

XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Kolozsvár, 2015

Cigarettafüst belégzéséből származó reális sugárterhelés becslése

Témavezető tanár:

dr. Begy Róbert

egyetemi adjunktus,
Babeş-Bolyai Tudományegyetem,
Kolozsvár, Környezettudomány Kar

Szerzők:

Veimberger-Pálfi Noémi,

Babeş-Bolyai Tudományegyetem

Környezettudomány Kar

Környezetmérnöki szak, II. évfolyam

Kolcsár Helga,

Babeş-Bolyai Tudományegyetem

Környezettudomány Kar

Környezettudományok szak, II. évfolyam

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
Bevezető.....	3
A radioaktivitás a természetben.....	3
A polónium.....	4
Eredete az atmoszférában.....	4
Eredete a növényekben, a dohányban.....	4
A mérés folyamata.....	5
Eredmények.....	7
Passzív dohányosokat érintő dózis mennyiség mérése.....	9
Eredmények.....	10
A dohányzás és a tüdőrák.....	11
A Po-210 lerakódása a légutakban.....	12
Következtetések.....	13
Felhasznált irodalom.....	14

Bevezető

A Po-210, mint radioaktív tényező nagyban hozzájárul más, ismert tüdőt károsító anyagok mellett a rák kialakulásához és a tüdő egyéb krónikus megbetegedéseihez az aktívan dohányzók körében. A kutatás célja a polónium meghatározása úgy a dohányból, mint a cigaretta egyéb részeiből, például a füstszűrő és a papír, valamint a dózis reális becslése érdekében ugyanazon méréseket elvégeztük a már elszívott cigaretta szűrőjén és a keletkezett hamun. Hogy egy átfogó képet kapjunk a reális sugárterhelésről, számításba vettük a passzív dohányzókat érintő tényezőket, így elvégeztünk egy levegőanalízist egy aktív és passzív dohányosok által egyaránt igénybe vett helységben. A vizsgált mintákat kémiai roncsolás és forráskészítés után egy félvezetős alfaspektrométer segítségével analizáltuk és eredményeink kiértékelését követően sikerült felbecsülnünk egy reális sugárterhelést és ennek lehetséges hatásait az emberi szervezetre nézve. Azonban ahhoz, hogy mindezen eredmények érthetőek legyenek, előbb le kell tisztázzuk a témát érintő alapfogalmakat.

A radioaktivitás a természetben

Környezetünkben fellelhetőek olyan atommagok, melyek spontán több részre szakadhatnak, tehát instabilak. Ez a folyamat a radioaktív bomlás, melynek egységét Becquerel-nek (Bq) nevezzük. Az atommagok alkotó elemei, a nukleonok (azaz a protonok és neutronok) és a közöttük jelen levő kölcsönhatások határozzák meg a radioaktív bomlást, mely többféleképpen mehet végbe. Ez alapján elkülöníthető egymástól az alfa-, beta-, gamma bomlás. A bomlás és az általa kibocsátott sugárzás összetartozó jelenségek, melyek azonos elnevezéssel rendelkeznek. ⁽¹⁾

A természetes sugárzás két részből tevődik össze: a nagy energiájú kozmikus sugárzás, mely az atmoszférán keresztül az űrből jön, valamint a terasztriális sugárzás, mely eredete a földkéreg és mindenhol megtalálható környezetünkben, még az emberi szervezetben is. Ezek összessége az úgynevezett háttérsugárzás, melynek világtátlaga 2.4 mSv/év. ⁽²⁾

Az alfa (α) –bomlás során az atommag belsejében hélium atommagok keletkeznek, melyeket más néven α -részecskékként említünk. Ezen képződmények igen stabilak, pozitív töltésűek, 2 protonból és 2 neutronból állnak. ⁽³⁾ Az alfa-részecskék feltérképezése során majdnem minden esetben arra alapozunk, hogy ezek az anyagban ionizációt hoznak létre.

