ALARA RGD

RADYASYON ÖLÇÜMÜ VE RADYASYONDAN KORUNMA (RÖRK) KURSU DERS NOTLARI

Tüm sunumlarda TAEK tarafından hazırlanan içerik kullanılmıştır.

İÇİNDEKİLER

1. RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAMLAR
2. UYGULAMA (BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ)
3. RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ
4. UYGULAMA (ÖLÇME)
5. İYONLATIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ
6. RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ
7. RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANIM ALANLARI
8. RADYASYON KAZALARININ NEDENLERİ, SONUÇLARI VE ÖNLENMESİ
9. KİŞİSEL DOZİMETRE VE KULLANIMI
10. TESİS GİRİŞLERİNDE RADYOAKTİF MADDE İZLEME
11. UYGULAMA (PROBLEM ÇÖZÜMÜ)
12. RADYASYON GÜVENLİĞİ MEVZUATI (RÖRK)
13. HURDALARDA RADYOAKTİVİTE
14. RADYOAKTİF MADDELERİN GÜVENLİ TAŞINMASI
15. RADYOAKTİF MADDENİN PAKETLENMESİ
16. ACİL DURUM MÜDAHALE EKİPLERİNİN ÇALIŞMALARINDAN ÖRNEKLER

Radyasyon Ölçümü ve Radyasyondan Korunma (RÖRK) Kursu

	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün
09:00-09:30	Kayıt			
09:30-10:00	Açılış ve Bilgilendirme	Radyasyondan Korunma Sistemi	Tesis Girişlerinde Radyoaktif Madde İzleme	Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması
10:00-10:45	Radyasyonla İlgili Kavramlar-1			
10:45-11:00	ARA	ARA	ARA	ARA
11:00-11:45	Radyasyonla İlgili Kavramlar-2	Radyasyon Kaynakları ve Kullanım Alanları	Uygulama (Örnek Problemler ve Çözümleri)	Radyoaktif Maddenin Paketlenmesi
11:45-12:30	Uygulama (Birim Dönüşümleri)			
12:30-14:00	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI
14:00-14:45	Radyasyonun Ölçülmesi	Radyasyon Kazalarının Nedenleri Sonuçları ve Önlenmesi	Radyasyon Ölçüm Sistemine İlişkin Mevzuat	Acil Durum Müdahale Ekiplerinin Çalışmalarından Örnekler
14:45-15:30	Uygulama (Ölçme)			
15:30:15:45	ARA	ARA	ARA	ARA
15:45-16:30	Kişisel Dozimetre ve Kullanımı	İyonlaştırıcı Radyasyonun Biyolojik Etkileri	Hurdalarda Radyoaktivite	Acil Durum Müdahale Ekiplerinin Çalışmalarından Örnekler

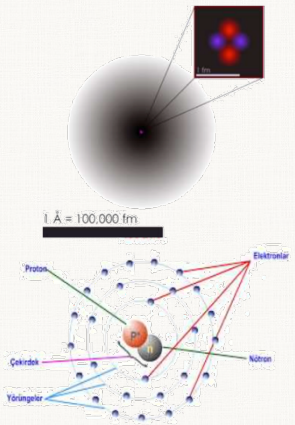
RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAMLAR

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. RADYASYONUN KISA TARİHİ
2. ATOM VE YAPISI
3. RADYOAKTİVİTE
4. RADYASYON
5. RADYASYON KAYNAKLARI
6. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ
7. RADYASYON DOZU
8. RADYASYON BİRİMLERİ
9. ZIRHLAMA

ATOM ve YAPISI

- Atom, maddenin en küçük ve temel yapı taşıdır.
- Bir atomda, çekirdeği saran negatif yüklü bir **elektron bulutu** vardır. Çekirdek ise pozitif yüklü **protonlar** ve yüksüz **nötronlardan** oluşur.
- Proton ve elektron sayıları eşit olduğunda atom elektriksel olarak yüksüzdür (p = e).
- p ≠ e olduğunda parçacık iyon olarak adlandırılır.
- İyonlar kararsız yapıda bulunur ve ortamdaki başka iyon ve atomlarla etkileşime girerler.



Atom ve Kütle Numaralarının Gösterimi

Kütle no = Proton + Nötron sayısı

Atom no = Proton sayısı

$^{4}_{2}He$

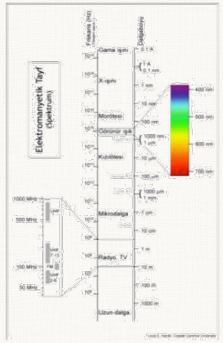
Elektron sayısı = Proton sayısı

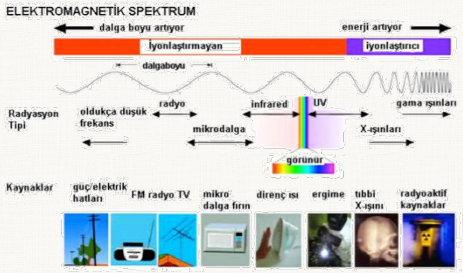
Nötr atom için

TANIMLAR-Radyasyon

- Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçiminde enerji yayılımı ya da aktarımıdır.
- Radyasyon çeşitleri:
  - **İyonlaştırıcı:** Atomlardan elektron sökebilen
    - Parçacık (alfa, beta, nötron)
    - Foton (gama ve X-ışınları)
  - **İyonlaştırıcı olmayan:** Atomlardan elektron sökemez
    - infrared, görünür, mikrodalga, radyo dalgası

Elektromagnetik spektrum





İzotop (1)

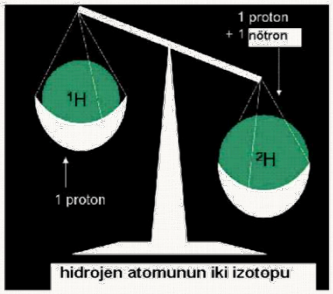
- Proton sayıları aynı, ancak nötron sayıları farklı olan atom çekirdeklerine **izotop** denir.
- İzotopların bazıları kararsız yapıdadır, bunlara **radyoizotop** denir.

İzotop (2)

Örnek:

Hidrojenin 3 izotopu vardır.

- Hidrojen: $^{1}_{1}H$
- Döteryum: $^{2}_{1}H$
- Trityum: $^{3}_{1}H$



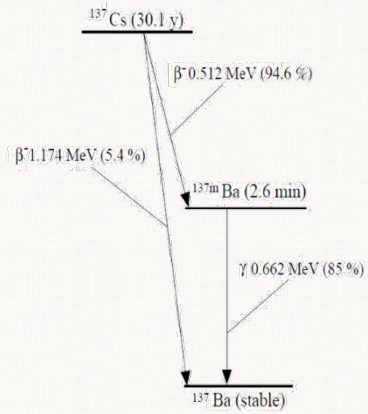
Radyoaktivite

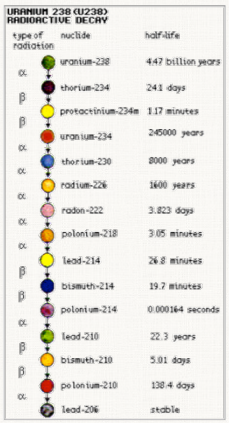
- Kararsız atom çekirdeklerini kararlı hale gelmek için kendiliğinden parçacık veya elektromanyetik radyasyon yaymasına **radyoaktif bozunum (parçalanma)** denir.

- Doğada mevcut elementlerin atomlarının bir kısmı kararlı diğer bir kısmı ise kararsız çekirdeklere sahiptirler.

- Genellikle daha ağır çekirdekler sahip oldukları fazla enerjiden dolayı kararsızdır.

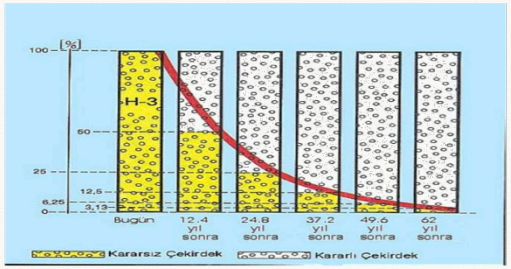
Örnek Bozunma Şeması





Fiziksel Yarı Ömür

- Radyoaktivitenin başlangıçtaki seviyesinin yarıya düşmesi için gerekli zamana "**Yarılanma Süresi**" ya da "**Yarı Ömür**" denir.
- Ayrıca radyoaktif elementin başlangıçtaki atomlarının yarısının bozunması için geçen süre olarak da tanımlanabilir.



NOT: Herhangi bir yolla vücut içine alınan radyoaktif maddenin biyolojik olaylar sonucunda yarısının vücuttan atılması için gereken süreye ise "**Biyolojik Yarı Ömür**" denir.

Her bir radyoizotopun kendine özgü bir yarılanma süresi vardır.

- Polonyum-214..... 164 mikrosaniye
- Teknesyum-99m..... 6 saat
- İyot-131..... 8 gün
- Karbon-14 ..... 5730 yıl
- Radon-222..... 3.8 gün
- Kobalt-60..... 5 yıl
- Stronsiyum-90..... 28 yıl
- Sezyum-137..... 30 yıl
- Amerisyum-241..... 432 yıl
- Radyum-226..... 1600 yıl

Yarı Ömür Hesabı

Bir radyoizotopun yarı ömrü, başlangıç aktivitesi ve t zaman sonraki aktiviteyi ve bozunma sabitini içeren bir formülle bulunabilir.

$$A_t = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

A_t : t Süre Sonraki Aktivite

A_0 : Başlangıç Aktivitesi

$t_{1/2}$: Yarı Ömür

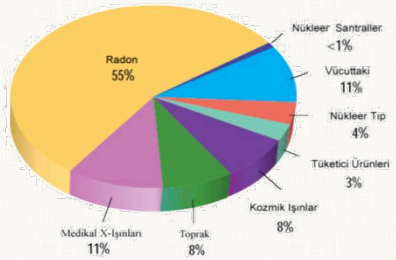
λ : Bozunma Sabiti

Eğer A_t = (½) x A_0 alınırsa $t_{1/2} = 0.693 / \lambda$ veya $\lambda = 0.693 / t_{1/2}$

Radyasyon Kaynakları

Radyasyon kaynaklarını ikiye ayırmak mümkündür:

- Doğal Radyasyon Kaynakları
- Yapay Radyasyon Kaynakları



İyonlaştırıcı Radyasyon (1)

Bir atomun elektronlarından bir veya bir kaçının yörüngelerinden koparılarak serbest hale gelmesi olayına **İYONİZASYON** denir.

Atomu iyon haline getirebilecek enerjiye sahip radyasyona "**İYONLAŞTIRICI RADYASYON**" denir.

Örnek olarak;

- Alfa ışınları (α)
- Beta ışınları (β)
- X - ışınları ve gama ışınları (γ)
- Nötronlar (n) verilebilir.

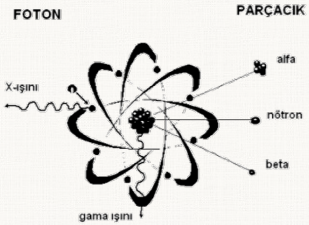
İyonlaştırıcı Radyasyon (2)

Bozunum;

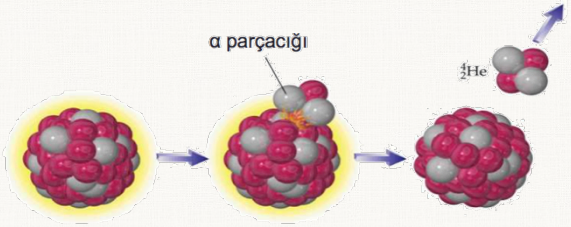
Radyoaktif çekirdekler kendiliğinden bozunuma uğrarlar.

Bu süreç üç şekilde gerçekleşebilir.

- Alfa ve beta bozunumlarında kararsız bir çekirdek, alfa ya da beta parçacıkları yayarak daha kararlı bir çekirdek haline gelmeye çalışır.
- Gama bozunumunda çekirdeğin cinsi değişmez. Uyarılmış atom yüksek enerjili durumundan taban durumuna geçerken gama radyasyonu yayımlayarak bozunuma uğrar.



Alfa Bozunumu (1)

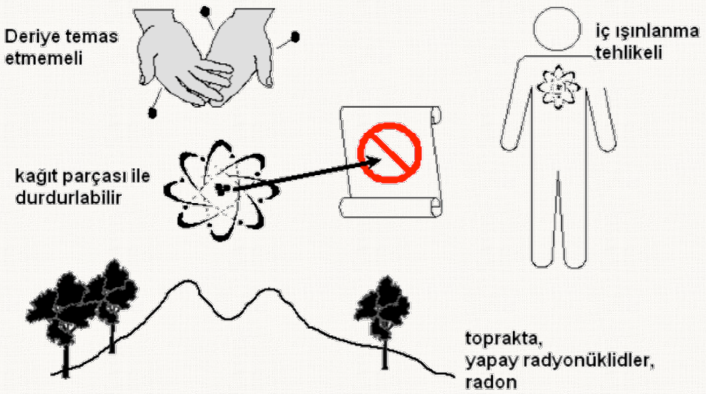


$$^{222}_{88}Ra \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{86}Rn$$

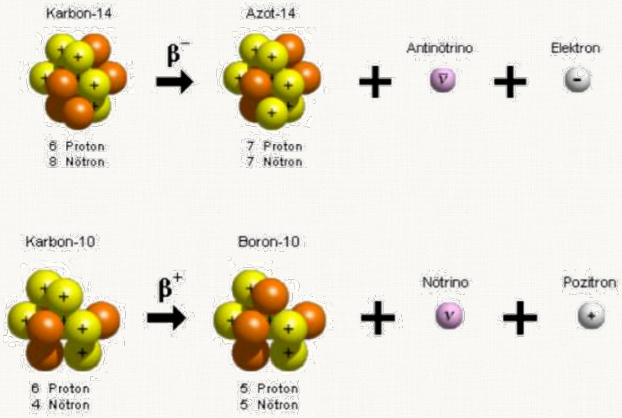
Alfa Bozunumu (2)

- Çekirdeğin kararsızlığı hem proton hem de nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdek iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı yayımlayarak bozunur.
- Yüksek enerjiye sahip olsa da ağır kütlesi nedeniyle menzili çok kısadır fazla uzağa gidemezler. Deri tabakasını geçemezler.
- Yüklü bir parçacık olduğundan içerisinden geçtiği maddenin elektronları ile yoğun bir şekilde etkileşir ve enerjilerini kaybederler.
- Yüksek enerjili parçacıklar olduğundan solunum yolu ile vücuda girdiklerinde büyük hasarlar meydana getirebilirler.
- Dış radyasyon tehlikesi yaratmazlar.
- Bir kağıt parçası ile durdurabilirler.

Alfa Radyasyonu



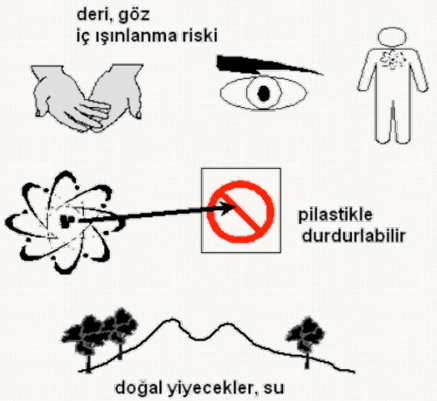
Beta Bozunumu (1)



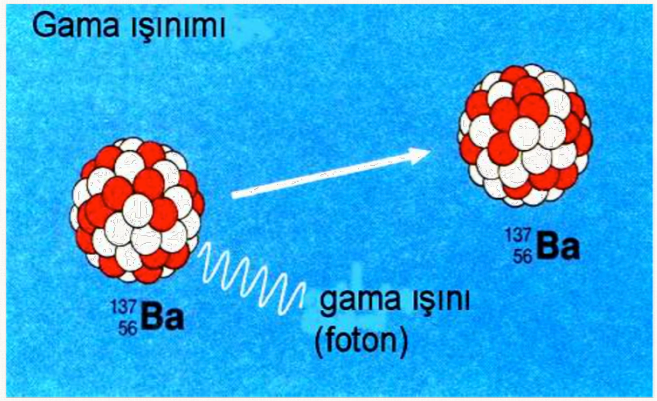
Beta Bozunumu (2)

- Beta parçacığı, atomdan bağımsız elektrondur.
- '-' yüklü olanına beta, '+' yüklü olanına pozitron denir.
- β(-) **Bozunumu:** Kararsızlık çekirdekteki nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdeğindeki enerji fazlalığını gidermek için nötronlardan birini proton ve elektron haline dönüştürür Proton çekirdekte kalırken, elektron hızla atomdan dışarı atılır.
- β(+) **Bozunumu:** Atomun kararsızlığı proton fazlalığından ileri geliyorsa protonlardan biri nötron ve pozitif yüklü elektrona (pozitrona) dönüşür
- İyonlaşma alfaya göre daha azdır.
- İnce bir alüminyum levha durdurabilir.
- β-parçacıkları, α-parçacıklarına göre daha fazla nüfuz eder.

Beta Radyasyonu



Gama Bozunumu (1)



Gama Bozunumu (2)

- Gama ışınlarının kaynağı atomun çekirdeğidir.
- Atom çekirdeği alfa veya beta parçacığı yayınladıktan sonra kararlı hale geçebilmek için fazla enerjisini gama ışını olarak yayınlar.
- Gama radyasyonu, **elektromanyetik dalga olmaları bakımından** alfa ve beta radyasyonundan farklıdır.
- Gama ışınları çok girici olduklarından menzil mesafeleri yüksektir.
- Havada yüzlerce metre gidebilirler.
- Endüstri ve tıpta yaygın olarak kullanılırlar.
- Yüksüzdürler dolayısı ile elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar.
- Kurşun veya beton ile zırhlanabilirler.

GAMA KAYNAĞININ VERDİĞİ IŞINLAMA DOZ ŞİDDETİ

Bir noktasal gama kaynağının verdiği ışınlama şiddeti aşağıda verilen formül ile bulunur.

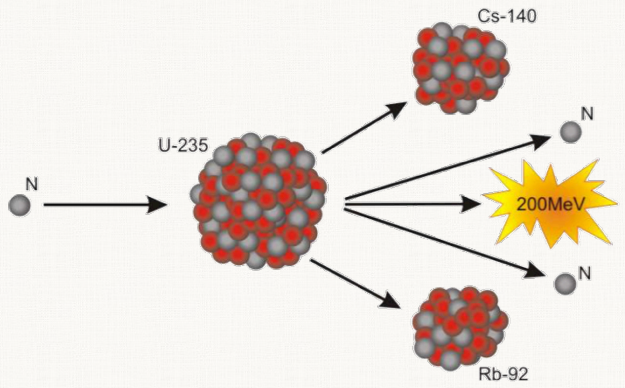
$$I = \Gamma \frac{A}{d^2}$$

- I = Noktasal gama kaynağının verdiği ışınlama doz şiddeti (Doz hızı) (R/h)
- Γ = Işınlama şiddeti sabiti (Birim aktivitenin, birim zaman ve mesafede verdiği ışınlama şiddetidir. $R.m^2/Ci.h$)
- A = Gama kaynağının radyoaktivitesi (Ci)
- d = Uzaklık (m)

Nötron Radyasyonu (1)

- Nötronlar kütleleri protona yakın, yüksüz parçacıklardır.
- Yüksüz olmaları nedeniyle, elektronla değil atomun doğrudan çekirdeği ile etkileşir.
- Enerjilerine göre, yavaş, ısıl ve hızlı nötronlar olarak adlandırılır.
- Serbest nötronların oluşturduğu radyasyon çeşididir.
- Fisyon, füzyon, parçacık etkileşmeleri (parçacık hızlandırıcıları) veya kozmik ışınlar sonucu oluşurlar.
- Doğrudan iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak atomlarla etkileşmeleri sonucunda iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya x ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilirler.

Nötron Radyasyonu (2)



X-Işını Radyasyonu (1)

- X-ışınları, gözle görülmeyen, maddelerin içinden geçebilen yüksek enerjili elektromanyetik radyasyonlardır.
- Yüksüz oldukları için elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar.
- Maddeyi iyonize ederek biyolojik ve kimyasal hasarlar oluştururlar.
- Kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerle durdurulurlar.

X-ışınları (2)

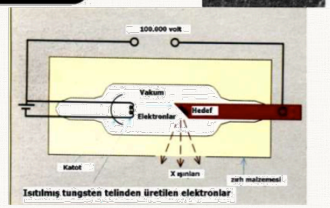
- Etkileşme şekline göre iki tür x-ışını elde edilir.
  - **Sürekli (frenleme) x-ışınları:** Elektron demeti, hedef atomun çekirdeğine yaklaştığında, çekirdeğin pozitif yükünden kaynaklanan elektrik alandan etkilenir ve ivmeli hareket yapmaya zorlanarak dışarıya fotonlar yayar. Sürekli bir enerji spektrumuna sahip bu fotonlara sürekli x-ışınları, bu olaya da ***bremsstrahlung*** veya ***frenleme*** **radyasyonu** adı verilir.
  - **Karakteristik x-ışınları:** Hedef atom üzerine gönderilen elektronların, hedef atomun yörüngesindeki elektronlarla etkileşimi sonrasında, aldıkları enerjiyle üst enerji seviyelerine çıkarlar. Kararsız durumdaki bu enerji seviyeleri geri bozunduğunda dışarıya foton yayınlanır. Enerjileri, seviyeler arasındaki farka eşit olan bu fotonlara ***karakteristik*** **x-ışınları** adı verilir.

X-Işını Radyasyonu (3)

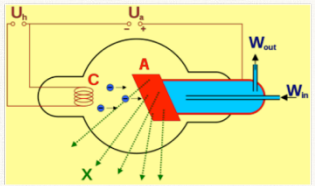


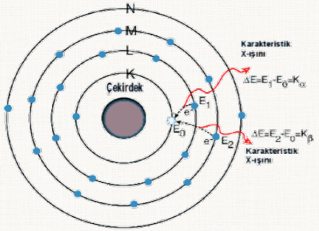


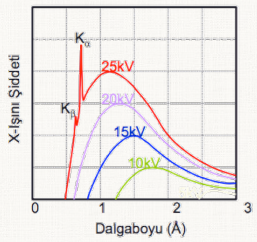




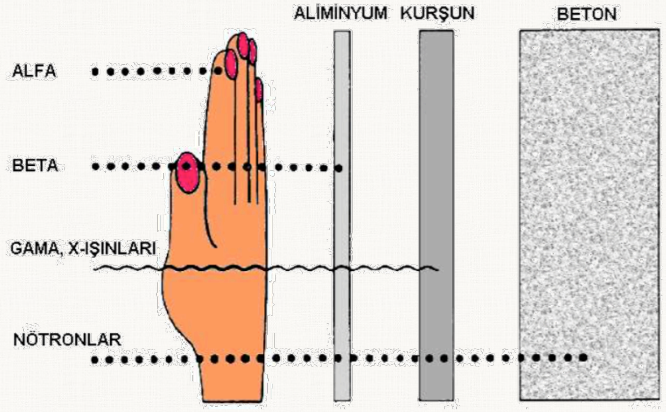
X-ışınları (4)







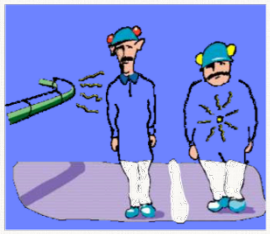
Radyasyonun Giriciliği



Işınlanma Çeşitleri

Dış Işınlanma

- Radyoaktif maddelerden veya radyasyon üreten cihazlardan (Röntgen cihazları vb.) çıkan gama ve X-ışınlarına maruz kalma durumudur.
- Işınlama bittikten sonra doz alımı (ve salınımı)söz konusu değildir.



İç Işınlanma

- Radyoaktif maddelerin istenmeyen bir şekilde solunum ve sindirim sistemleri, veya derideki yaralar vasıtası ile vücut içerisine alınmasıdır.
- Vücut içerisine girmiş olan radyoizotoplar hangi yolla alınmış olursa olsun vücut içerisine dağılarak fiziksel yarılanma süresine ve biyolojik yarılanma süresine bağlı olarak atılır.

Radyasyon Dozu

- Doz, herhangi bir maddenin belli bir zaman içerisinde kullanılan veya tüketilen miktarı demektir.
- Radyasyon dozu ise hedef kütle tarafından, belli bir sürede, soğurulan veya alınan radyasyon miktarıdır.
- Radyasyon dozunun hedef kütlede meydana getireceği etki, radyasyonun çeşidine, doz hızına ve bu doza maruz kalış süresine bağlıdır.

İyonlaştırıcı radyasyonlarla yapılan çalışmalarda sonuca ulaşabilmek ve zararlı biyolojik etkileri belirleyebilmek için radyasyon dozunun bilinmesi gerekir.

Maruz kalınan radyasyon miktarının ölçülmesi, radyasyonla çalışırken dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biridir. Bunun için ilk önce radyasyon ölçüm birimlerini tanımak gerekir.

Radyasyon Ölçüm Birimleri

Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU) radyasyon çalışmalarında tüm dünyada kullanılan birimlerin aynı olması düşüncesi ile M.K.S. sistemini esas alan "Uluslararası Birimler Sistemi (SI)" 1986 yılından itibaren kullanılmaktadır.

Radyasyon kaynağının gücünü (Aktivite Birimi)
Özel Birim : Curie (Ci)
SI Birim : Bequerel (Bq)

Kaynaktan çıkan radyasyon şiddetini (Işınlama Doz Birimi)
Özel Birim : Röntgen (R)
SI Birim : Coulomb/kg (C/kg)

Radyasyonun madde tarafından soğurulma (absorblanma) dozunu (Soğrulmuş Doz Birimi)
Özel Birim : Rad
SI Birim : Gray (Gy)

Canlıda meydana gelen biyolojik hasarı (Biyolojik Doz Birimi)
Özel Birim : Rem
SI Birim : Sievert (Sv)

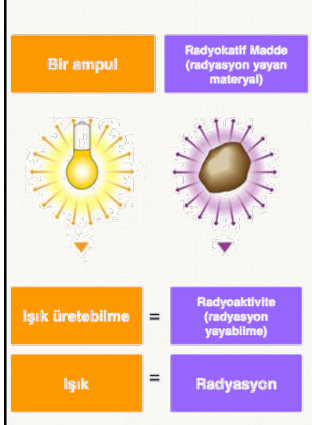
Aktivite Birimi

Saniyedeki bozunum sayısıdır. İzotopun cinsine ve miktarına bağlıdır.

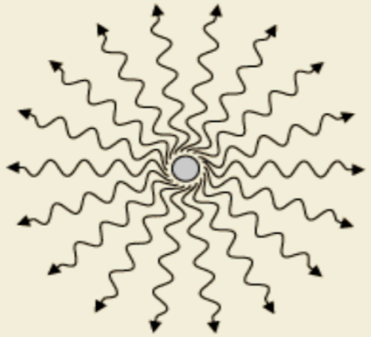
S.I. : Becquerel (Bq)
1 Bq = 1 bozunum/saniye

Özel Birim : Curie (Ci)
1 Ci = 3,7 x 10^{10} bozunum/saniye

(1 g Radyumun aktivitesidir)



Radyoaktif kaynağın aktivitesi Becquerel ya da Curie ile ölçülür.



Işınlama Doz Birimi

Birim: Röntgen(R)

Normal şartlar altında 1 cm^3 kuru havada (veya 1 kg havada) $2{,}58 \times 10^{-4}$ C'luk elektrik yükü değerinde (+) veya (-) iyonlar oluşturan X veya gama radyasyon miktarıdır.

$1\ R = 2{,}58 \times 10^{-4}\ C/kg$

BU BİRİM SADECE HAVADA ETKİLEŞMELER MEYDANA GETİREN GAMA VE X IŞINLARI İÇİN TANIMLANMIŞTIR.

Soğurulan Doz Birimi (1)

Radyasyon bir maddeden geçerken enerjisinin bir kısmını bırakır yani soğurulur. Her madde radyasyonu farklı miktarda tutar.

Soğurulan Doz:

Maddenin radyasyona maruz kaldıktan sonra birim kütlesinde (1kg) depoladığı enerjinin ölçüsüdür.

Röntgenden farklı olarak her tip radyasyona uygulanabilir.

Soğurulan Doz Birimi (2)

SI : GRAY (Gy)
1 Gy = 1 Joule/kg
(1 kg maddeye 1 Joule'luk enerji verebilen radyasyon miktarıdır.)

Özel Birim : RAD (rad)
(1 g maddeye 100 erglik enerji verebilen radyasyon miktarıdır.)

1 Rad = 0,01 Gy
1 Gy = 100 Rad

Eşdeğer Doz Birimi (1)

- Farklı radyasyon türlerinin biyolojik etkileri farklıdır. Radyasyonun doku üzerindeki biyolojik etkisini hesaplamak için her radyasyon türü için bir kalite çarpanı tanımlanmıştır.
- Soğurulan dozun kalite çarpanı ile çarpılmasından "eşdeğer doz" elde edilir.

Organ eşdeğer dozu (H_T)
Soğurulan Doz ($D_{T,R}$)
Kalite Faktörü (Q_R)

$$H_T = \Sigma_R Q_R D_{T,R}$$

Eşdeğer Doz Birimi (2)

SIEVERT (Sv)

1 Sv = Gy x Kalite Faktörü

veya

REM (rem)

1 rem = rad x Kalite Faktörü

1 Rem = 0,01 Sv

1 Sv = 100 Rem

Q_R (Kalite Faktörü) Değerleri

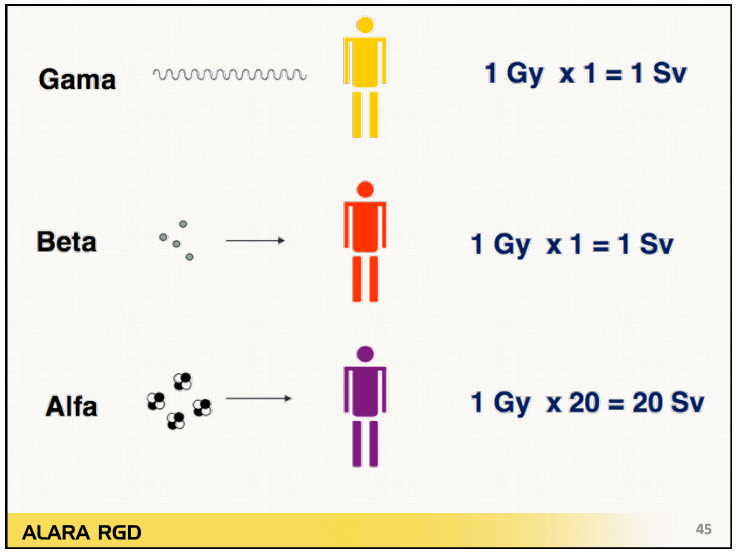
Aynı enerjideki farklı radyasyon tiplerinin sebep olduğu farklı biyolojik hasarları hesaplamak için kullanılan değerlerdir.

Her radyasyon tipi için farklı bir Q_R çarpanı vardır.

Q_R: Radyasyon Kalite faktörleri (IAEA-SS-2011)

"

Radyasyon Tipi	w_R
Fotonlar	1
Elektronlar ve müonlar	1
Protonlar ve yüklü pionlar	2
Alfa parçacıkları, ağır iyonlar	20
Nötronlar	$w_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2\, e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1\ MeV \\ 5.0 + 17.0\, e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1\ MeV \le E_n \le 50\ MeV \\ 2.5 + 3.25\, e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50\ MeV \end{cases}$



Etkin Doz (1)

- Vücuttaki organ ve dokuların da radyasyona duyarlılığı farklıdır. Ayrıca tüm vücut yerine, bazı organ ve dokular radyasyona maruz kalabilir.

Bu durumda, tüm vücut için radyasyon etkisini hesaplamak için etkin doz kavramı tanımlanmıştır.

- Etkin dozu belirlemek için her organ için farklı doku ağırlık faktörleri kullanılır (w_T). Etkin doz hesaplanırken, E her bir organ veya doku için ayrı ayrı hesaplanır, elde edilen tüm E değerleri toplanarak tüm vücut için etkin doz bulunur.

Etkin Doz (2)

Etkin Doz : Tüm vücut için

$$E = \Sigma_T \, w_T . H_T$$

E : Etkin Doz

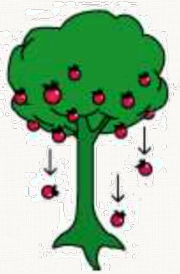
w_T : Doku ya da Organ için Doku Ağırlık Faktörü

H_T : Doku ya da Organ Eşdeğer Dozu

W_T : Doku Ağırlık faktörleri (IAEA-SS-2011)

Organ (doku)	w_T	$\sum w_T$
Kemik iliği (kırmızı), kolon, akciğer, mide, meme, diğer dokular	0.12	0.72
Üreme organları	0.08	0.08
Mesane, yemek borusu, karaciğer, troid	0.04	0.16
Kemik yüzeyi, beyin, tükürük bezleri, deri	0.01	0.04
	Toplam	1.00

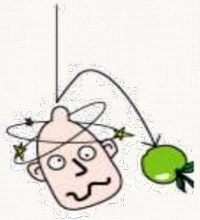
Radyasyon Ölçüm Birimleri



Düşen elmaların sayısı Becquerel ile karşılaştırılabilir. (Saniyedeki bozunum sayısı)

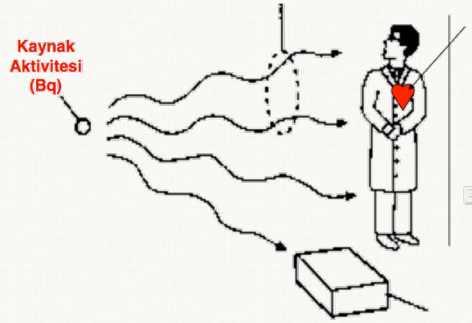


Uyuyan adama çarpan elmaların sayısı Gray ile karşılaştırılabilir. (Soğurulan doz)



Elmanın büyüklüğüne ve ağırlığına göre vücutta yaptığı etki Sievert ile karşılaştırılabilir. (Etkin doz)

Biyolojik Doz Birimi

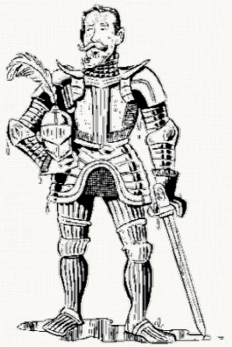


Doz Sınırları		Radyasyon Çalışanları	Toplum Üyesi Kişiler
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv
Yıllık Eşdeğer Organ Dozu Sınırı	Göz Merceği	150 mSv	15 mSv
	Deri	500 mSv	50 mSv
	Eller ve ayaklar	500 mSv	50 mSv
Hamile bir radyasyon çalışanının abdomen Eşdeğer Dozu		Hamileliğin bildirilmesinden sonra 2 mSv	

Zırhlama

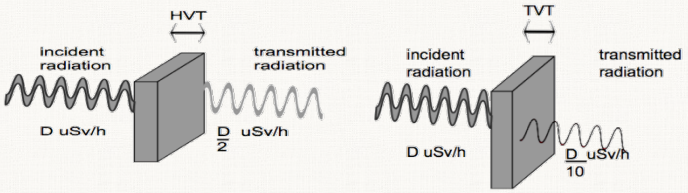
- Radyasyon kaynağı ile kişi arasına havadan daha yoğun bir maddenin konulmasıyla radyasyon şiddeti azaltılabilir.
- Zırhlama materyalinin seçiminde;
  - ✓ Radyasyonun tipi
  - ✓ Radyasyonun enerjisi
  - ✓ Malzemenin yoğunluğu

  önemlidir.
- **Uygun zırh malzemesi seçimi = Radyasyona daha az maruz kalma**



HVT, HVL, TVT :

Yarı-değer kalınlığı **(HVT)** ya da yarı-değer tabakası **(HVL)** olarak verilen kalınlıklar **radyasyonun başlangıç değerinin yarıya indiren malzeme kalınlıklarıdır.** Onda bir-değer kalınlığı da **(TVT)** benzer olarak, radyasyonu ilk değerinin onda birine indiren malzeme kalınlığıdır.



