



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI MALZEMELERİNİN RADYASYON GEÇİRGENLİĞİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ŞEYMA BİBER TEMİRCİK

DOKTORA TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2015

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI MALZEMELERİNİN RADYASYON
GEÇİRGENLİĞİ VE MÜHENDİSLİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ŞEYMA BİBER TEMİRCİK

Bu tez,
Fizik Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2015

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Şeyma BİBER TEMİRCİK tarafından hazırlanan “Yapı Malzemelerinin Radyasyon Geçirgenliği ve Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması” adlı bu tez, jürimiz tarafından 20/11/2015 tarihinde oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER (DANIŞMAN)
Fizik Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Metin ORBAY (ÜYE)
Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
Amasya Üniversitesi

Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT (ÜYE)
Fizik Anabilim Dalı, KSÜ

Doç. Dr. Hanifi BİNİCİ (ÜYE)
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Fikret ANLI (ÜYE)
Fizik Anabilim Dalı, KSÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKEİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Şeyma BİBER TEMİRCİK

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

YAPI MALZEMELERİNİN RADYASYON GEÇİRGENLİĞİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI (DOKTORA TEZİ)

ŞEYMA BİBER TEMİRCİK

ÖZET

Bu çalışmada; bazı yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliğine bakılarak, lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Asidik ve bazik pomza, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, kolemanit, perlit, barit, bazalt, kalker, hematit ve demir tozu içeren harçların ve betonların dayanım ve dayanıklılığı araştırılmıştır. Ayrıca yapılarda kullanılan çimento ve ince agrega yerine asidik ve bazik pomza, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, kolemanit, perlit, barit, bazalt, kalker, hematit ve demir tozu farklı yüzdelerde kullanılmıştır.

Beton numunelerin 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımı, Schmidt çekici ile basınç dayanımı, Ultrasonik hız testi ile basınç dayanımı gibi mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Beton numunelerinin 28 günlük yüzey aşınması, kılcal su geçirimsizliği ve donma-çözünme gibi mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Beton numunelerin 90 gün %10 MgSO₄ çözeltisi içerisinde kimyasal etkileri araştırılmıştır.

Numunelerin SEM görüntüleri incelenmiştir. Ayrıca 12x12x2 cm üretilen harçların radyasyon geçirgenliğinin tespiti için Am-241 gama ışını ve Fe-55 X-ışını kaynağı kullanılmıştır. Deneysel olarak harçların lineer soğurma katsayıları ve kütle soğurma katsayıları bulunmuştur. Barit katkılı harçların lineer soğurma katsayısı en yüksek değerlere sahiptir. Demir tozu ve bazalt'ın belirli oranlarda kullanılması ile radyasyon soğurmada etkili olduğu görülmektedir.

Yaşam alanımızı oluşturan binalarda kullanılan kurşun levha, çinko, briket, ateş tuğlası, kiremit, fiber glass, duvar kaplama, alçıpan, parke, parke altı, ytong, pvc tavan, pvc kapı, köpük tavan, köpük taban, seramik ve ahşap gibi bazı yapı malzemeleri için XRF laboratuvarında 5,9 keV, 17 keV, 26 keV ve 59,5 keV enerjili ışınlarla malzemelerin radyasyon geçirgenliği araştırıldı. Malzemelerin radyasyon geçirgenliği, lineer soğurma katsayıları ve kütle soğurma katsayıları hesaplandı ve tablolar halinde verildi. Lineer soğurma katsayısı en yüksek olan numuneler sırasıyla kurşun levha, çinko ve yer seramiğidir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mineral katkılı beton ve harç, Yapı malzemeleri, Radyasyon geçirgenliği, Lineer soğurma katsayısı, Kütle soğurma katsayısı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı, Aralık / 2015

Danışman: Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER

Sayfa sayısı: 240

**INVESTIGATION OF RADIATION PERMEABILITY AND ENGINEERING
PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS
(Ph.D. THESIS)**

ŞEYMA BİBER TEMİRCİK

ABSTRACT

In this study, some building materials by looking at the radiation shielding, linear absorption and mass absorption coefficient was calculated. Strength and durability of mortars and concretes including acidic and basaltic pumice, blended blast furnace slag, fly ash, silica fume, colemanite, perlite, barite, basalt, limestone, hematite and iron powder are investigated. Acidic and basaltic pumice, blended blast furnace slag, fly ash, silica fume, colemanite, perlite, barite, basalt, limestone, hematite and iron powder is substituted instead of cement and fine aggregate in different percentages.

For concrete specimens compressive strength at 7, 28 and 180 days, compressive strength with Schmidt hammer, compressive strength with ultrasonic speed tests performed to investigate the physical and mechanical properties. For concrete at 28 day, determination of surface abrasion, capillary water permeability and freeze-thaw tests performed to investigate the physical and mechanical properties. 90 day sulphate resistance tests applied in 10% MgSO₄ for investigating the chemical effects on concrete.

SEM images of the samples were examined. Besides 12x12x2 cm mortar samples produced and they are used for radiation shielding test. Am-241 and Fe-55 energy source used for radiation shielding test. Linear absorption coefficient and mass absorption coefficient of mortars tested with this method. The highest linear absorption coefficients given by the barite added mortars. Using iron powder and basalt in determined amounts is effectual for radiation shielding.

The radiation permeability of some construction materials lead sheet, zinc sheet, briquette, refractory clay, tile, fiber glass, wall coverings, chrome plate, laminate flooring, aerated concrete (ytong), pvc (polyvinyl chloride), foam, ceramic and wood used in buildings which make up our living environment were researched in XRF (X-ray fluorescence) laboratory with 5,9 keV, 17 keV, 26 keV and 59,5 keV rays. The radiation permeability, linear absorption coefficients as well as mass absorption coefficients are calculated and presented as tables. The materials that have the highest linear absorption coefficients were lead sheet, zinc sheet and floor ceramic. The results obtained are presented in tables and graphs.

Key words: Mineral admixture for concrete and mortar, Construction materials, Radiation permeability, Linear absorption coefficient, Mass absorption coefficient

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Physics, December / 2015

Supervisor: Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER

Number of Pages: 240

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER'e, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında çalışmamı sağlayan, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hanifi Binici'ye, İnşaat laboratuvarındaki çalışmalarım süresince bilimsel ve deneysel yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Hayrullah Ahmet Sevinç'e teşekkür ederim. Pomza ve yüksek fırın cürufu temini için Adana çimento'dan Hürriyet hanıma teşekkür ederim.

Ayrıca, bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen; ellerini hep omuzlarımda hissettiğim çok kıymetli Anneciğim ve Babacığım, varlıklarından güç bulduğum Ablalarıma, her daim yanımda olan Kardeşime ve beni yüreklendiren sevgili Eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2015

KAHRAMANMARAŞ

Şeyma BİBER TEMİRCİK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Radyasyon.....	3
1.2. Radyasyon Kaynakları.....	3
1.2.1. Doğal radyasyon kaynakları	4
1.2.2. Yapay radyasyon kaynakları	6
1.3. Radyasyondan Korunmanın Önemi ve Gerekliliği.....	7
1.4. Radyasyondan Korunma Yöntemleri.....	8
1.4.1. Zaman kuralı.....	9
1.4.2. Mesafe kuralı.....	9
1.4.3. Zırhlama kuralı.....	10
1.5. Radyasyonun Soğurulması (γ ışını soğurulması).....	10
1.5.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar.....	10
1.5.2. İyonlaştırıcı radyasyonlar	10
1.6. Betonların Sınıflandırılması.....	13
1.7. Betonun Dayanımı.....	14
1.8. Betonda Dayanıklılık (Durabilite).....	15
1.8.1. Sülfatların beton dayanıklılığına etkisi.....	16
1.8.2. Beton durabilitesine donma-çözünme etkisi.....	18

1.8.3. Beton durabilitesine geçirimlilik etkisi.....	19
1.8.4. Beton durabilitesine aşınma etkisi.....	20
1.9. Agrega.....	21
1.9.1. Agregaların mekanik özellikleri.....	23
1.10. Çimento.....	23
1.10.1. Çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	23
1.10.2. Çimentoların sınıflandırılması.....	24
1.11. Beton Karışım Suyu.....	24
1.12. Silis Dumanı.....	25
1.13. Kolemanit.....	26
1.14. Perlit.....	27
1.15. Uçucu Kül.....	28
1.16. Yüksek Fırın Cürufu.....	29
1.17. Pomza.....	30
1.18. Barit.....	32
1.19. Bazalt.....	32
1.20. Kalker (Kireçtaşı).....	33
1.21. Hematit.....	33
1.21.1. Kırmızı hematit.....	33
1.21.2. Spekularit (olijist).....	33
1.22. Demir Tozu.....	34
1.23. Kurşun Levha.....	34
1.24. Çinko.....	36
1.25. Briket.....	37
1.26. Tuğla.....	37
1.27. Kiremit.....	37
1.28. Fiber Glass.....	37

1.29. Alçıpan.....	38
1.30. Parke.....	38
1.31. Ytong.....	39
1.32. Pvc.....	39
1.33. Osb.....	39
1.34. Mdf.....	40
1.35. Ahşap.....	41
1.36. Seramik.....	41
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	43
2.1. Silis Dumanı İle İlgili Çalışmalar.....	43
2.2. Kolemanit ile İlgili Çalışmalar.....	47
2.3. Perlit ile İlgili Çalışmalar.....	51
2.4. Uçucu Kül ile İlgili Çalışmalar.....	56
2.5. Yüksek Fırın Cürufu ile İlgili Çalışmalar.....	61
2.6. Pomza ile İlgili Çalışmalar.....	66
2.7. Barit ile İlgili Çalışmalar.....	71
2.8. Bazalt ile İlgili Çalışmalar.....	75
2.9. Kalker ile İlgili Çalışmalar.....	76
2.10. Hematit ile İlgili Çalışmalar.....	79
2.11. Demir Tozu ile İlgili Çalışmalar.....	81
2.12. Yapı Malzemeleri ile İlgili Çalışmalar.....	83
2.13. Radyasyon Zırhlama ile İlgili Çalışmalar.....	88
3. MATERYAL VE METOT.....	98
3.1. Materyal.....	98
3.1.1. Agregası.....	98
3.1.2. Çimento.....	99
3.1.3. Farklı mineral katkıları beton ve harç numuneleri için kullanılan mineraller..	100

3.1.4. Agregalarına göre beton ve harç numuneleri için kullanılan mineraller.....	101
3.1.5. Yapı malzemeleri.....	103
3.2. Metot.....	104
3.2.1. Beton numunelerin hazırlanması.....	104
3.2.1.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin hazırlanması.....	104
3.2.1.2. Agregalarına göre beton numunelerin hazırlanması.....	105
3.2.2. Harç numunelerin hazırlanması.....	108
3.2.2.1. Farklı mineral katkılı harç numunelerin hazırlanması.....	108
3.2.2.2. Agregalarına göre harç numunelerin hazırlanması.....	110
3.2.3. Beton numunelerin basınç dayanımı.....	112
3.2.4. Beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı.....	113
3.2.5. Beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımı.....	114
3.2.6. Beton numunelerin sülfat dayanımı.....	116
3.2.7. Betonun yüzey aşınmalarının tayini.....	117
3.2.8. Beton numunelerin donma-çözülme etkisi.....	118
3.2.9. Beton numunelerin kılcal su geçirimsizliği.....	119
3.2.10. Elektron mikroskop çalışmaları (SEM).....	120
3.2.11. Radyasyon geçirgenliği.....	121
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	125
4.1. Beton Numunelerin Basınç Dayanımları.....	125
4.1.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin basınç dayanımı.....	125
4.1.2. Agregalarına göre beton numunelerin basınç dayanımı.....	128
4.2. Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları.....	130
4.2.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı.....	130
4.2.2. Agregalarına göre beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı.....	133
4.3. Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları.....	135

4.3.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımı.....	135
4.3.2. Agregalarına göre beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımı.....	138
4.4. Beton Numunelerin Sülfat Dayanımları.....	140
4.4.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin sülfat dayanımları dayanımları....	140
4.4.2. Agregalarına göre beton numunelerin sülfat dayanımları.....	144
4.5. Beton Numunelerin Yüzey Aşınma Oranları.....	147
4.5.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin yüzey aşınma oranları.....	147
4.5.2. Agregalarına göre beton numunelerin yüzey aşınma oranları.....	149
4.6. Beton Numunelerin Kılcal Su Geçirimsiliği.....	150
4.6.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin kılcal su geçirimsiliği.....	150
4.6.2. Agregalarına göre beton numunelerin kılcal su geçirimsiliği.....	155
4.7. Beton Numunelerin Donma-Çözülme Etkisi.....	159
4.7.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin donma-çözülme etkisi	159
4.7.2. Agregalarına göre beton numunelerin donma-çözülme etkisi.....	162
4.8. Beton Numunelerin Elektron Mikroskop Çalışmaları (SEM).....	164
4.8.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin elektron mikroskop çalışmaları (SEM).....	164
4.8.2. Agregalarına göre beton numunelerin elektron mikroskop çalışmaları (SEM).....	168
4.9. Numunelerin Radyasyon Geçirgenliği.....	188
4.9.1. Harç numunelerin radyasyon geçirgenliği.....	188
4.9.2. Yapı malzemelerin radyasyon geçirgenliği.....	193
4.9.2.1. Yapı malzemelerin 59,543 keV'de radyasyon geçirgenliği.....	194
4.9.2.2. Yapı malzemelerin 26 keV'de radyasyon geçirgenliği.....	199
4.9.2.3. Yapı malzemelerin 17 keV'de radyasyon geçirgenliği.....	204
4.9.2.4. Yapı malzemelerin 5,9 keV'de radyasyon geçirgenliği.....	207
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	209

KAYNAKLAR.....	224
ÖZGEÇMİŞ.....	239

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Radyasyon Kaynakları	4
Şekil 1.2. Doğal Radyasyon Kaynakları Dağılımı	6
Şekil 1.3. Yapay Radyasyon Kaynaklarının Dağılım Oranları	7
Şekil 1.4. Radyasyondan Korunmanın Üç Temel Yolu	9
Şekil 1.5. İyonlaştırıcı Radyasyonların Giriciliklerinin Karşılaştırılması	11
Şekil 1.6. γ Işınının Soğurulması	12
Şekil 3.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Agregaların Granülometrisi	99
Şekil 3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kolemanit, Yüksek Fırın Cürufu, Silis Dumanı, Perlit, Bazaltik Pomza, Uçucu Kül	100
Şekil 3.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Barit, Pomza, Kalker, Hematit, Bazalt ve Demir Tozu	102
Şekil 3.4. Yapı Malzemeleri	103
Şekil 3.5. Numunelerin Saklandığı Kür Havuzu	108
Şekil 3.6. Deney Aletleri ve Slamp Deneyi.....	108
Şekil 3.7. Harç Numunelerinin Karıştırılması ve Kalıplara Dökülmesi.....	111
Şekil 3.8. Harç Numunelerinin Kür Havuzunda Bekletilmesi ve Etüve Bırakılması.....	111
Şekil 3.9. Üretilen 100x100x100 mm Beton Numuneleri	112
Şekil 3.10. Basınç Presi ve Deney Anından Görüntü.....	112
Şekil 3.11. Schmidt Çekici ve Deneyin Yapılışı	114
Şekil 3.12. Ultrases Cihazı ve Deneyin Yapılışı	116
Şekil 3.13. % 10 MgSO ₄ Çözeltisinde Bekletilen Beton Numuneleri	116
Şekil 3.14. Beton Numuneleri ve Beton Numunelerin Boyutlarının Ölçümü.....	118
Şekil 3.15. Böhme Deney Aleti, Numune ve Zımpara Tozu.....	118
Şekil 3.16. Donma- Çözülme Cihazındaki Numuneler	119
Şekil 3.17. Kapilarite Deney Düzeneginin Şeması.....	120
Şekil 3.18. Kapilarite Deney Yapılışı.....	120

Şekil 3.19. Altın Kaplama İşlemi	121
Şekil 3.20. Sem Cihazı	121
Şekil 3.21. Deney Şeması.....	122
Şekil 3.22. Harç Numuneleri ve Yapı Malzemeleri	123
Şekil 3.23. Deney Düzeneği ve Deney Anından Bir Görüntü.....	124
Şekil 4.1. 7, 28 ve 90 Günlük AP, BP, Y ve U Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	126
Şekil 4.2. 7, 28 ve 90 Günlük S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	126
Şekil 4.3. 7, 28 ve 90 Günlük BP, BA ve BZ Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	129
Şekil 4.4. 7, 28 ve 90 Günlük KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	129
Şekil 4.5. 7, 28 ve 90 Günlük AP, BP, Y ve U Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları	132
Şekil 4.6. 7, 28 ve 90 Günlük S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları	132
Şekil 4.7. 7, 28 ve 90 Günlük BP, BA ve BZ Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları	134
Şekil 4.8. 7,28 ve 90 Günlük KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları	134
Şekil 4.9. 7, 28 ve 90 Günlük AP, BP, Y ve U Katkılı Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları.....	136
Şekil 4.10. 7, 28 ve 90 Günlük S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları.....	137
Şekil 4.11. 7, 28 ve 90 Günlük BP, BA ve BZ Katkılı Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları.	139
Şekil 4.12. 7, 28 ve 90 Günlük KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları	139
Şekil 4.13. Sülfat Çözeltisinde Bekletilen AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Kütle Değişimi.....	141
Şekil 4.14. Sülfat Çözeltisinde Bekletilen AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	143
Şekil 4.15. Sülfat Çözeltisinde Bekletilen BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton	

