

# Mindennapi radioaktivitás

– és marketingkutató, kommunikáció

*Szavak, kifejezések, amelyekkel mindennap találkozunk. Hirosima, Csernobil városnevek, de tényleg csak azok? Megijedünk, esetleg félünk, lehet, hogy tudatosan, talán tudat alatt, de kell-e félnünk? Tudjuk-e, mit kell tennünk? Tisztában vagyunk-e azzal, hogy ez mindannyiunk felelőssége? Az általunk meghozott döntések következményei hosszú időre szólnak és mindannyiunkra hatással vannak. Filozofikus kérdések, de tényleg azok? Határozottan állíthatjuk, hogy nem! A teljesség igénye nélkül, ezt igyekszünk bemutatni.*

*Bevezetőben nem kerülhető meg az a kérdés sem, hogy hogyan kerül a téma egy marketinggel, menedzsmenttel foglalkozó lap hasábjaira?*

*Válaszunk kettős: egyrészt, a marketing – egyebek között – a vélemények megismerésének eszköze, a menedzsment a döntések meghozatalának színtere. Másrészt, a felvetett kérdések komoly szakmai kihívásokat jelentenek a kommunikációval, társadalmi PR-rel foglalkozó kollégáink számára. Úgy véljük, ha a társadalomban ilyen súlyos kérdések vannak, azokkal foglalkoznunk kell. Figyelmet kell fordítanunk az átlagemberek véleményére, meg kell ismernünk azokat, kommunikációs szempontból értékelnünk kell, és ami sokkal nehezebb: közérthető válaszokat kell adnunk. Mindezekhez azonban legalább a cikkben keretes kiemeléssel hangsúlyozott tényeket, gondolatokat kellene közös erővel megismertetnünk, a lehető legszélesebb körben! (És még mi mindent, amihez az M&M „ereje” kevés...) Lennének partnerei a Marketing & Menedzsmentnek? Írásunkat gondolatébresztőnek szánjuk, várjuk és kérjük kollégáink ezzel kapcsolatos reflexióit.*

## Az alapfogalmakról

### ● A radioaktivitás

A radioaktivitás természeti jelenség. Azt jelenti, hogy egyes anyagok (az ún. „instabil” anya-

gok) atommagjai közül néhány szabályos ütemben, „önmagától” átalakul, minden külső ráhatástól függetlenül.

Ilyen anyagok mindenütt örök időktől fogva előfordulnak, így Földünkön is a levegőben, a vízben és a talajban. (És ezáltal a saját testünkben is!)

A tudomány és technika fejlődésével ma már mesterségesen is elő tudunk állítani ilyen instabil, azaz radioaktív anyagokat, vagy ezek egyes sugárzásainak megfelelő mesterséges sugárzásokat, pl. a röntgen-sugárzást. Mindez azonban nem változtat azon a tényen, hogy a radioaktivitás a természet adottsága, és így hozzátartozik az életünkhöz is.

Az instabil atommagok átalakulása mindig

– a „stabilá válás” irányába halad (az átalakulás általában több lépésben történik)

– és mindig valamilyen piciny, láthatatlan („anyagi-” vagy „energia-”) részecske kibocsátással jár. Ez a láthatatlan kibocsátás maga a radioaktív sugárzás.

### ● Az atom

Az „atomok világa” a láthatatlanul piciny dolgok világa. A környezetünkben lévő látható dolgok, beleértve az élőlényeket (és így önmagunkat) is, összesen 92

féle atomot tartalmaznak. Ezek az atomok azonban nagyon kicsinyek, így a látható, megfogható méretű dolgok nagyon sok darab atomból állnak. Ezeknek az atomoknak egy kis része mindig radioaktív, azaz sugároznak!

A környezetünket alkotó dolgok változatossága felfoghatatlanul óriási. Nagyon érdekes, hogy ez a mérhetetlen sokféleség mégis csak 92 féle építőelemből (atomból) áll. Ez úgy lehetséges, hogy a látható dolgok nagyon nagy számú ilyen elemekből állnak, és ez a nagy

”

A radioaktivitás a természet adottsága, és így hozzátartozik az életünkhöz is.

◆

Az atom külső héja és az atommag méretei úgy viszonyulnak egymáshoz, mint egy focipálya nézőtere és egy gombostűfej a kezdőkör közepén.

”

számosság teszi lehetővé az óriási változatosságot. Például a különféle „tisztá” (egyféle atomot tartalmazó) anyagok „egységnyi” (ún. grammatomsúlynyi) mennyiségében „kimondhatatlanul sok”,  $6 \times 10^{23}$  db számú (a hatos után 23 db nulla) atom, azaz „építőelem” van. Az ilyen „egységnyi” mennyiségű anyag térfogata szilárd halmazállapotban általában kisebb, mint  $1 \text{ cm}^3$ . Egy ilyen kicsi térfogatban van a  $6 \times 10^{23}$  db atom, tehát belátható, hogy ezek az atomok tényleg nagyon parányiak. Ráadásul az atomok szerkezete olyan, hogy egy héjon (az ún. „elektronhéjon”) belül található „atommag”-ban van „összesűrítve” az atom anyagának (tömegének) majdnem az egésze (több mint 99 %-a). Az atommag mérete az egyébként is parányi atom méreténél is sokkal kisebb. Közeli hasonlaltal élve az atom külső héja és az atommag méretei úgy viszonyulnak egymáshoz, mint egy focipálya nézőtere és egy gombostűfej a kezdőkör közepén.

