

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KURŞUN MADENİ ATIKLARININ RADYASYON ZIRHLAMA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYDAR ERTAŞ

MART 2014

GÜMÜŞHANE

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KURŞUN MADENİ ATIKLARININ RADYASYON ZIRHLAMA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haydar ERTAŞ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”

Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :21.02.2014
Tezin Sözlü Savunma Tarihi :17.03.2014

MART 2014



KABUL ve ONAY

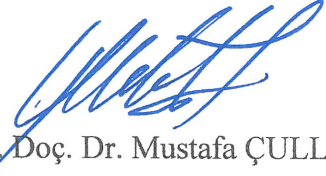


Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU danışmanlığında **Haydar ERTAŞ** tarafından hazırlanan **“KURŞUN MADENİ ATIKLARININ RADYASYON ZIRHLAMA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.


Başkan


Doç. Dr. Necati ÇELİK

Üye (Danışman)


Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

Üye


Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma 13.F5110.02.4 proje kodlu Gümüşhane Üniversitesi BAP projesi ve TÜBİTAK 3501 proje kodu ve 113M317 proje numarası ile desteklenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURŞUN MADENİ ATIKLARININ RADYASYON ZIRHLAMA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Haydar ERTAŞ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

2014, 74 sayfa

Bu çalışmanın amacı; kurşun cevherinin çıkarıldığı madenlerde, içerisindeki kurşun miktarının işlenmesinin ekonomik olmadığı kurşun madeni atıklarından üretilen betonların radyasyon soğurma etkilerinin araştırılmasıdır. Maden atıklarının, barit ve kireç taşı agregaları ile %25, %50 ve %75 oranında yer değiştirilerek C16, C25 ve C35 beton sınıflarında örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan beton örnekler üzerinde taze beton deneyleri, beton basınç dayanımı deneyi ve radyasyon geçirgenlik deneyi yapılmıştır. Taze haldeki beton örnekleri üzerinde yapılan deneylerde karışımda planlanan çökme değerlerinin sağlandığı görülmüş. Maden atıklarının gevşek ve sıkışık birim hacim

ağırlıklarının kireç taşı agregalı betonlara oranla daha yüksek olduğu, bütün beton türlerinde ise gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlığın 100B türü betonlarda en büyük olduğu görülmüştür. C16, C25 ve C35 beton sınıflarında hazırlanan örneklerin üzerinde 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Bütün beton sınıfları ve türlerinde 28 günlük basınç dayanımlarında hedeflenen dayanımlar elde edilmiştir. Maden atığı agregasının barit ve kireç taşı ile yer değiştirmelerinde bütün beton sınıfı ve türlerinde basınç dayanımının arttığı görülmüştür. 20x20x5 cm ebatlarında hazırlanan plaklar üzerinde Cs-137 kaynağı kullanılarak radyasyon geçirgenlik deneyi yapılmıştır. Üretilen beton örnekler üzerinde yapılan deneylerde en iyi soğurmanın 100B içerikli beton örneklerde olduğu görülmüştür. Barit agregası ile kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde ise barit miktarının azalmasına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayısının da azaldığı görülmüştür. Kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde maden atığı agregalarının beton içerisindeki miktarının artışına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayılarının da arttığı görülmüştür.

Sonuç olarak; maden atığının beton karışımına giren agreganın içerisindeki oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Radyasyon soğurma özelliği değerlendirmesinde kurşun maden atığının barit agregaları kadar yüksek oranda radyasyon soğurmamasına rağmen kireç taşı agregalarına göre daha yüksek radyasyon soğurma özelliği göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır beton, Endüstriyel atık, Kurşun madeni atıkları (Pasa), Radyasyon zırlama

ABSTRACT

MS THESIS

**INVESTIGATION OF RADIATION SHIELDING PROPERTIES
OF LEAD MINE WASTE**

Haydar ERTAŞ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa ÇULLU

2014, 74 pages

The main object of this study is to examine the effect of radiation absorption of concrete produced from lead mine waste products which are not economically valuable. From mine waste products, the concrete samples were prepared by replaced barite and limestone aggregates in 25%, 50% and 75% ratios to C16, C25 and C35. Fresh concrete properties, concrete compressive strength and radiation absorption tests were conducted on concrete samples. It was observed from the experiments that the planned slump was

achieved conducted on samples of fresh concrete in state in the mixture. It was also observed that mine waste which are loose and compact in unit weight are higher compared to the limestone aggregate concrete, while in all types of concrete loose and compact unit weight was found to be largest in concrete of 100B type. 3, 7 and 28 days compressive strength tests were performed on C16, C25 and C35 on concrete samples. In all concrete classes and species the targeted in the 28-day compressive strength of resistance were obtained. It was observed that in all concrete classes and types the replace of the barite, mine waste and limestone aggregates increase in compressive strength. On the plates prepared in 20x20x5 cm dimensions, radiation permeability test was conducted on the samples using Cs-137 radioactive source. It was observed from the experiments that the best radiation absorption was obtained in the samples prepared 100B containing concrete. It was observed that the radiation absorption coefficient was decreased with decrease in amount of barite in the samples prepared from the mixture of barite aggregates and limestone. It was also observed that the radiation absorption coefficient was increased with the increase of aggregates in concrete contain mine waste.

As a result, the increase of amount of lead mine waste contain aggregate within the concrete mix has a positive effect on compressive strength depending on the rate of increase. In the evaluation of radiation-absorbing properties, although the lead waste aggregates do not have as high radiation absorption coefficient as the barite aggregates, they show higher radiation absorption coefficients as compared to limestone aggregates.

Keywords: Heavy concrete, Industrial waste, Lead mine waste, Radiation shielding.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Deneyimlerini benimle paylaşan kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT' a, değerli Anabilim Dalı başkanımız Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR'a, Jeoloji mühendisliği öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Alaaddin VURAL' a, Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ' a, Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ'a Fizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Necati ÇELİK'e, Yrd. Doç. Dr. Salih M. KARABIDAK'a ve Giresun Üniversitesi Fizik Bölümü Arş. Gör. Ahmet ÇELİK'e şükranlarımı sunarım.

Çalışmam boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen annem, babama ve aileme, Ertan TUNCER'e, Pınar ERKUŞ'a ve Mustafa ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Maden atıklarının temininde katkılarından dolayı Gümüştaş Madencilik A.Ş.' ne teşekkür ederim.

13.F5110.02.4 proje kodlu BAP projesi ile tezimi maddi olarak destekleyen Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

TÜBİTAK 3501 proje kodu ve 113M317 proje numarası ile maddi olarak destekleyen TÜBİTAK Başkanlığına teşekkür ederim.

HAYDAR ERTAŞ

Gümüşhane, 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	III
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. . GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR.....	1
2.1. Normal Beton	4
2.2. Hafif Beton	4
2.3. Ağır Beton	5
2.3.1. Ağır Agregalar	6
2.4. Radyasyon İle İlgili Temel Kavramlar	12
2.4.1. Atomun Yapısı.....	12
2.4.2. Radyoaktivite.....	13
2.4.3. Radyasyon ve Çeşitleri	14
2.4.4. Radyasyonun Madde İle Etkileşimi.....	18
2.4.5. Radyasyonun Biyolojik Etkileri	22
2.4.6. Radyasyondan Korunma	24
2.5. Çalışmanın Amacı	32
3. MATERYAL VE METOT	33
3.1. Materyal.....	33

3.1.1.	Agregalar	33
3.1.2.	Çimento	37
3.1.3.	Karışım Suyu	38
3.1.4.	Radyasyon ölçüm dedektörü	38
3.2.	Metot	39
3.2.1.	Beton Örneklerinin Üretimi.....	39
3.2.2.	Taze Beton Deneyleri	45
3.2.3.	Sertleşmiş Beton Deneyleri	46
3.2.4.	Radyasyon Soğurma Deneyi	46
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI.....	48
4.1.	Çökme (Slump) miktarı.....	48
4.2.	Taze beton birim hacim ağırlık değerleri	49
4.3.	Basınç dayanımı	51
4.4.	Radyasyon soğurma katsayısı.....	55
5.	TARTIŞMAVE SONUÇ	66
6.	KAYNAKLAR	68
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Hafif Betonların Sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.2. Limonit Görünüm.....	8
Şekil 2.3. Barit Görünüm.....	9
Şekil 2.4. İlmenit Görünüm	9
Şekil 2.5. Hematit Görünüm.....	10
Şekil 2.6. Kolemanit Görünüm.....	10
Şekil 2.7. Manyetit Görünüm	11
Şekil 2.8. Ferrofosfor Görünüm	11
Şekil 2.9. Çelik Saçma ve Parçaları Görünüm	12
Şekil 2.10. Atomun Mikroskopik Görüntüsü	13
Şekil 2.11. Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu.....	15
Şekil 2.12. Fırlatılan iki nötron ve iki protonlu alfa parçacığı	16
Şekil 2.13. Nötronun bozunmasıyla oluşan beta parçacığı.....	17
Şekil 2.14. Atom kararlı hale geçmek için gama radyasyonu yayar	18
Şekil 2.15. Fotoelektrik olay.....	19
Şekil 2.16. Compton saçılmasının şematik gösterimi.....	20
Şekil 2.17. Çift oluşumu.....	20
Şekil 2.18. Bir Işının Madde İle Etkileşimi	21
Şekil 2.19. Pb İçin Gelen Foton Enerjisinin Kütle Azaltma Katsayısı.....	22
Şekil 2.20. Radyasyonun hücreye doğrudan ve dolaylı etkisi.....	23
Şekil 2.21. Radyoaktif trafik	24
Şekil 2.22. Farklı radyasyon türleri için uygun zırh malzemeleri	26
Şekil 3.1. Kireçtaşı agregasının granülometri eğrisi.....	33

Şekil 3.2.	Barit agregasının temin edildiği kara Mustafa köyü jeolojik haritası	34
Şekil 3.3.	Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış barit agregası	35
Şekil 3.4.	Barit agregasına ait difraktometre	35
Şekil 3.5.	Gümüştaş maden sahası jeolojik haritası.....	36
Şekil 3.6.	Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış pasa agregası	37
Şekil 3.7.	NaI sintilasyon dedektörü.....	38
Şekil 3.8.	Sintilasyon dedektörlerin şematik gösterimi	39
Şekil 3.9.	Düşey Eksenli Cebri Karıştırılmalı Mikser	42
Şekil 3.10.	Yapılacak deneysel çalışma için üretilen deney örnekleri	43
Şekil 3.11.	Isı kontrollü kür havuzları	44
Şekil 3.12.	Numune başlıklama cihazı ve yüzeyi düzeltilmiş örnek	44
Şekil 3.13.	Çökme deney düzeneği	45
Şekil 3.14.	Radyasyon testlerinde kullanılmak üzere üretilen plaklar	46
Şekil 3.15.	Radyasyon zırhlama deney düzeneği	47
Şekil 4.1.	Taze betonda çökme (Slump) miktarı	48
Şekil 4.2.	C16 Beton sınıfı taze betonlara ait birim hacim ağırlık değerleri	50
Şekil 4.3.	C25 beton basınç dayanımına ait birim hacim ağırlıkları	50
Şekil 4.4.	C35 beton basınç dayanımına ait birim hacim ağırlıkları	51
Şekil 4.5.	3 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları	52
Şekil 4.6.	7 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları	53
Şekil 4.7.	28 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları	54
Şekil 4.8.	C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	55
Şekil 4.9.	C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	56

Şekil 4.10. C35 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	57
Şekil 4.11. C16 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	58
Şekil 4.12. C25 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	59
Şekil 4.13. C35 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	60
Şekil 4.14. C16 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	62
Şekil 4.15. C25 beton sınıfında pasa-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	63
Şekil 4.16. C35 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi.....	64

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	Beton üretiminde kullanılan Kireçtaşı agregasının Kimyasal özellikleri.....	33
Tablo 3.2.	Barit agregasına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	35
Tablo 3.3.	Maden atıklarına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	37
Tablo 3.4.	Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri	38
Tablo 3.5.	TS 802 referans alınarak kireçtaşı agregası ile üretilen 1m ³ beton için hazırlanmış karışım diyaznı	40
Tablo 3.6.	TS 802 referans alınarak barit agregası ile üretilen 1m ³ beton için hazırlanmış karışım diyaznı	41
Tablo 3.7.	TS 802 referans alınarak maden atığı (Pasa) agregası ile üretilen 1m ³ beton için hazırlanmış karışım diyaznı	41
Tablo 3.8.	Betonun Karışım İşlem Aşamaları	42
Tablo 3.9.	Beton Serilerinin Kodlanması ve Oransal Değişimleri.....	43
Tablo 4.1.	Taze beton çökme miktarları.....	48
Tablo 4.2.	Taze betonda birim hacim ağırlık değerleri	49
Tablo 4.3.	C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri.....	56
Tablo 4.4.	C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri.....	57
Tablo 4.5.	C35 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri.....	58
Tablo 4.6.	C16 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri.....	59
Tablo 4.7.	C25 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri.....	60

Tablo 4.8.	C35 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri	61
Tablo 4.9.	C16 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri	62
Tablo 4.10.	C25 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri	63
Tablo 4.11.	C35 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri	65

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

λ	Bir radyoaktif elementin bozunma sabiti
N_A	Avagadro sabiti
Z	Atom numarası
A	Kütle numarası
α	Alfa taneciği
β	Beta taneciği
p	Proton
P	Bir çekirdeğin proton sayısı
γ	Gama ışını
n	Nötron
N	Bir çekirdeğin nötron sayısı
X	Radyasyon pozundaki değişim
Γ	Kaynağa bağlı gama katsayısı
μ	Toplam doğrusal zayıflatma katsayısı
μ_m	Toplam kütleli zayıflatma katsayısı
keV	Kilo elektronvolt
MeV	Mega elektronvolt
ρ	Yoğunluk
σ	Compton saçılması kısmi zayıflatma katsayısı
τ	Fotoelektrik etki kısmi zayıflatma katsayısı
κ	Çift oluşumu kısmi zayıflatma katsayısı
e	Elektronun yükü
r_0	Klasik elektron yarıçapı
Pb	Kursunun simgesi
Fe	Demirin simgesi
Cf	Kaliforniyumun simgesi
I_0	Engel tarafından zayıflatılmamış radyasyon şiddeti
I	Engel tarafından zayıflatılmış radyasyon şiddeti
DOE	Department of Energy
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
ICRP	International Commission on Radiological Protection
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurum

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varolduğu sũrece barınmaya ihtiyaç duymakta. Bu ihtiyaç ilk zamanlarda mağaradan başlayıp gũnũmũzde ise birbirinden ihtiyaçlı ve gũrkemli çok katlı binalara doğru gitmektedir. Teknolojinin gelişip dũnũřmesi ile bu farklı bir boyut kazanmaktadır. Gũnũmũzde kullanılan en ȳnemli yapı malzemesi olan beton yũzyıllardır insanoğlu için ȳnemli olmuş ve olmaya devam etmektedir.

Beton; agrega, imento, su ve gerektiğinde bazı mineral ve kimyasal katkı maddelerinin birlikte karılmasıyla elde edilen, başlangıçta akışkan olduğu için istenilen kalıbın şeklini kolayca alan, sertleştikten sonra ise yũksek bir dayanıklılık ile belirli bir taşıma gũcũ için gerekli dayanımı sağlayabilen yapay bir yapı malzemesidir (Topçu,2006).

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endũstrinde de ilerlemeler olmuş ve beton ȳretimindeki bu yenilikler beton teknolojisine ȳzel betonlar adı ile girmiştir. ȳzel betonlar, kullanım yerlerine gũre farklı beklentileri karşılamak amacıyla ȳretilen betonlardır. Ağır beton, taşıyıcı hafif beton, yũksek akıcılığa sahip beton, yalıtım ȳzellikli beton bu farklı ȳzelliklerden bazılarıdır. Betona bu farklı ȳzellikleri kazandırmak elbette ki betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerini karışıma ilave etmekle olmaktadır (Kılınçaslan, 2004).

ȳzel beton tũrlerinden bir tanesi de ağır betonlardır. Ağır betonlar, başka kullanım alanları da bulunmakla beraber, bugũn en çok radyasyon yayan tesislerde meydana gelen tehlikeleri ȳnlemek amacıyla kullanılmaktadır. Cisimlerin içine girebilme kabiliyeti yũksek olan nȳtron ışınları ile gama ışınları tehlikelidir. Nȳtron ışınları atom ağırlıkları kũũk olan elementler, gama ışınları ise doğrudan birim kũtlesi yũksek olan malzeme tarafından durdurulmaktadır. Bu suretle ağır betonlar her iki ışına karşı iyi bir yalıtım gũrevi yapmaktadır. Zira bu malzemenin içinde ağırlık itibari ile %50 den fazla miktarda bulunan hidrojen ve oksijen gibi hafif atomlu cisimler nȳtron ışınlarını pratik koşullar altında durdurmaya yeterli olmaktadır. Diğer taraftan bu betonun içinde bulunan ağır agregalar da gama ışınlarının geçmesini engellemektedir. Bu durum ağır betonun radyasyondan korunmak için ideal bir malzeme olduğunu gũstermektedir (Durmuş, vd.,1996).

Gelecekte meydana gelebilecek nükleer savaşlardan ve/veya nükleer santral kazalarından çevreye yayılan radyasyon etkisinden korunmak için sığınak gibi yapılar yapmak ve yapıların kayma-devrilme emniyetlerini daha ucuza sağlamak istekleri ağır betonların üretim ve kullanımının giderek yaygınlaşmasını gerektirmektedir. Oysa Türkiye’de ağır beton üretimine elverişli doğal agrega yatakları, bunların genel jeolojik, petrografik, mineralojik özellikleri ve rezervleri iyi bilinmemektedir. Bu da gelecekte tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de araştırmaların bir kısmının bu alanda yapılmasının önemine işaret etmektedir (Gürsoy,1997).

Gelişen teknoloji ve artan enerji ihtiyacının sonucu olarak ortaya çıkan nükleer tesisler ve nükleer araştırma merkezleri ile tıp alanındaki teşhis ve tedavi aşamasında kullanılan radyasyonun canlılar üzerindeki verdiği tahribatı en az seviyeye indirmek için kurşun kaplamalar ile betondan zırh malzemesi üretilmektedir. Fakat normal birim hacim ağırlıktaki beton ile üretilen zırh malzemesi artan maliyetten dolayı pek tercih edilmemektedir. Bunun yerine daha yoğun bir kompozit malzeme olan ağır beton ile zırhlanma yapılmaktadır.

Zırhlama genel anlamda, radyasyonun meydana gelişini, kaynağından nasıl yayıldığını, malzemeyle nasıl etkileştiğini, geçtiği ortamda nasıl mikroskobik değişimler meydana getirdiğini ve bu değişimlerin ortamı nasıl etkilediğini inceleyen daldır. Radyasyon kaynağı ile insan arasına zırhlama malzemesi konulmasıyla maruz kalınacak doz azaltılır. Zırhlama malzemesinin yoğunluğu ne kadar fazla ise X ve gama ışınlarını zırhlama özelliği de o oranda artar (Shapiro, 1972).

Ülkemizde yapılan maden arama taramaları çalışmalarının artması ile çıkarılan madenlerin cevher oranının %1 veya daha az olması durumunda atıl (pasa) duruma çıkmakta ve atıklar sorun teşkil etmektedir. Yapılan çalışmada Gümüşhane ilinde bulunan kurşun madeninden çıkarılan maden atıklarının (pasa) radyasyon zırh malzemesi olarak kullanılabilirliği hedeflenerek bu atıkların bertarafı ile çevreye vereceği tahribatı azaltmak gerekse bu atıkların ağır beton üretiminde kullanılarak ülke ekonomisine katkı getireceği düşünölmektedir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemelerinin başında beton gelmektedir (Şimşek, 2004). Betonun ilk bulunuşu 18. Yüzyıla kadar uzanmaktadır. İlk betonarme bina 1852 yılında yapılmıştır. Çimentoya ilk patenti ise, aynı yıllarda alındığı tahmin edilmektedir. Betonla ilgili ilk şartnameler ise, 1905 ve 1906 yılında Amerika Birleşik Devletleri ile Almanya'da çıkarılmıştır. Türkiye'de ise ilk betonarme yapı 1920 yılında inşa edilmiştir. Fakat betonun asıl gelişimi II. Dünya savaşından sonraki yıllarda rastlanmaktadır (Güner, 1999).

Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan beton betonarmenin iki temel malzemelerinden biri olmakla birlikte ülkemizde uzun yıllar ilkel yöntemlerle yaygın olarak üretilmiş ancak 1980'li yılların sonlarına doğru hazır beton devreye girmeye başlamıştır. Türkiye'de şu anda 93 milyon m³/yıl hazır beton üretilmekte, bu rakamla Türkiye, Dünya çapında ise Çin ve ABD'den sonra Türkiye hazır beton üretiminde üçüncüdür (Thbb, 2013).

Beton su, çimento, agrega ve gerektiğinde katkı maddesi eklenerek üretilen kompozit bir malzemedir.

Betonu diğer yapı malzemelerinden daha elverişli kılan avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Taze betonun plastik özelliği nedeniyle, istenilen şekil ve boyutlardaki beton elemanlar kolayca üretilebilmektedir.
- Sertleşmiş beton elemanlar yapıdaki yerinde üretilebildiği gibi, bir fabrikada da önceden üretilebilmektedir.
- Beton yerleştirme yöntemlerinde çeşitlilik ve kolaylık bulunmaktadır.
- Sertleşmiş beton oldukça yüksek basınç dayanımına sahiptir.
- Sertleşmiş beton, hizmet gördüğü süre boyunca, çevrede oluşan yıpratıcı etkilere karşı diğer yapı malzemelerinin çoğundan daha dayanıklıdır.
- Beton çelik donatılarla çok iyi aderans gösterebilecek kapasitede özelliğe sahiptir.
- Beton diğer yapı malzemelerine göre ekonomiktir.

- Beton estetik amaçlarla kullanılmaya uygun özellikte bir malzemedir (Erdoğan, 2007).

Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endüstrisinde de ilerlemeler olmuş ve beton üretimindeki bu yenilikler beton teknolojisine özel betonlar adı ile girmiştir. Özel betonlar, kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla üretilen betonlardır. Ağır beton, taşıyıcı hafif beton, yüksek akıcılığa sahip beton, yalıtım özellikli beton, ısıya dayanımı yüksek olan beton farklı özelliklere sahip özel beton çeşitlerinden bazılarıdır.

Beton birim hacim ağırlıklarına göre 3'e ayrılır bunlar şu şekildedir;

1-Normal Beton: 2.000-2.800 kg/dm³

2-Hafif Beton: 700-2.000 kg/dm³

3-Ağır Beton: 2.800 5.000 kg/dm³

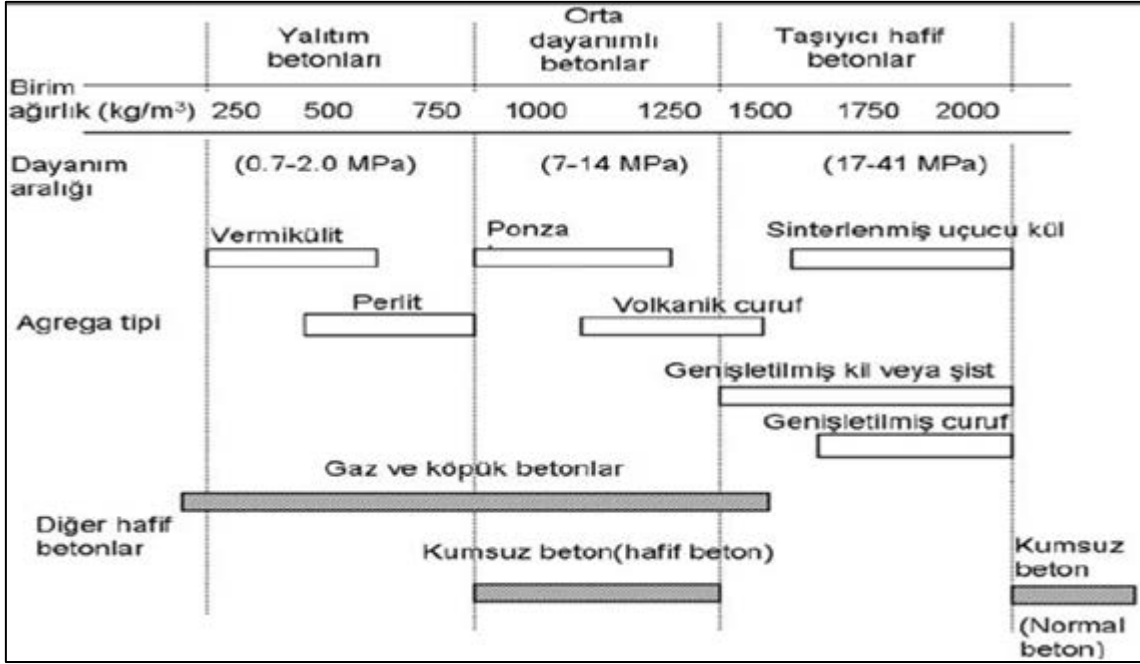
2.1 Normal Beton

Normal doğal taneli agrega ile üretilen ve birim hacim ağırlığı 2000-2800 kg/m³ arasında değişen betonlardır. Normal betonlar önemli bir ayrıcalık özelliği istenmeyen bina inşaatlarında kullanılmaktadır. Normal yoğunluklu agregalar ile üretilmektedir. Maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliklerinden dolayı diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılmaktadır (URL-1, 2012).

