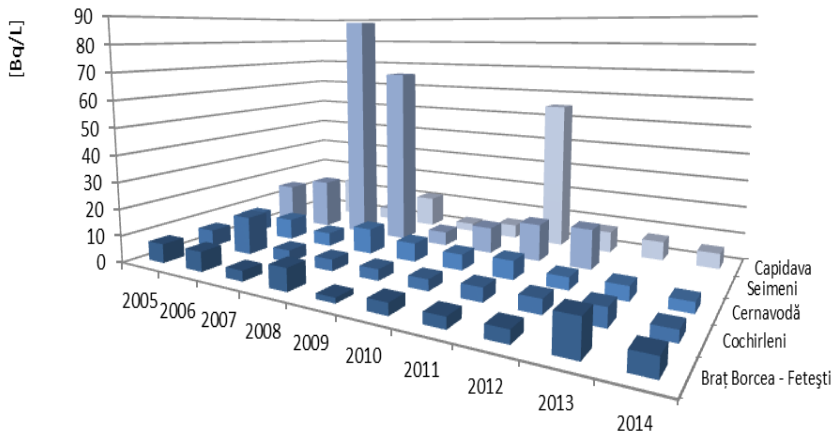
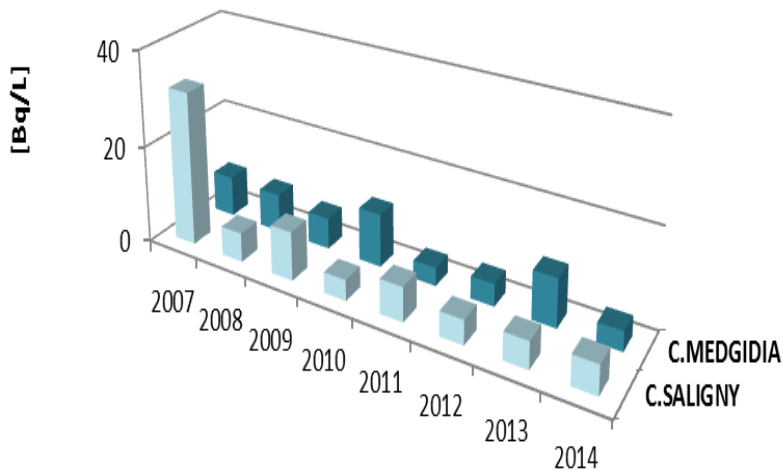


Figura 20 - Variația valorilor medii lunare ale concentrației tritiului în probele de apă de suprafață din Canal Dunăre – Marea Neagră, prelevate din localitățile Saligny și Medgidia

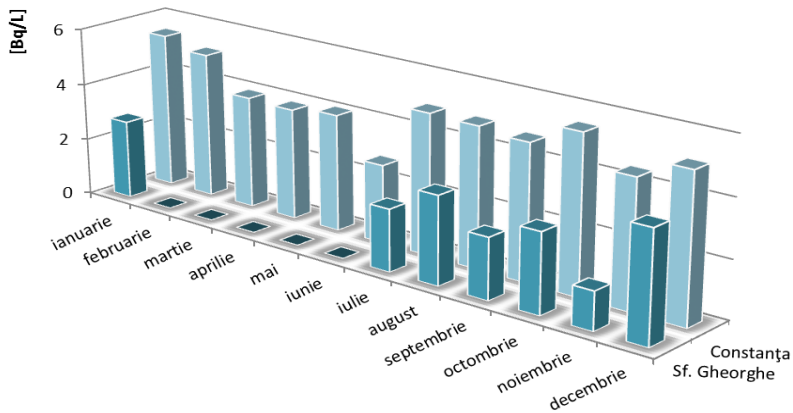


În probele de apă de Dunăre analizate nu a fost detectată prezența unor radionuclizi artificiali gama emițători a căror sursă să fie CNE Cernavodă sau CNE Kozlodui.

1.2.2. Radioactivitatea Mării Negre

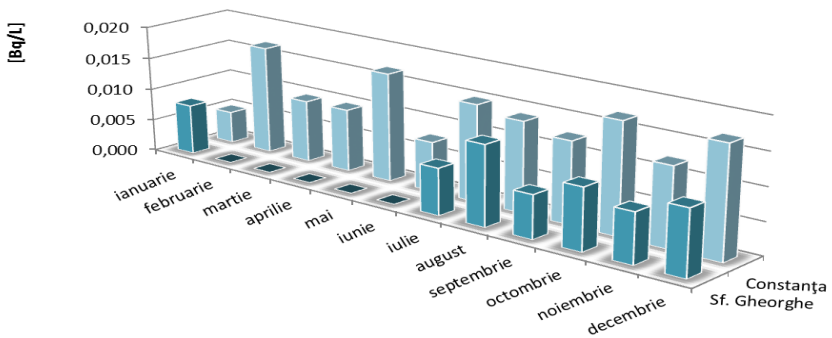
Dinamica radionuclizilor K-40 și Cs-137 în probele zilnice de apă de mare, prelevate din zonele Constanța (județul Constanța) și Sfântu Gheorghe (județul Tulcea) este prezentată în figurile 21 și 22.

Figura 21 - Variația medie lunară a activității specifice a K-40 în Marea Neagră, în anul 2014



Notă - În perioada februarie – iunie 2014 nu s-au putut preleva probe de apă de mare din punctul Sfântu Gheorghe.

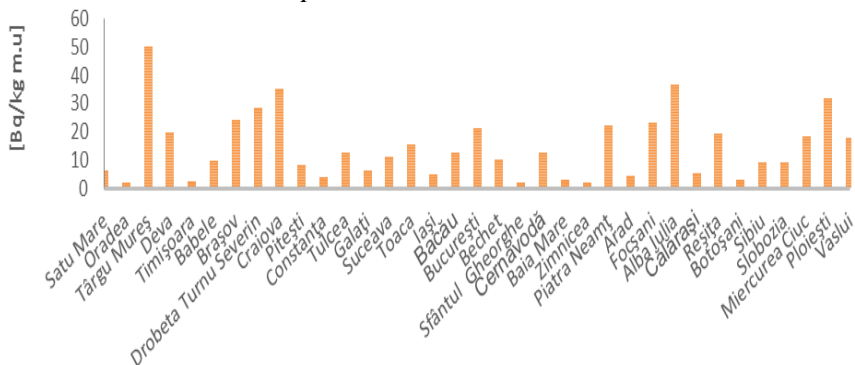
Figura 22 - Variația medie lunară a activității specifice a Cs-137 în Marea Neagră, în 2014



Notă - În perioada februarie – iunie 2014 nu s-au putut preleva probe de apă de mare din punctul Sfântu Gheorghe.

concentrațiilor radionuclizilor în probele sol prelevate de pe teritoriul țării este dată de tipul de sol – pentru radionuclizii naturali, precum și de particularitățile contaminării radioactive din perioada accidentului nuclear de la Cernobîl – pentru radionuclidul artificial Cs-137 (figura 25).

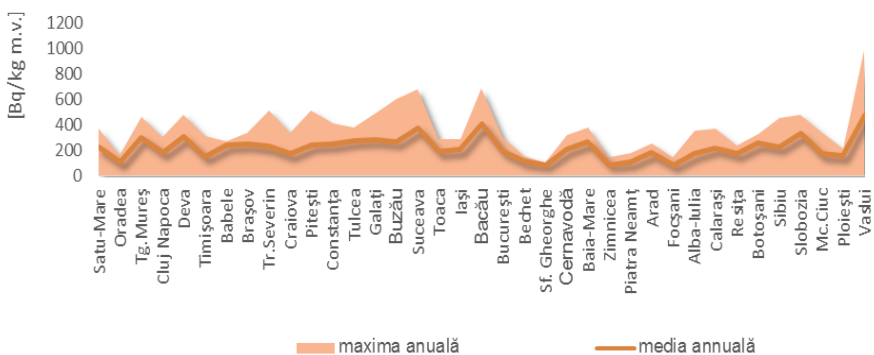
Figura 25 - Variația activității medii anuale a radionuclidului Cs-137 în probe de sol necultivat



1.4. Radioactivitatea vegetației

Probele de vegetație spontană sunt prelevate săptămânal, măsurarea beta globală a probelor efectuându-se la 5 zile de la prelevare. Graficul din figura 26 prezintă nivelul radioactivității beta globale în probele de vegetație spontană prelevate pe teritoriul României, în perioada aprilie - octombrie 2014.

Figura 26 - Variația medie anuală a activității beta globale a vegetației spontane



Analiza multianuală a datelor raportată pe un interval de timp de 12 ani a scos în evidență tendința de staționaritate, valoarea medie anuală de 221,78 Bq/kg m.v., încadrându-se în domeniul de variație al ultimilor ani. (figura 27).

Figura 27 - Variația medie multianuală a activității beta globale a vegetației spontane



2. Concluzii

Directiva Consiliului Europei nr. 2013/59/Euratom atrage atenția asupra importanței monitorizării mediului, nu doar pentru a scoate în evidență contaminarea mediului, ce ar putea reprezenta o cale de expunere a populației direct afectate de efluenții radioactivi eliberați în mediu, ca un factor important care putea avea un impact asupra sănătății umane pe termen lung.

Astfel, pentru a asigura protecția pe termen lung a sănătății umane împotriva efectelor nocive ale radiațiilor ionizante, Directiva subliniază importanța existenței de date științifice, recunoscute internațional, bazate pe o politică adecvată de monitorizare și protecție a mediului.

Având în vedere prevederile articolelor 35 și 36 din Tratatul Euratom, menționate și în Directivă, fiecare stat membru, inclusiv România, prin intermediul RNSRM, contribuie la creșterea volumului de date validate de monitorizare a mediului, participând astfel indirect la dezvoltarea bazelor de date științifice, recunoscute internațional.

EVALUAREA DOZELOR PENTRU GRUPURILE CRITICE DATORITA EMISIILOR RADIOACTIVE ALE CNE-PROD CERNAVODA IN PERIOADA 1996-2014

E. Bobric, I. Popescu

Departamentul Radioprotecție, CNE Cernavodă – România

ebobric@cne.ro, ipopescu@cne.ro

Radionuclizii eliberați în mediul înconjurător pot conduce la expuneri interne și externe la radiații ale omului prin intermediul unor căi potențiale de expunere. Doza rezultată din astfel de eliberări de la orice unitate în exploatare trebuie păstrată sub limitele de doză specificate în normele naționale și internaționale.

În timpul funcționării CNE Cernavodă radionuclizii pot ajunge în mediu din două surse majore - efluenții radioactivi lichizi evacuați în Dunăre sau în Canalul Dunăre - Marea Neagră prin Canalul Apei de Răcire a Condensatorului și efluenții radioactivi gazoși evacuați prin coșul de ventilație

Deoarece nu este practic, iar cel mai adesea nici posibil, să se măsoare doza la care este expusă o persoană din populație datorită evacuărilor de efluenți radioactivi dintr-o anumită practică (sau sursă) evaluarea dozelor este posibilă numai prin calcul, pe baza unor modele matematice.

Pentru a se asigura un control efectiv al emisiilor se utilizează limite derivate de emisie (LDE), exprimate prin cantitatea de radionuclid care poate fi eliberată din sursa respectivă astfel încât expunerea unui individ reprezentativ din grupul critic să nu depășească un anumit nivel de referință (constrângere stabilită de către autoritatea de reglementare).

LDE-urile sunt evaluate cu ajutorul unor modele matematice care simulează răspândirea radioactivității în mediu. Stabilirea LDE-urilor trebuie făcută cu o certitudine rezonabilă că doza limită anuală (constrângerea) nu este depășită pentru nici o persoană din populație.

Lucrarea prezintă rezultatele aplicării programelor de monitorizare de rutină a efluenților și mediului la CNE Cernavodă și își propune să facă o comparație între valorile de doze pentru populație obținute pe baza rezultatelor celor două programe.

LIMITELE DERIVATE DE EVACUARE - GRUPURILE CRITICE

Calcululele evacuărilor maxime permise de radionuclizi pentru fiecare sursă de contaminare a mediului sunt conservative și anume, doza rezultată

dintr-o anumită evacuare va fi mai mică decât cea calculată. Aceasta datorită următoarelor ipoteze:

- Parametrii de transfer pentru fiecare pas al lanțului alimentar sunt în general valori conservative selectate din literatură;
- Radionuclizii ingerați sau inhalați se presupune a fi în forma chimică cea mai restrictivă;
- Alimentele consumate de populația locală se presupune a fi obținute în apropierea centralei.

Limita Derivata de Evacuare (LDE) - limita superioară pentru evacuarea unui singur radionuclid de la o singură unitate pentru efluenți gazoși și lichizi. Această limită superioară se obține din limitele reglementate ale dozelor echivalente, prin modele analitice ale tuturor căilor de expunere semnificative pentru un individ din grupul cel mai expus ("grupul critic"). Prin obținerea LDE, se intenționează a se stabili o limită de evacuare astfel încât prin respectarea ei se va asigura că limita de doză anuală nu este depășită

Calculul LDE-urilor pentru CNE Cernavodă a fost făcut conform cerințelor Normelor privind limitarea eliberărilor de efluenți radioactivi în mediu, Normelor fundamentale de securitate radiologică, având în vedere ultimele recomandări ale Comisiei Internaționale de Radioprotecție - publicația ICRP Nr. 60 și recomandările AIEA, Safety Guide No. WS-G-2.3. S-a ținut seama de asemenea, de datele obținute din monitorizarea emisiilor radioactive timp de 10 ani de funcționare a centralei nucleare de la Cernavodă.

Ponderile relative ale radionuclizilor emiși la constrângerea de doză de 0.1 mSv/ an stabilită pentru fiecare unitate, au fost estimate și propuse în IR - 96500 - 40 **“Emisiile Radioactive (Gazoase și Lichide) în perioada 1997 - 2005 la CNE Cernavodă”**, și sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Calea de evacuare	Pondere pe calea de evacuare	Radionuclizi	Ponderea pe radionuclizi	$E_{constr,ik}$
Emisii gazoase	75% din constrângerea de doză	H-3	70%	0.0525 mSv
		C-14	20%	0.0150 mSv
		Gaze Nobile* și izotopi de viață scurtă și foarte scurtă ai	9%	4.50E-04 mSv (pentru fiecare)

		Iodului**		radionuclid)
		I-131, Particule radioactive***	1%	2.88E-05 mSv (pentru fiecare radionuclid)
Emisii lichide	25% din constrângerea de doză	H-3	97%	0.02425 mSv
		C-14, I-131, izotopi de viață scurtă și foarte scurta ai Iodului** și Particule radioactive***	3%	2.27E-05 mSv (pentru fiecare radionuclid)

*⁴¹Ar, ⁸⁵Kr, ^{85m}Kr, ⁸⁷Kr, ⁸⁸Kr, ^{131m}Xe, ¹³³Xe, ^{133m}Xe, ¹³⁵Xe, ^{135m}Xe, ¹³⁸Xe,

**¹³²I, ¹³³I, ¹³⁴I, ¹³⁵I

***⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁶⁵Zn, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr*, ⁹⁵Zr*, ⁹⁵Nb, ⁹⁹Mo, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶⁺Ru, ^{110m}Ag, ¹²²Sb, ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb, ¹³²Te, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs+, ¹⁴⁰Ba+, ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ce+, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu, ¹⁵³Gd, ¹⁸¹Hf

Pentru stabilirea limitelor derivate de emisie anuală solicitantul/titularul de autorizație trebuie să evalueze dozele anuale corespunzătoare evacuărilor intenționate pentru toți radionuclizii emiși, pe fiecare cale de evacuare, determinând ponderea relativă a dozelor corespunzătoare fiecărui radionuclid de pe fiecare cale de evacuare. (referința 1)

Constrângerea de doză efectivă anuală stabilită de CNCAN pentru fiecare unitate a fost distribuită pentru fiecare cale de evacuare și grupuri de radionuclizi, astfel încât pe fiecare cale de evacuare k să fie satisfăcută constrângerea de doză respectivă. Pe baza ponderilor relative, pentru fiecare radionuclid de pe fiecare cale de evacuare se stabilesc limite derivate de emisie anuală în așa fel încât pe total să se satisfacă constrângerea de doză efectivă anuală pe calea de evacuare k, conform formulei 7.1:

$$\sum_i (f_{ik})_{model} \cdot Q_{ik}^* \leq \frac{E_{constr, k}}{\Gamma} \quad (7.1)$$

unde:

- $(f_{ik})_{\text{model}}$ este doza efectivă maximă anuală pentru o persoană din grupul critic, datorată eliberării unui Bequerel din radionuclidul i sau grupul de radionuclizi i , pe calea de eliberare k ;
- $Q^*_{(ik)}$ este limita derivată de emisie anuală, exprimată în Bq/an, pentru radionuclidul i sau grupul de radionuclizi i , pe calea de evacuare k (aer sau apă)
- $E_{\text{constr}, k}$ este constrângerea de doză efectivă anuală, exprimată în Sv/an pentru persoanele din grupurile critice referitoare la calea de expunere k .
- Γ este un factor de siguranță care ține cont de incertitudinile modelului utilizat la calculul dozelor și a cărui valoare se aprobă de CNCAN odată cu limitele derivate de emisie anuală

Metodologia folosită pentru calcularea LDE-urilor pentru CNE Cernavodă are la bază recomandările din ghidul Canadian Standard Association CAN/CSA – N288.1 - M87, folosind modelul compartimentelor de mediu.

Transferul dintr-un compartiment, i , în alt compartiment, j , este caracterizat printr-un parametru P_{ij} caracteristic pentru calea de transfer respectivă în condiții staționare.

Contribuția tuturor căilor de transfer i la radioactivitatea compartimentului j este dată de:

$$X_j = \sum_i P_{ij} X_i \quad (7.2)$$

Formula utilizată pentru calculul LDE, exprimate în Bq/s este prezentată mai jos. Constrângerea de doză anuală $E_{\text{constr}, ik}$ (Sv/an) se referă la limitele de doză anuale propuse de CNE Cernavodă și aprobate de CNCAN (referința 7)

$$Q^*_{ik} = \frac{E_{\text{constr}, ik} \left(\text{Sv} \cdot \text{an}^{-1} \right)}{f_{ik} \left(\text{Sv} \cdot \text{an}^{-1} \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s} \right)} \quad (7.3)$$

În cazul în care toate compartimentele sunt evaluate în același loc din mediul înconjurător (adică P_{0i} are aceleași valori) raportul

$$f_{ik} = \frac{X_{9ik}}{X_{0i}(k)} \quad (7.4)$$

unde $X_{0i}(k)$ este rata de emisie a radionuclidului (grupului de radionuclizi) i , pe calea de evacuare k , iar X_{9ik} este doza efectivă anuală corespunzătoare unei emisii egale cu unitatea din radionuclidul i pe calea de evacuare k .

Pentru evacuări gazoase:

$$\frac{X_{9ia}}{X_{0i}(a)} = P_{01}[P(e)_{19} + P(i)_{19} + P_{13}P_{39} + \sum P_{14}P_{49} + \sum P_{15}P_{59} + \sum P_{13}P_{34}P_{49} + \sum P_{14}P_{45}P_{59} + \sum P_{13}P_{34}P_{45}P_{59} + P_{12}P_{26}P_{69}]$$

și pentru evacuări lichide:

$$\frac{X_{9iw}}{X_{0i}(w)} = P_{02}[P(e)_{29} + P(i)_{29} + P_{23}P_{39} + \sum P_{24}P_{49} + \sum P_{25}P_{59} + \sum P_{23}P_{34}P_{49} + \sum P_{24}P_{45}P_{59} + \sum P_{23}P_{34}P_{45}P_{59} + P_{26}P_{69} + P_{28}P_{89}]$$

Grup Critic

Dozele încasate de membri din populație datorită eliberărilor de materiale radioactive vor varia datorită diferențelor în factori ca vârstă, mărime, metabolism, obiceiuri și mediu. Prin urmare, în stabilirea metodologiei de calcul a LDE-urilor, se folosește conceptul de grup critic recomandat de Publicația CIRP 60 din 1990.

“În ce privește expunerea membrilor din populație este de obicei mai ușor să se ia în considerare aceste surse de variație prin selectarea unor grupuri critice adecvate din populație, cu condiția ca grupul critic să fie suficient de mic pentru a fi omogen în ce privește vârsta, dieta, și acele aspecte ale comportamentului care afectează doza încasată. Un astfel de grup trebuie să fie reprezentativ pentru acei indivizi din populație care pot încasa cea mai mare doză echivalentă, și Comisia consideră ca fiind rezonabil să se aplice limita dozei echivalente pentru membri din populație la media ponderată a dozei echivalente pentru acest grup. Datorită variațiilor inerente din cadrul unui grup critic aparent omogen, unii membri ai grupului critic vor încasa de fapt doze echivalente mai mari decât media. Totuși, datorită ipotezelor maxime făcute, doza echivalentă reală încasată va fi de obicei mai mică decât doza echivalentă estimată.”

Modul de Alegere al Grupurilor Critice

Grup Critic Pentru Evacuările de Efluenți Gazoși

Contribuția la doză pentru evacuările de efluenți gazoși rezultă din următoarele categorii de expunere:

- expunere directă (imersie în nor plus inhalare)

- expunere indirectă (ingerare produse animale și vegetale)

Pentru stabilirea grupului critic a fost făcută ipoteza că necesarul de produse animale și vegetale este obținut din gospodăriile proprii.

Din cele expuse anterior rezultă că grupul critic trebuie ales ca fiind reprezentat de locuitorii comunității care este cel mai aproape de centrală

De asemenea datorită sensibilității obiceiurilor alimentare diferite este necesar a se lua în considerare separat adultul față de copil (0-1 an). În jurul centralei pe o rază de 5 km se găsesc următoarele localități:

- Cernavodă la o distanță de 2 Km
- Ștefan cel Mare, în sectoarele SE și SSE la o distanță de 3 km
- Seimenii Mari, în sectoarele N și NNE, la o distanță de 5 Km.

Având în vedere cele expuse anterior, au rezultat următoarele grupuri critice pentru evacuările gazoase:

- Cernavodă, persoane adulte
- Cernavodă, copii (0-1 an)

Grup Critic Pentru Evacuările de Efluenți Lichizi

Pentru efluenții lichizi se vor considera trei amplasamente diferite pentru determinarea grupurilor critice, în funcție de cele două căi posibile de evacuare

Evacuări în CDMN

- a) Orașul Cernavodă amplasat la 2 km de centrală.
- b) Orașul Constanța doar pentru apa potabilă, deoarece aproximativ 40% din populația lui este alimentată cu apă potabilă din CDMN.

Evacuări în Dunăre

- a) Localitatea Seimenii Mari, aflată pe malul Dunării la circa 1 km în aval de punctul de deversare a canalului de evacuare a apei de răcire condensator în Dunăre.

Grup critic pentru evacuările de efluenți lichizi în CDMN

Contribuția la doză pentru evacuările de efluenți lichizi în CDMN rezultă din următoarele categorii de expunere:

- iradiere externă datorată solului irigat
- expunere indirectă (ingerare produse animale și vegetale).
- ingerare apă

Deoarece pentru primele două categorii de expunere nu s-a putut identifica clar un grup de populație, irigațiile fiind făcute pe o suprafață mare de-a lungul canalului, s-a ales un grup de persoane ipotetic, având următoarele caracteristici:

- efectuează lucrări agricole pe terenuri irigate, deci sunt expuși la iradiere externă

- consuma numai produse animale și vegetale rezultate de pe terenuri irigate.

Arbitrar, s-a considerat că acest grup locuiește în orașul Cernavodă.

Pentru categoria de expunere prin ingerare apă, localitățile alimentate cu apă potabilă din Canalul Dunăre - Marea Neagră sunt Constanța și Năvodari.