Standard Radyasyon Uyarı Sembolleri





Yeni sembol, Şubat 2007
(Endüstriyel Uygulamalar)



BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ (UYGULAMA)

Birim Dönüşümlerinde Kullanılan Matematiksel İfadeler

Üslü Sayılar

$5^3 = 5 \times 5 \times 5 = 125$

$10^{-3} = 1/10^3 = 1/1000$

Tera (T)	10^{12}	1,000,000,000,000 (Trilyon)
Giga (G)	10^{9}	1,000,000,000 (Milyar)
Mega (M)	10^{6}	1,000,000 (Milyon)
Kilo (k)	10^{3}	1,000 (Bin)
Mili (m)	10^{-3}	1/1000 (Binde Bir)
Mikro (μ,)	10^{-6}	1/1000,000 (Milyonda Bir)
Nano (n)	10^{-9}	1/1000,000,000 (Milyarda Bir)
Piko (p)	10^{-12}	1/1000,000,000,000 (Trilyonda Bir)

Birimler	Özel Birimi	SI Birimi	Dönüşümü
Aktivite Birimi	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Ci = $3{,}7.10^{10}$ 1 Bq = 37 GBq
Işınlama Doz Birimi	Röntgen (R)	Coulomb/kg (C/kg)	1 R = $2{,}58.10^{-4}$ 1 C/kg = 3876 R
Soğurulmuş Doz Birimi	Rad	Gray (Gy)	1 Gy = 100 rad
Biyolojik Doz Birimi	Rem	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem

Aktivite Birimi

- **1 Ci** = $3{,}7 \times 10^{10}$ Bq = **37 GBq**
- 1 Bq = $2{,}7 \times 10^{-11}$ Ci

1 Ci = 37 GBq

- **Soru 1-** 5 TBq = 5.000 GBq
  5.000.000 MBq
  5.000.000.000 kBq

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 2-** 5.000 µBq = 0,005 Bq
  0,000005 kBq
  5.000.000 nBq

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 3-** 5.000 µR = 5 mR
  0,005 R

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 4-** En yüksek aktiviteli Gama kaynağını kutu içerisine alınız.
- 40 GBq Ir-192 — 40.000 MBq
- 0,4 TBq Co-60 — 400.000 MBq
- 400 MBq Cs-137 — 400 MBq
- 4000.000.000 mBq Co-60 — 4 MBq

- **Soru 6- Tabloyu doldurunuz**
- **1 Ci = 37 GBq**
- **5 Ci = 5x37 GBq**
- **10 Ci = 0,370 TBq**
- **2 Ci = 74 GBq**

Soğurulan doz birimi

1 Rad = 10^{-2} Gy
1 Gy = 100 Rad

- Soru 7- Tabloyu doldurunuz
- 1000 μGy = 0,001 Gy=0,1 Rad
- 0,1 Gy = 10 Rad=10.000 mRad
- 1000 Rad = 10 Gy

Biyolojik doz birimi

1 Rem = 10^{-2} Sv
1 Sv = 100 Rem

- **Soru 7- Tabloyu doldurunuz**
- **1000 mSv = 1 Sv**
- **100 Sv = 10.000 Rem**
- **0,002 μSv = 0,0002 mRem**
- **0,5 Sv = 50 Rem**

- **Soru 8- En yüksek doz değerini kutu içerisine alınız**

250 μSv	**250 mSv**	25 mSv	25,000μSv

Doz hızı

- **Soru 8-** Tabloda bir ışınlama odasında farklı konumlarda ölçülen doz hızları verilmiştir. Hangi konumda doz hızı en yüksektir ?

Konum	Doz-hızı
A	15 µSv/saat
B	1.5 µSv/saat
C	15 µSv/dakika
D	20 µSv/saat

- **Soru 8-** Doz hızı 1 Sv/saat olan bir ışınlamada, 0,6 saniye de alınan toplam doz değeri kaç mSv değerindedir?

Toplam Doz=0,6x(1/60x60)x1x1000 mSv
=6/36=1/6=0,17 mSv



RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ
2. RADYASYON ÖLÇÜM TEKNİĞİ
3. DEDEKTÖR MALZEMESİ
4. DEDEKTÖRLER
5. DEDEKTÖR TİPLERİ
   - GAZ DOLU DEDEKTÖRLER
   - SİNTİLASYON DEDEKTÖRLERİ
   - YARI İLETKEN DEDEKTÖRLER
   - NÖTRON DEDEKTÖRLERİ
6. KONTAMİNASYON MONİTÖRLERİ
7. CİHAZ SEÇİMİ
8. DEDEKTÖRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ
9. CİHAZ KONTROLÜ
10. KALİBRASYON

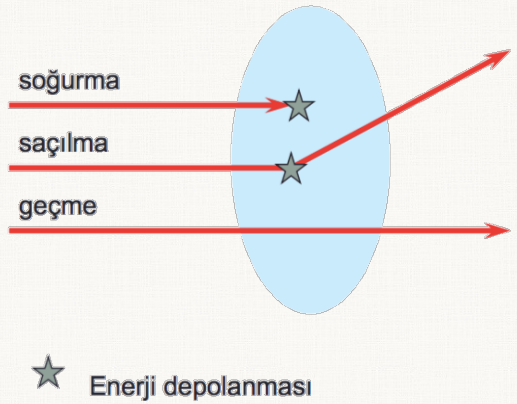
Radyasyonun Madde İle Etkileşmesi



İYONİZE RADYASYON

- İnsan duyu organları hiçbir şekilde iyonlaştırıcı radyasyonu algılayamamaktadır.
- Detektörler kısaca, içerisinden geçen radyasyonun enerjisinin hepsini veya bir kısmını elektriksel sinyallere dönüştüren cihazlardır.
- Ölçüm sistemleri **radyasyon tipine ve radyasyonun** enerjisine göre belirlenir.

RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ



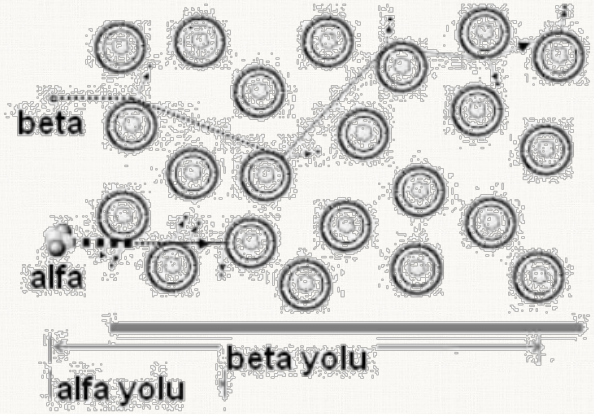
RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

- **YÜKLÜ PARÇACIKLARIN ETKİLEŞMESİ**
  - HAFİF YÜKLÜ PARÇACIKLAR (Beta gibi...)
  - AĞIR YÜKLÜ PARÇACIKLAR (Alfa gibi....)

  İyonlaştırma ve uyarma

- **YÜKSÜZ PARÇACIKLARIN ETKİLEŞMESİ**
  - FOTONLAR (X- ve gama ışınları)
    - Fotoelektrik olay
    - Compton şaçılması
    - Çift oluşum
  - NÖTRONLAR

YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ



Fotonların madde ile etkileşmesi

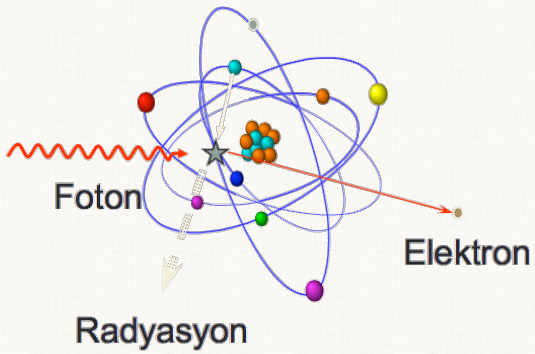
- **(X- ve gama ışınları)**
  - **Fotoelektrik olay**

    Bir fotonun soğurucu ortamdaki bağlı elektron tarafından soğurularak, sonucunda bir elektronun yayınlanması olayıdır.
  - **Compton şaçılması**

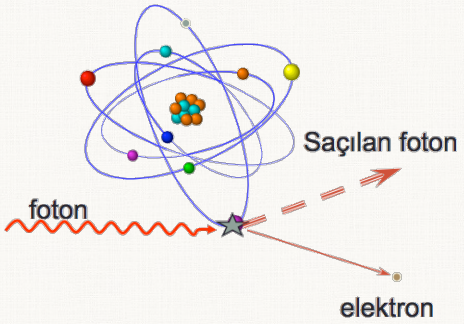
    Fotonun elektronla çarpışması sonucunda enerjisinin bir kısmını elektrona aktararak her ikisinin farklı açı ve enerjilerde saçılması olayıdır.
  - **Çift oluşum**

    Yeterli enerjiye sahip fotonların (1,02 MeV) madde tarafından soğurularak elektron-pozitron çifti meydana getirmesi olayıdır.

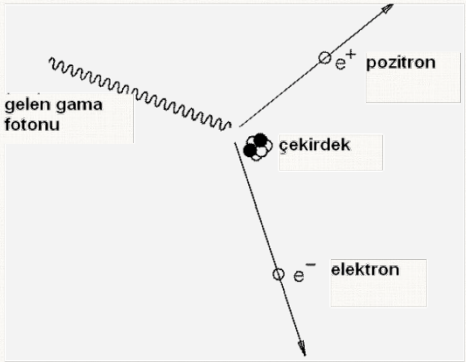
Fotoelektrik olay



Compton saçılması



Çift oluşumu

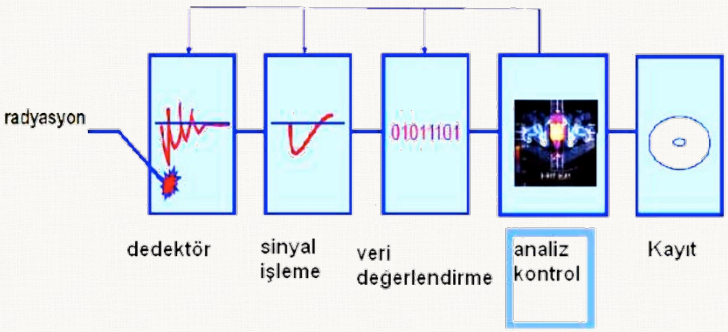


NÖTRONLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

- Nötronlar yüksüz parçacıklar olduklarından çekirdek ile etkileşirler.
- Nötronlar düşük enerjilerde oldukça yüksek verimlilikle dedekte edilirler.
- Nötronları dedekte etmek için yüklü parçacıklar üretilmek zorundadır.

Özetle, nötronlar dogrudan değil, dolaylı yollarla ölçülebilirler.

RADYASYON ÖLÇÜM TEKNİĞİ



DEDEKTÖR MALZEMESİ

- Renk değişikliğI
- Kimyasal değişiklikler
- Görünür ışık yayımı
- Elektriksel yük
- .....
- .....

Aktif dedektörler: anlık ölçüm.
Pasif dedektörler: sonradan değerlendirme.

DEDEKTÖR TİPLERİ

1) Gaz Dolu Dedektörler
   - İyon odası
   - Orantılı sayaç
   - Geiger Müller
2) Sintilasyon Dedektörleri
3) Yarıiletken Dedektörler
4) Nötron Dedektörleri

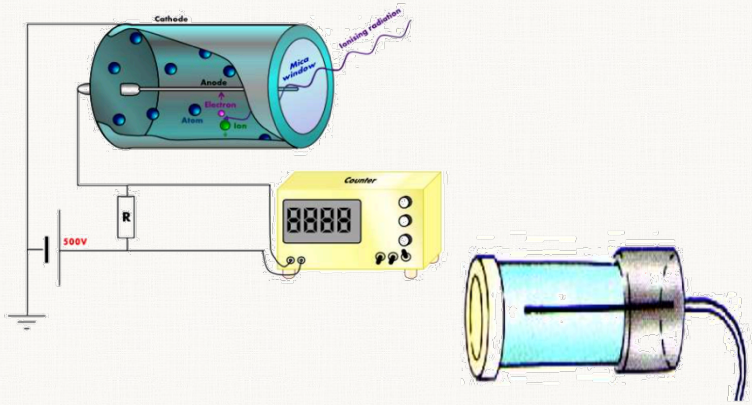
Radyasyon Ölçüm Dedektörleri

Radyasyonu algılamak ve ölçmek için ;

- Doz Hızı Ölçerler (Surveymetreler): Bulunduğu yerdeki radyasyon doz hızını ölçer (mR/saat, mSv/saat)
- Kontaminasyon Monitörleri (Bq/cm^2)
- Dozimetreler: Belli bir zaman aralığındaki toplam radyasyon dozunu ölçer (rem, mSv)



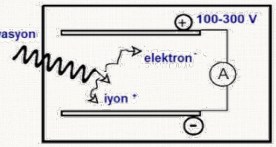
Gaz Dolu Dedektörler (1)



Gaz Dolu Dedektörler (2)

İyonizasyon Odası

- X, gama ışınları ve (pencereli olanlar) beta parçacıkları ölçümünde kullanılır.
- Alçak radyasyon şiddetine duyarlı olmamakla beraber yüksek doz şiddetlerini ölçmede son derece etkindir.
- Düşük enerjili X-ışınlarını ölçmede etkindir.
- 60-300 volt'luk çalışma aralığında etkindir.
- Gaz olarak genellikle atmosfer basıncında hava kullanılır.
- Göstergeleri genellikle R/h veya Sv/h olur.





Gaz Dolu Dedektörler (3)

Orantılı Sayaçlar

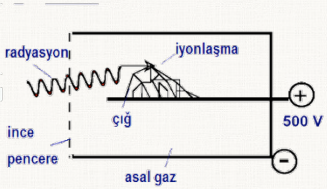
- Çalışma voltajı orantılı bölgede olup, meydana gelen yüksek alan şiddeti ile anottaki yük miktarı, dolayısıyla voltaj pulsu büyür.
- Çalışma voltaj aralığı 300-900 V
- Düşük enerjili X ve Gama Işınlarının enerji ölçümünde kullanılır.
- Orantılı cihazların alfa ve beta radyasyonlarını ayırt etme özelliği vardır.



Gaz Dolu Dedektörler (4)

Geiger-Müller Dedektörü

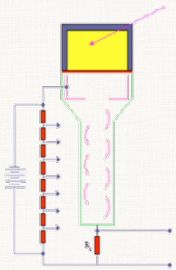
- Genellikle 900-1300 volt çalışma aralığında etkindir.
- Az iyonlaşma meydana getiren yüklü parçacıklar düşük şiddetteki X ve gama ışınları ölçülür.
- Parçacık enerjisinin ölçülmesi ve parçacık cinslerinin birbirinden ayrılması söz konusu değildir.
- Oda önüne yerleştirilen bir zırh malzemesi ile beta parçacıkları tutulup yalnız gama ışınları sayılabilir.
- GM dedektörüne ard arda gelen ışınlardan birincisi dedektör tarafından işlenirken ikincisinin algılanması için beli bir zamana ihtiyaç duyulur. Buna **ölü zaman** denir.



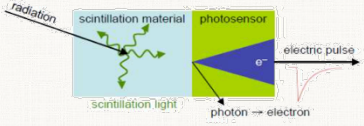


Sintilasyon Dedektörleri

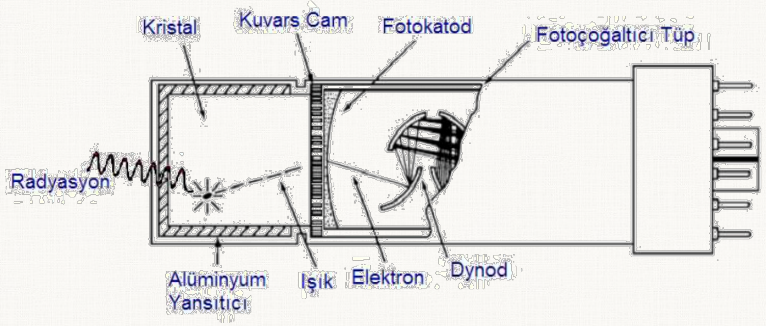
- Radyasyon sintilatörde atomu uyarır.
- Uyarılan atom görünür bölgede ışık yayınlar (fluoresans).
- Işık foto duyarlı yüzeye çarpar fotoelektron salınır.
- Bu e^-, fotoçoğaltıcı (PM) tüpte çoğalır. Hızlandırılır ve çıkış pulsuna dönüştürülür.
- Meydana gelen pulsun büyüklüğü radyasyonun enerjisi ile orantılı olup enerji ayırımı yapılabilir.







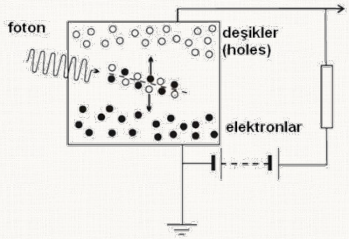
Sintilasyon Dedektörleri



Yarı-İletken Dedektörler

- Silisyum (Si) ve Germanyum (Ge) gibi yarı iletken malzemelerden yapılırlar.
- Radyasyon yarıiletken üzerinde elektron-boşluk (hole) çifti oluşturur.
- Enerji çözünürlükleri yüksektir.





Nötron Dedektörleri

- Nötronlar doğrudan ölçülemezler.
- Ortamın nötronla etkileşimi sonucu meydana gelen diğer yüklü parçacıkların uygun bir dedektörle tespit edilmesi sonucu, dolaylı yollarla nötron sayılmış olur. $B^{10}(n,a)$, He(n,p) ve Cd(n,g)
- Nötronlar hidrojen veya hidrojen ihtiva eden maddelerle durdurulabilirler. En iyi zırhlama malzemesi su ve parafindir.
- Nötron dedektör tipleri:
  - ✓ Boron üçflor (BF_3) orantılı sayaçları
  - ✓ Helyum orantılı sayaçları
  - ✓ Gaz çarpışma orantılı sayaçları
  - ✓ Kabarcık dedektörleri.



Portatif Nötron Ölçüm Cihazı

Kontaminasyon Monitörleri

- Radyoaktif materyallerle çalışma sırasında yüzeyin veya ortamın kontamine olma olasılığı vardır.
- Bu monitörler, kontaminasyon varsa eğer erken uyarıda bulunur ve radyoaktivitenin başka yerlere de bulaşmasını önlemeye yardımcı olur.
- Uygun tipteki monitör kullanılarak alfa, beta ve gama radyasyonları tespit edilebilir.





Alfa izotopları için
0,37 Bq/cm^2

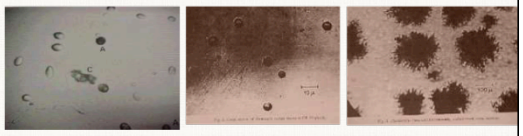
Beta ve gama izotopları için
3,7 Bq/cm^2

değerleri ve üstü radyoaktif bulaşma sayılır.

ALARA RGD

Nötron dozimetreleri

- Nükleer iz dedektörü
- Katıhal nükleer iz dedektörü
- TLD albedo dozimetreleri
- Bubble (kabarcık) dedektörleri





ALARA RGD

Cihaz Seçimi

Radyasyonun ölçülmesinde kullanılan cihazların seçiminde radyasyon kaynağı ve uygulama alanları göz önüne alınarak;

- Gösterge (analog, dijital)
- Skala
- Işık
- Ses
- Pil ve ömrü
- Dış etkenlere karşı dayanıklığı
- Cevap verme süresi
- Verim vb. hususlar dikkate alınmalıdır.

ALARA RGD

Dedektörlerin Özellikleri

Dedektör Tipi	Radyasyon Tipi	Doz Birimi/ Doz hızı	Bulaşma Birimi	Enerji Aralığı	Doz Hızı Aralığı	Diğer Özellikleri
İyon Odası	β, γ, X, n	mSv, mSv/h	cps	Geniş, tüm enerji çeşitlerine uygun	Dedektör içerisindeki basınç ve hacme bağlı	Hassas, kırılgan ve kullanışsız
Orantılı Sayaç	α, β, γ, X, n	mSv, mSv/h	cps, Bq, Bq/m^2	Düşük enerjilere uygun	Düşük doz hızlarına uygun	Hassas, kırılgan, yüksek duyarlıklı
GM Tüp	β, γ, n	mSv, mSv/h	cps	Yüksek ve düşük enerjiler için uygun değil	Geniş	Yüksek doz hızlarında ölü zaman sorunu
Sintilasyon Dedektörü	α, β, γ	mSv, µSv/h	cps	Yüksek enerjilerde çözünürlük zayıf	Düşük doz hızları	Bazı tipleri enerji ayırımı yapabilmektedir
Yarıiletken Dedektör	α, β, γ	mSv, µSv/h	cps, Bq, Bq/m^2	Yüksek enerjilerde çözünürlüğü düşük	Düşük doz hızları için uygun	Enerji ayırımı yapabilmektedir

ALARA RGD

Cihaz Kontrolü

- ✓ Pil durumu
- ✓ Sıfırlama-Background okuma
- ✓ Kontrol kaynağı
- ✓ Kalibrasyon



Kalibrasyon

- Kullanılan cihazların periyodik kalibrasyonunun yapılması önemlidir.
- ÇNAEM-SSDL







UYGULAMA
İYONLAŞTIRICI RADYASYON ÖLÇÜMÜ

1. Kullanılan Kaynak

	Aktivitesi	Enerjisi
Am-241	……	……
Sr-90	……	……
Cs-137	……	……

2. Ölçüm Cihazı Seçimi

1. Geiger Müller
2. İyon Odası
3. Sintilasyon Dedektörü
4. Orantılı Sayaç

3. Radyasyon Ölçümü

- Ölçüm Aralığı
- Kalibrasyon Tarihi
- Batarya Kontrolü

Am-241 (Alfa) Ölçüm Cihazı: GM – Orantılı Sayaç

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

Sr-90 (Beta) Ölçüm Cihazı: GM – İyon Odası - Sintilasyon

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

Cs-137 (Gama) Ölçüm Cihazı: GM – Sintilasyon

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. GİRİŞ
2. RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER
3. RADYASYONUN BİYOLOJİK ORTAM İLE ETKİLEŞMESİ
4. RADYASYONA DUYARLI ORGANLAR VE ORGAN DÜZEYİNDE ETKİLEŞME
5. DETERMİNİSTİK VE STOKASTİK ETKİ

BİYOLOJİK ETKİLERİN TARİHİ

- ✧ 1895 Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X ışınları keşfedildi.
- ✧ 1896 İlk deri yanığı rapor edildi.
- ✧ 1896 X ışınları kanser tedavisinde kullanıldı,
- ✧ 1896 Becquerel tarafından radyoaktivite keşfedildi.
- ✧ 1897 İlk deri hasarı vakası rapor edildi.
- ✧ 1902 X ışınlarının sebep olduğu ilk cilt kanseri vakası rapor edildi.
- ✧ 1911 Mesleki ışınlama sebebiyle ilk lösemi ve akciğer kanseri vakası rapor edildi,
- ✧ 1911 Almanya'da 94 tümör vakası rapor edildi, (50 tanesi radyoloji uzmanı)

BİYOLOJİK ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

FİZİKSEL FAKTÖRLER;

- Maruz kalınan toplam doz
- Maruz kalınma süresi
- Maruz kalınma şekli (iç ve dış ışınlanma)
- Dozun hangi aralıklarda alındığı (Fraksiyonasyon)
- Radyasyonun türü ve enerjisi (LET değeri)

BİYOLOJİK ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

BİYOLOJİK FAKTÖRLER

- Hücre siklus fazlarının duyarlılık farklılıkları
- Biyolojik tamir
- Kişiler arası duyarlılık farkları
- Cinsiyet, yaş ve hormonal farklılıklar

KİMYASAL FAKTÖRLER

- Radyosensivite: Örneğin; Oksijen, halojenli pirimidinler
- Radyoprotektif maddeler: Sülfidril grupları

RADYASYONUN BİYOLOJİK ORTAMLA ETKİLEŞMESİ

- Radyasyon enerjisinin DNA veya enzim molekülleri gibi özel bir biyolojik yapıya transfer edilmesi direkt etkidir.
- Radyasyon, vücut içinde özellikle su molekülleri gibi ortamdaki molekülleri etkilemiş ise, dolaylı etkiden söz edilir.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNDEKİ DOĞRUDAN ETKİSİ

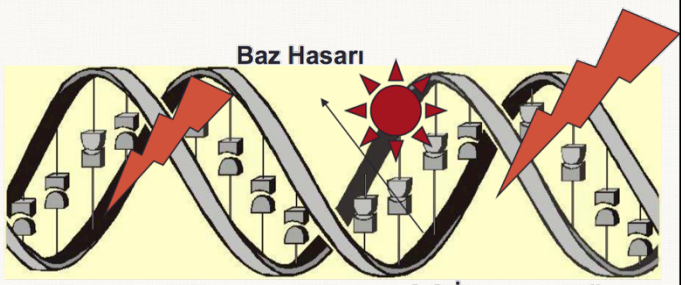
Hücre çekirdeğinde hayati önem taşıyan moleküller (DNA, RNA, enzimler, hormonlar) ile çekirdek dışındaki hayati moleküller (mitokondri, ribozom, lizozom) ve hücre zarının radyasyona doğrudan hedef olması sonucunda, hücrede;

- Ölüm
- Fonksiyon Değişikliği (Mutasyon) (tamir edilir)

Gerçekleşebilir.

RADYASYONUN DOĞRUDAN ETKİSİ

Kromozom Hasarları

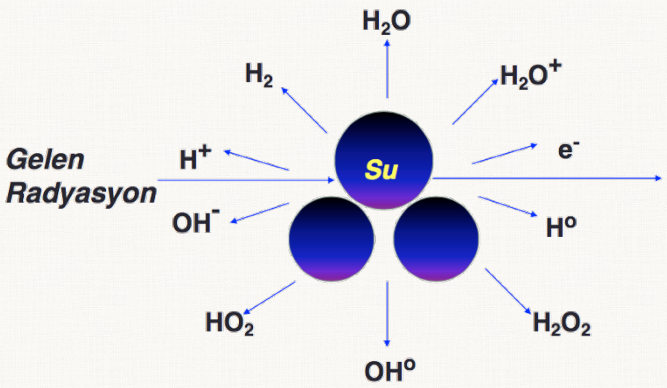


Radyasyonun Dolaylı Etkisi (Su Molekülü ile Etkileşimi)

- Canlılar yaklaşık olarak %70-90 oranında su içerdiği için radyasyon enerjisinin su molekülleri tarafından soğurulma olasılığı çok yüksektir.
- Suyun ışınlanması ile su molekülleri iyonlaşmakta ve bunların ürünleri olarak serbest radikaller (serbest kökçeler) oluşmaktadır.

Radyasyonun Dolaylı Etkisi

İnsanda en bol bulunan molekül: ***Su***



Onarım

- 1000 lezyonun 999 onarılır.
- 1000 hasarlı hücreden 999 ölür (her gün milyonlarca hücrenin ölümü herhangi bir sağlık problemi yaratmadan gerçekleşir)
- Çoğu hasarlı hücre yaşamlarını değişmiş olarak sürdürebilir.

Hücre Duyarlılığı

Radyobiyolojinin Temel Kanununa göre;

Işınlanan canlılarda hücrelerin duyarlılığı;

- ✓ Bölünme kapasiteleri ile doğru,
- ✓ Farklılaşma dereceleri ile ters orantılıdır.

Radyasyona Duyarlı Organlar

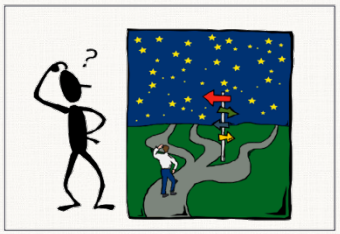
Yüksek Duyarlılık	Orta Duyarlılık	Düşük Duyarlılık
Kemik iliği	Cilt	Kas
Dalak	Kalp,	Kemik
Timüs	Karaciğer,	Sinir sistemi
Lenf nodları	Akciğer	
Üreme organları		
Gözler		
Lenfositler		

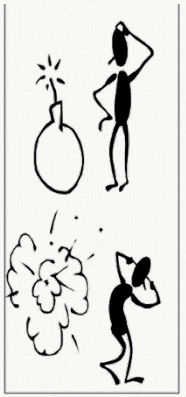
Deterministik Etki:

Eşik dozu vardır.
Etkinin şiddeti doz ile artar. Katarakt, güneş yanığı

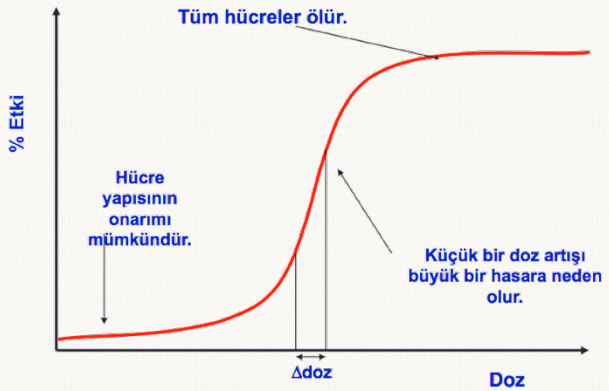
Stokastik Etki:

Eşik dozu yoktur. (Piyango Bileti)
Etkinin olasılığı doz ile artar. Kanser, kalıtsal etkiler.





Deterministik Etkinin Doz Cevap Eğrisi



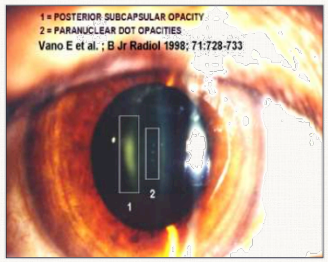
Deterministik Etkiler İçin Eşik Dozlar

• Katarakt		2-10 Sv
• Kalıcı kısırlık	- Erkekler	3,5-6 Sv
	- Kadınlar	2,5-6 Sv
• Geçici kısırlık	- Erkekler	0,15 Sv
	- Kadınlar	0,6 Sv

Cilt Hasarı

Hasar	Eşik doz (Sv)	Ortaya çıkma süresi (Hafta)
Erken geçici kızarıklık	2	<<1
Geçici kıl dökülmesi	3	3
Kalıcı kıl dökülmesi	7	3
Deride kırmızı lekeler	12	>52
Gecikmiş kızarıklık	15	6-10
Deride nekroz (kangren)	18	>10
İkincil ülserleşme	20	>6

Göz İçin Etkiler



	Tek Doz Işınlama (Sv)	Uzun Yıllar Işınlama (Sv/y)
Katarakt	5	>0,15
Gözlenebilir opasite	0,5-2	>0,1



5 Ci'lik Ir-192 kaynağını iş önlüğünün cebinde 2 saat taşıyan bir işçinin göğsünün ön ve sağ tarafında 5 ve 10 gün sonraki oluşan kızarıklıklar



Aynı işçinin ışınlanmadan 21 gün sonraki pul pul dökülme ve doku ölümü



15 – 20 Gray aralığında toplam doza maruz kalan bir hastanın 21 hafta sonraki doku ölümü

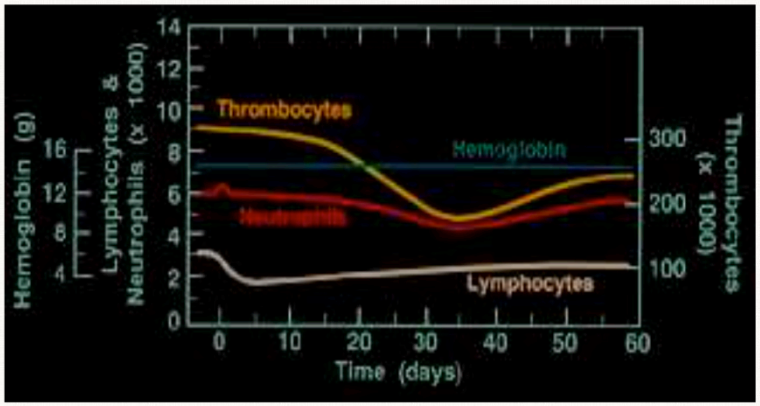
Tüm Vücut Işınlanması: Akut Radyasyon Sendromu

- İnsanda ani ve şiddetli olarak yüksek dozlara maruz kalma sonucunda ARS (Akut Radyasyon Sendromu) hastalık belirtileri ortaya çıkmaktadır.
- ARS düzeyi maruz kalınan doz seviyesine, doz hızına, ışınlanan dokuların radyasyona olan duyarlılığına, ışınlanan vücut bölgesi ve ışınlanmadan etkilenen organ sisteminin genişliğine bağlıdır.
- Tüm vücut ışınlandığında hasarın şiddeti daha fazladır.

Akut Tüm Vücut Işınlanmalarının Klinik Belirtileri

Doz (Sv)	Gözlenen Klinik Belirtiler
0-0,25	Gözlenebilen klinik belirti yok
0,25-1,0	Kan tablosunda küçük değişiklikler. Kusma, iştahsızlık (%15-50'sinde)
1,0-2,0	Yorgunluk, iştahsızlık, mide bulantısı ve 3 saat içinde kusmalar, kan tablosunda orta derecede değişiklikler. Işınlamadan 12-24 saat sonra deride kızarıklık.
2,0-6,0	2 saat veya daha fazla sürede kusmalar, iç kanamalar ve enfeksiyon, kan tablosunda büyük değişiklikler. 2 hafta içinde saçlarda dökülmeler, alınan doza göre 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 arasında iyileşme.
6,0-10,0	1 saat veya daha kısa süre içinde kusmalar, kan tablosunda değişiklikler, iç kanama ve enfeksiyonlar, 2 ay içinde %80-100 arasında ölüm, sağ kalanların iyileşmesi çok uzun sürede mümkün olmaktadır.

1 Gy ışınlama ile kan tablosundaki değişiklikler



Lokal Radyasyon Hasarları (LRH)

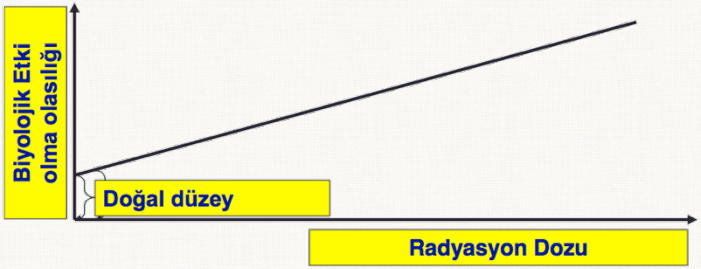
- Yüksek radyasyon dozlarının (> 8-10 Gy) neden olduğu LRH, tüm vücut ışınlanmasından çok daha sık meydana gelmektedir.
- LRH, sadece radyasyon tipine ve şiddetine değil aynı zamanda ışınlanan bölgenin büyüklüğüne ve yerleşimine de bağlıdır .



20-30 Sv'lik doza maruz kalmış bir işçinin ellerinde oluşan yanıklar ve veziküller

Stokastik Etkiler

Eşik değer olmaksızın radyasyon dozunun fonksiyonu olarak ortaya çıkması olası etkilerdir.



Stokastik Etkiler

- Bedensel Etkiler, kişinin kendisinde ortaya çıkması olası etkiler örneğin kanser oluşumu,
- Kalıtsal Etkiler, gelecek kuşaklarda ortaya çıkması olası etkilerdir.
- Yaşam kısaltıcı etkiler

Stokastik Etkiler

Stokastik Etkiler nedeniyle etkin doz birimi başına ölümcül ve ölümcül olmayan kanser olasılığının riski için olasılık katsayıları belirlenmiştir.

	Ölümcül kanser riski (Sv^{-1})	Ölümcül olmayan kanser riski (Sv^{-1})
Toplum bireyi	% 5	% 1
Radyasyon çalışanı	% 4	% 0,8

Stokastik Etkilerin Olasılığı

1 Sv doz

Ölümcül kanser	% 5.0
Yaşam süresi kısalması	% 0.6
Kalıtsal hasar	% 0.1
Toplam	**% 5.7**

ALARA RGD

Ölümle Sonuçlanan Kanser Olasılığındaki Artış

1 mSv	20 000 de 1
5 mSv	4 000 de 1
10 mSv	2 000 de 1
20 mSv	1 000 de 1

ALARA RGD

Risk

Milyonda bir Ölüm Riski olan Aktiviteler (1/1000000)

Bir Günde 20 Sigara İçmek	6 yıl
Fazla kilo (%15 kadar)	2 yıl
Tarım Sektöründeki Kazalar	320 gün
İnşaat Kazaları	227 gün
Trafik Kazaları	207 gün
Ev Kazaları	74 gün
Mesleki Radyasyon Dozu (10 m Sv/yıl, 18 ile 65 yaş arası)	51 gün
Bütün Doğal Hasarlar (deprem, yıldırım çarpması, sel)	7 gün
Tıbbi ışınlanmalar	6 gün

ALARA RGD

Gelecek Kuşaklar İçin Stokastik Etkiler

İyonlaştırıcı radyasyonun etkilerini araştırmak üzere yapılan hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlar önemli malformasyonlar, fonksiyon kayıpları, erken ölüm gibi etkilerin genetik etkiler sebebiyle olabileceğini göstermektedir.

Ancak;
Atom bombasından etkilenenlerin çocuklarından oluşan 70.000 kişi üzerinde yapılan araştırmalar **kanser, kromozom aberasyonu, konjenital anomaliler gibi bulgularda herhangi bir artış olmadığını ortaya koymuştur.**

ALARA RGD

Fetüs

Fetüs yüksek çoğalma kapasitesi ve farklılaşmamış hücreler nedeniyle radyasyona karşı duyarlıdır.

- Konsepsiyon (2 Hafta): İmplantasyon önlenir veya normal gebelik devam eder.
- Organogenez (2-6 Hafta): Gelişme geriliği, mikrosefali, organ anormallikleri görülür.
- 6-40 hafta: Merkezi sinir sistemi etkilenmesi sonucu IQ düşüklüğü gibi etkiler söz konusu olabilir.

Radyasyona maruz kalma / şüphe durumunda yapılması gerekenler

✓ Radyasyon kazası sonucu etkilenme olasılığı olan kişilerin en kısa sürede tam teşekküllü bir sağlık kuruluşuna müracaat etmesi gerekmektedir.

✓ Işınlanmanın şiddetini belirlemek için acilen kan örneği alınmalı ve tam kan sayımları periyodik olarak yapılmalı, kan tablosundaki değişiklikler gözlenmelidir.

✓ Deri ve sindirim sistemi ile ilgili gözlemler yapılmalıdır.

