

Sigara İçenler / Tütün Kullananlar Ciğerlerine Doğal Radyoaktif Polonyumu da Çektiklerini Biliyorlar mı?

Yüksel Atakan, Dr.Radyasyon Fizikçisi

Giriş

Eski Rus casusu Alexander Litvinenko'nun 2006 yılında, kahvesine gizlice katılan çok az miktarda (miligram kadar) radyoaktif polonyum (Po 210) maddesiyle öldürüldüğünü tüm dünya duymuştu/1/. Çok kuvvetli bir öldürücü olan polonyum 210 az miktarda tütün dumanında da bulunuyor. Tütündeki doğal radyoaktif polonyumun, tütün kullananların kanser riskini artırdığı çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuş olmasına rağmen, tütündeki diğer zehirli maddelerin bilinmesine ve açıklanmasına karşın, radyoaktif polonyumun üzerinde durulmamış, açıklanmamış ya da gizlenmiştir. Halbuki polonyum 210, kuvvetli bir zehir olarak bilinen radyoaktif plütonyum 239'dan tam 72600 kat daha zehirlidir ve 0,1 mikro gramı (1 gramın on milyonda biri) akciğerlere girdiğinde tam 65000 mSievvert'lik bir öldürücü doz oluşturuyor. Doğadan aldığımız yıllık ortalama radyasyon dozu olan 2,4 mSv ile karşılaştırılırsa çok kısa bir sürede öldüren bu aşırı dozun büyüklüğü anlaşılır.

Polonyum 210 doğal radyoizotopu nereden geliyor?

Herçeşit toprakta kilogram başına ortalama olarak 500 Becquerel (Bq) düzeyinde doğal radyoaktif madde bulunuyor. En önemlileri : potasyum 40, Uranyum 238 ve ondan da ara ürünler sonucu türeyen radyum 226 ve ayrıca toryum 232 dizisindeki radyoizotoplarıdır (Bkz.Kavramlar ve birimler). Doğal radyoaktif maddeler topraktan bitkilere az da olsa geçiyor. 'Uranyum 238 – Radyum' dizisinde kurşun 210 (Pb 210)'dan, ara atom çekirdeklerinden sonra, oluşan 138 gün yarılanma süreli Po 210 da tütünde az miktarda bulunuyor. Tütün dumanında bulunan radyoaktif madde miktarlarının ölçümü ve bunların vücutta oluşturdukları radyasyon dozlarıyla ilgili olarak çeşitli ülkelerde ve ülkemizde de bilimsel çalışmalar yapılıyor ve yayımlanıyor (Bkz./2..15/).



Polonyum 210 ve diğer doğal radyoizotoplar tütün yapraklarına nasıl giriyor?

1. Hava taneciklerindeki (aerosollar) doğal radyoaktif maddeler yağışlarla yeryüzüne inerken tütün yapraklarının ince tüylerinde tutunup, zenginleşmesiyle,
- 2.Toprağa, yağışlarla ve ayrıca içinde uranyum bulunan kalsiyum fosfatlı gübrelerle ulaşan doğal radyoaktif maddeli taneciklerin, tütün bitkisi köklerinden, tütün yapraklarına taşınmasıyla.

Tütündeki radyoaktivite, radyasyon dozu ve kanser riski ne kadar?

Yapılan bilimsel araştırmalar, sigara yanarken oluşan 600 ile 800 °C sıcaklıkta Kurşun 210, Bizmut 210 ve Polonyum 210 radyoaktif maddelerinin tümüyle buharlaştıklarını ve bunların %50-75 arasında içe çekilen dumanla akciğerlere ulaştığını gösteriyor (Kabaca filtrede %5'i ve sigara külünde de gerisi kalıyor) /3/. Akciğerlerde radyoaktif maddelerin birikmesi homojen olmayıp bazı noktalarda (hot spots) yoğunlaşma oluyor ve buralarda çok yüksek miktarda radyasyon dozu oluşabiliyor.

