

İŞ GÜVENLİĞİNDE DOZİMETRELER

Muhammet KARATAŞLI

Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Adana, Türkiye

Muhammet.karatasli@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5893-6800>

Tahsin ÖZER

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye

tahsinozer@hotmail.com

ÖZ

Yeryüzünde yaşayan her türlü canlı, tüm yaşamları boyunca radyasyonla iç içe olup radyasyona maruz kalmışlardır. Radyasyon kaynakları var olduğu müddetçe de bundan kaçınmak mümkün olunmayacaktır. Bu makalenin amacı mesleği gereği iyonlaştırıcı radyasyon yayan cihaz veya radyoaktif maddelerle sağlık ve endüstri alanında çalışanlarının kişisel dozimetre kullanımının farkındalığını artırarak, iş ve çalışma koşullarının sağlıklı bir şekilde etkin sürdürülmesi anlamında etkileşim sağlamaktır

Radyasyonla çalışan görevliler için etkin doz beş yılın ortalaması 20 mSv ile sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte çalışanların tek bir yılda efektif dozun 50 mSv'i geçmemesi koşul olarak kabul edilmiştir. El-ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için ise 150 mSv doz sınırlaması getirilmiştir. Alınan radyasyon dozlarını doğrudan doğruya okumayı mümkün kılan cihazlar elektronik dozimetreler ve cep (kalem) dozimetrelerdir.

Bu çalışmada dozimetreler hakkında ayrıntılı bir şekilde bilgi verilmiştir. Bir radyoaktif kaynak veya X ışını cihazından yayınlanan radyasyondan korunabilmek için bu tür cihazlardan yayınlanan radyasyonun düzeyini çok iyi bilmek gerekir. Bunu öğrenmenin tek yolu kullanıcıların dozimetre sistemlerini tanımaları ve ölçüm sonuçlarını etkileyecek özelliklerini bilmeleri, dozların doğruluğunu tespit etmek açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Dozimetre, İş güvenliği, Radyasyon, Radyoaktif madde, Sağlık.*

DOZIMETERS IN BUSINESS SAFETY

ABSTRACT

All living creatures living on the earth have been exposed to radiation and intertwined with radiation throughout their entire lives. As long as there are radiation sources, it will not be possible to avoid it. The purpose of this article is to provide interaction in the sense that health and industry employees are aware of the use of personal dosimeters by ionizing radiation emitting devices or radioactive substances and that they are able to maintain healthy working and working conditions effectively.

For radiation workers, the effective dose is limited to 20 mSv for five years. However, it has been accepted that employees should not exceed 50 mSv of effective dose in a single year. The annual equivalent dose limit for hand-foot or skin was set at 500 mSv, while for the eyelid the dose was limited to 150 mSv. It is possible to read radiation doses directly from the receiving device, electronic dosimeters and pocket (pen) dosimeters.

In this study, detailed information was given about the dosimeters. It is important to know the level of radiation emitted from such devices in order to be able to be protected from radiation emitted by a radioactive source or X-ray. The only way to find out is to identify the dosimetry systems of the users and to know the characteristics that will affect the measurement results, it is very important to determine the correctness of the doses.

Keywords: *Dosimeters, Work safety, Radiation, Radioactive material, Health.*

GİRİŞ

Günümüzde radyoaktif maddeler ve radyasyon, barışçıl amaçlarla diğer birçok alanlarda olduğu gibi, nükleer enerjiden elektrik üretiminde, tıpta tanı koyma veya tedavi amacıyla, endüstride ise radyografik tahribatsız muayenede, radyoaktivasyon analizinde, otomatik seviye ve kalınlık ölçme, radyoizotop izleme teknikleri gibi çok geniş bir şekilde yararlanılmaktadır.

Radyoaktif maddelerin bu yararlı alanlarda kullanımının dışında insan sağlığı üzerinde radyasyonun yaratabileceği zararlı etkileri uzun süredir bilinmektedir. Bu zararlı etkileri kanser ve kalıtsal bozukluklar, radyasyon yanıkları, doğal ömür süresinin kısalması ve radyasyon hastalıklarıdır. Hatta radyasyon doz miktarı çok büyük seviyelerde maruz kalınması halinde ani ölümlere rastlanılması da mümkündür (Togay, 2002).

Vücudun radyasyon hasarlarına karşı tepkileri, radyasyona maruz kalan yani ışınlanan doku ve organların radyasyon duyarlılıkları ile bu doku ve organların vücutta gördükleri fonksiyonlara bağlıdır. Kalp dâhil olmak üzere bütün kas dokuları ve beyin dahil olmak üzere tüm sinir dokuları genel olarak radyasyona karşı duyarlı olmayıp, bu dokular öldürücü dozlar verildikten sonra kanamalar dışında önemli şekilde bir etki görülmemiştir (Algüneş, 2002; Köklü, 2006).

Bir organ ve doku üzerindeki radyasyon hasarı, organın veya dokunun meydana getirdiği ürünlerin (özel hücreler, hormonlar, enzimler, vb.) azalmasına veya artmasına, organ veya dokunun büyümesindeki aksaklıklara yahut ölümüne neden olabilir. Organ veya doku ürünlerindeki artmalar veya azalmalar, radyasyona maruz kalmayan doku ve organ faaliyetlerinin azalmasına veya artmasına sebep olabilir. Organ veya dokunun büyümelerdeki aksaklıklar hücre bölünmesini kontrol eden mekanizmaların değişmesinden kaynaklanmakta ve tümör türlerin oluşmasına neden olmaktadır. Işınlama esnasında tamiri olmayan hasarlar doku ölümü ile gerçekleşebilmektedir (Köklü, 2006; Çoşkun, 2011).

