

Radyasyon Etkilerinin Fiziksel Delil Olarak Değerlendirilmesi

BÜLENT ÜNER, İSMAİL ÇAKIR

Adli Tıp Kurumu, İstanbul, Türkiye.

RADIATION EFFECTS AS PHYSICAL EVIDENCE

Summary

Radioactive materials are becoming common items due to the growth of the nuclear power industry. Accidents, deaths and injuries resulting from handling and transportation of such materials have been few. Since the hazard is invisible, prudence dictates that a basic knowledge of radiation will insure intelligent action.

Radioactive elements have unstable nuclei. They produce three types of radiation: alpha and beta radiation which are made of particles and gamma rays. Alpha particles will usually not penetrate the skin but danger occurs when alpha emitters are introduced into the lungs or intestines. Beta particles will penetrate the skin. Danger is due to skin burns and internal damage if the emitter enters. The body and lodges in a body organ. Gamma rays are not particles. They are electromagnetic rays, similar to X-rays, but with higher energy. They are very dangerous.

Nuclear radiations avoid detection by all our senses. Excessive dosages are normally hazardous. Police activity in or around radiation areas requires vigilance. Radiation hazards are usually considered as either external or internal hazards. Acute dose and probable effect of total body dose is presented. Radiation protection and emergency procedures for accident are presented also.

Key Words: *Nuclear radiations, physical evidence, radiation effects.*

Özet

Nükleer güç endüstrisindeki gelişmeler nedeniyle radyoaktif materyallerle sık karşılaşır olduk. Bu tür materyalleri tutarken, taşıırken, kazalar, yaralanmalar, ölümler olabilir. Tehlike görünmez olduğundan, radyasyon hakkında temel bilgilere sahip olmak emniyetli hareket etmemizi sağlayacaktır.

Radyoaktif elementler kararsız çekirdeğe sahiptir. Bunlar alfa, beta ve gama ışınları yayarlar. Alfa partikülleri deriden geçemez, fakat bir şekilde almarak ciğer ve bağırsaklara girerse tehlikeli olurlar. Beta partikülleri deriden geçebilir, deride yanık ve iç organlara girip yerleşirse harasa yol açarlar. Gama ışınları elektromanyetik radyasyondur, X ışınlarına benzer fakat daha fazla enerjilidir. Gama ışınları çok tehlikelidir.

Nükleer radyasyonu duyu organlarımızla hissedemeyiz. Aşırı dozlar tehlikelidir. Radyasyonun iç ve dış tehlikeleri vardır. Akut dozlar ve muhtemel etkileri ile birlikte radyasyondan korunma, kaza anında ilk yapmamız gerekenlerde sunuldu.

Anahtar Kelimeler: *Nükleer Radyasyon, Fiziksel Deliller, Radyasyon Etkileri.*

GİRİŞ

Nükleer güç endüstrisinin giderek büyümesi sonucunda, radyoaktif materyallere günlük yaşantımızda daha sık rastlar hale geldik. Şimdilik Çernobil gibi büyük faciaların dışında, radyoaktif maddelere dokunma, nakletme sırasında olan kazalar, yaralanmalar, ölümler fazla değildir. Ancak bu tür materyallerin yaygınlaşması sonucunda, istenilmese de bunlara bağlı kazaların, üretim ve kullanım hatalarının da o oranda artabileceği endişesi vardır.

Aslında, radyasyona o kadar da yabancı değiliz. Kozmik ışınlardan dünyamıza gelen parçacıklar yılda kişi başına 30 mrem radyasyon dozu verirler. Doğada bulunan Uranyum, Toryum ve Potasyum gibi radyoaktif maddelerden yılda 20 mrem, binalarımızdaki tuğla, beton ve sıvadan 10 mrem, vücudumuzdaki özellikle Potasyum gibi radyoaktif maddelerden ise yılda yaklaşık 85 mrem'lik doz almaktayız (1).

Tüm bu nedenlerle, radyoaktif materyallerin neden olduğu olaylara ait belirtilerin iyi bilinmesi gerekmektedir.

GENEL BİLGİLER

Atom, bir çekirdek ve etrafında dönen elektronlardan oluşur. Atomun çapı, çekirdeğin çapının 100.000 misli kadardır.

Kütlenin çok büyük kısmı çekirdekte toplanmıştır. Çekirdekte esas olarak proton ve nötron bulunur. Çekirdeği oluşturan tüm elemanlara nükleon denir.



