

Uçaklarda aldığımız kozmik radyasyon dozu ve sağlığımız?

Yüksel Atakan, Dr. Radyasyon Fizikçisi, Almanya / ybatakan3@gmail.com

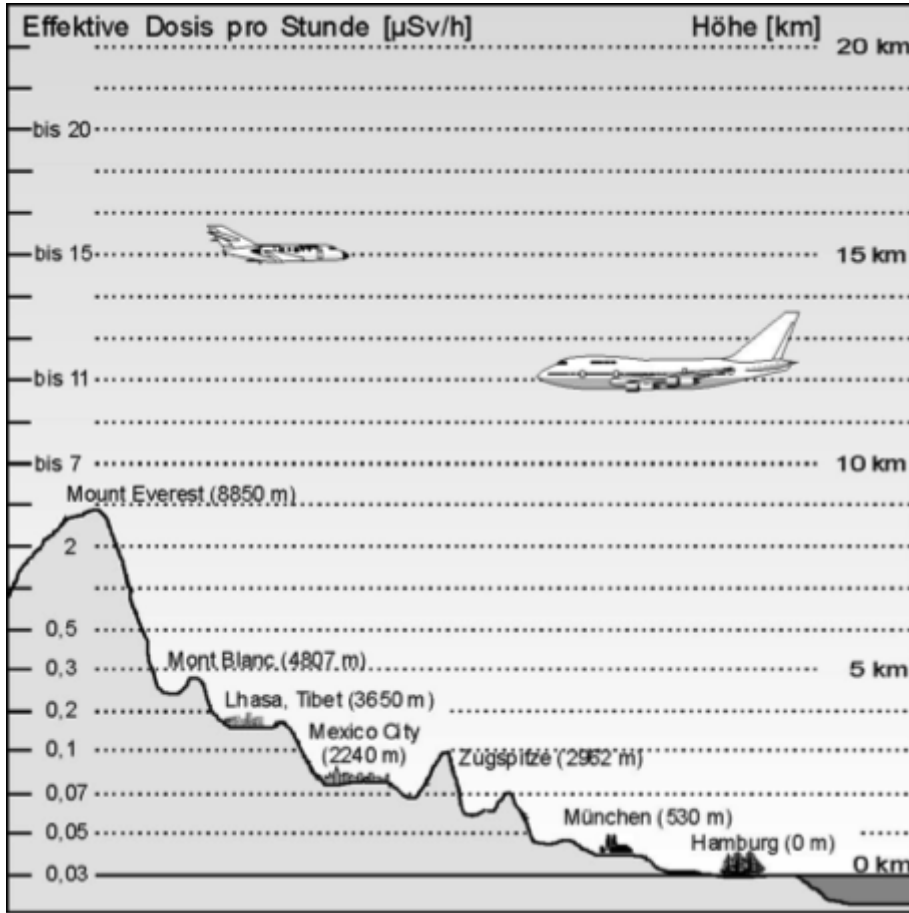


Uçaklarla gitgide daha çok yolcu taşınıyor. Dünyada 2017 yılında uçaklarla 4,1 milyar yolcu taşınmış /1/. Yüksek enerjili taneciklerden oluşan kozmik radyasyon (ışınlar), uzaydan dünyaya doğru yol alırken, atmosfer tabakalarındaki taneciklerle çarpışarak azar azar enerjilerini yitiriyor ve şiddetleri de (ya da akıları) azalıyor. Kozmik radyasyonu, özellikle Ekvator Bölgesi'nde dünyanın manyetik alanı saptırarak özellikle 0-30 enlemlerinde etkisini oldukça azaltıyor. Kutuplara doğru gidildikçe, manyetik alan azaldığından, kozmik radyasyon saptırılamıyor ve oralarda etkisi artıyor.

Uçaklarla uçtuğumuz yüksekliklerde kozmik radyasyonun şiddeti fazla olduğundan, vücudumuza etkilerinin de daha fazla olacağı beklenir.

Aşağıdaki Şekil 1, kozmik radyasyon dozunun yükseklikle arttığını gösteriyor/2/.