Numunelerin Kütle Değişimi.....	145
Şekil 4.16. Sülfat Çözeltilisinde Bekletilen BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları	146
Şekil 4.17. 28 Günlük AP, BP, Y, U S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Aşınma Kayıpları	148
Şekil 4.18. 28 Günlük BP, BA, BZ KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Aşınma Kayıpları	150
Şekil 4.19. Asidik Pomza Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	152
Şekil 4.20. Bazik Pomza Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	152
Şekil 4.21. Yüksek Fırın Cürufu Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	152
Şekil 4.22. Uçucu Kül Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	153
Şekil 4.23. Silis Dumanı Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	153
Şekil 4.24. Kolemanit Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	154
Şekil 4.25. Perlit Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	154
Şekil 4.26. Bazik Pomza Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	156
Şekil 4.27. Barit Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	156
Şekil 4.28. Bazalt Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi	157
Şekil 4.29. Kalker Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi	157
Şekil 4.30. Hematit Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.	158
Şekil 4.31. Demir Tozu Numunelerinin Kılcal Su Emme Katsayılarının Zamana göre Değişimi.....	158
Şekil 4.32. Beton Numunelerin Donma-Çözünme Sonrası Basınç Dayanımları.....	160
Şekil 4.33. Beton Numunelerin Donma-Çözünme Sonrası Basınç Kaybı	160

Şekil 4.34. Beton Numunelerin Donma-Çözünme Sonrası Basınç Dayanımları.....	162
Şekil 4.35. Beton Numunelerin Donma-Çözünme Sonrası Basınç Kaybı.....	163
Şekil 4.36. R Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	164
Şekil 4.37. P15 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	165
Şekil 4.38. P25 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	165
Şekil 4.39. S15 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	166
Şekil 4.40. S25 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	166
Şekil 4.41. U30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	166
Şekil 4.42. U50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	167
Şekil 4.43. Y30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	167
Şekil 4.44. Y50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	167
Şekil 4.45. BP10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	169
Şekil 4.46. BP30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	170
Şekil 4.47. BP50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	171
Şekil 4.48. BA10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	172
Şekil 4.49. BA30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	173
Şekil 4.50. BA50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	174
Şekil 4.51. BZ10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	175
Şekil 4.52. BZ30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	176
Şekil 4.53. BZ50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	177
Şekil 4.54. KA10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	178
Şekil 4.55. KA30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	179
Şekil 4.56. KA50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	180
Şekil 4.57. D10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	181
Şekil 4.58. D30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	182
Şekil 4.59. D50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	183
Şekil 4.60. H10 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	184

Şekil 4.61. H30 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü	185
Şekil 4.62. H50 Numunesinin Sülfat Sonrası Sem Görüntüsü.....	186
Şekil 4.63. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Lineer Soğurma Katsayıları	189
Şekil 4.64. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Kütle Soğurma Katsayıları	190
Şekil 4.65. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Lineer Soğurma Katsayıları	191
Şekil 4.66. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Kütle Soğurma Katsayıları	192
Şekil 4.67. Yapı Elemanlarının 59,543 keV’ de Numunelerin Lineer Soğurma Katsayıları	195
Şekil 4.68. Yapı Elemanlarının 59,543 keV’ de Numunelerin Kütle Soğurma Katsayıları	195
Şekil 4.69. Ahşap Numunelerin 59,543 keV’ de Lineer Soğurma Katsayıları	196
Şekil 4.70. Ahşap Numunelerin 59,543 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları	197
Şekil 4.71. Seramik Numunelerin 59,543 keV’ de Lineer Soğurma Katsayıları.....	198
Şekil 4.72. Seramik Numunelerin 59,543 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	198
Şekil 4.73. Yapı Elemanlarının 26 keV’ de Lineer Soğurma Katsayıları	200
Şekil 4.74. Yapı Elemanlarının 26 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	200
Şekil 4.75. Ahşap Numunelerin 26 keV’ de Lineer Soğurma Katsayıları	201
Şekil 4.76. Ahşap Numunelerin 26 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	202
Şekil 4.77. Seramik Numunelerin 26 keV’ de Lineer Soğurma Katsayıları	203
Şekil 4.78. Seramik Numunelerin 26 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	203
Şekil 4.79. Yapı Elemanlarının 17 keV’de Lineer Soğurma Katsayıları	204
Şekil 4.80. Yapı Elemanlarının 17 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	205
Şekil 4.81. Ahşap Numunelerin 17 keV’de Lineer Soğurma Katsayıları	206
Şekil 4.82. Ahşap Numunelerin 17 keV’ de Kütle Soğurma Katsayıları.....	206
Şekil 4.83. Yapı Elemanlarının 5,9 keV’de Lineer Soğurma Katsayıları	207
Şekil 4.84. Yapı Elemanlarının 5,9 keV’de Kütle Soğurma Katsayıları.....	208

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. TS EN 206-1 'e göre Beton Sınıfları ve Dayanımları(TS en 206-1)	14
Çizelge 1.2. İri Agregalar ve Kum için Standart Değerler.....	22
Çizelge 1.3. Silis Dumanın Kimyasal İçeriği.	26
Çizelge 1.4. Perlitlerin Genel Kimyasal Özellikleri.....	27
Çizelge 1.5. Bazık Pomza ile Asidik Pomzanın Kimyasal Bileşeni.....	32
Çizelge 3.1. Agregaların Fiziksel Özellikleri	98
Çizelge 3.2. Çimentonun Kimyasal Analizi	99
Çizelge 3.3. Çimentonun Fiziksel Analizi.....	100
Çizelge 3.4. Asidik Pomza, Bazaltik Pomza, Yüksek Fırın Cürufu, Uçucu Kül, Silis Dumanı, Kolemanit ve Perlit 'in Kimyasal Analizi.....	101
Çizelge 3.5. Asidik Pomza, Bazaltik Pomza, Yüksek Fırın Cürufu, Uçucu Kül, Silis Dumanı, Kolemanit ve Perlit 'in Fiziksel Analizi	101
Çizelge 3.6. Bazaltik Pomza, Barit, Bazalt, Kalker, Hematit ve Demir Tozu'nun Kimyasal Analizi.....	102
Çizelge 3.7. Bazaltik Pomza, Barit, Bazalt, Kalker, Hematit ve Demir Tozu'nun Fiziksel Analizi.....	103
Çizelge 3.8. 1 m ³ Farklı Mineral Katkılı Beton Karışımı için Malzeme Oranları ve Numunelerin İsimleri.....	104
Çizelge 3.9. 1 m ³ Agregalarına göre Beton Karışımı için Malzeme Oranları ve Numunelerin İsimleri.....	106
Çizelge 3.10. Farklı Mineral Katkılı Harç Karışımı için Malzeme Oranları ve Numunelerin İsimleri	109
Çizelge 3.11. Agregalarına göre Beton Karışımı için Malzeme Oranları ve Numunelerin İsimleri.....	110
Çizelge 4.1. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları..	125
Çizelge 4.2. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Basınç Dayanımları ..	128
Çizelge 4.3. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici Basınç Dayanımları	130
Çizelge 4.4. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Schmidt Çekici Basınç Dayanımları	133

Çizelge 4.5. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü Basınç Dayanımları	135
Çizelge 4.6. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü Basınç Dayanımları	138
Çizelge 4.7. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin 90 Günlük Sülfat Çözeltisinde Kütle Değişimi.....	140
Çizelge 4.8. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin 90 Günlük Sülfat Çözeltisinde Basınç Dayanımları	142
Çizelge 4.9. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin 90 Günlük Sülfat Çözeltisinde Kütle Değişimi.....	144
Çizelge 4.10. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin 90 Günlük Sülfat Çözeltisinde Basınç Dayanımları	145
Çizelge 4.11. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin 28 Günlük Sülfat Çözeltisinde Aşınma Kaybı	147
Çizelge 4.12. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin 28 Günlük Sülfat Çözeltisinde Aşınma Kaybı	149
Çizelge 4.13. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Kapilarite Katsayıları (cm/s ^{1/2})x10 ⁻⁶ ..	151
Çizelge 4.14. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Kapilarite Katsayıları (cm/s ^{1/2})x10 ⁻⁶	155
Çizelge 4.15. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Beton Numunelerin Donma-Çözünme Öncesi ve Sonrası Basınç Değerleri.....	159
Çizelge 4.16. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Beton Numunelerin Donma-Çözünme Öncesi ve Sonrası Basınç Değerleri	161
Çizelge 4.17. AP, BP, Y, U, S, K ve P Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları	188
Çizelge 4.18. BP, BA, BZ, KA, H ve D Katkılı Harç Numunelerin 59,543 keV’de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları	190
Çizelge 4.19. Yapı Elemanlarının 59,543 keV’ de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	194
Çizelge 4.20. Ahşap Numunelerin 59,543 keV’ de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	196
Çizelge 4.21. Seramik Numunelerin 59,543 keV’ de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	197
Çizelge 4.22. Yapı Elemanlarının 26 keV’ de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma	

Katsayıları.....	199
Çizelge 4.23. Ahşap Numunelerin 26 keV' de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	201
Çizelge 4.24. Seramik Numunelerin 26 keV' de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	202
Çizelge 4.25. Yapı Elemanlarının 17 keV' de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	204
Çizelge 4.26. Ahşap Numunelerin 17 keV' de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	205
Çizelge 4.27. Yapı Elemanlarının 5,9 keV' de Lineer Soğurma ve Kütle Soğurma Katsayıları.....	207

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MPA	: Mega Pascal (Basınç Dayanımı Birimi)
TS	: Türk Standardı
EN	: European Norm
C₂S	: Dikalsiyum Silikat
C₃S	: Trikalsiyum Silikat
C₃A	: Trikalsiyum Alüminat
C₄AF	: Tetrakalsiyum Alumino Ferrit
KeV	: Kilo Elektron Volt
MeV	: Mega Elektron Volt
GeV	: Giga Elektron Volt
YFC	: Yüksek Fırın Cürufu
PÇ	: Portland Çimentosu
KPÇ	: Katkılı Portland Çimentosu
SiO₂	: Silis
Al₂O₃	: Alümin
SEM	: Scannig Elektron Microscope
Fe₂O₃	: Demir Oksit
CaO	: Kalsiyum Oksit
MgO	: Magnezyum Oksit
Na₂O	: Sodyum Oksit
K₂O	: Potasyum Oksit
B	: Bor
B₂O₃	: Bor Oksit
BaSO₄	: Baryum Sülfat
AP	: Asidik Pomza
BP	: Bazik Pomza

Y	: Yüksek Fırın Cürufu
U	: Uçucu Kül
S	: Silis Dumanı
K	: Kolemanit
P	: Perlit
BA	: Barit
BZ	: Bazalt
KA	: Kalker
H	: Hematit
D	: Demir Tozu
XRF	: X-Işını Floresans

1.GİRİŞ

Günümüzde nükleer ya da jeolojik etkilerden dolayı zarar gören binalar, kullanılan yapı malzemelerinin üzerine dikkat çekmiştir. Yapı malzemeleri taş ve topraktan üretildikleri için radyoaktivite içerebilirler. Böylece insanlar bina dışında olduğu gibi bina içinde de radyasyona maruz kalırlar. Alınan radyasyon dozu bölgenin taşına, toprağına ve yapı malzemesine bağlıdır. Yaşam kalitemizi artırmak ve sağlıklı ortamlarda yaşamımızı devam ettirmek için yüksek enerji bölgesindeki ışınları tutabilecek yapı malzemeleri kullanılmalıdır.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte insan sağlığını tehdit eden seviyede radyasyon yayan cihazların kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bu tür cihazların bulunduğu yapılar için dayanım ilkesine bağlı tasarım yeterli olmamakta, yeterli geçirimsizliğin de sağlanması gerekmekte, radyasyon etkilerine karşı uygun şekilde tasarlanmalarının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yeterli dayanım ve yeterli rijitlik gibi temel ilkelere ek olarak zararlı ışınlara maruz bu tür yapıların ve bu yapıları kullanan insanların söz konusu olumsuz etkilerinden korunma gereksinimleri büyük önem taşımaktadır. Radyasyonun yoğun olarak bulunduğu bu tür yapılarda, insanlar radyasyonun etkilerine maruz kalmamak için korumalı bir alan meydana getirme ihtiyacı hissetmektedir. Bu alanların oluşturulabilmesi için en önemli unsur radyasyon kaynağı ile radyasyona maruz kalan ortam arasına zırhlama elemanının yerleştirilmesidir (Kılıçarslan ve ark., 2007).

Elektromanyetik radyasyonunun canlılar için en tehlikeli olanları menzilleri uzun olduğundan X ve γ ışınlarıdır. Radyasyon demeti, bir maddeden geçirildiğinde şiddetinde azalma gözlenir. Şiddetindeki bu azalma, maddenin kalınlığına, içerisindeki bulunan elementlere ve elementlerin madde içerisindeki konsantrasyonuna göre değişir (Turgut, 2000; Turgut ve ark., 2007).

Yeryüzündeki tüm canlılar ve cansızlar havada, suda, toprakta, hatta kendi vücutları içerisindeki doğal radyasyon kaynakları ve bunlara ek olarak insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının her gün ışınlamaya maruz kalmaktadırlar. Radyasyonun zararlı etkilerinden korunabilmek için zaman, mesafe ve zırhlama olmak üzere üç temel hususa dikkat edilmelidir. Radyoaktif kaynağın yaptığı ışınlamaya maruz kalınan süre ne kadar uzunsa ya da ışıma yapan kaynağın ne kadar yakınında bulunuluyorsa alınacak radyasyon dozu da o kadar artacaktır. Bazı radyonüklidlerin yaydığı radyasyon o kadar kuvvetlidir ki kilometrelerce uzaktan bile görünmediği halde ışınlamaya maruz kalınabilir.

Böyle kuvvetli radyoaktif maddelerin etkilerinden sadece zırhlı olarak korunulabilir. Tasarımın bünyesine giren ve tümünden o tasarımın oluşum ve kullanma süreci içerisindeki biçimlenişini sağlayan ve tasarımı kullanan insanın sağlık ve konforunu düzenleyen parçalara yapı malzemesi denir. Ondokuzuncu yüzyıldan sonra ekonomik ve sosyal değişimlerin sonucu malzeme teknolojisi fazlasıyla önem kazanmış ve tüm tasarımlarda, tek bir malzeme yerine malzeme bileşimleri şeklinde çözümler kendini göstermiştir (Eriç, 1994).

Genel olarak yapı malzemesi belirli bir yapıda kullanılacak ise bir veya birkaç karakteristiğın, bazı araştırmalara ve gözlemlere dayanılarak saptanan değerler arasında olması gerekir. Yapı malzemelerin özellikleri iç yapıya büyük ölçüde bağlıdır (Smith, 2001). Uygulanan bir işlem sonucu özelliklerde meydana gelen değişimlerin nedeni, ancak içyapı göz önüne alınarak açıklanabilir. Yapı malzemelerinin atom ve molekül yapısını mikro yapı özellikleri, gözle görünür yapısını ise makro yapı özellikleri oluşturur (Onaran, 1993). Beton; kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega vb.), çimento ve suyun karışımından elde edilen bir yapı malzemesidir. Sözü edilen malzemeler belirli oranda karıştırıldığında kalıptan istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilir. Beton karışımlarında kullanılan en önemli malzeme çimentodur. Çimentolar, hidrolik bağlayıcı maddeler olup, su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra gerek havada gerekse suda sertleşerek dayanım kazanır (Ersoy, 1995). Değişik fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklere sahip katkı malzemelerinin çimentoya ilavesi çimento yapısında önemli ölçüde farklılıklara neden olmaktadır. Bu nedenle farklı çimentolar ile üretilen betonların farklı özelliklere ve performanslara sahip olmaları kaçınılmaz olmaktadır. Aslında, katkı çimentolar modern toplumun ihtiyaçlarını karşılayan temel bir malzeme olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2005). Çimento alandaki mevcut bilgiler, katkı malzemelerini ihtiva eden çimentoların zamana karşı dayanım performansının, katkısız çimento ile ileri yaşlarda hemen hemen aynı olduğu hatta bazı tip çimentoların katkısız çimentoları geçtiği yönündedir (Yanç, 2000).

Çağımızın yapı dünyasında geniş bir kullanım alanı bulunan beton, üretimden uygulamaya kadar her aşamada son derece dikkat ve titizlik gerektiren temel bir yapı malzemesidir. Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan malzemelerin içerisinde önemli bir yere sahiptir. Çevremize baktığımızda binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, su depoları, limanlar, hava alanları vb.nin betondan yapıldığını görmekteyiz. Beton diğer yapı malzemelerine göre; daha kolay şekil verilebilir olması,

ekonomik olması, dayanıklı olması, üretiminde daha az enerji tüketilmesi, her yerde üretilebilir olması ve estetik özellikleriyle en çok kullanılan yapı malzemesidir (Özkul, 2004). Bununla beraber bazı durumlarda normal betonun kullanımı yetersiz kalmaktadır. Örneğin, endüstriyel gelişmelerden dolayı ortaya çıkan enerji üretim ve tüketimi her geçen gün artmaktadır.

Günümüzde enerjinin elde edilebileceği nükleer santrallerin çevre üzerinde olumsuz etki meydana getirmemesi canlıların sağlığı ve sürdürülebilirlik için oldukça önemlidir. Bu açıdan radyasyon geçirmeyen malzemelerin araştırılması son yıllarda büyük önem kazanmıştır (Kan, 2004). Yapının bozulmasına yol açan etmenler fiziksel, kimyasal ve mekanik kökenli olabilir. Bu çalışmada, yapı malzemelerinin çeşitliliğine göre basınç dayanımı, ultrasonik ses deneyi gibi birçok mühendislik özellikleri araştırılmış ve ayrıca malzemelerin radyasyon geçirgenliğine bakılmıştır.

