

Çevre Sağlığı  
Temel Kaynak Dizisi  
No : 32

# ELEKTROMANYETİK RADYASYON

Doç. Dr. Çağatay GÜLER  
Zakir ÇOBANOĞLU



TÜRKİYE CUMHURİYETİ

SAĞLIK BAKANLIĞI

Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü

T.C

SAĞLIK BAKANLIĞI

Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü

# **ELEKTROMANYETİK RADYASYON**

**Doç. Dr. Çağatay GÜLER  
Zakir ÇOBANOĞLU**

**Birinci Baskı**

**Ankara-1994**

I. Basım: 3500 Adet-1994

ISBN 975-7572-33-0

Bu kitap, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü işbirliği içerisinde yürütülen çevre sağlığı programı çerçevesinde kullanılmak üzere yazılmış ve çoğaltılmıştır. Birinci basımın telif hakları Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğüne aittir. Kaynak gösterilmeksizin yayınlarda kullanılamaz, alıntı yapılamaz.

Basıldığı Yer: **Aydoğdu Ofset** • Tel: 0 (312) 310 79 79 • ANKARA

## ÖNSÖZ

Ülkemizde gerek Sağlık Bakanlığı gerekse ilgili diğer kurumların üzerinde büyük bir hassasiyetle durdukları ve son zamanlarda oldukça yoğun bir kamuoyunun oluştuğu **çevre sağlığı sorunları**, birinci basamakta görev yapan sağlık görevlilerinin öncelikli çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Diğer sağlık sorunlarına göre daha çok işbirliği, daha fazla mevzuat bilgisi ve bilgilerdeki gelişmeleri daha yakın izlemeyi gerektiren çevre sağlığı çalışmaları da sağlık personelinin gözönünde tutması gereken en önemli noktalar; sorunlara duyarlı olmak, bilgisini sürekli tazelemek ve ilgili sektörlerle yakın işbirliği ortamları yaratmaya çalışmaktır.

Bakanlığımız, birinci basamak düzeyinde verilen koruyucu sağlık hizmetlerinde; sağlık personelinin, sürekli eğitimi kapsamında bilgi ve beceri yönünden dünyadaki gelişmeleri yakından izlemesi üzerinde hassasiyetle durmaktadır. Bunun için uygulamaya konulan hizmetiçi eğitim programları kapsamında çevre sağlığı konusundaki eğitimlerin başarıya ulaşmasının, ancak yazılı kaynakların da personele sunulması ile gerçekleştirilebileceği bilinmektedir.

Eğitilere ve uygulamalara temel oluşturması ve gereğinde bir başucu kitabı olarak kullanılması amacıyla hazırlanan bu bir dizi yayının, ülkemiz çevre sağlığı sorunları ile mücadele eden sağlık personelimiz için gerçekten yararlı olacağına inancımız sonsuzdur.

Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü ile işbirliği içerisinde Birinci ve İkinci Sağlık Projeleri kapsamında yürütülmekte olan "Çevre Sağlığı Programı" hizmetiçi eğitimleri için hazırlanmış olan bu yayınların yakın bir gelecekte tüm sağlık çalışanları için vazgeçilmez birer kaynak olacağı ve pek çok yarar sağlayacağı ümidini taşımaktayım.

Yoğun bir mesaiye ek olarak yürüttükleri sonu gelmez umut ve çalışma isteği ile bu değerli ürünleri ortaya çıkaran yazarlarına tüm sağlık çalışanları adına teşekkür ederim.

Dr. O. Niyazi ÇAKMAK

Sağlık Projesi Genel Koordinatörü



### **Sevgili Meslektaşlarımız,**

Çevresel etkenler giderek halk sağlığında daha büyük önem kazanmaktadır. Bu ağırlık bir yandan yeni çevresel etkenlerin etkili olmaya başlamasına bir yandan da diğer halk sağlığı sorunlarının kontrol edilmeye başlamasına bağlıdır.

Kişinin kendi sağlığının korunması ve geliştirilmesine yönelik uygulamalardan, doğrudan sorumlu olmasının yanısıra çevre ile ilgili olumsuz davranışların başkalarının sağlığını da tehlikeye düşürebilmesi, konunun önemli bir yasal düzenleme ve yaptırım sorunu olarak da karşımıza çıkmasına yol açmaktadır.

İnsanın dışındaki herşey çevrenin ögesidir. Çevre kişi üzerindeki dış etkilerin bütünüdür. Çevreyi önce doğal ve yapay çevre olarak ikiye ayırabiliriz.

Çevrede sağlığı doğrudan ya da dolaylı etkileyen önemli etkenler bulunmaktadır. Çevre bir yaşamı sürdürme ve sağlama sistemidir. Su, yiyecek ve barınak bu sistemin en önemli öğelerini oluşturur. Sağlık açısından baktığımızda çevre üç ana grupta incelenir: Fizik, biyolojik ve sosyokültürel çevre.

Hastalık nedenleri ise bünyesel ve çevresel nedenler olmak üzere iki grupta incelenebilir:

Bünyesel nedenler; gen, hormon ve metabolik kaynaklı olabilir. Bazı bünyesel nedenler bazı hastalıklara daha büyük oranda yakalanmaya yol açabilmektedir. Bunlar insan iç ortamı ile ilişkili bir durumdur. İnsan dış çevrenin etkilerine genetik yapısı ile cevap vermektedir.

Çevresel nedenlerin birincisi fiziksel nedenlerdir. Sıcaklık, soğuk, ışın, travma, içme ve kullanma suyu, atıklar, konut sağlığı, iklim koşulları, hava ve su kirliliği, giyeceklerimiz, kamuya açık yerler, sağlığa az ya da çok zarar verebilme olasılığı olan kuruluşlar, mezarlıklar başlıca fiziksel çevre öğeleridir. Çevresel nedenlerin ikincisi kimyasal nedenlerdir. Bunlar, zehirler, kanser oluşuna neden olan bazı etkenler örnek olarak verilebilir. Temel madde eksiklikleri üçüncü neden olarak ete alınabilir. Bazı maddeler vardır ki insanın sağlıklı olabilmesi ve yaşamsal olayların yürütülebilmesi için dışarıdan alınmaları gerekir. İnsan ya da canlı bunu vücudundaki temel yapı taşlarından sentez edemez. Buna temel maddeler denmektedir. (Vitaminler, esansiyel aminoasitler veya yağ asitleri, mineraller gibi.) Çevredeki biyolojik etkenler ise mikroorganizmalar, asalaklar, mantarlar ve diğer etkenlerden oluşmaktadır. Bunlar canlı vücudunda hastalık yapabilirler. Çağdaş yaşamda sık rastlanan stres vb. durumların dahil olduğu psikolojik etmenlerle, sosyokültürel ve ekonomik etmenleri de çevresel etkenler arasında sayabiliriz.

Bu durumda çevre; hastalıklar için zemin hazırlayan, doğrudan hastalık nedeni olabilen, bazı hastalıkların gidişini ve sonucunu etkileyen, bazı hastalıkların da yayılmasını kolaylaştıran bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün çevre olumsuzluk-

ları her dört etkiye de neden olabilir. Hava, su, toprak kirlenmesi doğrudan hastalık nedeni olabildiği gibi, bir kısım hastalıkların yayılımını kolaylaştırabilir ya da bir kısım hastalığın gidişini etkileyebilir.

Fizik ve biyolojik çevre yakından ilişkilidir. Sözelimi iklim canlıların yaşaması ve çoğalmasıyla yakından ilişkilidir. Jeolojik ve coğrafik özellikler toplumlar arasındaki bağlantıyı oluşturmaktadır ve hastalık etkenlerinin yayılımıyla da bağlantısı olabilir.

