

# A természetes háttérsugárzás

## Mérésleírás

Az ionizáló sugárzások mindenütt jelen vannak környezetünkben, így testünk folyamatos sugárzásnak van kitéve. Ennek az ún. *természetes háttérsugárzásnak* az intenzitása alacsony és helyről helyre változik, de függ pl. az időjárástól is. A földi élőlények szervezete az évmilliárdok során alkalmazkodott ehhez a háttérsugárzáshoz, így hatása (káros vagy hasznos) kimutathatatlan. Ezen gyakorlat célja a természetes háttérsugárzás egyes összetevőinek szemléltetése egyszerű mérések segítségével.

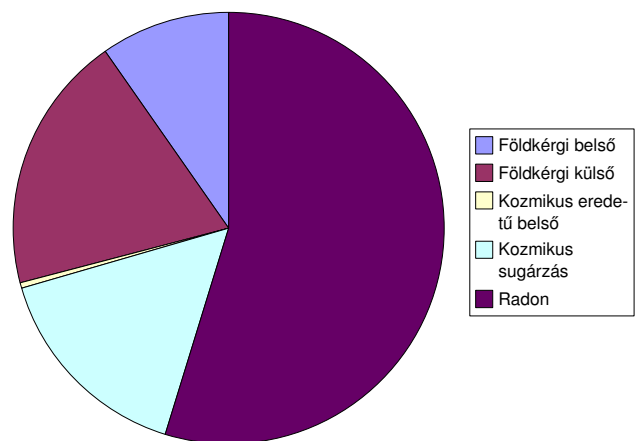
## 1. Bevezetés

Magyarországon egy embert átlagosan 2,4 mSv/év effektív dózissal<sup>1</sup> terhel a természetes háttérsugárzás. A testünket érő sugárzás származhat a világűrből, a talajból, növényekből, élelmiszerekből, környezetünk tárgyaiból vagy akár a saját testünkből is. A sugárzás forrása szerinti megoszlást szemlélteti az 1. ábra. Érdeemes megjegyezni, hogy a radont - bár földkérgi eredetű - nagy súlya miatt általában külön forrásként szokták nyilvántartani.

A háttérsugárzás a helytől és az időtől nagymértékben függ. Még Magyarországon belül is két-háromszoros különbségek lehetnek a háttérsugárzás mértékében a geológiai viszonyoktól, az időjárástól illetve a táplálkozási szokásoktól függően. Esőben például - mivel a vízcseppek a földfelszínre mossák a légkörben magasan lebegő aeroszol radioaktív részecskéit - a háttérsugárzás rendszerint a szokásos érték 2-2,5 szeresére növekszik.

*Bár a közepes és nagy dózisos élettani hatásairól meglehetősen sokat tudunk, az olyan alacsony dózisos hatása, mint a természetes háttérsugárzás, teljesen ismeretlen. Sem pozitív, sem negatív hatásairól nincsenek megbízható adataink. Determinisztikus (azaz előre látható, megjósolható) hatásai biztosan nincsenek, azonban véletlenszerű hatásai - akár hasznosak, akár károsak - lehetnek, bár kimutatni képtelenek vagyunk őket.*

A természetes eredetű háttérsugárzáshoz hozzáadódik az emberi tevékenység nyomán



**1. ábra:** A természetes háttérsugárzás eloszlása a sugárzás eredete szerint

<sup>1</sup> A dózimetriai fogalmak és mértékegységek magyarázatát lásd a függelékben.

bennünket érő sugárzás is. A mesterséges háttérsugárzás elenyésző részét képezi csak a fegyverkísérletekből, nukleáris balesetektől, nukleáris energiatermelésből származó sugárzás. A mesterséges sugárterhelés nagyobb része az orvosi diagnosztikából illetve sugárkezelésekből származik. Ennek mértéke ma személyenként 1,5 mSv/év körül van átlagosan, és a CT illetve PET vizsgálatok terjedésével folyamatosan növekszik. Az átlagérték ráadásul rettenetesen nagy szórást takar. Egyes betegeket illetve családtagjaikat alkalmanként 5-10 mSv effektív dózisu sugárzás is érhet.