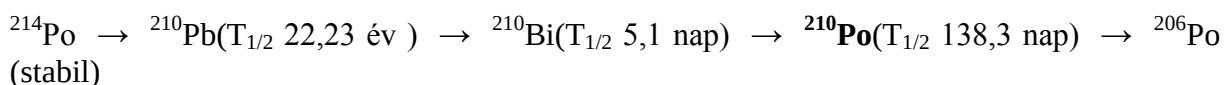
Kísérletünk során mi is erre a tényre támaszkodtunk, miközben a dohány és cigaretta összetételében található polónium mennyiséget mértük és ennek szervezetbe kerülésének következményeit vizsgáltuk.

A polónium

A Po-210, mint α sugárzó anyag, gyakori eleme a földi környezetnek és nagyban hozzájárul az emberi testet érő háttérsugárzáshoz. Az Urán-238 bomlási sorának egyik eleme. A poloniumot Marie Skłodowska Curie és férje, Pierre fedezték fel 1898-ban, kémiai módszerrel kivonva az uránszurokérből. Az addig ismeretlen radioaktív anyag nevét Marie szülőországáról, Lengyelországról (Polonia) kapta. ⁽⁴⁾

Eredete az atmoszférában

A Radon-222 az U-238-ból ered, annak bomlása során keletkezik és a Föld kérgéből feldiffundál előbb a talajba, majd az atmoszférába, ahol a magassággal haladva koncentrációja egyre nő. Felezési ideje 3,82 nap. Az atmoszférában egy sor rövid életű leányelemet hoz létre, például a Po-218(3,10 perc felezési idő), a Pb-214(26,8 perc felezési idő), vagy a Po-214(164,3 μ s felezési idő). Ezek a leányelemek hozzátapadhatnak különböző aeroszolokhoz. Ezen aeroszolok száraz, vagy nedves kihullásával a radioaktív elemek eléri a földfelszínt. A Po-210 pedig a következőképpen alakul ki a földfelszínen, a már említett Po-214-ből kiindulva:



Eredete a növényekben, a dohányban

Mérések alapján a Po-210 tartózkodási ideje 15 és 75 nap között változik, az átlag érték 26 ± 3 nap. A radioaktív anyagok felhalmozódása a növényekben helyenként változik. A növényvilág azonban direkt lerakódás útján is fel tudja halmozni ezen radioaktív anyagokat, nem feltétlenül szükséges felszívniuk a talajból. A Po-210 felelős a legnagyobb mennyiségben a szabadon élő növények radioaktív anyag tartalmáért. A polonium a Rn-222

leányelemeinek az atmoszférából való direkt kihullásának következménye, általában csapadék formájában. Már az 1960-as években kimutatták, hogy a növényekben található radioaktív anyag 80%-a származik a Po-210-től. ⁽⁵⁾

A talajból kiszivárgó Rn-222 és leányelemei aeroszolon tapadva, a légkörből kihullva a dohánylevelek alsó és felső részein található ragadós, gyanta tartalmú, hajszálvékony szőröcskékre tapadnak. Ezen leányelemeket, főleg a Po-210-t és a Pb-210-t, nem tudja lemosni az eső, valamint nem lehet eltávolítani a dohánygyártás preparációs eljárásai során sem, hiszen ezen szőröcskék, melyekbe beágyazódnak, beragadnak, gyanta tartalmuk miatt vízállóak. A másik forrása a dohány radioaktivitásának a talajból felvett elemekből ered. ⁽⁶⁾ A fő alfa-kibocsájtó elem a dohányban a Po-210 ($T_{1/2} = 138.4$ nap), mely még ezen kívül a fő forrása a belső alfa-sugárzás dózisanak az emberi testben.

