

Radioactive background radiation measurement in Mureș county

Barna Madaras¹, Zoltán Szakács, Gellért-Gedeon Deák², Juliánna Szakács³

¹Târgu Mureș County Emergency Clinical Hospital, Department of Plastic Surgery, resident physician, ²George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology, Târgu Mureș, medical student, ³George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology, Târgu Mureș, medical student, ³George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology, Târgu Mureș, Department of Biophysics

Abstract • From the beginning, there has always been radiation in the Universe. Most people are unaware of it, even though it is around us all the time, and can have many negative effects on our bodies. In the long term, it can lead to the development of various diseases. The natural background radiation includes cosmic radiation, plus radiation from radioactive elements present in the soil, atmosphere, and living organisms. A significant, measurable fraction of this is gamma radiation. Artificial radioactive isotopes can be used in a variety of applications, such as space research, sterilization, and medical diagnostic imaging. Our objective is to measure the dose equivalent rate from the gamma fraction of background radiation in Mureș county, in open and closed spaces, and in frequently visited areas. The measurements were performed with a Gamma Scout dosimeter. The measured average dose equivalent rates are 0.104 $\mu\text{Sv/h}$ in Târgu Mureș, 0.111 $\mu\text{Sv/h}$ in Reghin, 0.112 $\mu\text{Sv/h}$ in Sovata, 0.091 $\mu\text{Sv/h}$ in Târnăveni, 0.095 $\mu\text{Sv/h}$ in Ludus and 0.067 $\mu\text{Sv/h}$ in the Upper-Mureș Nature Park. Based on the measurements, the calculated mean annual dose is 0.884 mSv/year. According to the data based on the measurements, the dose equivalent rates measured in Mureș county do not pose a risk to our health.

Keywords • background radiation, dose equivalent rate

DOI: 10.2478/orvtudert-2022-0001

Bulletin of Medical Sciences 2022, 95(1): 1–10

The phenomenon of spontaneous decay of unstable nuclei is called radioactivity, and the elements that emit radiation are called radioactive elements. This radiation always involves a chemical transformation of the emitting element according to the so-called radioactive decay series (thorium, uranium, actinium, and neptunium series). The decay is a spontaneous process, not affected by pressure or temperature. Gamma radiation is an electromagnetic radiation produced as

a result of a nuclear process and is always accompanied by corpuscular radiation. It does not involve a change in atomic number or mass number. Its natural form is derived from naturally occurring radioisotopes (e.g. ^{40}K) and cosmic radiation, sometimes as a sub-event of lightning. When produced artificially, it can be used in many fields: space research, density determination, sterilization, cancer treatment as a surgical procedure (gamma-knife), or in medical imaging ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ isotope studies) [1,4,5,7,8].

The main source of natural atmospheric radioactivity are noble gas (radon) isotopes derived from radium isotopes on the Earth's surface and cosmic radiation (^3H , ^7Be , ^{14}C). Radioisotopes of artificial origin come from experimental explosions, nuclear accidents, and medical activities. Radioactive substances are leached into the hydrosphere mainly from soil (^{226}Ra , ^{222}Rn ,

Corresponding author

Szakács Juliánna

„George Emil Palade” University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology, Târgu Mureș, Department of Biophysics

540139 Tîrgu Mureș, Gh. Marinescu Street no. 38, Mureș County, Romania

Email: szjulianna@gmail.com

^{238}U , ^{230}Th , ^{210}Pb , ^{40}K). Among artificial isotopes ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{131}I , ^{132}I , ^{137}Cs , ^{141}Ce are more abundant. They can enter organisms rapidly and in large quantities from drinking water, and therefore the dose equivalent in drinking water is limited to 0.05 mSv per year for a daily consumption of 2 liters.

The radioactive elements in the soil are divided into four groups: high atomic mass elements (uranium, thorium, actinium), low atomic mass elements (potassium, calcium, zirconium, rubidium), elements formed as a result of cosmic radiation (tritium, carbon, beryllium), and isotopes formed during nuclear explosions. In an environment consisting of buildings, the population is most exposed to radiation from the decay of radon. This is mainly transferred from the ground into the home due to inadequate insulation. It can also be emitted from the walls, when different building materials are used. Depending on the material used, the ^{222}Rn load is approximately 3.5 mSv/year for adobe houses, 2.2 mSv/year for concrete-walled buildings, and 1.2-2 mSv/year for brick-walled buildings [2,3,6].

Objective

Measurement of the average dose equivalent rates from the gamma fraction of background radiation in Mureş County, in the open air and in confined spaces, and pro-

cessing, evaluation, and comparison of the obtained data with the annual average levels set forth by the authorities.

Material and method

The measurements were carried out using a 2018 *Gamma Scout w/ALERT* type, German-made instrument with the mandatory conformity mark for products sold in the European Economic Area. Its small size makes it easy to transport and use (70x161x30 mm, 153 g). It is based on a small built-in Geiger-Müller tube and a pulse counter.

The instrument operates in the range of 0.01 - 5 $\mu\text{Sv/h}$ and is suitable for measuring alpha, beta, and especially gamma radiation. It has a built-in, non-removable battery (Li-SoCl_2 Lithium-Tionyl-Chloride cell), which allows for long-term operation and continuous data recording. The recorded data are grouped into weekly ranges by the included software (*Gamma Scout 5 Toolbox*), which can be easily downloaded, connected to a PC via USB, and works on both Windows and MAC. The data can be downloaded in either Sievert or Rem units (1 Sv = 100 Rem) at the user's choice.