İnsanlarca oluşturulan yapay çevre koşulları insanlar ve insan toplulukları üzerinde giderek çok daha önemli boyutlarda etkili olmaya başlamıştır. Uzay yolculukları veya denizaltı bilimsel araştırma merkezlerinde olduğu gibi kimi zaman da bu yapay çevre koşulan kişinin varlığını sürdürebilmesi için vazgeçilmez durumdadır.

Çevre sağlığı, bir çok meslek grubunun ekip hizmeti sunmasını gerektiren önemli bir sağlık sorunudur. Bir çok sektörün işbirliği olmadan çevre sağlığı sorunlarının çözümü mümkün olmaz. Toplumun ekonomik yapısı, ekonomik kalkınma çabaları ile bağlantılı olup, kentleşme süreci ile de yakından ilişkilidir. Bunun sonucunda başlangıçta alınacak koruyucu önlemler pahalı gibi görünürse de, sonradan bozulan çevrenin düzeltilmesiyle ilgili çabaların maliyeti ve olumsuz sonuçları gözönüne alındığında daha ucuz bir yöntemdir.

Çevre sağlığı, çevre fizyolojisi, uygulamalı fizyoloji gibi bilim dalları ile yakından ilişkilidir. Uygulamalı fizyoloji ve çevre fizyolojisi çevredeki olumsuz etmenlerin insan ve canlı fizyolojisi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çevre sağlığı halk sağlığının da önemli bir koludur. Sağlık elemanları, sağlık ve çevre mühendisleri çevre sağlığı konusunda işbirliği yapmak zorundadır. Sağlık elemanları çevresel öğelerin sağlık üzerindeki etkilerini belirleyerek çevre mühendislerine yol gösterirler.

Canlıyı olumsuz etkileyen maddeler genel olarak toksik maddeler olarak adlandırılmaktadır. Zehir anlamına gelir. Toksikoloji günümüzde tek başına bir bilim dalı olarak önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Klinik toksikoloji, adli toksikoloji gibi dalların yanı sıra giderek çevresel toksikoloji dalları da gelişmiştir. Toksikoloji bu açıdan farmakoloji, patoloji, beslenme ve halk sağlığı dallarıyla yakından ilişkilidir. Toksik maddelerin etkilerinin ilaç yan etkileri, orjinleri, etkileme süreci gibi özelliklerine dayanarak yapılması mümkündür. Toksik maddeden etkilenmenin değerlendirilmesi, doz cevap ilişkileri giderek büyük önem kazanan alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uzun yıllar toplum hekimliği görüşünün hijyenden farklılığı vurgulandı. Bu vurgulama çoğu genç hekimde hijyen kavramının yok sayıldığı gibi bir yanlış anlamaya yol açtı. Oysa bu yaklaşımın amacı toplum hekimliği görüşünün hijyen kavramına göre daha çağdaş bir yaklaşım olduğunu vurgulamaktı. 1800'lü yılların halk sağlığı yaklaşımının temeli olan hijyenin yadsınması veya yok sayılması söz konusu değildi.

Çevre sağlığının konuları gözden geçirildiğinde çoğunun alınacak önlemlerle radikal olarak ortadan kaldırılabilir özellik taşıması hekimlerde gelecekte çevre ile heki-

min doğrudan ilişkisinin kalmayacağı şeklinde yanlış bir kanı da uyandırdı. Bu yanlış kanının dayandığı temeller yok değildi. Bir kanalizasyon sisteminin kurulması, buna bağlı arıtım tesislerinin varlığı insan atıkları ile ilgili bir çok sorunun ortadan kalkmasını sağlayabilirdi. Ancak günümüzde ortaya çıkan sorunlar hekimin çevre sağlığı konuları arasında işlenen bazı temel sorunlarla doğrudan ilişkisinin kalmamasına karşın, çevre sorununun önemli bir boyutunun doğrudan ilgisi olmak zorunda kalacağını gösterdi. Günümüz kaynakları bunu kısaca **çevre hekimliği** terimiyle tanımlamaktadır.

Öte yandan radikal önlemlerle ortadan kaldırılabilecek olan çevre sağlığı sorunlarında da toplum bireylerine ve topluluklara yer, zaman ve kişi özelliklerine uygun, pratik çözüm önerileri götürülmedikçe teknik danışmanlık hizmeti sağlanamadıkça ilerleme sağlanması çok zordur. Kimi zaman tek bir beldenin bütün köyleri için geçerli bir uygulama biçiminin sunulabilmesi bile zor olmaktadır. Oysa hızla gelişen teknolojiye uyum sağlama çabası içerisindeki ülkemizde yapılan her düzenleme doğrudan ve dolaylı olarak sağlık personeline önemli görevler yüklemektedir. Ülkemizde çevre sağlığı ile ilgili mevzuatın sağlık personeline yüklediği görevler sanıldığından çok ağırdır. Çevre hekimliği yaklaşımı esas alındığında hekim ve sağlık personelinin eğitiminde görev alacak personelin eğitiminde tartışılması gereken konular oldukça kapsamlıdır. Mevzuattaki görev ve yetki karmaşaları ortadan kaldırılamadığı sürece bu kapsam doğrudan ve dolaylı olarak alanda çalışan personel tarafından dile getirilecektir. Kimi sanayileşmiş illerde içerik istemi daha çok sanayi tesislerinin çevresel etki değerlendirilmesi ile bağlantılı olmaktadır.

Bütün bu noktalar esas alındığında kolay yenilenebilir, kısa ve birbirine bağımlı olmadan ilgili bölümlerin sık sık gözden geçirebildiği bir kaynak kitapçıklar dizisinin yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Yapılacak katkı ve önerilerle daha da gelişeceğine inandığımız bu dizinin yararlı olmasını diliyoruz.

**Doç. Dr. Çağatay GÜLER**

H.Ü. Tıp Fakültesi

Halk Sağlığı Anabilim Dalı

**Zakir ÇOBANOĞLU**

T.C. Sağlık Bakanlığı

Temel Sağlık Hizmetleri

Genel Müdürlüğü



## İÇİNDEKİLER

|                           |    |
|---------------------------|----|
| TANIMLAR .....            | 11 |
| BİLGİ FORMU .....         | 21 |
| MEVZUAT VE YAPTIRIM ..... | 26 |
| KAYNAKLAR .....           | 27 |



## **ELEKTROMANYETİK RADYASYON**

### **TANIMLAR :**

- RADYASYON :** 1) Parçacık ya da tek renkli ışık yayımı; bu parçacıkların ya da ışımının kendisi,  
2) Maddesel ortamdan geçerken onunla etkileşerek iyon çiftleri oluşturabilen X ışını, gama ışını gibi elektromanyetik ışınlarla, kinetik enerjileri olan yüklü parçacıklar, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi tanecik karakterli ışınım.

**RADYOAKTİVİTE :** (Radyoaktiflik) Kararsız nükleitlerin, parçacıklar ya da elektromanyetik ışın (fotonlar) yayımlayarak kendiliğinden kütle yitirme özelliği.

Uzay ve güneş kaynaklı radyasyon tüm insanları sürekli olarak etkilemektedir. Değişik nitelikteki radyasyon kaynakları sürekli insan ve canlılar üzerinde etkili olmaktadır. (1 -8)

İyonlaştırıcı etkisi olmayan ışınların insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri fazla değildir. Katarakt, deride yanıklar, gözde yaralar ve yanıklara neden olabilmektedir. İster doğal ister yapay olsun iyonlaştırıcı ışınlar oldukça tehlikelidir. Doğal radyasyonun şiddeti azdır. Ancak yapay radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça önemlidir.