Az atommag is részecskékből, a magrészecskékből azaz nukleonokból (protonokból és neutronokból) áll, és ezeket a részecskéket a tudományosan részben már megismert erők tartják össze (ezek a „magerők”). Ezek az erők nem merev kapcsolatot hoznak létre az atommag részecskéi között, hanem egy folyamatos belső „mozgással” valósul meg e részecskék „egybenmaradása”. Ez a belső „mozgás” különböző mértékű lehet:

- a „stabil” atommagok esetében a magrészecskék belső „mozgás”-a nem okoz számottevő változást az atommag állapotában, így az atommag egyensúlyi állapotban van az állandó belső „mozgás” ellenére is
- az „instabil” atommagok esetében viszont a magrészecskék belső „mozgása” olyan erős, hogy az atommagok egy része mindig átalakul, és az átalakuláskor a mag kibocsát egy piciny („anyagi-” vagy „energia-”) részecskét. Ezek az atommagok tehát nincsenek egyensúlyi állapotban. Az ilyen atommagú atomokat nevezzük „radioaktív”-nak, és a kibocsátást nevezzük „radioaktív sugárzásnak”.

”

Az atommagok egy része mindig átalakul, és az átalakuláskor a mag kibocsát egy piciny részecskét.

Az ilyen atommagú atomokat nevezzük „radioaktív”-nak, és a kibocsátást nevezzük „radioaktív sugárzásnak”.

◆

Az ismertetésre kerülő jelenségek értelmezéséhez a köznapitól eltérő szemléletmód használata szükséges!

◆

Lehetetlen az atomi jelenségeket, így a radioaktivitást is anélkül értékelni, hogy ne vennénk figyelembe a mindennapi gyakorlattól eltérően „nagyon nagy” és „nagyon kicsiny” jelenségeket, fogalmakat.

”

## A megértés

Az „atomok világa”-nak jelenségeit az érzékszerveinkkel közvetlenül nem lehet megtapasztalni, ezért az eddigiek és később ismertetésre kerülő jelenségek értelmezéséhez a köznapitól eltérő szemléletmód használata szükséges! A hétköznapi használatban mindenki által közismert, és általában jól érzékelhető méretek, nagyságrendek, számosságok sokszoros kiterjesztésével lehet csak az atomi jelenségeket (jól-rosszul) felfogni. Az ezer, a millió, a milliárd fogalmi általában közismertek, de például az  $1 \text{ cm}^3$ -nél kisebb térfogatú, „egységnyi” (grammatomsúlynyi) mennyiségű anyagban lévő atomok  $6 \times 10^{23}$ -os száma, és ennek megfelelően az atomok kicsinysége már a mindennapjainkban érzékelhető méreteken, számosságokon kívül esik. A  $6 \times 10^{23}$  az hatszázezer-milliárd-milliárd, amely már szinte felfoghatatlanul sok, és így az atomok mérete is szinte felfoghatatlanul ki-

csiny. És még ennél is sokszorososan nagyobb és kisebb értékek fordulnak elő az „atomok világában”, tehát csakis a mindennapi szemléletünket kiszélesítve lehet ezt a világot értelmezni. Ez azt jelenti, hogy lehetetlen az atomi jelenségeket, így a radioaktivitást is anélkül értékelni, hogy ne vennénk figyelembe a mindennapi gyakorlattól eltérően „nagyon nagy” és „nagyon kicsiny” jelenségeket, fogalmakat.

Ez a gyakorlati szemléletünktől eltérően „nagyon kicsiny” és „nagyon nagy” lépték igaz az atomi jelenségek hatásaira is: pl. a „természetes háttérsugárzás” élőlényekre gyakorolt hatása ártalmatlan, de még ennél sokkal kisebb „erősségű” sugárzások is vannak, míg a hidrogénbomba hatását millió tonna „hagyományos” (kémiai) robbanóanyag mértékegységeiben „méri”, de egyes kozmikus „égítetek” (pl.: a Nap) energiakibocsátása nagyon-nagyon sokszorosa ennek. (Ismereteink szerint az „ilyen égítetekben” is atommagátalakulási folyamatok révén jön létre az energiakibocsátás.)

A „nagyon nagy” és „nagyon kicsiny” fogalmakat tehát alkalmaznunk kell a radioaktív jelenségek hatásainak, kockázatainak és veszélyeinek értelmezésére is.

