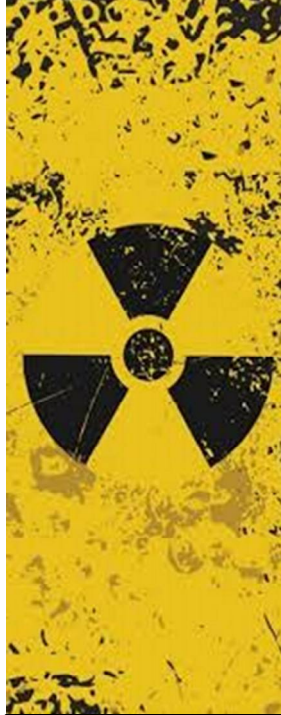


# RADYASYON ve RADYASYONDAN KORUNMA

Cansu Akbay  
Biyomedikal Yük. Mühendisi  
Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Őubesi

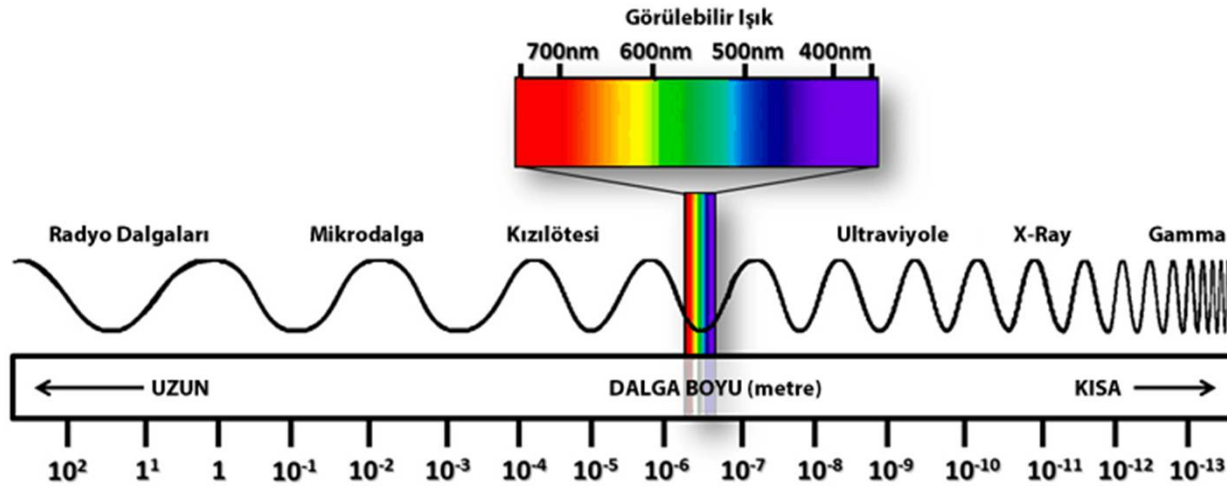


**Radyasyon:** Dalga veya parçacık şeklinde uzayda enerji yayılımı

## RADYASYON

İyonlaştırıcı Radyasyon  
( $\lambda < 10\text{nm}$ )

İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon  
( $\lambda > 10\text{nm}$ )



# İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

## Yüklü Parçacıklar

- Elektron e-
- Pozitron
- Proton
- Alfa parçacıkları
- Beta Parçacıkları
- Döteryum
- Mezon
- Ağır iyonlar

