# A radioaktív sugárzás: fajtái, veszélyessége, észlelése, mérése, kivédése direkt atomtámadás, és indirekt porhullás, és reaktor (Paks) összeomlás esetén. A sugárfertőzés tünetei, prognózisa, következményei felnőttekre és gyermekekre (gyerekek sokkal érzékenyebbek).

**Radioaktivitás I.** (karakterek száma: 28.880)

A radioaktivitással azért kell foglalkoznunk, mert az emberiséggel szembeni legnagyobb veszélyt, a termonukleáris háborút valamint az atomreaktorok meghibásodását egészen egyszerűen nem lehet kellően felmérni, és képtelenség a biztos halál elől megmenekülni, megfelelő ismeretek nélkül. A téma természetszerűen sok figyelmet követel és egészen biztos unalmas is mind addig, amíg Paks nem robban fel, vagy nem kap az ország egy hidrogénbombát.

Röviden, gyilkos radioaktív sugárzás kétféle képen kerülhet az utunkba. 1) Magyarországot eltalálja egy termonukleáris töltet. 2) baleset, vagy társadalmi összeomlás következtében egy „közeli” atomerőmű leolvad. A következmények sokrétűek lehetnek. Atomtámadás esetén, ha a találati ponttól (ground zero) 10 kilométeren belül tartózkodsz, esélyed sincs. Ha van szerencséd ezen kívül lenni, akkor két lehetőség adódik: 1) A tűzlabda és te közötted van valami tárgy. 2) A tűzlabda és te közötted nincs semmi, azaz ahol vagy onnan a tűzlabda látható. Az első esetben a rendkívül erős sugárzó hőt a köztetek lévő tárgy felfogja (ha fa, akkor azonnal meg is gyullad), a nem látható gamma sugár (lásd később) rajtad áthaladó mennyiségétől függ az életed, ha ez 3 Sv-t meghaladja, akkor napokon belül meghalsz. A mennyiség viszont attól függ, hogy milyen távol vagy a tűzlabdától, milyen tömör tárgy van közöttetek. Ha vagy olyan szerencsés, hogy egy egész épület van közöttetek, akkor a hű- és gammasugár hatásától megmenekültél, de ezzel még nincs vége. Ugyanis hangsebességgel (ami 10 km távolságnál kb. 30 másodpercet jelent) terjedő lökéshullám még megölhet. Ez tulajdonképpen egy 4-5 másodpercig tartó hatalmas légnyomás, ami 10 km-re lévő téglaépületet nem rombol le, de minden kisebb tárgyat, beleértve az összetört nyílászárókat is, felkap és hatalmas erővel tovább söpör. Ha útjában állsz, akkor végez veled. Tehát villanás után legokosabb, ha felkapsz egy kapsz egy pokrócot, vagy paplant/dunyhát és bebújsz egy ágy alá. A magaddal hozott takaróval elzárod azt a rést, ahol bebújtál. Így a repülő tárgyak (beleértve az ablaküveget is) nem tudnak megsebesíteni. De vigyázz, mert a lökéshullám lecsendesedése után szívóhatás következik, ami szintén hatalmas légmozgással jár, ezért a törmelék elkezd visszafelé sodródni. Az ágy alól csak akkor bújhatsz elő, amikor a második, a vákuumhullám is elült. Hogy ez után mit tehetsz, arra visszatérek. Ha viszont a tűzlabda és közötted nincs semmi, akkor neked annyi, mert egyszerűen halálra égsz. Ha a távolság 30-40 kilométer, akkor az égési seb nem feltétlenül halálos, ami a gammasugárra is érvényes. A hősugár intenzitása nem csak a távolságtól függ, hanem az időjárástól is. A levegőben lévő vízpára erősen redukálja a hősugár intenzitását. A gamma-sugárra a levegő minősége nem hat ki, kizárólag anyagon történő áthatolás csökkenti az intenzitását (erejét).