Având în vedere cele expuse anterior și diferența de sensibilitate și în obiceiuri alimentare pentru adult față de copil din grupa de vârstă 0-1 an au fost stabilite următoarele grupuri critice:

- Cernavodă, persoane adulte
- Cernavodă, copii (0-1 an)
- Constanța, persoane adulte
- Constanța, copii (0-1 an).

Grup critic pentru evacuările de efluenți lichizi în Dunăre

Contribuția la doză pentru evacuările de efluenți lichizi în Dunăre rezultă din următoarele categorii de expunere:

- iradiere externă datorată solului irigat
- iradiere externă datorată sedimentelor
- expunere indirectă (ingerare produse animale și vegetale).
- ingerare apă
- imersie în apă

Ca locație a grupului critic s-a stabilit localitatea Seimenii Mari, aflată pe malul Dunării la circa 1 km în aval de punctul de deversare a canalului de evacuare a apei de răcire condensator în Dunăre.

Având în vedere categoriile de expunere menționate și diferența de sensibilitate și în obiceiuri alimentare pentru adult față de copil din grupa de vârstă 0-1 an, au fost stabilite următoarele grupuri critice:

- Șeimenii Mari, persoane adulte
- Șeimenii Mari, copii (0-1 an).

PROGRAMUL DE MONITORIZARE A EFLUENȚILOR LICHIZI ȘI GAZOSI

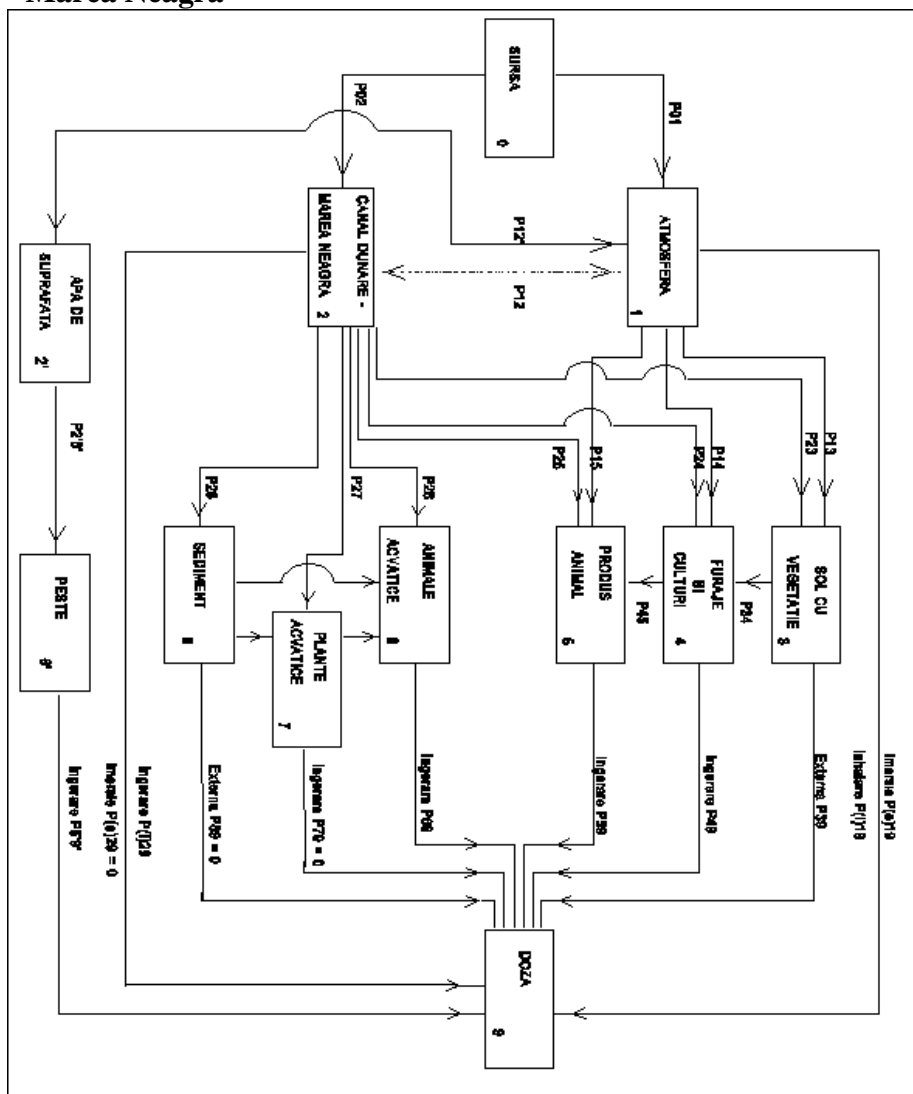
Pentru a asigura că emisiile de radionuclizi în efluenții lichizi și gazoși sunt sub limitele autorizate, este necesar un program de supraveghere și monitorizare. La CNE Cernavodă, monitorii de efluenți lichizi și gazoși asigură indicarea continuă a conținutului de radioactivitate în emisii.

Programul de monitorizare a efluenților are două obiective:

Control: de a monitoriza continuu evacuările de radioactivitate astfel încât personalul de exploatare este înștiințat de modificările care pot rezulta

din erori de proces sau procedurale și poate acționa pentru a reduce evacuarea.

Modelul de Transfer în Mediu pentru Atmosferă și Canal Dunăre - Marea Neagră



Conformitate: de a măsura evacuările actuale (de moment) de radioactivitate pentru a demonstra că limitele reglementate de evacuare (LDE-urile) nu au fost depășite. Deși LDE-urile sunt limite anuale, pentru a asigura un control optim, evacuările gazoase se raportează în mod normal în intervale săptămânale, iar evacuările lichide în intervale lunare. Pentru a determina evacuarea totală a centralei, se sumează evacuările %LDE pentru toți radionuclizii.

Lunar se raportează evacuările de la centrală în termeni de doză pentru persoanele din grupul critic.

Programul de monitorizare a efluenților lichizi și gazoși suplimentează dar este independent de Programul de monitorizare radiologică de rutină a mediului înconjurător pentru CNE Cernavodă.

PROGRAMUL de MONITORIZARE a RADIOACTIVITATII MEDIULUI

Programul de monitorizare a radioactivității mediului include toate activitățile necesare pentru determinarea nivelurilor de radioactivitate în mediu și a impactului acestora asupra mediului și a sănătății populației. Programul de monitorizare a mediului este proiectat să îndeplinească următoarele obiective în condiții de operare normala a centralei:

- să măsoare concentrațiile de radionuclizi în factorii de mediu și să evalueze creșterea nivelului de radioactivitate în lanțurile trofice specifice zonei care se pot modifica datorită funcționării CNE Cernavodă;
- să susțină o evaluare independentă bazată pe măsurări de mediu, a eficacității controlului surselor, controlului efluenților și monitorării efluenților;
- să valideze modelele și parametrii folosiți în calculele limitelor derivate de evacuare;
- să confirme faptul că impactul operării CNE-PROD Cernavodă asupra mediului, este neglijabil, contribuind astfel la liniștirea publicului.
- să susțină datele care să ajute la dezvoltarea și evaluarea modelelor și metodologiilor care descriu mișcarea radionuclizilor în mediu.

Prin programul de monitorizare radiologică a mediului sunt analizate un mare număr de probe, privind conținutul de radionuclizi naturali și artificiali. Sunt urmăriți în special radionuclizii specifici CANDU.

Tipurile de probe analizate sunt următoarele: aer (particule materiale, iod, vapori de apă), sol, sediment, depuneri atmosferice, probe alimentare (pește, carne de porc, vită și pui, legume, fructe). Sunt efectuate de asemenea măsurări ale dozei gama externe. De la data implementării Programului de Monitorizare Radiologică de Rutină a Mediului (martie 1996) au fost analizate un număr de 16796 de probe. Au fost efectuate analize de gamma spectrometrie, analize beta globale și analize specifice pentru detectarea tritiului și C-14 prin spectrometrie cu scintilatori lichizi.

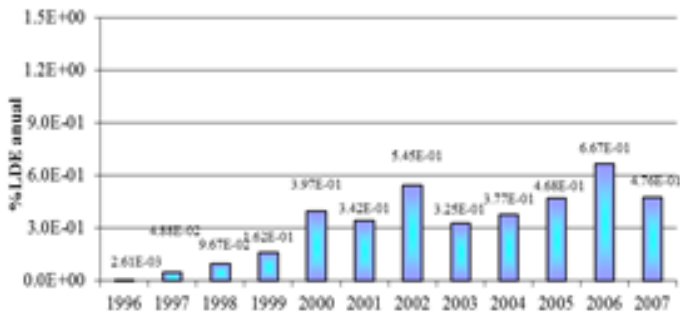
În jurul centralei și pe o arie cu raza de 30 km a fost stabilită o rețea de 62 DTL-uri pentru măsurarea dozei gama.

EVALUAREA DOZEI PENTRU PERSOANE DIN GRUPURILE CRITICE PE BAZA REZULTATELOR PROGRAMULUI DE MONITORIZARE A EFLUENȚILOR LICHIZI ȘI GAZOȘI

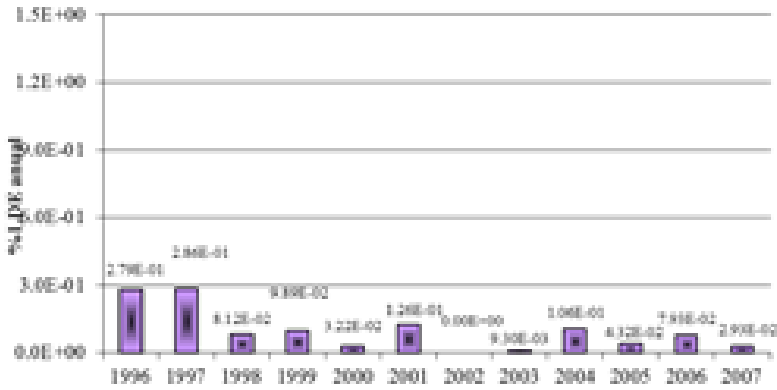
Pe baza rezultatelor aplicării programului de monitorizare efluenților lichizi și gazoși lunar, trimestrial și anual se fac estimări ale dozei pentru persoane din grupurile critice.

Emisiile de efluenți gazoși și lichizi de la prima criticitate până la sfârșitul anului 2014 sunt prezentate mai jos:

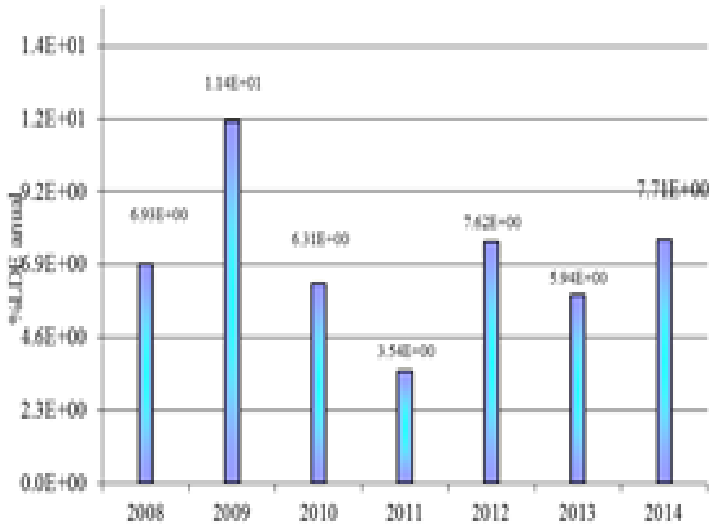
**Evoluția evacuarilor gazoase de H-3
UI 1996 - 2007**



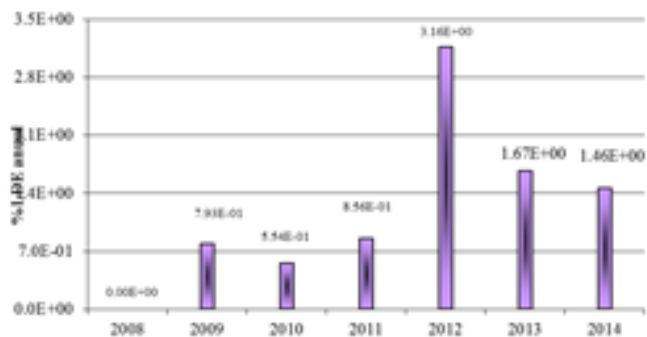
**Evoluția evacuarilor gazoase de Gază Nobilă
U1 1996 - 2007**



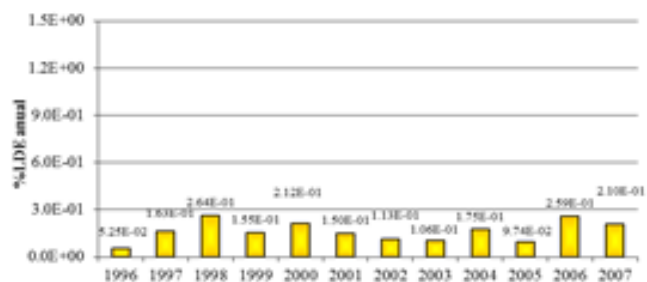
**Evoluția evacuarilor gazoase de H-3
U1 2008 - 2014**



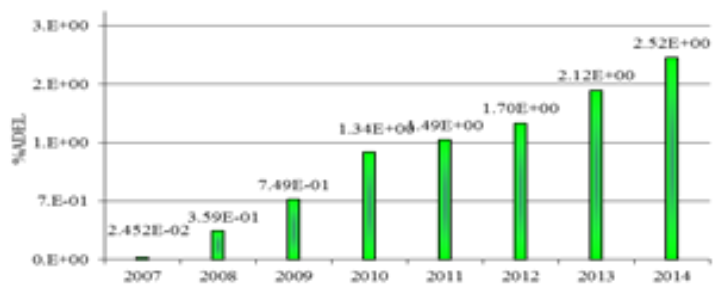
**Evoluția evacuirilor gazoase de Gaze Nobile
U1 2008 - 2014**



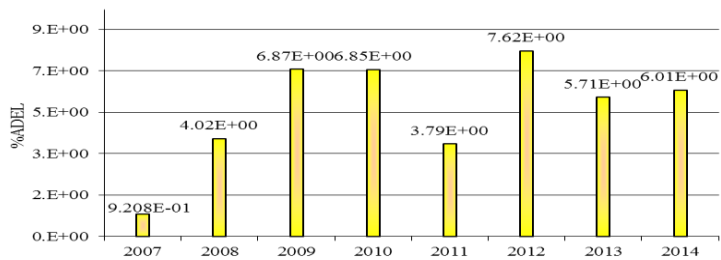
**Evoluția evacuirilor gazoase de C-14
U1 1996 - 2007**



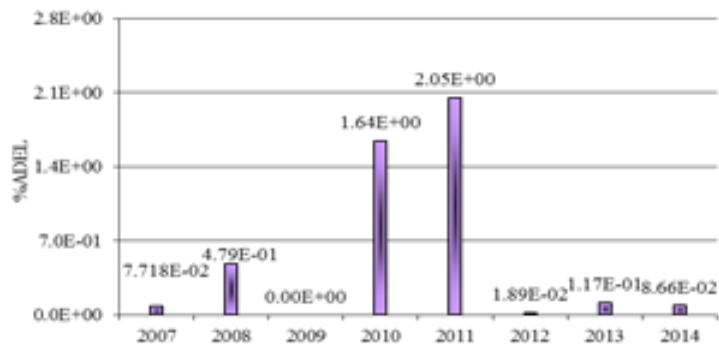
**Evacuările de H-3 în Efluenți Gazos
U2 2007 - 2014**



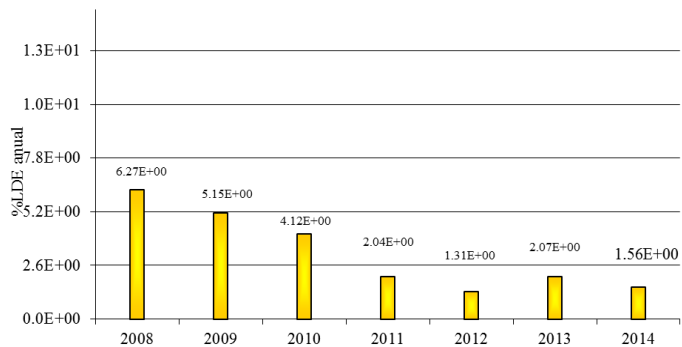
**Evacuarile de C-14 in Efluentii Gazosi
U2 2007 - 2014**



**Evacuarile de Gaze Nobile in Efluentii Gazosi
U2 2007 - 2014**



**Evolutia evacuarilor gazoase de C-14
U1 2008 - 2014**



Pe baza acestor rezultate au fost estimate dozele efective pentru o persoană din grupul critic. Evoluția acestora este prezentată în tabelele următoare atât dozele totale cât și estimările de doze pe radionuclizi

Estimarea Dozei pe Radionuclizi în Evacuări Gazoase

Unitate a 1 CNE Cernavodă					
Doza Efectiva datorată radionuclidului (μSv)					
	C-14	H-3	GN	I-131	Particule
1996	0.53	0.03	2.79	0.00000	0.000000
1997	1.63	0.49	2.86	0.02050	0.000000
1998	2.64	0.97	0.81	0.00219	0.000000
1999	1.55	1.62	0.99	0.00000	0.000000
2000	2.12	3.97	0.32	0.00000	0.000024
2001	1.50	3.42	1.26	0.00414	0.000000
2002	1.13	5.45	0.00	0.00000	0.000000
2003	1.06	3.25	0.09	0.00000	0.000000
2004	1.75	3.77	1.06	0.00000	0.000000
2005	0.97	4.68	0.43	0.00000	0.000000
2006	2.59	6.67	0.79	0.00000	0.000000
2007	2.10	4.76	0.29	0.00159	0.000000
2008	0.94	3.64	0.00	0.00045	0.000000
2009	0.77	6.00	0.0000	0.0036	0.000000
2010	0.62	3.31	0.0025	0.00000	0.000000
2011	0.31	1.86	0.0039	0.00000	0.000000
2012	0.197	4.000	0.014	0.00000	0.000000
2013	0.311	3.120	0.008	0.00000	0.000000
2014	0.234	4.050	0.007	0.00000	0.000000

Unitatea 2 CNE Cernavodă
Doza Efectiva datorată radionuclidului (μSv)

	C-14	H-3	GN
2008	0.603	0.189	0.002
2009	1.030	0.393	0.0000
2010	1.030	0.705	0.0074
2011	0.569	0.785	0.0092
2012	1.140	0.895	0.0001
2013	0.856	1.110	0.0005
2014	0.902	1.320	0.0004

Pentru evacuări lichide au fost efectuate calcule de doză pentru persoane din grupurile critice Cernavodă și Constanța

Estimarea Dozei pe Categoriile de Radionuclizi în Evacuări Lichid

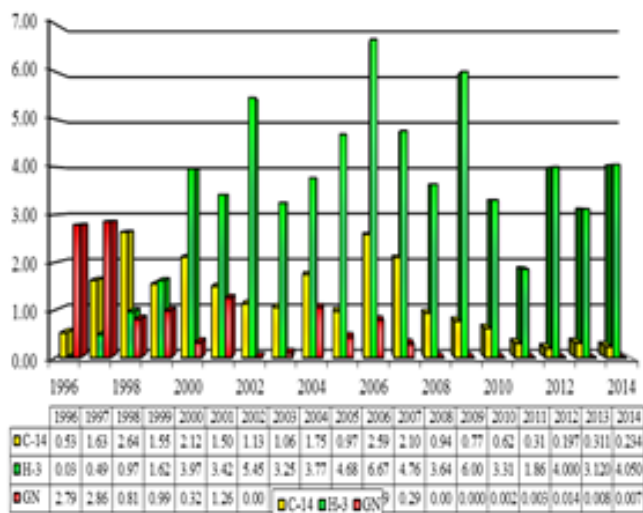
Unitate a 2 CNE Cernavodă
Doza Efectiva datorată radionuclidului (μSv) în evacuări lichide

	H-3	Radionuclizi Gamma
2008	0.603	0.189
2009	1.030	0.393
2010	1.030	0.705
2011	0.569	0.785
2012	1.140	0.895
2013	0.856	1.110
2014	0.902	1.320

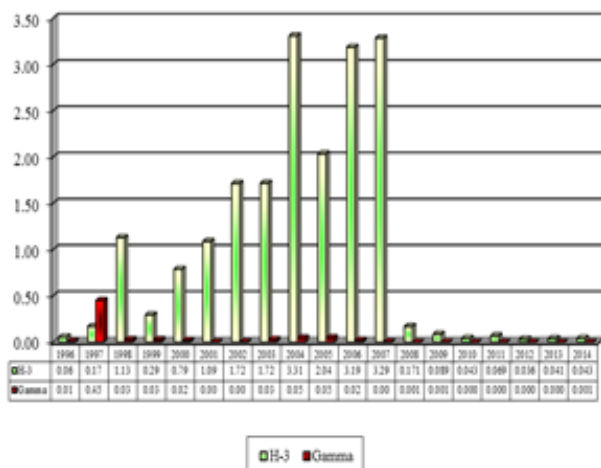
Unitate a 1 CNE Cernavodă
Doza Efectiva datorată radionuclidului (μSv) în evacuări lichide

	H-3	Radionuclizi Gamma
1996	0.06	0.01
1997	0.17	0.45
1998	1.13	0.03
1999	0.29	0.03
2000	0.79	0.02
2001	1.09	0.00
2002	1.72	0.00
2003	1.72	0.03
2004	3.31	0.05
2005	2.04	0.05
2006	3.19	0.02
2007	3.29	0.00
2008	0.171	0.001
2009	0.089	0.001
2010	0.043	0.000
2011	0.069	0.000
2012	0.036	0.000
2013	0.041	0.000
2014	0.043	0.001

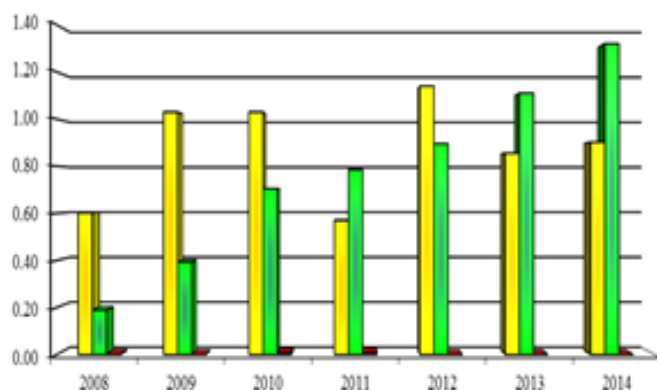
Unitatea 1 Emisii gazeoase radioactive (H-3, C-14 si Gaze Nobile) -doza pentru o persoana din populatie (microSv/an)



Unitatea 1 Emisii lichide radioactive (H-3 si radionuclizi gamma emitatori) - doza pentru o persoana din populatie (microSv/a)

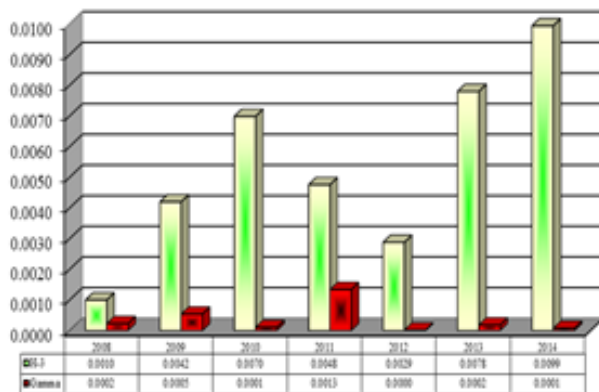


Unitatea 2 Emisii gazease radioactive (H-3, C-14 si Gaze Nobile) -doza pentru o persoana din populatie (microSv/an)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
C-14 (gaseous)	0.603	1.030	1.050	0.569	1.140	0.856	0.902
H-3 (oxide)	0.189	0.395	0.705	0.785	0.895	1.110	1.320
Noble Gases	0.002	0.0000					0.0004

Unitatea 2 Emisii lichide radioactive (H-3 si radionuclizi gamma emitatori) - doza pentru o persoana din populatie (microSv/an)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
H-3	0.0010	0.0042	0.0070	0.0048	0.0029	0.0078	0.0099
Gamma	0.0002	0.0001	0.0001	0.0013	0.0000	0.0002	0.0001

■ H-3 ■ Gamma

EVALUAREA DOZEI PENTRU PERSOANE DIN GRUPURILE CRITICE PE BAZA REZULTATELOR PROGRAMULUI DE MONITORIZARE RADIOLOGICĂ DE RUTINĂ A MEDIULUI

Evaluarea dozelor pentru persoane din populație pe baza concentrațiilor de H-3 din probele de mediu

Calculule au fost efectuate pentru o persoană din Cernavodă, adult.

$$D(\text{Sv/a}) = C(\text{Bq/kg}) I_f (\text{kg/a}) \text{DCF} (\text{Sv/Bq})$$

Unde:

C(Bq/kg) concentrația de H-3 din proba alimentară

I_f (kg/an) rata de consum a produsului alimentar respectiv

DCF(Sv/Bq) factorul de conversie doză pentru ingerarea tritiului

S-au folosit ca rate de consum valorile utilizate la calculul Limitelor Derivate de Evacuare

Produs alimentar	Rata de consum
Vegetale	251.85
Carne vită	13.38
Lapte	193.45
Pui	13.38
Carne porc	13.38
Apă	700
Peste	7.3

Valoarea lui DCF este cea recomandată în Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA 1996

Concentrațiile de tritiu în probele de mediu sunt mediile celor rezultate în urma analizelor efectuate în laborator și prezentate în capitolul 3 al prezentului raport.