✓ Bulantı, kusma ve ishalin başlama zamanı, cilt ve mukoza yanıklarının şiddeti ve ortaya çıkış zamanları, doz seviyelerini tahmin edebilmek için önemlidir.

✓ Kan Örnekleri, Kromozom Aberasyon Analizi ile Biyolojik Doz tayini için ÇNAEM Biyolojik Dozimetri Laboratuarına ulaştırılmalıdır.

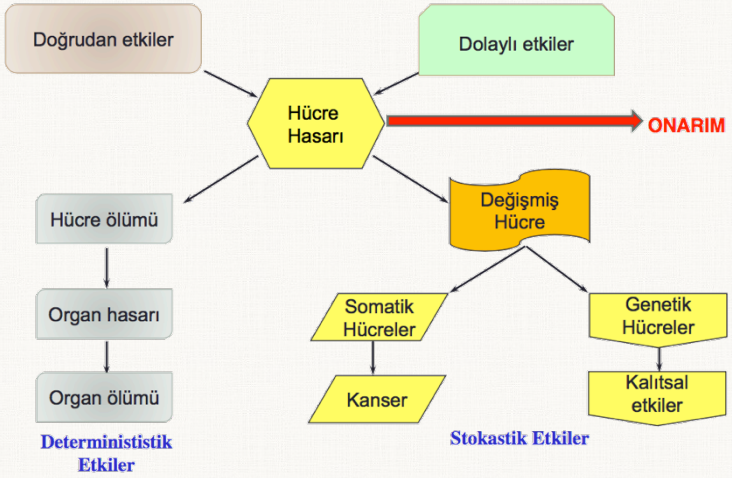
✓ Biyolojik Dozimetri yöntemleri ile tüm vücut dozu tayin edilmeli ve buna göre gerekli tedavi uzman doktorlar tarafından programlanmalıdır.

✓Tıbbi radyasyon uygulamalarında tüm vücut ve organ dozları SANAEM Radyasyondan Korunma Birimi tarafından hesaplanmaktadır.

Radyasyon Kazalarında Danışma, Tedavi ve Eğitim Amacıyla Yetkin Merkezler

- İstanbul'da Haydarpaşa GATA
- Ankara'da GATA

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ



ALARA RGD

Kaynaklar

1- Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, (IAEA & WHO Safety Reports Series No. 2 1998)

2- Industrıal Radıography, The Damagıng Effects Of Radıatıon IAEA

3- TRIUMF Radiation Protection Course, P. Garnet, L. Moritz, TRIUMF Safety Group, 3rd Edition, April 2002

4- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP 60 (1990)

5- Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment, Technical Report Series, No: 405, IAEA, 2001

6- Köksal G., Dalcı D. Pala F., In Vitro Dose-Response Curves For Chromosome Aberrations Induced In Human Lymphocytes By Co-60 γ Radiation, Mutation Research, 1995, 329, 57-61

7- Rojas-Palma Carlos, Liland Astrid, Etherigton George, Perez Maria del Rosario, Rahola Tua, Smith Karen, TMT Handbook, Triage, Monitoring and Treatment of People Exposed to Ionising Radiation Following a Malovelent Act, 2009, ISBN:978-82-90362-27-5, Norway

ALARA RGD



ALARA RGD

RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- **Genel bilgiler**
  - Amaç
  - Tarihçe
  - İlgili uluslararası kuruluşlar
- **Radyasyondan korunma sistemi**
  - Işınlanmalar
  - ICRP (60, 103)
  - Justifikasyon
  - Optimizasyon
  - Doz sınırları, kısıtlamaları ve referans seviyeler
- **Temel Güvenlik Standartları**
  - Safety Series (SS)-IAEA
  - IAEA Safety Standards-2011
  - Radyasyon alanları
  - RKS



RADYASYONDAN KORUNMA

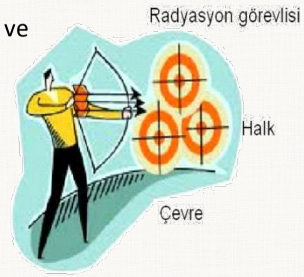
HEDEF:

Radyasyondan korunma, çalışanların halkın ve çevrenin *"radyasyonun zararlı etkilerinden korunmasıdır."*

Radyasyondan korunma ve güvenliğin sağlanması ancak

- konu ile ilgili bir sistemin kurulması ve
- sürekliliğin sağlanmasıyla

mümkündür.



RADYASYONDAN KORUNMA

SİSTEM:

- Radyoaktivite/doz ile ilgili nicelikler ve birimlerin bilinmesini,
- Gerekli ölçümlerin yapılabilmesini,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilebilmesini,

gerektirir.



RADYASYONDAN KORUNMA

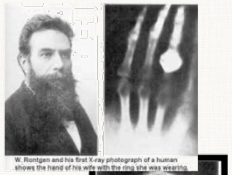
AMAÇ:

- Deterministik etkilerin önlenmesi
  (ölüm, cilt yanıkları, katarakt, kısırlık)
- Stokastiketkilerin meydana gelme olasılığının en aza indirilmesi
  (kanser, genetik etkiler)

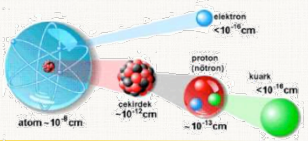


Tarihçe

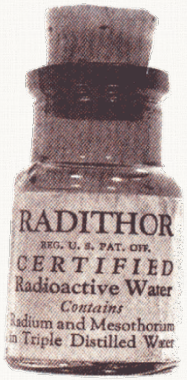
1895	Wilhelm Condrad Röntgen	X-Işınları
1896	Henri Becquerel	Radyoaktivite
1898	Marie ve Pierre Curie	Radyum
1911	Ernest Rutherford	Atom Çekirdekleri
1913	Neils Bor	Atom Modeli
1914	Chadwick	Nötron
1934	Juliot-Curie	Yapay Radyonüklitler







Tarihçe (2)



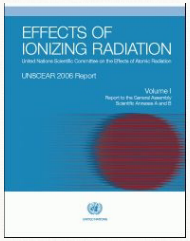
TARİHÇE

Radyasyonun zararlı etkileri keşfedilmesi;

- 1902 yılına kadar 50'nin üzerinde vaka yayınlanmış,
- 1911 mesleki ışınlananlarda lösemi artışı gözlenmiş, 94 tümör vakası saptanmıştır (50 radyolog).
- 1927 H.J.Muller'in çalışmalarıyla genetik etkileri ortaya konulmuş,
- 1944 Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda radyologların lösemi olasılığının diğerlerine göre 10 kat fazla olduğu ortaya konulmuştur.

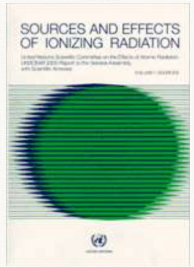
UNSCEAR (The United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation)

- Radyasyonun Sağlık Etkileri ile ilgili bilimsel çalışmalar yapan **Uluslararası Resmi bir kuruluş** olup BM teşkilatının bir Komitesi olarak **1955 yılında kurulmuştur**.
- İnsanların çevrelerinde bulunan ve maruz kaldıkları doğal ve yapay radyasyon kaynaklarını, bu kaynaklar nedeniyle radyasyon ışınlanmalarını ve ilgili riskleri düzenli olarak gözden geçirmektedir.
- Bulguları Birleşmiş Milletler Genel Kuruluna sürekli rapor etmektedir.
- Radyasyon kökenli kanserden ölüm için yaşam boyu riskin Sv başına 5% olarak tahmin edilmesi gibi.



UNSCEAR (The United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation)

- **UNITED NATIONS**, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN,
- Dünya genelinde, doğal yollarla maruz kalınan ortalama yıllık doz değeri: 2,4 mSv
- Radon dahil dünya genelinde:
  - %65: 1-3 mSv arasında
  - %25: 1 mSv' dan daha az
  - %10: 3 mSv' ın üzerinde



ICRP

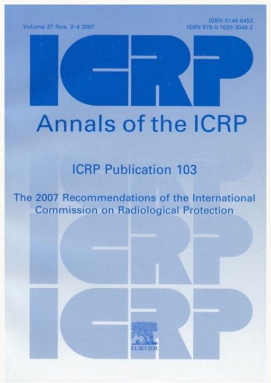
Radyasyonun zararlı etkilerine karşın faydalı kullanımının giderek yaygınlaşması sonucunda;

1928 yılında yapılan II.Radyoloji Kongresinde bugünkü adıyla

"Uluslar arası Radyasyondan Korunma Komisyonu – ICRP"

kurulmuştur .

ICRP resmi bir organizasyon olmayıp, radyasyon korunması ile ilgili tavsiyeler hazırlayan **bilimsel bir komisyondur**.



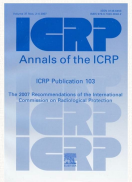
ICRP TAVSİYELERİNİN TARİHSEL DEĞİŞİM SÜRECİ

ICRP radyasyondan korunma konusunda ilk tavsiyesini, 1928 senesinde belirlemiştir.

Sınırlamanın yılda 1 Sv (1000 mSv) olduğu tahmin edilmektedir.

Sınırlar, deterministik etkilerin önlenmesine yönelik oluşturulmuştur.

1934 yılında	5 mSv / hafta
1951 yılında	3 mSv / hafta
1956 yılında	50 mSv / yıl çalışanlar, 5 mSv / yıl halk
1973 yılında	ALARA (As Low as Reasonably Achievable)
1990 yılında	20 mSv/yıl çalışanlar, 1 mSv / yıl halk (5 yılın ortalaması) (ICRP 60)
2007 yılında	20 mSv/yıl çalışanlar, 1 mSv / yıl halk (5 yılın ortalaması) (ICRP 103)



ICRP

- Tavsiyeler (ICRP, 2007)
- Radon (ICRP, 2010),
- Doku/organ tepkileri (ICRP,2012)
- Acil durum ışınlanmalarında, insanların korunmasına yönelik tavsiyeler uygulamalar (ICRP, 2009a)
- Nükleer veya radyolojik acil durumlar sonrası uzun-dönem kontamine olmuş bölgelerde yaşayan insanların korunumuna yönelik tavsiyeler uygulamalar (ICRP, 2009b).

IAEA (International Atomic Energy Agency)

- 1957 yılında kurulmuştur.

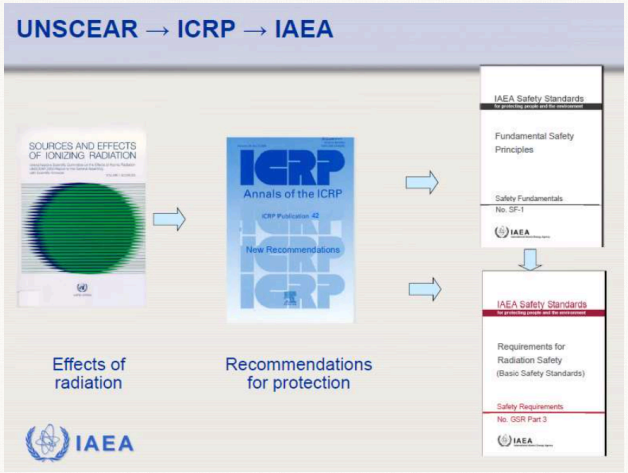




IAEA (International Atomic Energy Agency)

- Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren bağımsız, uluslar arası bilim ve teknoloji temelli bir organizasyondur.
- Nükleer Bilim ve Teknolojinin barışçıl amaçlarla kullanılması ve planlanmasında üye ülkelere destek sağlamaktadır.
- Nükleer Güvenlik Standartlarını (Fundamentals, Requirements, Guides) hazırlamaktadır.
- Bünyesindeki denetim mekanizması ile ülkelerin taahhütlerini yerine getirmesini kontrol etmektedir.

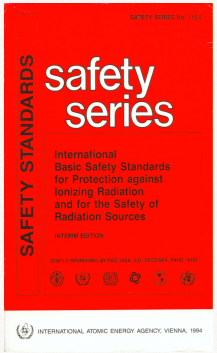
ÖZET



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
TEMEL GÜVENLİK STANDARTLARI

İyonlaştırıcı radyasyon içeren tüm aktiviteler için yerine getirilmesi gereken temel kuralları ve **etkin bir radyasyondan korunma programı için** yapılması gerekenleri

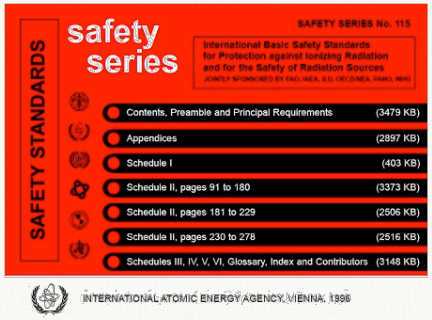
Ancak;
esas olan belirtilen hususların **ülke koşulları** dikkate alınarak uygulanmasıdır.



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
TEMEL GÜVENLİK STANDARTLARI

Amaç
- İnsanın ve çevrenin korunması
- Kaynakların güvenliği

Hedef kitle
- Hükümet ve düzenleyici kurumlar
- Sağlık makamları
- Teknik makamlar



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
GENEL GEREKSİNİMLER

Sorumluluklar
- İşveren
- Lisans sahibi
- RKS, Çalışan

Diğer
- Tedarikçi Firma
- Hekimler
- Sağlık Servisleri
- Yetkin Uzmanlar
- Etik Komite

Düzenleyici kuruluş
- Standartların belirlenmesi, Mevzuatların oluşturulması
- Kayıtlar (Kuruluş kaynak, atık, doz kayıtları)
- Denetim
- Yaptırım



BSS-Genel Gereksinimler

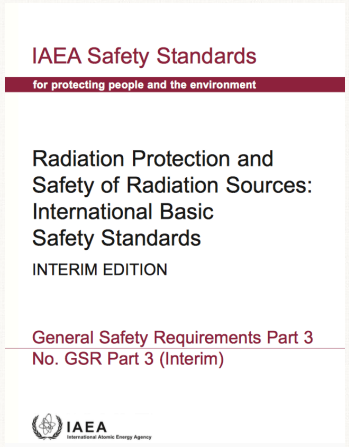
- Uygulama
  - İdari Zorunluluklar (Bildirim, Otorizasyon, Muafiyetler, Çevreye salım)
  - Radyasyon Korunması Zorunlulukları (Justifikasyon, Optimizasyon,Doz limitleri)

Yönetimsel Gereksinimler
- Güvenlik Kültürü
- Kalite Temini
- İnsan Faktörü
- Yetkin Uzman

Teknik Gereksinimler
- Kaynak Güvenliği
- Aşamalı Korunma
- İyi Mühendislik Uygulamaları

Güvenlik Verifikasyonu
- Güvenlik Değerlendirmesi
- Ölçüm, izleme
- Kayıtlar

SAFETY STANDARTS (IAEA) - 2011
2011 IAEA GÜVENLİK STANDARTLARI



SAFETY STANDARTS (IAEA) - 2011
2011 IAEA GÜVENLİK STANDARTLARI

- **Tüm ışınlanma durumları:**
  1. Planlı (planned)
  2. Acil (emergency)
  3. Mevcut (existing)

- **Gereklilikler:**
  - Justifikasyon
  - Optimizasyon
  - Doz sınırları

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **PLANLI IŞINLAMALAR**
  - Mesleksel maruziyet
  - Halkın maruziyeti
  - Tıbbi maruziyet
  - Genel zorunluluklar (gereklilikler)
    - Nükleer santral, nükleer yakıt çevrimi, radyasyonun kullanım alanları
    - Düzenleyici kuruluş (lisans)
    - İnsanların ve çevrenin korunması
      - Doz izleme, yerel kurallar, prosedürler, koruyucu donanımlar, kayıtlar, eğitim, bayan çalışanlar

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **ACİL (EMERGENCY) DURUM**

1. Acil durum yönetim sisteminin kurulması
2. Korunma stratejilerinin uygulanması ve geliştirilmesi
3. Acil durum çalışanlarının doz maruziyetlerinin kontrolü ve düzenlenmesi
4. Acil ışınlanma durumundan mevcut ışınlanma durumuna geçiş için hazırlıklar

- Halkın için korunum stratejilerinin varlığından hükümetler sorumludur.

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **MEVCUT (EXISTING) IŞINLAMALAR**

Yıllık etkin doz ve ortalama radon konsantrasyon referans seviyeleri

MARUZİYET YOLU	REFEREANS SEVİYESİ
Kontamine Bölgede İkamet	1-20 mSv
Besinler (Gıda Maddeleri)	1 mSv
İçme Suyu	1 mSv
Yapı Malzemeleri	1 mSv
Konutlarda Radon Gazı	300 Bq/m^3
İş Yerlerinde Radon Gazı	1000 Bq/m^3

RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

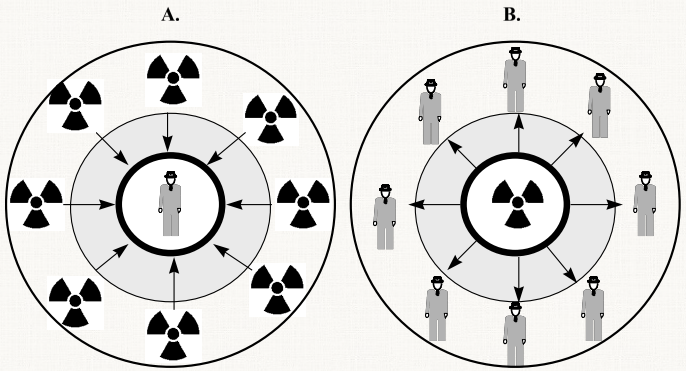
Radyasyon Korunmasının Etkinliği,

- Radyasyon dozuna neden olan kaynağa veya
- Bütün kaynaklardan bir kişi tarafından alınan doza bağlı olarak ifade edilir.

Radyasyondan Korunma Sistemi;

- Kişi İlişkin Sistem
- Kaynak İlişkin Sistem

KİŞİYE (A) VE KAYNAĞA (B) İLİŞKİN SİSTEMLER



RADYASYONA MARUZ KALMA ÇEŞİTLERİ

1. **Mesleki Işınlanmalar**
   Kontrolü
   Kaynakta: Sabitleme, Zırhlama
   Çevrede : Havalandırma, Ek Zırhlama
   Kişide : Çalışma Pratiği, Koruyucu Giysi ve Cihaz
2. **Toplumsal Işınlanmalar**
   Kontrolü
   Kontrol öncelikle kaynağa uygulanır.
   Mümkün değilse kişi ve çevre kontrolü düşünülür.
3. **Tıbbi Işınlamalar**
   Kontrolü
   Kaynak, çevre ve kişiye uygulanır.
   Tanı ve tedavinin temel tıbbi fonksiyonu korunmadan daha önceliklidir.

ICRP DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

- **GEREKÇİLENDİRME (Justification)**
  (Net fayda, hukuka uygunluk, gerekçelendirme, uygun mazaret)
- **OPTİMİZASYON – ALARA**
  (En az doz ile en iyi sonuç)
- **DOZ SINIRLARI**



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION)

Kişilere veya topluluklara, radyasyon hasarlarına kaşı net bir yarar sağlamayan radyasyon uygulamalarına izin verilmemelidir.



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK 1

TIBBİ UYGULAMALARDA GEREKÇELENDİRME

Mesleki, yasal ve sağlık sigortası amaçlı radyolojik uygulamalar klinik bir bulgu yoksa ve kişinin sağlığı ile ilgili önemli bir bilgi beklenmiyorsa profesyonel kuruluşlar tarafından istenmedikçe gerekçelendirilmemesi (justifiye edilmemesi)

Toplum taramaları kişiler için belirli bir avantaj veya topluma ekonomik ve sosyal olarak net bir fayda sağlamıyorsa yapılmaması vb. durumlar

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK 2

TÜRKİYE'DE NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ KURULMASI

– Santral kurulumu için yapılacak harcama,
– Santralin radyasyon kaynağı özelliğinden kaynaklanan ilave harcamalar,
– Santralin ömrünü tamamlamasından sonraki söküm, atık vb harcamalar, dikkate alındıktan sonra net bir fayda sağlandığından emin olunmasının ifadesidir.

Bu tanım içerisinde yer alan yarar, maddeyle ölçülen değerlerle birlikte niceliksel olarak ifade edilemeyen yararları da kapsayan bir kavramdır. Zarar ise madde ile ölçülebilen veya insan ve çevre hasarlarını kapsayan olumsuzlukların toplamının ifadesidir.

Yarar-zarar hesabında toplum esas alınır.

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK - MÜDAHELE

JAPONYA'DAKİ FUKUSHIMA NÜKLEER SANTRAL KAZASI SONRASI

- 20 km mesafeye kadar olan mesafede yaşayanların tahliye edilmesi,
- 20-30 km arasında yaşayanların tahliye edilmemesi

"müdahale" için gerekçelendirilmiş (justifiye edilmiş)kararlardır.



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON

Uygulamalarda net yararı maksimize etmek üzere ışınlanan kişilerin sayısı, bireysel dozun büyüklüğü ve ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak, **mümkün olan en düşükdozun alınmasının başarılmasıdır.**

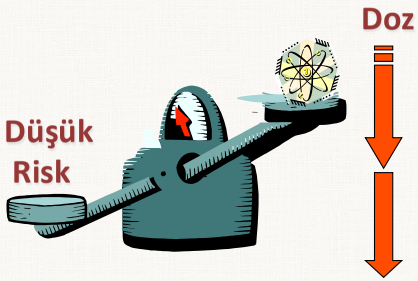


NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON - ALARA

As Low As Reasonably Achievable

Mümkün olan en düşük dozun alınmasının başarılması



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON

Kullanılan cihazlar;

Sistemin tek bir parçasından kaynaklı hatanın acilen tespit edilebileceği ve planlanmayan ışınlanmalar nedeniyle kişisel dozun ve insan hatalarının minimize edilebileceği özellikte olmalıdır.

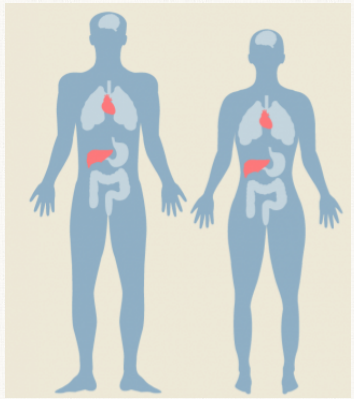
Lisans/İzin Sahibi;

- Cihazda ortaya çıkacak hatalar ile olası insan hataları konusunda firmadan bilgi almalıdır.
- Olası hatalar ile ilgili her türlü önlem alınmalıdır.
- Kalibrasyon, kalite temini, ve cihazların kullanımı konusunda ilgili personelin eğitimi sağlanmalıdır.

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ VE RİSK SINIRLARI

Kişilerin radyasyon dozları normal uygulamalarda **yıllık doz sınırlarını aşmamalıdır.**



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI

- **Birincil Sınırlar**
- **İkincil Sınırlar**
  - Yıllık vücut içine alınma sınırları **(ALI – Annual Limits On Intake):** Radyoaktif maddelerin Becquerel (Bq) cinsinden vücuda alınabilir sınır değerleri
  - Doz eşdeğer indeksleri
- **Türetilmiş Sınırlar**
- **İzin verilen sınırlar**
- **İşletme Sınırları**

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

Radyasyon görevlilerinin veya toplum bireylerinin alabileceği yıllık doz sınırlarıdır.

Radyasyon Görevlileri İçin

- Etkin doz : 20 mSv/yıl (5 yılın ortalaması)
  50 mSv/yıl (tek yıl için)
- Eşdeğer Doz : 150 mSv/yıl (göz için)
- Eşdeğer Doz : 500 mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)

Halk İçin

- Etkin doz : 1mSv/yıl (5 yılın ortalaması)
  5 mSv/yıl (tek yıl için)
- Eşdeğer Doz : 15 mSv/yıl (göz için)
- Eşdeğer Doz : 50 mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

GENÇ ÇALIŞANLAR İÇİN

- 16 yaşından küçükler, mesleki ışınlanmalara maruz kalınacak işlerde çalıştırılamaz.
- 18 yaşın altındakiler gözetim altında olmadıkça ve eğitim maksatları dışında kontrollü alanlarda çalıştırılamaz.

Doz sınırları (IAEA-SS-2011)

Etkin doz : 6 mSv/yıl (tek yıl için)
Eşdeğer doz : 50 mSv/yıl (Göz merceği için)
Eşdeğer doz : 150 mSv/yıl (Cilt, El, ayak için)

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

HAMİLE ÇALIŞANLAR İÇİN

- Doz sınırları normal çalışma şartlarında kadın veya erkek için farklı değildir.
- Çalışma koşulları embriyo veya fetüsün halk için izin verilecek düzeyi aşmayacağı şekilde (1 mSv) korunmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Hamileliğin anlaşılmasından sonra dış ışınlamalarda; abdomen yüzeyi için doz sınırı (hamileliğin sonuna kadar) 2 mSv ve iç ışınlamalar için 1/20 ALI tavsiye edilmektedir.

ICRP 60 Medikal Işınlanmalar İçin Doz Kısıtlamaları



Hasta Ziyaretçileri ve Gönüllüler İçin

(Tanı ve tedavi süresince)

5 mSv'i



Hasta ziyareti için gelen

Çocuklar için

1 mSv'i aşmamalıdır.

Doz sınırlarına dahil edilmeyen ışınlamalar

Doğal radyasyondan

(2-3 mSv/yıl)

ve

tıbbi ışınlamalardan

alınan dozlar

yıllık doz sınırına dahil

edilmez!





ICRP 60- Müdahale İçin Radyasyondan Korunma Sistemi

- **Toplum ışınlamaları için müdahale**
- **Kaza sonrası müdahale**
- **Mesleki ışınlanmalarda**
- **Acil durumlarda**

Müdahale başlamadan
Justifikasyon
Optimizasyon
kriterleri uygulanır.

Doz sınırları uygulanmaz.

ICRP 60 Müdahalede bulunan Çalışanların Korunması (1)

- Müdahale durumunda (acil durum ışınlanmaları-BSS-2011) ışınlanacak personelin yetkili otorite tarafından belirlenen tek yıllık dozun aşılmasına (50 mSv) izin verilmez.



Ancak;

- Hayat kurtarma ve ciddi yaralanmaların önlenmesi,
- Toplam dozun azaltılması,
- Ciddi hasarların önlenmesi durumları

bu koşulun dışında değerlendirilmelidir.

ICRP 60 Müdahalede bulunan Çalışanların Korunması (2)

- Hayat kurtarmaya yönelik durumlar dışında, yıllık dozun iki katını aşmayacak planlamalar yapılır.

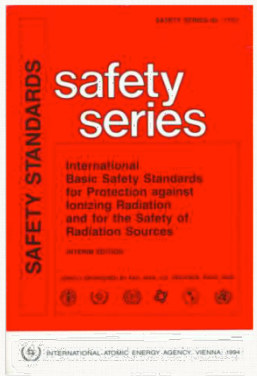


- Deterministik etkileri önlemek amacıyla yıllık dozun on katını aşmayacak şekilde planlamalar yapılır.

Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (1)

- Sorumluluklar:

Lisans/İzin Sahibi ve İşveren; muafiyetler dışındaki her radyasyon kaynağı için LİSANS/İZİN almak zorundadır.



Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (2)

- Lisans/İzin Sahibi ve İşveren
  - Çalışanların mesleki ışınlanmalardan korunmasından,
  - Standartlara uygunluğun sağlanmasından,
  - Doz sınırlarına uyulmasından,
  - Prosedür ve politikaların belirlenmesi ve organizasyonel düzenlemelerin yapılmasından,
  - Uygun tesis, cihaz ve servisin sağlanmasından,
  - Koruyucu teçhizat ve izleme cihazlarının temin edilmesi, doğru ve uygun kullanılmasının sağlanmasından,
  - Uygun, yeterli insan gücü (sayı ve nitelik olarak) ve bunlar için yeterli eğitimin sağlanmasından;
  - Kayıtların Standartlara uygun olarak tutulmasından,
  - Çalışanların sağlık gözetimlerinin yapılmasından,
  - Güvenlik kültürünün gelişmesi için gerekli imkanların sağlanmasından,
  - Çalışanların sorumlulukları hususunda bilgilendirilmesinden,
  - İşyerlerindeki diğer kişilerin halk üyesi kriterleri ile korunmasından

Sorumludur.

Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (3)

- Çalışanlar
  - İşveren,İzin/lisans sahibi tarafından konulan kurallara uyacaktır.
  - Ölçüm cihazları ve koruyucu teçhizatı ve elbiseleri uygun şekilde kullanacaktır.
  - Bilgilendirilme, kurallara uyma ve eğitim programlarına uyacaktır.
  - Standartların dışına çıkılmasının kaçınılmaz olduğu durumları rapor edecektir.

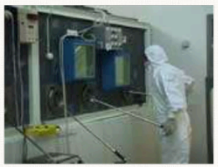
Radyasyon alanları

- Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar **"radyasyon alanı"** olarak değerlendirilir.
- Radyasyon alanları
  - **Denetimli Alanlar**
  - **Gözetimli Alanlar**

Radyasyon alanları- Denetimli alanlar

- Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime,
- Çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu,
- Çalışanların ardışık beş yılın ortalaması yıllık doz sınırlarının 3/10'undan fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır.







Denetimli alanlar

- Denetimli alan fiziksel olarak ayrılmalıdır.
- Alana giriş noktasına ve uygun yerlere "Radyasyon uyarı sembolü" ve "uygun talimatlar" asılmalıdır.
- Lokal kurallar ve prosedürler ile korunma ve güvenlik önlemleri oluşturulmalıdır.
- Alana giriş kilit v.b. şekilde sınırlandırmalıdır.
- Alana girişte koruyucu giysi, ölçüm cihazı vb malzemeleri bulunduracak imkanlar sağlamalıdır.
- Önlemlerin yeterliliği denetlemelidir.

Radyasyon alanları- Gözetimli alanlar

- Yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen, çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.
  - Alanlar belirlenmelidir.
  - Giriş noktalarına uygun işaretler konulmalıdır.
  - Önlemler düzenli olarak gözden geçirilmelidir.

Yerel Kurallar ve İç Denetim

İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Yerel kurallar ve prosedürler yazılı olarak hazırlanmalıdır.
- Bu kurallar ve prosedürler araştırma ve yetkilendirme, müdahale ve bunlar aşıldığında yapılması gerekenleri kapsamalıdır.
- Bu koşulların yerine geldiğinin gözlemlendiği sistemler kurulmalıdır.
- Tehlike Durumu Hakkında eğitim ve talimatname vermelidir.

Kişisel Koruyucu Düzenekler

İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Çalışanlara önlük, eldiven, organ zırhı gibi uygun koruyucuları sağlayacaktır.
- Gerektiğinde özel koruyucular sağlanacaktır.
- Müdahale durumları için gerekli koruyucular bulundurulacaktır.





Kişisel Ölçüm ve Doz Değerlendirilmesi

İşveren, Lisans/İzin Sahibi

Çalışanların kişisel doz ölçümlerinin yapılması için

"Yetkili bir dozimetre servisi"

ile gerekli irtibatı sağlamakla sorumludur.





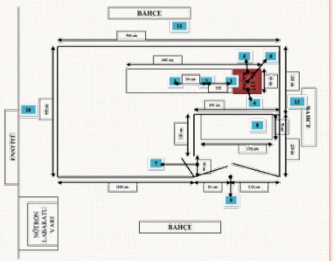
İşyerlerinin Ölçümlenmesi

İşveren, Lisans/İzin Sahibi





- İşyeri ölçüm programı oluşturmakla sorumludur.
- İşyerlerinin ölçümlenmesinde;
  - Ölçüm yöntemleri,
  - Ölçüm alınacak yerler,
  - Ölçüm sıklığı,
  - Referans seviyeler aşılması halinde yapılacak işler belirlenir.
- Ölçümlerin kayıtları tutulur.



Sağlık Gözetimi

İşveren, lisans/İzin Sahibi;

- Düzenleyici Kuruluşça belirlenen çerçevede sağlık gözetimi için gerekli düzenlemeleri yapmakla

sorumludur.



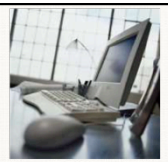
Sağlık Gözetim Programları;

- Mesleki sağlığın genel prensipleri,
- Çalışanın başlangıçta ve süregelen durumunu değerlendirmek üzere

oluşturulur.

Kayıtlar



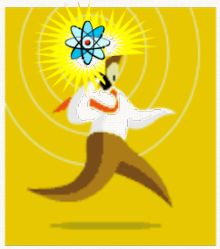


İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Her çalışan için ışınlanma kayıtları tutulacaktır.
- Kişiler aldıkları dozlar hakkında bilgilendirecektir.
- Kaza ve olaylara ilişkin dozlar ayrıca rapor edilecektir.
- Kayıtların gizliliği sağlanacaktır
- Kayıtlar en az 30 yıl saklanacaktır.



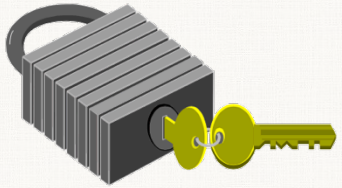
Tehlike Durumu



- **Sorumluluklar**
- **Tehlike Durumu Planı**
- **Müdahale**
- **Kaza sonrası Değerlendirme**
- **Müdahale Durumunda Çalışanların Korunması**

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (1)

Sorumlulukları



- İşleyişi Denetlemek
- Yerel kurallar ve uygulamalar için önerilerde bulunmak
- Eğitim gereksinimlerini belirlemek ve eğitim programında yer almak
- Görevleri tanımlamak
- Eksiklikleri lisans sahibine bildirmek



ALARA RGD

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (2)

- Denetçilerle birlikte çalışmak ve iç ve dış denetimleri kolaylaştırmak
- Cihazın alınması ve tesisin tasarlanmasında görev almak
- Kişileri ve alanları izlemek
- Kayıtların tutulmasını sağlamak
- İnceleme düzeyinin aşıldığı durumları araştırmak, soruşturma yapmak
- Acil durum işlemleri için tatbikatlar
- yapmak



ALARA RGD

Başlıca Referanslar

- International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. 115, Safety Standards. IAEA, February 1996.
- ICRP 73, Radiological Protection and Safety in Medicine. Annals of the ICRP, Vol. 26, Num. 2, 1996. Pergamon. UK.
- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP 60. Annals of the ICRP, Vol. 21, No. 1-3. Pergamon. UK.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York, United Nations 2000.
- IAEA Eğitim Materyalleri

ALARA RGD



ALARA RGD

RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANIM ALANLARI

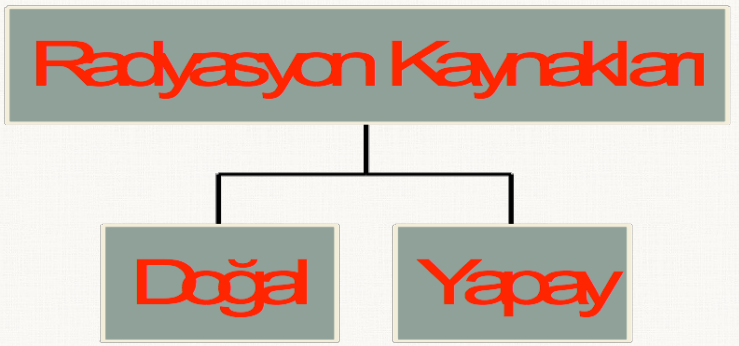
EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Radyasyon Kaynakları
- Doğal Radyasyon Kaynakları,
- Yapay Radyasyon Kaynakları

Uygulama Alanları
- Endüstriyel Uygulamalar
- Tıbbi Uygulamalar
- Eğitim ve Araştırma
- Tarım ve Hayvancılık
- Güvenlik Amaçlı Kontrol

RADYASYON KAYNAĞI

Yüksek enerjili radyasyon yayınlayan güneş ve benzeri kozmik cisimler, doğada bulunan radyasyon yayan radyonüklitler, özel olarak üretilmiş veya elde edilmiş radyoaktif maddeler, yan ürün veya radyasyon oluşturmak için özel olarak tasarlanmış cihazlar radyasyon kaynaklarına örnek olarak verilir.



DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI

- **Yerkürede Bulunan;**

  Uranyum-235, Uranyum-238, Toryum-232, Radyum-226, Radon-222, Potasyum-40

- **Kozmik Işınların Neden Olduğu;**

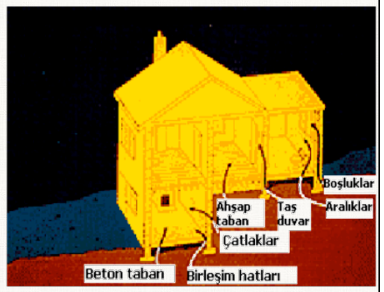
  Karbon-14, Trityum-3, Berilyum-7

- **Vücudumuzda Bulunan;**

  Potasyum-40, Karbon-14

Dünya genelinde, doğal yollarla maruz kalınan ortalama yıllık doz değeri: 2,4 mSv dir.

- Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli nedenlerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin bozunması sırasında salınan radon gazı'dır.



- Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1,3 mSv'dir.

YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI

Reaktör, hızlandırıcılar ve röntgen cihazları gibi makinelerde üretilen iyonlaştırıcı radyasyonlardır.