Z= proton sayısı, atom numarası

N= Nötron sayısı

A= N+Z= Kütle sayısı (numarası)

<u>Atomun yapı taşları</u>	<u>Yük (coulomb)</u>	<u>Kütle (kg)</u>	<u>Kütle (a.k.b.)*</u>
Elektron	$-1,6 \times 10^{-19}$	$9,1 \times 10^{-31}$	0,00055
Nötron	0	$1,67 \times 10^{-27}$	1,00893
Proton	$+1,6 \times 10^{-19}$	$1,67 \times 10^{-27}$	1,00759

*Karbon (C) atomunu kütlelerinin 1/12'sine 1 a.k.b. (atomik kütle birimi) denir.

1 a.k.b. = $1,66 \times 10^{-27}$ kg'dır.

İZOTOP= Çekirdeklerinde aynı sayıda proton, farklı sayıda nötron vardır. Örnek: H^1 , H^2

RADYOİZOTOP= Çekirdeği kararlı olmayan izotoptur. Radyoizotoplar çeşitli radyoaktif parçalanmalara uğrayarak alfa, beta ve gama ışınları yayarlar. Bu tür

materyallere radyoaktif materyaller denir.

ALFA IŞINLARI= İki proton ve iki nötrondan oluşan bir helyum çekirdeğidir. Pozitif yüklüdür, manyetik alanda negatif yöne sapar. Bu ışınlar düşük enerjilidirler, nüfuz etme kabiliyetleri azdır. Genellikle deriden geçemezler. Hava içinde 4 cm. mesafede bir etkisi kalmaz.

BETA IŞINLARI= Yüksek enerjili elektronlardır. Negatif ve pozitif yüklü olabilirler. Negatif yüklülerine *negatron*, pozitif yüklülerine *pozitron* denir.

Alfa ışının ince bir kağıt tabakası tarafından tamamen durdurulabilirken, beta ışınları 1 mm kalınlığındaki bir alüminyum veya tahta tarafından durdurulabilmektedir.

GAMA IŞINLARI= Kütleleri yoktur. Yüksek enerjili elektromanyetik radyasyondur. Çok giricidirler. Teorik olarak 1 km kalınlığında kurşunla bile tamamen durdurulamayan gama ışınları vardır (2,3,4,5).

Nükleer Radyasyonun Etkileri

Nükleer radyasyonları göremeyiz, normal şartlarda fark edemeyiz. Bu tür iyonizan radyasyonlar canlılarda moleküler ve hücresel düzeylerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik çeşitli değişikliklere yol açar. Maruz kalan radyasyonun cinsine, miktarına ve süresine göre geçici (onarılabilen) veya kalıcı (hasara neden olan) değişiklikler meydana gelebilir.

Nükleer radyasyonun tehlikesini iki ana bölümde inceleyebiliriz.

İç Tehlikeler: Alfa ve beta partikülleri yayan radyoaktif partiküllerin yediğimiz yiyecekler ve soluduğumuz havaya bulaşması sonucunda, bunların vücut içerisine aşırı dozda alınması ile bedensel zararlar meydana gelir.

Dış Tehlikeler: Vücut dışında bulunan radyoaktif materyalin, yaymış olduğu gama radyasyonuna aşırı dozda maruz kalmak, çok önemli bedensel hasarlara yol açabilir.

Deteksiyon Cihazları: Çeşitli portatif cihazlar, dozimetreler kullanılmaktadır. Bazıları cepte taşınır, taşıyan kişinin maruz kaldığı dozu gösterir. Bunların bir kısmı istenildiği halde değerlerinin okunabileceği biçimde yapılmıştır. Bazılarında ise duyarlı bir film vardır. Bunlar belirli aralıklarla laboratuvarlarda okunur. Okunan değerler genellikle röntgen veya mili röntgen cinsindendir (6,7).

Radyoaktivite ile İlgili Birimler

1- Radyoaktivite Birimleri: Curie (Ci): Saniyede $3,7 \times 10^{10}$ parçalanma (dezen-tekrasyon) meydana getiren herhangi bir radyoaktif madde miktarıdır. Bu çok büyük bir birim olduğu için daha çok millicurie (mCi), mikrocurie (μ Ci) kullanılır. SI (uluslararası birim sistemi)'ye göre radyoaktivite birimi Becquerel (Bq) olarak kabul edilmiştir. 1 Bq saniyede 1 parçalanma gösteren bozulma hızıdır.