Radyasyon kirliliğinin en önemli nedenleri arasında atmosfer ve toprak altında yapılan nükleer denemeleri sayabiliriz. Nükleer reaktör kazaları bir diğer nedendir. Toprağa gömülen radyoaktif atıkların kaplarının sızdırması toprak aracılığı ile radyoaktif elementlerin bitkilere ve hayvanlara ulaşmasına yol açabilir. Nükleer yakıtla çalışan araçlardan olan sızıntılar, bir diğer faktör olabilir. Radyasyon tedavi birimlerinin çevresi, radyoaktif yöntemler kullanan laboratuvar atıkları da radyasyon kirlenmesi nedeni olabilir. (3, 4, 5)

Radyoaktif kirlenme dokularda hücrelerde mutasyonlara ve kanser gelişimine yol açabilir. Anne karnında bebeğin gelişimini olumsuz etkileyerek onun doğuştan bir takım gelişim bozuklukları ile doğmasına yol açabilir. Akkan sistemini etkileyerek hastalıklara karşı direnci de azaltabilir. Stronsiyum bu açıdan güzel bir örnektir. Kimyasal ve fiziksel özellikleri kalsiyum elementine çok benzeyen stronsiyum biyokimyasal döngülerde kalsiyumla birlikte ve ona benzer biçimde hareket etmektedir. Radyoaktif stronsiyum 90'ın yarılanma ömrü 28 yıldır. Yani 28 yıl içerisinde yarısı hala aynı etkinlikte varlığını serpintilerle toprağa ulaşan stronsiyum likenler tarafından alınır. Bunu yiyen hayvanların etinde birikebilir. Bu hayvanları yiyen insanlar ise stronsiyumu etle birlikte atabilirler. Aynı zamanda bu hayvanların sütünü içen insanlarda radyoaktif stronsiyumu alabilirler. Alınan bu stronsiyum kemiklerde birikir. Başlangıçta düşük miktarda alınsa bile zamanla daha büyük miktarda stronsiyum vücutta bulunacaktır. Bu stronsiyum yıllarca radyoaktif etki yapacaktır. C14 ve H3 gibi radyoaktif maddeler stronsiyum 90 dan daha da tehlikelidir. Bu radyoaktif maddeler dünyadaki bütün canlıları etkileyebilir. (3, 4, 5)

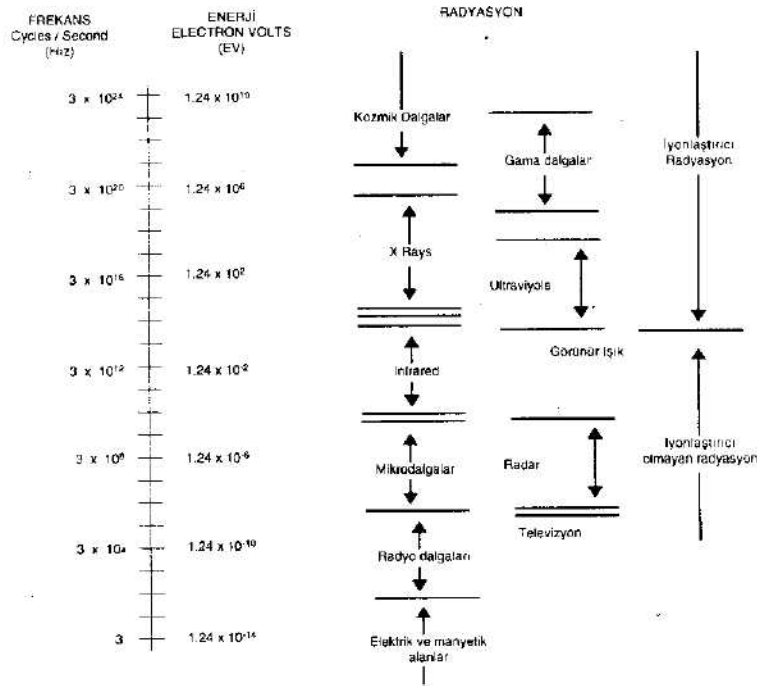
Nükleer atıkların toprağa gömülmesi engellenmelidir. Nükleer sızıntılara neden olabilecek kuruluşlarda yapım ve teknoloji standartları konusunda uluslararası ölçütler belirlenmelidir. Ülkeler nükleer atıkların başka ülkelerin topraklarına taşınmaması için gerekli güvenlik önlemleri almak zorundadır. Buna yönelik uluslararası düzenlemeler yapılmakta, uygulama açıkları da giderilmektedir. Kirliliğe karşı en önemli koruyucu önlemlerden birisi toplumun eğitimidir. Toplum bireyleri tüm kirlenici etkenlere karşı bilgili ve duyarlı olmak zorundadır.

100 kHz den 300 GHz kadar frekans içeren, radyo dalgaları veya radyo frekansı radyasyonu elektromanyetik spektrumun bir bölümünde yer alır. (Şekil. 1)

Bu frekanslar AM, FM ve kısa - dalga radyo ; UHF ve VHF televizyon; radar; mikrodalga nakil hatları ve uydu haberleşmede kullanılır.

### Temel fiziksel tanımlar

Elektromanyetik radyasyon uzaydan foton denilen enerji paketleri halinde yayılmaktadır. Bütün fotonlar ışık hızıyla hareket etmektedir. Fotonun enerjisi frekansı ile doğru orantılıdır ve elektronvolt olarak ifade edilmektedir. (1) Bu bir voltluk bir potansiyel farkının etkisi altında ivme kazanan bir elektronun enerjisidir. Bu çok küçük bir değerdir. 1 miligram ağırlığındaki bir cismin 0,000001 cm yüksekliğe kaldırılabilmesi için bir milyon elektronvolt gerekmektedir. (eV) Düşük enerjili fotonlar etkilerini genellikle kaynağın yakınında göstermektedir.



Şekil 1. Elektromanyetik Spektrum (kaynak)

Şekil 1'de elektromanyetik spekturumu ve enerji değerleri görülmektedir (1)

Uzayda hareket ederken genellikle Tasladıkları maddelerin atomlarını aktive ederler. X ışını veya gama ışını gibi yüksek enerjili fotonlar yörüngelerindeki elektronlar ile etkileşerek iyonize ederler. Normal koşullar altında bir atom elektriksel olarak nötraldır ve yörüngesindeki elektron sayısı çekirdeğindeki pozitif yüklü protonlarla eşit sayıdadır. Elektron alındığında negatif yüklü bir birim olarak, geri kalan atom ise pozitif yüklü bir birim olarak davranır. Bu ikisine iyon çifti denmektedir (ion pair)

Bir elektronun atomdan ayrılması için gerekli enerji miktarı teorik olarak 10 eV, pratikte ise 34 eV dur. Ancak X ışınları, gama ışınları ve yüksek frekanslı ultraviyole ışınlarının bu miktar enerji gücü vardır.

## 1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

### Ultraviyole ışınları

Ultraviyole ışınlarının temel kaynağı güneştir. Elektrik arkları, kaynak arkları, ultraviyole lambaları ve güneş lambası olarak bilinen ultraviyole lambalarının bu özelliği bulunmaktadır. Güneşten dünyaya ulaşan ışın miktarı :

1. Koruyucu ozon tabakası
2. Bulut durumu
3. Mevsim
4. Günün saati
5. Enlem

6. Deniz düzeyinden yükseklik gibi durumlarda bağlıdır. UV ışınları su, kar veya kumdan yansıyarak etkili olabilir. Bu gibi durumlarda kar veya güneş körlüğü denen durumlar ortaya çıkar.

Ultraviyole lambalarının maddelerden geçebilmesi zordur. Bu nedenle kolay engellenebilen bir ışıdır. Normal pencere camları yüksek frekanslı ışınların büyük bölümünü engeller. Açık renkli elbiselerde aynı etkiyi yapmaktadır.