A „nagy” és a „kicsiny” ugyanakkor relatív fogalmak; az igazi jelentésük az, hogy mihez viszonyítunk: Egy derűs napon, nappal ugyanúgy „ott vannak” az égbolton a csillagok, mint éjszaka, csak nem látszanak, mert a Nap fénye mellett a csillagok fénye eltörl. (Teljes napfogyatkozáskor a csillagok fénye előtűnik) Éjszaka viszont, ha nem borult az égbolt, a csillagok csodálatosan ragyognak, mert fényüket nem nyomja el a Nap sokszorosan nagyobb fénye. A csillagok fénye tehát nagyon kicsiny az ehhez viszonyítva nagyon nagy napfényhez képest. Ismeretes, hogy a fény maga is egyfajta „elektromágneses” sugárzás, hasonlóan pl. a röntgen sugárzáshoz, és ismert a „túl sok” napfűrdőzés káros hatása is. A (radioaktív) sugárzások mértékének megítélésénél is („nagy” vagy „kicsiny”, megengedhető vagy nem megengedhető) a sugárzás hatásának mérlegelésével lehet és kell dönteni. A megalapozott döntéshez elengedhetetlen a (jelenlegi) köznapi értelmezés, szemléletmód kiterjesztése a „nagyon nagy” és „nagyon kicsiny” fogalmak „szem előtt tartásával”, figyelembevételével.

### A sugárzás hatása

A földi környezetünkben a meglévő természetes „hátér sugárzás” hatásához az élővilág az elmúlt évmilliók során „hozzászokott”. A röntgen-technika, a radioaktív izotópok és az atomenergetika felfedezése és elterjedése azonban a „mesterséges sugárzások” jelenlétét is magával hozta.

A „mesterséges” és a „természetes” radioaktív sugárzások azonosak, teljes mértékben azonos („anyag-” vagy „energia-”) részecskékből állnak, így a hatásuk is azonos. A sugárzás által kifejtett hatás (pl. az élettani hatás) szempontjából nem a sugárzás „természetes” vagy „mesterséges” eredete számít, hanem a sugárzás

- minősége, azaz a sugárzást képező „anyag-” vagy „energia” részecskék „fajtája”, „nagysága” és „energiatartalma”, valamint
- mennyisége, azaz a sugárzásból felfogott részecskék száma: az, hogy egyszerre csak kevés „részecske” hat, de hosszú ideig, vagy sok „részecske” kevés ideig hat, a fizikai hatás szempontjából azonos, de az élő szervezet önkiegyenlítő képessége a hosszabb idő alatt jobban tud érvényesülni. (Ez kedvező az állandó, de kis erősségű sugárzások, pl. a „hátér-sugárzás” esetében.)

A sugárzások hatását, „Sv”-ben azaz „SIEVERT” (ejtsd: szívert)-ben mérjük. Ez a mértékegység az ún. „dózisegyenérték” mértékegysége, amely már figyelembe veszi a különböző fajtájú sugárzások eltérő élettani hatásait is, mintegy „közös nevezőre” hozván ezeket, csakis az élettani hatás mértékét véve alapul a különböző fajtájú sugárzások esetében.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$$

amely azt jelenti, hogy 1 kg tömegben 1 J (1 Joule, ejtsd: zsúl) röntgensugárzásból származó energia elnyelésének megfelelő hatás keletkezik. Habár az 1 J-nyi energia nem túl sok (1 l 0°C hőfokú víz 100°C-ra történő melegítéséhez 419 000 J hőenergia szükséges) az 1 J-nyi energia sugárzásból történő elnyelése 1 kg-nyi élő szervezetben – tehát az 1 Sv – már károsodást okozhat. Ez azt is jelenti, hogy ha a még biztonságos sugárzási szinteket is elemezni és értékelni akarjuk, akkor a gyakorlatban az ezredrészével, a mSv-tel (ejtsd: milli-szívert) számolunk.

Az ENSZ egyik tudományos bizottságának legutóbbi (1988) felmérése szerint a Föld népessége természetes (földi eredetű és a világűrből származó) sugárzásból évente átlagosan 2,4 mSv dózisegyenértékű sugárhatást kap. Ez az érték egy globális átlag, egyes területeken öt-tízszeres, esetenként ötvenszeres értékek is előfordulnak (a brazil tengerparton, Indiában Kerala államban, Franciaország egyes vidékein, Madagaszkáron, Nigériában stb.). Az e területeken élő népességben a célirányos orvosi kutatások semmiféle sugárhatásnak tulajdonítható káros hatást sem tudtak fellelni.

Magyarországon a természetes háttér-sugárzás átlagértéke 3 mSv/év-nek felel meg.

Tekintettel arra, hogy a Föld egyes vidékein a tartósan fennálló 15-20-50 mSv/év-es sugárzás sem okoz semmiféle kimutatható károsítást, bátran állíthatjuk, hogy még a radioaktív sugárzásos munkahelyeken dolgozók részére jogszabályokban megszabott 20 mSv/év megengedett foglalkoztatási dózisegyenérték sem jelent értékelhető kockázatot.

”

Bátran állíthatjuk, hogy még a radioaktív sugárzásos munkahelyeken dolgozók részére jogszabályokban megszabott 20 mSv/év megengedett foglalkoztatási dózisegyenérték sem jelent értékelhető kockázatot.

”

### Az egészségügyi hatás

A radioaktivitás kezelésében a köznapit jóval meghaladó fokozott óvatosság érvényesül világszerte, így a lakosságra a jogszabályaink csak 1 mSv/év orvosi alkalmazásokon kívüli mesterséges forrásból származó dózisegyenértékeket engednek meg. Ez az érték teljesen biztonságos, mert az átlagos orvosi alkalmá-

zás (pl. röntgen-átvilágítás) 0,4 mSv/év és az átlagos magyar természetes háttérsugárzás 3 mSv/év értékeivel együtt sem érjük el még a 10 mSv/év dózisegyenértéket sem, amely így az előzőekből következően is teljesen elfogadható, kockázatmentes értéknek minősül.

