



## Radyoterapi Merkezi İnşaatlarında Malzeme Seçiminin Tasarıma Etkisinin Araştırılması

Şemsettin KILINÇARSLAN\*<sup>1</sup>, Buket AKYOL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32100, Isparta  
semsettinkilincarslan@sdu.edu.tr

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 10.10.2020

Kabul Tarihi: 17.03.2021

Anahtar Kelimeler; Ağır beton, radyoterapi merkezi, statik analiz, radyasyon, zırhlama

### ÖZET

Günümüzde radyasyonun çeşitli şekillerde, giderek artan amaçlarla kullanılması, bütün canlıları biyolojik risk altına sokmaktadır. Radyasyonun temel bilimde, tıpta, tarımda, endüstride ve askeri amaçlarla kullanılışı, çok büyük ve geniş boyutlara ulaşmıştır. Nükleer santraller, tıp merkezleri ve radyasyon tehdidindeki tüm yapıların bu tehlikeden korunması gerekliliği yadsınamaz bir gerçektir. Radyasyonun zararlı etkilerinden korunmak için; zaman, uzaklık ve zırh kurallarına dikkat edilmelidir. Zırhlama radyasyon dozunu kabul edilebilir seviyelere azaltmak amacı ile radyasyon kaynağı ile kişi arasında koruyucu engel konulmasıdır. Radyoterapi merkezlerinde radyasyon yayan cihazların standartlarda belirlenen nitelikte zırhlanması zorunludur. Zırhlama işlemi kullanılacak malzeme çeşidine göre değişmektedir. Ülkemizde en yaygın ve rezervi bol olan ağır agrega çeşidi barittir. Barit radyasyon zırhlamasında etkili olmasına rağmen ülkemizde radyoterapi inşaatlarında ağır beton veya barit agregalı ağır beton kullanılmamaktadır. Bu çalışmada; radyoterapi merkezlerinin zırh kalınlığı normal beton ve ağır betona göre hesaplanarak, bulunacak kesit kalınlığına bağlı statik ve betonarme analizleri yaparak, malzeme seçiminin radyoterapi inşaatı tasarımına etkisi incelenmiştir.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MATERIAL SELECTION ON DESIGN IN RADIOTHERAPY CENTER CONSTRUCTIONS

### Article Info

Received: 10.10.2020

Accepted: 17.03.2021

### Keywords;

Heavy concrete, radiotherapy center, static analysis, radiation, shielding

### ABSTRACT

Today, in various forms of radiation, used with increasing purpose, all biological organisms are put at risk. Basically, the science of radiation in medicine, agriculture, the use by industry and military purposes, has reached a very large size and wide. Nuclear power plants, medical centers and radiation protection requirements of this threat is a real danger of the whole structure can not be denied. To be protected from the harmful effects of radiation; time, attention should be paid to the distance and shielding rules. With the aim of shielding to reduce radiation dose to an acceptable level is to provide people with protective barrier between the radiation source. Radiation devices must be shielded from radiation therapy centers in the qualifications set forth in the standards. Shielding process varies according to the types of materials to be used. Our country is the most common and abundant barite reserves the kind of heavy aggregate. Although radiation shielding heavy concrete experimental stages of construction in our country although effective radiotherapy or barite heavy concrete aggregate is used. In this study; radiotherapy centers and armor thickness calculated in accordance with normal concrete and heavy concrete, and reinforced by static analysis will depend on section thickness, radiation impact on the design of construction material selection were examined.

### 1. Giriş

Dünyada doğal olarak bulunan radyasyonun kaynağı, uzaydan gelen, yeryüzünde sulara, karada ve havada bulunan radyoaktif elementlerden yayılan ışınlardır. Dolayısıyla insanlar yaşamları boyunca düşük dozda radyasyona maruz kalmaktadır (Köklü, 2006). "Radyasyon" çok geniş kapsamlı bir kelime olmasına, ışık ve radyo dalgalarını da içine

almasına rağmen çoğunlukla "iyonlayıcı" radyasyon anlamında kullanılır. İyonlayıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) meydana getirebilen radyasyon demektir (Algüneş, 2002). Başlıca beş iyonlaştırıcı radyasyon çeşidi vardır. Bunlar, Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları, X ışınları, Gama ışınları ve Nötronlardır (Göksel, 1973; Güngör, 1991). Radyasyonu temel olarak iki şekilde sınıflandırabiliriz. Bunlar "parçacık" ve