Açık renk elbiseler hemen hemen tüm frekansları engellemektedir. Ultraviyole ışınlarının etkisi belirli bir düzeye ulaşmadan önce görülemediğinden kişiler farkına vardıklarında büyük oranda etkilenmiş ve zarar görmüş durumda olmaktadır. Deride erken yaşlanma, bulantı, kusma, bitkinlik durumlarına neden olmaktadır.

Ülkemizde özellikle saunalarda güneş lambası olarak derinin renginin kararması amacıyla kullanılmaktadır. Uluslararası Radyasyondan Koruma Ajansı güneş lambalarının önlenmesini önermektedir. Yazın sıcak günlerinde özellikle öğle güneşinden kaçınılması, açık ve bol bir elbise giyilmesi, geniş kenarlı bir şapka ile korunulması önerilmektedir.

Kişiler kendilerini ultraviyole ışınlarını absorbe edebilme özelliği olan kremler veya losyonlar sürerek te koruyabilmektedir.

Ultraviyole ışık, iyonlayıcı radyasyondan daha düşük enerjili ve dalga boyuna bağlı olarak soğurma özelliği nedeni ile ayrılır. Nükleik asidin 2600 °A de pik verecek şekilde geniş bir soğurma bandı vardır. Soğurmanın etkisi öncelikle nükleik asidin Pyrimidin'lerine H ve CH iyonlarının bağlanması ile onu kimyasal olarak değiştiren kimyasal bir olaydır.

Bu etkinin gözlenebilmesi için birçok fotona ihtiyaç vardır. Soğurulan fotonların, gelenlere oranı olarak tanımlanan verim, örneğin, moleküller için 0,01, virüsler için 0,00001 dir. Proteinde, özellikle aromatik amin ve cystine tarafından büyük olmamakla birlikte UV soğurma olduğu bilinmektedir.

UV Radyasyonun etkileri şöyle sıralanabilir.

**Yanıklar:** UV ışık, güneş yanığı dediğimiz, deri üzerinde etki yaratır.

**Mutasyon Oluşturması:** UV ışık, bakteri ve virüsler dahil tüm hücreler üzerinde mutasyon yaratır. Mutasyonun, DNA üzerinde küçük kimyasal değişiklikler yarattığı düşünülmektedir.

**Kromozom bölünmeleri yaratması :** UV'nin, iyonlayıcı radyasyona göre çok daha az da olsa kromozonları parçaladığı bilinmektedir.

**Hücre bölünmesinde gecikme ve dev - hücre oluşumu :** Hücre bölünmesi ile UV ile engelenemediği ve böyle hücrelerin aşırı büyüme gösterdiği tesbit edilmiştir.

**Metabolizma ve Protein sentezine etkisi:** UV'nin DNA sentezi üzerinde iyonlayıcı radyasyona göre daha fazla etkisi olduğu bulunmuştur.

**Mikrodalgalar :** Mikrodalgalar, frekansı 1 - 300 GHz arasında olan elektromagnetik bir dalgadır. Radar, uydu veya uzak telefon haberleşmeleri, telgraf, televizyon yayınları, radyo astronomi ve diğer amaçlarda kullanılır. Mikrodalga, görme mesafelerinde Atmosfer içerisinde karşıdan karşıya veya kısa mesafelerde dalga kılavuzu veya Koaksiyel kablolarla yönlendirilerek kullanılır.

#### **Laser dahil görünür ışınlar**

Görünür ışınların sağlık etkisi doğrudan veya dolaylı olabilir. Doğrudan güneşe bakıldığında olduğu gibi gözde zarar meydana getirebilir. Yetersiz aydınlanma düşme kazalarına neden olmaktadır. Aşırı aydınlanmaya bağlı otomobil kazaları olabilir. (Parlamalar, göz kamaşmaları nedeniyle)

Laser ışınları söz konusu ışınların belirli odaklamalarıyla elde edilmektedir, endüstri, tedavi vb gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

## **İnfrared radyasyon**

Bütün cisimler düşük yüzeyel sıcaklık değerine sahip olan diğer cisimlere infrared ışınlar yayarlar. Sıcaklığın artması radyasyonun enerjisinin ve frekansının artmasına neden olmaktadır. İleri derecede sıcaklık artırımına bağlı olarak emisyon enerjileri infrared bölümünden görünür ışık bölümüne hatta düşük ultraviyole spektrum bölgelerine koyabilmektedir. Bu durum demir çelik endüstrisinde görülen bir durumdur ve meydana gelen beyaz sıcaklık, kırmızı sıcaklıktan daha fazla sıcaktır. (1)

İnfrared ışınları derinin derin tabakalarına penetr olmamaktadır. Ancak eğer kontrol edilemeyecek olursa deri yanıklarına, gözde katarakta, retinal harabiyete neden olabilir. Bu spektrum insan vücudunun ısını terleme mekanizmasıyla etkin soğutmayacak boyutlara kadar çıkarabilir. İnfrared ışınlar parlak ve cilalanmış yüzeylerden kolayca yansıtılabilmektedir.

## **Mikrodalgalar**

Mikrodalga radyasyon kaynakları arasında radar, radyo ve televizyon vericileri sayılabilir. Satelilit telekomünikasyon sistemleri ve mikrodalga fırınlarında da aynı tip ışınlar bulunmaktadır. Endüstride boyaların, mürekkeplerin, sentetik lastiğin kurutulmasında, tahılların böceklerden korunmasında kullanılmaktadır.

Tıpta infrared ışınlar derin sıcaklık tedavisinde kullanılmaktadır. Metaller tarafından bu ışınlar yansıtılır ve cam, kağıt ve plastikten geçerler. Su içeren materyaller tarafından absorbe edilmektedir. Mikrodalga fırınlarında mikrodalga ışınları su moleküllerinin ajitasyonuna neden olur ve moleküler sürtünmeye bağlı olarak ısı oluşumuna yol açarlar.

Mikrodalgaların mini canlılar üzerindeki etkisi sadece ısı mekanizmasıyla değildir. İnsan vücudunun değişik bölümlerinin iletkenliğinin farklı olması nedeniyle bu ışınlardan etkilenme derecesi farklı olmaktadır. Mikrodalgalar  $10^8$ - $10^{11}$  Hz frekanstadırlar.

Mikrodalgaların etkisine en duyarlı organlar gözler ve testislerdir.

## **Mikrodalga Fırın :**

A. B. D. Radyolojik halk sağlığı bürosu, çalışır durumdaki bir fırının yüzeyine yakın her  $\text{cm}^2$  sinden  $5 \text{ mWatt/cm}^2$  den fazla kaçak olmaması koşulunu getirmiş ve bu standardın sağlanmasını istemiştir. Bununla birlikte insanlarda doku harabiyeti  $5 \text{ mW/cm}^2$  den çok daha büyük değerler için rastlanmıştır. Ancak tekrarlı küçük dozların bir etki yapıp yapmadığı incelenmemiştir.

**Tanım :** Saniyede 20.000 den büyük titreşimlere ultras ses denir. Normal insan kulağı 16 - 20000 arasındaki titreşimleri (sesleri) duyar.

## **Tıpta uygulandığı Yerler:**

Cerrahi ( $10 \text{ Watt/cm}^2$ )

Fizik tedavi (1 - 3 Watt/cm<sup>2</sup>)

Teşhis (0,001 -0,1 Watt/cm<sup>2</sup>)

**Biyofiziksel Etkisi:**

Ultra etkisi (1 - 3 Watt/cm<sup>2</sup>)

Kabarcık oluşturma etkisi (300 veya daha yüksek Watt/cm<sup>2</sup>)

Mekanik etkisi (Örneğin DNA moleküllerin kimyasal yapısının 1 MHz, 30Watt/cm<sup>2</sup> için parçalandığı gözlenmiştir.)