## Fotonlar

- X ışınları
- Gama ışınları

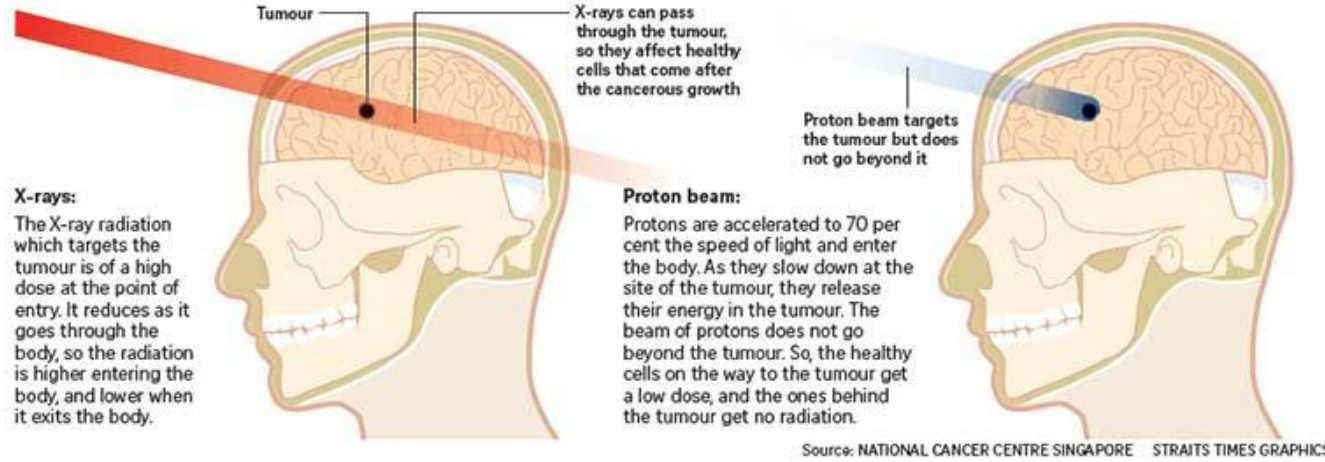
Kütleleri yok  
Elektriksel yük taşımazlar  
Boşlukta ışık hızıyla  
yayırlılar

## Yüksüz Parçacıklar

- Nötron

# PROTON TEDAVİSİ

## X-rays versus proton beam for brain tumour treatment



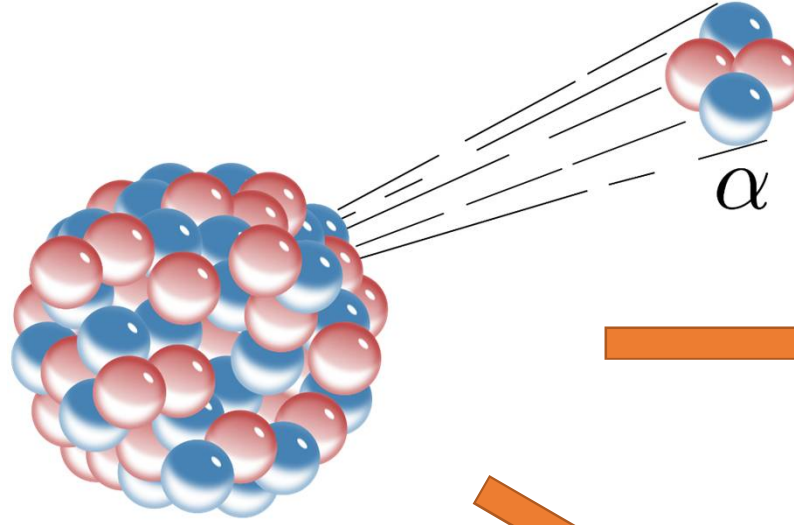
Hidrojen atomunun çekirdeğinde bulunan ve proton adı verilen pozitif yüklü elementer parçacıklara dayanır, bunlar elektronlardan çok fazla olan belirli bir ağırlığa sahiptir.

Protonlar, hızları yaklaşık olarak ışık hızının yarısı olacak şekilde siklotronlarda hızlandırılır. Bu aynı zamanda onların 230 MeV 'a ulaşan ve tümörleri yaklaşık 30 cm derinliğe kadar etkileyen enerjilerini belirler.

Protonlar kuvvetli bir magnetik alan vasıtasıyla dar ışın demetleri (pencil beam – kalem ışın) biçiminde gönderilir ve 3 boyutlu (3D) görüntüleme sayesinde yüksek hassaslıkla malignan tümör üzerine transfer edilir.

Parçacıkların yavaşlaması esnasında tümörlü dokuda iyonizasyon ile birlikte enerji açığa çıkar ve etkilenen hücrenin DNA'sına hasar verilir. Şayet bu hasar yeterli derecede ise, hücre bölünmeyi durdurarak derhal ölür.

## ALFA PARÇACIKLARI



**Sismik Aygıtlar**  
Sr 90



### Kalp Pili Güç Kaynağı

Alfa radyasyonu kalp pilleri güçlendirmek için bir enerji kaynağı olarak kullanılır., Ancak, toksisiteleri, seyahat eden hastalarla ilgili zorluklar ve elden çıkarma sorunları nedeniyle artık kullanılmamaktadır..