2.2 Hafif Beton

Özel beton çeşitlerinden bir tanesi de hafif betonlardır. Hafif Betonlar birim hacim ağırlığı(yoğunluğu) 700-2000 kg/m³ arasında olan betonlardır. Ağırlığı az, yalıtımı yüksek, dayanımı yeterli ve yanmaz bir madde olan hafif beton geleceğin mimarlığı açısından büyük önem taşıyan bir malzemedir. Normal betondan ayrıcalığı, hafifliği ve ısı yalıtımı sağlayan boşlukları bulunmasıdır. Boşluklar, boşluklu agrega kullanılarak (bims veya pomza taşı, genişmiş kil, cüruf, perlit vb.) veya boşluklu iç yapı oluşturularak yada ince harç içinde gaz kabarcıkları oluşturmak yolu ile sağlanmaktadır. Genellikle bu betonlar atık maddeleri değerlendirmek veya yapı elemanında ses, ısı ve hafiflik özelliklerinin arandığı durumlarda yapılan betonlardır (Topçu, 2006).

Hafif betonların sınıflandırmasını Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Hafif Betonların Sınıflandırılması (Minderss, vd., 1981)

Hafif agregalar; doğal, yapay veya organik kökenli oluşlarına ve kırılma, elenme, yıkanma dışında bir işlem görüp görmediklerine göre sınıflandırılabilirler.

Doğal hafif agregalar: kırma ve eleme işleminden başka işleminden geçirilmeyen, tuf (sedimante, volkanik), bims (pomza, süngertaşı), lav cürufu (skorya vb.), diatomit (su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskobik alglerin fosilleşmiş silisli kavkılarında meydana gelmiş bir çökeldir) gibi doğal oluşumlu agregalardır.

Yapay hafif agregalar: Genellikle ısıtma ve bazı hallerde sinterleşme yolu ile elde edilen hafif hücreli ve granüle inorganik elemanlardan meydana gelen yüksek fırın cürufu, genişletilmiş kil, uçucu kül, perlit, obsidyen, vermikülit veya arduvaz maddelerden yapılmış agregalardır (Sancak,2005).

2.3 Ağır Beton

Ağır betonları geleneksel betonlardan ayırt eden en önemli husus; üretiminde kullanılan agregaların farklı oluşudur. Kullanılan agregaların geleneksel agregalara göre daha ağır oluşu bu betonların birim kütlelerinin büyük olmasına neden olmaktadır. (Çetmeli, 1972) İçerisindeki agregaların bir kısmının veya tamamının metal agregalarla değiştirilmiş olduğu, ağır agregalar içeren, etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu) 2800kg/m³'ten daha büyük olan betonlar ağır beton olarak isimlendirilir.

Normal betonlarla kullanılan agrega dışında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır (Topçu, 2000).

Ağır betonların kullanım alanlarını şu şekilde sıralanabilir;

- Hastanelerin ışın tedavi ve radyografi tesislerinde,
- Nükleer enerji santrallerinin koruyucu perdeleri,
- Radyoaktif maddelerin saklandığı ön gerilmeli beton reaktör siloları,
- Elektron depolama devreleri,
- Köprü ayakları,
- Beton ağırlık baraj gövdeleri,
- Askeri mühimmat depo duvarları,
- Askeri sığınaklar,
- İstinat duvarları,
- Su altı petrol boru hatları,
- Petrol sondaj kuyusu çeperleri ağır betonların kullanım alanlarındandır (Yılmaz, 2009).

2.3.1 Ağır Agregalar

Ağır betonları geleneksel betonlardan ayırt eden en önemli husus; üretimlerinde kullanılan ağır agregaların farklı oluşudur. Kullanılan agregaların birim kütlelerinin geleneksel agregaların birim kütlelerine göre daha büyük oluşu ($>2800 \text{ kg/m}^3$) bu betonların birim kütlelerinin geleneksel betonların birim kütlelerinden (2800 kg/m^3) daha büyük olmasına neden olmaktadır. Gerçekten teknik literatürde, birim kütleleri genellikle 2800 kg/m^3 den daha büyük olan betonlar ağır beton olarak adlandırılmaktadır (Gürsoy, 1997).

Davis (1962) çalışmasında çeşitli yoğunluklarda normal, limonit, magnetit, limonit-magnetit, barit ve demir hurdası içeren limonit türü betonlar üreterek enerjileri 1 MeV- 3 MeV aralığında olan gama ısınları ve hızlı nötronlar için zayıflatma katsayılarını incelemiştir. Aynı zamanda bu çalışmada, su/çimento oranının hızlı nötronların yavaşlatılmasındaki etkisi de incelenmiştir.

Callan (1962) radyasyon zırlama özelliklerini araştırmak üzere çeşitli beton türleri üzerinde gama ve nötron ısınları kullanarak çalışmalar gerçekleştirmiştir. Callan, normal, limonit, içeriğinde demir hurdası ve pireks bulunan limonit, magnetit, içeriğinde sadece

demir hurdası bulunan limonit ve barit turu 7 farklı ağır beton çeşidinin radyasyon zayıflatma özelliklerini gama ısınları için bazı enerjilerde simülasyona dayalı olmak üzere, 1-13 MeV aralığında; nötronlar için yine bazı enerjilerde simülasyona dayalı olmak üzere 50 eV-280 MeV enerji aralığında belirlemiştir. Betonların yarı kalınlıklarını hesaplayarak sadece demir hurdası içeren limonit türü betonun, özellikle gama ısınlarına karşı iyi bir zırh malzemesi olabileceği sonucuna varmıştır.

Filiz, vd. (2008) yapılan çalışmada, hematit agregası kullanılarak radyasyona karşı kalkan bir beton üretilmesi amaçlanmıştır. Hematitin farklı oranlarda normal agrega ile %10-20-30-40-50 oranlarında yer değiştirilmesiyle üretilen 12x12x12cm ebatlarındaki plaklar, hematit oranının artması ile betonların γ ışını yutulma katsayılarının arttığı ve hedeflenen minimum basınç dayanımının üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Gençel (2009) yaptığı çalışmada, bor içerikli kolemanitin beton agregası olarak kullanılmasıyla üretilen kolemanit katkılı betonun, fiziksel ve mekanik özellikleri ile birlikte radyasyona karşı bir kalkan olarak kullanılabilirliği fiziksel ve biyolojik yöntemlerle araştırılmıştır. Üretilen betonlarda kalınlık artışı paralel olarak gama ışınlarını zayıflama yeteneği arttığı tespit edilerek kolemanit oranının artmasına paralel olarak gama ışınına karşı zırhlama performansı, betonların yoğunluk ve mekanik özelliklerine paralel azaldığı tespit edilmiştir.

Yılmaz (2009) tarafından yapılan çalışmada, Muş ilinden elde edilen baritin, betonun başta radyasyon geçirgenliği özelliği olmak üzere mekanik ve fiziksel özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Üretilen harç numuneler üzerinde taze beton deneyleri ile beton basınç dayanımı, ultrases, ısı iletkenliklerinin ölçülmesi, radyasyon geçirgenlik gibi sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde yapılan ultrases geçirgenlik deneyinde barit içeriğinin artması ultrases geçiş hızını arttırdığı, yapılan ısı iletkenlik deneyinde üretilen baritli beton ile normal beton arasında kayda değer bir farkın olmadığı, numunelerin radyasyon geçirgenlikleri 100 kV, 150 kV ve 200 kV'lik X ışınları karşısında numune kalınlığı ve barit oranına ters orantıda bir eğri izlemiş, enerji ve malzeme kalınlığı arttıkça geçirgenlik azaldığı tespit edilmiştir. Cs-137 ve Co-60 ısınları ile yapılan ölçümlerde numuneler, kalınlık arttıkça radyasyon geçirgenliklerinin azaldığı sonucuna varılmıştır.

Ayşegül (2010) yaptığı tez çalışmasında ağır betonlarda barit agregası kullanılarak üretilen betonların özellikleri ve betonun radyasyon zırhlamasındaki etkisi incelenmiş. 2

farklı seri beton numuneleri dökülmüş ve işlenebilirliği arttırmak amacı ile %1.5 oranında yeni nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlarda radyasyon soğurma katsayısı tespiti olmak üzere slump, ultrases hızı, schmidt çekici, basınç dayanımları, su emme ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmaya göre barit oranının artışı ile basınç dayanımı artışının paralel olduğu, fakat su/çimento oranındaki değişimin bu artışı etkilediği sonucuna varılmıştır. Üretilen 0,46 s/ç oranına sahip seride 0,50 s/ç oranına sahip seriye göre ortalama %3 soğurma katsayısında artış meydana getirdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak üretilen betonlardaki boşluk oranının azalmasıyla radyasyon soğurma miktarlarının da azaldığı bunun nedeninin düşük özgül ağırlığına sahip taş unu kullanılmasına bağlanılmıştır.

Ağır beton üretiminde kullanılan bazı ağır agregaları ve özelliklerini şu şekilde sıralaya biliriz;

2.3.1.1 Limonit

Sertlik derecesi 5–5.5 olup 3.8-4.3 gr/cm³ özgül ağırlığa sahiptir. Limonit koyu kahverengiden açık sarıya kadar çeşitli renklerde, mat, porselen üzerinde kahverengi - sarı, kahverengi bir çizgi bırakan gevrek bir mineraldir (URL-2, 2012). Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2. Limonit görünüm (URL-2, 2012).

2.3.1.2 Barit

Adının kökeni Yunanca 'da ağır manasındaki baros kelimesidir. Sülfat grubu bir mineral olan barit yüksek oranda baryum sülfat (BaSO₄) içermektedir. Yoğunluğu metalik katkı içermemesine rağmen özgül ağırlığı 4.0-4,6 gr/cm³ gibi oldukça yüksek bir değere

sahiptir (Hanor, 2000). Renksiz, beyaz, bazen sarı ve gri olabilir. Barit, temiz, yumuşak, doğal olarak tepkisiz ve pahalı olmayan bir mineraldir. Türkiye dünya toplam barit rezervinin %2,1'ine sahiptir. Bu rezervler dövülmüş, ufulanmış veya ham, iyi kalitede barit içerir. Barit yatakları Konya, Kahramanmaraş, Muş, Antalya, Gümüşhane ve Kütahya'da yer alır. Türkiye barit rezervi yaklaşık olarak 35.001.304 ton olarak tespit edilmiştir. (MTA,2013; Lacroix, vd., 1982)



Şekil 2.3. Barit görünüm

2.3.1.3 İlmenit

İlmenitin kimyasal formülü $Fe^{+2}TiO_3$, özgül ağırlığı $4,5 \text{ gr/cm}^3$ olan bu ağır agrega, mohs sertliği 5-6, kristal yapısı Hegzagonaldır. Siyah ve opak şekildedir. Hematitten çizgi rengiyle, manyetitten manyetik özelliği ile kolayca ayırt edilebilir. İlmenit birçok magmatik ve metamorfik kayada bulunan aksesuar mineralidir. Kuvars damarlarında, pegmatitlerde ve bazı gnayslarda hematit ve kalkopirit ile birlikte bulunur (Topçu 2000).



Şekil 2.4. İlmenit görünüm

2.3.1.4 Hematit

Hematit 'in kimyasal formülü Fe_2O_3 , özgül ağırlığı $5,26 \text{ gr/cm}^3$ olan bu ağır agrega, mohs sertliği 5-6, kristal yapısı Trigonaldır. Çelik grisi-siyah ve opak şeklindedir. Kırmızı çizgi rengi ve sertliği, kristal şekli ayırıcı özellikleridir. Yaygın olarak bulunan hematit, önemli bir demir mineralidir. Hidrotermal damarlarda ve magmatik kayalarda aksesuar minerali olarak bulunabilir. Volkanik kayalarda, sedimanter kayalarda yaygın olarak oluşabilir (Topçu 2000).



Şekil 2.5. Hematit görünüm

2.3.1.5 Kolemanit

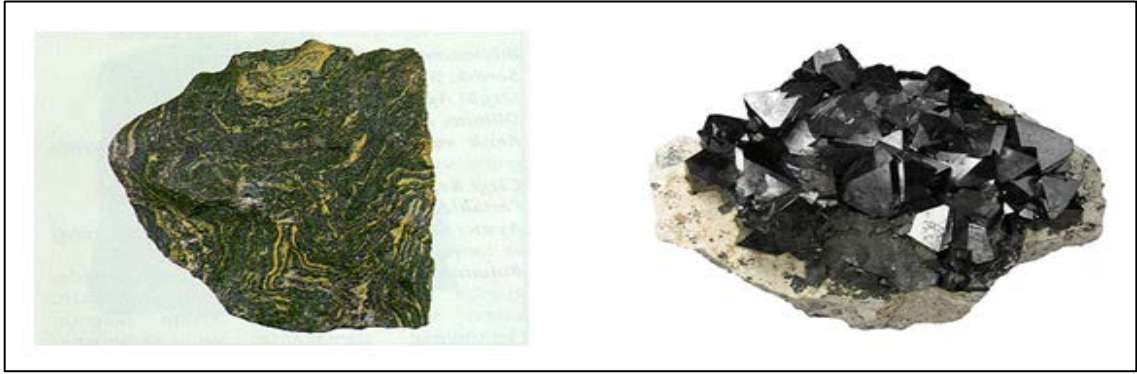
Kolemanit 'in kimyasal formülü $CaB_3O_4(OH)_3H_2O$, özgül ağırlığı 2.42 gr/cm^3 olan bu agrega, mohs sertliği 4.5 kristal yapısı Monokliniktir. Renksiz, beyaz; şeffaf- yarı şeffaf şeklindedir. Kristal formu, mükemmel dilinimi, diğer boratlardan daha sert olması ayırıcı özellikleridir. Kurak iklim bölgelerindeki playa ve tuz göllerinde boraks ile birlikte oluşur (Topçu 2000).



Şekil 2.6. Kolemanit görünüm

2.3.1.6 Manyetit

Manyetit 'in kimyasal formülü Fe_3O_4 , özgül ağırlığı $5.175-5.197 \text{ gr/cm}^3$ olan bu agrega, mohs sertliği 5.5-6.5 kristal yapısı Kübiktir. Demir siyahı, grimsi siyah; opak şeklindedir. Kuvvetli manyetiklik(mıknatıs) özelliği, rengi ve çizgi ve çizgi rengi ile ayrılır. Sülfür yataklarında, metamorfik kayalarda, pegmatitlerde ve değişik magmatik kayalardan oluşabilen bir demir mineralidir. Kontakt ve rejyonel metamorfik kayalarda, yüksek sıcaklıklı hidrotermal damarlarda sıkça rastlanır (Topçu 2000).



Şekil 2.7. Manyetit Görünüm

2.3.1.7 Ferrofosfor

Fosfor üretiminde açığa çıkan bir yan üründür. İşlenmemiş ve saf agrega olarak, radyasyon zırh betonu üretiminde kullanılır. Bu cevher %70 oranında demir içerir. Kaba agrega yaklaşık olarak $5.72-6.8 \text{ gr/cm}^3$ arasında bir özgül ağırlığa sahiptir. Ferrofosfor betonun oluşum zamanını köklü biçimde etkiler, sıkıştırıldığı zaman tehlikeli ve yüksek basınçlı gazlar üretir. Bu nedenle ferrofosfor içeren agregalar kullanılmadan önce mutlaka testten geçirilmelidir (URL-3, 2012).



Şekil 2.8. Ferrofosfor Görünüm

2.3.1.8 Çelik Saçma ve Parçaları

Ağır beton üretiminde kullanılan doğal agregalar dışında yapay olan granül hale getirilerek kullanılan agregalar arasında bulunan çelik saçma ve parçaları ağır beton üretiminde kullanılarak ağır beton üretilmektedir. Özgül ağırlıkları $6.2-7.8 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir.



Şekil 2.9. Çelik Saçma ve Parçaları Görünüm

2.3.1.9 Maden atıkları (Pasa)

Ülkemiz maden arama-tarama faaliyetleri hız kazanmakta ve işletilen maden işletmelerinde atık büyük sorunlar teşkil etmektedir. Çıkarılan madenlerin içeriğindeki cevher oranının az olması durumunda atıl duruma (pasa) çıkmakta ve daha çok dolgu malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Demir ve kurşun gibi özgül ağırlıkları fazla olan mineralleri içermesinden dolayı ağır beton üretiminde kullanılabilirliği ve radyasyon zayıflama kat sayıları hesaplanarak kurşun madeni atıklarının radyasyon zayıflatma etkileri araştırılmaktadır.

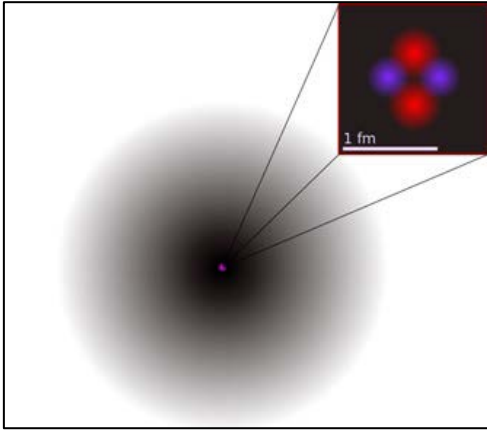
2.4 Radyasyon İle İlgili Temel Kavramlar

2.4.1 Atomun Yapısı

Atom bir kimyasal elementin bütün özelliklerini taşıyan en küçük parçacığdır. Atom sözcüğü her ne kadar “daha küçük parçacıklara bölünemeyen” gibi bir anlam taşısa da, çağdaş bilimde atom “atom altı parçacıkların birleşimi” olarak tanımlanır. Atomdaki üç bileşen elektron, proton ve nötrondur. Bir atomda, çekirdeği saran negatif yüklü bir elektron bulutu vardır. Elektronlar belirli enerji seviyelerinde bulunur ve foton salınımı veya emilimi yaparak farklı seviyeler arasında geçişlerde bulunabilirler. Elektron, elementin kimyasal özelliklerini belirlemesinin yanı sıra atomun manyetik özellikleri

üzerinde de oldukça etkilidir Çekirdekte ise pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşur. Bir atom, sahip olduğu proton ve nötron sayısına göre sınıflandırılır. Atomdaki proton sayısı kimyasal elementi tanımlarken, nötron sayısı da bu elementin izotopunu tanımlar. Her elementin radyoaktif bozunma veren en az bir izotopu vardır. Atomdaki proton sayısı elektron sayısına eşit olduğunda atom elektriksel olarak yüksüzdür. Elektron ve proton sayıları eşit değilse bu parçacık iyon olarak adlandırılır. İyonlar oldukça kararsız yapılardır ve yüksek enerjilerinden kurtulmak için ortamdaki başka iyon ve atomlarla etkileşime girerler (URL-4, 2012).

Bir dış etki olmaksızın kendiliğinden ışımaya yapan atomlara radyoaktif atom, bu tür ışımaya yapmalarına ise radyoaktivite denir. Radyoaktivitenin nedeni çekirdek kararsızlığıdır. Atom çekirdeklerinin kararlı veya kararsız olmaları nötron ve protonların sayısına bağlıdır (URL-5, 2013).



Şekil 2.10. Atomun Mikroskobik Görüntüsü (1Å=100.000 fm)

2.4.2 Radyoaktivite

Radyoaktiviteyi 1896 yılında Fransız fizikçi H. Becquerel keşfetti. Radyonüklidlerin fazla enerjilerini çevreye radyasyon yayarak gidermelerine radyoaktivite veya radyoaktif parçalanma denir.

Bir radyoizotopun aktivitesi onun bozunma oranı olarak tanımlanır. Aşağıdaki bağıntı ile radyoaktif bozunma yasasıyla hesaplanır.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad (2.1.)$$

Formülde;

N: Radyoaktif çekirdek sayısı,

λ : Bozunma sabiti olarak tanımlanır.

Spesifik aktivite (massic activity), bir radyoizotopun birim kütlesi başına ölçülen aktivite olarak tanımlanır. Eğer saf bir radyoizotopun (herhangi başka bir maddeyle karışmamış ise) spesifik aktivitesi ölçülmek istenirse aşağıdaki bağıntıyı kullanmak gerekir.

$$\text{spesifik aktivite} = \frac{\text{aktivite}}{\text{kütle}} = \frac{\lambda N}{NM / A_v} = \frac{\lambda A_v}{M} \quad (2.2.)$$

Formülde;

M: Numunenin moleküler ağırlığı,

A_v : Avagadro sayısı,

λ : Radyoizotopun bozunma sabiti olarak tanımlanır (Çelik, 2010).

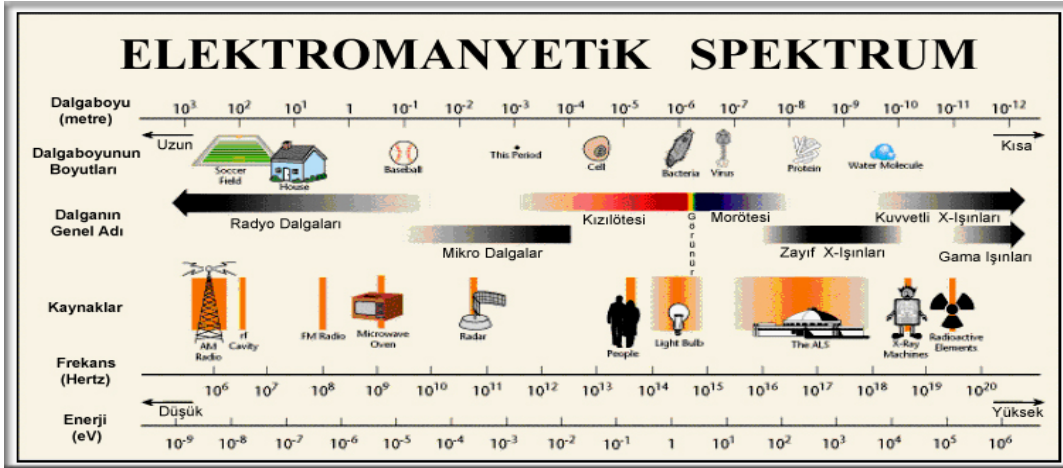
2.4.3 Radyasyon ve Çeşitleri

Radyasyon sözcüğü madde içine nüfuz edebilen ışınlar, yani girici ışınlar anlamında kullanılmıştır. Cinsleri ve kaynakları farklı olan ışınların yegane ortak yönü maddeye, bu arada insan vücuduna nüfuz edebilmeleridir. Çeşitli radyasyonların giricilikleri farklıdır. Fakat belli bir radyasyon türü için giricilik enerji ile ilgili bir özelliktir. Düşük enerjili ışınlar, örneğin görünür ışık girici değildir. Fakat x-ışını ve gama ışını, özellikleri görünür ışıkla tamamen aynı olmakla beraber, giricilik yönüyle ondan ayrılırlar; zira enerjileri yüksek dalga boyları kısadır. Radyasyonlar madde içine nüfuz edip cismi oluşturan atomları iyonlaştırması veya iyonlaştırmaması itibariyle iki sınıfta incelenir. Bunlar: iyonlaştırmayan radyasyon (Elektromanyetik Radyasyonlar) ve iyonlaştırıcı radyasyon (Nötron, proton, alfa, beta tanecikleri, x ışınları ve gama ışınları) olarak bilinir.

Düşük enerjili ya da iyonize olmayan radyasyon ise etkileştiği materyal içindeki atomları yeteri kadar enerjisi olmadığı için iyonize edemez ve sadece uyarmakla yetinir. Mikrodalgalar, görünür ışık, radyo dalgaları, kızılötesi ve (çok kısa dalga boyutları hariç olmak üzere) morötesi iyonize olmayan radyasyona örnektir. Radyoaktif çekirdekler kendiliğinden bozunuma uğrarlar. Radyoaktif bozunma olayında,

radioaktif atomların sayısının yarıya inmesi için geçen zaman “yarılanma süresi” olarak ifade edilir ve her bir radyoaktif atom için bu süre farklıdır (Evans, 1955)

Elektromanyetik spektrum Şekil 2.11’de görülmektedir.



