



Project funded by
EUROPEAN UNION



Common borders. Common solutions.

Proiect cod eMS BSB27 (MONITOX)

Rețea de cooperare interdisciplinară în Bazinul Mării Negre pentru monitorizarea comună durabilă a migrației compușilor toxici în mediu, evaluarea îmbunătățită a stării ecologice și a impactului substanțelor dăunătoare asupra sănătății umane, și prevenirea expunerii populației

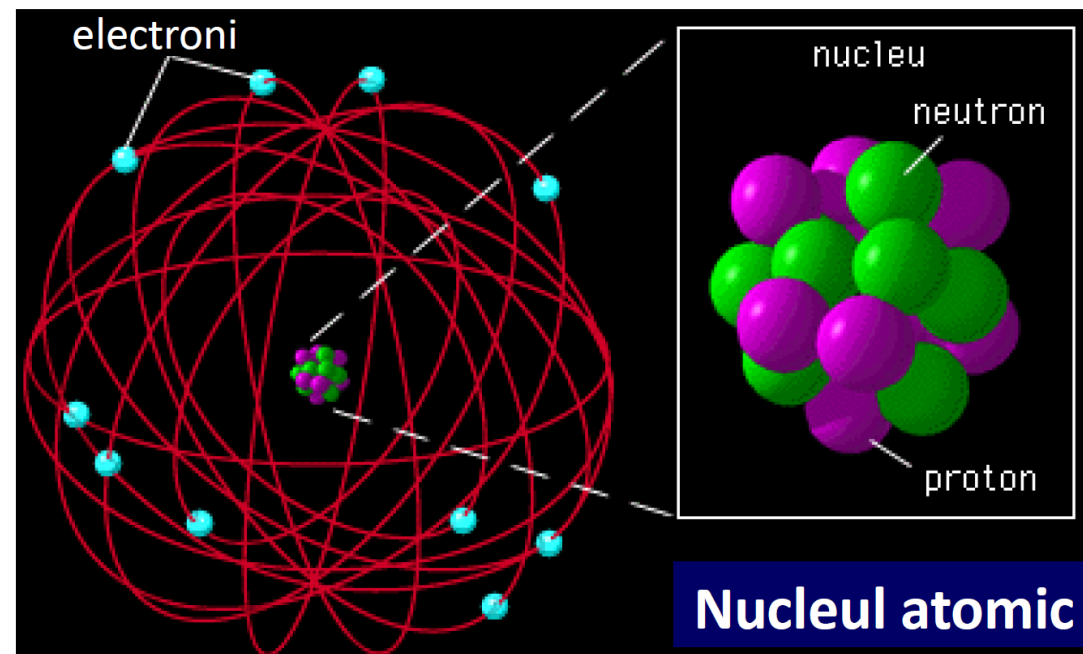
Monitoring of radon and thoron in buildings and radiological risk assessment

Prof. dr. habil. Antoaneta ENE *

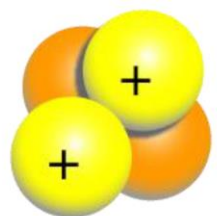
*Departamentul de Chimie, Fizică și Mediu, Facultatea de Științe și Mediu, Centrul de cercetare INPOLDE,
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați*

**Manager de proiect*

Ce este RADIOACTIVITATEA?



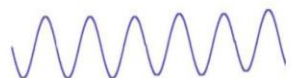
Tipuri de radiații emise în dezintegrările radioactive



- Particulă alfa (α)

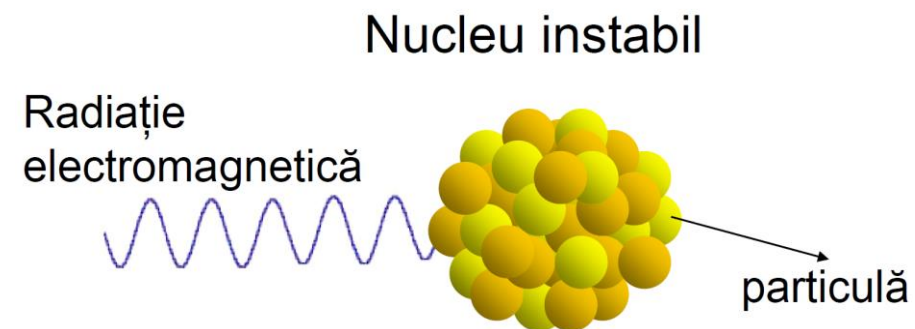


- Particulă beta (β^- ; β^+) /
electron; pozitron



- Radiație gama (γ)

Nucleele atomilor care emit **radiație electromagnetică** sau o **particulă** prin transformare spontană a nucleului se numesc **radioactivi**.



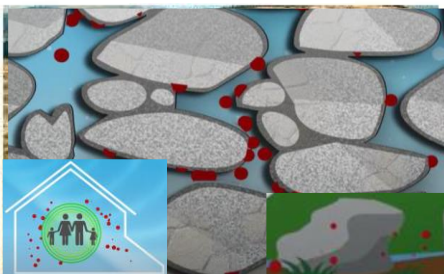
Radiația naturală și artificială în mediu

Contribuția fondurilor **natural** și **artificial** de radiații la fondul total

Radiații cosmice



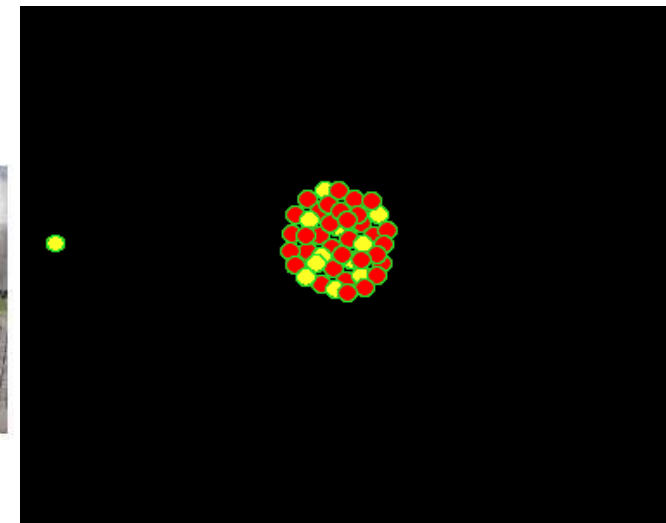
Sol, roci de bază



Medicină nucleară



Centrale nucleare



fond natural de radiații

fond artificial de radiații



Alimente, apă



Organisme vii



Produse de consum/uz casnic



Teste nucleare



Dozele efective primite de populație (Raport UNSCEAR 2008)

FOND NATURAL DE RADIAȚII			FOND ARTIFICIAL DE RADIAȚII		FOND TOTAL DE RADIAȚII
Proveniența	Doza efectivă (mSv/an)	Domeniu de variație (mSv/an)	Proveniența	Doza efectivă (mSv/an)	Doza efectivă (mSv/an)
Radiație cosmică	0,39	0,3 – 1,0	Medicină nucleară (fără terapie)	0,6000	
Terestră	0,48	0,3 – 1,0	Teste de armament nuclear în atmosferă	0,0050	
Ingerare	0,29	0,2 – 1,0	Expunere profesională	0,0050	
Inhalare (Radon, toron)	1,26	0,2 -10,0	Accidentul de la Cernobil	0,0020*	
			Energetică nucleară (expunere public)	0,0002*	
TOTAL	2,4	1,0 – 13,0	TOTAL	~ 0,6	



* Radionuclizi dispersati la nivel global.

Mărimi dozimetrice și de radioprotecție

Pentru exprimarea efectelor biologice produse de radiațiile nucleare s-a definit un sistem radiobiologic de mărimi și unități care sunt:

- *doza de radiație absorbită* **D** se referă la orice tip de radiație ionizantă și reprezintă energia absorbită dE de unitatea de masă de țesut viu:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Unitatea de măsură pentru doza absorbită **D** este Gray-ul: Gy

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

și unitatea de măsură tolerată este rad-ul (rad):

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

- *echivalentul dozei* (doza biologică) **B**:
$$B = \eta D,$$

unde η se numește *eficacitate biologică relativă* și reprezintă raportul între energia minimă pe care o lasă într-un țesut o radiație X standard de 200 KeV și energia respectivei radiații pentru a produce un efect biologic sesizabil clinic.



Unitatea de măsură este *Sievert-ul* (Sv) și este doza de radiație incidentă care produce în condiții identice aceleași efecte biologice ca și doza de 1 Gy provenită de la radiația X standard. Unitatea de măsură tolerată, des folosită în practică este *rem*.

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv.}$$

- *debitul echivalentului dozei* b este doza biologică corespunzătoare unității de timp de iradiere

$$b = \dot{B} = \frac{dB}{dt}$$

și se măsoară în Sv/s sau rem/s.

- *Expunerea*, X , este aplicabilă numai radiațiilor electromagnetice ionizante (X, γ) și s-a introdus deoarece una din cele mai răspândite metode de măsurare a efectelor produse de radiații constă în determinarea sarcinii sau a curentului electric produs prin ionizarea unei mase cunoscute de aer:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

unde dQ este valoarea absolută a sarcinii electrice totale a ionilor de un singur semn produși când toți electronii eliberați de radiațiile X sau γ în masa dm de aer sunt complet opriți. Unitatea de măsură este C/kg și unitatea de măsură tolerată este röntgenul (R):

$$1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{C}{kg}$$



Calcul de doză echivalentă anuală (exemple din înregistrările proprii)

$$B (\mu\text{Sv}) = \Sigma (b_i * t_i) = 0,456 \mu\text{Sv/h} * 50 \text{ h} + 0,207 \mu\text{Sv/h} * 1000 \text{ h} + \dots\dots\dots$$

unde t_i = numărul de ore pe an petrecut în spațiul respectiv

Se transformă $B (\mu\text{Sv})$ în $B (\text{mSv})$

Doza medie anuală din surse naturale este de **2,4 mSv**, dar există mari variații în funcție de regiune.