Amennyiben a robbanást sikeresen túlélted, természetesen menekülnöd kell, mert a levegőbe fellövellt radioaktív por hamarosan elkezd visszahullani a földre. Minél gyorsabban össze kell szedned a legfontosabb dolgaidat és szélirányba el kell menekülnöd a helyszínről, ami Magyarországon majdnem biztos, hogy északnyugat lesz. Ugyanis a fellövellt port a szél tovább szállítja, és így a lehullás helye a robbanási ponttól akár 400 km is lehet szélirányban. Ha rövid időn belül hányinger jön rád, akkor biztos lehetsz a hamarosan bekövetkező halálban, mert a halálos dózis első jele a hányinger. Amennyiben az atomrobbanást sikeresen túlélted, szembe kell nézned a túlélés lehetőségével, amire visszatérek.

Atomtámadás helyett bekövetkezhet, hogy viszonylag közel egy atomerőmű leolvad, vagy emberi hiba (Csernobil), hanyag tervezés (Fukushima), vagy pedig társadalmi összeomlás miatt a jövőben bármelyik. Az európai uralkodó széljárás miatt a budapestiek számára a Mohi atomerőmű leolvadása veszélyesebb, mint Paksi Atomerőműé, mert onnan a szél egyenesen a magyar főváros felé hajtaná a hatalmas mennyiségű radioaktív port. Mivel a radioaktív anyaggal az égvilágon semmit se lehet csinálni, a sugárzást egyszerűen nem lehet leállítani, csak arról lehet szó, hogy te kerülöd el a radioaktív anyaggal történő találkozást. Ezt azonban csak akkor lehet kivitelezni, ha mérni tudod a radioaktivitást, mert radioaktív sugárzást érzékelni nem tudjuk. És akkor most néhány szó a radioaktivitásról!

Iskolai tanulmányaiból arra mindenki emlékszik, hogy az anyag legkisebb része az atom, és hogy 92 különböző elem van[[1]](#footnote-1). Ezek – néhány kivételtől eltekintve – stabilak, vagyis nem bomlik fel (dezintegráció) alkotóikra. A sorozat vége felé van néhány elem, amelyek legalább részben sugároznak, ugyanis az atomjaik nem teljesen egyformák. Ezeknek a nem egyformáknak van külön nevük, úgy hívják őket, hogy izotópok és tartozik hozzájuk egy szám, amivel meg lehet őket egymástól különböztetni, például Jód-131. A természetben található atomok a jód-127, ami természetesen stabil ellentétben a jód-131 és jód-129 izotópokkal, amelyeket már az ember állított elő és radioaktívak. Ha egy atom radioaktív az azt jelenti, hogy előbb vagy utóbb fel fog bomlani, és valami más lesz belőle, de a bomlás minden esetben sugár vagy sugarak kibocsátásával jár együtt. Hogy ne legyen könnyű az életünk, atombomláskor 3 különböző sugár keletkezhet attól függően, hogy melyik elem, melyik izotópjától van szó. Nézzük ezeket!

1) α-részecske: lényegében az elektronjaitól megfosztott hélium atom. Viszonylag lassú, és áthatoló képessége csekély, már egy papírlapon se képes áthatolni, ezért megakad az emberi bőrön is. Ha azonban egy radioizotóp bekerül a szervezetbe, és ott bomlik fel, akkor az α-részecske is veszélyes lehet. Mivel az α-részecskében a két neutronon kívül két proton is van, elektromos töltéssel rendelkezik, aminek erős ionizáló hatása van (élettanilag veszélyes). Hogyan kerülhet be a szervezetbe? Úgy, hogy a lehulló radioaktív port beszívjuk és a tüdőben lerakódik, illetve gyümölcsre vagy zöldségre hull, és így megtalálja az utat a gyomrunkba.

2) β- sugárzás: tulajdonképpen egy nagy sebességgel száguldó elektron (normál körülmények között az atommag körül „keringő” részecske), illetve pozitron, amelyek áthatoló képessége valamivel meghaladja az α- részecskékét, de már egy egészen vékony fémlemez is megállítja. Mivel az elektron és a pozitron töltéshordozó, ezért a β- sugárzás is ionizáló.

3) χ- sugár: lényegében egy igen kemény elektromágneses hullám (mint például a fény, röntgensugár vagy rádióhullám), aminek áthatoló képessége igen nagy, mivel nincs tömege, lényegében egy száguldó foton. Több méter vastag föld, néhány deciméternyi beton vagy pár centiméter vastag ólomlemez nyújt ellenük bizonyos védelmet.