Şekil 2.11. Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu (Tüysüz, 2004)

Radyasyonun çeşitlerini şu şekilde özetliye biliriz;

- Partiküler Radyasyon
 - Alfa parçacıkları (ışını)- α
 - Beta ışını - β
 - Nötronlar- N
- Elektromanyetik Radyasyon(Fotonlar)
 - X- ışınları -X
 - Gama ışını - γ

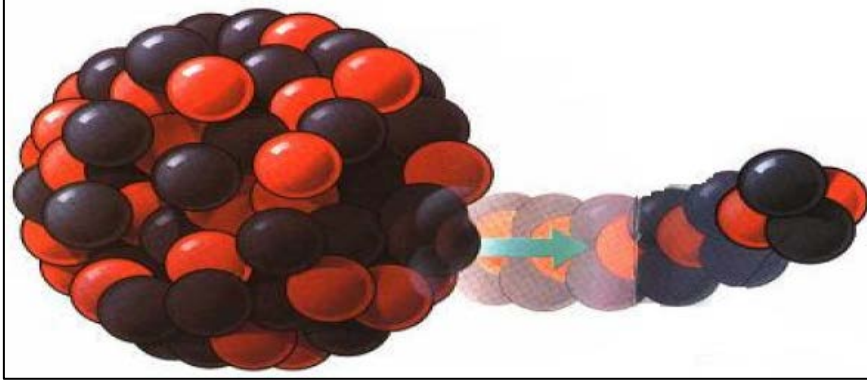
2.4.3.1 Partiküler Radyasyon

a-) Alfa parçacıkları(ışını)

Atomun çekirdeğinde meydana gelen reaksiyonlardan kaynaklanır. Elektronlardan 7300 kez daha ağırdır. Atom numarası 83’den büyük olan elementlerde doğal olarak meydana gelir. Alfa ışınları, çift yüklü (++) ve düşük hızlı (büyük kütlelerinden dolayı) olmalarından dolayı kısa mesafelerde enerjilerini kaybederler. Bir alfa ışını 1cm’ lik havada 1000 iyonizasyon yapar. Güçlü alfa parçacığının havadaki kat ettiği mesafe 10 cm’dir. Daha yoğun materyallerde bu oran daha düşüktür. Bir kâğıt yaprağı tarafından durdurulabilirler. İnsan derisinin dış yüzünde bulunan ölü tabakayı geçemediklerinden

eksternal (vücut dışı) bir tehlike değildirler. Fakat inhalasyonla vücut içine alındıklarında küçük doku volümlerinde büyük zararlı etki meydana getirirler (Lombardi, 1999).

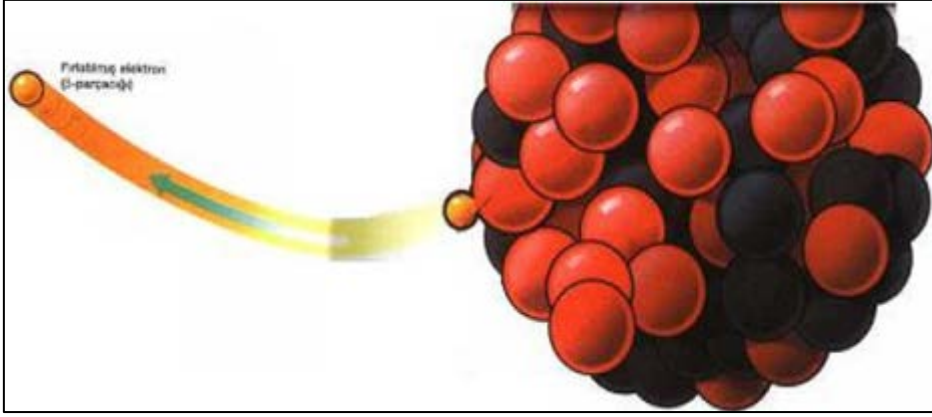
Fırlatılan iki nötron ve iki protonlu alfa parçacığının şematik gösterimi Şekil 2.12’de görülmektedir.



Şekil 2.12. Fırlatılan iki nötron ve iki protonlu alfa parçacığı

b-) Beta ışını

Çekirdekten salınırlar ve elektrona eşdeğer bir kütleyle sahiptirler. Beta ışınları pozitif (pozitron) veya negatif (negatron) yüklü olabilirler. Daha düşük kütlesi, daha hızlı ve tek yüklü olmaları nedeniyle beta parçacığının hava ve dokudaki oranı alfa ışınına göre daha yüksektir. Ortalama bir enerjiye sahip beta ışının havadaki oranı 3m dir. Beta ışını çekirdeğe yakın geçtiğinde, çekirdeğin pozitif yükü ile etkileşime girer, ani hız kaybına uğrar ve sahip olduğu kinetik enerjiyi “bremsstrahlung radyasyon“ olarak bilinen x-ışını şeklinde salınır. Bu tür radyasyon büyük atom numaralı maddelerle etkileşimlerde daha fazla meydana geldiğinden beta ışınından korunmak için düşük atom numaralı maddeler tercih edilmelidir. Beta ışını yeterli enerjiye sahip olduklarından hem vücut içi (internal) hem de eksternal tehlikelidir. Eksternal radyasyon kaynağı özellikle cilt ve göz için büyük tehlike oluşturmaktadır. Şekil 2.13’de şematik olarak görülmektedir (Lombardi, 1999).



Şekil 2.13. Nötronun bozunmasıyla oluşan beta parçacığı

c-) Nötronlar

Çekirdeklerin yapısında yer alan nötronların, hafif elementlerinin α -ışınları ile bombardıman edilmesiyle gelişen reaksiyon sonucu oluştuğu, 1932 yılında James Chadwick tarafından bulunmuştur. Nötronun kütlesi, atom çekirdeğindeki artı yüklü protondan biraz daha büyüktür. Nötronlar kozmik ışınların bir bileşeni olmasının yanı sıra genellikle yapay olarak üretilir. Nötronlar elektriksel olarak yüksüz parçacıklar olmaları nedeniyle çok girici olabilirler ve madde veya doku ile etkileştiklerinde beta veya gama radyasyonlarının yayınlanmasına neden olurlar (TAEK, 2009).

2.4.3.2 Elektromanyetik Radyasyon (Fotonlar)

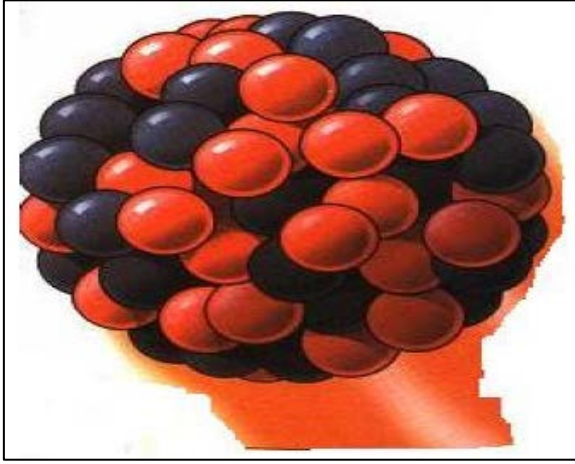
a-) X- ışınları

X-ışınlarını, Röntgen 8 Kasım 1895'te keşfetti. Röntgen bu ışınların ne olduğunu anlayamadığı için bilinmeyen manasında "X" olarak adlandırmıştır. Bir elektron demetinin çok hızlı yavaşlatılması ile üretilen ve gama radyasyonuna benzer yüksek enerjili fotonlardır. Bunlar da gama ışınları gibi yüksek enerjili girici ışınlar olup, gamalardan tek farkları atom çekirdeklerinden değil, atomların iç elektron kılıfından salınmalarıdır.

b-) Gama ışını

Gama ışınları atomun çekirdeğinde oluşur. Atom çekirdeğinin bozunumu sırasında çekirdekten salınan elektromanyetik dalgalardır. Gamma ışınması sürdüren bir çekirdekte atom kütle numarası ve atom numarası değişikliğe uğramaz. Işık hızıyla hareket eden gama ışınlarının enerjileri çok yüksek olduğundan madde ile etkileşime girene kadar epeyce yol alırlar. Bu ışınlar çok girici özeliğe sahip olduklarından durdurmak için oldukça kalın

beton veya kurşun bloklar kullanmak gerekir. Şematik gösterimi Şekil 2.14 'de görülmektedir(Lombardi, 1999).



Şekil 2.14. Atom kararlı hale geçmek için gama radyasyonu yayar

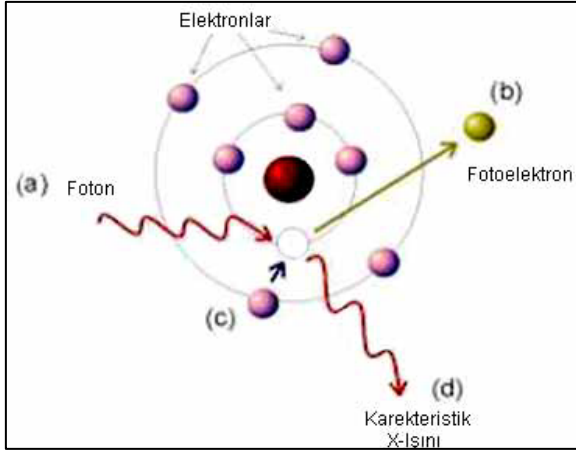
2.4.4 Radyasyonun Madde İle Etkileşimi

Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde rol oynayan en önemli üç olay;

- Fotoelektrik Olay
- Compton Saçılımı
- Çift oluşumu olaylarıdır

2.4.4.1 Fotoelektrik Olay

Düşük enerjili bir foton genellikle içinden geçtiği ortamdaki atomların K veya L yörüngesindeki bir elektrona bütün enerjisini vererek onu pozitif yüklü çekirdeğin bağlayıcı kuvvetinden kurtarır. Dışarıya fırlatılan bu elektrona fotoelektron denir. Bu olayın şematik gösterimi Şekil 2.15'de görülmektedir. Bu olay neticesinde oluşan elektron boşluğu dış yörüngedeki başka bir elektron tarafından doldurulur ve bu sırada X ışını yayımlanır. 0.5 MeV' den daha küçük enerjili fotonların ağır elementler tarafından soğurulmasında bu olay oldukça önemlidir (Tüysüz, 2004).

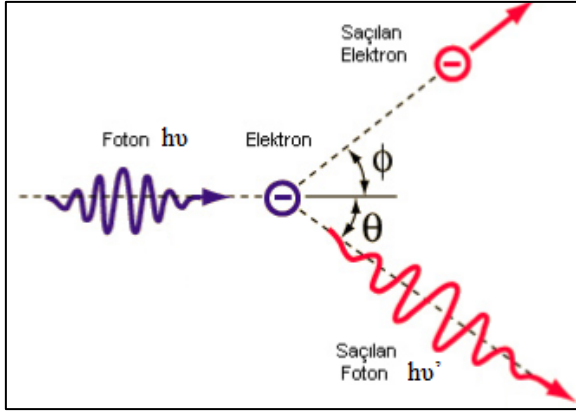


Şekil 2.15. Fotoelektrik olay (Tüysüz, 2004)

2.4.4.2 Compton Saçılması

Atoma gevşek olarak bağlanmış bir dış yörünge elektronu, enerjisi kendisine kıyasla çok daha büyük olan bir fotonla çarpışması sonucunda meydana gelen olaya Compton Saçılması denir. Compton saçılması gama ışınlarıyla soğurucu atomun çok zayıf bağlı elektronu arasında gerçekleşen bir etkileşim türüdür. Compton saçılmasında gelen foton, elektronla etkileştikten sonra (elektrona belli bir oranda enerji transfer edilir) geliş yönünden θ açısı kadar saçılır. Enerjik olarak bütün açılarda saçılma gerçekleşebileceğinden, elektrona transfer edilen bu enerji sıfırdan, çok büyük oranlara kadar değişebilir. Elektron kütleli bir parçacık olduğu için fotonun bütün enerjisini absorblaması momentumun korunumu gereği mümkün değildir. Dolayısıyla foton, enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır saçılıma uğrayarak yoluna devam eder. Foton ile elektron arasında oluşan açı fotonun enerjisine bağlıdır (Tüysüz, 2004; Çelik, 2010).

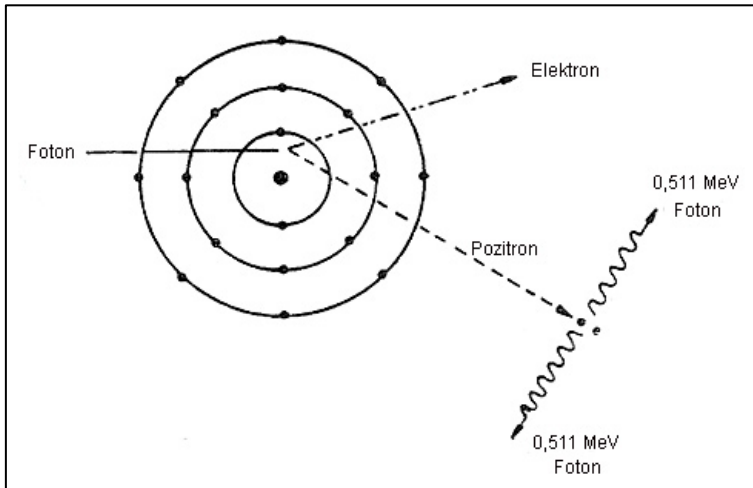
Compton Saçılmasının Şematik Gösterimi Şekil 2.16'da görülmektedir.



Şekil 2.16. Compton saçılmasının şematik gösterimi (Tüysüz, 2004)

2.4.4.3 Çift Oluşumu

Eğer gama ışını enerjisi, elektronun durgun kütle enerjisinin iki katını (1.02 MeV) aşarsa, çift oluşum olayı enerjik olarak mümkün hale gelir. Fakat pratikte bu enerjinin birçok MeV olduğu durumlarda ancak çift oluşum olayı gözlenir. Bu yüzden bu etkileşim olayı ancak çok yüksek enerjili fotonlar için olası bir etkileşim biçimidir. Çekirdeğin Coulomb alanıyla etkileşim sonucu foton kaybolarak yerine bir elektron-pozitron çifti oluşturur. Daha sonra pozitron soğurucu atomun dış kabuk elektronlarından biriyle etkileşerek yok olduğundan, yok olma fotonları bu etkileşimle beraber yayınlanır. Şekil 2.17’de çift oluşum olayı şematik olarak gösterilmiştir. (Çelik, 2010).

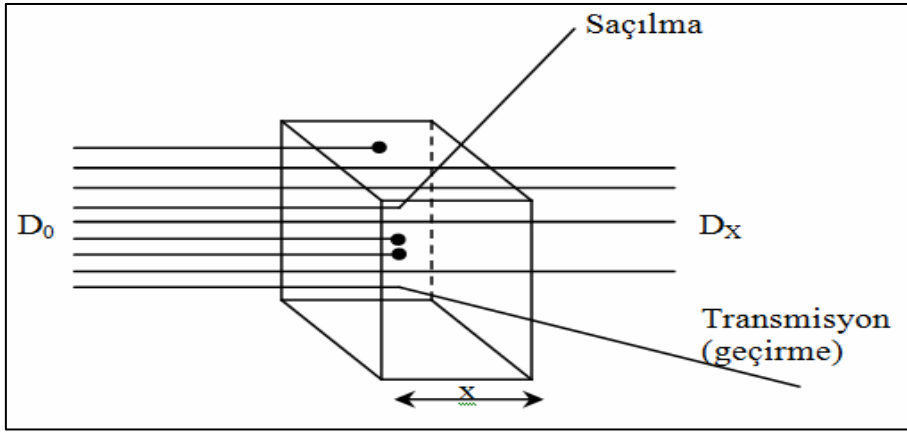


Şekil 2.17.Çift oluşumu (Tüysüz, 2004)

2.4.4.4 Gama Işınlarmın Soğrulması

İnce bir demet şekline kolime edilmiş gama ışınları, değişik kalınlıklarda soğurucu bir madde içinden geçtikten sonra bir dedektör üzerine düşürüldüğü zaman sonuç basitçe

exponansiyel olan bir azalma şeklinde gözlenecektir Şekil 2.18. Her bir etkileşim, demet içinde bir miktar gama fotonunu, belli bir ihtimaliyet dâhilinde gerçekleşen soğurma veya saçılma şeklinde dedektöre gitmesini engelleyecektir. Bu ihtimaliyetlerin her birinin toplamı, birim kalınlık başına toplam soğrulma ihtimaliyetini verir ve lineer soğurma katsayısı olarak tanımlanır.



Şekil 2.18. Bir ışının madde ile etkileşimi (Chandra,1998)

I şiddetindeki gamma ışını demetinin Δx kalınlığındaki madde tabakasına nüfuz etmesi durumunda. Bu madde tabakasından geçen gamma ışınları üstel soğurma kanununa uyacaktır. Şiddetteki değişme, gelen demetin şiddeti ve madde kalınlığı ile doğru orantılıdır. I şiddetiyle Δx kalınlığındaki madde üzerine dik olarak gelen foton demetinin şiddetindeki ΔI değişimi;

$$\Delta I = - \mu I \Delta x \quad (2.8.)$$

olur. Burada μ orantı sabiti olup, lineer azaltma katsayısı olarak bilinir. Verilen soğurucu madde için μ , gelen foton enerjisine göre değişir. (-) işareti şiddetin artan kalınlık ile azaldığını gösterir. Böylece homojen bir demet için μ sabit olup, madde tabakasından çıkan gamma fotonunun şiddeti,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.9.)$$

olarak bulunur. Burada I soğurucudan geçen demetin şiddeti, I_0 soğurucuya gelen demetin şiddeti, μ lineer azaltma katsayısı ve x maddenin kalınlığıdır.

Bir madde ile fotonun enerjisine bağlı olarak etkileşmesi üç farklı şekilde olduğundan lineer soğurma katsayısı (μ) bu üç etkileşmenin toplamıdır.

$$\mu = \tau + \sigma + K \quad (2.10.)$$

Formülde;

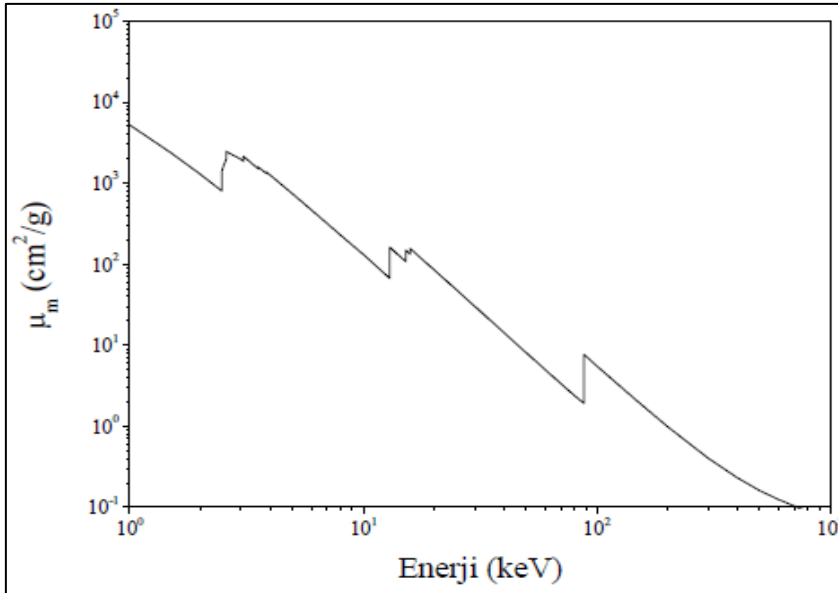
τ = Fotoelektrik soğurma katsayısını,

σ = Compton soğurma katsayısını,

K = Çift oluşumu soğurma katsayısını göstermek üzere üç ayrı enerji kaybetme olayının soğurma katsayılarının toplamına eşittir. Lineer soğurma katsayısının soğurucunun özgül ağırlığına bölümü ile kütle soğurma katsayısı (μ_m) elde edilir (Krane,2011; Çelik,2010)

$$\mu_m = \mu / \rho \quad (2.11.)$$

Kurşun elementi için kütle azaltma katsayısı Şekil 2.19'da görülmektedir.



Şekil 2.19. Pb için gelen foton enerjisinin kütle azaltma katsayısı (Gerward vd., 2001)

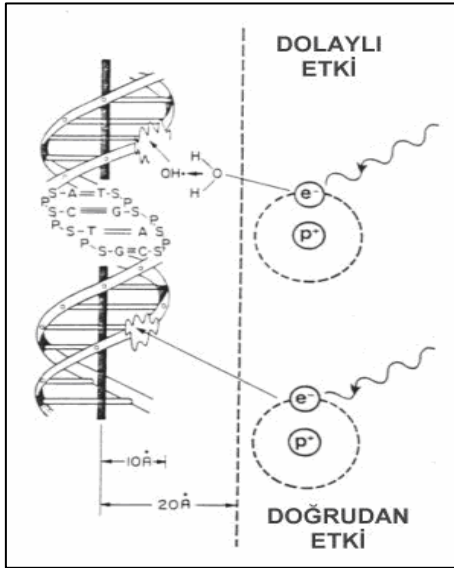
2.4.5 Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Yeryüzündeki tüm canlılar ve cansızlar havada, suda, toprakta ve hatta kendi vücutları içerisindeki doğal radyasyon kaynakları ve bunlara ek olarak insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının her an ışınımına maruz kalmaktadırlar (TAEK, 1999).

Radyasyonun insan sağlığı üzerinde yaratabileceği zararlı etkiler uzun zamandır bilinmektedir. Bu etkiler radyasyon yanıkları, radyasyon hastalıkları, doğal ömür süresinin kısalması, kanser ve kalıtsal bozukluklardır. İnsanlar günlük yaşamda yıllık 2-3 mSv çevresel radyasyon dozuna maruz kalırlar çok büyük miktarlarda radyasyon dozuna maruz

kalınması halinde ise ani ölümlere bile rastlamak mümkündür (Coşkun, 2011; Özden vd., 2006).

Radyasyon insan bedenini oluşturan tüm maddelerle etkileşime girerek onların doğal yapılarında ve hücreyi oluşturan tüm temel elemanlarda değişikliklere neden olur. Bu etki Şekil 2.20’de görülmektedir. Bunu ya direkt kritik bir hedefe isabetle ya da hedefin içinde bulunduğu ortamı fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğratarak yapar. Hedefi direkt vurarak hasara neden olması birincil etkisidir. Hedefin içinde bulunduğu ortamda iyonizasyona neden olarak tehlikeli kimyasallar oluşturması veya ısı artışı ile hücrenin yapı elemanlarına zarar vermesi de ikincil etkisidir. Vücudumuzun % 80-90’ı sudan oluşmaktadır keza hücrelerimizin de %80-90’ı sudan oluşmaktadır. Yani su molekülleri olan hidrojen ve oksijenden oluşmaktadır. Radyasyon, hücrelerimiz içindeki suya nüfuz ettiğinde, iyonize edici özelliğinden dolayı suyun hidrojen ve oksijeni ayrıştırıp iyon haline getirmektedir. Daha sonra iyon halinde gezinmekte olan H^+ ve O^- , hücrelerde tahribat yapıcı, metabolizmik faaliyetleri ve bölünmeyi önleyici H_2O_2 , HO_2 gibi zararlı bileşikler oluşturur. Bu zararların meydana gelmesi için tespit edilebilmiş bir alt sınır doz değeri yoktur. Her miktar radyasyon DNA’ya zarar verebilir (Şaşkın, 2009, Moore, 2002).