Plajă, GR



Zonă montană, RO



Casă de locuit, lângă sobă de teracotă, RO



Spațiu public –
laborator,
pe gresie



United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

Raport 2008 – interval de variație a mediei debitului dozei pe plan mondial: **52 – 163 nSv/h.**

Norma legală: **250 nSv/h (0,250 microSv/h)**

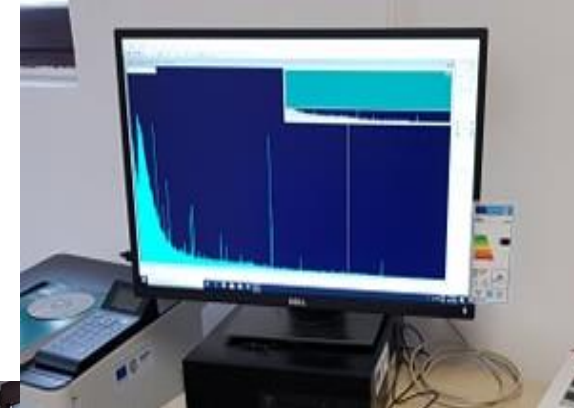
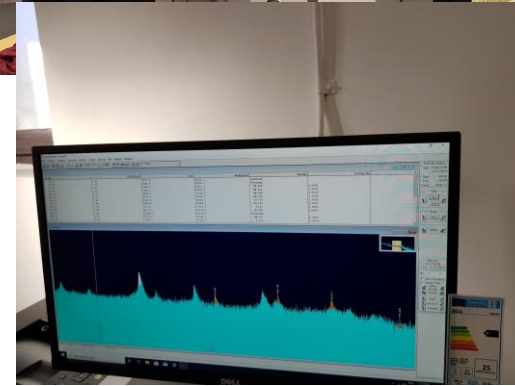
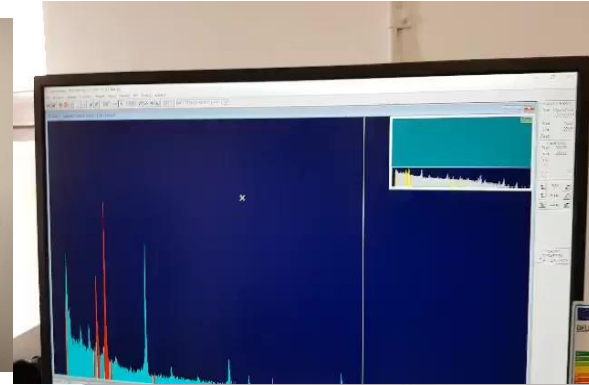
Detectori, dozimetre și spectrometre de radiații nucleare



Dozimetru de radiații



Monitor de radon/toron



Spectrometru gama de înaltă rezoluție cu detector cu semiconductori



Analize prin metode nucleare

Meeting in "General"

52:31

Request control

Recording has started. This meeting is being recorded. By joining, you are giving consent for this meeting to be recorded. [Privacy policy](#) Dismiss

EXEMPLE - REZULTATE EXPERIMENTALE

Lezile pestelor din datele experimentale: Laboratorul de fizică mediului experimental și de toxicologie (LEFNE) (Sala SA802, domosul), Centrul de cercetare INPOLDE, Facultatea de Științe și Medicină, Durata proiectării datelor experimentale: 71 ore

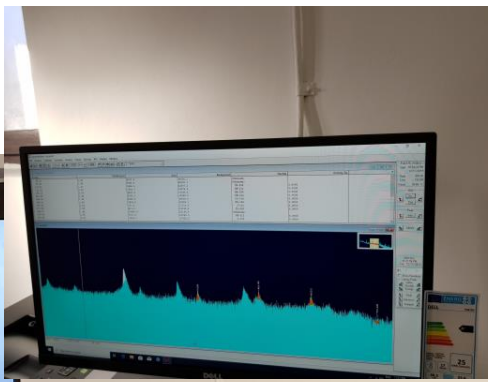
Radon

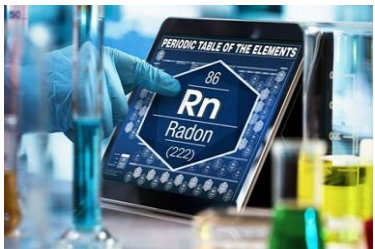
Webinar "Radiațiile în locuințe și medii înconjurătoare/Radiations in our homes and environment", Galați, 14 mai 2021

Antoaneta Ene

+103 SC UE

Dana Eufia Moraru Antoaneta Ene Grigore Sorin



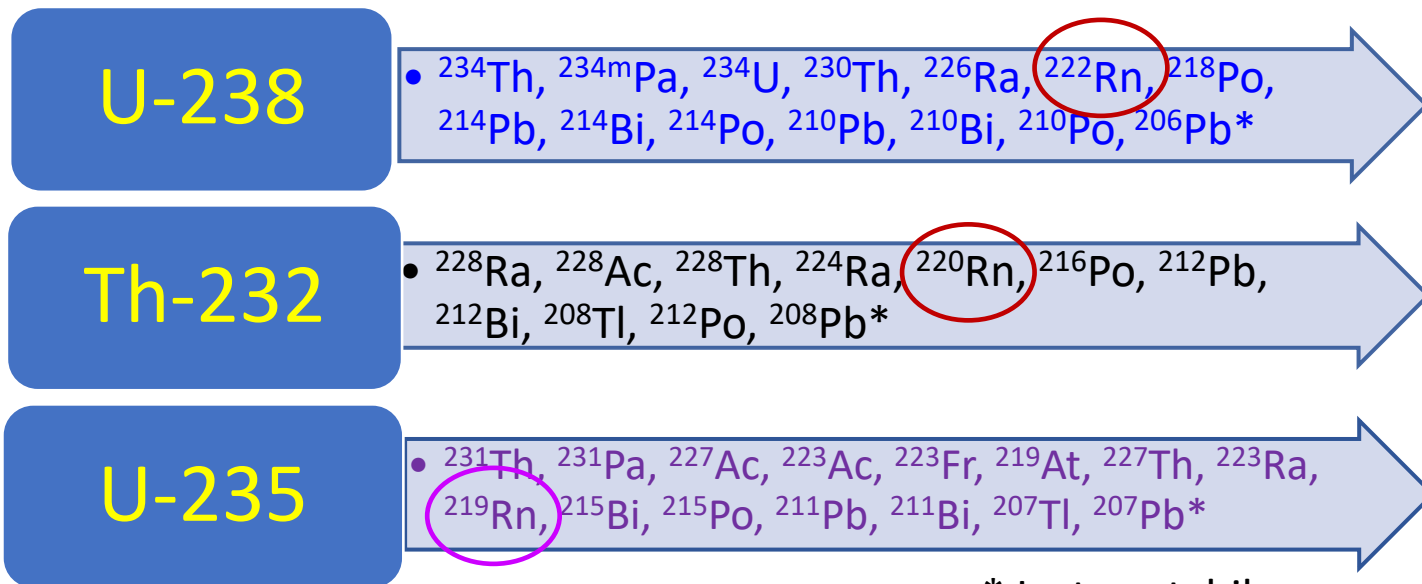


Elementul chimic RADON (Z=86)

Există 35 de izotopi de radon cunoscuți, toți radioactivi, cu un număr de masă atomică cuprinsă între 195 și 229.

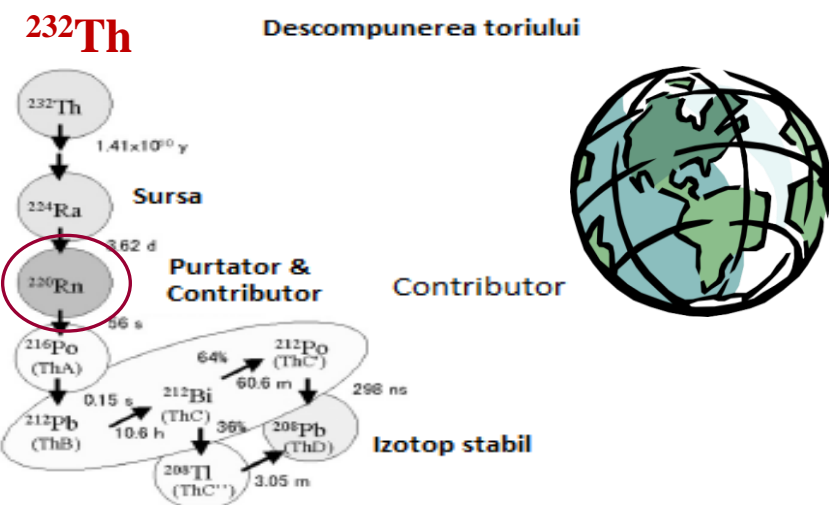
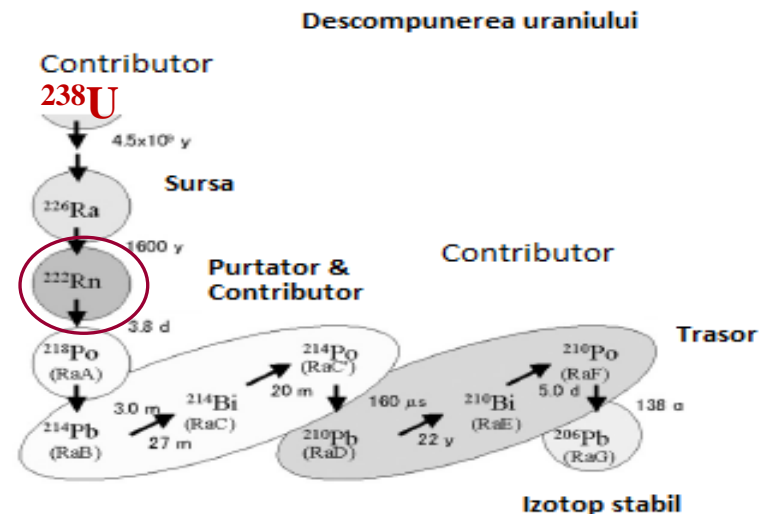


Principalii produși gazoși radioactivi rezultați din lanțurile de dezintegrare ale uraniului (U-238), toriului (Th-232) și actiniului (U-235) prin *dezintegrări alfa și beta* succesive - pătrund continuu din sol în aer : **Radonul - ^{222}Rn** ; **Toronul - ^{220}Rn** și **Actinonul - ^{219}Rn**

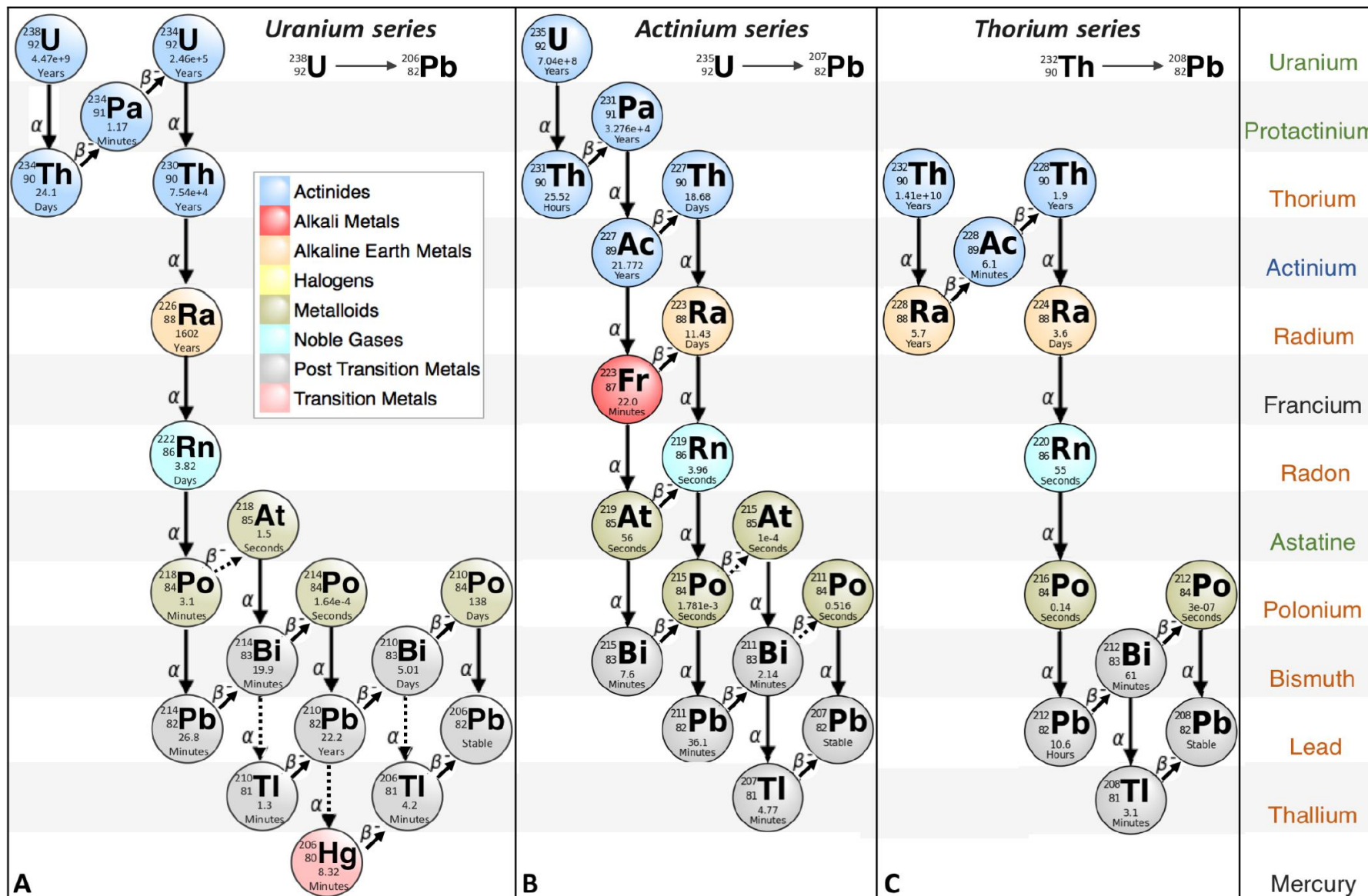


* Izotop stabil

Radioactivitatea scoartei pământului, în special a rocilor, este data de prezența elementelor radioactive din familia Uraniului-238, Toriului-232 și Uraniului-235.