Most tehát már tudjuk, mit várhatunk egy radioizotóptól, de még nem tudjuk, hogy mikor. Mikor bomlik fel egy radioizotóp? A helyzet az, hogy fogalmunk sincs. Nem tudjuk, hogy egy adott atom miért, és mikor bomlik fel, és ezért nem tudjuk se megakadályozni, se előidézni. Egy rádióizotóp atommal csinálhatunk, amit csak akarunk, kitehetjük hatalmas nyomásnak, magas hőnek, erős mágneses vagy elektromos térnek, az eredmény ugyanaz, vagyis semmi. Az istennek se bomlik fel, ha magától nem akar, bármit is teszünk vele. Ugyanakkor, ha fel akar bomlani, semmi se tudja ettől visszatartani. Egyetlen egy dolgot tudunk csak, azt, hogy statisztikailag egy nagy halom azonos radioaktív atomból hány fog felbomlani adott idő alatt. Ugyanis azt tapasztalták, hogy minden fajta radioaktív anyagra jellemző egy úgynevezett felezési idő. A példának okáért vegyünk egy gramm rádiumot. A rádium felezési ideje 1800 év. Ez azt jelenti, hogy egy gramm rádium 1800 év alatt elsugározza tömegének a felét, vagyis 0,5 gramm lesz. A következő 1800 év alatt, ellentétben a „ráérzéssel” nem fog eltűnni a maradék 0,5 gramm, hanem csak a fele. Ezért aztán a kiindulástól számítva 3600 év múltán már csak 0,25 gramm rádium marad, és egy további 1800 év lejártával mindössze 0,125 gramm.

Ebből az következik, hogy ha van nekünk valahol egy nem kívánt radioaktív anyagunk, azzal semmi mást nem tudunk tenni, mint várni, hogy önmagától szép csendben elsugározza magát. Ez adott esetben jelenthet néhány órát, egy-két napot, vagy akár sok-sok évet is. Általános szabály az, hogy egy adott radioaktív izotóp szennyezés a felezési idejének a nyolcszorosa után válik elviselhetővé, tízszerese után nem kell vele törődni. Ez néhány esetben elfogadható, mondjuk néhány órás vagy napos felezési időnél, de például a cézium-137 felezési ideje 30 év (és bomláskor béta-sugarat ad le).

A következő, amivel meg kell ismerkednünk a sugárzás érzékelése, mérése. A helyzet az, hogy az embernek nincs olyan érzékszerve, amivel a radioaktív sugárzást érzékelni tudná. Ugyanis a radioaktív sugár nem látható, nincs szaga vagy íze, ami csak fokozza veszedelmességét. Adott esetben zsebre tehetek egy apró (de erősen radioaktív) tárgyat, és anélkül, hogy észrevenném, néhány óra leforgása alatt akkora dózist szedhetek tőle össze, hogy másnap már halott vagyok. Mit lehet tehát tenni?

A radioaktív sugárzást csak közvetett úton lehet érzékelni. Erre a célra szolgál például a GM-cső (teljes nevén Geiger-Müller csúcsszámláló, újabban részecskeszámláló). A működési elvet és hasonlókat nem írom le, nem bonyolítom a képet. Elég az hozzá, hogy a részecskeszámlálók kalibrálva vannak, így a pillanatnyi sugárzás értéke közvetlenül leolvasható. A radioaktivitás mérésének másik módja egy sugárzásra érzékeny, tokbazárt lemez, mint például egy fotokémiai film, amit naponta elő lehet hívni (hasonlóan egy fekete-fehér fényképhez), és kalibrálás alapján a sötétedés mértékéből meg lehet állapítani, hogy az eszköz viselőjét mekkora sugárdózis érte. Ezt elsősorban radioaktív anyagokkal dolgozóknál alkalmazzák, például atomreaktorok környékén. Vannak más lehetőségek is, de azokba most nem érdemes belemenni. A radioaktivitás méréséhez mértékegységekre is szükség van, térjünk tehát erre.

