

## Környezetünk és a radioaktivitás

### Természetes eredetű sugárterhelés

1986 áprilisa után sok ember megrendült az atomerőművekbe vetett hitében. Kolozsvártól légvonalban 700, Kievtől pedig 100 km-re levő Csernobilban reaktorbaleset történt. Ez a katasztrófa sokakból, a nukleáris energiatermeléssel szemben komoly ellenszenvet váltott ki.

Vizsgáljuk meg környezetünket sugáregészségügyi szempontból, milyen jelenségeket kell figyelembe vegyünk. Az emberiséget folyamatosan éri természetes és mesterséges sugárzás.

Először foglalkozunk a természetes eredetű sugárzással. Ennek forrása a kozmikus tér és a földkéreg. A kozmikus (a Naptól és a távoli űrből jövő) valamint a földkérgi sugárzások a földi élet kialakulását megelőzően is hatottak. Az ember sugárzási térben fejlődött ki, és fejlődik ma is tovább. A természetes radioaktív anyagok kiszűrhetetlenül és állandóan jelen vannak a környezetünkben (a talajban, az építőanyagokban, a levegőben, az élelmiszerekben és az ivóvízben) valamint a szervezetünkben. A litoszféra változó mennyiségben tartalmaz urániumot (4 gr/tonna) és tóriumot (12 gr/tonna). A teresztikus (földkérgi) sugárzás a  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  és a  $^{232}\text{Th}$ -on kívül még számos más radioaktív elemről ered, ilyen pl. a  $^{40}\text{K}$  (ami az emberi szervezetben levő természetes radioaktív elemek közül mennyiség szempontjából kiemelkedő helyen van),  $^{50}\text{V}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{130}\text{Te}$ ,  $^{138}\text{La}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{187}\text{Re}$ , vagy a  $^{289}\text{Pu}$ , ezek felezési ideje  $10^{10}$  és  $10^{17}$  év között van. (kivéve a  $^{289}\text{Pu}$ -ot, mely "már" 24400 év alatt felére bomlik). A kozmikus sugarak hatására állandó jelleggel radioaktív elemek képződnek, melyek az időjárás tényezőktől függően eloszlanak a földkéregben. Íme néhány elem ezek közül.

Radioaktív elem	Felezési idő	Előfordulás esővízben (atom/cm <sup>3</sup> )	Kialakulási sebbsége (atom/min.cm <sup>3</sup> )	Sugárzása
$^3\text{H}$	12,3 év	$5 \cdot 10^4 - 10^6$	60	$\beta^-$
$^7\text{Be}$	53 nap	$2 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^3$	1,3	K
$^{10}\text{Be}$	$2,7 \cdot 10^6$ év	-	6	$\beta^-$
$^{14}\text{C}$	$5,57 \cdot 10^3$ év	14,7	150	$\beta^-$
$^{22}\text{Na}$	2,6 év	40	-	$\beta^+$
$^{32}\text{P}$	14,5 nap	400	-	$\beta^-$
$^{33}\text{P}$	25 nap	30	-	$\beta^-$
$^{35}\text{S}$	87 nap	400	-	$\beta^-$
$^{39}\text{Cl}$	55 perc	2,5	-	$\beta^-$

A testünket felépítő atomok közül sok milliárdnyi radioaktív ( $^{40}\text{K}$ ). Ezen radioaktív atomok ugyanolyan szerepet töltenek be a sejtépítésben és a szervek működésében, mint ugyanezen elemek stabil (nem radioaktív) atomjai. A testünkben jelenlévő (a sejteket alkotó illetve a levegővel, táplálékkal vagy az

ivóvízzel felvett) természetes eredetű radioaktív atomok közül minden órában közel 16 milliónyi bomlik el. A sugárzó részecskék és fotonok olyan óriási mennyiségben keletkeznek a környezetünkben és a szervezetünkben, hogy minden másodpercben 75000 éri a testünket. Az ezekből eredő külső és a szervezetünkben levő radioaktív anyagoktól származó belső sugárterhelés végigkíséri egész életünket, nemcsak a születéstől, hanem a fogamzástól a halálig. A fentiek értelmében túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a természetes sugárzás nem jelent veszélyt az emberek egészségére, hanem az élet elválaszthatatlan része, természetes velejárója.