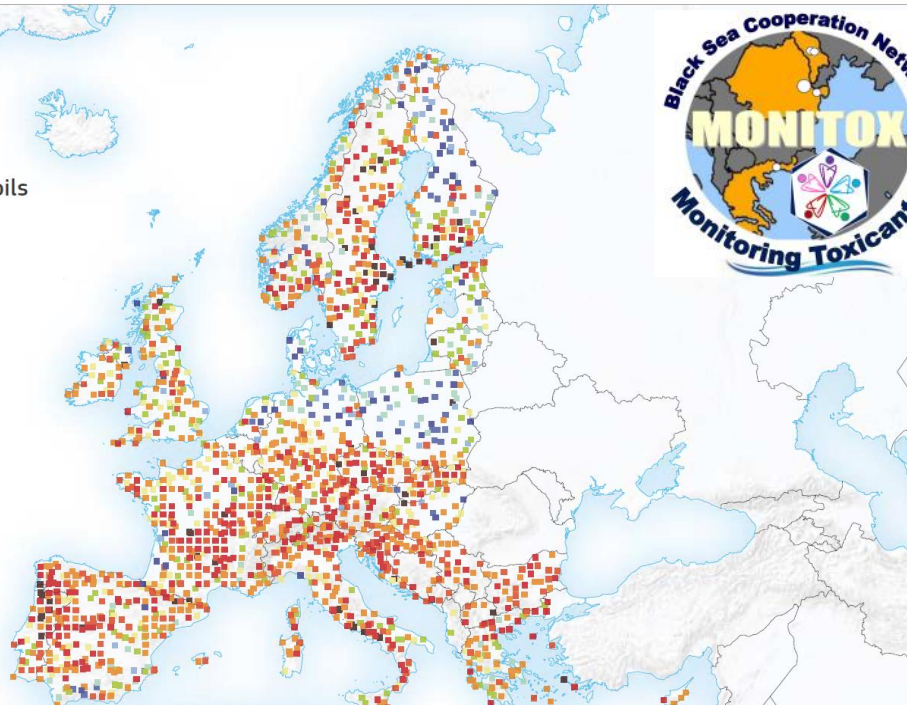
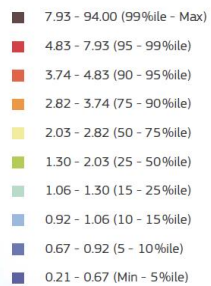


Radionuclizi primordiali - Serii radioactive naturale

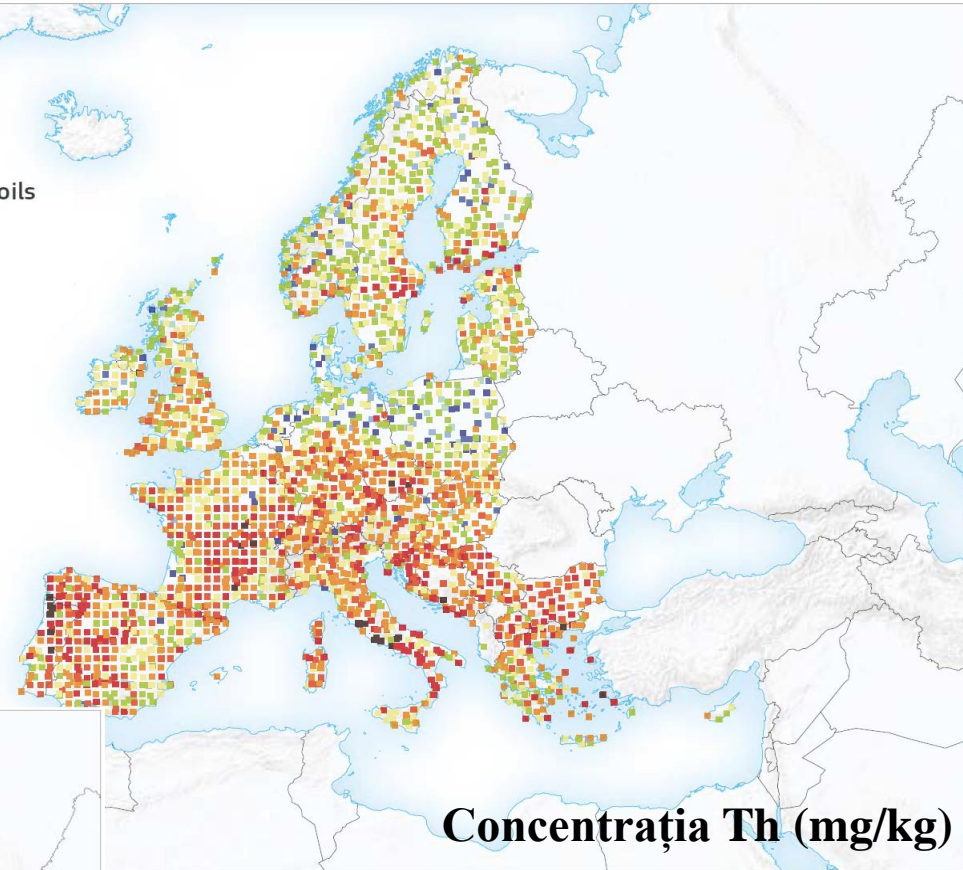
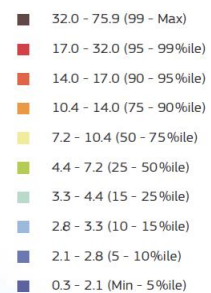




Uranium in European soils (mg/kg)



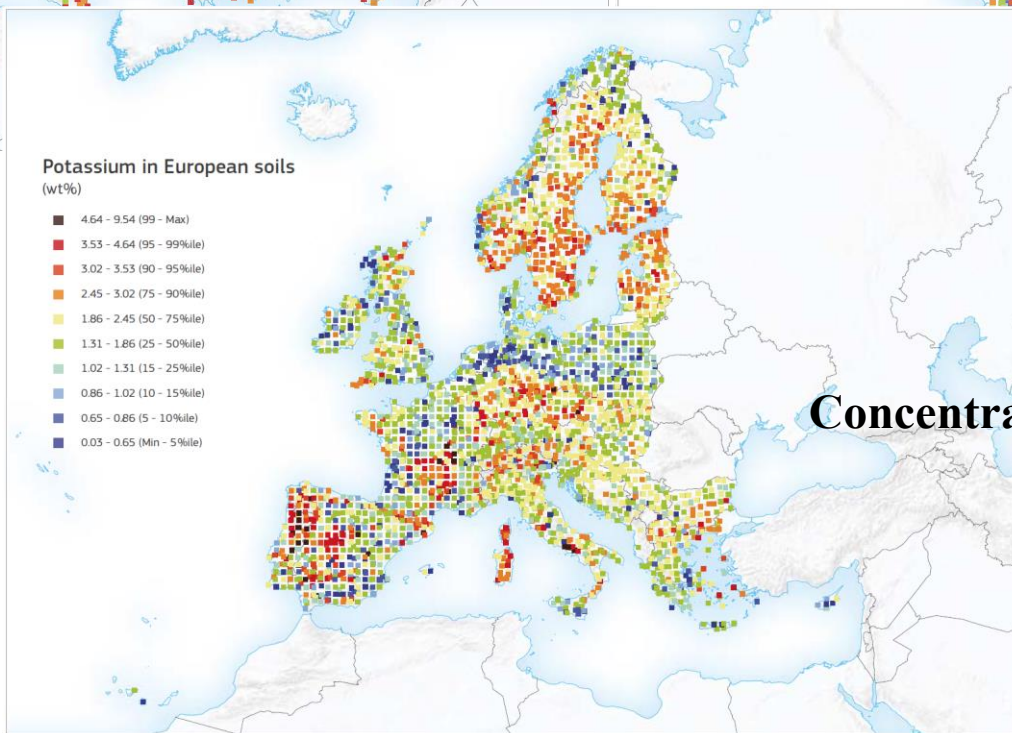
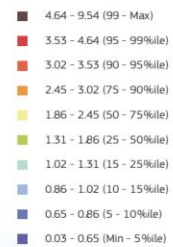
Thorium in European soils (mg/kg)



Concentrația U (mg/kg)

Concentrația Th (mg/kg)

Potassium in European soils (wt%)



Concentrația K (%)

Common borders. Common solutions.

RADON - Efecte nocive

- Radonul este un gaz alfa-radioactiv (~ 4 MeV ... ~6 MeV)
- Pătrunde în organismul uman prin:
 - **inhalarea** aerului atmosferic,
 - **depunerea pe piele** a descendenților radioactivi ai acestuia sau
 - **ingerare** (apa potabilă simplă sau minerală; alimente)
- Afecțiunile cele mai frecvente are iradierii interne sunt:
 - **cancer pulmonar,**
 - **modificări cromozomiale**
- Frecvența de apariție a afecțiunilor maligne crește proporțional cu doza absorbită.



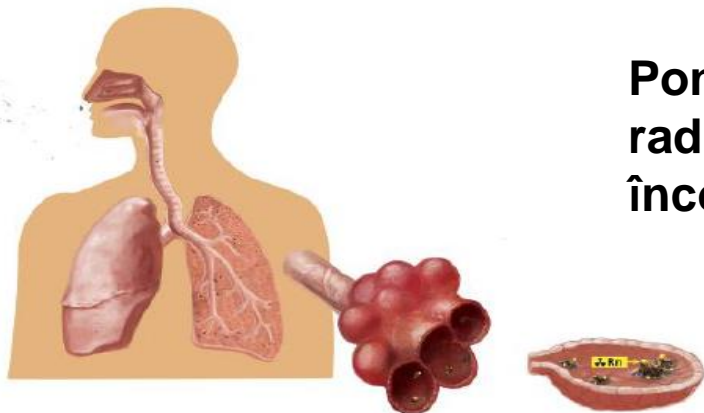
Riscurile expunerii la radon

Expunerea prelungită la radonul din interiorul încăperilor crește riscul apariției cancerului pulmonar.