İnsan sağlığını tehdit eden doğal nedenlerden kaynaklanan radyasyon ve tıbbi gereksinimlerden dolayı alınması gereken radyasyonların dışında, insanların doğrudan iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalması kesinlikle önerilmediğinden her türlü yerde monitoring sistemleri koruma programının varlığı radyasyondan korunmada iş güvenliğinde birincil hedeftir. Kişilerin alabileceği radyasyon dozlarının, maruz kaldığı toplam radyasyon miktarının Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) ve ICRP faydalanarak Türkiye Atom Enerji Kurumu tarafından hazırlanan Radyasyon Sağlığı Tüzük ve Yönetmelik hükümleri tarafından belirlenmektedir. Bu radyasyon güvenliği yönetmeliği radyasyon güvenliğinin sağlanmasını gerekli kılan her türlü tesis ve radyasyon kaynağının zararlı etkilerinden çevreyi ve kişileri korumak için yapılması gereken uygulamaları ve her türlü tedbiri kapsar (Gökharman vd., 2016; Togay, 2012; Bor vd., 200, Pabuşçu, 2004).

Radyasyonla çalışan görevliler için etkin doz beş yılın ortalaması 20mSv ile sınırlandırılmıştır (Göksu, 2009). Bununla birlikte çalışanların tek bir yılda efektif dozun 50 mSv'i geçmemesi koşul olarak kabul edilmiştir. El-ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv olarak belirtilmişken, göz merceği için ise 150 mSv olarak doz sınırlaması getirilmiştir (Parlar ve Ergülen, 2009).

Tablo 1. Radyasyon çalışanları ve toplum üyesi kişiler için doz sınırları (Leslie ve Greenberg, 2003; Demir, 2011;Url-1, 2016; Powsner ve Powsner, 2006).

		Radyasyon çalışanları (mSv)	Toplum üyesi kişiler (mSv)
Etkin doz sınırı	Ardışık 5 yılın ortalaması	20	1
	Herhangi bir yılda	50	5
Yıllık eşdeğer organ dozu sınırı	Göz merceği	150	15
	Deri (cm ²)	500	50
	Eller ve ayaklar	500	50
Hamile bir radyasyon çalışanının batin (abdomen) eşdeğer dozu		Hamileliğinin bildirilmesinden sonra 2 mSv	

24.03.2000 tarih ve 23999 sayılı radyasyon güvenliği yönetmeliği değişik Madde 21' de çalışma koşulu A:Yılda 6 mSv'den daha fazla etkin doza veya göz merceği, cilt, el ve ayaklar için yıllık eşdeğer doz sınırlarının 3/10'undan daha fazla doza maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşuludur. Bu çalışma koşulunda bulunan çalışanların, kişilerin kişisel dozimetre kullanması zorunludur (TAEK, 2000).

İş güvenliği açısından, sadece doza maruz kalmış hasta için değil, bu ortamda dış radyasyona maruz kalınan bir yerde çalışan tüm personelin toplam “bütün vücut ışınlaması” değerini tespit eden monitoring cihazlarına sahip olmaları gerekir. Monitoring çalışması, alan ve personel monitoringi olarak iki türlü yapılmaktadır. Personel monitoring, mesleği gereği radyasyon ve radyoaktif maddelerle çalışan kişiler tarafından alınan vücuttaki radyasyon dozunun rutin olarak ölçülmesidir. Yapılış amaçları şöyle sıralanabilir (Barınmaz, 2009):

- Kişilerin doz değerlerini müsaade edilen maksimum doz değerinin altında tutabilmek için, personelin maruz kaldığı kişisel radyasyon dozlarını ölçmek, değerlendirmek ve kayıtlarını tutmak,
- Personele, radyasyon bakımından sağlığının korunduğu güvencesini vermek,
- Kuruluşa, personel tarafından yapılacak asılsız fazla doz alma olasılıklarına karşı kanuni koruma imkânı sağlamak.

PERSONEL MONİTORİNGDE KULLANILAN CİHAZLAR

Dokuların çeşitli radyasyonlardan absorbladıkları dozu veya enerjiyi hesaplamak, eşdeğer radyasyon dozu bilgisini veren kişisel izleme cihazlarıyla yapılmaktadır. Ancak, maruz kalınan X veya gama ışınlarından alınan dozun yaklaşık bir değeri ölçülebilmektedir. Kişilerin aldıkları dozların ölçülmesinde, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki tip personel monitoring cihazı kullanılmaktadır.

1. Doz okumaları ek bir cihaza ihtiyaç gösteren, bir zaman aralığında alınan toplam radyasyon dozunu ölçen cihazlar:

- TLD dozimetreleri
- Film dozimetreleri
- Ekzo-Elektron dozimetleri
- Cam dozimetreleri
- Kimyasal dozimetreler

2. Alınan radyasyon dozlarını doğrudan doğruya okumayı mümkün kılan doğrudan okumalı cihazlar:

- Elektronik dozimetreler
- Cep (kalem) dozimetreleri

TLD DOZİMETRELERİ

Lüminesans, malzemenin üzerine elektron ya da foton demeti düşürüldüğünde, enerjinin bir bölümü malzeme tarafından soğurulduktan sonra, bu soğurulan enerji ışık olarak yayılmasıdır (Stokes yasası) (Marcazzo vd., 2009; Türk, 2014).