The research lasted one and a half years, from November 2019 to May 2021. During this time, we tried to focus on the more densely populated settlements and more frequently visited places in Mureş County, whether in urban environments or nature reserves. The measurements were carried out during the busiest period of the

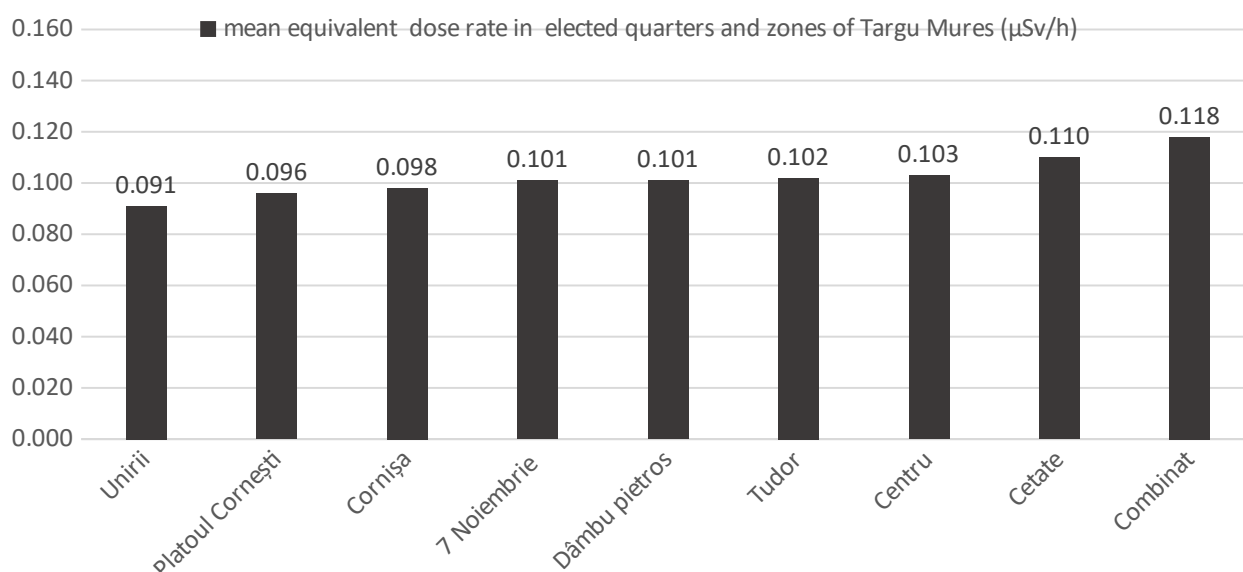


Figure 1. Average dose equivalent rates in the main districts of Târgu Mureş

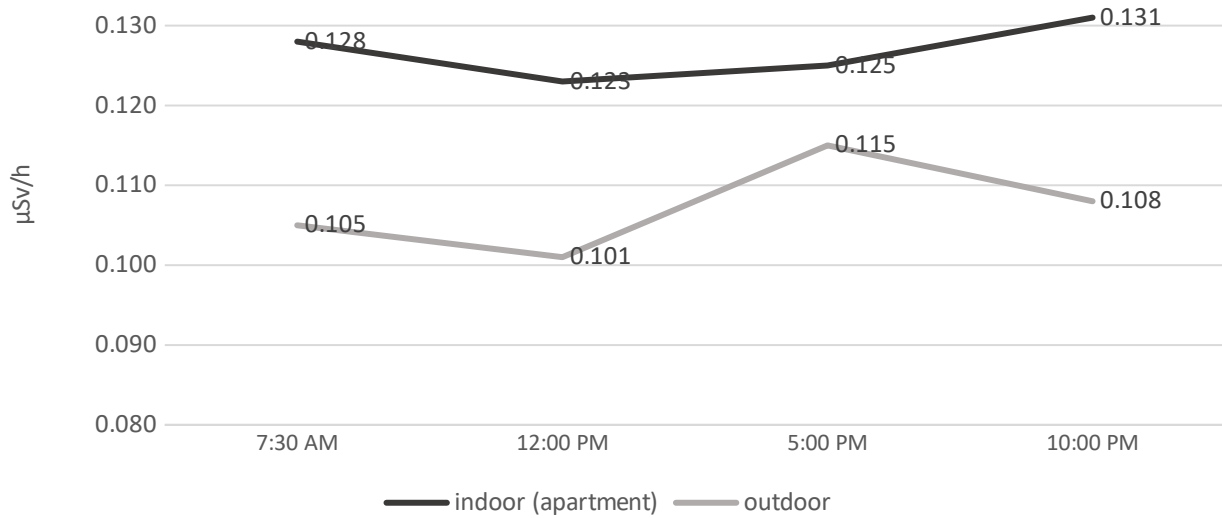


Figure 2. Indoor and outdoor data

year for the place in question. Data collection was carried out in Târgu Mureş, Reghin, the Upper-Mureş Nature Park, Sovata, Sighisoara, Tarnaveni, and Ludus.

Results and discussion

Târgu Mureş is the county's largest and most densely populated town, and this is where most of our measurements were carried out. We recorded data at different times of the day, both during busier and quieter periods, and these are shown in a breakdown by district (Figure 1).

The data show that the background radiation dose rate is below $0.118 \mu\text{Sv/h}$ throughout the city, in the range of $0.091 - 0.118 \mu\text{Sv/h}$. There are no significant differences between the different districts; the difference between the highest and lowest dose rate is $0.027 \mu\text{Sv/h}$.