A valóságban tehát az egészségügyileg biztonságosan megengedett dózisegyenértéknél is kevesebb a ténylegesen felmerülő érték.

Érdekes tudni, hogy a testünket alkotó, vagy abban mindig jelen lévő anyagokban (pl.: víz, levegő stb.) minden órában kb. 16 millió db atom magja alakul át átlagosan és ez önmagában 1,6 m Sv/év dózisegyenértéket eredményez.

#### A Föld népességének átlagos besugárzási adatai összességben:

Természetes eredetű		Mesterséges eredetű	
Kozmikus sugárzás (a világrútból)	0,3 mSv/év	Orvosi célú	0,4 mSv/év
Környezeti eredetű (talaj, épület stb.)	0,5 mSv/év	Légtéri atom-bomba robbantások maradványai	0,01 mSv/év
Belső (saját tes-tünk)	1,6 mSv/év	Nukleáris ipar	0,0002 mSv/év
Összesen:	2,4 mSv/év	Összesen:	0,41 mSv/év

Ezek átlagértékek, amelyektől egyénenként és esetenként, pl. egy-egy orvosi kezelés alkalmával jelentős eltérések léphetnek fel:

mellkas átvilágítás lumineszcens emyóvel:	10-50 mSv
ugyanaz röntgenfilmmel:	~ 10 mSv
ugyanaz emyófényképezés esetén:	1 mSv
fogröntgenfelvétel:	15-100 mSv
hasüregi átvilágítás lumineszkáló emyóvel:	100-150 mSv
rosszindulatú daganatok sugárkezelése (kis helyre koncentráltan)	30-70 mSv

Ilyen orvosi kezelések valamelyikével már szinte mindnyájan találkozunk, érzékelhető károsodás nélkül.

#### A károsodások tehát a (sugárbetegség) nagyobb dózisoknál lépnek fel:

250 mSv:	határdózis, amely alatt klinikailag nem mutatható ki károsodás
500 mSv:	a vérkép enyhe változása (a „limfociták” számának enyhe csökkenése)
750-1000 mSv:	további kismértékű vérkép romlás, múló rosszullét, fáradékonyság
1000-2000 mSv:	erősebb és hosszabb ideig tartó vérkép romlás, halálozás ritkán, de előfordulhat
4000 mSv:	ún. „félhalálos” dózis, az esetek 50 %-ban 30 napon belüli halálozás
6000 mSv:	halálos dózis!

A sugárbetegség kialakulása döntően a kapott dózis nagyságától függ a fentiek szerint.

A heveny sugárszindróma négy szakaszra osztható:

kezdeti szakasz: hányinger, hányás, fejfájás, levertség, esetleg hasmenés, amelyek hevéssége és a besugárzást követően a kialakulási idő rövidsége a dózis nagyságától függ,

lappangási szakasz: ilyenkor a tünetek elmúlnak, a beteg látszólag egészséges (nagy dózisok esetén ez az időszak csak néhány óra, vagy teljesen elmarad),

klinikai tünetek szakasza: amelyre jellemző tünetek a jellemzően károsodott szervrendszerekből következnek. Ezek a tünetek is a kapott dózis nagyságától függenek,

végző szakasz: a heveny tünetek egy idő után elmúlnak és a beteg meggyógyul, vagy a tünetek súlyosbodását követően a beteg meghal.

Az ilyen heveny sugárbetegség 1000 mSv dózis fölött alakulhat ki a fentiek értelmében, így az 1-2-20-100 mSv dózisok nem okoznak érzékelhető károsodást. Ennek ellenére a radiológiában, a radioaktív anyagok kezelésében, a radioaktív sugárzások megengedhető mértékének meghatározásakor világszerte az „ALARA-elv”-et érvényesítjük, amely azt jelenti, hogy a sugárzási szinteket, az így bekövetkező dózisokat „olyan alacsony szinten kell tartanunk, amennyire az ésszerűen elérhető”. (ALARA = As Low As Reasonably Achievable)

#### A téves fogalom

A köztudatban sajnálatosan eléggé elterjedt egy rossz, és általában tévesen használt fogalom: az ún. „sugár-fertőzés” kifejezés.

Ez a kifejezés orvosilag teljességgel helytelen: nagy sugárdózisoknál sajnos előfordulhat sugárbetegség, de a sugárbetegség nem fertőző, a megbetegedést a már beteg személytől nem lehet „elkapni”.

A téves fogalom elterjedése valószínűsíthetően a mesterséges radioaktív izotópok előállításának módjának nem kellő ismeretéből adódik:

Valóban mesterségesen neutron besugárzással radioaktívvá tehető az egyébként nem radioaktív anyagok. Ez a jelenség képezi a mesterséges radioaktív izotópok előállításának alapját. E jelenség felületes ismeretéből fakadhat az a téves következtetés, hogy a „sugárzás az anyagokat sugárzóvá teszi”. Ez azonban téves általánosítás: a gyakorlatban csak és kizárólag a neutron sugárzással lehet valószínűsítően értékelhető mennyiségű („mesterséges”) radioaktív anyagokat előállítani, amelyek azután ténylegesen sugároznak.