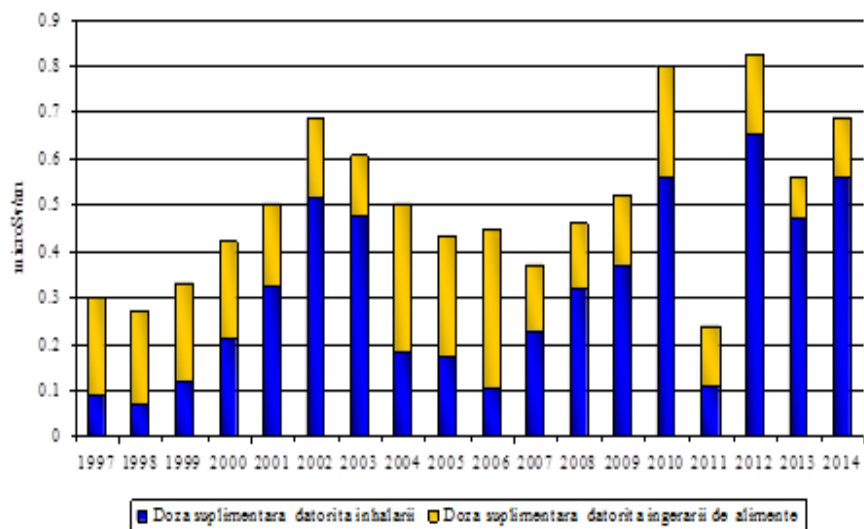
	Legume (Bq/kg)	Fructe (Bq/kg)	Carne (Bq/kg)	Lapte (Bq/l)	Pește (Bq/kg)	Apă (Bq/l)	Aer (Bq/m ³)
1997	9.5	9.1	7.3	9.4	7.3	10.34	0.52
1998	8.2	7.5	820	8.9	7.6	10.07	0.42
1999	9.7	7.1	8.7	9.1	8	10.22	0.84
2000	9.1	7.5	8	8.8	7.3	10.69	1.26
2001	7.03	7.71	9.27	7.37	6.91	8.77	1.84

2002	6.24	5.51	7.1	6.72	8.9	8.88	1.37
2003	5.8	3.12	4.12	5.5	3.89	6.52	1.26
2004	9.07	20.55	4.56	6.74	4.44	17.98	0.48
2005	6.71	7.22	7.33	6.03	5.1	15.68	0.46
2006	10.3	8.49	6.1	12.57	13.8	19.36	0.28
2007	5.25	11.72	10.83	13.45	8.04	3.48	0.61
2008	11.27	9.64	5.41	11.56	7.10	4.64	0.85
2009	15.24	15.27	4.53	8.67	8.11	3.57	0.99
2010	12.60	12.44	6.99	9.84	6.53	3.88	1.49
2011	8.86	11.39	1.81	4.44	2.96	4.23	0.29
2012	6.96	17.50	4.44	5.83	5.36	3.85	1.73
2013	4.56	15.351	2.47	5.64	5.1	3.03	1.26
2014	11.59	12.63	3.53	7.70	5.9	3.29	1.49

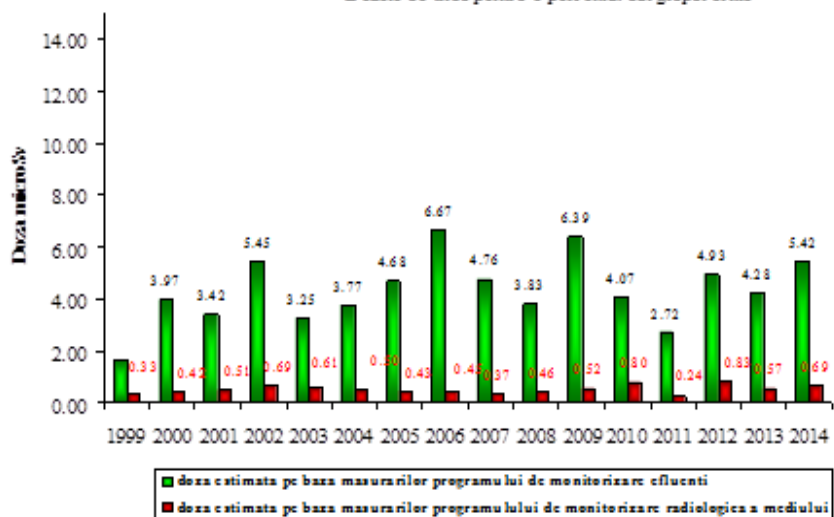
În urma efectuării calculelor au rezultat următoarele valori pentru doza suplimentară datorită tritiului din aer și produsele alimentare consumate, pentru o persoană din Cernavodă, adult.

	Doza suplimentară datorită inhalării (μSv)	Doza suplimentară datorită ingerării de alimente (μSv)	Total (μSv)
1997	0.09	0.21	0.3
1998	0.07	0.20	0.27
1999	0.121	0.21	0.331
2000	0.212	0.21	0.422
2001	0.325	0.18	0.505
2002	0.517	0.17	0.687
2003	0.476	0.13	0.606
2004	0.182	0.32	0.502
2005	0.173	0.26	0.433
2006	0.107	0.34	0.447
2007	0.230	0.14	0.37
2008	0.321	0.14	0.461
2009	0.37	0.15	0.52
2010	0.56	0.15	0.71
2011	0.11	0.12	0.23
2012	0.66	0.11	0.77
2013	0.47	0.09	0.56
2014	0.56	0.13	0.69

Dozele de tritriu pentru o persoana din grupul critic



Dozele de tritriu pentru o persoana din grupul critic



CONCLUZII

Comparând dozele estimate pe baza evacuărilor gazoase de ^3H cu cele estimate prin măsurători directe pe probe de mediu se observă că rezultatele obținute pe baza emisiilor radioactive sunt cu un ordin de mărime mai mari decât cele obținute pe baza măsurătorilor în mediu, ceea ce demonstrează conservatismul modelelor folosite la determinarea limitelor de evacuare a efluenților radioactivi.

Doza internă datorită fondului natural este de $1550 \mu\text{Sv/a}$ deci contribuția emisiilor de tritium la doza încasată de populație este nesemnificativă. Impactul centralei nucleare electrice de la Cernavodă asupra mediului și al populației poate fi considerat neglijabil.

STUDII PRIVIND EVALUAREA LIMITELOR DERIVATE DE EMISIE PENTRU IFIN-HH

Ana Stochioiu, C. Tuca, F. Mihai și I. Tudor

“Horia Hulubei” National Institute for Physics and Nuclear Engineering, Bucharest,
Reactorului 30, P.O. Box MG-6, Măgurele, România

E-mail: stoc@nipne.ro; tuca@nipne.ro; fmihai@nipne.ro; itudor@nipne.ro

Rezumat:

Lucrarea prezintă studii cu privire la evaluarea limitelor derivate de emisie (LDE) pentru potențialii radionuclizi emiși sub formă de efluenți gazoși și lichizi ca urmare a activităților nucleare din IFIN-HH.

Radionuclizii conținuți în efluenții gazoși identificați prin măsurători specifice calitative și cantitative sunt: Co-60, Cs-134, Cs-137, Ag-108m, Eu-152, Eu-154, Eu-155, H-3 total. Concentrația maximă a fost identificată în cazul radionuclidului Co-60, aceasta fiind de 109 Bq/a. În cazul efluenților lichizi au fost identificați o serie de radionuclizi dintre care, în principal: C-14 și I-123 în concentrație de 109 Bq/a respectiv 108 Bq/a și radionuclizi de viață foarte scurtă, Tc-99m, Mo-99, în concentrație de până la 1010 Bq/a.

Cuvinte cheie: Limite derivate de emisie; Constrângere de doză; Efluenți gazoși/ lichizi

INTRODUCERE

IFIN- HH este situat, în orașul Măgurele la circa 0,5 km sud - est de șoseaua de centură a Bucureștiului și la 8 km în linie dreaptă de centrul orașului. Reactorul Nuclear VVR- S este situat în incinta Grupului I IFIN-HH, amplasat în vecinătatea orașului Măgurele către sud – vest și în apropierea comunei Jilava către sud – sud est. La sud - sud vest, la distanțe de 0,8 km, 1,2 km și respectiv 5 km se afla râurile Ciorogârla, Sabar și Argeș [1].

În cadrul institutului funcționează câteva departamente, care reprezintă potențiale surse radioactive pe cale atmosferică sau lichidă: i) stația de tratare a deșeurilor radioactive; ii) departamentul de radioizotopi și metrologia radiațiilor; iii) centrul de cercetare radioizotopi. De asemenea este în curs de desfășurare activitatea de decomisionare, ultima etapă, a reactorului

de cercetare tip VVR-S, reactor cu neutroni termici, moderat și răcit cu apă distilată. LDE au fost evaluate dpdv ale potențialelor emisii radioactive pe cale aeriană respectiv lichidă.

Pentru stabilirea limitelor derivate de emisie în cazul IFIN-HH au fost luate în considerare valorile de activitate din determinările calitative și cantitative efectuate de laboratoare cu competența recunoscută prin certificare CNCAN în conformitate cu normele și legislația în vigoare.

Metodele și echipamentele specifice utilizate în determinarea radionuclizilor componenți în efluenții lichizi și gazoși sunt: spectrometria gamma, sisteme de monitoare tritium și sistem de monitoare iod.

Organismul de reglementare în domeniul nuclear, CNCAN, a aprobat pentru IFIN-HH o valoare a constrângerii de doză încasată de persoane din grupul critic, $E_{constr}=100 \mu Sv \cdot a^{-1}$.

PARTEA EXPERIMENTALA

Radionuclizi emiși

Pentru stabilirea limitelor derivate de emisie anuală, trebuie să fie calculate dozele anuale corespunzătoare evacuărilor intenționate pentru toți radionuclizii emiși, determinând ponderea relativă a dozelor corespunzătoare fiecărui radionuclid de pe fiecare cale de evacuare.

Limitele derivate de emisie anuală, pentru fiecare radionuclid, de pe fiecare cale de evacuare se stabilesc astfel încât să fie respectată constrângerea de doză efectivă anuală, conform relației:

Pe baza ponderilor relative

$$\sum_i \sum_k (f_{ik}) \cdot Q_{ik}^* \leq \frac{E_{constr}}{\Gamma} \quad (1)$$

unde:

- f_{ik} - este doza efectivă maximă anuală pentru o persoană din grupul critic, datorată eliberării unui Becquerel din radionuclidul i sau grupul de radionuclizi i , pe calea de evacuare k ;

- Q_{ik}^* - este limita derivată de emisie anuală, exprimată în Bq/an, pentru radionuclidul i sau grupul de radionuclizi i , pe calea de evacuare k ;

- E_{constr} - este constrângerea de doză efectivă anuală, exprimată în $Sv \cdot a^{-1}$, pentru persoanele din grupul critic referitoare la expunerea la radiații datorată

efluenților radioactivi.

Pentru IFIN-HH este aprobată valoarea $E_{constr.}=100 \mu Sv \cdot a^{-1}$.

Γ - este un factor de siguranță, care ține cont de incertitudinile modelului utilizat la calculul dozelor. Propunem $\Gamma=1$ pentru conservatorism total, în vederea demonstrării respectării constrângerilor de doză.

Metodologia folosită pentru calcularea LDE-urilor pentru IFIN-HH cuprinde modelul de transport în mediul înconjurător folosind conceptul de compartimente, conform Figurii 1.

Fiecare compartiment este numerotat și cantitatea de activitate în compartimentul "i" este notată cu X_i .

Transferul de activitate de la compartimentul i la compartimentul j este caracterizat de un parametru de transfer P_{ij} astfel încât, cantitatea transferată în condiții de stabilitate de la compartimentul i la compartimentul j este $P_{ij} X_i$.

Mărimea cantității de activitate reprezentată de orice compartiment j este:

$$X_j = \sum_i P_{ij} X_i \quad (2)$$

unde sumarea este după toate compartimentele i, transferate în compartimentul j.

Pentru a calcula LDE pentru un anumit radionuclid și grup critic, doză limită aplicabilă se împarte la valoarea X_9/X_0 .

X_9 - este debitul dozei primită de un individ (Compartimentul 9)

X_0 - este debitul de evacuare de la sursă (Compartimentul 0).

$$LDE = \frac{E_{constr} (Sv a^{-1})}{X_9 / X_0 (Sv a^{-1} Bq^{-1} s)} \quad (3)$$

Procesul propriu-zis de calculare a LDE-urilor este împărțit în **5 pași**:

- identificarea **grupului critic** și a căilor de expunere - grupul critic se identifică cu zona populată din orașul Măgurele amplasat începând de la distanța de 1 Km de sursa X_0 (IFIN-HH) și format din copii de 0-1 ani și adulți. Pentru aceștia, se presupune că fructele, legumele și

- majoritatea produselor animale sunt obținute din grădinile proprii;
- dezvoltarea expresiilor adecvate care leagă debitele de evacuare X_0 (aer) și X_0 (apă) de debitul dozei încasat de un individ, X_0 în baza ecuațiilor de mai sus;
 - se calculează LDE-urile pe baza limitei dozei pe întreg corpul; calculele pentru copii (0-1 ani) și adulți separat;
 - alegerea valorilor adecvate pentru parametrii de transfer relevanți pentru grupul critic considerat; valorile acestor parametri sunt puse la dispoziție de diferite publicații;
 - pentru fiecare radionuclid se va alege cel mai mic dintre LDE-urile calculate la pasul 4.

Repartiția emisiilor potențialilor radionuclizi pe fiecare cale de evacuare a fost făcută având în vedere o evaluare a activităților de cercetare ce urmează a se desfășura dar și o situație reală pe baza activităților în curs de desfășurare. Astfel, în tabelul 1, repartizarea a fost de 10% pentru evacuările pe cale aeriană și 90% pentru evacuările pe cale lichidă. Din această valoare s-au stabilit ponderile pe fiecare tip de radionuclid, conform tabelului nr.1.

Tabel nr. 1: Ponderile de emisie și valorile constrângerii de doză efectivă anuală pentru radionuclizii i și căile de evacuare k

Calea de emisie (k)	Ponderi [%]	Radionuclid (i)	Ponderi [%]	$E_{constr.i}$ [$\mu\text{Sv a}^{-1}$]
Atmosfera	10% (10 $\mu\text{Sv a}^{-1}$)	Co-60	73.91	7.391
		Cs-134	0.15	0.015
		Cs-137	12.00	1.200
		Ag-108m	0.60	0.060
		Eu-152	0.40	0.040
		Eu-154	8.64	0.864
		Eu-155	2.30	0.230
		H-3 total	2.00	0.200
		I-123	1	0.900
		I-125	1	0.900
		I-131	1	0.900
		Cs-134	1	0.900

Lichid	90% (90 $\mu\text{Sv a}^{-1}$)	Cs-137	8.4	7.560
		Am-241	14	12.600
		Co-60	8	7.200
		Ir-192	2	1.800
		Eu-152	1	0.900
		H-3 total	47	42.300
		Lu-177	2	1.800
		Tc-99m	1.5	1.350
		Re-188	2	1.800
		C-14	2	1.800
		Ga-68	1	0.900
		U-235	0.1	0.090
		U-238	2	1.800
		Mo-99	2	1.800
		Zn-65	1	0.900
		Na-24	1	0.900
Co-58	1	0.900		

Pe baza ponderilor relative, pentru fiecare radionuclid de pe fiecare cale de evacuare se stabilesc limite derivate de emisie anuală în așa fel încât pe total să se satisfacă constrângerea de doză efectivă anuală, conform formulei:

$$\sum_i \sum_k f_{ik} \cdot Q_{ik} \leq \left(\frac{100 \mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}}{1} \right) \quad (4)$$

unde: i-reprezintă radionuclidul; k-calea de emisie.

Parametri de transfer

- **P₀₁** - dispersia atmosferică - ia în considerare dispersia/diluția activității în aer de la sursă până la grupul critic, care, pentru viteza medie a vântului de 2m/s în zona IFIN-HH are o valoare calculată de **5 × 10⁻⁶ s·m⁻³**;

- **P₁₂** - transferul din aer la apă de suprafața - în zona Măgurele nefiind lacuri nu a fost luat în considerare;

- **P₁₃** - transferul radionuclizilor din atmosferă pe sol (din literatura de specialitate);

- **P₁₄** - transferul radionuclizilor pe produse vegetale (**m³·kg⁻¹**);

- **P₁₅** - transferul radionuclizilor din atmosferă la produsul animal (**[m³·kg⁻¹]**);

- **P(i)₁₉** –transferul de la atmosferă la om, parametrul care leagă doza rezultată din inhalarea materialului radioactiv ($\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$) de concentrația în aer ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) și are ca unitate de măsură

$[\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3]$;

- **P(e)₁₉**- factorul de transfer pentru imersia în aer **$[\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3]$** ;

- **P₂₃** - contaminarea solului prin apa de irigații - nu a fost luată în considerație pentru evacuările gazoase ci numai pentru evacuările lichide;

- **P₂₄** - contaminarea produselor vegetale prin apa de irigații - nu a fost luată în considerație pentru evacuările gazoase ci numai pentru evacuările lichide;

- **P₂₅**- Încorporarea de apă de către animale terestre - nu a fost luată în considerație pentru evacuările gazoase ci numai pentru evacuările lichide;

- **P₃₄** - Absorbția plantelor din sol - leagă concentrația unui radionuclid din vegetație ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) de cea depusă din aer pe suprafața solului ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) **$[\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}]$** ;

- **P₃₉**- doza externă de la depunerile pe sol **$[\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^2]$** ;

- **P₄₅** - parametrul de transfer de la vegetație la produsul animal;

- **P₄₉** - încorporarea umană din produsele vegetale **$[\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}]$** ;

- **P₅₉** - încorporarea umană din produsele animale **$[\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}]$** ;

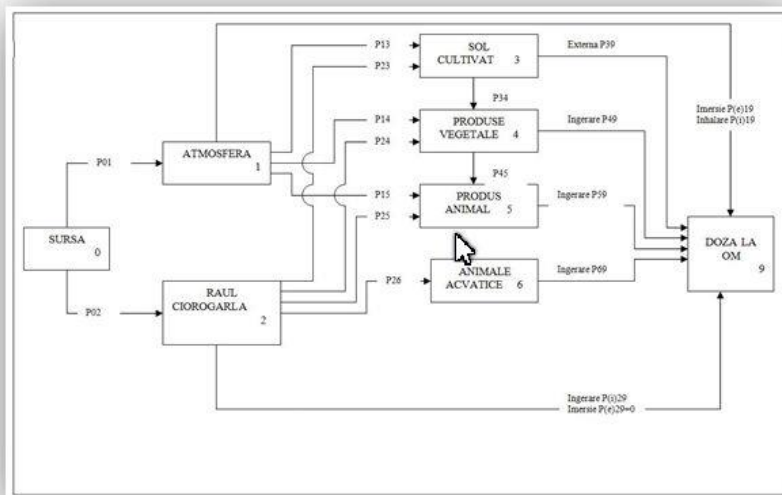


Figura 1: Modelul de transfer a emisiilor IFIN-HH (sursă) în mediul înconjurător

Ambii parametrii leagă doza de ingerare de produse vegetale și animale.

- P_{02} - dispersia efluenților lichizi care leagă concentrația în apa, X_2 , într-un anumit loc, de debitul de evacuare, $X_0(w)$, [$s \cdot L^{-1}$]; pentru calculul LDE s-a folosit $P_{02} = 0,091 s \cdot L^{-1}$.

- P_{26} și P_{27} - transferul de la râul Ciorogârla la animale acvatice denumiți și factori de bioacumulare

- P_{69} - încorporarea umană de alimente acvatice – parametru ce leagă doza de ingerare de pește [$Sv \cdot a^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot kg$];

- $P(i)_{29}$ - consumul apei potabile de către om și leagă doza la om de ingerarea apei potabile [$Sv \cdot a^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot kg$];

Rezultate și discuții

Raportul $X_9/X_0 = f_{ik}$, este folosit în calculul LDE - (Q_{ik}) pentru un anumit radionuclid și grupul critic.

$f_{i,k}$ - doza efectivă maximă anuală pentru o persoană din grupul critic, datorată eliberării unui Becquerel din radionuclidul i pe calea de evacuare k (atmosferă/lichid);

Parametrii de transfer pentru evacuările gazoase sunt utilizați pentru calculul f_{ik} conform formulei:

$$f_{ik} = \frac{X_9}{X_0} = P_{01} (P_{e19} + P_{i19} + P_{13}P_{39} + P_{14}P_{49} + P_{15}P_{59} + P_{13}P_{34}P_{49} + P_{14}P_{45}P_{59} + P_{13}P_{34}P_{45}P_{59})$$

$$[Sv \cdot a^{-1} Bq^{-1} \cdot s] \tag{5}$$

unde :

X_9 - este debitul dozei primita de un individ (Compartimentul 9);

X_0 - este debitul de evacuare de la sursă (Compartimentul 0);

Formula de calcul a LDE pentru emisii gazoase respectiv lichide este:

$$Q_{ik} (Bq \cdot a^{-1}) = \frac{E_{constr.ik} (Sv \cdot a^{-1})}{f_{ik} (Sv \cdot a^{-1} Bq^{-1} \cdot s)} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \tag{6}$$

unde:

$Q_{i,k}$ - limita derivata de emisie anuală, exprimata în $Bq \cdot a^{-1}$ pentru radionuclidul i și calea de evacuare - atmosfera.

$E_{constr.i,k}$ - este valoarea constrângerii de doză anuală, pentru radionuclidul i pe calea de evacuare

k (atmosfera/lichid).