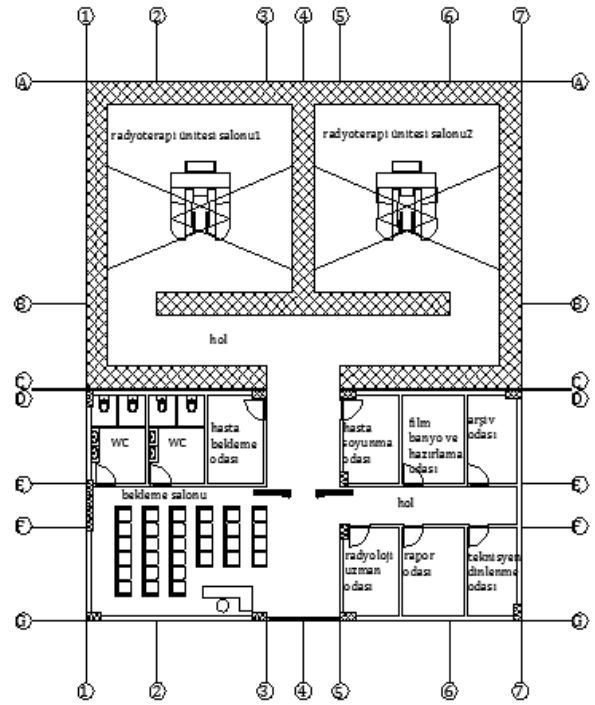
“dalga” tipi radyasyonlardır. Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden minik parçacıkları ifade eder. Dalga tipi radyasyon; belli bir enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyon çeşididir (Köklü, 2006). İyonlaştırıcı radyasyonların biyolojik etkileri, radyasyonun dokudan geçerken, dokuyu oluşturan veya dokuda bulunan atomların uyarılması, iyonlaşması veya moleküler yapıların bozulması sonucu ortaya çıkan etkilerdir. Radyasyonun biyolojik açıdan iki tür etkisi bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla somatik ve genetik etkilerdir. Somatik etkiler, radyasyon ile etkileşen kişi veya kişilerin bizzat kendisinde oluşan etkilerdir. Genetik etkiler ise radyasyonla etkileşen kişi veya kişilerde değil de daha sonraki nesillerinde ortaya çıkan etkilerdir (Daşdağ, 2010). İyonlaştırıcı radyasyonlara maruz kalmanın insan üzerinde taşıdığı riskten tamamen kurtulabilmemiz imkansızdır. Çünkü doğal radyasyon, çevremizde ve vücudumuzda her zaman mevcuttur ve bu kaynaklardan vücudumuza aldığımız doz miktarı yıllık radyasyon doz miktarımızın yarısına karşılık gelir. Kalan diğer yarısı ise başlıca iyonlaştırıcı radyasyonun tıbbi alanda hastalıkların teşhis ve tedavisi amacıyla kullanılmasından oluşmaktadır. zararlı radyasyon ışınlanmasına karşı koruyucu tedbirler olarak zaman, uzaklık, zırhlama ve dış koruma kabı gibi 4 faktörden yararlanılır (TEAK, 2014). Radyoterapi iyonizan radyasyonun tedavi amacıyla uygulanmasıdır. Radyasyon kelime anlamı olarak yayılan dalga demektir ve aslında gördüğümüz ışık, radyo dalgaları, radarlar, mikrodalgalar, telefon dalgalarının hepsi bir radyasyondur (Egeonkoloji, 2015).

Betonun iyi bir zırh malzemesi olabilmesi için kalınlığının veya yoğunluğunun artırılması gerekmektedir. Zırhlama prensibine göre ağır betonlar yoğunluğunun yüksek oluşu nedeniyle radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınlardan, özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve  $\gamma$  ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda kullanılmaktadır (Akkurt vd., 2005; Kılınçarslan, 2007). Ağır beton üretiminde barit, hematit, magnetit ve limonit gibi ağır agregalar kullanılmaktadır (Topçu, 2003). Ağır betonlar özellikle zararlı ışınlara (radyasyon kalkanı) karşı bir zırh perde oluşturmak için kullanılan, birim hacim ağırlıkları  $2.600 \text{ g/cm}^3$ ’ ten daha büyük olan betonlardır (Gümüştas, 2015).