Egy lengyel kutatócsoport megmérte a dohányban, az egész növényben a polónium tartalmát. A levelekben volt megtalálható a Po-210 tartalom 87,1%-a, a többi része a gyökerekben, a szárban és a virágban. Tovább taglalva a kísérletet, felfigyeltek arra, hogy a polónium 66%-a az idősebb, nagyobb levelekben volt, a fiatal hajtásokban csupán az anyag 1.8%-a volt fellelhető. Ez arra a következtetésre vezet minket, hogy a Po-210 nagy része az atmoszférából való közvetlen nedves, vagy száraz kihullásnak a következménye, tehát a dohány radioaktív anyagának fő forrása a levegőből kihulló radioaktív anyagok, mivel a gyökér által a hajtásokba szállított polónium mennyisége elhanyagolható. ⁽⁷⁾

A mérés folyamata

Kísérletünk során 5 Romániában forgalmazott cigaretta aktivitás-koncentrációját tanulmányoztuk, külön mérve a cigaretta elszívása után a fennmaradó hamuban, a cigaretta szűrőjében, valamint a passzív dohányosokra való tekintettel, egy a passzív és aktív dohányosok által egyaránt kedvelt szórakozóhelyen vizsgáltuk a levegőben fellelhető Po-210 koncentrációját.

Első lépésként a cigarettában található dohányt egy Erlenmeyer-lombikba helyeztük, a dohánymintához 0,5 ml 100 mBq/ml aktivitás-koncentrációjú Po-209 nyomjelzőt adtunk hozzá. Ezt követően 20 ml tömény HNO_3 -at töltöttünk rá, melyet folyamatos melegítés mellett kevergettük és majdnem szárazra pároltuk. A folyamatot megismételtük még két alkalommal. Ugyan ezt az eljárást alkalmaztuk a későbbiekben 37%-os HCl esetében is, a

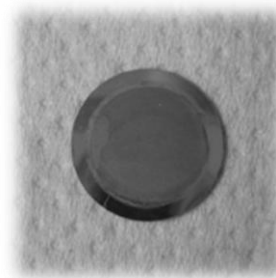
folyamatot megismételve háromszor. A savas roncsolások befejeztével néhány csepp (2-3 csepp) 30%-os H_2O_2 -dal maratjuk a még jelen levő szerves anyagokat. Majd 3*20 ml ionmentes tiszta vízzel (desztillált víz) is bepároljuk. Hogy a további mérésekhez egy megfelelő oldatot kapjunk, a majdnem teljesen bepárlódott mintát állólombikba öntöttük, és feltöltöttük ultra tiszta vízzel a jelig. A méréshez a 100 ml-es törzsoldatból csak 50 ml szükséges felhasználni, így az esetleges hibák felmerülése esetén két forrás is készíthető.

A forráskészítéshez egy 18,5 mm átmérőjű magas nikkel tartalmú inox korongot használunk, melyet felhasználása előtt tisztítanunk kell: első lépésként etil alkohollal mossuk le, majd a mosást megismételjük háromszor egy moláros HCl oldattal.

A törzsoldatok pH értéke 0,5-1 közötti intervallumban kell elhelyezkedjen, amennyiben az oldatunk túl savas pH értékét NaOH segítségével stabilizáljuk. Az inox korongot az oldatba helyezzük, majd a Fe^{3+} zavaró ionok redukálása érdekében körülbelül 100 mg aszkorbinsavat adunk hozzá. A Berzelius poharat a kemencébe helyezzük, melyet 82°C-on 3 órán keresztül tárolunk ott. Az idő lejártával az inox korongról leöntjük a törzsoldatot, desztillált vízzel lemossuk, majd megszáritjuk. Így elkészül a forrásunk.