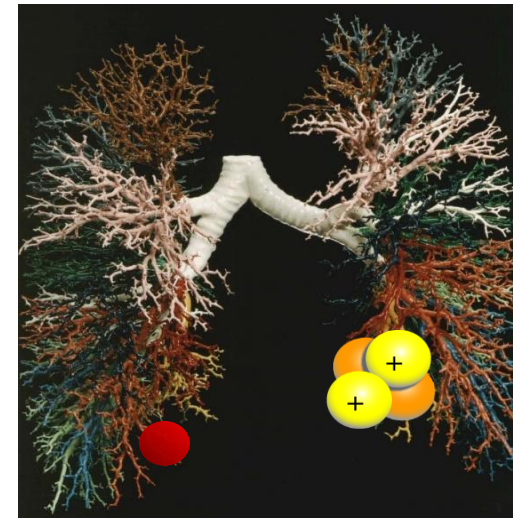
Organizația Mondială a Sănătății evidențiază în raportul asupra radonului din clădiri (***WHO Handbook on Indoor Radon – A Public Health Perspective***), faptul că acesta reprezintă **principala cauză de cancer pulmonar la nefumători**.

Combi-nația dintre fumat și expunerea la radon prezintă un risc individual de cancer pulmonar substanțial mai mare decât fiecare factor luat în parte, în timp ce **fumatul amplifică acest risc pentru populație**.

Riscul apariției cancerului pulmonar crește odată cu nivelul de radon și cu expunerile prelungite la radonul acumulat în interior.



Ponderea Radonului (in special Rn-222) > 1/2 din radioactivitatea naturală de fond din mediul înconjurator

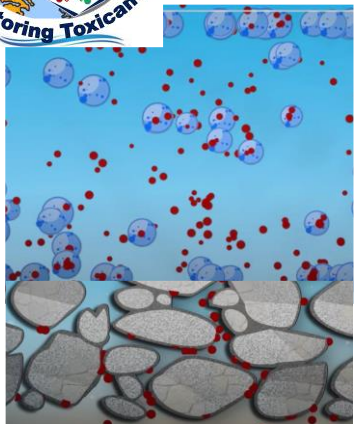


Concentratia de radon în aer

în *atmosfera liberă* : **8 Bq/m³**

în *interior*: **12-300 Bq/m³**

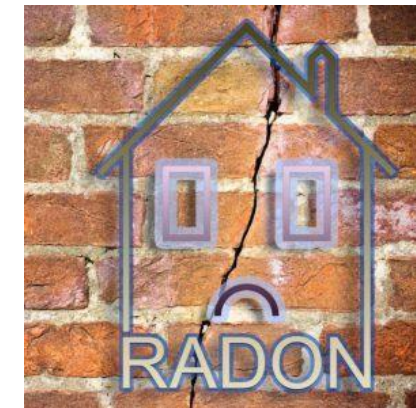
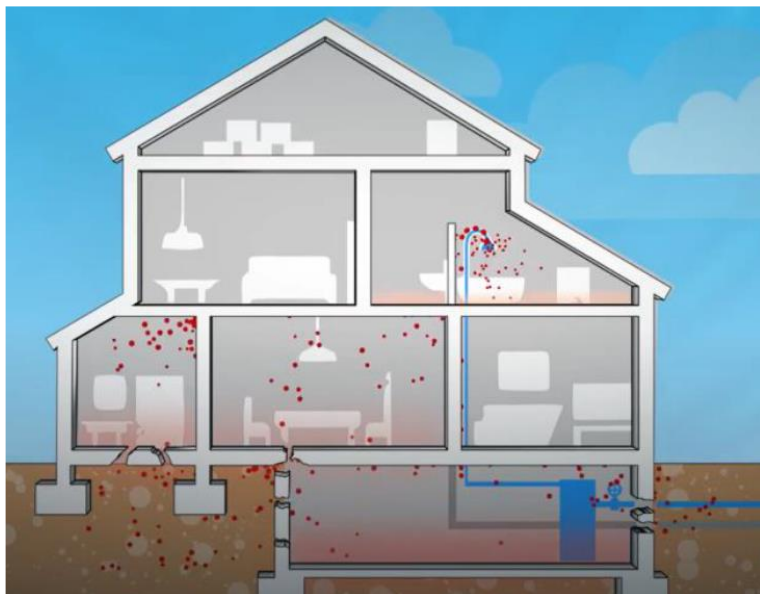
sau, în unele locuri, chiar **mii de Bq/m³**



Surse de Radon in interior

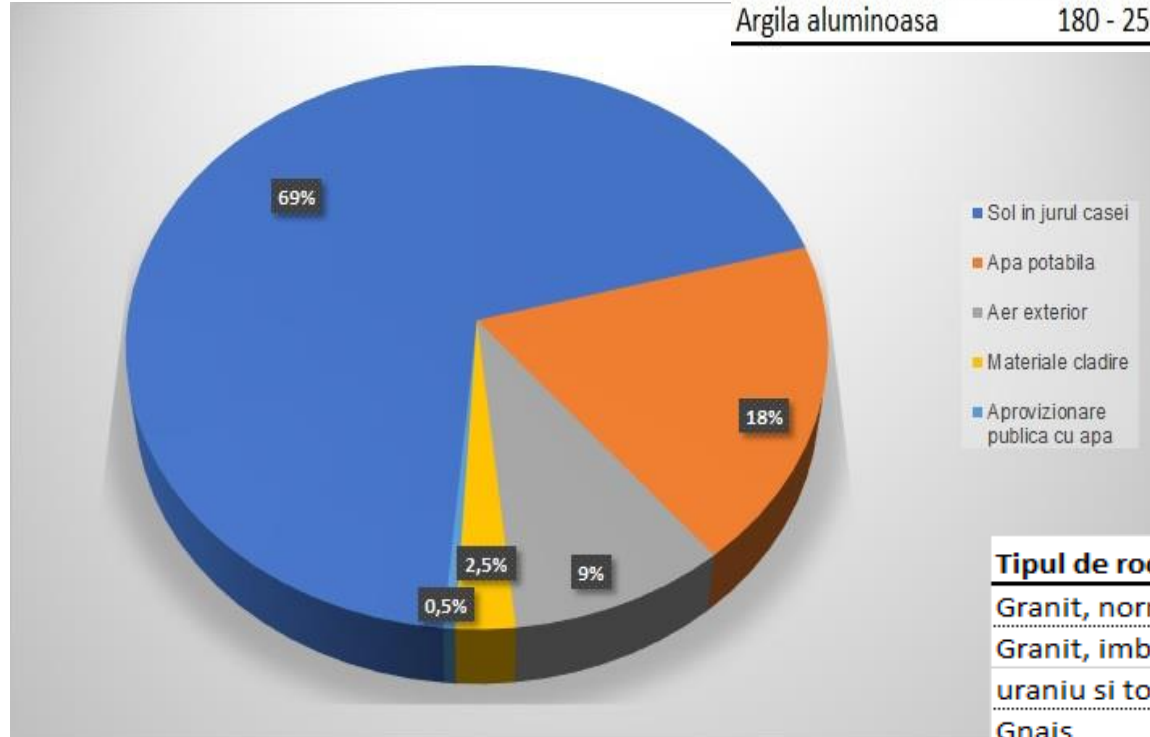
- ✓ **Solul** (materialele existente sub și în jurul clădirii);
- ✓ **Materialele de construcție** :

- cărămida (42-96 Bq/kg),
- fosfogipsul (27 Bq/kg),
- zgura, betonul (16-61 Bq/kg);
- țigla (78 Bq/kg)





Sol	²²⁶ Ra, Bq/kg	²³² Th, Bq/kg	⁴⁰ K, Bq/kg	²²² Rn, Bq/m ³
Pietris	10 - 90	2 - 80	300 - 1100	10000 - 150000
Nisip	<4 - 60	2 - 80	150 - 1000	4000 - 20000
Nisip namolos	5 - 20	10 - 20	400 - 1000	1000 - 35000
Namol	5 - 70	5 - 70	500 - 1000	5000 - 60000
Lut	15 - 130	10 - 100	600 - 1200	30000 - 120000
Argila	10 - 170	15 - 100	500 - 1200	20000 - 100000
Argila aluminosa	180 - 2500	30 - 50	600 - 1200	50000 - >1 milion

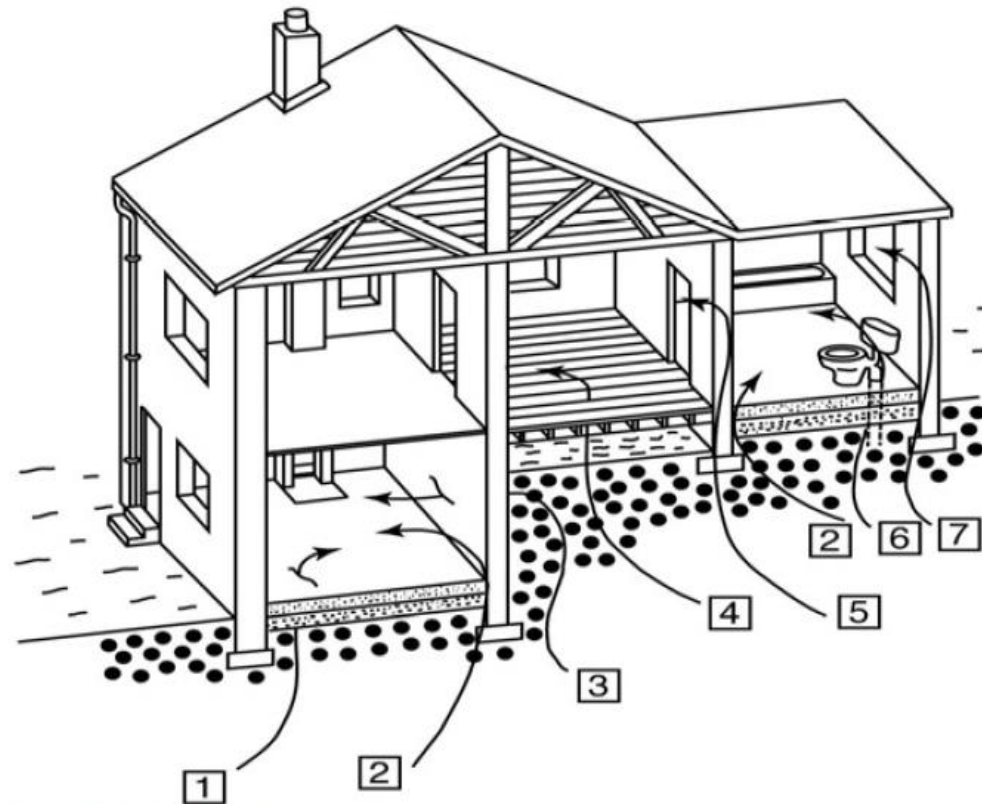


Surse semnificative de radon reprezintă următoarele tipuri de piatră naturală, în special de origine vulcanică : pilitură de uraniu (Colorado, SUA), beton autoclavizat pe bază de șist de aluminiu (Suedia), granit (Aberdeen, UK), zgură de fosfat (Alabama, SUA)

Tipul de roca	²²² Rn, Bq/kg	²²⁰ Rn, Bq/kg	⁴⁰ K, Bq/kg
Granit, normal	20 - 130	20 - 80	620 - 2400
Granit, imbogatit cu uraniu si toriu	100 - 500	40 - 350	1200 - 1900
Gnais	25 - 130	20 - 80	620 - 1900
Carbonatite	10 - 650	40 - 10000	100 - 1000
Diorit, gabro si roci vulcanice	1 - 30	2 - 40	50 - 1000
Gresie si cuarțit	5 - 60	5 - 40	60 - 1500
Calcar si dolomita	2 - 30	0,5 - 10	<30 - 150
Sist	10 - 150	10 - 60	600 - 1900
Sist de aluminiu	100 - 4300	10 - 40	1100 - 1900