If we compare the outdoor and indoor data shown in Figure 2, we can see that there is a difference of up to 20% between the outdoor and indoor data. Indoors, higher dose rate equivalents can be measured at all times of the day. With ventilation (Figure 3), this radiation level can be reduced significantly (by 10-15%) from $0.130 \mu\text{Sv}$ to $0.120 \mu\text{Sv}$ or below. Proper ventilation is therefore

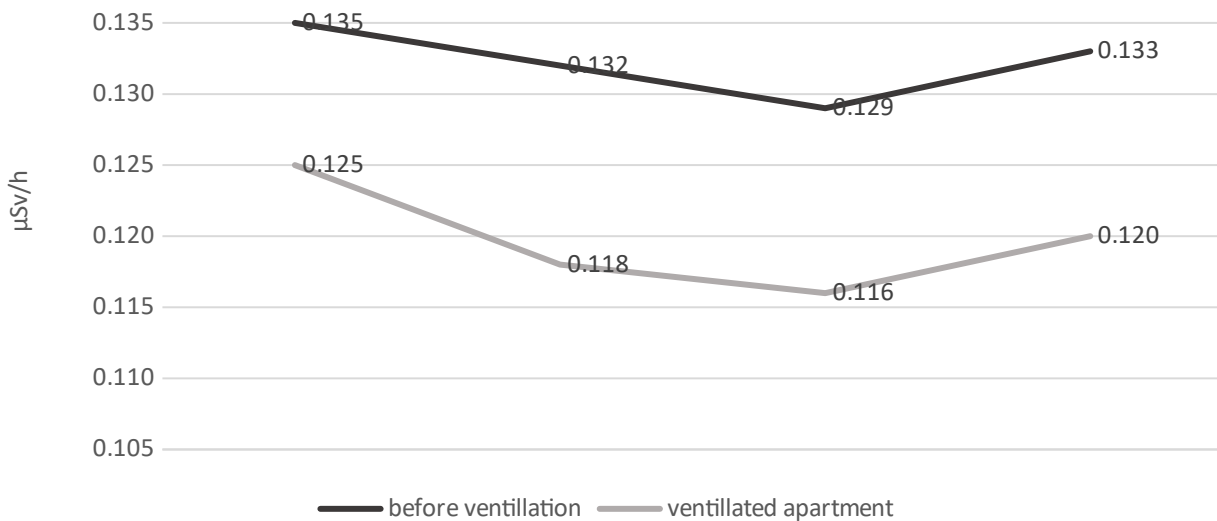


Figure 3. Indoor data before and after ventilation

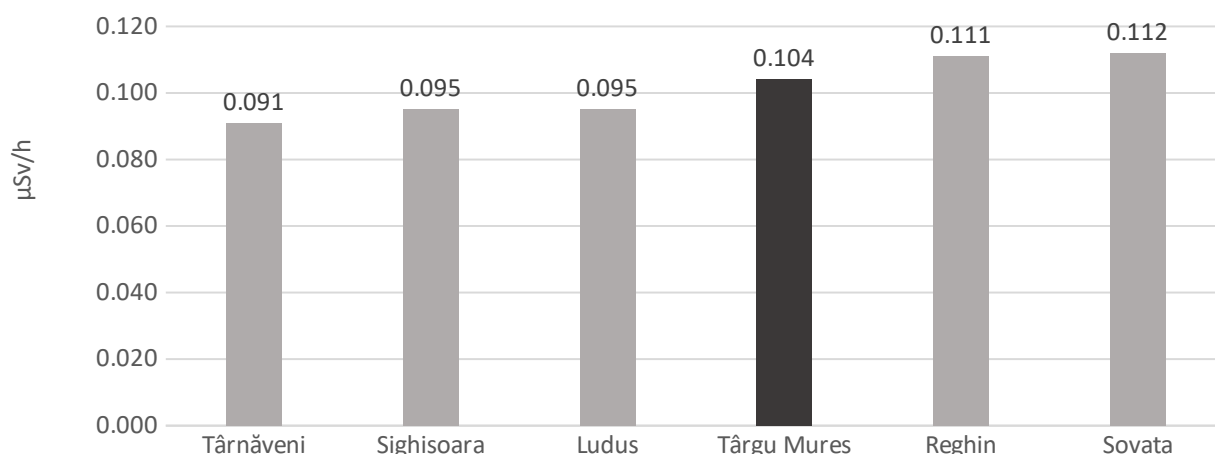


Figure 4. Average dose equivalent rate in the main towns of the county

important to avoid increased self-irradiation.

Figure 4 ranks the major towns of the county in terms of radiation. Târgu Mureș is at the middle of the range, with an average value of 0.104 μSv/h. The average dose rate in Tarnaveni is 0.091 μSv/h, while in Ludus and Sighisoara it is 0.095 μSv/h. The average dose rate in Reghin is 0.111 μSv/h, and in Sovata it is 0.112 μSv/h.

In case of Tarnaveni and Ludus (**Figure 5**) the background radiation is lower than at the county seat. For both towns, the minimum dose rate value is of the order of 0.080 μSv/h and the maximum does not exceed 0.100

μSv/h. In case of Reghin (**Figure 5**), there is a larger difference between the minimum and maximum values (0.088 - 0.135 μSv/h). The lowest dose rate was observed in the Upper-Mureș Nature Park (**Figure 5**), with a mean of only 0.067 μSv/h and a maximum of no more than 0.070 μSv/h. Sovata has the largest variation of radiation levels, with a minimum dose rate of only 0.086 μSv/h and a maximum of 0.138 μSv/h. In Sighisoara, the minimum dose rate was recorded at 0.086 μSv/h, at the outskirts of the town. Towards the historic center, the values increase slowly and gradually, with the highest dose rate reaching

