

TIBBİ RADYOLOJİ
UYGULAMALARININ YAPILDIĞI
ODALARIN TASARIMINDA
DİKKAT EDİLECEK HUSUSLARA
VE ZIRHLAMA KOŞULLARINA
İLİŞKİN KILAVUZ

RSGD-KLV-007 (Rev.1)



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

İÇİNDEKİLER

1. KILAVUZUN AMACI	1
2. RADYOLOJİ ODASI SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	1
3. CİHAZ VE KUMANDA MASASI YERLEŞİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	1
4. ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİ	1
4.1.Zırhlama Hesabı Parametreleri	2
5. ÖRNEK ODA TASARIMLARI VE ZIRH KALINLIKLARI	3
5.1.Periapikal Diş Röntgen Cihazı	3
5.1.1.Oda yerleşim planı	3
5.1.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	4
5.1.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	5
5.2.Panoramik/Volumetrik Tomografi Diş Röntgen Cihazı	5
5.2.1.Oda yerleşim planı	5
5.2.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	6
5.2.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	7
5.3.Skopi Cihazı	7
5.3.1.Oda yerleşim planı	7
5.3.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	8
5.3.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	9
5.4.Anjiyo Cihazı.....	9
5.4.1.Oda yerleşim planı	9
5.4.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	10
5.4.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	11
5.5.Mamografi Cihazı.....	11
5.5.1.Oda yerleşim planı	11
5.5.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	12
5.5.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	13
5.6.Kemik Yoğunluğu Ölçümü Cihazı	14
5.6.1.Oda yerleşim planı	14
5.6.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	14
5.6.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	15
5.7.Tek Tüplü Grafi Cihazı	15
5.7.1.Oda yerleşim planı	15
5.7.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	16

5.7.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	17
5.8.Bilgisayarlı Tüm Vücut Tomografi Cihazı.....	18
5.8.1.Oda yerleşim planı	18
5.8.2.Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi	18
5.8.3.Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar	19
6. ZIRHLAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR	20

1. KILAVUZUN AMACI

Bu kılavuz, tıbbi radyoloji uygulamalarının yapıldığı odaların tasarımında dikkat edilmesi gereken hususları belirtmek ve zırhlama koşullarına ilişkin yol göstermek amacıyla hazırlanmıştır.

2. RADYOLOJİ ODASI SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

- 1) Radyoloji cihazı odası tercihen binanın zemin/bodrum katında, diğer bölümlerden bağımsız ve hastanın kolayca ulaşabileceği şekilde, hasta ve personel yoğunluğunun en az olduğu yerde bulunmalıdır.
- 2) Alt, üst ve bitişik alanları daimi mesken olarak kullanılmayan alanlar tercih edilmelidir.
- 3) Cihaz yangın ihtimalinin en az olabileceği yerde kurulmalıdır.
- 4) Hastaların ve radyasyon görevlileri dışındaki kişilerinin yalnızca tek kapıdan giriş ve çıkışına izin verilir. Ancak oda içerisinde kumanda ünitesine, hasta soyunma kabinlerine ve film/banyo odasına geçiş kapılarının bulunmasına izin verilir.
- 5) Oda içinde birden fazla cihaz bulunmamalı, kumanda ünitesi aynı olan cihazların bulunması durumunda cihazlar kurşun paravanla veya beton duvarla birbirlerinden ayrılmış olmalıdır.
- 6) Hastaların ve refakatçilerin bekleme yerleri oda dışında ayrı bir yerde olmalıdır.
- 7) Oda grafi/skopi çekimleri dışında herhangi başka bir amaç için kullanılmamalıdır (periapikal dış uygulamaları hariç).
- 8) Radyoloji cihazlarının kurulacağı odaların boyutları planlanırken; oda sadece cihazın sığacağı ve çalışan personelin rahat çalışabileceği bir alan olarak düşünülmemelidir. Oda boyutlarının küçük olması durumunda; film kalitesinin etkileneceği, ortamdaki saçılan radyasyon dozunun ve zırhlama gerektiren duvarlarda zırh kalınlığının artacağı da dikkate alınmalıdır. Tüm bu hususlar dikkate alınarak oda boyutları olabildiğince büyük planlanmalıdır.