A természetes radioaktivitás okozta sugárterhelést a lakóhely földrajzi és geológiai sajátosságaitól függően eltéréseket mutat. Ez az eltérés másrészt az adott területekre jellemző lakásvizonyok, építkezési szokások valamint az épületben töltött átlagos időtartam különbözőségében is rejlik. Így pl. néhányszor nagyobb, a kozmikus sugárzástól származó sugárdózis a magas hegyek lakói körében, mint a tengerszinten élő embereknél, mivel a sűrű, tengerszint közeli légrétegek sugárelnyelő-képessége a magasság növekedésével egyre kevésbé érvényesül.

A következő táblázat a klasszikus és az újabban használatos építőanyagokban található legfontosabb radioaktív izotópok koncentrációját tartalmazza.

Építőanyagok	Koncentráció, bomlási képesség Bq/kg		
	<sup>226</sup> Ra (α sugárzó)	<sup>232</sup> Th (α sugárzó)	<sup>40</sup> K (β)
homok	10 – 16	10 – 19	220 – 460
kavics	38 – 93	47 – 114	410 – 940
agyagtégla	44 – 96	44 – 126	590 – 1400
cement	11 – 77	14 – 57	150 – 230
beton	11 – 74	11 – 70	280 – 650
hamu	62 – 398	120 – 150	250 – 520
salak	25 – 130	80 – 120	150 – 300
mészkö	11 – 30	7 – 12	50 – 150
gipsz	250 – 970	15 – 45	300 – 600
fa	0,4 – 0,7	0,7 – 0,9	–
gránit	80 – 90	65 – 90	950 – 1300

(1 Bq = 1 bomlás/sec)

Az utóbbi időben gazdasági megfontolásokból a cementet (a környékünkön a legszélesebb körben használatos építőanyag) kohósalakkal és hamuval keverik, amit a szénfűtéses hőerőművek égéstermékeként hulladékanyagként nyernek. Mérések alapján megállapítható, hogy a kohósalak a szén égésének megmaradó végterméke, hulladéka nagy mennyiségben tartalmaz <sup>226</sup>Ra-t és <sup>232</sup>Th-t. (Itt megemlíthetjük, hogy a széntüzelésű erőművek még más radioaktív elemeket is kibocsátanak, pl. <sup>40</sup>K, <sup>210</sup>Po, <sup>234</sup>Th és <sup>228</sup>Ra). A cement és a salak keverékét ma már világszerte alkalmazzák, első sorban építkezéseknél, de az utak és metrók, alagutak építésénél is. A radioaktív izotópok koncentrációja alapján határozzák meg a keverési arányt.

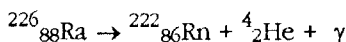
Hazánk lakosságának mintegy 17%-al (Magyarország lakosságának mintegy 20%-al) nagyobb a természetes sugárterhelése az átlagnál, mivel azon országok közé tartozunk, melyek lakói viszonylag több időt töltenek épületben.

Az emberiség létszámából jelentős hányadot képviselő, többnyire szabadban tartózkodó trópusi népek építőanyagából származó sugárterhelése kisebb a világtálagénál, míg az északi országok lakóinál még a dupláját is elérheti.

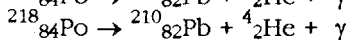
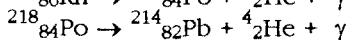
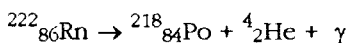
A természetes sugárterhelésünk legnagyobb része - mintegy 2/3-a - a felszíni kőzetekben, talajban és az építőanyagokban bizonyos koncentrációban mindig jelenlevő urán bomlásakor felszabaduló radongáz és egyéb légnemű radioaktív anyagok belégzéséből ered.

A Kolozsváron átfolyó Szamos gránitos hegységből ered. A kőzetek közül a gránit tartalmazza a legtöbb radioaktív anyagot (de az üledékes kőzetekben is fellelhető sugárzó anyagokat) ilyen pl. az urán és a thórium. A Szamos kimossa az uránt és lerakja a medrében. A lerakódott urán bomlása folyamán rádium keletkezik, mely geokémiai folyamatok során a folyó medrétől nagy távolságokra is eljuthat. A rádium bomlása során radongázzá alakul, mely a Szamoshoz közeli házakban az átlagosnál nagyobb értékben ki is mutatható.

A  $^{222}\text{Rn}$  az uránium család egyik tagja és a  $^{226}\text{Ra}$  bomlása által jön létre:



A  $^{222}\text{Rn}$  további bomlása és bomlástermékei a következőképpen írhatóak fel:



A radonnak köszönhető sugárzás annál nagyobb, minél többet tartózkodunk rosszul vagy nem szellőztetett illetve földszinti s netán földalatti helységekből. Ezért is fontos a huzamos tartózkodásunkra szolgáló helység gyakori, alapos szellőztetése.