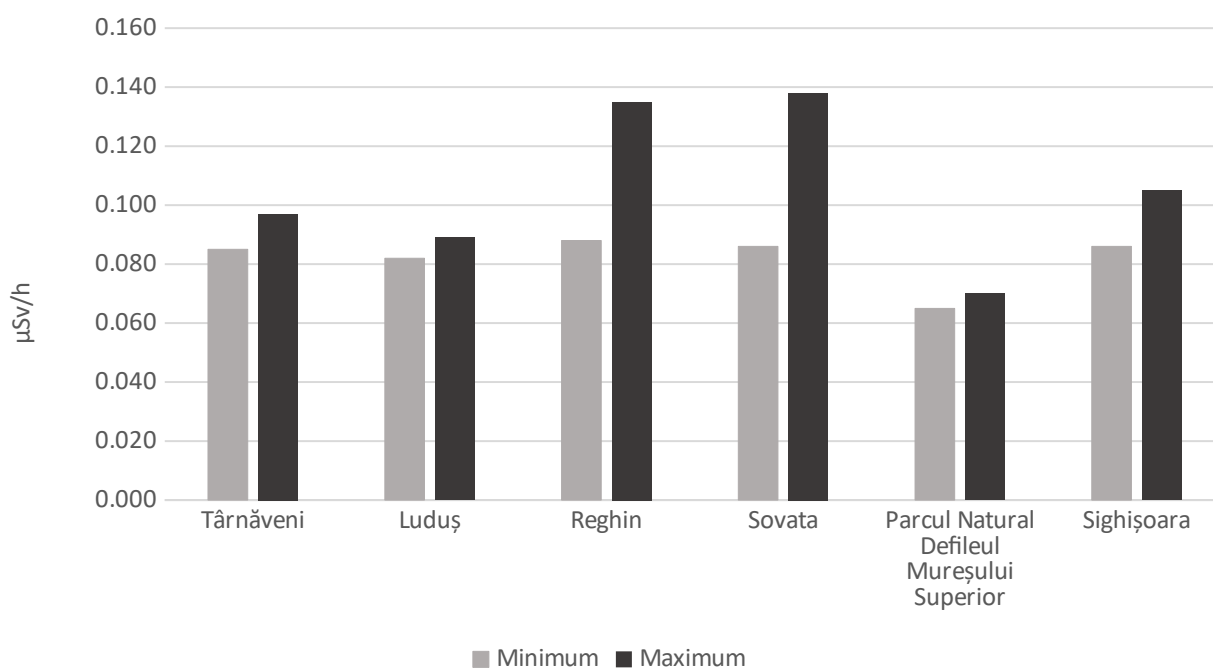


Figure 5. Comparison of lowest and highest values

0.105 $\mu\text{Sv/h}$. The average dose rate calculated from these values is 0.095 $\mu\text{Sv/h}$.

Based on all measurements, the average dose rate is 0.101 $\mu\text{Sv/h}$, which is annualized to 0.885 mSv/year. The European Union Radiation Monitoring Center and the National Commission for Control of Nuclear Activities (CNCAN) both consider a dose rate of 2.4 mSv/year as the maximum background level. If the duration is expressed in hours, this dose rate is 0.274 $\mu\text{Sv/h}$.

Conclusion

None of the data recorded during the survey exceeds the maximum allowed limit, and in fact, is far below that. We can say that Mureş County is completely safe, it is safe to visit, and the levels of radiation that the population is exposed to daily are not harmful to health.

List of abbreviations

CNCAN - Comisia Națională pentru Controlul Activității Nucleare (National Commission for Control of Nuclear Activities)

USB - Universal Serial Bus

Literature

1. National Commission for Control of Nuclear Activities, www.cncan.ro, accessed July 2022.
2. National Agency for Environmental Protection - Environmental radioactivity, www.anpm.ro/radioactivitate-mediului, accessed July 2022.
3. Eisenbud M., Gesell T. - Environmental Radioactivity from Natural, Industrial and Military Sources, Academic Press, 1997, <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1118/1.598401>
4. United States Environmental Protection Agency - Radiation Basics, Electromagnetic Spectrum, <https://www.epa.gov/radiation/radiation-basics>, accessed July 2022.
5. United States Nuclear Regulatory Commission - What Are The Different Types of Radiation?, <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/science-101/what-are-different-types-of-radiation.html>, accessed July 2022.
6. Barótfi I. - Environmental Technology, Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft, 2003.
7. Turai I. - Radiation Health Sciences, Medicina Publishing House, Budapest, 1993, 9-45.
8. Turai I., Köteles Gy. - Radiation Health, Medicina Könyvkiadó Zrt, Budapest, 2014.

Radioaktív háttérsugárzás mérés Maros megyében

Madaras Barna¹, Szakács Zoltán², Deák Gellért-Gedeon², Szakács Juliánna³

¹Maros Megyei Sürgősségi Kórház, Plasztikai Sebészeti Osztály, rezidens orvos, ²Marosvásárhelyi George Emil Palade Orvosi, Gyógyszerészeti, Tudomány és Technológiai Egyetem, ÁOK hallgató, ³Marosvásárhelyi George Emil Palade Orvosi, Gyógyszerészeti, Tudomány és Technológiai Egyetem, ÁOK hallgató, ³Marosvásárhelyi George Emil Palade Orvosi, Gyógyszerészeti, Tudomány és Technológiai Egyetem, Biofizikai Tanszék