3. CİHAZ VE KUMANDA MASASI YERLEŞİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

- 1) Cihazın x-ışını tüpü kapıya ve çalışana mümkün olan en uzak noktaya ve birincil ışın kapıya ve çalışana yönlendirilmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.
- 2) Kumanda ünitesi tercihen oda dışında bulunmalı, oda duvarına hastayı görebilecek şekilde kurşun eşdeğerli camı bulunan bir pencere açılmalıdır. Kumanda ünitesinin oda içinde olması durumunda, kumanda ünitesi hasta masasından en az 200 cm uzaklığa, birincil ışına maruz kalmayacak şekilde yerleştirilmeli ve önüne üzerinde kurşun eşdeğerli cam penceresi olan, "L" şeklinde, en az 200 cm yüksekliğinde ve uzun kenarı 100 cm kısa kenarı 50 cm eninde bir paravan konulmalıdır. Paravan ve hasta gözetleme penceresine takılacak olan kurşun plaka ve kurşun eşdeğer cam kalınlıkları çalışana koruyacak şekilde olmalıdır.
- 3) Film banyo odasının bitişik alanda bulunması durumunda, duvar üzerine kaset alışverişini sağlamak için uygun ebatlarda kaset alış-veriş penceresi açılmalı, pencere kapakları her iki yönden 2 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalı ve pencere kapakları aynı anda tek bir tarafa açılacak şekilde tasarlanmalıdır.

4. ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİ

Tıbbi radyoloji uygulamalarının yapıldığı odalar için zırhlama uygunluk raporu alınması zorunlu

olmamakla birlikte kuruluşun talep etmesi durumunda Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından zırhlama uygunluk raporu hazırlanmaktadır.

Radyoloji odalarının zırhlama tasarımı; cihazın kullanım amacı ve teknik özellikleri (mA-kVp değerleri), oda içindeki yerleşim durumu, haftalık tahmini iş yükü ve cihazın bulunduğu odanın duvar, tavan ve zemin yapı malzemesinin cinsi, kalınlığı ve yoğunluğu ile bitişik alanların kullanım amacı gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir.

Radyoloji ünitelerinin zırhlama işlemleri; NCRP 49 ve NCRP 147 dokümanlarında belirtilen hesaplama teknikleri kullanılarak yapılmakta, zırh kalınlıkları beton ve kurşun cinsinden hesaplanmaktadır. Zırhlamada kullanılan betonun yoğunluğu en az 2.35 g/cm³, kurşunun yoğunluğu ise 11,3 g/cm³ (en az %99 saflıkta) olmalıdır.

Zırhlama ile ilgili kuruluşlara pratik bilgiler sunmak amacıyla aşağıda belirtilen radyoloji cihazları ile yapılan uygulamalar için örnek oda tasarımları ve zırh kalınlıkları verilmiştir. Cihaz özellikleri, çalışma ve oda koşulları aşağıdaki örnekte verilen kriterlere uymuyorsa, tasarım ve zırhlama işlemlerinin yukarıda verilen hususlara ve teknik dokümanlara uygun olarak yapılması gerekmektedir.

4.1. Zırhlama Hesabı Parametreleri

1) Mesafe (d): Birincil ve ikincil ışınlamaların hesaplanmasında radyasyon kaynağının bulunduğu konumdan itibaren zırhlaması yapılacak alana olan uzaklığıdır.

- Birincil ve ikincil ışınlamaların hesaplanmasında radyasyon kaynağının (x ışını tüpü, hasta masası/yatağı) bulunduğu konumdan itibaren, zırhlaması hesaplanacak meşgul edilen alana (duvar, kapı, statif, paravan, gözetleme penceresi vb.) olan uzaklığı olarak tanımlanmıştır.
- Duvar mesafesi için; x-ışını tüpü veya hasta masası/yatağının bulunduğu konumdan itibaren duvarın arkasında okunan mesafeye 30 cm eklenerek alınır.
- Tavan yüksekliği için; hasta masası/yatağının bulunduğu konumdan itibaren tavana kadar olan mesafe alınır.
- Taban mesafesi için; radyoloji odasının alt katındaki tavan ile taban arasındaki mesafeden bir insan boyu (170 cm) çıkartılarak kalan mesafe alınır.

2) Tasarım dozu (P): Zırhlama hesaplamalarında esas alınan doz sınırıdır.

- Radyoloji cihazının bulunduğu oda ve kumanda ünitesi/paravan arkası vb. radyasyon alanlarında tasarım dozu yıllık 5 mSv, haftalık 100 µSv alınır.
- Rapor odası, danışma/hasta kayıt alanları, doktor, hemşire, muayene odası, yoğun bakım ünitesi, çocuk oyun alanı, ofisler, poliklinik, soyunma kabinleri, mesken, işyeri/dükkan, kafe/restoran, mutfak, çamaşırhane, tuvalet, depo, koridor, bahçe, teknik oda, arşiv, sokak/yol, merdiven, çatı vb. toplum üyesi kişilerin bulunabilecekleri alanlarda yıllık 1 mSv, haftalık doz limiti 20 µSv alınır.

3) Meşguliyet faktörleri (T): Engelin arkasındaki alanın meşgul edilme oranıdır.