2- Işınlama Doz Birimleri: Bir röntgen (R) = 0,001293 gr hava içerisinde 1 e.s.b. (elektrostatik birim)'lik iyon oluşturan X veya gama radyasyonu miktarıdır. Röntgen

için diğer bir tarif şöyledir:

1 gr hava içerisinde 88 erg'lik enerji meydana getiren X veya gama radyasyonu miktarıdır. SI'ya göre Coulomb (C)/kg birim olarak kabul edilmiştir.

1 C/kg= 3876 R'dir.

Pratik olarak, 1 R, 1 gram havada $1,61 \times 10^{12}$ iyon çifti hasil eden X veya Gama radyasyonu miktarıdır.

3- Absorblanan Doz Birimleri: 1 rad (radiation absorbed dose): Absorbe edilen maddenin 1 gramında 100 erg'lik enerji oluşturan enerji miktarıdır.

SI'da rad'a karşılık Gray (Gy) birim olarak kullanılmaktadır. Gy 0 ışınlanan maddenin 1 kg'da 1 joule (J)'luk enerji birikimine neden olan radyasyon miktarıdır. 1 Gy= 100 rad

1 rem (rontgen equivalent man): 1 röntgenlik X veya Gama radyasyonunun meydana getirdiği aynı biyolojik etkiyi meydana getiren bir radyasyon miktarıdır.

Rem= rad x rbe= rölatif biyolojik etkinlik

Diagnostikte kullanılan radyasyonlar için rbe= 1 olarak kabul edilir.

SI'de, rem'e karşılık sievert (Sv) birim olarak kullanılır. 1 Sv, 1 Gy'lik X veya gama radyasyonunun oluşturduğu biyolojik etkiye eşdeğer etki meydana getiren radyasyon miktarıdır.

1 Sv= 100 rem (2,3,4,5,8).

Günlük Yaşantıda Radyasyon

Doğal radyasyon, bizi yılda 80 mrem'e maruz bırakır. 1 mrem, 10^8 gama ışınına karşılık gelir. Ortalama bir insanı 70 kg kabul edersek 1 mrem'lik radyasyon etkilenimi $70 \times 10^8 = 7 \times 10^9$ gama ışınının vücuda çarpmasına eşdeğerdir. O halde doğal radyasyon yılda bizi $80 \times 7 \times 10^9 \cong 5 \times 10^{11}$ gama ışınına maruz bırakır. 72 yıllık bir ömür için bu miktar 4×10^{13} 'tür. Röntgen çekimi bizi 50 mrem'e maruz bırakabilir.

1 mrem'lik radyasyonun yol açtığı kanser riski 8×10^6 'da bir olduğundan, bir gama ışınının çarpması sonucu kanser olma olasılığı 5×10^{16} 'da bir olarak bulunur. Doğal radyasyon bizi bir ömür boyunca 4×10^{13} gama ışınına maruz bıraktığından, bunun kansere yol açma olasılığı 1×10^{-3} yani binde bir civarındadır. Genel olarak kanserden ölme olasılığının beşte bir olduğu gözönüne alınırsa, tüm kanserler arasında radyasyonun payının ikiyeüzde bir olduğu görülür.

İçerisinde çekirdek bölmelerinin kontrollü olarak gelişmesine imkan verecek şekilde düzenlenmiş sisteme "Nükleer Reaktör" denir. Bu tür reaktörlerde yakıt olarak genellikle Uranyum 235 kullanılır.

U_{235} 'in nötronla bombardımanında fisyon önceki kütle (1 nötron) + (U_{235}) = 236,0021 fisyon sonrası kütle (Sr_{99}) + (Xe_{136}) + (10 nötron) = 235,8511 olup aradaki fark 0,1510'dur.

$E = mc^2$ 'den $2,27 \times 10^{-11}$ joule bulunur. Bu da 1 kg U_{235} 'den 6×10^{13} joule elde

edilebileceği anlamındadır. Bu çok büyük bir değerdir (10).

Özellikle Çernobil Nükleer Elektrik Santralinde meydana gelen kaza ile nükleer santrallerin güvenilirliği gündeme gelmiştir. Herşeye rağmen yüksek verimliliklerden dolayı vazgeçilmeyecekleri anlaşılmaktadır. Şöyle ki 1 gr. Uranyum 235'in fisyonundan çıkan elektrik enerjisine eşdeğer elektrik enerjisini üretecek kömür miktarı 3,352 tondur. Yani 1 gr U_{235} 'den elde edilen elektrik enerjisi, aynı miktar kömürden elde edilen elektrik enerjisinden yaklaşık olarak 3 milyon defa daha büyüktür (5).

