

# RADYASYONDAN KORUNMA

---

**Radyofizik Uzm.YÜCEL SAĞLAM**

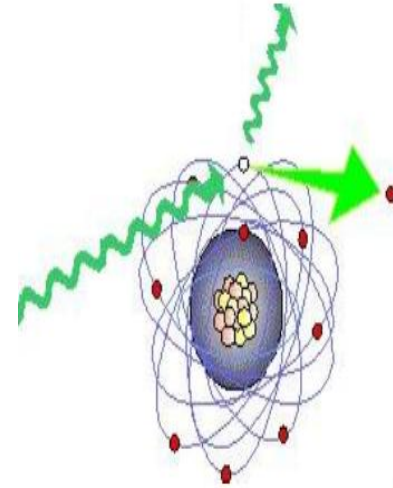
**VKV Amerikan Hastanesi**

# Sunum İçeriği

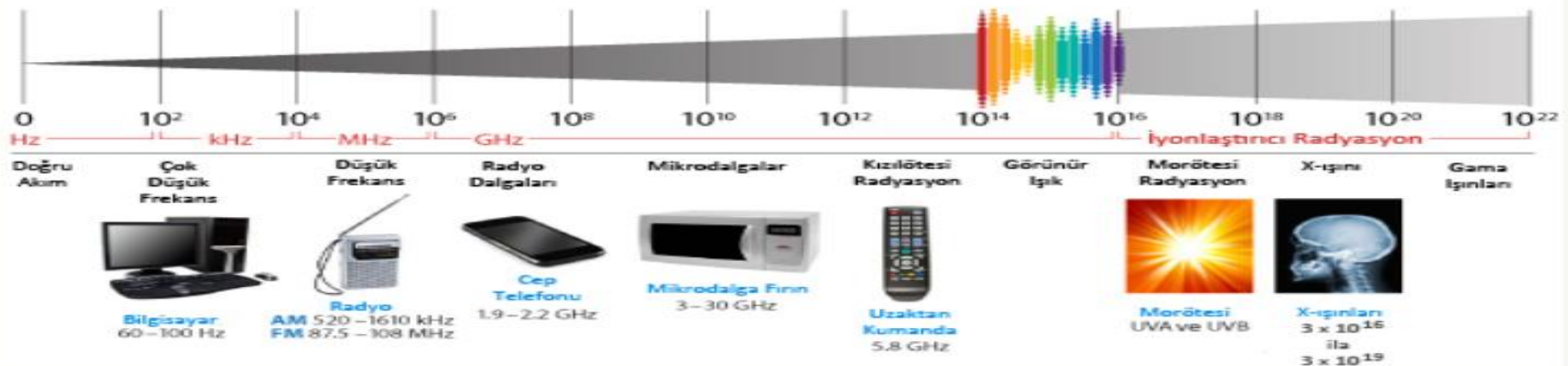
- **Radyasyon birimleri**
- **Radyasyonun biyolojik etkileri**
- **Radyasyondan Korunmada Prensipleri**
- **Doz sınırlamaları**
- **Radyoterapide Radyasyondan Korunma**

# Radyasyon

- Tanısal ya da Radyoterapide elektromanyetik iyonizan radyasyon kullanılır.
- Temel olarak X-ışını fotonlarının her biri etkileşime girdikleri atomdan bir elektron koparacak enerji düzeyine sahip oldukları için "iyonizan radyasyon" sınıfındadır.



Frekans (Hz)



# Radyasyon Birimleri

| Radyasyon niceliği                      | Konvansiyonel birim                                | S.I. birim                            | Aralarındaki ilişki                                                                   |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Işınlama Dozu<br>(Havadaki iyonizasyon) | Roentgen<br>$2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$     | NA (Air Kerma)<br>Coulomb/kg          | $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$<br>$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ |
| Soğrulan Doz<br>(Depolanan enerji)      | Rad<br>$10^{-2} \text{ Joule/kg}$                  | Gray<br>Joule/kg                      | $1 \text{ Rad} = 1 \text{ cGy}$<br>$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$                   |
| Doz Eşdeğeri<br>(Biyolojik etki)        | Rem =<br>$\text{Rad} \times W_R$                   | Sievert<br>$\text{Gy} \times W_R$     | $1 \text{ Rem} = 0,01 \text{ Sv}$<br>$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$                 |
| Radyoaktivite                           | Curie (Ci)<br>$3.7 \times 10^{10} \text{ sn}^{-1}$ | Becquerel (Bq)<br>$1 \text{ sn}^{-1}$ | $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$<br>$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$     |



W.C. Roentgen



L.H. Gray



R. Sievert



H. Becquerel



M. Curie

# Ağırlık Faktörleri

| Radyasyon Tipi                  | Radyasyon ağırlık faktörü ( $W_R$ ) |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| X ve $\gamma$ ışınları          | 1                                   |
| Elektron ve $\beta$ parçacıklar | 1                                   |
| Proton                          | 2                                   |
| Nötron (enerji bağımlı)         | 2-20                                |
| $\alpha$ ve diğer parçacıklar   | 20                                  |

$$1 \text{ Rad} = 1 \text{ Rem}$$

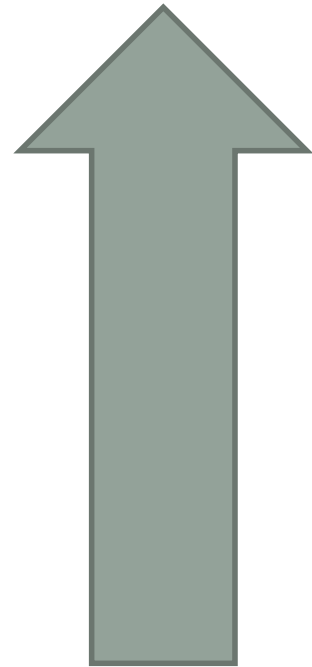
$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$$

| Doku tipi                                          | Doku ağırlık faktörü ( $W_T$ ) |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| Kİ, kolon, AC, mide, meme, diğer (13 organ / doku) | 0,12                           |
| Gonadlar                                           | 0,08                           |
| Mesane, özefagus, tiroid, KC                       | 0,04                           |
| Kemik yüzey, deri, beyin, tükürük bezleri          | 0,01                           |

# HÜCRELERİN RADYASYONA KARŞI DUYARLILIĞI

**Bölünen hücreler radyasyona karşı daha duyarlıdır.**

- Beyaz kan hücreleri (Lenfositler)
- Kırmızı kan hücreleri (Erik rositler) Sindirim sistemi hücreleri
- Üreme organı hücreleri
- Cilt hücreleri
- Kan damarları
- Doku hücreleri (Kemik ve Sinir Sistemi)