Yayılan ışığın dalga boyu lüminesans materyalinin karakteristiğine bağlıdır. Atom veya molekülün ısısında bir değişme olmadan yayımlanabilmesi, lüminesansın diğer ışınlardan ayıran fark olup bu özelliğinden dolayı da soğuk ışık olarak da adlandırılır (Thomsen, 2004).

Lüminesans olayı uyarılma enerjisine göre çeşitlilik gösterir. Uyarılma için gerekli enerji, atom veya moleküllerin γ ışınları, β parçacıkları veya x-ışınların gibi nükleer radyasyondan sağlanıyorsa radyolüminesans denir (Chen ve Mckeever, 1997).

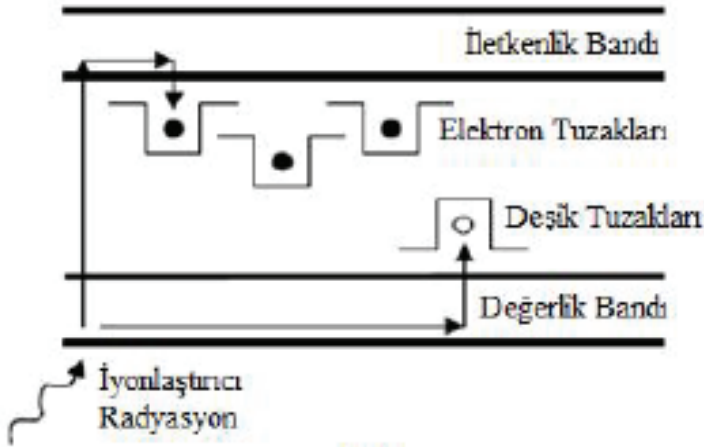
Termolüminesans tuzak ve lüminesans merkezi içerdiği için karmaşık olup yarı iletken veya yalıtkan katı madde radyasyona maruz kaldıktan sonra ısıtıldığında

gözlemlenebilen lüminesans olayıdır. İyonize radyasyon tarafından ışınıldıktan sonra ısıtılmasıyla ışık yayan yalıtkan ya da yarı iletken materyallere termolüminesansdozimetreler denir (Gürlek vd., 2012). TLD okuyucusu olarak adlandırılan cihazlar kristalleri ısıtarak, yaydıkları ışık miktarını hassas şekilde ölçer (Stabin, 2010).

Literatürde ilk defa "Termolüminesans" ismini kullananlar Wiedemann ve Schmidt'tir (Wiedemann ve Schmidt 1895). Termolüminesansdozimetre materyalleri, son elli yıldır nükleer tıpta olduğu gibi çevresel ve kişisel dozimetride de olağan uygulamalar için kullanılmaktadır (McKeever vd., 1995). Ayrıca medikal uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmakta olup cilt dozu ve radyasyon alan kenarlarındaki doz ölçümlerde kullanışlıdır (UROK, 2002).

İletkenlik bandı, kristal örgü içinde serbestçe hareket edebilen tüm elektronları, değerlik bandı ise bağlı durumda bulunan bütün elektronları içermektedir. İletkenlik bandı ile değerlik bandı arasındaki enerji aralığı kuantum teorisine göre yasaklanmış olmasına rağmen, termolüminesans özellik gösteren katılarda, kristaldeki yapı bozukluklarından (safsızlık) kaynaklanan veya kristal içerisinde yabancı atomların ilave edilmesi ile oluşturulan ara enerji durumları vardır. Bu ara enerji durumları yarı kararlı olupdeşikler (holler) ve elektronlar için tuzak olarak davranmaktadır (Gündüz, 2009).

Tek bir atomda elektronlar farklı enerji seviyesinde bulunurlar. Ama kristallerin örgülerindeki elektronik enerji seviyeleri atomlar arasındaki karşılıklı etkileşim nedeniyle perturbe edilmiştir. Bu da izin verilen ve yasaklanmış enerji bantları olmak üzere farklı enerji bantlarının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca kristallerde katkılının olması yasaklanmış bölgede enerji traplarının oluşmasını sağlar. Bunlar elektronlar için yarı kararlı bölgeler oluşturur. Şekil 1.'de gösterildiği gibi materyal ışınıldığında valans bandından (groundstate) bazı elektronlar iletken banda geçecek kadar yeterli enerji alıp iletim bandına çıkar ve daha sonra tuzaklara yakalanırlar. Tuzağa bağlanan elektronlara "tuzaklanan elektronlar" veya "tuzağa yakalanan elektronlar" denir. Elektronları birkaç dakikadan yüz binlerce yıllık süreye kadar tutan tuzaklar vardır. Elektronların yakalandıkları tuzaklarda kalma süreleri çevre koşullarına ve tuzak özelliklerine bağlıdır. Kristal ısıtılınca, tuzaklanmışdeşikler veya elektronlar tuzaklardan kurtulur ve daha alt enerji durumlarına dönerken enerji farkını ışık fotonu olarak dışarı yayarlar.



Şekil 1. Radyasyon ile uyarılan kristalde oluşan elektronlar ve deşiklerin tuzaklanması

Küçük boyutlu ve yüksek duyarlılıkta termoluminesansdozimetreler, tanısal uygulamalar veya radyoterapi uygulamaları sırasında hastayı iyonize radyasyona maruz bırakmadan önce insan vücudunda uygun yerlere yerleştirilebildiği için uzun süredir klinik çalışmalarda kullanılmaktadır. Daha sonra ışınlanan TLD'lerden radyasyon miktarı belirlenir. Bu yolla fizikçiler, kritik organlara gönderilen gerçek dozları belirleyebilir ve gerekli ek tedavileri öngörebilir (Chen ve Mckeever, 1997).