Webinar "Radiațiile în locuințe și mediu înconjurător/Radiations in our homes and environment", Galați, 14 mai 2021

MĂSURI DE REMEDIERE



- 1 - CRAPATURI IN FUNDATIE
- 2 - ROSTURI
- 3 - CRAPATURI IN STALPII CASEI
- 4 - GOLURI IN PARDOSEALA
- 5 - CRAPATURI IN PERETI
- 6 - GOLURI IN JURUL INSTALATIILOR SANITARE
- 7 - GEAMURI



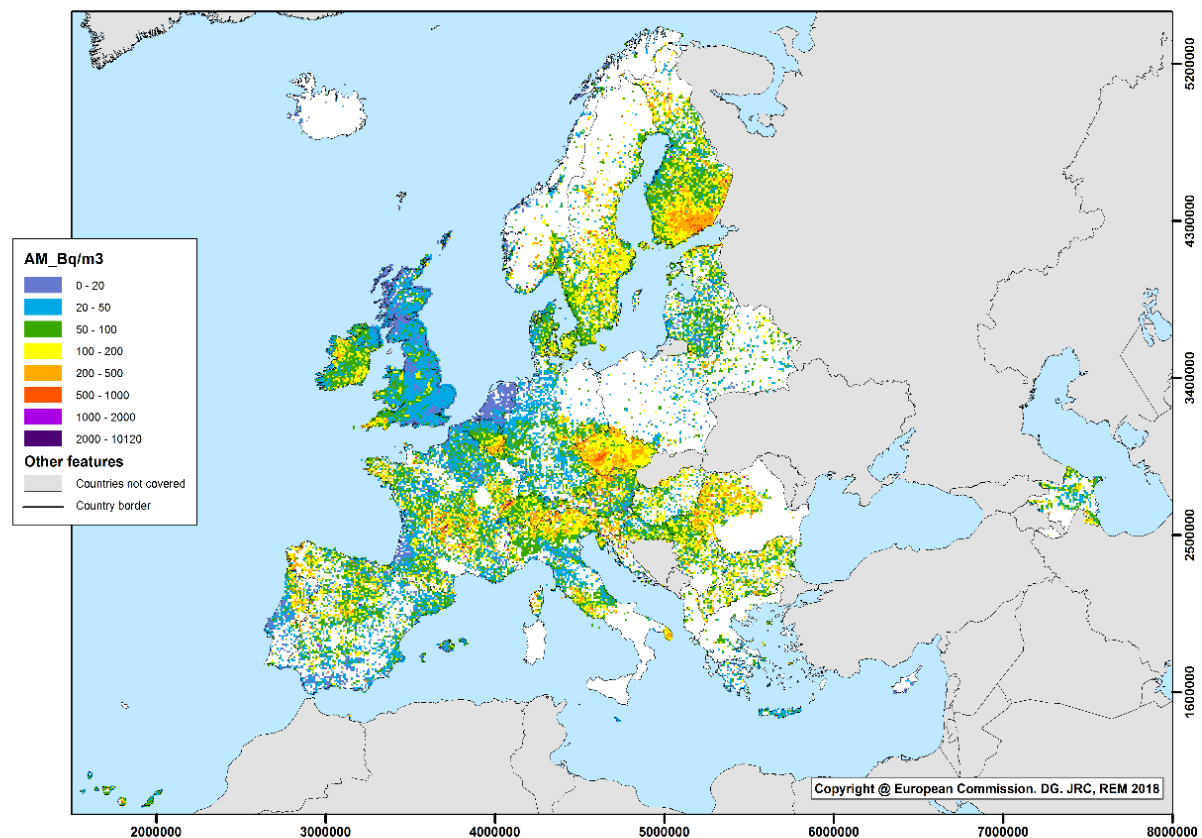
- Presurizarea / depresurizarea terenului din vecinătatea casei pilot
- Presurizarea / depresurizarea terenului de fundare
- Aplicarea unui extractor eolian pe țeava principală care este conectată la ventilator.
- Testarea simultană a extractorului și ventilatorului.
- Utilizarea membranelor anti-radon.
- Utilizarea unei combinații a măsurilor dispuse mai sus.

Cele mai bune rezultate au fost obținute prin depresurizarea terenului fundației.

LEGISLAȚIE INTERNAȚIONALĂ ȘI NAȚIONALĂ



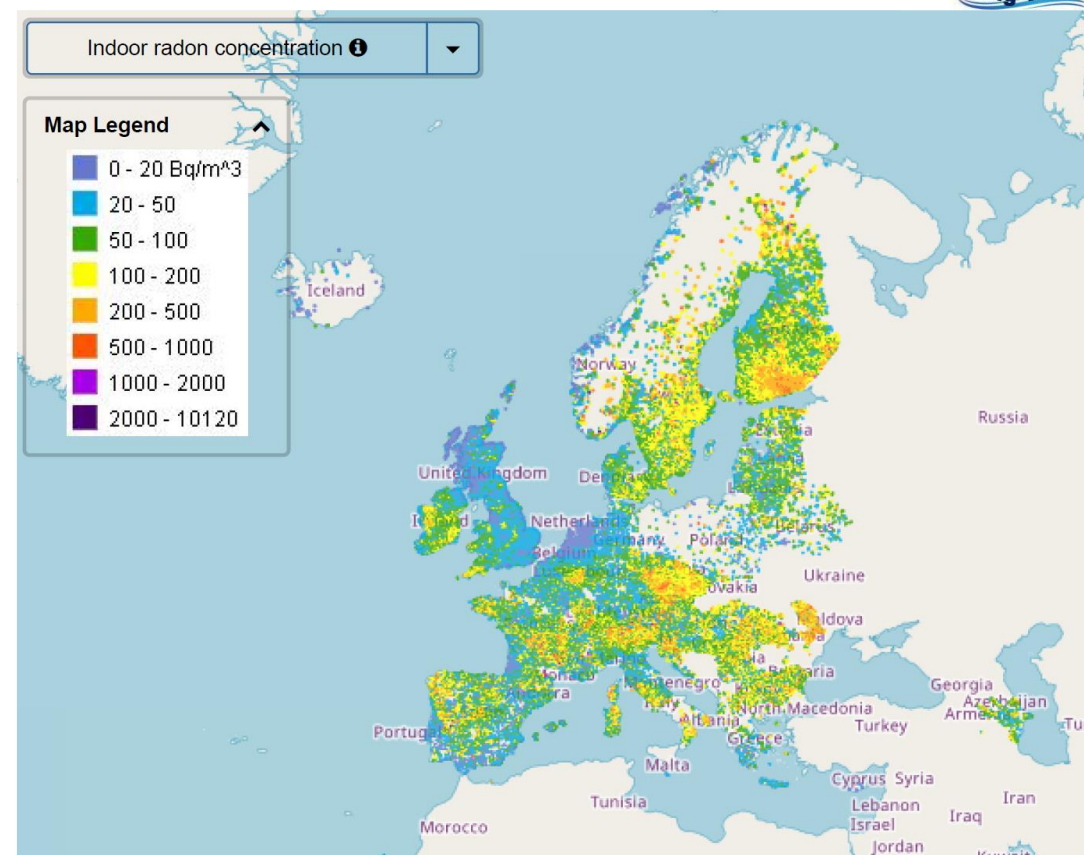
European Indoor Radon Map, September 2018



Arithmetic means over 10 km x 10 km cells of long-term radon concentration in ground-floor rooms.
(The cell mean is neither an estimate of the population exposure, nor of the risk.)

Source:
European Commission, Joint Research Centre (JRC),
Directorate G - Nuclear Safety & Security, REM project

May 2021



În numeroase țări există programe naționale de radon în interior.

Comisia Internațională de Protecție Radiologică (ICRP) și OMS/WHO au inițiat măsuri de micșorare a expunerii și au prescris limite ale concentrațiilor de radon premise.

Webinar "Radiațiile în locuințe și mediul înconjurător/Radiations in our homes and environment", Galați, 14 mai 2021



Reglementările Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN) privind expunerea la radonul de interior:

1) Ordinul președintelui CNCAN nr.185/2019 pentru aprobarea Metodologiei pentru determinarea concentrației de radon în aerul din interiorul clădirilor și de la locurile de muncă

<http://www.cncan.ro/.../2019/Ordin-185-Metodologie-radon.pdf>

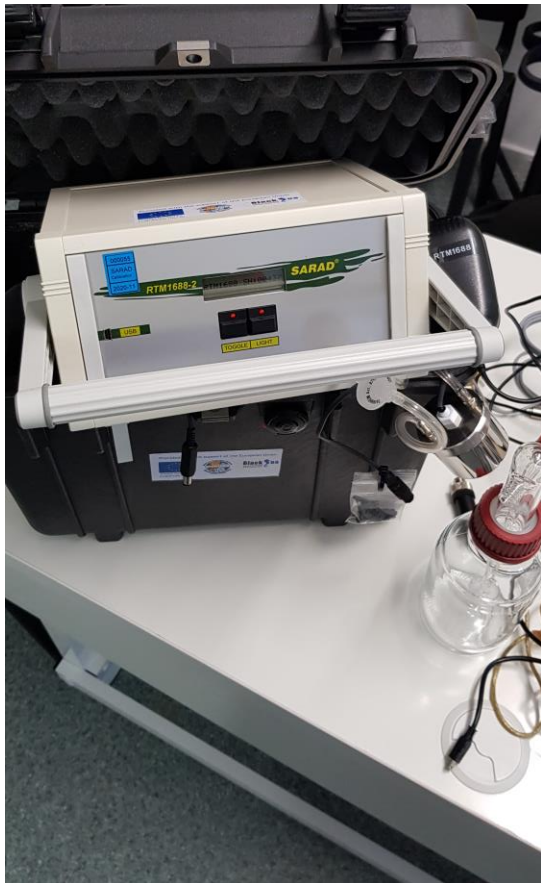
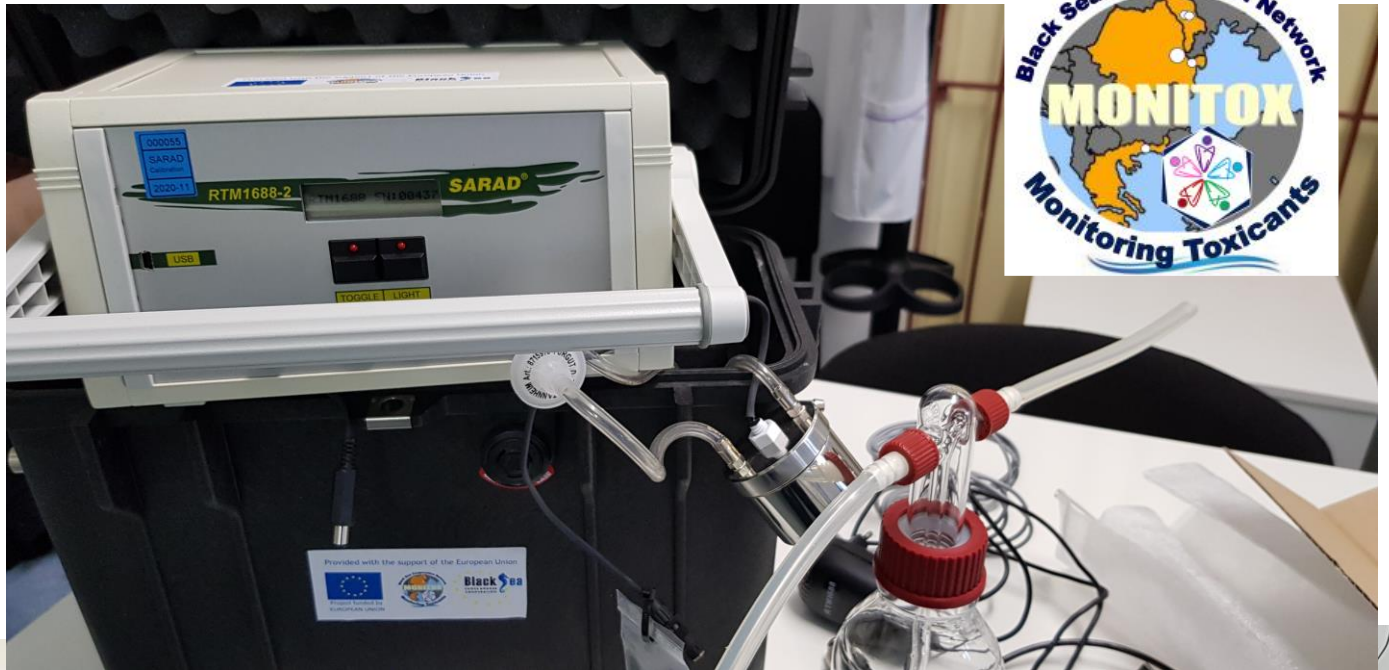
2) Ordinul Nr. 316 din 22.11.2018 publicat in M.O. din 11.12.2018 pentru aprobarea Normelor privind cerințele de securitate radiologică pentru surse naturale de radiații