# Doz ilişkisi

## Soğrulan Doz

- Cismin 1 kg'ında radyasyonca depolanan enerji

## Eşdeğer Doz

- Değişik radyasyonların farklı zararlı etkileri
- Radyasyon ağırlık faktörü ( $W_R$ )

## Efektif Doz

- Değişik dokuların farklı duyarlılıkları
- Doku/organ ağırlık faktörü ( $W_T$ )

# Radyasyonun Hücre ile Etkileşmesi

1

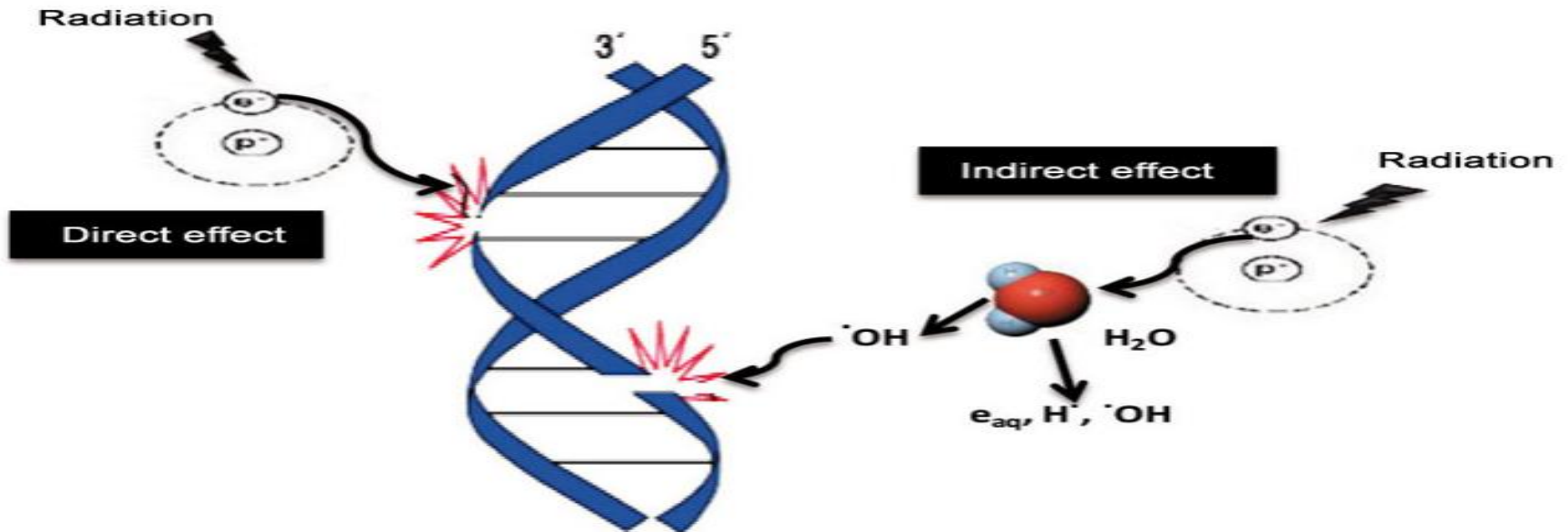
2

3

Hücre tarafından  
soğurulması

Hedef moleküllerde  
iyonlaşma ve uyarılma

DNA kırılma veya  
hasar



# Radyasyonun Hücre ile Etkileşmesi

## *DNA* **Kırılmadan sonra**

**Letal hasar:** onarılamayacak kadar büyük olup, hücreyi hemen ölüme götürür.

**Subletal hasar:** bir sonraki bölünmede ya da olumsuz ortam koşullarının devamı halinde gelişebilir ve uygun koşullarda onarılması mümkündür.

# Biyolojik etkinin ortaya çıkması

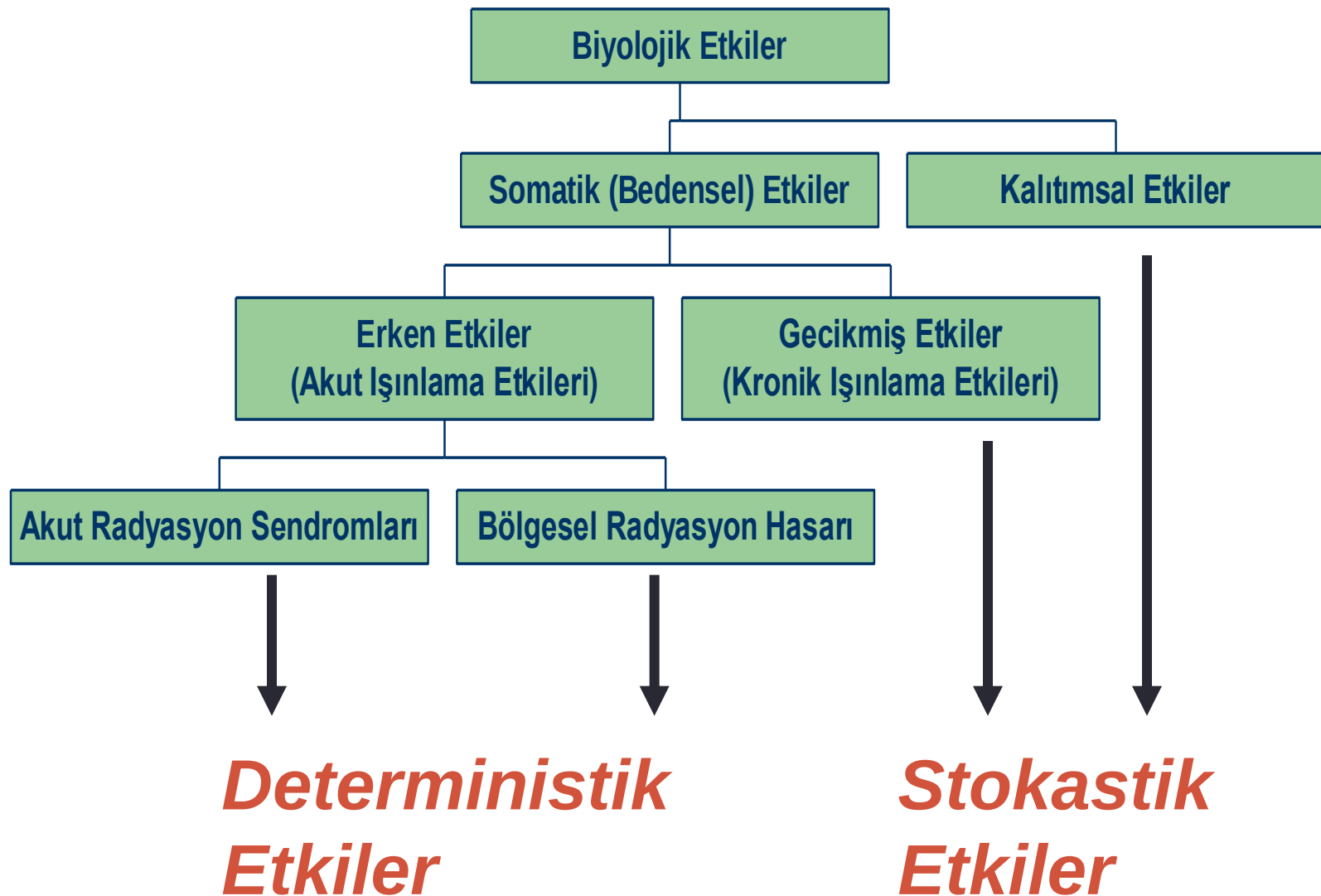
Radyasyonun absorblanmasından sonra:

- Fiziksel evre , $10^{-13}$  sn
- Fiziko-kimyasal evre,  $10^{-10}$  sn
- Kimyasal evre, $10^{-6}$  sn
- **Biyolojik evre, 1 sn ile 40 sene**

# Biyolojik Evre (1 sn ile 40 sene)

## Hücrede biyolojik etkiler nelere bağlı

- Radyasyonun dozuna
- Dozun verilme hızına
- Radyasyonun türüne
- Radyasyonun enerjisine
- Dozun dokularda dağılımına
- Dokuların ışınlanmaya karşı duyarlılığına



# BİYOLOJİK ETKİLERİN SINIFLANDIRILMASI

- **Somatik (Bedensel) Etkiler:**

Doğrudan maruz kalmış kişinin kendi bedeninde meydana gelecek etkiler

- **Kalıtımsal Etkiler:**

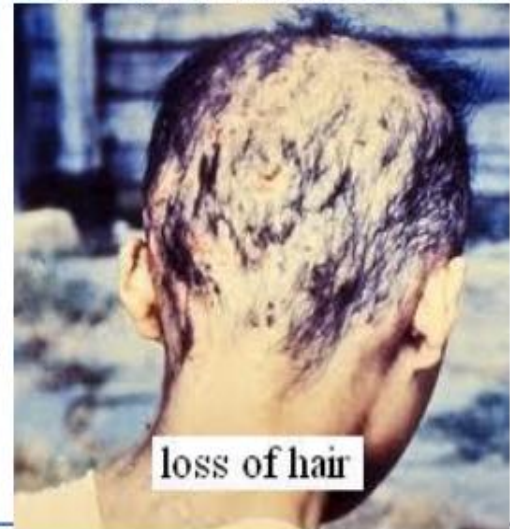
Işınlamaya doğrudan maruz kalmış kişinin kendi bedeninde değil de gelecek nesillerde meydana gelecek etkilerdir

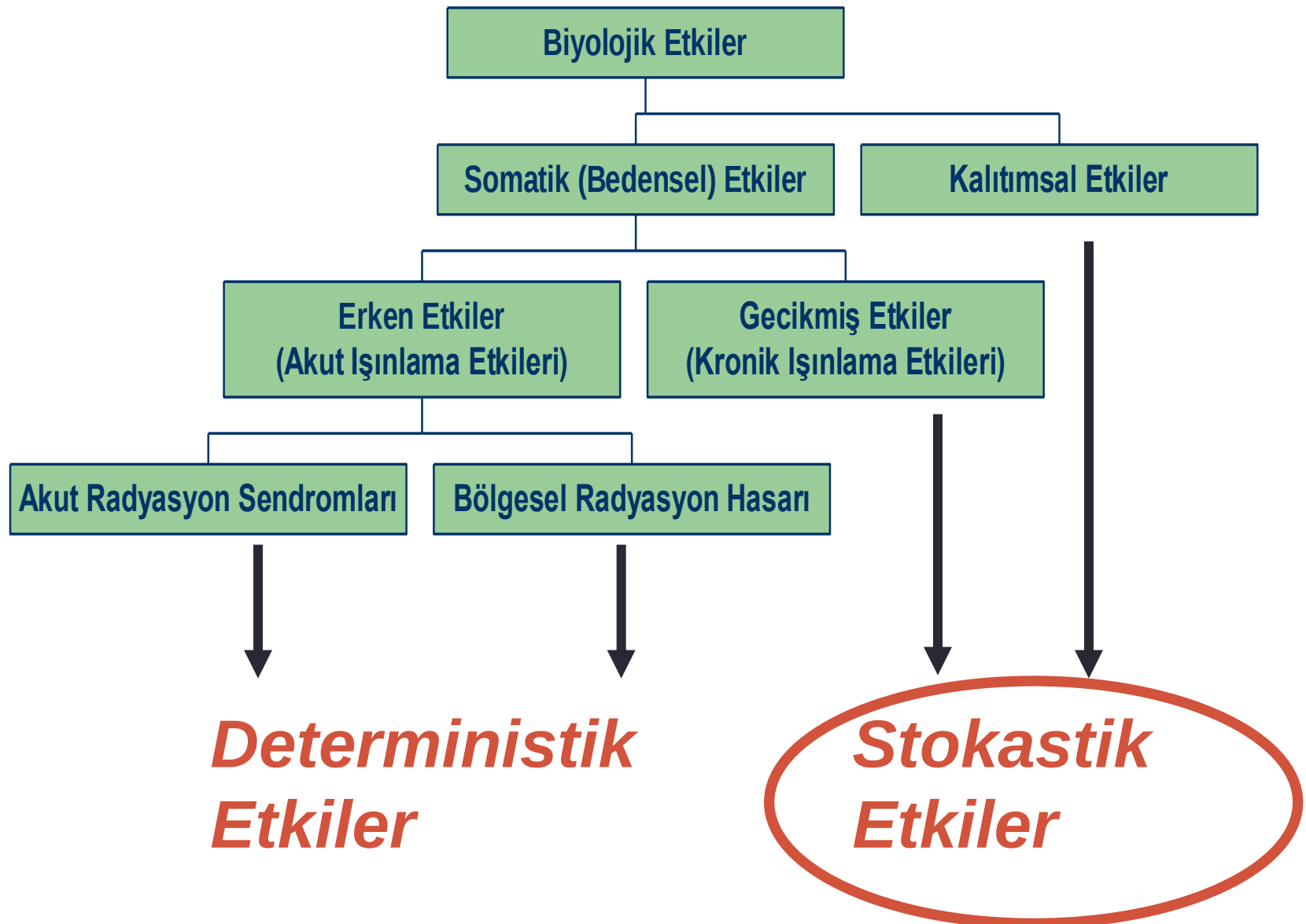


# DETERMİNİSTİK ETKİLER

- Doku veya organda fonksiyon kaybına neden olacak sayıda hücrenin ölümüyle ortaya çıkar
- Doz-sonuç ilişkisi
- Ölüm, cilt yanıkları, kısırlılık, katarakt vb. gibi
- Eşik değer üzerinde görülme olasılığı **%100**