### **1.1. A kozmikus sugárzás**

Az elsődleges kozmikus sugárzást a Naptól illetve galaktikus forrásból származó nagyenergiájú részecskék alkotják. Szerencsénkre a legtöbb töltött részecskét a Föld mágneses tere eltéríti, de egy részük lejut a felszínre. Útjuk során a légkör molekuláival ütközve másodlagos kozmikus sugarakat keltenek, illetve ionizálják a molekulákat. Az ionizáció eredményét sarki fényként élvezhetjük.

A kozmikus sugárzás intenzitása a tengerszint feletti magassággal növekszik, mivel a Föld légköre rendkívül hatásosan "szűri" a részecskéket. Ugyancsak növekszik a kozmikus sugárzás dózisa az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva.

*A kozmikus sugárzás tengerszinten mindössze 0,27 mSv/év dózisterhelést okoz, 4000 méteres magasságban azonban már 2 mSv/év körüli a hozzájárulása a háttérsugárzáshoz. Egy 8 km magasságban megtett repülőút akár 3-4  $\mu$ Sv/óra dózisteljesítménnyel növelheti a testünk által abszorbeált sugárzási energiát.*

A kozmikus sugarak egy része magreakciót vált ki a légkör atomjaival ütközve. Kisebbségben nagyobb mennyiségben számtalan radionuklid keletkezik hatásukra. Ezek közül a legjelentősebbek a  $^3\text{H}$  és a  $^{14}\text{C}$ . Ezek a nuklidok nagy mennyiségben keletkeznek, és hosszú felezési idejük valamint kémiai tulajdonságaik miatt beépülnek az élőlényekbe, így - kozmikus eredetük ellenére - belső sugárterhelést okoznak. A testünkbe épült  $^{14}\text{C}$  évi 12  $\mu$ Sv effektív dózissal járul hozzá a háttérsugárzáshoz.

### **1.2. A földkérgi eredetű háttérsugárzás**

A földkéregből, az élőlényekből és környezetünk tárgyaiból származó sugárzásért döntő mértékben három nuklid felelős: a  $^{238}\text{U}$ , a  $^{232}\text{Th}$  és a  $^{40}\text{K}$ . Mindhárom nuklid rendkívül hosszú felezési idejű, és a Föld keletkezésekor épültek be a környezetbe. Eloszlásuknak, kémiai tulajdonságaiknak és élettani szerepüknek megfelelően különbözőképpen járulnak hozzá a háttérsugárzáshoz.

A  $^{40}\text{K}$  béta-bomlását gamma-sugárzás is kíséri. Így mind belső, mind külső forrásként része a háttérsugárzásnak. Külső forrásként természetesen csak a gamma-sugárzása miatt érdekes a  $^{40}\text{K}$ , de belső forrásként a béta-sugárzása is fontos tényezője a természetes háttérsugárzásnak. Számtalan ásvány és kőzet tartalmaz káliumot (így természetesen  $^{40}\text{K}$ -ot is), sőt a tengervíz sótartalmának nagy része is KCl. A kálium élettani szerepe miatt az élőlények mindegyike tartalmaz több-kevesebb káliumot. Emiatt élelmiszereink és természetes építőanyagaink jelentős dózissal járulnak hozzá a háttérsugárzáshoz.

Bár az urán és a tórium nem tartozik a gyakori elemek közé a Földön, kis mennyiségben számtalan kőzetben és ásványban előfordulnak. Az agyagok vagy a vulkáni eredetű bazalt és andezit

különösen nagy mennyiségben tartalmazzák ezeket az elemeket. Minthogy ezeket a kőzeteket és ásványokat építőanyagként alkalmazzuk, jelentős a hozzájárulásuk a természetes háttérsugárzáshoz.

A  $^{40}\text{K}$ -mal ellentétben az urán-238 és a tórium-232 nem önmagukban növelik a háttérsugárzást. Mindkét nuklid meglehetősen hosszú bomlási sor anyaeleme, így velük együtt a bomlási sor összes tagja is megtalálható. A bomlási sorok egyes tagjai különbözőképpen bomlanak, így az urán- és a tórium-sor tagjai az alfa-, a béta- és a gamma-háttérhez is hozzájárulnak.