<http://www.cncan.ro/assets/Radon/Ordin-316-22.11.2018.pdf>

Nivelul național de referință pentru expunerea la radonul de interior este de **300 Bq/m³**.

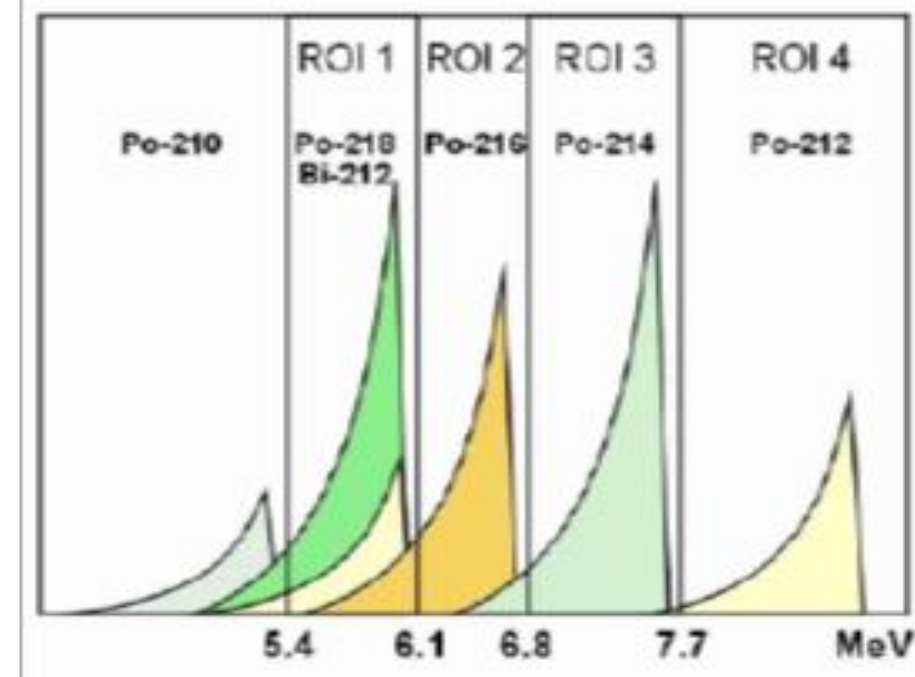
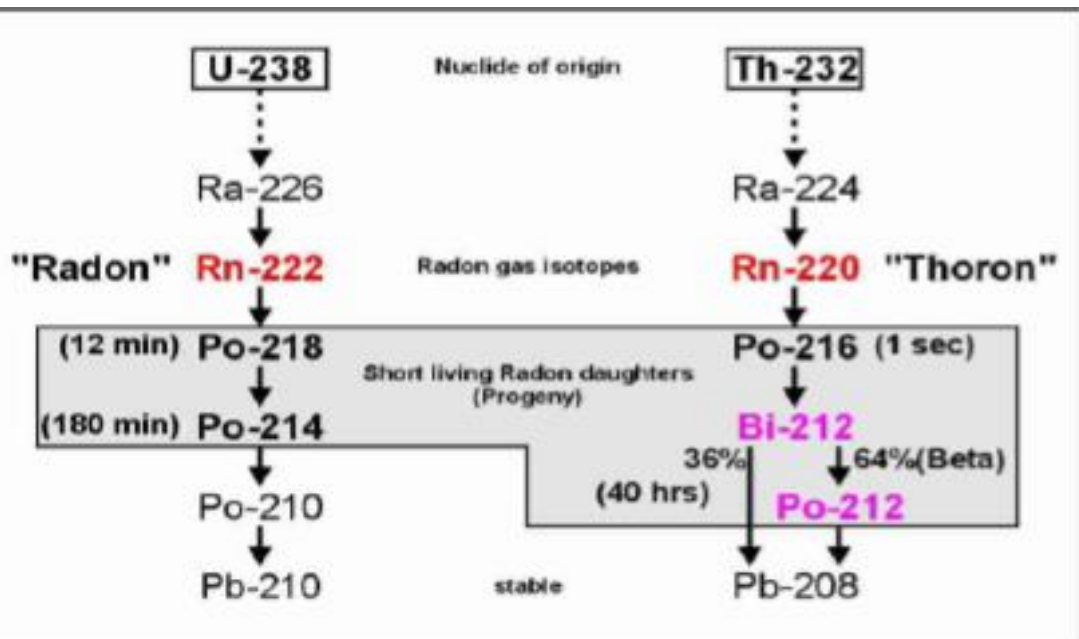
APARATURĂ ȘI METODE DE MĂSURARE A CONCENTRAȚIEI RADONULUI ȘI TORONULUI ÎN AERUL DE INTERIOR

- Măsurători de depistare (screening)
- Măsurători de control
- Măsurători de urmărire
- Măsurători repetate



- Data: 01/11/2021 (monitoare de radon/toron tip SARAD (Germania) RTM 1688-2 și Thoron Scout TSC, centrul de cercetare INPOLDE, UDJG)





Monitorul are două regimuri de măsurare a concentrației de radon

- **încet (Slow)**, care ia în calcul nu doar dezintegrarea ^{218}Po , ci și a ^{214}Po , și
- **rapid (Fast)** care ia în calcul doar dezintegrarea ^{218}Po .

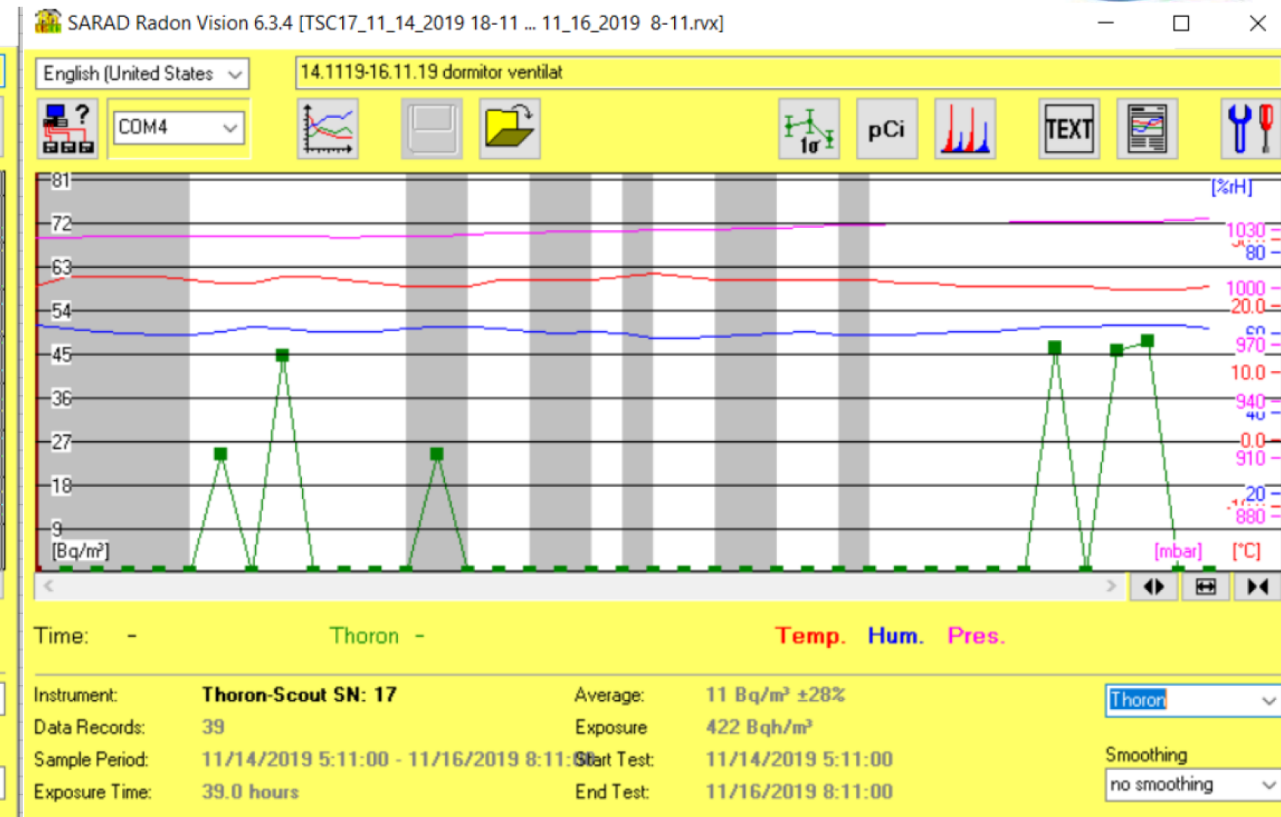
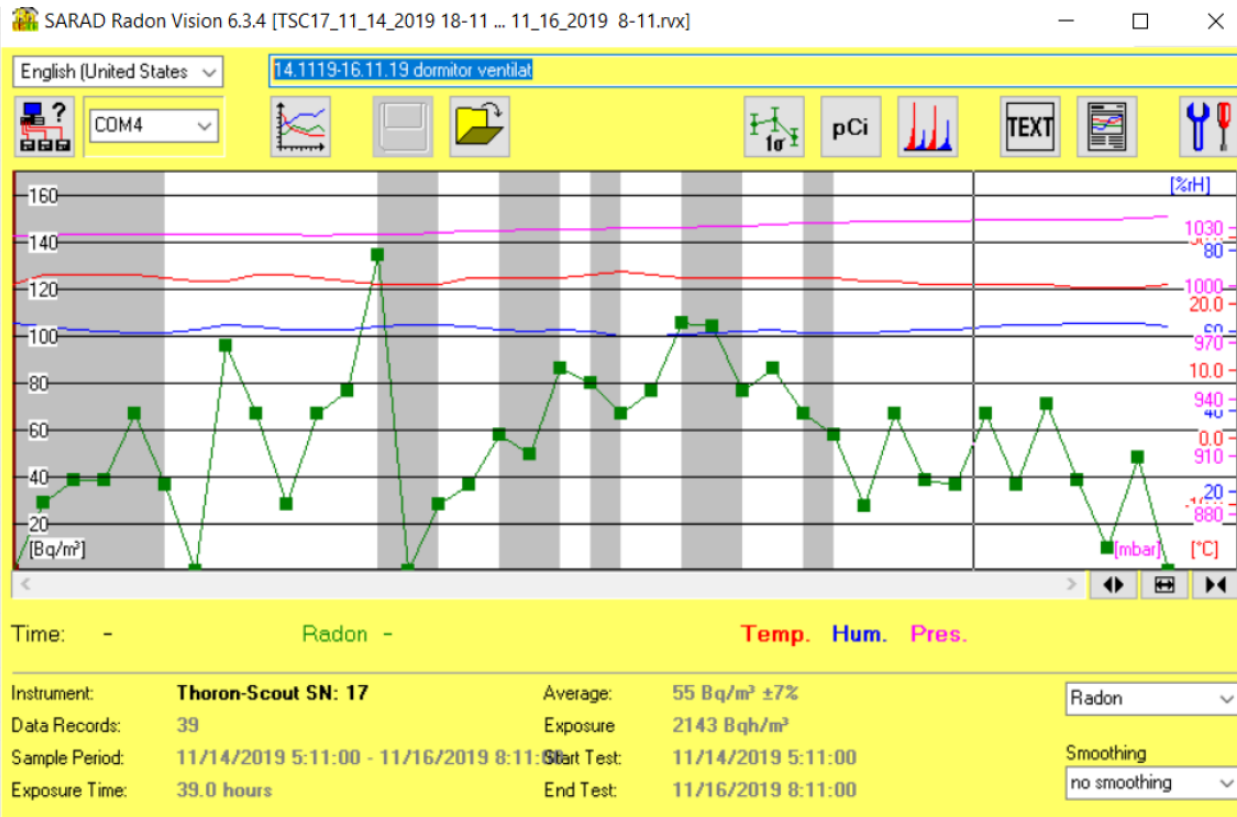
Avantajul modului de înregistrare rapid este o reflectare rapidă a fluctuațiilor concentrației, în timp ce modul lent are o sensibilitate de 2 ori mai mare, care, la rândul său, reduce marja de eroare statistică de măsurare, în funcție de numărul de dezintegrări detectate.