- T (Tam meşguliyet) = 1 (Kumanda ünitesi/paravan, ofis, rapor odası, danışma/hasta kayıt alanı, laboratuvar, poliklinik, doktor/hemşire/muayene/tehdavi odası, teşhis/tehdavi cihazı bulunan oda, ameliyathane, yoğun bakım ünitesi, çocuk oyun alanı, mesken, işyeri/dükkan, derslik, boş oda, kafe/restoran, şaşırtma koridoru)

- T (Yarım meşgulliyet) = 1/2 (mutfak*, çamaşırhane*, hasta gözlem odası*)
- T (Kısmi meşgulliyet) = 1/5 (bekleme yapılan salon/koridor, konferans/eğitim salonu, personel dinlenme odası)
- T (Kısmi meşgulliyet) = 1/8 (kontrollü alandaki koridorlara açılan kapılar)
- T (Aralıklı meşgulliyet) = 1/20 (tuvalet, depo*, havalandırma boşluğu, baca çıkışı, asansör, hasta karşılama/geçiş koridoru, bahçe/avlu, teknik oda, bina içi merdiven, hasta soyunma kabini, arşiv*, otopark*)
- T (Nadir meşgulliyet) = 1/40 (trafiğe açık cadde/sokak/yol, yangın merdiveni, çatı/teras)

* Tam meşgul edilmesi durumunda T = 1 alınır.

4) Kullanma faktörü (U): Birincil radyasyon demetinin ilgilenilen engelle yönlendirilme oranıdır.

Birincil radyasyon demetinin düştüğü engelin kullanma faktörü;

- Sadece grafi çekimi yapılıyorsa taban U= 1 veya akciğer grafi çekimi yapılıyorsa statifinin bulunduğu duvar için kullanma faktörü U= 1/2 alınır.
- Grafi + akciğer grafi çekimi yapılıyorsa taban ve duvar için kullanma faktörü U= 1/2 alınır.

Saçılan radyasyon ve sızıntı radyasyonuna karşı yapılan engeller için kullanma faktörü U=1 alınır.

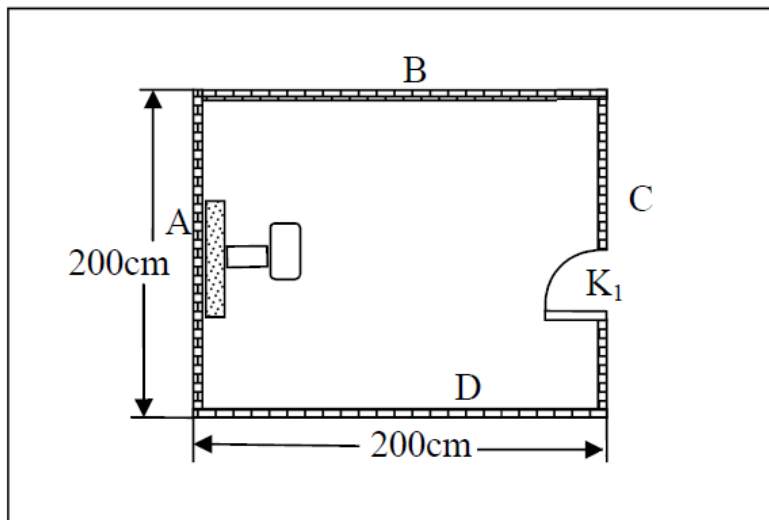
5. ÖRNEK ODA TASARIMLARI VE ZIRH KALINLIKLARI

5.1. Periapikal Dış Röntgen Cihazı

Mobil cihazlarda zırhlama gerekmemektedir. Ancak cihazın sabit bir odada kullanılması durumunda zırhlama yapılmalıdır.

5.1.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutu 2.0 x 2.0 m²'den küçük olmamalıdır. Bu alan sadece dış röntgen çekimi yapılacak alanı ifade eder. Dış ünitesinin bulunduğu alan olarak anlaşılmalıdır.



Şekil 1. Periapikal dış röntgen cihazı için örnek yerleşim planı

5.1.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 125 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 1. Kabuller çerçevesinde periapikal diş röntgen cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşguliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, D duvarları	Birincil	1	1/20	0.8	8
			1/5	1.1	10
			1	1.4	12
		1.5	1/20	0.6	7
			1/5	0.9	9
			1	1.2	11
		2	1/20	0.5	6
			1/5	0.8	8
			1	1.1	11
		3	1/20	0.4	5
			1/5	0.6	7
			1	0.9	9
C duvar*	İkincil	1	1	0.6	5
			1/5	0.3	3
			1/20	---	---
		1.5	1	0.5	4
			1/5	---	---
			1/20	---	---
		2	1	0.4	3
			1/5	---	---
			1/20	---	---
		3	1	0.2	2
			1/5	---	---
			1/20	---	---
Kı kapısı	İkincil	1	1/8	0.2	
		1.5		0.1	
		2		---	
		3		---	
Tavan	İkincil	3.0	1	0.2	2
			1/5	---	---
		3.5	1/5	---	---
			1	0.2	2
Taban	İkincil	2.0	1/5	---	---
			1	0.3	3
		2.5	1/5	---	---
			1	0.3	3