Tabel nr. 2: Valorile limitelor derivate de emisie $Q_{i,k}$ pentru constrângerea de doză efectivă corespunzătoare radionuclizilor i evacuați în atmosferă

Calea de emisie (k)	Radionucl.	$E_{constr.i,k}$ [Sv a ⁻¹]	$f_{i,k}$		$Q_{i,k}$	
			[Sv a ⁻¹ Bq ⁻¹ s]		[Bq a ⁻¹]	
			copil	adult	copil	adult
Atmosferă	Co-60	7.391E-06	3.45E-07	3.17E-07	6.75E+08	7.36E+08
	Cs-134	0.015E-06	3.37E-07	3.74E-07	1.40E+06	1.27E+06
	Cs-137	1.200E-06	5.25E-07	7.51E-07	7.21E+07	5.04E+07
	Ag-108m	0.060E-06	7.40E-08	1.07E-07	2.56E+07	1.77E+07
	Eu-152	0.040E-06	6.25E-08	1.20E-07	2.02E+07	1.05E+07
	Eu-154	0.864E-06	9.05E-08	5.86E-08	3.01E+08	4.65E+08
	Eu-155	0.230E-06	9.05E-08	5.86E-08	8.02E+07	1.24E+08
	H-3	0.200E-06	8.41E-12	7.21E-10	7.50E+11	8.74E+09

Ținând cont de limitele diferite obținute pentru același radionuclid evacuat în atmosferă la categorii de vârstă diferite au fost propuse și aprobate valorile cele mai mici (conservative), prezentate în tabelul de mai jos:

Tabel nr. 3: Valorile limitelor derivate de emisie propuse corespunzătoare radionuclizilor i evacuați în atmosferă

Calea de emisie (k)	Radionuclid	$Q_{i,k}$ [Bq · a ⁻¹]
Atmosferă	Co-60	6.75E+08
	Cs-134	1.27E+06
	Cs-137	5.04E+07
	Ag-108m	1.77E+07
	Eu-152	1.05E+07
	Eu-154	3.01E+08
	Eu-155	8.02E+07
	H-3	8.74E+09

În calculul LDE - (Q_{ik}) - pentru efluenții lichizi, un anumit radionuclid și grupul critic, se folosește raportul $X_9/X_0 = (f_{ik})$, în care:

f_{ik} se poate calcula folosindu-se parametrii de transfer pentru evacuările lichide, așa cum este prezentat în formula de mai jos:

$$\frac{X_9}{X_0} = f_{ik} = P_{02}(P_{e29} + P_{129} + P_{28}P_{89} + P_{27}P_{79} + P_{26}P_{69} + P_{25}P_{59} + P_{24}P_{49} + P_{23}P_{39} + P_{24}P_{45}P_{59} + P_{23}P_{34}P_{49} + P_{23}P_{34}P_{45}P_{59}) \quad (7)$$

Formula de calcul a LDE (Q_{ik}) este (6).

Tabel nr. 4: Valorile limitelor derivate de emisie – Q_{ik} – pentru constrângerea de doză efectivă corespunzătoare radionuclizilor i din efluenții lichizi

Calea de emisie (k)	Radionuclid	$E_{constr.i,k}$ [Sv a ⁻¹]	$f_{i,k}$ [Sv a ⁻¹ Bq ⁻¹ s]		$Q_{i,k}$ [Bq · a ⁻¹]	
			copil	adult	copil	adult
	I-123	9.00E-07	2.68E-07	3.22E-08	1.06E+08	8.82E+08
	I-125	9.00E-07	1.56E-06	9.56E-07	1.82E+07	2.97E+07

Lichid	I-131	9.00E-07	3.57E-05	1.07E-05	7.95E+05	2.66E+06
	Cs-134	9.00E-07	4.60E-05	2.20E-04	6.16E+05	1.29E+05
	Cs-137	7.56E-06	1.08E-04	2.38E-04	2.21E+06	1.00E+06
	Am-241	1.26E-05	8.74E-05	1.37E-04	4.55E+06	2.91E+06
	Co-60	7.20E-06	6.72E-05	4.64E-05	3.38E+06	4.89E+06
	Ir-192	1.80E-06	2.78E-07	5.98E-07	2.04E+08	9.49E+07
	Eu-152	9.00E-07	1.07E-04	1.04E-04	2.66E+05	2.73E+05
	H-3 total	4.23E-05	2.49E-08	5.42E-08	5.36E+10	2.46E+10
	Lu-177	1.80E-06	1.06E-07	5.20E-08	5.33E+08	1.09E+09
	Tc-99m	1.35E-06	3.55E-09	1.43E-09	1.20E+10	2.98E+10
	Re-188	1.80E-06	3.00E-07	8.92E-08	1.89E+08	6.37E+08
	C-14	1.80E-06	4.37E-08	3.69E-08	1.30E+09	1.54E+09
	Ga-68	9.00E-07	1.83E-08	6.37E-09	1.55E+09	4.46E+09
	U-235	9.00E-08	1.25E-04	1.66E-04	2.27E+04	1.71E+04
	U-238	1.80E-06	8.59E-05	1.23E-04	6.61E+05	4.63E+05
	Mo-99	1.80E-06	6.25E-09	4.52E-08	9.09E+09	1.26E+09
	Zn-65	9.00E-07	9.36E-07	1.01E-06	3.03E+07	2.81E+07
	Na-24	9.00E-07	1.56E-08	6.03E-07	1.82E+09	4.70E+07
	Co-58	9.00E-07	4.91E-07	6.15E-07	5.78E+07	4.61E+07

Tabel nr. 5: Valorile limitelor derivate de emisie propuse, corespunzătoare radionuclizilor i evacuați în râul Ciorogârla

Radionuclid	Q_{i,apa} (Bq/an)	LDE (Bq/săpt)
0	1	2
I-123	1.06E+08	1.92E+06
I-125	1.82E+07	3.31E+05
I-131	7.95E+05	1.44E+04
Cs-134	1.29E+05	2.35E+03
Cs-137	1.00E+06	1.82E+04
Am-241	2.91E+06	5.29E+04
Co-60	3.38E+06	6.13E+04
Ir-192	9.49E+07	1.73E+06
Eu-152	2.66E+05	4.83E+03
H-3 total	2.46E+10	4.46E+08
Lu-177	5.33E+08	9.69E+06
Tc-99m	1.20E+10	2.17E+08
Re-188	1.89E+08	3.44E+06
C-14	1.30E+09	2.37E+07
Ga-68	1.55E+09	2.83E+07
U-235	1.71E+04	3.12E+02
U-238	4.63E+05	8.40E+03
Mo-99	1.26E+09	2.29E+07
Zn-65	2.81E+07	5.10E+05
Na-24	4.70E+07	8.54E+05
Co-58	4.61E+07	8.38E+05

CONCLUZII

- Studiile cu privire la limitele derivate de emisie pentru potențialii radionuclizi conținuți în efluenții gazoși și lichizi au fost făcute pentru evaluarea impactului asupra mediului și a grupului critic pe care o au activitățile desfășurate în IFIN-HH;

- Pentru conjunctura actuală a fost aprobată de către CNCAN valoarea $E_{\text{constr}}=100\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$;

- Pe baza datelor experimentale cu privire la emisiile produse ca urmare a activităților desfășurate în IFIN-HH, doza încasată de persoane din grupul critic a fost mult inferioara valorilor aprobate de CNCAN în ultimii cinci ani

- Activitățile economice desfășurate de institutele de pe platforma cât și IFIN-HH, activitățile agricole și industriale din amonte de punctele de prelevare, au contribuții anuale din punct de vedere radiologic comparative și în nivelele de radioactivitate ale factorilor de mediu considerate obișnuite pentru zona de influență a IFIN-HH.

REFERINTE

1. Ordin al președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare pentru aprobarea Normelor privind limitarea eliberărilor de efluenți radioactivi în mediu (nr.221, M O nr.820/ sept.2004);
2. CAN/CSA - N288.1 - M87 Ghid Pentru Calcularea Limitelor Derivate de Evacuare pentru Materialele Radioactive din Efluenții Gazoși și Lichizi pentru Funcționarea Normală a Centralelor Nucleare, 1987;
3. NSR-01 NORMELE FUNDAMENTALE DE SECURITATE RADIOLOGICA;
2. Recomandările Comisiei Internaționale de Radioprotecție - Publicația CIRP 60, 1990;
3. Safety Report Series, No. 19- Generic Models for Use în Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment; International Atomic Energy, Vienna, 2001;
4. Radiation Protection Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards; General Safety Requirements, Part 3, No. GSR, Part 3;
5. Directiva 2013/59 EUROATOM a Consiliului din 5 Decembrie 2013, de stabilire a normelor de Securitate de bază privind protecția împotriva pericolelor prezentate la expunerea la radiații ionizante și de abrogare a Directivelor 89/618/EUROATOM; 90/641/EUROATOM, 96/29/EUROATOM, 97/43/EUROATOM, 2003/122/EUROATOM;
6. Annals of the ICRP; ICRP Publication 119, Compendium of dose coefficients based on ICRP Publication 60; Authors: K. Ekerman, J. Harrison, H-G. Menzel, C.H. Clement;
7. Procedura tehnică - Deversare efluenți lichizi din CPR, cod: AC-PT-CPR-48, Ed.1 Revizia aplicabila, aprobat.

IMPACTUL IMPLEMENTĂRII NOILOR LIMITE DE DOZĂ PENTRU OCHI LA CNE-CERNAVODĂ

Cătălina Chițu, I. Popescu - CNE-Cernavodă

1. INTRODUCERE

O serie de publicații apărute în ultimii ani au semnalat apariția unor leziuni (opacități) ale cristalinului după expuneri la doze mai mici decât limita de protecție recomandată de ICRP. Pentru a reduce riscul apariției unor reacții tisulare ale cristalinului Comisia Internațională de Protecție Radiologică (ICRP) a recomandat ca limita de doză echivalentă anuală pentru cristalin, pentru expunerea profesională, să se reducă de la 150 mSv la 20 mSv. Această modificare a dus la inițierea unor cercetări referitoare la măsurile de protecție a ochilor și la tehnicile dozimetrice corespunzătoare pentru determinarea dozei echivalente pe cristalin.

Pentru elaborarea acestei lucrări de sinteză au fost consultate publicații elaborate de ICRP, IAEA, EPRI, COG pe această temă, pentru a evalua impactul reducerii limitei de doză pentru cristalin asupra programului de dozimetrie implementat la CNE Cernavodă.

2. PREVEDERILE ACTUALE ALE LEGISLAȚIEI ROMÂNEȘTI ȘI PROCEDURILOR DE RADIOPROTECȚIE DE LA CNE CERNAVODA

În prezent Normele Fundamentale de Securitate Radiologică stabilesc, pentru cristalin, o limită de doză echivalentă de 150 mSv pe an. Pentru monitorizarea radiologică a mediului de lucru este prevăzută măsurarea debitelor de doză datorate expunerii externe, cu indicarea naturii și calității radiațiilor respective, iar pentru monitorizarea individuală a expunerii la radiații a persoanelor expuse profesional titularul de autorizație trebuie să asigure monitorizarea individuală sistematică a tuturor persoanelor expuse profesional de categorie A. În cazul în care măsurările individuale prevăzute de normele de radioprotecție sunt imposibile sau inadecvate, monitorizarea individuală trebuie să se bazeze pe o estimare efectuată, fie pornind de la măsurările individuale făcute asupra altor persoane expuse profesional, fie pornind de la rezultatele monitorizării radiologice a mediului de lucru.

Conform programului de dozimetrie a personalului la CNE Cernavodă doza echivalentă pe cristalin în urma unei expuneri externe este definită ca

doza echivalentă în țesutul moale la o adâncime de 3 mm (300 mg/cm^2). Mărimea operațională folosită în dozimetria individuală pentru măsurarea dozei echivalente pe cristalin este Hp(3). Publicația Comisiei Europene, Radiation Protection No. 160, “Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation” consemnează că în statele membre UE nu se recomandă măsurarea mărimii operaționale Hp(3) cu scopul limitării expunerii cristalinelui. În majoritatea cazurilor, cu excepția unui domeniu îngust de radiații beta cu energii între 1 și 2 mV, s-a demonstrat că dacă Hp(10) și Hp(0.07) sunt menținute sub limitele de doză respective, nici limita de doză echivalentă pe cristalin, de 150 mSv, nu va fi depășită.

Directiva 2013/59/EURATOM, articolul 9, par. (3)(a) “Limitele de doză pentru expunerea profesională” stabilește următoarele:

“Limita de doză pentru cristalin este de 20 mSv într-un singur an sau 100 mSv pentru orice perioada de 5 ani consecutivi sub rezerva unei doze maxime de 50 mSv într-un singur an, astfel cum se specifică în legislația națională.”

3. ICRP 118: EXPUNEREA LA RADIATII A CRISTALINULUI – APARIȚIA CATARACTEI

Cataracta este principala cauză de orbire la nivel mondial. Opacifierea cristalinelui a fost pusă în evidență la mai mult de 96% din populația cu vârsta de peste 60 de ani, iar singurul tratament este îndepărtarea chirurgicală, cu impact semnificativ asupra cheltuielilor din sistemul medical. Având în vedere creșterea speranței de viață, impactul socio-economic al acestor intervenții se va înrăutăți.

Expunerea la radiații a ochiului conduce la modificări specifice ale cristalinelui, inclusiv cataracta. Fazele inițiale ale opacifierii nu au impact în mod obligatoriu asupra calității vederii, dar severitatea acestor modificări poate crește progresiv cu doza încasată și timpul până când se ajunge la diminuarea semnificativă a acuității vizuale și necesitatea intervenției chirurgicale. Latența acestor efecte este invers proporțională cu doza.

Cristalinul este unul dintre cele mai sensibile țesuturi din organism. Comparând radiosensibilitatea țesuturilor oculare, modificări la nivelul cristalinelui au fost observate la doze cuprinse între 0.2 - 0.5 G, spre deosebire de alte țesuturi oculare pentru care modificările patologice apar la doze acute sau fracționate cuprinse între 5 și 20 G. În ciuda istoriei bine documentate a cataractei radio-induse există totuși incertitudini considerabile referitoare la relația între doză și dezvoltarea cataractei radioinduse, aspect de interes pentru evaluarea riscului. Ghidurile existente se bazează pe ideea că

apariția cataractei este un eveniment deterministic și este necesară atingerea unei doze prag înainte ca dezvoltarea cataractei să înceapă. ICRP a publicat valori ale pragurilor pentru opacifierea detectabilă de 5 Sv, pentru expunerea cronică și 0.5 – 0.2 Sv pentru expunerile acute. ICRP și NCRP au raportat valori prag pentru cataracta invalidantă de 2-10 Sv pentru expuneri unice de scurtă durată și > 8 Sv pentru expuneri prelungite. Oricum, în cele mai recente recomandări ICRP (2007) declară că „studii recente sugerează că cristalinul poate fi mai radiosensibil decât se considera anterior. Totuși, sunt așteptate să apară date noi referitoare la radiosensibilitatea ochiului și pierderea vederii.”

În ultimii ani studiile au sugerat un risc crescut de dezvoltare a cataractei la populații expuse la doze scăzute de radiații, sub aceste praguri presupuse. De exemplu, opacifierea cristalinului expus la radiații a fost raportată la doze sensibil mai mici de 2 G, pentru pacienții care au efectuat tomografiile computerizate sau radioterapie, astronautii, supraviețuitorii bombardamentelor nucleare, rezidenți în clădiri contaminate, victimele accidentului nuclear de la Cernobîl, etc. Aceste studii epidemiologice pe oameni, ca și cele recente pe animale sugerează că opacifierea poate apărea ca urmare a expunerii la doze sensibil mai mici decât se presupunea anterior. Aceste observații au implicații pentru persoanele care sunt subiectul procedurilor de radioterapie sau radiodiagnostic (pacienți), și pentru expușii profesional la radiații ionizante ca de exemplu medici chirurghi, personal din domeniul nuclear, și astronautii.

Nu toate studiile recente susțin observațiile referitoare la un prag mai scăzut al dozei la care apare cataracta: nu s-a stabilit o legătură între expunerea pacienților care efectuează tomografiile computerizate (doze < 0.1 Gy) și apariția cataractei, totuși existența unui prag cuprins între 0.1 și 0.5 Gy nu poate fi exclusă; în industria nucleară din Rusia expunerile cronice cu o doză cumulată < 2 Gy nu a fost asociată cu dezvoltarea cataractei.

3.1 Răspunsul cu doza și pragul de apariție al cataractei

Standardele de protecție a ochiului formulate de NCRP și ICRP se bazează toate pe presupunerea că apariția cataractei radioinduse este un fenomen determinist și apare doar când se depășește un prag al dozei. Pentru opacifieri detectabile aceasta valoare a pragului este în prezent de 0.5-2 Gy pentru expuneri acute și 5 Gy pentru expuneri cronice. Pentru cataractele invalidante aceste valori sunt mai mari, cu praguri cuprinse între 2 și 10 Gy pentru expunerile acute și 8 Gy pentru expunerile cronice.

Dovezi recente ale studiilor experimentale și epidemiologice

sugerează că aceste valori sunt totuși prea ridicate, iar apariția cataractei ar putea fi un fenomen stohastic. Parțial, această reevaluare a datelor se bazează pe presupunerea că, în timp, opacifierile detectabile vor evolua la dizabilitate vizuală. Aceasta distincție este importantă deoarece, dacă pragul pentru cataracta radioindusă este zero, standardele de siguranță pentru lucrători, ca și cele pentru public, nu sunt cele adecvate. De aceea este esențial pentru cei preocupați de evaluarea riscului să știe dacă formarea cataractei invalidante este un răspuns stohastic la radiații, întrebare care poate primi un răspuns în viitor dintr-o combinație între studii epidemiologice pe oameni și studii experimentale pe animale.

3.2 Studii epidemiologice

Accesibilitatea cristalinului pentru măsurări repetate, non-invazive a ușurat studiile pe termen lung ale efectelor expunerii la doze mici. Studiile epidemiologice despre debutul sau evoluția cataractei la populații expuse la doze scăzute de radiații ar trebui să ajute la reducerea incertitudinii din jurul conceptului de doză prag pentru cataracta radioindusă.

Studiile epidemiologice anterioare au relevat că unele rezultate sunt consistente cu absenta unei doze-prag. Una dintre întrebările critice din jurul conceptului de doză-prag pentru cataractogeneză este dacă documentarea modificărilor cristalinului ca urmare a expunerii la doze mici de radiații este suficientă pentru stabilirea unor reglementari standard și pentru estimarea riscului de apariție a cataractei. Aceasta abordare pleacă de la presupunerea că după o perioadă suficientă de timp aceste modificări ale cristalinului vor evolua către o eventuala pierdere a acuității vizuale care să necesite îndepărtarea chirurgicală a cristalinului. Aceasta problemă rămâne controversată deși unele experimente și rezultate obținute de la animale sugerează că opacifieri preclinice ale cristalinului expus la radiații poate evolua în timp la dizabilități vizuale demonstrabile.

- Supraviețuitorii bombardamentelor atomice (Hiroshima și Nagasaki), persoane care au suferit intervenții chirurgicale – acestea au fost primele cazuri documentate clinic de dizabilitate vizuala apărută mulți ani după expunerea la doze scăzute de radiații. Acest studiu oferă suport pentru un prag foarte scăzut sau egal cu zero la grupurile expuse acut, dar nu oferă date despre persoanele expuse cronic;
- Lichidatorii accidentului de la Cernobîl – expunerile au fost similare cu cele ale supraviețuitorilor bombardamentelor atomice din Japonia. Aceste studii aduc un suport suplimentar pentru o valoare mai scăzută

a dozei-prag pentru apariția cataractei.

- Studiile “Techa River” și instalații similare în fosta URSS – au fost efectuate studii pe mai multe grupuri de lucrători și rezidenți în regiunea râului Techa. Nu au fost încă raportate cazuri de apariție sau dezvoltare a cataractei radioinduse.
- Expunerile la Radiu – pacienți tratați prin iradiere cu Ra-224 pentru tuberculoză și spondilita anchilozantă cu 20 de ani în urmă. Datorită naturii sursei de radiu, cristalinelul a fost mai întâi expus la particule alfa, și există ample incertitudini legate de estimarea dozei, datorită informațiilor insuficiente legate de încorporarea Ra la nivelul cristalinelului. Autorii studiului au constatat că un număr important și în creștere de pacienți au raportat dizabilități vizuale, majoritatea fiind bilaterale. Majoritatea cataractelor diagnosticate în stadii incipiente au apărut la încorporări mari de Ra-224. Concluziile au fost că datele sunt compatibile cu o abordare deterministă a cataractei radioinduse, cu un prag de ordinul a 0.5 MBq/kg masa corporală.
- Grupurile de copii – au fost studiate:

(a) grupurile de copii expuși în urma accidentului de la Cernobîl; Dozele cumulative estimate au fost în intervalul 0.029 – 0.086 Sv, aceste valori se bazează pe nivelul de expunere înregistrat în mediu;

(b) adulți care la vârsta de < 18 luni au fost expuși la raze X sau la Radiu pentru tratarea hemangioamelor în zona capului, feței sau gâtului; dozele încasate au fost în medie de 0.2 Gy, maximum 8.4 Gy; a fost identificată o relație doză - răspuns indiferent de vârsta la momentul expunerii;

(c) grupuri de copii expuși accidental care au locuit într-un imobil contaminat cu Co-60; autorii au pus în evidență o relație între doza cumulativă de la Co-60 și apariția cataractei, precum și natura progresivă a bolii care a avansat chiar după îndepărtarea subiecților din mediul contaminat; doza medie cumulată a fost de 0.2 Gy, valoare aflată în domeniul valorilor prag raportate pentru cataracta radioindusă;

- Pacienți care au primit un tratament antifungic al scalpului constând în epilarea cu raze x în doze cuprinse între 3 – 3.8, până la 6 – 8.5 Gy; deși ochii pacienților au fost protejați cu folie de plumb, reconstituirile procedurilor utilizate au demonstrat că la nivelul cristalinelului s-au încasat doze de 0.2 – 0.8 Gy; după 15 ani de la expunere a fost pusă în evidență o incidență crescută a modificărilor timpurii ale cristalinelului, caracteristice expunerii la radiații ionizante.

- Lucrători expuși profesional din SUA – în 2005 a fost raportat un număr în creștere de cazuri de opacifieri ale cristalinului la lucrători de la o fabrică de procesare a uraniului, pensionați. Dozele încasate de lucrătorii diagnosticați cu cataractă au fost în medie de 0.168 Sv, în ce pentru cei fără cataractă au fost de 0.089 Sv. Un număr sensibil mai mare de cazuri de cataractă au fost identificate la subiecții cu doze peste 0.2 Sv. În contrast cu acest studiu, un altul efectuat pe lucrători mai tineri (< 40 ani) expuși la doze scăzute de radiații gamma și neutroni timp de 15 ani a concluzionat că dizabilitățile vizuale găsite nu sunt asociate expunerii la radiații și nu au fost identificate cazuri de cataractă radioindusă. Din păcate nu au mai fost făcute și studii ulterioare ale acestui grup. Doza individuală maximă încasată (gamma și neutroni) a fost de 0.25 Sv, cu o medie de 0.04 Sv pentru întreg grupul.
- Astronauți – datele obținute de la astronauții americani și aviatorii militari sunt de asemenea sugestive privind relația dintre expunerea la doze mici de radiații și apariția timpurie și creșterea prevalenței cataractei, deși calitatea și energia radiațiilor din spațiu sunt fundamental diferite de cele care apar pe Pământ. Autorii studiului au raportat că variabilitatea și numărul mediu de cazuri de cataractă capsulară a fost semnificativ mai mare pentru astronauții expuși. Concluzia a fost că pentru anumite tipuri de cataractă sau opacifieri incidența poate să crească la doze mici de radiații.
- Lucrători în domeniul medical și radiologie intervențională – datorită procedurilor din medicina intervențională (cardiologie, urologie, radiologie) care utilizează fluoroscopia, practicienii pot fi expuși la doze de radiații X relativ mari la nivelul ochilor, de-a lungul carierei.