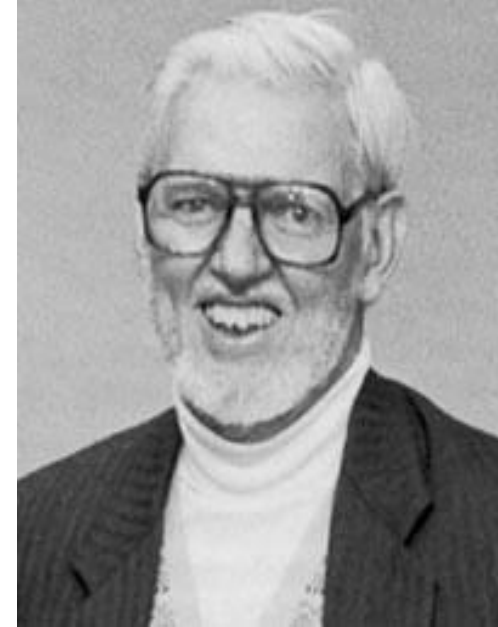
# DETERMINİSTİK ETKİLER





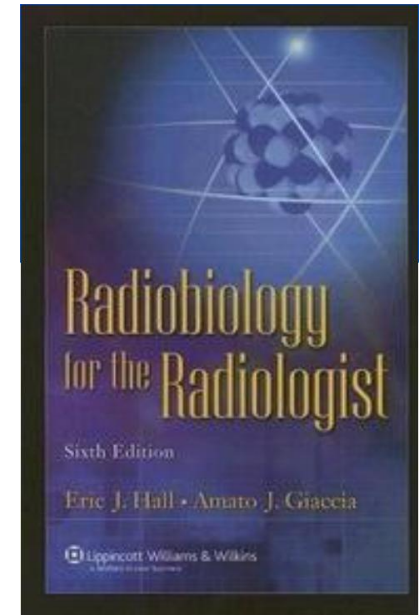
# Eşikli Model

- John Cameron (Medikal Fizikçi, TLD dozimetri mucidi)
- Tanısal X-ışınlarının bir zararı yoktur.
- Tanısal radyolojinin (50mGy) insanlarda kanser riskini arttırdığını direkt olarak gösteren hiçbir epidemiyolojik çalışma yoktur.
- Nükleer işçiler diğer işçilerden daha sağlıklıdır.
- Yüksek doğal radyoaktiviteye sahip alanlarda daha az kanser var.
- **Health Physics Society(1996):** 10 Rad altında radyasyonun etkisi saplanmayacak kadar küçüktür.



# Eşiksiz Model

- Eric J. Hall (Radyobiolog ve Medikal Fizikçi)
- Her türlü iyonizan radyasyon, dozu ne olursa olsun kansere neden olabilir.
- Lineer-eşiksiz teori
- 50 mGy altında riskin arttığının gösterilmemesi olmadığı anlamına gelmez ve bu toplum sağlığı açısından göze alınabilir bir risk değildir.



# STOKASTİK (RASLANTISAL) ETKİLER

- Hücredeki hasarın (DNA) onarılmadan kişinin kendisinde veya üreme hücrelerinde meydana gelmesi halinde gelecek kuşaklarda ortaya çıkma olasılığı
- Değişken, raslantısal
- Genetik etkileri ve kanser gelişimi gibi
- Eşik değer yok

# Biyolojik Etkiler

## Deterministik Etkiler

- Eşik değer var
- Ölüm, cilt yanıkları
- Katarakt, kısırlık

## Stokastik Etkiler

- Eşik değer yok
- Kanser
- Genetik etkiler

# Radyasyondan Korunmada

- Her düzeyde **iyonizan radyasyon zararlı**
- Hiçbir riskin olmadığı bir eşik değerinin varlığını gösteren bilimsel veri yok.
- Praktikte yapılabilen makul en az dozun verilmesi gerekli
- As Low As Reasonably Achievable (**ALARA**)
- **Hangi doz "makul" ?**



# Radyasyondan Korunmada

- **Ana Fikir :**

Tolere edilebilen dozları bilmek ve radyasyon çalışanları ile çevre halkının bunun üstünde doz almasını önlemektir.

- **Amaç :**

- Doku hasarına sebep olan **deterministik etkileri önlemek**
- **Stokastik** etkilerin meydana gelme **olasılıklarını** sınırlamaktır

# Radyasyondan Korunmada Temel Prensipler

Doğal radyasyonlardan tamamen korunmak olanaksız

Yapay radyasyondan büyük oranda korunmak mümkün

# Yapay radyasyon Işınlama Çeşitleri

- **Tıbbi Işınlama:** Tanı veya tedavinin bir parçası olarak ışınlama
- **Mesleki ışınlama:** Radyasyon çalışanlarının maruz kaldıkları ışınlama
- **Halk ışınlaması:** Tıbbi ve mesleki ışınlamalar dışındaki ışınlama

# Radyasyondan Korunmada Temel Prensipler

**Radyasyon korunmada;**

- **ICRP 60**
- **IAEA “Temel Güvenlik Standartları” BSS-115**

Radyasyon korunması için **üç temel ilke** önerilmiştir.