Kezdetben mindent az akkor már jól ismert rádiumhoz hasonlítottak. Megalkották a kisugárzás, vagyis a radioaktivitás mértékegységét, az 1 Curiet (Ci), ami másodpercenként 37 milliárd atom felbomlásával egyenlő, mert egy gramm rádiumban névlegesen ennyi atom bomlik fel egy másodperc alatt. Ez azonban durva egységnek bizonyul, ezért a gyakorlatban az mCi, azaz a milliCurie terjedt el. Azután a múlt század derekán kitalálták az „SI” (Systéme Internationale d’Unités) rendszert, ami 1976 óta Magyarországon is kötelező.[[2]](#footnote-2) Így az új megfogalmazás szerint a radioaktivitás egysége az 1 Becquerel (Bq), ami másodpercenként egyetlen atom felbomlását jelenti. Ez most meg túl kicsinek bizonyult, ezért a gyakorlatban az ezerszeresét, vagyis az 1 kBq-t használják. Ezekből következik, hogy a Curie és a Becquerel között az átszámítás 1:37.000.000.000.

Most már meg tudjuk mondani, ki tudjuk fejezni, hogy egy sugárforrás milyen mértékben sugároz. Tudnunk kell azonban azt is, hogy a sugárzásból egy adott élőlény (mondjuk az ember) mennyit nyel el. Erre is kellett találni mértékegységet. Régebben a „RAD”-ot használták (Radiation Absorbed Dose). Újabban a „Gray” (Gy) a megfelelő mértékegység. 1 Gy = 1 Joule energia/1 kg anyag. Arról van szó, hogy a radioaktív sugárzás végeredményben energia, és a Gray azt adja meg, hogy mi az arány az anyag és az anyagnak átadott energia között. Ezzel nem lenne semmi baj, ha nem ionizálná azokat az atomokat, amikbe becsapódik és, ha ez az anyag néha nem lenne biológiailag élő. Mert, amennyiben egy ilyen kilónyi anyag történetesen bennünk található, akkor bizony biológiai hatással kell számolni. A fizikusok ezért kitaláltak egy újabb egységet, a „Sievert”-et (Sv), ami megegyezik a Gray-jel, de figyelembe veszi az embert, mint a sugárzás biológiai elszenvedőjét. Mit jelent ez? Nos, a három különböző sugarat biológiai hatásuknak megfelelően, figyelembe veszi, hogy mennyire érzékenyek az egyes emberi szervek, valamint súlyozza azt, hogy a hatás kívülről vagy belülről éri-e az emberi testet. Nem akarom komplikálni a dolgot, ezt úgy kell érteni, hogy elnyelt sugárzásnál a Sievert-et alkalmazzuk emberek esetében, minden más esetben a Gray-t. A két mértékegység értéke különben azonos. Aztán persze kiderült, hogy az egységek kényelmetlenül nagyok, ezért a gyakorlatban a „mSv” és a „μSv” egységeket használják. Nézzük a súlyozást!

Foton: (χ-sugár, röntgensugár) 1-szeres

Elektron/pozitron:(β-sugár) 1-szeres

Neutron: 5-20-szoros

Proton: 5-szörös

Napból érkező nehéz ionok: 20-szoros

Most vizsgáljuk meg, a radioaktív sugárzásnak milyen az élettani hatása. Vagyis, mi történik az emberrel radioaktív besugárzás esetében. A radioaktív vagy ionizáló sugárzás hatására az érintett sejtek rendszerint elhalnak, vagy oly módon deformálódnak, hogy évekkel később rákosodáshoz vezetnek. A tapasztalat szerint minél inkább szaporodik egy sejtcsoport, annál érzékenyebb a sugárzásra. Éppen ezért a legkönnyebben elhalóktól haladva az érzékenységi sorrend a következő: őssejtek, vérképzők (lép, csontvelő, limfocita ganglion), ivarmirigy, bőrszövet, bélhártya, kötőszövet, izom- és végül az idegsejtek. Általános tájékoztatásként elmondható, hogy ember esetében a iztos halálos dózis 4000 mSv.