* Hastanın yüzünün C duvarına bakması durumunda

5.1.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Periapikal dış röntgen odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kapı

- Periapikal dış röntgen teşhis odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

3) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

4) Taban

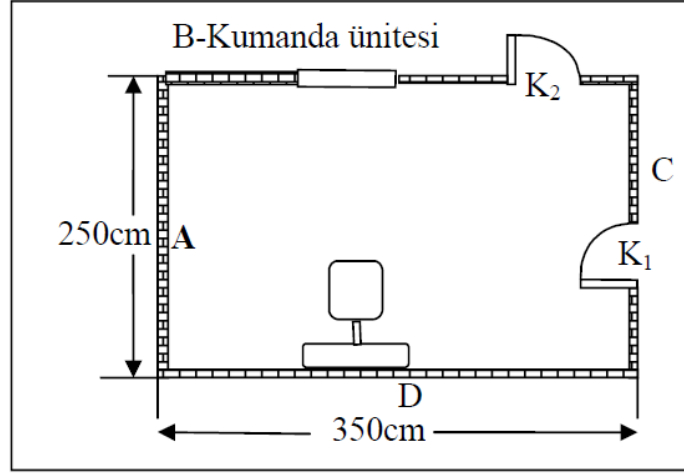
- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5.2. Panoramik/Volumetrik Tomografi Dış Röntgen Cihazı

5.2.1. Oda yerleşim planı

Panoramik dış röntgen ve volumetrik tomografi dış röntgen cihazlarının oda boyutu 2.0 x 2.5 m²'den küçük (kumanda ünitesinin oda dışında olması ve ışınlamanın oda dışından yapılması durumunda) olmamalıdır.

Ancak panoramik dış röntgen cihazının sefalometrik fonksiyonunun olması durumunda oda boyutu 2.5 x 3.5 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 2. Panoramik/Volumetrik tomografi dış röntgen cihazı için örnek yerleşim planı

5.2.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 250 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 2. Kabuller çerçevesinde panoramik/volumetrik tomografi dış röntgen cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşguliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, C, D Duvarları	İkincil	1	1/20	0.5	5
			1/5	1.0	8
			1	1.6	11
		1.5	1/20	0.3	3
			1/5	0.7	6.0
			1	1.3	10
		2	1/20	0.2	2
			1/5	0.5	5
			1	1.1	8
		3	1/20	0.1	7
			1/5	0.3	3
			1	0.8	6
B duvarı, kumanda ünitesi ve kapısı (K_2)*	İkincil	1	1	1.0	8
		1.5		0.7	6
		2		0.5	5
		3		0.3	3
K ₁ kapısı	İkincil	1	1/8	0.8	
		1.5		0.6	
		2		0.4	
		3		0.2	
Tavan	İkincil	3.0	1/5	0.3	3
			1	0.8	6
		3.5	1/5	0.2	3
			1	0.7	6

Taban	İkincil	2.0	1/5	0.5	5
			1	1.1	8
		2.5	1/5	0.4	4
			1	1.0	7

*Radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

5.2.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Panoramik/volumetrik tomografi dış röntgen odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kumanda Ünitesi (B Duvarı)

- Kumanda ünitesi duvarının ve K₂ kapısı için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Hasta gözetleme penceresi zorunlu değildir ancak olması durumunda hasta gözetleme penceresine çizelgede verilen kalınlığa karşı gelen kurşun eşdeğer cam takılmalıdır.

3) Kapı

- Panoramik/volumetrik tomografi dış röntgen odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

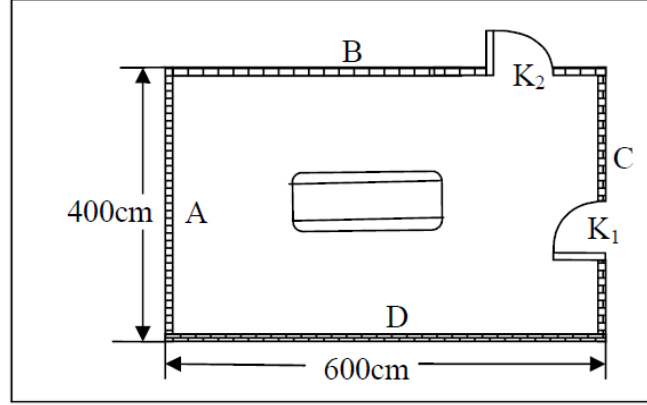
Not: Sefalometrik çekim yapılması durumunda sefalometrik çekim yapılan duvar birincil olarak hesaplanır.

5.3. Skopi Cihazı

Mobil cihazlarda zırhlama gerekmemektedir. Ancak cihazın sabit bir odada kullanılması durumunda zırhlama yapılmalıdır.