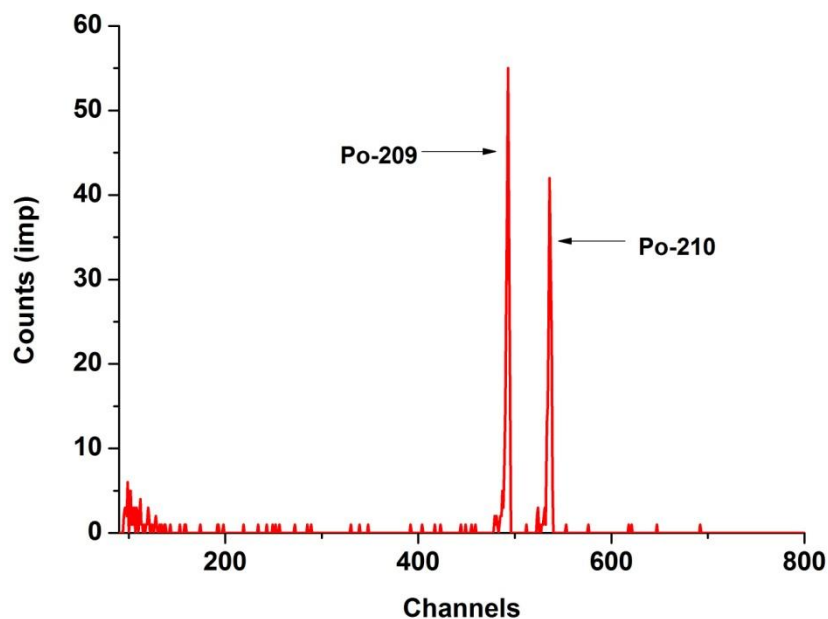
1.ábra A minták savas lebontás közben



2.ábra A használt fémkorong

A berendezés mellyel a méréseket végeztük ORTEC SOLOIST alfa kamra, mely egy ORTEC APEC 927 típusú sokcsatornás analízerral van ellátva. A mérések általánosan 80000 másodpercig tartottak, a kapott eredményeket a Maestro 32-es szoftverrel elemeztük ki.

Ezzel a mérési módszerrel dolgoztunk az elszívott dohányból visszamaradott hamu, valamint a szűrő esetében is.



3.ábra A Po-210 spektruma

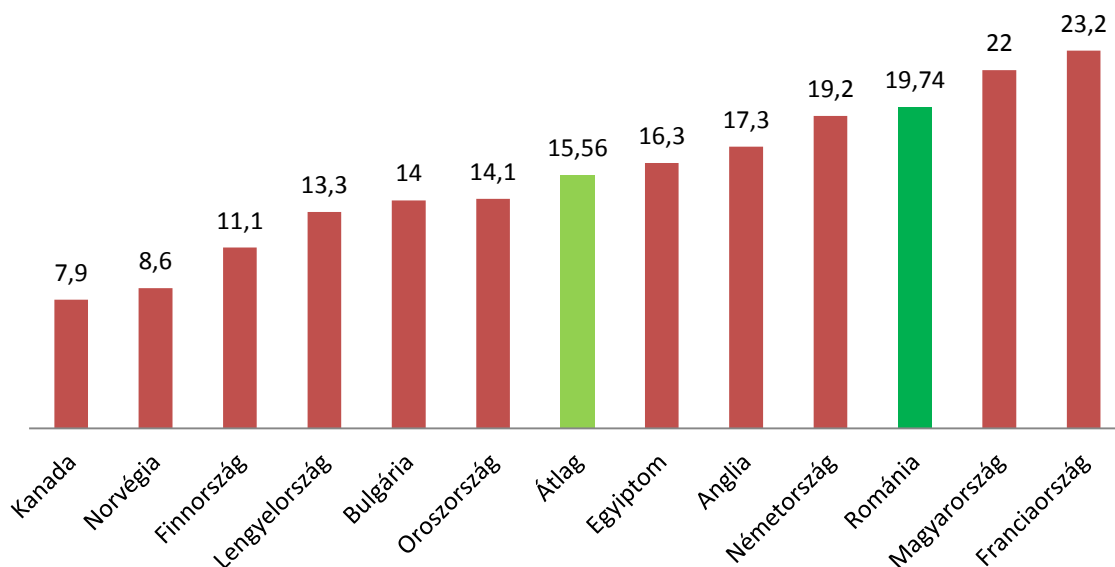
Eredményeink:

1. táblázat Po-210 aktivitása

Minta	1 szál átlag tömege [g]	Dohány aktivitása [mBq/g]	Dohány aktivitása [mBq/szál]	Filter aktivitása elszívása után [mBq/g]	Hamuban mért aktivitás [mBq/g]	Tüdőbe jutó Po- 210 aktivitása [mBq/g]
C1	0,77	26 ± 3	20 ± 3	7 ± 2	13	6 ± 3
C2	0,87	28 ± 3	24 ± 3	9 ± 2	10	9 ± 3
C3	0,87	22 ± 2	19 ± 2	9 ± 2	10	3 ± 2
C4	0,93	25 ± 3	23 ± 3	8 ± 3		
C5	0,99	12 ± 2	11 ± 2	13 ± 2		

A mérések alapján kiszámoltuk a Romániára vonatkozó átlag aktivitás-értéket egy szálra, amely 19,74mBq/szál lett. Ezen kívül, még a rendelkezésünkre álló adatok alapján ^(7, 8, 9, 10, 11, 12) 12 ország mérési eredményeivel és ezek átlagos értékével hasonlítottuk össze a Romániában mért átlag aktivitást a következő ábrán:

Átlagos Po-210 aktivitás-koncentráció (mBq/szál)



4. ábra Átlagos Po-210 aktivitás-koncentráció (mBq/szál)

A kapott eredményekből a következő képlet alapján effektív dózist számoltunk:

$$E = K_h \times c \times F \times G \times \tau$$

ahol E – a belélegzett radionuklidtól származó lekötött effektív dózis [Sv]

K_h – az inhalációs dózistényező, ami esetünkben a Po-210-re $4,3 \times 10^{-6}$ [Sv/Bq] ⁽¹³⁾

c – aktivitás-koncentráció [Bq/szál]

F – redukciós tényező, esetünkben 0,1 ⁽¹³⁾

G – fogyasztás [szál/nap]

τ – fogyasztás időtartama [nap]

A fogyasztás mennyiségénél a magyarországi statisztikai adatokat használtuk fel, melyek szerint egy átlagos magyar dohányos napi 16 szál cigarettát szív el.⁽¹⁴⁾ A fogyasztási időtartamra 1 évet vettünk. Eredményeink alapján a rendszeres dohányzásból származó évi effektív dózis értéke 0,029 és 0,061 mSv/év értékek közé esik, valamint az átlagérték 0,049 mSv/év, ami a Magyarországon mért értékek alatt található, hiszen ott ez az átlagérték 0,18 mSv/év.⁽¹⁵⁾

Passzív dohányosokat érintő dózis mennyiség mérése:

Méréseinket két aktív- és passzív dohányosok által egyaránt kedvelt és látogatott szórakozóhelyen végeztük két különböző pumpa segítségével. Első esetben Alpha Pump típusú pumpával, 60 µm pórusméretű papírszűrő segítségével végeztük 5 óra hosszat. A pumpa kapacitása fél l/perc. Második esetben Leland Legacy SKC típusú pumpával, melynek kapacitása 7 l/perc, 25 µm pórusméretű szűrővel dolgoztunk, 2 alkalommal 3 órán keresztül. Az emberi tüdő kapacitása fél liter/ lélegzetvétel, valamint egy perc alatt 16 alkalommal veszünk levegőt, tehát percenként 8 liter levegő kerül a tüdőnkbe. Fontos megjegyeznünk, hogy méréseinket az esti órákban, a szórakozóhelyek csúcsforgalmi idejében végeztük.