Rezumând, studiile recente sugerează că recomandările actuale ale ICRP ca dozele prag de 5 Gy pentru detectarea opacifierii și 8 Gy pentru afectarea vederii pot subestima riscul. Studiile care au stat la baza acestor recomandări nu au beneficiat de timp suficient pentru detectarea modificărilor radioinduse ale cristalinului sau dizabilitățile vizuale care au necesitat intervenție chirurgicală. Îmbunătățirea tehnicilor de detectare, cuantificare și documentare a modificărilor timpurii, radioinduse, ale cristalinului, ca și îmbunătățirea dozimetriei au fost factori care au contribuit la descoperirile recente referitoare la riscul de apariție a cataractei la expuneri scăzute.

Urmărirea în continuare a supraviețuitorilor de la Hiroshima și Nagasaki, a victimelor de la Cernobîl, precum și a diverselor categorii de expuși profesional pot conduce la o estimare mai precisă a oricărui prag.

Deoarece toate standardele de risc pentru expunerea ochiului, naționale și internaționale, se bazează pe aceste praguri ridicate, ghidurile actuale de protecție a ochiului trebuie revizuite.

4. STUDIUL EPRI PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI MODIFICĂRI POTENȚIALE ALE REGLEMENTĂRILOR PRIVIND DOZIMETRIA CRISTALINULUI

După apariția noilor recomandări ale ICRP, EPRI a efectuat o analiză a limitelor de doză pentru cristalin și a practicilor curente legate de dozimetria cristalinului în centralele nucleare din câteva țări, precum și a posibilelor modificări procedurale care ar trebui luate în calcul de către titularii de autorizații.

4.1 Limite de doză pentru cristalin în industria nucleară

În SUA se ia în considerare scăderea limitei de doză pe cristalin la 50 mSv/an. CANADA menține, în prezent, limita de 150 mSv /an, iar centralele nucleare nu au implementat o limită administrativă sub aceasta valoare. Nu se măsoară direct doza pe cristalin, dar aceasta este controlată asigurându-se o valoare a dozei echivalente pe piele suficient de scăzută. CNSC a emis o recomandare privind modificarea acestei limite de doză în acord cu noile prevederi.

FRANTA menține, de asemenea, limita de 150 mSv /an. EDF nu solicită raportarea dozei pe cristalin; se colaborează cu furnizorii pentru utilizarea unui dozimetru îmbunătățit pentru măsurarea dozei pe cristalin. EDF a evaluat situația din centralele nucleare unde doza pe cristalin poate fi limitativă în funcție de raportul dintre doza la nivelul capului (cristalin) și doza pe întreg corpul (torace).

Cu actuala limită de doză, un raport de 7.5 (150 mSv / 20 mSv) este necesar pentru ca doza pe cristalin să fie limitativă, adică dacă doza la nivelul capului este de 7.5 ori doza la nivelul toracelui (doza pe întreg corpul), atunci doza pe cristalin poate atinge valoarea limită înaintea celei pe întreg corpul. Dacă limita de doză pe cristalin se modifică la 20 mSv acest raport devine 1 (aceeași limită de doză pe cristalin ca cea pe întreg corpul. Au fost identificate tipuri de lucrări la care, din cauza debitului de doză de deasupra capului pot apărea gradientele de doză care să facă doza pe cristalin limitativă .

În alte țări cu industrie nucleară situația este următoarea:

SPANIA: centralelor nucleare nu li se cere să raporteze doza pe cristalin și nu au implementat o limită administrativă sub 150 mSv/an.

BRAZILIA: limita legală de doză pentru cristalin, egală cu cea pentru întreg corpul, este de 20 mSv pe an, mediată pe 5 ani consecutivi, în niciun an valoarea nu are voie să depășească 5 mSv; limita administrativă este de 20 mSv / an și nu are voie să depășească 75 mSv în 5 ani consecutivi.

SUEDIA: centralelor nucleare nu li se cere să raporteze doza pe cristalin și nu au implementat o limită administrativă sub 150 mSv/an.

COREEA de SUD: centralelor nucleare nu li se cere să raporteze doza pe cristalin și nu au implementat o limită administrativă sub 150 mSv/an. Centralele au stabilit un algoritm pentru determinarea dozei pe cristalin, dar care nu a fost finalizat deoarece nu li se cere să raporteze doza.

4.2 Dozimetrie și radioprotecție operațională

Radiațiile beta cu energii mai mari de 0.79 MeV au capacitatea de a ajunge la cristalin la o adâncime de 300 mg/cm². Radiațiile gamma de peste 1.2 MeV au potențial de a genera electroni împrăștiați în aer prin împrăștiere Compton, cu o energie suficient de mare pentru a ajunge la cristalin (la o adâncime mai mare de 300 mg/cm²). În centralele nucleare se găsesc radionuclizi ca Cobalt-60, Strontiu/Yttriu-90, Krypton-87, Krypton-88, Rubidiu-88, Xenon-135, Xenon-138, Cesium-138, Stibiu-122, Stibiu-124, Europiu-152, Rhodiu-106, și Azot-16 care emit radiații beta și gamma de energie mare. Expunerea lucrătorilor la acești radionuclizi depinde de condițiile din centrală și de situații particulare precum prezenta combustibilului defect, scurgeri din circuitul primar sau expunerea la surse deschise. Dacă expunerea lucrătorilor este posibilă, fiecare centrală va trebui să-și stabilească aplicabilitatea pe baza istoriei de operare și a condițiilor din centrală.

4.3 Studiul în industria nucleară și considerații referitoare la limita de doză pe cristalin

EPRI a efectuat un studiu în industria nucleară pentru a obține informații referitoare la programele de protecție, programele de monitorizare și condițiile radiologice din centrala pentru o evaluare mai corectă a efectelor potențiale ale reducerii limitei de doză pe cristalin.

La acest studiu au răspuns 43 de centrale din SUA, precum și centrale și societăți din alte țări după cum urmează:

- ANGRA (Brazilia)
- Cofrentes (Spania)
- EDF (Franța)
- KHNP (Coreea)
- OPG (Canada)
- Bruce Power (Canada)
- Forsmark (Suedia).

Limitele de doză administrative pentru expunerea cristalinului rezultate în urma sondajului sunt:

- 30 mSv – 2 centrale
- 60 mSv – 3 centrale
- 120 mSv – 22 centrale
- 135 mSv - 4 centrale
- 150 mSv – 12 centrale

Cea mai des aplicată limită administrativă este de 120 mSv, 80% din limita legală de 150 mSv / an, iar alte centrale nu au stabilită o limită administrativă. Aceasta indică faptul că doza pe cristalin nu este necesar să fie monitorizată cu grijă, cel mai adesea deoarece există slabe șanse să ajungă la o valoare de 3 ori mai mare decât limita de doză efectivă. Asta înseamnă că, dacă doza efectivă este controlată și limitată corespunzător, limita de doză pe cristalin nu va fi atinsă.

4.4 Dozimetria legală utilizată

În USA toți respondenții au precizat că furnizorul de servicii dozimetrice asigură măsurarea dozei pe cristalin. Dintre centralele din afara SUA, 2 au răspuns că furnizorul de servicii dozimetrice asigură măsurarea dozei pe cristalin. O centrala din UK urma să efectueze un studiu la sfârșitul lui 2013 pentru 100 de persoane care să utilizeze dozimetre tip “headband” (bențiță) pentru măsurarea dozei echivalente la adâncimea de 3 mm, pentru a identifica situațiile / profesiile pentru care dozimetrele pentru întreg corpul purtate la nivelul toracelui și care măsoară Hp(10) și Hp(0.07) nu sunt suficient de bune pentru estimarea dozei pe cristalin [Hp(3) lângă ochi].

Capacitatea furnizorului de servicii dozimetrice de a monitoriza doza pe cristalin, fie prin intermediul unui detector fie printr-un algoritm, va fi un aspect important al îmbunătățirilor viitoare.

4.5 Monitorizarea dozei pe cristalin, direct sau printr-un algoritm

Intenția a fost să se stabilească dacă exista un anumit dozimetru, sau un element al unui dozimetru destinat măsurării dozei pe cristalin, sau se utilizează un algoritm care folosește unul sau mai multe elemente [ale dozimetrului individual] (cel pentru doza superficială și cel pentru doza penetrantă) pentru calculul dozei la adâncimea de 300 mg/cm².

SUA:

- Se măsoară direct cu dozimetrul – 2 răspunsuri
- Se calculează cu un algoritm – 35 răspunsuri
- Se cunoaște un algoritm: da – 25; nu – 10; se poate obține de la furnizor la nevoie – 6.

În afara USA răspunsurile primite au fost foarte diverse și cu greu pot fi categorisite. Aproximativ 60% dintre respondenți cunosc algoritmul utilizat pentru măsurarea / calcularea dozei pe cristalin.

Algoritmul de calcul devine mai important în cazul în care limita de doză este depășită. Un algoritm foarte conservativ nu va fi benefic deoarece limitează inutil posibilitatea de a lucra, prin supraestimarea dozei.

Aceste răspunsuri pun în evidența nevoia de a cunoaște algoritmul de calcul de doză și cum se obține prin intermediul lui doza pe cristalin, pentru tipurile de radiații din fiecare centrală.

4.6 Cea mai mare doză raportată

Răspunsurile obținute nu au fost relevante; în cele mai multe cazuri între doza pe cristalin și doza efectivă au fost diferențe de $\pm 1\%$. În unele cazuri re poziționarea dozimetrului la nivelul capului a dus la înregistrarea unei doze mai mari pe cristalin. Rezultatele obținute au arătat că foarte des dozele înregistrate la cristalin sunt aproximativ egale cu cele pe întreg corpul. Cele mai multe centrale folosesc un algoritm de calcul care se bazează pe citirile elementelor de doză superficială și penetrantă ale dozimetrului individual. Dacă nu exista o diferență substanțială între cele două valori înseamnă că exista o pondere foarte scăzută a radiației beta de energie mare și, prin urmare, doza pe cristalin este similară cu cea pe întreg corpul.

Au fost înregistrate cazuri în care, datorită câmpurilor neuniforme de radiații (debite de doză de deasupra capului), doza pe cristalin a fost mai mare.

Centrale SUA	2010 Doza maximă cristalin (mSv)	2010 Doza efectivă maximă, același individ (mSv)	2011 Doza maximă cristalin (mSv)	2011 Doza efectivă maximă, același individ (mSv)
Medie	9.21	9.16	8.62	8.37
Minimum	1.30	1.30	1.71	1.71
Maximum	22.31	22.27	18.21	16.98

4.7 Deficiențe

Designul dozimetrelor și algoritmi folosiți nu asigură o monitorizare adecvată a dozei pe cristalin, mai ales dacă ținem cont de faptul că scăderea limitei va duce la cerințe mai stricte privind controlul asupra acestei doze.

4.8 Recomandări:

- Utilizarea sau crearea unor dozimetre amplasate fizic lângă ochi (ex. bentița) pentru a asigura o măsurare corectă a dozei;
- Analiza disponibilității sau dezvoltării unui aparat pentru urmărirea dozei pe cristalin în timp real;
- Testarea dozimetrelor în câmpuri de radiații specifice centralelor nucleare pentru verificarea acurateții măsurărilor și algoritmului de calcul.

Protecția operațională și monitorizarea cristalinului nu sunt optimizate pentru o limită de doză redusă. Multe centrale nu au proceduri pentru protecția / ecranarea ochilor ca parte a planului de lucru. Recomandări:

- Revizuirea procedurilor actuale și dezvoltarea unor proceduri de "bune practici" pentru protecția ochilor. Se va avea în vedere ca densitatea superficială a materialelor de deasupra dozimetrului (echipament de Protecție) trebuie să fie comparabilă cu cea a materialelor și țesuturilor care acoperă cristalinul pentru a asigura o măsurare corectă a dozei.
- Evaluarea instrumentației existente, dacă este adecvată pentru o măsurare de mai mare acuratețe a debitului de doză pe cristalin. Analiza spectrului de energii a radiațiilor beta în centrale. Necesitatea unor metode noi de calibrare a instrumentației.

- Analiza situațiilor în care există o iradiere neuniformă la nivelul capului și stabilirea condițiilor în care un dozimetru pentru ochi este mai adecvat decât un dozimetru plasat altundeva pe cap.

5. IMPLICAȚIILE NOII LIMITE DE DOZĂ PENTRU CRISTALIN PENTRU RADIOPROTECȚIA OPERAȚIONALĂ STABILITE DE IAEA-TECDOC-1731 (2013)

5.1 Fiecare titular de autorizație trebuie să revizuiască analizele de securitate radiologică pentru:

- Identificarea lucrătorilor care pot încasa o doză semnificativă la nivelul ochiului (câțiva mSv pe an), în special pe cei pentru care limita de doză pe cristalin va fi mult mai restrictivă decât cea efectivă (expuneri localizate la radiații slab penetrante – beta sau gamma de energie joasă);
- A se asigura că echipamentele și instalațiile sunt proiectate astfel încât optimizarea protecției să țină cont de expunerea ochilor;
- Stabilirea procedurilor operaționale pentru optimizarea protecției astfel încât acestea să țină cont de expunerea ochilor;
- Atunci când proiectul instalației și procedurile operaționale nu sunt suficiente pentru a asigura protecția ochilor, personalul va utiliza echipament individual de protecție.

5.2 Categoriile de lucrători pentru care expunerea cristalinului poate fi importantă

- Persoane expuse la un câmp relativ uniform de radiații penetrante;
- Persoane expuse la câmpuri de radiații extrem de neuniforme și în care cristalinul să fie expus preferențial: trunchiul este ecranat dar nu și capul; capul este aproape de o sursă de radiații penetrante; persoane care sunt expuse la radiații beta;
- Persoane expuse la radiații slab penetrante, cum sunt particulele beta sau radiația gamma de energie joasă, și care contribuie semnificativ la doza pe cristalin, nu și la cea efectivă.

În cazul lucrătorilor care desfășoară activități nucleare cele mai importante categorii afectate de noile limite propuse sunt:

- Persoane care lucrează cu incinte tip “glove box”

- Persoane care lucrează la dezafectarea unităților nucleare;
- Persoane care manipulează plutoniu sau uraniu sărăcit.

5.3 Optimizarea protecției

Angajatorii și titularii de autorizații trebuie să minimizeze nevoia de a se baza pe controale administrative și echipament individual de protecție asigurând un control eficient prin proiect și condiții de lucru satisfăcătoare, conform următoarei ierarhii a măsurilor preventive:

- 1) Controale ingineresti – optimizarea protecției este avută în vedere în etapa de proiectare a instalației, când exista mai multă flexibilitate.
- 2) Controale administrative – când numai controalele ingineresti nu sunt suficiente - proceduri operaționale și restricții, transpuse în reguli (proceduri) scrise, pregătite în colaborare cu cei care lucrează;
- 3) Echipament de protecție individual – este necesar atunci când proiectul și controalele administrative nu asigură un nivel satisfăcător de protecție. Singur, factorul de atenuare a radiației al lentilelor nu descrie în mod adecvat eficacitatea ochelarilor de reducere a expunerii. Trebuie luata în considerare și suprafața acoperita de lentile. Ochelarii trebuie să aibă și protecții laterale și să se așeze bine pe figură. Trebuie să ne asigurăm că utilizarea echipamentului individual de protecție nu încetinește nejustificat desfășurarea unei activități sau nu conduce la creșterea dozei efective.
- 4) Revizuirea analizelor de securitate, a programului de radioprotecție și eficienței echipamentelor.
- 5) Informare, instruire și pregătire.

5.4 Monitorizarea dozei pe cristalin în urma iradierii externe

Cea mai precisă metodă de măsurare a dozei pe cristalin $H_{\text{cristalin}}$, este cea de măsurare a dozei echivalente individuale la adâncimea de 3 mm, $H_p(3)$ cu un dozimetru purtat cât mai aproape posibil de ochi și calibrat pe o fantomă reprezentativă pentru cap. Atunci când nu este ușor de aplicat $H_p(3)$ se poate evalua cu ajutorul $H_p(10)$ sau $H_p(0.07)$ ambele măsurate cu dozimetre purtate la nivelul toracelui, sau cu un dozimetru pentru piele, $H_p(0.07)$, purtat lângă ochi.

În prezent, dozimetrele pentru măsurarea $H_p(3)$ nu sunt foarte disponibile, și pot fi folosite dozimetre pentru măsurarea altor mărimi

operaționale. Dacă un dozimetru de extremități îndeplinește criteriile cerute de testele de tip în termeni de $H_p(3)$ acesta poate fi calibrat în consecință. O altă modalitate ar fi modificarea unui dozimetru pentru $H_p(0.07)$ pentru a măsura direct $H_p(3)$. În acest caz, chiar dacă dozimetru necesită îmbunătățiri, evaluarea dozei pe cristalin este directă: răspunsul $H_p(3)$ este cunoscut iar doza pe cristalin este estimată fără a ține cont de câmpurile de radiații din zona de lucru. Totuși, dozimetrele calibrate pentru măsurarea $H_p(0.07)$ și $H_p(10)$ pot fi folosite pentru estimarea conservativă a $H_p(3)$ doar dacă se cunosc condițiile radiologice.

În prezent nu există standarde pentru aparatura de câmp pentru măsurarea echivalentului de doză direcțional la adâncimea de 3 mm, $H'(3)$. Nu au fost agreeți la nivel internațional factorii de conversie pentru fotoni și neutroni de la kerma în aer, K_a , la $H'(3)$.

5.5 Estimarea dozelor înainte de efectuarea monitorării de rutină

Înainte de a trece la monitorizarea individuală, situația debitului de doză pe cristalin într-un loc de munca trebuie să fie determinată pentru a putea stabili metoda, dacă există una, și intervalul pentru monitorizarea de rutină. Monitorizarea de rutină a dozei pe cristalin este recomandată / necesară dacă estimările conduc la o doză echivalentă anuală pe cristalin peste 5 mSv. Metodele de estimare a dozelor care ar putea fi folosite sunt:

- Monitorizarea locului de muncă;
- Utilizarea datelor din literatură;
- Simulări;
- Măsurători de confirmare (monitorizări individuale pentru un interval limitat).

6. REFERINTE

1. ICRP Publication 118, "ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context", 2012.
2. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment: General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3; Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards;
3. IAEA-TECDOC-1731 Implications for occupational radiation protection of

the new dose limit for the lens of the eye - Interim guidance for use and comment

4. Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 – Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation

5. Lens of Eye Dose Limit Changes: Current Status of the Potential Regulatory Changes and Possible Effects on Radiation Protection Programs at Nuclear Power Plants; EPRI 3002000486; Oct. 2013

6. EPRI 2014 Technical Report 30020033162: “ Epidemiology and mechanistic effects of radiation on the lens of the eye”; Review and scientific appraisal of the literature;

7. MCNP Modelling of $H_p(3)$ response of OPG / Bruce Power dosimeter elements to various photon and beta spectra; COG Technical Note TN-12-3011, Iunie 2014

7. CONCLUZII

Este cert că programele de radioprotecție și dozimetrie vor trebui revizuite pentru a asigura o monitorizare și protecție mai bună a ochilor.

Pana în prezent nu s-au finalizat studiile care să adreseze necesitatea monitorizării dozei pe cristalin în centralele nucleare.

EPRI are în lucru un ghid pentru monitorizarea și protecția cristalinului cu abordări pe următoarele direcții:

- cercetări în teren pentru a stabili dacă este necesară protecția și / sau monitorizarea specială a cristalinului;
- dozimetria disponibilă și cea în curs de dezvoltare;
- lucrul efectiv și planificarea ALARA;
- procesarea rezultatelor testelor de câmp din centrale;
- organizarea unui seminar pentru mai bună înțelegere a tuturor problemelor legate de protecție la radiații a cristalinului, în sprijinul factorilor de decizie din centrale, autorităților de reglementare și producătorilor de aparatură dozimetrică și echipamente de protecție.

MONITORIZAREA DOZELOR LA CRISTALIN ÎN ROMÂNIA: STADIUL ACTUAL

Margareta Cheresteș, Ștefania Stan, Mircea-Valentin Paraschiva
DOZIMED S.R.L., Str. Atomiștilor Nr. 407, 077125, Măgurele, Ilfov, România
margareta.cherestes@dozimed.ro

1. Introducere

În decembrie 2013, a intrat în vigoare Directiva 2013/59/EURATOM [1], care stabilește o nouă limită de doză echivalentă pentru cristalin. În același an, laboratorul de dozimetrie individuală din cadrul DOZIMED a obținut din partea CNCAN extinderea desemnării ca Organism Dozimetric Acreditat pentru monitorizarea dozelor la cristalin.

În prezenta lucrare ne propunem să prezentăm stadiul actual al monitorizării dozelor la cristalin în România și provocările întâlnite pe parcursul celor 2 ani în care au fost efectuate determinări de doză la cristalin în cadrul laboratorului nostru. O atenție deosebită o vom acorda rezultatelor obținute din monitorizarea de rutină a dozelor la cristalin versus rezultate obținute din studii experimentale.

De asemenea, vor fi prezentate comparativ valorile de doză la cristalin înregistrate în țara noastră comparativ cu alte țări europene, pentru diferite activități din domeniul medical.

2. Noile limite de doză pentru expunerea profesională

Principala modificare adusă de directiva 2013/59/EURATOM în domeniul expunerii profesionale este reprezentată de **reducerea limitei echivalentului de doză la cristalin de la 150 mSv/an la 20 mSv/an**, sau 100 mSv pentru orice perioadă de cinci ani consecutivi sub rezerva unei doze maxime de 50 mSv într-un singur an. Celelalte limite de doză (pentru întreg organismul și pentru piele / extremități) rămân neschimbate.

Reducerea drastică a limitei echivalentului de doză la cristalin de la 150 mSv/an la 20 mSv/an a ridicat o serie de întrebări și provocări, printre care:

- ce persoane expuse profesional au nevoie de monitorizarea dozelor la cristalin?
- care sunt domeniile în care se înregistrează cele mai mari doze la

cristalin și ce valori au acestea?

- câte cazuri de depășiri de limită de doză la cristalin vor exista?

3. Categoriile de expuși ce necesită monitorizarea dozelor la cristalin

În documentul IAEA TECDOC Nr. 1731 din 2013 "Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the lens of the Eye" [2], sunt identificate trei categorii de lucrători expuși profesional pentru care trebuie luată în considerare ipoteza că pot înregistra doze semnificative la nivelul cristalinului:

- 3.1.** Persoanele expuse într-un câmp relativ uniform de radiații penetrante, care-și protejează trunchiul, dar nu și capul (în domenii precum fabricarea de combustibil nuclear, utilizarea de celule fierbinți sau dezafectarea obiectivelor nucleare)
- 3.2.** Persoanele expuse într-un câmp neuniform, în care cristalinul poate fi în mod preferențial expus (în domenii precum radiologie intervențională, cardiologie, brahiterapie).
- 3.3.** Persoanele care lucrează cu radiații slab penetrante - radiații beta (peste 700 keV) sau fotoni de energie joasă (sub 15 keV), care contribuie semnificativ la doza echivalentă primită la cristalin (adâncime: 3 mm) fără a aduce vreo contribuție la valoarea dozei la nivelul întregului organism (măsurată la o adâncime de 10 mm) (în domenii precum medicina nucleară, utilizarea acceleratoarelor de electroni etc.).