Számtalan kísérlet azt mutatta, hogy minél egyszerűbb egy élőlény, annál inkább áll ellen a radioaktív sugárzásnak. Például a rovarok akár százszor nagyobb dózist is kibírnak, mint az ember,[[3]](#footnote-3) a mikrobák pedig még ennél is többet. Csakhogy mi ez a „kibírni”? Elsőnek be kell vezetni a LD50 fogalmat, ami egy angol kifejezés (lethal dose for 50%) rövidítése. Ez akkora dózist jelent, aminek hatására az egy fajhoz tartozók 50 százaléka meghal (50 százaléka viszont életben marad). Ez tehát egy határérték. Ilyen dózis hatására az ember vagy majdnem meghal, vagy éppen hogy nem éli túl. Az LD50-t nem szokták kitenni, de természetszerűen minden adatnál ezt kell érteni. Tehát, az ember számára 3000 mSv a halálos dózis (és most jön az apró betű), abban az esetben, ha ezt egy adagban kapja. Egészen más a helyzet, ha egy ilyen dózist nem egyszerre, hanem mondjuk, három év alatt kap meg, napi egy ezrelék formájában. Ilyen esetben a halálos adag az előzőnek a kétszerese.

Ha elveszünk a mértékegységek között, akkor gondoljunk a következő analógiára. Kint vagyunk a szabadban és esik az eső. A lezúduló eső mennyi­ségét becquerellel. Hogy mennyi eső esik ránk, azt gray-jel, hogy mennyire leszünk nedvesek, azt pedig sievert-tel mérjük.

De a dolog nem ilyen egyszerű. A halálos dózis természetszerűen megöli az embert, csakhogy ilyenre szert tenni nem lehet, legalább is háború vagy katasztrófa nélkül nem. A nem halálos dózis pedig egy teljesen külön történet, mert ilyen esetben nem a sugárzás öl, „mindössze” a hatása. A radioaktív sugárzás ugyanis a sejtekben olyan elváltozást hoz létre, ami évek múltán (mondjuk 3…30 év között) rák kialakulását okozza. De a történetnek még mindig nincs vége, mert nem mondhatjuk, hogy a kis dózis 30 év múltán, a nagy dózis már 3 év múlva is okozhat rákot, mert ez csak körülbelül igaz. A rák kifejlődéséhez hajlam is kell, tehát az egyik emberben viszonylag alacsonyabb radioaktív besugárzás után is kifejlődik, míg a másiknál nem. Ezen kívül a rák kialakulását több, egymástól független hatás is előidézheti, amelyek összeadódnak. Vegyünk egy elméleti példát. Egy adott dohányos az adott napi cigaretta elszívása mellett mondjuk 40 év után kapott volna tüdőrákot, de mivel az atomiparban dolgozott, ahol a megengedett heti 50 mR azaz milli-Röntgen (akkor még ebben mérték) sugárdózist is kapott 3 éven át, így a rák 40 helyett 20 év után fejlődött ki.

Az atomreaktorok védelmezői szeretnek hivatkozni a hát­­térsugárzásra, aminek minden ember ki van téve, és ami (szerintük) azt jelenti, hogy kis dózis megengedhető. Az igaz­­ság az, hogy az ember, és minden élőlény – úgy tűnik – hozzászokhatott a háttérsugárzáshoz, de valójában kiépít­ett magában bizonyos védekező mechanizmust, aminek segítségével – úgy ahogy – regenerálni tudja azt, amit a ra­dioaktív sugárzás elrombol. Most nézzük az ada­tokat! Tipi­kusan egy embert évente 0,3 mSv sugár­dózis ér. Ez a ha­lá­los dózis tízezred része. Ha ezt 100 %-­nak vesszük, akkor ehhez 50 %-ban járul hozzá a talaj­ból feltörő, és a lakóépületbe bejutó radioaktív radon gáz. 14-14 % a lakóház falaiból, illetve gyógyá­szat­ból (pl. röntgen, izotópvizsgálat, stb.) származik. A kozmi­kus sugár­zás 10 %-ért felelős, míg az élelmiszerekből egy további 11,5 százalék érkezik. A hiányzó 0,5 százalékért a közöttünk megbújó atomreaktorok, és tevékenységük felel.

A fenti példa világossá teszi, hogy nincs „biztonságos” dózis, a legkisebb dózis is ártalmas. Ezért aztán legfeljebb „elfogadható” dózis van. Csakhogy itt meg az a kérdés, hogy ki által elfogadható? És akkor most kanyarodjunk vissza az elejére. Miért is volt szükség a radioaktivitás kitárgyalására? Ugyanis radio­aktív sugárzás az embert mindig is érte, még a barlangban is, 50.000 évvel ezelőtt.