**Biyolojik Etkisi :**

Ultrasesin biyolojik etkilerine ait geniş literatür olmasına rağmen, doku, organ ve hücre seviyesindeki etkiye henüz kesin olarak anlaşılmış değildir. Etkisi çeşitli seviyelerde incelenebilir.

Hücre üzerinde etkisi, Hayvanlar üzerinde etkisi, Genetik etkisi, Geç ortaya çıkan etki.

**Hücre Üzerinde Etkisi:**

Ultrasesin hücre ve kromozom seviyesindeki değişikliklerini incelemek için lökosit kültürleri kullanılmıştır. (Birt. Med. Journal, 4(1970) 92) .-Mac Intoch ve Davey'in bu ilk çalışmasından sonra, ultrasesin değişik enerji düzeyleri, Frekans şiddet ve süreler için birçok deney yapılmıştır. Bu çalışmalarda tıbbi uygulamada kullanılan ultrases enerjileri (5 - 20 milliwatt/cm<sup>2</sup>) için DNA molekül yapısında bozulma olduğu ileri sürüldü ise de bu henüz kesinlik kazanmış değildir.

**Hayvan Üzerinde Yapılan Çalışmalar :** Teşhis düzeyindeki ultrasesin hayvan üzerinde yapılan deneyler yapısal ve davranış bakımından hiç bir değişiklik oluşturmadığı ancak 10Watt/cm<sup>2</sup> ve daha yukarı değerler için prapleji oluşturduğu gözlenmiştir.

**Genetik Etkileri**

Tıbbi uygulamada özellikle ultrasesin teşhis dozlarında (2 - 20 miliwatt/cm) genetik bir hasar vermesi en çok korkulan bir yan etkisidir. Bununla birlikte hayvan üzerindeki çalışmalar düşük şiddette ultrasesin genetik yönden hiçbir yan etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Tedavi dozlarında (1 - 3 Watt/cm<sup>2</sup>) hatta hayvanları sterilize eden daha yüksek dozlarda bile genetik etki gözlenmemiştir.

**Elektrik ve manyetik alanlar**

Elektriğin kablolardan hareket etmesi elektrik ve manyetik alanlar oluşturmaktadır. Yüksek voltaj hatlarının sağlık etkileri ile ilgili çelişkili görüşler bulunmaktadır. (1) Yapılan epidemiyolojik çalışmalar düşük manyetik alan etkisiyle değişik kanser risklerinde artım arasında zayıf bir bağlantı kurmaktadır. Kızartma makineleri, elektrik battanileri yüksek voltaj hatlarınıninkine yakın manyetik alanlar oluşturmaktadır. Eğer böyle

bir risk varsa evlerdeki araç ve gereçler daha büyük oranda etki yapabilecektir. Elektiriksel ve manyetik alanların bağışıklık sistemini, iç salgı sistemini, büyüme düzenleyici mekanizmaları etkilemektedir.

### **İyonlaştırıcı radyasyon**

İyonlaştırıcı radyasyon gama ışınları ve röntgen ışınları gibi elektromanyetik radyasyon ve partikül radyasyonunu kapsamaktadır. Radyoaktif nüklidlerin yapay ve doğal olarak parçalanması olayına radyoaktivite denmektedir.

Radyoaktif materyalin aktivitesi birim zamanda nükleer disintegrasyon sayısı ile tanımlanmaktadır. Aktivite birimi becquerel (Bq) ile tanımlanır. Bir Bq saniyede bir disintegrasyona eşittir. Daha önceleri aktivite birimi olarak Curie kullanılırdı ve bir Curi saniyede  $3.7 \times 10^{10}$  disintegrasyona denktir Aşağı yukarı 1 gram radyuma denktir.

İyonlaştırıcı radyasyon hücrelere penetre olma özelliği, atomlar arasında enerjinin random olarak birikimini sağladığı için biyolojik harabiyete neden olan değişikliklere yol açabilmektedir. Bu etkiler arasında serbest radikaller ve hidrojen peroksit gibi toksik materyaller sayılabilmektedir.

Radyasyonun absorbe olan dozu, radyasyon etkisi altında kalan materyalin birim kütlesi başına düşen enerjidir. Absorbe olan doz birimi kilogram başına bir Joule dır. Bunun için Gy (gray) terimi kullanılmaktadır. Günümüzde en sık kullanılan eşdeğer doz birimi sieverttir. (Sv). Eski birim olan rem de kullanılmaktadır. Bir Sv 100 remdir. İyonizan radyasyonun öldürdüğü hücrede en önemli hedef yapı DNA dır. DNA, DNA üzerindeki iyonlaştırıcı etkiye bağlı olarak (Doğrudan etki) veya OH adlakallerince meydana getirilmektedir. Serbest radikaller ve hidrojen peroksit bu açıdan güzel bir örnek oluşturmaktadır. Sarmal harabiyeti, en önemli etkileri oluşturmaktadır.

İyonlaştırıcı radyasyonun en belirgin gecikmiş somatik etkisini karsinogenesis oluşturmaktadır. Bu etki altında kalan bireyde kanser gelişme durumunu etkileyen birçok etmen bulunmaktadır:

1. Radyasyonunun dozu ve yayılımı
2. Radyasyon kalitesi
3. Etkilendiği sırada konakçının yaşı
4. Dokunun etkilenebilirlik derecesi
5. Cins
6. Genetik özellikler
7. Sigara içme
9. Diyetel alışkanlıklar
10. Birlikte kimyasal etkilenim olup olmaması.

## **Radon**

Radon giderek daha büyük oranda ilgi çekmektedir. Radon atmosferde bulunan radyoaktif bir gazdır. U238 serisinden bir izotoptur. Ra226 nın radyoaktif bozunumu sonucu oluşmaktadır. (9) Biyosferde bol bulunur. Radyum toprakta, kayalarda ve bazı inşaat malzemelerinde çok fazla miktarda bulunmaktadır. Çalışma ortamında yüksek doz radyumun bulunmasına bağlı olarak bronkojenik karsinoma geliştiğini ileri süren kaynaklar vardır. (10 -14)

Radon kapalı ortamda çevreye yayıldığında giderek miktarı arttığından düşük dozda bile olsa etkisi açısından tehlikeli olabilmektedir. Çevrede ve toprak tabanda bol miktarda bulunmaktadır. (9) Gelişmiş ülkelerde radon etkisinin azaltılmasına yönelik önlemleri açıklayan halka yönelik kaynaklar hazırlanmıştır. (16) Ülkemizde evlerde radon ölçümüyle evlerinde, yine toprak tabanlı evlerde bu ölçümlerin yapılmasının yararlı olacağı açıktır. 1980 yılında gelişmiş ülkelerde başlatılan çalışmalar, bazı evlerde; madenler için izin verilen miktarın üzerinde radon yayınınının söz konusu olduğu gösterilmiştir. (9)

Ölçüm olmaksızın evlerde radon değerinin tahmini mümkün değildir. Aynı ortamda bulunan evlerde bile farklı değerler elde edilebilmesi mümkündür. (9). New Jersey Halk Sağlığı Birimi akciğer kanserli 400 kadın ve 400 kontrolle ilgili olarak yaptığı karşılaştırmalı değerlendirmede litrede 2 pCi lik bir maruziyetin kanser riskini artırdığını belirlemiştir. (17) EPA litrede 4 pikokurilik değerini düzeltici çalışmaları gerektiğini belirtmektedir. (56,57) Sigara ve radonun aynı ortamda birlikte bulunması akciğer kanseri riskinin çok artmasına neden olmaktadır. (11, 17)

### **Radonun azaltılmasına yönelik önlemler:**

Giriş çatlaklarının ve yerlerinin tıkanması (geçirgen olmayan bir çimento tabakasıyla toprağın örtülmesi), hava akımının bina içerisinden toprağa doğru olmasının sağlanması, suyun radon kapsamının azaltılması (suyun havalandırılması, karbon filtrelerden geçirilmesi), radyoaktif içeriği düşük materyal kullanılması havanın süzülmesinde elektrostatik presipitasyon yapan temizleyiciler, mekanik filtreler, negatif iyon jeneratörü tipi temizleyiciler kullanılabilir, Yeni inşaatların yapımında radon kapsamı az olan materyalin kullanılması.