De asemenea, pe lângă activitatea radonului și a toronului, se pot înregistra simultan valorile temperaturii, umidității și presiunii aerului de interior.

EXEMPLE - REZULTATE EXPERIMENTALE

Locul prelevării datelor experimentale: Locuință bloc, cameră ventilată, parter

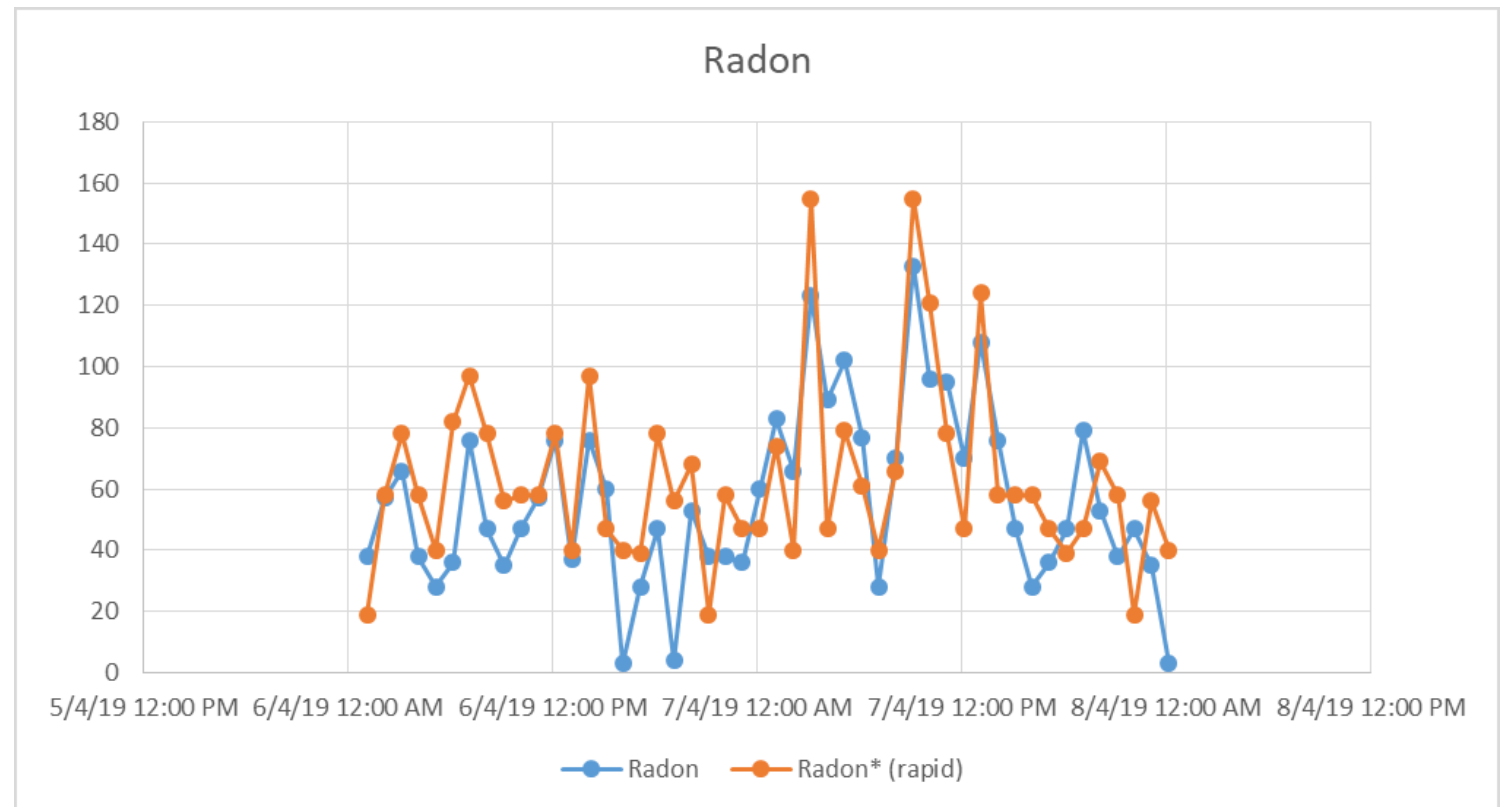
- Data/perioada prelevării datelor experimentale: 11/14/2019 06:11:00 - 11/16/2019 08:11:00
- Durata prelevării datelor experimentale (radon/toron) : 39 ore



EXAMPLE - REZULTATE EXPERIMENTALE

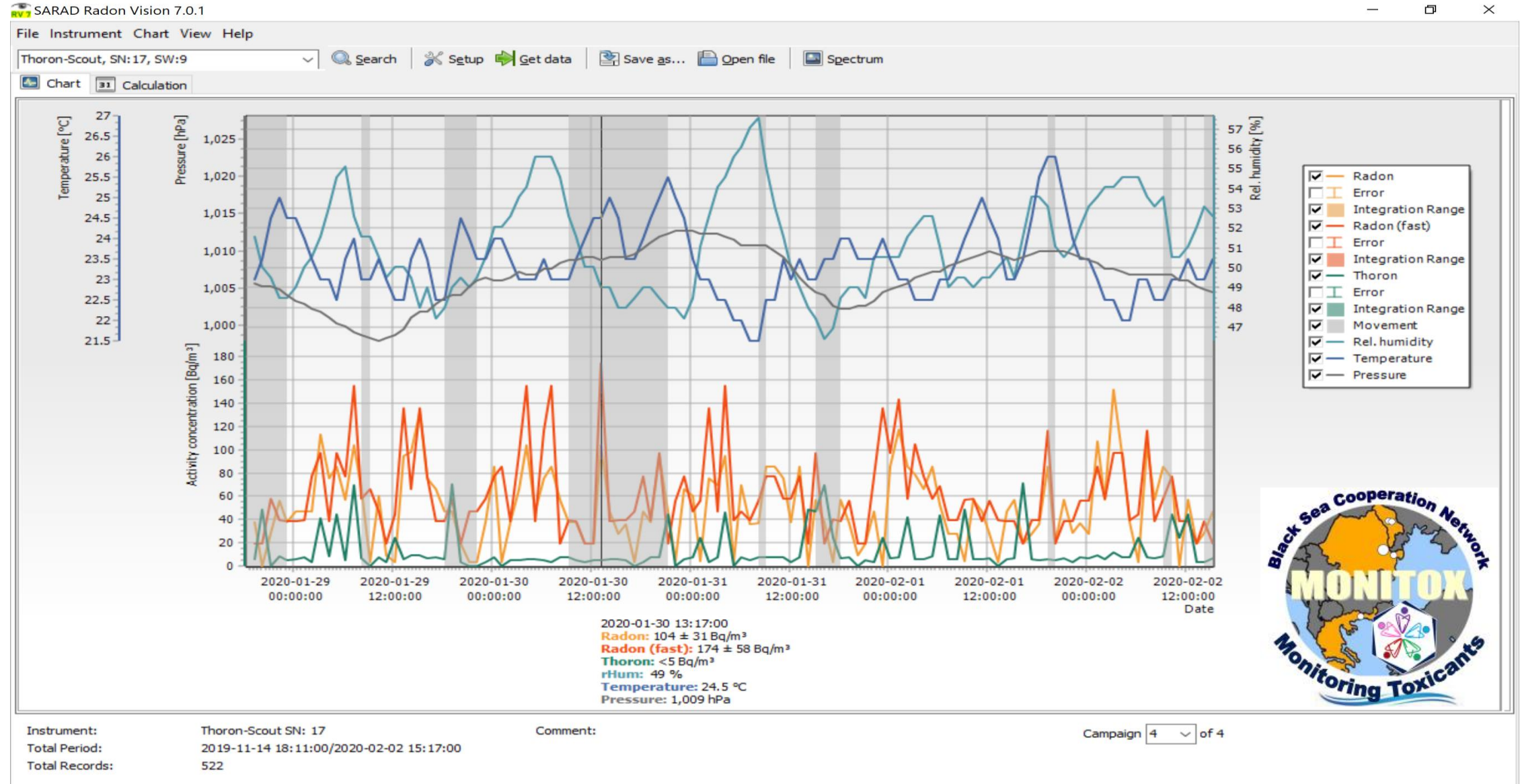
Locul prelevării datelor experimentale: Laboratorul de fizică nucleară experimentală și dozimetrie (LFNE) (Sala SA002, demisol), Centrul de cercetare INPOLDE, Facultatea de Științe și Mediu.