Tütünün cinsi ve yetiştirildiği bölgeye bağlı olarak çeşitli ülkelerde yapılan ölçümlerde farklı radyoaktivite miktarları bulunuyor. Örneğin İsviçre kaynaklı bir yayında şu değerler açıklanıyor /6/: Tek bir sigara başına 1,5 ile 15 mili Becquerel (mBq) Po 210 ve 2 ile 25 mBq arasında da Pb 210 (kurşun) radyoaktiviteleri hesaplanıyor (mBq: mili Bequerel, yazının sonundaki kavram ve birimlere bkz). Sigara küllerinde yapılan

ölçümler ise, sigaranın cinsine göre, her gram külün ortalama olarak 1-20 mBq Po 210 ve kabaca bir o kadar da kurşun 210 (Pb 210) radyoaktivitesi bulunduğunu gösteriyor/7/. Türkiye’de farklı sigara tütünlerinde yapılan ölçümlerde Kurşun 210 (Pb 210) ortalama değeri olarak 25 Bq/kg açıklanıyor , bu çalışmada Po 210 değerleri yer almıyor/5/.

Akciğerlere çekilen tütün dumanı ve kanser ilişkisiyle ilgili ABD’deki bir değerlendirme /7/

1930’da ABD’de erkekler arasında çok seyrek görülen akciğer kanseri (yılda 100.000 kişi başına 4 kişi), 1980’de sigara içiminin % 20 azalmasına rağmen, çeşitli kanser ölümlerinin en üst sırasına yükseldiği belirleniyor (yılda 100.000’de 72 kişi). Bunun başlıca nedeni, geçen bu süre içinde gitgide artan oranlarda fosfatlı gübrelerin kullanılmasıyla Amerikan tütünündeki polonyum 210 miktarının, 3 kat artması. Tütün ekenlerin kullandıkları kalsiyum fosfatlı gübrelerde bulunan doğal uranyum’un (U 238) radyoaktif bozunumuyla bir dizi radyoizotopun yanı sıra Po 210’un oluşması ve radyoaktif maddelerin sigara dumanıyla birlikte ciğerlere ulaşmasıdır. Sigara içindeki kanser yapan kimyasal maddelerin birçoğunun sigara filtresinde tutulabilmesine karşın, bunlar tutulamıyor. Bu nedenle sigara tiryakilerinin ciğerlerindeki radyoaktif madde derişimi, evlerdeki radon derişiminden çok daha yüksek. ABD’de günde 2 paket sigara içen bir tiryakinin akciğerlerindeki radyoaktif maddelerin yaydıkları alfa ışınları yoluyla, yılda alacağı radyasyon dozu 13 mSv’lik aşırı bir değerde bulunmuş. Buna karşın, o bölgedeki bir kişinin, evlerin havasındaki doğal radon’dan yılda aldığı ortalama doz 2 mSv . Günde 10 tek sigara içimiyle alınan doz, kabaca, evlerin havasındaki radon gazının solunumundan oluşacak radyasyon dozuna eşdeğer. Polonyum çözünür olduğundan tüm doku ve hücrelere ulaşmakta, bunlar, sigara içenlerin kan ve idrarlarında ölçülüp kanıtlanabilmekte. Polonyum 210’un genetik hasar yaptığı, karaciğer, idrar yolları kanseri, kan kanseri ve kalp hastalıklarına neden olduğu saptanmış . Günde iki paket sigara içimi sonucu polonyum 210 radyoaktivitesi nedeniyle akciğerlerde oluşabilecek radyasyon dozunun, doğal radyasyon kaynaklarından alınan dozdan en azından yedi kat daha çok olabileceğini ve ciğerlerde bazı noktalarda bu dozun 10 Sv gibi çok yüksek bir değere ulaşabileceğini vurguluyor /8,9/.

Tütün yaprakları kurutulurken



Konunun bilimsel ayrıntılarıyla ilgilenenler için:

Tütün dumanının solunumuyla vücuda girmesiyle oluşacak radyasyon dozu ve kanser riskiyle ilgili hesaplamada bir üst yaklaşım

İsviçre kaynaklı bir yayında, tek sigara başına vücudun aldığı **ortalama etkin radyasyon dozunun** 1,2 mikro Sievert dolayında olabileceği yer alıyor. **Akciğerlerin aldığı radyasyon dozu** ise bu değer 10 katından daha çok olup tek sigara başına 14,5 mikro Sievert kadar. Günde bir paket sigara içen orta derecede tiryaki bir kişi için 'Yıllık Etkin Doz' : 20 Sigara/gün x 365 gün/yıl x 1,2 = 8.800 mikro Sievert= 8,8 mSv ve 'Yıllık Akciğer Dozu' olarak da 20 Sigara/gün x 365 gün/yıl x 14,5 = 106 mSv kadar yüksek bir değer bulunuyor.