A mindennapjainkban előforduló ún. „ $\alpha$ ”, „ $\beta$ ” és „ $\gamma$ ” valamint a röntgensugárzás nem alkalmas sugárzó anyagok mesterséges előállítására azaz az ilyen su-

gázások „nem fertőzőek”, nem teszik sugárzóvá a besugárzott anyagot. (Természetesen itt is igaz a kifejtett „nagyon kicsiny” fogalmak érvényessége: a gyakorlatban „nagyon kicsiny” valószínűséggel „nagyon kicsiny” mértékben például az  $\alpha$  sugárzás is okozhat „mesterséges” radioaktivitást, sőt az e célra legalkalmasabb neutron-sugárzás is mindenütt jelen van, de „nagyon kicsiny” arányban, ezért ezek a hatások figyelmen kívül hagyhatók.)

A radioaktivitás mesterséges előidézésére alkalmas neutron sugárzás a néhány speciális célra alkalmazott ún. „neutron forrás” esetében, valamint legnagyobb mértékben a működő atomreaktorok belsejében fordul elő (továbbá a nukleáris bombák felrobbanásakor).

A működő atomreaktorok szerkezeti anyagai így valóban radioaktívvá válnak, ezért ezeket a használat után radioaktív hulladékként kell kezelni.

A „sugárfertőzés” kifejezés mindazonáltal helytelen, félrevezető, ezért használatától meg kellene szabadulnunk.

## A kockázat

Az előző fejezetekben foglaltak értelmében lehetőség adódik a radioaktivitás alkalmazási veszélyeinek és kockázatainak értékelésére: kimondható, hogy átlagos esetben a mai ipari-technikai gyakorlatban alkalmazott radioaktív-technológiák általános sugáregészségügyi hatásai messze elmaradnak mind a természetes háttérsugárzás, mind az orvosi-gyógyászati célú besugárzások hatásaitól, amelyeket ugyanakkor mindnyájan elfogadunk.

Kimondhatjuk, hogy az átlag lakost a radioaktív technológiákból figyelmet érdemlő károsodás, veszélyeztetés nem éri, ami egyébként egy természetes cél. Ezt a célt a radioaktív technológiák sokezerszeres biztonsággal teljesítik, hiszen az ilyen ipari-technológiai dózisok átlagosan az átlagos természetes háttérsugárzás ezredrészét sem érik el.

Kiemelt figyelmet, nagyon nagy gondosságot viszont éppen azok a helyek, technológiák igényelnek,

”

A radioaktív sugárzások megengedhető mértékének meghatározásakor világszerte az „ALARA-elv”-et érvényesítjük, amely azt jelenti, hogy a sugárzási szinteket, az így bekövetkező dózisokat „olyan alacsony szinten kell tartanunk, amennyire az ésszerűen elérhető”.

(ALARA = As Low As Reasonably Achievable)



Elterjedt egy rossz, és általában tévesen használt fogalom: az ún. „sugárfertőzés” kifejezés.



Ez a kifejezés orvosilag teljességgel helytelen: nagy sugárdózisoknál sajnos előfordulhat sugárbetegség, de a sugárbetegség nem fertőző, a megbetegedést a már beteg személytől nem lehet „elkapni”.

”

ahol a radioaktivitás koncentráltan fordul elő (atomerőművek, kiégett nukleáris üzemanyag tárolók stb.). Az ilyen helyeken nagyon alaposan át gondolt, minden lehetséges esetre előre felkészített rendszereket, valamint ezek használatára alaposan kiképzett személyzetet alkalmaznak mindenütt, szigorú szabályok szerint, így Magyarországon is.

Ennek eredményeként igaz az, hogy a radioaktív (nukleáris)-ipar a világszerte alkalmazott technikai-technológiai eljárásaink között a legbiztonságosabbak közé tartozik:

- a szén-, olaj- vagy gáztüzelésű hőerőművekben a halálos balesetek valószínűsége kb. 1000-szerese az atomerőművekének, tényadatok szerint,
- az átlagéletkorra kifejtett hatás szerint a vízbefulladás 1000-szer, a gépkocsibalesetek 5000-szer, a túltápláltság 20.000-szer, a dohányzás 50.000-szer nagyobb kockázatot jelentenek, mint az atomerőművek.

Ezekbe az atomerőművi kockázatokba beleszámítanak a kiemelkedően nagy biztonság ellenére sem kizárható sajnálatos balesetek is.

A legsúlyosabb ilyen baleset a közismert 1986-os csernobili katasztrófa volt. Ez az erőmű régi, korszerűtlen típusú, illet az utóbbi két évtizedben már nem építettek, a még meglévőeket biztonságosabbá alakították át, okulva a balesetből is. A magyar lakosság a csernobili balesetből egy év alatt a természetes háttérsugárzás egy havi értékének megfelelő dózist kapott.