Kivonat • Amióta létezik a világ, létezik sugárzás is. Az emberek nagy többsége nem vesz tudomást róla, pedig állandó jelleggel körülvesz és számos negatív hatással lehet szervezetünkre. Hosszú távon különféle betegségek kiváltó tényezője lehet. A természetes háttérsugárzás magába foglalja a kozmikus sugárzást, amihez hozzáadódik a talajban, a légkörben és az élővilágban jelen levő radioaktív elemekből származó sugárzás. Ennek jelentős, mérhető hányada gamma-sugárzás. A mesterségesen előállított radioaktív izotópok számos területen felhasználhatóak, mint például űrkutatásban, sterilizáláshoz és orvosi diagnosztikai képalkotó eljárásokban. Célkitűzésünk a háttérsugárzás gamma frakciójából származó átlagos egyenérték dózisteljesítmények mérése Maros megye területén, szabadban, illetve zárt helyiségben, valamint gyakran látogatott területeken. A méréseket Gamma Scout doziméterrel végeztük. A mért átlagos egyenérték dózisteljesítmények Marosvásárhelyen 0,104 $\mu\text{Sv/h}$, Szászrégenben 0,111 $\mu\text{Sv/h}$, Szovátnán 0,112 $\mu\text{Sv/h}$, Dicsőszentmártonban 0,091 $\mu\text{Sv/h}$, Ludason 0,095 $\mu\text{Sv/h}$, Felső-Maros Natúrparkban 0,067 $\mu\text{Sv/h}$. A mérések alapján az éves átlagos dózisteljesítmény 0,884 mSv/év. A méréseken alapuló adatok szerint Maros megyében mért egyenérték dózisteljesítmények nem veszélyeztetik egészségünket.

Kulcsszavak • háttérsugárzás, egyenérték dózisteljesítmény

DOI: 10.2478/orvtudert-2022-0001

Orvostudományi Értesítő 2022, 95(1): 1–10

Az instabil atommagok spontán módon való felbomlásának jelenségét radioaktivitásnak, a sugárzást kibocsátó elemeket radioaktív elemeknek nevezzük. Ezen sugárzás mindig a sugárzó elem kémiai átalakulásával jár úgynevezett radioaktív bomlási sorozatok szerint (tórium-, urán-, aktínium- és neptúnium sorozatok). A bomlás spontán folyamat, nem befolyásolja a nyomás vagy a hőmérséklet. A gamma-sugárzás kötelezően korpuszkuláris sugárzás mellett megjelenő, magfolyamat eredményeként létrejövő elektromágneses természetű sugárzás. Nem jár rendszám- és tömegszám változással. Természetes formája a természetben előforduló radioizotópokból (pl. ^{40}K), valamint a kozmikus sugárzásból származik, esetenként villámlás részjelenségeként jelenik meg. Mesterségesen előállítva számos területen felhasználható: űrkutatásban, sűrűség megállapításban, sterilizáláshoz, rákkezelésben műtéti eljárásaként (gamma-knife), vagy orvosi képalkotó eljárásokban ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ izotópos vizsgálatok) [1,4,5,7,8].

A természetes légköri radioaktivitás alapját a földfelszínen levő rádium izotópokból keletkező nemesgáz (radon) izotópok, valamint a kozmikus sugárzás alkotja

(^3H , ^7Be , ^{14}C). A mesterséges eredetű radioizotópok kísérleti robbantásokból, nukleáris balesetekből, valamint gyógyászati tevékenységből származnak. A hidroszférába elsősorban a talajból kioldódva szivárognak be radioaktív anyagok (^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{238}U , ^{230}Th , ^{210}Pb , ^{40}K). Mesterséges izotópok közül ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{131}I , ^{132}I , ^{137}Cs , ^{141}Ce fordulnak elő nagyobb mennyiségben. Az ivóvízből gyorsan és nagy mennyiségben kerülhetnek a szervezetekbe, ezért az ivóvízben a megengedhető dózisegyenérték napi 2 liter fogyasztás esetén évi maximum 0,05 mSv.

A talajban található radioaktív elemeket négy csoportba soroljuk: nagy atomtömegű elemek (urán, tórium, aktínium), kis atomtömegű elemek (kálium, kalcium, zirkónium, rubidium), kozmikus sugárzás hatására képződő elemek (trícium, szén, berillium) és nukleáris robbanások alatt képződő izotópok. Épített környezetben a lakosságot legnagyobb mértékben a radon bomlásából származó sugárterhelés éri. Ez elsősorban a talajból kerül a lakásba a nem megfelelő szigetelés miatt. Különböző építőanyagok alkalmazása esetén a falból is kiáramolhat. A ^{222}Rn ter-

helés a felhasznált anyagtól függően megközelítőleg 3,5 mSv/év vályogház esetén, 2,2 mSv/év betonfalú épületeknél, 1,2-2 mSv/év téglafalú létesítmények esetén [2,3,6].

Célkitűzés

A háttérsugárzás gamma frakciójából származó átlagos egyenérték dózisteljesítmények mérése Maros megye területén, szabadban, illetve zárt helyiségben, valamint a kapott adatok feldolgozása, kiértékelése és a hatóságok által meghatározott éves átlagértékhez való hasonlítása.

Anyag és módszer

A mérések elvégzéséhez egy *Gamma Scout* elnevezésű, w/ALERT típusú, 2018-as német gyártmányú műszert használtunk, amely az Európai Gazdasági Térségben értékesített termékek kötelező megfeleléségi jelölésével rendelkezik. Kis méretének köszönhetően könnyű a szállítása és használata (70x161x30 mm, 153 g). Alapjául a beépített kisméretű Geiger-Müller cső, valamint egy impulzusszámláló szolgál.

A készülék 0,01-5 $\mu\text{Sv/h}$ tartományban működik és alkalmas alfa, béta és főként gamma-sugárzás mérésére is. Beépített, nem cserélhető akkumulátorral rendelkezik (Li- SoCl_2 Lítium-Tionil-Klorid cellás), mely hosszú távú működést és folyamatos adatrögzítést tesz lehetővé.

