

Földkérgi ivóvizek sugár-egészségügyi szempontjai

A földkéreg anyaga átlagosan 4-5 g/t uránt és 10-12 g/t tóriumot tartalmaz, amelyek radioaktív bomlási sorok elindítói. A ^{238}U bomlási sorában keletkező ^{226}Ra izotóp ($T_{1/2}=1620$ év) alkáli földfém tulajdonságai miatt könnyen kioldódik a kőzetekből, a talajból, és így bekerül a víztároló rétegekbe is. A ^{226}Ra alfa-részecske kibocsátásával ^{222}Rn radioaktív nemesgázzá bomlik ($T_{1/2}=3,82$ nap), amely azután főként a talajból és az építőanyagokból, valamint kisebb mennyiségben a különböző eredetű vizek felhasználásakor kerül környezetünkbe.

Az ivóvizek (ásványvizek) több nagyságrendnyi tartományban változó radioaktivitása döntően a geológiai környezetben felvett radontól és rádiumtól ered. A legmagasabb értékek a magas urán tartalmú repedezett porózus (pl. gránitos, foszfátos) kőzetekben tárolódnak, valamint a föld mélyéről feltörő vizeknél fordulnak elő. A felszíni vizek, tengerek és óceánok radioaktivitása általában jóval kisebb.

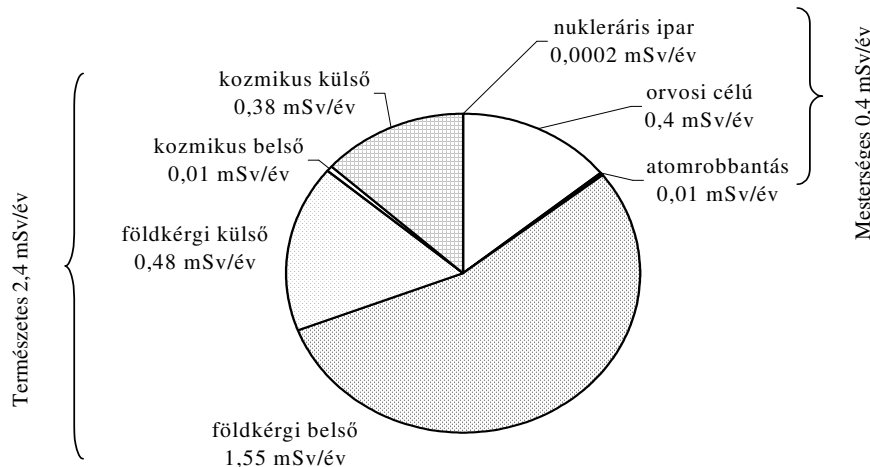
Ivóvízminták radon és rádium tartalmának meghatározásával több szempontból is érdemes foglalkozni. Egyrészt a *lakossági sugárterhelés* egyik fontos összetevőjét képezik a kiemelkedő aktivitású ivóvizek felhasználóinak körében, másrészt nyomjelzői lehetnek a mélységi vizek transzportfolyamatainak.

Sugáregészségügyi szempontból az ivóvizek (ásványvizek) rádium-, illetve radontartalmának vizsgálata és a fogyasztásukból eredő sugárterhelés járulékának becslése napjaink aktuális feladata. A jó minőségű ivóvíz világviszonylatban vett szűkülő készletei miatt a lakosság érdeklődése fokozottan a palackozott ivóvizek (ásványvizek) felé fordul. Hazánkban is megfigyelhető az utóbbi években az egy főre eső palackozottvíz-fogyasztás évről évre történő jelentős növekedése. Az ivóvizek, az ásványvizek különböző vízáradó rétegekből és mélységből erednek, ezért ásványianyag- és természetes radionuklid-tartalmuk tág határok között változik, köztük kiemelkedően nagy értékek is előfordulhatnak. A nagy ^{226}Ra -tartalmú ivóvizek (ásványvizek) napi fogyasztása hozzájárul a lakosság természetes radionuklidoktól származó belső sugárterhelésének növekedéséhez. Ezért a fogyasztásra kerülő ivóvizekben megengedhető radon és rádium aktivitáskoncentrációt sok országban előírásokkal szabályozzák. Magyarországon azonban nemhogy *korlátozásokat nem vezettek be eddig*, de az ilyen irányú mérések is szórványosak; ivóvizekre vonatkozó vizsgálatok pedig csak az elmúlt néhány évben történtek.