Sigara sonucu vücutta oluşan yıllık etkin doz 8,8 mSv, deniz düzeyindeki bir yerleşim yerindeki doğal¹ radyasyon dozunun neredeyse 4 katına yakın (8,8/2,4 = 3,7). Doğal radyasyon dozuna ek olarak, yapay kaynaklardan halk için izin verilen üst sınır değer ise kişi başına yılda 1 mSv .

Almanya'da akciğer kanserinin % 80-90 kadarının sigaradan ve bunun yarısının da yukarda açıklanan tütündeki radyoaktiviteden kaynaklandığı kabul ediliyor.

20 milyon sigara tiryakisinin herbirinin günde 20 adet sigara içtiği ve bunların kansere yakalanma riskinin 1 Sievert'lik doz başına % 0,85 olduğu kabul edilerek:

20 milyon kişi x 0,0085 x 0,106 = 18.000 kişinin akciğer kanserinden ölümü hesaplanıyor.

Almanya'da her yıl 40.000 kişi akciğer kanserine yakalanmakta. Bunların %90'ının yukarda belirtildiği gibi sigaradan kaynaklandığı kabul ediliyor : 36.000 kişi.

Bunun yarısının da nedeninin sigaradaki radyoaktif maddeler sonucu olduğu kabul edildiğinden, bulunan 18.000 kişi yukardaki sayıya tıpatıp uymaktadır /2/.

Yunanistan'da, 15 farklı yerden toplanan tütün yapraklarının kurutulup ölçülmesiyle yapılan kapsamlı bir bilimsel araştırmada tütündeki Radyum 226, Ra 228, Kurşun 210 (Pb 210) miktarları ölçülüp, bunların oluşturabileceği yıllık etkin radyasyon dozlar hesaplanmış ve sonuçta toplam olarak 0,25 mSv/yıl ortalama radyasyon doz değeri bulunmuştur. Macar tütünlerinde yapılan bir araştırmada, günde 1 paket sigara içimiyle yılda vücutta oluşabilecek etkin dozun Po 210 için 0,18 mSv ve Pb 210 için ise 0,06 mSv kadar olabileceği açıklanıyor /11/.

Japonya'da tütünlerde yapılan ölçümlerde Po 210 radyoaktivitesi için ortalama olarak kg başına 15 Bq değeri bulunmuş. Bunun %50 oranında tütün dumanına geçtiği arta kalanının kül ve filtrede kaldığı ve günde bir paket sigara içen bir kişinin akciğerlerine, günde 24 mBq ve yılda 8,8 Bq girdiği belirlenmiş. Bu değerleri kullanarak akciğer kanseri ölüm riski olarak milyonda 18 bulunmuş /10/.

Brezilya'da tütünde yapılan ölçümlerde Po 210 ve Pb 210 radyoaktivitelerinin ortalama olarak kg'da 20 Bq kadar olduğu ve alınan yıllık dozun 0,16 mSv kadar olacağı açıklanıyor /11/. Arjantin'de ise Po 210 radyoaktivitesinin kg başına 10 ile 80 Bq arasında olduğu ve bunun sonucu alınacak akciğer dozunun yılda 0,075 ile 0,6 mSv arasında olabileceği hesaplanmış /13/. Mısır'da, 1 paket sigara için ortalama olarak Po 210 ve Pb 210'nun her birinden 123 Bq'lık radyoaktivitenin akciğerlere ulaşacağı ve bunlardan oluşacak yıllık radyasyon dozlarının sırasıyla 0,193 ve 0,25 mSv olabileceği hesaplanmış/14/.

Tütün tiryakilerinin vücutlarında ve akciğerlerinde oluşacak radyasyon dozu ve akciğer kanserinden ölüm riski için yaklaşımımız:

Günde ortalama 1,5 paket (30 adet) sigara içen bir kişi için tütündeki Polonyum 210 radyoaktivitesinin ortalama 30 Bq/kg olduğu ve tek bir sigarada 1 gram tütün bulunduğu, tütün dumanındaki Po 210'nun %75'inin akciğerlere çekildiği varsayıldığında ve Polonyum 210 için doz katsayıları akciğerler için $2,6 \times 10^{-5}$ Sv/Bq ve tüm vücut için $3,9 \times 10^{-6}$ Sv/Bq alındığında aşağıdaki değerler bulunur.