5.3.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutu 4.0 x 6.0 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 3. Skopi cihazı için örnek yerleşim planı

5.3.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 650mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 3. Kabuller çerçevesinde skopi cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşgüliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	0.9	7
			1/5	1.3	10
			1	1.9	13
		1.5	1/20	0.6	5
			1/5	1.0	8
			1	1.6	11.5
		2	1/20	0.4	4
			1/5	0.8	7
			1	1.4	10
		3	1/20	0.2	2
			1/5	0.6	5
			1	1.1	9
Soyunma odası/kabini ve kapısı *	İkincil	1	1/20	0.9	7
		1.5		0.6	5
		2		0.4	4
Kumanda Ünitesi**	İkincil	1	1	1.3	10
		1.5		1.0	8
		2		0.8	7
		3		0.6	5
K ₁ ve K ₂ kapısı	İkincil	1	1/8	1.2	
		1.5		0.9	
		2		0.7	
		3		0.4	
Tavan	İkincil	3.0	1/5	0.6	5
			1	1.1	9
		3.5	1/5	0.5	4

Taban	İkincil	2.0	1	1	8
			1/5	0.9	7
			1	1.4	10
		2.5	1/5	0.7	6
			1	1.2	9

* Soyunma odası ve kapısı olması durumunda

** Kumanda Ünitesinin çekim odasının dışında olması durumunda radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

5.3.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Röntgen teşhis odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kumanda Ünitesi

- Kumanda ünitesinin çekim odası içinde olması durumunda paravanın, dışında olması durumunda duvarı ve kapısı için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Ayrıca hasta gözetleme penceresine aynı kalınlıkta kurşun eşdeğer cam takılmalıdır.

3) Kapılar

- Röntgen teşhis odası projesi üzerinde K₁ ve K₂ olarak gösterilen kapılar için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Soyunma Odası/Kabini

- Soyunma odası/kabini olması durumunda perde ile ayrılmamalı ve odaya kapı yapılmalıdır. Soyunma odası/kabini duvarları ve kapısı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

5) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

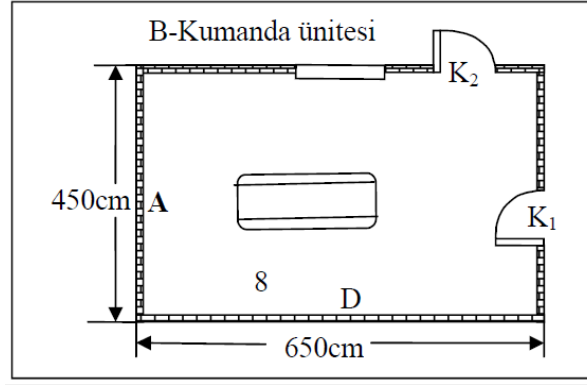
6) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5.4. Anjiyo Cihazı

5.4.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutları 4.5 x 6.5 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 4. Anjiyo cihazı için örnek yerleşim planı

5.4.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 650 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 4. Kabuller çerçevesinde anjiyo cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşgüliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	1.9	18
			1/5	2.4	22
			1	3.0	26
		1.5	1/20	1.6	15
			1/5	2.1	19
			1	2.7	24
		2	1/20	1.4	13
			1/5	1.9	18
			1	2.5	22
		3	1/20	1.1	11
			1/5	1.6	15
			1	2.2	20
B Duvarı, kumanda ünitesi ve kapısı (K ₂)*	İkincil	1	1/20	2.4	22
			1/5	2.1	19
			1	1.9	18
			1	1.6	15
K ₁ Kapısı	İkincil	1/8	1/20	2.3	
			1/5	2.0	
			1	1.8	
			1	1.5	
Hasta hazırlama odası ve kapısı	İkincil	1/20	1/20	1.7	17
			1/5	1.6	15
			1	1.4	14
Tavan	İkincil	3.0	1/5	1.6	15
			1	2.2	20

Taban	İkincil	3.5	1/5	1.5	14
			1	2.1	19
		2.0	1/5	1.9	18
			1	2.5	22
		2.5	1/5	1.8	16
			1	2.4	21

*Radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

5.4.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Anjiyo odası projesi üzerinde A, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kumanda Ünitesi (B Duvarı)

- Kumanda ünitesi duvarının ve K₂ kapısı için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Ayrıca hasta gözetleme penceresine aynı kalınlıkta kurşun eşdeğer cam takılmalıdır.