Recomandările IAEA specifică faptul că trebuie identificate persoanele pentru care este posibilă depășirea unei doze echivalente la cristalin de **5 mSv pe an**, înainte de a începe monitorizarea dozimetrică de rutină.

4. Stadiul actual al monitorizării dozelor la cristalin în România

Studiile experimentale și determinările de doză la cristalin efectuate în cadrul laboratorului DOZIMED au fost efectuate doar pentru domeniul medical, în special pentru radiologia / cardiologia intervențională (adică pentru categoriile de persoane expuse profesional încadrate la punctul 3.2. de mai sus).

4.1. Numărul de determinări de doză la cristalin în monitorizarea de rutină

Laboratorul nostru monitorizează peste 10.000 persoane expuse profesional din domeniul medical. Majoritatea lucrează în radiologia de diagnostic (peste 60%) iar în domeniile de interes pentru dozimetria la cristalin (Radiologie Intervențională, Cardiologie, Medicină Nucleară) lucrează aprox. 20% dintre acestea.

Numărul determinărilor de doză echivalentă la cristalin efectuate de laboratorul nostru a crescut de la o lună la alta, cu fluctuațiile specifice concediilor sau constrângerilor bugetare ale unităților sanitare, conform figurii nr. 1 de mai jos:

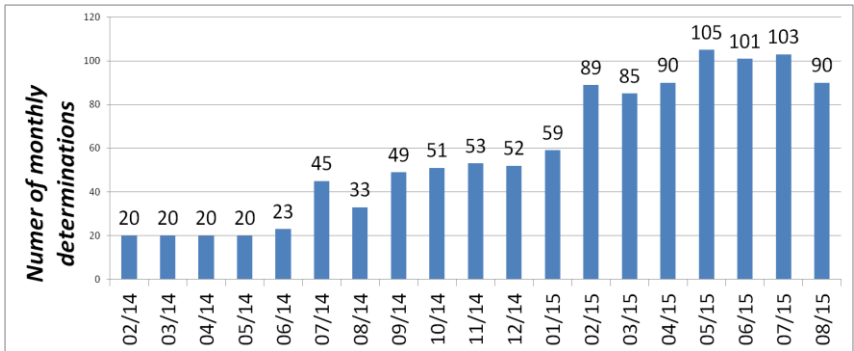


Fig. 1. Evoluția numărului de determinări începând din ianuarie 2014 și până în prezent

4.2. Dozimetre de cristalin folosite în procesul de monitorizare

Determinarea dozei echivalente la cristalin implică determinarea mărimii Hp(3), adică echivalentul de doză în țesuturile moi, la o adâncime de 3 mm, sub un punct specificat pe corp (în zona ochilor).



Pentru determinarea Hp(3) se folosesc detectori termoluminescenți Harshaw EXT-RAD - LiF:Mg, Ti cu filtrare de PTFE de 1.5 mm (echivalent cu 3 mm țesut), introduși într-o bentiță reglabilă ce se poartă pe cap, imediat deasupra ochilor.

4.3. Valorile dozelor la cristalin obținute în procesul de monitorizare

Persoanele expuse profesional monitorizate de laboratorul DOZIMED lucrează în secții precum: Bloc Operator Ortopedie, Neurochirurgie, Chirurgie pediatrică, Urologie, Angiografie, Medicină Nucleară etc.

În primele 2 luni de monitorizare, persoanele expuse primesc spre purtare dozimetre de cristalin cu câte 3 detectori termoluminescenți (plasați deasupra ochiului stâng, central și deasupra ochiului drept). Dacă valorile dozelor la cristalin sunt diferite de la un ochi la altul (situații întâlnite frecvent în cardiologia intervențională), atunci sunt raportate toate cele 3 valori ale Hp(3), cu precizarea zonei în care este înregistrată doza maximă. Începând din luna a treia de monitorizare se folosesc bentițe cu un singur detector, purtat în zona în care au fost înregistrate dozele cele mai mari (ex. recomandare purtare – ochi stâng).

Toate valorile dozelor echivalente la cristalin determinate în monitorizarea dozimetrică de rutină s-au situat sub valoarea de 1,7 mSv/lună (valoare ce reprezintă limita derivată lunară a noii limite de doză la cristalin).

Cea mai mare valoare raportată pentru Hp(3) a fost de **0,70 mSv/lună** iar cea mai mare doză anuală la cristalin înregistrată în anul 2014 a avut valoarea de **4,88 mSv**.

4.4. Valorile dozelor la cristalin obținute în studiile experimentale

Pentru identificarea persoanelor expuse care ar trebui monitorizate la cristalin, am venit în sprijinul clienților noștri și am efectuat studii pro-bono de determinarea a dozelor la cristalin.

Aceste studii au demarat în anul 2013 și au devenit din ce în ce mai complexe, pe măsură ce dozele la cristalin au fost corelate cu numărul de investigații efectuate, tipul investigațiilor, experiența personalului medical, indicațiile DAP-metrelor etc.

Ceea ce diferențiază net rezultatele studiilor experimentale de rezultatele monitorizării de rutină este faptul că în cadrul studiilor, personalul medical a fost interesat de buna desfășurare a testelor și direct implicat în colectarea informațiilor care au fost corelate cu valorile dozelor la cristalin. Considerăm că rezultatele acestor studii oferă o imagine mai apropiată de

realitate decât rezultatele monitorizării de rutină.

În efectuarea acestor studii, personalul medical a purtat 3 tipuri de dozimetre:

- **sub șorț** (pentru evaluarea Hp(10) primită de zonele protejate ale corpului)
- **peste gulerul de protecție a tiroidei** (pentru valoarea Hp(10) primită de zonele corpului neprotejate de echipamentul de protecție)
- **pe cap** (pentru evaluarea Hp(3) la ochiul stâng, central și ochiul drept).

Din studii s-a observat că valorile maxime ale Hp(3) sunt apropiate de valorile Hp(10) măsurat **peste gulerul de protecție**. Această bună similitudine între rezultatul furnizat de dozimetrul whole body purtat peste echipamentul de protecție și rezultatul furnizat de dozimetrul de cristalin a fost observată și în studiile europene derulate de Work Group 12 din cadrul EURADOS.

Cea mai mare doză la cristalin primită în cadrul acestor studii a fost de **4,90 mSv/lună**. Aproape jumătate dintre persoanele care au participat la studii au primit doze peste valoarea de 1,70 mSv/lună, ceea ce ar conduce la depășirea noii limite anuale de 20 mSv/an.

4.5. Provocări și probleme ridicate de monitorizarea la cristalin

Dozimetrele de cristalin nu pot fi plasate sub ochelarii de protecție și din această cauză, Hp(3) înregistrat de dozimetru supraestimează valoarea reală primită de cristalinul protejat de echipamentul de protecție. În cazul în care sunt purtați ochelari de protecție, aceștia asigură o reducere a dozei cu până la 90%, în funcție de modelul de ochelari [3]. Dozele reduse la 10% din valorile rezultate din studii, datorate purtării ochelarilor de protecție, ar asigura respectarea noii limite de doză echivalentă la cristalin pentru majoritatea persoanelor expuse profesional din medicină.

În cadrul studiilor efectuate, foarte puține persoane expuse profesional au declarat că au purtat ochelari plumbați, deoarece purtarea ochelarilor este incomodă și creează disconfort în timpul investigațiilor (unii medici au precizat că ochelarii se aburesc în timpul intervențiilor, în condițiile în care vizibilitatea este oricum diminuată prin sticla plumbată). Alți medici poartă ochelari de vedere, peste care nu pot purta ochelari plumbați.

Există intervenții și proceduri medicale, în special în cardiologie, unde doza la cristalin diferă de până la 6 ori de la un ochi la celălalt [4]. În aceste cazuri în care câmpul de radiații este neuniform, monitorizarea la cristalin ar

trebui realizată folosind doar bentițe cu 3 detectori.

Deoarece purtarea dozimetrelor de cristalin poate fi incomodă, specialiștii de la laboratorul LNBH (Laboratoire National Henri Bequerel) propun ca doza la cristalin să nu fie evaluată prin purtarea unui dozimetru de cristalin la nivelul ochilor, ci prin purtarea unui dozimetru whole body suplimentar, situat la nivelul gulerului de protecție [5].

Studii recente [6] ridică unele semne de întrebare cu privire la adâncimea la care trebuie măsurată doza echivalentă la cristalin și propun determinarea dozei la o adâncime de 2 mm. Public Health England testează un dozimetru de cristalin cu un filtru de PTFE de 1mm (în loc de 1,5 mm) care ar determina doza echivalentă la cristalin la o adâncime de 2mm în țesut [7].

5. Stadiul actual al monitorizării dozelor la cristalin în Europa

La conferința internațională dedicată monitorizării dozimetrice individuale organizată anul acesta la Bruges, Belgia, țările participante au prezentat diverse studii, teoretice sau experimentale, cu privire la rezultatele monitorizării dozelor la cristalin.

În Belgia și Polonia, din datele monitorizării de rutină, nu s-au înregistrat depășiri ale limitei de doză la cristalin. Cea mai mare valoare de doză anuală în Polonia a fost de 6,7 mSv, similar cu rezultatele monitorizării de rutină din România (cea mai mare valoare: 4,88 mSv/an) [8].

În Cehia, studiile experimentale au evidențiat o valoare maximă a dozei la cristalin de 5,4 mSv/lună (similar cu rezultatele studiilor noastre) iar dozele medii, în angiografie, se situează în jurul valorii de 1,6 mSv/lună [3].

Olandezii au făcut referire doar la practicile veterinare cabaline și conform studiilor efectuate în Olanda, dozele la cristalin pot depăși 75 mSv/an, dacă nu sunt purtați ochelari de protecție [9]. În Grecia, studiile efectuate au arătat că dintr-un total de 530 persoane care lucrează în Intervențional, un număr de 181 persoane ar depăși noua limită de 20 mSv/an [10].

6. Concluzii

Dozimetria la cristalin este un subiect de mare interes în Europa iar implementarea cerințelor Directivei 2013/59/EURATOM va conduce la modificări importante în monitorizarea dozimetrică individuală a persoanelor expuse profesional.

Dozele la nivelul întregului organism prezintă tendința de scădere de la an la an, eventualele depășiri de limită anuală datorându-se în principal neglijenței sau erorilor umane. În medicina nucleară și în radiologia intervențională, determinarea dozelor la cristalin și extremități devine o necesitate, mai ales în condițiile utilizării radionuclizilor ce emit radiații beta cu energie peste 700 keV sau în câmpuri neuniforme de radiații.

Pentru ca rezultatele monitorizării să reflecte realitatea, este necesară colaborarea între personalul medical expus profesional (care trebuie să poarte dozimetrele), autoritatea competentă în domeniul nuclear (astfel încât investigarea cazurilor de depășire a limitelor de doză să nu descurajeze purtarea dozimetrelor individuale) și laboratorul de dozimetrie (care trebuie să fie capabil să ofere rezultate valide și corecte din punct de vedere tehnic).

Mulțumiri

Mulțumim medicilor și fizicienilor medicali din țară care au participat alături de noi la efectuarea acestor studii.

Bibliografie:

- [1] 2013/59/EURATOM de stabilire a normelor de securitate de bază privind protecția împotriva pericolelor prezentate de expunerea la radiații ionizante
- [2] IAEA TECDOC Nr. 1731, "Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the lens of the Eye", Viena, 2013
- [3] J. Vinklář, J. Davídková, P. Papírník, "The possibility of determining the dose in the lens of the eye for radiation workers", International Conference on Occupational Radiation Protection: Enhancing the Protection of Workers — Gaps, Challenges and Developments, Vienna, 2014
- [4] M. Cheresteș, R. Săpoi, M.V. Paraschiva, C. Cheresteș, "Aspecte practice privind implementarea noilor limite de doză pentru expunerea profesională", Conferința SRRp, București, 2014
- [5] J-M. Bordy, "Proposal for a criterion to choose between a direct or indirect evaluation of eye-lens doses", International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, 2015
- [6] R. Behrens, "On the Operational Quantity Hp(3) for Eye Lens Dosimetry", J. Radiol. Prot. 32, 2012

- [7] N. Gibbens, P. Gilvin, T. Daniels, J.S. Eakins, "Further Testing of a Headband Dosemeter for eye lens measurement in terms of Hp(3) for a larger energy range and with a new PTFE insert", International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, 2015
- [8] J Dabin, R Kopec, L Struelens and F Vanhavere, "Eye lens dose in nuclear medicine: a multicentric study", International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, 2015
- [9] P Jonkergouw and E Bergman, "Significant radiation (lens) dose in equine veterinary practice: be aware!", International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, 2015
- [10] E Carinou, "First attempt to assess the eye lens doses to interventional cardiologists in Greece", International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, 2015

EVALUAREA AFECTĂRILOR CRISTALINIENE LA EXPUSUL PROFESIONAL LA RADIAȚII IONIZANTE

Felicia Steliana Popescu - Medic primar medicina muncii, SRRp

INTRODUCERE

Cristalinul este unul din cele mai radiosensibile țesuturi din organism. Există studii care sugerează că ar putea fi un risc semnificativ de producere a cataractei radioinduse (numită în continuare CATARACTA) și la populația expusă la doze mici de radiații ionizante. Aici regăsim pacienții supuși unor investigații repetate de tomografie computerizată, astronauții, tehnicienii radiologi, cei care lucrează în radioterapie. Există studii care demonstrează apariția cataractei la persoanele supraviețuitoare bombardamentelor de la Hiroshima și Nagasaki, precum și la cei expuși în timpul accidentului de la Cernobîl. Cataracta a fost demonstrată la lucrătorii care practică proceduri de radiologie intervențională.

Cataracta este considerată un efect deterministic, mai exact un efect care apare la doze absorbite mari și are prag de doză. Se încadrează în efectele precoce și tardive de tip non-neoplazic.

International Commission on Radiological Protection (ICRP) și U.S. National Council on Radiation Protection and measurements (NCRP) au publicat valorile de prag în cazul apariției opacităților cristaliniene detectabile la expuneri de 5 Sv în expunerea prelungită și de 0,5 până la 2 Sv pentru expunerea acută.

Moreover și Kleiman au raportat noi observații precum că sunt chiar în concordanță cu absența unui prag doză. Deși mecanismul de producere a cataractei nu se cunoaște cu exactitate, deteriorarea genomică rezultată în diviziunea celulară alterată, transcriere și / sau diferențierea celulară anormală a fibrelor cristaliniene sunt acum considerate a fi prejudiciul important, mai degrabă decât moartea celulelor. Din acest motiv, clasificarea cataractei ca un efect determinist trebuie pusă sub semnul întrebării. Mai multe dovezi din studii experimentale și epidemiologice sugerează o bază stocastică pentru producerea cataractei. În evaluarea posibilității de apariției unei cataracte, este necesar să se cunoască doza și calitatea de radiații absorbite.

EFECTE LA NIVELUL OCHIULUI

Diagnosticul precoce este posibil (opacitate în regiunea subcapsulară posterioară), dar nu există nici un tratament medical stabilit pentru a atenua prejudiciul.

Înlocuirea cristalinului este o procedură chirurgicală bine stabilită și eficientă pentru tratarea cataractei. Cu toate acestea, este nevoie de acces la serviciile de chirurgicale specializate și sunt asociate costurile cu implicații asupra sistemului de sănătate.

Cataracta poate fi prevenita.

Lucrători cu risc sunt cei care lucrează în câmp uniform de radiații **puternic penetrante**, care-și protejează trunchiul, dar nu și capul; cei care lucrează în câmp **neuniform**, în care cristalinul poate fi în mod preferențial expus; cei care lucrează cu **radiații slab penetrante** - radiații beta sau fotoni de joasă energie (sub 15 keV), care contribuie semnificativ la doza echivalentă primită la cristalin, fără a aduce vreo contribuție la valoarea dozei la nivelul întregului organism. Trebuie identificate persoanele expuse profesional pentru care este posibilă depășirea unei doze echivalente la cristalin de 5 mSv/an.

Studiile din ultimii ani AIEA privind cataracta, prin proiectul său RELID (în rândul personalului care lucrează în laboratoare de cateterism cardiac) au demonstrat creșterea prevalenței de opacități cristaliniene. Cu toate acestea, nu a fost clar dacă opacitățile apărute vor duce la apariția cataractei, a tulburărilor de vedere.

EVALUAREA RETROSPECTIVA A DOZEI, RELID – evaluarea retrospectiva a afectărilor cristaliniene și a dozelor

Evaluarea retrospectiva a afectărilor cristaliniene și a dozelor se realizează cu ajutorul personalului pentru a ajuta la estimarea dozei absorbite. Participantul este rugat să furnizeze informații cu privire la numărul de ani de muncă în radiologia intervențională, utilizarea ecranelor de protecție și a ochelarilor de poarta, sarcina de lucru în timpul fluoroscopiei și detalii cinematografice, precum și alte informații referitoare la tehnica pe care ar fi putut duce la expunerea cristalinului. Pe baza acestor informații este estimată doza absorbită. Disponibilitatea datelor cu caracter personal de monitorizare individuală ajută în evaluare. Localizarea personalului în sala de radiologie intervențională este, de asemenea, luată în considerare.

TESTAREA OFTALMOLOGICA

Oftalmologul testează ochii și scorurile de opacități subcapsulare posterioare utilizând scorurile Merriam-Focht. Scorul este de 0,5, 1,0, 1,5 și se face separat pentru fiecare ochi. Cuantificarea acestui scor al opacităților ajută în comparație cu doza de absorbție estimată și pentru a stabili corelarea datelor.

Criteriile de clasificare a opacităților cristaliniene LOCS II au fost folosite pentru a estima doza absorbită la pacienți supuși expunerilor medicale. S-au folosit și modele fantomă pentru a calcula experimental doza absorbită. Sistemul de clasificare a opacităților cristaliniene, versiunea II (LOCS II), folosește lampa cu fantă și transparente retroiluminare pentru evidențierea diferitelor grade ale cataractei nucleare, corticale, și subcapsulară. Sistemul utilizează mai multe standarde de clasificare (opalescență și culoare). LOCS II este ușor de învățat și poate fi aplicată în mod constant de diferiți observatori. S-a obținut o foarte bună reproductibilitate interobservatori în clasificările clinice. LOCS II este potențial util pentru studii transversale și longitudinale ale cataractei. Diagrama standardizată LOCS III arată clasificarea opalescenței nucleare / culoarea nucleară în rândul de sus, cataracta corticală în rândul din mijloc, și cataractă subcapsulară posterioară în rândul de jos.

EVALUAREA DOZEI ABSORBITĂ LA NIVELUL CRISTALINULUI

Evaluarea dozei absorbită la nivelul cristalinului nu este o problemă simplă. Tehnicile de măsurare actuale nu sunt dezvoltate în mod corespunzător și nu sunt disponibile pentru utilizarea de rutină. Astfel, estimările retrospective devin necesare. Din păcate, în întreaga lume se constată că nu sunt folosite măsurile corespunzătoare de protecție.

Lucrătorii din camerele în care se practica radiologia intervențională (staff-ul medical și paramedical), stau lângă sursa de radiații X timp îndelungat, mai multe ore pe zi în timpul procedurilor medicale. Riscul de apariție a cataractei este mare dacă nu sunt folosite metode de radioprotecție.

Din 2011 pragul de doză absorbită la nivelul cristalinului a fost stabilit la valoarea de 0,5 Gy.

Estimările arată că doza cumulată pe parcursul unei vieți profesionale la lucrătorii din radiologia intervențională poate depăși această doză, dacă nu se aplică măsurile de radioprotecție.

Comisia recomandă acum:

- o limită a dozei echivalente pentru cristalin de 20 mSv într-un an, în medie pe o perioadă definită de 5 ani, cu nici un singur an de peste 50 mSv ”;
- să revizuiască datele din literatură de specialitate privind în mod special rolul posibil al vârstei de expunere cu privire la riscul de cataractă.

Rezultatele au sugerat că expunerea cronică la doze mici ar putea induce modificări minore cristaliniene, în special la subiecții tineri.

LIMITELE DE DOZĂ PENTRU EXPUNEREA PROFESIONALĂ

Limita de doză echivalentă pentru cristalin este 20 mSv într-un singur an sau 100 mSv pentru orice perioadă de cinci ani consecutivi sub rezerva unei doze maxime de 50 mSv într-un singur an, astfel cum se specifică în legislația națională actuală (NFSR);

Limitele de doză pentru expunerea profesională	Lucrători expuși (peste 18 ani)	Ucenici și studenți (16-18 ani)	Expunerea publică
Doza efectivă	20 mSv	6 mSv	1 mSv
Doza echivalentă pentru cristalin	150 mSv Reducere la 20 mSv	50 mSv Reducere la 15 mSv	15 mSv
Doza echivalentă pentru piele	500 mSv (doza medie pentru orice suprafață de 1cm ²)	150 mSv (doza medie pentru orice suprafață de 1cm ²)	50 mSv (doza medie pentru orice suprafață de 1cm ²)
Doza echivalentă pentru extremități	500 mSv	150 mSv	---

Limitele de doză pentru ucenici și studenți

Pe lângă limita de doză efectivă prevăzută, se aplică următoarele limite de doză echivalentă: (a) limita de doză echivalentă pentru cristalin este 15 mSv pe an;

- limita de doză echivalentă pentru piele este 150 mSv pe an, calculată ca medie pentru orice suprafață de 1 cm², indiferent de suprafața expusă;
- limita de doză echivalentă pentru extremități este 150mSv pe an.
- În majoritatea cazurilor, în radiologia/cardiologia intervențională se

lucrează în câmpuri neuniforme de radiații (valorile echivalentului de doză la cristalin diferă semnificativ de la un ochi la celălalt).

Valorile dozelor la nivelul întregului organism, raportate de dozimetrele individuale purtate sub șorț sunt mici, mult sub limita derivată lunară de 1,7 mSv. Cu toate acestea, dozele primite la cristalin de unele persoane expuse se situează peste valoarea de 1,7 mSv/lună ceea ce ar conduce la depășirea limitei anuale de 20 mSv/an pentru doza echivalentă la cristalin, conform prevederilor directivei 2013/59/EURATOM.

CONCLUZII

În conformitate cu Shore (Shore et al, 2010), o problemă importantă în scopuri de radioprotecție este nivelul de doză în care expunerea este asociată cu apariția opacităților și modificările în funcție de vârstă. Mai multe studii diferite au raportat că expunerea la o vârstă timpurie conferă mai multe riscuri pe unitate de doză absorbită decât expunerea la o vârstă mai târzie.

Pentru Ainsbury (Ainsbury 2009), importanța vârstei de expunere este evidentă într-o serie de studii, în special pentru opacități posterioare subcapsulare.

Din păcate, în întreaga lume se constată că nu sunt folosite măsurile corespunzătoare de radioprotecție.

Dacă vom avea un sprijin suplimentar pentru examenele oftalmologice și în reconstrucția dozei, un studiu epidemiologic bine conceput are potențialul de a oferi sprijin statistic suplimentar pentru aceste constatări.