Akciğerlerin yılda etkileneceği radyasyon dozu:

$$30 \text{ Bq}/1000 \text{ g} \times 30 \text{ adet/gün} \times 1 \text{ g/adet} \times 365 \text{ gün/yıl} \times 0,75 \times 2,6 \times 10^{-5} \text{ Sv/Bq} = 6,4 \text{ mSv/yıl}$$

Tüm vücudun etkileneceği radyasyon dozu ise, aynı hesaplama ile, doz katsayısı tüm vücut için $3,9 \times 10^{-6}$ Sv/Bq alındığına yaklaşık olarak 1 mSv/yıl bulunur.

Doğal Polonyum 210'nun kanserden ölüm riskine katkısı ne kadar olabilir?

Türkiye'de sigara / tütün kullanma oranı %36 olarak kestiriliyor. Buradan 80 milyon nüfusun kabaca 30 milyonunun tiryaki olduğu ve akciğerler için risk katsayısının %0,85 /Sv, tüm vücut etkin dozu için risk katsayısının %5/Sv olduğu kabul edilerek, kanserden ölüm riskine Polonyum 210'nun katkısı:

Akciğer kanserinden ölümlere Po 210'nun katkısı:

$$30 \times 10^6 \text{ kişi} \times 6,4 \text{ mSv} \times \%0,85 / 1000 \text{ mSv} = 1632 \text{ kişi/yıl}$$

Tüm vücut için oluşan etkin doz nedeniyle ise bu katkı:

$$30 \times 10^6 \text{ kişi} \times 1 \text{ mSv} \times \%5 / 1000 \text{ mSv} = 15 \text{ kişi/yıl}$$

Sigara tiryakileri için vücutta oluşan yukarıdaki yaklaşık hesaplama ile bulunan yıllık etkin doz 1 mSv, doğal radon gazıyla alınan doz kadar olup, bu değer doğal radyasyon dozuna ek olarak, yapay kaynaklardan halk için izin verilen üst sınır değerle de aynıdır. Polonyum 210'un yukarıda hesaplanan doz ve kanser riskinin, dumanındaki diğer radyoaktif maddeler ve kimyasalların katkısıyla, çok yükseleceği açıktır.

Türkiye'de kanser sayılarıyla ilgili istatistikler tam tutulmadığından kestirimler yapılıyor. Örneğin her yıl tütün nedeniyle çeşitli kanserlerden ölümlerin 35.000 kişi kadar olduğu, bunlardan 25.000'nin akciğer kanseri sonucu olabileceği açıklanıyor /16/. Tütündeki polonyum 210 ve diğer radyoaktif maddelerin etkileri ise kanser araştırmalarıyla ilgili yayınlarda yer almıyor.

Sonuç olarak Türkiye'deki 25.000 kanserden ölümlerin içinde, yukarıdaki hesaplamamıza göre 1632 kişinin, Po 210'un etkisiyle kansere yakalanıp öldükleri kestirilebilir. Ya da sadece Po 210 radyoaktivitesi, akciğer kanseri ölümlerini % 6,5 kadar artırıyor denebilir.

Önlemler, Öneriler, Sonuçlar

Tütün endüstrisi yaptığı bilimsel araştırmalarla, tütünün sigara olarak işlenmesinden önce yaprakların yıkanmasıyla, yüzeydeki polonyumun büyük miktarda giderileceğini ve ayrıca gen teknolojisiyle tüylü yaprakların, tüysüz, kaygan duruma getirilerek yağmurda polonyumun yıkanmasının sağlanabileceğini kendi laboratuvarlarında belirlemiş olmasına rağmen, tütündeki diğer zararlı maddelerin yanı sıra bir de radyoaktiviteyle halkın huzurunu daha fazla kaçırmamak ve sigara üretiminde ek giderler oluşturmamak için hiç bir önlem almamıştır /7/.