A ^{222}Rn és ^{226}Ra radioaktivitásuk miatt még kis mennyiségben is könnyen mérhető radioizotópok, s így mint *természetes nyomjelzők* vesznek részt a felszíni és felszín alatti vizek transzportfolyamataiban. A természetes vizek ^{226}Ra -tartalmának mérése információkat adhat a víz eredetéről, keveredéséről, föld alatt megtett útvjáról. Továbbá, pl. rekultivált meddőhányók, zagyterek kifolyó vizeinek ^{226}Ra -tartalma közvetlenül jelezheti a fedőréteg állapotát.

Radioaktivitás a környezetben - (A sugárzásokról röviden)

Életünket rendkívül sokféle, különböző forrásból származó sugárzás keresztüzében éljük. A sugárzások okozta fizikai, kémiai és biológiai hatások összességét sugárterhelésnek nevezzük. A könnyebb áttekinthetőség kedvéért célszerű az élőlényeket érő sugárzásokat és az általuk okozott sugárterhelést meghatározott szempontok szerint csoportokba sorolni. Eredet szerint természetes és mesterséges, míg a sugárhatást elviselő élőlény szempontjából külső és belső sugárforrásokat különböztetünk meg. Az ENSZ Atomsugárzásokat Vizsgáló Tudományos Bizottságának (UNSCEAR) 2000. évi felmérése szerint a Föld népességének átlagos sugárterhelése 2,8 mSv/év (1. ábra). Ennek döntő többsége a természetes eredetű háttérsugárzásból származik (2,4 mSv/év), amelynek 2/3-a belső, 1/3-a pedig külső forrásokból ér bennünket. A mesterséges forrásokból származó összes sugárterhelésünk (0,4 mSv/év) kevesebb, mint a természetes eredetű évenkénti sugárdózisunk 20 %-a.



1. ábra

A népesség átlagos sugárterhelése a főbb természetes és mesterséges források szerinti bontásban

A természetes háttérsugárzás két forrása a földkéreg és a világűr. A földkérgi (terresztrikus) komponenst hosszú felezési idejű, ősi ún. primordiális radioizotópok (^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th), illetve az urán és tórium bomlási sor elemei alkotják, melyek közül dozimetriai szempontból a ^{222}Rn és bomlástermékei szerepelnek legnagyobb súllyal. Ezek a földkérgi komponens több mint felét teszik ki. A Föld légkörének magasabb rétegeit bombázó kozmikus sugárzás részint a Föld mágneses árnyékolása, részint a levegő atomjaival történő kölcsönhatása miatt nem éri el a Föld felszínét. Ezen kölcsönhatás során a légkör felső rétegeiben keletkező elemeket kozmogén radioizotópoknak nevezzük (^{14}C , ^3H). A légkör földfelszín közeli radioaktivitásának zömét azonban nem a kozmogén radioizotópok, hanem a talajból származó toron és radon, valamint ezek bomlástermékei alkotják. Az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen a légzés, a táplálkozás és a folyadékfelvétel, mely folyamatok révén a sugárterhelés 2/3 részét kapjuk. Ezen dózis nagyobb része a lakások és munkahelyek levegőjében lévő, a ^{238}U bomlási sorában található ^{222}Rn -tól és bomlástermékeitől, kisebb része pedig a táplálék és az ivóvíz, a napjainkban egyre szélesebb körben fogyasztott palackozott ivóvizek (ásványvizek) radioaktivitásától ered. *Ezek az elemek a szervezetbe kerülve részt vesznek a sejtépítésben, illetve a szervekbe beépülve hatással lehetnek azok működésére.* A természetes háttérsugárzás mértéke a népességen belül is jelentős eltéréseket mutat. A földrajzi hely, az időjárás, a lakóépületek, de még olyan szokások is, hogy hányszor szellőztetünk, nyitott ablaknál alszunk-e, hol szoktunk üdülni /tengerparton vagy hegyekben/, befolyásolják éves sugárterhelésünket.