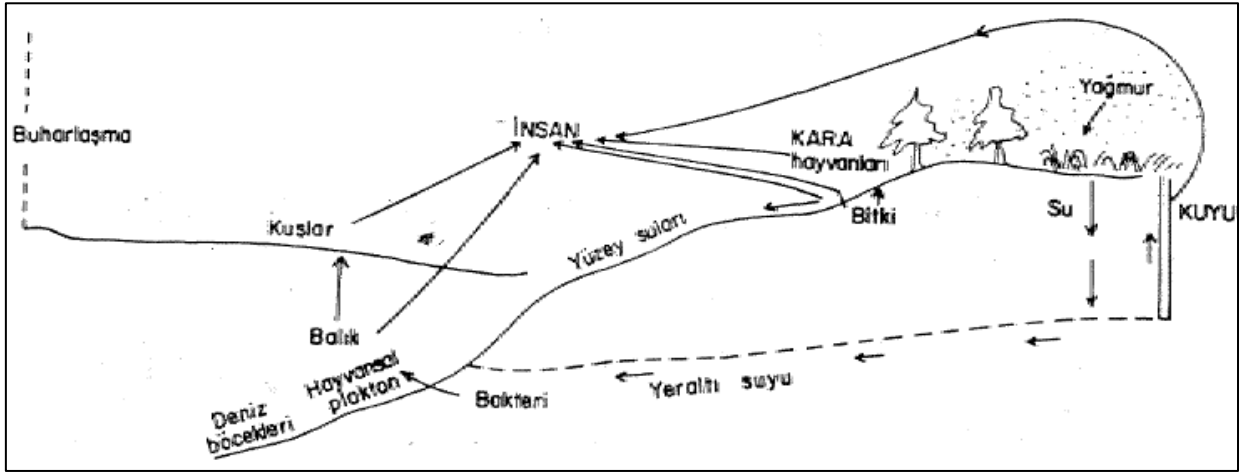


Şekil 2.20. Radyasyonun hücreye doğrudan ve dolaylı etkisi (Hall, 1988)

Diğer bir radyasyon kaynağı ise uzaydır. Uzayda saniyede yaklaşık 300.000 km gibi çok yüksek hızlarla hareket eden bu ışınlar kolaylıkla insan vücuduna nüfuz edebilir ve vücudu oluşturan biyolojik hücrelere hasar verebilirler. Ozon tabakasındaki incelme, yeryüzüne UV radyasyon (özellikle UV-B radyasyon) düzeyinde artışa yol açmakta ve

buda biyolojik ve kimyasal süreçleri olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle elektrik yüklü ısınlar saniyenin binde biri gibi çok kısa süre içinde hücre moleküllerini parçalayıp iyonlarına ayrıştırabilirler. Bununla birlikte, etrafta bulunan diğer hücreleri de fizyolojik görevlerini yapamaz duruma getirebilirler. Bütün bunların sonucunda radyasyona maruz kalan bir hücre ya ölür veya işlevini yitirir. Aslında az sayıda hücrenin ölmesi önemli değildir. Çünkü normal yaşamda yıpranan hücrelerin ölümü ve yerlerine yenilerin doğması doğaldır. Ancak, yüksek radyasyon sonucu çok sayıda hücrenin aniden ölmesi veya normal çalışmasının bozulması canlının sağlığını önemli ölçüde etkileyecek bir olaydır (Kıpçak, 2009; Kudish, 2000; Kerr, 1993).

Radyasyonun havadan, sudan ve yediğimiz besinlerden canlıya zarar verdiği radyoaktif trafik Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2.21. Radyoaktif trafik (Erden, 1992)

2.4.6 Radyasyondan Korunma

Dünya genelinde yılda 1.6 milyar radyolojik tetkik, 24 milyon nükleer tıp ve 5 milyon radyoterapi uygulaması yapılmaktadır. Ülkemizde de özellikle son yıllarda tıbbi alet ve girişimsel radyolojik girişimsel cihaz sayısında hızla artış olmuştur. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) envanterindeki verilere göre, ülkemizde 2011 itibarıyla 12383 tıbbi radyoloji cihazı ve 4152 diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazı ile 251 adet radyo terapi cihazı bulunmaktadır. Ayrıca, açık kaynakların kullanıldığı 366 adet nükleer tıp laboratuvarı FDG (florodeoksiglukoz) üretimi yapan 12 tesis bulunmaktadır. Öte yandan 679 endüstriyel radyografi/ radyoskopi cihazı, 3091 adet sabit nükleer ölçüm cihazı ile güvenlik amacı ile kullanılan 2762 adet paket/ bagaj kontrol cihazı ile 10 adet tır tarama

sistemi bulunmaktadır. Radyasyonun günlük hayatta kullanılmasına paralel olarak yaydığı radyoaktif ışınlarda artmaktadır.

Radyoaktif ışınlar ve parçacıklar dokuya zarar verdikleri için kanserojen etki gösterirler. Bilindiği gibi nötron parçacığı, X ve gama (γ) ışınları radyasyon türleri madde içerisinde ilerleyebilme kabiliyetine sahiptirler. Ayrıca madde ile atomik ve çekirdek seviyesinde reaksiyona girebilirler. Bu sebeple bu radyoaktif parçacık ve ışınların bir şekilde madde içerisinde durdurulması gerekir. X ve gama (γ) ışınları yoğunlukları yüksek malzemelerle durdurula bilinirken, nötronlar ise hafif elementlerle durdurula bilinir. Radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınlardan özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve γ ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda ağır betonlarla zırlama yapılmaktadır (Demir, 2009; Akyüz, 1977).

Zırlama genel olarak, radyasyonun meydana gelişini, kaynağından nasıl yayıldığını, malzemeye nasıl etkiletiğini, geçtiği ortamlarda nasıl mikroskobik değişimler meydana getirdiğini ve bu değişimlerin ortamda nasıl etkilendiğini inceleyen daldır. Maruz kalınacak radyasyonun dozu, radyasyon kaynağı ile insan arasında zırlama malzemesi konulmasıyla azaltılabilir. Zırlama malzemesinin yoğunluğu, X ve gama ışınlarının zırlama özelliğini artırır. Radyasyon, etkisinde kalma süresine, şiddetine ve etkisinde kalan vücut bölgesine bağlı olarak, hücreyi parçalayabilir, zarar verebilir. Radyasyondan korunmanın üç temel kuralı vardır. Bunlar; zaman, mesafe ve zırlama kuralıdır (Shapiro, 1972).

2.4.6.1 Mesafe Faktörü

Noktasal kaynaklardan yayınlanan radyasyon şiddetleri kaynaktan olan uzaklığın karesiyle azaldığından, uzaklık iyi bir korunma aracı olmaktadır. Örneğin; doz hızı 1 m de 100 mR/s ise, 10 m deki doz hızı 1 mR/s dir.

Bir radyasyon alanının şiddeti kaynaktan olan uzaklık arttıkça azalır. r yarıçaplı bir kürenin merkezinde saniyede n adet foton yayınlayan bir nokta kaynak varsa, kürenin yüzeyindeki akı kaynaktan olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.

$$F = \frac{n}{4\pi r^2} \text{ foton.cm}^{-2}.\text{s}^{-1} \quad (2.12.)$$

Bu kanun ters kare kanunu olarak bilinir. Kaynağın boyutlarının kaynakla söz konusu nokta arasındaki uzaklık ile karşılaştırıldığında ihmal edilecek kadar küçük olması

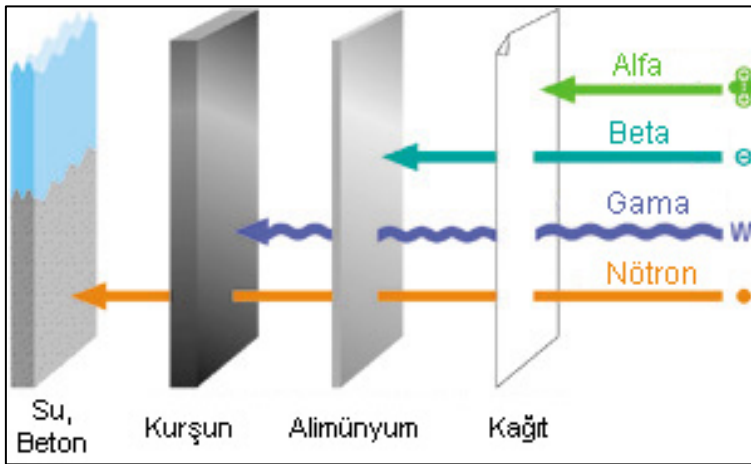
yani kaynağın nokta kaynak olması halinde geçerlidir. Belirli bir uzaklıkta ki doz hızı değeri biliniyorsa boşluk veya havadaki başka bir uzaklık için doz hızı değeri uzaklıkların kareleriyle ters orantılı olarak hesaplanır (Demir, 2009).

2.4.6.2 Zaman Faktörü

Radyasyon dozu miktarı radyasyon kaynağının yanında geçirilecek süre ile orantılı olarak arttığından kaynak yakınında mümkün olduğunca kısa süre kalınmalıdır. Radyoaktif kaynağın ve cihazın yanında ne kadar kısa sürede kalınırsa alınan doz o kadar az olacaktır. Radyasyon işçisinin, iyi planlanmış bir çalışma programını önceden yaparak, radyasyon bölgesinde mümkün olan en kısa surede işlemlerini bitirmesi esastır (Algüneş, 2002).

2.4.6.3 Zırhlama Faktörü

Dış radyasyon tehlikelerinden korunmanın en etkin yöntemi zırhlama olup radyasyonun şiddetini azaltmak için radyasyon kaynağı ile kişi arasına uygun özelliklerde koruyucu engel konulmalıdır. Zırhlama beton, çelik, kurşun gibi koruyuculuğu yüksek materyal kullanılarak yapılabilir. Alfa, beta nötron ve gama ışınlarının Penetrasyon dereceleri arasındaki farklılık Şekil 2.22’de görülmektedir.



Şekil 2.22. Farklı radyasyon türleri için uygun zırh malzemeleri (Tüysüz, 2004)

Zırhlama hesaplamaların yapılmasında malzemelerin belirli radyasyonlara karşı gösterdikleri yarı tabaka kalınlığının ölçülen değerleri kullanılarak yapılır. Farklı radyasyonlar için kullanılan zırhlama maddeleri ve zırhlama işlemleri birbirinden farklıdır (Yülek, 1992).

Gürsoy (1997) yaptığı çalışmada doğu Karadeniz bölgesi doğal ağır agregalarından biri olan barit agregasıyla üretilen ağır betonun geleneksel bir betonla karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda farklı su/çimento oranıyla üretilen betonların üzerinde fiziksel mekaniksel ve ısı özellikleri normal beton ile mukayese edilmiştir. Çalışmaya konu olan ağır betonun ısı iletkenlik katsayısı geleneksel betonunkinden %30 civarında daha küçük olduğu vurgulanmakta fakat bunun teknik literatürle çelişen bir durum olduğunun sebep olarak ise ısı iletkenliğinin birim kütle ile birlikte agrega petrografik yapısına da kaynaklandığı ileri sürülmekte olduğu vurgulanmıştır.

Osma (2002) yaptığı çalışmasında normal agrega ve baritli agrega olmak üzere iki çeşit agrega kullanılarak 250, 300 ve 350 dozaj miktarında çimento kullanılarak 6 seri beton numuneler üretilmiş, üretilen bu beton numuneler üzerinde fiziksel ve mekaniksel deneyler yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada agrega deneyleri, taze beton deneyleri ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Yapılan beton deneyleri sonucunda 300 doz ve altındaki çimento miktarlarında, taze betonun işlenebilirliği oldukça düşürdüğü ve buna olarak basınç dayanımlarında da istenilen mukavemetin verilmediği tespit edilmiştir.

Köklü (2006) yaptığı derleme çalışmasında radyasyonla ilgili temel bilgiler yer verilerek radyasyonun insan sağlığına üzerine etkileri anlatılmıştır. Bu bilgiler ışığında radyasyonun tıpta nerelerde kullanıldığı hakkında bir literatür çalışması yapmıştır.

Başığit, vd. (2006) yapılan bu araştırmada; radyasyon zırhlanmasında yapı malzemelerinin özellikleri malzemeler ile olan etkileşiminin ifadesi olan radyasyon tutuculuk katsayısı (μ); cam, normal beton, baritli beton, düşük karbon çeliği, ahşap gibi yapı malzemeleri için 10keV ile 100 GeV geniş enerji aralığında hesaplanmış. Hesaplanan μ değeri, yüksek ve düşük enerji bölgelerinde önemli değişimler gösterirken, orta enerji bölgelerinde ise aynı değişimi göstermemiştir.

Ayşe (2006) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında 0.001 Mev ile 10000 Mev enerji aralığında beton barit agregalı ağır beton ve kurşun malzemeleri için zırh kalınlığı hesaplama programı delphi programlama dili kullanılarak zırh kalınlıkları hesap programı oluşturulmuştur. El ile çözülen örnekler ile karşılaştırılmış ve aynı değerlerin tespiti sağlanmıştır.

Karakuza (2007) yaptığı çalışmada bazı beton türlerinin radyasyon zırhlama katsayıları ölçülmüş ve bu betonların kimyasal etkilerle radyasyon soğurma özelliklerinin

nasıl değiştirdiği araştırılmıştır. Bunun için 3 farklı tipte beton serisi üretilmiş, üretilen bu numuneler değişik oranlarda normal agrega ve barit kullanılarak elde edilmiştir. Kimyasal etkilerin betonların radyasyon soğurma katsayısına olan etkilerinin araştırılması için sülfürik asit 5 farklı pH değeri ile yapılan deneylerde bu betonların kimyasal etkilerle radyasyon soğurma kapasitelerinin zamanla azaldığı tespit edilmiştir.

Kılınçaslan, vd. (2007) yapılan bu araştırmada; belli oranlarda barit ve normal agrega kullanılarak üç farklı dayanımda betonlar üretilmiştir. Elde edilen beton serilerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile radyasyon soğurma katsayıları bulunmuştur. Yapılan çalışmada baritin basıncı dayanımının ve aşınma kaybının standart değerlerin altında kaldığı ve barit agregalı betonların basıncı dayanımı değerlerini etkilemediği tespit edilmiş. Barit oranının artışı ile tüm beton serilerinde betonların yoğunluğu ve radyasyon geçirgenlik değeri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Barit oranının artması, lineer soğurma katsayısı değerlerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Beycioğlu, vd. (2008) yaptıkları çalışmada barit agregası ile üretilen ağır betonların basıncı dayanımlarının laboratuvar deneyleri ile belirlenmesine alternatif bir yaklaşım olan yapay sinir ağları ile bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Modellemede imento, su, betonların kr periyodu ve barit oranı girdi parametresi olarak basıncı dayanımı ise çıktı parametresi olarak kullanılmış, elde edilen veriler ile deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler karşılaştırmalı mukayese edilerek sonucun uyum içerisinde olunduğu sonucuna varılmışlardır.

Turhan (2008) tez çalışmasında AISI 304 paslanmaz çeliğin dış yüzeyi Ekabor 3 tozu ile 1200°C sabit sıcaklıkta 3 saat süre ile katı ortamda borla kaplaması yapılmıştır. Borlanmış ve borlanmamış paslanmaz çeliklere çekme deneyi uygulanmış, optik mikro yapı resmi çekilerek sertlikleri llmştr. Daha sonra borlanmış ve borlanmamış paslanmaz elikler, Geiger-Mller sayacı kullanılarak Co 60 ve Cs 137 gama kaynakları ile 652 keV ve 1250 keV enerjide 3 adet ölüm alınarak radyasyon soğurma katsayıları llmştr. Borlamanın radyasyon soğurma katsayısını olumlu yönde etkilediği ve borla kaplanmış paslanmaz çeliklerin radyasyon zırhlamasında daha etkili sonuçlar vereceği belirtilmiştir.

alık, vd. (2009) tarafından yapılan bu çalışmada, Borlamanın radyasyon soğurma özelliğine katkısının araştırılması amacıyla 4 grup elik numuneler seçilmiştir. Seçilen bu

Çelikler önce herhangi bir işlem yapılmadan ve daha sonrada borlama yapılarak radyasyon soğurma özellikleri araştırılmıştır.

alık, vd. (2009) Bu çalışmada bor ve bor kaplı bazı elik malzemelerin radyasyon soğurma özellikleri incelenmiş ve borlanmış elik malzemelerin radyasyon soğurma kabiliyetlerinin arttığı belirlenmiştir.

Kılıçaslan, vd. (2009) yaptıkları çalışmada değişik yoğunlukta betonlar üretilmiş ve bu betonların röntgen filmleri çekilmiş, alınan görüntüler görüntü işleme teknikleri kullanarak işlenmiştir. Görüntü işleme metodunda görüntüsü beyazdan siyaha kadar olan renkler ile skala oluşturulmuştur. Görüntüler sonlu elemanlara ayrılarak her bir parça skala da değerlendirilmiş ve bütün parçaların değerleri toplanarak görüntünün bütünü için bir değer elde edilmiştir. Kütlesel zayıflatma katsayıları teorik olarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen kütle soğurma katsayıları ile elde edilen renk sayıları arasındaki ilişki %99 gibi bir lineer korelasyon bulunmuş olup görüntü işleme metodunun malzemelerin radyasyon soğurma özelliklerinin elde edilmesi amaçlı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kılıçaslan, vd. (2009) yaptıkları bu çalışmada değişik yoğunlukta betonlar üretilmiş ve bu betonların röntgen filmleri çekilmiştir. Alınan görüntüler görüntü işleme teknikleri kullanarak işlenmiştir. Kütlesel zayıflatma katsayıları teorik olarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sançar (2010) yapılan araştırmada normal agrega ve barit agregası kullanarak üretilen numuneler üzerinde deneysel çalışma yapılarak mekanik özellikleri araştırılmıştır. Ürettikleri numuneler üzerinde basıncı dayanımı eğilme dayanımı ve durabilite deneyleri yapılarak elastisite modülü değerleri elde edilmiştir. Barit agregası kullanarak üretilen küp numunelerin basıncı dayanımları normal agrega ile elde edilen numunelerin basıncı dayanımlarının aynı olduğu, eğilme dayanımlarında ise donatılı ve donatısız olarak üretilen barit agregalı betonların normal agregalı betonlarla aynı sonucuna varılarak. Elastisite modülü katsayılarında barit agregalı numunelerin daha iyi olduğu, sülfata tabi tutulan kp numunelerde ise barit agregası kullanılan numunelerin basıncı dayanımlarının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Kılıçaslan, vd. (2010) yaptıkları çalışmada barit agregası ile mineral- kimyasal katkı malzemeleri kullanarak yüksek dayanımlı betonlar üretilmiş, üretilen betonlar

üzerinde fiziksel, mekaniksel ve durabilite deneyleri yapılarak ve sülfat etkisine karşı dayanımı araştırılmışlardır.

Kılıçaslan, vd. (2011) çalışmada baritli agregası ile üretilmiş ağır betonun betonarmede kullanılabilirliği araştırılmış. Barit agregası ile üretilen betonlarda basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve elastisite modülü katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada deneysel verilere göre donatısız kirişlerin eğilme dayanımları 810 kg, üç etriyeli kirişlerin eğilme dayanımları 3100 kg, beş etriyeli kirişlerin eğilme dayanımları 3467 kg olarak tespit edilmiş ve etriye oranının artmasıyla eğilme dayanımı değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak ağır beton ile donatı arasında bir aderansın varlığından betonarme yapılarda kullanılabileceğini sonucuna varılmıştır.

Seven (2011) yaptığı çalışmada kurşun bölme duvara alternatif olarak radyasyon tutuculuk özelliği yüksek baritli hazır sıva kaplamaları üretilmiş, eğilme dayanımını arttırmak için barit agregasıyla elyaf lifli ve çelik lifli hazır sıva kaplama elamanları oluşturulmuştur. Elde edilen bu hazır sıva elamanları üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve radyasyon tutuculuk özellikleri görüntü işleme yöntemi ile araştırılmıştır. Barit agregası ile üretilen küp numunelerin basınç dayanımı, alçı kullanılarak üretilen küp numunelerin basınç dayanımından daha yüksek çıktığı, eğilme dayanımlarında çelik liflerle üretilen numunelerin lif kullanılmadan üretilen numunelerin dayanımlarında yüksek çıktığını fakat elyaf lif kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları lif kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından düşük çıktığı tespit edilmiştir. Görüntü işleme için üretilen numunelerin röntgen filmlerinin histogram adlı programda işlenmesi ile elde edilen veriler sayısal değerlere dönüştürülmüş ve barit ile üretilen numunelerin alçı ile üretilen numunelere kıyasla radyasyon tutuculuk özelliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Radyasyon tutuculuk deneyi ile bulunan sonuçlar görüntü işleme deneyi sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılarak aralarında bir korelasyon kurumuştur. Kurulan korelasyon ile her iki deneyde elde edilen verilerin birbiri ile paralellik olduğu sonucuna varılmıştır.

Akyıldırım (2011) yaptığı doktora tez çalışmasında farklı agregalardan üretilmiş dört tip ağır betonun gama radyasyon zırhlama özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada üçü ağır, birisi de hafif beton olmak üzere dört tip betonun gama radyasyon zayıflatma özellikleri araştırılmış elde edilen sonuçlar standart zırh malzemesi olarak kullanılan kurşun ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış, barit oranının radyasyon zayıflatma

özellikleri üzerinde etkisi de incelenmiştir. Üretilen numuneler içeriğinde barit oranının artması betonun yoğunluğunu arttırarak, radyasyon zayıflatma özellikleri olumlu yönde değiştirdiği bunun nedeni olarak da barit iç yapısında bulunan baryum (Ba) elementinin varlığına bağlanılmıştır.

Binici, vd. (2012) yaptıkları bu çalışmada, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis kumu ve pomzanın NaOH ile aktive edilerek geopolimer beton üretiminde kullanılması amaçlanmıştır. 4x4x16 cm ve 10x10x10 cm boyutlarında geopolimer beton harçlar üretilmiş ve üretilen bu numuneler üzerinde su emme, birim hacim ağırlık, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, ultrasonik ses geçirgenlik ve lineer soğurma katsayısı deneyleri yapılmıştır. Üretilen numunelerin 59,5 keV, 26 keV, 17,3 keV ve 5,9 keV Enerji seviyelerinde radyasyon geçirgenliklerine bakılmıştır. Bütün numunelerin 5,9 keV ve 17,3 keV enerjili ışınları tamamen tuttuğu görülmüştür. 26 keV enerjili ışınların en fazla uçucu kül ile üretilen numunenin tuttuğu görülmüştür. En fazla ışın geçiren numune ise silis kumu ile üretilen numune olmuştur. Lineer soğurma katsayısı en yüksek olan numune yüksek fırın cürufu ile elde edilen geopolimeri ile üretilen malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Akkurt, vd. (2012) yaptıkları çalışmada farklı çimento türleriyle üretilen çimento pastalarının radyasyon soğurma katsayısı ($\mu \text{ cm}^{-1}$) NaI(Tl) dedektörü ve Çok Kanallı Analizör (ÇKA) içeren gama spektrometresi kullanılarak ölçülmüş. Sonuç olarak Portland CEM I 42,5R tipi çimentonun Portland CEM IV/B(P) 32,5 N tipi çimentoya göre daha yüksek soğurma katsayısı gösterdiği tespit edilmiş ve çimento pastaları için elde edilen deneysel sonuçlar XCOM programıyla hesaplanan değerler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ölçüm sonuçları ile hesaplanan sonuçlar tutarlılık olduğu sonucuna varılmıştır.

Başığit, vd. (2012) yaptıkları çalışmada, normal betonlar için belirlenen onuncu tabaka kalınlıkları kullanılarak farklı radyasyon değerlerinde betonların radyasyon soğurması için gerekli olan kalınlıklar yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu regresyon metodları ile tahmin edilmiştir. Geliştirilen model eğitim değerleri ile eğitildikten sonra test değerleri ile karşılaştırılmıştır. Beton kalınlıkları çok küçük hatalarla çok kısa sürede tahmin edilmiştir.

Binici, vd. (2012) yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş tekstil fabrikalarından elde edilen atık malzeme (pamuk atığı), yapıştırıcı reçine ve uçucu küllerin, yalıtım sağlamak

amacıyla üretilen sunta plakaların üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Farklı kalınlıkta üretilen sunta plakaların; ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve eğilme dayanımı araştırılmıştır. Baritli hafif yapı malzemelerinin radyoaktif geçirgenlikleri düşük düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada radyasyon soğurma katsayılarına bakıldığında ise, İçi boş ve ince baritli numunenin radyasyonları en fazla geçiren numune olduğu görülmüştür. 59,5 keV enerjide İçi boş ve ince baritli numune için elde edilen 0.86 değeri radyoaktif ışının %86'sını geçirdiği, %14'ü soğurduğu anlamına gelmektedir. İçi dolu ve kalın baritli numunenin ise radyasyonu en fazla tutan numune olduğu görüşmüştür. Bu numunenin 26 keV enerjili radyasyonun %15 geçirdiği, 59,5 keV enerjili ışınların ise % 57' sini geçirdiği tespit edilmiştir.