Sigara üreticilerinin yaptırdığı araştırmalara göre Po 210'un tütünden arındırılmasıyla ilgili yöntemlerden önemlileri şunlardır (birkaç yöntem birlikte de uygulanabilir):

-Tütüne bazı kimyasallar eklenerek Po 210'un külde kalmasını, dumana karışmamasını sağlamak

-Uranyumu daha az olan gübreler kullanmak

-Tütün yapraklarını harmandan sonra yıkamak

-Polonyumu iyon değiştiricilerle elemek

-Tütün bitkisini genetik olarak değiştirmek, yaprakları tüysüzleştirip kayganlaştırmak ve böylece kurşun 210'un tüycüklere tutunarak Po 210 üretmesini engellemek

ABD'de yapılan bu araştırmadan çıkan sonuçlar göz önüne alınarak Türkiye'de de benzer yasa ve yönetmeliklerin çıkarılması, Türkiye'deki sigara üreticilerinin gerekli önlemleri alması toplum sağlığını korumak yönünden önemli.

Çeşitli ülke ve yörelerdeki tütünlerle ilgili ölçüm değerleri nden farklı sonuçların çıkarılması doğaldır. Yapılan ölçümler ve mBq olarak bulunan günlük ortalama düşük değerler, hücrelerin onarım mekanizması göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Bu ise, incelediğimiz hiç bir çalışmada göz önüne alınmamış ve günlük aktivite değerlerinden yıllık toplam aktivite değerleri 365 ile çarpılarak hesaplanmıştır. Böylelikle bulunan

toplam radyasyon dozu ve bunun oluşturacağı kanser riski, hücrelerin onarım mekanizması hesaba katılmadığından, çok hatalı olabilir.

Önemli olan, bu çeşit ortalama değerlerden çok, tütün dumanının özellikle akciğerlerin bazı noktalarında (hot spots) aşırı Po 210 ve diğer doğal radyoaktif maddelerin birikimiyle çok yüksek dozlarla buralarda tümörlerin oluşabilmesidir. Bunların akciğerlerin neresinde ve ne büyüklükte olacağı ise önceden belirlenemez. Po 210, özgül aktivitesi çok yüksek (plütonyumun 72.600 katı) radyolojik bir zehirdir (Aşağıdaki Kavram ve Birimlere bkz). **Bu nedenle Po 210'un tütünden arındırılması çok önemlidir.** Öte yandan sigara / tütün kullananların, akciğerlerinin, bilinen bir çok zararlı kimyasal maddelerin yanı sıra, radyoaktif maddelerle de, özellikle polonyum 210'dan yayınlanan alfa radyasyonu ile ısıtılarak, bronşların bazı noktalarında kanser oluşturacağını düşünmeleri, kendilerinin sağlığı için, yararlı olabilir.

Radyoaktif maddelerle ilgili kavram ve birimler (Ayrıntılarıyla ilgilenenler için):

Radyoaktif madde, radyoizotop /2/: Radyasyon (ya da ışıın) saçan maddelere radyoaktif maddeler, radyoizotoplar diyoruz (örneğin Po 210, Ra 226 gibi)

Radyoaktif bozunma: Bir radyoaktif atom çekirdeğinin radyasyon (alfa ya da beta , gama ışıınları) yayınlayarak başka bir atom çekirdeğine dönüşmesi (bkz. Şekil).

Yarılma Süresi: Bir radyoaktif madde miktarının yarıya inme süresi. Fiziksel yarılma süresi, **138,4 gün** olan Po 210'un biyolojik yarılma süresi (vücuttan yarısının atılana kadar geçen süre): 50 gün.

Radyoaktivite Birimi Becquerel (Bq): Saniyede 1 atom çekirdeği gösteren madde miktarı

Radyasyon Enerji doz birimi Gray(Gy) ve Eşdeğer Doz birimi Sievert(Sv) :

Gray: 1 kg'lık maddede soğurulan enerji miktarı : 1 Joule/kg, Gama ve betalar için Sv=Gy;

Sievert vücut için çok büyük olduğundan bunun binde biri olan **miliSievert (mSv)** kullanılıyor.