Dozimetrenin performansı lineerlik, doz oranı, enerji cevabı, tekrar üretilebilirlik, depolanan bilginin sabitliği, izotropisi, dozimetre performansı üzerine çevrenin etkisi vb. etkenlere bağlıdır. Geniş doz oranlarına sahip olmaları, tekrarlanabilmeleri, norton dozunu okuyabilmeleri gibi avantajları varken, çevre ile etkilenmesinden kaynaklanan hatalar ve bir her okumanın bir defa yapılabilmesi gibi dezavantajlara sahiptir.

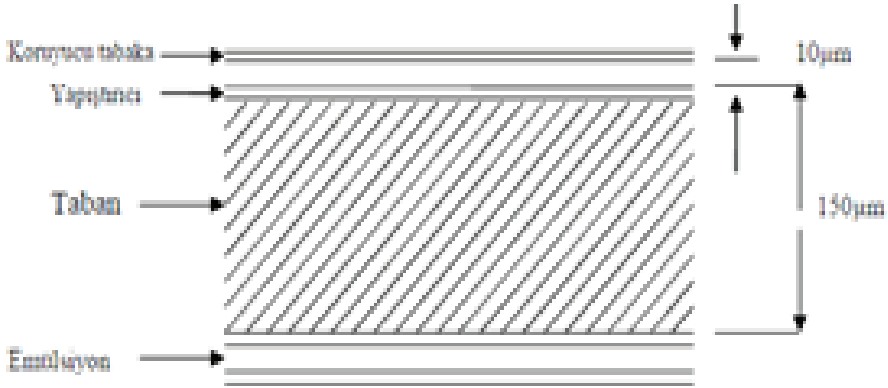


Şekil 2 TLD Dozimetresi görüntüsü

FİLM DOZİMETRELERİ

İyonlaştırıcı radyasyonların fotoğrafkemülsiyon üzerindeki etkisinin görünür ışığına benzer özellikte olmasından yararlanılarak yapılan dozimetrelerdir. "Film Dozimetri", tüm dünyada radyasyonla çalışan kişilerin maruz kaldığı kişisel dozu tayin etmek için kullanılan en eski ve en yaygın sistemdir (Url-2, 2016).

Film dozimetresinde kullanılan filimler, radyasyona hassas ince fakat yeterince sert ışığı mümkün olduğunca çok geçirmeli saydam zemin ve bu zeminin iki tarafına kaplanan tabakasında tipik kalınlığı yaklaşık 10 mikron arasında olup gümüş bromür tanecikler ve jelatinden oluşan emülsiyon tabakasından oluşur. En üst yüzeyde ise emülsiyonu fiziksel darbelere karşı korunmasını sağlayan jelatinden yapılmış koruyucu bir katman bulunur. Fotoğrafik duyarlılığın artırılması için gümüş sülfat emülsiyona eklenir. Tabanın kalınlığı ve dayanıklılığı filmin kolayca banyo edilmesini ve kullanılmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Taneciğin boyutu film duyarlılığını belirleyen en önemli etkendir. Bu taneciğin boyutları ne kadar küçükse film duyarlılığı o kadar büyüktür.



Şekil 3. İki yüzü emülsiyonlu bir filmin kesiti

Emülsiyon içindeki radyasyonla etkileşen tanecikler, developman banyosunda radyasyonla etkileşmiş taneciklerden daha hızlı reaksiyona girerek gümüşü açığa çıkarır. Daha açık bir ifadeyle:

Beta, X ve gama ışınları ile gümüş bromür kristalindeki elektronları uyarır. Uyarılan elektronlar kristal içinde tuzaklanır. Normal şartlarda, kristal içinde serbest hareket eden gümüş atomları tuzaklanmış elektronlarla etkileşerek nötr hale gelir ve bu tuzaklarda kümelenir. İçinde gümüş bulunan bu kümeler gizli

görüntü oluşturur ve developman banyosu sırasında gümüş iyonlarının kimyasal indirgenmesiyle gizli görüntü ortaya kararma olarak çıkar. Bu kararmanın seviyesi filmin optiksel yoğunluğu olarak isimlendirilir. Filmin maruz kaldığı optiksel yoğunluk radyasyonun miktarı ile orantılıdır (Cember ve Johnson 2009).

Optik yoğunluk ile doz arasındaki ilişki ideal olarak lineer olmalıdır ancak her zaman bu şekilde olmayabilir. Emülsiyonların bazıları lineerdir, bazıları ise sınırlı doz aralığı için lineerdir, bazıları ise lineer değildir. Dozimetri çalışması yapılmadan önce sensitometrik eğri olarak bilinen doz optik eğrisi her film için yapılmalıdır (IAEA, 2005).

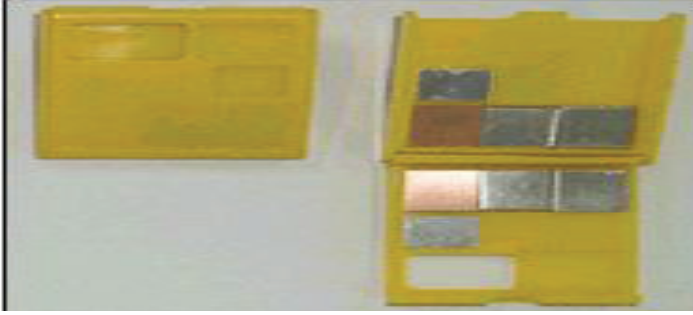
Gizli görüntünün meydana gelme olasılığı, tuzaklanan elektron sayısına dolayısıyla gelen radyasyonun dozuna bağlıdır (TAEK, 1998).