REALIZĂRI MBT ÎN DOMENIUL IMAGISTICII MEDICALE ȘI NON MEDICALE

D. P. Munteanu - MB Telecom Ltd.

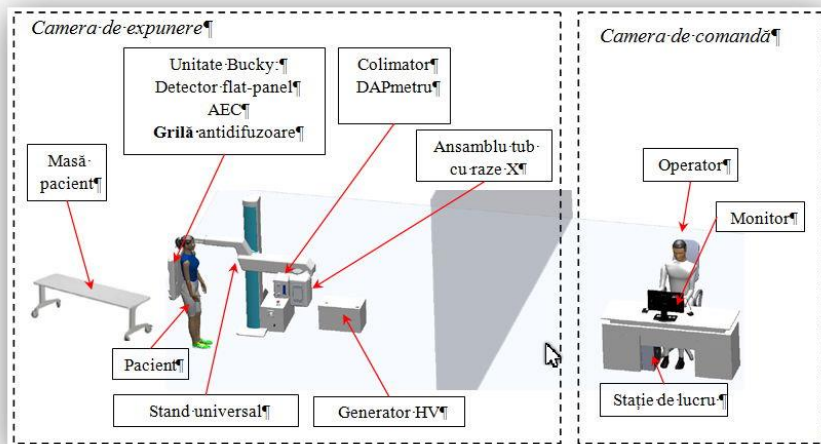
Activitățile nucleare de realizare a unei instalații radiologice digitale de radiodiagnostic grafie au demarat începând cu anul 2013 la sediul MB Telecom Ltd în cadrul Laboratorului de Fizica Particulelor, într-un spațiu special amenajat al CEECAI autorizat de CNCAN pentru realizarea și testarea de instalații radiologice digitale medicale de uz general tip SARED [1].

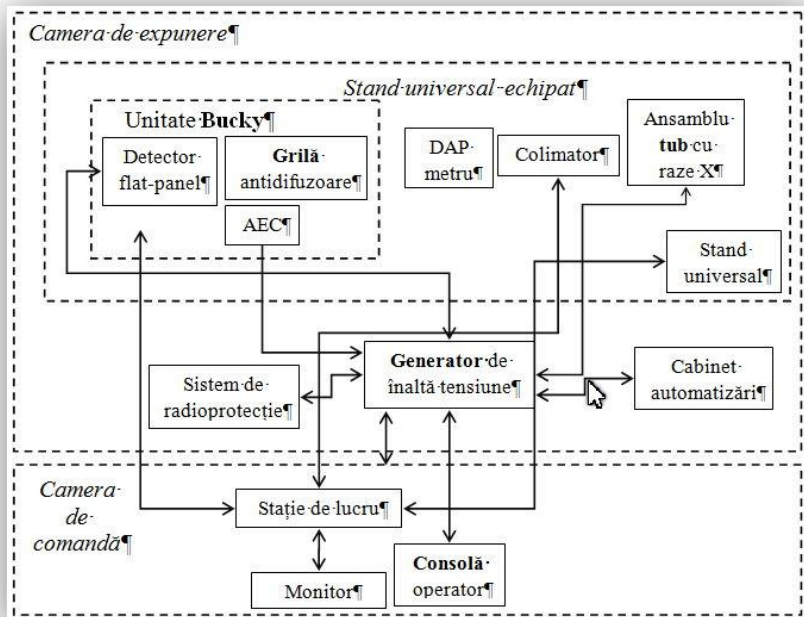


Testarea finală a produsului se realizează într-o incintă special amenajată, similară cu incinta unui cabinet de radiodiagnostic, pentru care a fost obținută autorizata CNCAN de amplasare-construcție și ulterior cea de manipulare instalații de radiodiagnostic. De asemenea a fost obținută autorizația de securitate radiologică de produs, după testarea finala a prototipului sub autoritatea unui expert independent;



Schema bloc și de componență a sistemului este reprezentat mai jos:





În prezent este în curs de implementare sistemul de management al calității specific pentru dispozitivele medicale conform ISO 13485 și certificarea acestuia de către un organism european notificat, respectiv DQS din Germania [2].

Caracteristicile și specificațiile tehnice ale acestui aparat radiografic digital de ultima generație sunt detaliate în prospectul instalației și modul prietenos de utilizare în manualul de operare:





Principalele specificații tehnice sunt [3,4]:

Poziționări stand universal

- Cursa braț pivotant: 1085 mm
- Rotire braț : -30° / +120°
- Cursa braț tub de raze X: 560 mm
- Distanță focar-detector (DFD) : Min. 1000 / Max.: 1800
- Rotire braț detector: ±45°

Colimator

- Limitare voleți < 2% din DFD
- Coincidență câmp luminos cu câmpul de radiație < 3% din DFD
- Coincidență centru câmp de radiație cu centru detector < 2% DFD
- Coincidență centru câmp luminos cu centru detector < 1 % DFD

Performanțe imagistice

- Retenția imaginii: < 0.5%
- Repetabilitate: < 20 %
- Uniformitate: < 20 %
- Erori de scalare: < 1%
- Rezoluția de contrast ridicat: > 2.8 lppm

Reproductibilitate, liniaritate și HVL

- Reproductibilitate: R < 0.045
- Liniaritate: L < 0.095
- HVL: > 2.9 mm Al

Filtrare totală permanentă

- Filtrare totală permanentă: > 2.5 mm Al

Protecție cupolă

Debit radiație de scăpări < 1mGy/h

Parametri de expunere

Tensiune tub: 40÷150 kV

Curent tub: 10 ÷ 630 mA

Produs curent-timp: 0.1 ÷ 630 mAs

Controlul automat al expunerii (AEC)

Timpe de expunere maxim < 6s

Limitare supraexpunere < 600 mAs

Repetabilitate AEC < 40%

Compensarea cu variația grosimii < 40%

Greutăți

Greutate stand universal echipat: 620 kg

Greutate generator: 70 kg

Greutate masă pacient: 60 kg

DAP metru

Afișaj digital

Precizie DAPmetru < 10%

Masă pacient

Înălțime: 70 kg

Greutate maximă pacient: 250 kg

Acoperire pacient: 190 cm

Suprafața de utilizare

Suprafața cameră expunere: 12 mp (tipic 3m x 4m)

Suprafața cameră operare: 4 mp (tipic 2m x 2m)

Clasificare:

Dispozitivul intră în clasa de risc „**IIb**” Conform directivei MDD 93/42/EEC, Anexa IX, Regula 10, amendată de 2007/47/EC of 5 September 2007 [5].

CONCLUZII

Aparatul va intra în producție de serie în cursul anului 2016, prin aceasta MB Telecom Ltd extinzându-și domeniul de activitate ca producător și furnizor de echipamente medicale.

Utilizarea aparatului este posibilă fie în unitățile de radiodiagnostic medicale fie în cele de imagistica non medicală pentru investigațiile non medicale ce utilizează echipamente medicale, conform art. 55 și Anexa V din directiva 2013/59 EURATOM [6].

Bibliografie:

[1] Legea nr. **111/1996** Privind desfășurarea în siguranța, reglementarea, autorizarea și controlul activităților nucleare, republicată în 2006, cu modificările și completările ulterioare.

[2] **SR EN ISO 13485:2012** Dispozitive medicale. Sisteme de management al calității. Cerințe pentru scopuri de reglementare, iulie 2012.

[3] **SR EN 60601-1**, Aparate electromedicale, Cerințe generale de securitate

de bază și performanțe esențiale, noiembrie 2009 (IEC 60601-1:2006 Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance)

[4] **SR EN 60601-1-3**, Aparate electromedicale, Cerințe generale de securitate de bază și performanțe esențiale, Standard colateral: Protecția împotriva radiației la aparatele de diagnostic cu radiații X, septembrie 2008 (IEC 60601-1-3:2008+AMD1:2013 CSV Consolidated version, Medical electrical equipment - Part 1-3: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Radiation protection în diagnostic X-ray equipment)

[5] Directiva europeană pentru dispozitive medicale, “Council Directive **93/42/EEC** of 14 June 1993 concerning medical devices”, amendată de Council Directive 2007/47/EC of 5 September 2007.

[6] Council Directive **2013/59/EURATOM** of 5 December 2013, Laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation

IMPLICAREA MBT IN PROCESUL DE ACTUALIZARE A REGLEMENTARILOR DIN DOMENIUL NUCLEAR

Dr.Ing. Anton Coroianu- *MB Telecom Ltd.*

Reglementările nucleare sunt într-un proces continuu de actualizare ținând cont de evoluția domeniului și adoptarea noilor Directive Euratom.

Conform practicii legislative existente în România [1] emitentul reglementării respective, fie că este o lege, o hotărâre de guvern sau o reglementare ce se aproba prin ordin al sefului autorității respective, trebuie să publice pe situl instituției respective un anunț privind proiectul de act normativ; Acesta trebuie să conțină: data afișării, o nota de fundamentare, o expunere de motive, un referat de aprobare privind necesitatea adoptării actului normativ propus, un studiu de fezabilitate sau de impact după caz, textul complet al proiectului actului normativ precum și termenul limita , locul și modalitatea în care cei interesați pot trimite în scris propuneri, sugestii, opinii cu valoare de recomandare privind actul normativ;

Proiectele de acte normative cu relevanta asupra mediului de afaceri se transmite de inițiator asociațiilor de afaceri și altor asociații legal constituite, pe domenii specifice de activitate, cu 30 de zile lucrătoare înainte de supunerea spre avizare de către autoritățile publice;

Deosebit de importanta este prevederea art.7 al (9) „Autoritatea publica în cauza este obligată să decidă organizarea unei întâlniri în care să se dezbată public, proiectul de act normativ, dacă acest lucru a fost cerut în scris, de către o asociație legal constituită sau o autoritate publică”;

În termen de 10 zile calendaristice de la încheierea dezbaterii publice, conform [1] art. 7 al (10) literă d) , se asigură accesul public pe site-ul autorității publice și la sediul autorității publice responsabile la următoarele documente: minuta dezbaterii publice, recomandările scrise colectate, versiunile îmbunătățite ale proiectului de act normativ în diferitele etape ale elaborării, rapoartele de avizare, precum și versiunea finala a actului normativ;

În practica curentă a MBT figurează accesarea săptămânală a sitului [www. cncan.ro](http://www.cncan.ro) și urmărirea proiectelor de acte normative prezente pe situl CNCAN;

În cursul anului 2015 am transmis observații și am participat la dezbaterea publica a următoarelor proiecte de reglementări în domeniul nuclear inițiate de CNCAN, cu impact semnificativ asupra activității desfășurate de MBT:

- „Hotărâre privind aprobarea Regulamentului de taxe și tarife de autorizare și control al activităților nucleare”
- “Ordin privind aprobarea cerințelor de autorizare a activităților de manipulare și extinderii limitelor autorizațiilor de manipulare a instalațiilor radiologice”;

Dezbaterile respective au fost utile și au mobilizat mulți factori interesați, persoane fizice, persoane juridice și organizații profesionale legal constituite sau autorități publice;

Dezbaterile au relevat deschiderea, receptivitatea și transparența decizională a CNCAN;

Așteptăm continuarea și finalizarea acestor dezbateri ținând cont de recomandările transmise și alinierea la standardele de calitate și practicile organismelor de reglementare în domeniul nuclear din Comunitatea Europeană;

Este importanta alinierea legislației nucleare naționale la legislația și practica europeană și eliminarea din legislația actuală a suprareglementărilor și autorizărilor inutile;

În final consideram că titularii de autorizații, societățile profesionale ale medicilor, fizicienilor și inginerilor de specialitate precum și Societatea Română de Radioprotecție, societate profesională legal constituită, trebuie să se implice direct, conform art. 7 al [1] în procesul de elaborare și actualizare a legislației din domeniul nuclear mai ales că urmează ca până în 2018 să se adopte în legislația națională Directiva 2013/59/EURATOM [2].

Bibliografie;

[1] Legea Nr.52/2003 privind transparența decizională în administrația publică, cu modificările și completările ulterioare;

[2] Directiva 2013/59/EURATOM.



SOCIETATEA ROMÂNĂ DE RADIOPROTECȚIE



SCURT ISTORIC ȘI PRINCIPALE REALIZĂRI ALE SRRP LA 25 DE ANI

Constantin Milu, Ion Chiosilă și Nicolae Mihail Mocanu - SRRp

Societatea Română de Radioprotecție (SRRp) este organizația ne-guvernamentală a specialiștilor în protecția împotriva radiațiilor ionizante.

Date despre înființarea SRRp.

Imediat după accidentul nuclear de la Cernobîl (din 26 aprilie 1986), din inițiativa Prof.Dr. Mircea ONCESCU, s-a organizat Seminarul „Radioactivitatea și dozimetria mediului ambiant” la sediul IFIN București-Măgurele. În cadrul seminarului, specialiștii în domeniul radioactivității mediului și igienei radiațiilor ionizante au prezentat numeroase lucrări și referate legate de efectele accidentului asupra țării noastre (contaminarea factorilor de mediu, a apei potabile și alimentelor, doze efective primite de populația țării noastre etc.). Seminarul s-a bucurat de o participare numeroasă a specialiștilor din domeniu, unele din lucrările prezentate fiind apoi publicate în reviste de specialitate din țară și din străinătate.

Cu ocazia celei de a 8-a ședințe a seminarului, din data de 30 mai 1990, specialiștii prezenți au hotărât înființarea SRRp. Primul președinte al Consiliului de Conducere a SRRp a fost Prof.Dr. Mircea ONCESCU.

Scopul SRRp este de a dezvolta și populariza pe plan național aspecte științifice, tehnice, medicale și legislative din domeniul radioprotecției.

SRRp dezbate rezultatele cercetărilor obținute în protecția contra radiațiilor ionizante și în domenii conexe, în cadrul întrunirilor anuale sau prin participările specialiștilor săi la conferințe/congrese internaționale. Rezultatele dezbaterilor, oglindite în publicațiile de specialitate, contribuie la conștientizarea, instruirea și educarea populației din țara noastră.

Implicarea SRRp în informarea societății civile din România.

SRRp a organizat mai multe simpozioane de radioprotecție, dintre

care unele s-au finalizat și prin publicarea în 1994 și 1995 a două cărți bilingve (română și engleză): **Radioactivitatea naturală în România și Radioactivitatea artificială în România**. Specialiștii săi au mai publicat și alte cărți, precum și numeroase articole în presa centrală și locală, respectiv în reviste de protecția mediului. De asemenea, specialiștii din SRRp au participat la numeroase emisiuni la radio sau televiziune unde au prezentat și dezbătut aspecte legate de efecte ale radiațiilor ionizante și probleme de radioprotecție. Atenție deosebită s-a acordat efectelor Accidentului de la Cernobîl (1986) în România, problemelor legate de Accidentul nuclear de la Fukushima – Japonia din 2011, precum și cea legată de funcționarea reactoarelor nucleare energetice sau de cercetare din Europa.

Încă de la început, SRRp a fost un susținător al dezvoltării energeticii nucleare din România, în condiții de siguranță pentru expușii profesional, populație și mediu. Atitudinea sa corectă a fost apreciată pozitiv de cei implicați direct în domeniu, specialiștii SRRp fiind solicitați de energeticienii nucleariști la diverse dezbateri publice.

Specialiștii din SRRp lucrează în cele două rețele de supraveghere a contaminării radioactive a factorilor de mediu, a apei potabile/alimentelor din Ministerul Mediului, respectiv din Ministerul Sănătății, cât și în institute de cercetare sau de învățământ (IFIN-HH Măgurele, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj Napoca etc.), respectiv din obiective nucleare mari (CNE Cernavodă, ICN și FCN Pitești-Mioveni).

De la înființare, SRRp a organizat în fiecare an conferințe naționale cu tematici pe probleme de radioprotecție unde au fost prezentate referate, lucrări și postere de către specialiștii săi. Conferințele s-au bucurat de o prezență numeroasă a celor care lucrează în domeniul radioprotecției constituind un bun schimb de informații între specialiștii săi, precum și cu alte persoane/personalități invitate. La majoritatea conferințelor SRRp au participat specialiști în radioprotecție din Republica Moldova, dar și de la alte societăți de radioprotecție din Europa, Canada, Argentina și Japonia.

Ca urmare a punerii în funcționare a celor două reactoare energetice de la Cernavodă (1996 și 2007), a funcționării unor reactoare de cercetare (IFIN-HH până în 1998, respectiv TRIGA – Pitești-Mioveni), cât și a CNE Kozlodui din Bulgaria la sud de Dunăre, a apărut necesitatea acordării unei atenții deosebite, de către specialiștii SRRp, a aspectelor legate de supravegherea contaminării radioactive a factorilor de mediu, respectiv de asigurare a datelor de radioactivitate necesare luării unor decizii rapide de intervenție în urgența radiologică. Aceste problematici au fost dezbătute în

mai multe conferințe naționale ale SRRp, dar mai ales în cele din 2012 și 2013 cu tematicile: **“Monitorizarea individuală și dozimetria de mediu – componente importante ale culturii de radioprotecție”**, respectiv **“Informarea și educarea publicului pentru situații de urgență radiologică”**.



O parte a membrilor SRRp participanți la Congresul IRPA 9 de la Viena – 1996



Participanții la Conferința Națională a SRRp de la Sovata - 200



Conferința națională Cluj - Napoca 2006



O parte din participanții la Conferința SIEN – SRRp din 2013

SRRp publică toate prezentările de la conferințele anuale în broșuri, care se constituie în materiale de informare și referințe bibliografice pentru specialiști.



Prezidiul Conferinței Regionale IRPA de la Brașov din 2007 - de la stânga la dreapta: C. Milu – președinte SRRp, L. Mihai – director MS, P. Metcalf – președinte IRPA, A. Coroianu – director CNCAN și E. Banches – director ANEA



Participanții la Conferința Regională IRPA de la Brașov din 2007 - în primul rând , de la stânga la dreapta: A. Gonzalez (AIEA) , Annie Sugier (ICRP) și A. Janssens (Comisia Europeană)

Apreciată în mod deosebit a fost organizarea de către SRRp, la Brașov, în perioada **24-28 Septembrie 2007**, a **Congresului Regional IRPA pentru Europa Centrală și de Est**, având tema „**Aspecte Regionale și Globale de Protecție Radiologică**”. La acest congres au fost abordate probleme noi legate de expunerea la radiația ionizantă, reglementările și politicile în protecția radiologică, de la cerințe internaționale, la aspectele regionale. Sunt de evidențiat „Keynote lecture” a Prof. Bernadette L. Kirk din SUA, prezentările din cadrul Forumului Organizațiilor Internaționale (condus de Dr. Phil Metcalf, Președinte IRPA în acel moment) și cele de la sesiunea plenară ICRP (Dr. Annie Sugier, președinte Comitet 4 , Dr. Wolfgang Weiss și Jacques Lochard), precum și lecțiile ținute de Dr. Robert H. Corbett (UK), Jim Malone (Irlanda), Prof. Jerzy Jankowski (Polonia), Prof. Manfred Tschurlovits (Austria) și Dr. Rodolfo E. Touzet (Argentina). În total au participat 330 specialiști din țară și din străinătate (din 27 țări și de la diverse organisme internaționale: OMS - Geneva, AIEA - Vienna, IRPA și UE - Luxembourg). Congresul din 2007 de la Brașov s-a bucurat de un real succes internațional și de o participare numeroasă a specialiștilor români care au prezentat 24 lucrări în plen, precum și 90 postere. Președinte al Congresului internațional a fost Dr. fiz. Constantin MILU, președintele executiv de mai mulți ani al SRRp.

Afilieri și colaborări internaționale și interne cu ONG-uri de profil.

SRRp este membră a Asociației Internaționale pentru Protecție Radiologică (IRPA) din iunie 1992. De atunci, specialiștii SRRp au participat la congresele internaționale organizate de IRPA sau la congrese regionale cu lucrări de specialitate. Sunt de menționat participările importante la Congresele Internaționale: IRPA 9 la Viena (Austria) în 1996 unde au participat 21 membri ai SRRp care au prezentat 42 lucrări sau postere, IRPA 12 la Buenos Aires (Argentina) în 2008, IRPA 13 la Glasgow (Scoția) în 2012 unde au participat 14 specialiști iar președintele executiv SRRp a fost numit membru al comitetului internațional de program și raportor la o sesiune științifică, precum, și la Al 3-lea Congres European IRPA la Helsinki (Finlanda) în 2010. La fiecare congres IRPA, SRRp a nominalizat delegați pentru participarea la Adunarea Generală IRPA și la Forum-ul Societăților afiliate și prin președintele sau executiv a avut intervenții apreciate pozitiv. SRRp a avut contribuții la dezvoltarea radioprotecției pe plan internațional



Exprimarea unor opinii la Conferința Națională a SRRp din 2014 - București



Președintele executiv SRRp în vizită științifică la CNE Fukushima Daiichi-Japonia în dec.2013

Cea mai recentă participare a fost la cel de al 4-lea Congres European IRPA, care a avut loc la Geneva (Elveția), în perioada 23 – 27 iunie 2014. Din partea SRRp au fost 13 participanți cu 11 postere și două lucrări în sesiuni, din care una la sesiunea tinerilor cercetători. SRRp a susținut financiar participarea a 5 membri, inclusiv a unui tânăr medic din Republica Moldova.

Președintele executiv SRRp, Dr. fiz. Constantin MILU, a fost

președinte la două sesiuni cu tematică în domeniul protecției lucrătorilor, a făcut o prezentare a SRRp în cadrul Forum-ului Societăților Asociate la IRPA și a fost selectat în Grupul de bază pentru organizarea ediției următoare a Congresului Internațional IRPA (IRPA 14) , care va avea loc la Cape Town (Africa de Sud), în 2016. La solicitarea Renatei Czarwinski, președintele IRPA, SRRp va pregăti pentru IRPA 14 un POSTER de prezentare a SRRp, în cadrul unei secțiuni speciale de sărbătorire a 50 de ani activitate IRPA.

SRRp colaborează intens cu Asociația Română Energia Nucleară (AREN) la organizarea a diverse manifestări științifice sau de popularizare a cunoștințelor legate de utilizarea energiei nucleare în diverse scopuri pașnice cu asigurarea măsurilor de radioprotecție, inclusiv pentru elevi de liceu din școlile bucureștene și organizarea de manifestări științifice comune, în cadrul Simpoziunelor Internaționale SIEN.

O bună colaborare există și cu Societatea Română de Medicina Muncii, printre acțiuni aflându-se instruirii comune pentru specialiști și organizarea unei Conferințe Naționale comune.

SRRp, alături de AREN, a semnat contracte de colaborare cu Societatea Nucleară Americană (ANS), care cuprinde și invitarea reciprocă de specialiști la manifestările științifice proprii. În *The ANS Globe* nr. 21 din iunie 2014, ANS a publicat un articol al Președintelui executiv SRRp despre vizita sa științifică la CNE Fukushima (Japonia) , în decembrie 2013.

Alte colaborări fructuoase au fost cu Societatea Japoneză de Protecție Radiologică și cu Societatea Canadiană de Protecție Radiologică; cu ultima, există chiar o convenție specială de co-operare, ținând seama de sistemul comun de energie nucleară din cele două țări, tip CANDU.

Aspecte organizatorice.

SRRp este organizată și funcționează în baza legislației în vigoare.

Organul de conducere este Adunarea Generală a membrilor SRRp care se ține anual; la doi ani, Adunarea Generală își alege Consiliul de conducere care organizează activitatea SRRp între adunări. În 2013 a fost ales actualul consiliu, format din 15 membri , din care un președinte executiv (Dr. fiz. Constantin MILU), trei vicepreședinți (Dr. Felicia-Steliana POPESCU, Dr. biol. Ion CHIOSILĂ și Dr. fiz. Vasile SIMIONOV) și un secretar (Ing. Veronica ANDREI), precum și o comisie de cenzori cu un trezorier.

Consiliul de Conducere al SRRp a aprobat anual susținerea financiară prin plata taxei de participare pentru 2 – 5 din membrii săi necesară participării la Congresele IRPA sau la alte manifestări științifice de

radioprotecție.

Numărul membrilor SRRp a suferit mari fluctuații de la înființare și până în prezent; la 1 ianuarie 2015 un număr de 85 persoane erau cu cotizația anuală plătită trei ani consecutivi și au fost considerați „membrii activi” ai societății.