2.5 Çalışmanın Amacı

Kurşun maden atıklarının (pasa) beton agregası olarak kullanılması ile üretilecek betonların radyasyon zırlama özellikleri araştırılacaktır. Çalışma sonunda olumsuz çevresel etkileri olan maden atıklarının betonda kullanımı ile radyasyon zırlama özelliği olan kompozit malzeme üretimi ve maden atıklarının çevresel etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Yapılan çalışmada beton üretiminde agrega (kireç taşı, barit ve pasa), çimento ve Gümüşhane şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.1 Agregalar

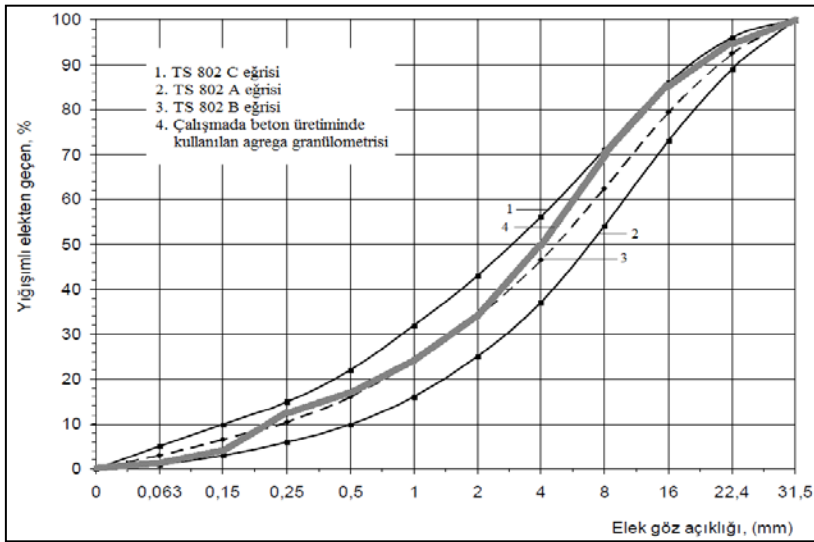
3.1.1.1 Kireçtaşı

Yapılan çalışmada (0-4, 4-11.2, 11.2-22.4) agrega gruplarından, beton santrallerinde normal ve yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan Gümüşhane yöresine ait kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Kullanılan Kireç Taşı agregasının kimyasal analizi Tablo 3.1.'de görülmektedir.

Tablo 3.1. Beton üretiminde kullanılan Kireçtaşı agregasının Kimyasal özellikleri

Kireç taşı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	CaCO ₃	MgCO ₃	Toplam
	%	%	%	%	%	%	%	%
	2,95	0,43	0,46	-	-	73,93	22,24	100,01

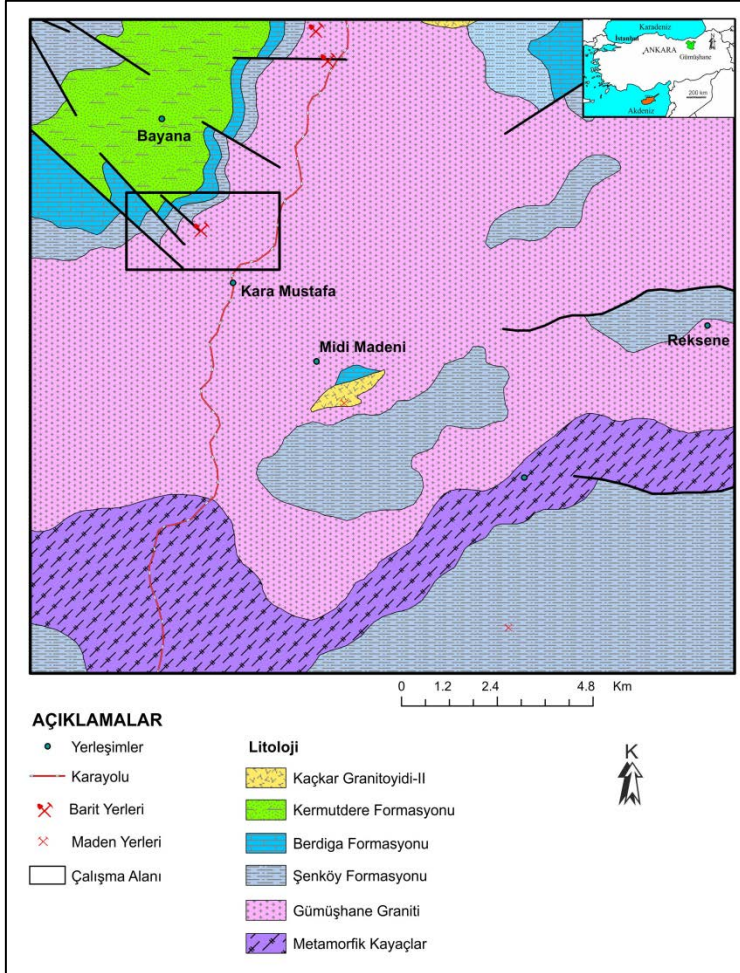
Agregaların elek analizi yapılarak agrega granülometrisi belirlenmiş ve TS 802'de belirtilen granülometri eğrileriyle karşılaştırılması Şekil 3.4 gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kireç taşı agregasının granülometri eğrisi

3.1.1.2 Barit

Yapılan deneysel çalışmada kullanılan barit agregası Gümüşhane yöresi Kara Mustafa köyü civarından temin edilmiştir. Barit agregaların temin edildiği bölgenin haritası Şekil 3.2'de görülmektedir.



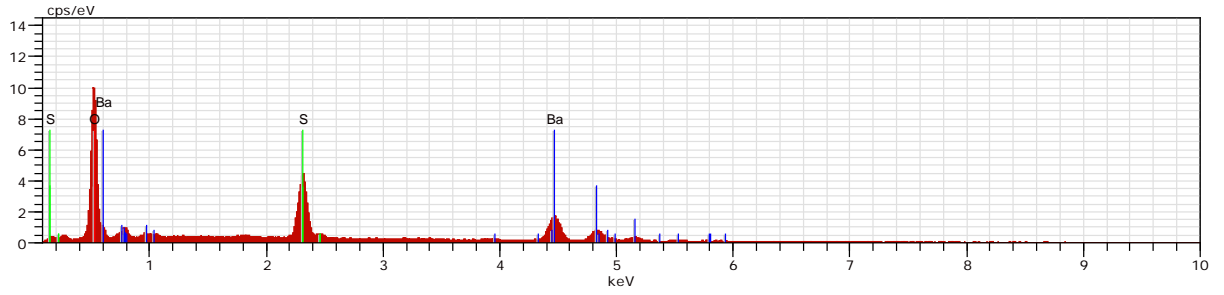
Şekil 3.2. Barit agregasının temin edildiği kara Mustafa köyü jeolojik haritası

Temin edilen agrega Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarı bünyesinde bulunan çeneli kırıcıda kırılarak 0-4, 4-11.2, 11.2-22.4 mm elek boyutlarına indirgenerek beton döküm işlemine hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3. Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış barit agregası

Barit agregasına ait difraktometre grafiği Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4. Barit agregasına ait difraktometre

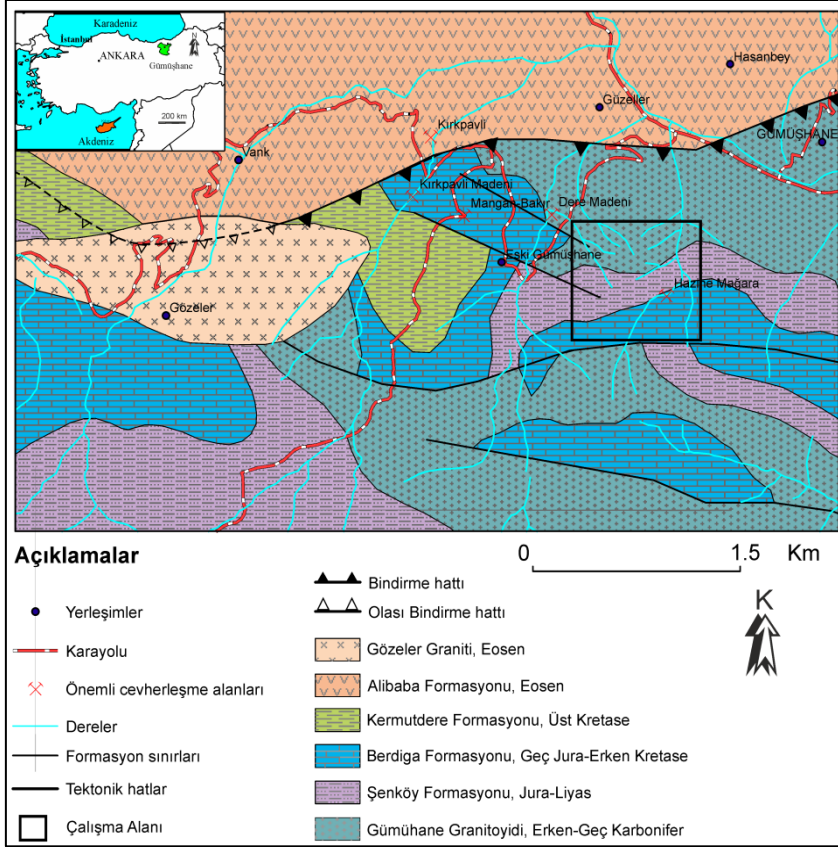
Barit agregasına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.2’de görülmektedir.

Tablo 3.2. Barit agregasına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Agrega Türü	Fiziksel özellikler			Kimyasal analiz	
	Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu	Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu	Su emme değeri %	Kimyasal özellik	Analiz sonucu %
İnce	12.27	4.44	5.09	Ba	46.04
İri	4.04	4.44	1.02	S	11.39
				O	39.88

3.1.1.3 Maden atığı (Pasa)

Gümüşhane ilinde faaliyet gösteren Gümüştaş madencilik tarafından işletilen maden ocağından temin edilen maden atık kayalar kullanılmıştır. Agregaların temin edildiği maden sahasının haritası Şekil 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5. Gümüştaş maden sahası jeolojik haritası

Maden sahasından temin edilen kurşun içerikli kayalar çeneli kırıcıdan kırılarak 0-4, 4-11.2, 11.2-22.4 mm elek boyutlarına indirgenerek beton döküm işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.6. Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış pasa agregası

Maden atıklarına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.3'de görülmektedir

Tablo 3.3.Maden atıklarına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Fiziksel özellikler					
Malzeme	Etüvde kurutulmuş		Doygun ve yüzeyi		Su emme değeri
	esasta tane yoğunluğu		kurutulmuş	esasta tane yoğunluğu	
İnce	2.55		2.92		6.86
İri	2.78		2.92		1.67
Kimyasal özellikler					
Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag
%	%	%	%	%	
0.98	<0.01	1.11	4.65	<0.01	20

3.1.2 Çimento

Üretilen betonlarda CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimento Gümüşhane'de bulunan Aşkale Çimento Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Tablo 3.4'de çimentoya ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.4. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

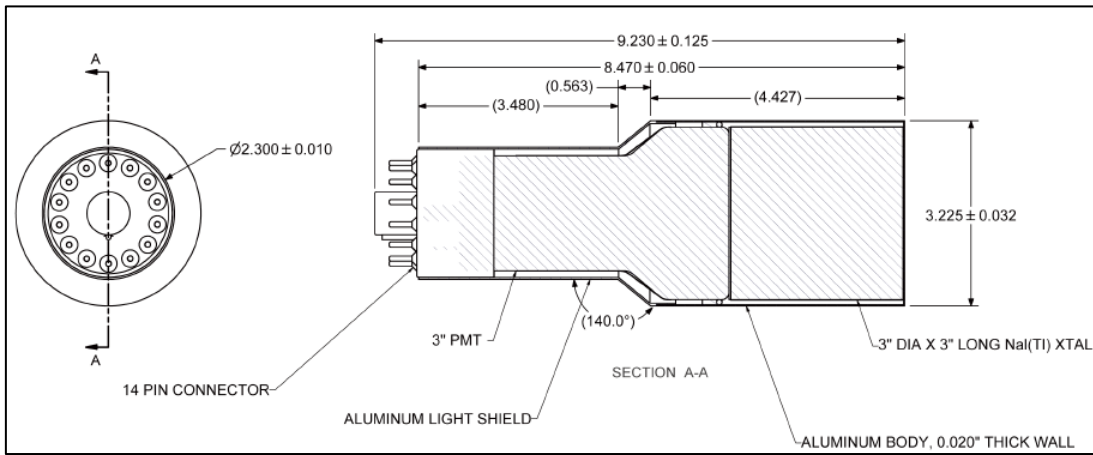
Kimyasal Analizler		Fiziksel Testler	
SiO ₂	18,59	İncelik (45 µ elek üstü %)	8,58
Al ₂ O ₃	4,69	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,08
Fe ₂ O ₃	3,04	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	4145
CaO	60,34	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2saa-33dk
MgO	1,92	Priz Sonu(saat-dk)	3saa-18dk
SO ₃	2,89	Hacim Genişlemesi(mm)	0,7
Kızdırma Kaybı	7,19	Su İhtiyacı %	29,9
Na ₂ O	0,11		
K ₂ O	0,64		
Cl	0,0189	Basınç Dayanımı(N/mm ²)	
Ölçülemeyen	0,57	2.Gün	23,9
Toplam	100	28.Gün	51,1
S.CaO	0,38		
Katkı%	17,87		

3.1.3 Karışım Suyu

Çalışmada Gümüşhane şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4 Radyasyon ölçüm dedektörü

Çalışmada Şekil 3.7’de görülen NaI sintilasyon dedektörü kullanılmıştır.



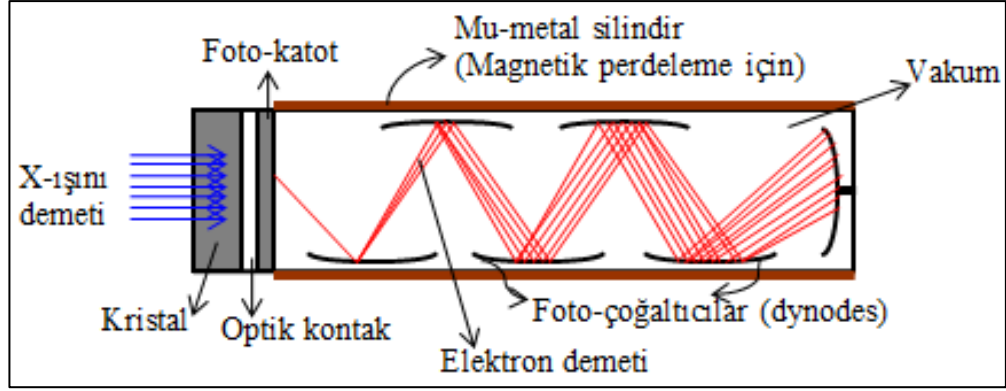
Şekil 3.7. NaI sintilasyon dedektörü

Sintilasyon dedektörleri iki ana kısımdan oluşmakta olup Şekil 3.8’de görülmektedir.

1)Üzerine yüklü bir parçacık (x-ışını, γ-ışını,...) düştüğü zaman ışık pırıltıları meydana getiren, küçük miktarlarda thallium veya europium gibi saf elementlerin

sürüklendiği sodyum iyodür, sezyum iyodür, antrasin, naftalin ve fenantrin gibi maddelerden oluşan kristal kısım.

2)Oluşan ışık pırıltılarını ölçülebilir bir voltaj pulsuna dönüştüren foto çoğaltıcı tüp kısmı.



Şekil 3.8. Sintilasyon dedektörlerin şematik gösterimi (Damla, 2009)

Kristal üzerine düşen x-ışınlarının soğurulması sonucu kristalde ışık pırıltıları oluşur. Bu pırıltılar foto çoğaltıcı tüpe geçerek foto katot yüzeyden elektronların sökülmesine neden olur. Sökülen bu elektronlar, 800 ile 1500 voltluk potansiyel uygulanan peş peşe ve voltaj artmaları olacak şekilde yerleştirilen birçok metal çoğaltıcıya doğru sürüklenir. Sürüklenen bu elektronlardan çoğaltıcıya çarpan her elektron iki elektrona dönüşerek, tüp sonundaki çoğaltıcıda büyük miktarlarda elektron oluşmasını sağlar. Bu olayın tamamı bir mikro saniyeden daha kısa sürelerde gerçekleşir. Bu elektronlar burada bir yük pulsuna dönüştürülür. Bu pulsun yüksekliği gelen fotonların enerjisiyle orantılıdır. Bu pulsar yükseltilerek bir sayıcı ile sayılır. (Damla, 2009)

3.2 Metot

Çalışmada, C16, C25 ve C35 dayanım sınıflarında üretilen betonların mekanik özelliklerini belirleme amacıyla 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları, ultrases geçiş hızları ve schmidt test çekici deneyleri yapılmıştır. Beton örneklerin gama radyasyon soğurma katsayıları gama spektroskopisi yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.1 Beton Örneklerinin Üretimi

Yapılan çalışmada betonların üretimi Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı ve Malzemeleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Pasa, Barit ve Kireçtaşı, TS

707'ye uygun olarak alınan agregalar birbirleri arasında %25-%50-%75 oranlarında yer değiştirilmiştir. TS 802 referans alınarak C16, C25 ve C35 olmak üzere 3 farklı basınç dayanımı sınıfında karışım dizaynı yapılmıştır. Kireçtaşı, Barit ve Maden atığı ile hazırlanan 1m³ beton için hazırlanmış karışım diyaznı Tablo 3.5, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7' de görülmektedir.

Basınç dayanımının tespiti için 10x20 cm ebatlarında silindir örnekler hazırlanmıştır. Radyasyon soğurma katsayılarının tespitinde kullanılmak üzere 20x20x5cm ebatlarında plaklar üretilmiştir. Üretilen beton numunelerin vibrasyonu için 3000 dev/dk kapasiteli ve zaman ayarlı masa tipi sarsma tablası kullanılmıştır. Beton karışımlarının hazırlanmasında 56 dm³ kapasiteli düşey eksenli cebri karıştırımalı mikser kullanılmıştır.

Tablo 3.5 TS 802 referans alınarak kireç taşı agregası ile üretilen 1m³ beton için hazırlanmış karışım diyaznı

Kireç taşı agregası							
		C16		C25		C35	
		Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg
Çimento		102	315	133	411	181	558
Su		218	218	218	218	218	218
Agrega	0-4 (%49)	333	906	318	865	294	801
	4-11.2 (%30)	204	554	195	530	180	490
	11.2-22.4 (%21)	143	388	136	371	126	343
Su/Çimento		0.69		0.53		0.39	
Toplam		1000	2383	1000	2394	1000	2411

Kireç taşı ile hazırlanacak beton örneklerin su/çimento oranları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 0.69, 0.53 ve 0.39 olarak hesaplanmıştır. Beton örneklerin teorik birim hacim ağırlıkları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 2383kg/m³, 2394 kg/m³, 2411 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.6 TS 802 referans alınarak barit agregası ile üretilen 1m³ beton için hazırlanmış karışım diyazını

Barit agregası							
		C16		C25		C35	
		Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg
Çimento		102	315	133	411	181	558
Su		218	218	218	218	218	218
Agrega	0-4 (%49)	333	1466	318	1399	294	1296
	4-11.2 (%30)	204	898	195	857	180	793
	11.2-22.4 (%21)	143	628	136	600	126	555
Su/Çimento		0.69		0.53		0.39	
Toplam		1000	3525	1000	3485	1000	3420

Barit ile hazırlanacak beton örneklerin su/çimento oranları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 0.69, 0.53 ve 0.39 olarak hesaplanmıştır. Beton örneklerin teorik birim hacim ağırlıkları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 3531kg/m³, 3485kg/m³, 3420 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.7 TS 802 referans alınarak maden atığı (Pasa) agregası ile üretilen 1m³ beton için hazırlanmış karışım diyazını

Maden atığı (Pasa) agregası							
		C16		C25		C35	
		Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg	Hacim m ³	Ağırlık kg
Çimento		102	315	133	411	181	558
Su		218	218	218	218	218	218
Agrega	0-4 (%49)	333	972	318	929	294	860
	4-11.2 (%30)	204	595	195	569	180	526
	11.2-22.4 (%21)	143	416	136	398	126	369
Su/Çimento		0.69		0.53		0.39	
Toplam		1000	2519	1000	2524	1000	2531

Maden atığı (pasa) ile hazırlanacak beton örneklerin su/çimento oranları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 0.69, 0.53 ve 0.39 olarak hesaplanmıştır. Beton örneklerin teorik birim hacim ağırlıkları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 2519kg/m³, 2524kg/m³, 2531 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

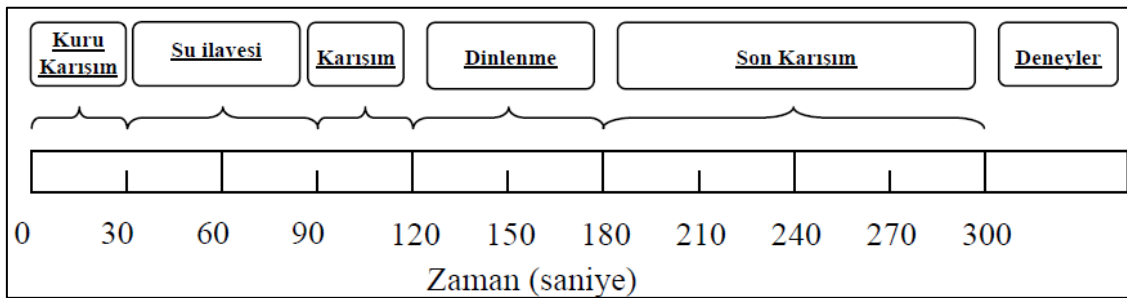


Şekil 3.9. Düşey Eksenli Cebri Karıştırmalı Mikser

Karıştırma işlemi yapılırken homojen bir karıştırma işlemi yapılmasına dikkat edilmiştir. Bu sebepten dolayı karıştırma işlemi yapılırken segregasyonun önüne geçilmeye çalışılmış ve bu aşağıdaki

Tablo 3.8’de belirtilen zaman çizelgesindeki gibi yapılmıştır. Hazırlanan beton karışımı numune kalıplarına yerleştirilirken kalıba iyi yerleşmesi ve segregasyon olmaması için dikkat edilmiş ve sıkıştırma işlemi vibrasyon masasında yapılarak, vibrasyon 10 sn uygulanmıştır.

Tablo 3.8. Betonun Karışım İşlem Aşamaları (Gencel, 2009)



Beton karışımında kullanılan agrega türleri arasında %25, %50, %75 oranlarında yer değiştirme yapılmıştır. Oluşturulan beton türleri Tablo 3.9’da görülmektedir.

Tablo 3.9. Beton Serilerinin Kodlanması ve Oransal Değişimleri

Beton türü	% Agrega oranları
100KT	% 100 Kireçtaşı
25B75KT	%25 Barit- %75 Kireçtaşı
50B50KT	%50 Barit- %50 Kireçtaşı
75B25KT	%75 Barit- %25 Kireçtaşı
100B	% 100 Barit
75P25KT	%25 Pasa- %75 Kireçtaşı
50P50KT	%50 Pasa- %50 Kireçtaşı
75P25KT	%75 Pasa- %25 Kireçtaşı
100P	% 100 Pasa
25P25B	%25 Pasa- %75 Barit
50P50B	%50 Pasa- %50 Barit
75P25B	%75 Pasa- %25 Barit

Beton üretiminde Şekil 3.10'da görülen 10x20 cm ebadında plastik kalıplar kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Yapılacak deneysel çalışma için üretilen deney örnekleri

Beton örnekleri kalıptan çıkarıldıktan sonra Şekil 3.11'de gösterilen kür havuzlarında 22 ± 2 °C sıcaklıkta 3, 7 ve 28. güne kadar kür edilmiştir.



Şekil 3.11. Isı kontrollü kür havuzları

Sertleşmiş beton deneylerine başlanmadan önce üretilen kompozit malzemelerin silindir olmasından dolayı yüzeyde meydana gelen pürüzlülüğün giderilmesi için Şekil 3.12’da görülen yüzey başlıklama makinası kullanılarak silindir numunelerin yüzey pürüzlülüğü giderilerek deneysel çalışmada kullanılabilir hale getirilmiştir.