A légkörben található meg a ( $^{222}\text{Rn}$  - radongázon kívül) kozmikus sugárzás által keltett  $^{14}\text{C}$  -szénizotóp és a vízgőzben található  $^3\text{H}$ . A növények fotoszintézise folytán, a  $^{14}\text{C}$  bekerül a növényi és állati szervezetekbe és így a szerves élet körfolyamatába (ezért ez az izotóp lehetővé teszi a régészeti kor-meghatározásokat).

Élnek a Földön olyan természetes radioaktív anyagokat bőségesen tartalmazó területeken is emberek, ahol a természetes sugárterhelés átlagértéke a miénknél 5-10 szer magasabb, maximumértéke akár ötvenszer is nagyobb lehet. Jóllehet évtizedek óta széles körű orvosi vizsgálatokat végeznek, ilyen területen élő több tízezer fős népességcsoportokban, ezideig körükben semmilyen sugárterhelésnek tulajdonítható egészségkárosodást vagy káros elváltozást nem észleltek.

A kollektív dózis valamely konkrét sugárforrástól eredő, egy adott embercsoportra számított sugárterhelés. Ezt a csoport létszámának és az adott létesítménytől származó egy főre jutó átlagos sugárterhelésnek az összeszorítása után kapjuk. Mértékegysége személy/sv. Az ENSZ atomsugárzásokat vizsgáló tudományos bizottságának legutóbbi felmérése szerint a Föld népessége természetes forrásokból (kozmosz és földkérgi sugárzásokból) évente átlagosan (egy főre) 2,4 msv sugárterhelést kap. Meg kell említeni, hogy az éves dóziskorlát egy személy esetén 50 msv.

Eddig a természetes eredetű radioaktivitással foglalkoztunk. A következő részben a mesterséges eredetű sugárzásokról fog szó esni.

Íme egy kis előzetes a természetes és mesterséges eredetű sugárzás közti arányról.

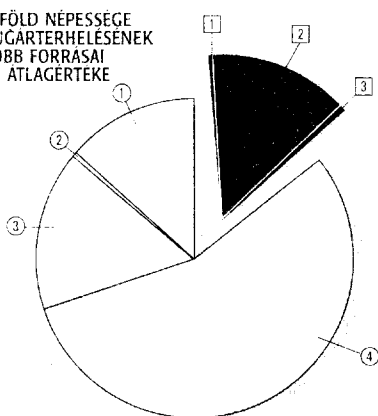
### Mesterséges eredetű sugárterhelés az atomerőművek szerepe a sugárterhelésben.

Az előzőekben már foglalkoztunk a természetes eredetű sugárforrásokkal, s láttuk, hogy az ebből eredő sugárterhelés jóval a megengedett dóziskorlát alatt van. Essen most szó a mesterséges eredetű rádióaktivitásról.

A múlt század vége óta a természetes sugárzáson felül az emberiséget mesterséges (az ember által létrehozott) forrásokból származó sugárterhelés is éri. A mesterséges sugárzások között elsőként a röntgensugárzás vált ismertté, amelyek hasznosítása főleg az orvostudományban, világszerte rohamléptekkel terjedt el. A röntgensugárzás a népesség mesterséges eredetű átlagos sugárterhelésének mind a mai napig messze a legnagyobb részét okozza. Mindamelllett a röntgenvizsgálattól megriadni és attól elzárkózni nem indokolt. A röntgensugárzás orvosi alkalmazása felbecsülhetetlen és teljességgel pótolhatatlan információt ad a már kialakult betegségekről, avagy a még csak kialakulóban levő káros állapotokról. Így az orvosi célból származó sugárterhelésből származó kár (egészségkárosodás) eltöri azon haszon mellett, amelyet a röntgenvizsgálatok jelentenek e betegségek megelőzésében és a megfelelő gyógykezelés megválasztásában.

A mesterséges forrásokból származó összes sugárterhelésünk (mind a föld, mint a hazánk egy lakosára számítva) kevesebb a természetes eredetű évenkénti sugárdózisunk 20%-ánál. Ennek legjelentősebb összetevője a sugárforrások orvosi alkalmazása. Korábbi katonai célú kísérleti célú atomrobbantások és a nukleáris ipar, így az atomerőművi kibocsátások hatására is éri sugárzás a népességet. Az atomrobbantások során különböző hasadványok keletkeznek, melyek ártalmasak a biológiai környezetre. A hasadványok közül különösen veszélyesek azok a hosszabb felezési idejű radioaktív izotópok, melyek a táplálkozási láncan keresztül bejutnak a szervezetbe. Ezeket az izotópokat tartalmazza a következő táblázat.