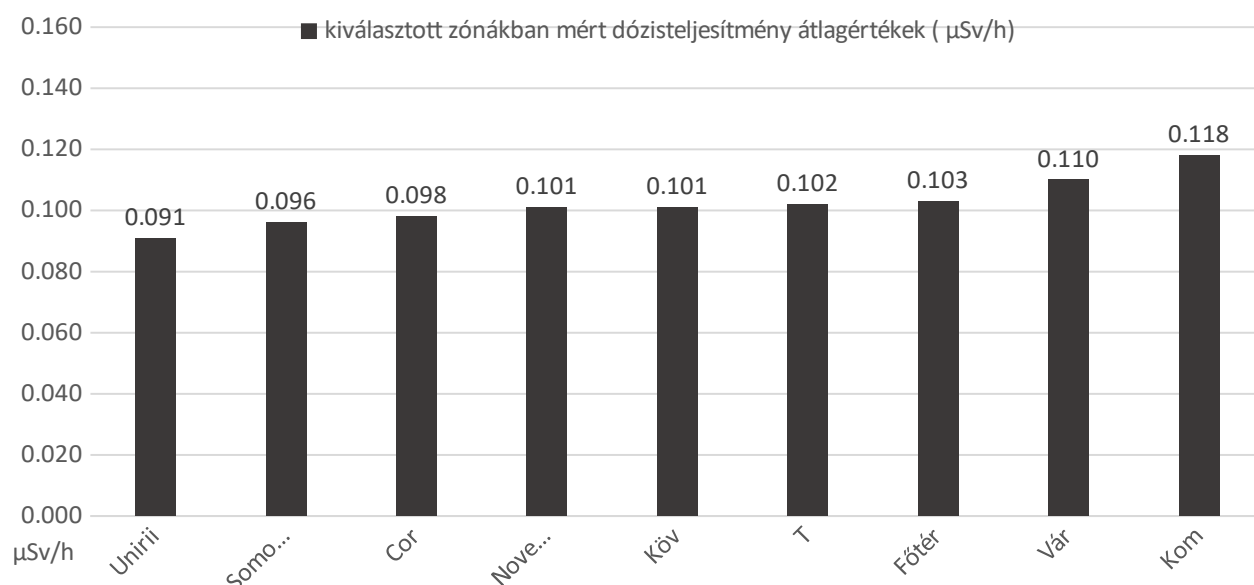
A rögzített adatokat a hozzá mellékelt szoftver (*Gamma Scout 5 Toolbox*) heti tartományokba sorolja, ezeket könnyen le lehet tölteni, számítógéphez USB csatlakozón keresztül kapcsolódik, és mind Windows, mind MAC rendszeren működik. A felhasználó választása szerint az adatok Sievertben vagy remben ($1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$) tölthetők le.

A kutatás időtartama másfél év, 2019 novemberétől 2021 májusáig tartott. Ez idő alatt Maros megye sűrűbben lakott településeire és gyakrabban látogatott helyeire igyekeztünk koncentrálni, legyen az városi környezet, vagy természetvédelmi terület. A méréseket az adott helyre jellemző legforgalmasabb időintervallumban végeztük. Az adatgyűjtés Marosvásárhelyen, Szászrégenben, a Felső-Maros-szoros Natúr Parkban, Szovátán, Segesváron, Dicsőszentmártonban, valamint Marosludason zajlott.

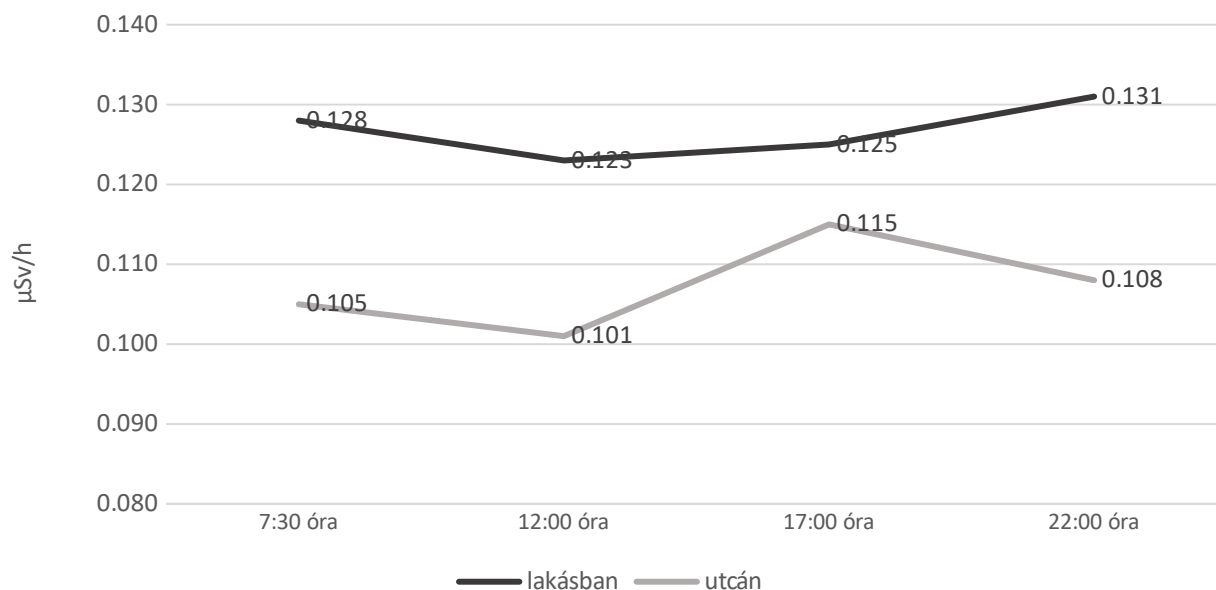
Eredmények és megbeszélés

Marosvásárhely a megye legnagyobb és legsűrűbben lakott települése, itt végeztük legtöbb mérésünket. A nap különböző szakaiban rögzítettünk adatokat forgalmasabb és csendesebb periódusokban egyaránt, ezeket ábrázoltuk városrészekre lebontva (1. ábra).