## A félelmek

Valószínűségi számítások és tudományos értékelés szerint a kb. 500 üzemelő atomreaktorban legfeljebb 2000 évente fordulhat elő egyetlen súlyos sugárbetegséget okozó, halálos következménnyel járó nagy reaktorbaleset. Ez az a jellemző kockázat, amely nem hagyható figyelmen kívül. Ez a kockázat messze elmarad a jelen technikai civilizációnkban széles körben alkalmazott és a társadalom által elfogadott meg-



oldások kockázataitól (pl. közlekedés), de ennek ellenére a radioaktivitással szembeni ellenérzések messze meghaladják a más technológiákról alkotott véleményt. Ennek többszörös okai lehetnek:

- ⊙ A kellő szakismeret és a tényadatok ismeretének hiánya (a jelen „szösszenet” is ezen próbál segíteni)
- ⊙ Félelem a „láthatatlan”, „érzékelhetetlen” káros hatásoktól. Ezen is csak az ismeretek terjesztésével és a bizonyítottan biztonságos környezetről való gondoskodással lehet segíteni.
- ⊙ Félelem a súlyos, sok embert károsító balesetektől. Sajnálatos módon egész életünk során ki vagyunk téve sok más különböző természeti vagy mesterséges katasztrófák veszélyeinek, a radioaktivitás hatásaitól függetlenül is. A valóságos értékítélet alkotáshoz a „szemléletmód-kiterjesztés” szükséges, amely szerint a radioaktivitás tényleges kockázata „nagyon kicsi” a más, természetesen tűnő kockázatokhoz viszonyítva. Ehhez persze jelentősen hozzájárul a radioaktivitás kezelését övező „nagyon nagy” óvatosság, amely messze meghaladja a más területeken folyó gyakorlatot – de talán éppen ez az óvatosság „félreértésekre” is okot adhat, amelyeket el kell oszlatni.
- ⊙ Ellenérzések a radioaktív hulladékok esetenként évszázadokig fennmaradó káros hatásai miatt. Ez a hosszú távú hatás, a más ipari technológiáknál megszokott körülményektől eltérően, ilyen koncentrált formában kétségtelenül csak az ún. „nagy aktivitású, hosszú felezési idejű” radioaktív hulladékokra jellemző. (Bár sajnos más káros természetromboló mesterséges hatások is ismertek.) Jelen ismereteink szerint az ilyen hosszú távú hatások kezelésére döntően csak a „nagyon biztonságosan” (és nagyon költségesen) kialakított ún. végleges tárolók alkalmazása kínálkozik, habár biztató új technológiák kezdenek kialakulni a hulladékok ártalmatlanítására. Konzervatív megközelítéssel ez azt jelenti, hogy a jövőben következő generációknak is tárolási-őrzési vagy feldolgozási feladatot hagyunk örökségül. Ezzel a tudattal sajnos együtt kell élnünk.

”

Téves következtetés, hogy a „sugárzás az anyagokat sugárzóvá teszi”.



A „sugárfertőzés” kifejezés helytelen, félrevezető, ezért használatától meg kellene szabadulnunk.



A radioaktív (nukleáris) ipar a világszerte alkalmazott technikai-technológiai eljárásaink között a legbiztonságosabbak közé tartozik.



A szén-, olaj- vagy gáztüzelésű hőerőművekben a halálos balesetek valószínűsége kb. 1000-szerese az atomerőművekének.

”

## A lehetőségek

Az együttélés a „radioaktivitással” szükségszerű körülmény korunkban. Sokan megkérdőjelezzik ezt a szükségszerűséget, sőt egyesek határozottan tiltakoznak a radioaktív ipari-technológiai eljárások alkalmazása ellen. Ezek a bizonytalan és ellenvélemények egyoldalúak, nem kellően veszik figyelembe az emberiség fejlődési követelményeinek teljes körét:

- ⊙ Az igaz, hogy a radioaktív technológiák egy korábban nem ismert, új veszélyforrást jelentenek. Ez azonban minden új technológiára igaz ősidők óta: pl. a tűz használatának felfedezése vagy az elektromosság általános elterjedése is egy új veszélyforrást képezett. A radioaktív technológiák veszélyei a radioaktív jelenség fizikai tulajdonságaiból és élettani hatásaiból adódnak: ezek nem annyira érzékel-

hetők azonnal, mint pl. a tűz, vagy az áram hatásai, ez készlet mindnyájunkat fokozottabb óvatosságra.

- ⊙ Az is igaz, hogy a radioaktív hulladékok hosszú évtizedekig, évszázadokig veszélyt jelentenek (különösen a nagy aktivitású, hosszú felezési idejű radioaktív izotópokat tartalmazó hulladékok, pl. az atomerőművek „kiegért” fűtőelemei). Ezt a veszélyforrást viszont már ma is uralni lehet megfelelő gondossággal (és költséggel!) megépített hulladéktárolók alkalmazásával.
- ⊙ Az azonban nem igaz, hogy a radioaktív technológiákat meg lehetne szüntetni, „el lehetne felejtetni”. A radioaktív technológiák felfedezését nem lehet meg nem történné tenni, mert szükségese!