- **X-ışını Yayınlayan Cihazlar**

  (Röntgen tüpleri, linac (hızlandırıcılar), elektron demeti yayan sistemler)

- **Gama Işını Yayınlayan İzotop veya Kaynaklar**

  (Co-60, Ir-192, Se-75, Cs-137, Am-241, Ra-226, Fe-55, Cf-252, Cd-109)

- **Beta Işını Yayınlayan Kaynaklar**

  (P-32, Cl-36, H-3, Ni-63, Kr-85, Sr-90)

- **Gama Ve Beta Yayınlayan İzotoplar**

  (Cs-137, Kr-85, Cl-36)

- **Alfa Işını Yayınlayan İzotoplar**

  (Am-241, Cf-252, Ra-226, Th-232)

- **Nötron Yayınlayanlar**

  (Am-241/Be)

YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI

- Ölümcül veya hayatı tehdit eden ya da yaşam kalitesini düşüren kalıcı hasarlar, şiddetli deterministik etkiler olarak kabul edilmektedir.

- Kontrol altında tutulmadığında şiddetli deterministik etkilere yol açabilen radyasyon kaynakları, tehlikeli kaynaklar olarak adlandırılmaktadır.

- Tehlikeli kaynakların sınıflandırılmasında kullanılmak üzere işlevsel bir tanım geliştirilmiştir. Bu işlevsel tanım D- değeri (D-value) olarak bilinmektedir.

RADYOAKTİF MADDENİN TEHLİKELİ MİKTARI (D-DEĞERİ)

- D-değeri (D-value); Kontrol edilmediği durumda, radyasyona maruz kalan bireyin ölümü veya yaşam kalitesini düşüren kalıcı yaralanması ile sonuçlanabilecek etkiler oluşturabilen radyoaktif madde miktarıdır.
- D-değerlerini bulmak için, birinde radyasyon kaynağının dağılmadığı (D1) yani kapsül içerisinde kaldığı, diğerinde ise radyasyon kaynağının dağıldığı (D2) durumlardaki maruz kalma senaryoları kullanılmaktadır.
- Bir radyonüklit için D-değeri; D1 ve D2 değerlerinin en küçüğü olarak alınmaktadır.

KAYNAKLAR VE MALZEME [TBq]

RADYONÜKLİT	D1	D2
H-3	UL	2.E+03
C-14	2.E+05	5.E+01
P-32	1.E+01	2.E+01
S-35	4.E+04	6.E+01
Cl-36	3.E+02	2.E+01
Cr-51	2.E+00	5.E+03
Fe-55	UL	8.E+02
Co-57	7.E-01	4.E+02
Co-60	3.E-02	3.E+01
Ni-63	UL	6.E+01
Zn-65	1.E-01	3.E+02
Ge-68	7.E-02	2.E+01
Se-75	2.E-01	2.E+02
Kr-85	3.E+01	2.E+03
Sr-89	2.E+01	2.E+01
Sr-90 (Y-90)	4.E+00	1.E+00
Y-90	5.E+00	1.E+01
Y-91	8.E+00	2.E+01
Zr-95 (Nb-95m/Nb-95)	4.E-02	1.E+01
Nb-95	9.E-02	6.E+01
Mo-99 (Tc-99m)	3.E-01	2.E+01
Tc-99m	7.E-01	7.E+02
Ru-103 (Rh-103m)	1.E-01	3.E+01

YAPAY KAYNAKLARIN KATEGORİZASYONU

Yapay radyoaktif kaynaklar 5 farklı sınıfta kategorize edilir;

Kategori I
Kategori II
Kategori III
Kategori IV
Kategori V

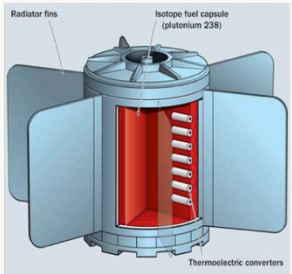
Radyonüklit	D değeri
Am-241	0.06
Co-60	0.03
Cs-137	0.1
Ir-192	0.08
Pu-238	0.06
Sr-90	1.0
$Tc-99^m$	0.7

KATEGORY	A/D Oranı
1	A/D ≥ 1000
2	1000 > A/D ≥ 10
3	10 > A/D ≥ 1
4	1 > A/D ≥ 0.01
5	0.01 > A/D and A > exempt

KATEGORİ 1

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse olağanüstü tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç dakikadan fazla tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç dakikadan 1 saate kadar süre boyunca bulunan kişi için muhtemelen ölümcül olacaktır.

A/D ≥ 1000





- Radyo izotoplu termoelektrik üreticiler (RTGs),
- Işınlayıcılar (Irradiators),
- Teleterapi

KATEGORİ 2

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse çok tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç dakikadan 1 saate kadar tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç saatten 1 güne kadar süre boyunca bulunan kişi için muhtemelen ölümcül olacaktır.



10 ≤ A/D < 1000

- Endüstriyel gama radyografi
- Yüksek/orta doz-şiddetinde brakiterapi



ALARA RGD

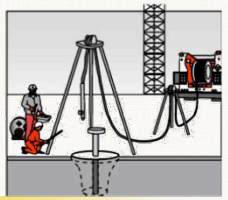
KATEGORİ 3

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç saate kadar tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç günden birkaç haftaya kadar süre boyunca bulunan kişi için olasılık düşük olsa da ölümcül olabilir.



1 ≤ A/D < 10

Sabit Endüstriyel ölçüm sistemleri : Seviye ölçerler, Taramalı ölçerler, Yüksek aktiviteli kaynak bulunduran taşıma bandında ölçerler, Petrol arama kuyularında kullanılan ölçerler



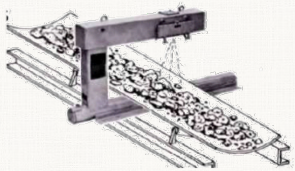
ALARA RGD

KATEGORİ 4

Bu kaynaklardan kişinin kalıcı hasar görme olasılığı düşüktür. Ancak bu kaynaklar, güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korunmuyorsa, saatler boyunca tutulduğunda veya haftalar boyunca temas halinde olan kişide geçici hasara sebep olabilecek kaynaklardır.

0,01 ≤ A/D < 1

- Düşük aktiviteye sahip brakiterapi cihazları
- Kemik dansitometri cihazları
- Düşük aktiviteli kaynak kullanan ölçüm düzenekleri



ALARA RGD

KATEGORİ 5

Bu kategorideki radyasyon kaynaklarının kişilerde kalıcı hasar bırakma olasılığı yok denecek kadar azdır.

Muaf ≤ A/D ve A < 0,01

- XRF (X ray Fluoresance) cihazları
- PET (Positron Emission Tomography)

Kalibrasyon kaynakları



ALARA RGD

Uygulama Alanları

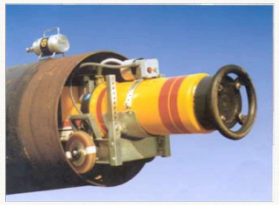
1- Endüstriyel Uygulamalar

- Radyografi / Radyoskopi Cihazları:
  X-Işınları, Co-60, Ir-192, Se-75, Yb-169
- Işınlama Sistemleri: Elektron demeti, Co-60
- Eğitim-Araştırma ve Analiz Cihazları :
  X-Işınları, Fe-55, Ni-63, P-32, Cl-36, H-3
- Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları:
  Cs^{137}, Am-241/Be
- Proses Kontrol (Kalınlık, Ağırlık, Seviye, v.b) Cihazları:
  Cs^{137}, Sr^{90}, Kr^{85}, Co^{60}, Am^{241}
- Paratonerler, Duman Dedektörleri ve Tüketici Ürünleri:
  Am-241, Th-232 , H-3, Sr-90, Pu-238, Pr-147, Co-60

- Radyografi / Radyoskopi Cihazları

✓ X-ışını Radyografi Cihazları;



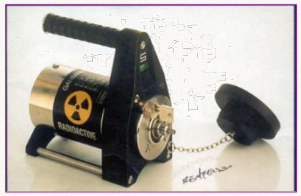


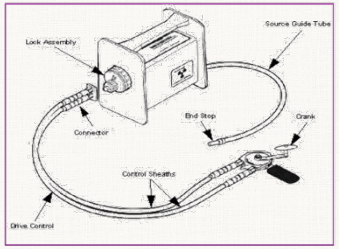




✓ Gamagrafi Cihazları;







✓ Endüstriyel Radyoskopi Cihazı;

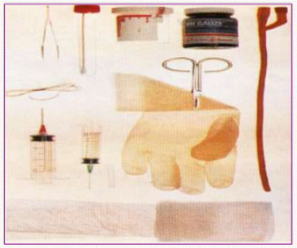


Işınlama Sistemleri;

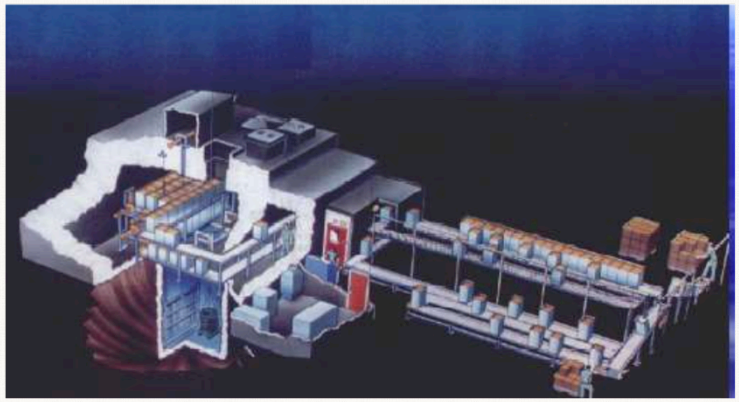
✓Gama Işınlaması ile;

- Korunma,
- Raf ömürlerinin uzatılması,
- Böceklenmenin önlenmesi,
- Mikroorganizmaların arındırılması,
- Plastik malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi,
- Sağlık bakım ürünlerinin sterilizasyonu,
- Tıbbi ürün / cihazların sterilizasyonu,
- Ambalaj maddelerinin sterilizasyonu,
- Laboratuvar ürünlerinin sterilizasyonu amaçlanır.





✓ Işınlama Tesisleri;



Gama Işınlama Cihazları



Cs-137



Co-60

✓ Kan Işınlama Cihazları;



Eğitim-Araştırma ve Analiz Cihazları

✓ Analiz Cihazları;

Çimento, bakır, demir v.b maden çıkarma, öğütme ve üretimlerinde, cevher ve mamul maddelerde bulunan element miktarlarının tayininde kullanılır.



Radyasyon Kaynakları;

X-ışını,
Fe-55,
Cd-109,
Ni-63,
P-32,
Cl-36,
H-3,
Cf-252 vb. olabilir

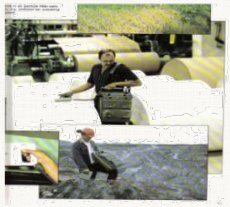




✓ X-Işını Analiz Cihazları;



X-Işını floresans cihazı (XRF)



Kalınlık ölçüm cihazı



X-ışını Difraktometre Cihazı (XRD)



Portatif XRF

✓ Analiz amaçlı cihazlar;

- Metal ve alaşım analizi
- Hurda metal tasnifi
- Alaşımların kalite kontrolü
- Maden uygulamaları
- Mineral ve toprak analizleri
- Keşif, maden haritalandırma
- Cevher sınıfı tespiti
- Tüketici plastiklerinin analizi
- Kurşun boya analizi





Radyoaktif Kaynaklı Cihazlar;

Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları

Cihazlar,
- Yol yapımlarında,
- Topraklı (mıcır, çakıl) dolgularda,
- Çimento-bitüm karışımlı kaplamalar v.b. uygulamalarda

kullanılır.



Proses Kontrol Cihazları

Üretim sırasında (demir, çelik, lastik, kağıt, sunta, şeker, iplik, cam, vb.) malzemenin yoğunluğunun, seviyesinin, kalınlığının, ağırlığının vb. ölçülmesinde radyasyon kaynaklı sistemler kullanılmaktadır.

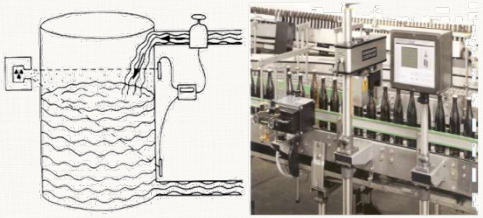
Radyasyon Kaynakları:
Cs-137, Sr-90, Kr-85, Co-60,
Am-241, Am-241/Be, X-ışını



Kalınlık Ölçümü



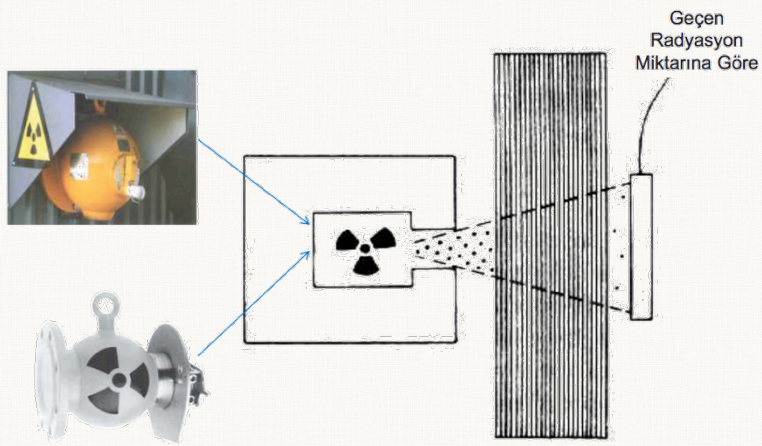
Yoğunluk Ölçümü



Seviye Ölçümü

ALARA RGD

✓ Otomatik Proses Kontrol Sistemleri;



ALARA RGD

Paratoner, Duman Dedektörü;

- Paratoner,
- Duman detektörleri



Duman Dedektörü



Paratoner (Am-241)

Am-241, Ra-226

ALARA RGD

2- Tıbbi Uygulamalar

✓ Teşhis amaçlı;

- **Radyoloji Bölümleri**
  (X-Işını Yayan Cihazlar)
- **Nükleer Tıp Laboratuvarları**
  (Tc-99m, Tl-202, I-131 ve Ga-67)
- **PET laboratuvarları**
  (F-18, N-13, O-15,Ga-68)

✓ Tedavi amaçlı;

- **Radyasyon Onkoloji Bölümleri**
  (Linak, Co-60)
- **I-131 Tedavi Odaları**

ALARA RGD

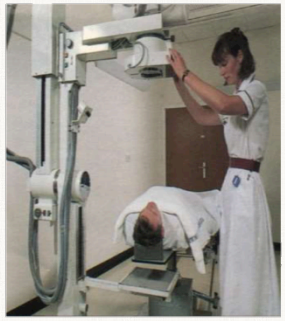
✓ Teşhis Amaçlı

Radyoloji;

- Filme Görüntü Alma
- Ekranda İzleme



Tomografi



Röntgen

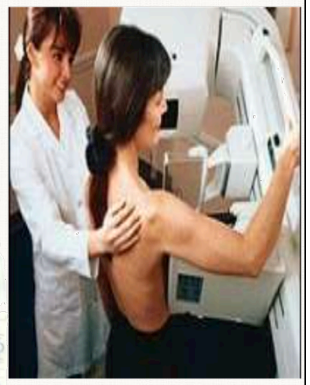
ALARA RGD



Periapikal Diş Röntgen



Panaromik Diş Röntgen



Mamografi

ALARA RGD



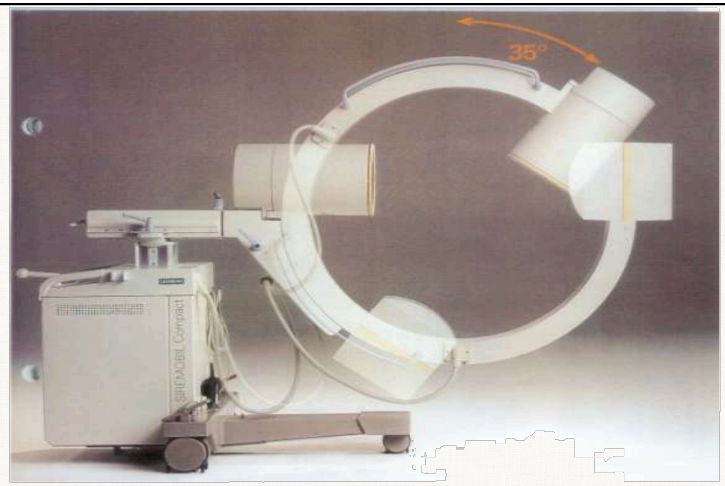


Kemik Yoğunluğu



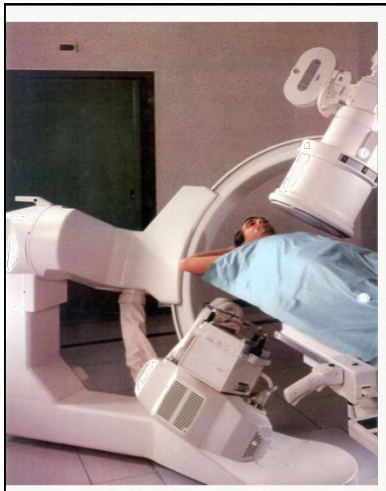
Mobil Röntgen

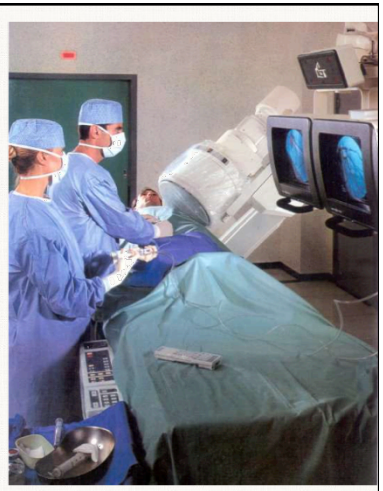
ALARA RGD



C-Kollu Mobil Radyoskopi

ALARA RGD





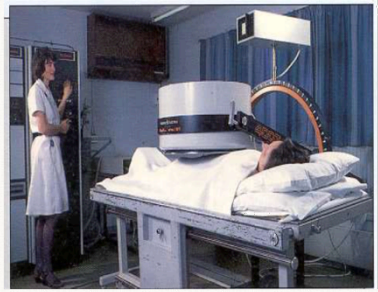
Anjiografi

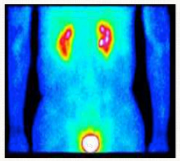
- Nükleer Tıp (NT)
- Radio Immuno Assay (RIA)

✓ **Teşhis;**

Kalp, karaciğer, böbrek, kemik vb. fonksiyon testleri

- Tc-99,
- Tl-201,
- I-125,
- I-131,
- F-18





✓ **Radyoterapi Laboratuarları;**



Lineer Hızlandırıcı



Co-60 Gamma Knife (Bıçağı)



Co-60 Elektron Demeti, X-Ray

3- Eğitim ve Araştırma

- DNA çalışmalarında **(genetik mühendisliği),**
- Tarımda **(tohum ıslahı),**
- Akarsularda debi ölçümünde,
- Barajlarda su kaçaklarının tespitinde,
- Yeraltı sularının hareketlerinin takibinde,
- Petrol aramalarında nem ve yoğunluk ölçümünde kullanılır.







✓ Petrol Arama Çalışmaları (oil well logging);

Radyasyon Kaynakları:

Ra-Be, Pu-Be, Am-Be, Cf-252, Cs-137,

✓Arkeometrik Çalışmalar;

- Buluntu tayini (gömü, höyük)
- Fiziksel özellik tayini (esere zarar vermeden tarihsel değerini ortaya çıkarmak)
- Yaş tayini
- Malzeme tayini (kimyasal özelliklerin tayini)
- İmal usulü tayini (metalürjik ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi)
- Kaynak tayini (buluntu yeri ile malzeme kaynağı veya imalatının yapıldığı yerin tayini)
- Gerçeklik tayini (gerçek mi, sahte mi)
- Restorasyon
- Buluntu ve eserlerin korunması (fiziksel koruma)

4- Tarım ve Hayvancılık

- Gıda maddelerinin bozulmasını önlemek
- Besin değeri kaybını önlemek
- Hasat sonu kayıpların önlenmesi (filizlenmeyi önleyerek veya olgunlaşmayı geciktirerek)
- Zararlı hayvanların üremesini veya yaşamasını engellemek
- Çeşitli bitkilerin ıslahı ve geliştirilmesi
- Hayvan hastalıkları teşhisi

5- Güvenlik Amaçlı Kontrol

Tır, kamyon gibi araçların ve çanta-valiz, bagajların, içinde saklanan uyuşturucu, bomba vb. şüphe duyulan paketlerin monitörde izlenmesinde kullanılmaktadır.



Paket-bagaj Kontrol Cihazları

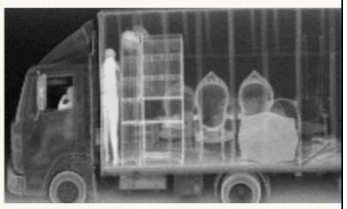


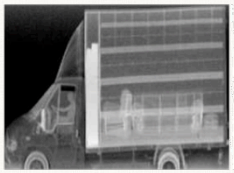
Araç Tarama

X-Işınları, elektron demeti, vb. kullanılır.

✓ **TIR Tarama Sistemleri (Geri Saçılma);**





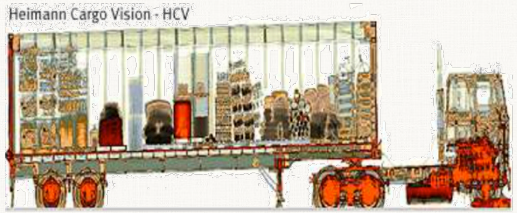




✓ **Güvenlik amaçlı X-Işını, Co-60;**







Linac (Hızlandırıcı)



RADYASYON KAZALARININ NEDENLERİ, SONUÇLARI VE ÖNLENMESİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

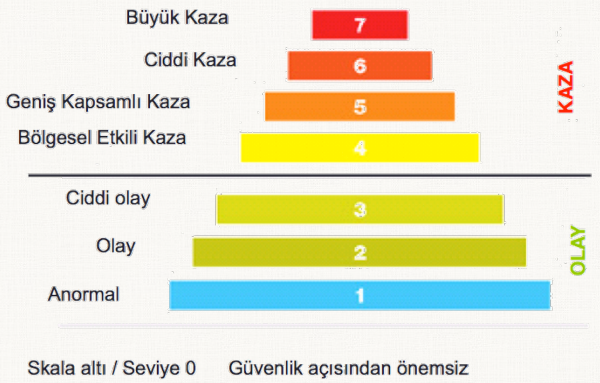
- Radyasyon Kazası Nedir?
- Radyasyon Kazaları'nın Sınıflandırılması
- Radyasyon Kazalarının Aşamaları
- Radyasyon Kazalarının Nedenleri
- Kaza Örnekleri ve Önlemler



RADYASYON KAZASI NEDİR

İyonize edici radyasyon ile yapılan çalışmalar esnasında, müsaade edilen sınırların üzerinde ışınlamaya (radyasyon dozuna) maruz kalma veya radyasyon kaynağının kontrol dışına çıkması durumudur.

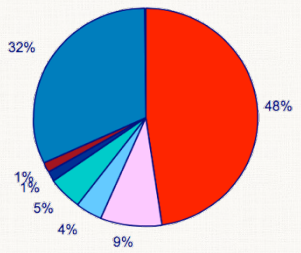
Kaza Ölçeği



Kaza Çeşitleri

Radyolojik Kazalar

- Tıbbi kuruluşlarda
- Endüstriyel kuruluşlarda
- Araştırma ve eğitim merkezlerinde
- Işınlama tesislerinde
- Malzeme testi çalışmalarında
- İzotop üretim tesislerinde
- Radyoaktif madde taşınmasında
- Gama radyografisinin saha çalışmalarında
- Askeri tesislerde
- Yasadışı veya terörist kullanımlarda
- Hurda yığınlarında
- Kaybolan veya çalınan kaynaklarla



Nükleer Reaktör Kazaları

- Nükleer reaktörlerde
- Nükleer yakıt çevrim tesislerinde

Kaza Örnekleri

1987 - 2001 Yılları Arasında Meydana Gelen Ölümcül Radyasyon Kazaları (Nükleer ve Radyolojik)

			Radyasyon Nedeni ile Ölümler		
Yıl	Yer	Kaynak	Görevli	Halk	Hasta
1987	Goiana, Brezilya	Radyoterapi	-	4	-
1989	San Salvador, El Salvador	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1990	Zaragoza, İspanya	Tıbbi Lineer Hızlandırıcı	-	-	x
1990	Soreq, İsrail	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1991	Nesvizh, Beyaz Rusya	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1992	Çin	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	-	3	-
1992	ABD	Brakiterapi	-	-	1
1994	Tammiku, Estonya	Atık Deposundan Çıkarılan Kaynak	-	1	-
1996	San Jose, Kosta Rika	Radyoterapi	-	-	x
1997	Sarov, Rusya	Kritiklik	1	-	-
1999	Toakimura, Japonya	Kritiklik	2	-	-
2000	Tayland	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	-	3	-
2000	Mısır	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	2	-	-
2001	Panama	Radyoterapi	-	-	x

Radyasyon Kazalarının Aşamaları

1. OLUŞ AŞAMASI
   (Haber Verme)

2. ACİL DURUM AŞAMASI
   (Bilgilendirme v.s.)

3. İYİLEŞTİRME AŞAMASI
   (Yardım Sağlanması)

4. ONARIM AŞAMASI
   (Değerlendirme)

Oluş Aşaması

- Kazanın fiziksel olarak meydana gelmesi olup, şekline göre anında haberdar olunduğu gibi, belirli bir süre sonra da farkedilebilir.
- Sesli ve ışıklı uyarı sistemleri ve ölçüm cihazlarının bulunması halinde anında haberdar olunabilir.
- Olay yerinin ivedilikle boşaltılması ve yetkili kişi ve kuruluşlara en kısa yoldan **HABER VERİLMESİ** gerekmektedir.

Acil Durum Aşaması

- Güvenliğin devamı ve çevrenin korunması için her türlü çalışmanın yapılması
- Kazanın sınıfına ve oluş şekline göre çalışanların ve halkın güvenlik altına alınması
- Çalışmalarla ilgili **BİLGİ AKIŞI** sağlanması

İyileştirme Aşaması

Acil durum aşamasının devamı olup, kaza nedeninin ortadan kaldırılması ve güvenliğin sağlanması için plan, organizasyon ve uygulamanın gerektiği durumlarda **YARDIM** alarak yapıldığı aşamadır.

Onarım Aşaması

Kaza durumunun, kaza öncesi duruma dönmesi için gerekli programların yapıldığı, uygulandığı ve DEĞERLENDİRİLDİĞİ aşamadır.

Kazalara Karşı Başarılı Olabilmek İçin

- Eğitilmiş İnsan Potansiyeli
- Acil Durum Plânı
- Yeterli sayıda Radyasyon Ölçüm Aleti ve Yardımcı Donanımlar
- Cihazların Bakım ve Onarımlarının Düzenli Yapılması
- Faktörlerinin **TAMAMLANMIŞ OLMASI GEREKMEKTEDİR**

Acil Durum Planları Hazırlanırken

- Radyasyon Kaynağının ve Kullanıldığı Cihazın Yapısı
- Kaynak Güvenliğinin Kaybolması
- Güvenliğin Kaybolmasının Sonuçları
- **Faktörleri Gözönünde Bulundurulmalıdır.**

Acil Durum Planları

- NE YAPILMALIDIR ?
- NİÇİN YAPILMALIDIR ?
- NE ZAMAN YAPILMALIDIR?
- KİMLERLE YAPILMALIDIR?
- NASIL YAPILMALIDIR ?

- **Sorularına Cevap Verecek Şekilde Hazırlanmalıdır.**

Radyasyon Kaynağının Yapısı

- Radyasyon Üreten Cihazlar
- Zırhlanmamış Açık Kaynaklar
- Zırhlı Kapalı Kaynaklar

Güvenliğin Kaybolması

- İnsan Faktörü
- Cihaz veya Kaynaktaki Teknik Arıza
- Diğer Nedenler
  (Taşıma kazası, yangın v.b),

İnsan Faktörü

- Yetersiz Eğitim
- İhmal- Aşırı Güven
- İletişim Eksikliği

Kaynak veya Cihazdaki Teknik Arıza

- Cihazın Çok İyi Tanınmaması
- Periyodik Kontrol ve Sızıntı Testlerinin Zamanında Yapılmaması
- Çalışma Kurallarına Uyulmaması

Çalışma Kurallarına Uymak

1. Çalışmalara başlamadan önce, çalışmalar sırasında ve sonrasında rutin kontrollerin yapılması
2. Çalışma sonunda ölçüm cihazı ile kaynağın kontrolü
3. Dozimetrelerin amaca uygun olarak kullanılması
4. Radyasyon ölçüm aletlerinin ve alarmlı dozimetrelerin çalışmalarda sürekli olarak çalışır durumda tutulması
5. Çalışmaların ciddiyetine önem vermek
6. İşveren-Sorumlu Kişi-İşçi arasında iyi bir ilişki ve iletişimin kurulması

Radyasyon kazalarına örnekler

- 1979 USA
- KAYNAK: Ir-192
- AKTİVİTE : 1 TBq (28 Ci) NEDEN : Kaynağı 45 dakika pantolonun arka cebinde taşınıyor
- Sağ kalçanın 200 Gy doz aldığı tahmin ediliyor
- 31 gün, 50 gün 6 ay ve 19 ay sonra sağ kalçanın görüntüleri resimlerde verilmiştir.



Kazadan 31 Gün Sonra

Yaranın ciddiyeti görülüyor



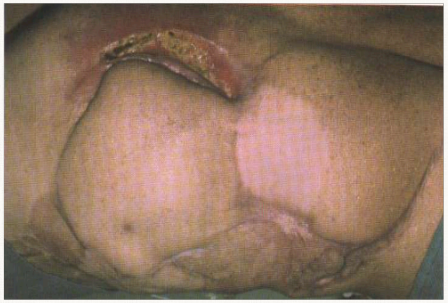
Kazadan 50 gün sonra

Doktor ölü dokuyu alıyor. Ayağından kalın bir deri parçası alarak bu bölgeye dikiyor



Kazadan 6 ay sonra

Yara kenarlarında tekrarlama görülüyor. 10 ay sonra ikinci deri ilâvesi yapılıyor



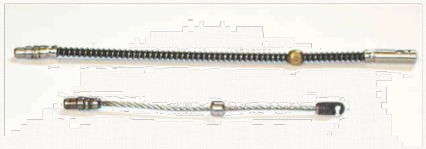
Kazadan 19 ay sonra

Yaranın tamamen kapanması mümkün olmuyor. Gelecekte daha başka ameliyat gerekebilir. İki yıl sonra bile topallayarak yürüyor

Ocak 1996 ÇİN

- Kaynak pantolonun cebinde bulunuyor.
- Ayak ve eller 2 – 9 Gy (200 – 900 rad) doza maruz kalıyor.
- Cerrahi müdahale yapılıyor.







Temmuz 1996 İRAN

Kaynak : Ir-192

Aktivite : 185 GBq (5 Ci)

Neden : Termik santralda çalışmaların bitiminde kaynak kılavuz hortumdan düşüyor. Tutucusu ile birlikte bulan kişi (izolasyon işinde çalışan kişi) tarafından 1,5 saat sağ göğüs cebinde taşıyor.





12 gün sonra

6 gün sonra

Göğüste kızarmalar

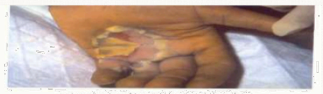


15 gün sonra nekroz.

(Beyazlıklar gümüş melhem)



19 gün sonra elde eritem (iltihaplanma sonrası kızarmalar





35 gün sonra nemli deri döküntüsü

Kasım 1997 de görünüm-1,5 yıl sonra



PHOTO 24. Contracture of the right elbow in November 1997.

Ohio (Eylül 1998);

✓ **Yanlış uygulama (^{131}I)**

- Hastaya ölümcül doz veriliyor tüm vücut dozu 0.02 Gy (2.3 rad),
- Thyroid dozu 88 Gy (8800 rad)

✓ **Yanlış uygulama (^{131}I)**

- 20 haftalık hamile bayana 11.8 mCi ^{131}I
- Fatal Doz
- WB 0.03 Gy (3 rad),
- Tiroid 253 Gy (25,330 rad)

Indiana, PA (1992);

- Brakiterapide kullanılan 4,2 C'i lik ^{192}Ir kaynağı kayıp oluyor.

Sonuçları;

- 90 kişi yüksek dozlara maruz kalıyor (> 20 cGy)
- 1 ölüm

Türkiye'de Meydana Gelen Kazalardan Örnekler

1. TAŞIMA SIRASINDA TRAFİK KAZASI SONUCUNDA **KAYNAK ARABADAN DÜŞÜYOR.**
2. KAZANDA ÇEKİM SONRASI KAYNAK KILAVUZ **HORTUMDAN DÜŞÜYOR.**
3. ACEMİ RADYOGRAFCI **AÇARKEN KAPATIYOR-KAPATIRKEN AÇIYOR**, KAYNAK DIŞARDA İKEN FİLM YERLEŞTİRİLİYOR.



İstanbul, 1998



- Eylül 1998: iki konteyner hurdacıya veriliyor parçalanıp açılıyor.
- 3.3 TBq (88 Ci) Co-60 kaynağı zırh dışına çıkıyor.
- 10 kişide akut radyasyon sendromu görülüyor.
- 404 kişi medikal muayeneden geçiriliyor.









ALARA RGD

❖ Nükleer Santral Kazaları

Chernobyl, SSCB (Nisan 1986), Fukuşima, JAPONYA (Mart 2011) (Sonuçları değerlendirilmektedir)

- ✓ 1000 MW RMBK üst kritik oluyor.
- ✓ Soğutma suyu devre dışı kalıyor kor eriyor.
- ✓ Atmosfere radyoaktif maddeler salınıyor.

116,500 tahliye edildi,

- 2 ölü (Travma)
- 28 ölü (ışınlama),
- 115 ARS, 56 Burns
- 145 kişi doz aldı. (0.7 – 1.6 Gy)



ALARA RGD

Kazaların Önlenmesi İçin Yapılması Gerekli Hususlar

1. Çalışanların konu ile ilgili eğitimlerinin tamamlanması ve periyodik olarak tekrarlanması

2. Çalışmalarda radyasyon ölçü aleti, kişisel dozimetre, alarmlı dozimetre, uyarı ikaz levha, etiket ve ışıkları kullanılması

ALARA RGD

3. Kullanılan cihazların ve donanımların teknik yapısının çok iyi bilinmesi.

4. İşveren-Sorumlu Şahıs-Görevli arasında çok iyi bir iletişim kurulması

5. Şüpheli durumlarda yetkili kişilere/otoriteye (TAEK)'e bilgi verilmesi

Tel : 444 82 35 TAEK ACİL BİLDİRİM HATTI
444 TAEK

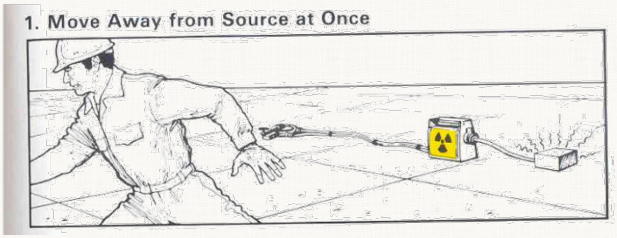
6. Radyasyonla ilgili konularda halkın bilgilendirilmesi

ALARA RGD

KAZA SONRASI YAPILMASI GEREKENLER

1- HEMEN ALANI TERKET

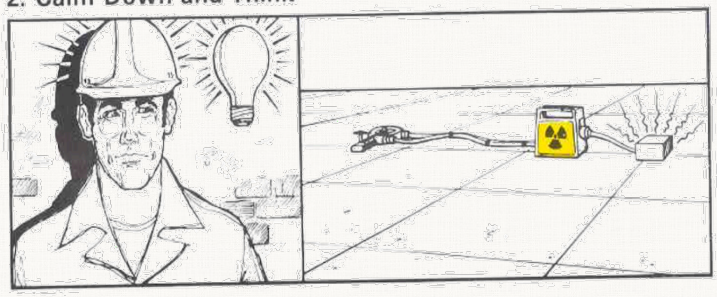
1. Move Away from Source at Once



ALARA RGD

2- SAKİN OL VE DÜŞÜN

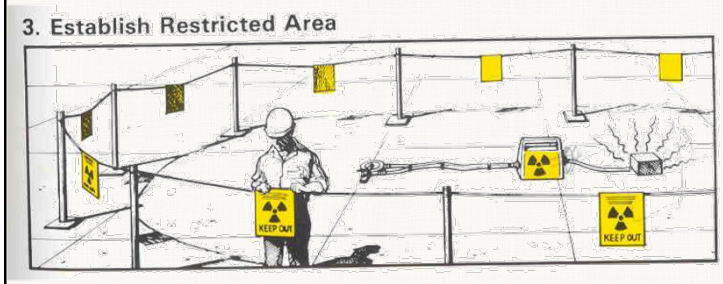
2. Calm Down and Think



ALARA RGD

3- GÜVENLİK ALANINI BELİRLE

3. Establish Restricted Area



ALARA RGD

4- YARDIM ÇAĞIR

4. Call for Help



ALARA RGD

KİŞİSEL DOZİMETRİ VE KULLANIMI

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Amaç
- Radyasyon nedir?
- Tanımlar
- Doz Limitleri
- Kişisel Dozimetreler
- Akreditasyon
- Dozimetre kullanımı
- Hizmet akışı
- Yüksek dozlar
- Önemli notlar



AMAÇ

- İyonlaştırıcı radyasyonla çalışanların maruz kaldıkları doz değerlerini izlemede kullanılan kişisel dozimetreleri tanıtmak,
- Kişisel dozimetreler kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlara dikkat çekmek,
- Dozimetri sistemin işleyişini açıklamaktır.