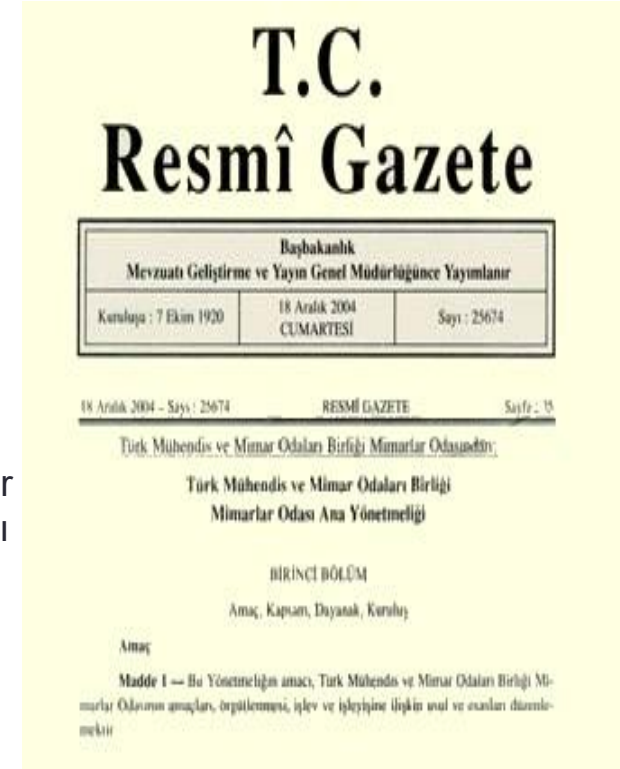
# İYONİZAN RADYASYONDAN KORUNMA

Resmi Gazete Tarihi: 24.3.2000 Resmi Gazete  
Sayısı: 23999

## İKİNCİ KISIM

(Değişik ibare:RG-3/6/2010-27600) Radyasyondan Korunmada  
Temel Güvenlik Standartları

- **Madde 7 –a) Uygulamaların Gerekliliği:** Işınlanmanın zararlı sonuçları göz önünde bulundurularak, net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilemez.
- **Madde 7 –b) Optimizasyon:** Radyasyona maruz kalmaya sebep olan uygulamalarda, olası tüm ışınlamalar için bireysel dozların büyüklüğü, ışınlanacak kişilerin sayısı, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanır.
- **Madde 7 –c) Doz Sınırlaması:** Tıbbi ışınlamalar hariç, izin verilen tüm ışınlamaların neden olduğu ilgili organ veya dokudaki eşdeğer doz ve etkin doz, bu Yönetmeliğin 10 uncu maddesinde belirtilen yıllık doz sınırlarını aşamaz.



# Radyasyondan Korunmada Temel Prensipler

**1** Gereklilik (Justification)

**2** Optimizasyon (ALARA)

As Low As Reasonable Achievable

**3** Doz sınırları

# 1 Gereklilik (Justification)

## ***KAR – ZARAR dengesi***

- Net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulaması yapılamaz
- Uygulamanın Gerekçelendirilmesi:
  - Alternatif tüm uygulamaların yararları ve riskleri tartışılmalı
  - Değerlendirme deneyime, mesleki karara ve sağduyuya dayalı
- Aynı amaca radyasyon içermeyen diğer teknikler kullanılarak ulaşıyor mu?
- Radyoterapinin ikincil kanser riski sorgulanmalı
- Hamilelerin tıbbi ışınlanma kararı çok dikkatli verilmeli

## 2 Optimizasyon

***ALARA*** nedir?

- En düşük radyasyon dozunun kullanılması
- Hasta dozunun azaltılması
- Personel dozunun azaltılması
- Halkın alacağı dozun azaltılması

## 3 Doz Sınırları

- Kişilerin ve gelecek nesillerin kabul edilemeyecek bir risk altına girmesini engelleyecek olan yaptırımdır.
- Optimizasyon ilkesini yerine getirmek koşuluyla zorunlu yaptırımlar olup, maliyet gözetmeksizin uygulanacak değerlerdir.
- Kanser ve kalıtsal hasarlar gibi olasılığa bağlı etkilerin ortaya çıkışını kontrol altına almak için belirlenmiştir.

### 3 Doz Sınırları (Maksimum dozlar)

|                                 |           | Radyasyon Çalışanı           | Halk                       |
|---------------------------------|-----------|------------------------------|----------------------------|
| Yıllık Etkin Doz<br>(tüm vücut) |           | 20 mSv (5 yıl ort)<br>50 mSv | 1 mSv (5 yıl ort)<br>5 mSv |
| Yıllık Eşdeğer Doz              | Göz       | 150 mSv                      | 15 mSv                     |
|                                 | Cilt      | 500 mSv                      | 50 mSv                     |
|                                 | Kol-Bacak | 500 mSv                      | 50 mSv                     |

### 3 Doz Sınırları

Eğitim amaçlı olmak koşulu ile **16-18 yaş** arasındaki **stajyer ve öğrenciler** için:

- Etkin doz herhangi bir yılda 6 mSv ( tüm vücut)
- Göz merceği için 50 mSv
- Eller, ayaklar ve cilt için yıllık 150 mSv
- **18 yaşından küçükler** radyasyon görevlisi olarak çalıştırılmazlar.

# PERSONEL MONITORING

## Film Dozimetreleri

- Film tabanlı
- 20mR > altını ölçmez
- Stabilitesi < 1 ay



## TLD Dozimetreleri

- Lüminesans tabanlı
- 5mR< üstünü ölçer
- Stabilitesi > 3 ay



# Radyasyon ne kadar zararlı ?

| 1/1.000.000 ölüm riski             |
|------------------------------------|
| NT laboratuvarında 10 gün çalışmak |
| 1.4 adet sigara içmek              |
| Kirli havada 2 gün geçirmek        |
| 480 km araba yolculuğu             |
| 1600 km uçak yolculuğu             |
| 2 ay pasif sigara içiciliği        |
| 30 kutu diyet soda içmek           |

|                   | Ölüm/10.000/yıl |
|-------------------|-----------------|
| Sigara            | 30              |
| Maden             | 6               |
| İnşaat            | 3,9             |
| Kardiyak kateter. | 3,3             |
| Araba (1 yıl)     | 2,4             |
| Rafting           | 0,5             |
| AP Lomber grafi   | 0,06            |
| PA AC grafisi     | 0.02            |