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Radyoterapi Merkezinin Mimari Tasarımı

Radyoterapi merkezi tasarımını yaparken bu hususlara dikkat edilerek tasarlanmıştır. Yaptığımız tasarımda 2 tane radyoterapi ünite odası bulunmaktadır. Bununla beraber çalışanların ve bekleyen hastaların radyasyondan çok etkilenmemesi için soyunma odası, radyoterapiye giren hastaların vücutlarındaki radyasyonu atmaları için hasta bekleme odası, bekleme salonu, radyoloji uzman odası, rapor odası, teknisyen dinlenme odası, arşiv odası, film banyo ve hazırlama odası, tuvaletler ve müraacat 3 cm. dilatasyon derzi ile ayrılmış olan ek binaya alınmıştır. Dilatasyon derzi ile ayırmamızdaki sebep radyoterapi ünitesinin bulunduğu bölümün perde duvarlarla çözülmüş olması ve maliyeti düşürmek için diğer bölümlerin ayrılmış olmasıdır. Radyoterapi merkezinin kapısı 25 cm kalınlığında kurşundan yapılmıştır. Tasarlanan radyoterapi merkezi Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan radyoterapi merkezi

### 2.2. Radyoterapi Merkezinde Kullanılacak Olan Betonların Linear Zayıflatma Katsayılarının Belirlenmesi

Linear soğurma katsayısı ( $\mu$ ) değeri aşağıdaki denklem vasıtasıyla hesaplanmıştır.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.1)$$

Burada,

$I_0$  madde ile etkileşim öncesi radyasyonun şiddeti,

I madde ile etkileşim sonrası radyasyon şiddeti,  
x maddenin kalınlığını,  
 $\mu$  lineer soğurma katsayısı olarak ifade edilir.

Tasarımda kullanılacak betonlar için lineer soğurma katsayıları Tablo 1.de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılacak betonlar için lineer soğurma katsayısı (Kılınçarslan, 2004)

<b>Beton Çeşidi</b>	$\mu_{.662}$
<b>Baritli beton</b>	0.078
<b>Normal Beton</b>	0.048

### 2.3. Zırh Hesabı Yöntemi

Birincil bariyerlerin temel amacı birincil ışık demetlerinden direkt kaynaklanan radyasyonun etkisini azaltmaktır. Diğer amaç ise ikincil radyasyonların bariyerin arkasındaki eşdeğer doz değerini azaltmaktır. Yeterli bir bariyer için eşdeğer doz değerinin P (zırhlama tasarım hedefi)'ni geçmemiş olması gerekir. Radyasyonu kabul edilebilir seviyeye düşürecek olan (birincil bariyer geçiş faktörü) denklem 2.2'de verilmiştir.

$$B = \frac{p.d^2}{W.U.T_0} \quad (2.2)$$

P = Haftalık olarak verilen ve bariyerin arkasından okunan zırhlama tasarım hedefi, eşdeğer doz olarak ifade edilir ( $S_v$  / hafta).

d = Kaynak ile ölçümün yapıldığı nokta arasındaki uzaklık (m).

W = İş yükü veya kaynaktan 1m uzaklıkta soğurulan dozun haftalık değeri ( $G_y$ /hafta)

U = Kullanım katsayısı veya birincil ışın demetini direkt alan bariyerin iş yükü fraksiyonu

$T_0$  = Korunan bölgenin meşguliyet faktörü

Bu durumda gerekli TVL sayısı (n):

$$n = -\log(B) \quad (2.3)$$

Ve bariyer kalınlığı (X):

$$X = n.OTK \quad (2.4)$$

olarak bulunur.