A FÖLD NÉPESSÉGE SUGÁRTERHELESENEK FŐBB FORRÁSAI ÉS ÁTLAGERTEKE



**Természetes** (2,4 mSv/év)

- ① kozmikus külső 0,3
- ② kozmikus belső 0,015
- ③ földkérgi külső 0,5
- ④ földkérgi belső 1,6

**Mesterséges** (0,4 mSv/év)

- ① nukl. ipar 0,0002
- ② orvosi célú 0,4
- ③ atomrobbantás 0,01

Izotóp	Felezési idő	Bomlási képesség KBq/kg	Sugárzás
<sup>239</sup> Pu	24 000 év	1,33 10 <sup>5</sup>	α
<sup>90</sup> Sr	28 év	1,7 10 <sup>6</sup>	β <sup>-</sup>
<sup>89</sup> Sr	51 nap	6,29 10 <sup>8</sup>	β <sup>-</sup>
<sup>137</sup> Cs	28 év	5,18 10 <sup>6</sup>	β <sup>-</sup>

Az uránium vagy a plutónium hasadása során 35 elemnek több mint 200 izotópja keletkezhet.

Meg kell említenünk, hogy az atomerőművek közvetlen környezetében is vannak sugárforrások. Ezek az aktivációs termékek, azaz a reaktor belső szerkezeti elemei és a korróziós termékek (a belső fémelemekből válnak le, s keringenek a fő vízkörben - ez nincs kapcsolatban a külső szekundérköri vízhálózattal), mint a  $^{55}\text{Fe}$  ( $T_{1/2}=3$  év);  $^{36}\text{Mn}$  ( $T_{1/2}=2,7$  év);  $^{58}\text{Co}$  ( $T_{1/2}=72$  nap);  $^{60}\text{Co}$  ( $T_{1/2}=5,3$  év). Az aktivációs termékek mellett még szerepet játszanak a  $^{235}\text{U}$  hasadásakor keletkező hasadási termékek, melyeknek nagy neutronhányadosuk van ( $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{87}\text{Kr}$ ,  $^{88}\text{Kr}$ ,  $^{89}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ) és a primerköri víz saját (oxigén) aktivitása.

A hűtővíz ( $\text{H}_2\text{O}$ )  $^8_8\text{O}^{16} \xrightarrow{n, p} ^8_7\text{N}^{16}$  ( $T_{1/2}=7,2$  mp) ( $^3\text{H}$  aktivitás és  $^{24}\text{Na}$  aktivitás). Ezek a sugárzások csak a reaktorok közvetlen közelében észlelhetők, tehát nincsenek hatással a reaktoron kívüli világra.

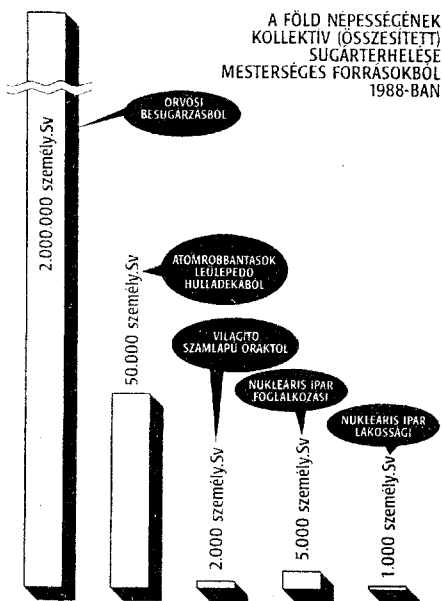
Mindezeket (atomrobbantások, atomreaktorok által kibocsátott sugárzások) együttvéve az össz-sugárterheléshez viszonyítva ezen mesterséges sugárzások hasadásának a hatása elenyészően kicsi, kevesebb a természetes sugárterhelés 0,5%-ánál.

A Föld népességének mesterséges eredetű összesített sugárterheléséből az orvosi célú besugárzások mintegy 97 %-ot képeznek. Bármennyire is hihetetlennek is tűnik, az atomenergetikai iparból származó kollektív lakossági sugárterhelés - beleértve a Csernobili reaktorbalesetből származó sugárdózist is - kisebb mint a Föld lakosságának világító számlapú óráktól származó sugárterhelése! Ezen utóbbi dózis csupán 2,5-szer kisebb a világ nukleáris energiatermelésének tulajdonítható kollektív foglalkozási sugárterhelésnél. (Az uránbányászok, urándúsító üzemek és az atomerőművi dolgozók együttes munkahelyi sugárdózisánál). A mérési adatok nem támasztják alá az atomerőművek iránti túlzott félelmet és ellenszenvet.