A mérés befejeztével a szűrőpapírok lebontását valamint az eredmények kiértékelését a fent említett módszerrel végeztük.



5. ábra Alpha Pump típusú pumpa



6. ábra Leland Legacy SKC típusú pumpa

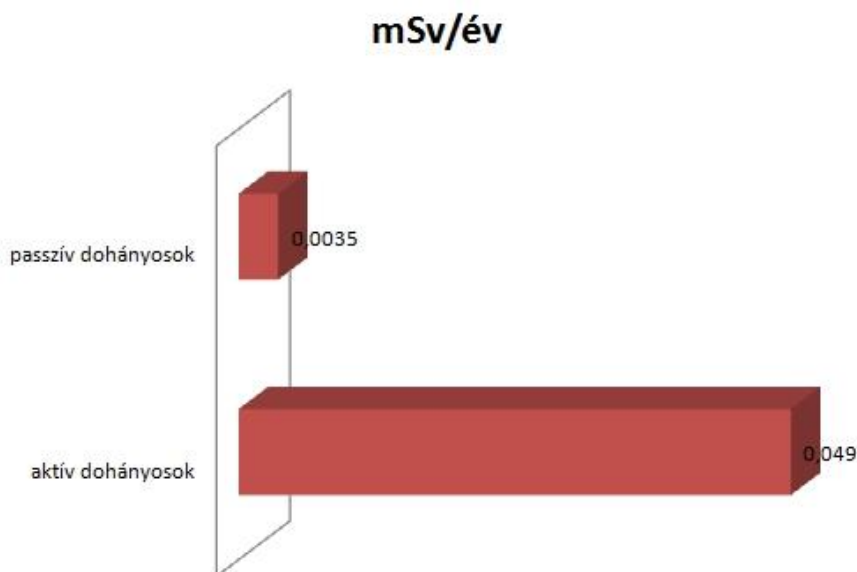
Eredményeink:

2. táblázat Mérési eredmények

Mérés	A szűrő aktivitása 3 óra pumpálás után [mBq/g]	A szűrő aktivitása 5 óra pumpálás után [mBq/g]	Pumpa kapacitása [l/perc]	Levegő aktivitása [mBq/l]
1	-	9±2	½	0,06
2	88 ± 2	148±2	7	0,07
3	91±3	154±3	7	0,073

A kettes táblázatban feltüntettük a kapott eredményeket, melyeknél a szűrőpapírok aktivitásainak eltérései szembetűnőek, azonban reálisak. Figyelembe kell vennünk azt, hogy az első mérésnél használt pumpa kapacitása csupán fél liter percenként, pórusmérete is nagy, 600µm. Ezzel szemben a második és harmadik mérésnél használt műszer kapacitása már jóval több, 7 liter/perc, ez már jól megközelíti az emberi tüdő teljesítményét, amit már említettünk fennebb, 8l/perc, valamint a szűrő pórusmérete is sokkal kisebb, mindössze 25µm, így egyértelmű, hogy a mérni kívánt alfa-részecskék jobban képesek megtapadni rajta. A szűrők eltérő aktivitásai ellenére számításaink során megközelítőleg azonos aktivitást kaptunk 1 literre vonatkoztatva, amit a fenti táblázatban is ábrázoltunk. Erre egy átlagot számolva 0,067 mBq/liter értéket kapunk egy literre. Ez azt jelenti, tudva, hogy az ember 8 liter levegőt juttat percenként a tüdejébe, hogy egy 5 órás tartózkodás egy szórakozóhelyen hozzávetőlegesen 161 mBq terhelést jelent a tüdőnek. Ez majdnem felér azzal, mintha elszívánk egy fél doboz cigarettát.