Az ember azonban létrehozott két új dolgot: a termonukleáris fegyvereket (népszerű nevén az atombombát, hidrogénbombát) és az atomreaktorokat. Kicsit foglalkozzunk azzal, mi tette ezt lehetővé. A XX. század elején a fizikusok lépésről lépésre tárták fel az atomok mikrovilágát, vagyis az atomok szerkezetét, és működésüket. Kiderült, hogy Einstein relativitás elméletének híres tétele az E = mc2, vagyis, hogy igen kicsiny tömeg hatalmas mennyiségű energiával egyenlő, a valóságban is igaz. Akkor pedig elméletileg létre lehet hozni egy irtózatos erejű szuperbombát, illetve tiszta és olcsó energiához lehet jutni. Mivel a II. világháború éppen küszöbön volt, elkezdtek dolgozni az elmélet gyakorlati kivitelezésén.

Hamarosan kiderült, hogy a legalkalmasabb anyagnak az U235 tűnik, ami a Földön található uránium 0,7 százalékát teszi ki. Ezért aztán az első technikai probléma az U235 szétválasztása volt az U238-tól. De mi olyat tud ez az U235, amit más nem? Lévén radioaktív, megfelelő felezési idővel rendelkezve fel tud bomlani, de nem ez a lényeg. A lényeg az, hogy ha egy neutron eltalálja, ak­kor „műsoron kívül” (vagyis a felezési időtől függetlenül) felbomlik és átalakul U236-tá (ami aztán tovább bomlik Kr90 és Ba143 atomokká, és így tovább…. míg a végén stabil Zr90, valamint stabil Nd143 keletkezésnél leáll a folyamat), miköz­ben jelentős mennyiségű energia szabadul fel. Ebben eddig semmi rendkívüli nem lenne, de történik még valami. Amikor az U235 átalakul U236-tá, a kelet­kezett energián kívül 3 neutron is felszabadul, és nagy sebességgel elhagyja a helyszínt. Hoppá! Mitől bomlik fel az U235? Attól, hogy beleütközött egy neutron. És mi repül ki a dezintegrált U235-ből? Két neutron. Hát kérem, ha ez a két felszabadult neutron eltalált egy-egy, a közel­ben tartózkodó U235 atomot, akkor kialakulhat egy „láncreakció”. Magyarul, az egy tömegben lévő U235 egyszerűen felrobban, és elképesztő men­nyiségű ener­giát szabadít fel. Most már csak arra kell rájönni, hogy ez mikor következik be.

Nem nehéz belátni, hogy akkora mennyiségű U235-nek kell egy helyen lenni, hogy statisztikailag onnan egy-egy felbomlott atomból kirepülő 3-3 neutronból kettőnél kevesebb legyen képes elhagyni az anyagot úgy, hogy nem ütközik uránium atomba. Ezt a mennyiséget hívják kritikus tömegnek.

A kritikus tömeg előállításához az első és a technológiailag legnehezebb eljárás az U235 különválasztása az U238 -tól. Ezt az eljárás nevezik „dúsításnak”, aminek nehézsége abból adódik, hogy vegyészeti módszer szóba se jöhet, hiszen urániumot kell kiválasztani urániumból. Az egyetlen különbség közöttük, hogy az egyik a másiknál alig több mint egy százalékkal nehezebb.

Most érkeztünk el oda, hogy különbséget tegyünk az atombomba és az atomreaktor között. Atombomba esetében két szubkritikus tömegű U235-ből álló anyagot hagyományos robbanószerrel „összerobbantanak”, hogy nagyon gyorsan kritikus tömeg álljon elő. Ez aztán hirtelen felrobban, és rombolási szándékkal hatalmas mennyiségű energia szabadul fel. Felmerül a kérdés, miért kell a szubkritikus mennyiségeket „összerobbantani”, és a hangsúly a robbantáson van? Az ok igen egyszerű, ha az egyesítés lassan történne, akkor még mielőtt a kritikus tömeg egybeállna, olyan hatalmas hő keletkezne, ami megakadályozná a két szubkritikus mennyiség további közeledését. Ugyanis minden közreműködő tárgy (tartály, tartókar, stb.) elolvadna. Ez történik akkor, amikor egy rakás fűtőelem leolvad, mint Fukushimában. Leállíthatatlan hőtermelés, elképesztő mennyiségű radioaktív szennyezés bejutása a légkőrbe.