TANIMLAR

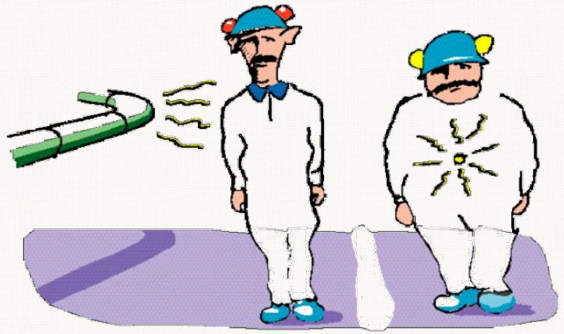
İyonlaştırıcı radyasyon: Bir maddenin veya canlı dokunun atomundan bir elektronu uzaklaştırmak (koparmak) için yeterli enerjiye sahip radyasyon dur.

Doz: Bir maddenin veya canlı dokunun, radyasyonla etkileşmesi sonucunda, madde veya doku içerisinde depolanmış enerjinin bir ölçümüdür.

Kişisel Dozimetre: Mesleki ışınlamalardan kaynaklanan personelin maruz kaldığı radyasyon dozunu ölçmede kullanılan cihaz veya düzenektir.

Dozimetri: Radyasyon kaynakları ile çalışan kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozunun belirlenmesinde kullanılan cihazlar ve işlemleri ifade eden sistemdir.

Harici ve Dahili Dozimetri



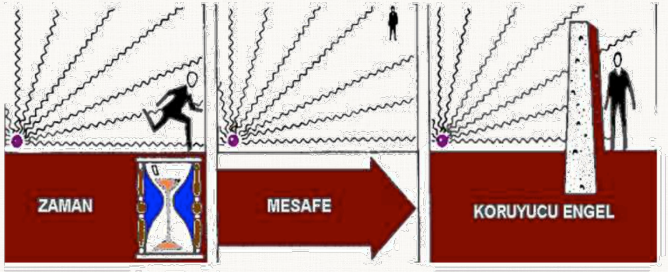
Dış ışınlanma İç ışınlanma

ALARA RGD

Dış ışınlanma

Radyoaktif maddelerden veya radyasyon üreten cihazlardan (radyasyon kaynaklarından) çıkan gama, X-ışınları, nötron vs. ışınların vücuda dışardan ulaşmasıdır.

Dış ışınlanmadan korunmanın 3 temel kuralı vardır.



ALARA RGD

Korunma







- Yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılır.

ALARA RGD

ZORUNLULUK

Çalışma koşulu "A": Yılda 6 mSv'ten 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.

ÇALIŞMA KOŞULU "A" DURUMUNA UYAN TÜM ÇALIŞANLAR KİŞİSEL DOZİMETRE KULLANMAK ZORUNDADIR.

Dozimetre kullanma zorunluluğuna karar vermek RKS'nin sorumluluğudur.

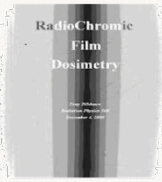
RADYASYON GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ MADDE 21...

ALARA RGD

Kişisel Dozimetreler

Film Dozimetre





Termo Lüminesans Dozimetre





Optik Uyarmalı Lüminesans Dozimetre



Elektronik Dozimetre



Cep Dozimetre



Extremite TLD



ALARA RGD

Kişisel dozimetre tipleri ve çeşitleri :

Kişilerin dış ışınlama ile aldıkları dozların ölçülmesinde pasif ve aktif dozimetreler kullanılır.

Pasif dozimetreler : Alınan dozların okunmasında ek bir cihaza ihtiyaç gösteren, bir zaman aralığında alınan toplam radyasyon dozunu ölçen cihazlardır. Yaygın olarak kullanılanlar,

- **Film**
- **TLD**
- **OSL**

Aktif dozimetreler : Alınan radyasyon dozlarını doğrudan doğruya okumayı mümkün kılan cihazlardır. Bu dozimetreler gerektiğinde 2. dozimetre olarak kullanılmaktadır.

- **Elektronik**
- **Cep-kalem dozimetreleri**

ALARA RGD

Akreditasyon

- SONUÇLARIN DOĞRULUĞU
- ULUSLARARASI İZLENEBİLİRLİK
- DÜZENLİ İŞLEYİŞ ANLAYIŞI
- İSTİKRAR
- GÜVENİLİRLİK
- HİZMET KALİTE GÜVENCESİ

demektir.

Türkiye Genelinde hizmet vermeye yetkili kuruluşların AKREDİTE olması zorunluluktur.

ALARA RGD

Kişisel Dozimetrelerin kullanım şekli

- Tüm vücut dozimetresi göğüs cebi hizasına takılır. Koruyucu giysinin altında kalmalıdır.
- Yüzük dozimetre radyasyona maruz kalan elde kullanılır.
- Kullanıcılar adına kayıtlı gelen dozimetre sadece çalışma alanında kullanılır. Çalışma süresi sonunda radyasyon alanı dışarısında muhafaza edilir.



ALARA RGD

Kişisel Dozimetrelerin kullanım şekli

- Sadece bir kişi kullanmalıdır. Ortak kullanım olmamalıdır.
- Her personel mutlaka kendi adına gönderilen dozimetreyi kullanmalıdır.
- Sadece çalışma alanında kullanılmalıdır.
- Nem, sıcaklık, darbe gibi hasar kaynaklarından uzak tutulmalıdır.
- Özellikle kalem, kimlik kartı kılıfı gibi metal tutaçları olan eşyaların yanına takılmamalı, önünde veya arkasında radyasyonu engelleyecek cisimler olamamalıdır. Tek başına takılmalıdır.
- Kullanım süresi sonunda, yeni dozimetre ile değiştirildiğinde en kısa sürede Dozimetre Servisine iletilmelidir.
- Elektronik dozimetrelerin kullanılması durumunda kalibrasyon ve pil durumları kontrol edilmelidir.

Dozimetreler açılmamalı, üzerine yazı yazılmamalı ve etiket yapıştırılmamalıdır.

Hizmet nasıl yürüyor?



Yüksek Doz !

Doz sonucu dönemlik limitleri aşıyorsa; Dozimetri Servisi tarafından İnceleme Düzeyi Doz Araştırma Formu gönderilir.

•Çalışma şartları
•Lisans koşullarında değişiklik
•Kaza durumu
•Hatalı kullanım

durumlarını ayırt etmek için sorular vardır.

Yüksek Doz !

- Hatalı kullanım ise TAHMİNİ DOZ uygulanmalıdır. Tahmini doz, RKS tarafından alan ölçümleri, çalışılan kaynak, çalışma düzeni, çalışma saatleri, aynı yerde çalışan diğer personelin doz değerleri vs. bilgileri dikkate alınarak hesaplanmalıdır.
- Yüksek Doz incelemesi sonucunda gerekli olur ise kullanıcı sağlık kontrolü/tıbbi müdahaleye yönlendirilir.
- İnceleme düzeyi doz araştırma formundaki bilgiler mutlaka doğru ve eksiksiz doldurulup, dozimetre kullanıcısı, radyasyondan korunma sorumlusu ve lisans sahibi tarafından imzalanmalıdır.

Önemli Notlar

RADYASYONDAN KORUNMADA VE DOZUN DOĞRU ÖLÇÜLEBİLMESİNDE İLK SORUMLULUK KULLANICININDIR.

DOZİMETRE SONUÇLARINDA DOZ DEĞERİNİN **0.1 mSv** ALTINDA VEYA **(C)** OLMASI SAĞLIĞINIZ İÇİN GEREKLİ ÖNLEMLERİ ALDIĞINIZI,
KURALLARA UYDUĞUNUZU GÖSTERİR.

RADYASYONDAN KORUNMA İLKELERİ (ZIRHLAMA, KORUYUCU GİYSİLER VE TEÇHİZAT KULLANILMASI, ÇALIŞMA SAATLERİNİN DÜZENLENMESİ, GÜVENLİK TALİMATLARINA UYULMASI VS…) DOĞRU UYGULANDIĞINDA DOZİMETRE DEĞERLENDİRMESİ SONUCU İZİN VERİLEN YILLIK DOZ SINIRLARINDA OLMASI GEREKİR.



TESİS GİRİŞLERİNDE RADYOAKTİF MADDE İZLEME

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Hurda Metallerin Geri Dönüşümü
- Yaşanmış Kazalar
- Radyoaktif Maddelerin İzlenmesi
- Radyoaktif Madde Tespiti
  - Sabit Radyasyon Ölçerler (SRÖ)
  - Portatif Radyasyon Ölçerler
- TAEK Laboratuvarlarında Üretilen Sabit ve Portatif Radyasyon Ölçüm Cihazları
  - TAEK Laboratuvarlarında Üretilen Sabit Radyasyon Ölçerler
  - TAEK ÇNAEM'de Üretilen Sabit Radyasyon Ölçerler
  - TAEK SANAEM'de Üretilen Sabit Radyasyon Ölçerler
  - TAEK ÇNAEM'de Üretilen Portatif Radyasyon Ölçerler

HURDA METALLERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Son yüzyılda hurda metallerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı ekonomik ve endüstriyel açıdan büyük önem kazanmıştır.

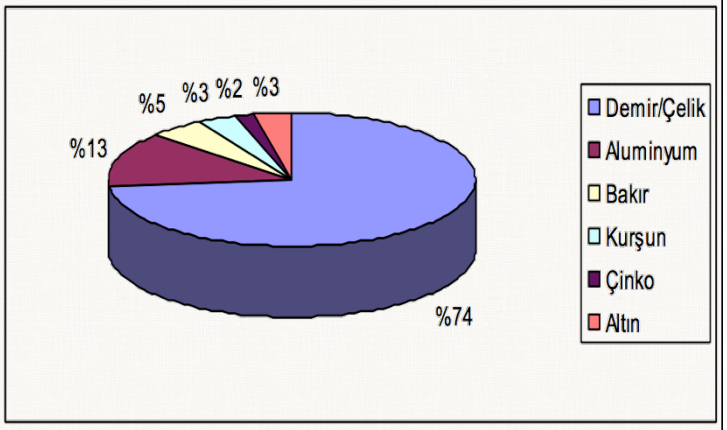
Dünyada yıllık 700 milyon ton civarında olan ham çelik üretiminin yarısından fazlası **hurdalardan**, yarısına yakını ise yeni maden filizlerinden elde edilmektedir.

METAL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

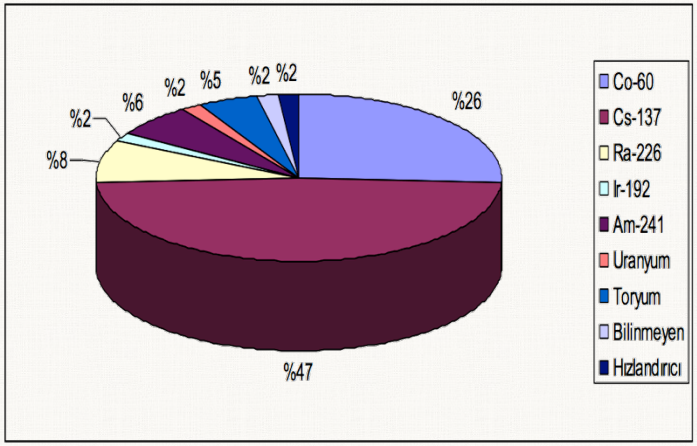
Çeşitli kaynaklardan gelen doğal ya da yapay radyoaktif maddelerin metal geri dönüşüm zincirine girmeleri ve birlikte eritilmeleri nedeniyle ergitilen ve yeniden kullanılan metallerin radyoaktif kirlenme riski de artmaktadır.



HURDA METALİN ERGİTİLMESİ



RADYOAKTİF MADDENİN ERGİTİLMESİ



YAŞANMIŞ KAZALAR (1)

- Sağladığı yararlar nedeni ile kullanımı kaçınılmaz olan radyasyon uygulamalarında alınan pek çok güvenlik önlemine rağmen nadiren olmakla birlikte radyasyon kazaları meydana gelmektedir.
- Dünya Genelinde 1944-2001 arası 420 radyasyon kazası meydana gelmiş, bu kazalarda en az bir kişi yüksek oranda radyasyon ile ışınlanmıştır. 3.000 kişi yüksek doz almış, 133 ölüm olayı gerçekleşmiştir.
- Ancak, radyasyon kaynaklarının kontrol dışı kalması sonucu daha ciddi kazaların olacağı öngörülmektedir (Avrupa'da 30.000 kayıp kaynak).

  Referans : Radiation Emergency Assistance Center/Training Site . Radiation Accident Registries, ORISE-EHSD- REAC/TS, . Oak Ridge, 2000. **(www.taek.gov.tr, son güncelleme: Perşembe, 06 Kasım 2014 15:37)**

- Ülkemizde de 1999 yılında yaşanan İKİTELLİ Kazası uluslararası kayıtlara geçmiş önemli bir kazadır.

YAŞANMIŞ KAZALAR (2)



İlginç bir nükleer kaza öyküsü

ABD'de Cleveland kentinde işin tedavisinde kullanılan aygıtlar üreten Picker firması,1963 yılında Picker C-3000 türü bir tedavi aygıtını Teksas Eyaletinin Lubbock kentindeki Metodist hastanesine satar. (Yapımcı firma daha sonraları çeşitli nedenlerle bu aygıtın üretiminden vazgeçer). Söz konusu aygıta son ışınetkin maddeme yüklemesi 1969 yılı Eylül ayında yapılır.

Hastane, söz konusu aygıtı 1977 yılında elinden çıkarmak ister. Bu durumda izlenmesi gereki olan yol, üreticiyi firmaya haber vermektir. Bu yapıldığında; firma 2000 $'dan başlayan bir ücret karşılığında aygıtın güç kaynağını sökerek geri kalan kısmı bir duşak-uzum atık deponisine yollayacak, aygıtta bir uzum salma durumu kalmayacağı bir hurdacıya satılacaktır. Ancak hastane bu yolu izleyemeyerek aygıtı, Fort Worth K-uşeları Aygıtları Şirketi'ne satmayı yeğler. Şirket de 1977 sonbaharında aygıtı sınırın öte yanına, Juarez'deki Centro Medico'ya yollar. Aygıtı alan kimliğin üzerinin malzemeyi bulundurulabilmek için gerekli ruhsatı yoktur. Ancak satıcı firma açısından da, bir sorunsuzluk söz konusu değildir. ABD'deki geçerli yönetmeliklere göre cihazdaki gibi etkeri ve aralıklı ile nakledilemeniz reaktor yan-ürünü sayılan Kobalt-60'ın ihraç edilmesi zor bir iş değildir.

Centro Medico'daki aygıt bir süre sonra işletilemeyerek, bir depoya kaldırılır. 1983 yılı Kasım ayında dek depoda kalan aygıt işe yaramazlığı nedeniyle bir hurdacıya satılır. Sonradan yapılan soruşturmaya göre, aygıtın hurdalığa gitmesi sırasında, içinde bulunan ve çift zarlı bir kapı içindeki 'kaynağı' kurcalanarak açılmış ve bunu yapan kişiler yüksek dozda ışınım almışlardır (daha bilmeyerek).

Aralık ayında hurdacıya giden aygıt Ocak ayının sonuna dek burada kalır ve birçok kişi de habersiz olarak aygıt içindeki Kobalt-60 kaynağının saçtığı ışınımlara maruz kalır. Ocak ayında, hurdadan temizlenmiş demir pahalarım sonucu kamyona el konur ve yapılan soruşturma sırasını durum saptanır.

Anlaşıldığına göre Juarez'deki hurda malzeme, bu sırada 'bulaşık' olanlar da, ikisi Meksika'da, bir tanesi de ABD'deki üç firma yıllarsap izlenir. 500 ton kadar, işnetkin demir kuzeye ABD'ye gönderilir. Bu demirlerden birinden elde edilen, en yüksek ölçüm 800-700 miliröntgen/saat'tir. Ayrıca ABD'ye yollanmış bir miktar demir masa ayağında da daha düşük (bunyelle işaret sağlanır. Üretilen işnetkin bulaşıklı' inşaat demirlerinden 35.000 tonu Meksika'da satılmıştır. 20 kadar evin işnetkin olduğu anlaşılır. New Mexico kentinde iki evsahibi de yeni inşaatlarının 'işnetkin' temellerini, temiz tellerle değiştirmek zorunda kalır.

ABD'de 50 tane eyalet örgütü ile birkaç federal örgüt birleşerek iki Meksika firmasından gelen 'bulaşık' demirleri ve bunlardan yapılan gereçleri (hemen hemen hepsini) bulur. Bunlar toplanır.

Aygıtın kurşunun kurcalanarak açılmasından sonraki, her biri yaklaşık 70 milyon curie değerinde Kobalt-60 içeren, 6010 adet 1 mm. çapındaki metal bilyecikten, 60 tanesi yol boyunca dökülmüş olarak Meksika yetkililerince bulunur. Bunlardan bir kısmının da hurdalığa girip çıkan kamyonların tekerleklerine yapışarak dağıldıkları saptanmaktadır. Bilyeciklerin tümünün bulunamamasından kaynaklanmaktadır. Juarez cayına yapılan en kötü maliyeti ise kaza 'olarak bakılmaktadır.

Bir tanesi ABD'de New Mexico kentindeki Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'na giriş ve para eşeri. cesi bir ışınım-algılayıcının üzerinden geçer. Algılayıcı yardığı ünler nasıl bir kaynak ve kime maliyeti kaza olarak bakılmaktadır.

(Kaynak: Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı: 3, 1984)

TÜRKİYE'DE HURDA TİCARETİ

Ülkemizde metal endüstrisine ham madde sağlamak amacıyla, gerek yurt içi ve gerekse yurt dışından temin edilen büyük miktarlarda hurda metalin kullanıldığı bilinmektedir.

Ülkemizin çelik hurda ithalatı dünyada önemli bir paya sahiptir.

RADYOAKTİF MADDELERİN İZLENMESİ

Nükleer maddelerin yasadışı hareketlerinin önlenmesi ve insan sağlığına zararlı radyoaktif maddelerin ülkemiz sınır kapılarında ve tesislerin girişinde tespit edilerek gerekli tedbirlerin alınması çalışmaları ilgili Bakanlıklar tarafından takip edilerek sürdürülmektedir.

HANGİ TESİSLER

- Gümrük Kapıları
- Limanlar
- Havalimanları
- Demiryolları
- Demir Çelik Fabrikaları
- Bakır Alüminyum v.b. Metal Fabrikaları
- Hurdalıklar
- Kritik Binalar

RADYOAKTİF MADDELERİN İZLENMESİ (2)

Radyoaktif maddelerin izlenmesi için ortamda radyasyon ölçmesi yapılır. Radyasyonun ölçümü dediğimizde ise aşağıdaki sorulardan en az birisinin cevabını bilmek isteriz:

- Radyasyon var mı, yok mu?
- Radyasyonun tipi nedir?
- Radyasyonun şiddeti nedir?
- Radyasyonun enerjisi nedir?
- Radyasyon dozu ne kadar?

RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (1)

Tesis girişlerinde radyoaktif madde izleme cihazları için öncelikli soru:

Radyasyon var mı, yok mu?

RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (2)

Radyoaktif Madde İzleme Cihazları:

- **Sabit Radyasyon Ölçerler (SRÖ)**
  - Araç Monitörleri (Portal Monitörleri) (TIR, kamyon, otobüs, tren, otomobil)
  - Kapı Monitörleri (yolcu, bagaj, paket)
- **Portatif Radyasyon Ölçerler**
  - Araştırma Cihazları
  - Radyasyon Doz Hızı ve Doz Ölçme Cihazları
  - Radyoaktif Maddeyi Tanıma Cihazları

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (1)

Tarihçesi

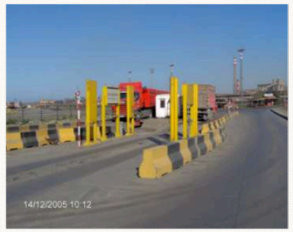
- SRÖ Cihazları ilk olarak nükleer tesislerde kuruldu.
- 1984 yıllında LANL (Los Alamos National Laboratory- USA) de kurulu SRÖ cihazları ile kontamine olmuş çelik bulundu.
- 1984 Hurda eriyik tesislerinde kurulumuna başladı.
- 1986 Çernobil Kazası sonrasında kullanımı yaygınlaştı.
- Polonya'da 1990 yılında sınır kapılarında kullanılmaya başlandı.
- Günümüzde sınırlar, limanlar, havalimanlarında kurulumları yaygınlaştı.

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (2)

Farklı uygulamalar için farklı SRÖ cihazları geliştirildi.



SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (3)






SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (4)

Nasıl Çalışırlar ?

- SRÖ'ler sürekli olarak gama ve bazılarında ilave olarak nötron doğal radyasyon hızını ölçer.
- Alarm uyarı eşiği, yanlış alarm sayısını azaltmak üzere, araç geçişi yokken ölçülen doğal seviyenin üzerinde ayarlanır.
- Araç/kargo/yolcu dedektör alanına girdiğinde uyarı eşiği sabitlenir.
- Araç geçişinde elde edilen sayım hızı alarm eşiği ile karşılaştırılır.
- Alarm eşiği aşıldığında, alarm uyarısı sesli ve/veya ışıklı olarak görüntülenir.

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (5)

Gama Işınlarının Tespiti

- SRÖ cihazlarında genellikle dedektör olarak ışıltılı (sintilation) plastik dedektörler kullanılır.
- Gama enerjisi, plastik sintilasyon maddesinde flüoresana (UV ışık) neden olur.
- Işık, sintilasyon maddesine yapışık olan foton çoğaltıcı (PM) tüpe hareket eder.
- PM tüpü ışığı elektrik sinyaline dönüştürür ve güçlendirir.
- PM'den gelen elektrik sinyalini elektronik devre 'sayım' olarak tespit eder.



SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (6)

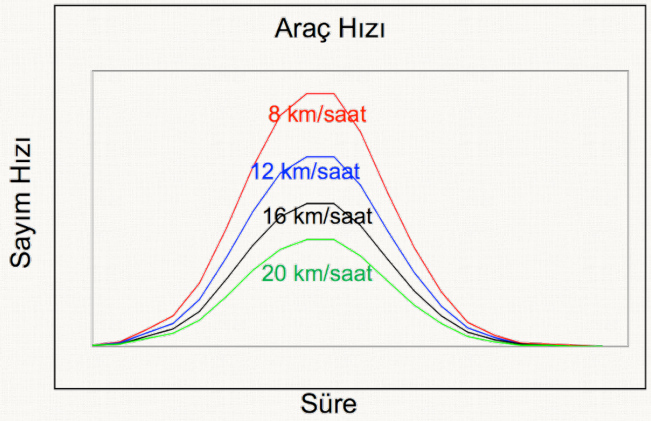
Hassasiyet ve Saptama Limitleri

SRÖ cihazının bir radyoaktif maddeyi tespitinde etkili olan pek çok faktör bulunmaktadır:

- Dedektörlerin hacimleri,
- Detektör ve radyoaktif kaynak arasındaki uzaklık,
- Detektör ve radyoaktif kaynak arasında perdeleme yapabilecek diğer malzemeler ve bu malzemelerin yoğunluğu,
- Dedektörlerin önünden geçen araç/kişi hızı,
- Alandaki normal doğal fon radyasyonu,
- Cihazın ayarlanmış olan alarm uyarı eşik seviyesi.

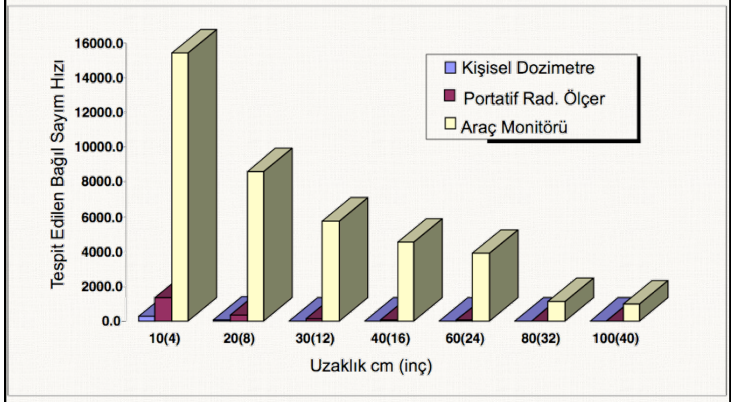
SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (7)

Tespit Hassasiyeti ile Hız



ALARA RGD

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (8)



ALARA RGD

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (9)

Alarm Özelliği

- Sistemin kurulu olduğu yerde sesli ve/veya ışıklı uyarı özellikleri esastır.
- Alarm oluştuğunda kontrol ünitesindeki donanım yardımı ile yakında veya uzakta bir başka sistemi uyarmak, veri göndermek mümkündür.



ALARA RGD

SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (SRÖ) (10)

Alarm Türleri

Alarm Türü	Nedenleri
Yanlış Alarmlar • Radyasyon seviyesinde radyasyona bağlı olmayan (hatalı) artış	• Elektronik devrelerden gürültü • Elektrik Şebekesi sorunları • Doğal fon radyasyon seviyelerinde normal istatistiksel dalgalanma
Doğru Alarmlar • Radyasyon seviyesinde gerçek artış (ancak bu artış radyoaktif maddelerin kasıtsız dolaşımı ya da yasadışı kaçakçılığına bağlı değil)	• Harici radyasyon kaynağı • Hastalara verilen tıbbi izotopların varlığı • Doğal olarak oluşan radyoaktif maddeler • Radyoaktif maddelerin yasal taşınması
Gerçek Önemli Alarmlar • Radyasyon seviyesinde gerçek artış	• Kasıtsız ve izinsiz dolaşım • Radyoaktif maddelerin yasadışı kaçakçılığı

ALARA RGD

PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (1)

Portatif radyasyon ölçer cihazlar radyasyon kaynağının tam olarak **YERİNİ** belirlemek ve şiddetini ölçmek için kullanılır.

- Araştırma Cihazları
- Radyasyon Doz Hızı ve Doz Ölçme Cihazları
- Radyoaktif Maddeyi Tanıma Cihazları

PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (2)

Araştırma Cihazları

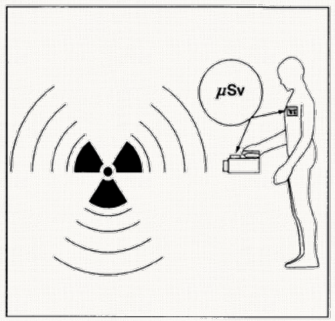
- Göstergesiz, ayar edilmiş olan radyasyon seviyesinde sesli, titreşimli ve/veya ışıklı uyarı.
- Radyasyon doz hızı ile orantılı "bip" sesi.
- Bazı modellerde, radyasyon seviye göstergesi.



PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (3)

Radyasyon Doz Hızı ve Doz Ölçme Cihazları

- Harici ışınlamanın doğrudan ölçülmesini sağlar.
- Genellikle X, gama ve beta radyasyonlarının ölçülmesinde kullanılır.
- (Sv/h, Gy/h, mrem/h, R/h)



PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (4)

Radyoaktif Maddeyi Tanıma Cihazları

Nal sintilatör dedektörlü bir cihaz ile, ölçülen radyoaktif maddenin enerji eğrisi, dolayısı ile hangi radyoaktif madde olduğu tespit edilebilir.



RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (3)

Radyoaktif Madde Tespiti Üç Aşamalı Bir Süreçtir

TESPİT
Radyasyon portal monitörü radyasyon varlığını **TESPİT** eder.

KONUM BELİRLEME
Portatif radyasyon ölçer cihazı radyasyon kaynağının tam **YERİNİ BELİRLER**.

TANIMLAMA
Radyasyon İzotop Tanımlama Cihazı radyasyon kaynağını **TANIMLAR**.

RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (4)

SRÖ'den radyasyon alarm uyarısı alındığında yapılacaklar:

- Ölçümün doğrulanması (aracın uzaklaştırılıp tekrar ölçülmesi)
- Portatif radyasyon ölçer ile radyoaktif maddenin yerinin belirlenmesi
- Gerekli acil güvenlik önleminin alınması
- Yetkililere bilgi verilmesi

RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (5)

Yapılması Gerekenler (1)

Radyasyon doz değerleri ölçülerek gerekli görülmesi halinde kontrollü bölgeler işaretlenmeli ve koruyucu engeller ile etrafı çevrilmelidir.

Radyoaktif kaynağın bulunduğu bölgeye herhangi birisinin girmesi engellenmelidir.

İşaretlenmiş bölgenin (1 µSv/h (0,1 mR/h) altında radyasyon doz hızı) dışında kalınarak yetkili kişilere haber verilmeli ve yardım istenmelidir.

444 8235- (444 TAEK) acil bildirim telefon hattına bilgi verilmelidir.

RADYOAKTİF MADDE TESPİTİ (6)



Güvenlik şeridi dışında doz şiddeti

1 µSv/saat (0.1 mR/saat)

değerinden küçük olacaktır.

TAEK Laboratuvarlarında Geliştirilen Sabit ve Portatif Radyasyon Ölçüm Cihazları

TAEK LABORATUVARLARINDA ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (1)

RESA-GATE ve RİS İstasyonları (1)

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Uzmanlarınca yerli imkanlarla geliştirilip üretilen, **RESA-GATE** Kapı Denetim Sistemi ve **RİS** Radyasyon İzleme Sistemi Ülkemiz Gümrük Kapılarında (Kara, Hava, Deniz) kurulmuştur.

OCAK 2015 itibarı ile

- 23 adet RİS İstasyonu
- 21 adet RESA-GATE İstasyonu kuruludur.

Bütün istasyonların on-line işletimi ve bakımı TAEK Uzmanları tarafından yapılmaktadır.

TAEK LABORATUVARLARINDA ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (2)

RESA-GATE ve RİS İstasyonları (2)

- Gümrük kapılarından geçmesi muhtemel radyolojik veya nükleer maddelerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.
- Alarm seviyesini aşan radyasyon doz hızı artışı durumunda sistem lokal olarak ALARM vermekte ve ayrıca Ankara'daki TAEK Kriz Merkezine telefon hattı üzerinden bilgi göndermektedir.

TAEK LABORATUVARLARINDA ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (3)

RESA-GATE ve RİS İstasyonları (3)





TAEK – ÇNAEM'DE ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER

RESA-GATE

RESA-GATE Sistemi de 2 ana kısımdan oluşmaktadır:

1. Uzak İstasyon:

- Proplar (GM dedektörlü)
- Ölçme, değerlendirme, Veri alış-verişi için modem ve telefon
- hattı,
- Kesintisiz besleme ve şarj,
- Sesli ve ışıklı lokal uyarı,

2. Merkez İstasyon:

- Bilgisayar ve RESA-GATE Merkez Programı,
- Proplardan veri alış-verişi için modem ve telefon hattı,





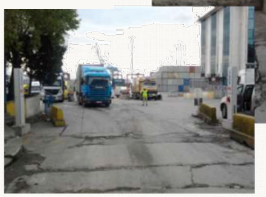
ALARA RGD

TAEK – SANAEM'DE ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (1)

Radyasyon İzleme Sistemi (RİS)

Plastik sintilatör dedektörlü, bilgisayar destekli hassas kapı-geçiş kontrol sistemi. Çift veya tek panelli.





ALARA RGD

TAEK – SANAEM'DE ÜRETİLEN SABİT RADYASYON ÖLÇERLER (2)

RİS İstasyonları



TAEK'in ürettiği RİS sisteminden alınan veriler

ALARA RGD

TAEK – ÇNAEM'DE ÜRETİLEN PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (1)

ÇNAEM'de 1986 yılından buyana çeşitli boyut ve özelliklerde onlarca model cihaz geliştirilmiş olup, bu cihazlar dünyadaki benzerleri ile rekabet edebilecek teknolojik yeteneklere sahiptir.





ALARA RGD

TAEK – ÇNAEM'DE ÜRETİLEN PORTATİF RADYASYON ÖLÇERLER (2)

NEB.211 Doz Hızı Ölçer

- Genel amaçlı radyasyon doz hızı ve doz ölçer.
- Radyasyon doz hızı: 10 µR/h – 1,99 R/h.
- Radyasyon dozu: 0 – 1,99 R
- Otomatik kademe ayarı, alarm özellikli



NEB.211L Doz Hızı Ölçer

- Ultra hassas GM dedektörlü harici prop.
- Radyasyon doz hızı: 5 µR/h - 150 mR/h,
- Radyasyon dozu: 0 – 1,99 R.
- Otomatik kademe ayarı, Alarm özellikli.



ALARA RGD



ALARA RGD

ÖRNEK PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ (UYGULAMA)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Semboller
- Formüller
- Radyasyon dozları ile ilgili kavram ve tanımlar
- Denetimli ve Gözetimli Alan
- Aktivite, Yarılanma Süresi
- Gama sabiti
- Doz, Doz Şiddeti, Zaman
- Doz Şiddeti, Uzaklık
- Zırhlama ile ilgili problemler
- Taşıma indisi ve sınıfı ile ilgili problemler

SEMBOLLER

t : Zaman

h :Saat

I : Doz Hızı Şiddeti (Doz Hızı / mSv/h ; mR/h)

D : Belirli bir süre sonunda alınan toplam doz

Γ : Gama Sabiti (1GBq aktivite için 1 metrede mSv/h veya 1 Ci aktivite için 1 metrede R/h)

A : Aktivite (Bq veya Ci)

d : Uzaklık (m)

$t_{1/2}$: Yarılanma süresi (yarı ömür)

n : Yarılanma süresi sayısı

RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAM VE TANIMLAR

$I = \Gamma x A / d^2$

Doz hızı şiddeti = Gama sabiti x Aktivite /Uzaklığın karesi

$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$

(Başlangıçtaki doz şiddeti x İlk uzaklığın karesi = İkinci doz şiddeti x İkinci uzaklığın karesi)

$D = I x t$

(Alınan toplam doz = Doz şiddeti x Zaman)

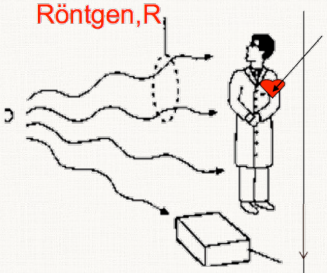
$A_S = A_0 / 2_n$

(AS = Son tarihteki aktivite, A0 = İlk Aktivite, n=Yarılanma süresi sayısı)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Kaynaktan çıkan radyasyon şiddeti : (Işınlama dozu) Röntgen,R

Radyasyon kaynağının gücü: Kaynak Aktivitesi (Bq, Ci)



Belirli bir organa Eşdeğer doz (rem,Sv)

$H_T = \Sigma_R D_{T,R} \times Q_R$

Tüm vücut dozu Etkin Doz (rem, Sv)

$E = \Sigma_T H_T \times W_T$

Herhangi bir madde tarafından Soğurulmuş doz D (Gy, rad)
D: Gray(J/kg)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Yıllık Doz Sınırı: 20 mSv

Denetimli Alan	Gözetimli Alan
6 mSv/Yıl	1 mSv /Yıl

Soru 1: Radyasyon görevlisi için müsaade edilen haftalık ve saatlik ışınlama dozu nedir?

Cevap 1:

Radyasyon görevlisi için yıllık izin verilen doz 20 mSv/ yıl dır.

1 yıl ➡ 50 hafta ; 1 hafta ➡ 5 gün ; 1 gün ➡ 8 saat
1 saat ➡ 60 dakika ; 1 dak. ➡ 60 saniye
olarak hesaplanır

➡ 20 mSv / 50 hafta = 0,4 mSv/hafta
0,4 mSv/ 5x8 = 0,01 mSv / saat

Aktivite, Yarılanma Süresi

Soru 2: 1 Haziran 2015 tarihinde , 370 GBq olan Ir-192 radyasyon kaynağı'nın aktivitesi, 13 Ağustos 2015 tarihinde kaç GBq olur ?

(Ir-192 'nin yarılanma süresi 74 gündür.)

Cevap 2:

1 Haziran -13 Ağustos arası
(30+31+13) = 74 gün

n= 1
A_i= 370 GBq
$A_s = A_i/2^n = 370/2 = 185$ GBq

Soru 3: 1 Kasım 2015 tarihinde , 80 Ci olan Ir-192 radyasyon kaynağı'nın aktivitesi, 5 Kasım 2016 tarihinde kaç Ci olur ?

Not: (Ir-192 'nin yarılanma süresi 74 gündür.)

Cevap 3:

5 Kasım 2015 – 11 Kasım 2016 arası 370 gün yapar.

370/74 = 5 yarılanma süresi geçmiştir.

$$A_s = A_i / 2^n$$

I.Yol;

A_i = 80 Ci

A_s= .....?

n = 5

$A_s = A_i/2^n = 80/2^5 = 80/32 = 2{,}5$ Ci

Cevap 3 :

II. Yol;

1 yarılanma süresinde 80/2 = 40
2 " " 40/2 = 20
3 " " 20/2 = 10
4 " " 10/2 = 5
5 " " 5/2 = 2,5 Ci olur.