Amennyiben egy olyan esetet veszünk, ahol egy személy minden héten egyszer elmegy egy ilyen szórakozóhelyre és 5 óra hosszan ott tartózkodik, akkor egy év alatt 8,37 Bq aktivitású anyag kerül a szervezetébe, ellenben aki minden nap elszív 16 szál cigarettát, annál ez az érték 115,28 mBq. Ha ezeket az adatokat átszámítjuk mSv-be, akkor az aktív dohányosokra számítva a már fent említett 0,049 mSv/évet kapjuk, míg a passzív dohányosokra 0,0035 mSv/évet, mely az előző értéknél mintegy 14-szer kisebb, viszont ez is egy plusz terhelés.



7. ábra Dózis becslése

A dohányzás és a tüdőrák:

Napjainkban a tüdőrák a leggyakoribb rákos megbetegedés a férfiak körében, valamint a mellrákos megbetegedés után a második legelterjedtebb a nők körében is. Romániában évente több mint 10.000 új megbetegedést regisztrálnak, valamint az onkológiai betegek egyharmadánál fent áll a veszély a tüdőrák spontán kialakulására. A dohányzó és nem dohányzó populáció közül, nyilván a dohányzókat és a már leszokott dohányzókat érinti nagyobb kockázat, a felmérések szerint több mint 90%-a a nyilvántartott betegeknek már dohányzott vagy dohányzik. Ezzel ellentétben egy másik statisztikai vizsgálat kimutatta, hogy a dohányzók populációjából mindössze 15-20%-nál fejlődik ki a betegség, mivel a rákos megbetegedés kialakulását számtalan más tényező is befolyásolja.

A dohányfüstben fellelhető karcinogén tényezők közül az egyik legveszélyesebb a polónium, ennek felezési ideje 138 nap, hatását a tüdőben lerakodott alfa részecskék által fejti ki. A legjelentősebb polónium forrás a dohányban a műtrágyák használata, ezáltal a polifoszfátok jelenléte, melyek Radon-222-t (Ra-222) tartalmaznak. ⁽⁴⁾

A Po-210 lerakódása a légutakban

A polóniumot tartalmazó részecskék belélegzése ennek lerakódását eredményezi a légutakban valamint a tüdő felszínén. Egy adott időintervallum alatt lerakodott Po-210 mennyiség nagyban függ az aeroszolk aerodinamikai tulajdonságaitól, a légzés fizikai jellemzőitől valamint a légutak geometriájától. A tüdő felületén való megtapadás során, a tüdőszövetek alfa részecskék által sugárzást szenvednek. A belélegzés során és a folyamat végezetével, az oldódó Po-210 teljes mennyisége vagy ennek egy része bejuthat a vérkeringésbe. Az oldhatatlan Po-210 részecskék a tüdőben felszívódnak a biológiai felezési idővel azonos időintervallum alatt, azaz 18-35 nap leforgásával. ⁽⁴⁾

Következtetések

Mérésink útján egy átfogó képet kaptunk 5, Romániában forgalmazott népszerű cigaretta Po-210 aktivitás-koncentrációjáról. Ennek átlag értéke egy szála nézve 19,74mBq, melyet összehasonlítva 12 ország mért adataival és ezeknek átlag értékével, mely 15,56 mBq/szál, kimutattuk, hogy bár az átlag fölött helyezkedünk el, mégsem foglaljuk el az utolsó helyet ebben a rangsorban. Egy gramm dohány átlag koncentrációja 23 ± 3 mBq, melyből felbontva a filter aktivitása elszívás után 9 ± 2 mBq, a hamuban mért aktivitás 11 ± 3 mBq, valamint a tüdőbe kerülő részecskék aktivitása 6 ± 3 mBq. Becsléseink alapján a rendszeres dohányzásból származó évi effektív dózis átlag értéke 0,049 mSv/év, ez megközelítőleg megegyezik annak a sugárterhelés felével, amit bőrünk kap egy mellkasröntgen során. Bár ez az érték meglehetősen kicsinek tűnhet, tudnunk kell, hogy a tüdőszövet folyamatos roncsolása már ekkora dózisoknál is jelentős. Valamint fontos kihangsúlyoznunk azt is, hogy a belső sugárterhelés lényegesen kockázatosabb, mint a szervezetet kívülről érő sugárterhelés.