*Bár az urán és leányelemei nem vesznek részt az élettani folyamatokban, egyes növények hajlamosak felhalmozni szervezetükben a bomlási sor egyes tagjait. Ezért van, hogy a gabonafélék és pl. a dohány  $^{210}\text{Po}$ -tartalmát rendszeresen ellenőrizni kell.*

Az urán- és tórium-sor elemei között kitüntetett szerepet tölt be a radon. Ez az elem nemesgáz, kérdéses izotópjai elegendően hosszú felezési idejűek (3 nap). Ennek következtében a radioaktív radon képes a kőzetekből, az építőanyagokból a környezetbe diffundálni. Zárt térben a radon és leányelemei feldúsulhatnak. Mivel a modern ember meglehetősen sok időt tölt zárt térben, nem meglepő, hogy a bennünket érő háttérsugárzás nagy részéért a radon felelős. Egyes országokban kifejezetten a radon feldúsulását akadályozó építési szabványok vannak érvényben.

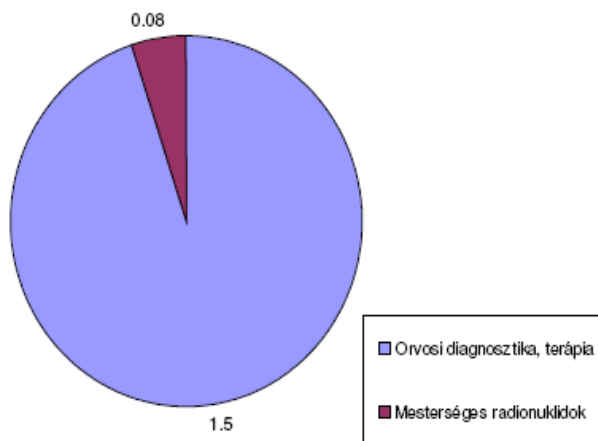
### 1.3. Mesterséges eredetű háttérsugárzás

Az 1960-as évekig léghőri atomrobbantásokat végzett több ország is. Ezek során a bomlástermékek nagy területen szóródtak szét, gyakorlatilag a Föld teljes területét betelepítették. Mára szerencsére már csak a hosszú felezési idejű nuklidok maradtak: a  $^{90}\text{Sr}$ , a  $^{137}\text{Cs}$ , a  $^{241}\text{Am}$  és a plutónium különböző izotópjai. Az atomerőművi és újrafeldolgozó üzemi balesetknél (Windscale, Csernobil) ugyanezek a nuklidok szóródtak szét.

Repülőgép- és tengeralattjáró-balesetekben néhány kisebb terület szennyeződött dúsított uránnal illetve plutóniummal. Hulladékkezelési hibák miatt néhány kisebb jelentőségű, bár kétségkívül tragikus kimenetelű,  $^{60}\text{Co}$ - illetve  $^{137}\text{Cs}$ -szennyezés is történt a világban.

Mindezen szennyezések 0,07-0,08 mSv/év effektív dózisteljesítménnyel járulnak hozzá a háttérsugárzáshoz. Bár ez a hatás mindenütt kimutatható, jelentős mértékben csak a balesetek helyszínén illetve a fegyverkísérleti telepeken növeli a természetes radioaktív háttérrel.

A kísérleti és baleseti maradványoknál jóval nagyobb sugárterhelést jelentenek az orvosi diagnosztikában és a terápiában vagy a tudományos kutatásban alkalmazott radionuklidok illetve röntgenberendezések. Átlagosan 1,5 mSv/év-vel növelik az egyes embert érő háttérsugárzást.



**2. ábra:** A mesterséges eredetű háttérsugárzás megoszlása a sugárzás eredete szerint

## 2. Mérések

Négy mérőhelyen forgószínpad szerűen vizsgáljuk a háttérsugárzás különböző komponenseit.