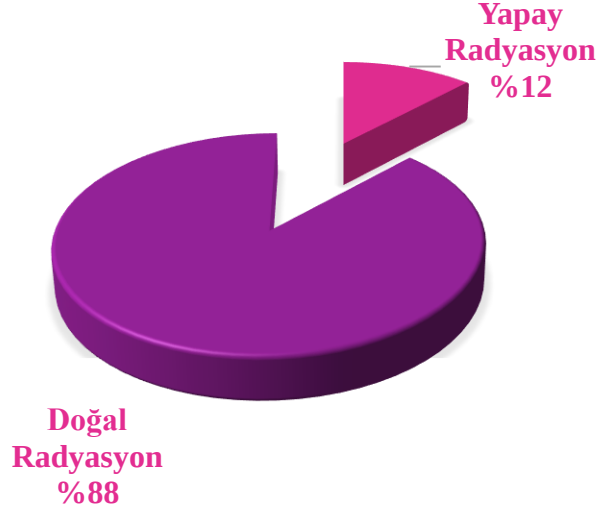
1.1. Radyasyon

Tıpta hastalıkların tanı ve tedavisi amacıyla, sanayide tahribatsız kontrol amaçlı endüstriyel radyografi uygulamalarından, yoğunluk nem ölçümlerine, proses kontrollerine, petrol aramalarına ve nükleer güç santrallerinden elektrik enerjisi elde edilmesine kadar çok geniş bir kullanım alanı olan radyasyon uygulamalarının avantajları yanı sıra radyasyonun zararlı biyolojik etkileri vardır. Bu etkinin tespiti, Röntgen'in 1895 yılında X ışınlarının keşfinden hemen sonrasına rastlar. Daha sonraki yıllarda ise uzun süre X ışınlarına maruz kalan insanlarda çeşitli deri reaksiyonlarına ve saç ve kıl dökülmesine rastlandığı belirlenmiştir. Radyasyonu ortamda yol alan enerji olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanım kapsamında doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjileri de “radyasyon” olarak adlandırılır (Çelik, 2013).

1.2. Radyasyon Kaynakları

İnsanoğlu ve diğer canlılar, milyonlarca yıldan beri evrenden gelen kozmik ışınlar yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla ışınlanmakta olup; tüm canlıların varoluşlarından bu yana sürekli olarak doğal radyasyonla iç içe yaşamaktadırlar. Vücudumuza solunum ve sindirim yollarıyla, hava, su, tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde az da olsa bulunan radyoaktif maddeler alınmakta, bunlarda zamanla çeşitli organlarda birirmektedir. Buna ek olarak kozmik ışınlardan ve yerkürede bulunan

doğal radyoaktif maddelerden etkilendiğimiz de düşünüldüğünde, insan vücudu hem iç hem de dış radyasyon ışınlamasına doğal olarak maruz kalmaktadır. Şekil 1.1.'de radyasyon kaynakları görülmektedir (URL8).



Şekil 1.1. Radyasyon kaynakları

1.2.1. Doğal radyasyon kaynakları

Doğal radyasyon iki ana kaynaktan gelmektedir. Bunlardan ilki uzay kaynaklı kozmik radyasyon ve ikincisi yer kabuğundaki radyoaktif izotoplardan gelen karasal radyasyondur (Unscear, 2000).

Kozmik radyasyon çoğunlukla kaynağını Güneş ve diğer yıldızlardan alan yüklü iyonlardan oluşmaktadır. Elektronlar, protonlar, helyum çekirdekleri ve daha az oranda olmak üzere yüksek enerjili fotonlar kozmik radyasyon kaynaklarındandır. Bu radyasyon türleri enerjilerine bağlı olarak atmosfer bileşenleriyle etkileşerek X-ışını, muon, proton, elektron, alfa tanecikleri ve nötronlar gibi ikincil radyasyonlar meydana getirirler. Bunun yanı sıra, atmosferde elementsel mutasyon yoluyla yeni çekirdekler (kozmojenik nüklitler) oluştururlar. Bunlar içerisinde önemli olanlar ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{32}P , ^{33}P ve ^{33}S 'tir (Appleby ve Luttrell, 1993). Kozmik ışın kaynaklı yıllık doz ortalaması yaklaşık 0,4 mSv'dir (Eisenbud ve Gesell, 1997).

Diğer doğal radyasyon kaynağı olan karasal radyasyon Dünya'nın oluşumu esnasında ya da daha sonradan meteor veya göktaşları gibi etmenler tarafından kayalara ve toprağa katılan radyoaktif elementler tarafından oluşturulmaktadır. Bu elementler doğadaki üç temel doğal radyoaktif seri olan Toryum (^{232}Th , 4n), Uranyum (^{238}U , 4n+2) ve

Aktinyum (^{235}U , $4n+3$) serisinden birisi içerisinde. Ayrıca Neptunyum (^{241}Pu , $4n+1$) ile gösterilen dördüncü bir seriden daha bahsedilebilir. Ancak ana çekirdeğin 14 yıllık yarı ömrü nedeniyle günümüzde mevcut değildir. Doğal serilerdeki nüklitlerin yarı ömürleri Dünyanın yaşından büyük olduğu için bunlara primordiyal (ezelden beri var olan) nüklitler denilmektedir ve seri sonundaki element kararlıdır.

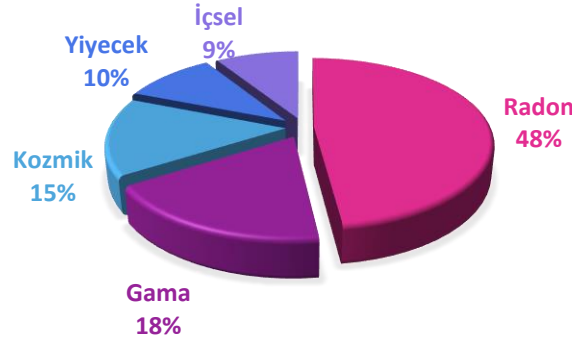
Tüm canlılar havadan ve besinlerden bu radyo çekirdekleri vücutlarına sürekli olarak aldığından, bu radyo nüklitler zamanla organlarda birikmektedir ve içsel ışınlamaya neden olmaktadır. İçsel ışınlamada en önemli pay ender bulunan elementlerden birisi olan ^{40}K 'tır (Cooper, 2003). Şekil 1.2.'de ise doğal radyasyonun kaynaklarına göre dağılımı görülmektedir (URL8). Vücudumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özellikle Potasyum-40 radyoaktif elementinden) dolayı da belli bir radyasyon dozuna maruz kalırız. Bir yıl boyunca bu şekilde maruz kaldığımız iç (dahili) radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.23 mSv kadardır.

Fosil yakıtlar doğal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür elementler yakıt içinde iken bir radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak fosil yakıtlar yakıldıklarında bu elementler atmosfere yayılır ve daha sonra toprağa dönerek doğal radyasyon düzeyinde az da olsa bir artışa neden olur. Doğada mevcut kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gama ışınlarının da katkısıyla topraktan maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.46 mSv/yıl'dır.

Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan maruz kaldığımız dozun dünya ortaması yaklaşık 0.25 mSv/yıl'dır. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar bu ortalamanın üzerinde bir radyasyon dozu alırlar.

Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin (Ra^{226}) bozunması sırasında salınan "radon gazı"dır. Bu bozunma sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalırken maalesef radon toprak yüzeyine doğru yükselir. Eğer bu gaz, yayılmalar sonucu seyrelirse herhangi bir sorun oluşturmaz. Ancak, radon gazının yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sisteminin olması gerekir. Böyle bir havalandırma yoksa radon gazı evin içinde dışarıdakinden yüz kat hatta bin kat daha fazla olacaktır. Bu gaz teneffüs edildiği takdirde akciğerlere geçici olarak yerleşip tüm dokuların radyasyona maruz kalmasına neden olabilir. Radon gazından dolayı dünya genelinde

maruz kalınan ortalama doz 1.3 mSv/yıl'dır. Radon gazı hariç doğal radyasyon ortalama değerin altındaysa sağlık üzerinde zararlı bir etkisi görülmez (URL8).



Şekil 1.2. Doğal radyasyon kaynakları dağılımı

1.2.2. Yapay radyasyon kaynakları

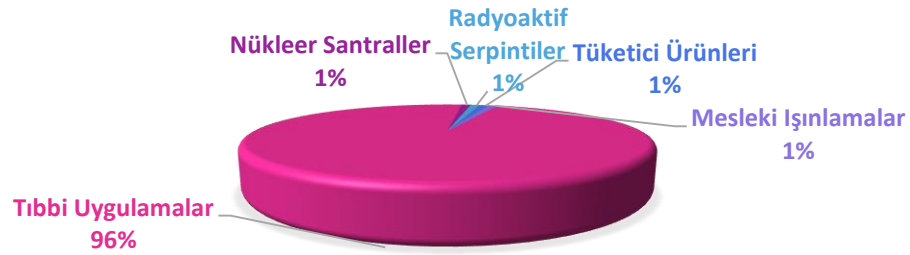
Son yüzyılda, özellikle nükleer teknolojiye paralel olarak çekirdek kaynaklı veya X-ışınları gibi çekirdek kaynaklı olmayan radyasyonların kullanım alanları geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Nükleer reaktörlerde enerji üretiminde ve radyoizotop üretiminde, tıpta teşhiste ve tedavide, endüstride kalite denetleme tespitinde, gıda sahasında sterilizasyonda radyasyon kaynakları kullanılmaktadır. Uygulamaların çeşitliliği farklı yapay radyoizotopların üretilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu şekilde dışarıdan, insan müdahalesiyle ortaya çıkan radyasyon türüne yapay radyasyon denir. Yapay radyasyonun fiziksel doğası ve etkisi doğal radyasyonunkiyle aynıdır. Maruz kaldığımız toplam yapay radyasyonu oluşturan temel kaynaklar şekil 1.3' de gösterilmektedir. Buradan görüldüğü gibi, yapay radyasyonun büyük kısmı tıbbi uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Bunların yanı sıra atmosferde ve yeraltında yapılan nükleer silah denemeleri sonucu oluşan serpintiler, silah malzemelerinin üretim süreci ve Çernobil'deki gibi reaktör kazaları yapay radyasyon kaynakları arasındadır (Unscear, 2000). Maruz kalınan radyasyon ister doğal isterse yapay kaynaklardan gelsin pek çoğu çekirdek kökenlidir. Nükleer radyasyon olarak adlandırılan bu ışınlar fiziksel bir süreç olan radyoaktif bozunma sürecinin ürünüdür (Akyıldırım, 2011).

Gelişmiş endüstriyel ekonomilerin ve yüksek yaşam standartlarının, doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynakları kullanılmadan süreklilik gösterebileceğini düşünmek şimdilik pek mümkün gözükmemektedir. İşte bu yüzden insanoğlu, teknolojik gelişiminin gereği olarak, bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla üretme ihtiyacı duymuştur. Bu

kaynaklar, birçok işin daha iyi, daha kolay, daha çabuk, daha ucuz ve daha basit yapılmasına olanak sağlar. Bazı durumlarda ise alternatifleri yok gibidir.

Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olurlar. Ancak bu doz miktarı, talebe bağlı olarak artsa da, doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X-ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır (Unsear, 2000).



Şekil 1.3. Yapay radyasyon kaynaklarının dağılım oranları

1.3. Radyasyondan Korunmanın Önemi ve Gerekliliği

Radyoaktif kaynakların uygulamalarının hayata yeni geçirmeye başlayan bilim adamları, bilgi eksikliğinden dolayı, bunların zararlı etkilere sahip olabilecekleri hususunda herhangi bir fikre sahip değillerdi. Bu konudaki oldukça geniş literatürün ışığında (ICRP, 1993, 1996; DOE, 1995, 1997; IEA, 1996, 2009; URL8) yüksek enerjili nükleer radyasyonların canlı hücreler üzerinde onarılabılır veya onarılamaz hasarlara sebebiyet verdiklerini; bu hasarlardan genetik olanların canlı türünün geleceğini de etkileyecek şekilde nesilden nesile aktarılmaktadır. Bu nedenle, radyasyon kaynaklarından yayılan doz miktarının kontrol edilmesi ve başta insanoğlu olmak üzere, canlılara zarar vermeyecek seviyelere indirilmesi gerekmektedir. Bu sürecin tamamına radyasyondan korunma denir.

Radyasyondan korunma, özellikle günümüzde önem kazanmış bir çalışma alanıdır. Çünkü nükleer teknoloji çok geniş bir yelpazede uygulama alanlarına sahip hale gelmiştir.

Bunların en önemlilerinden birisi nükleer reaktörlerdir. Reaktörlerde güç üretiminde uranyum elementi kullanılmaktadır. Meydana gelen fisyon tepkimeleri sonucu bol miktarda nötron açığa çıkmaktadır. Ek olarak, oluşan radyoaktif ürünler alfa, beta ve gama radyasyonları yaymaktadır. Ayrıca üretilen radyoaktif atıkların aktivitelerinin makul seviyelere inmesini beklemek için dikkatli bir şekilde saklanması gerekmektedir (Rockwell, 1956).

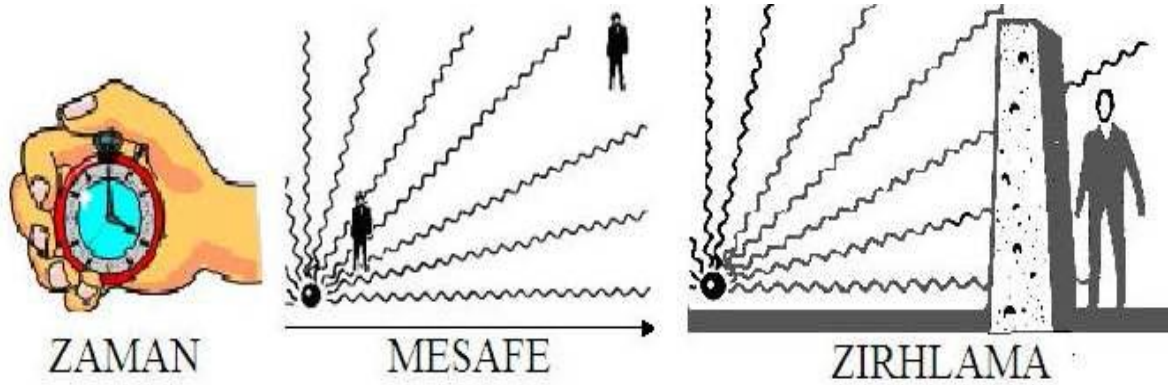
Diğer yandan fiziğin parçacıklar düzeyindeki gizemlerini araştırmak için kurulmuş olan hızlandırıcı merkezlerinde yapılan çarpışma deneylerinde yine X-ışınları, gama ışınları, yüksek enerjili kütleli tanecikler ve çekirdek altı tanecikler açığa çıkmaktadır (Lee, 2004).

Radyasyonun günlük hayatta da karşımıza çıkan, toplum tarafından en gözle görünür uygulamalarının olduğu saha ise sağlıktır. Günümüzde hemen hemen tüm hastanelerde radyasyon tanı ve tedavilerinin gerçekleştirildiği nükleer tıp birimleri bulunmaktadır. Buralarda X-ışınlarıyla röntgen çekimi ve tomografi (CT), floroskopi, mamografi, kemik yoğunluğu ölçümü; fotonlar kullanılarak tomografi (SPECT), ameliyatlarda hassas gama bıçağı; pozitronlar kullanılarak tomografi (PET); nötronlar kullanılarak bor nötron yakalama terapisi uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Shultis ve Faw, 2002).

Radyasyondan korunma fikrinin, tabii ki en önemli gerekçesi canlı, özelde de insan sağlığıdır. Ancak, çağımızın elektronik çağı olduğunu hatırlayarak radyasyondan korunmanın önemi ve gerekliliğine dair başka bir gerekçenin daha var olduğunu anlayabiliriz. Ashok, vd., (1978a) ve Tataroğlu, vd., (2006) yaptıkları çalışmalar sonucunda gama radyasyonunun; Ashok, vd., (1976, 1978b) ve Akkurt, vd., (2010a) ise nötron ve elektron radyasyonlarının elektronik sistemlerde sık kullanılan bazı devre elemanlarının karakteristiklerini etkilediklerini göstermişlerdir. Dolayısıyla radyasyon uygulamalarının yapıldığı tesislerde cihazların elektronik sistemlerinin de radyasyon etkilerinden korunması da önem arz etmektedir (Akyıldırım H., 2011).

1.4. Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Radyasyonun zararlı etkilerinde korunmanın üç temel yolu zaman, mesafe ve zırlama kuralı olarak sıralanmaktadır. Bunlar Şekil 1.4.'de gösterilmiştir. Şüphesiz ki, en iyi korunma yöntemi bu üç kuralın aynı anda işletilmesidir.



Şekil 1.4. Radyasyondan korunmanın üç temel yolu (URL8)

1.4.1. Zaman kuralı

Radyasyondan korunmanın ilk ve en basit kuralıdır. ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ilkesine göre (ICRP, 1997) radyoaktif kaynaklar kullanılarak yapılan uygulamalar mümkün en kısa zamanda tamamlanmalıdır. Radyasyona maruz kalan maddenin soğurduğu doz zamanla değişmektedir. Radyoaktif kaynağın yakınında ne kadar az zaman geçirilirse o kadar az doza maruz kalınır. Belli bir zaman içerisinde bir radyoaktif kaynaktan maruz kalınacak doz,

$$\text{Doz} = (\text{Doz Şiddeti}) \times (\text{Zaman}) \quad (1.1)$$

ile verilir. Buna göre soğurulan doz zamanla doğru orantılıdır.

1.4.2. Mesafe kuralı

Alfa ve beta radyasyonları gibi yüklü radyasyonların havadaki ortalama serbest yolları oldukça kısadır. Nötron ve gama radyasyonları ise daha uzun yollar almalarına karşın mesafeyle şiddetleri azalır. Bu nedenle bir radyasyon kaynağının zararlarından sakınmanın etkili yollarından birisi de kaynaktan olabildiğince uzakta durmaktır. Maruz kalınan radyasyon miktarı mesafeyle ters kare yasasına bağlı olarak azalmaktadır (Eaves, 1964). Herhangi bir küresel dalga cephesinin yüzeyindeki ışınların yoğunluğu, kaynağın A_0 şiddeti ile doğru, küre yüzeyinin alanıyla ters orantılıdır.

$$A \propto \frac{A_0}{4\pi r^2} \quad (1.2)$$

Burada A , r mesafedeki radyasyon şiddetidir. Ayrıca bir d_2 uzaklığındaki doz hızı D_2 , başka bir d_1 uzaklığındaki ($d_1 < d_2$) doz hızı D_1 'den uzaklıkların kareleriyle ters orantılı olacak şekilde daha küçüktür.

$$D_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 D_1 \quad (1.3)$$

1.4.3. Zırhlama kuralı

Radyasyon kaynağı ile radyasyon kaynağından yayımlanan ışınlardan korunması amaçlanan sistem (canlı ya da cansız) arasına engel koyarak radyasyonun etkilerini yok etme veya makul düzeylere indirme işlemine zırhlama denir. Böylece zırhlamanın temel amacının, salınan radyasyonların zırh malzemesinin atomları ile dolaylı veya doğrudan yollarla etkileşerek enerjilerinin tamamını ya da bir kısmını kaybetmelerini sağlamak olduğunu söyleyebiliriz. Bu amaçla kullanılacak zırhlama malzemesi seçiminde radyasyonların türü önemlidir. Çünkü nükleer radyasyonların maddeyle etkileşme mekanizmaları sahip oldukları yüke, kütleye ve enerjilerine bağlı olarak değişiklik arz etmektedir. Radyasyona karşı zırhlamada ilgili radyasyonun maddeyle etkileşme şekli göz önünde bulundurulur.