Durata prelevării datelor experimentale: 71 ore



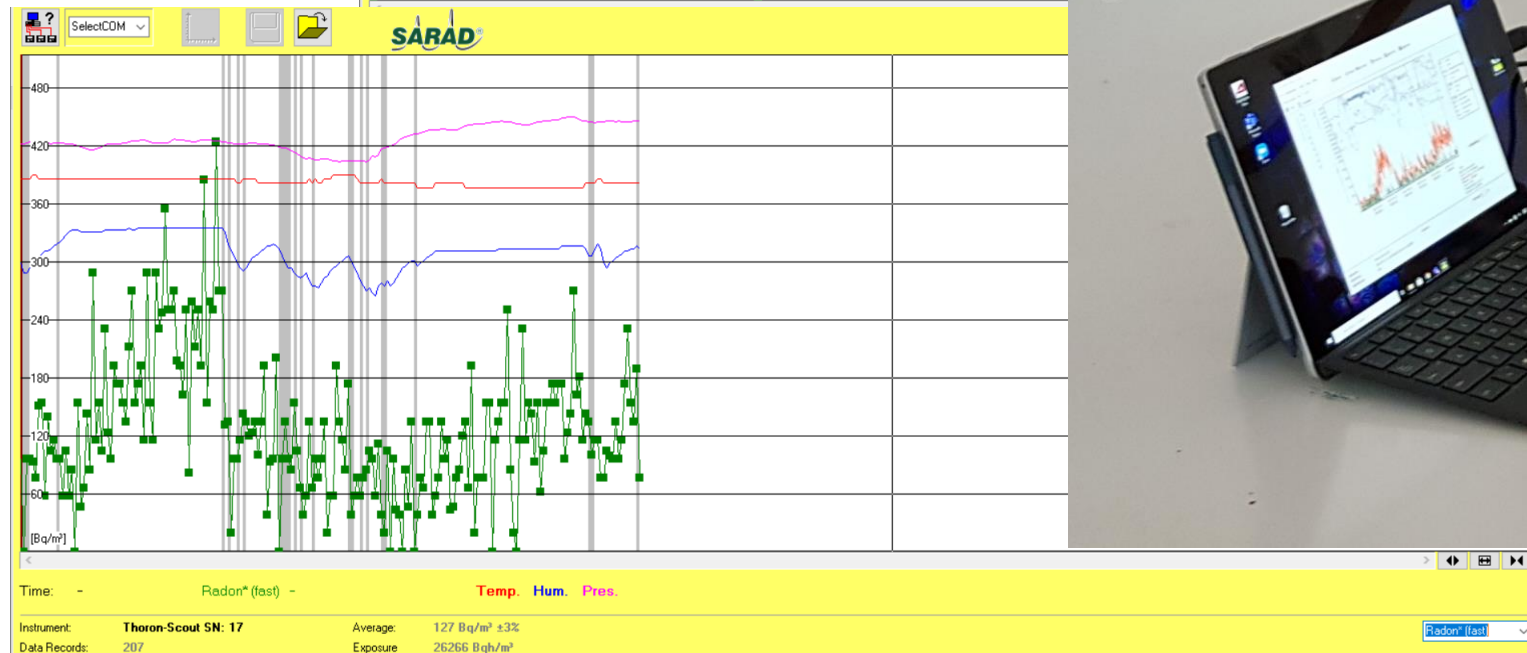
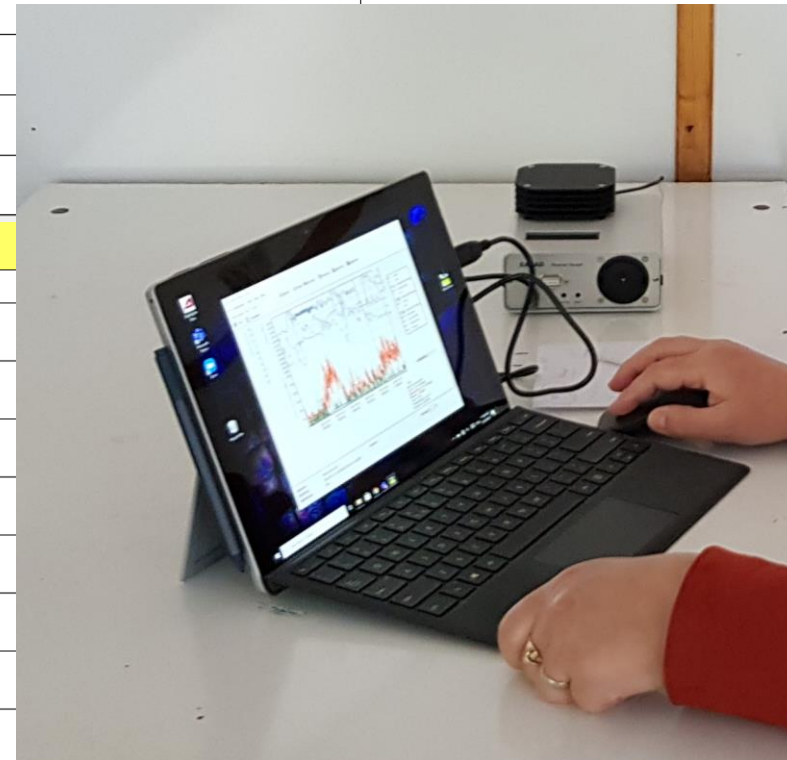
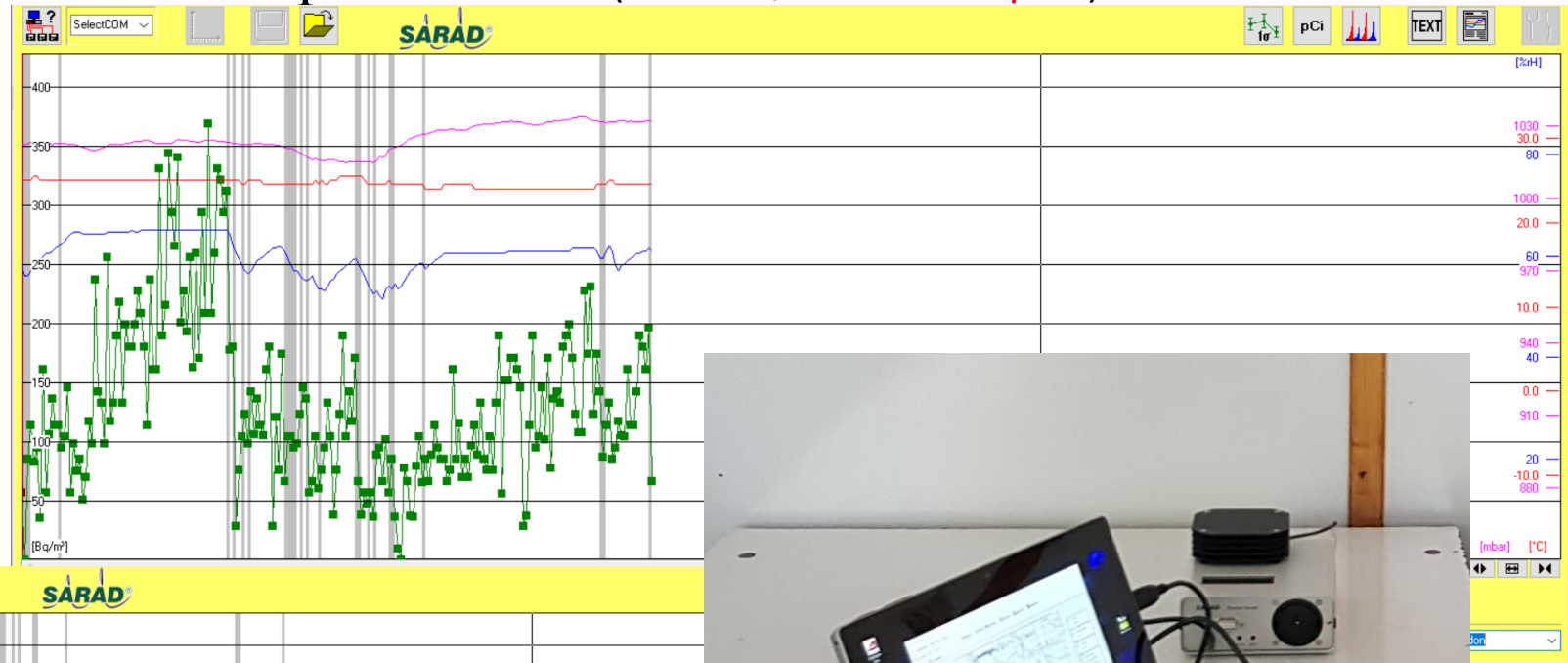
EXEMPLE - REZULTATE EXPERIMENTALE

Locul prelevării datelor experimentale: Locuință bloc, cameră ventilată, parter



Locul prelevării datelor experimentale: Locuință bloc, cameră neventilată, parter

- Durata prelevării datelor experimentale (radon/radon rapid) : 207 ore



Calculul dozei efective datorate inhalării radonului



Nivelul de referință pentru expunerea la radon exprimat în termeni de doză efectivă, corespunzător nivelului de referință de 300 Bq/m^3 , este de 10 mSv pe an .

Pentru calculul dozei efective datorate expunerii la radon în interiorul locuințelor, al locurilor de muncă, în minele din subteran și în clădirile cu acces public, se utilizează coeficienții de conversie exprimați în doză efectivă pe unitatea de expunere mSv/Jhm^{-3} , mSv/WLM , mSv/Bqhm^{-3} , prezentați în legislația specifică și Publicația ICRP nr.137 (ICRP, 2017).

Pentru expunerea la $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ și produși de dezintegrare ai acestora, pentru populație și lucrători, în clădirile cu acces public, locuințe și la locurile de muncă din interior, se iau în considerare următoarele date de intrare:

- a) un timp petrecut în interior - pentru populație se iau în considerare 7000 de ore pe an (se pot lua în calcul și alte valori, după caz) și 2000 de ore pentru lucrătorii expuși profesional;
- b) factorul de echilibru $F=0.4$ (ventilație naturală) și $F=0.2$ (ventilație artificială);
- c) concentrația activității radonului în aer exprimată în Bq/m^3 ;
- d) valorile coeficienților de doză pentru inhalare radon și produșii săi de dezintegrare;
- e) fracțiunea neatașată.

Calculul dozei efective datorate inhalării radonului

Pentru calcularea dozei efective datorate inhalării ^{222}Rn și a produșilor săi de dezintegrare, se poate utiliza formula:

$$E \text{ (mSv/an)} = C \times F \times T \times CD$$

unde C = concentrația măsurată de ^{222}Rn (Bq/m^3); F = factor de echilibru (0.4) între radon-222 și produsii săi de dezintegrare; T = timpul de ocupare (7000h/an), valoare care poate fi modificată în funcție de numărul de ore petrecute în interiorul locuinței de către persoane; CD = coeficient de conversie doză – expunere.

În calculul dozei efective pentru Rn-222, se folosesc valorile CD tabelate:

- pentru expunerea în locuințe, coeficientul de doză este de $3.7 \text{ mSv per mJ h m}^{-3}$ ($0.67 \text{ E-}05 \text{ mSv per Bq h m}^{-3}$);
- pentru peșterile turistice și locurile de muncă din spații închise, în care se presupune că lucrătorii petrec două treimi din timp în exercițiu, coeficienții de doză utilizați sunt $5.7 \text{ per mJ h m}^{-3}$ și $6.7 \text{ per mJ h m}^{-3}$ ($1,3 \text{ E-}05 \text{ mSv per Bq h m}^{-3}$, respectiv $1,5 \text{ E-}05 \text{ mSv per Bq h m}^{-3}$);
- pentru lucrătorii din mine, coeficientul de conversie doză utilizat este de $3.3 \text{ mSv}/\text{mJ h m}^{-3}$, iar pentru lucrătorii sedentari (de exemplu, care desfășoară activități de birou) este de $3.3 \text{ mSv}/\text{mJ h m}^{-3}$.





Common borders. Common solutions.

Facebook page

fb.me/Monitox.project.BSB27

Project cod BSB27-MONITOX



Project funded by
EUROPEAN UNION



Common borders. Common solutions.



Vă mulțumesc!