# Radyasyondan Korunmada Temel Yöntemler:

**1**

## **ZAMAN**

- Mümkün olan en az süre

**2**

## **UZAKLIK**

- Mümkün olan en uzak mesafe

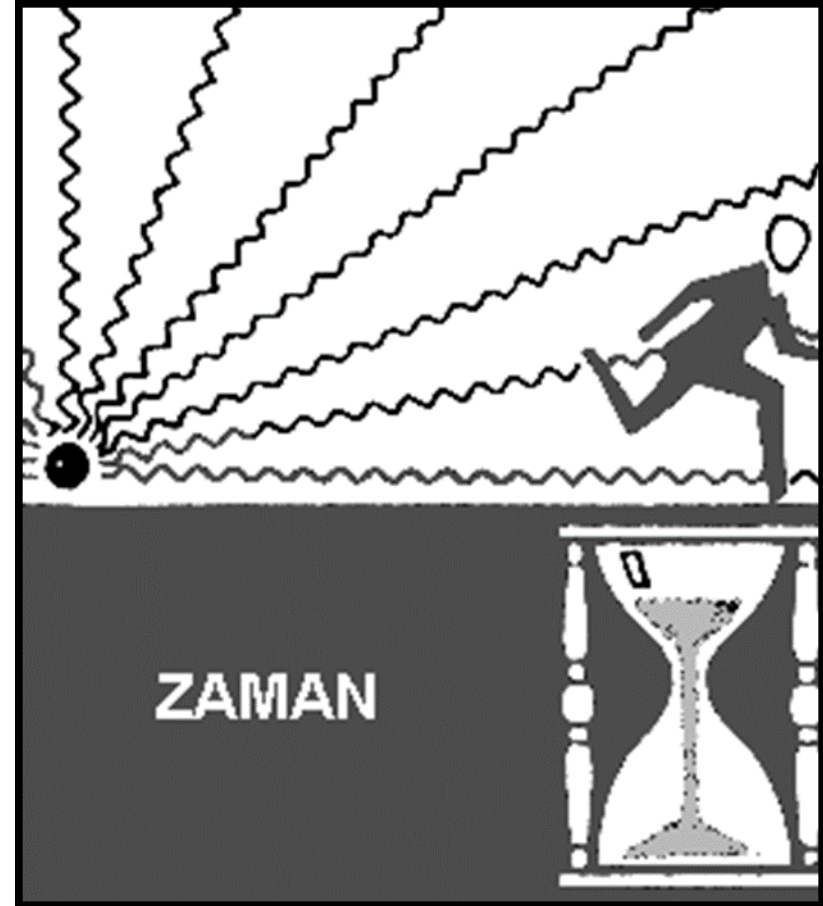
**3**

## **ZIRHLAMA**

- Arada bir engel / paravan

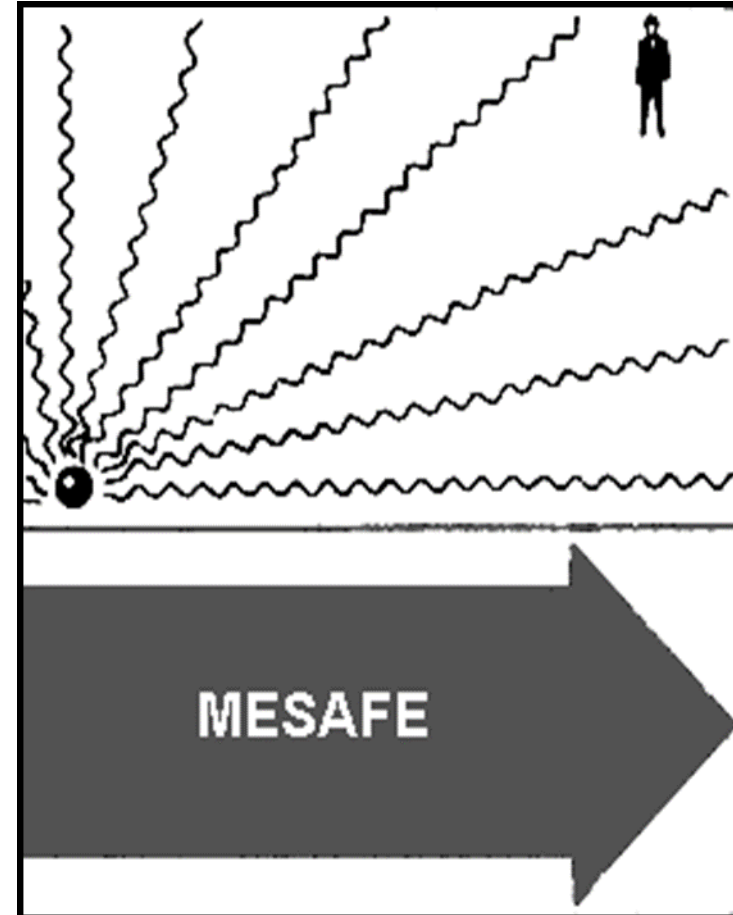
# 1 ZAMAN

- Süre ne kadar azalırsa alınan dozda o kadar azalır
- **Doz (Doz Şiddeti) x (Zaman)**
- 50 mSv/saat radyasyon dozunu  
1 saatte 50 mSv,  
2 saatte 100 mSv,  
3 saatte 150 mSv, vs.



## 2 UZAKLIK

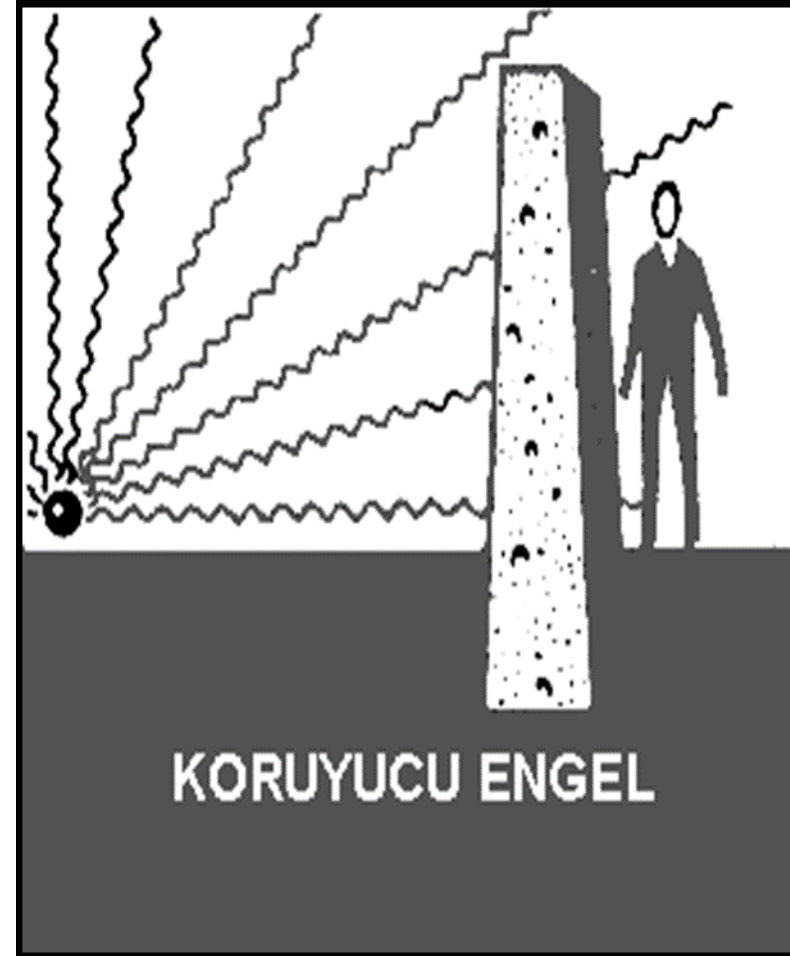
- Radyasyon kaynağından uzaklaşarak maruz kalınabilecek doz miktarı azaltılabilir.
- Radyasyon kaynağından uzaklaştıkça radyasyonun şiddeti azalır.
- Doz hızı **mesafenin karesi ile ters orantılı** olarak azalır