1.5. Radyasyon Soğurulması (γ ışını soğurulması)

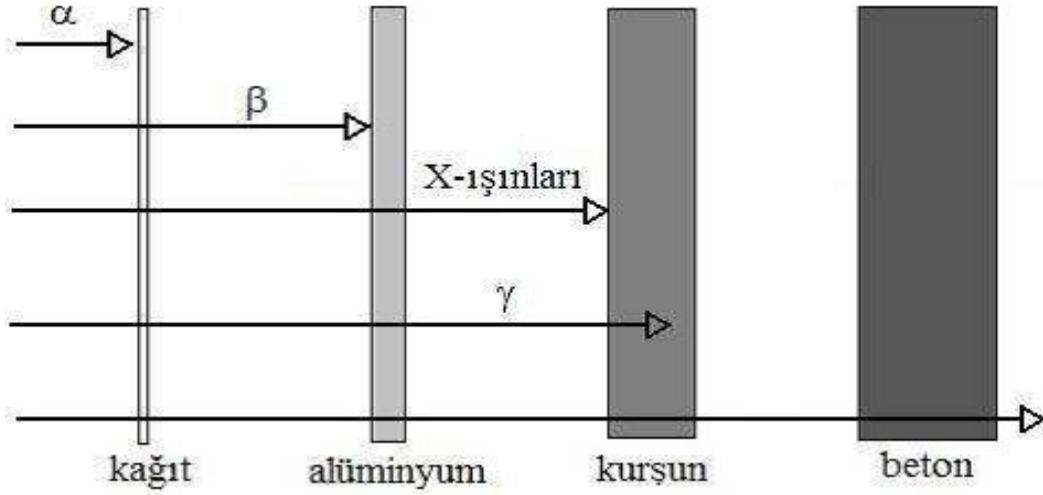
Radyasyonlar, madde atomlarını iyonlaştırma kabiliyetlerine göre iyonlaştırıcı olan ve iyonlaştırıcı olmayan diye iki genel sınıfta incelenirler.

1.5.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar: Maddeyle etkileşirler ancak onun elektronik yapısında bir değişikliğe neden olmazlar. Çünkü etkileştikleri madde atomlarını (veya moleküllerini) iyonlaştıracak kadar yüksek enerjili değildirler. Görünür ışık, kızılötesi ve yakın morötesi ışınlar, mikro dalgalar ve radyo dalgaları bu kapsamdadır. Bu tür elektromanyetik radyasyonlar iyonlaşmaya neden olmamalarına rağmen madde atomlarının uyarılmasını sağlayabilirler. Atom üst enerji seviyesine çıkar ve taban durumuna dönmek için aldığı enerjiyi geri verir. Bu radyasyon türünü zırhlamak daha kolaydır çünkü düşük enerjilerinden dolayı girici değildirler.

1.5.2. İyonlaştırıcı radyasyonlar: X-ışınları ve uzak morötesi haricinde tamamı nükleer radyasyon sınıfında olup madde atomlarından (veya moleküllerinden) elektron kopararak iyonlaşmaya neden olacak kadar yüksek enerjilere sahiptirler. Böylece atom net bir yüke

sahip olur. Atom ve kopan elektron, iyon çifti oluşturur. İyonlaşma esnasında radyasyon etkileştiği maddenin yapısına bağlı olarak enerji kaybeder. Bir atomu iyonlaştırmak için gerekli en küçük enerji, birkaç eV ile helyumu bir kez iyonlaştırmak için gerekli 24,6 eV aralığında olabilir (Podgorsak, 2010). Zırhlanması zor ve önemli olan radyasyon türleri iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Alfa, beta, nötron ve gama ışınları bu sınıfta yer alır.

İyonlaştırıcı radyasyonların madde içerisine giricilik kabiliyetleri karşılaştırıldığında (Şekil 1.5) en tehlikeli radyasyon türlerinin gama ışınları ve nötronlar olduğu görülmektedir. Çünkü nötronlar yüksüz; gama ışınları ise hem yüksüz hem de kütesizdir (Arshak, 2006; Martin, 2006).



Şekil 1.5. İyonlaştırıcı radyasyonların giriciliklerinin karşılaştırılması

Burada ilginç olan nokta, zırh maddesiyle radyasyonun atomik düzeydeki etkileşmelerinin radyasyonun türüne ve enerjisine bağlı olmasına rağmen radyasyonun zayıflatılması amacıyla önüne konulan bir engelin radyasyonun başlangıçtaki I_0 şiddetini $I < I_0$ olacak şekilde radyasyonun türünden ve cinsinden bağımsız olacak şekilde aynı üstel yasaya uyarak zayıflatmasıdır (Şekil 1.5). Literatürde bu yasaya Beer-Lambert Yasası denir (Eaves, 1964; Goswami ve Chaudhuri, 1973; Mudahar, vd., 1991). Buna göre zırh sebebiyle radyasyon şiddetinin değişimi başlangıçtaki şiddetle ve zırh kalınlığıyla doğru orantılı, fakat azalma gösterdiği için de zıt işaretlidir.

Gama ve X-ışınları alfa ve beta parçacıklarından farklı olarak, bir tek elementer olayda enerjilerine ve düştüğü maddenin özelliğine ve kalınlığına göre enerjisinin büyük bir kısmını, çoğu zaman tamamını kaybeder. İçinden geçtiği maddenin hangi atomunun

civarında bu kaybın olacağı tamamen ihtimale bağlıdır. Bu sebeple gama ışınlarının madde tarafından soğurulmasında radyoaktif bozunma kanunlarına benzer bir kanun geçerlidir. Maddenin küçük bir dx kalınlığında absorblanan dI ışın şiddeti, bu kalınlığa giren I şiddeti ile orantılıdır.

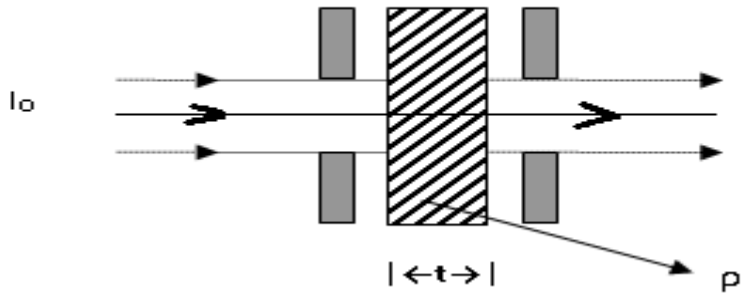
I_0 şiddetinde paralel bir γ -ışını demeti t (cm) kalınlığında, ρ (gr/cm³) yoğunluğunda homojen bir soğurucu üzerine gönderildiğinde soğurucudan geçen γ -ışını demetinin şiddeti I olur ve her zaman I_0 'dan küçüktür. Bu da γ -ışınlarının maddeden geçerken şiddetlerinin azaldığını ya da soğurulmaya maruz kaldığını gösterir (Şekil 1.6.). Denklem

$$dI/I = -\mu dt \quad (1.4)$$

İle verilir. Burada μ lineer soğurma katsayısı ve birimi cm⁻¹ 'dir. Negatif işaret, γ ışının maddeyi geçerken şiddetinde azalma olduğunu gösterir. Denklem 1.12 ifadesi düzenlenerek;

$$I = I_0 \exp(-\mu t) \quad (1.5)$$

olur. Bu ifade "Lambert Kanunu" olarak bilinmektedir (Bertin, 1975).



Şekil 1.6. γ -ışının Soğurulması (Bertin, 1975).

Soğurma katsayıları;

1) Lineer soğurma katsayısı (μ) : Birim kalınlıkta birim alanda belirlenen soğurulmadır. Denklem 1.5'den,

$$\mu = \frac{\log_e(I_0 / I)}{t} \text{ cm}^{-1} \quad (1.6)$$

ile gösterilir.

2) Kütle soğurma katsayısı (μ_m) : Birim kütlede birim alanda belirlenen soğrulmadır.

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \frac{cm^2}{gr} \quad (1.7)$$

3) Atomik soğurma katsayısı (μ_a) : Birim atomda birim alanda belirlenen soğrulmadır.

$$\mu_a = \frac{\mu}{\rho} \frac{A}{N} = \frac{\mu}{n} \frac{cm^2}{atom} \quad (1.8)$$

A=Atom ağırlığı, N=Avogadro sayısı

4) Molar soğurma katsayısı (μ_{mol}) : Birim mol'de birim alanda belirlenen soğrulmadır.

$$\mu_{mol} = \frac{\mu}{\rho} A \frac{cm^2}{mol} = \mu_m A \frac{cm^2}{mol} \quad (1.9)$$

Burada A(gr/mol) atomik ağırlıktır.

Yukarıda ifade edilen dört soğurma katsayısı birbirine aşağıdaki gibi bağlıdır; (Bertin, 1975).

$$\mu = \mu_m \rho = \mu_a \rho \frac{N}{A} = \mu_{mol} \frac{\rho}{A} \quad (1.10)$$

1.6. Betonların Sınıflandırılması

Betonlar birim ağırlıklarına göre üç ana gruba ayrılırlar. Yaklaşık 2400 kg/m³ ağırlığında olan betonlar normal beton olarak isimlendirilir ve taşıyıcı amaçlarla en çok kullanılan beton türüdür. Hafif betonlar, birim ağırlıkları 2000 kg/m³'den az olan betonlardır. Yalıtım amaçlı olarak veya dayanım-ağırlık oranının yüksek olması gereken koşullarda kullanılırlar. Radyasyon kalkanı olarak kullanılacak betonlarda bazı özel agregalar kullanılarak ağırlık artırılır. Birim ağırlığı 2600 kg/m³'den yüksek olan bu betonlar ağır beton olarak tanımlanır.

Birçok ülkede birbirinden farklılıklar gösteren sınıflandırmalar yapılmasına karşın, betonlar basınç dayanımlarına göre de üç ana gruba ayrılmaktadır.

- Basınç dayanımları 20 MPa'ın altında olan düşük dayanımlı betonlar

- Basınç dayanımları 20–40 MPa olan normal dayanımlı betonlar
- Basınç dayanımları 40 MPa'dan fazla olan yüksek dayanımlı betonlar olarak isimlendirilirler (Özkul ve ark., 2004).

1.7. Betonun Dayanımı

Betonun dayanımı, betonun taşıyabileceği en büyük gerilme olarak tanımlanabilir. Beton dayanımından söz edildiğinde bu dayanım basınç dayanımıdır. Betonun basınç dayanımı, betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti” olarak tanımlanmaktadır (TS EN 206-1). Basınç dayanımı 15 veya 20 cm boyutlarındaki standart küp örnekler veya 15x30 cm olan standart silindir örnekler kullanılarak saptanır. Çizelge 1.1.’de TS EN 206-1’e göre beton dayanımları verilmiştir.

Çizelge 1.1. TS EN 206-1’e göre beton sınıfları ve dayanımları (TS EN 206-1)

Basınç Dayanımı Sınıfı	En Düşük Karakteristik Silindir Dayanımı $f_{ck,sil}$ (MPa)	En Düşük Karakteristik Küp Dayanımı $f_{ck,küp}$ (MPa)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Betonda araştırılan değişik dayanım türleri arasında basınç dayanımının en çok araştırılan ve kullanılan dayanım türü olmasının birçok nedeni vardır.

Bunlar;

- Hemen hemen bütün yapıların tasarımında, betonun basınç dayanımı değeri esas alınmaktadır. Birçok yapıda, betonun önemli miktarda çekme, eğilme, yorulma gibi değişik

yüklere maruz kalmayacağı varsayılmakta ve betonun üzerine gelen en önemli yüklerin basınç yükleri oldukları kabul edilerek hesap yapılmaktadır.

- Betonun basınç dayanımı ile çekme ve eğilme dayanımları arasında, yaklaşık bir korelasyon bulunmaktadır. O nedenle, basınç dayanımı bilindiği takdirde, diğer türdeki dayanımların büyüklükleri hakkında fikir elde edilebilmektedir.
- Basınç dayanımının bilinmesi, betonun diğer özellikleri hakkında kalitatif bilgi sağlamaktadır. Örneğin, basınç dayanımının yüksek olması, betondaki su geçirimsizliğinin az olduğunu ve dayanıklılığın yüksek olduğunu gösterir (TS EN 206-1).

1.8. Betonda Dayanıklılık (Durabilite)

Değişik türdeki yapılarda kullanılmakta olan beton, hizmet süresince boyunca, bünyesinde yıpranmaya yol açabilecek birçok kimyasal ve/veya fiziksel etkenle karşılaşmaktadır. Betonun içerisine sızan su, karbondioksit, oksijen, sülfat ve klor gibi maddeler, betona değişik türde kimyasal olayların meydana gelmesine neden olmaktadır. Islanma-kuruma, donma-çözülme, ısınma-soğuma ve aşınma gibi olaylar betonun yıpranmasına yol açacak nitelikteki fiziksel olaylardır.

Betonda yer alan kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda, beton daha boşluklu bir malzeme durumuna gelebilmekte, içerisindeki betonarme donatıları paslanabilmekte, beton aşınabilmekte ve beton içerisinde çok büyük gerilmeler oluşabilmektedir. Bütün bu olaylar betonun hasar görmesine, hizmet edemez duruma gelmesine yol açmaktadır. Bilindiği gibi, yapıların tasarımında, betonun hedeflenen dayanımdan daha düşük dayanıma sahip olmaması istenmektedir. Ancak, betonun hizmet verdiği süre boyunca karşılaştığı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında yeterli direnci gösterebilmesi, yani yeterince dayanıklı olması, en az betonun dayanımı kadar, hatta beton dayanımından daha da önemlidir. Beton dayanıklılığı, “hava koşullarından, sülfatlı veya asitli sulardan ve/veya betonun kullanıldığı ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında, betonun hizmet süresi boyunca gösterebileceği direnme kabiliyeti” olarak tanımlanmaktadır. Dayanıklılık, “durabilite” veya “kalıcılık” olarak da adlandırılmaktadır (Erdoğan, 2003).

Betona, sıcaklığın, güneş enerjisi ve radyasyonun etkileşimi de durabilite ile ilgili dış etkenler olarak değerlendirilmektedir (Eriç, 1994).

Kompozit bir malzeme olan betonarmenin olumlu özelliklerini sürdürebilmesi dış etkilere dayanıklı olmasına bağlıdır. Beton ve betonarme elemanların, bazen işlevleri

gereği taşımaları gerekli dış yüklerin etkisi dışında zamanla zararlı dış etkilerle bozunmaları mümkündür. Betonarme elemanların bazıları çok uzun süreler sonunda işlevlerini yerine getiremez konuma gelmesine karşın, bazılarının ise çok kısa sürelerde bozulmaya başladıkları görülmektedir.

Yapıların uzun ömürlü olması sadece doğru taşıyıcı sistemin seçimi, projelendirilmesi ve imal edilmesine bağlı değildir. Aynı zamanda, yapının mantıklı bir zaman süreci içerisinde “kalıcı” denecek kadar uzun ömürlü olmasını sağlayacak önlemler alınmalı ve en az bakımı gerektirecek şekilde yaşlanması yavaşlatılmalıdır. Bu durum ancak betonun, betonarme veya öngerilmeli yapıların bozulmasına neden olan etkenlerin bilinmesi ve bunlara karşı gereken önlemlerin alınmasıyla mümkündür. Sadece malzeme özelliğini iyileştirmek ile çevrenin yapı üzerindeki olumsuz etkilerini gidermek bazen olanaksız olabilir. Yapının kalıcı olması malzeme ile birlikte, mimari yapısal düzenlemelere, detaylara, işçilik kalitesine, denetime ve bakım işlemlerine bağlıdır (Öner ve Yıldız, 2003).

1.8.1. Sülfatların beton dayanıklılığa etkisi

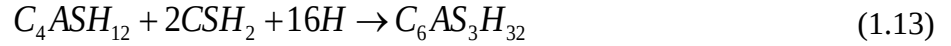
Portland çimentosu klinkerinin çok küçük miktarda alçı taşı ile öğütülmesi sonucu elde edilir. Portland çimentosunda, C_2S , C_3S , C_3A ve C_4AF gibi ana bileşenler yer almaktadır. Çimento ve suyun birleşmesiyle bu ana bileşenler su ile ayrı ayrı reaksiyona girmekte ve değişik hidratasyon ürünlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çimentodaki C_2S ve C_3S ana bileşenlerinin hidratasyonu çimento hamuruna bağlayıcılık sağlayan kalsiyum-silika-hidrat (C-S-H) jellerinin yanı sıra, kalsiyum hidroksit (CH) oluşmasına yol açmaktadır. C_4AF ve özellikle C_3A ile çimento içerisinde yer alan alçının ve suyun arasındaki reaksiyonlar ise etrenjit ($C_6AS_3H_{32}$) ve kalsiyum-alumino-monosülfhidrat (C_4ASH_{12}) gibi ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Özetle çimento ve su arasındaki reaksiyonlar sonucunda, çimento hamurunun yapısında yer alan başlıca hidratasyon ürünleri, C-S-H, CH ve kalsiyum-alumino-sülfhidratlardır. Hem C_4ASH_{12} hem de $C_6AS_3H_{32}$ çimento hamurunun genişlemesine yol açmaktadır. Özellikle $C_6AS_3H_{32}$ çok büyük genişleme oluşturma kapasitesine sahiptir.