**Pu 238** →yarı ömrü 88 yıl



### Duman Dedektörü

Alfa parçacığı hava molekülleri üzerine bombardman edildiğinde elektronları serbest hale getirir. Bu elektronlar bir elektrik akımı yaratır. Duman partikülleri bu akımı engelleyerek tetikleyici bir alarm oluştururlar.

**Am 241**

### Isı Jeneratörü

Isıyı elektrığe dönüştüren radyoizotop termoelektrik jeneratörlerin aksine, radyoizotop termik jeneratörler alfa bozulmalarından kaynaklanan ısıyı doğrudan kullanırlar. [Uzay araçları](#)



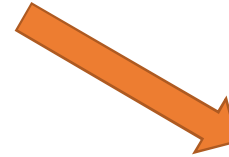
### Radyoterapi

Kanser hücreleriyle etkileşerek bu hücreleri yok etmek **Ra 226, Co 60**



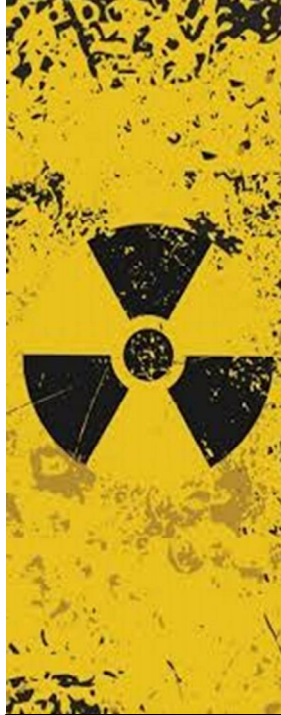
### Statik Elektrik Giderici

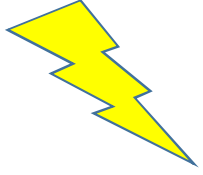
Alfa parçacığının pozitif yükü serbest elektronları çekerek statik elektriğin azalmasını sağlar. Özellikle kağıt fabrikaları **Po 210**



# RADYASYON DOZU

- ✓ Hedef kütle tarafından, belli bir sürede soğrulan veya alınan radyasyon miktarıdır.
- ✓ Radyasyon dozunun hedef kütlede meydana getireceđi etki,
  - radyasyonun çeşidine**
  - doz hızına**
  - bu doza **maruz kalma süresine** bağlıdır.
- ✓ İyonlaştırıcı radyasyonun zararlı biyolojik etkilerini belirleyebilmek için radyasyon dozunun bilinmesi gerekir.





Radyasyon kaynağı



**Işınlama:** Standart sıcaklık ve basınç altında X veya gama ışınlarının 1kg kuru hava kütesinde ürettiği elektriksel yük (iyon çifti )

**Röntgen(R)** →  $1R = \frac{2.5810^{14} C}{kg}$

**Soğurulan Doz:** Vücut dokusu içerisinde özel bir noktada soğurulan radyasyon enerjisinin miktarı

**Rad** → maddenin 1 gramına 100erg'lik enerji veren radyasyon miktarı

**Gy(Gray)** → maddenin 1 kilogramına 1joule'luk enerji veren radyasyon miktarı (SI birimi)

**Eşdeğer Doz:** Soğurulan dozun farklı radyasyonun verebileceği hasarlar için radyasyon ağırlık faktörü ile çarpılmış hali **Sv (Sievert)**

**Etkin Doz:** Eşdeğer dozun, farklı dokuların oluşabilecek hasara göre hassasiyeti için doku ağırlık faktörü ile çarpılmış hali **Sv(Sievert)**

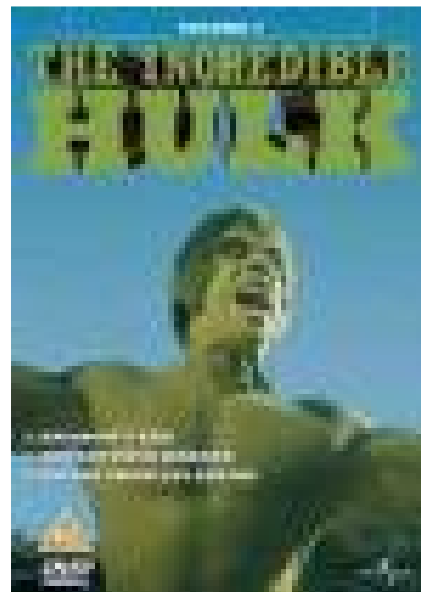
**Kümülatif Etkin Doz:** Tüm vücudun maruz aldığı toplam etkin doz **Sv(Sievert)**