Felszín alatti ivóvizek radioaktivitása - (Az urán, a rádium és a radon geokémiája)

A felszíni ivóvizek természetes radioaktivitása általában jóval kisebb a termál- és a mélységi vizek (ásványvizek) radioaktivitásánál. A felszín alatti vizek hosszú időt töltenek különböző kőzeteket és üledékeket tartalmazó vízzáró rétegek között, amelyekkel kölcsönhatásba lépnek, így a felszínre jutva jelentős mennyiségű oldott radioizotópot hozhatnak magukkal. A vizek "vegyi alkatát", jellegét és radioaktivitását elsősorban a víztároló kőzetek típusa és a hidrológiai ciklussal való kapcsolata határozza meg. A természetben előforduló ^{238}U , ^{232}Th és ^{235}U bomlási sor elemei adják a kőzetek, illetve a velük érintkező felszín alatti ivóvizek radioaktivitásának nagy részét, jóllehet kis mennyiségben tartalmaznak kozmogén izotópokat is. A kőzetek urántartalma, melyet jelentősen befolyásol a kőzetek típusa, igen eltérő lehet a Föld különböző területein. A Ca^{2+} -ion sugara közeli az U^{4+} -ion sugarához, így bizonyos kalciumásványok izomorf módon befogják az urániont. Az uránnak van vízben oldódó vegyülete, míg a tórium és vegyületei egyáltalán nem oldódnak vízben, ezért az utóbbiaknak korlátozott a vándorlása. Az uranilionok szerves (oxálsav, ecetsav, szalicilsav, stb.) és szervetlen savakkal (pl. szénsav) erős komplexképzők. Urándúsulást főleg savas vegyhatású magmás és másodlagos üledékes kőzetekben figyeltek meg (pl. gránit magma, agyag, mészkő, stb.). Az uránásványok valószínűleg későn kristályosodtak ki a vulkanikus kőzetek keletkezésekor, lerakódásuk elsősorban ércek repedéseiben valamint ércfogó regionális törések mentén lehetséges. Ha ezeket redukív hatás éri, akkor a kőzetszemcsék felszínén rádiumsók csapódnak ki. A bomlási sorok elemei a kőzetekben, megfelelő körülmények között, radioaktív egyensúlyban vannak egymással. Legtöbbször azonban megbomlik ez az egyensúly, mivel eltérnek az urán és bomlástermékeinek migrációs folyamatai, továbbá, hogy a bomlások során keletkező radon "megszökhet" a kőzetből. A radioaktív egyensúly megbomlását főleg a ^{226}Ra és nem a ^{238}U migrálása okozza. A rádium atomok és bomlástermékeik atomjai diffúzióval elmozdulhatnak a kőzet feloldása nélkül, és különböző ioncserélő folyamatokban is részt vehetnek. Ezzel szemben az urán és a tórium legtöbbször az ásványok kristályrácsához kötve fordul elő, ezért elmozdulásuk csak az ásvány feloldódása után lehetséges. A fentiekkel magyarázható, hogy sok mélységi ivóvízben a rádium és bomlástermékei jelen vannak, míg az urán és a tórium hiányzik. A rádium többnyire az uránérc lelőhelyeket kíséri, de más kőzetekben is előfordul. A kőzetek rádiumtartalma eltérő, a magmás kőzeteké a legnagyobb, a többi kőzeté ehhez képest kisebb. Néhány kőzet rádium, urán és tórium aktivitáskoncentrációja látható a 1. táblázatban.