Sertleşmiş betonun içine sızan sularda sodyum sülfat ve magnezyum sülfat gibi sülfatlar bulunduğu takdirde, betonda iki tür veya iki aşamalı reaksiyonların yer almasına neden olmaktadır: Bunlar;

- Sertleşmiş çimentonun bünyesinde hidratasyon ürünü olarak yer almakta olan kalsiyum hidroksit ile sülfatlar arasındaki reaksiyonlar sonucunda alçı taşı oluşmasına yol açan reaksiyonlar Denklem 1.11 ve Denklem 1.12'deki gibidir;



- Sertleşmiş çimentonun bünyesinde bulunan yarı kararlı yapıdaki C_4ASH_{12} ile sülfat etkisiyle oluşmuş olan alçı taşı arasındaki reaksiyonlar sonucunda $C_6AS_3H_{32}$ oluşmasına yol açan reaksiyonlar Denklem 1.13'deki gibidir;



Sertleşmiş beton içerisinde bir miktar alçı taşı oluşması genleşmeye yol açmaktadır. Ancak asıl genleşme, alçı taşı ve yarı kararlı durumdaki kalsiyum-alumino-monosülfhidrat arasındaki reaksiyonlar sonucunda yer almaktadır. Sertleşmiş beton içerisinde etrenjit kristallerinin oluşması, çok büyük genleşmeler oluşturmakta, betonun çatlayıp parçalanmasına yol açmaktadır.

Sülfat yüklü ortamlar betonun dayanıklılığını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Doğada sülfat temel olarak yeraltı sularında, deniz suyunda ve toprakta bulunur. Bu kaynaklardan gelen sülfat iyonlarının beton içerisine nüfuz etmesi “sülfat hücumu” olarak tanımlanır. Bu penetrasyon betonun bozulmasına yol açar ve genleşme, dayanım kaybı, pullanma ve çatlakların oluşmasıyla sonuçlanır (Erdoğan, 2003).

Sülfat etkisinin azaltılması için iki önlem türü bulunur. Bunlardan birincisi, çimentodaki C_3A miktarının azaltılması, ikincisi ise çimento hidratasyonu sonucunda oluşan kalsiyum hidroksitin çeşitli mineral katkılar içeren çimentolar kullanılarak azaltılmasıdır. Birinci tür önlem, sülfata dayanıklı çimento kullanılması anlamına gelmektedir. Bu çimentoların C_3A miktarı en çok %5, C_3A+C_4AF miktarı ise en çok %25'tir. Diğer özellikleri bakımından normal portland çimentoları gibidirler. İkinci tür önlem ise, çeşitli puzonlar ve granüle yüksek fırın cürufunun betonda kullanılmasıdır (Özkul ve Ark., 2004).

Mineral katkılar, uçucu küller, granüle yüksek fırın cürufu, doğal puzolan, silis dumanı, kireç taşı orjinli dolgu malzemeleri ve diğer yan ürünler ile çok ince olarak

parçalanmış maddeleri içerir. Mineral katkıları betona ya karışım esnasında doğrudan veya katkılı çimentoların bir bileşeni olarak portland çimentosu ile öğütülerek ilave edilebilir. Beton yeterli olarak kürlendiğinde yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve doğal puzolanların normal portland çimentosunun sülfat direncini geliştirdiği yönünde genel bir görüş vardır. Sülfat performansının artışı birkaç faktöre bağlanabilir;

- Puzolanik reaksiyonla kalsiyum hidroksit tarafından başlatılan CH'nin taşınması
- Puzolanik reaksiyonlarla oluşan boşluk boyutunun ilave özelliği
- Çimentoya kısmen ilave edilen malzemelerden dolayı C_3A 'nın seyrelmesi
- Genleşme olmaksızın boşluklarda etrenjit oluşumu ve elverişsiz ortam
- Çimento hamuru-agrega geçiş bölgesinin gelişmesi (Ghosh, 2002).

1.8.2. Beton durabilitesine donma-çözünme etkisi

Beton sıcaklığı yeterince düşük olduğunda, kapiler boşluklarda bulunan su donmaktadır. Betonun içerisindeki suların tümü, sıvıdaki su gibi $0^{\circ}C$ sıcaklıkta donmamaktadır. Betondaki sularda eriyik olarak yer alabilen değişik tuzların etkisiyle, bu sular $0^{\circ}C$ sıcaklıktan biraz daha düşük sıcaklıklarda donmaktadır. Ayrıca, suların bulunduğu boşluk çapı donma sıcaklığını etkileyen önemli bir etken durumdadır. Büyük kapiler boşluklarda yer alan su, $0^{\circ}C$ veya biraz daha düşük sıcaklıkta donarken, çok küçük kapiler boşluklarda su, $-15^{\circ}C$ veya $-20^{\circ}C$ gibi sıcaklıklarda donmaktadır. Jel boşlukları çok küçük olduğu için, bu boşluklardaki sular çok daha düşük sıcaklıkta ($-78^{\circ}C$) donmaktadır. Kısacası betonun içerisindeki suların donma noktası olarak belirtilebilecek tek bir değer yoktur. Buza dönüşen suyun hacmi %9 kadar artmaktadır.

Düşük sıcaklıklarda, betonun içerisindeki su yavaş yavaş donmaya başlamaktadır; yani, donma olayı aniden olmamaktadır. Kapiler boşluklar tamamen veya %91'den daha çok suyla dolu durumda olduklarında, donmanın başlaması ve suyun bir miktarının buz haline dönüşmesi ile ortaya çıkan hacim genleşmesi, boşluklardaki henüz donmamış su üzerinde hidrolik basınç oluşturmaktadır; henüz donmamış durumdaki su boşluklardan dışarıya itilmektedir. Boşluklardan dışarıya çıkmaya zorlanan su, boşlukların etrafındaki çimento hamurunun çatlamasına yol açacak büyüklükte gerilmeler oluşturmaktadır.

Betondaki sıcaklığın artmasıyla, beton soğukken oluşmuş olan buzların çözülmesi ile betonun içerisindeki gerilmeler ortadan kalkmış durumdadır. Ancak, bir başka zamanda oluşacak soğuma karşısında aynı olaylar tekrar etmektedir. Kapiler boşluklarda henüz

tamamen donmamış durumdaki suyun gösterdiği hidrolik basıncın artmasına katkısı olan iki olay daha bulunmaktadır. Bunlar;

- Jel boşluklarındaki su ile buz arasındaki termodinamik dengesizlik, jel suyunun bir miktarının kapiler boşluklara yönelerek donmasına, böylece, hidrolik basıncın artmasına neden olmaktadır.
- Kapiler boşluklarda ki saf suyun dışarı çıkması sonucunda, geriye kalan sudaki tuz ve benzeri maddelerin konsantrasyonu artmakta, osmotik basınç artmaktadır.

Donma-çözünme olayı fiziksel bir etkidir. Isılanarak doygun duruma gelen ve donma-çözünme devirlerine maruz kalan bütün betonlar kısa sürede hasar görmektedirler. Park alanlarında, hava alanlarında, kaldırımlarda, yollarda kullanılan betonlar bu tür hasarlara maruz kalabilecek betonlardır. Tekrar tekrar yer alan donma-çözülme olayları karşısında, betondaki iç gerilmeler nedeni ile beton yüzeyindeki agregalar gevşeyip kopmakta, betonun içerisinde çatlaklar oluşmakta ve bu çatlaklar giderek daha büyük çatlaklar haline gelmektedirler. Şiddetli ortamda çok sayıda donma-çözülme olayına maruz kalan en iyi betonlar da dahi en çok bir-iki yıl içerisinde büyük hasarlar görülmektedir (Erdoğan, 2003).

1.8.3. Beton durabilitesine geçirimsizlik etkisi

Sertleşmiş betonun yüzeyi ile temas eden sıvılar ve gazlar, betonun içerisine girerek akış gösterebilmektedirler. Betonun içerisindeki sıvıların akış göstermeleri değişik nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bunlar; hava veya su basıncının yarattığı farklılıklar, nemlilik farklılıkları, betonun içerisindeki sıvıların farklı konsantrasyonlarından doğan osmosis olayıdır.

Geçirimsiz betonların içerisine sızan sular ve bu sulardaki yabancı maddeler, betonda bazı kimyasal ve fiziksel olaylara yol açmaktadır;

- Çimentonun hidratasyonu sonucunda oluşmuş olan ve sertleşmiş çimento hamurunun yapısında bulunan kalsiyum hidroksit, dışarıdan sızan suların etkisi ile çözünerek yüzeye çıkmaktadır. Böylece, betondaki boşluk miktarı artmaktadır. Yüzeye çıkan kalsiyum hidroksitli ve tuzlu suyun buharlaşması ile beton yüzeyinde beyaz lekeler halinde kalsiyum karbonat ve tuz birikintileri yer almaktadır.
- Betonun içerisine sızan sularda bulunan sülfat ve asitler, betonun içerisinde genleşme yaratan ürünlerin oluşmasına yol açmaktadır.

- Beton ortamına sızan su, oksijen ve klor betonun içerisindeki demir donatıların korozyonuna neden olmaktadır. Korozyon sonucunda demir donatılarının kesitleri küçülmektedir. Ayrıca, betonun içerisinde genişleme yaratmaktadır.
- Kapiler boşlukları suyla dolu duruma gelen betonlarda, boşluklardaki suyun donması ile çok büyük genişlemeler oluşmaktadır (Erdoğan, 2003).

Betonun boşluksuz ve geçirimsiz olması durabilite bakımından önemlidir. Betonda durabilite ve geçirimsizlik birbiriyle yakından ilgili olan iki olaydır. Betonun akışkan geçirimsizliği; basınçlı su geçirimsizliği, kılcal yolla su emme ve buhar geçirimsizliğinden oluşur. Geçirimsizlik bakımından gerekli önlemlerin alınmaması durumunda betonlarda bu üç geçirimsizlik aynı yönde ve olumsuz biçimde yüksek değerlere ulaşır ve bu da durabilite bakımından sorunlara yol açar. Betonun geçirimsizliğindeki en büyük etkenler de dışa açık büyük boşluklar ve çatlaklardır. Geçirimsizlikte olumsuz etki yapan bu boşluklar ve çatlaklar betonda en zayıf halka olarak bilinen agrega-çimento hamuru temas yüzeyinde daha belirgindir (Erdoğan, 1993) .

Çimento hamuru ve betondaki çatlak ve boşluklar; çoğunlukla beton teknolojisi ve kurallarına uyulmaması sonucu, yetersiz sıkıştırma, yetersiz kür, kimyasal reaksiyona girmeyen fazla suyun terlemesi, buharlaşma olayları veya katkı maddeleri eklenmesi gibi nedenlerle oluşur. Çimento hamurundaki ve betondaki boşluklar, mikro, kapiler ve makro olarak gruplandırılabilir. Kalıcılığı büyük yönde etkileyen kılcal (kapiler) ve makro boşluklardır (Baradan ve ark., 2002).

1.8.4. Beton durabilitesine aşınma etkisi

Yollarda, hava meydanlarında ve genel olarak döşeme kaplamalarında kullanılan betonlar önemli derecede aşınma etkisi altında bulunmaktadır. Bu tür inşaatlarda betonun yeterli bir aşınma mukavemetine sahip olmaması halinde fazla aşınma sonunda beton tabakasının kalınlığı azalarak yapı elemanı işlevini göremez bir hal alır. Betonların ve diğer taş yapıları cisimlerin aşınma deneyi TS 213-2 EN 13748-2 'de belirtilen Böhme Diski denilen bir alet vasıtasıyla yapılır (Postacıoğlu, 1986).

Farklı bir aşınma şekli de hareket halinde bulunan suların meydana getirdiği aşınmadır. Bir tür erozyon olarak kabul edilebilecek böyle bir duruma beton su borularında tünellerde, barajlarda ve dolu savaklarda rastlanılır. Buralarda suların gayet hızlı bir şekilde hareket etmesi sonunda kavitasyon olayı da meydana gelerek beton devamlı olarak tekrarlanan çarpma etkilerine maruz kalır. Bu tür etkiler betonun hem önemli derecede

koroziona uğramasına ve hem de büyük bir hızla aşınmasına neden olur (Postacıoğlu, 1986).

Aşınmaya karşı dayanıklı bir beton elde edebilmek için bazı mineral katkıların betona karıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla metal agregaların ve çelik tozunun kullanılması iyi sonuçlar vermektedir. Bunlardan başka özel fırınlarda silis ile karbonun birleştirilmesinden meydana gelen Karberundum'un harç ve betona karıştırılmasıyla pratik bakımdan aşınmayan betonlar elde edilmektedir (Postacıoğlu, 1986).

1.9. Agrega

Beton agregası; beton veya harç yapımında kullanılan ve taneli durumda olan inorganik malzemelerdir. Kum, çakıl ve kırma taş, beton yapımında kullanılan en çok kullanılan agregadır. Beton agregalarının ağırlıklarına göre tanımlamak için Türk standartlarınca belirtilmiş sınır değerler olmamakla birlikte, betonla ilgili literatürde, beton agregaları, özgül ağırlıklarına göre aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- “Normal ağırlıklı agregalar “ özgül ağırlıkları 2,4- 2,8 arasında olan agregalardır.
- “Hafif agregalar “ özgül ağırlıkları 2,4’ten daha küçük olan agregalardır.
- “Ağır agregalar “ özgül ağırlıkları 2,8’ten daha büyük olan agregalardır.

Beton yapımında kullanılan agregaların özgül ağırlıkları genellikle 2,55- 2,70 arasında yer almaktadır. Normal ağırlıklı agregadan söz edilirken “normal ağırlıklı” denilmemekte, sadece “agrega” denilmektedir Beton hacminin %70 - %75 kadarı agregalar tarafından oluşturulmaktadır (Erdoğan, 2004) .

Agreganın beton yapımında teknik ve ekonomik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agreganın maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agreganın betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Betonda agreganın kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını arttırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir.

Agrega, kaba ve ince agregalar olarak iki kısımda incelenebilir. Şantiyelerde kaba agreganın “mıcır” ya da “çakıl”, ince agreganın “kum” olarak isimlendirilir. Bu iki bileşeni tane büyüklüğü olarak birbirinden ayırmak için kullanılan kriter 4 mm boyutudur. 4 mm den iri

boyuttaki tanelerden oluşan kısma kaba agrega, 4 mm den küçük boyuttaki kısma ince agrega denir (Cilason, 1992).

Agregalar kullanma yeri ve amacına göre, granülometrik analiz, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TS 706 EN 12620 standardının gereklerini yerine getirmelidir. Kum ve agregalar için yukarıda tanımlanan standart değerler Çizelge 1.2.'de verilmektedir.

Çizelge 1.2. İri agregalar ve kum için standart değerler

Standartlar	İri Agreg	Kum
Özgöl Ağırlık (TS EN 1097-6)	Min 1350 kg/m ³	Min 1350 kg/m ³
Su Emme Miktarı (TS EN 1097-6)	Maksimum. % 2	Maksimum % 2
Gevşek Birim Ağırlık (TS 3529)	Min 1350 kg/m ³	Min 1350 kg/m ³
Biçimsiz Tane Miktarı (TS EN 933-4)	Max. % 40'ı aşmamalı	-
Organik Madde (TS EN 1744-1)	Sodyum hidroksit çözeltisinde 24 saat tutulan örneğin rengi standart referans çözeltisi renginde veya daha açık renkte olmalıdır.	Sodyum hidroksit çözeltisinde 24 saat tutulan örneğin rengi standart referans çözeltisi renginde veya daha açık renkte olmalıdır.
Çamurlu Madde Miktarı (TS 3527)	63 m'den daha ince kil, silt veya taş unun gibi malzemelerin miktarı, yıkama deneyine göre % 1,5 değerini aşmamalı.	Çökeltme deneyi sonunda çamurlu madde miktarı hacimce % 5'den küçük olmalı.
Dona Dayanıklılık (TS EN 1367-1)	Standart Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde ağırlık kaybı en çok % 1,5 olmalı.	Standart Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde ağırlık kaybı en çok % 1,5 olmalı.
Alkaliye Duyarlı Taneler (TS 2517)	-	Çimentoda eşdeğer alkali oksit değeri % 0,6'dan büyükse kumda, alkaliye duyarlı taneler ağırlıkça % 0,5'den az olmalı.
Aşınma Miktarı (TS EN 1097-2)	Bilyalı tamburda yapılan aşınma deneyi sonunda tayin edilen malzeme kaybı 500 devir sonunda en çok % 45 olmalı.	-

1.9.1. Agregaların mekanik özellikleri

- **Mekanik Dayanımı:** Agregaların tanelerinin belirli bir mekanik dayanıma sahip olması gerekir. Dış çevre koşullarına karşı dayanıklı olması yol, havaalanı betonu gibi yerlerde özellikle aranır. Böyle betonlar aşınma, çarpma, donma ve çözülme etkisi altındadır. Dayanıklılık doğal olarak oluşmuş kum ve çakıl veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalardan, doğada uğradıkları ayıklanma olayı ile sağlanır.

- **Çarpma Dayanımı:** Agregaların çarpmaya karşı dayanıklılıklarını saptamak için silindir kap içine konulan agreganın üzerine bir ağırlık belirli bir yükseklikten belirli sayıda düşürülerek malzeme çarpma etkisi altında tutulur. Sonra malzeme alınıp elekten elenir. Elekten geçen miktara göre agregaların çarpmaya dayanıklılığı hakkında karar verilir.

Beton agregası olarak kullanılacak yapılarda istenen nitelikler aşağıdaki gibi olmalıdır (Topçu, 2006).

- Yeterli basınç dayanımı,
- Atmosfer etkisiyle yapraklanıp dağılmama,
- Donma çözülme etkisiyle özelliğini kaybetmeme,
- Islanma ve klor iyonları taşımama
- Alkali reaktifliği gibi çimento ile kimyasal etkileşim reaksiyonuna girmeme gibi nitelikler istenir.