Radyokromik ve Radyografik filimler film dozimetresinde en çok kullanılan filimlerdir. Radyokromik filimler içinde en yaygın kullanılanı ise yaklaşık doku eş değeri bir yapıya sahip olan renksiz bir film olan Gafkromik film, 10 cGy ile 800 cGy aralığında duyarlı bir yapıya sahiptir. Radyokromik film, radyasyona maruz kaldıklarında polimerleşen özel bir boyaya sahip olup mavi renge dönüşmektedir. Mavi renge dönüşen bu polimerler ışığı soğurmakta ve filimlerden geçen ışık dansimetre ile ölçülmektedir. Radyokromik film yüksek çözünürlüğe sahiptir ve dozun keskin şekilde değişim gösterdiği bölgelerde dozimetrik amaçlı olarak kullanılabilir (Izewska ve Rajan 2005).

Radyografik filimler ise radyasyondan korunmada, tanısal radyolojide ve radyoterapi gibi birçok önemli görevleri bulunmaktadır. Radyografik filimler, bir radyasyon dedektörü, görelî bir dozimetre, bir görüntüleme cihazı ve bir arşiv aracı olarak kullanılabilir. Pozlanmamış bir radyografik film radyasyona duyarlı bir emülsiyon (gümüş bromür, AgBr) ile her iki tarafı ince plastikte kaplanmış bir yapıdan meydana gelmektedir.

Film dozimetrelerinin, radyasyon bölgesinde çalışan personelin günlük radyasyon kontrollerinde kullanılma bakımından kolaylık ve uygunluk gösterdikleri gibi, elde olunan kayıtların devamlı olması gibi önemli bir avantaj vardır. Bunun yanında ucuz, hafif ve dayanıklıdır. X, γ , n, yüksek enerjili β (3 MeV'in üstü) gibi birden fazla tipteki radyasyonları aynı zamanda ölçmesi ve 1mSv-50 mSv ölçüm aralığına sahip olması gibi özellikleri de vardır.

Dezavantajları ise, belirli bir enerji aralığında enerjiye fazla miktarda bağlanması, bazı tip emülsiyonlarda gizli görüntünün zamanla kaybolması ve hava şartlarından etkilenmesi nedeniyle depolamadaki güçlüklerdir. Termolüminesans dozimetresine oranla, hassasiyetleri düşüktür. Isı ve neme karşı hassas olduğu için oda koşullarında ve nem olmayan bir ortamda saklanmalıdır.



Şekil 4. Film Dozimetresi

EKZO-ELEKTRON DOZİMETLERİ

CaF₂, CaSO₄, LiF gibi kristaller radyasyona maruz kalıp ısıtılınca ışık yayınlamasından başka, yüzeyden gaz akışlı GM veya orantılı sayıcılarda dedekte edilebilen ekzoelektron adı verilen elektronlar çıkartmaktadır. Elektronun emisyonu ile absorbe edilen radyasyonun dozu arasında bir lineerlik bulunması nedeniyle, bu tür kristaller ölçüm aralığı $3.10^7 - 10^8$ R olan dozimetrelere olarak kullanılabilir (TAEK,1998). Termolüminesans dozimetrelere göre daha hassas bir çalışma ve cihazlar gerekmektedir.

CAM DOZİMETRELERİ

Dozimetrik değerlendirmeler, yüksek dozlardaki ışınlamalarda önemli bir yere sahiptir. Bu sebeplerden dolayı çeşitli cihazlar geliştirilmiştir (Doğan Baydoğan ve Tuğrul, 2002).

Bu cihazlardan cam dozimetrelere, X ve γ (gama) radyasyon dozlarının ölçen kimyasal dozimetrelere gibi kullanımı kolay ve ucuz olmasına karşın kısa sürede yüksek radyasyona tabi kalan durumlarda yüksek dozları ölçtüklerinden kaza dozimetresi olarak da adlandırılır.

Kurşun-alkali-silika camlarına gama ışınları maruz bırakıldıktan sonra ultraviyole (mor ötesi) ışınları ile aydınlatılırsa, görünen bölgede radyofotoluminisans olayı meydana gelir. Kurşun-alkali-silika cam yapının radyasyonla uyartılması sonucu, bu camların, görünür bölgedeki, geçirgenlik, yansıtıcılık ve soğurma değerlerinin değiştiği tespit edilmiştir. Optik özelliklerdeki değişimlerin incelenmesi, elektromanyetik spektrumun, 380-1500 nm dalga boyu aralığına düşen bölgesinde yapılmıştır. Işınlanmış camlar ile ışınlanmamış camların optik parametrelerinde meydana gelen değişimler karşılaştırılarak, farklı doz seviyelerinde ışınlanan, kurşun-alkali-silika camlarının, dozimetre olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Cam dozimetrenin kullanım alanı yüksek doz seviyelerinde ışınların yapıldığı endüstriyel alanlarda olduğu gibi tıp ve gıda sanayisi gibi alanlarda kullanımı son yıllarda giderek ilgi çekici bir hale dönüşmektedir (Doğan Baydoğan ve Tuğrul, 2002).