1. táblázat

Leggyakrabban előforduló kőzetek rádium, urán és tórium aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

| Kőzet típusa | ^{226}Ra | ^{238}U | ^{232}Th |
|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| vulkanikus | 48 | 48 | 48 |
| homokkő | 26 | 15 | 24 |
| palák | 40 | 15 | 41 |
| mészkő | 16 | 15 | 5 |

A radon levegővel jól elegyedik, apoláros oldószerekben, benzolszármazékokban, zsírokban jobban oldódik, míg vízben kevésbé. A radon (^{222}Rn) nemesgáz lévén nem alkot vegyületeket, így mozgékonyabb, és olyan vizekben is feldúsulhat, melyek nem kerülnek közvetlen kapcsolatba nagyobb aktivitású kőzettel. Azonban toron és aktinon esetén ezt nem mondhatjuk el, mert rövid felezési idejük miatt jelentősebb távolságokra nem jutnak el.

A fentiek alapján nyilvánvaló, hogy a mélységi vizek radioaktivitása szoros összefüggésben van a vizek által átjárt kőzetek anyagával, szerkezetével. A víz radioaktivitását azonban hőmérséklete is befolyásolja. Alacsonyabb hőmérsékletű vizek rádiumtartalma általában kisebb, mint a melegebb vizeké, ugyanis a melegebb vizek több ásványianyagot, s általában velük együtt rádiumsókból is többet tudnak kioldani a mélyben lévő magas hőmérsékletű kőzetekből. Ezzel szemben a termálvizek radonkoncentrációja esetén általában az figyelhető meg, hogy az alacsonyabb hőmérsékletű vizek radonkoncentrációja nagyobb, mint a magasabb hőmérsékletűeké, mert a radon oldékonysága, a Henry-törvénynek megfelelően, a hőmérséklettel csökken, hasonlóan más gázokéhoz. A radontartalom elsősorban a geológiai környezettől függ, a hőmérsékletfüggés fenti tendenciájának érvényesülését csak azonos víztározóból származó hévizek esetén várhatjuk. A föld mélyéről feltörő ivóvizek geológiai, kémiai, fizikai stb. okok miatt természetes radionuklidokat tartalmaznak. Ezek a radionuklidok, a vizek különböző célú felhasználása során a szervezetbe jutnak, és bomlásuk során besugározzák azt, így külön figyelmet érdemelnek. Az ivóvízzel az emberi szervezetbe kerülő radionuklidok közül legfontosabb a radon, amely a gasztro-intesztinális traktus hámszejtjeinek sugárterhelését okozhatja, valamint a *rádium*, amely "csontkereső" és hosszú felezési idejű radionuklid lévén *erősen toxikus*. A sugárvédelem egyik legfontosabb szempontja az emberi szervezetbe való bejutás megelőzése. Rádium esetén az élő szervezetben történő besugárzás kritikus útja a táplálékláncon és az ivóvízen keresztüli bevitel.