1.10. Çimento

Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Kırılmış kalker kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500°C’ de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürün "klinker" denir. Portland çimentosu klinkerinin (TS EN 197-1) bir miktar alçı taşı ile birlikte öğütülmesi sonucunda elde edilen hidrolik bağlayıcılardır. CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V şeklinde sınıflandırılmaktadır. CEM ibaresi çimentosunun simgesi olup, 32,5, 42,5 ve 52,5 rakamları 28 günde istenen minimum mukavemet değerini göstermektedir.

1.10.1. Çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri

Standartlar, çimentoların fiziksel ve mekanik özelliklerine sınırlamalar getirmektedir. Bu sınırları sağlayamayan çimentolar beton üretiminde kullanılamaz. Öte

yandan hangi tür yapıda hangi tip çimentonun kullanılacağına karar verebilmek için çimentonun kimyasal özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve mekanik özelliklerini de bilmek gerekir. Bu nedenle çimentoların özelliklerinin belirlenmesi beton teknolojisi açısından çok önemlidir. Çimentoların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini TS EN 196'ya uygun olarak yapılır (Özkul ve ark, 2004).

1.10.2. Çimentoların sınıflandırılması

Betonda bağlayıcı olarak kullanılan çimento tipleri ve uygunluk değerlendirmesi TS EN 196 standardı ile standartlaştırılmıştır. TS EN 197-1 standardı yürürlüğe girdikten sonra özel amaçlı üç çimento standardı dışındaki tüm standartlar yürürlükten kaldırılmıştır. Çimentolar TS EN 197-1'de "CEM çimentosu" olarak adlandırılır. Çimento sınıfları aşağıda verilmiştir.

CEM I	Portland Çimentosu
CEM II	Portland Kompoze Çimentosu
CEM III	Portland Yüksek Fırın Cürufu Çimento
CEM IV	Puzolanik Çimento
CEM V	Kompoze Çimento

1.11. Beton Karışım Suyu

Beton karışım sularının genel olarak "içilebilir" nitelikte olması aranır. Ancak, içme suyu standartlarına uygun olmayan bazı suları da kullanarak iyi beton üretmek mümkündür. Uygun olmayan bir suyun karışımda kullanılması beton kalitesini olumsuz etkileyebilir. Çoğunlukla, zaman içinde, betonda dayanım gelişmesi en öncelikli dikkat edilecek husus olmakla birlikte, karışım suyunda bulunabilecek safsızlıklar priz süresini, rötre, dayanıklılığı da olumsuz etkileyebilir, betonda çirkinleşmeye neden olabilir. Bu nedenle, fazla miktarda askıda katı madde, erimiş madde, erimiş tuzlar veya diğer katkıları ve organik madde içeren sular karışım suyu olarak kullanılmamalıdır.

Çimentonun hidratasyonu için gerekli su miktarı yaklaşık çimento ağırlığının % 25'i civarındadır. Oysa betonda kullanılan karışım suyu miktarı çoğunlukla bunun üstündedir. Betonda kullanılan su miktarı arzu edilen işlenebilmeyi sağlamak için gerekli olan en az miktar olmalıdır. Aksi halde, betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri olumsuz etkilenir (Özkul ve ark, 2004).

Beton üretiminde kullanılan karma suyunun aşağıda verilen işlevleri vardır.

- Bağlayıcı maddenin hidratasyonunu sağlar.
- Kum ve iri agrega tanelerini ıslatır.
- Betonun işlenebilme özelliğinin istenilen düzeyde olmasına yardım eder (Postacıoğlu, 1986).

1.12. Silis Dumanı

Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımların üretimi esnasında ortaya çıkan gazın hızlı soğutularak yoğunlaştırılması sonucunda elde edilen ve %85~%98 kadar silis içeren amorf yapıya sahip çok ince katı parçaçıklardan oluşan malzemeye ‘yoğunlaştırılmış silis dumanı’ veya kısaca ‘silis dumanı’ adı verilmektedir. Bu malzeme ‘mikrosilis’, ‘silis tozu’ veya ‘silika fume’ gibi isimlerle de anılmaktadır. (Dinçer, 2013).

Silis dumanı puzolanik bir malzemedir (Aitcin 1998; Erdoğan 2003). Çimento matrisinin mukavemeti, durabilitesi ve geçirimsizliğini artırır. Silis dumanı portlant çimento hidratı ile birleşerek kalsiyum silikat hidratasyon jeli oluşturur. Kalsiyum hidroksite göre daha dayanımlı olan bu jel betonun dayanım ve durabilitesini artırır (Short and Kinniburgh 1978). Bu tür mineral katkıları genelde yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılırlar (Neville 1988; Aitcin 1998; Erdogan 2003; Hossain 2004). Silis dumanı betonun basınç dayanımı ve gevrekliğini artırır.

Genellikle, beton karışımında yer alan çimento miktarı yaklaşık %10 kadar azaltılmakta ve onun yerine silis dumanı ilave edilmektedir. Çok ince taneli olması ve yüksek miktarda SiO_2 içermesi nedeniyle gerek ilk zamanlarda ve gerekse nihai olarak ($U > U_{100}$ MPa) dayanımlı betonların elde edilmesinde kullanılmaktadır. Silis dumanı katkılı betonlarda basınç dayanımını oldukça arttırmaktadır. Silis dumanı’nın betondaki boşlukları doldurma ve puzolanik etki olmak üzere iki işlevi vardır. Silis dumanının puzolanik etkisinin betonda en zayıf halka olarak bilinen agrega-çimento hamuru temas yüzeyini güçlendirmede önemli olduğu, mikro yapısal ve mekanik incelemelerle kanıtlanmıştır (Akçaözoğlu, 2007; Dinçer, 2013).

Silis dumanının temel bileşeni kristalize olmayan amorf haldeki silisdir. Genelde, beton içinde katkı olarak kullanılan silis dumanının SiO_2 içeriği %85’in üzerindedir. İkinci esas bileşen ise yanmamış karbon kalıntılarıdır.

Silis dumanının kimyasal içeriği üretilen metalin ya da alaşımın tipine göre değişkenlik gösterir. Demir silikon üretiminden elde edilen silis dumanlarını demir ve magnezyum içeriği diğer silikon metal üretilen fırınlardan elde edilen silis dumanının demir ve magnezyum içeriğinden daha fazladır. Bazı tipik silis dumanlarının kimyasal içeriği Çizelge 1.3’de verilmektedir.

Çizelge 1.3. Silis dumanının kimyasal içeriği (Erdoğan, 2003)

Bileşenler	Türkiye	Norveç	USA
SiO ₂	93-95	90-96	90-93
C	0.8-1	0.5-1.4	1.3-2.6
Fe ₂ O ₃	0.4-1	0.2-0.8	0.4-0.7
Al ₂ O ₃	0.4-1.4	0.5-3	0.5-1.6
MgO	1-1.5	0.5-1.5	0.3-0.5
CaO	0.6-1	0.1-0.5	0.5-0.8
Na ₂ O ₃	0.1-0.4	0.2-0.7	0.1-0.3
K ₂ O	0.5-1	0.4-1	1-1.2
S	0.1-0.3	0.1-0.4	0.1-0.2
Kızdırma Kaybı	0.5-1	0.7-2.5	1.4-2.8

1.13. Kolemanit

Kolemanit CaB₃O₄(OH).3H₂O formülüne sahip, monoklinik sistemde kristalleşen, sertliği 4-4,5, özgül ağırlığı 2,42, B₂O₃ içeriği %50,8 olan bor mineralidir. Suda yavaş, hidroklorik (HCl) asitte hızla çözünür. Kolemanit killeri içinde yumru ve patatesler halinde bulunmaktadır. Yumru ve patates içindeki kolemanit genellikle beyaz, renksiz ve cam parlaklığındadır. Bazılarında ortadaki boşlukta mavi renkli, uzun, ortorombik sölestin kristallerine rastlanır. Kolemanitin içinde bulunan ve kalitesini düşüren arsenik, daha çok orpiment (As₂S₃) ve realgar (As₂S₂) şeklinde bulunmaktadır. Kolemanit ısıtıldığı zaman su vermekte, üfleme borusu önünde ısıtıldığı zaman parçalanmakta ve alevi sarımsı yeşil bir renge boyamaktadır. Kolemanit, odun kömürü üzerinde ısıtıldığı zaman beyazlaşmaktadır. Kolemanitin sudaki çözünürlüğü 1100 kısım, suda 1 kısım olarak verilmiştir (Güç, 2010).

Türkiye’de kolemanit ve üleksit cevherleri ocaklardan alındıktan sonra kırılmakta, yıkanmakta ve sınıflandırılarak konsantre olarak yurt içi veya yurt dışı pazarda ham madde veya direkt ürün olarak kullanılmaktadır. Kolemanit, borik asit ve boraks üretiminde kullanılırken, birçok uygulamada ise direkt kullanılmaktadır. Sodyum tercih edilmeyen

tekstil, kalite cam elyafı gibi cam sanayinde kolemanit direkt olarak kullanılmaktadır. Kolemanitten borik asit, boroksit ve sodyum perborat üretilmektedir (Kayadeniz, 1979).

1.14. Perlit

Perlit asidik karakterli volkanik bir camdır. Perlit ismi bazı perlit tiplerinin kırıldığında inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile inci anlamına gelen perle kelimesinden türetilmiştir. Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genleştirildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır. Perlit kelimesi hem ham perlit hem de bunun genleştirilmesiyle elde edilen ürünler için kullanılmaktadır. Çeşitli perlit kayaları renk ve yapı itibarıyla birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Ham perlitin rengi saydam açık griden parlak siyaha kadar değişebilmektedir. Genleştiğinde renk tamamen beyazlaşır. Perlitte en önemli özellik, hidrasyona uğramış camsı silika yapısındaki %2,5 arasında bileşik halinde içerdiği sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır. Perlit 750–1200°C arasında ani olarak ısıtıldığında bünyesinden çıkan buharın etkisiyle genişerek camsı tanelerden oluşan bir köpük agregasına dönüşür. Perlit ilk hacmin 20 katına kadar genişeyebilmektedir. Bu ürüne genişemiş perlit denir (DPT, 2001). Gözeneklilik, perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanır. Gözeneklilik perlite emicilik ve yüzeyde soğuma özellikleri kazandırmakta ve bu nedenle bu özelliğin gerekli olduğu uygulama alanlarında kullanımı önem taşımaktadır. Su kirliliğini giderme çalışmaları, ısı ve ses yalıtımının istendiği durumlarda tercih edilen bir malzemedir.

TS 3682 standartlarına göre genleştirilmiş perlit, sünger ve köpük görünümlü silikat esaslı birim hacim ağırlığı 1 gr/cm³'den küçük camsı doku gösteren volkanik bir madde olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 1.4. Perlitlerin genel kimyasal özellikleri (ÖİK, 2001)

Bileşim	Miktar (%)
SiO ₂	71,0–75,0
Al ₂ O ₃	12,5–18,0
Na ₂ O	2,9–4,0
K ₂ O	0,5–5,0
CaO	0,5–2,0
Fe ₂ O ₃	0,1–1,5
MgO	0,02–0,5
H ₂ O	2,0–5,0

Çizelge 1.4.'den de görüldüğü üzere perlit içindeki silis oranının yüksek olması aşındırıcılık özelliği katıp beyazımsı bir renk almasını sağlamaktadır. Düşük yoğunluklu perlitler bu özelliklerinden dolayı, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Diğer taraftan perlit ve pomzalar bünyesinde bulunan alüminyum, demir, magnezyum, kalsiyum bileşenlerinin bulunması nedeniyle yapı malzemesi üretimine uygun olduğu ve yüksek mukavemet isteyen inşaat sahalarında yer döşemelerinde yapısal özelliklerinden dolayı oldukça kullanılabilir bir özellik göstermektedir (Gündüz ve ark, 1998).

1.15. Uçucu Kül

Gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümeleri enerji tüketimlerinin artmasına neden olmaktadır. Ülkemizde de nüfus artışı, yaşama standardının yükselmesi, sanayileşme ve kentleşme enerji gereksinimini hızlı bir şekilde artmıştır. Bu gereksinim karşısında mevcut potansiyeller mümkün olduğu kadar çabuk bir biçimde harekete geçirilmiş ve hidroelektrik ve termik santraller kurulması bir çözüm olarak gerçekleştirilmiştir. Özellikle endüstriyel yakıt olarak kullanılma imkânı olmayan düşük kalorili kömür yatakları yakınına büyük kapasiteli termik santraller kurulması enerji üretimini artırma maksadıyla yürütülen çalışmalar arasında başta gelenlerden birisidir. Ancak, enerji üretiminin artırılmasında tutarlı bir çözüm olarak görünen kömüre dayalı termik santrallerin sayısının artması önemli ekolojik, ekonomik ve teknik sorunları da beraberinde getirebilecek olan kül üretiminin de artmasına neden olmaktadır. Bu küllerin santrallerden uzaklaştırılması ve depolanması muhtemel çevre kirliliğinin yanı sıra işletme enerji üretim kaybı v.b. konularda da parasal ve teknik problemler yaratabilmektedir (Tokyay ve ark., 1998).

Çoğu ısı ile çalışan güç üretim tesislerinde öğütülmüş taş kömürü ya da linyit yakılarak elektrik üretilir. Öğütülmüş bu kömürün %80'lik kısmı 75µ eleğinden geçecek inceliğe sahiptir. Bu kömür tozları sıcak hava ile karıştırılarak yanma için fırına gönderilir. Bu yanmanın sonucunda değişik özelliklerde çeşitli gazlar ve bazı atıklar meydana çıkar. Bu atıklardan büyük bir bölümü (%75-%80 civarında) bacalardan çıkan gazlarla birlikte, sıcaklıktan dolayı, uçup giden küllerdir. Bunların bacalardan çıkıp gitmelerine izin verilmez. Aksi takdirde çevreyi kirletir. Bu küller bacadan yukarı giderken elektrostatik ya da filtre torbaları yardımı ile tutulur. Çağdaş güç üretim tesislerinde gazlarla birlikte uçuşan bu küllerin %99'undan fazlası tutulmaktadır. Uçucu kül, bu güç üretim tesislerinde

bacadan gazlarla birlikte uçup gitmeye çalışan küllere verilen isimdir. Endüstriyel bir yan ürün ya da atık olarak bilinir (Atış, 2000).

Uçucu külde bulunan başlıca bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO olup, bu bileşenlerin miktarları uçucu külün çeşidine göre değişmektedir. Ayrıca MgO , SO_3 , alkali oksitler de minör bileşen olarak bulunmaktadır. Uçucu küldeki temel oksitlerden SiO_2 % 25- 60, Al_2O_3 % 10-30, Fe_2O_3 % 1-15 ve CaO % 1-40 oranında bulunmaktadır (Türker ve ark., 2004).

Uçucu küllerin toplanmasında elektro filtreler, siklonlar, nemlendirme, ultrasonik çöktürme, filtreler, kontrol prosesleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Termik santrallerde en çok kullanılan kül tutma yöntemleri, elektro filtre ve siklonlardır. Uçucu küllerin tane boyutunun büyük olduğu durumlarda siklon gibi mekanik tutucular, küçük olduğu durumlarda ise elektro filtreler kullanılır. Nemlendirme yönteminde su ile ıslatılarak çöktürülmesi esasına dayanmaktadır. Ancak yöntemin dezavantajı çok su tüketmesi, toplanan küllerin değerlendirilememesi ve yüksek maliyetli olması nedeni ile kullanımı tercih edilmemektedir.

Filtreler, ultrasonik çöktürme ve kontrol prosesleri ile $1\mu\text{m}$ tane boyutuna kadar uçucu küller yakalanabilmektedir. Bacadan kaçan kül miktarı azaldığı için çevre kirliliğini azaltan bu yöntemlerin yatırımı ve işletme maliyeti çok yüksektir (Erdemiş, 2001).

1.16. Yüksek Fırın Cürufu

Demir cevherleri, doğada, bu malzemelerin esasını oluşturan demir oksit bileşenlerinin yanı sıra küçük bir miktar silis, alümin, kükürt, fosfor, mangan gibi yabancı maddeleri de bünyesinde barındırmaktadır. Cevher içerisindeki demirin elde edilebilmesi için cevherin, içerdiği yabancı maddelerden arındırılması ve demir oksitin ayrıştırılarak içerisindeki oksijenin çıkartılması gerekmektedir. Bu işlemleri yerine getirebilmek amacıyla demir cevherleri, yüksek fırın adı verilen fırınlarda yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılıp, eritilmektedir. Bu fırınlarda yakıt olarak kok kömürü kullanılmakta olup, cevherin yabancı maddelerden arındırılması işleminde yardımcı bir hammadde (flux) olarak bir miktar kalker taşı da demir cevherleri ile birlikte ısıtılma işlemine tabi tutulmaktadır.

Demir cevheri, kalker taşı ve kok kömürü, fırının üst ucundan sürekli olarak beslenmektedir. Fırındaki sıcaklık etkisiyle, kok kömürünün karbonu, cevherin demir

oksitin içerisinde bulunan oksijenle birleşip, karbon monoksit ve karbondioksit gazları oluşturarak fırını terk ederken, geride, eriyik durumdaki demir ile birlikte, yine eriyik durumdaki kireç, kok kömürünün külü, silis, alümin ve diğer yabancı maddelerden oluşan ve “cüruf” adı verilen malzeme topluluğunu bırakmaktadır. Eriyik malzemeler fırının alt ucunda toplanmaktadır. Yoğunlukları farklı olduğundan, eriyik malzemelerin alt bölümünü demir ve üst bölümünü cüruf oluşturmaktadır. Eriyik durumdaki demir ve cüruf, fırının alt ucundan ayrı ayrı çıkışlarla dışarı alınmaktadır. Yüksek fırından eriyik bir durumda, atık malzeme olarak dışarı alınan cüruf yaklaşık 1500 °C sıcaklıkta olduğundan, cürufun herhangi bir amaçla kullanımı, ancak soğutulmasından sonra mümkün olmaktadır.