**Q (Kalite faktörü-Radyasyon ağırlık faktörü )  
Değerleri**

<b>Radyasyon Türü</b>	<b>Q</b>
X ışınları, $\gamma$ ışınları, $\beta$ ışınları	1
Nötronlar ( $E < 10$ keV)	2-5
Nötronlar( $E=0.01$ MeV)	2.5-10
Nötronlar(0.1 MeV)	7.5-10
Nötronlar(0.5 MeV)	10-20
Nötronlar(0.1 -2 MeV)	20
Nötronlar(2- 20MeV)	5
<b>Nötronlar(genel)</b>	<b>10</b>
Yüksek enerjili protonlar, $\alpha$ parçacıkları, ağır yüklü çekirdekler	20

<b>Doku veya Organ</b>	<b>Doku Ağırlık Faktörü</b>
Üreme organları	0.20
Kırmızı kemik iliği	0.12
Kalın bağırsak	0.12
Akciğer	0.12
Mide	0.12
Mesane	0.05
Meme	0.05
Karaciğer	0.05
Özafagus	0.05
Tiroid	0.05
Cilt	0.01
Kemik yüzeyi	0.01
Kalanlar	0.05
<b>Toplam</b>	<b>1.00</b>





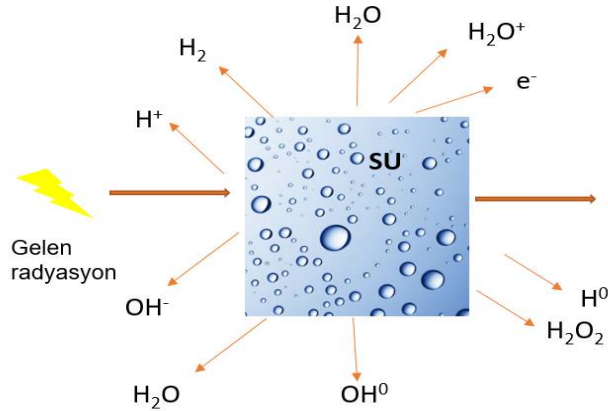
- Radiation does not give you super human powers

- Radiation will not make you glow in the dark

# RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

## • Radyasyon

- Vücut içinde enerji olarak depolanabilir
- DNA'ya zarar verebilir
- Vücut içinde iyonlaşmaya meydana getirebilir
  - Serbest radikallerin oluşumu



## RADYASYON

### DNA'NIN İYONİZASYONU

### DİĞER MOLEKÜLLERİN İYONİZASYONU, örn, H<sub>2</sub>O



### DNA'NIN OH RADİKALİYLE OKSİDASYONU

KİMYASAL YENİLEME

### ENZİMATİK ONARIM

ETKİSİZ

DNA'nın eski haline dönmesi

### DNA'DA KALICI HASAR

### BİYOLOJİK ETKİLER

#### 1. GENETİK ETKİLER

#### 2. BEDENSEL ETKİLER

Kanser, kısırlık

IŞINLAMA		
ETKİLER		
<b>BEDENSEL ETKİLER</b> Işınlanan bireylerde aşağıdaki etkilerden biri ortaya çıkabilir		<b>KALITSAL ETKİLER</b> Işınlanan bireylerde belirli bir etki görülmediği halde gelecek kuşaklarda ortaya çıkabilir.
<b>STOKASTİK</b> Işınlanan toplumda istatistiksel sıklıkla ortaya çıkan etkiler.	<b>DETERMINİSTİK</b> Işınlama bir eşik değerini geçtiğinde ortaya çıkan etkiler.	<b>STOKASTİK</b> Işınlanan bireylerin gelecek kuşaklarda ortaya çıkması olası etkiler Örnek: <b>gen mutasyonu</b>
Örnek: kanser olma	Örnek: katarakt	