Ivóvizek radionuklidtartalmára vonatkozó szabályozások -

Az emberiséget érő ionizáló sugárzás biológiai hatásainak vizsgálata napjainkban is folyik. Újabb kísérletek, epidemiológiai tanulmányok és modellszámolások eredményeinek a fényében újra és újra módosítják a sugáregészségügyi ajánlásokat, és a módosítások tendenciája a felső korlátok csökkentését mutatja. Az egészségügyi világszervezet (WHO) 1993. évi ajánlása szerint az a víz alkalmas emberi fogyasztásra, melynek a fogyasztásából eredő éves dózisterhelés nem haladja meg a 0,1 mSv-et, ami a természetes forrásokból származó átlagos évi sugárterhelés mintegy 5%-a. Az elfogyasztott vizekben a ^{226}Ra , a ^{222}Rn valamint a természetes urán jelentheti azokat az izotópokat, amelyeket a fenti értékelésnél célszerű figyelembe venni. A WHO ajánlás szerinti 0,1 mSv lekötött effektív dózist, napi 2 liter vízfogyasztást alapul véve, 623 mBq/l ^{226}Ra aktivitáskoncentráció meríti ki. Az ajánlás az ivóvizek radontartalmára nem ad határértéket, amit azzal indokol, hogy a vízfogyasztásból eredő sugárterhelés általában elhanyagolható a radon belégzésből eredő sugárterheléséhez képest. Szállítás és tárolás közben a vízben oldott radon jelentős része megszökik, forralással pedig teljesen kiűzhető a vízből. A nagy ^{226}Ra - és ^{222}Rn -tartalmú ivóvizek fogyasztása következtében jelentős belső sugárterhelés érheti elsősorban az emésztőrendszert. A lenyelt ivóvízzel a szervezetbe került radon nagy része eltávozik mielőtt elbomlana, azonban a lenyelést követő egy órában a radon 90%-a a gyomorban található. Tele gyomorban 1,7-szer több radon bomlik el, mint üresben. A **rádium** és **urán** lenyelés után a csontrendszerben, illetve a csontszövet felszínén és egyes belső szervekben akkumulálódnak, ahol a radioizotópok bomlása során keletkező alfa-részecske megnövelheti a 10-15 éves lappangási idő után kialakuló *rosszindulatú daganatok* előfordulásának gyakoriságát.

Nemzetközi egészségügyi és sugárvédelmi szervezetek (WHO, ICRP) ajánlásai alapján egyes nemzetek hatóságai megszabják az ivóvizekben maximálisan megengedhető rádium- és radonkoncentrációt. Az *Egyesült Államokban* az ivóvizek radontartalma nem lehet magasabb, mint 11 Bq/l, *Nagy-Britanniában* ez a korlát 100 Bq/l. A kisgyerekekre nézve potenciálisan nagy sugárterhelése miatt az ivóvízben lévő radon témája az elmúlt öt évben nagy figyelmet kapott *Svédországban*, ahol 1997. július 1-től a következő korlátok léptek életbe az ivóvizek radontartalmára vonatkozóan egy korábbi ajánlás alapján: javasolt felső korlát 100 Bq/l; emberi fogyasztásra alkalmatlan 1000 Bq/l, mely korlátok a lakossági vízszolgáltatókra kötelező érvényűek. *Finnországban* a 300 Bq/l-es felső korlát ivóvizek radontartalmára kötelező érvényű a lakossági vízszolgáltatókra 1993 óta. A *Cseh Köztársaságban* a kötelező felső korlát 50 Bq/l lakossági vízszolgáltatókra és 1000 Bq/l minden fúrott kútból történő vízellátás esetén.

Magyarországon az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet szabályozza az ivóvizek mikrobiológiai, kémiai és indikátor vízminőségi jellemzőit. A rendeletben megtalálható az ivóvizek radioaktivitásására vonatkozó határérték is: a ivóvizek fogyasztásából származó éves dózisterhelés (összes indikatív dózis) nem haladja meg a 0,1 mSv-et. Ez a határérték, valamint a szabályzás összhangban van az Európai Unió Tanácsának az emberi fogyasztásra szolgáló víz minőségéről szóló 98/83/EK irányelve rendelkezéseivel, továbbá a WHO ajánlással.

A lekötött dózis fogalma és az ivóvizek fogyasztásából eredő sugárterhelés -

Lenyeléssel vagy belégzéssel a szervezetbe került radioaktív elem rövidebb-hosszabb ideig, egy része akár évtizedekig is a szervezetben marad, és belső sugárterhelést okoz. Az egyes szervek, szövetek sugárterhelése, s így az effektív dózis is különbözhet a hasonló sugárzási és bomlási paraméterekkel rendelkező radionuklidok esetén attól függően, hogy azok melyik szövetben akkumulálódnak. A lekötött dózis fogalma elsősorban olyan radionuklidoktól eredő sugárhatás jellemzésére használatos, melyek hosszabb ideig, egyes esetekben évekig a szervezetben maradnak. Az élő szervezetbe került radionuklidok bomlása során keletkező sugárzás hatása szöveti szinten a lekötött egyenérték dózissal, az egész szervezet szempontjából pedig a lekötött effektív dózissal jellemezhető. A lekötött egyenérték dózist a következőképpen definiálják:

$$H_T(\tau) = \int_0^{\tau} H_T^{\&}(t) dt, \quad (1)$$

melyben $H_T(\tau)$ a T szövet egyenérték dózisa τ időtartam alatt. Ha a τ nincs külön megadva, akkor az integrálási idő felnőttekre 50 év, gyerekekre pedig 70 év; $H_T^{\&}(t)$ a T szövetre vagy szervre vonatkoztatott egyenérték dózisteljesítmény a felvételt követő t időpontban.

A lekötött egyenérték dózishoz hasonló módon definiálható a lekötött effektív dózis:

$$E(\tau) = \int_0^{\tau} E^{\&}(t) dt, \quad (2)$$

ahol $E^{\&}(t)$ a lekötött effektív dózisteljesítmény t időpontban. Az integrálás időtartama most is 50 év felnőttekre és 70 év gyerekekre, a radionuklid szervezetbe kerülésétől kezdve. A lekötött dózis tehát az egyszer a szervezetbe került radionukliból eredő dózis az egész élettartam, pontosabban 50 illetve 70 év alatt. A többlet sugárterhelés mértékére az irodalomban különböző adatokat közölnek az alkalmazott modellektől függően. Azonban ezek az értékek nem térnek el lényegesen egymástól, így nem követünk el nagy hibát, bármelyiket is használjuk számolásainknál. Számolásaink során a szervezet "lenyelésből" származó belső sugárterhelését az alábbi összefüggés alapján számoltuk [Ka-00]: $E_l = K_l \cdot G \cdot c \cdot \tau$, (3) ahol E_l a lenyelésből származó lekötött effektív dózis (Sv); K_l esetünkben a ^{226}Ra lenyelési dóziskonverziós tényezője (Sv/Bq); G a vizsgált csoport pl. ásványvíz fogyasztása (liter/nap); c a vizsgált ásványvíz aktivitáskoncentrációja (Bq/l); τ a fogyasztás időtartama (nap). Az 1993-ban megjelent WHO ajánlásban, az NRPB (National Radiological Protection Board, UK) által megadott $2,2 \times 10^{-7}$ Sv/Bq érték szerepel a ^{226}Ra dóziskonverziós tényezőjeként, mely nem számol a korcsoportokkal. Ezt az értéket a ^{226}Ra felnőtt szervezetben történő metabolizmusa alapján állapították meg, mivel ez egy egész élettartam alatti dózisbecslésen alapul, melyben viszonylag rövid időtartamot jelent az érzékenyebb gyermekkor. A *rádium* a szervezetben a kalciumhoz hasonlóan viselkedik, "csontkereső" elem. Mivel a gyerekek csontrendszerének fejlődése erősen korfüggő, ezért a különböző korcsoportoknál a szervezetbe került rádium eltérő sugárterhelést eredményez. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 1996-ban magyar fordításban megjelent Biztonsági Szabályzatában (Biztonsági Sorozat No. 115) már a korcsoportok különböző érzékenységét is tükröző dóziskonverziós tényezők szerepelnek:

| | | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|
| < 1 éves gyerekeknél | $4,7 \times 10^{-6}$ Sv/Bq; | 7-12 év között | $8,0 \times 10^{-7}$ Sv/Bq |
| 1-2 év között | $9,6 \times 10^{-7}$ Sv/Bq; | 12-17 év között | $1,5 \times 10^{-6}$ Sv/Bq |
| 2-7 év között | $6,2 \times 10^{-7}$ Sv/Bq; | >17 év | $2,8 \times 10^{-7}$ Sv/Bq |