A passzív dohányzók esetében, bár két különböző típusú és pórusméretű pumpával mértük a levegő aktivitását egy passzív és aktív dohányzók által egyaránt kedvelt szórakozhelyen, eredményeink hozzávetőlegesen megegyezők, miszerint 1 literre vonatkoztatva az aktivitás átlag értéke 0,067 mBq/liter. Tudva azt, hogy az emberi tüdő kapacitása 8 liter/perc, a minket érintő percenkénti terhelés értéke 0,536 mBq. Ez annyit jelent, hogy egy 5 órás tartózkodás során egy ilyen szórakozóhelyen tüdők 161 mBq terhelésnek van kitéve, ez az érték megközelítőleg felér azzal, mintha elszívnánk egy fél csomag cigarettát.

Bár a kapott értékeink elhanyagolhatónak tűnhetnek, mégis fontos megemlítenünk és tájékoztatást nyújtanunk mindarról, hogy minden plusz terhelés jelentősen hozzájárul a tüdő szöveteinek folyamatos roncsolódásához.

Felhasznált irodalom:

1. Kanyár B., Béres Cs., Somlai J., Szabó S.A., 2004: Radioökológia és környezeti sugárvédelem, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém
2. UNSCEAR, 2000: Source and effects of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York (www.unscear.org)
3. Jánossy L. szerk., 1963: Atommag Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest
4. C. Cosma, T. Dicu, A. Dinu, Begy R.CS., 2009: Radonul si cancerul pulmonar, Editura Quantum
5. Bertil R.R. Persson, Elis Holm, 2011: Journal of Environmental Radioactivity 102 (2011) 420-429, Polonium-210 and Lead-210 in the Terrestrial environment: A historical review. (www.elsevier.com/locate/jenvrad)
6. H.S. Karagueuzian, Ph.D., C. White, MLS., J. Sayre, Ph.D., A. Norman, Ph.D., 2012: Cigarette Smoke Radioactivity and Lung Cancer Risk, Oxford Journals, Nicotine & Tobacco Research, Volume 14, Number 1 (January 2012), 79-90
7. B.Skwarzec, D I. Struminska, J.Ulatowski, M. Golebiowski, 2001: Determination and distribution of ²¹⁰Po in tobacco plants from Poland, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 250, No. 2 (2001), 319-322
8. Black, S.C., Brethauer, E.W., 1968: Polonium-210 in tobacco, Radiological Health Data and Report, March, 145-152
9. Mussealo-Rauhammaa, H., Jaakkola, T., 1985: Pu-239, Pu-240 and Po-210 content of tobacco and cigarette smoke. Health Physics 49 2, 296-301
10. Parfenov, Yu. D., 1974: Po-210 in the environment and in the human organism. Atomic Energy Review 12, 75-143
11. Khater, A.E.M., 2004: Polonium-210 budget in cigarettes, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 71, Issue 1, Pages 33-41
12. Kovács T., Somlai J., Nagy K., Szeiler G., 2007: Po-210 and Pb-210 concentration of cigarettes traded in Hungary and their estimated dose contribution due to smoking, Radiation measurements 42, 1737-1741
13. UNSCEAR, 1993, Report (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation): Source and effects of ionizing radiation, United Nations, New York
14. OLEF, Országos Egészségmonitorozási Program, 2001: Gyorsjelentés az országos lakossági egészségfelmérésről, Magyar Gallup Intézet, Budapest

15. Bodrogi E., Labancz Sz., Kovács T., Somlai J., 2005: Magyarországon forgalmazott cigaretták ^{210}Po és ^{210}Pb koncentrációja és a fogyasztásukból származó sugárterhelés becslése, Egészségtudomány, 49, 118-125