## 3

**ZIRHLAMA**

- Radyasyon kaynağının şiddetini zayıflatmak için önüne konan veya onu çevreleyen engel
- Yüksek yoğunluklu malzemeler özellikle X ve gama ışınlarına karşı etkili

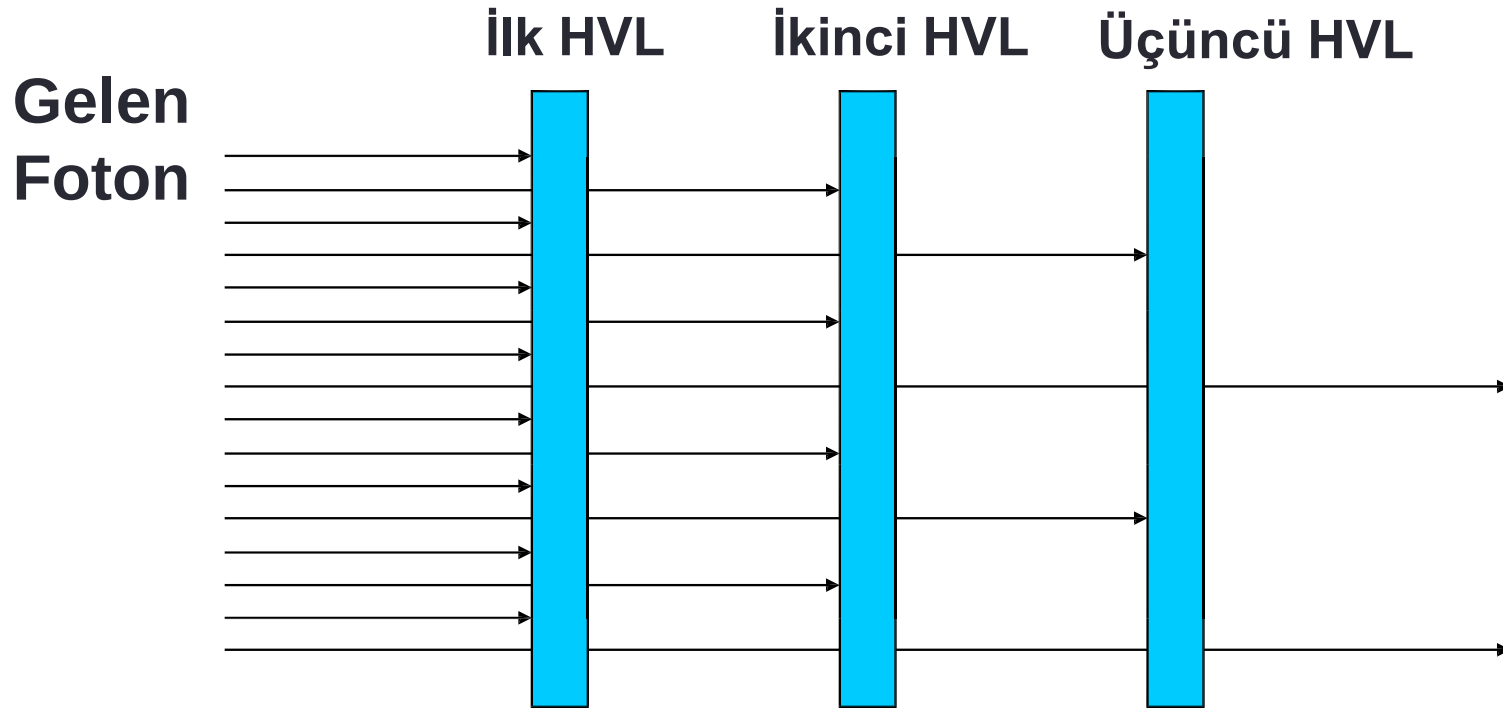


## 3

**ZIRHLAMA**

- Radyasyon şiddetini yarıya indiren kalınlığa yarı değer (**half value layer-HVL**) “yarı değer kalınlığı” denir.
- Onda bire indiren kalınlığa onuncu değer veya “onda bir değer kalınlığı” ( **tent value layer-TVL**) denir.

# Yarı Değer Kalınlığı (Half Value Layer-HVL)



## 3

**ZIRHLAMA**

|                |       | Radyoaktif Kaynak |        |       |        |       |
|----------------|-------|-------------------|--------|-------|--------|-------|
|                | Co-60 |                   | Ir-192 |       | Cs-137 |       |
| Zırh Malzemesi | HVL   | THL               | HVL    | THL   | HVL    | THL   |
| Kurşun (cm)    | 1,24  | 4,11              | 0,48   | 1,62  | 0,63   | 2,13  |
| Beton (cm)     | 6,60  | 21,84             | 4,82   | 15,74 | 5,33   | 18,03 |

# ***ZIRHLAMA dışında KORUNMA***

## **Radyolojide;**

- kurşundan önlükler
- tiroid koruma önlüğü
- kurşun eldiven
- kurşun camlı gözlükler



## **Nükleer Tıp;**

- atıklar için kurşun kova
- maddeler için kurşun şişeler
- kurşun enjektör gibi malzemeler
- kurşun camlı paravan



# Radyoterapide Radyasyondan Korunma

- **Aktif önlem kullanılmaz**

- Kurşun önlük, kurşun camlı gözlük gibi personel dozu azaltma gereçleri kullanılmaz