### **Tıpta kullanılan radyoaktif atıklarla ilgili işlemler:**

Ülkemizde tıp uygulamalarında kullanılan radyoaktif madde atıklarıyla ilgili uygulamaya yönelik açıklama ekte aynen verilmiştir: (19)

Radyoaktif maddelerin; tıp alanında teşhis ve tedavi, sanayide tahribatsız kalite kontrolü ve üniversiteler ile değişik laboratuvar ve merkezlerde araştırma amacı ile kullanılmalarının nedeniyle ortaya çıkan ve istenmeyen sıvı ve katı maddelerin (radyoaktif atıklar) miktarı hergün artmaktadır.

Değişik ülkelerde, radyoaktif artıkların yönetimi konusunda çeşitli araştırmalar yapılarak, düşük, orta ve yüksek seviyeli artıkları işlemek üzere tesisler kurulmuştur. Ayrıca radyoaktif artıkların sürekli depolama alanları, denize gömme teknikleri gerek ulusal gerek uluslararası boyutlarda uygulanmakta ve geliştirilmektedir.

2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu'nun 4. maddesi (f) fıkrasında ise nükleer tesis ve radyoizotop laboratuvarlarından çıkan radyoaktif artıkların güvenli bir şekilde işlenmesi, taşınması, geçici ve sürekli olarak depolanması konularında gerekli önlemleri almak veya alınmasını sağlamak görevi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'na verilmiştir.

Bu amaçlarda İstanbul Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi bünyesinde 1989 yılında Düşük Seviyeli Radyoaktif Artıkları işlemek üzere bir tesis faaliyete geçirilmiştir.

Radyoaktif artıklarla ilgili iki temel yöntem vardır:

1. Atık olarak ayrılmış maddelerin kontrollü şartlar altında belirli bölge ve yerlerde depo edilerek bekletilmeleri ve daha sonra işlenmelerine geçilmesi.

2. Düşük düzeyli ve kısa ömürlü izotoplardan oluşan artıkların teknik öneriler doğrultusunda ve belirlenen koşullara uygun ve denetimli bir şekilde kanalizasyon sisteme verilmesi veya normal çöp muamelesine tabi tutulmasıdır.

Ek listede belirtilen Tıp alanında düşük aktivitelerde kullanılan ve kısa yarı ömürlü (60 günden az) izotopların kullanılması ile oluşan artıkların etkilerini kaybedebilme-leri için belirli sürelerde bekletilmeleri yeterli olmaktadır. Ancak aktiviteleri azalmış olmakta birlikte bu tür artıkların Belediye çöplüklerinde normal atık olarak atılmayıp kontrollü bir şekilde imha edilmesi uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Burada kontrol mekanizmasının amacı artık maddelerin tekrar kullanımını engellemektir. Bilindiği gibi ülkemizde belediye çöplüklerinde, kağıt, plastik, cam, metal gibi malzemeler ayıklanarak ikinci ürün olarak şişe, bidon, teneke, karton v.b. şeklinde halkın kullanımına sunulmaktadır. Bunun önlenmesi için ulusal ve uluslararası mevzuat söz konusu artıkların yetkili otoritenin kontrolü altında ve ikincil çevrimi engelleyecek şekilde imha edilmesini öngörmektedir.

Ancak bu gibi artıkların oluşturdukları merkez ve laboratuvarlardan alınarak, TAEK'e nakledilmesi, bugünkü şartlar çerçevesinde nakliye açısından güçlükler yaratmaktadır.

Artıkların belirli yerlerde toplanması ve önceden TAEK'e haber vererek Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezine nakledilmesinin sağlanması durumunda ücret karşılığında imha işlemleri yapılmaktadır.

Geliştirilmiş olan bilgi formu çerçevesinde il koordinatörlüğünde ve il dahilinde veya bir kaç ilin ortaklaşa kullanabilecekleri bölgelerde söz konusu artıkların imha edilmesi ve küllerinin gömülmeleri uygulama açısından bazı pratiklikler sağlayacaktır.

**ÇOK KULLANILAN RADYOİZOTOPLARIN ÖZELLİKLERİ VE  
ALİmin DEĞERLERİ**

| İzotop Cinsi | Sembölü   | Yarı Ömrü | Kullanıldığı<br>Aktivite (MBq) | ALİmin (Bq)     |
|--------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------------|
| Altın        | Au- 198   | 2,7 gün   | 10000                          | $4 \times 10^7$ |
| Kalsiyum     | CA-45     | *164gün   | 100                            | $3 \times 10^7$ |
| Kalsiyum     | Ca-47     | 4.5 gün   | 1000                           | $3 \times 10^7$ |
| Krom         | Cr-51     | 28 gün    | 5                              | $7 \times 10^8$ |
| Kobalt       | Co-57     | *270 gün  | 0,1                            | $2 \times 10^7$ |
| Kobalt       | Co-58     | *71 gün   | 0, 1                           | $3 \times 10^7$ |
| Demir        | Fe-59     | 45 gün    | 0, 1                           | $1 \times 10^7$ |
| Galyum       | Ga-67     | 78 saat   | 200                            | $3 \times 10^7$ |
| Civa         | Hg-197    | 64,4 saat | 50                             | $2 \times 10^8$ |
| Civa         | Hg - 203  | 46,6 gün  | 500                            | $2 \times 10^7$ |
| İyot         | I-125     | 60 gün    | 500                            | $1 \times 10^6$ |
| İyot         | I-131     | 8 gün     | 500-10000                      | $1 \times 10^6$ |
| İndiyum      | In -111   | 2,8 gün   | 500                            | $2 \times 10^8$ |
| Sodyum       | Na-24     | 15 saat   | 2000                           | $1 \times 10^8$ |
| Fosfor       | P-32      | 14,3 gün  | 400                            | $1 \times 10^7$ |
| Kükürt       | S-35      | *87,4 gün | 5                              | $8 \times 10^7$ |
| Selenyum     | Se-75     | *120gün   | 50                             | $6 \times 10^7$ |
| Stronsiyum   | Sr-85     | * 64 gün  | 50                             | $6 \times 10^7$ |
| Teknesyum    | Tc - 99 m | 6 saat    | 1000                           | $3 \times 10^9$ |
| Talyum       | Tl-201    | 73 saat   | 100                            | $6 \times 10^8$ |
| Ksenon       | Xe-133    | **5,2 gün | 200                            | $2 \times 10^7$ |
| İtriyum      | Y-90      | 64 saat   | 1 -1000                        | $2 \times 10^7$ |
| Çinko        | Zn-65     | *245 gün  | 2                              | $1 \times 10^7$ |

\* Bu radyoizotopların yarı ömürleri 60 günden büyük olmakla birlikte uygulama sıklıkları ve kullanılış aktiviteleri göz önünde bulundurularak yarı ömrü 60 gün ve daha az olan izotoplarla birlikte mütalaa edilmiştir.

\*\* Xe - 133 için DAC değerleri (Türetilmiş hava konsantrasyonu) verilmiştir.