A négy mérőhelyen három különböző eszközzel fogunk dolgozni. Alább kifejezetten csak az elvégzendő méréseket írjuk le, míg a készülékek kezeléséhez szükséges segédlet a készülékek mellett található.

## **2.1. Radioaktív ásványok és kőzetek**

Két agyagminta és két kőzet (bazalt, márvány) radioaktivitását mérjük egy kizárólag gamma-sugárzásra érzékeny szcintillációs detektorral. A minták radioaktivitásáért a bennük lévő urán, tórium, és a leányelemeik a felelősek.

- Óvatosan süllyesszük a detektort az üres ólomárnyékolás aljára!
- Mérjük a háttérsugárzást 3x100 másodpercig!
- Emeljük ki a detektort és rögzítsük úgy, hogy hozzáférjünk az üreghez az árnyékolás közepén!
- Helyezzük el az egyik mintát az üreg alján, majd óvatosan engedjük rá a detektort!
- Mérjük meg a minta sugárzását 3x100 másodpercig!
- Ismételjük meg a méréseket a másik három mintával is!

## **2.2. Tengeri só KCl tartalmának meghatározása**

A kísérletben egy tengeri só KCl tartalmát határozzuk meg a  $^{40}\text{K}$  béta-sugárzása alapján. Ehhez először a béta-sugárzás önabszorpciós görbét mérjük ki, majd kalibrációs görbét mérünk, végül meghatározzuk a tengeri só radioaktivitását. A kalibrációs görbe és a só radioaktivitásának ismeretében meghatározhatjuk a só KCl tartalmát. Ezúttal béta-sugárzásra érzékeny szcintillációs detektort használunk.

### **2.2.1. A béta-sugárzás önabszorpciója**

- Határozzuk meg a berendezés által érzékelt háttérsugárzást 3x1 perces mérésekkel!
- Az analitikai mérlegen mérjük a kapott műanyagtálkába kb. 2g KCl-ot!
- Óvatos rázogatóssal simítsuk el a KCl felületét a tálkában, majd helyezzük a tálkát az ólomtoronyba!
- Mérjük meg a minta béta-sugárzását 3x1 perces mérésekkel!
- Ismételjük meg a mérést 4, 6 és 8g KCl-dal! (A 8g-os mintát jól simítsuk le, ne púposodjon a tálka széle fölé!)
- Határozzuk meg a telítési rétegvastagságot grammban!

### **2.2.2. Kalibrációs görbe**

- A KCl-ot öntsük vissza!
- Mossuk el a tálkát, majd szárítsuk meg!
- Mérjük be kb. 6g-ot az 50 (m/m)%-os KCl/NaCl keverékből!
- Mérjük a minta béta-sugárzását 3x1 percig!
- A kalibrációs görbe másik két pontja: 0% - háttér illetve 100% - 6g KCl.

*Gondolkodjunk el azon, hogy miért nem kell pontosan 6g-ot bemérni a keverékből, miért elég csak körülbelüli pontosság! Gondoljunk a telítési rétegvastagságra.*

### 2.2.3. Tengeri só

- A keveréket öntsük vissza a helyére!
- Mossuk el a tálkát, majd szárítsuk meg!
- Mérjük be kb. 6g tengeri sót, és mérjük meg a béta-sugárzását!

### 2.3. Mesterséges eredetű háttérsugárzás

A mérés során egy Csernobil közeléből származó talajminta  $^{137}\text{Cs}$ -szennyezésének gamma-sugárzását fogjuk mérni. Gamma-sugárzásra érzékeny szcintillációs detektort fogunk használni a méréshez. A mintát földaraboltuk, és a darabokat mélység szerint zacskókba zártuk. A zacskók jelzése egyértelműen utal a mintaszelet mélységére. A mérés alapján ellenőrizhetjük, hogy a felszínen szétszóródott  $^{137}\text{Cs}$  milyen mélyre jutott a talajban az évek során.

- Határozzuk meg a berendezés által észlelt gamma-háttérrel! Mérjük a sugárzást 3x100 másodpercig az üres toronyban!
- Sorban helyezzük a zacskókat a toronyba fölülről a második polcra!
- Minden zacskó sugárzását mérjük 100 másodpercig!