3) Kapı

- Anjiyo odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Hasta Hazırlama Odası

- Hasta hazırlama odasının anjiyo odasına bitişik alanda olması durumunda duvarı ve kapısı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

5) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

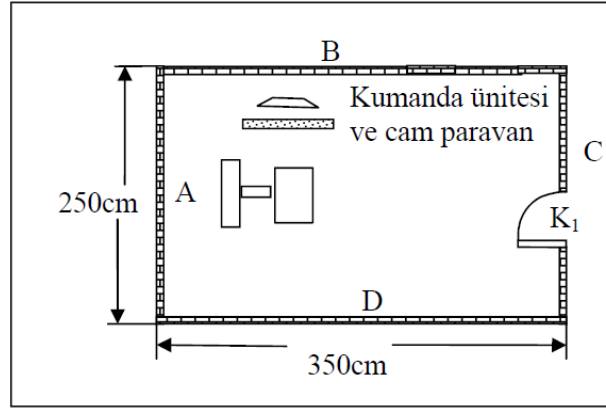
6) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5.5. Mamografi Cihazı

5.5.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutu 2.5 x 3.5 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 5. Mamografi cihazı için örnek yerleşim planı

5.5.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 750 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 5. Kabuller çerçevesinde mamografi cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşgüliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	---	---
			1/5	0.1	1.3
			1	0.2	1.9
		1.5	1/20	---	---
			1/5	0.08	1.0
			1	0.1	1.6
		2	1/20	---	---
			1/5	---	---
			1	0.1	1.4
		3	1/20	---	---
			1/5	---	---
			1	0.08	1.0
A, B, C, D duvarları*	Birincil	1	1/20	0.1	1.3
			1/5	0.2	1.8
			1	0.2	2.4
		1.5	1/20	0.09	1.1
			1/5	0.1	1.5
			1	0.18	2.1
		2	1/20	---	---
			1/5	0.1	1.3
			1	0.2	1.9
		3	1/20	---	---
			1/5	0.09	1.0
			1	0.1	1.6
Kumanda ünitesi ve cam	İkincil	1	1	0.1	1.3
		1.5		---	---

paravan**		2		---	---
		3		---	---
K kapısı	İkincil	1	1/8	---	
		1.5		---	
		2		---	
		3		---	
Tavan	İkincil	3.0	1/5	---	---
		3.5		---	---
		3.0	1	0.08	1.0
		3.5		0.08	1.0
Taban	Birincil	2.0	1/5	---	---
		2.5		---	---
		2.0	1	0.16	1.9
		2.5		0.14	1.7
Taban *	İkincil	2.0	1/5	---	---
		2.5		---	---
		2.0	1	0.1	1.4
		2.5		0.1	1.2

* Oblik çekimlere göre hesaplanan değerdir.

** Radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

5.5.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Mamografi odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kumanda Ünitesi

- Kumanda ünitesi duvarı için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Kumanda ünitesine ait cam paravan olması durumunda cam paravan çizelgede verilen kalınlıklara karşı gelen kurşun eşdeğer cam olmalıdır.

3) Kapı

- Mamografi odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

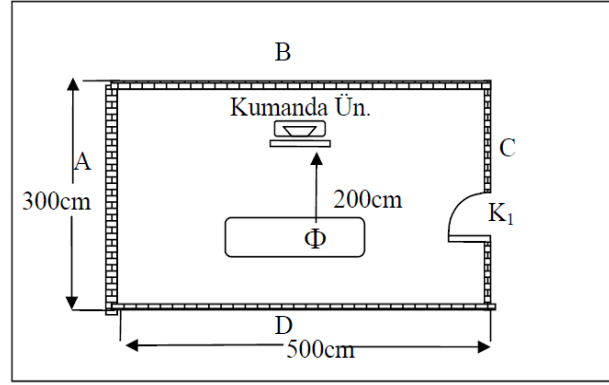
5) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı için çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5.6. Kemik Yoğunluğu Ölçümü Cihazı

5.6.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutları 3.0 x 5.0 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 6. Kemik yoğunluğu ölçümü cihazı için örnek yerleşim planı
Kemik yoğunluğu ölçümü cihazının "fan" tipi olması durumunda zırhlama hesabı yapılır, "pencil beam" tipi olması durumunda zırhlama hesabı yapılmaz ancak zırhlamaya ilişkin nihai karar radyasyon kontrolü sonrasında verilir.

5.6.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 1800 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 6. Kabuller çerçevesinde kemik yoğunluğu ölçümü cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşguliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	1.2	9
			1/5	1.7	12
			1	2.3	16
		1.5	1/20	0.9	7
			1/5	1.4	10
			1	2.0	14
		2	1/20	0.7	6
			1/5	1.2	9
			1	1.8	13
		3	1/20	0.5	4
			1/5	0.9	7
			1	1.5	11
Kumanda ünitesi yeri paravani*	İkincil	1	1	1.7	12
		1.5		1.4	10
		2		1.2	9
		3		1.0	7
K ₁ kapısı	İkincil	1	1/8	1.5	
		1.5		1.2	

		2			1.1
		3			0.8
Tavan	Birincil	3.0	1/5	2.5	18
			1	3.0	22
		3.5	1/5	2.4	18
			1	2.9	21
Taban	İkincil	2.0	1/5	1.2	9
			1	1.8	13
		2.5	1/5	1.0	8
			1	1.6	12

*Radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

5.6.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Kemik yoğunluk ölçümü odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