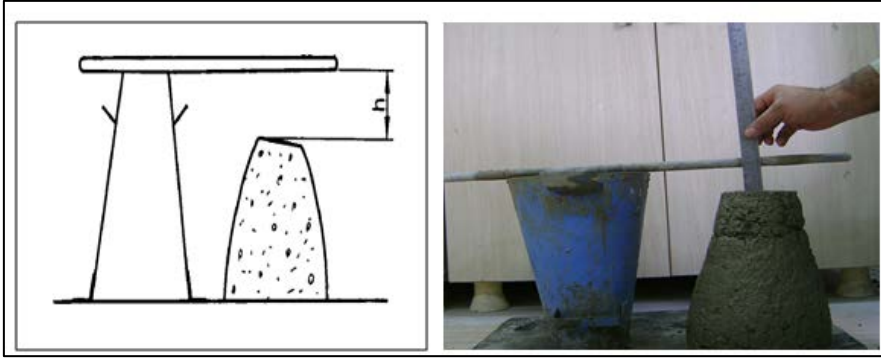


Şekil 3.12. Numune başlıklama cihazı ve yüzeyi düzeltilmiş örnek

3.2.2 Taze Beton Deneyleri

3.2.2.1 Çökme (Slump) Deneyi

Taze betonda kıvam belirleme yöntemlerinde çökme (Slump) deneyi TS EN 12350-2 standardına göre yapılmıştır. Çökme deneyinde Şekil 3.13’da görülen slump hunisine 3 aşamada konulan taze beton her aşamada 25 defa bir önceki şişlenen noktaya kadar şişlenerek mala yardımı ile düzeltilmiştir. Slump hunisi yukarıya doğru çevrilerek kaldırıldı slump hunisi ters çevrilip numunenin yanına indirilerek numune ile şişleme çubuğu arasındaki mesafe ölçülerek çökme miktarı belirlendi. Yapılan deneysel çalışmada çökme değeri 5-8 mm arasında seçilmiş ve deneysel çalışmada bu doğrultuda yapılmıştır.



Şekil 3.13.Çökme deney düzeneği

3.2.2.2 Birim Hacim Ağırlık Tayini

Birim Hacim Ağırlık (taze beton) TS EN 12350-6’ya göre hesaplanmıştır. Birim ağırlık tespiti için, kalıplar dökümden önce ve beton üç kademede sıkıştırılarak doldurulduktan sonra tartılmıştır. Kalıbın tam dolu olmasına ve betonun üstten taşmamasına dikkat edilmiştir. Numune ağırlığı kap hacmine bölünerek birim hacim ağırlıklara ulaşılır. Aşağıda taze beton birim ağırlığının bulunuş formülü verilmektedir.

$$\Delta = \frac{W_{bk} - W_{kap}}{V_{kap}} \quad (3.1)$$

Burada,

Δ = Taze betonun birim ağırlığı, kg/dm³

W_{bk} = Taze beton + kap ağırlığı, kg

W_{kap} = Kabin ağırlığı, kg,

V_{kap} = Kabin hacmi, dm³, dir.

3.2.3 Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.2.3.1 Beton basınç dayanımı tayini

Basınç dayanımı, 100x200 mm ebadında 9 adet silindir beton örnek üzerinde TS EN 12390-3’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır

Beton basınç dayanımının hesaplanması:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (3.2)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Burada:

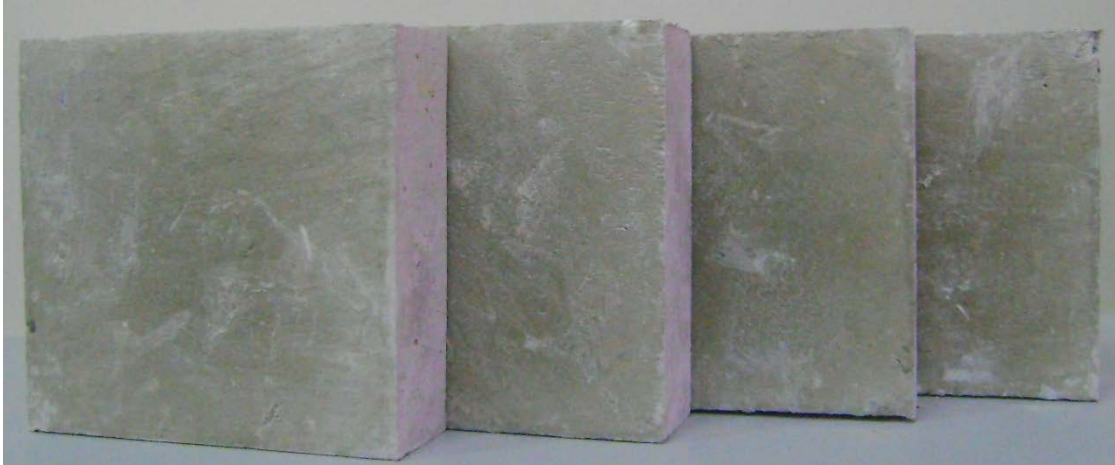
f_c : Basınç dayanımı, MPa (N/mm²),

F: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

A_c : Numunenin, üzerine basınç uygulandığı en kesit alanı, (mm²) ifade etmektedir.

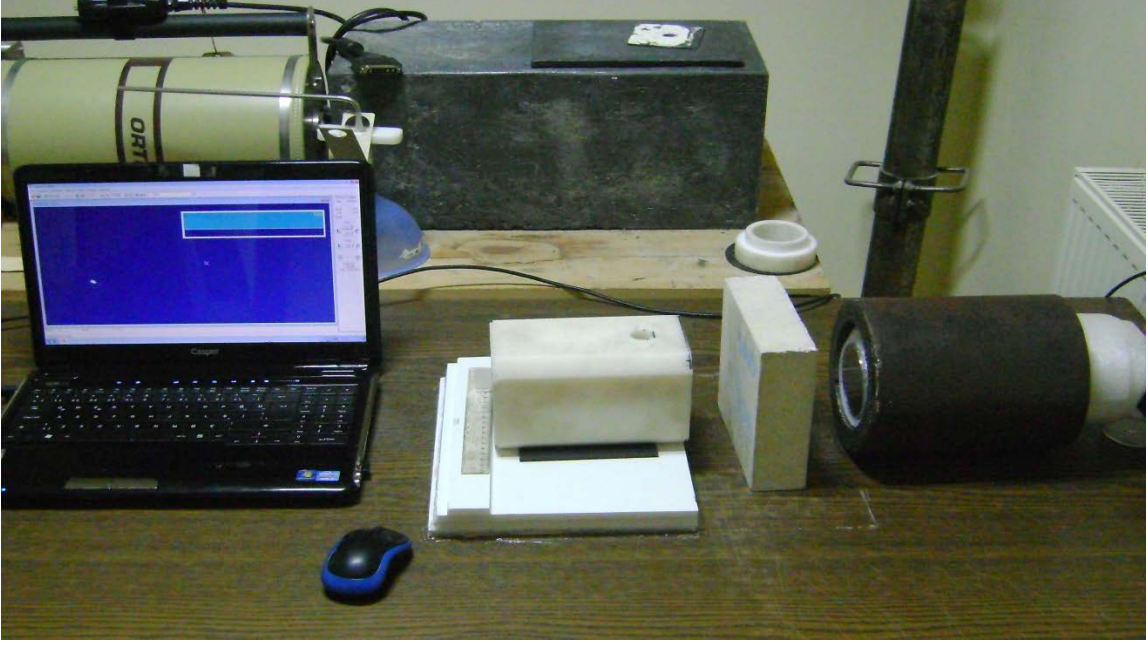
3.2.4. Radyasyon Soğurma Deneyi

Radyasyon soğurma katsayılarının tespiti Karadeniz Teknik Üniversitesi Radyasyon ve Çevre Fiziği Laboratuvarında Şekil 3.14’de görülen 20x20x5 cm kalınlıklarda üretilen 108 adet plak üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.14. Radyasyon testlerinde kullanılmak üzere üretilen plaklar

Radyasyon zırhlama deney düzeneği Şekil 3.15’de görülen Sintilasyon dedektörü kullanılarak Cs 137 gama kaynakları ile 652 keV enerjisinde ölçüm alınarak radyasyon soğurma katsayıları ölçülmüştür.



Şekil 3.15. Radyasyon zırlama deney düzeneği

Radyasyon soğurma katsayısı Eşitlik 3.4'daki formül ile tespit edilir;

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (3.3)$$

Burada;

I= Soğurucudan geçen demetin şiddeti, keV

I₀= Soğurucuya gelen demetin şiddeti, keV

μ= Lineer azaltma katsayısı, 1/cm

x= Maddenin kalınlığını, cm ifade etmektedir.

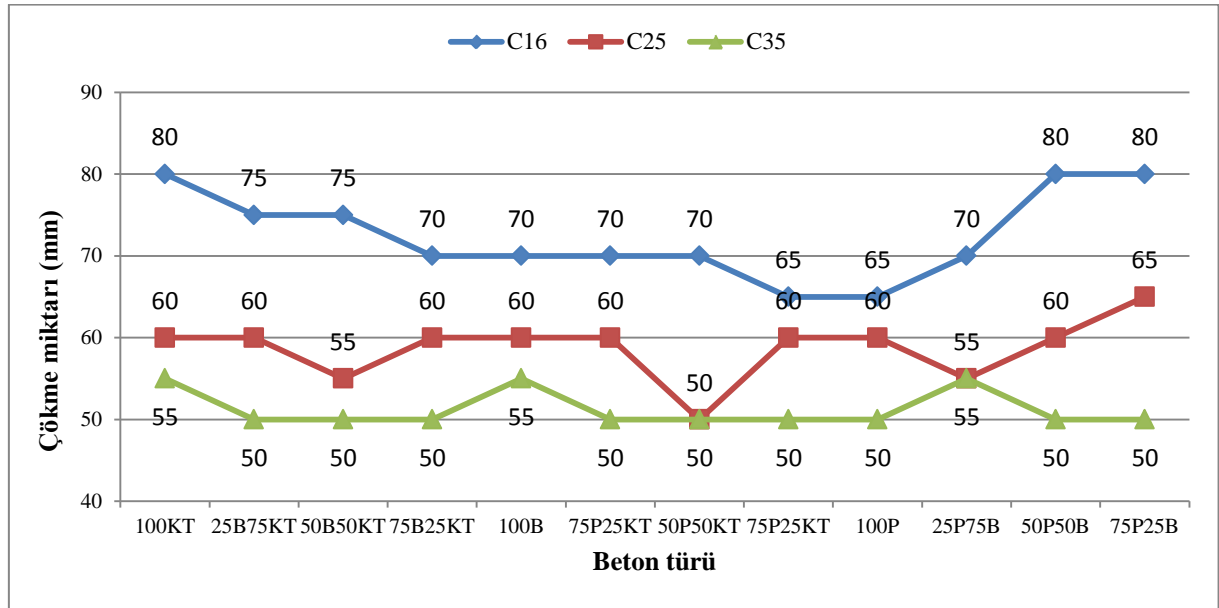
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Çökme (Slump) miktarı

Tüm beton türlerinde taze beton örneklerine ait çökme miktarları Tablo 4.1' de görülmektedir.

Tablo 4.1 Taze beton çökme miktarları

Dayanım Sınıfı	Çökme miktarı (mm)											
	100KT	25B75KT	50B50KT	75B25KT	100B	75P25KT	50P50KT	75P25KT	100P	25P75B	50P50B	75P25B
C16	80	75	75	70	70	70	70	65	65	70	80	80
C25	60	60	55	60	60	60	50	60	60	55	60	65
C35	55	50	50	50	55	50	50	50	50	55	50	50



Şekil 4.1 Taze betonda çökme (Slump) miktarı

Taze betonların çökme değerlerinin karışım hesabında planlanan çökme değeri ile uyum gösterdiği görülmüştür. Beton dayanım sınıfının artışı ile çökme değeri düşmektedir. Agrega türleri arasındaki değişimlere bağlı olarak, barit agregasının diğer agregalar ile karıştırılmasında, barit agregasının artışı ile çökme değerinin arttığı görülmüştür.

4.2 Taze beton birim hacim ağırlık değerleri

Bütün beton türlerinde taze beton örneklere ait birim hacim ağırlık değerleri Tablo 4.2' de görülmektedir.

Tablo 4.2. Taze betonda birim hacim ağırlık değerleri

Birim hacim ağırlık (kg/dm ³)												
C16	100KT	25B75KT	50B50KT	75B25KT	100B	75P25KT	50P50KT	75P25KT	100P	25P75B	50P50B	75P25B
Gevşek BHA	2.26	3.04	3.36	3.59	3.80	2.87	2.88	2.93	2.89	3.56	3.25	3.13
Sıkışık BHA	2.94	3.26	3.55	3.68	3.95	3.07	3.04	2.97	3.06	3.72	3.54	3.26
C25	100KT	25B75KT	50B50KT	75B25KT	100B	75P25KT	50P50KT	75P25KT	100P	25P75B	50P50B	75P25B
Gevşek BHA	2.26	2.97	2.99	3.34	3.47	2.96	2.83	2.77	2.92	3.16	3.14	3.11
Sıkışık BHA	2.96	3.19	3.12	3.60	3.79	3.06	2.98	2.95	3.08	3.39	3.45	3.26
C35	100KT	25B75KT	50B50KT	75B25KT	100B	75P25KT	50P50KT	75P25KT	100P	25P75B	50P50B	75P25B
Gevşek BHA	2.26	2.77	2.99	3.19	3.32	2.88	2.72	2.79	2.83	3.38	3.13	3.02
Sıkışık BHA	2.99	3.05	3.27	3.47	3.61	3.02	2.97	2.98	3.04	3.62	3.42	3.26

Taze beton örneklerin gevşek birim hacim ağırlık değerlendirmesinde;

- En düşük birim hacim ağırlığın C16 beton sınıfında 100KT türündeki betonlarda 2.26 kg/dm³ olduğu,
- En yüksek birim hacim ağırlığın C16 beton sınıfında 100B türündeki betonlarda 3.80 kg/dm³ olduğu,
- Beton agregası türüne bağlı olarak taze beton birim hacim ağırlığın değiştiği görülmüştür.
- En büyük gevşek birim hacim değerinin barit agregalı betonlarda, en düşük birim hacim ağırlık değerinin kireç taşı agregalı betonlarda olduğu görülmüştür.
- Kireç taşı içerikli beton örneklere göre, maden atığı agregası içeren betonların %26, barit agregası içerikli betonların %54 daha büyük gevşek birim hacim ağırlığa sahip olduğu görülmüştür.

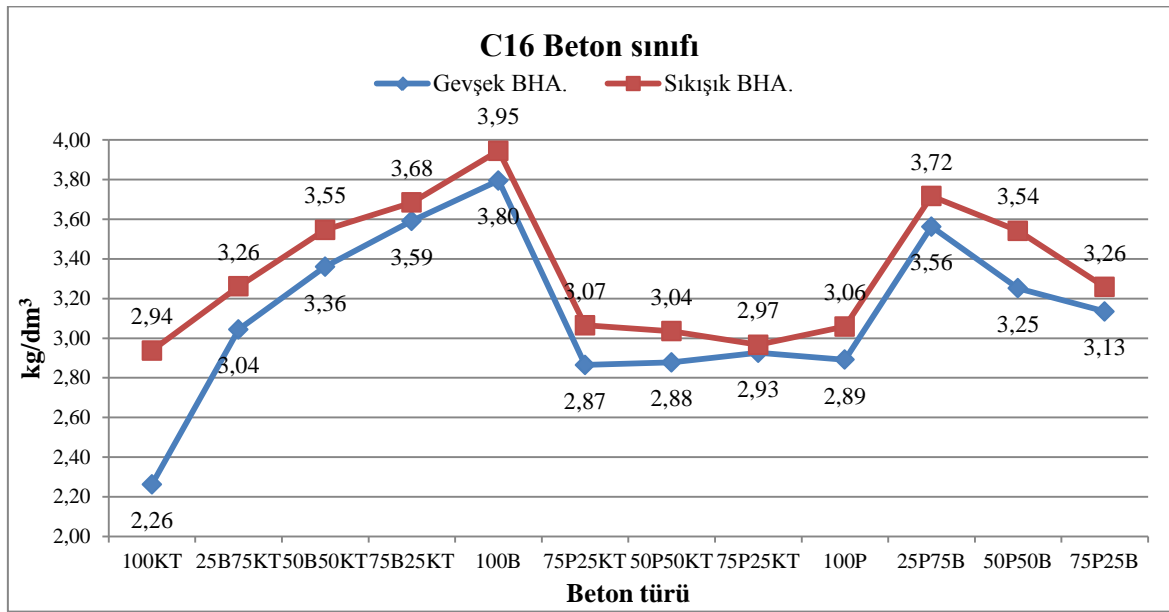
Taze beton örneklerin sıkışık birim hacim ağırlık değerlendirmesinde;

- En düşük birim hacim ağırlığın C16 beton sınıfında 100KT türündeki betonlarda 2.94 kg/dm³ olduğu,
- En yüksek birim hacim ağırlığın C16 beton sınıfında 100B türündeki betonlarda 3.79 kg/dm³ olduğu,

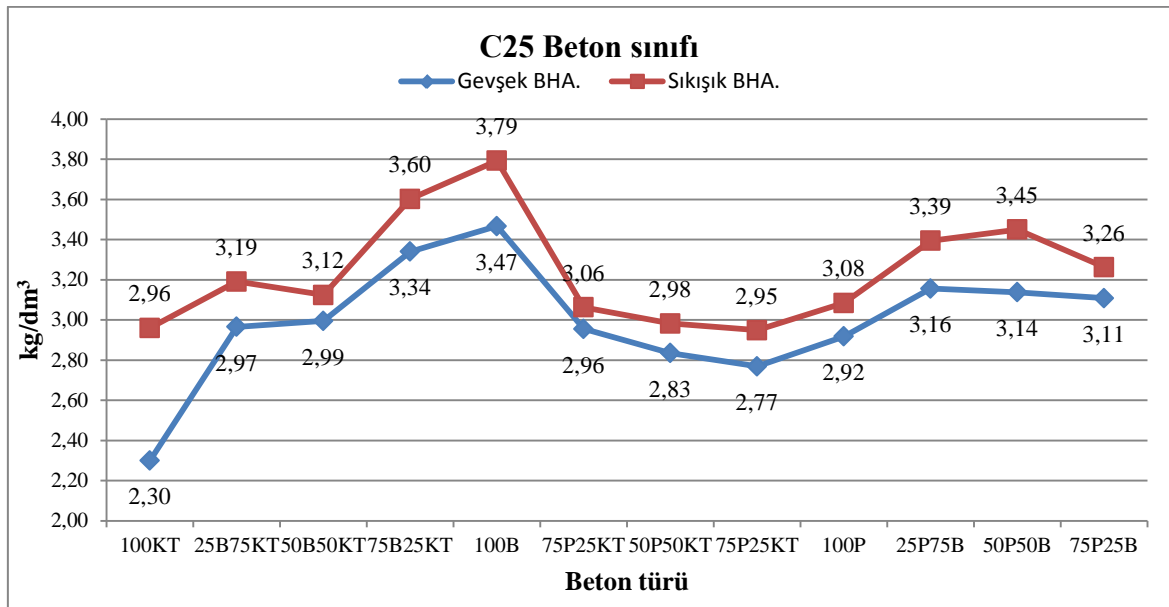
➤ Beton agregası türüne bağlı olarak taze beton birim hacim ağırlığının değiştiği görülmüştür.

➤ Kireç taşı içerikli beton örneklerine göre, maden atığı agregası içeren betonların %4, barit agregası içerikli betonların %28 daha büyük sıkışık birim hacim ağırlığa sahip olduğu görülmüştür.

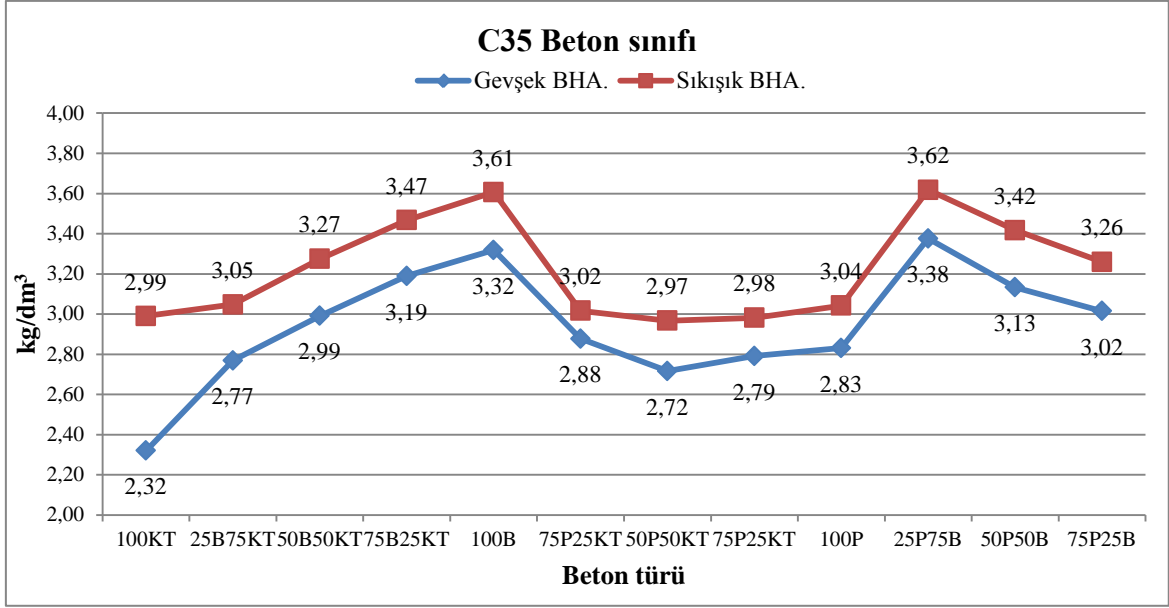
Beton sınıfı ve türüne bağlı birim hacim ağırlık değerlerine ait grafikler Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de görülmektedir.



Şekil 4.2 C16 Beton sınıfı taze betonlara ait birim hacim ağırlık değerleri



Şekil 4.3 C25 beton basınç dayanımına ait birim hacim ağırlıkları



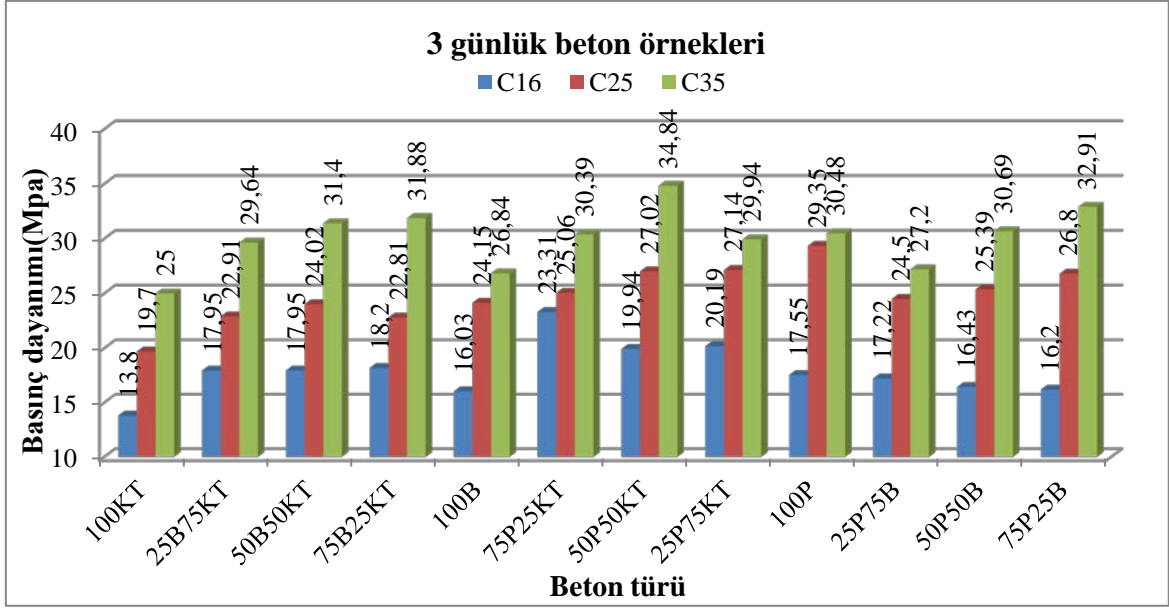
Şekil 4.4 C35 beton basınç dayanımına ait birim hacim ağırlıkları

Sonuç olarak, agrega türünün değişimi ile gevşek ve sıkışık birim hacim değerinin değiştiği görülmüştür. Bütün beton sınıflarında 100B beton türünün gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlıklarının en büyük olduğu, bu durum barit agregasının özgül ağırlığından kaynaklanmaktadır. Maden atığı agregalarının her ne kadar kireç taşı olsa da içeriğindeki kurşun cevherinden dolayı gevşek ve sıkışık birim hacim değerlerinin kireç taşı içerikli betonlara göre daha büyük olduğu görülmüştür.

4.3 Basınç dayanımı

Beton örneklerin C16, C25 ve C35 beton sınıfında ve agrega gruplarının %25, %50 ve %75 değişimi ile oluşturulan beton türlerinin 3, 7 ve 28 günlük beton basınç değerlendirmesinde;

Basınç dayanımı belirlenen beton örnekleri 3 günlük basınç dayanımı değerlendirmesine ilişkin grafik Şekil 4.5 görülmektedir.