Az atomreaktor esetében a kritikus tömeg együtt van, de közé vannak ágyazva úgynevezett „lassítók”, amiknek hatása állítható. Nem tartom fontosnak a műszaki megoldások ismertetését, a lényeg az, hogy a radioaktív bomlás sebessége pontosan be van szabályozva, és az az energia mennyiség, ami az atombombában egyetlen pillanat alatt felszabadul, a reaktor esetében hosszú hónapok alatt hasznosul.

Most már csak egy dolog van hátra, ez pedig a „sugárbetegség” lényegének, lefutásának és kilátásainak ismertetése. Nos, a helyzet a következő. A sejtmagokban helyet foglaló DNS-be csapódó radioaktív sugár gerjesztett állapotba hozza az ott található atomokat, ami a DNS elpusztulásához vezet, de van más mechanizmus is. A radioaktív sugárnak nem feltétlenül kell eltalálni a sejtmagban lévő DNS molekulát. Amikor a sejtben lévő vízmolekulát találja el, a H2O-ból kilövi az egyik hidrogén atomot. A keletkezett hidrogénperoxid, azaz a HO (nők kedvenc szőkítő szere) agresszív redukáló vegyület, ami szintén el tudja pusztítani a sejtmagot. Akkor most mi várható, amikor valakit sugárfertőzés[[4]](#footnote-4) ér?

100-150 Sv esetében, ami rendkívül nagy dózisnak számit, a halál néhány óra alatt bekövetkezik az idegrendszer és a vérellátás lerobbanása miatt.

5-15 Sv besugárzódás után a halál néhány nappal később következik be, a bélhártyák elpusztulásának következtében.

2-5 Sv dózis még mindig halálhoz vezet, de a halál beálltához több hétig tartó szenvedés vezet. Az ok a vérképző szervek elpusztulása. Békeidőben, például egy atombaleset miatt, nem tömegesen előforduló besugárzódás esetében, viszonylag alacsony dózisnál meg szokták próbálni a csontvelő átültetést.

2 Sv alatt a besugárzást kapott személynek van esélye a „pillanatnyi” túlélésre. Ami azt jelenti, hogy a sugárfertőzés után felgyógyul, de néhány évvel később lehet számítani valamilyen rákos elváltozás kialakulására.

500 mSv alatti besugárzódásnak semmi érzékelhető következménye nincs, azonban már néhány μSv besugárzódás is jelentősen növelheti valamilyen rákos elváltozás kialakulásának esélyét. Jegyezzük meg: **Nincs ártalmatlan dózis, a legkisebb dózis is csökkenti az egyed életesélyét.**

Akkormost visszakanyarodunk az elejéhez. Magyarország kapott egy hidrogénbombát. Ez természetesen a III. világháborút jelenti, és rajtunk kívül, velünk egy időben sok más ország is kap. Nem feltétlenül akarsz tovább élni, mert nem érdemes. Ennek ellenére játszunk tovább. Azt már tudod, hogyan éled túl az első perceket és ennek milyen feltételei vannak. Menekülsz tehát szélirányba. Ez azonban csak akkor eredményes, ha máshová nem jutott atomtöltet. Abban az esetben, ha mondjuk Pozsony és Bécs is kapott egyet-egyet, és ez a jóval valószínűbb, akkor hiába menekülsz északnyugat felé, mer akkor a pozsonyi visszahulló radioaktív por alámenekülsz. Viszont a kommunikáció egészen biztos meg fog szűnni, tehát se tévé, se rádió, lehetetlenség lesz megtudni, hogy mi, merre, hogyan. Tehát a legokosabb stratégia, ha bezárkózol a házadba, nem mész ki a szabadba és vársz arra, hogy a radioaktív por lehulljon, és az első eső elmossa. Természetesen ezzel nem szűnik meg, mert beszivárog a talajba, de legalább nem száll a levegőben. A tetőkről lefolyó esővízben összegyűjtve lesz megtalálható a tetőre hullott összes radioaktív por. Ettől a víztől meg kell szabadulni. Természetesen az lenne a jó, ha lenne egy légmentesen zárható, jól felszerelt atompincéd, de az csak keveseknek van, és ők se mennek vele sokra, mert egyszer ki kell onnan bújni. Viszont az már kiderült az eddigiekből, hogy az ember által megteremtett radioaktív szenny – igaz, hogy egyre kisebb mértékben, de – évmilliókig itt marad.