# RADYASYONDAN KORUNMADA ÖNCÜ KURULUŞLAR



International Commission on Radiological Protection  
**Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi**

The United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation  
**Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi**



**IAEA**  
International Atomic Energy Agency

International Atomic Energy Agency  
**Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı**



International Commission on Radiation Units and  
Measurements  
**Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçümleri  
Komitesi**



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

# RADYASYONDAN KORUNMA

- ✓ **Net Fayda (Justifikasyon):** Kişilere veya topluluklara, radyasyon hasarlarına karşı net bir yarar sağlamayan radyasyon uygulamalarına izin verilmemelidir.
- ✓ **Optimizasyon:** Uygulamalarda net yararı maksimize etmek üzere ışınlanan kişilerin sayısı, bireysel dozun büyüklüğü, ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak mümkün olan en düşük dozun alınmasıdır.

**ALARA PRENSİBİ= Mümkün olan en düşük dozun alınmasının başarılması**

*as low as reasonably achievable*

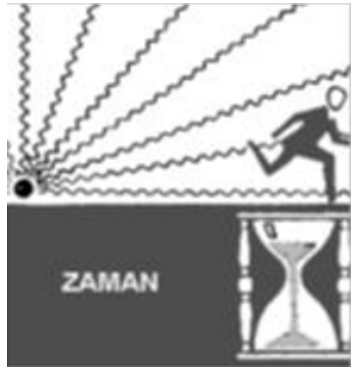


## DOZ AZALTMA TEKNİKLERİ:

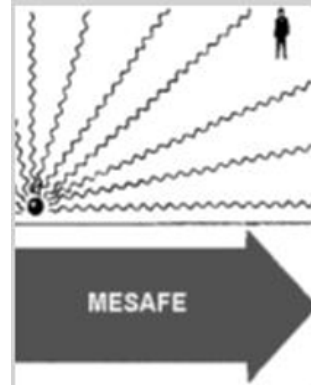
*Radyasyondan korunma parametreleri:*



Süre



Mesafe



Zırhlama



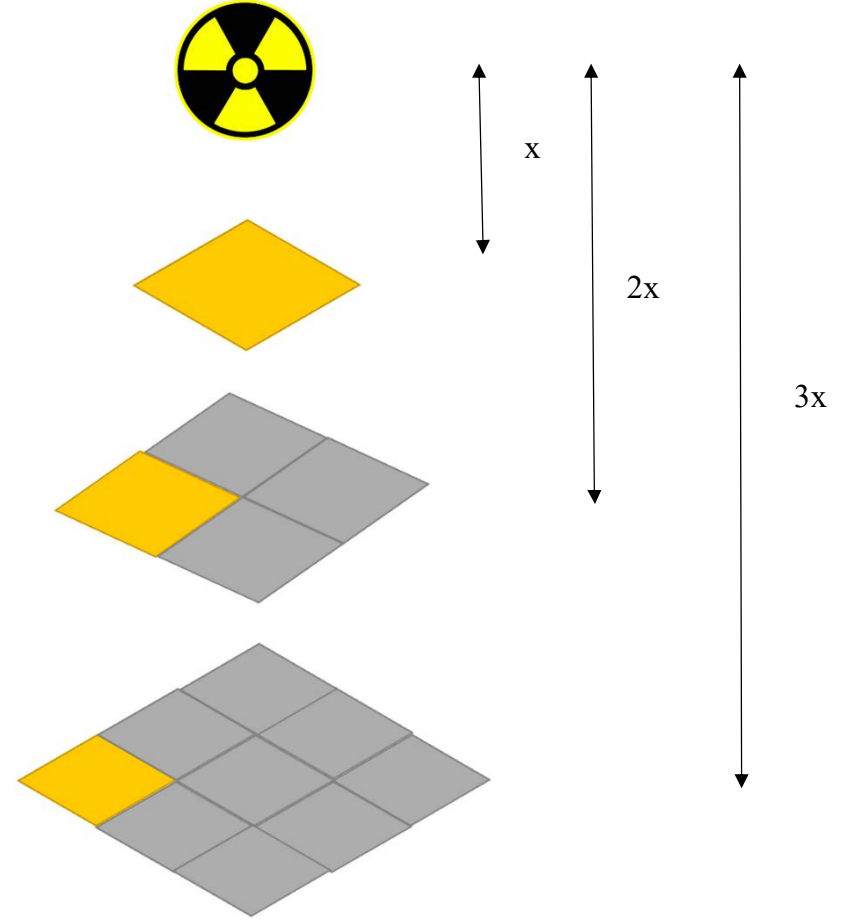
## SÜRE:

Toplam ışınlama süresi ne kadar fazla ise hasta ve çalışan dozu o kadar yüksek olur.