2) Kumanda Ünitesi

- Hasta masası ile kumanda ünitesinin arasına konulacak olan paravan için kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

3) Kapı

- Kemik yoğunluk ölçümü odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

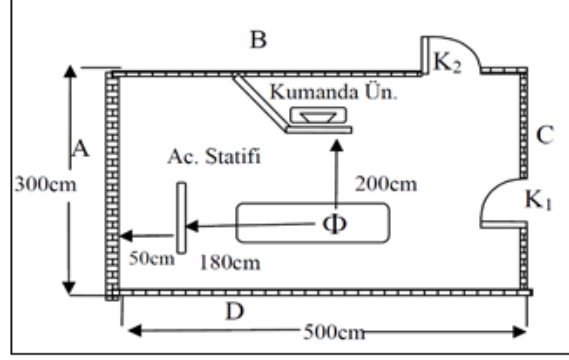
5) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

5.7. Tek Tüplü Grafi Cihazı

5.7.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutları 3.0 x 5.0 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 7. Tek tüplü grafi cihazı için örnek yerleşim planı

5.7.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 3000 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 7. Kabuller çerçevesinde tek tüplü grafi cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşgüliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, B, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	1.6	13
			1/5	2.0	17
			1	2.7	21
		1.5	1/20	1.3	11
			1/5	1.8	15
			1	2.4	19
		2	1/20	1.0	9.5
			1/5	1.6	13
			1	2.2	17
		3	1/20	0.8	7.5
			1/5	1.3	11
			1	1.9	15
Kumanda ünitesi odası ve kapısı*	İkincil	1	1	2.0	17
		1.5		1.8	15
		2		1.6	13
		3		1.3	11
Soyunma odası/kabini ve kapısı **	İkincil	1	1/20	1.6	13
		1.5		1.3	11
		2		1.0	8
K ₁ ve K ₂ kapısı	İkincil	1	1/8	1.9	
		1.5		1.6	
		2		1.4	
		3		1.1	
Tavan	İkincil	3.0	1/5	1.3	11
			1	1.9	15
		3.5	1/5	1.2	10

			1	1.8	14
Taban	Birincil	2.0	1/5	3.3	26
			1	3.9	30
		2.5	1/5	3.1	25
			1	3.7	29

*Kumanda ünitesinin çekim odası dışında olması durumunda radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

**Soyunma odası/kabini ve kapısı olması durumunda

5.7.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre;

1) Duvarlar

- Radyoloji odası projesi üzerinde A, B, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırh kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.
- Akciğer statifi kullanılacak ise meşguliyeti az olan (duvar arkası boşluk, depo, bahçe vb) duvara yönlendirilmelidir. Aksi durumda akciğer statifinin arkasına 1.0 x 1.0 m² boyutlarında 2.0 mm kalınlığında kurşun levha kaplanmalıdır.

2) Kumanda Ünitesi

- Kumanda ünitesinin çekim odası içinde olması durumunda paravananın, dışında olması durumunda duvar ve kapısı için beton veya kurşun malzeme zırh kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Ayrıca hasta gözetleme penceresine aynı kalınlıkta kurşun eşdeğer cam takılmalıdır.

3) Kapılar

- Röntgen teşhis odası projesi üzerinde K₁ ve K₂ olarak gösterilen kapılar ve kasaları için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Soyunma Odası/Kabini

- Soyunma odası/kabini olması durumunda perde ile ayrılmamalı ve odaya kapı yapılmalıdır. Soyunma odasının duvarları ve kapısı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

5) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

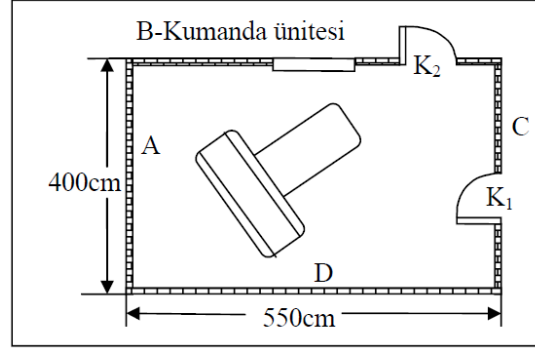
6) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları röntgen teşhis cihazının masasının altına masa boyutlarından 30 cm'lik kenar taşkınlığı olacak şekilde döşeme beton kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

5.8. Bilgisayarlı Tüm Vücut Tomografi Cihazı

5.8.1. Oda yerleşim planı

Oda boyutları 4.0 x 5.5 m²'den küçük olmamalıdır.



Şekil 8. Bilgisayarlı tüm vücut tomografi cihazı için örnek yerleşim planı

5.8.2. Zırhlama hesabı kabulleri ve kabuller çerçevesinde hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Haftalık işyükü (W): Maksimum çalışma koşulları için haftalık işyükü 5000 mA.dak olarak alınmıştır.