A gyerekek csontrendszerének fejlődése erősen korfüggő, legintenzívebb egy éves kor alatt és 12-17 éves kor között, a serdülőkorban. Ezekben az időszakokban a gyerekek kalcium metabolizmusa is nagyon intenzív. Mivel a rádium kémiai sajátosságai tekintetében nagyon hasonló a kalciumhoz ezért a csontba beépülő radioizotóp a különböző korcsoportoknál jelentősen eltérő sugárterheléseket eredményez. Ez nyilvánul meg a dóziskonverziós tényezők eltérésében is. Látható, hogy a lenyeléssel a szervezetbe kerülő rádiumra legérzékenyebbek az egy év alatti kisgyerekek és a 12-17 éves serdülők. A szakirodalomban egyelőre nem ismeretesek olyan bizonyított esetek, amikor ivóvízben oldott radon az emberi szervezetbe kerülve egészségi károsodást okozott volna. Több publikációban számoltak be kísérletekről és számításokról, amelyekben a lenyelt radon dóziskonverziós tényezőit határozták meg. A kapott adatok szerint a radon egész testre vonatkozó dóziskonverziós faktora 0,5-4 nSv/Bq tartományban változik.

Hazai palackozott ivóvizek (ásványvizek) rádiumtartalma -

A palackozott ivóvizek fogyasztása világviszonylatban egyre népszerűbb. Ennek oka lehet az egészséges életmódra való törekvés, de egyre inkább jellemző a megfelelő minőségű ivóvíz hiánya, főleg a nagymértékben iparosodott nyugat-európai és az évtizedek óta nagyfokú karsztvíz kitermelést végző mediterrán országokban. Az utóbbi években hazánkban is megfigyelhető az egy főre eső évi palackozott ivóvíz (ásványvíz) fogyasztás jelentős növekedése. Magyarországon jelenleg közel 100 kút és forrás szolgáltat elismert, természetes ásványvizet, melyek közül 45-50 vizét palackozzák. A palackozott ivóvizek (ásványvizek) különböző vízáadó rétegekből és mélységekből erednek, ezért ásványianyag- és természetes radionuklid-tartalmuk tág határok között változik. Egyes ásványvizek esetlegesen magas radionuklid tartalma ellenjavallottá teheti azok rendszeres fogyasztását, ugyanis a növekvő ásványvíz fogyasztás révén a táplálékláncon keresztül egyre több radioizotóp kerülhet a szervezetbe növelve annak sugárterhelését. Amennyiben nagyobb mennyiségben kerül, pl. a legtöbb ásványvízben természetes módon jelenlevő ^{226}Ra a csontokba, megnövekedhet a 10-15 éves lappangási idő után kialakuló rosszindulatú daganatok előfordulásának a gyakorisága.

A sugárvédelem legfontosabb eleme a megelőzés. Segítségével óvakodni lehet attól, hogy nagyobb mennyiségű radionuklid kerüljön a szervezetbe, és ott felhalmozódjon. Ezért lényeges az ivóvíz illetve a táplálék radionuklid tartalmának vizsgálata és a magas radionuklid tartalmú táplálékok kizárása. A következő táblázatban néhány hazai, kereskedelmi forgalomban kapható palackozott ivóvizek (ásványvíz) rádiumtartalma látható.

A szén-dioxiddal különböző mértékben dúsított ásványvizek rádium aktivitáskoncentrációjában szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk, így ezeket nem tekintettük különböző fajtának az eredmények feltüntetésénél.

2. táblázat

Palackozott ivóvizek (ásványvizek) ^{226}Ra -tartalma

| Minta jele | ^{226}Ra -koncentráció [mBq/l] |
|------------|--|
| A | 5 |
| B | 8 |
| C | 7 |
| D | 8 |
| E | 10 |
| F | 12 |
| G | 19 |
| I | 64 |
| J | 111 |
| K | 186 |
| L | 451 |
| M | 1135 |
| N | 2865 |