## **BİLGİ FORMU**

### **RESMİ VE ÖZEL HASTANE VE BENZERİ KURULUŞLARDA OLUŞAN KATI RADYOAKTİF ARTIKLARIN YÖNTEMİ**

#### **I. KISA YARI ÖMÜRLÜ RADYOİZOTOPLARDAN OLUŞAN ARTIKLAR**

- 1.1 Resmi ve özel hastane ve benzeri kuruluşlarda yürütülen tıbbi tahlil, RIA ve nükleer tıp çalışmalarından oluşan ve Ek -1 deki listede verilen izotoplarla kirlenmiş tüp, eldiven, kağıt, cam malzeme, metal parçalar ve benzeri maddeler, yeterli süre bekletildikten sonra I. 3 ve 1. 4 maddelerinde belirtildiği şekilde işleme tabi tutulmalıdır. Yeterli bekleme süresi, kullanılan radyoizotopun yarı ömrünün en az 6 katıdır.
- I. 2 Aynı kuruluşlarda kullanılan ve Ek -1 de verilen listedeki radyoizotopun dışındaki radyoizotoplardan oluşan artıklar, eğer kullanılan radyoizotopun yarı ömrü 60 günden kısa ise, yukarıda olduğu şekilde işleme tabi tutulur.
- I. 3 Söz konusu artıklar II . 2 maddede belirtilen özelliklere sahip kaplarda ve plastik torbalar içerisinde yanabilen - yanmayan ve sıkıştırılabilen - sıkıştırılamayan artıklar olarak biriktirilirler. Dolan torbalar ağızları bağlanarak 200 lt'lik varillere yerleştirilirler.
- I. 4 Hacmi 200 lt. olan variller içerisinde yanabilen - yanmayan ve sıkıştırılabilen - sıkıştırılamayan katılar olarak biriktirilen artıklar, belediye çöplüklerinde ikinci ürün olarak kullanılmak üzere ayıklanma işlemine kesinlikle tabi tutulmamalıdır. Valiliğinizin kontrolü ve koordinasyonu altında belediyesine ait fırınlarda yakılmalı veya gömme işlemine tabi tutulmalıdır. Bu tür uygulamanın yapılmak istenmemesi veya yeterli imkanların olmaması halinde III. bölümde belirtildiği şekilde TAEK'e devretmek üzere müracaat edilmelidir.

#### **II. UZUN YARI ÖMÜRLÜ RADYOİZOTOPLARDAN OLUŞAN ARTIKLAR**

- II. 1. Aynı kuruluşlarda kullanılan, yarı ömrü 60 günden uzun olan ve yukarıda sıralanan radyoizotopların dışındaki radyoizotopların kullanılması ile oluşan artıklar radyoaktif artık olarak kabul edilirler. Katı radyoaktif artıklar, sıkıştırılabilen ve sıkıştırılamayan katılar olarak ayrı kaplarda biriktirilirler.
- II. 2. Biriktirme kabının özellikleri: Biriktirme kabının kapağı ayak pedalı ile açılmalı ve kapağın açılması ve kapanması sırasında el kullanılmamalıdır. Kap en az 1 mm kalınlığında sac malzemeden yapılmış olmalıdır. Kabin iç kısımları, kapak ve taban da dahil olmak üzere en az 1 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmış olmalıdır. Kabin dış kısmı sarı renkli olmalıdır. Kabin dış kısmında uluslararası, standart radyasyon ikaz işareti bulunmalı-

dır. Kabın büyüklüğü ve geometrik şekli kullanıcının seçimine bırakılmıştır.

- II. 3. Yukarıdaki özelliklere sahip kabın içerisine yeterli büyüklükte bir plastik torba yerleştirilir. Torbanın uç kısımları, kabın üst kısmından dışarıya taşımali ve kapak kapandığında bu kısımlar dışarıda kalmalıdır. Radyoaktif katı artık üreten her laboratuvar ya da bölümde, bu şekilde hazırlanmış artık toplama kaplarından iki adet bulunmalı ve birinde sıkıştırılamayan artıklar (metal parçaları, tel v.b) diğerlerinde ise sıkıştırılabilen artıklar (eldiven, bez, kağıt, cm malzeme v.b.) biriktirilmelidir.
- II. 4. Laboratuvarda mutlaka, radyoaktif olmayan artıklar için de bir çöp toplama sistemi olmalıdır ve radyoaktif maddeler kullanılmadan yapılan çalışmalar dan oluşan artıklar radyoaktif artık kabında biriktirilmemelidir. Unutulmama lıdır ki, radyoaktif artık yönetimi özel dikkat isteyen pahalı bir sistemdir. Ancak oluşan artığın radyoaktif olup olmadığından şüphe ediliyorsa, bu du rumda, oluşan artık kesinlikle radyoaktif kabul edilmelidir.
- II. 5. Biriktirme kabı dolduğunda plastik torbanın ağzı sıkıca fakat tekrar çözülebi lecek şekilde bağlanır ve üzerleri etiketlenir. Etiket üzerine; kullanılan izoto pun cinsi, maksimum aktivitesi ve torbanın bağlanma tarihi yazılır. Bu şekil de hazırlanan torbalar 200 lt. lik variller içerisinde biriktirilir. Torbanın delinmeden, yırtılmadan varile yerleştirilmesi için azami dikkat gösterilmeli dir. Kullanılan plastik torbanın kalınlığı ve kalitesi kullanıcının seçimine bıra kılmıştır ancak torbalar, içindeki muhteviyati rahatça koruyabilmeli ve bağ lanması, taşınması, varile konulması sırasında kesinlikle delinmemelidir. Delindiği ya da delinebileceği farkedilen torbalar derhal başka bir torba içine konulmalıdır.
- II. 6. Sıkıştırılabilen artıkların biriktirildiği torbalar ve sıkıştırılamayan artıkların bi- riktirildiği torbalar ayrı ayrı varillerde toplanır. Varil dolduğunda kapağı kapa tılır. 200 lt. lik radyoaktif artık varillerinin üzerinde uluslararası standart rad yasyon ikaz işareti ile birlikte Ek - 3 de bilgileri kapsayan etiketler yapıştırılacaktır.
- II. 7. Radyoaktif artıklar içerisine eğer tehlikeli kimyasal maddeler ya da daha başka zehirleyici maddeler karışmış ise, bunlar da varil üzerindeki etiketler mutlaka belirtilmelidir.

### **III. KATI RADYOAKTİF ARTIKLARIN TAEK'NA DEVREDİLMESİ**

Yukarıda açıklanan şartlara uygun olarak hazırlanan radyoaktif artık varilleri, artığı üreten kuruluşun Ek - 3 deki formu doldurarak TAEK'na yazılı olarak başvurusu üzerine, TAEK tarafından gerekli prosedürler tamamlanarak teslim alınırlar.

#### IV. SIVI RADYOAKTİF ARTIKLARIN YÖNETİMİ

1. Kullanıcı tarafından, sıvı radyoaktif artıklar, yetkili otoritenin belirlemiş, olduğu limitleri geçmemek koşulu ile kanalizasyona verilebilir. Bu sınırlar belirlenirken ALI (Annual Limit on Intake - Yıllık alınabilir limit) değerleri kullanılmalıdır. Bu limitler ve nasıl kullanılacağı aşağıda açıklanmıştır.
2. Kanalizasyona verilecek olan bütün radyoaktif maddeler su içerisinde çözünür ve dağılıbilir özellikte olmalıdır. Radyoaktif sıvının, çözünmeyen katı parçacık veya tortu bulundurması halinde, kanalizasyona vermeden önce filtre edilmesi gerekmektedir. Filtre malzemesi katı artık olarak işleme tabi tutulmalıdır.
3. Asidik çözeltiler kanalizasyona verilmeden önce nötralize edilmelidir.
4. Kanalizasyona verilen sıvı, zehirli veya diğer eczaları bulunduruyorsa kullanıcı, sıvıları kanalizasyona vermeden önce bölgesel yetkili otoritelerden (belediye) izin almalıdır.
5. Kanalizasyona verilen bütün sıvıların düzenli ve komple olarak kayıtları kullanıcı tarafından tutularak muhafaza edilmelidir. Bu kayıtlar yetkili otoritenin her denetiminde gösterilebilmelidir.
6. Kanalizasyona verilmeyen/verilmek istenmeyen sıvı artıklarınızı 25'er litrelik plastik bidonlar içerisinde biriktirerek Ek - 3'de verilen formun doldurulmasını takiben III. bölümdeki işlemlere uygun olarak TAEK'ce devralınabilir.