Az adatokból kijelenthető, hogy a város teljes területén a háttérsugárzásból származó dózisteljesítmény mindenhol 0,118 $\mu\text{Sv/h}$ alatt van, az adatok a 0,091 - 0,118 $\mu\text{Sv/h}$ intervallumban helyezkednek el. Az egyes



1. ábra. Dózisegyenérték teljesítmények átlagai Marosvásárhely főbb negyedeiben



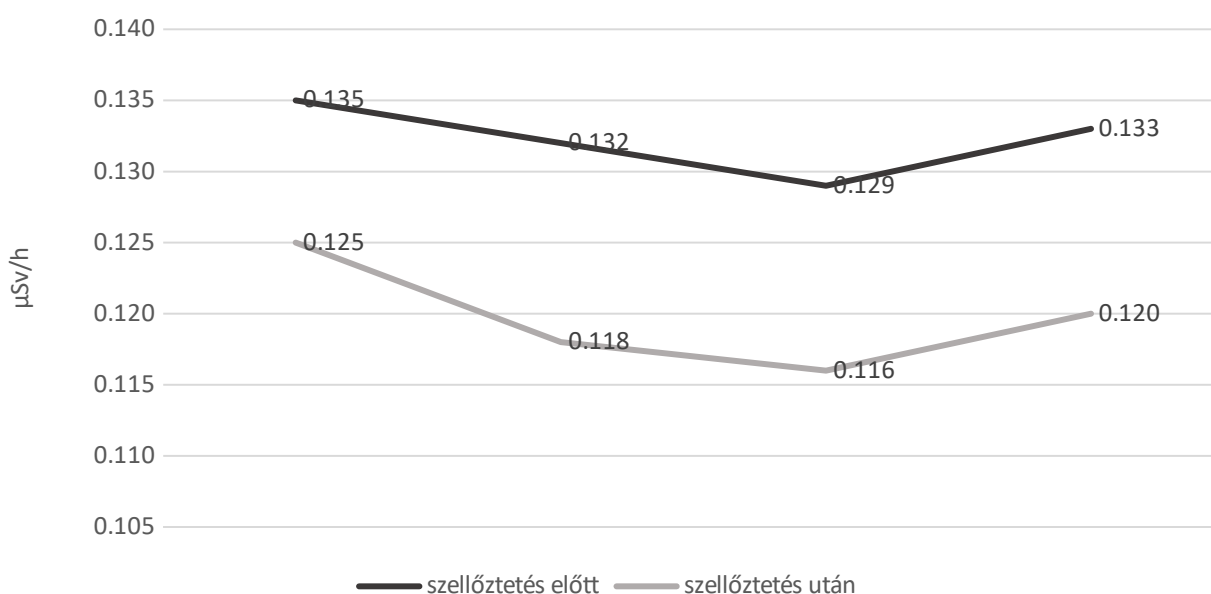
2. ábra. Kül- és beltérben mért adatok

városrészek között nincs jelentős eltérés, a legnagyobb és legkisebb dózisteljesítmény között 0,027 $\mu\text{Sv/h}$ a különbség.

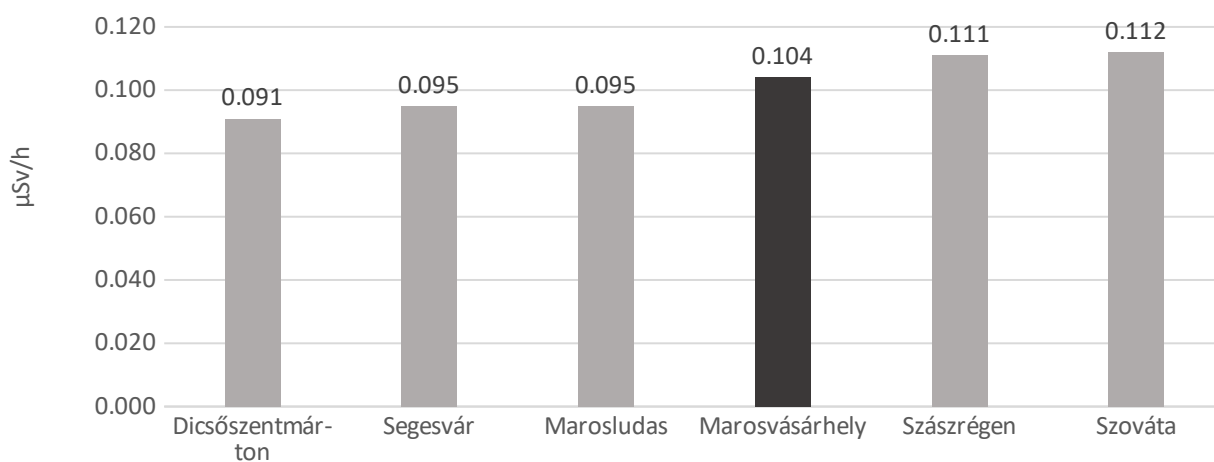
Ha összehasonlítjuk a **2. ábrán** feltüntetett kül- és beltéri adatokat, azt láthatjuk, hogy akár 20%-os eltérés is lehet az utcán és beltérben mért adatok között. Zárt helyiségekben a nap minden szakában magasabb dózisteljesítmény egyenérték mérhető. Szellőztetéssel (**3. ábra**) ez a sugárzásszint jelentősen csökkenthető (10-15%-kal), 0,130 μSv -ról 0,120 μSv -re, vagy az alá mérsékelhető.

Ezért fontos a megfelelő szellőztetés, hogy elkerüljük saját magunk fokozott besugárzását.