*A mintavétel 2006-ban, a talaj szennyeződése 1986-ban történt. A mért sugárzási profil alapján becsüljük meg, milyen sebességgel diffundál a  $^{137}\text{Cs}$  a talajban!*

### 2.4. A kozmikus sugárzás

A méréshez a csernobili minták mérésénél használt műszert használjuk, de ezúttal két detektorral dolgozunk és egy koincidencia-körrel. A koincidencia-kör biztosítja, hogy csak olyan részecskéket észleljünk, amelyek mindkét detektoron áthaladnak. A mérés a kozmikus sugárzás irányfüggését szemlélteti.

- A mellékelt utasításoknak megfelelően állítsuk össze a koincidencia-kört!
- Óvatosan fogjuk be két detektort a bunsenállványba egymás fölé! Lehetőleg minál közelebb kerüljenek egymáshoz, a kristályok egymás fölé kerüljenek. *Így csak azokat a függőleges irányból érkező fotonokat látjuk, amelyek mindkét detektor egyidőben észlel.*
- Mérjük a koincidencia-beütésszámokat 3x100 másodpercig!
- Óvatosan helyezzük a detektorokat az asztalra egymás mellé! Lehetőleg ugyanolyan távolságra kerüljenek egymástól, mint az előbb. *Most a vízszintesen érkező fotonokat számláljuk.*
- Mérjük a koincidencia-beütésszámokat 3x100 másodpercig!

### 2.5. Mesterséges sugárforrások

Ez a mérés a mesterséges sugárforrások által okozott sugárterhelést szemlélteti. A Magkémiai Laboratóriumban található, kutatási célra használt sugárforrások által okozott sugárterhelést térképezzük fel a laboratórium folyosóján.

- Vegyük kézbe a hordozható gamma-detektort a 022-es szobában! 15-20 másodperc után, mikor műszer megállapodik, jegyezzük fel a számlálási sebességet! Ez lesz a háttérünk.
- Menjünk végig a folyosón, és minden szoba egy ajtajánál mérjük meg a gamma-sugárzás intenzitását, és jegyezzük fel a számlálási sebességeket!

- A mérést csukott ajtónál végezzük, kb. 1 m magasságban, az ajtótól kb. 10 cm-re, 15-20 másodpercen keresztül!
- **Figyelem! Ha a szobában tartózkodik valaki, figyelmeztessük a mérésre! Ha lehet, udvariasan kérjünk engedélyt az ajtó becsukására!** (Semmiképp se szeretném, ha a kollégáim először megközveznének, aztán betiltatnák a mérést a kellemetlenségek miatt.)

### 3. Beadandók

Minden esetben beadandók a mérési adatok is, ott is, ahol külön nem jelöljük. (A számozás az előző fejezet számozásához igazodik. Tehát 3.1. alatt a 2.1.-es méréshez beadandók vannak felsorolva.)

#### 3.1. Radioaktív ásványok és kőzetek

- a háttér és az ásványokon végzett mérések táblázatosan
- minden anyagra a háttérrel korrigált számlálási sebesség átlaga táblázatosan
- megjelölendő, hogy mely minták sugároznak, melyek nem

#### 3.2. Tengeri só KCl tartalmának meghatározása

- az átlagos számlálási sebességekből készült önabszorpciós görbe grafikonon
- az átlagos számlálási sebességekből készült kalibrációs görbe grafikonon
- a tengeri só KCl-tartalma százalékosan

#### 3.3. Mesterséges eredetű háttérsugárzás

- a háttérrel korrigált beütésszámok alapján rajzolt implantációs profil (számlálási sebesség a mélység függvényében)
- a Cs-137 diffúziójának sebessége

#### 3.4. A kozmikus sugárzás

- az átlagos koincidencia-beütésszámok
- megválaszolendő: Észlelt-e kozmikus sugárzásból származó részecskéket?

#### 3.5. Mesterséges sugárforrások

- a szobák ajtajában mért számlálási sebességek táblázatosan
- megválaszolendő: Mely szobákban nem javasolja a hosszas tartózkodást?