Saatte MikroSievert(μSv)¹ olarak 'etkin doz hızı' deniz seviyesinde sadece 0,03 iken, bu değer uçaklarla uçtuğumuz 10-12 km yükseklikte yaklaşık olarak 8 μSv 'e ya da deniz seviyesindeki 260 katına yükseldiği görülüyor.



Şekil 1: Yükseklikle (km) artan etkin kozmik radyasyon doz hızı (µSv/h) örneğin deniz kıyısındaki Hamburg'da çok az iken, dağlık bölgelerde ve uçakların uçtuğu yüksekliklerde çok daha fazla /2/.

Kozmik ışınlar (Kozmik radyasyon)

Fizikçiler, kozmik ışınları, ilk kez laboratuvar çalışmaları sırasında, elektrik yüklü cisimlerin, elektrik yüklerini azar azar yitirmelerinin nedenini araştırırken fark etti. Önce, etkinin yerkabuğundaki doğal radyoaktif maddelerden kaynaklandığını sandılar. Sonunda, Avusturyalı fizikçi Victor Hess 1912 yılında bir balona binip, elektroskopunun göstergesini gözledi ve balonla yükseldiçe, elektriksel yükün gitgide azaldığını izledi. Öyleyse göklerden, uzaydan gizli bir şey gelip havayı iyonluyor ve elektroskoptaki yükler bu nedenle gitgide azalıyor sonucuna vardı ki bu gizli etkene 'kozmetik ışınlar' dendi (Sonradan bilimsel ayrıntılarını yayınladığı araştırması ve bu buluşu nedeniyle Hess 1936'da Nobel ödülü aldı).

1950'lerde fizikçiler 'kozmetik ışınlar'ın, ışık taneciklerinden (fotonlardan), elektromanyetik dalgalardan oluşmadığını, aslında bunların çok büyük hızlardaki çoğunlukla protonlardan ve az miktarda da daha ağır parçacıklardan oluşan sürekli bir 'iyon akımı'² olduğunu belirledi. Buna rağmen, eskiden takılan 'kozmetik ışınlar' adı doğru olmasa da kaldı. Güneş sistemimizin çok ötesinde uzayın derinliklerinden sürekli olarak dünyamıza gelmekte olan bu 'çok hızlı' ve dolayısıyla 'çok yüksek enerjili' protonlar, iyonlar, havada yolları boyunca geçmeleri gereken yoğun hava tabakalarının molekülleri frenliyor, çarptıkları atomlardan, sayıları çığ gibi artan mezonları ve daha birçok girici ikincil parçacıkları üretip atmosferde ve yeryüzünde bizleri etkiliyorlar ki bunların başında yerin derinliklerine kadar girebilen müonlar geliyor. Kozmik ışınlar,

yer kabuğunun yapısındaki doğal radyasyonlar ve nükleer santral kaynaklı radyasyonlarla temelde aynı iyonlaştırıcı radyasyonlar olup, bunlar insan vücudunda, hücre, molekül ve atomlarda değişiklik yaparak hasara neden olabiliyorlar. Düşük dozlarda kanser olasılığı az olmakla birlikte, çok seyrek olarak DNA'da kırılmalar da olabiliyor /3/.

Uçaklarda kozmik radyasyondan alınan doz ne kadar?

Dozun büyüklüğü:

- Uçuş yüksekliğine
- Uçuş süresine
- Güneşteki tepkimelere (etkinliğe)
- İzlenen uçuş yolunun coğrafi (geomanyetik) enlemine bağlı olarak değişiyor.