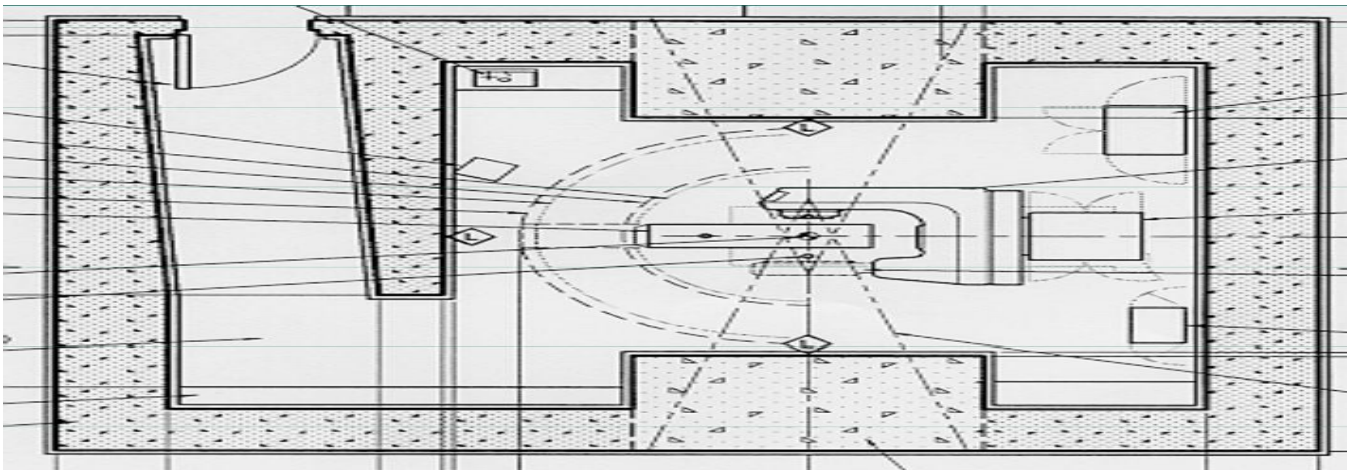
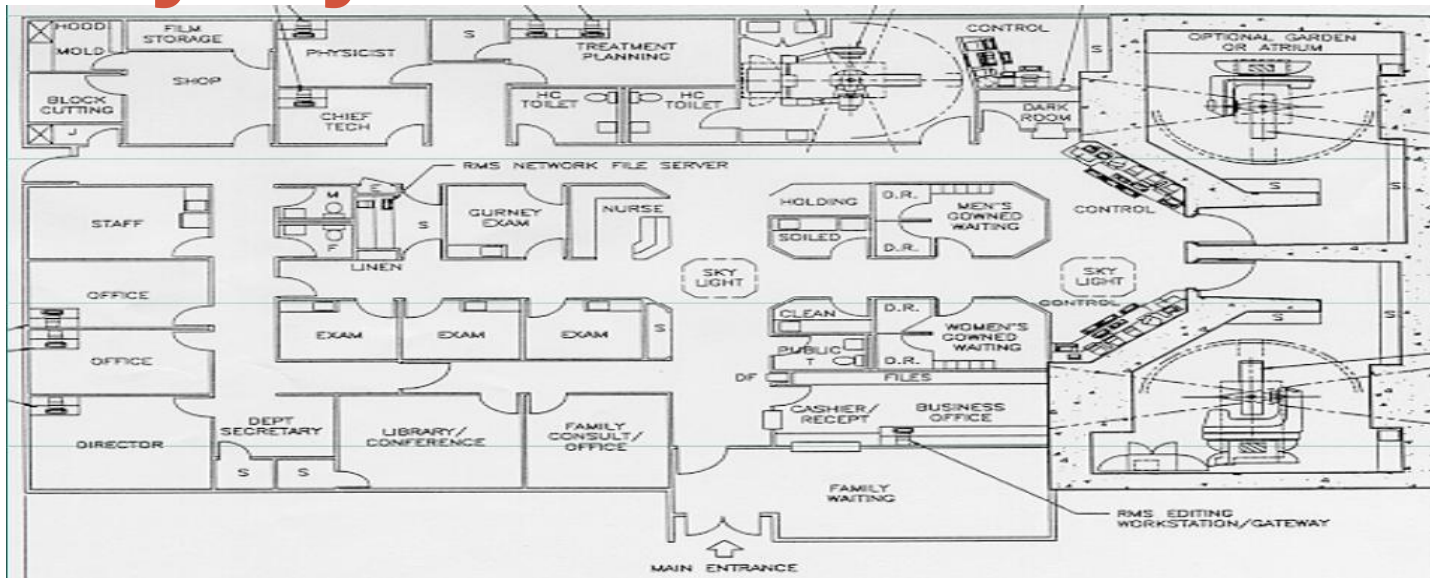
- **Pasif önlem kullanılır**

- Tedavi cihazlarının konulacağı odaların zırhlanması personel dozunun düşürülmesini sağlar

# Radyoterapide Radyasyondan Korunma

- Cihazın oda içindeki konumuna göre **zırhlama kalınlıkları** belirlenir.
- Bütün duvarların **aynı kalınlıkta** olması gerekmez.
  - Primer ışın yönü, maksimum alanın açıklığı ve duvara olan mesafe
  - Çevre odaların konumu ve kullanılabilirliği
- **Özel kapı**
  - Parafin + Pb destekli
- Proje **TAEK** tarafından onaylanır.
- **Sızıntı ölçümü** **TAEK** tarafından ölçülerek onaylanır.

# Radyoterapide Radyasyondan Korunma



# Brakiterapide Radyasyondan Korunma

- Eksternal radyoterapide söz edilen tüm kurallar geçerli
  - (zırhlama, cihazların kontr. vb. gibi)
- Remote After Loading High Dose Rate Brakiterapi (HDR)
- Brakiterapide, radyasyondan korunmada iki potansiyel tehlike durumu
  - Radyasyona maruz kalınması
  - Radyoaktif kaynakların kaybolması



# Brakiterapide Radyasyondan Korunma

- Kullanılmadığı zamanlar **mutlaka kilitli** tutulmalı
- Hasta tedavisini zırhlanmış odada alırken, personel dışarıdan **kamera ve sesli sistemle** hasta izler
- Brakiterapi oda girişinde mutlaka **alan dozimetresi** olmalı



# Radyoterapide Radyasyon !!!!



| Yıllara Göre Ortalama Etkin Dozlar | Radyoloji | Nükleer Tıp | Radyoterapi |
|------------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| 1995                               | 0,77      | 0,61        | 0,26        |
| 1996                               | 0,50      | 0,56        | 0,04        |
| 1997                               | 0,79      | 0,80        | 0,15        |
| 1998                               | 0,75      | 0,54        | 0,07        |
| 1999                               | 0,44      | 0,43        | 0,06        |

| Tanısal Radyolojide Yıllık Doz Dağılımı Yüzdeleri |             |           |            |             |             |             |                  |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| 0,1 mSv'den küçük                                 | 0,1 - 1 mSv | 1 - 5 mSv | 5 - 10 mSv | 10 - 15 mSv | 15 - 20 mSv | 20 - 30 mSv | 30 mSv'den büyük |
| % 70                                              | % 17        | % 12      | % 0,7      | % 0,025     | % 0,025     | % 0,05      | % 0,025          |

**Teşekkürler**