## MESAFE:

Doz uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak değişir. (*Ters kare yasası*)





## ZIRHLAMA:

Kullanılan radyasyon cihazının önünde bulunan zırh ne kadar fazla ise o kadar az doza maruz kalınır.

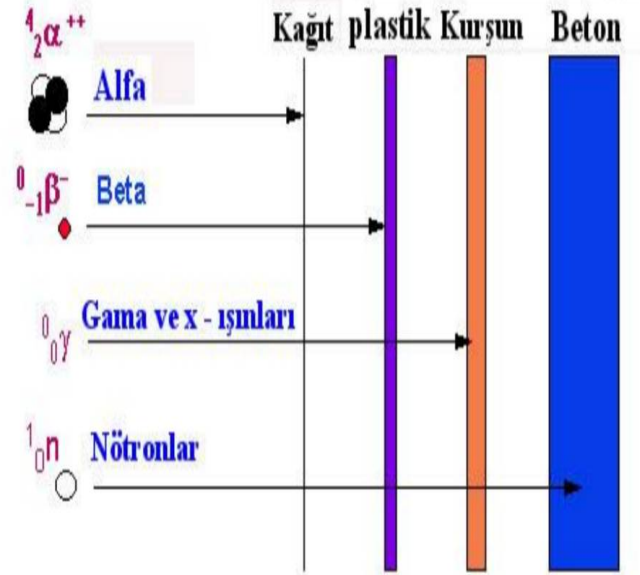


Pleksiglas



Kurşun bloklar

## Giricilik Mesafesi

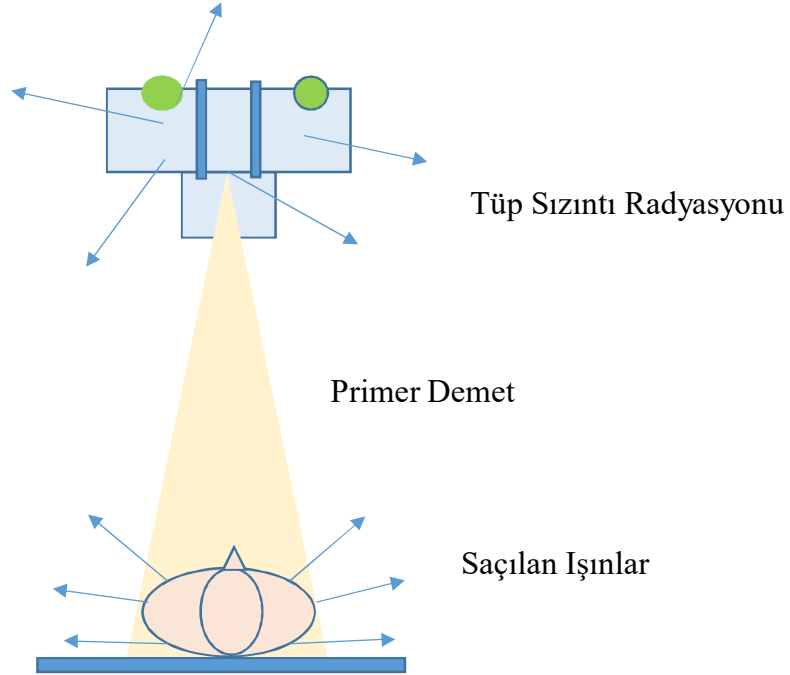


## ZIRHLAMA HESABINDA KULLANILAN PARAMETRELER

- Birinci ve ikincil engel
- İş yükü
- Tasarım dozu
- Kullanım faktörü
- Meşguliyet faktörü
- Mesafe
- Yarı kalınlık değeri (HVL)
- Onda bir kalınlık değeri (TVL)