Şekil 4.5 3 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları

3 günlük basınç dayanımına göre;

➤ En düşük basınç dayanımı C16 beton sınıfında 100KT türündeki betonlarda 13.8 Mpa olduğu,

➤ En yüksek basınç dayanımı C35 beton sınıfında 50P50KT türündeki betonlarda 34.84 Mpa olduğu

➤ %100P agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %27, %49, %22 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,

➤ %100B agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %16, %23, %7 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,

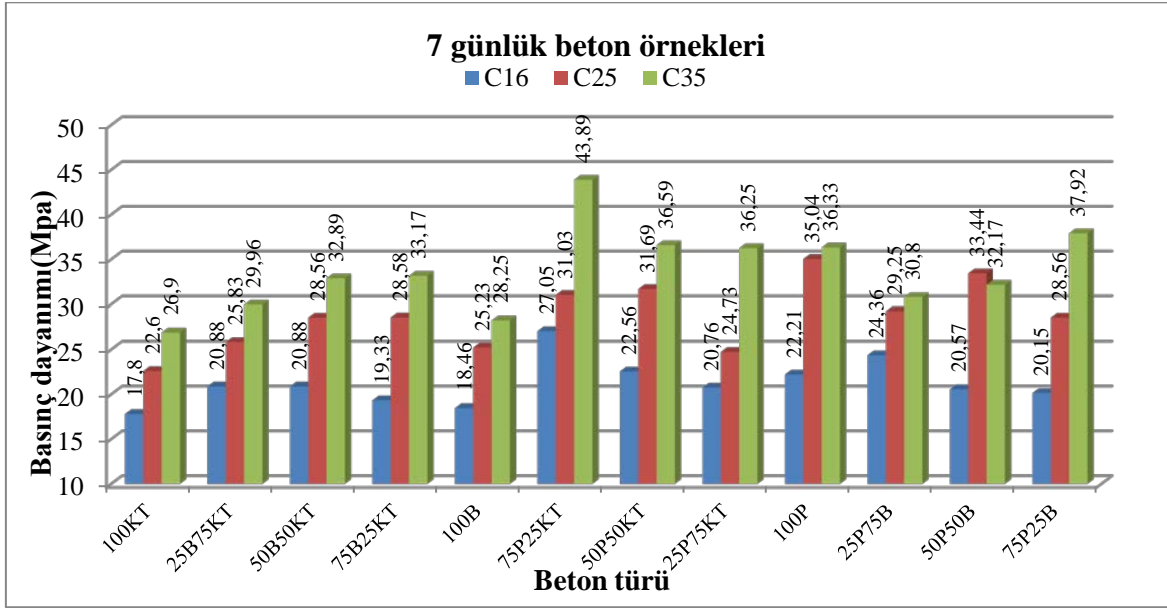
➤ %100P agregası içeren betonların, %100B agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %9, %22, %14 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,

➤ Kireç taşı ve maden atığı agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde pasa oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,

➤ Kireç taşı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde barit oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,

➤ Maden atığı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde maden atığı oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı görülmüştür.

Basınç dayanımı belirlenen beton örnekleri 7 günlük basınç dayanımı değerlendirilmesine ilişkin grafik Şekil 4.6’de görülmektedir.



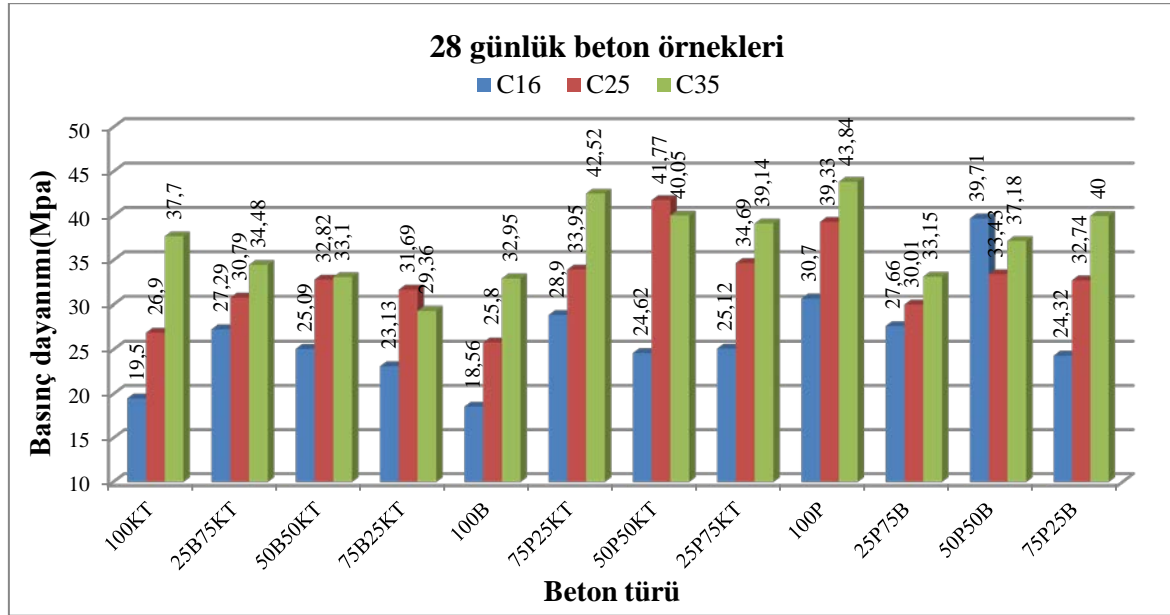
Şekil 4.6 7 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları

7 günlük basınç dayanımına göre;

- En düşük basınç dayanımı C16 beton sınıfında 100KT türündeki betonlarda 17.8 Mpa olduğu,
- En yüksek basınç dayanımı C35 beton sınıfında 50P50KT türündeki betonlarda 43.89 Mpa olduğu,
- %100 Maden atığı agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %25, %55, %35 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- %100B agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %4, %12, %5 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- %100P agregası içeren betonların, %100B agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %20, %39, %29 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- Kireç taşı ve maden atığı agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde pasa oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,

- Kireç taşı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde barit oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,
- Maden atığı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde maden atığı oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı görülmüştür.

Basınç dayanımı belirlenen beton örnekleri 28 günlük basınç dayanımı değerlendirmesine ilişkin grafik Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7 28 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları

28 günlük basınç dayanımına göre;

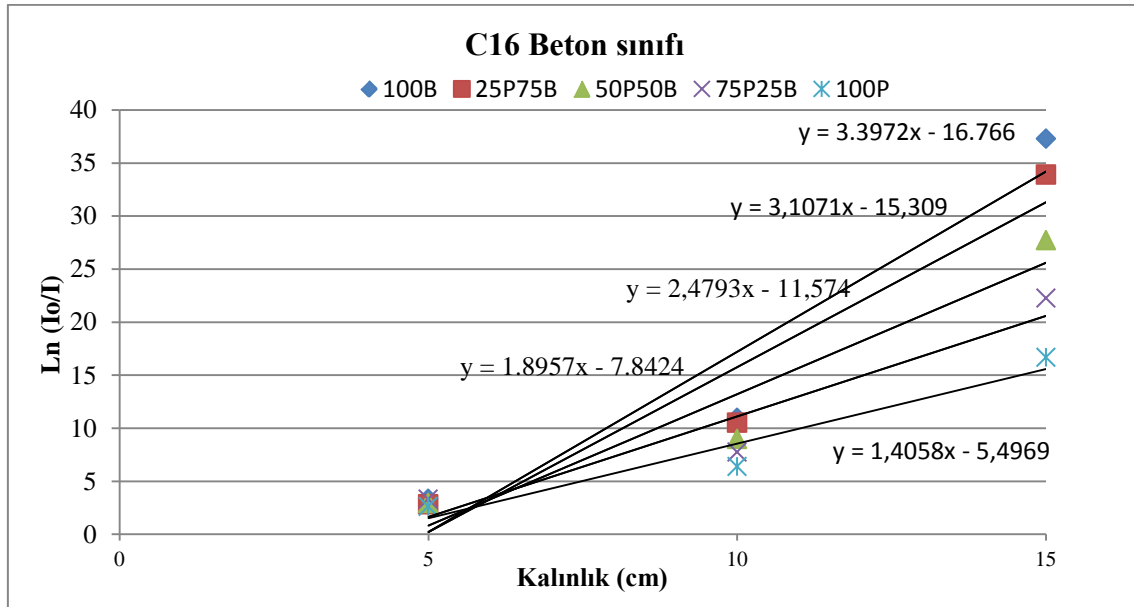
- En düşük basınç dayanımı C16 beton sınıfında 100B türündeki betonlarda 18.56 Mpa olduğu,
- En yüksek basınç dayanımı C35 beton sınıfında 100P türündeki betonlarda 43.84 Mpa olduğu
- %100 Maden atığı agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %57, %46, %16 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- %100B agregası içeren betonların, %100KT agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %5, %4, %13 basınç dayanımında azalma olduğu,
- %100P agregası içeren betonların, %100B agregası içeren betonlara göre C16, C25 ve C35 beton sınıflarında sırasıyla %65, %52, %33 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,

- Kireç taşı ve maden atığı agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde pasa oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,
- Kireç taşı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde barit oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı,
- Maden atığı ve barit agregası ile hazırlanan bütün beton türlerinde agrega içerisinde maden atığı oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımının da arttığı görülmüştür.

Sonuç olarak, bütün beton sınıflarının 28 günlük basınç dayanımlarında hedeflenen dayanımlar elde edilmiştir. Maden atığı agregasının barit ve kireç taşı ile yer değiştirmelerinde bütün beton sınıfı ve türlerinde basınç dayanımının arttığı görülmüştür. Kireç taşı agregası ile hazırlanan beton karışımlarına artan oranda barit agregası eklenmesi ile basınç dayanımının bütün beton sınıflarında %4 ile %13 arasında düştüğü görülmüştür.

4.4 Radyasyon soğurma katsayısı

Beton örneklerin, dayanım sınıfı ve beton türlerine göre elektron soğurma ve kalınları arasındaki ilişki ve radyasyon soğurma katsayılarını gösterir grafikler Şekil 4.8-Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.8. C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

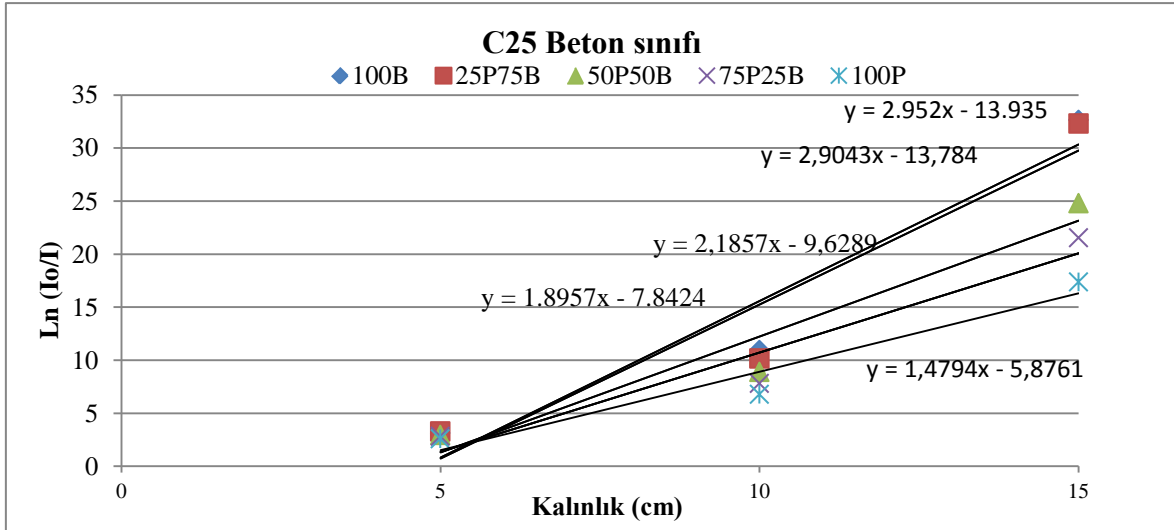
C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.3'de görülmektedir.

Tablo 4.3. C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C16	100B	$y = 3.3972x - 16.766$	0.241
	25P75B	$y = 3.1071x - 15.309$	0.226
	50P50B	$y = 2.4793x - 11.574$	0.219
	75P25B	$y = 1.8957x - 7.8424$	0.217
	100P	$y = 1.4058x - 5.4969$	0.188

C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.241 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100P beton türünde 0.188 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 25P75B, 50P50B, 75P25B ve 100P beton türlerinden sırasıyla %6, %9, %10 ve %22 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.9 C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

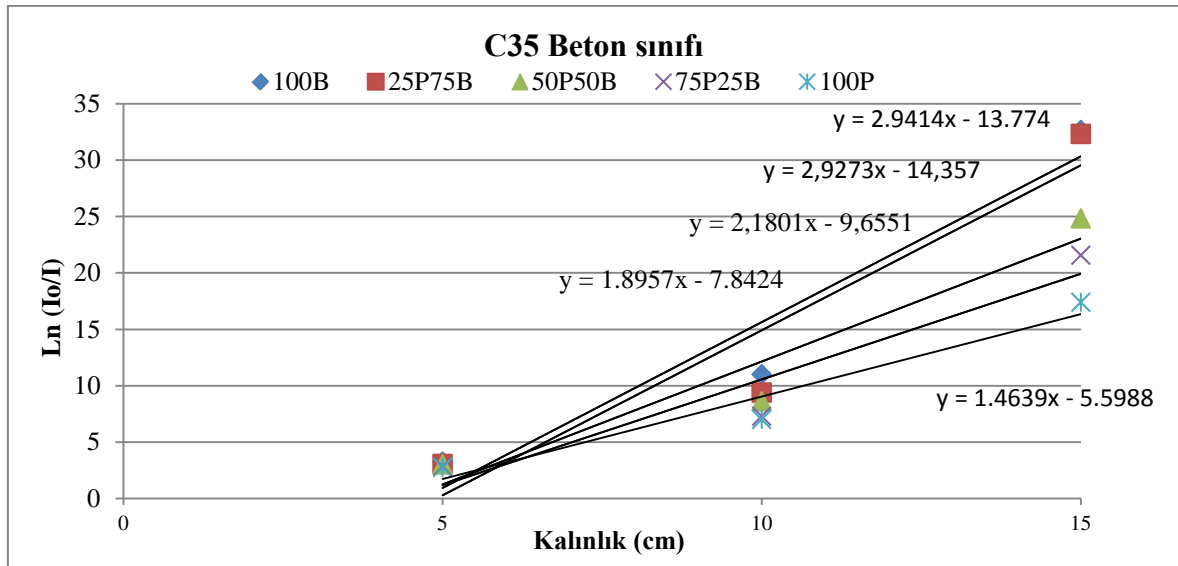
C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.4'de görülmektedir.

Tablo 4.4 C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C25	100B	$y = 2.952x - 13.935$	0.234
	25P75B	$y = 2.9043x - 13.784$	0.234
	50P50B	$y = 2.1857x - 9.6289$	0.217
	75P25B	$y = 1.8957x - 7.8424$	0.207
	100P	$y = 1.4794x - 5.8761$	0.191

C25 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.234 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100P beton türünde 0.191 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 25P75B ile aynı olduğu, 50P50B, 75P25B ve 100P beton türlerinden ise sırasıyla %7, %12 ve %18 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.10 C35 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

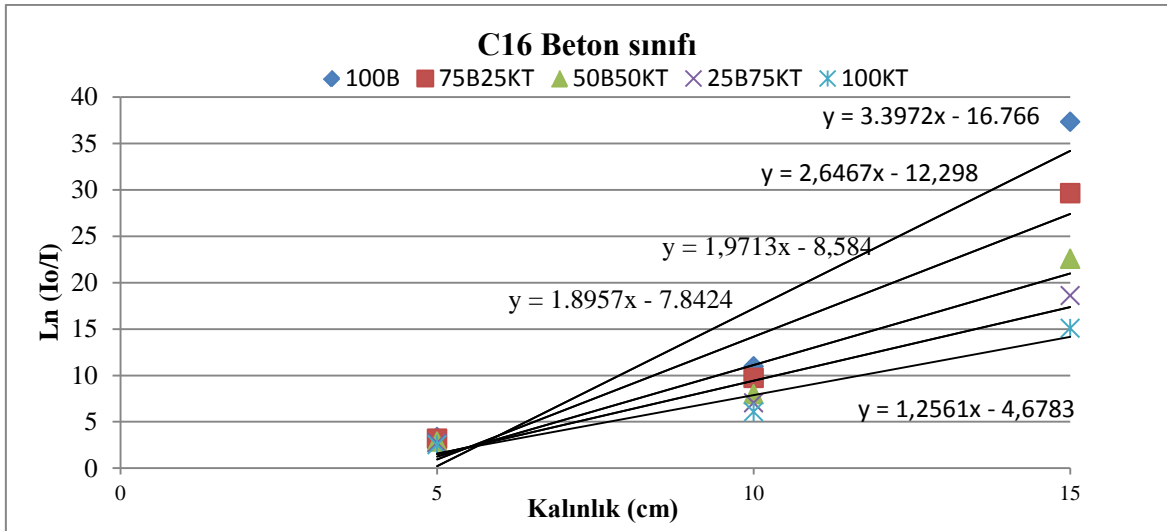
C16 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.5’de görülmektedir.

Tablo 4.5 C35 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C 35	100B	$y = 2.9414x - 13.774$	0.237
	25P75B	$y = 2.9273x - 14.357$	0.221
	50P50B	$y = 2.1801x - 9.6551$	0.210
	75P25B	$y = 1.8957x - 7.8424$	0.202
	100P	$y = 1.4639x - 5.5988$	0.197

C35 beton sınıfında barit-pasa agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.237 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100P beton türünde 0.197 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 25P75B, 50P50B, 75P25B, 100P beton türlerinden sırasıyla %7, %11, %15 ve %17 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.11 C16 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

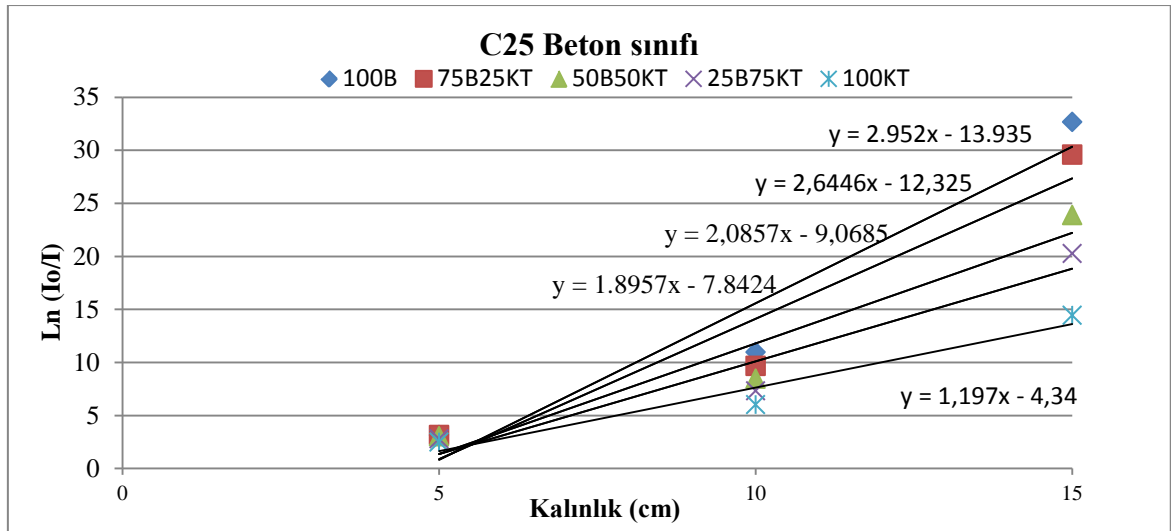
C16 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.6'da görülmektedir.

Tablo 4.6 C16 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C16	100B	$y = 3.3972x - 16.766$	0.241
	75B25KT	$y = 2.6467x - 12.298$	0.228
	50B50KT	$y = 1.9713x - 8.584$	0.208
	25B75KT	$y = 1.8957x - 7.8424$	0.196
	100KT	$y = 1.2561x - 4.6783$	0.182

C16 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.241 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.182 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75B25KT, 50B50KT, 25B75KT ve 100P beton türlerinden sırasıyla %5, %14, %19 ve %24 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirilerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.12 C25 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

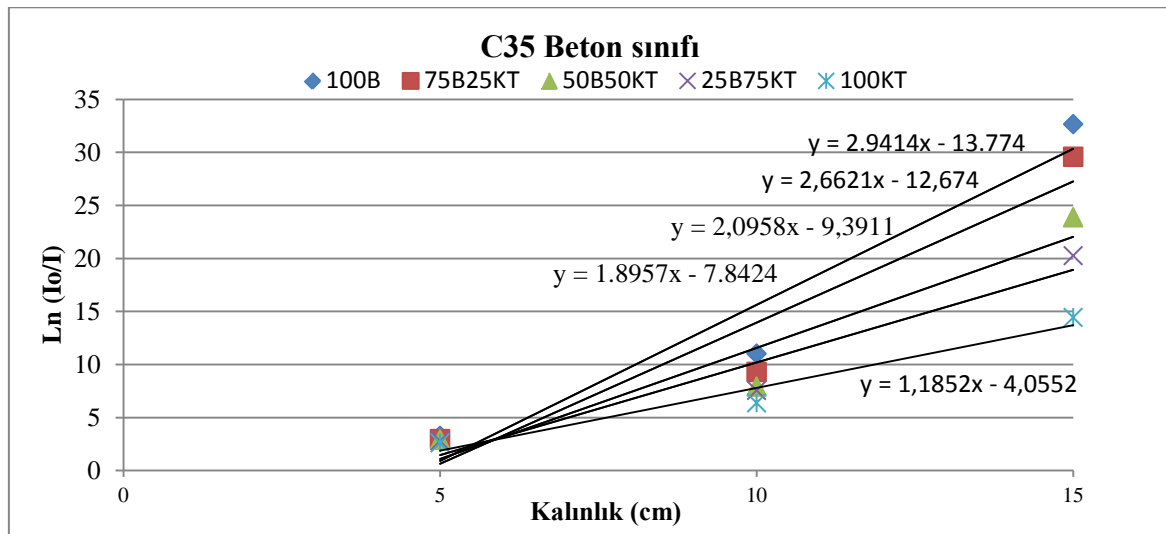
C16 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.7’de görülmektedir.

Tablo 4.7 C25 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C25	100B	$y = 2.952x - 13.935$	0.234
	75B25KT	$y = 2.6446x - 12.325$	0.227
	50B50KT	$y = 2.0857x - 9.0685$	0.215
	25B75KT	$y = 2.0857x - 9.0685$	0.201
	100KT	$y = 1.197x - 4.34$	0.179

C25beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.234 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.179 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75B25KT, 50B50KT, 25B75KT ve 100P beton türlerinden sırasıyla %3, %8, %14 ve %24 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.13 C35 beton sınıfında barit-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

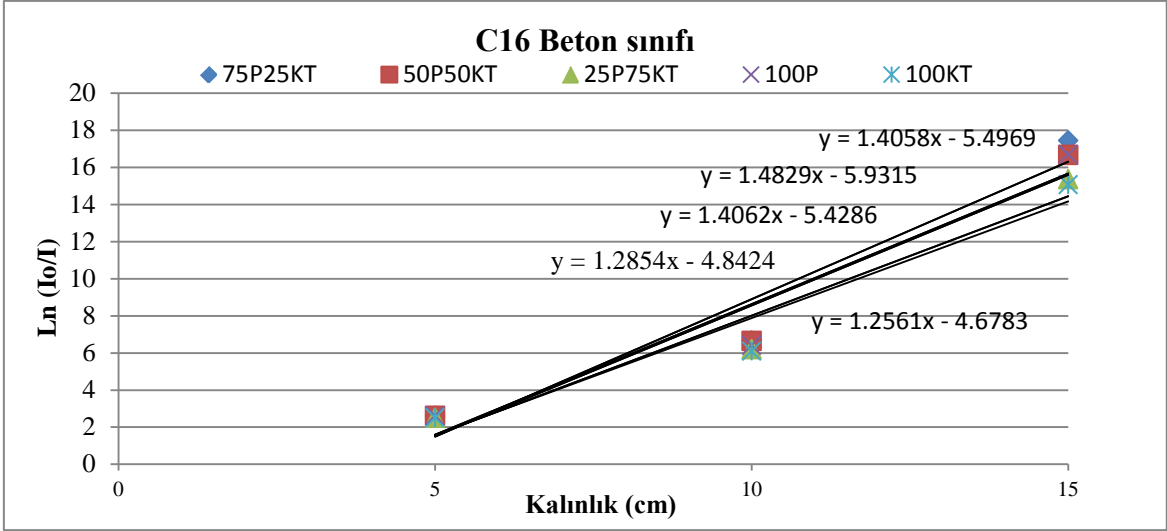
C16 beton sınıfında barit- kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.8’de görülmektedir.