KİMYASAL DOZİMETRELER

Radyasyonun bazı sıvılardaki renk, ph ve viskozite gibi değişimlerin derecesi ile radyasyonun şiddeti arasındaki bağıntıdan yararlanılarak geliştirilmiştir. Ölçüm aralığı 10 R - 4.10^4 R olan kimyasal dozimetrelerle α , β , γ , n ve h (proton) gibi çeşitli radyasyon dozlarını dedekte edebilme imkanı olan, ucuz ve kullanımı kolay olmalarına karşın çok yüksek dozları ölçebildiklerinden kaza dozimetresi olarak kullanılmaktadır (TAEK, 1998).

ELEKTRONİK DOZİMETRELER

Alfa ve beta ışınlarına duyarsız olup radyasyona duyarlı eleman olarak penceresiz Geiger - Müller tüpü içerdiklerinden X ve gama dozlarını geniş bir ölçüm aralığında algılanmasında kullanılan, alınan radyasyon dozunu ve dozun hızı gibi bilgileri kaydedebilme özeliğine sahip, cihaz üzerindeki analog veya dijital olarak ekranda gösteren, önlük cebi veya bel kemerine takılan kişisel dozimetrelerdir

Sesli alarm içeren bazı elektronik dozimetreler, dedektörün saptadığı her radyasyon olayında kesik kesik seslerle, maruz kalınan toplam doz belirlenen eşik değere ulaşıldığında ise ses seviyesi radyasyon şiddetinin artmasına bağlı olarak sürekli alarm sesi ve ışıkla uyarı verirler (Url-3, 2016).



Şekil.6. Elektronik Dozimetre

CEP (KALEM) DOZİMETRELERİ

Çalışma prensibi elektroskop gibi olan, adından da anlaşılacağı gibi kıyafet üzerindeki ceplere yerleştirilebilen cep dozimetreleri, küçük bir iyon odası şeklinde olup, bir ölçü skalası, serbest hareket eden bir kuvars fiber ve kuvars fiberin bu skala boyunca hareketini görebilmek için bir optik sistemden oluşmuş, doğrudan doğruya maruz kalınan radyasyonu ölçümünü mümkün kılan dozimetrelerdir. Bu dozimetrelerin dolaylı tipleri mevcut olup cep iyonizasyon odaları denmektedir. Elektroskop bir batarya ile şarj edilirken, iletkenliği sağlamak için altınla kaplanmış kuartz fiber desteği aynı işaretli elektrikle yüklenir. Aynı cins elektrik yükleri arasındaki itme kuvvetleri, kuartz fiberi desteğinden dışarı doğru iter. Bu durumda ölçek üzerinde kuartz fiberin yeri sıfır olarak ayarlanır. Radyasyon etkisiyle iyon odasında meydana gelen iyonlar, elektrik yükünü azaltarak fiberin normal duruma doğru hareket etmesini yani elektroskopun deşarj olmasını sağlar. Deşarj sırasında fiber, iyon odasının aldığı dozla orantılı bir mesafe kadar ilerler. Optik sistem yardımıyla bu hareket saydam skala üzerinde doz birimleri cinsinden okunur. β ve nötronlara duyarlı özel cep iyonizasyon odaları yapılmaktadır. Saydam skala genellikle, ölçüm aralığı 0-200 mR arasında olacak şekilde yapılmış ise de 100 mR'den 500 mR'e kadar çeşitli duyarlılıkta cep dozimetreleri kullanılmaktadır (Gündüz, 2009).

Cep dozimetreleri yaklaşık olarak dolma kalem büyüklüğünde olup duvar kalınlıkları α ve β parçacıklarını engellediklerinden bu radyasyona karşı duyarlı olmayıp, X ışını ve gama ışınlama dozlarını ise ölçebilmektedir. Ayrıca bu tip dozimetreler, radyasyondan kaynaklanan dozu hemen ölçebilme ve aynı dozimetreyi tekrar kullanabilme gibi avantajları olsa dahi, maliyetinin pahalı olması, dozimetredeki dozu günlük okumayı gerektirmesi, hassas bir özelliğe

sahip olmasından dolayı fiziksel darbelere karşı kolayca hasarlanmaları, sınırlı doz ölçüm aralığı, kalıcı kayıt oluşturmama gibi dezavantajları mevcuttur (TAEK, 1998).

Lens veya el dozunu ölçmek için cep dozimetreleri kullanılmamalıdır (Stabin, 2010; Hızlı, 2012).



Şekil.7. Kalem dozimetre

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir radyoaktif kaynak veya X ışını cihazından yayımlanan radyasyondan korunabilmek için bu tür cihazlardan yayımlanan radyasyonun düzeyini çok iyi bilmek gerekir. Bunu öğrenmenin tek yolu kullanıcıların dozimetre sistemlerini tanımaları ve ölçüm sonuçlarını etkileyecek özelliklerini bilmeleri, dozların doğruluğunu tespit etmek açısından oldukça önemlidir.

Çalışma ortamlarında risk değerlendirmesi yapılmalıdır, bu değerlendirme çalışanların maruz kaldığı tehlikenin boyutunu, önlemlerin yeterli olup olmadığını, neler yapılabileceğini ve nasıl izleneceğini ortaya koymak açısından önemlidir. Mesleği gereği iyonlaştırıcı radyasyon yayan cihaz veya radyoaktif maddelerle sağlık ve endüstri alanında çalışanlarının radyasyon türüne bağlı olarak zırhlama veya varsa uygun araç ve gereçlerle korunma sağlanmalıdır. Radyasyonun stokastik etkileri kişiden kişiye göre değişeceğinden ötürü, bağışıklık sistemi zayıf kişiler radyasyon kaynaklarından olabildiğince uzak tutulmalı ve diğer çalışanların radyasyonla etkileşim sürelerini oldukça azaltılmalıdır.