A döntő probléma: az energiaszükségletek kielégítése. Az emberiség energiaigényei ősidők óta exponenciális ( egyre gyorsabb ütemű) növekedést mutatnak, és semmi jele a csökkenésnek. Egyes gazdag országok megengedhetik maguknak, hogy bezárják a még használható atomerőműveiket is, számos szegény ország nem is gondolhat atomerőmű építésére, mindennek azonban nagy ára van: növekszik a hagyományos („fosszilis”) energiahordozók felhasználá-

lása! A hagyományos („fosszilis”) energiahordozók: a szén, a kőolaj és a földgáz használatának (eltüzelésének) elkerülhetetlen velejárója, a széndioxid (CO<sub>2</sub>) kibocsátás – az esetenkénti más szennyező, esetleg mérgező anyag (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, stb.) kibocsátásokról nem is beszélve. Jelenleg is évente százmillió tonnaszám „termelünk” széndioxidot Földünk légkörébe. Ez a mennyiség már érzékelhetően növeli levegőnk természetes széndioxidtartalmát, és ez reális veszélyt jelent a Föld éghajlatának kényszerű („mesterséges”) megváltozására, az ún. „üvegházhatás” miatt bekövetkező általános felmelegedés következtében.

Az „alternatív-energiaforrások” alkalmazása „elmeileg” kiutat jelenthetne ebből a csapdahelyzetből. Az ilyen „alternatív energiaforrások” közismertek:

- vízenergia (folyók, vízesések)
  - szélenergia
  - napenergia
  - bio-energia (növényi származású anyagok)
  - geotermikus energia (a „hőforrások”)
  - hullám-energia (a tenger víz hullámozása)
  - ár-apály energia (a tenger víz apály-dagály mozgása)
- és ezek különböző változatai sajnálatos módon egyetlen közös tulajdonságukat tekintve azonosak: a jelenlegi legfejlettebb technológiák alkalmazása mellett is mindegyik egyszerűen használhatatlan általános elterjesztésre, az energiaigények megfelelő kielégítésére. Különleges adottságok esetén kisebb-nagyobb helyi célokra ezek közül egyik-másik ugyan jól hasznosítható (pl. vizierőművek), de általános megoldást – sajnós – nem biztosítanak. Jelenleg az energiaszükségletek 2-3%-a fedezhető az „alternatív energiaforrások”-ból, és már a 10%-os részarány elérése is megoldhatatlannak látszó beruházási ráfordításokat igényelne.

És még ekkor is mi lesz a fennmaradó 90%-nyi energiaigénnyel? Csak két megoldás ismert (jelenleg):

- fosszilis (hagyományos) energiahordozók
- a nukleáris energia

Mindegyik alkalmazása káros hatással is jár, és csak reménykedhetünk más, jobb és széleskörűen alkalmazható megoldások felfedezésében. Ezek a remények kb. 50 éve lényegében egyhelyben topognak. Mivel az energiaigények jelentős csökkentését lehetetlen elérni – a középkori vagy ókori állapotokat nem lehet visszállítani –, együtt kell élnünk a fosszilis és/vagy a nukleáris energia káros hatásaival, természetesen e káros hatások lehetséges legkisebb mértékűre szorításával.

A hagyományos energiahordozók felhasználása esetén a széndioxid kibocsátás nem szüntethető meg. Korszerű és drága berendezésekkel ez a kibocsátás

csökkenthető, kedvező esetben akár 50 %-kal is, de a kibocsátás megszüntetése elvi okok miatt lehetetlen. Így a növekvő energiaigények kielégítéséhez

vagy a légkör széndioxid tartalmának növekedésével és az üvegházhatás miatt az éghajlatváltozás veszélyével,

vagy a nukleáris energia felhasználásával járó radioaktivitás veszélyeivel

kell szembenéznünk.

Amíg egy széles körben alkalmazható új „energiaforrást” nem fedezünk fel, addig egyszerűen nincs lehetőségünk ezt a két veszélyforrást egyszerre elkerülnünk. Vagy-vagy....

Amíg az éghajlatváltozás veszélyének elhárítására a fosszilis/hagyományos tüzelőanyagok növekvő felhasználása mellett elvileg sincs lehetőség, addig a radioaktivitás veszélyeinek keretek között tartására vannak elvileg is és gyakorlatilag is megvalósítható megoldások.

Persze, lehet, hogy az emberiség az éghajlatváltozást „választja”. Ez az egyes országok működésének jelentős átalakulásával járna. A másik választási lehetőségünk:

együttélés a radioaktivitással

”

A magyar lakosság a csemobili balesetből egy év alatt a természetes háttérsugárzás egy havi értékének megfelelő dózist kapott.

◆

A jövőben következő generációknak is tárolási-őrzési vagy feldolgozási feladatot hagyunk örökségül. Ezzel a tudattal sajnos együtt kell élnünk.

◆

Az azonban nem igaz, hogy a radioaktív technológiákat meg lehetne szüntetni, „el lehetne felejteni”. A radioaktív technológiák felfedezését nem lehet meg nem történné tenni, mert szükségesek!

◆

Jelenleg az energiaszükségletek 2-3%-a fedezhető az „alternatív energiaforrások”-ból, és már a 10%-os részarány elérése is megoldhatatlannak látszó beruházási ráfordításokat igényelne.

És még ekkor is mi lesz a fennmaradó 90%-nyi energiaigénnyel?