### 2.4. SAP2000 Sonlu Elemanlar Programı

SAP2000 hem çelik, hem de betonarme yapıların boyutlaması için güçlü ve tümüyle bütünleştirilmiş program modülleri sunmaktadır (CSI 1998a, 1998b, 1997). Program kullanıcıya, tümü aynı kullanıcı arabirimi içinde olmak üzere, yapısal modeller oluşturma, değiştirme, çözümlenme ve boyutlama seçenekleri sağlar.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Radyoterapi Merkezinin Zırh Kalınlıklarının Belirlenmesi

Radyoterapi merkezinde kullanılacak değerler;

$$P = 0.02 S_v/\text{week}$$

$$d = 325 \text{ cm. (Döşeme için)}$$

$$d = 375 \text{ cm. (Perde Duvar için)}$$

$$W = 250 \text{ Gray / hafta}$$

$$T_0 = 1$$

$$U = 0.25 \text{ (Döşeme için)}$$

$$U = 1 \text{ (Perde Duvar için)}$$

Tasarladığımız radyoterapi Merkezinin malzemesini betonlar için seçilen  $\mu$  değerlerine göre yapılan zırh hesabı yöntemine göre perde duvar kalınlığı ve döşeme kalınlığını belirlendi. Döşeme kalınlığı hesabı için alınacak değerler aşağıda verilmiştir. Verilen değerlere göre; yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan radyoterapi merkezi boyutlandırılmasında kullanılacak kesit kalınlıkları Tablo 2'de verilmiştir. Beton malzemesi seçimine göre kesit boyutları değişmektedir..

Tablo 2. Radyoterapi merkezi boyutlandırılmasında seçilen kesit kalınlıkları (cm.)

Malzeme	Döşeme kalınlığı	Perde duvar kalınlığı
Normal beton	120	140
Ağır beton	75	90

#### 3.2. SAP2000 Sonlu Elemanlar Programı Analiz Sonuçları

Tasarladığımız radyoterapi merkezini SAP2000 sonlu elemanlar programı ile beton birim hacim ağırlığı 2.5 t/m<sup>3</sup> olan normal beton ve beton birim hacim ağırlığı 3.6 t/m<sup>3</sup> olan ağır beton malzemeleri ile ayrı ayrı çözüm yapılmıştır. Normal beton için

alınan değerlere göre yapılan analizde yapı periyodu Tablo 3’de, kat deplasmanları ise Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Normal betona ve ağır betona göre tasarlanmış yapı periyodu

Yön	x	y	z
Normal beton yapı periyodu (T)	0.0357	0.0332	0.0214
Ağır beton yapı periyodu (T)	0.0411	0.0422	0.0269

Tablo 4. Normal betona ve ağır betona göre tasarlanmış kat deprem deplasmanları

Kat deprem deplasmanı	$\delta x$ (mm)	$\delta y$ (mm)
Normal beton	0.1117	0.0970
Ağır beton	0.1480	0.1910

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada radyoterapi merkezi inşaatlarında malzeme seçiminin mimari tasarımına etkisi araştırılmıştır. İlk olarak bir radyoterapi merkezi mimarisi tasarlanmıştır. Tasarlanan radyoterapi merkezi radyoterapi ünitelerinin zırlamasına ilişkin projede ünitenin ölçekli mimari tasarımında bulunması gereken hususlara göre yapılmıştır. Yaptığımız tasarımda 2 tane radyoterapi ünite odası bulunmaktadır. Bununla beraber çalışanların ve bekleyen hastaların radyasyondan çok etkilenmemesi için soyunma odası, radyoterapiye giren hastaların vücutlarındaki radyasyonu atmaları için hasta bekleme odası, bekleme salonu, radyoloji uzman odası, rapor odası, teknisyen dinlenme odası, arşiv odası, film banyo ve hazırlama odası, tuvaletler ve müraacat 3cm. dilatasyon derzi ile ayrılmış olan ek binaya alınmıştır. Dilatasyon derzi ile ayırmamızdaki sebep radyoterapi ünitesinin bulunduğu bölümün perde duvarlarla çözülmüş olması ve maliyeti düşürmek için diğer bölümlerin ayrılmış olmasıdır. Radyoterapi merkezinin kapısı 25cm. kalınlığında kurşundan yapılmıştır.