İyonlaştırıcı radyasyonlarla çalışanların iş güvenliği açısından film monitoring cihazları yanında alarmlı elektronik cep dozimetreleri kullanılması personelin kendi kendini kontrol etmesinde faydalı olacaktır. Film dozimetreleri kullanan kişiler, filmi zamanında değiştirmeli ve dozimetlerin ilgili kuruluşa gönderilerek, değerlendirme sonuçlarının kendilerine haberdar edilmeleri gerekmektedir. Bunun yapılması personel tarafından sonradan yapılacak fazla

doz alma olasılıklarının önüne geçilmiş olunacaktır. İyonlaştırıcı radyasyon yayan cihaz veya radyoaktif maddelerle farklı mesleklerden ve farklı bölümlerden çalışanlara; maruz kaldığı tehlikenin boyutunu, tehlike durumunda yapılacak işlemleri ve alınacak önlemleri içerecek şekilde, radyasyondan korunma ve radyasyon kaynaklarının güvenliğine ilişkin kuralların ve talimatların anlatıldığı eğitim seminerlerin her yıl düzenli olarak yapılmalıdır. Bunun yapılması radyasyondan korunma ile ilgili çalışmalarda, saptanan eksikliklerin mevzuatta belirtilen önlemlere uygun olarak tamamlanması, çalışanın sağlığı ve iş güvenliği açısından olumlu katkıda bulunacaktır.

ICRP' ye göre; radyasyon çalışanları için müsaade edilen maksimum doz sınırı, birbirini takip eden beş yılın ortalaması 20 mSv ve yılda en fazla 50 mSv'tır. İyonlaştırıcı radyasyonun zararlı etkileri; keşfedilmesinden hemen sonra anlaşılabilir, fakat faydaları göz önünde bulundurulduğunda kullanılması kaçınılmaz olan bu uygulamalarda mümkün olan en düşük doz ile en iyi sonucun alınabilmesi amacıyla sürdürülen çalışmalar sonucunda "radyasyon kaynaklarının güvenliği ve iyonlaştırıcı radyasyona karşı korunma" bilimsel bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır.

Dozimetre bulundurmayan veya kullanmayan kuruluşlara karşı TAEK'in yaptırımları olup, lisansının iptali bile söz konusu olmaktadır. Ayrıca radyasyon çalışanlarının sağlığını ve çalışma ortamının güvenliğini kontrol altına alabilmek için dozimetre kullanım zorunluluğu bulunmaktadır.

Bu nedenle kullanıcıların dozimetre sistemlerini tanımaları ve ölçüm sonuçlarını etkileyecek özelliklerini bilmeleri, dozların doğruluğunu tespit etmek açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle çalışma ortamlarında risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu değerlendirme çalışanların maruz kaldığı tehlikenin boyutunu, önlemlerin yeterli olup olmadığını, neler yapılabileceğini ve nasıl izleneceğini ortaya koymak açısından önemlidir. Mesleği gereği iyonlaştırıcı radyasyon yayan cihaz veya radyoaktif maddelerle sağlık ve endüstri alanında çalışanlarının radyasyon türüne bağlı olarak zırhlanma veya varsa uygun araç ve gereçlerle korunma sağlanmalıdır. Radyasyonun stokastik etkileri kişiden kişiye değişeceğinden, bağışıklık sistemi zayıf kişiler radyasyon kaynaklarından olabildiğince uzak tutulmalı ve diğer çalışanların radyasyonla etkileşim süreleri oldukça azaltılmalıdır. İyonlaştırıcı radyasyonlu ortamlarda çalışanların iş güvenliği açısından film monitoring cihazları yanında, alarmlı elektronik cep dozimetreleri kullanılması personelin kendi kendini kontrol etmesinde faydalı olacaktır. Film dozimetreleri kullanan kişiler, filmi zamanında değiştirmelidir. Dozimetrelerin ilgili kuruluşa gönderilerek, değerlendirme sonuçlarının

kendilerine haberdar edilmeleri gerekmektedir. Böylece personel tarafından sonradan yapılacak fazla doz alma olasılıklarının önüne geçilmiş olunacaktır.

Ayrıca dozimetre kullanması zorunlu olan kişiler, dozimetrenin kendisine ait olup olmadığını kontrol etmeli, dozimetreyi kaybettiği zaman ilgili kişilere haber vermeli, dozimetreyi tekrar bulduğunda haber vermeyi unutmamalı, dozimetreyi açmaya çalışmamalı, dozimetreye zarar verecek ve etkileyecek her türlü şeylerden ve kimyasallardan uzak tutmalıdır.

Bunlara ek olarak iyonlaştırıcı radyasyon yayan cihaz veya radyoaktif maddelerle çalışanlara(farklı mesleklerden ve farklı bölümlerden); maruz kaldığı/kalacağı tehlikenin boyutunu, tehlike durumunda yapılacak işlemleri ve alınacak önlemleri içerecek şekilde, radyasyondan korunma ve radyasyon kaynaklarının güvenliğine ilişkin kuralların ve talimatların anlatıldığı eğitim seminerleri her yıl düzenli olarak yapılmalıdır.

Detaylı ve gerekli prosedürlerin hazırlanması, personelin eğitimi, ergonomik tasarımların kullanılması, oluşturulan güvenlik ve korunma sisteminin işlerliğinin sağlanması dozimetrelerin iş güvenliğinde istenmeyen olayların ortaya çıkmasını engelleyecektir.

KAYNAKLAR

Algüneş, Ç., (2002). Radyasyon Biyofiziği, Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 81-5, Edirne.