Gama Sabiti

Soru 4: 10 Ci (370 GBq) aktivite şiddetindeki bir Ir-192 radyoaktif kaynağından 5 m uzaklıkta radyasyon ölçüm aleti ile okunması gerekli doz şiddeti;

a)R/h ve

b)mSv/h olarak nedir?

(Kaynağın nokta kaynak olduğu kabul ediliyor)

Ir-192'nin Gama sabiti :

Γ= 0,48 R/h 1 metrede 1 Ci aktivite için veya,

Γ = 0,13 mSv/h 1 metrede 1 GBq aktivite için

Cevap 4:

$I = \Gamma x A / d^2$

a) 1 Ci için 1 m'de 0,48 R/h ise,

10 Ci için 1 m uzaklıkta 10 x 0,48 = 4,8 R/h ve
5 m uzaklıkta ölçülecek doz hızı $4,8/5^2$ = *0,192 R/h*

b) 1 GBq için 1 m' de 0,13 ise,

370 GBq için 0,13 x 370 = 48 mSv/h ve
5 m uzaklıkta ölçülecek doz hızı $48/5^2$ = *1,92 mSv/h*

Soru 5: Noktasal tek enerjili bir radyasyon kaynağının Gamma sabiti K_Γ= 0,1 mSv/h dir. Bu kaynaktan 1 metre uzaklıkta ölçülen doz şiddeti 100 µSv/h ise kaynağın aktivitesi kaç GBq dir?

Cevap 5:

Γ = 1 GBq aktivite için 1 metrede mSv/h

Kullanılacak denklem : $I = \Gamma A / d^2$ veya $I = K_\Gamma A / d^2$

100 µSv/h = 0.1 mSv/h
$A = I \times d^2 / K_\Gamma$ yerlerine koyarsak
A= 0,1x1 / 0,1 = 1 GBq bulunur

Doz, Doz Şiddeti, Zaman

Soru 6: Radyasyon ölçüm cihazı ile 15 mR/h doz şiddeti okunan yerde 2 saat, 1 saat ve 30 dakika kalındığında alınacak doz miktarları ne kadardır ?

Cevap 6:

Verilenler :

I = 15 mR/h, t_1 = 2h, t_2 = 1 h, t_3= ½ h (30 dakika)

Toplam Doz formülü D = I x t idi.

Formülde yerine koyarsak:

15 mR/h x 2h = 30 mR
15 mR/h x 1h = 15 mR
15 mR/h x ½ h = 7,5 mR

Soru 7: Doz hızı 60 nGy/sn olan bir Gamma radyasyon alanında 1 saat, 1/2 saat ve 1 dakika kalınırsa ne kadar doz alınır?

Cevap 7:

t= 1 saat Doz= 60 nGy/sn x 3600 sn = 216000 nGy
= 216 μGy = 216 μSv

t= 1/2 saat Doz= 60 nGy/sn x 1800 sn = 108000 nGy
= 108 μGy = 108 μSv

t= 1 dakika Doz= 60 nGy/sn x 60 sn = 3600 nGy
= 3,6 μGy = 3,6 μSv

Gamma, X- ışını ve yüksek enerjili Betalar için radyasyon kalite faktörü 1 olduğundan, bu ışınlar için rad = rem, Gy=Sv alınır.

Doz Şiddeti, Uzaklık

Soru 8: Radyasyon kaynağından 8 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunan doz şiddeti 100 mR/h ise, radyasyon kaynağından 1 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunacak değer kaç mR/h olur ?

Cevap 8:

Verilenler;

I_1 = 100 mR/h, $d_1^2 = (8)2$, $d_2^2 = (1)^2$, I_2 = ? R/h

Bu değerleri formülde yerine koyalım

$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2 \rightarrow 100 \times (8)^2 = I_2 \times (1)^2$

$\rightarrow I_2 = 100 \times 64/1 = 6400$ mR/h = 6,4 R/h

Soru 9: 400 GBq aktiviteli I-192 radyasyon kaynağından 1 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunan doz hızı 50 mSv/h ise, 800 GBq lik başka bir I-192 radyasyon kaynağından 2 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunacak değer kaç mSv/h olur ?

Cevap 9:

Veriler: I_1 = 50 mSv/h, A_1 = 400 GBq, d_1 = 1m

A_2 = 800 GBq, d_2 = 2m

$I_1 = \Gamma A_1 / d_1^2$

$I_2 = \Gamma A_2 / d_2^2$ Oranlarsak $I_2 \times d_2^2 / I_1 \times d_1^2 = \Gamma A_2 / \Gamma A_1$

Değerleri yerine koyup I_2'yi çektiğimizde;

$I_2 = 50x800 / 400x4$ = 25 mSv/h bulunur.

Soru 10: Radyasyon kaynağından 6 m uzaklıkta ölçüm aleti ile 36 mR/h doz şiddeti okunmuştur. Radyasyon kaynağından kaç metre uzaklığa güvenlik şeridinin çekilmesi gerekmektedir.

(Güvenlik şeridi için sınır değer 1 mR/h dir. Güvenliğin artırılması için 0,75 mR/h değerinde çekilmesi daha uygun olmaktadır).
Problemde 1 mR/h değeri esas alınacaktır.

Cevap 10 :

Verilenler :

I_1 = 36 mR/h, d_1 = 6 m, I_2 = 1 mR/h, d_2 = ...?

Formülde yerine koyalım:
$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$ ⟶ $36 \times (6)^2 = d_2^2 \times 1$

⟶ $d_2^2 = 36 \times 36$ veya $d_2 = \sqrt{36 \times 36}$ = **36 m**

Soru 11: X-Işını radyografi cihazı ile yapılan bir açık alan çalışmasında kaynaktan 1 m uzaklıkta ölçülen radyasyon doz hızı 1,6 mSv/h tir.
Çevrede bulunan halkın radyasyon güvenliği için güvenlik şeridi hangi mesafeden çevrilmelidir?

Cevap 11:

10.cu Soruda güvenlik şeridi için 1 mR/h verilmişti (1mR/h=1mRem/h= 0,01 mSv/h)

Çalışma açık alanda yapıldığından halk için bu dozun 1/10 'u (0,001 mSv/h) kabul edilmektedir.

I_1 = 1,6 mSv/h (1600 µSv/h) , d_1 = 1 m,
I_2 = 0,001 mSv/h=1µSv/h
d_2 = ...?

Formülde yerine koyalım :
$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$ $1600 \times (1)^2 = d_2^2 \times 1$

$d_2^2 = 1600 m^2$ ⟶ $d_2 = \sqrt{1600} = \sqrt{\mathbf{4^2 x 10^2}} = \mathbf{40\ m}$

Zırhlama Hesabı

Soru 12:

Ir-192 rasyasyon kaynağından belirli bir uzaklıkta doz şiddeti (hızı) 128 mR/h dir.

Ir-192 için kurşun zırhlama malzemesinin her HVL (yarı tabaka) kalınlığı 0,5 cm olduğuna göre, doz şiddetini 1 mR/h'e düşürmek için kaç cm kalınlıkta zırh malzemesi gerekmektedir?

Cevap 12:

İlk durumdaki doz şiddeti 128 mR/h idi.

1 HVL uygulanırsa 64 mR/h
2 HVL uygulanırsa 32 mR/h
3 HVL uygulanırsa 16 mR/h
4 HVL uygulanırsa 8 mR/h
5 HVL uygulanırsa 4 mR/h
6 HVL uygulanırsa 2 mR/h
7 HVL uygulanırsa 1 mR/h

O halde;

zırh malzemesinin yarı tabaka kalınlığı 0,5 cm kurşun idi ve gerekli olan yarı tabaka sayısı 7 olduğuna göre 0,5 x 7 = 3,5 cm kalınlığında kurşun levhaya gereksinim vardır.

Soru 13:

12. soruda kullanılan kurşun malzeme yerine beton malzeme kullanılmak istenirse kaç cm kalınlığında beton engel gerekli olurdu?

(Ir-192 için beton malzemenin HVL kalınlığı 4,3 cm dir)

Not: Radyasyon korunması hesaplamalarında betonun yoğunluğu 2,35 g/cm^3 olarak alınır. Bu yoğunlukta bir beton için gerekli yarı tabaka kalınlığı (HVL) 4,3 cm dir.

Cevap 13:

12. sorunun cevabında 7 adet yarı tabaka 'ya gereksinim olduğu bulunmuştu.

Zırh kalınlığı = HVL x yarı tabaka sayısı olduğuna göre

= 4,3 x 7 = **30,1 cm**

kalınlığında beton engele gereksinim vardır.

Taşıma Etiketi ve İndisi

ŞARTLAR			SINIF
TI	Yüzeyden 1metre mesafedeki maksimum radyasyon seviyesi RL_{1m}	Yüzeyin herhangi bir noktasında en yüksek radyasyon seviyesi RL	
0	0,5 mrem / h	≤ 0,005 mSv/h (0,5 mrem/h)	I - BEYAZ
0 - 1	1 mrem / h	(0,005 – 0,5) mSv/h (0,5 - 50) mrem/h	II - SARI
1- 10	10 mrem / h	(0,5 - 2) mSv/h (50 – 200) mrem/h	III - SARI
> 10	> 10 mrem / h	(2 – 10) mSv/h (200-1000) mrem/h	III – SARI ve Özel Koşullu

TI : Taşıma İndisi Tayini

Paketin herhangi bir yüzeyinden 1 metre uzaklıkta ölçülen maksimum radyasyon seviyesinin mR/h olarak sayısal değeridir.

Diğer bir ifade;

$TI = RL_{1m}$ (mSv/h) X 100

RL_{1m} : 1 m de ölçülen maksimum radyasyon seviyesi

Eğer Paketin üzerinde okunan maksimum değer (taşıma sınıfını belirler) ile TI (taşıma indisi) değeri uyumsuz ise ; en yüksek değer hangisi ise o alınır.

Soru 14:

İçerisinde radyoaktif kaynak bulunan bir taşıma kabınıın dış yüzeyinde radyasyon ölçüm aleti ile 10 mR/h ve 1 metre uzağında 0,8 mR/h doz şiddeti okunuyorsa;

a) Taşıma kabının üzerinde hangi tip etiket bulunması gerekir?

b) Taşıma indisi kaç olur?

Cevap 14:

a) Yüzeyde 10 mR/h (~ 10 mrem/h) doz şiddeti okunduğuna göre tablodan **Sarı II** etiketi bulunması gerekir.

b) Taşıma kabından 1 metre uzaklıkta 0,8 mR/h

Taşıma indisi tanımına göre: **TI=0,8** yazabiliriz.

Açıklama:

(0,8 mR/h ≈ 0,8 mrem/h = 0,008 mSv/h) dir.

Soru 15: İçerisinde radyoaktif kaynak bulunan bir taşıma kabınıın dış yüzeyinde radyasyon ölçüm aleti ile 210 µSv/h ve 1 metre uzağında 70µ Sv/h doz şiddeti okunuyorsa;

a) Taşıma kabının üzerinde hangi tip etiket bulunması gerekir ?

b) Taşıma indisinin değeri nedir?

Cevap 15:

a) Yüzeyde 210 µSv/h (=0,21 mSv/h) doz şiddeti okunduğuna göre tablodan Sarı II etiketi bulunması gerekir.

b) Taşıma kabından 1 metre uzaklıkta 70 µSv/h (=0,07 mSv/h) cinsinden okunan değer verdiğine göre (tanımdan yola çıkılırsa)

$TI = RL_{1m}$ (mSv/h) X 100

TI = 0.07x 100 = 7 dir.

Hesaplanan TI'nın bu değerine göre ise; etiket **Sarı III** olmalı !

O zaman büyük olanı göz önüne alınır. Sonuç olarak: Etiketi **Sarı III** seçilir.

Soru 16:

Taşıma indisi TI= 1,5 olan konteynır'ın üzerinde hangi tip ip etiket bulunmalı ?

Cevap 16:

TI : 1 < 1,5 < 10 aralığında olduğundan bu aralık

Hatırlatma:

T=0 Beyaz I

0≤ T ≤ 1 Sarı II

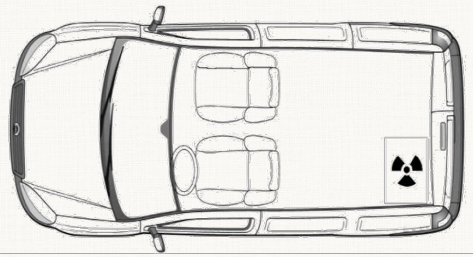
1≤ T ≤ 10 Sarı III idi

➡ **Sarı III**'e karşılık gelmektedir.

Radyoaktif Madde Taşınmasında Kullanılan Cihazın Taşınması

Yıllık taşıma süresi 100 saat den küçük ise; taşınan cihazdan yayılan radyasyonun doz hızı 7,5 µSv/h geçemez.

Yıllık taşıma süresi 100 saatten büyük 300 saatten küçük ise; taşınan cihazdan yayılan radyasyonun doz hızı 2,5 µSv/h geçemez



Gama Radyografi

Gamma kaynakları için verilen uzaklıktaki doz hızı ile kaynağın aktivitesi doğru orantılıdır.

Örnek: İridyum-192

Aktivite (GBq)	Doz hızı (1,0 m'de)
800	100 mSv/h
400	50 mSv/h
200	25 mSv/h
100	12,5 mSv/h

Doz hızı $\propto$ Aktivite

Soru 17: 400 GBq aktiviteye sahip Co-60 için 1m'deki doz hızı 138 mSv/h ise, 280 GBq aktiviteli Co-60 için aynı noktadaki doz hızı nedir?

Cevap 17:

400 GBq için 138 mSv/h
280 GBq için ?

$138 \times \frac{280}{400}$ mSv/h = **97 mSv/h**

Soru 18: 1 metre uzaklıktaki doz hızı 500 mSv/h olan bir kaynağı 1m'lik maşa kullanarak zırh içine alınmak isteniyor. Bu işlemi yapan kişiye ne kadar süre verirsiniz?

Cevap 18:

Yıllık doz sınırı 20 mSv'in altında olmalıdır.

1 saat de 500 mSv ise 1 dakikada: ⟶

500mSv/60 = ➡ 8,3 mSv dir.

20 mSv / 8,3mSv = 2,4 dak.

Maksimum 2,4 dakika

Soru 19: 100 Ci'lik Ir-192 kaynağını yanlışlıkla 2 saniye elimize alsak elimiz ne kadar doz alır?

Cevap 19:

1m (100 cm) de 1 saateki doz 500 mSv ise

1 cm deki doz = 500 x $(100)^2$ / $(1)^2$ = 5.000.000 mSv

= 5.000 Sv

1 saniyedeki doz 5.000 /3600 = 1.388 mSv

2 saniyede 2 x 1,388 = 2.776 mSv

➡ ≈ 2,8 Sv => 3,0 Sv Eritem dozu!

X-Işınında ise; verilen uzaklıktaki doz hızı ile uygulanan akım doğru orantılıdır. (belirtilen voltajda)

Örnek: 150 kV, 2mm Al filtre

Tüp akımı (mA)	Doz hızı (1,0 m'de)
1	1 mSv/h
5	5 mSv/h
10	10 mSv/h
20	20 mSv/h
40	40 mSv/h

Doz Hızı $\propto$ [kV x Tüp Akımı (mA)]

Soru 20: 5 kV, 10 mA'de (2mm Al filtreli) bir X-ışını setinde 1m'deki doz hızı 3,5 mSv/h ise , 4 mA'e düşürünce aynı noktadaki doz hızı ne olur?

Cevap 20:

10 mA için 3,5 mSv/h
4 mA için ?

$4 \times \frac{3.5}{10}$ mSv/h = 1,4 mSv/h

Soru 21: Tahribatsız test laboratuvarında kurulu olan, maksimum 250 kV ve 5 mA değerine sahip ve 0,5 mm Cu filtrasyonu olan X-ışını radyografi cihazı çalışırken 1 m uzaklıkta 3 dakika süresince bulunmak zorunda kalan bir radyografçının aldığı dozu mSv cinsinden hesaplayınız.

Not: 0,5 mm Cu filtrasyonu olan ve 250 kV, 10 mA max. değerine sahip X-ışını tüpünün 1 m uzaklığındaki doz hızı 10 Sv/h dir.

Cevap 21:

Akımla doz hızı doğru orantılı olduğundan;

10 mA için 10 Sv/h
5 mA için ? İçler dışlar çarpımı ile

$5 \times \frac{10}{10}$ Sv/h = 5 Sv/h = 5000 mSv/h (1m' deki doz hızı)

60 dakika(1 saat) 5000 mSv alırsa
3 dak ?

$3 \times \frac{5000\ mSv}{60}$ = 250 mSv 'lik doz alır

Soru 22: 150 kV 10 mA'de çalışan bir X-ışını radyografi cihazının tüp çıkışında yaklaşık 10 cm. de bilmeden 3 saniye duran bir kişi ne kadar doz alır?

Not: 150 kV , 10mA'de çalışan bir X-ışını cihazının 1m uzaklığında okunan saatlik doz yaklaşık 40 Sv dir.

Cevap 22:

$$(D_1 x d_1^2 = D_2 x d_2^2)$$

1m (100 cm) de 1 saat deki doz: 40 Sv

10 cm de

$40x\ (100)^2 / (10)^2 = 4.000$ Sv

1 saniyedeki doz 4,000 / 3600 = 1,11 Sv

3 saniyedeki doz ise 1,11 x 3 = 3,3 Sv !!!

Eritem dozu!

A-Cihaz Deposu Örnek Hesaplama

Cihazdan 1 m uzaklıktaki doz hızı: I_1=0,003 mSv/h (0,3 mR/h)

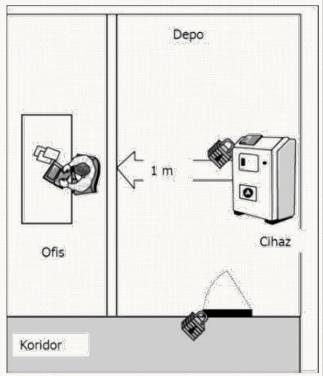
Günde 8 saat

Yılda 250 gün çalışma

Cihazdan 1 m uzaklıktaki oturan personelin yıllık alacağı doz :

D_1= 0,003 mSv x 8 x 250 =

6 mSv



Doz 1 mSv'den büyük

⟶ DEPO UYGUN DEĞİL

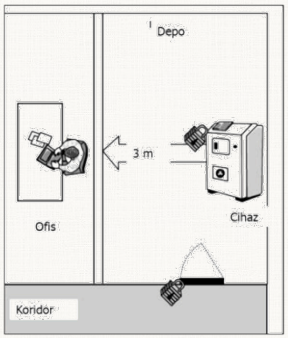
B-Cihaz Deposu Örnek Hesaplama

Cihaz personelden 3 m uzaklığa alınırsa doz hızı uzaklığın karesi ile azalacaktır.

Doz hızı I_2= 0,3/ 3^2 = 0,033 mrem

Alınan Doz ;

D_2= 0,033x8x250/100= **0,66 mSv**



Başka bir yol ise:

Kurşun için: TVL = 2 cm

Beton için: TVL = 15 cm

Cihaz ile personel arasına 2 cm kurşun veya 15 cm beton yapılırsa;

Alınan doz onda bir azalır.

D_1 = 6mSv ⟶ Doz 1 mSv'den küçük ⟶ DEPO UYGUN

D_2 = 6 / 10 = 0,6 mSv

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİNE İLİŞKİN MEVZUAT

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

13.07.1982 tarih ve 2690 Sayılı Kanun ile kurulmuştur.

Görev ve Yetkileri

Kanunun 4(d) Maddesi;

Atom enerjisinin barışçıl amaçlarla ülke yararına kullanılmasında izlenecek ulusal politikanın esaslarını ve bu konudaki plan ve programları belirlemek,

Nükleer alanda kullanılan maddelerle ilgili olarak yürütülen her türlü arama, çıkarma, arıtma, işletme, üretme, dağıtım, ithal, ihraç, ticaret, taşıma, kullanma, devir ve depolama gibi hususlarda uyulacak genel esasları saptamak,

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

Radyasyon Güvenliği Tüzüğü

07/09/1985 tarih ve 18861 sayılı resmi gazete

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği

29/09/2004 tarih ve 25598 sayılı resmi gazete

İle yürürlüğe girmiştir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ



RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Giriş

- Hurda metal sektörünün global ölçekte büyümesi,
- Ülkeler arası hurda ticaretinin artması,
- Dünya genelinde, hurda metaller arasında radyoaktif maddelere rastlanması,
- Geri dönüşüm ürünlerinde de radyoaktif maddelere rastlanması,
- Hurda metal içinde çıkan radyoaktif maddelerin ülkeler arası bir problem haline gelmesi,
- Problemin insan sağlığı ve radyasyon güvenliği açısından bir risk oluşturması

Hurda metal geri dönüşüm tesislerinde radyasyondan korunma yönünden tedbir alınmasını zorunlu hale getirmiştir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Mevzuat

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından yayımlanan

- Kıyı Tesislerine İşletme İzni Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik

Ekonomi Bakanlığı tarafından yayımlanan

- Çevrenin Korunması Yönünden Kontrol Altında Tutulan Metal Hurdaların İthalat Denetimi Tebliği gereğince

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından

- Radyasyon Ölçüm Sistemi Uygunluk Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar yayımlanmıştır.

Bu Usul ve Esaslar kapsamda hurda metal malzeme ithalatı ile iştigal eden kurum/kuruluşlara ve söz konusu malzemelerin tahmil ve tahliyelerinin yapıldığı liman işletmelerine radyasyon ölçüm sistemi uygunluk belgesi verilmektedir.

Usul ve Esaslara TAEK internet sitesinden ulaşılabilir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Tanımlar

Belge: Radyasyon Ölçüm Sistemi Uygunluk Belgesini,

Belge sahibi: Uygunluk belgesine sahip gerçek veya tüzel kişiyi,

Geçici depolama yeri: Boyutları 2x3x2 metreden veya iç hacmi 12 m^3 den az olmamak üzere; tüm kenarları en az 20 cm beton et kalınlığında olan ve kolayca açılamayacak 20 cm beton et kalınlığına sahip bir kapağı bulunan, içeriye su almayacak şekilde tasarlanmış, zemine gömülü geçici depolama kuyusunu,





RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Kapalı radyoaktif kaynak: Katı halde bulunan, normal kullanım ve olası kaza koşullarında dağılma, saçılma ve sızıntıya karşı bir kapsül içerisine kapatılmış veya kaplama malzemesi ile kaplanmış radyoaktif malzemeyi,

Karantina sahası: Radyasyon uyarısı durumunda kullanılmak üzere belirlenmiş, etrafının yetkisiz kişilerin girişini engelleyecek şekilde tel örgü ve güvenlik şeridi ile çevirilebilmesine ve radyasyon uyarı levhalarının uzaktan görülebilecek şekilde konulabilmesine imkan veren, yüzey alanı 100 m^2'den az olmamak üzere, iç zemini beton ile kaplanmış alanı.





RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Kurum: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nu (TAEK),

Radyasyon Uyarısı: Hurda malzemelerin sabit radyasyon ölçüm cihazından geçirilmesi esnasında cihazın alarm verme durumunu,

Radyasyondan Korunma Görevlisi: Meslek yüksekokullarının teknik bölümlerinden, tercihen 4 yıllık eğitim veren üniversiteden mezun olan, radyasyon ölçümü ve radyasyondan korunma (RÖRK) konusundaki eğitimi tamamlayarak başarı belgesi alan kişiyi,

Radyoaktif Malzeme: Çekirdekleri kendiliğinden bozunmaya uğrayarak iyonlaştırıcı radyasyon yayan izotop veya izotopları içeren radyoaktif maddeleri veya radyoaktif maddeler ile kirlenen malzemeyi,

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Sabit Radyasyon Ölçüm (SRÖ) Cihazı: Radyoaktif malzemenin metal hurdalara karışmış olması ihtimaline karşı; yükün dedektör panelleri arasından geçişi sırasında, doğal radyasyon düzeyini sürekli olarak ölçen ve ölçüm esnasında radyasyon seviyesindeki artışı doğal radyasyon seviyesine göre kıyaslayarak olası radyoaktif malzemenin araçtaki muhtemel yerini tespit edebilen, en az 2 (iki) adet dedektör paneline ve görüntülü bir kontrol ünitesine sahip, ölçüm sonuçları yazıcıdan çıktı olarak alınabilen sabit radyasyon ölçüm cihazını bulunduran radyasyon ölçüm sistemini

Taşınabilir Radyasyon Ölçüm (TRÖ) Cihazı: Radyasyon doz hızını ölçebilen taşınabilir ölçüm cihazını,

Tesis: Metal hurda malzemelerin tahmil ve tahliye işlemlerinin gerçekleştirildiği tesisleri,

SABİT RADYASYON ÖLÇÜM (SRÖ) CİHAZLARI



TAŞINABİLİR RADYASYON ÖLÇÜM (TRÖ) CİHAZLARI



RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Uygunluk ölçütleri

Başvuru sahibinin yerine getirmesi gereken yükümlülükleri:

1-Kantar girişlerine veya kamyon ve TIR'ların tesise zorunlu giriş yaptığı yerlere SRÖ cihazı/cihazlarını monte etmesi,

2-Tesiste enaz iki adet TRÖ cihazının çalışır halde bulundurması,

3-SRÖ ve TRÖ cihazlarının kalibrasyonunu (ölçüm ve ayarlarının) yaptırması,

4-Karantina Sahası oluşturması,

5-Geçici Depolama Yeri"ni oluşturması,

6- "Radyasyon Uyarısı Durumunda Yapılması Gerekenler (Ek-1)" ile "Acil Durumlarda Yapılması Gerekenler (Ek-2)" kapsamındaki talimatların ve gerekli irtibat bilgilerinin hazırlanmış ve SRÖ cihazının kontrol ünitesinin bulunduğu yerlerde görülebilir yerlere asılmış olması,

7-Tesis için en az iki "Radyasyondan Korunma Görevlisi"nin belirlenmesi.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Başvuru

Belge almak üzere Kuruma yapılacak başvurularda, başvuru sahibi;

1-Yazılı başvuru dilekçesi,

2-Acil Durumlarda Yapılması Gerekenler dokümanı,

3-Yetkili kişi/kişiler tarafından imzalı ve kaşeli başvuru formları, 4-Yetkili kişi/kişiler tarafından imzalı ve kaşeli taahhütname,

5-SRÖ ve TRÖ cihazlarının teknik özelliklerini gösteren belgeleri,

6-SRÖ ve TRÖ cihazı/cihazlarına ait geçerli kalibrasyon (ölçüm ve ayar) belgelerini,

7-Radyasyondan korunma görevlilerine ait diploma sureti, özgeçmiş ve radyasyon ölçümü ve radyasyondan korunma kursuna (RÖRK) ait başarı belgeleri,

8-SRÖ cihazlarının, karantina sahalarının ve geçici depolama yerlerinin tesis içerisindeki yerlerini gösterir krokilerini,

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

9-"Temel Mal ve Hizmetlerin Ücretleri" listesindeki uygunluk belgesi verilmesine ilişkin ücretin ödendiğine dair banka dekontunu, TAEK'e sunar.

Uygunluk Değerlendirmesi

1-Başvuru için istenen belgelerle Kuruma başvurulmasını takiben yapılan değerlendirme sonucunda herhangi bir eksiklik var ise belirli bir sürede giderilmek üzere başvuru sahibine bildirilir.

2-Başvurunun uygun bulunmaması veya eksikliklerin belirlenen zamanda giderilmemesi halinde başvuru süreci sonlandırılır.

3-Yapılan değerlendirme neticesinde eksiklik olmaması veya eksikliklerin giderilmesinden sonra başvuru sahibine belge verilir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Belgenin geçerlilik süresi ve yenilenmesi

1-Kurum tarafından verilen belge, düzenlenme tarihinden itibaren iki (2) yıl geçerlidir.

2-Belge sahibinin, belge geçerlilik süresinin bitiminden önceki üç (3) ay içerisinde belge koşullarında değişiklik olmadığını bildirir dilekçe ve ücret dekontu ile Kuruma başvurması halinde belge yenilenir.

Belge koşullarında değişiklik olması ve belge geçerlilik süresinin dolmasından sonra yapılan müracaatlar ilk başvuru olarak değerlendirilir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

İnceleme

Kurum, gerek görmesi halinde uygunluk koşulları ile ilgili haberli ve habersiz incelemede bulunabilir.

Uygunluk iptali

Aşağıdaki durumlarda uygunluk belgesi iptal edilir.

1-Şirket ticari unvanının değişmesi,

2-Belge sahibinin talebi,

3-İncelemede tespit edilen uygunsuzluğun verilen süre içerisinde giderilmemesi,

4-Kuruma yanıltıcı bilgi ve belge ibraz edilmesi,

Belgenin iptal edilmesi halinde durum belge sahibine ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bildirilir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi					
RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ VERİLMESİNE İLİŞKİN USUL VE ESASLAR					
Kodu	Onay/Yayım Tarihi	Sınıfı	Revizyon No	Revizyon Tarihi	Sayfa
RSGD.UE.02.E5	31/1/2013	Tasnif Dışı	00	.../.../...	4/8

EK-1: RADYASYON UYARISI DURUMUNDA YAPILMASI GEREKENLER

1- GENEL

SRÖ cihazının/cihazlarının alarm vermesi sonrasında, hurda yığınlarında TRÖ cihazı/cihazları ile bölgesel bir tarama yapılmalıdır. TRÖ cihazı/cihazlarında doğal radyasyon seviyesinin üzerinde yaklaşık 40µR/saat (mikroröntgen/saat) veya 0.4 µSv/saat (mikrosievert/saat) doz hızı değerleri okunuyorsa hurda yığını içerisinde radyoaktif bir bulaşma veya kapalı radyoaktif kaynak olabileceği değerlendirilmelidir. Bu durumda, radyoaktif bulaşmanın olduğu kısım bulaşmanın olmadığı bölgeden uzaklaştırılarak emniyet altına alınmalıdır.

2- YAPILACAK İŞLEMLER

1. Radyasyondan korunma görevlisine haber veriniz.
2. Aracı 5 metre kadar SRÖ cihazından uzaklaştırınız
3. Aracı yavaşça (5 km/saat) ve durmadan SRÖ cihazından tekrar geçiriniz.
4. Sistem ikinci kez alarm verirse radyasyon kaynağının yaklaşık yerini tespit ediniz.
5. Radyoaktif malzeme tespiti yapılmadan, radyoaktif malzemeyi taşıyan aracın tesis yerleşkesi dışına çıkışına kesinlikle izin vermeyiniz (mahrece iade hariç).

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

6. Aracı karantina sahası içerisine park ediniz ve TRÖ cihazı ile sürekli olarak ölçüm yapınız. Doz hızı değerlerini takip ediniz. Doz hızının yüksek olması durumunda işlemleri acil durum kapsamında yürütünüz (Ek-2).
7. Aracın yükünü karantina sahası içerisine boşaltınız ve TRÖ cihazı ile kolayca inceleme yapılabilmesi için yükü en fazla 0,5 m yüksekliğine kadar yayınız. Bu esnada TRÖ cihazı ile sürekli olarak ölçüm yapınız. Doz hızı değerlerini takip ediniz. Doz hızının yüksek olması durumunda işlemleri acil durum kapsamında yürütünüz (Ek-2).
8. TRÖ cihazı ile yığın içerisindeki radyoaktif malzemeyi tespit ediniz.
9. Radyoaktif malzeme ile doğrudan temastan kaçınınız. Tespit edilen radyoaktif malzemeyi radyasyondan korunma ilkelerini göz önünde bulundurarak yığın içerisinden ayırıp geçici depolama kuyusuna yerleştiriniz.
10. Geçici depolama kuyusunda bulunan malzemeleri en geç 1 (bir) yıl içinde usulüne uygun şekilde radyoaktif atık tesisine gönderiniz. Geçici depolama kuyusunun dolması durumunda ise söz konusu gönderme işlemini derhal yapınız.
11. Mal millileşmemiş ise derhal radyoaktif malzemenin menşe ülkeye geri gönderilmesi çalışmalarına başlayınız.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi					
RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ VERİLMESİNE İLİŞKİN USUL VE ESASLAR					
Kodu	Onay/Yayım Tarihi	Sınıfı	Revizyon No	Revizyon Tarihi	Sayfa
RSGD.UE.02.E5	31/1/2013	Tasnif Dışı	00	.../.../...	5/8

EK-2: ACİL DURUMLARDA YAPILMASI GEREKENLER

1-ACİL DURUM

1) Tespit edilen radyoaktif malzemenin geçici depolama yerine konulması esnasında veya öncesinde, dağılabilir formda olduğunun veya kaynak kabının zarar gördüğünün gözlenmesi ile düşme, kırılma, dağılma veya başka bir sebeple radyoaktif bulaşmanın söz konusu olabileceği durumlar,
2) Radyasyon alarmı alınması durumunda, ölçüm yapan personelin müdahalesi esnasında bulunduğu noktada doz hızının 2 mR/saat (veya 20 µSv/saat) değerinden fazla seviyelere ulaştığı durumlar

acil durum kapsamında değerlendirilmelidir.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

Bu tür durumlarda;

1) Söz konusu aracı karantina sahasına yönlendiriniz. Karantina sahası zorunluluğu olmayan tesislerde ise aracı, insan ve araç trafiğinin olmadığı tercihen geçici depolama yerine yakın uygun bir alana çektiriniz.
2) Aracı merkez kabul edip TRÖ cihazının/cihazlarının göstergesi 0,1 mR/saat (miliröntgen/saat) veya 1 µSv/saat'lik (mikrosievert/saat) bir değer gösterene kadar araçtan uzaklaşıp bu noktadan itibaren insanların bu bölgeye girmemesi için güvenlik şeridi çekiniz.
3) Mümkün olan en hızlı şekilde TAEK ile iletişime geçerek talimatlar doğrultusunda işlem yapınız.
4) Acil duruma göre ilgili kurum ve kuruluşlara haber veriniz.

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ İŞLEMLERİ

2-İRTİBAT NUMARALARI

2.1-Acil durumda görev alacak personel

	Adı Soyadı	Telefonlar		
		Cep	İş	Ev
Radyasyondan Korunma Görevlisi (1)				
Radyasyondan Korunma Görevlisi (2)				

2.2- İlgili kurum ve kuruluşlara ilişkin irtibat numaraları (Polis, İtfaiye, Jandarma, vb. telefon, faks numaraları)

Kurum/Kuruluş	Telefon Numarası	Faks Numarası

2.3- TAEK irtibat numaraları

TAEK SANTRAL	:	**444 TAEK (444 82 35)**
AFET VE ACİL DURUM YÖNETİM MERKEZİ	:	**Tel: 0 312 295 87 43 - 50**
	:	**Faks: 0 312 295 89 47**

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi

RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ VERİLMESİNE İLİŞKİN USUL VE ESASLAR

Kodu	Ozan/Yayın Tarihi	Sınıfı	Revizyon No	Revizyon Tarihi	Sayfa
RSGD.UE.02.E5	31/1/2013	Tasnif Dışı	00	...../...../.....	7/8

EK-4: RADYASYON ÖLÇÜM SİSTEMİ UYGUNLUK BELGESİ BAŞVURU FORMU-2 (2)

Kurum/Kuruluş Bünyesinde Faaliyet Gösteren Tesis Bilgileri:

Tesis Adı:							
Adres:							
	Telefon:		Faks:		e-posta:		
	Tesis Sorumlusu (1)		**Radyasyondan Korunma Görevlisi**		**Radyasyondan Korunma Görevlisi**		
Adı ve Soyadı:							
Mesleği:							
Cep Telefonu:							
e-posta:							
Radyasyondan Korunma Eğitim Tarihi:			...../...../20...		...../...../20...		

Tesis Bazında Sabit Radyasyon Ölçüm (SRÖ) Cihaz/Cihazları

	SRÖ (1)	SRÖ (2)	SRÖ (3)	SRÖ (4)	SRÖ (5)	SRÖ (6)	SRÖ (7)	*SRÖ (8)*
Marka								
Model								
Seri No								
Ölçüm ayar (kalibrasyon) tarihi								

Tesis Bazında Taşınabilir Radyasyon Ölçüm (TRÖ) Cihaz/Cihazları

	TRÖ (1)	TRÖ (2)	TRÖ (3)	TRÖ (4)	TRÖ (5)	TRÖ (6)	TRÖ (7)	*TRÖ (8)*
Marka								
Model								
Seri No								
Ölçüm ayar (kalibrasyon) tarihi								
	TRÖ (9)	TRÖ (10)	TRÖ (11)	TRÖ (12)	TRÖ (13)	TRÖ (14)	TRÖ (15)	*TRÖ (16)*
Marka								
Model								
Seri No								
Ölçüm ayar (kalibrasyon) tarihi								

(2) **Her tesis için ayrı ayrı doldurulacaktır.**
(1) **Adı geçen tesisin idari amiri**

İmza/kaşe (Islak Mühür ve imza)

Uluslararası Gözetim Şirketi Statüsüne Sahip Kuruluşların Radyasyon Ölçümü de Yapabilmelerine İlişkin İşlemler

Ekonomi Bakanlığı tarafından yayımlanan

Uluslararası Gözetim Şirketi Statüsüne İlişkin Tebliğ kapsamında;

Uluslararası Gözetim Şirketi" statüsüne sahip kuruluşlara

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından yayımlanan

Uluslararası Gözetim Şirketi Statüsüne Sahip Kuruluşların Radyasyon Ölçümü de Yapabilmelerine ilişkin Usul ve Esaslar kapsamında Uygunluk Belgesi verilmektedir.