Polonyum 210'un özgül aktivitesi: $1,67 \times 10^{14}$ Bq/g (0,1 mikro gramı= $1,67 \times 10^7$ Bq)

(Çok zehirli olarak bilinen Pu 239'un özgül aktivitesi ise : $2,3 \times 10^9$ Bq/g,

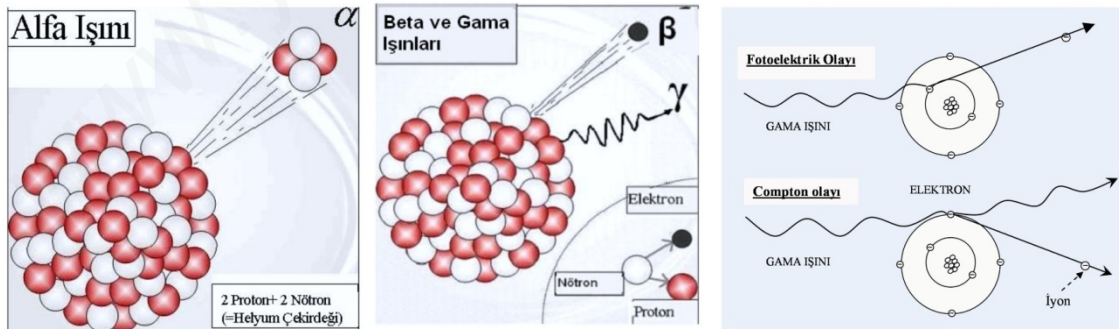
Polonyum 210'un özgül aktivitesi, Plütonyum 239'dan 72 600 kat daha fazla)

Polonyum 210'un (solunum için) tüm vücut etkin doz katsayısı:

$3,9 \times 10^{-6}$ Sv/Bq; Akciğerler için: $2,6 \times 10^{-5}$ Sv/Bq

Polonyum 210'un 0,1 mikro gramı vücuda solunum yoluyla alındığında :

$1,67 \times 10^7$ Bq x $3,9 \times 10^{-6}$ Sv/Bq = **65 Sv** gibi çok yüksek, öldürücü bir doz oluşturuyor.



Şekillerde radyoaktif maddelerden yayınlanan alfa, beta ve gama ışıınlarıyla, bunların maddeyi geçerken başka atomların elektronlarını sökmeleri (iyonizasyon) gösteriliyor.

Kaynaklar

- /1/ <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2017/03/LITVINENKO-NEDEN-Po-210-ILE-OLDURULDU-MART-17.pdf&iframe>
- /2/ *Radyasyon ve Sağlığımız? kitabı Nobel yayınları, 2014, Yüksel Atakan*
https://www.nobelkitap.com/kitap_113005_radyasyon-ve-sagligimiz.html
- /3/ C. Papastefanou, "Radioactivity in tobacco leaves, Journal of Environmental Radioactivity, 5367-73, 2001
- /4/ B.Demir, M. Okutan, "Radyoaktif sigara: Onkoloji Dergisi 29 (1), 27-31, 2014
- /5/ Yusuf Ağuş, Sigara tütününün doğal ve yapay radyoaktivitesinin belirlenmesi, SAÜ Fen Bilimleri dergisi, 20. Cilt, 3.Sayı, 2016
- /6/ <http://rauchstopzentrum.ch/>
- /7/ Brianna R., "Radioactive Smoke", Scientific American, Ocak 2011.
- /8/ Radford, E.P., and Hunt, V.R, Science 143 (1964)
- /9/ M.S.Santos et al. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol 182-Nr.1, July 1994
- /10/ T.Karalı et.al. Appl.Rad.Isot.Vol 47 No.4 1996
- /11/ Takizawa, Y; Zhang, L; Zhao, L. ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in tobacco- with a special focus on estimating the doses to man. *J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles* 1994, 182, 119–125.
- /12/ Peres, AC; Hiromoto, G. Evaluation of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in cigarette tobacco produced in Brazil. *J. Environ. Radioactivity* 2002, 62, 115–119.
- /13/ Colangelo, CH; Huguet, MR; Palacios, MA; Oliveira, AA. Levels of ²¹⁰Po in some beverages and in tobacco. *J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett* 1992, 166, 195–202.
- /14/ Khater, AE. Polonium-210 budget in cigarettes. *J. Environ. Radioactivity* 2004, 71, 33–41.
- /15/ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135044870700306X>
- /16/ https://tr.wikipedia.org/wiki/Akci%C4%9Fer_kanseri