Dünyanın manyetik alanı, elektrik yüklü kozmik tanecikleri (radyasyonu) daha bunlar atmosfere girmeden saptırıyor. Bu sapma en etkin Ekvator Bölgesi'nde oluyor. 30 derece kuzey ve güney enlemlerine kadar manyetik alan çizgileri yaklaşık olarak dünya yüzeyine paralel gidiyor ve kozmik radyasyonun ancak aşırı enerjideki bir bölümü atmosfere girebiliyor. Geomanyetik kutuplar, dünyanın coğrafi kutuplarınının 1600 km kadar dışında olduğundan, dünyanın 60 derece enlemiyle kutuplar arasındaki atmosfer korunmadığından bu bölgelerde kozmik radyasyonun etkisi en fazla oluyor ve 60° kuzey enleminde, ekvatordakininin 2-3 katı olan en yüksek değerine ulaşıyor /2/. Doz, Güney Yarımküre'de ise kuzeye oranla 2-3 kat daha az. Çok seyrek olmasına rağmen güneşteki aktivitelerin aşırı değerlere ulaştığı zamanlarda radyasyon dozu iyice arttığı için radyasyon fizikçileri hatta böyle zamanlarda uçuş yasağı getirilmesi gerektiğini ileri sürüyorlar. Örneğin güneşteki aktivitelerin çok aşırı olduğu 1957'de 12.000 m yükseklikte çok aşırı bir değer olan saatte 10 mSv ve 1989'da da saatte 0,1 mSv ölçülmüştür /3/.

İş için gidip gelirken uçaklarda alınabilecek doz?

İş gezileri nedeniyle birçok kişi yılda 240 saat kadar zamanını uçaklarda geçiriyor.

Bu sürede bir kişinin alabileceği toplam doz, her ne kadar o kişinin dünyanın neresinden neresine uçtuğuna bağlı olmakla birlikte, kabaca $0,008 \times 240 = 1,92$ mSv olarak kestirilebilir.

Tatile gidip gelirken uçaklarda alınabilecek doz?

Alınabilecek kozmik radyasyon dozu, dünyanın neresinden neresine gidildiğine bağlı olarak değişim gösteriyor. Örneğin aşağıda görünen Çizelge 1'de, Frankfurt'tan çeşitli kentlere uçuşlarda alınabilecek kozmik dozun değişim aralıkları görülüyor (Frankfurt yerine İstanbul ya da Ankara için de bu doz aralıkları geçerli olabilir)*.

Kalkış	Variş	Doz aralığı* [μSv]
Frankfurt	Roma	3 - 6
Frankfurt	Gran Canaria	10 - 18
Frankfurt	Rio de Janeiro	17 - 30
Frankfurt	Johannesburg	18 - 30
Frankfurt	Singapur	28 - 50
Frankfurt	New York	32 - 80
Frankfurt	San Francisco	45 - 110

*Büyük doz değişim aralığı, güneş aktivitelerindeki ve uçuş yüksekliğindeki değişimler sonucudur.

Uçak personelinin alabileceği doz?

Pilot ve hosteslerin genellikle ayda 80 saat ve yılda 10 ay görev yaptıkları düşünüldüğünde, kabaca bir hesaplamayla alabilecekleri doz: $800 \text{ saat} \times 0,008 = 6,4 \text{ mSv}$. Bu doz maksimum doz olarak kabul edilebilir. (Almanya'da radyasyon dozimetleriyle ölçülen ortalama değer yılda erkek personel için $2,9 \text{ mSv}$).

Uçak personeli için AB ve Almanya'da durum /2,3/

Avrupa Birliği (AB) Yönetmeliklerine göre yılda 1 mSv 'lik dozun aşılabileceği uçak personeli için, vücut dozunun 'doz ölçerleriyle' belirlenmesi ve değerlendirilip gerektiğinde önlemler alınması zorunlu. Uçak personeli de aynı nükleer reaktör personeli ya da röntgen aygıtlarıyla çalışan tıp doktorları gibi 'radyasyonla çalışanlar' grubunda denetleniyorlar, radyasyonun vücuda etkileri konusunda eğitiliyorlar ve bu nedenle onlar için de yılda 20 mSv 'lik doz sınır değeri geçerli oluyor. AB Ülkelerinde uçak personelinin aldığı dozun ilgili yönetmelikler uygulanarak ölçülmesi ve uygun bilgisayar programlarıyla hesaplanıp değerlendirilerek yetkili kurumlara bildirilmesi zorunlu.

2003'den beri Almanya kayıtlı tüm uçaklardaki (hat, charter, nakliye ve askeri) personelin aldıkları kozmik radyasyon dozları uçaklara konan radyasyon ölçerleriyle (dozimetrelerle) ve ilgili doz hesaplama programlarıyla aylık değerler olarak hesaplanıp kaydediliyor.