Usul ve Esaslara TAEK internet sitesinden ulaşılabilir.

Tanımlar

Akreditasyon belgesi: Türk Akreditasyon Kurumu veya bu Kurum tarafından karşılıklı tanıma anlaşması imzalamış uluslararası bir akreditasyon kuruluşundan alınan akreditasyon belgesini,

Akreditasyon kuruluşu: Türk Akreditasyon Kurumunu veya bu Kurum tarafından karşılıklı tanıma anlaşması imzalamış uluslararası bir akreditasyon kuruluşunu,

Başvuru sahibi: Uluslararası Gözetim Şirketi Statüsüne İlişkin Tebliğ gereğince akredite edilmiş uluslararası gözetim şirketini,

Kurum: Türkiye Atom Enerjisi Kurumunu (TAEK),

Radyasyondan korunma görevlisi: Radyasyondan korunma eğitimini başarı ile tamamlamış, en az 4 yıllık eğitim veren tercihen fen veya mühendislik fakültelerinden mezun olan ve radyasyon ölçümünden sorumlu olan kişiyi,

Ücret:"Temel Mal ve Hizmetlerin Ücretleri" listesindeki uygunluk belgesi verilmesine ilişkin bedeli ifade eder

Başvuru

Başvuru sahibi, radyasyon ölçümü yapabilmek için aşağıdaki bilgi ve belgeler ile Kuruma müracaat eder;

1-Kuruluşun adı, adresi, telefon, faks bilgilerinin yer aldığı dilekçe,

2-Uluslararası gözetim şirketi olduğunu belirtir belge,

3-Akreditasyon belgesi,

4-Radyasyondan korunma görevlilerine ait diploma sureti, özgeçmiş ve radyasyon ölçümü ve radyasyondan korunma kursuna (RÖRK) ait başarı belgeleri,

5-Radyasyon ölçüm cihazlarının geçerli kalibrasyon sertifikaları,

6-Kurumun "Temel Mal ve Hizmet Ücretleri" listesindeki uygunluk belgesi verilmesine ilişkin ücretin ödendiğine dair banka dekontu

Uygunluk değerlendirmesi

1-Başvuru belgelerinin Kurum tarafından değerlendirilmesi sonucu uygun bulunan kuruluşa belge verilir.

2-Söz konusu belge akreditasyon geçerlilik süresi ile muteber olacak şekilde 2 yıl geçerlidir.

TAEK gerekli gördüğü hallerde yerinde inceleme yapabilir.

Sorumluluklar

Belge sahibi ve radyasyondan korunma görevlisinin sorumlulukları aşağıda belirtilmiştir.

Bu hususların uygulanmasından belge sahibi sorumludur.

1-Radyasyon ölçümleri, radyasyondan korunma konusunda eğitim almış ve Kuruma isimleri bildirilen görevli personel tarafından yapılır.

2-Gözetim şirketi radyasyon tespit etmesi halinde olay mahallinde emniyeti sağlayarak düzenlediği raporu TAEK'e iletir.

3-Radyasyon ölçüm cihazının/cihazlarının kalibrasyonu süresi içerisinde yaptırılır.

4-Radyasyon ölçümü yapılan kuruluşa ait adres, telefon, faks numaraları ve ölçüm değerleri tutulur, saklanır ve talep edilmesi halinde TAEK'e sunulur.

5-Radyasyondan korunma görevlisi, kuruluş unvanı, adres, telefon, faks no, vb. değişiklikleri TAEK'e bildirir.

İnceleme

1-TAEK, gözetim şirketinin uygunluk şartlarını yerine getirip getirmediğine dair haberli veya habersiz incelemede bulunabilir.

2-Gözetim şirketinin incelenmesi esnasında şirket, akreditasyon ile ilgili son durumunu gösterir belge ile ölçüm ve kalibrasyon kayıtlarını hazır bulundurur.

Uygunluk iptali

Aşağıdaki durumlarda uygunluk belgesi iptal edilir.

1-Gözetim şirketinin talebi,

2-Akreditasyon belgesinin iptali,

3-İncelemede tespit edilen uygunsuzluğun verilen süre giderilmemesi,

4-TAEK'e yanıltıcı bilgi ve belge ibraz edilmesi.



HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

- Kullanım dışı kalan, geri dönüştürülebilir demir, çelik, bakır, alüminyum, çinko, kurşun vb. gibi maddelere Hurda metal denilmektedir.
- Hurda metaller, demir çelik sektöründe ham madde olarak kullanılmaktadır.
- Radyoaktif maddeler in hurda malzemelere karışma olasılığı vardır. Bu durum oldukça ciddi kötü sonuçlara neden olabilir.




HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

- Radyoaktif madde ve radyasyon yayan cihazlar çoğunlukla metal malzemelerden oluşmaktadır. Özellikle radyoaktif maddelerin zırhlanmasında ve taşınmasında metal içerikli zırhlar ile taşıma kapları kullanılmaktadır.
- Bu cihazların ve taşıma kaplarının işlevlerini kaybetmesi veya kullanım dışı kalmaları sonrasında bilinçsiz olarak veya yanlışlıkla metal geri dönüşüm zincirine verilme ihtimali her zaman bulunmaktadır.





HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

İçinde radyoaktif madde bulunan cihaz veya sistemler;

- Sahip değiştirme, devretme
- Terk etme, çalınma, kaybolma
- Sorumlu kişi/kişilerin işten ayrılması veya değişmesi
- Bilinçsiz, sorumsuz ve ihmalkar davranışlar
- Bildirim yükümlülüğüne uyulmama

durumlarında hurdaya verilebilir.

HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Yanlış veya bilinçsiz davranışlar,

1-Kaynak veya cihazın bırakıldığı yer ve çevredeki insanların,

2-Hurda toplama ve ayıklama işinde çalışan işçilerin,

3-Geri dönüşüm tesislerinde çalışan işçi ve personelin,

4-Radyoaktif Bulaşma (Kontamine) olmuş yarı mamul, mamul veya ürünlerin taşıyan, satan ve kullanan insanların,

radyasyona maruz kalmasına neden olabilir.

HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Radyoaktif malzemenin geri dönüşüm sistemine karışmasını en aza indirmek için,

1-Yasal düzenlemelere uygun hareket edilmelidir.

2-Eğitim yaygınlaştırılmalıdır.

3-Çalışanlar bilgilendirilmeli ve bilinçlendirilmelidir.

4-Radyasyon güvenliği kültürü yaygınlaştırılmalıdır.

HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Hurda Metal İçinde Çıkması Muhtemel Radyoaktif Malzemeler

Radyoaktif maddeler, tıp, endüstri, tarım, araştırma, eğitim ve askeri amaçlı alanlarda kullanılmaktadırlar.

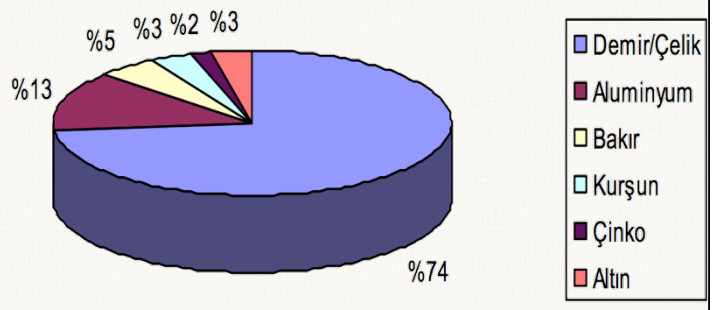
Hurdalar arasında çıkan radyoaktif malzemeler büyük çoğunluğu, endüstri ve sağlık alanında kullanılan malzemeler veya sökümü yapılmış bir nükleer tesislerden hurdaya verilen parçaları olabilir.

Radyoaktif kaynaklar geri dönüşüm tesislerine kazara gelebilmekte ve radyoaktif bulaşmaya yol açabilmektedir.

Radyoaktif malzemelerin vereceği hasar, zarar veya oluşturacağı riskler yayılan radyasyon türüne, enerjisine ve aktivitesine göre değişir.

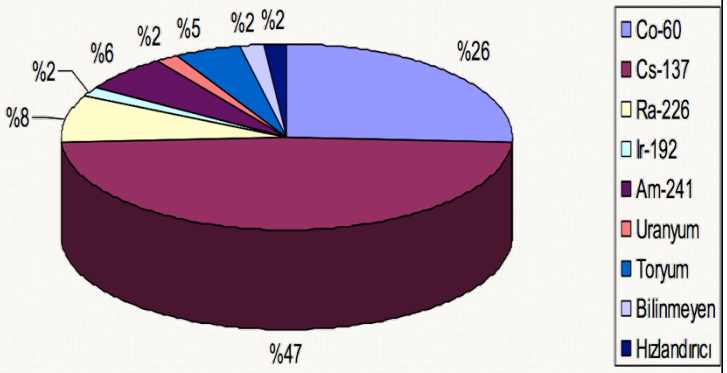
HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Ergitilen hurda metalin cinsine göre oranları



HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Hurda metalin içinde ergitilen radyoaktif maddenin cinsine göre oranları



HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Hurdalarda Hangi Radyasyon Kaynakları ile Karşılaşılır?

Radyoterapi cihazları
Co-60, Cs-137,
Sr-90, I-125, U-238





Kalınlık ölçüm cihazları
Cs-137, Pm-147,
Sr-90, Am-241,
Kr-85, Co-60



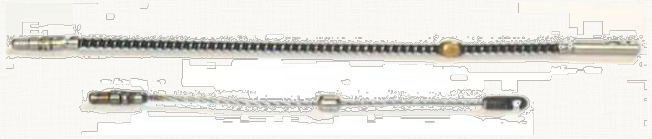
HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Işınlama cihazları
Ir-192, Cs-137, Se-75









HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Yoğunluk, seviye, nem ölçüm cihazları
Cs-137, Am-241 / Be





Analiz cihazları
Am-241 / Be, Cf-252,
Fe-55, Cd-109



HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Duman Detektörleri
Am-241





Paratonerler
Am-241 veya Ra-226





Tüketici Ürünleri





HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Hurdalarda Radyoaktif Maddeler Nasıl Tespit Edilir?

Hurda malzeme SRÖ cihazı içinden geçirilir. SRÖ cihazından ideal geçme hızı 5-8 km/saat olmalıdır.

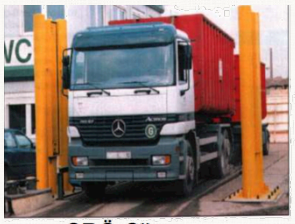


HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

Araç karantina sahasına çekilip her tarafında tekrar ölçümler alınır.



HURDALARDA RADYOAKTİVİTE



SRÖ Cihazı



Radyasyon Ölçüm Cihazı



Karantina Sahası



Geçici Depolama Yeri

HURDALARDA RADYOAKTİVİTE

RKG tarafından araç karantina sahasına çekilerek hurda malzeme sahaya yayılarak TRÖ cihazıyla detaylı radyasyon ölçümü yapılır ve radyasyondan korunma ilkeleri çerçevesinde radyoaktif malzeme yığın içerisinden ayrılıp geçici depolama kuyusuna konulur.



Doz hızı 2 mR/saat (miliröntgen/saat) veya 20 µSv/saat (mikrosievert/saat) değerinden fazla seviyelere ulaşır ise acil durum kapsamında TAEK ile irtibat kurularak işlemler yürütülür.



RADYOAKTİF MADDELERİN GÜVENLİ TAŞINMASI

İÇERİK

- Radyoaktif Madde Taşımacılığında Kullanılan Paket Tipleri
- Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerin Sınıflandırılması
- Paket Testleri
- Radyoaktif Madde Taşımacılığında Bazı Faydalı Bilgiler

AMAÇ

Radyoaktif maddenin karayolu, demiryolu, hava ve deniz yolu ile taşınması sırasında toplum bireylerinin, radyasyon görevlilerinin radyasyondan korunmasını ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamaktır.

RADYOAKTİF MADDE TAŞIMACILIĞINDA KULLANILAN PAKET TİPLERİ

- Radyoaktif maddelerin fiziksel yapılarına ve aktivitelerine göre 4 tip paket vardır:
- Adi Paketler (Excepted Packages)
- Endüstriyel Paketler (Industrial Packages)
- A– Tipi Paketler (Type A – Packages)
- B – Tipi Paketler (Type B – Packages)

ADİ PAKETLER

- Adi paketler çok düşük radyoaktivite içeren maddelerin bulunduğu paketlerdir. Bunlar çevreyle etkileştiklerinde önemli bir tehlike oluşturmazlar.
- Radyoaktivite içeren saat, elektronik cihaz gibi mamul madde paketleri,
- Doğal uranyum, doğal toryum, tüketilmiş uranyum ve diğer radyoaktif maddeleri içeren paketler,
- Radyofarmasötikler, immunoassay takımları, küçük kapalı kontrol kaynakları içeren paketler,
- Daha önce içinde radyoaktif madde bulunan, fakat sonra temizlenmiş ve sabit olmayan yüzey bulaşması limitlerin 100'de birinin altına kadar indirilmiş olan paketler.

- **Adi paketler için önemli 2 nokta vardır:**

- Paketlenmemiş bir aletin yüzeyinden 10 cm uzaklıkta herhangi bir noktada radyasyon seviyesi 0.1 mSv/ h ' den daha fazla olamaz.

- Adi paket yüzeyinin herhangi bir noktasında radyasyon seviyesi 5 μSv/h ' den daha fazla olamaz.



Paket İçeriğinin Fiziksel Durumu	*Radyoaktivite Sınırı*		
	Cihaz ve Alet		*Madde*
	Paket İçindeki Parça Başına Sınır Değeri	*Paket İçin Toplam Sınır Değeri*	*Paket İçin Sınır Değeri*
Katılar			
Özel Hazırlanmış	10^{-2} A_1	A_1	10^{-3} A_1
Özel Hazırlanmış Olmayan	10^{-2} A_2	A_2	10^{-3} A_2
Sıvılar	10^{-3} A_2	10^{-1} A_2	10^{-4} A_2
Gazlar			
Özel Hazırlanmış	10^{-3} A_1	10^{-2} A_1	10^{-3} A_1
Özel Hazırlanmış Olmayan	10^{-3} A_2	10^{-2} A_2	10^{-3} A_2
Trityum	$2*10^{-2}$ A_2	$2*10^{-2}$ A_2	$2*10^{-2}$ A_2

ENDÜSTRİYEL PAKETLER

Endüstriyel paketler,

- Düşük özgül aktiviteli madde (Low Specific Activity Material - LSA) ya da,
- Yüzeyi bulaşmış cisimleri (Surface Contaminated Object - SCO) taşımada kullanılır.



Endüstriyel paketler 3 alt grupta toplanabilir:

1. Endüstriyel Paket Tip – I (IP - 1)
2. Endüstriyel Paket Tip – II (IP - 2)
3. Endüstriyel Paket Tip – III (IP - 3)

Bu paketler birbirlerinden, ikincil derecedeki hasarlara karşı gösterecekleri dirence göre farklılık gösterirler.

ENDÜSTRİYEL *PAKETLER*



Düşük Özgül Aktiviteli Madde (LSA):

Yapısı itibariyle birim kütlesi başına düşen aktivitenin çok düşük olduğu maddedir. 3 gruba ayrılır:

• LSA – I : Fiziksel olarak solunum ya da sindirim yoluyla meydana getirebileceği önemli bir doz etkisinin ortaya çıkması için oldukça büyük kütlesine maruz kalmayı gerektirecek ışınlanmamış doğal ya da tüketilmiş uranyum ve toryum bileşikleri ile yönetmelik çerçevesi dışında tutulan radyoaktif maddelerin özgül aktivitelerinin 30 katını aşmayacak aktiviteye sahip maddelerdir.

• LSA–II: Tahmini özgül aktivitesi katı ve gazlar için 10^{-4} A_2 / g ve sıvılar için ise 10^{-5} A_2 / g değerini aşmayan radyoaktif maddelerdir.

• LSA–III: Kendisi aktif olmayan, fakat radyoaktivitenin bünyesinde düzgün dağıldığı maddelerdir (çimento, zift gibi).

Yüzeyi Bulaşmış Cisim (SCO):

Kendisi radyoaktif olmayan, fakat radyoaktivitenin yüzeyinde dağıldığı cisim, cihaz ya da malzeme olup 2 gruba ayrılır:

* SCO - I
* SCO - II

- **SCO - I : Ortalama 300 cm^2 yüzey üzerinde,**

1. *Sabit Olmayan Bulaşma:* β ve γ yayıcılar ve düşük seviyede zehirleyici özelliğe sahip α yayıcıları için 4 Bq / cm^2 'yi veya yüksek seviyede zehirli α yayıcıları için 0,4 Bq / cm^2 ' yi geçmeyen katı cisimlerdir.

2. *Sabit Bulaşma:* β ,γ yayıcıları ve düşük seviyede zehirleyici özelliğe sahip α yayıcıları için $4x10^4$ Bq / cm^2 ' yi veya yüksek seviyede zehirleyici α yayıcıları ve diğer tüm α yayıcıları için $4x10^3$ Bq / cm^2 ' yi geçmeyen katı cisimlerdir.

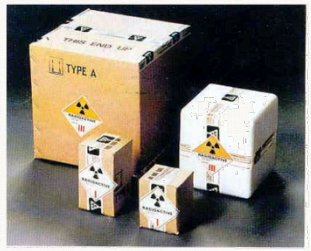
- SCO –II: Yüzeyi üzerinde sabit ve sabit olmayan bulaşma, SCO – I için belirlenen uygulanabilir sınırları aşan katı cisimlerdir.

A - TİPİ PAKETLER

Küçük fakat önemli aktiviteye sahip maddenin güvenli ve ekonomik taşınması için tasarlanmış paket tipidir.

* A_1, A Tipi Paketlerde özel formlu radyoaktif maddeler için izin verilen maksimum aktivite değeri.

* A_2, A Tipi Paketlerde özel formlu radyoaktif maddelerin haricindeki diğer radyoaktif maddeler için izin verilen maksimum aktivite değeri.



İçindekiler	A_1		A_2	
	TBq	(Ci)	TBq	(Ci)
Yalnızca β veya γ yayıcı radyoizotoplar varsa	0,2	(5)	0,02	(0,5)
α yayıcı izotoplar varsa ya da bulunduklarına dair bilgi yoksa	0,1	(2)	$2x10^{-5}$	$5x10^{-4}$

Tablo. A_1 ve A_2 İçin Genel Değerler

A - TİPİ PAKETLER

- Bu paketlerin içeriklerinin toplam aktivitesi, içerisindeki radyoaktif çekirdeklerin varlıklarına göre uygun olarak sınırlandırılmış olup; bu sınırlama özel formlu radyoaktif madde olup olmadığına bağlıdır.
- Bu limitler, radyoaktif maddenin çevreye yayılması sırasında dış radyasyonun ya da bulaşmanın en düşük seviyede olmasını sağlar.



A - TİPİ PAKETLER

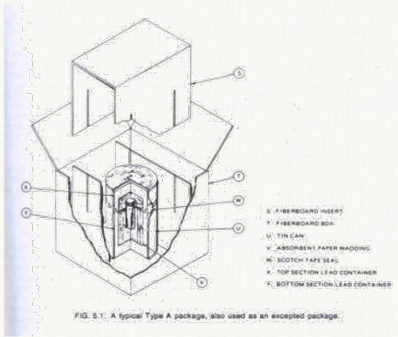
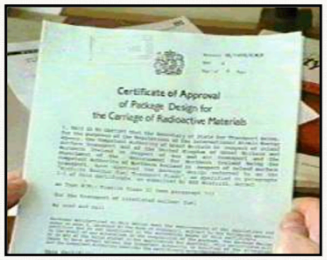


FIG. 5.1. A typical Type A package, also used as an excepted package.

B - TİPİ PAKETLER

Normal taşıma koşulları dışında ciddi kaza durumlarında taşıdığı radyoaktif maddenin açığa çıkmasını engelleyecek şekilde tasarlanmış paket tipidir.



B – Tipi Paketler tek taraflı onay B (U) ya da çok taraflı onay B (M) ile taşınır. Bunlar:

B (U): Yalnız paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin onayı yeterlidir.

B (M): Paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otorite onayının yanı sıra; sevkiyatın geçtiği yol üzerindeki ülkelerle birlikte, sevkiyatın yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin de onayı gerekmektedir.

B – Tipi Paket İçerikleri:

Radyoizotoplar……Tıbbi Amaçlı…….....Büyük boyutlu kaynaklar

Açık radyoaktif kaynaklar (I -131, H - 3)

Kapalı Araştırma Amaçlı…….....Na – 24

Kaynaklar…….. Endüstriyel Amaçlı…..…Ir-192 veya Co-60

Medikal Amaçlı…… Co-60 teleterapi

Araştırma……..Çeşitli

Nükleer Yakıt……. .Işınlanmamış……..Yüksek, zenginleştirilmiş Pu veya karışık okside yakıtlar

Işınlanmış……Harcanmış yakıtlar veya Araştırma örnekleri





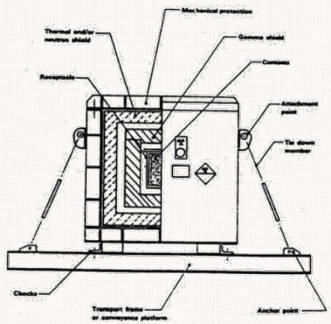


FIG. 14.6. Typical Type B packaging prepared for transport.

RADYOAKTİF MADDE TAŞIYAN PAKETLERİN SINIFLANDIRILMASI

Radyoaktif madde paket ve kolileri taşıma indisi (TI) ve yüzey radyasyon seviyelerine göre;

- I- BEYAZ (I – WHITE).....Sınıf – I
- II- SARI (II – YELLOW).....Sınıf – II
- III- SARI (III- YELLOW).....Sınıf – III

3 gruba ayrılır.

Taşıma İndisi (TI): Radyoaktif madde taşıyan paketin veya paketlenmemiş LSA – I madde veya SCO – I ' in yüzeyindeki radyasyon seviyesi kontrolünün bir ölçüsüdür.

Taşıma indisi (TI); yüzeyden 1 m mesafede olarak ölçülen radyasyon seviyesinin birimsiz değeridir.

Konteynır, Taşıma Kabı ve Paketlenmemiş

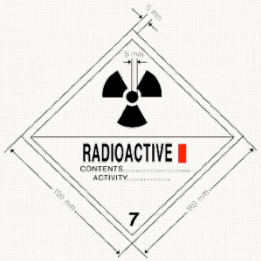
LSA – I, SCO – I Yük Boyutları

Yük Boyutu	Çarpım Faktörü
1 m^2 ve daha küçük	1
1 m^2 - 5 m^2	3
5 m^2 - 20 m^2	6
20 m^2 - 100 m^2	19

ŞARTLAR		*SINIF*
TI	*Yüzeyin herhangi bir noktasında en yüksek radyasyon seviyesi*	
0	≤ 0,005 mSv/h (0,5 mrem/h)	*I - BEYAZ*
0 - 1	(0,005-0,5) mSv/h (0,5 - 50) mrem/h	*II - SARI*
1- 10	(0,5 - 2) mSv/h (50 - 200 mrem/h	*III - SARI*
> 10	(2 – 10) mSv/h (200-1000) mrem/h	*III – SARI ve Özel Koşullu*

RADYOAKTİF MADDE TAŞIYAN PAKETLERİN SINIFLANDIRILMASI

Radyoaktif maddeleri içeren paketler, paketin yüzeyindeki ve paketten 1 m mesafedeki radyasyon seviyesine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla şöyledir:



Beyaz – I ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki maksimum radyasyon seviyesi ;

0,005 mSv / h ‘ i aşmamalıdır.



Sarı – II ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi;

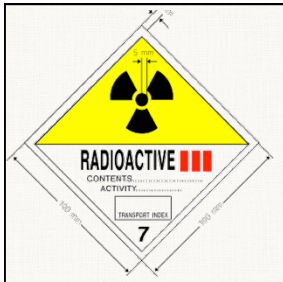
0,005 mSv / h ’ den büyük,

0,5 mSv / h ‘ den küçük

olmalıdır.

Bunların paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi;

0,01 mSv/h ’ i aşmamalıdır.



Sarı –III ile etiketlenmiş paketler için paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi;

0,5 mSv / h ’ den büyük,

2 mSv / h ‘ den küçük

olmalıdır.

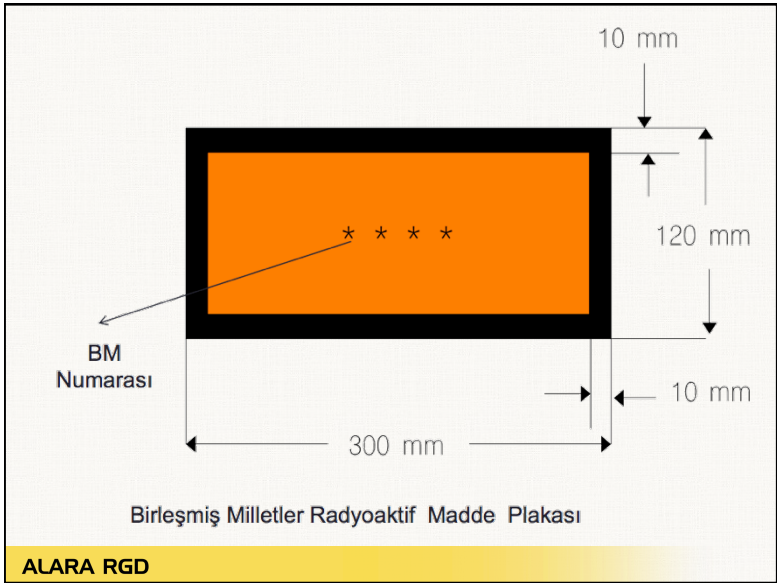
Paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi ise;

0,1 mSv / h ’ i geçmemelidir.



PLAKALAMA:

Adi paket dışında radyoaktif paket taşıyan büyük taşıma kabı ve tankların görünür yüzlerine model ve boyutları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi olan plakalar yapıştırılır.



Birleşmiş Milletler Radyoaktif Madde Plakası

ALARA RGD

Adi Paket

BM 2908 RADYOAKTİF MALZEME, BOŞ PAKET
BM 2909 RADYOAKTİF MALZEME, DOĞAL URANYUM veya TÜKENMİŞ URANYUM veya DOĞAL TORYUM'DAN YAPILMIŞ NESNELER
BM 2910 RADYOAKTİF MALZEME-MALZEME MİKTARI SINIRLANDIRILMIŞ
BM 2911 RADYOAKTİF MALZEME-ALETLER veya NESNELER

Düşük Özgül Aktiviteli Madde (LSA) (IP-1,IP-2,IP-3)

BM 2912 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-I), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3321 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-II), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3322 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-III), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3324 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-II), BÖLÜNEBİLİR
BM 3325 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-III), BÖLÜNEBİLİR

Yüzeyi Bulaşmış Cisim(SCO) (IP-1,IP-2,IP-3)

BM 2913 RADYOAKTİF MALZEME, YÜZEYİ BULAŞMIŞ NESNELER (SCO-I veya SCO-II), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3326 RADYOAKTİF MALZEME, YÜZEYİ BULAŞMIŞ NESNELER (SCO-I veya SCO-II), BÖLÜNEBİLİR

ALARA RGD

A tipi paketler

BM 2915 RADYOAKTİF MALZEME, özel biçimde PAKETLENMEMİŞ, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3327 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir, özel biçimde PAKETLENMEMİŞ
BM 3332 RADYOAKTİF MALZEME, ÖZEL BİÇİMDE PAKETLENLENMİŞ, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3333 RADYOAKTİF MALZEME,ÖZEL BİÇİMDE PAKETLENLENMİŞ bölünebilir

B(U) tipi paketler

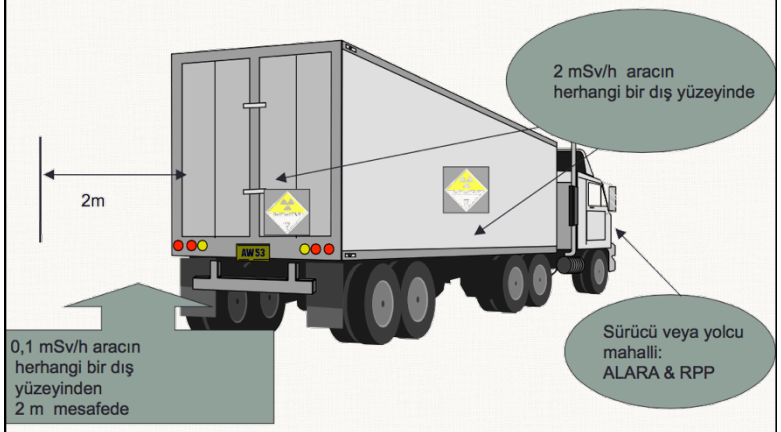
BM 2916 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3328 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir

B(M) tipi paketler

BM 2917 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3329 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir

ALARA RGD

Taşıma Araçları İçin En Yüksek Radyasyon Seviyeleri

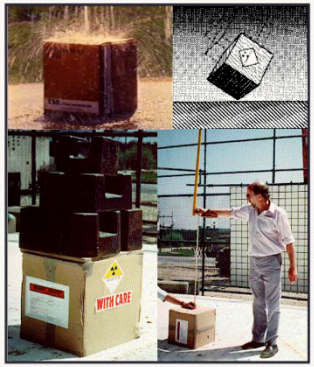


ALARA RGD

PAKET TESTLERİ

Normal Taşıma Koşullarına Yönelik Testler

1. Su Püskürtme Testi (Water Spray Test)
2. Serbest Düşme Testi (Free Drop Test)
3. Yığma Testi (Stacking Test)
4. Sızma Testi (Penetration Test)
5. Sıvı ve Gaz İçerikli Paketler İçin Ek Testler



Kaza Koşullarına Yönelik Taşıma Testleri

1. Mekanik Test
   - A. DÜŞME - I
   - B. DÜŞME - II
   - C. DÜŞME – III
2. Isıl Test
3. Batırma Testi
4. Zenginleştirilmiş Batırma Testi



RADYOAKTİF MADDE TAŞIMACILIĞINDA BAZI FAYDALI BİLGİLER

- Radyoaktif madde içeren paket, büyük boyutlarda da olabilir, paket kenar uzunlukları 10 cm'den küçük olmamalıdır.
- ALARA prensibinden hareketle alınacak küçük önlemler ile gereksiz radyasyon dozlarından korunmak gerekir.
- Paketlerin bekleme yerleri halk ve diğer çalışanlar tarafından girilip çıkılmayan, banyo edilmemiş fotoğraf filmlerinin ve diğer yüklerin bulunmadığı ayrı bir oda olmalıdır.
- Paketler yüklenip boşaltılırken bütün güvenlik önlemlerinin alındığına emin olunmalıdır.

Kargo taşıyıcılarının alması gereken önlemler:



1) Eğer kargo büyük ise yük taşıma araçlarıyla taşınır. Yine de kargonun üzerinde veya çok yakınında bulunulması gereken zamanlar olabilir. Bu durumda iş aksatılmadan en kısa zamanda bitirilmeye çalışılmalıdır. Gerekmedikçe yükten mümkün olduğunca uzakta durulmalıdır. (5 m uzaklık)



2) Ağır paketler ve varillerin yükleme-boşaltma çalışmalarında yükün sırtta taşınmasında bir sakınca olmamakla birlikte mümkün olduğu durumlarda taşıma araçlarından yararlanılmalıdır. Böylece hem yükle araya bir mesafe konulmuş olacak, hem de daha hızlı taşıma sağlanacaktır. Bu yolla, alınacak radyasyon dozu 10 kat azaltılabilir.

3) Küçük paketler elle taşınabilir. Ancak paket vücuda olabildiğince uzak tutulmalıdır. Çok sayıda küçük paket taşınacaksa taşıma aracı kullanılmalıdır.

4)Yapılan işlerin en kısa sürede bitirilmesi için işlerin nasıl yapılacağı hakkında önceden çalışma yapılmalıdır. İş bitirildiğinde paketten en az birkaç metre uzakta bulunulmalıdır.

5) Her taşıma sonrasında eller bol su ve sabunla yıkanmalıdır.

6)Taşıyıcılar pakette herhangi bir ıslaklık veya hasar gördüklerinde pakete dokunmadan, radyasyondan korunma konusunda bilgi sahibi olan görevlilere haber vererek gerekli radyasyon ölçümlerinin yapılmasını sağlamalıdır.

7)Yangın veya kaza durumlarında hemen konu ile ilgili acil müdahale ekiplerine ve radyasyondan korunma konusunda bilgi sahibi olan görevlilere haber vermelidir.

Araç Sürücülerinin Alması Gereken Önlemler:

1) Paketler araçta sürücüden mümkün olduğunca uzak ve güvenli bir pozisyonda yerleştirilmelidir. En yüksek TI' li paketler sürücüden en uzakta olacak şekilde konulmalıdır. Araçta aynı anda başka tehlikeli madde taşınmamalıdır.

2) Trafik yoğunluğunun en az olduğu en kısa yoldan ulaşım yapılmalıdır. Bu tür paketler trafik kazalarına dirençli olsalar bile ciddi kaza durumlarında radyasyon sızıntısına sebep olabilecek paket hasarı olabileceği düşünülmelidir.

3) Radyoaktif madde paketi taşıyan araç kalabalık alanlarda park edilmemelidir. Sürücünün araçtan uzaklaşması durumunda aracın kapılarının kilitli olduğundan emin olmalıdır.

Radyoaktif madde taşıyan paketin hasar görmesi veya bir radyoaktif bulaşmadan şüphelenilmesi durumunda:

1) Radyasyon dedektörü sayıma hazır hale getirildikten sonra paketlerin bulunduğu yere doğru yavaş yavaş yaklaşılarak doz hızındaki değişim gözlenmeli, önemli artışlar söz konusu ise doz hızının 0.02 mSv/h' a ulaştığı yerden itibaren alan belirlenerek giriş-çıkışlar kontrol altına alınmalıdır.

2) Oluşabilecek her türlü tehlike (yangın, patlama, zehirli gaz çıkışı, elektrik tehlikeleri, sıkışma vb.) belirlenmeye ve engellenmeye çalışılmalıdır.

3) Hasarlı ve radyoaktif bulaşma olmuş paketler belirlenerek kontrol altına alınmalı, yapılan doz hızı ölçümleri, yer ve miktarları kayıt edilmelidir.

4) Paketin üzerindeki radyasyon işaretli etiketten ve/veya yükleme belgelerinden paketin içerdiği radyoaktif madde cinsi, aktivitesi saptanmalıdır.

5) Acil ve tehlike durumu planında yer alan talimatlar doğrultusunda hareket edilmelidir.

RADYOAKTİF MADDENİN PAKETLENMESİ

Radyoaktif madde taşımacılığında kullanılan paket tipleri

Radyoaktif maddelerin fiziksel yapılarına ve aktivitelerine göre 4 tip paket vardır:

- Adi Paketler (Excepted Packages)
- Endüstriyel Paketler (Industrial Packages) IP-1, IP-2, IP-3
- A Tipi Paketler (Type A Packages)
- B Tipi Paketler (Type B Packages)

Adi Paket – Minimum Tasarım Koşulları



- Kütle, hacim ve biçim itibarı ile kolay ve güvenli taşımaya uygunluk
- Taşıma boyunca emniyetli şekilde yerleştirilebilirlik
- Gerekirse güvenli harici paket elemanları tasarımı
- Mümkün olduğunca düz satıhlı ve bulaşmanın kolayca giderilebileceği ve su tutmayan paket yüzeyi tasarımı
- Rutin taşıma koşullarında aşırı titreşimden oluşabilecek paket bütünlüğü bozulmalarına karşı dayanıklılık
- Paket elemanlarının birbirleri ile ve içerikle fiziksel ve kimyasal uygunluğu
- İçeriğin paket dışına çıkmasına olanak vermeyecek şekilde emniyetli paket boşluğu tasarımı
- Rutin taşıma koşullarında karşılaşılabilecek basınç ve sıcaklıklara uygun tasarım

Adi Paket – Minimum Tasarım Koşulları

Havayolu için ek koşullar:

- Ulaşılabilir yüzeylerin sıcaklık kontrolü
- Yüksek sıcaklık değişimlerine dayanıklı tasarım
- Ortam basıncında meydana gelebilecek değişimlere dayanıklı mahfaza



ADİ PAKET

Sadece radyasyon uyarı işareti kullanılması yeterli olup etiketlemeye gerek yoktur. Saat, duman dedektörü, pusula v.b. Bir parçası radyoaktif madde olan cihazlar.