Uygulanan soğutulma yöntemi ve hızına bağlı olarak, soğutulmuş duruma getirilen malzeme oldukça değişik yapısal karakteristikler göstermektedir. Normal atmosferik koşullarda yavaş soğutulan cüruflar, “havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu”, su, basınçlı hava ve buhar etkisiyle soğutulmuş cüruflar, “genleştirilmiş yüksek fırın cürufu” veya “köpürtülmüş yüksek fırın cürufu”, genellikle bol miktarda suda, çok hızlı soğutulma işlemine tabi tutulan cüruflar da, kum taneleri gibi (en büyük boyutu yaklaşık 4 mm) parçacıklar oluşturdıklarından, “granüle yüksek fırın cürufu” olarak anılmaktadır. Eriyik cürufun çok hızlı soğutulması işlemi, cürufa hem granüle hem de amorf (camsı) yapı kazandırmaktadır (Erdoğan, 1995).

Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufunun katkı maddesi olarak kullanılması, taze betonun işlenebilmesini arttırmaktadır. O nedenle, belirli bir kıvam için gerekli olan karışım suyu ihtiyacı azalacağından dayanım artmakta, büzülme ise azalmaktadır.

1.17. Pomza

Pomza sözcüğü, İtalyanca kökenli bir sözcük olup Türkçe’ye İtalyanca’dan girmiştir. İngilizce’de iri taneli pomzaya pumice, ince taneli pomzaya pumicite olarak adlandırılmaktadır. Almanca’da ise iri taneli pomzaya bimstein, ince taneli pomzaya bims adı verilir. Fransızca’da ise ponce olarak adlandırılmaktadır (Davraz ve Gündüz, 1997).

Asidik magma bazik magmaya nispeten daha viskozdur ve yüksek silis içerir. Bazik magmanın likit olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur. Bu sebeple volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı da sonlanarak asidik kayaç kütleleri oluşur. Basıncın artması ile asidik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç serbestleşmesi, ani genleşmeleri olur. Bu

esnada bünyedeki uçucu bileşenlerin ani olarak kaçmasına neden olur. Uçucuları ardından, arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar. Böylelikle pomza oluşur. Burada pomza oluşumunu kontrol eden etkenler:

- Püskürme süresi,
- Ara süreleri,
- Magmanın ısısı,
- Magmadaki erimiş gaz miktarı,
- Püsküren malzemenin soğuma zamanıdır (Gündüz ve ark. 1998).

Bu oluşan pomza parçaları, volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanır. Bu durumdaki pomza yatakları oluşmuş olup, bu yataklar zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanabilirler. Bu şekilde oluşan yataklar içinde %1-3 oranında andezit, traki-andezit, bazalt, obsidyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. Diğer durumda oluşan pomza yataklarında ise, yabancı maddeler daha fazla olabilmektedir (Gündüz ve ark., 1998).

Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan hafif, suda uzun süre yüzebilen, permeabilitesi düşük ve yalıtımı (ısı - ses yalıtımı) oldukça yüksektir. Sertliği Mohs skalasına göre 5-6 dır. Kimyasal olarak % 75' e varan silis içeriği bulunabilmektedir.

Kayacın içerdiği SiO_2 oranı, kayaca abrasif özellik kazandırmaktadır. Bu yüzden çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergilemektedir. Al_2O_3 bileşimi ise ateş ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Asidik ve bazik volkanik faaliyetler neticesinde iki tür pomza oluşmaktadır. Bunlar asidik pomza ve bazik pomzadır. Bazik pomza, koyu renkli, kahverengimsi, siyahımsı olabilmektedir. Özgül ağırlığı 1-2 civarındadır. Asidik pomza, beyaz, kirli görünümde ve grimsi beyaz renkte olup yoğunluğu bazik pomzadan hafif özgül ağırlığı 0,5-1 civarındadır. Silisyum, Alüminyum, Potasyum ve Sodyum ihtiva eder ve bu bileşimler nedeniyle açık renkli görünüm sergilemektedirler. Asidik ve bazik özellikler taşıyan pomzaların tipik kimyasal bileşimleri Çizelge 1.5'de verilmiştir.

Çizelge 1.5. Bazik pomza ile asidik pomzanın kimyasal bileşimi (Çiftçi E., 2003)

Bileşim	Asidik Pomza	Bazaltik Pomza
% SiO ₂	70	45
% Al ₂ O ₃	14	21
% Fe ₂ O ₃	2,5	7
% CaO	0,9	11
% MgO	0,6	7
% Na ₂ O + % K ₂ O	9	8
A.K.	3	1

1.18. Barit

Barit endüstrisi, 19. yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamış olup, 1845 yılında boya sanayinde kullanılmak üzere ilk barit üretimi yapılmıştır. 1908 yılında sondaj çamurunda kullanılmasıyla üretim ve tüketimde önemli artışlar başlamıştır. Türkiye'de barit madenciliği 1964 yılından sonra gelişme göstermiştir. Baritin kimyasal formülü BaSO₄, özgül ağırlığı 4,5 gr/cm³ ağır agrega, mohs sertliği 2,5–3,5, kristal yapısı ortorombiktir. Renksiz, beyaz, bazen sarı ve gri olabilir. Barit, temiz, yumuşak, doğal olarak tepkisiz ve pahalı olmayan bir mineraldir.

Baritin kullanım alanları, sondajlık, dolguluk ve kimyasal olarak üç grupta toplanmaktadır. Bunlarında dünya pazarında tüketimi sırayla, %90 sondaj, %7 kimya ve %3 dolgu sektörüdür.

1.19. Bazalt

Bazalt doğada en yaygın olarak bulunan volkanik kayaç grubunu teşkil eder. Çok geniş alanlarda yayılıma sahip lav akıntıları olup, bazen yüzlerce kilometrekarelik alanları kaplayacak şekilde (plato bazaltları) bulunabilirler. Bu tür lav akıntılarının kalınlığı, üzerinde aktığı topografyaya da bağlı olarak metre veya kilometre düzeyinde olabilir. Bazaltlar ayrıca subvolkanik koşullar altında gelişmiş dayk, sil ve baca dolguları şeklinde de bulunabilirler.

Koyu siyah renkli, ufak kristalli veya camsı, volkanik bir kayaç olup, gabronun yüzey tipidir. Bileşiminde plajiolaz (labrador, andezin, oligoklaz veya albit), ojit, olivin, nadiren kuvars, manyetit ve ilmenit bulunur. Bunlar koyu siyah renkli camsı bir hamur içindedir. Gözle ancak iri mineraller ve örneğin; olivin, kuvars, ojit ve plajiolaz fark edilir. Bazalt lavları volkanlardan çıkarken içerlerindeki gazlar uçar ve taşın içinde

boşluklar oluşur. Bu türlere boşluklu bazalt denir. Bu boşluklar çeşitli minerallerle dolar. Bazaltın birçok türü vardır ve bunlara içindeki feldspatın cinsine göre isim verilir.

1.20. Kalker (Kireçtaşı)

Kireçtaşları her zaman saf CaCO_3 tan oluşmazlar. Bileşiminde değişen oranlarda MgCO_3 , kil mineralleri, kuvars ve feldspat parçaları, organik maddeler vb. bulunabilir. Yerkabuğunda çok çeşitli kireçtaşları vardır. Bu kireçtaşları;

- Yapı ve dokularına göre kireçtaşları,
- İçerdikleri organizmalara göre kireçtaşları,
- İçerdikleri diğer mineral ve maddelere göre kireçtaşları şeklinde sınıflanır.

Bazı kireçtaşı tiplerini sıralamak olasıdır. Anorganik kireçtaşı, oolitik kireçtaşı, pizolitik kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, Nummulitesli kireçtaşı vb. Genel anlamda belirli bir devre veya devire göre de isimlendirilebilirler. Anorganik kireçtaşları masif yapıdadır. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'ın ısı ve basıncın düşük olması gibi etkenlerle CaCO_3 , H_2O , CO_2 şeklinde ayrılmasıyla çöker. Oolitik kireçtaşı ise, denizin sığ ve dalgalı olan yerlerinde oluşur. Bu tip kayacın oluşabilmesi için suyun CaCO_3 'ünün bol olması gerekir (Kibici, 2007). Genellikle kalsiyum karbonattan (CaCO_3) ibaret kireç taşı kayadır (TS 10088 EN 932-3 1997).

1.21. Hematit

Hematit (Fe_2O_3) iki cins olarak tanınır. Bunlardan biri oljist (spekularit), diğeri kırmızı hematit'dir. Genellikle hematit denilince kırmızı hematit kastedilmektedir.

1.21.1. Kırmızı hematit

Kırmızı renkli, mat porselen üzerinde kırmızı ve kahverengi-kırmızı renk bırakan bir mineraldir. Sertliği muhtelif olup, yoğunluğu $4,6-5,3 \text{ g/cm}^3$ arasında değişir. Saf halde % 70 Fe ihtiva eder. Tabiatta kitle halinde, lifli, pullu, toprağımsı ve oolitik olarak bulunur (Önkibar, 2006).

1.21.2. Spekularit (oljist)

Demir siyahı rengine, kuvvetli metal parlaklığında, porselen üzerinde kırmızı ve kahverengi-kırmızı renk bırakan gevrek yapılu bir mineraldir. Sertliği Mohs skalasında 6,5

ve yoğunluğu 5,2-5,3 g/cm³ arasında değişir. HCl’de yavaş ergir, üfleçte erimez, bariz rombohedral kristalleri olduğu gibi. Pullu cinsi demir mikası adını almaktadır. Manyetit, ilmenit ve kromit ile karıştırılabilir (Önkibar, 2006).

1.22. Demir Tozu

Demir tozları, toz metalurjisi endüstrisinde oldukça yaygın olarak kullanılan temel hammaddelerden biridir. Bu sektörde kullanılan diğer metal veya metal dışı tozlar ile karşılaştırıldığında demir çok yüksek sinterleşme özelliğine ve mukavemete sahiptir. Bu özelliklerinin yanında düşük fiyatta olması da önemli bir avantajdır (Ersümer,1970). Demir tozları istenirse karbonla alaşımlandırılarak daha yüksek kalitede toz metal ürünlerinin üretiminde kullanılabilir. Çeşitli yöntemlerle üretilen demir tozlarının 2/3’ ü toz metalürjisinde, 1/3’ ü ise kaynak ve elektronik-manyetizma sektörlerinde kullanılmaktadır (Winstrom, Smith, 1967).

1.23. Kurşun Levha

Periyodik çizelgenin IV A grubunda yer alır. Mavimsi beyaz renkte yumuşak bir elementtir. Atom numarası 82, simgesi Pb’ dir. Dövülerek kolayca şekil alabilir. Kurşun bilinen en eski madenlerden biridir.

Yumuşak ve esnek olması nedeniyle çok iyi işlenebilen kurşun, az dayanıklıdır. Bu yüzden başka madenlerle alaşım olarak kullanılması gerekir. Bu nedenle kurşunun birçok bileşiği ve alaşımı vardır. Gümüşsü bir görünümü olan yeni işlenmiş maden, havanın oksijeniyle temas edince hemen değişmez. Gri bir oksit tabakasıyla kaplanarak aşınmaya karşı son derece dayanıklı bir durum alır. Ancak, sülfirikasit gibi başka madenlerle temasında da koruyucu bir tabaka oluşturan kurşun, aşınmaya karşı korunmuş olur. Elektriği az iletir, korozyona karşı çok dayanıklıdır. Doğada serbest halde ender olarak bulunur. Daha yaygın olarak, başka minerallerle bileşik olarak bulunur. Günümüzdeki filizlerin oluşumunda kurşunun en büyük bölümü kurşunsülfür (PbS) olarak kristalleşip ayrılmıştır. Galen adı verilen bu birincil filiz, aşınma ve kimyasal çözülmelere karşı oldukça dayanıklıdır. En büyük kurşun filizi yatakları yanardağ etkinlikleri sırasında oluşmuştur. Bunlar özellikle hidrotermal yataklardır ve kalkerli kütlelerin damarlarına oluşmuşlardır. Bu oluşum sırasında kimi zaman bazı mineraller (örneğin, kalsit ve dolomit) yerlerinden ayrılırlar. Galen, çoğunlukla çinko blande (doğal çinko-sülfür), bakırlı pilirit ve

başka minerallerle bir arada bulunur. Bunların yanı sıra, küçük ölçüde gümüş, demir, altın, antimon ya da arsenik de içerir. Son üç elementin üretiminin en büyük bölümü, kurşun madeni ocaklarından sağlanır. Kurşun madeni ocağın en önemli yan ürünü ise çinkodur. Çoğunlukla % 10 oranında kurşun içerdiği görülmesine karşılık, en zengin kurşun filizi yatakalrı % 25 ile % 30 arasında kurşun içerirler.

Ekonomik verimi en yüksek kurşun yatakları ABD’de (25.8 milyon ton), Avustralya’da (17 milyon ton), Rusya Federasyonu’nda (16.3 milyon ton) ve Kanada’dadır (11.7 milyon ton). Türkiye’deki başlıca rezervler, Kütahya Giriktepe (215.220 ton) ve Kütahya Eğrigöz’dür (300 bin ton). 1986 verilerine göre dünya toplam üretimi 3.370 milyon tondur. Başlıca üretici ülkeler: Eski SSCB ülkeleri (550 bin ton), Avustralya (435 bin ton), ABD (353 bin ton), Kanada (350 bin ton).

Kurşun filizi hemen hemen her yerde yeraltından çıkarılır. Çok ender yerde açık maden ocakları vardır. Açığa çıkarıldıktan sonra öğütülen filiz parçaları daha sonra filiz süzdürme (flotasyon) işlemiyle zenginleştirilerek geriye kalan kütlelerden ayrılır. Yoğunlaştırılmış filiz, bu işlemde sonra % 45-% 60 oranında kurşun içerir. Bunu minerallerin içerdikleri kükürtten arındırılması işlemi izler. Bu işlem sırasında maden sülfürleri maden oksitlerine dönüştürülür. Kavurma adı verilen bu süreçte, küçük filiz parçaları kum, kireç, kok ve başka maddelerden oluşturulan bir karışımla büyük, katı cüruf parçaları durumuna gelene kadar pişirilir. Bunların yüksek fırına atılmasıyla maden eritilir. Kurşun madeni bu evrede, kurşun, çinko, gümüş ve bazı durumlarda bakır, altın, antimon ve başka elementlerden oluşan bir karışım halindedir. Değersiz artıkların çoğuyla birlikte, şimdi artık geriye kalan çinko ve olası bakır, sıvı maden kütlesinden ayrılabilir. Bunlar, yavaş soğuma sırasında en üst tabakada toplanmışlardır. Bunu izleyen temizleme işlemiyle öteki önemli madenler de (örneğin, gümüş) kurşundan ayrılır. Bu işlemlerden sonra kurşunun ağırlığı % 99.85’e ulaşır.

Dünyadaki toplam kurşun tüketiminin % 37’si kullanılmış maddelerden yeniden kazanılan kurşuna dayanır. Bunlar çoğunlukla eski otomobil aküleri, kablolar, kurşun borular ve çatı kaplama malzemeleridir. Günümüz dünyasında kurşunun kullanım alanı çok yaygındır. Ev yapımında damlarda ve su tesisatında kullanılması azalmıştır. Gürültü yalıtımında kurşun levhalar ve titreşimlerin azaltılmasında kurşun bloklar geniş ölçüde kullanılır. Günümüzde kurşun borular endüstride önemini korumakta ve yiygen (korozi) maddelerin taşınmasında kullanılır. Kurşunun en büyük kullanım alanları: Kabloların koruyucu kaplamasında, çeşitli levha ve boruların ve cepanelerin yapımında, boya ve

çeşitli kimyasal maddelerin üretiminde, lehim yapımı, matbaa harfleri ve radyoaktif vb ışınlardan korunma araçları. Kurşun, insan ve hayvan yapısı için son derece zehirli bir madde olmasına karşın, atmosferdeki yoğunluğu günden güne artmaktadır. Bunun en önemli nedeni özellikle otomobillerdir. Egzoz gazlarıyla kurşun teraetilen biçiminde büyük ölçüde kurşun havaya karışır. Bu nedenle Batılı ülkeler kurşunsuz benzine geçmeye başlamışlardır (URL7).

1.24. Çinko

Çinko metali 1746 yılında Andreas Maggrat tarafından keşfedilmiştir. Parlak açık gri renkli olan çinkonun atom ağırlığı 65,409 g/mol ve atom numarası 30'dur. Amonyak, amin, siyanür ve halojenler ile kompleks bileşikler oluşturur (Deveci, 2012).

Çinko yeryüzü kabuğunun %0,004'ünü oluşturur. En çok bulunan minerali sfalerit (ZnS) dir. Bu bileşik Pb, Cu, Cd ve demir sülfürle birlikte bulunur. Çinkonun diğer mineralleri smitsonit (çinko karbonat), hemimorfit (çinko silikat) ve franklinite (Fe, Mn, Zn) (Fe, Mn₂O₄) dir (Epa, 2004; Fawell, 2006).

Çinko metali saf olarak çinko oksidin karbon veya karbon monoksit ile indirgenmesinden elde edilir. Bu yöntemde kayıp çok olduğu için son zamanlarda ZnSO₄ bileşiğinin elektrolizi ile saf olarak eldesi tercih edilmektedir (Elmas, 2014).

Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşım yapabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır. İnşaat sektöründeki galvanizli sac lar ve konstrüksiyon malzemeleri ile elektrik ve diğer hava hat direkleri galvanizlemenin en çok kullanıldığı alanlardır. Pirinç alaşımı ile özellikle otomotiv sanayinde döküm kalıpları yapımında kullanılan çinko alaşımları çinkonun kullanıldığı diğer önemli alanlardır (Eroğlu, 2002).

Çinko demir konstrüksiyon malzemelerine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar çelik yapılar için korozyondan çok iyi korunma sağlamakta ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturmaktadır. Diğer taraftan, düşük ergime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır (Dinçer, 2007).

1.25. Briket

Volkanik esaslı ponza (bims) taşı ile çimento karışımından elde edilen harcın çeşitli kalıplara dökülerek boşluklu ve dolu olarak üretilen hafif yapı malzemesine (hazır bloklarına) briket denir.

1.26. Tuğla

Tuğla, kil toprağın su ile karıştırıp havası alındıktan sonra 1000-1200 °C ateş ile pişirilmesi ile oluşan dolgu ve izolasyon malzemesidir.