A **4. ábra** a megye fontosabb településeit rangsorolja sugárzás szempontjából. Marosvásárhely közepén helyezkedik el a megyében 0,104 $\mu\text{Sv/h}$ átlagértékkel. Dicsőszentmártonban a dózisteljesítmény átlaga 0,091 $\mu\text{Sv/h}$, Marosludason és Segesváron 0,095 $\mu\text{Sv/h}$. A dózisteljesítmény átlagértéke Szászrégenben enyhén magasabb a Marosvásárhelyen tapasztaltnál, 0,111 $\mu\text{Sv/h}$. Szovátán ez az érték 0,112 $\mu\text{Sv/h}$.



3. ábra. Beltéri adatok szellőztetés előtt és után

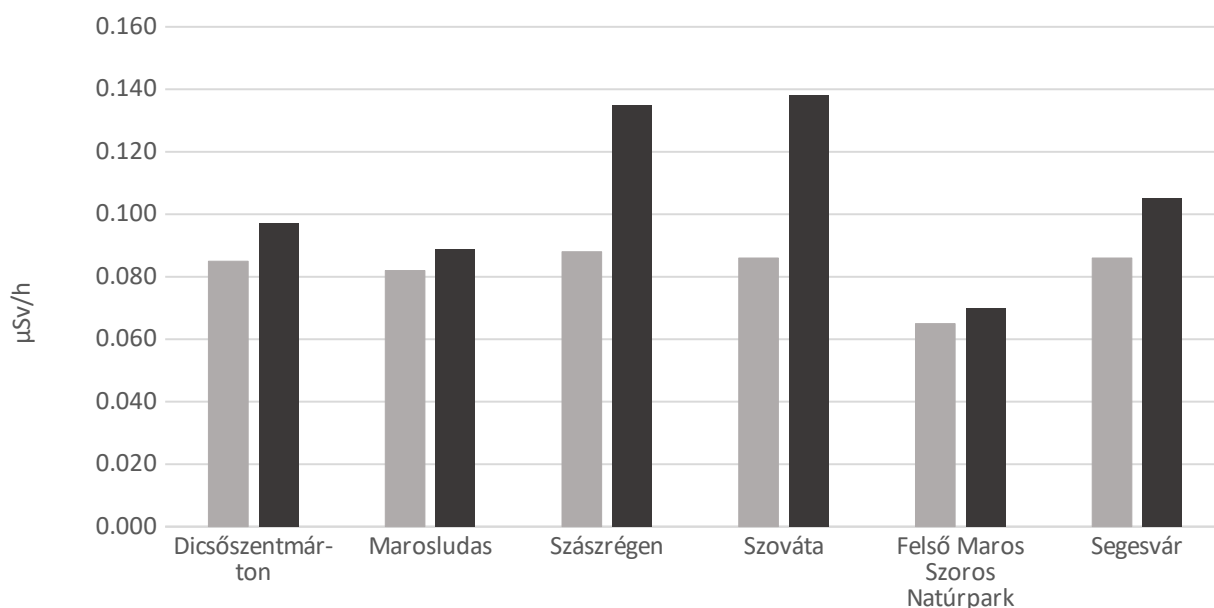


4. ábra. Dózisegyenérték teljesítmény átlaga a megye fontosabb településein

Dicsőszentmárton és Marosludas esetében (5. ábra) kijelenthető, hogy a háttérsugárzás alacsonyabb, mint a megyeszékhelyen. Mindkét település esetén a minimum dózisteljesítmény érték 0,080 μSv/h-ás nagyságrendű, a maximum pedig nem haladja meg a 0,100 μSv/h-át. Szászrégen esetében (5. ábra) nagyobb különbség mutatkozik a legkisebb és legnagyobb érték között (0,088 – 0,135 μSv/h). A legalacsonyabb dózisteljesítményt a Felső-Maros-szoros Natúrpark (5. ábra) területén tapasztaltuk, az átlag mindössze 0,067 μSv/h, a maximum érték sem haladja meg a 0,070 μSv/h-t. Szováta a legnagyobb az ingadozás a sugárzás mértékében, a legkisebb dózistelje-

sítmény mindössze 0,086 μSv/h, míg a legmagasabb érték 0,138 μSv/h. Segesváron a dózisteljesítmény minimuma 0,086 μSv/h, a város szélén lett rögzítve. A történelmi központ fele haladva az értékek lassan, de fokozatosan nőnek, a legmagasabb dózisteljesítmény 0,105 μSv/h értéket ér el. Az ezekből kiszámolható dózisteljesítmény átlagérték 0,095 μSv/h.

Az összes mérés alapján a dózisteljesítmény átlaga 0,101 μSv/h, melyet évre vonatkoztatva 0,885 mSv/év értéket kapjuk. Az Európai Unió sugárzásszint-ellenőrző részlege és a romániai Országos Nukleáris Ellenőrző Bizottság (CNCAN) is a 2,4 mSv/év dózisteljesítmény értéket tekinti a radioaktív



5. ábra. Legalacsonyabb és legmagasabb értékek összehasonlítása

háttérsugárzás maximális értékének. Ha az időtartamot órában fejezzük ki, ez a dózisteljesítmény 0,274 $\mu\text{Sv/h}$.

Következtetés

A kutatás ideje alatt rögzített adatok egyike sem haladja meg a maximálisan megengedett határértéket, sőt messze elmarad ettől. Kijelenthetjük, hogy Maros megye teljesen biztonságos, bátran látogatható, a lakosságot a minden napokban érő sugárzásszint nem káros az egészségre.

Rövidítések jegyzéke

CNCAN – Comisia Națională pentru Controlul Activității Nucleare (Országos Nukleáris Ellenőrző Bizottság)
USB – Universal Serial Bus

Irodalom

(lásd az angol nyelvű cikk végén)