Ha még mindig van kedved a túléléshez, akkor egy részecskeszámláló segítségével meg kell határoznod, hogy földrajzilag merrefelé csökken a radioaktivitás és oda kell vándorolnod.

Ha ilyen rosszak a kilátások, akkor miért írtam meg ezt az ismertetőt? Azért, mert nem kitalálható, hogy atomkatasztrófa esetén milyen mértékű radioaktivitással kell együtt élnünk. Ha évente „csak” 300 mSv adagot szedünk össze, akkor akár 20 évet is élhetünk elsősorban rákos megbetegedés nélkül.

Most jön az, hogy szerencsések vagyunk, az éves bespájzolás 300 mSv alatt van. Ekkor jön a jódtabletta szedése. Ennek az a lényege, hogy a jód-131 az egyik notórius mellékterméke az atombomlásnak. Viszont az emberi pajzsmirigynek jódra van szüksége, amit meg is kap a gyomorba jutó anyag felszívódása után. Ha viszont nagyadag közönséges jódot veszel magadhoz, akkor az élelmiszerrel beléd jutott jód-131 kiszorul, hiszen a jódpirulák miatt a pajzsmirigy bőségesen el van látva. De ez nem minden. Az elkészített ételeket, és az étel nyersanyagokat, valamint az ivóvizet folyamatosan ellenőrizned kell sugárzás szempontjából. Ugyanis míg a testedet kívülről ért sugárzás esetén csak a gamma sugártól kell tartanod (mert a másik kettő nem tud behatolni), a testedbe bejutott sugárzó anyagnál az alfa és a béta sugarak is képesek rombolni a sejteket. --- Érdemes beszerezni káliumjodidot (amíg kapni) és tartalékolni. A katasztrófa bekövetkezésekor életet menthet. A radioaktív jódra különösen a kisgyermekek érzékenyek. A káliumjodid vegyjele: KI.

Más a helyzet egy atomreaktor leolvadásakor. Itt a legnagyobb veszélyt a cézium-137 jelenti, mert az emberi szervezet a céziumot összekeveri a káliummal. A káliumnak viszont fontos szerepe van az izmokban (szívizomban is). Ha a szervezet kálium helyett céziumot juttat az izmokba, akkor nekünk annyi! Ezt úgy tudjuk megakadályozni, hogy sok káliumsót tartalmazó PANANGIN tablettákat kell szedni, én napi 5 db-ot javaslok. Ugyanis ezzel felhígítjuk a belénk jutott céziumot. Tanulság: a jódtabletták mellé PANANGIN tablettákat vagy KCl-t is tanácsos tartalékolni, amit konyhasó helyett használnak (de csak óvatosan).

1. Leendő kritikusaimmal közlöm, hogy van tudomásom a transzurán elemekről, és szándékosan nem foglalkozom velük. [↑](#footnote-ref-1)
2. Ezzel aztán mind a mai napig tartó alapos felfordulást okoztak, mert például a LE (lóerő), a q (mázsa), vagy a négyszögöl használata tilos. Ezzel szemben az autósok mind a mai napig lóerőről fecsegnek, a telek hirdetők négyszögölben adják meg a terület nagyságát, és vidéken mind a mai napig mázsálnak. [↑](#footnote-ref-2)
3. Innen az a szóbeszéd, hogy a III. világháborút követően a hangyák társadalma fog intelligens lényekké evolválódni (fejlődni) pár millió év alatt, mert hogy mi kipusztulunk, de ők nem. [↑](#footnote-ref-3)
4. A „fertőzés” kifejezés nagyon szerencsétlen, de mára már ez terjedt el a gyakorlatban. A fertőzés szót azért nem kellene használni, mert arról szó sincs, hogy a sugárbetegség fertőzne, átadható, vagy megkapható lenne. [↑](#footnote-ref-4)