Almanya'da 2004-2009 arasındaki 6 yılda uçak personeli %23 artarak 36 600 kişiye ulaştı /3/. Bu sürede personelin aldığı kolektif radyasyon dozu da %48 artarak 86 kişi Sv'e yükseldi. Ortalama yıllık doz ise 2009'da $2,35 \text{ mSv}$ idi... Erkek uçak personelinde bu ortalama doz $2,9 \text{ mSv}$ ile en fazlaydı... 2009'daki güneş aktivitesinin azlığı nedeniyle, kozmik ışınlar atmosfere daha fazla girdiklerinden uçak personelinin aldıkları doz da daha fazla oldu.

Almanya’da uçak personeli, nükleer santrallerde çalışanlar dahil tüm iyonlaştırıcı ışınlarla uğraşan personel içinde, en çok doz alan grup. 2009’deki en yüksek ortalama değer 2,9 mSv olmasına karşın, bu değer, radyasyonla çalışanlar için olan yılda 20 mSv’lik üst sınır değerinin çok altında kalıyor. Öte yandan sadece kozmik ışınların etkisiyle alınan bu doz, deniz düzeyindeki yeryüzü doğal radyoaktivitesiyle birlikte toplam 2,4 mSv’lik yıllık doğal doz ortalama değeriyle karşılaştırıldığında, uçak personelinin, doğal radyasyondan alınan 1-10 mSv’lik doz değişim aralığında kalıyor.

Öte yandan Almanya’da Münih GSF-Enstitüsünde yapılan ve bu amaçla özel olarak geliştirilmiş EPCARD bilgisayar programıyla yapılan hesaplamalara göre 11 km yükseklikteki Avrupa içi uçuşlarda, uçuş başına bir kişinin aldığı radyasyon dozunun 0,010 mSv’in altında kaldığı, Güney Afrika ve Güney Amerika için 0,040 mSv’den daha az ve Avrupa-ABD arası uçuşlar için ise 0,050 ile 0,080 mSv arasında olduğu belirlenmiş /4/. Sonuç olarak, uçak yolculuklarında kozmik ışınlardan alınan doz ve bundan doğabilecek risk de, sürekli olarak almakta olduğumuz ‘Doğal Radyasyon dozu’ ve teknolojik yaşamın getirdiği bir dizi diğer radyasyon dozlarıyla (röntgen filmi, MR çekimi sırasında alınan doz gibi) aynı çerçevede görülüp değerlendirilmeli, ilgili yönetmelikler uygulanmalı, akla uygun olmayan aşırı önlemler alınmamalı.

Türkiye’de uçak personelinin aldığı dozların ölçümleriyle ve bunların kişisel kayıtlarıyla ilgili herhangi bir yayın bulunmadığından, durumu burada açıklayamıyoruz.

Uçaklarda alınan kozmik radyasyon dozu sağlığımızı etkiliyor mu?

Aslında hepimiz başlangıçtan beri, içinde kozmik radyasyonun da bulunduğu doğal radyasyonlarla birlikte yaşıyoruz.

Çizelge 2, kozmik ışınların ve yeryüzündeki doğal radyoaktif maddelerden kaynaklanan radyasyonların etkisiyle insan vücudunda oluşan radyasyon dozlarının dünya ortalamalarıyla, değişim aralıklarını gösteriyor. (UNSCEAR 2000 yılı Bilimsel Raporundan)³

Doğadan sürekli olarak almakta olduğumuz radyasyon dozları: Doğal Radyasyon Kaynağı	Etkin doz (mSv/yıl)* Dünya Ortalamaları	Değişim aralığı (mSv/yıl)*
DIŞTAN IŞINLANMA		
Kozmik ışınlar	0,4	0,3 – 1,0
Yerel gama ışınları	0,5	0,3 – 0,6
İÇTEN IŞINLANMA		
Solunum (çokçası Radon)	0,3 - 1,0	0,2 – 10
Sindirim	0,3 - 0,6	0,2 – 0,8
TOPLAM	2,4	1 – 10