Tasarım yapıldıktan sonra zırh kalınlıklarının belirlenmesi için zırh hesabı yöntemi kullanılmış olup zırh kalınlıkları bulunmuştur. Beton malzemesi seçimine göre kesit boyutları değişmektedir. Normal beton olarak seçilen ve tasarlanan radyoterapi merkezi ağır beton olarak seçilen ve tasarlanan radyoterapi merkezine oranla daha büyüktür. Normal beton için perde duvar kalınlığı 140cm., döşeme kalınlığı 120 cm olarak ağır beton için ise perde duvar kalınlığı 90 cm., döşeme kalınlığı 75 cm olarak hesaplanmıştır. Bulunan zırh kalınlıklarına göre SAP2000 sonlu elemanlar programı ile analizleri yapılmıştır. SAP2000 statik analiz programı ile normal beton ve ağır beton için yapı periyodları ve kat deprem deplasmanları bulunmuştur. Normal beton ve ağır beton için bulunan yapı periyodları hemen hemen aynı çıkmıştır. Bulunan kat deprem deplasmanları ise önemsenmeyecek kadar küçük çıkmıştır.

Zırh hesabı yöntemine göre ağır beton perde duvar kesit kalınlıkları, normal beton perde duvar kesit kalınlıklarına göre yaklaşık %50 oranında daha azdır. Bu sebeple perde duvar donatıları normal beton için daha fazla çıkarken ağır beton için daha az sayıda çıkmıştır.

Tasarımını yaptığımız radyoterapi merkezinin hem normal beton ile çözümünde hem ağır beton ile çözümünde kütle merkezi ve rijitlik merkezi neredeyse çakışık çıkmıştır. Deprem kuvveti kütle merkezine etkililir ve buradan sisteme dağıtılır. Bu sebeple radyoterapi merkezinde binanın depreme karşı davranışları düzensizlik oluşturmamaktadır.

Rijitlik merkezi, yapı periyotları ve deplasmanlar gibi yapıyı etkileyecek faktörlerin her iki malzeme için birbirine yakın çıkmıştır ve baritli betona göre tasarım kesit kalınlıklarını azaltması tasarımın baritli betona göre yapılmasının daha emniyetli olacağını göstermiştir. Bu çalışma sonucu; inşaatta ağır beton (baritli beton) seçimi radyoterapi merkezi inşaatını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma SDÜ BAP Proje birimi tarafından 4087 YL1 14 numaralı proje ile desteklenmiştir. Yazarlar SDÜ BAP Proje birimine teşekkür ederler.

#### 6. Kaynaklar

Akkurt, I., Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., and Mavi, B., (2005). The Shielding of  $\gamma$ -rays by

Concretes Produced with Barite, Progress in Nuclear Energy, V. 46/1, pp:1–11.

Algüneş, Ç., 2002. Radyasyon Biyofiziği.1. Basım. Edirne: Trakya Üniversitesi Yayınları No: 51, 59-62.

Daşdağ, S., 2010, "İyonlaştırıcı Radyasyonlar ve Kanser", Dicle Üniversitesi Tıp Fak. Biyofizik Anabilim Dalı, Diyarbakır.

Egeonkoloji, 2015. Ege Onkoloji Radyoterapi Merkezi, <http://www.egeonkoloji.com.tr> 2015, Erişim Tarihi: 01.01.2020

Göksel, S., 1973. Radyasyonun Biyolojik Etkileri ve Korunma, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

Gümüştas, 2015. <http://gumustas.com.tr>, Erişim Tarihi: 01.01.2020.

Güngör, N., 1991. Sağlık Fiziği, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

Kılıncarslan, Ş. 2004. Barit agregalı ağır betonların radyasyon zırlamasındaki özellikleri ve optimal karışımlarının araştırılması. PhD Thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Kılıncarslan, Ş. 2007. Ağır Betonların Radyasyon Zayıflatma Katsayılarının Belirlenmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı. Engineering Sciences, 3(2), 171-180.

Köklü, N., 2006, "Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, s.87.

TEAK, 2014. <http://www.taek.gov.tr> 2014, Erişim Tarihi: 01.01.2020.

Topçu, İ.B, (2003). Properties of heavyweight concrete produced with barite, Cement and Concrete Research. V.815, pp:33–36.