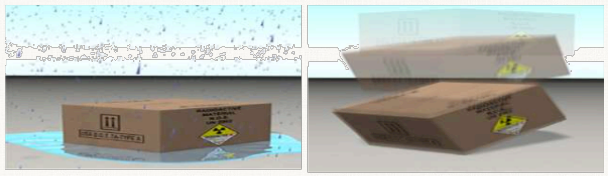


A Tipi Paketler için Tasarım ve Performans Testi Koşulları

Tasarım Koşulları:



- Tüm adi paket koşulları
- Minimum paket boyutu
- Kurcalanmaya karşı dayanıklı mühür
- Paket bileşenlerinin -40°C ila +70°C arasındaki sıcaklıklar için tasarımı
- Kabul edilmiş tasarım standartları
- Kaza ile açılmaya imkan vermeyecek etkin
- kilit mekanizması
- Basınç farklılıklarına karşı paket içeriğinin bütünlüğünü koruyacak mahfaza sistemi
- Mahfazanın bileşeni olarak tasarlanmış ayrı bir zırh bölmesi



SU PÜSKÜRTME TESTİ
Pakete bir saat boyunca su püskürtülür.

SERBEST DÜŞME TESTİ
Paket, sert bir yüzeye belli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılır.



İSTİFLEME TESTİ
Paket üzerine en az 24 saat boyunca, kendi ağırlığının beş katı kadar ağırlık konur.

DELME TESTİ
3 cm çapında, 6 Kg ağırlığında bir demir çubuk 1 m yükseklikten paketin üzerine bırakılır.

A-Tipi Paket

- A Tipi pakette herhangi bir durumda dökülme, saçılma, dağılma yapmayacak şekilde Özel hazırlanmış radyoaktif madde A1 veya Özel hazırlanmamış radyoaktif madde A2 limitlerine kadar taşınır. Her bir radyonüklit için A1 ve A2 değerleri Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliğinde TABLO'1 ve TABLO'2 de verilmiştir.
- Paketin en küçük dış boyutu 10 cm'den küçük olamaz. Beş katını kaldıracak dayanıklılıkta ve 1 saate kadar yağmura dayanacak nitelikte olmalıdır.



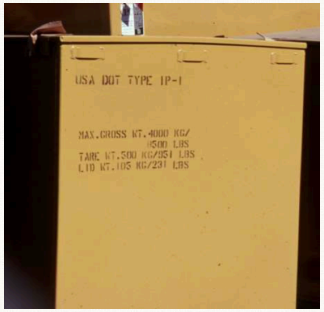
Endüstriyel Paketler için Tasarım ve Test Koşulları



- **IP Tip 1**
  - Tüm adi paket koşulları
  - Minimum paket boyutu (en az 10 cm)
- **IP Tip 2**
  - IP-1 koşulları
  - A Tipi paket serbest düşme testi test
  - A Tipi paket istif testi
- **IP Tip 3**
  - IP-2 koşulları
  - Katı formdaki içerik için tüm A tipi paket koşulları

ENDÜSTRİYEL PAKET

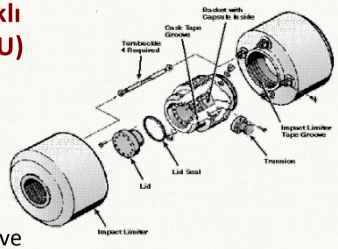
- **IP-1 tipi** pakette Düşük Özgül Radyoaktiviteli(LSA-I) veya Yüzey Kontaminasyonlu (SCO-I) madde veya materyal,
- **IP-2 tipi** pakette sıvı LSA-I, katı LSA-II, sıvı ve gaz LSA-II, LSA-III, SCO-II materyal,
- **IP-3 tipi** pakette sıvı ve gaz LSA-II , LSA-III materyal taşınır.



LSA-I,II,III ve SCO-I,II limit değerleri Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliğinde TABLO 3 de verilmiştir.

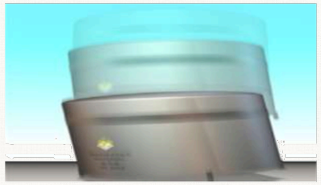


Ciddi Kaza Koşullarına Dayanıklı Olacak Şekilde Tasarlanmış B(U) ve B(M) Tipi Paketler

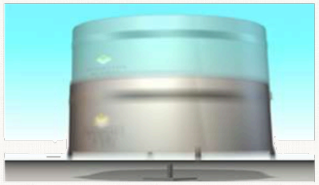


Tasarım Koşulları

- Tüm adi paket koşulları
- A tipi paket koşulları
- Isı oluşumuna dayanıklı mahfaza ve zırh malzemesi tasarımı
- Maksimum ortam sıcaklığı ve paket dış yüzeyi sıcaklığı ilişkisi
- Aşırı basınç değerlerine dayanıklılık
- Hava soğutma [sadece Type B(M)]



SERBEST DÜŞME
Paket, 10 m yükseklikten oldukça sert bir yüzeye serbest düşmeye bırakılarak paketin en zayıf noktası tespit edilir.



DELME TESTİ
Paket, 1 m yükseklikten 15 cm çapında ve en az 20 cm uzunluğunda çelik bir çubuğun üzerine serbest düşmeye bırakılır.



ISIL TEST
Paketin tamamı 30 dakika boyunca 800°C deki ısıya maruz bırakılır.



SUYA DALDIRMA TESTİ
Paket 15 m derinlikteki suda en az 8 saat bekletilir.



B TİPİ PAKET

Kullanılmış reaktör yakıtlarının taşıma kapları B Tipi paketlerdir. Endüstride kullanılan gamagrafi cihazlarının radyasyon kaynaklarının paketleri de B Tipi pakete örnektir.

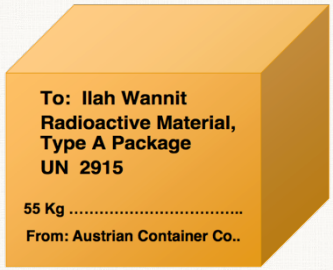


B TİPİ PAKET



Paket Üzerindeki İşaretlerin Anlamları:

- Paketler üzerinde Gönderici(consignor) ve Alıcının (consignee) isim ve/veya adresi açıkça yazılı olmalıdır,
- "Radioactive Material" ibaresi yazılı olmalıdır,
- UN Sayısı, taşınan radyoaktif maddenin cinsi için belirlenmiş Birleşmiş Milletler Sayısı demek olup yönetmeliklerde tablolarda verilmiştir.
- Paketin brüt ağırlığı şayet 50 kg'dan büyük ise paketin ağırlık rakamı paket üzerinde görülmelidir.
- Paketin dizayn ID numarası paket üzerine yazılmalıdır.



ŞARTLAR		SINIF
TI	Yüzeyin herhangi bir noktasında en yüksek radyasyon seviyesi	
0	≤ 0.005 mSv/h (0.5 mrem/h)	I - BEYAZ
0 - 1	(0.005-0.5) mSv/h (0.5 - 50) mrem/h	II - SARI
1- 10	(0.5 - 2) mSv/h (50 - 200 mrem/h	III - SARI
> 10	(2 – 10) mSv/h (200-1000) mrem/h	III – SARI ve Özel Koşullu

ETİKETLER



Paket Kategorisi:

Radyoaktif madde paketleri paketin yüzeyinden 1m uzaklıktaki ve paketin yüzeyindeki radyasyon düzeylerine göre **I- BEYAZ, II-SARI, III-SARI** isimleri altında **kategorilere** ayrılmıştır. Kategori belirlemede **Taşıma İndisi (TI)** tanımı kullanılmaktadır.

***TI* tayini:**

Paketin yüzeyinden 1m mesafede mSv/h cinsinden ölçülen en yüksek radyasyon düzeyinin 100 ile çarpımından elde edilen değerdir(birimsiz). Küsürlü değerler yuvarlatılır. 0,05'ten küçük değerler için TI sıfır kabul edilir.

1m (mSv/h) x 100 = *TI*



ACİL DURUM MÜDAHALE VE DEĞERLENDİRME EKİPLERİNİN ÇALIŞMALARINDAN ÖRNEKLER

TAEK TARAFINDAN MÜDAHALE EDİLEN OLAYLAR

ÖRNEK OLAY 1

- Yer Haydarpaşa Limanı:
- Çin Halk Cumhuriyetinden gelen konteynerde plastik madde olduğu beyan edildi.
- Araç uygun bir yere alındı,
- ADYM tarafından ÇNAEM ekipleri Haydar Paşa Limanına yönlendirildi,
- Plastik malzemenin Sıvı Sabunluk ve Su Damacanalarının pompaları olduğu tespit edildi

ÖRNEK OLAY 1

- Yerinde ve Laboratuvarda yapılan ölçüm ve analizlerde plastik pompaların yaylarında Co-60 radyoizotopu tespit edildi.
- Co-60 NORM madde olmadığı için konteynerin ülkeye girişine izin verilmedi.
- Konteynerin geldiği ülkeye geri gönderilmesi için ilgili gümrük müdürlüğüne bilgi verildi.
- Olay IAEA'ya rapor edildi.

ÖRNEK OLAY 2

- Yer Esenboğa Havalimanı:
- Bildirim: Üzerinde radyasyon işareti olan kutular araca yüklenirken bir patlama olduğu ve etrafa beyaz toz bulutu dağılması...
- Troxler
- Emniyet Şeridi
- Patlamanın ve beyaz tozun nedeni
- Kurum içi bildirimler
- Hukuki boyut

ÖRNEK OLAY 2

- Doğru bilgi alma/verme
- Gümrük görevlilerinin bile radyasyon işaretini bilmemeleri

ÖRNEK OLAY 3

- Yer : Kayseri Malatya Karayolu
- Rutin yol kontrolü
- Şüpheli şahıslar
- Şüpheli madde
- Kurumlararası işbirliği (?)
- Doğru bilgi
- Numunenin taşınması
- Şüpheli maddenin açılması, yeterli olanaklara sahip laboratuvar

ÖRNEK OLAY 4

- Yer: Kocaeli Körfez
- Radyoaktif patlama olduğu ve yaralananların bulunduğu
- bilgisi
- SAKOM'un devreye girmesi
- Olay yerine daha uzak merkezden intikal
- Yolda edinilen yeni bilgiler
- Sorumluluk sahibi vatandaş
- İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri (Sakarya ve Kocaeli)
- Donanmanın yardımı

ÖRNEK OLAY 4

- Doğru bilgi
- Olayın hukuki boyutu
- Olası ciddi bir kazada evhamlananların muhtemel sayısı

ÖRNEK OLAY 5

- Yer Gürbulak(Ağrı) ve Hamzabeyli(Edirne) Gümrük Sınır Kapıları
- İran'dan Almanya'ya transit geçen hurda metal yüklü TIR.
- Hamzabeyli Gümrük Kapısından çıkış ve birkaç saat içinde dönüş.
- Ölçüm zafiyeti.
- Gümrük görevlilerinin kısmi ilgisizlikleri

ÖRNEK OLAY 6

- Yer : Ankara
- Bildirim: Evinin balkonuna uranyum bırakıldığını beyan
- eden kişi
- Eğitim seviyesi
- KOM ile olay yerine intikal
- Eve girme çabaları (kayıp anahtar)
- Dökülen sıvalar
- Tutanak sırasında öğrenilen tıbbi geçmiş.



TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Radioisotopic thermoelectric generators (RTGs)	Sr-90 (special form)	$330 \leq A \leq 900$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	1
		$900 < A \leq 25400$ (by surface modes)				
		$900 < A \leq 25400$ (by air mode)	28.44	3323	Type C	
	Pu-238 (special form)	$1 \leq A \leq 10$	28.44	3332	Type A	
	Pu-238 (non-special form)	$1 \leq A \leq 3$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
		$3 < A \leq 10$ (by surface modes)				
		$3 < A \leq 10$ (by air modes)	28.44	3323	Type C	
Irradiators: sterilization and food preservation	Co-60	$190 \leq A \leq 1200$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
		$1200 < A \leq 560000$ (by surface modes)	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
		$1200 < A \leq 560000$ (by air mode)	28.44	3323	Type C	
	Cs-137 (special form)	$190 \leq A \leq 6000$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
		$6000 < A \leq 195000$ (by surface modes)	28.44			
		$6000 < A \leq 195000$ (by air mode)	28.44	3323	Type C	

[1] Range taken from Appendix II of IAEA-TECDOC-1344, where the activities are cited as maxima and minima. Other activities of sources for particular applications may be used. If in doubt, advice should be sought from suitably qualified and experienced experts.

[2] There are threshold levels below which material may not be radioactive for the purposes of the transport regulations. See IAEA TS-R-1 Section 4 for details.

[3] All activity is assumed to be in one package. Where 'excepted' is shown as an allowable package type, the surface dose rate must not exceed 5μSv h^{-1}, otherwise a Type A package must be used.

[4] See IAEA-TECDOC-1344

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	**Radionuclide**	**Activity (A) Range[1] TBq**	**Harmonized Schedule No.**	**UN No.[2]**	**Package Type[3]**	**Category[4]**
Irradiators: self-shielded	Cs-137	$93 \leq A \leq 1600$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	1
	Co-60	$56 \leq A \leq 1200$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
		$1200 < A \leq 1900$ (by surface modes)	28.44			
		$1200 < A \leq 1900$ (by air mode)	28.44	3323	Type C	
Irradiators: blood / tissue	Cs-137	$37 \leq A \leq 440$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Co-60	$56 \leq A \leq 110$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
Multi-beam teletherapy (gamma knife)	Co-60	$150 \leq A \leq 370$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
Teletherapy	Co-60	$37 \leq A \leq 560$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Cs-137	$19 \leq A \leq 56$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Industrial radiography	Co-60	$0.41 \leq A \leq 7.4$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	2
	Ir-192 (special form)	$0.19 \leq A \leq 1.0$	28.44	3332	Type A	
		$1.0 < A \leq 7.4$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Se-75 (special form)	$A \leq 0.003$	28.44	2910	Excepted	
		$0.003 < A \leq 3.0$	28.44	3332	Type A	
	Yb-169 (special form)	$0.093 \leq A \leq 0.37$	28.44	3332	Type A	
	Tm-170 (special form)	$0.74 \leq A \leq 3.0$	28.44	3332	Type A	
		$3.0 < A \leq 7.4$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
Brachytherapy – high / medium dose rate	Co-60 (special form)	$0.19 \leq A \leq 0.4$	28.44	3332	Type A	
	Co-60 (non special form)		28.44	2915		
	Co-60	$0.4 < A \leq 0.74$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Cs-137 (special form)	$0.11 \leq A \leq 0.3$	28.44	3332	Type A	
	Cs-137 (non-special form)		28.44	2915		
	Ir-192 (special form)	$0.11 \leq A \leq 0.44$	28.44	3332	Type A	
	Ir-192 (non-special form)		28.44	2915		

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Calibration facilities	Co-60 (special form)	$0.02 \leq A \leq 0.4$	28.44	3332	Type A	Not assigned
	Co-60 (non-special form)		28.44	2915		
	Co-60	$0.4 < A \leq 1.2$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Cs-137 (special form)	$0.056 \leq A \leq 2.0$	28.44	3332	Type A	
		$2.0 < A \leq 110$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Cs-137 (non-special form)	$0.056 \leq A \leq 0.6$	28.44	2915	Type A	
		$0.6 < A \leq 110$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
Level gauges	Cs-137 (special form)	$0.037 \leq A \leq 0.19$	28.44	3332	Type A	3
	Cs-137 (non-special form)		28.44	2915		
	Co-60 (special form)	$0.0037 \leq A \leq 0.37$	28.44	3332	Type A	
	Co-60 (non-special form)		28.44	2915		
Calibration facilities	Am-241 (special form)	$0.19 \leq A \leq 0.74$	28.44	3332	Type A	Not assigned
	Am-241 (non-special form)		28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Conveyor gauges	Cs-137 (special form)	$0.0037 \leq A \leq 1.5$	28.44	3332	Type A	3
	Cs-137 (non-special form)	$0.0037 \leq A \leq 0.6$	28.44	2915		
		$0.6 < A \leq 1.5$	28.44	2916 2917	Type B(U) Type B(M)	
	Cf-252 (special form)	$A \leq 0.0014$	28.44	3332	Type A	
	Cf-252 (non-special form)		28.44	2915		
Blast furnace gauges	Co-60 (special form)	$0.0037 \leq A \leq 0.074$	28.44	3332	Type A	
	Co-60 (non-special form)		28.44	2915		
Dredger gauges	Co-60 (special form)	$0.0093 \leq A \leq 0.096$	28.44	3332	Type A	
	Co-60 (non-special form)		28.44	2915		
	Cs-137 (special form)	$0.0074 \leq A \leq 0.37$	28.44	3332	Type A	
	Cs-137 (non-special form)		28.44	2915		

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Spinning pipe gauges	Cs-137 (special form)	$0.074 \leq A \leq 0.19$	28.44	3332	Type A	3
	Cs-137 (non-special form)		28.44	2915		
Research reactor start-up sources	Am-241 / Be (special form)	$0.074 \leq A \leq 0.19$	28.44	3332	Type A	Not assigned
Well logging	Am-241 / Be (special form)	$0.019 \leq A \leq 0.85$	28.44	3332	Type A	3
	Cs-137 (special form)	$0.037 \leq A \leq 0.074$	28.44			
	Cf-252 (special form)	$0.001 \leq A \leq 0.0041$	28.44			
Pacemakers	Pu-238 (special form)	$0.11 \leq A \leq 0.3$	28.44	3332	Type A	Not assigned
Calibration sources	Pu-239 / Be (special form)	$0.074 \leq A \leq 0.37$	28.44	3332	Type A	Not assigned
Brachytherapy – low dose rate	Cs-137 (special form)	$3.7E\text{-}04 \leq A \leq 0.002$	28.44	2910	Excepted	4
		$0.002 < A \leq 0.026$	28.44	3332	Type A	
	Ra-226 (special form)	$1.9E\text{-}04 \leq A \leq 2.0E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
		$2.0E\text{-}04 < A \leq 0.0019$	28.44	3332	Type A	
	I-125 (non-special form)	$A \leq 0.0015$	28.44	2910	Excepted	
	Ir-192 (special form)	$7.4E\text{-}04 \leq A \leq 0.028$	28.44	3332	Type A	
	Ir-192 (non-special form)		28.44	2915		

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Brachytherapy – low dose rate	Au-198 (special form)	$0.001 < A \leq 0.003$	28.44	3332	Type A	4
		$A \leq 0.001$	28.44	2910	Excepted	
	Au-198 (non-special form)	$6.0E\text{-}04 \leq A \leq 0.003$	28.44	2915	Type A	
		$A \leq 6.0E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
Thickness gauges	Kr-85 (special form)	$0.0019 \leq A \leq 0.01$	28.44	2910	Excepted	
		$0.01 < A \leq 0.037$	28.44	3332	Type A	
	Sr-90 (special form)	$3.7E\text{-}04 \leq A \leq 0.0074$	28.44	2910	Excepted	
	Am-241 (special form)	$0.011 \leq A \leq 0.022$	28.44	3332	Type A	
	Pm-147 (special form)	$A \leq 0.0019$	28.44	2910	Excepted	
	Cm-244 (special form)	$0.0074 \leq A \leq 0.037$	28.44			
Fill-level, thickness gauges	Am-241 (special form)	$4.4E\text{-}04 \leq A \leq 0.0044$	28.44	2910	Excepted	
	Cs-137 (special form)	$0.0019 \leq A \leq 0.0020$	28.44			
	Cs-137 (special form)	$0.0020 < A \leq 0.0024$	28.44	3332	Type A	
Calibration facilities	Sr-90 (special form)	$3.0E\text{-}04 < A \leq 0.074$	28.44	3332	Type A	Not assigned
	Sr-90 (non-special form)		28.44	2915		
	Sr-90	$A \leq 3.0E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
Moisture detectors	Am-241 / Be (special form)	$0.0019 \leq A \leq 0.0037$	28.44	2910	Excepted	4

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
Density gauges	Cs-137 (special form)	3.0E-04 ≤ A ≤ 3.7E-04	28.44	2910	Excepted	4
Moisture / density gauges	Am-241 / Be (special form)	3.7E-04 ≤ A ≤ 0.0037	28.44	2910	Excepted	
	Cs-137 (special form)	3.0E-04 ≤ A ≤ 4.1E-04	28.44			
	Ra-226 (special form)	7.4E-05 ≤ A ≤ 1.5E-04	28.44			
	Cf-252 (special form)	1.1E-06 ≤ A ≤ 2.6E-06	28.44			
Bone densitometry	Cd-109 (special form)	A ≤ 7.4E-04	28.44	2910	Excepted	
	Gd-153 (special form)	7.4E-04 ≤ A ≤ 0.01	28.44	2910	Excepted	
		0.01 < A ≤ 0.056	28.44	3332	Type A	
	I-125 (special form)	0.0015 ≤ A ≤ 0.02	28.44	2910	Excepted	
		0.02 < A ≤ 0.03	28.44	3332	Type A	
	Am-241 (special form)	0.001 ≤ A ≤ 0.01	28.44	2910	Excepted	
Static eliminators	Am-241 (special form)	0.0011 ≤ A ≤ 0.0041	28.44	2910	Excepted	
	Po-210 (special form)	0.0011 ≤ A ≤ 0.0041	28.44	2910	Excepted	
	Po-210 (non-special form)	0.0011 ≤ A ≤ 0.0041	28.44	2915	Type A	
Diagnostic isotope generators	Mo-99 (liquid)	0.037 ≤ A ≤ 0.37	28.44	2915	Type A	Not assigned
Medical unsealed	I-131 (liquid)	0.0037 ≤ A 0.0074	28.44	2915	Type A	

TYPICAL PACKAGE TYPES BY RADIOACTIVE SOURCE AND ASSOCIATED PRACTICE

Practice	Radionuclide	Activity (A) Range[1] TBq	Harmonized Schedule No.	UN No.[2]	Package Type[3]	Category[4]
X-ray fluorescence analysers	Fe-55	$1.1E\text{-}04 \leq A \leq 0.005$	28.44	2910	Excepted	5
	Cd-109 (special form)	$0.0011 \leq A \leq 0.0056$	28.44			
	Cd-109 (non-special form)	$0.0011 \leq A \leq 0.002$	28.44			
		$0.002 < A \leq 0.0056$	28.44	2915	Type A	
	Co-57	$5.6E\text{-}04 \leq A \leq 0.0015$	28.44	2910	Excepted	
Electron capture devices	Ni-63	$1.9E\text{-}04 \leq A \leq 7.4E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
	H-3	$0.0019 \leq A \leq 0.011$	28.44			
Lightning preventers	Am-241 (special form)	$4.8E\text{-}05 \leq A \leq 4.8E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
	Ra-226	$2.6E\text{-}07 \leq A \leq 3.0E\text{-}06$	28.44			
	H-3	$A \leq 0.0074$	28.44			
Brachytherapy: low dose rate eye plaques and permanent implants	Sr-90	$7.4E\text{-}04 \leq A \leq 3.0E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
	Sr-90 (special form)	$3.0E\text{-}04 < A \leq 0.0015$	28.44	3332	Type A	
	Sr-90 (non-special form)		28.44	2915		
	Ru/Rh-106	$8.1E\text{-}06 \leq A \leq 2.2E\text{-}05$	28.44	2910	Excepted	
	Pd-103	$A \leq 0.0011$	28.44			
Positron Emission Tomography (PET)	Ge-68	$3.7E\text{-}05 \leq A \leq 3.7E\text{-}04$	28.44	2910	Excepted	
Mossbauer Spectrometry	Co-57	$1.9E\text{-}04 \leq A \leq 0.0037$	28.44	2910	Excepted	
Tritium targets	H-3 (non-special form)	$0.11 \leq A \leq 1.1$	28.44	2915	Type A	Not assigned
Medical unsealed	P-32 (non-special form)	$0.0022 \leq A \leq 0.022$	28.44	2915	Type A	

RADIATION EMITTING DEVICES (WITH OR WITHOUT RADIOACTIVE SOURCES)

Apparatus	**Harmonized Schedule No.**
Apparatus based on the use of x-rays or of alpha, beta or gamma radiations, whether or not for medical, surgical, dental or veterinary uses, including radiography or radiotherapy apparatus, x-ray tubes and other x-ray generators, high tension generators, control panels and desks, screens, examination or treatment tables, chairs and the like.	90.22
Instruments and apparatus for physical or chemical analysis (for example, polarimeters, refractometers, spectrometers, gas or smoke analysis apparatus); instruments and apparatus for measuring or checking viscosity, porosity, expansion, surface tension or the like; instruments and apparatus for measuring or checking quantities of heat, sound or light (including exposure meters); microtomes.	90.27

Appendix A

Table 1 presents gamma dose rates, half-lives, representative activities, and appropriate distances for **hot** and **cold zones** for common radioisotopes. The figures listed are based on point source calculations only and take into account any shielding, attenuating and buildup provided by air. Be sure to verify all distances quoted with a calibrated gamma dose rate meter.

Table 1. Key figures for common radioisotopes

Isotope	Half-Life	Gamma dose rate in mSv/h, at 1 m from a completely unexposed source, per 37 GBq (1 Ci)	Activity	Approximate distance in m for hot zone (5 µSv/h) from a completely unexposed source	Approximate distance in m for cold zone or background(0.2 µSv/h) from a completely unexposed source
Cobalt-60 (Co-60)	5.27 years	13.5 mSv/h	37 MBq (1 mCi)	2 m	8 m
			18.5 GBq (500 mCi)	31 m	145 m
			37 GBq (1 Ci)	42 m	184 m
			1 850 GBq (50 Ci)	229 m	474 m
			3 700 GBq (100 Ci)	277 m	532 m
			5 180 GBq (140 Ci)	300 m	560 m
Gallium-67 (Ga-67)	3.3 days	1.11 mSv/h	37 MBq (1 mCi)	0.5 m	2 m
			555 MBq (15 mCi)	2 m	7 m
			1.85 GBq (50 mCi)	3 m	22 m
Molybdenum-99 (Mo-99)	66 hours	1.13 mSv/h	37 GBq (1 Ci)	14 m	69 m
			185 GBq (5 Ci)	27 m	133 m
			370 GBq (10 Ci)	45 m	167 m
			555 GBq (15 Ci)	55 m	189 m
Technetium-99m (Tc-99m)	6 hours	1.23 mSv/h	37 MBq (1 mCi)	0.5 m	2 m
			555 MBq (15 mCi)	2 m	8 m
			1.85 GBq (50 mCi)	3 m	22 m
Iodine-125(I-125)	60 days	2.75 mSv/h	18.5 MBq (0,5 mCi)	0.5 m	2 m
			370 MBq (10 mCi)	3 m	13 m
Iodine-131 (I-131)	8 days	2.82 mSv/h	1.11 GBq (30 mCi)	4 m	18 m
			7.4 GBq (200 mCi)	10 m	51 m
Cesium-137 (Cs-137)	30 years	3.3 mSv/h	555 MBq (15 mCi)	3 m	14 m
			3 700 MBq (100 mCi)	8 m	32 m
			18 500 MBq (500 mCi)	16 m	84 m
			37 GBq (1 Ci)	22 m	110 m
Iridium-192 (Ir-192)	74 days	5.92 mSv/h	37 MBq (1 mCi)	1 m	5 m
			18 500 MBq (500 mCi)	20 m	101 m
			37 GBq (1 Ci)	27 m	129 m
			1 850 GBq (50 Ci)	59 m	319 m
			3 700 GBq (100 Ci)	192 m	356 m
			5 180 GBq (140 Ci)	208 m	374 m
Americium-241 (Am-241)	432 years	0.2 mSv/h	1 850 MBq (50 mCi)	1.4 m	7 m
Americium-241/ Beryllium (Am-241/Be)	432 years	0.06 mSv/h	1 850 MBq (50 mCi)	0.8 m	4 m
			185 GBq (5 Ci)	8 m	38 m
			740 GBq (20 Ci)	16 m	77 m

Note: Because Am-241/Be is a neutron source, a neutron dose rate meter would be required for accurate measurements. Therefore, the figures listed are estimates only and err on the side of safety.

HURDALARDA OLASI RADYOAKTİF MADDELER



Radyasyon kaynakları diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de faydalı amaçlarla tıp, endüstri, araştırma ve eğitim alanlarında kullanılmakta olup, 2690 sayılı yasa gereği yayımlanan Radyasyon Güvenliği Tüzüğü ve Yönetmeliği uyarınca iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları ile yapılan her türlü faaliyet için (ithal, ihraç ve imal edilmesi, alınması, satılması, bulundurulması, kullanılması, taşınması, depolanması v.b) TAEK'den izin ve lisans alınması gerekmektedir.

Ancak, radyasyon kaynaklarının, kullanımından vazgeçilmesi,kuruluşların devredilmesi ve ya sorumlu kişilerin ayrılması/ değişmesi gibi nedenlerle yanlışlıkla hurdacılara satılması ve bilnçsiz olarak diğer hurda malzemelere karışması sonucu; insan sağlığı açısından onarılması zor ve ekonomik boyutları büyük sonuçları doğurabileceği hatırdan çıkarılmamalıdır. Nitekim bazı ülkelerde benzeri olaylar yaşanmaktadır.

Bu nedenle, hurda alım, satım veya işlenmesi alanında faaliyet gösteren küçük kuruluşların taşınabilir el dedektörleri ve büyük kuruluşların ise el dedektörlerine ilave olarak tesis giriş kapılarına panel tipi dedektörler sağlayarak hurdalarda olası radyasyon kaynaklarını belirlemeleri gereklidir.

Radyasyon kaynakları veya bunları bulunduran cihazların veya radyoaktivite bulaşmış malzemelerin; hurda malzemeler ile birlikte yurt dışından ülkemize girmesi veya yukarda belirtilen mevzuat hükümlerine aykırı olarak hurda malzemelere karışması sonucu meydana gelebilecek potansiyel risklere karşı bilgilendirme amacı ile bu broşür hazırlanmıştır.

Endüstri ve Tıp alanında kullanılan ve içerisinde radyoaktif madde (kaynak) bulunan bazı cihazlar/koruma kaplarına ait resimler aşağıda verilmiştir.

Kullanım ve depolama koşullarının uygun olmamamsı nedeni ile koruma kapları ve üzerindeki RADYOAKTİF MADDE ETİKETİ VE RADYASYON İŞARETİ hasar görmüş ve okunamaz durumda olan kaynaklar



Seviye, yoğunluk ölçümleri v.b. amaçlarla kullanılmış değişik radyasyon kaynaklarının içinde bulunduğu koruma kapları



Endüstriyel amaçla film çekiminde kullanılan radyasyon kaynaklarını bulunduran koruma kapları (radyoaktif cihazları)



Radyoterapi alanında kullanılan Co-60 kaynağını bulunduran koruma kabı

Koruma kapları ve üzerindeki
RADYOAKTİF MADDE ETİKETİ VE RADYASYON İŞARETİ
hasar görmemiş- orjinal durumunu koruyan kaynaklar





Kalınlık, seviye nem v.b. ölçümlerde kullanılan kaynaklar



Duman Dedektörü ve Paratoner





Hasar görmemiş radyografi cihazları



İkitelli Kazasına neden olan Co-60 radyoaktif kaynağını içeren koruma kabı

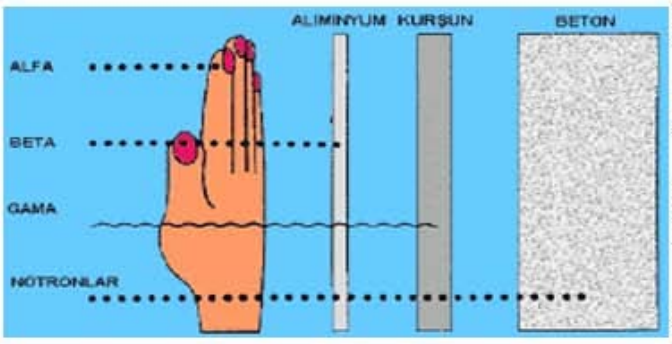
RADYOAKTİF MADDE SEMBOLÜ VE RADYOAKTİF MADDELERİN TAŞIMA/KORUMA KAPLARI (KONTEYNER) ÜZERİNDE BULUNAN ETİKET ÖRNEKLERİ





Etiketleri üzerinden radyoaktif maddenin okunabilmesi durumunda yayılan radyasyonun cinsi ve aktivitesi hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür.

BAŞLICA RADYASYON TÜRLERİ ALFA-BETA- GAMA VE NÖTRON' LAR OLUP, BUNLARIN ÖZELLİKLERİ AŞAĞIDA VERİLMİŞTİR.



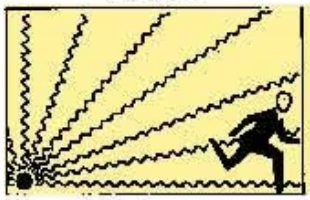
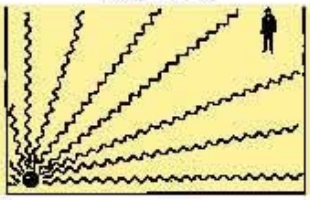
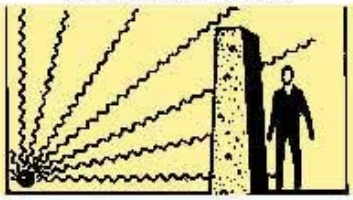
ALFA : İnce bir kağıt tabakası veya cildimiz tarafından soğurulur.

BETA : İnce bir metal tabakası tarafından soğurulur..

GAMA : Giricilik özelliği daha fazla olup kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerde soğurulur.

NÖTRON : Parafin, beton, su gibi hidrojence zengin ortamlarda soğurulur.

RADYASYON KORUNMASININ ÜÇ TEMEL İLKESİ AŞAĞIDA VERİLMİŞTİR

ZAMAN	UZAKLIK	KORUYUCU ENGEL
		
Radyasyon kaynağı yakınında nekadar kısa süreli kalınırsa maruz kalınan radyasyon dozu da aynı oranda az olur	Radyasyon kaynağına olan uzaklığa bağlı olarak maruz kalınan radyasyon dozu da uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır.	Zaman ve uzaklık ilkelerinin yanısıra veya gerektiğinde uygun koruyucu engel arkasında bulunarak radyasyon dozuna maruz kalınması enaz düzeye indirilir veya engellenir.

HERHANGİ BİR ŞEKİLDE RADYOKATİF MADDELER VEYA BUNLARI BULUNDURAN CİHAZ/ KORUMA KAPLARI İLE KARŞILMASI DURUMUNDA YAPILACAK İŞLEMLER AŞAĞIDA VERİLMİŞTİR.

1. OLAY İVEDİLİKLE İLGİLİ KURULUŞA (TAEK) VE GÜVENLİK KURULUŞLARINA (POLİS, JANDARMA) HABER VERİLİR. OLAY YERİ VE DURUMU HAKKINDA BİLGİ AKIŞI SAĞLANIR.

2. OLAY NEDENİ MALZEMELERE ÇIPLAK ELLE DOKUNULMAZ.

3. OLAY BÖLGESİ GÜVENLİK ŞERİDİ İLE (EN AZ 10 m) ÇEVRİLİR VE GİRİŞLER ENGELLENİR.

4. EN YAKIN KURULUŞTAN (İL SİVİL SAVUNMA MÜDÜRLÜĞÜ, ASKERİ BİRLİKLER, SAĞLIK KURULUŞLARI, ÜNİVERSİTELER V.B) RADYASYON ÖLÇÜM ALETİ SAĞLANMAYA ÇALIŞILIR

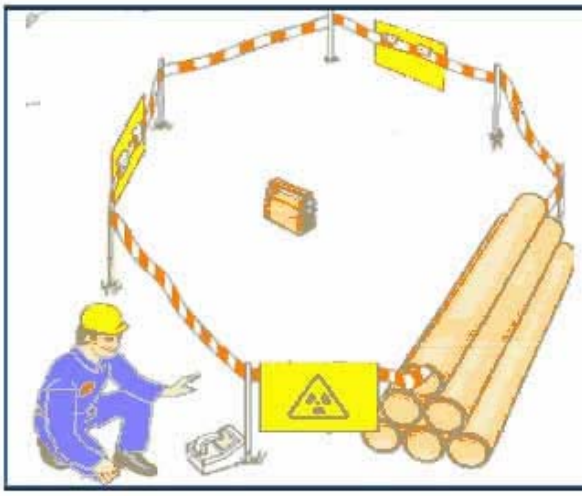
5. RADYASYON ÖLÇÜM ALETİ SAĞLANMASI DURUMUNDA ÇEVRİLEN GÜVENLİK ŞERİDİ DOZ ŞİDDETLERİ KONTROL EDİLİR VE 1 µSv/saat (0,1 mR/saat) DEĞERİ ESAS ALINIR.

6. RADYASYON ÖLÇÜM ALETİ SAĞLANAMAMASI DURUMUNDA MEVCUT GÜVENLİK ŞERİDİ İÇERİSİNE GİRİŞLERİN KONTROL ALTINDA TUTULMASINA DEVAM EDİLİR.

7. OLAY NEDENİ MALZEME CİVARINDA ÇOK KISA SÜRELERDE BULUNULARAK RADYOAKTİF MADDE İŞARETİ, ETİKET VEYA PLAKA GİBİ BİLGİ SAHİBİ OLUNABİLECEK KANITLAR ARAŞTIRILIR.

8. KANIT BULUNMASI DURUMUNDA İVEDİLİKLE TAEK' E BİLGİ AKIŞI SAĞLANIR

9. TAEK' LE YAPILAN GÖRÜŞME PARALELİNDE OLAY NEDENİ MALZEME TAEK'E GÖNDERİLİR VEYA TAEK UZMANLARI OLAY YERİNE ULAŞINCAYA KADAR GÜVENLİĞİN DEVAMI SAĞLANIR.



Güvenlik şeridi dışında doz şiddeti

1 µSv/saat (0,1mR/saat) olacaktır.