Din anul 2010 este creat un *site* (www.srrp.ro) pentru toți membrii SRRp , cât și pentru public (acces deschis), care face cunoscute activitățile societății, realizând și posibilități de dezbateră cu publicul a aspectelor de protecție radiologică. *Site*-ul prezintă toate proiectele realizate de la înființare, precum și tematica/conținutul conferințelor anuale ale SRRp, inclusiv de la congresele IRPA. *Site*-ul permite și realizarea unui sistem operativ de informare și comunicare cu membri activi ai SRRp, prin partea parolată, unde sunt prezentate materiale și informații științifice relevante.



PROIECTE REALIZATE DE SOCIETATEA ROMÂNĂ DE RADIOPROTECȚIE ÎN ULTIMII 25 DE ANI

- Simpozion: **Modificări ale expunerii la radiația naturală ca urmare a activității umane – factor de risc pentru sănătate**, Oradea, 1993.
- Workshop: **Radioactivitatea artificială, radioactivitate produsă de om și lecții post-Cernobâl**, Sinaia, 1994;
- Simpozion: **Accidentul nuclear - management și impact asupra mediului înconjurător și sănătății omului**, București, 1994;
- Publicarea sub egida SRRp a lucrării: ”Radioactivitatea naturală în România” – în lb. Româna și lb. Engleză – 174 pag. – București, 1994;
- Simpozion: **Centenar ROENTGEN**, Cluj - Napoca, 1995;
- Simpozion: **Aspecte privind protecția împotriva radiațiilor în utilizarea**

- apelor geotermale**, Băile Herculane, 1995;
- Publicarea sub egida SRRp a lucrării: ”Radioactivitatea artificială în România” – în lb. Română și lb. Engleză – 264 pag. – București, 1995;
 - Simpozion: **Radioprotecția în ciclul producerii combustibilului nuclear**, Piatra Neamț, 1996;
 - Simpozion: **Centenar BECQUEREL**, București, 1996;
 - Participarea la Congresul **IRPA 9, Viena (Austria)**, 1996;
 - Workshop: **Energia nucleară în România - risc potențial pentru mediul înconjurător și sănătatea omului**, București, 1996;
 - Publicarea, în limba Română a Publicației ICRP 60 (**Recomandările din 1990 ale Comisiei Internaționale de Protecție Radiologică**) – 212 pag.;
 - Publicarea, sub egida SRRp și SRF a broșurii ”**Conceptele Radioprotecției**” de Mircea Oncescu cu ocazia Centenarului Horia Hulubei – 82 pag.;
 - Conferința națională cu participare internațională: **Protecția împotriva radiațiilor și educația pentru siguranța nucleară**, Sibiu, 1997;
 - **Distribuția în cadrul proiectului EU-ECHO a 1.720.000 tablete de iod către personalul de urgență și populație în zonele de risc nuclear**, în anul 1997, cu extensie până în 30.11.2004;
 - **Trei monitoare publice de radiații cu afișaj digital de mari dimensiuni**, instalate în București, Craiova și Cernavodă, în anul 1998;
 - Conferința națională cu participare internațională: **Radioactivitatea naturală**, Tușnad, 1998;
 - Conferința națională cu participare internațională: **Radioprotecție. Securitatea surselor și a materialelor radioactive**, Mamaia, 1999;
 - Participarea la Congresul **IRPA 10, Hiroshima (Japonia)**, 2000;
 - Conferința națională cu participare internațională: **Radiații, viața și mediul înconjurător**, Sinaia, 2000;
 - Conferința națională cu participare internațională: **Protecția radiologică în al III-lea mileniu**, Vatra Dornei - Suceava, 2001;
 - Conferința națională cu participare internațională. **Riscuri asupra sănătății induse de radioactivitate**. Băile Felix Oradea, 2002;
 - Conferința națională cu participare internațională. **Protecția radiologică și integrarea europeană**. Sovata Mureș, 2003;
 - Conferința națională cu participare internațională. **Aspecte practice**

privind implementarea recomandărilor UE și IRPA în domeniul radioprotecției. Iași, 2004;

- Conferință națională cu participare internațională. **Doze mici de radiații: concepte, efecte și riscuri asociate.** Timișoara, 2005 ;
- Conferință națională cu participare internațională. **Radioprotecția în România: de la cerințe legislative la practică.** Cluj-Napoca, 2006
- Congresul Regional IRPA pentru Europa Centrală și de Est „**Aspecte regionale și globale de radioprotecție**” Brașov, 2007
- Publicarea volumului cu rezumatele lucrărilor prezentate la Congresul IRPA și SRRp ”**Aspecte regionale și globale de radioprotecție - 2007**” – 352 pag., ISBN 10 973-87778-3-6 și a unui CD – distribuite tuturor participanților la acest Congres Internațional;
- Participare la Congresul **IRPA 12, Buenos Aires (Argentina)**, 2008;
- Conferință națională cu participare internațională. **Radiațiile ionizante și sănătatea.** Galați, 2008
- Conferință națională. **Triajul, monitorizarea și tratamentul persoanelor expuse la radiația ionizantă ca urmare a unui act răuvoitor.** Olănești - Vâlcea , 2009;
- Conferință națională. **Protecția în expunerea profesională la radiații ionizante.** București , 2010 și publicarea volumului cu rezumatele lucrărilor prezentate – 50 pag., SRRp și SRMM, Editura Etna, ISBN 978-973-1975-39-3;
- Conferință națională. **Conceptul - Cultura de Radioprotecție și rolul său în protecția populației și a mediului.** București, 2011 și publicarea volumului cu rezumatele lucrărilor prezentate – 114 pag., Ed. Etna, ISBN 978-973-1975-30-0;
- Participare la Congresul **IRPA 13 , Glasgow (Scoția)**, 2012;
- Conferință națională. **Informarea și educarea publicului pentru situații de urgență radiologică.** București, 2012 și publicarea volumului cu rezumatele lucrărilor prezentate – 52 pag., Editura Etna, ISBN 978-973-1795-01-0;
- Conferință națională. **Monitorizarea individuală și dozimetria de mediu - componente importante ale culturii de radioprotecție.** București , 2013; Lucrările prezentate se regăsesc în CD-ul SIEN;
- Participare la cel de la 4-lea Congres **European IRPA, Geneva (Elveția)**, 2014;

- Conferința națională **ACTUALITATI IN RADIOPROTECTIE :**
Directiva Consiliului Europei Nr.2013/59/Euratom , București, 2014 și publicarea volumului cu lucrările selectate prezentate – 128 pag., Editura Etna, ISBN 978-973-1795-60-7.
- Conferința națională **ASPECTE PRACTICE ȘI LEGISLATIVE CE DECURG DIN DIRECTIVA CONSILIULUI EUROPEI NR.2013/59/EURATOM, PRIVIND OPTIMIZAREA RADIOPROTECȚIEI POPULAȚIEI** , București, 2015 și publicarea volumului cu lucrările selectate – Edditura Etna, 160 pag., ISBN 978-973-1795-88-1,

MIRCEA ONCESCU, PIONIER AL RADIOPROTECȚIEI ÎN ROMÂNIA

Maria Sahagia, SRRp - Institutul National de C&D pentru Fizica și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”, IFIN-HH

Oamenii dispar, dar realizările lor rămân.

10 ani de la dispariția Profesorului și 25 de ani de la înființarea Societății Române de Radioprotecție.

Odată cu instalarea Reactorului Nuclear (RN) de Cercetare de tip VVRS, și a Ciclotronului de tip U120, la Institutul de Fizica Atomică (IFA), problemele de radioprotecție au devenit o preocupare de bază în acest institut. Ele erau legate de asigurarea radioprotecției pentru primele instalații nucleare din România, al căror număr a crescut pe parcursul timpului, și pentru personalul care dezvoltă activități de cercetare și aplicații ale noilor tehnici.

Un domeniu cu mare impact a fost acela al producției de radioizotopi la RN și aplicarea lor în toate domeniile importante de activitate din România. Tehnicile nucleare bazate pe utilizarea radioizotopilor (radionuclizilor) au fost abordate în “Pavilionul Oncescu”, așa cum este cunoscut și în prezent, în cadrul “Secției a IV-a – Aplicații ale izotopilor radioactivi” de către membrii “Familiei Oncescu”, pe care Profesorul, apelat de toată lumea simplu ”Domnu’ Oncescu” a format-o și a coordonat-o cu multă competență și dragoste.

Radioprotecția în acest domeniu special este o problemă complexă, implicând măsurarea dozelor de radiații, măsurarea activității surselor radioactive, calculul dozelor pentru diferite tipuri de surse, urmată de luarea de măsuri pentru protecția persoanelor și a mediului. În acest scop, Profesorul a înființat primele laboratoare de metrologia radiațiilor ionizante, încă din anii ’60, pentru măsurarea mărimilor fundamentale: doza absorbită și activitatea unei surse radioactive. Este remarcabil faptul că chiar din acel moment au fost dezvoltate metode și instalații de măsurare absolută, prilejuind laboratorului să se situeze în elita mondială, loc pe care și-l menține și în prezent; au fost publicate lucrări științifice, care mai sunt citate și în prezent în literatura.

Profesorul a desfășurat o intensă activitate didactică, atât în învățământul superior, cât și în IFA, în cadrul nou înființatului departament de instruire a personalului din domeniul nuclear, cunoscut în public sub denumirea de Curs de Utilizare a Izotopilor Radioactivi (CUIR), a cărui

tradiție se continuă și astăzi, și a fost inițiatorul Comisiei pentru Îndrumarea Unităților Nucleare (CICUN), precursora CNCAN-ului de astăzi. A fost un remarcabil conducător de doctorate, începând din anul 1970, îndrumând mulți doctoranzi care au abordat subiecte de radioprotecție. A desfășurat o intensă activitate de scriere (dar și de inițierea altor autori) de cărți destinate acestui domeniu. Cărțile, scrise cu un mare talent pedagogic, extrem de bine documentate și riguroase, se constituie și în prezent în lucrări de referință, prezente în orice lista bibliografică. Este demnă de remarcat adeziunea sa totală la introducerea în activitate a computerului și a metodelor de simulare Monte Carlo, într-o perioadă de început a acestora, devansându-si mulți contemporani.

O preocupare constantă în activitatea Profesorului a fost măsurarea activității mediului ambiant, pentru care a fost înființată, sub coordonarea IFA, prima rețea formată din cinci laboratoare, precursora Rețelei Naționale de Radioactivitatea Mediului din prezent, în perioada testelor nucleare în atmosferă. Deși în anii 1970 -1986 radioactivitatea ambianta a scăzut simțitor, nemaifiind o preocupare de top, socul accidentului de la centrala Cernobil a readus în plin plan acest subiect. În perioada de maximă concentrație radioactivă în România, Profesorul a fost solicitat să preia coordonarea tuturor echipelor care efectuau și raportau măsurări la IFIN (continuatorul IFA în domeniu). Din aceasta experiență, Domnia Sa a sesizat că subiectul necesita a fi tratat de specialiști instruiți în mod special, cu instalații de măsură adecvate, etalonate corespunzător. Așa a luat ființă Seminarul de Radioactivitatea Mediului, desfășurat la IFIN în perioada 1986 -1990, la care participau un mare număr de specialiști din toate țara și din toate instituțiile implicate. Acest seminar a fost apreciat enorm de participanți, care făceau eforturi mari (călătorind noaptea cu trenul, de la mari distanțe) ca să participe. Perioada aceasta a constituit un real progres în domeniu. Așa s-a născut ideea de a se continua acțiunea într-o formă organizată, în cadrul unei organizații profesionale. Sufletul activităților legate de înființarea sa a fost Profesorul, iar **la data de 30 mai 1990 a luat ființa Societatea Romana de Radioprotecție (SRRp), care își continuă și astăzi cu succes activitatea de cercetare, dezvoltare de aplicații, suport pentru organisme de reglementare, dar mai ales de educare a specialiștilor și publicului în domeniu.** Sunt de menționat două lucrări de sinteză, elaborate sub egida SRRp, publicate la Ed. Horia Hulubei, privind radioactivitatea în România în perioada 1990 – 1994 și existența, pe parcursul mai multor ani, a unei rubrici dedicate SRRp în revista Curierul de Fizica.

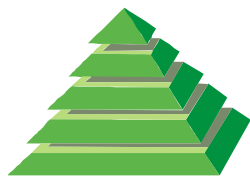
Profesorul Dr. Mircea Oncescu a fost primul președinte al SRRp o lungă perioadă de timp, iar după ce s-a retras din funcția executivă a fost desemnat președinte de onoare al SRRp, până la dispariția sa, în anul 2005. Sa ne amintim cu dragoste și recunoștință de Profesorul nostru!

Societatea Romana de Radioprotectie este în prezent o asociație profesională ce reunește persoane implicate în domeniul radioprotecției, din cele mai diverse domenii: cercetări de fizică nucleară, energetică nucleară, medicină, protecția mediului, alte ramuri industriale. Un istoric al său, redactat de un colectiv al Consiliului de Conducere al SRRp, a fost publicat în revista Energia Nucleară, iar la data de 9 octombrie 2015 va fi celebrat acest prim jubileu al SRRp.

Bibliografie

- M. Oncescu. *Fizica protecției contra radiațiilor*. Ed. Academiei Române, București, 1958
- F. Ciorascu, M. Oncescu. *Detectarea și măsurarea radiațiilor nucleare*. Ed. Academiei Romane, București, 1964.
- I.Asavinei, L.Grigorescu, C.Lazarovici, M.Oncescu, P.Sandru. *The beta-gamma coincidence method used for the standardization of Au-198 sources*. Rev. de Physique VIII, 6 (1964) 857-866
- F. Rebigan. *Măsurarea absolută a dozelor de radiații prin metoda ionometrică*. St. Cerc.Fiz. 25,10,1203(1973)
- E.Gaspar, D.Serban. *Elemente de Radioprotectie*. Ed. Tehnica, București, 1976
- A. Barna, M.Oncescu. *Programe pentru calculul ecranării surselor radioactive*. St. Cerc. Fiz. 32,10,1093(1980)
- M.Oncescu, I.Panaitescu. *Dozimetria și ecranarea radiațiilor roentgen și gamma*. Ed. Academiei Romane, 1992
- Colectiv de specialiști (coordonator M.Oncescu). *Radioactivitatea naturala în România*, 1994
- Colectiv de specialiști (coordonator M. Oncescu). *Radioactivitatea artificiala în România*, 1995
- M. Oncescu. *Conceptele Radioprotecției*. Ed. Horia Hulubei, București, 1996

SPONSORI



MEDA RESEARCH

SC MEDA RESEARCH SRL s-a înființat în anul 2005 având ca domenii de specialitate activitățile de inginerie și consultanță tehnică legate de acestea, arhitectură, cercetare-dezvoltare în științele fizice și naturale, elaborarea de studii prospective și tehnologice, proiectare, investiții, expertiză, asistență de specialitate privind gestionarea, procesarea, depozitarea deșeurilor, captarea, tratarea și distribuția apei, construcții edilitare și hidrotehnice, protecția mediului, editare, publicitate.

Strategia SC MEDA RESEARCH SRL se bazează pe criteriile care să asigure: eficiența în furnizarea de produse/servicii de o calitate ireproșabilă, îmbunătățirea continuă a performanței și creșterea cifrei de afaceri.

Un rol definitoriu în implementarea acestei strategii îl constituie factorul uman, resursa primordială a organizației. Misiunea managementului resurselor umane este de a asigura organizației personalul instruit, principial, motivat corespunzător și atașat, care să contribuie la realizarea obiectivelor specifice ale companiei pentru obținerea succesului produselor și serviciilor oferite clienților și consolidarea poziției pe piață.

Calitatea produselor/serviciilor oferite, flexibilitatea arătată în găsirea soluțiilor optime sunt urmare a seriozității și profesionalismului colectivului de specialiști (doctori în științe, inovatori, experți autorizați de diverse organisme naționale) care constituie nucleul societății.

Contact:

Director - Daniel Lucian Ciurduc Todoran

str. Barbu Ștefănescu Delavrancea, nr. 1, bl. T1, sc. A, ap. 1

cod poștal 110 065, mun. Pitești, jud. Argeș, România

Tel: +(4)0248 222 222, +(4)0729 923 217

Fax: +(4)0248 222 222

E-mail: medaresearch@yahoo.com

www.medaresearch.ro



DOZIMED

DOZIMED este Organism Dozimetric Acordat de către Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare pentru serviciile de monitorizare dozimetrică individuală a persoanelor expuse profesional la radiații ionizante. Cu peste 10.000 persoane expuse profesional la radiații din toate domeniile de activitate din domeniul nuclear, suntem laboratorul de dozimetrie din România care a ridicat calitatea serviciilor de dozimetrie la standarde europene.

Dozimed este membru cu drept de vot în cadrul **European Radiation Dosimetry Group - EURADOS** (www.eurados.org), alături de alte laboratoare de prestigiu din Europa implicate în dozimetria radiațiilor ionizante.

În cadrul laboratorului nostru monitorizarea dozimetrică se poate realiza prin două sisteme dozimetrice:

- Sistem dozimetric cu film
- Sistem dozimetric termoluminescent (TLD)

Cu ajutorul acestor sisteme dozimetrice se pot realiza următoarele tipuri de evaluări:

- Dozimetrie la nivelul întregului corp („whole body”)
- Dozimetrie la extremități
- Dozimetrie la cristalin
- Dozimetrie la neutroni
- Dozimetrie de arie (monitorizarea incintelor radiologice)
- Dozimetrie de mediu

Pentru detalii suplimentare ne puteți contacta la:

Tel/Fax: 021 457 42 62; 021 457 46 04; 021 457 46 05

e-mail: office@dozimed.ro, codrut.cherestes@dozimed.ro

www.dozimed.ro

MATE-FIN

MATE-FIN este o companie privată 100% românească, fondată în anul 1992 de către un grup de specialiști de la Institutul de Fizică Atomică Măgurele, acreditată și autorizată pentru activități specifice și servicii în domeniul nuclear precum: proiectarea, instalarea și mentenanța echipamentelor nucleare, caracterizarea și tratarea deșeurilor radioactive, manipularea și controlul surselor radioactive, service aparatură medicală.

Având peste douăzeci de ani de experiență în electronică nucleară și echipamente de înaltă tehnologie, echipa **MATE-FIN** a efectuat cu succes operațiuni de reparații, instalări, puneri în funcțiune, adaptări funcționale și up-grade-uri la o gamă largă de echipamente nucleare și radiologice.

MATE-FIN este unic reprezentant în România a liderilor internaționali atât din domeniul de detecție a radiațiilor nucleare și de mediu, cât și a echipamentelor de măsurare precum: MIRION INSTRUMENTS (MGPI, RADOS, IST), Fluke Biomedical USA, Overhoff, Laker Energy Products Canada, Kinectrics International Canada, UniTech Services Group USA, SNC-Lavalin Canada, Envinet Czech Republic, Studsvik Sweden, Belgoprocess Belgium, Pacific World Trade- USA Envinet, dar și pentru aparatura specifică: F&J, Eckert&Ziegler etc.

Totodată, în domeniul medical, **MATE-FIN** reprezintă MEDISO, una dintre cele mai renumite companii din lume în imagistică medicală.

Compania MATE-FIN sprijină cercetarea și dezvoltarea în domeniul gestionării deșeurilor radioactive fiind operatorul calificat al acestora la CNE Cernavodă.

Mate-Fin SRL

Strada Vulturilor Nr. 79-81, Sector 3, București

Telefon: 021.313 4965 / 021 312 8533

Fax: 021 320 2123

Email: matefin@matefin.com

CANBERRA PACKARD Central Europe GmbH este principalul furnizor de soluții de detecție și măsurare a câmpurilor de radiații ionizante și se află în fruntea creșterii și inovării pieței de echipamente din domeniul nuclear, radioactivitatea mediului, radioterapie și radiodiagnostic. Combinând excelența operațională și expertiza tehnologică cu o înțelegere aprofundată a nevoilor clienților, *CPCE GmbH* oferă produse și servicii pentru un larg domeniu de aplicații ce necesită inovație, precizie și încredere.

Misiunea noastră este să furnizăm soluții de înaltă calitate, la costuri competitive, pentru necesitățile de detecție și măsurare din domeniul nuclear, supravegherea mediului și medical. O altă parte importantă a misiunii noastre este să furnizăm cele mai moderne echipamente destinate măsurărilor de radioprotecție, atât pentru măsurări de doză, radiometrice sau spectrometrice, cât și pentru sisteme complexe, concepute conform proiectului conceput în comun utilizator și societatea noastră

Scopul strategic al *CANBERRA PACKARD Central Europe GmbH* este să fie percepută de clienți drept compania preferată de ei datorită capacității noastre de a livra echipamente de înaltă calitate la timp și la prețuri competitive, de a oferi servicii și sprijin tehnic impecabile și de a adapta soluțiile noastre nevoilor specifice ale clientului.

În domeniul măsurărilor destinate radioprotecției și fizicii medicale, *CANBERRA PACKARD* este reprezentantul exclusiv în România al *CANBERRA INDUSTRIES, BERTHOLD TECHNOLOGIES, PTW Freiburg* și Tema Sinergie, precum și reprezentant pentru produsele din gamma de măsurări radiologice ale *Perkin Elmer* (bine cunoscutele echipamente pentru măsurare cu scintilație lichida din seria *TriCarb* și *Quantulus*), sau pentru echipamente de măsurat radon *SARAD*.



Detectorii HPGe produși de Canberra Semiconductor – Olen sunt considerați printre cei mai performanți la nivel mondial



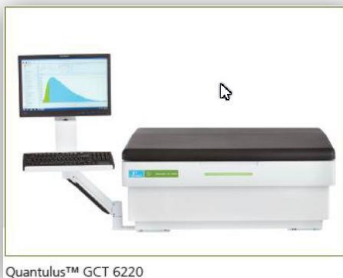
Colibri TTC și VLD – un instrument care poate acoperi debite de doză de la 5 nSv/h până la 10 Sv/h și care poate fi interfațat simultan cu până la 8 sonde externe de diverse tipuri

În gama de echipamente furnizate de noi intră spectrometre gamma de înaltă rezoluție, cu detectori HPGe complecși, ale căror eficiențe pot ajunge până la peste 400% (fiind vorba, în acest caz, de detectori compoziți de tip clover), echipamente portabile complexe, capabile de a se interfața simultan cu 8 detectori diferiți (Colibri, care poate accepta până la 8 detectori externi de tipuri diferite, plus propriul detector intern), sisteme de spectrometrie alfa, pornind de la sisteme cu un singur detector până la sistem cu 12 detectori, folosind un software integrat cu cel de spectrometrie gamma pentru o mai simplă utilizare în laboratorul de măsurări spectrometrice, sisteme de măsurare cu scintilație lichidă, mergând de la măsurări de bază până la sisteme extrem de complete de nivel ultra-scazut, cum este sistemul Quantulus.



LB123N: dozimetru portabil de neutroni

Toate acestea au făcut ca societatea noastră să fie cea mai bine plasată, în domeniul nostru de activitate, în întreaga Europa Centrala și de Est și speram să putem în continuare răspunde tuturor așteptărilor clienților noștri.



Quantulus™ GCT 6220

Quantulus GCT: noua generație de spectrometre cu scintilatori lichizi pentru măsurări de nivel ultra scazut

Succesul nostru se bazează atât pe calitatea echipamentelor furnizate cât și, mai ales, pe calitatea sprijinului tehnic oferit clienților noștri înainte și după furnizarea echipamentelor.



Sisteme complexe, construite conform specificațiilor utilizatorului: sistem de analiza deșeurilor de scazut de radioactivitate

NOTE

NOTE

NOTE

NOTE

NOTE