Barınmaz, D., (2009). Nükleer Tıp Uygulamalarında Radyasyon Doz Dağılımlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Nükleer Fizik Programı, İstanbul Üniversitesi.

Bor D, Buyan G, Meriç N. (2000). Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunmada Yeni Kavramlar 2. Radyoloji Gündemi 2000: 5-10.

Cember H, and Johnson T.E, (2009). Introduction to Health Physics, The McGraw-Hill Companies, United States, 873s.

Chen, R., and Mckeever, S.W.S. (1997). Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena. World Scientific Publishing, Singapore, 559s.

Coşkun Ö., (2011). İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri Suleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Meslek Okulu SDU Teknik Bilimler Dergisi; Cilt:1 Sayı:2. 13-17, Isparta.

Demir M., 2011. Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Anabilim Dalı. İstanbul.

Doğan Baydoğan N., Tuğrul A. B., (2002). Gama ışınları ile ışınlanmış kurşun-alkali-silika camın dozimetrik kullanımı, İTÜ fen bilimleri Dergisi, Cilt:1, Sayı:1, 43-51, Aralık 2002.

Gökharman, F.D., Aydın, S., Koşar, N. P., (2016). Radyasyon Güvenliğinde Mesleki Olarak Bilmemiz Gerekenler, SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 7 / Sayı 2

Göksu, H.Y., (2009). Radyasyon Kazaları Ve Geriye Dönük Doz Çalışmaları, X. Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim 2009,27-46.

Gündüz, H., , (2009). Radyasyon Güvenliği, Korunma Yöntemleri Ve Dozimetre Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar, Tüm Radyoloji Teknisyenleri Ve Teknikerleri Derneği (Tümrad-Der), 3. Radyoloji Teknisyenleri Mesleki Eğitim Toplantıları, 22-25 Ekim 2009, Antalya.

Gürlek, A.K.,Yeğingil, Z., Doğan, T., (2012). LiF:Mg,Ti (TD-100) TermoluminesansDozimetresinin Ve XR-QA₂Radyokromik Film DozimetresininDozimetrik Özellikleri, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,Cilt:28-2

Hızlı, Y., (2012). Nükleer Tıp Personelinde Radyasyon Maruziyeti, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, s54, Manisa.

IAEA(International AtomicEnergyAgency)(2005). RadiationOncologyPhysics:AHandbookForTeachersAndStudents, Vienna; 77-81, 506-510.

Izewska, J.,Rajan, G., (2005). Review of RadiationOncologyPhysics: A HandbookforTeacherandStudents, International AtomicEnergyAgency (IAEA), 2005.

Koklu N., (2006). Radyasyonun İnsan Sağlığı Uzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s74, Konya.

Leslie W.D.,Greenberg I. D., (2003). NuclearMedicine. LandesBioscience, Georgetown,Texas, U.S.A

Marcazzo vd., (2009). Nuclear Instruments andMethods in PhysicsResearch B. 267, 3347-3350.

Mckeever, S.W.S.,Moscovitch, M. andTownsend, P.D., (1995). DosimetryMaterials : PropertiesandUses (Ashford : NuclearTechnology Publishing), England.

Pabuşcu Y. Türkiye'nin Radyasyon Kaza ve Savaşına Karşı Durumu ve Radyasyon İle İlgili Yasal Durum. Temel Radyoloji Fiziği. Türk Radyoloji Derneği İzmir Şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005: 133-141.

Parlar, Ş., Ergülen, A., (2009). Trakya Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Güvenliği Elkitabı, 2009.

Powsner R.A., Powsner E.R., (2006). Essential Nuclear Medicine Physics. Blackwell Publishing

Stabin M.G., (2010). Radiation Protection and Dosimetry; An Introduction to Health Physics.

TAEK, (1998). Endüstriyel Radyografi için Radyasyon Korunması, Türkiye Atom Enerji Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi El Kitabı.

TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu), Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, Yayın tarihi: 24.03.2000, Resmi gazete No: 23999, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 2000.

Thomsen, K.J., (2004). Optically Stimulated Luminescence Techniques in Retrospective Dosimetry Using Single Grains of Quartz extracted from Unheated Material. Ph.D Thesis, Risoe National Laboratory, Roskilde, Denmark.

Togay Y.E., (2002). Radyasyon ve Biz; TAEK Yayınları. 2002: 2-12.

Türk, H., (2014). Terbiyum Katkılı Mg_2SiO_4 Fosforunun Termoluminesans Kinetik Parametrelerinin Işıma Eğrisi Ayırıştırma Yöntemi İle İncelenmesi,

Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Aydın.

UROK (2002). Temel Radyoterapi, Radyasyon Fiziği ve Radyobiyojoloji Kurs Kitapçığı 38-39 , 45-58

Wiedemann, E., Schmidt, G. C., (1895). Ueber Luminescenz, Ann. Phys. Chem. Neue Folge, 1895, 54:604

Url1, http://www.tumradder.com/.../rad._guvenligi_ve_korunma_yont._sunumu > alındığı tarih 19.10.2016. (Gunduz H. Radyasyon Güvenliği, Korunma Yöntemleri ve Dozimetre Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar; TAEK/ Saraykoy Nükleer Araştırma Merkezi).

Url2, <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/birimler/bagli-kuruluslar/sanaem/192-saglik-fizigi-bolumu/516-doz-izleme-birimi.html> alındığı tarih 20.10.2016.

Url-3, <https://kbrn.afad.gov.tr/kategori-1182-dozimetreler.html> alındığı tarih 25.10.2016.