## Birincil ve İkincil Engel



- **Birincil engel** : Radyasyon demetinin doğrudan yönlendirildiği engeldir.
- **İkincil Engel** : Radyasyon demetinin doğrudan yönlendirilmediği ancak sızıntı ve saçılan radyasyonun yönlenebileceği engeldir

# Alanlarına Göre Tasarım Dozları

Tasarım dozu: Meşguliyet alanında izin verilen radyasyon miktarı

Alanlar Tasarım Dozları (P)		
Kontrollü Radyasyon alanları	100 $\mu$ Sv/hafta	0.1mGy/hafta
Kontrolsüz Radyasyon Alanları (toplum üyesi kişilerin bulunabilecekleri alanlar)	20 $\mu$ Sv/hafta	0.02mGy/hafta

NCRP REPORT No. 147

STRUCTURAL SHIELDING  
DESIGN FOR MEDICAL  
X-RAY IMAGING FACILITIES

NCRP

National Council on Radiation Protection and Measurements

## Meşguliyet faktörü (T)

Meşguliyet faktörü (T) ışın verilirken maruz kalınan bariyerin arkasındaki yerin ne kadar sıklıkla kullanıldığını belirten ortalama faktördür.

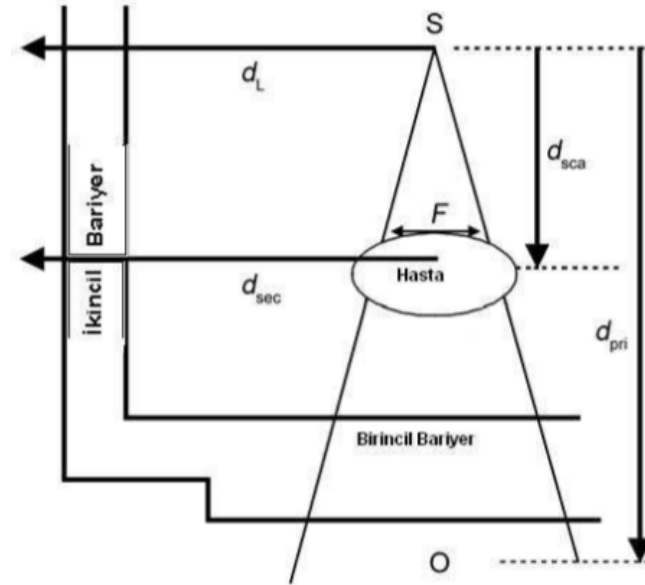
Bölge	Meşguliyet Faktörü (T)
Sürekli meşgul alanlar (Sekreterlik, hemşire odası, bekleme odası, tedavi kontrol odası)	1
Tedavi odası, muayene odası	1 / 2
Koridorlar, çalışan salonu, personel dinlenme odası	1 / 5
Kapı tonozu	1 / 8
Umumi tuvaletler, depolar, açık alanlar, tavan araları, hasta bekleme odası, çalışan dolapları	1 / 20
Otopark alanları, merdivenler, asansörler	1 / 40

T= 1	Tam meşguliyet
T= ½	Yarım meşguliyet
T= 1/5 , T= 1/8	Kısmi meşguliyet
T=1/20	Aralıklı meşguliyet
T= 1/40	Nadir meşguliyet

## Mesafe (d)

- Birincil ve ikincil ışınlamaların hesaplanmasında radyasyon kaynağının bulunduğu konumdan (Xışını tüpü) itibaren zırhlaması yapılacak alana (duvar, yavan, taban, kapı, paravan, gözetleme penceresi vb.) olan uzaklık

- Ters kare kanunu !!!
- Doz hızı uzaklığın karesiyle ters oranlıdır.
- $D \sim 1/d^2$
- Uzaklık faktörü azaldıkça zırhlama artar.



# İş Yüğü (W)

- Radyasyon kaynağından haftalık ışınlama süresince bir metre mesafede maruz kalınan ışınlanma miktarıdır.
  - Hasta sayısı
  - Çekim süresi iş yükünü arttırır.
- İş yükü arttıkça zırhlama artar.