A vizsgált palackozott ivóvizek (ásványvizek) többségének a rádiumtartalma alacsony értéket mutat. A legtöbb esetben a hazai ivóvizekre jellemző 7-238 mBq/l-es tartományba esik. A nemzetközi irodalmi adatokkal összehasonlítva a hazai palackozott ásványvizek rádiumtartalma átlagosnak mondható, és összemérhető a görög, francia és osztrák palackozott ásványvizekével. A triász kori víztároló rétegekből kitermelt vizek magasabb rádiumtartalma összemérhető a spanyol ásványvizek 60-1860 mBq/l-es tartományba eső rádium aktivitás-koncentrációjával. A vizsgált ásványvizek főbb összetevőit összevetve a minták rádiumtartalmával nem tapasztalható összefüggés egyetlen esetben sem az egyes komponensek és a rádium aktivitáskoncentrációk között. Még a kalcium esetében sem, holott köztudott, hogy a rádium helyettesítheti a kalciumot annak vegyületeiben. Általánosságban elmondható, hogy a magasabb hőmérsékletű vizek rádiumtartalma is magasabb. A fenti mérések is igazolják ezt a megfigyelést, mely szerint a termálvizeknek magasabb a rádiumtartalma, mint a többinek, mivel a melegebb vizek több rádiumsót tudnak kioldani azokból a kőzetekből, amelyekkel érintkeznek.

Sugáregészségügyi értékelés -

A vizsgált palackozott ivóvizek (ásványvizek) kereskedelmi forgalomban kapható, mindenki számára elérhető termékek. A 100 mBq/l-t meghaladó rádiumtartalmú ásványvizek fogyasztása esetén, évi 500 literes fogyasztást feltételezve, éves sugárterhelést számoltunk a pár oldallal ezelőtt megadott dóziskonverziós tényezők felhasználásával, különböző korcsoportokra. Az eredmények a 4. táblázatban láthatók.

A kapott eredményekből látható, hogy napi 1,37 liter ásványvízfogyasztást figyelembe véve, ami a lakosság nagy részére nézve egy felül becsült fogyasztás, az L, M, N jelű ásványvizek esetén szinte minden korosztály esetén a WHO ajánlás szerinti 0,1 mSv-es értéket meghaladó effektív sugárterhelést kapunk. Különösen a 7-12 és 12-17 éves korosztály esetén kapunk kiugró értékeket. Ha az ásványvíz fogyasztása nem is jellemző a 17 év alatti korosztályokra, üdítőitalokat viszont rendszeresen fogyasztanak, melyek egy részét ezen ásványvizek felhasználásával készítik. A lakosság természetes forrásokból eredő átlagos évi sugárterhelése 2,4 mSv-nek becsülhető, így ezen ivóvíz fogyasztásából származó sugárterhelés jelentős növekedést eredményez.

A vizsgált ásványvizek közül az M és N jelű nem felel meg az ivóvizekre vonatkozó WHO ajánlásnak kiemelkedően magas rádiumtartalma miatt.

3. táblázat

Évi 500 liter ásványvíz fogyasztása esetén különböző korcsoportoknál fellépő éves effektív dózis

| Ásványvíz | ²²⁶ Ra (mBq/l) | Éves sugárterhelés (mSv) Korcsoportonként | | | |
|-----------|------------------------------|--|---------|----------|---------|
| | | 2-7 év | 7-12 év | 12-17 év | Felnőtt |
| J | 111 | 0,034 | 0,044 | 0,083 | 0,016 |
| K | 186 | 0,042 | 0,074 | 0,139 | 0,026 |
| L | 451 | 0,139 | 0,18 | 0,338 | 0,063 |
| M | 1135 | 0,352 | 0,454 | 0,835 | 0,159 |
| N | 2865 | 0,888 | 1,146 | 2,214 | 0,401 |

Meg kell említenünk, hogy 2001 júniusában az N jelű ásványvíz rádiumtartalmának vizsgálata meg lett ismételve. Ekkor a mérések során kapott rádium aktivitáskoncentráció értéke 32 mBq/l volt, ami a hazai ivóvizek rádiumtartalmának megfelelő tartományba esik. Egészségünk védelmének érdekében a terméket forgalmazó vállalat 2001-ben rádium mentesítési eljárást vezetett be az ásványvíz palackozása során, annak magas rádiumtartalma miatt.