”

## Összefoglalás

Az előzőekben megkíséreltük bemutatni a radioaktivitással járó tevékenységek jó és veszélyes oldalait:

Bemutattuk, hogy a radioaktivitás nem „természet idegen”, ellenkezőleg, szándékainktól és érzelmeinktől függetlenül hozzá tartozik természetes környezetünkhez és életünkhöz.

Megpróbáltuk tömören és közérthetően érzékeltetni önmagunk és környezetünk parányi, láthatatlan alkatrészeit, az „atomok világát”, amelynek működése „felelős” a radioaktivitásért.

Rámutattunk, hogy az ilyen jelenségek értelmezéséhez nem elégséges a köznapi gondolkodás. A megértéshez nagy szükség van a megszokott szemléletmódunk kiterjesztésére a „nagyon nagy” és a „nagyon kicsiny” fogalmak irányába, amely vonatkozik a fizikai dolgokra éppúgy, mint a hatásaikra is.

Megkíséreltük érzékeltetni a radioaktív sugárzás hatásainak mértékét, és ezzel támpontot kívántunk adni a reális mérce elfogadásához.

A reális mérce alapozva vázlatosan ismertettük a környezetünkben fellépő sugárdózisokat, és ezek egészségügyi-élettani hatásait egészen a – szerencsére csak nagyon ritkán előforduló – súlyos sugárbetegség bemutatásáig.

Rámutattunk, hogy a köznapi használatban tévesen elterjedt „sugárfertőzés” kifejezés félreértésekre vezethet, és javasoltuk e kifejezés mellőzését, elfelejtését.

Vázlatosan értékeltük a radioaktivitás veszélyeit és kockázatait, rámutatva a radioaktív technológiák sokszorosán kisebb kockázataira a köztudatban elterjedt véleményhez viszonyítva.

Felváztoltuk a nukleáris technológiákból adódó féltelmeket és ezek eloszlásának lehetőségeit.

Rámutattunk a lehetőségeinkre: a radioaktivitással való együttélésünk szükségszerűségére. Természetesen a felvetett gondolatok indoklására vagy megkérdőjelezésére még nagyon sok érvt lehetne felsorakoztatni mindkét oldalról. Ezt a végeláthatatlan érvelés-halmazt megkíséreltük lecsupaszítani a leges-legalapvetőbb két reális alternatívára:

vagy szén-olaj-földgáz (fosszilis) bázisú  
vagy nukleáris bázisú

energiatermeléssel lehet a növekvő energiaigényeket kielégíteni a jelenlegi ismereteink szerint. Habár a fosszilis energiahordozók felhasználásakor modern (és drága) berendezések alkalmazásával a széndioxid kibocsátás elég jelentősen csökkenthető, de ezt megszüntetni nem lehet. Így a növekvő energiatermelés végsősoron növekvő széndioxid-kibocsátást eredményez fosszilis energiahordozók esetén, és ez a légkör egyre növekvő széndioxid-tartalma miatt a Földi ég-

hajlat megváltozásának veszélyét jelenti az „üveg-házhatás” következtében. A nukleáris energiatermelés széndioxidkibocsátás-mentes, de gondoskodni kell a radioaktív hulladékok biztonságos tárolásáról. Ez a feladat megoldható. A radioaktivitás káros hatásai elleni védekezés kellő gondossággal kisebb kockázatokkal jár, mint sok más elfogadott jelenség az életünkben. Ezért javasoljuk a radioaktív technológiák befogadását köztudatunkba, amellyel az emberi technikai civilizáció soron következő lépcsőfokára léphetünk.

Javaslatunk: együttélés a radioaktivitással.

## Felhasznált irodalom:

Dr. Turai István: Környezeti sugáregészségügyi ismeretek (PA Rt. Ismeretterjesztő kiadványa)

A radiológia alapfogalmai. Szerkesztette: Horváth Ferenc. Medicina Könyvkiadó Rt. Bp. 1999 (egyetemi tankönyv)

A biofizika alapjai. Szerkesztette: Rontó Györgyi; Tárján Imre. Medicina Bp. 1991 (egyetemi tankönyv)

*A szerző gépészmérnök, atomerőmű szakmérnök, tanár, az ÉMI-TÜV Bayern Kft. osztályvezetője*

# SzeRaKo

## ÉPÍTÉSZ IRODÁNK VÁLLALJA:

Családi és hétvégi házak  
Melléképületek, garázsok és kerítések  
Bontások, átalakítások, bővítések

### TERVEZÉSÉT,

### ENGEDÉLYEZTETÉSÉT,

### KIVITELEZÉSÉT

## LÁTVÁNYTERVEK KÉSZÍTÉSE

HASZNÁLATBAVÉTELI, FENNMARADÁSI ENGEDÉLYEK  
TELJES ÜGYINTÉZÉSSSEL

## MŰSZAKI ELLENŐRZÉS

AZ ÚJSÁG BEMUTATÓJÁNAK 10% MAX. 20.000 FT KEDVEZMÉNY

PESTI IRODA:

1138 Bp., Toborzó u. 6.

TELEFON: 340-27-73

BUDAI IRODA:

1114 Bp., Villányi út 1. 11/8.

TELEFON / FAX: 386-84-85

E-MAIL: SZERAKO@HOTMAIL.COM