Örnek: genel bir radyografi odası

Uygulanan kVp:60-120 kVp → 100kVp

Her bir film için ışınlama 5mAs-100mAs → 50mAs

Günde 50 Hasta geliyor

Oda haftanın 7 günü de çalışıyor

Hasta başına 1-5 film çekimi yapılabiliyor → 3 film

$$W = 50mAs \times \frac{3film}{hasta} \times 50hasta \times \frac{7gün}{1hafta} = \frac{52500mAs}{hafta} = 875mAdk/hafta$$

# Kullanım Faktörü (U)

Birincil radyasyon demetinin ilgilenilen engele yönlendirilme oranıdır.

- (İkincil demet için  $U=0$ )



## HVL ve TVL

- **Onda Bir Kalınlık Deęeri (TVL)** : Radyasyon demeti şiddetini onda bir değerine dūřüren zırhlama malzemesine özgü kalınlığıdır.
- **Yarı Karanlık Deęeri (HVL)**: Radyasyon demeti şiddetini yarı değerine dūřüren zırhlama malzemesine özgü kalınlığıdır.

$$- 1 \text{ HVL} \approx 0,3 \text{ TVL}$$

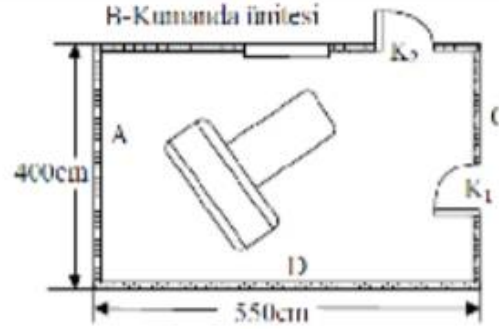
### TVL'nin kullanımına örnek

- Ölçüm cihazı ile duvar arkasında okunan değer 100  $\mu\text{Sv/saat}$  ise, doz hızının 1  $\mu\text{Sv/saat}$ 'e dūřmesi için TVL kalınlığında zırh kullanılır?
  - TVL (100 KVp)= 0,88 mm
  - $100/10=10 \rightarrow 1. \text{ TVL}$
  - $10/10=1 \rightarrow 2. \text{ TVL}$
- Kurşun için 2 TVL kalınlığı;
  - $0,88 \times 2 = 1.76 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$

Maksimum Tüp Gerilimi (kV)	Kurşun (mm)		Beton (cm)	
	HVL	TVL	HVL	TVL
50	0.06	0.17	0.43	1.5
70	0.17	0.52	0.84	2.8
100	0.27	0.88	1.6	5.3
125	0.28	0.93	2.0	6.6
150	0.30	0.99	2.24	7.4
200	0.52	1.7	2.5	8.4
250	0.88	2.9	2.8	9.4
300	1.47	4.8	3.1	10.4
400	2.5	8.3	3.3	10.9
500	3.6	11.9	3.6	11.7

## Örnek Hesaplama

W = 32000mA-dak./hafta



Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	P (mSv/W)	d(m)	T	Hesaplanan Kalınlık ,Pb (mm)	Beton Kalınlık ,Beton(cm)
A Duvarı	İkincil	Halk	3.0	1/5	1.2	11
B Duvarı	İkincil	Rad.Gör.	2.0	1	0.9	9
C Duvarı	İkincil	Halk	3.0	1	1.7	15
D Duvarı	İkincil	Halk	1.5	1/5	1.6	14
Tavan	İkincil	Halk	3.5	1	1.6	14
Taban	İkincil	Halk	2.0	1	2.1	17
K. Ünite Camı	İkincil	Rad.Gör.	3.0	1	0.9	
K1 Kapısı	İkincil	Halk	3.0	1/8	1.0	
K2 Kapısı	İkincil	Rad.Gör.	3.0	1	0.9	

## Birincil Bariyer Geçiş Faktörü

$$B_{pri} = \frac{P \cdot d_{pri}^2}{WUT}$$

## İkincil Bariyer Geçiş Faktörleri

$$B_{ps} = \frac{P}{aWT} d_{sca}^2 d_{sec}^2 \frac{400}{F}$$

1m'de saçılan dozun gelen doza oranı

$$B_L = \frac{P d_L^2}{10^{-3} WT}$$

Saçıcı üzerinde alan boyutu

$$n = -\log(B_{pri})$$

$$(t_{bariyer}) = TVL_1 + (n - 1)TVL_e$$

# KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR



TEŞEKKÜRLER