Tablo 4.8 C35 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C 35	100B	$y = 2.9414x - 13.774$	0.237
	75B25KT	$y = 2.6621x - 12.674$	0.221
	50B50KT	$y = 2.0958x - 9.3911$	0.210
	25B75KT	$y = 1.8957x - 7.8424$	0.202
	100KT	$y = 1.1852x - 4.0552$	0.186

C35 beton sınıfında barit-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.237 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.186 olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75B25KT, 50B50KT, 25B75KT, 100P beton türlerinden sırasıyla %7, %11, %15 ve %22 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.14 C16 beton sınıfında paşa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

C16 beton sınıfında barit- kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.9’de görülmektedir.

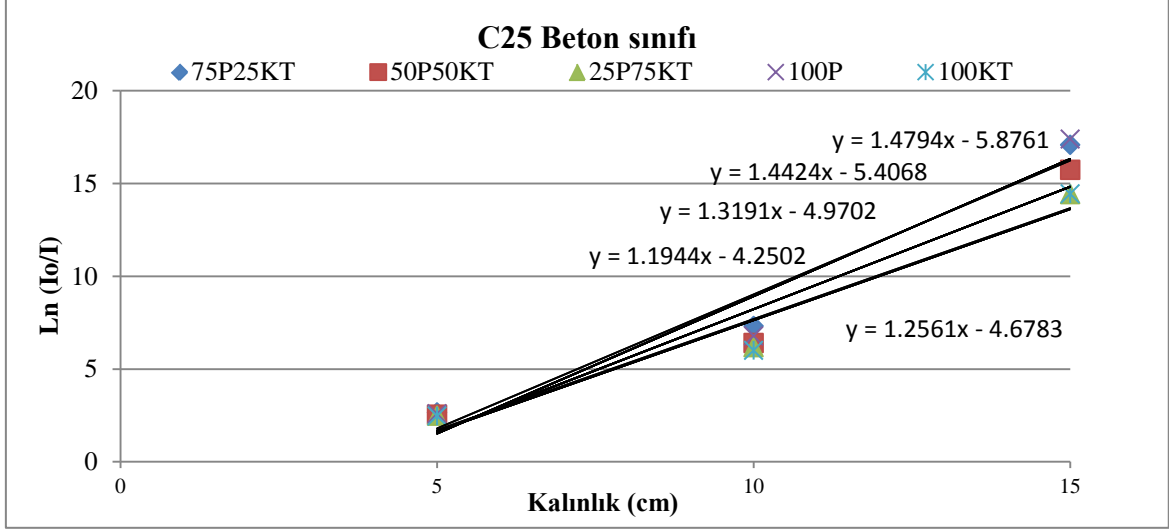
Tablo 4.9 C16 beton sınıfında paşa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C16	100B	$y = 3.3972x - 16.766$	0.241
	75P25KT	$y = 1.4829x - 5.9315$	0.190
	50P50KT	$y = 1.4062x - 5.4286$	0.189
	25P75KT	$y = 1.2854x - 4.8424$	0.183
	100P	$y = 1.4058x - 5.4969$	0.188
	100KT	$y = 1.2561x - 4.6783$	0.182

C16 beton sınıfında paşa-kireç taşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.241 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.182 olduğu,
- 100P beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünden %3 daha büyük olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75P25KT, 50P50KT, 25P75KT, 100P ve 100KT beton türünden sırasıyla %21, %22, %24, %22 ve %24 daha büyük olduğu,

➤ %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.15 C25 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

C16 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.10 C25 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

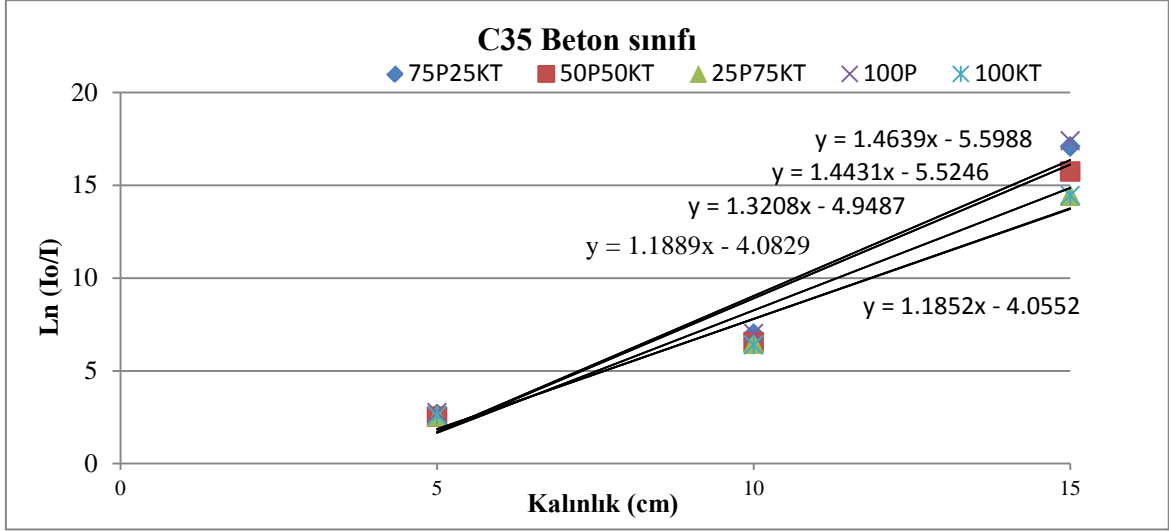
Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C25	100B	$y = 2.952x - 13.935$	0.234
	75P25KT	$y = 1.4424x - 5.4068$	0.195
	50P50KT	$y = 1.3191x - 4.9702$	0.185
	25P75KT	$y = 1.1944x - 4.2502$	0.181
	100P	$y = 1.4794x - 5.8761$	0.191
	100KT	$y = 1.2561x - 4.6783$	0.179

C25beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.234 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.179 olduğu,
- 100P beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünden %6 daha büyük olduğu,

➤ 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75P25KT, 50P50KT, 25P75KT, 100KT ve 100P beton türlerinden sırasıyla %17, %21, %23, %18 ve %24 daha büyük olduğu,

➤ %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasla ile yer değiştirilerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.16 C35 beton sınıfında pasla-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma-kalınlık ilişkisi

C16 beton sınıfında pasla-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri Tablo 4.11'de görülmektedir.

Tablo 4.11 C35 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları ve regresyon denklemleri

Beton sınıfı	Beton türü	Regresyon denklem	Radyasyon soğurma katsayısı, μ (1/cm)
C 35	100B	$y = 2.9414x - 13.774$	0.237
	75P25KT	$y = 1.4431x - 5.5246$	0.194
	50P50KT	$y = 1.3208x - 4.9487$	0.186
	25P75KT	$y = 1.1889x - 4.0829$	0.186
	100P	$y = 1.4639x - 5.5988$	0.197
	100KT	$y = 1.1852x - 4.0552$	0.186

C35 beton sınıfında pasa-kireçtaşı agregalı beton örneklerin radyasyon soğurma katsayısı değerlendirmesinde;

- En büyük radyasyon soğurma katsayısı 100B beton türünde 0.237 olduğu,
- En küçük radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünde 0.186 olduğu,
- 100P beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 100KT beton türünden %5 daha büyük olduğu,
- 100B beton türünün radyasyon soğurma katsayısı 75P25KT, 50P50KT, 25P75KT, 100P ve 100KT beton türlerinden sırasıyla %18, %22, %22, %27 ve %22 daha büyük olduğu,
- %100 barit içerikli betonlarda, kullanılan agregaları değişen oranlarda pasa ile yer değiştirerek hazırlanan beton örneklerde barit içerikli betonlara göre radyasyon soğurma katsayısının azaldığı görülmüştür.

Sonuç olarak, kullanılan barit, kireçtaşı ve maden atığı agregaları ile hazırlanan beton örneklerin radyasyon soğurma katsayıları değerlendirmesinde en yüksek radyasyon soğurma değerini barit içerikli beton örneklerinde, en küçük radyasyon soğurma değerini kireç taşı agregalı beton örneklerinde olduğu görülmüştür. Barit agregası ile kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde barit miktarının azalmasına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayısının da azaldığı görülmüştür. Kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde maden atığı agregalarının beton içerisindeki miktarının artışına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayılarının da arttığı görülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İçeresindeki kurşun miktarının işlenmesi ekonomik olmamasından dolayı atıl durumda olan madeni atıkları ile hazırlanan beton örneklerin radyasyon soğurmada kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Bu amaçla, maden atığı, barit ve kireç taşı agregalarının değişik oranlarda (%25, %50, %75) karıştırılması ile hazırlanan beton örnekler üzerinde taze beton deneyleri, basınç dayanımı ve radyasyon soğurma miktarları belirlenmiştir. Deneylerde elde edilen verilere göre aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Taze beton deneyleri:

Taze betonların çökme değerlerinin karışım hesabında planlanan çökme değeri ile uyum gösterdiği görülmüştür. Beton dayanım sınıfının artışı ile çökme değeri düşmektedir. Agregalar arasındaki değişimlere bağlı olarak, barit agregasının diğer agregalar ile karıştırılmasında, barit agregasının artışı ile çökme değerinin arttığı görülmüştür.

Üretilen bütün beton sınıfları ve türlerinde agrega türünün değişimi ile gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerinin değiştiği görülmüştür. Bu durum karışıma giren agregaların birim hacim ağırlıklarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bütün beton sınıfları ve türleri arasında 100B beton türünün gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerlerinin en büyük olduğu, bu durum barit agregasının özgül ağırlığının diğer agregalardan büyük olmasından dolayıdır.

Maden atığı agregalarının kireç taşı esaslı olmalarına rağmen içeriğindeki kurşun cevherinden dolayı, betonda agrega olarak kullanılmaları durumunda gevşek ve sıkışık birim hacim değerlerinin kireç taşı içerikli betonlara göre daha büyük olduğu görülmüştür.

Beton basınç dayanımı:

C16, C25 ve C35 beton sınıflarında hazırlanan örneklerin üzerinde 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Bütün beton sınıfları ve türlerinde 28 günlük basınç dayanımlarında hedeflenen dayanımlar elde edilmiştir. Maden atığı agregasının barit ve kireç taşı ile yer değiştirmelerinde bütün beton sınıfı ve türlerinde basınç dayanımının arttığı görülmüştür. Maden atığının barit ve kireç taşı ile değişik oranlarda yer değiştirmesi ile 28 günlük C16 beton sınıfında basınç dayanımında yaklaşık

olarak sırasıyla %50 ve %48 oranında artış, C25 beton sınıfında basınç dayanımında yaklaşık olarak sırasıyla %20 ve %30 oranında artış, C35 beton sınıfında basınç dayanımında yaklaşık olarak sırasıyla %20 ve %12 oranında artış görülmüştür.

Kireç taşı agregası ile hazırlanan beton karışımlarına artan oranda barit agregası eklenmesi ile basınç dayanımının bütün beton sınıflarında %4 ile %13 arasında düştüğü görülmüştür.

Radyasyon soğurma:

Barit, kireç taşı ve maden atığı agregaları ve bu agregaların değişik oranlarda karıştırılması ile üretilen beton plaklar üzerinde radyasyon soğurma deneyi gerçekleştirilmiştir. Örnekler üzerinde yapılan radyasyon soğurma katsayıları değerlendirmesinde en yüksek radyasyon soğurma değerini 100B içerikli beton örneklerinde olduğu görülmüştür. Barit agregası ile kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde barit miktarının azalmasına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayısının da azaldığı görülmüştür.

Kireç taşı ve maden atığı agregalarının karışımından hazırlanan beton örneklerde maden atığı agregalarının beton içerisindeki miktarının artışına bağlı olarak radyasyon soğurma katsayılarının da arttığı görülmüştür.

Üretilen betonlarda kalınlık artışına paralel olarak radyasyon soğurma kapasitesi artmaktadır.

Beton dayanım sınıfının radyasyon soğurma özelliği üzerinde anlamlı bir etkisi görülmemiştir.

Sonuç olarak; maden atığının beton karışımına giren agrega içerisindeki oranının artışına bağlı olarak basınç dayanımına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Radyasyon soğurma özelliği değerlendirmesinde barit agregaları kadar yüksek oranda radyasyon soğurmamasına rağmen kireç taşı agregalarına göre daha yüksek radyasyon soğurma özelliği göstermiştir. Kullanılan maden atıkları içerisindeki kurşun miktarının düşük olması ve homojen bir yapı göstermemesinden dolayı beklenen radyasyon soğurma değeri elde edilememiştir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda kurşun cevheri miktarı %1-2' den fazla olan agregalar ile radyasyon soğurma araştırmalarının yapılması önerilmektedir. Ayrıca beton içerisinde kurşun içerikli agrega kullanımından kaynaklı insan sağlığına zarar verebilecek etkilerinde araştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adem, T., 2008, "Borlamanın Paslanmaz Çeliğin Radyasyon Zırhlama Özelliğine Etkisinin Araştırılması", Yüksek lisans Tezi Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.83.
- Akkurt, İ., Günoğlu, K., Başyigit, C., Kılıçarslan, Ş., Akkaş, A., 2012" Farklı Çimentolarla Üretilen Çimento Pastalarının Radyasyon Zırhlama Özellikleri" SDU International Technologic Science, Vol. 4, No 2, s.135-140.
- Akyüz, S., 1977. Gamma Isınlarından Korunmada Barit Agregalı Ağır Beton, İTU Dergisi, Cilt 35, Yıl 35, Sayı 5, s.59-69.
- Algüneş, Ç., 2002. Radyasyon Biyofiziği. Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları No:51. s.134, Edirne.
- ASTM C 597, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, pp.4, USA.
- ASTM C597-83, 1991 "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", ASTM Standards, pp.1-4, U.S.A.
- Ayşe, K., 2006, "Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanların zırh Kalınlık Hesaplarının Belirlenmesi", Yüksek lisans Tezi Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.72
- Ayşegül, C., 2010, "Ağır Betonlarda Barit Agregasının Kullanımı ve Beton Özelliklerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, s.65.
- Başyigit, C., Akkaş, K., A., Kurtarıcı, N., M., 2012, "Betonların Radyasyon Zırh Kalınlıklarının Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Regresyon Metotları ile Tahmini", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16-1, s.77-81.
- Başyigit, C., Kaçar, A., 2006, "Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özellikleri" Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-2, s.307-310.

- Beycioğlu, A., Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Emiroğlu, M., Akkurt, İ., 2008,” Yapay Sınır Ağları ile Ağır Betonların Basınç Dayanımı”, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, (4), s.609-616.
- Binici, H., Eken M., Aksoğan, O., 2012, “Cüruf, Uçucu Kül, Silis Kumu ve Pomza Esaslı Geopolimerlerin Fiziksel, Mekanik ve Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 2, s 12-25.
- Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A., Solak, H.,H., 2012, ”Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No:1, s 16-25.
- Callan, E.J., 1962. Concrete for radiation shielding. Concrete For Radiation Shielding. (American Concrete Institute, 2nd Ed., s., 3-30, American Concrete Institute, U.S.A.).
- Chandra, R., 1998. Nuclear Medicine Physics-Fifth Edition, Williams & Wilkins Press. pp 182.
- Coşkun, Ö., 2011, İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri, SDU Teknik Bilimler Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, s 13-17.
- Çalık, A., Akkurt, İ., Akyıldırım, Günoğlu, K., 2009 ,“Borlama: Malzemelerin Radyasyondan Koruma Özelliklerinin iyileştirmesi” IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, ISBN: 978-9944-89-790-7, s.19-22, Eskişehir.
- Çalık, A., Akkurt, İ., Akyıldırım, H., 2009, “Borun Radyasyon Zırh Malzemesi Olarak Kullanılmasının Araştırılması” 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), s.109-111, Karabük, Türkiye.
- Çelik, N., 2010,” Doğu Karadeniz Bölgesinde ¹³⁷Cs Radyoizotopunun Aktivite Seviyesinin, Ekolojik Yarı Ömrünün Ve Toprağa Difüzyonunun Belirlenmesi” Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, s.138.
- Çetmeli, E.,1974, “Yeni Alman Betonarme Şartnamesi(DIN 1045,1972) Betonarme Hesap Esasları, Kesitlerin Boyutlandırılması Ve Donatının Yerleştirilmesi”, (Türkçeye Çeviri), Uluğ Kitapevi, İstanbul.
- Damla, N., 2009 “Türkiye’deki Bazı İnşaat Malzemelerinde Doğal Radyoaktiflik Seviyelerinin Ve Kütle Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, s.127.

- Davis, H.S., 1962. Concrete for Radiation Shielding. Concrete for Radiation Shielding. (American Concrete Institute, 2nd Ed., s., 61-73, American Concrete Institute, U.S.A.).
- Demir, F., 2009, Bor ve Barit Agregalı Ağır Betonların Nötron Parçacıkları, X- ve γ Işınları için Radyasyon Soğurganlıklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, s.240.
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu: Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT ÖİK:480, Ankara, s.109-130.
- Durmuş, A., Gürsoy, Y. Ve Ayvaz, Y., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Ağır Betonlar, İMO Mühendislik Bülteni, Sayı: 49, s 25-28.
- Erden, E., 1992, Radyoaktivite, Radyasyon ve Çernobil Sonrası Yaşadıklarımız, Jeoloji Mühendisliği, s.171-173.
- Evans, D.R, 1955. The Atomic Nucleus, McGraw-Hill, New York, 610s.
- Filiz, M., Gençel, O., Özel, C., Sancak, E., 2008, "Hematit Agregalı Betonun Radyasyon Önlemede Kullanımının Araştırılması" Uluslararası Hazır Beton Kongresi, s.635-644 İstanbul, Türkiye.
- Gençel, O., 2009, "Hamile Ratlarda Oksidatif Strese Neden Olan Radyasyona Karşı Kolemanitli Betonun Koruyucu Etkisinin Araştırılması", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.101.
- Gerward, L., Guilbert, N., Bjørn Jensen K. and Levring, H., 2001. X-ray absorption in matter reengineering XCOM, Rad. Phys. Chem., 60(1-2), 23.
- Güner, S., M., 1999, Malzeme Bilimi Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi, Aktif Yayınevi, ISBN: 975-96868-4-8, İstanbul,455s.
- Gürsoy, Y., 1997, "Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Ağır Agregalarından Biriyle Üretilen Ağır Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, s.135.
- Hakan, A., 2011," Ağır Betonların Nükleer Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin Araştırılması", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.108.

- Hall, E. J., (1988), Radiobiology for the Radiologist, Lippincott Company, Philadelphia.
- Hanor, J., 2000. Barite-celestine Geochemistry and Environments of Formation. Reviews in Mineralogy, 40, 193–275s.
- Karakuza, A., 2007, "Kimyasal Etkilerin Betonların Radyasyon Zırhlama Özelliklerine Etkisinin Araştırılması", Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.57.
- Kerr, J., B., McElroy, C., T., 1993," Evidence For Large Upward Trends Of Ultraviolet- B Radiation Linled To Ozone Depletion " Science, Vol.262 Issue 5136, Pp.1032-1034
- Kılınçarslan, S., 2004, "Barit Agregalı Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması" Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s.118 .
- Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Çomak, B., Akkurt, İ., 2009, "Görüntü İşleme ile Beton Özelliklerinin Belirlenmesi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), s.101-103, Karabük, Türkiye.
- Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Uzun, İ., 2010, "Ağır Betonların Sülfat Etkisinde Mekanik Özellikleri" SDU International Technologic Sciences ,Vol. 2, No 2, pp.60-71.
- Kılınçarslan, Ş., Sancar, S., Uzun, İ., 2011, " Barit Agregalı Ağır Betonların Betonarmede Kullanılabilirliği" 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), s.87-91, Elazığ, Turkey.
- Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Akkurt, İ., 2007, "Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanılmasının Araştırılması", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 22, No 2, s.393-399.
- Kıpçak, S., A., 2009, "Bazı Bor Bileşiklerinin Nötron Zırhlamasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.159.
- Köklü, N., 2006," Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, s.87.
- Krane.,S., K.,2011,"Nükleer Fizik", Cilt 1,Palme Yayıncılık,(Türkçeye Çeviri Başar Şarer) Ankara, 402s.

- Kudish, A., I., and E. Evseev, 2000 “Statistical Relationships Between Solar UVB And UVA”, Radiation And Global Radiation Measurements At Two Sites In Israel. Int. J. Climatol. 20: 759- 770s.
- Locroix, R., Fuentes, A., Thoneir, H., 1982, “Traite De Beton Arme”, Eyrolles, Paris.
- Lombardi, M.,H.,1999,Radiation Safety in nuclear medicine, Boca Rato, CRC Press.
- Mindess, S. and Young, J. F., (1981), “Concrete”, Prentice-Hall., Inc., New Jeresey.
- Moore, P., O., 2002, Nondestructive Handbook, Volume 4, Radyographic Testing, ASNT.
- Osmay, Y., 2002, “ Barit Agregası ile Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s.84.
- Özden, E., Özyar, Ş., Şahin, A., 2006, Perkütan Nefrolitotomide Radyasyondan Korunma, Türkiye Klinikleri J Surg Med, 2, s.6-9.
- Sancak, E., 2005. Silis Dumanı Katkılı Bims Betonların Özellikleri. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, s.187.
- Sancar, S., 2010, “Baritli Betonun Mekanik Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, , Isparta, s.62.
- Seven, A., 2011, “Baritli Hazır Sıva Kaplamalarının Radyasyon Zırh Elemanı Olarak Kullanılabilirliğinin Görüntü İşleme Yöntemi İle Araştırılması” , Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s.87.
- Shapiro, J., 1972. Radiation Protection, Harward University Press. Cambridge.
- Şimşek, O., 2004, “Beton ve Beton Teknolojisi”, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Şaşkın, G., 2009, “Radyolojide Hasta ve Personel Güvenliği”, 3. Radyoloji Teknisyenleri Mesleki Eğitim Toplantıları, s.21-35, 22-25 Ekim, Antalya.
- TAEK(Türkiye Atom Enerjisi Kurumu), 2009, ”Radyasyon, İnsan Ve Çevre” ISBN: 978-975-8898-38-2, s87.
- TAEK. 1999. Nükleer Enerji, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Bilgiler-Haberler Sayı 57, İstanbul.
- Topçu, İ. B., 2000, “İleri Beton Teknolojisi Ders Notları”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Eskişehir.
- Topçu, İ.B., 2006. Beton Teknolojisi. Uğur Ofset, Eskişehir 570s.
- TS 2941, 1978, “Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-14s.

- TS 3260, 1978. Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.7.
- TS 707, 1980, “Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.1-9.
- TS EN 12350-2, 2002, “Beton – Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.1-8.
- TS EN 12350-7, 2002, ” Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 7: Hava İçeriğinin Tayini- Basınç Metotları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.1-14.
- TS EN 12390-3, 2003, “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.1-12.
- TSE 802, 2009, “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s.1-26.
- Tüysüz, M. Z., 2004. Co-60 Teleterapi Kaynağı için Monte Carlo Yöntemiyle Uygun Zırh Tasarımı. Bitirme Ödevi 39 s. Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Şanlıurfa
- URL-1, www.dunyabeton.com.tr/birimagirlik.html, 07 Aralık 2012
- URL-2, www.en.wikipedia.org/wiki/Limonite, 20 Kasım 2012
- URL-3, <http://www.mta.gov.tr/>, 20 Kasım 2012
- URL-4, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Atom>, 20 Kasım 2012
- URL-5, <http://iys.inonu.edu.tr/webpanel/dosyalar/1259/file/BiyofizikDers7.pdf>, 15
- Yılmaz B., 2009. Muş Yöresinden Temin Edilen Baritin Kullanımı İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Elazığ, s.55.
- Yülek, G.G., 1992. Radyasyon Fiziği. SEK Yayınları No:14, 198s. Ankara.

Aralık 2013

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Tunceli’de doğdu. Lise öğrenimini Tunceli’ de tamamladı. 2010 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Yapı Öğretmenliğinden mezun oldu. 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinde Yüksek Lisans programına başladı.

Autocad, İdecad ve Office programlarını iyi derecede kullanabilmekte olan ERTAŞ, pek çok sertifikaya ve orta derece İngilizce bilgisine sahiptir.