#### V. ÜNİTLER

1. Her bir laboratuvarından veya eşdeğeri üniteden her ay kanalizasyona verilecek olan toplam aktivite 10 ALImin değerini geçmemelidir. Her bir salıvermede (Kanalizasyona veriş) aktivite miktarı 1 ALImin değerini veya 100 Mega Becquerel değerini geçmemelidir. Her bir salıverme olayında aktivite konsantrasyonu  $10^{-6}$  mikro Ci/ml olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmalıdır. Kullanılan ALImin değerleri Ek - 3'te verilmiştir. Radyoaktif artığın birden fazla radyoizotop bulundurması halinde, maksimum izin verilen aktivite aşağıdaki şekilde hesap edilmelidir.

Bir ay içerisinde kanalizasyon sistemine gönderilecek olan sıvıların toplam aktiviteleri:

$$\sum_k \frac{A_k}{ALI_{min_k}} \leq 10$$

Her bir salıveriş için uygulanacak olan aktivite :

$$\sum_k \frac{A_k}{ALI_{min_k}} \leq 1$$

$A_k$  = k Radyoizotopunun aktivitesidir

$ALI_{min_k}$  = k Radyoizotopunun Ek - li tablodan bulunacak olan  $ALI_{min}$  değeridir.

2. Her laboratuvarı radyoaktif sıvının kanalizasyona verilmesi, belirli bir salıverme noktası (Lavabo) ile sınırlandırılmalıdır.
3. Belirlenecek olan bu salıverme noktasına kolaylıkla görülebilecek bir şekilde radyoaktivite işareti takılmalıdır. (Lavabo T dirsek bulunmamalı ve kol ve ayak ile kumanda edilebilir olmamalıdır.)
4. Teşhis veya tedavi amacı ile izotop uygulaması yapılmış olan hastaların idrar ve dışkıları yukarıda belirtilen limitler içerisinde tutulmak kaydı ile kanalizasyona verilebilir.

## RADYOAKTİF ARTIK GÖNDERME FORMU

Form düzenlenme tarihi:

Form gösterilme tarihi :

### Göndericinin :

Adı :

Adresi :

### Radyoaktif Artığın :

Cinsi (Katı, sıvı,) :

(1) Şekli :

(2) Türü :

Aktivite cinsi(Alfa, beta, gama) :

Bulundurduğu izotoplar :

### (3) Pakete Ait Bilgiler:

(4) Paket tanıma kodu :

Paketteki aktivite miktarı (mCi) :

Paket yüzeyindeki doz hızı (mR/Saat) :

Hacim (m) :

İlk doldurma tarihi :

Son doldurma tarihi :

### Sorumlu Şahsın

Adı :

Soyadı :

Ünvanı :

İmzası :

(1) Katı: Sıkışabilir-Sıkışamaz

Sıvı : Serbest sıvı

Katı parçacıklı Çamur formunda

(2) Katı: Kağıt, karton, cam, metl, plastik,

Sıvı : Organik, inorganik

(3) Katı: 200 Ltlik variller

Sıvı: 25 lt. lik plastik bidonlar

(4) RIA, Nükleer Tıp ve Araştırma Lab. artıkları artıkları - Tip A

Endüstriye! Artıklar - Tip B

## **MEVZUAT VE YAPTIRIM**

### **MEVZUAT: KANUNLAR:**

1. Radyoloji Radium ve Elektrikle Tedavi ve Diğer Fizyoterapi Müesseseleri Hakkında Kanun. (Kanun No:3153)  
(28.4.1937 gün ve 3591 sayılı RG)
2. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu (Kanun No: 2690)  
{13.7.1982 gün ve 17753 sayılı RG)

### **TÜZÜKLER**

1. Radyasyon Güvenliği Tüzüğü (Karar No : 85/9727)  
(7.9.1985 gün ve 18861 sayılı RG)
2. Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük (Karar No : 83/7405)  
(19.12.1983 gün ve 18256 sayılı RG)

### **DENETİM VE YAPTIRIM :**

Radyasyon kaynakları ve radyoaktif artıkların izalesi hususları 2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu uyarınca Türkiye Atom Enerjisi Kurumuna verilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Tacher, Alyce Bezman, Principles and Practice of Environmental Medicine, Penum Medical Book Company, New York and London, 1991.
2. Moeller, D.W. Environmental Health, Harvard University Press, Cambridge, London, England, 1992.
3. Güler, Ç. Çevre ve Sağlık Üzerine Etkileri, Sağlık, Toplum ve Çevre Bülteni, 1, 3, 3-8, Mart 1991
4. Güler, Ç. Çevre ve Sağlık, Tıbbi Dokümantasyon Merkezi Yayınları, ISBN - 975 - 7431 -01 -X Ankara, 1992
5. Güler, Ç. Çevre Hekimliği, Sağlık, Toplum ve Çevre Bülteni, 4, 37,1 - 8, Ocak 1994.
6. Last, J. M., Wallace, R. B. Maxcy - Rosensu - Last Public Health And Preventive Medicine, Appleton & Lange, Newyork, 1992.
7. Güler, Ç. Ekoloji, Sağlık ve Sosyal Yardım Vakfı, Dergisi, 1,3, (2 - 6), Temmuz 1991.
8. Nebel, B.J. Environmental Science, Third ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1990,
9. Harley, N. H., Harley, J. H . Potential lung cancer risk from indoor radon Exposure, Ca, A Cancer Journal for clinician, 40, 5, 265 - 275, sept/oct, 1990.
10. NCRP : Evaluation of Occupational and Exposures to Radon and Radon Daughters in Md, National Council on Radiation Protection, 1984.
11. Hornung R. W., Meinhardt, T.J. Guantitative Risk Assessment of Lung Cancer is US Uranium Miner. Health Phys 52 : 417-430, 1987.
12. Muller, J.. Kusiak, R., Ritchie A., Factors Modifying Lung Cancer Risk in Ontario Uranium Miners, 1955 -1981. Ontario Ministry of Labour Report, Toronto, Ministry of Labour, 1989.
13. Sevi, J. Kunz E., Tomasek L, et al, Cancer in Man After Expozure to Rn Daughters. Health Phys 54, 27 - 46, 1988.
14. Cooke, T.F. Indoor Air Pollutants, A. literature Review, Reviews on environmental Health, 9,3,1991
15. Health Aspects Related to Indoor Air Quality, - Euro Reports and Studies 21, WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, 1979.

16. EPA, Radon Reduction Methods, A Home Owners Guide. US Environmental Protection Agency Report EPA - 86 - 005. Nasington DC. Environmental Protection Agency, 1986.
17. Schoenberg, J., Klotz, J. A case control study of radon and lung cancer among New Jersey Women, New Jersey State Department of Health Technical Report, Phase 1., Trenton NJ, NJDH, 1989.
18. EPA indoor Air Quality Implementation Plan, Washington, D.c, EPA/600/6 - 87/002a, 1987
19. IAEA, Nuclear Energy and Environment, 1977