A következő ábra kifejezően mutatja a fent említett arányokat:

Világviszonylatban az erőművek az energiatermelés 20, Európában 30 %-át biztosítják. Mivel hazánk szén és kőolaj-tartalékkal, valamint gazdag vízhálózattal rendelkezik, főleg hő- illetve vízierőművek szolgáltatják az elektromos energiát. Az 1996 tavaszán beindított csemadovai atomerőmű egyetlen reaktorblokkja (egy az öt közül) az össztermelés hat százalékát adja. De 1997 végére újabb reaktorblokk működésbe hozásával ez az érték tíz százalékára javulhat.

Figyelemre méltó a Magyarországon működő paksi atomerőmű, mely az



ország villamos energia termelésének több mint a felét szolgáltatja, mérhető vagy kimutatható lakossági többlet sugárterhelés nélkül.

Amíg hazánk lakossága a csernobili reaktorbaleset miatt egy év alatt annyi sugárterhelést kapott, mint az éves természetes sugárdózis egy hónapra eső része, addig - a kereken tíz éves üzemelési tapasztalat alapján a paksi atomerőmű révén a környező lakosságot évente legfeljebb két órára jutó természetes sugárdózisnak megfelelő többlet sugárterhelés éri. Ez a többlet olyannyira kevés, (viszonyítva az év 8766 órája alatt elkerülhetetlen sugárterheléshez) hogy ettől semmiféle egészségkárosodás nem léphet fel, sőt el sem képzelhető.

Igaz, az atomreaktorok balesete során már lényegesen nagyobb a veszély, hiszen a közelmúltban már halálos következményű reaktorbalesetre is volt példa. Ez vitathatatlan de az atomerőművi balesetek előfordulási gyakorisága annyira kicsi, hogy 500 üzemelő reaktorban legfeljebb 2000 évente fordulhat elő egyetlen ilyen súlyosságú baleset.

Természetesen jogos és reális annak feltételezése, hogy a reaktorbiztonsági rendszerek tökéletessége a jövőben tovább javul és az emberi tévedésből vagy helytelen döntésből bekövetkező atomerőművi katasztrófák (Csernobil) fellépése teljes mértékben kiküszöbölhető lesz. A csernobili atomerőmű viszonylag régi, korszerűtlen típus, az utóbbi két évtizedben már hasonló nem épült.

Az atomerőművek napjainkban is messze biztonságosabbak, mint a víz-erőművek (a duzzasztógátak átszakadása miatt) vagy a hagyományos (szén, olaj vagy gáz tüzelésű) hőerőművek. Ezen utóbbiakban a halálos balesetek valószínűsége 500 - 1000-szer nagyobb mint az atomerőművekben. Külön szólhatunk még, hogy a szén tüzelésű erőművekben a szén égése folyamán számos radioaktív elem kerül a környezetbe, mint a  $^{90}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{232}\text{Th}$  és a  $^{226}\text{Ra}$  és  $^{228}\text{Ra}$ . Ezen elemektől származó sugárzás ellen nehéz, vagy nem is lehetséges védekezni, mert ebben az esetben közvetlenül (kéményeken, szellőzőnyílásokon) keresztül jutnak a környezetbe.

Mindezen tények mellett, a köztudatban még mindig sokszorosán túlbecsülik a nukleáris ipar veszélyességét. A vélt és tényleges kockázat közötti legnagyobb eltérést éppen az atomerőművek megítélésében tapasztalták az 1989-91-ben elvégzett elemzések és kockázatbecslések szerint. Amíg a dohányzás 2000, a közúti balesetek 200, a hagyományos erőművek 20 nappal rövidítik meg az átlagéletkort, addig az atomerőművek csupán 0,04 nappal, jóllehet ezen utóbbit 250 napra becsülte a lakosság. Felmérések szerint a vízbefulladás (élettartam rövidülésben jelentkező) átlagos kockázata 1000-szer a gépkocsi baleseté 5000-szer, a túltápláltságé 20000-szer míg a dohányzása 50000-szer nagyobb mint az atomerőművéké.

#### *Irodalom:*

Bernhard Bröcker: Atomfizika SH atlasz, Springer Verlag , 1995

Haholt Miklós: Sugárvédelem, Part nyomda, 1992

Raboca Nicolae: Energetică mondială, editura Sarmis, 1995

Dr. Turai István: Környezeti sugárvédelmi ismeretek, Páskum nyomda, 1995

**Pongor Sándor**

IV. éves egy. hallg.