Tablo 8. Kabuller çerçevesinde bilgisayarlı tomografi cihazı için hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesi

Zırhlanan Alan	Engelin Tipi	Uzaklık d (m)	Arkasının Meşguliyet Faktörü (T)	Hesaplanan Kurşun (mm) $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$	Hesaplanan Beton (cm) $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$
A, C, D duvarları	İkincil	1	1/20	1.9	18
			1/5	2.4	22
			1	3.0	26
		1.5	1/20	1.6	15
			1/5	2.1	19
			1	2.7	24
		2	1/20	1.4	13
			1/5	1.9	18
			1	2.5	22
		3	1/20	1.1	11
			1/5	1.6	15
			1	2.2	20
B duvarı, kumanda ünitesi ve kapısı (K ₂)*	İkincil	1	1	2.4	22
		1.5		2.2	19
		2		1.9	18
		3		1.6	15
Soyunma odası/kabini ve kapısı **	İkincil	1	1/20	1.7	17
		1.5		1.6	15
		2		1.4	14
K ₁ kapısı	İkincil	1	1/8	2.3	
		1.5		2.0	

		2			1.8		
		3			1.5		
Tavan	İkincil	3.0	1/5	1.6	15		
			1	2.2	20		
		3.5	1/5	1.5	14		
			1	2.1	19		
Taban	İkincil	2.0	1/5	1.9	18		
			1	2.5	22		
		2.5	1/5	1.8	16		
			1	2.4	21		

*Radyasyon görevlisine göre hesaplanan değerdir.

**Soyunma odası/kabini ve kapısı olması durumunda.

5.8.3. Hesaplanan kurşun ve beton zırh kalınlıkları çizelgesine ait açıklamalar

Farklı uzaklıklarda ve farklı meşguliyetlerde hesaplanan kurşun ve beton kalınlıkları çizelgede verilmiştir. Buna göre

1) Duvarlar

- Röntgen teşhis odası projesi üzerinde A, C ve D olarak gösterilen duvarlar için beton veya kurşun malzeme zırh kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Duvarlara monte edilecek olan kurşun plakaların yüksekliği döşemeden itibaren 200 cm olmalıdır. Ancak bitişik alanların tam meşgul edilen alan olarak kullanılması ve söz konusu oda duvarından en az 200 cm mesafede müsaade edilen doz değerlerinin üstünde bir doz okunması durumunda duvarlar tabandan tavana kadar olacak şekilde zırhlanmalıdır.

2) Kumanda Ünitesi (B Duvarı)

- Kumanda Ünitesi mutlaka çekim odası dışında olmalıdır. Duvarı ve K₂ kapısı için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir. Ayrıca hasta gözetleme penceresine aynı kalınlıkta kurşun eşdeğer cam takılmalıdır.

3) Kapı

- Tomografi odası projesi üzerinde K₁ olarak gösterilen kapı ve kasası için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

4) Soyunma Odası/Kabini

- Soyunma odası/kabini olması durumunda perde ile ayrılmamalı ve odaya kapı yapılmalıdır. Soyunma odasının duvarları ve kapısı için zırhlama malzemesi olan kurşun kalınlıkları çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değerler seçilerek belirlenir.

5) Tavan

- Tavan için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşguliyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

6) Taban

- Taban için beton veya kurşun malzeme zırhlama kalınlığı çizelgede verilen uygun uzaklık ve meşgulyete karşı gelen değer seçilerek belirlenir.

6. ZIRHLAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- 1) Radyoloji laboratuvarlarının zırhlama yapılacak olan alanlarında kurşun levhalar birleşmelerinde en az 1cm üst üste binecek şekilde yapılmalıdır.
- 2) Radyoloji laboratuvarlarının zırhlaması istenen duvarları, kapıları ile kasaları arasında boşluk bulunmamalıdır.
- 3) Radyoloji laboratuvarların pencereleri pervazları dâhil olmak üzere duvar zırhı kadar kurşunla kaplanmalıdır.
- 4) Radyoloji laboratuvarındaki çiviler, borular, elektrik tesisatı, kapı kenarlarıyla, kilidin zırhlamayı etkilememesi sağlanmalıdır.
- 5) Plan üzerinde gösterilen teşhis laboratuvarlarının (bilgisayarlı tomografi hariç) duvarlarına monte edilecek olan kurşun plakaların yüksekliği döşemeden itibaren 2.0 m olmalıdır.
- 6) Zırhlama yapılacak alanlarda açıkta kurşun bırakılmamalı, uygun malzeme ile (alçıpan, sunta, osb vb.) kaplanmalıdır.

Yukarıda belirtilen hususlar radyasyon güvenliği açısından olması gereken ideal laboratuvar tasarım ve zırhlama koşullarıdır. Ancak proje üzerinde nihai karar yerinde yapılacak radyasyon ölçümü sonucuna göre verilir.