Uzun süreli alçak dozlar için örnekler (9):

<u>mSv</u>	<u>Doz örnekleri</u>
50	Radyasyon işçisi yıllık doz sınırı
15	İş yerinde soruşturma dozu
5	Hal için yıllık doz sınırı
2.1	Çevre fon radyasyonu
1	Uzun süreli halk doz sınırı, tek mide radyografisi
0.01	Yıllık televizyon dozu, 3 saat uçak yolculuğu

Kısa süreli yüksek dozlar:

<u>Sv</u>	<u>Olası etkiler</u>
10	Birkaç ayda ölüm
3	% 50 ölüm
2	Ömür kısalma olasılığı
0.5	Klinik olarak gözlenen hiçbir etki yok
0.25	Halk için maksimum kaza dozu
0.12	Çernobil kazasında yakın çevre dozu

Alfa saçan radyoizotoplar:

Polonium, Radium, Plutonium, Americium.

Tipik kullanım yerleri: Yangın dumanı uyarı dedektörleri, elektrostatik yüklerden arınma, radyoaktif bataryalarda ısı kaynağı.

Beta saçan radyoizotoplar:

Trityum, Krypton, Strontium, Yttrium, Thallium.

Tipik kullanım yerleri: Yüzeysel ağırlık kontrollerinde, cilaların sertleştirilmesinde.

Gama saçan radyoizotoplar:

Kobalt, Cesium, İridium, Radium, Americium.

Radyografi (metal kaynak yerlerinin kontrolünde) (8).

Akut Dozlar ve Belirtileri

<u>Akut doz (röntgen)</u>	<u>Vücuttaki muhtemel etkileri</u>
0-50	Kanda görülebilen küçük değişiklikler dışında belirgin bir etkisi yoktur.
80-120	Yaklaşık 1 gün içinde, maruz kalan personelin % 5-10'unda kusma, bulantı, yorgunluk, ciddi sakatlık yok.
130-170	Yaklaşık 1 gün içinde, maruz kalan personelin yaklaşık % 25'inde diğer radyasyon hastalık semptomları ile izlenen bulantı ve kusma. Ölüm beklenmez.
270-330	İlk gün içinde, maruz kalan personelin hemen hepsinde diğer radyasyon hastalık semptomları ile izlenen bulantı ve kusma. 2 ile 6 hafta sonra yaklaşık % 20 ölüm, geriye kalanlar için nekahet.
400-500	İlk gün içinde, maruz kalan personelin hepsinde diğer radyasyon hastalık semptomları ile izlenen bulantı ve kusma. 1 ay içinde yaklaşık % 50 ölüm, geriye kalanlar için 6 ay nekahet.
550-750	4 ay içinde, maruz kalan personelin hepsinde diğer radyasyon hastalık semptomları ile izlenen bulantı ve kusma. % 100'e yakın ölüm, geriye kalan birkaç kişi için 6 ay nekahet.
1000	1-2 saat içinde maruz kalan bütün personelde bulantı ve kusma. Muhtemelen kurtulan olmaz.
5000	Hemen güçsüzlük belirir. Bütün personel 1 hafta içinde ölür (6,7).

Korunma

Eğer radyoaktif maddeler uygun bir biçimde kaplarında, kapalı bir şekilde bulundurulurlar ve dokunulmamış iseler radyoaktif tehlike ancak bir kaza sonucu oluşabilir. Temizlik veya yangından kurtarma operasyonları sırasında radyoaktif madde kaplarının bütünlüğünün korunmasına özel bir dikkat gösterilmelidir.

Radyoaktif izotoplar herhangi bir şekilde (kazalara vb.) bulundukları kaplardan çıkarılmışlarsa aşağıdaki faktörlere dikkat edilmelidir.

1. Mesafe: Kişi ile izotop kaynağı arasındaki mesafenin artması radyasyonun şiddetini azaltır. Kaynaktan 2 metre uzaktaki radyasyonun 1 metre uzaktakinin 1/4'ü kadar şiddettedir. 10 metre uzakta, 1 metre uzaktakinin 1/100'ü kadar şiddette bir radyasyon vardır. $R = 1/d^2$ d= radyoaktif maddeye olan uzaklık, R= yayılan radyoaktivite miktarı.