Çizelge 2'den görüldüğü gibi 2,4 mSv'lik yıllık ortalama radyasyon dozu, 1 ile 10 mSv arasında büyük bir değişim gösteriyor ve ortalama dozun yarısı, yeryüzündeki radyoaktif maddelerin (Uranyum ve Toryum'un) bir radyoaktif bozunum ürünü olan **radon gazından** kaynaklanıyor. Kozmik ışınlar da, özellikle yüksek yerleşim yerlerinde oturanlarda ve uçak yolculuklarında daha fazla radyasyon dozu oluşturuyor ve bunun da değişim aralığının büyük olduğu Şekil 1'den ve Çizelge 2'den görülüyor. Uçakla yapılan gezilerde alınacak kozmik radyasyon dozu, genellikle tek bir röntgen filmi çektilmesinde alınan doz kadardır. Öte yandan bu değer, örneğin tıpta, bir bilgisayarlı tomografisinde röntgen ışınlarından alınan doza eşdeğer ve vücutta bir bozulmaya (hasara) yol açma olasılığı (riski) son derece az olan bir dozdur. Ancak koruyucu bir önlem olarak belirli sınır değerlere ulaşan uçak personeli nin bir süre uçuşına izin verilmiyor.

Öte yandan risk, anne karnında büyümekte olan embriyo, ceninler için önemli olabilir ve bunların özürülü doğma olasılığı bulunuyor. Bu nedenle, uçak personelinden hamile olanları, uçaklarda görevlendirilmiyor ve hamile kadınların gezi ve iş amaçlı uzun uçak yolculukları yapmaları önerilmiyor.

Uçaklarda çok girici kozmik radyasyona karşı bir zırhlama, korunma pratikte olası değil. Her ne kadar risk çok az ise de yılda 4 milyarı geçen çoğu gezi amaçlı uçuşların, özellikle ülkeler içinde, koruyucu bir önlem olarak, azaltılması deniz ve kara yolunun seçilmesi kişilerin seçimine kalıyor. Uçuşların azaltılmasının, ayrıca atmosferin sera gazlarından (CO₂) korunmasına katkı sağlayacağı da biliniyor.

.....

¹ **Sievert (Sv):** Eşdeğer Doz Birimi olup Beta ve Gama ışınları için : 1 Sievert = 1 Gray (Enerji Dozu Birimi) = 1 Joule /kg (Vücudun kg'ı başına, girici ışınların vücuttaki molekül ve atomlara 1 Joule'luk enerji aktarımı). 1 Joule'lük bir enerjiyle, pratikte ancak 100 gram'lık bir çukolata paketi 1 m yukarıya kaldırılabilirken, atomlar düzeyinde bu enerji 1 Sv/kg'lık çok büyük bir enerjiye eşdeğer olup, atom ve moleküler düzeyde vücutta değişimlere neden olabilir. MikroSv (μ Sv): Sievert'in milyonda biri.

² **İyon, İyon Çifti :** Atomlarla etkileşme sonucunda, ışınların, atomların dış yörüngesinden elektron sökülüp, normal olarak elektriksel olarak yüksüz bir atomu, elektriksel yüklü duruma' getirmesi ve böylelikle bir iyon çifti oluşması. Örneğin bir gama fotonunun havadaki bir azot atomunun dış yörüngesinden bir elektron sökmesi sonucu, serbest bir elektronla, geriye bir elektronu eksik bir azot atomu (iyonu) kalmasıyla oluşan 'iyon çifti'.

3 UNSCEAR: BM'nin atomik radyasyonun etkilerini inceleyen bilimsel alt kurulu

Kaynaklar:

/1/ <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/Continued-passenger-traffic-growth-and-robust-air-cargo-demand-in-2017.aspx>

/2/ **EU-Richtlinie 2013/59 EURATOM** ve <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013L0059>

/3/ **Radyasyon ve Sağlığımız, Y. Atakan, Nobel yayınları 2014**

https://www.nobelkitap.com/kitap_113005_radyasyon-ve-sagligimiz.html

/4/ www.gsf.de/epcard

Not: Bu yazı HBT portalında yayımlanmıştır.