2. Zaman: Kişinin radyasyon alanında harcadığı zaman mutlaka minimum olmalıdır. 2 saat radyasyon alanında kalan kişi, 1 saat kalana nazaran iki misli daha fazla doz alır.

3. Koruyucu: Çelik, beton, toprak gibi yoğun materyaller kişilerle kaynak arasında bulunursa gama ışınlarının şiddetini azaltabilir. Gama ışını yayan çoğu izotoplar 1 milyon eV'dan az radyasyon yayarlar. Genellikle radyasyonu yarı şiddete indirebilmek için 1.1/2 inç çelik, 4.1/2 inç beton, 7.1/2 inç toprak, 10 inç su gereklidir.

4. Sınırlandırma: Radyoizotopları belirli bir alana hapsetme, tehlikesini kontrol altına almaya yardım edecektir. Radyoizotopların etrafa dağılmalarını önlemeye çalışılmalıdır. Kazanın olduğu alana tekrar tekrar girip çıkan insanlar, arabalar radyoaktif maddeleri sınırlandırılan alanın dışına çıkartabilirler. Bu nedenle giriş çıkışlar sınırlandırılmalıdır.

Radyoaktif materyalin bulunduğu her yerde iç, dış veya her iki tehlike birden bulunabilir. İç tehlikelerden korunması için personel solunum maskeleri veya ağız ve burun üzerine giyilebilen bazı tip filtreler takmalı. Mümkün olduğu kadar çabuk personel olay yerinden uzaklaştırılmalı, sigara içmek, yemek yemek yasaklanmalıdır. Radyoaktif kirlenme bulunan bölgeye giren personel atılabilir veya yıkanabilir dış giysiler giymelidir (4,6,7).

Kazalar İçin Acil Prosedür

1. Kurtarma personeli dışındaki herkes acilen olay yerinden uzaklaştırılır.
2. Durum hemen ilgili mercilere bildirilir.
3. Meraklılar 500 metre uzakta tutulur.
4. Eğer yangın da varsa dumanın dışında kalınır.
5. Radyoaktif radyasyona maruz kişi ilkyardımcıların çalıştıkları yere götürülür.
6. Bir uzmana danışmadan patlayıcıların yangınına müdahale edilmez.
7. Hatıra parçalar alınmasına izin verilmez.
8. Sorumlu olmayan personel olay yerinden uzak tutulur (6,7).

KAYNAKLAR

- 1 Cohen, B. L. (1996) *Çok Geç Olmadan* (Before It's Too Late, 1983). Çeviri; Miyase Göktepe, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 6. basım, s.12-18, 51-52.
- 2 Engizek, T., Soytürk, B. (1991) *Radyobioloji ve Sağlık Fiziki Laboratuvar Kılavuzu*, İ.Ü. Fen Fakültesi Basımevi, İstanbul, s.1-11.
- 3 Berkem, A.R. (1992) *Çekirdek Kimyası ve Radyokimya*, İ.Ü. Basımevi, İstanbul, s.25-27, 74-80, 174-175.
- 4 Görpe, A., Cantez, S. (1992) *Pratik Nükleer Tıp*, İ.Ü. Vakfı, s.1-7, 11-14.
- 5 Bayvas, F. (1989) *Radyoaktivite, Radyasyon ve Nükleer Enerji*, Ankara, 1. baskı, s.20-26, 41-48.
- 6 Federal Bureau of Investigation (1981) *Radiation Hazards in Handbook of Forensic Science*, Washington D.C. pp.93-98.
- 7 Federal Bureau of Investigation (1978) *Radiation Hazards in Handbook of Forensic Science*, Washington D.C. pp.70-75.
- 8 Atakan, Y. (1994) *Çernobil Kaynaklı Radyoaktif Serpintilerin Çevreye ve İnsana Etkileri*, TÜBİTAK Araştırma Kurumu, s.3-20, 135.
- 9 Renda, Y. (1995) Türkiye'nin Enerji Sorunu ve Nükleer Enerji, *Bilim ve Teknik*, **328**: 57.
- 10 Miller, F., Dillon, T.J., Smith, M.K. (1980) *Concepts in Physics*, Third Edition, Harcourt Brace Jovanovich, New York, Chicago, San Francisco, Atlanta, Dallas and London, pp.467-468.

Ayrı Baskı İçin :

Doç. Dr. Bülent Üner

Adli Tıp Kurumu Başkanlığı

34246 İstanbul, Türkiye.