1.27. Kiremit

Kiremit, toprağın hamur haline getirilerek kalıplar üzerinde preslenmesi ve yüksek ısıda pişirilmesi ile elde edilen bir yapı malzemesidir. Rengi, toprağın rengine ve pişme derecesine bağlı olarak kırmızının çeşitli tonlarında olabilir.

1.28. Fiber Glass

Fiberglas Camelyafı'nın poliyester reçine ile ıslatılıp kimyasal olarak sertleştirilmesi ile elde edilir. Çeliğe karşı 4 kat fazla çekme dayanımına sahiptir. Gelişen teknoloji ile paralel olarak bu sektörde müsbet gelişmeler katedilmekte ve yeni uygulama yöntemleri keşfedilmektedir.

Fiberglas'ın yurdumuzdaki uygulama alanları başlıca şunlardır; Su, gıda maddesi ve kimyasal madde stoklama ve nakliye tankları; Prefabrik klube ve binalar, çatı levhaları; kimyasal nakil boruları, termal su boruları, muhtelif deniz araçları (Tekne kano bisiklet vs.); bina süslemeleri, banyo küvetleri, duş tekneleri, beton ve alçı kalıpları, mutfak tezgahları, kapı ve pencere ve daha akla gelebilecek ahşap ve metalden yapılan tüm ürünler aynı zamanda fiberglas'tan üretilebilir.

Fiber glass, hafif ve sağlamdır. Sıcaktan ve soğuktan etkilenmez. Darbelere dayanıklıdır.

1.29. Alçıpan

Duvar veya asma tavan yapımında kullanılmak üzere alçıdan imal edilmiş iki tarafı kâğıt kaplı olan levha, genel adıyla kartonlu alçı levha. Hafif, yangına dayanıklı, ses yalıtkanlığı iyi bir malzeme olan alçı levha, istenilen biçimi alabilirliği, kolay ve çabuk uygulanabilirliği gibi nedenler ile inşaat ve dekorasyon işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yanmazlık, Isı Yalıtımı, Ses Yalıtımı, Hafiflik, İşleme ve onarım kolaylığı, kolay şekil alma, kolay montaj, bakteri üretmeme, rutubet dengeleme, yüzeye nefes aldırma, yangın önleme gibi özelliklere sahiptir. Alçı birçok alanda kullanılmaktadır. Bunların; genel toplamın % 5' i zirai amaçlı, %10-15 kadarı ise endüstriyel kullanım olarak adlandırılabilir uygulamalarda tüketilmektedir. Geri kalan alçı taşının tamamı inşaat sektöründe kullanılan alçı türlerinin imalatında tüketilir.

1.30. Parke

Parke, yer döşemelerinde kullanılan bir kaplama türüdür. Doğal bir malzeme olması nedeni ile parke zemin kaplamaları yapı işlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde, orman ürünlerinin kullanımında çevreci yaklaşımlar ve ekonomik nedenlerle geleneksel masif ahşap parke yerine daha çok laminat parke ve lamine parkeler olarak adlandırılan parke türleri kullanılır.

Laminat parke, laminat kaplamaların nitelikli ahşaba oranla daha ucuz olan 7-8 mm kalınlıktaki MDF, HDF ya da yonga levha levhalar üzerine yapıştırılması suretiyle üretilir. Kanserojen maddeli yapıştırıcılar kullanılarak üretilenleri de mevcuttur. Yapıştırma işlemi ısı ve basınç altında yapıştırıcı kullanarak yapılır. Büyük tabakalar halinde üretilen levhalar istenilen boyutlarda kesilir, ekleme detayına göre ek yerleri açılır ve paketlenerek kullanıma sunulur. Laminat parke yüzeyleri düzleme veya cilalama gibi herhangi bir işlem gerektirmez. Laminat parkeler ucuz fiyatları ve uygulamalarının kolay ve hızlı olması nedeni ile günümüzde en yaygın kullanılan dekoratif zemin kaplamasıdır. Yer kaplaması olarak fiyatına göre en iyi üründür.

Lamine parke, ahşap malzemenin birkaç tabakasının birbirine yapıştırılması ve bunların üzerine nitelikli ağaçtan ince bir kaplama yapılması sureti ile üretilir. Lamine parkeler genellikle üç katmandan oluşur. 5-10 mm kalınlıktaki iki ağaç tabakası ve 2-5 mm kalınlıktaki parke yapmaya uygun nitelikteki ahşaptan tabaka damarları birbirine dik gelecek şekilde sıcak preste tutkal ile yapıştırılır. Cilalı olarak kullanıma sunulan lamine

parkeler montaj işlemi sonrasında herhangi bir düzeltme veya cilalama işlemi gerektirmezler.

Lamine parkenin, laminat parkeden farkı şudur; laminat parkede arada MDF kullanılır, lamine parkede ise aradaki malzeme ahşaptır. Lamine parke, laminat parkeden bu yüzden daha pahalıdır (URL5).

1.31. Ytong

Ytong, “gazbeton” olarak bilinir. Bünyesindeki milyonlarca gözenek nedeniyle bir çok binada ilave ısı yalıtım malzemesi kullanmaya gerek kalmadan yalıtım sağlayan bir yapı malzemesidir. Yeryüzünün en değerli varlığı olan topraktan değil, kuvarsit veya kum ile çimento, kireç ve suyun karışımından elde edilmektedir.

1.32. Pvc

PVC, yaygın deyiimi ile Poli Vinil Klorür kelimelerinin kısaltılmış şeklidir. Petrol veya doğalgaz ile tuzdan oluşan bir polimer türüdür. PVC bu polimer, çeşitli katkı maddeleri ile harmanlandıktan sonra yüksek sıcaklıklarda şekillendirilerek plastik haline getirilir ve yaygın olarak hemen hemen her alanda kullanılır. Polivinil klorür, genelde kısaltılmış olarak PVC diye kullanılır, oldukça geniş kullanım alanı olan bir plastiktir. Kimyasal endüstrisinde en değerli ürünlerden biridir. Dünyada pvcnin % 50 den fazlası yapı sektöründe kullanılır. Bina malzemesi olarak, pvc ucuz ve kolay monte edilebilirdir. Son yıllarda, Pvc geleneksel yapı malzemeleri olan ahşap, beton ve kilin birçok alanda yerini almıştır. İdeal yapı malzemesi olmasına rağmen, çevre ve insan sağlığı için Pvc hakkında kaygılar vardır.

Tavan-Duvar, İç Mekân, Dâhili Bölmeler, Banyo-WC, Çatı-Saçak, Prefabrik Yapılar, Garaj, Karavan, Şantiye vb.birçok yerde pratik olarak uygulanır.

1.33. Osb

Osb, İngilizcesi Oriented Strand Board kelimelerinin Baş harflerinden oluşan kısaltmadır. Türkçe'de ise "Yönlendirilmiş Yongalevha" veya "Pilaka Levha" anlamına gelmektedir. Osb, Yüksek Mukavemetli Neme, Rutubete Dayanıklı Yapı ve Mobilyada kullanılan bir levha'dır.

Os b alternatif malzemelere göre ekonomik olması, kullanım kolaylığı, hızlı uygulama yapılması, stoklama ve nakliye kolaylığı sebebiyle yapı sektörünün alternatif malzemelere kıyasla en çok tercih edilen ürün olmuştur.

Günümüzde Os b en çok yapı sektöründe kullanılmaktadır. Yapıların çevre emniyetinin alınmasında, Ara bölme duvarlarda. Asma kat yapımında, Zemin yükseltilmesi veya düzeltilmesinde, Çatı kaplamasında os b kullanımı en çok tercih edilen yerlerdir. Bunun dışında ambalaj kutu yapımında, reklam panolarında ve mobilya imalatında OSB kullanılmaktadır.

1.34. Mdf

Mdf, Termomekanik olarak odun veya diğer lignoselüozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür. Mdf, kelime anlamı ile orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmekte ve Medium Density Fiberboard kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır.

Mdf'nin her noktasında liflerin eşit dağılması ve çok yoğun bulunuşu levhanın her iki yüzünün olduğu kadar, kenarlarının da makinayla herhangi bir kırılma olmaksızın ya da malzeme parçacıkları arasında boşluklar ortaya çıkmaksızın işlenmesine imkan sağlamaktadır. Mdf bu sayede masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahalı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde başarıyla kullanılabilir. Mdf'nin her noktasında liflerin eşit dağılması ve çok yoğun bulunuşu levhanın her iki yüzünün olduğu kadar, kenarlarının da makinayla herhangi bir kırılma olmaksızın ya da malzeme parçacıkları arasında boşluklar ortaya çıkmaksızın işlenmesine imkan sağlamaktadır. Mdf bu sayede masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahalı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde başarıyla kullanılabilir.

Son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahip olan Mdf gerek boyamada, gerekse dekoratif folyo veya ahşap kaplamada çok iyi bir taban oluşturur. Düzgün kalınlığı, makina ile işlenmeye elverişli olması ve sağlamlığı, Mdf'nin çekmece yanları, ayna çerçeveleri ve pervazlar gibi uygulamalar için masif ahşaba alternatif olarak kullanılabilmesine olanak sağlar.

Mdf orta sertlikte bir levha olup, termomekanik olarak odun veya diğer selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık %9-11 oranında termosetting (sıcaklıkta katılaştıran) karakterli bir tutkal ile tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıda levhadır. Mdf yapısı itibarıyla her noktasının homojen yoğunlukta olması, standart boyutlarda elde edilebilmesi, freze işlemlerindeki mükemmelliği, yüzey ve kenarlardan uygulanan vidaları iyi tutması nedeniyle tercih edilmektedir.

Mdf lake boya uygulamaları için mükemmel bir yapıya sahiptir. Hem sağlam olması hem yüzeyinin pürüzsüz olması nedeniyle lake boya işlemi için uygundur. Boya işlemi haricinde vida tutma gücü sunta türüne göre daha iyidir.

1.35. Ahşap

Ahşap çeşitli tür doğal polimerlerden oluşan önemli bir yapı malzemesi olup kolay işlenir ve doğada bol miktarda bulunur. Yüksek özgül mukavemete(mukavemet/özgül ağırlık) sahiptir. Bu oran yapı çeliğinde 5, ahşapta ise 15 civarındadır. Özellikleri geniş ölçüde doğrultuya bağlıdır (anizotrop). Ahşap çeşitli türde ağaçlardan elde edilir. Doğada bulunan ağaçlar iğne yapraklı ağaçlar (çam, ladin, göknar...) ve yapraklı ağaçlar (meşe, gürgen, kayın,...) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ahşap doğal bir polimersel kompozit malzeme sayılır. Bileşiminde %50 selüloz, %30 kadar linyin bulunur. Gerisi pektin ve diğer maddelerdir. Ahşap higroskopik bir cisimdir. %30 kadar su emebilir. Yoğunluğu ve mukavemeti rutubet oranına göre değişir (Onaran, 1993).

1.36. Seramik

Bir ya da birden fazla metalin metal olmayan bir element ile birleşerek sinterlenmesi yani bu elementlerin yüksek sıcaklıkta bir araya getirilmesiyle oluşan inorganik bileşiğe seramik denir. Halk arasında pişmiş toprak olarak bilinir. Seramik toprak esaslı olup dış etkiler sonucu parçalanan kayalardan oluşan kil, kaolen ve bunun gibi maddelerin yüksek sıcaklıkta fırınlarda pişirilmesiyle oluşur. Seramiğin bileşiminde; silikat, alüminat, metal oksitler, su, alkali bileşikler, toprak alkali bileşikler bulunur. Günümüzde cam, tuğla, kiremit, çimento, porselen, çanak, çömlek, testi, güveç kabı, çini ve fayans gibi birçok araç gereç seramikten yapılmıştır.

Karolar, ilk aşamada değirmende ufak parçalara ayrılan hammaddeler kurutulmak üzere masse havuzlarında toplandıktan sonra silolarda stoklanıyor. Kurutucu çıkışında preslenen hammadde karo halini almış oluyor. Dikey kurutucudan çıkan karonun sonraki durağı baskı makinesi oluyor. Bundan sonraki aşamada ise seramik karolar radyo sinyalleri ile çalışan taşıyıcı arabalar sayesinde fırınlama yapıldıktan sonra, kalite kontrol, paketleme, etiketleme ünitesine gönderilip, buradan da şirinklenerek tüketiciyle buluşmak üzere hazır hale getiriliyor.

Fayans, Avrupa ülkelerinde üzeri sırla kaplanmış çini veya seramiğe verilen ad. İtalya'nın Faenza şehrinden ismini alan Fayans doğu menşe'lidir. Avrupalılar kullanmadan önce müslüman Araplar ve Türkler tarafından yaygın olarak yapılmış ve kullanılmıştır. Ancak Fayans adıyla değil de çini veya seramik adıyla anılmıştır. Avrupa'da ilk olarak İspanya'da, Endülüs Emevileri zamanında kullanılan, topraktan pişirilmek suretiyle ve üzeri çeşitli motiflerle süslenerek yapılan fayans İtalya'da 15. yüzyılda yapılmıştır. Daha sonraki yüzyıllarda diğer Avrupa ülkelerinde de kullanılmıştır. İlk zamanlar, beyaz zeminin büyük bölümünün boş bırakıldığı, daha basit örneklerde bezeme yalnızca tek bir figür veya hanedan armasıyla, bunları çevreleyen geleneksel olarak çelenk şeklinde yapılan fayanslar, 18. yüzyılda tabak, kavanoz ve kaseler şeklinde yaygın hale gelmiştir. Bu kapların üstüne günlük hayattan canlı renklerle çizilmiş resimler, milli olayların canlandırıldığı tablolar, eşya sahibinin adından nükteli cümleler, masonik veya ticari amblemler konulmuştur. Daha sonra yapı malzemesi olarak da kullanılmıştır.

Türkiye'de fayans kelimesi daha çok kare (15 cm x 15 cm) ve dikdörtgen (5 cm x 15 cm) levhalar biçiminde ince (5,5 m), ön yüzü kalay sırlı, arka yüzü sırsız ve gözenekli bir yapı malzemesi olan karo fayans için kullanılmaktadır. Umumiyetle mutfak, banyo gibi mekânlarda duvar kaplaması olarak değerlendirilmektedir. Kil, kaolin, kuvars, feldispat gibi seramik hammaddelerinin belli oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan çamurun kalıplarda preslenerek şekillendirilmesinden sonra 900°C'nin üstünde bir sıcaklıkta fırınlanmasıyla üretilmektedir. Fırınlama önce sırsız, sonra sırlı olmak üzere iki defa yapılır. Fayansın beyaz, renkli ve desenli çeşitleri vardır (URL6).

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Silis Dumanı ile İlgili Çalışmalar

Silis dumanını beton içinde kullanmışlar, betonun asit ve sülfat saldırılarına karşı durabilitesini artırmış, boşluk oranını ve geçirimliliğini azalttığını gözlemlemişlerdir (Aköz ve ark. 1995; Turker ve ark, 1997; Aköz ve ark, 1999; Erdoğan, 2003).

Silis dumanının, beton basınç ve çekme dayanımını artırmanın yanısıra durabilite ve geçirimsizlikte de oldukça önemli iyileşmeler sağladığını tespit etmişlerdir (Toutanji ve Bayasi, 1999; Özturan, 1993; Atiş ve ark. 2004).

Silis dumanının beton içinde kullanılması aşınmaya karşı direncini artırdığını, alkali-silis reaksiyonundan dolayı oluşacak genleşmeyi azalttığını gözlemlemişlerdir (Mehta, 1985; Atiş ve ark. 2004).

Hassan ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada değişik oranlarda çimentodan ikame edilen silis dumanı ve uçucu kül katkılı yüksek performanslı betonlar incelemişlerdir. Üretilen betonlar üzerinde basınç dayanımı, porozite, oksijen permeabilitesi, oksijen difüzyonu, klor geçirimliği deneyleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; uzun dönemde %10 silis dumanı ve %30 uçucu külün basınç mukavemeti gelişime katkılarının az olduğunu fakat geçirgenlik özelliklerine oldukça önemli bir oranda katkıda bulunduklarını tespit etmişlerdir.

Çelik ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada, silis dumanının priz başlama ve bitiş sürelerine etkisini araştırmışlardır. Çimento ağırlığının %5 , %10 ve %15 oranlarında silis dumanı ikame edilerek harç numuneleri üretmişlerdir. Çalışmanın sonucunda,% 5 oranında silis dumanı katkılı harç numunelerin priz başlama ve bitiş sürelerine etkisinin olmadığı tespit etmişlerdir. %10 ve % 15 oranlarındaki silis dumanı katkılı harç numunelerin priz başlama ve bitiş sürelerinin belirgin olarak geciktirdiğini tespit etmişlerdir.

Rao (2001), yaptığı çalışmada çimento miktarından değişik oranlarda silis dumanı ikame edilerek su/çimento oranı 0,5 olan harç numuneleri üretmiştir. Harçlarda uzun dönem kuruma rötresi üzerine silis dumanının ve agrega çapının etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda; silis dumanın çok yüksek puzolanik aktivitesi ve incelik mekanizması nedeniyle 28 günlük erken dönemdeki kuruma rötresinde etkili olduğunu ve silis dumanı ilavesi ile bu dönemdeki kuruma rötresinin arttığını tespit etmiştir. Ancak 365 günden sonra bu etkinin önemli olmadığını, harç numunelerin yaşlarıyla birlikte kuruma

r tresindeki artışın d şt ğ ğ , agrega çapının kuruma rötresi üzerinde oldukça önemli rol oynadığını agrega çapındaki artışın kuruma r tresini azalttığını tespit etmiştir.

Topçu ve Kaval (2001),yaptıkları çalışmada, 300, 350 ve 400 kg/m³  imento miktarında % 5, 10 ve 15 oranında  imento yerine silis dumanı ikame edilerek ve 0,5 su/ imento oranı sahip betonlar karışımları üretmişlerdir. Üretilen betonlar için 28 günlük basınç dayanımı ve maliyet analizi incelenmiştir. Çalışma sonucunda; % 10 oranında silis dumanı 350 ve 400 dozajlı betonlar için en uygun sonucu vermiştir. 300 dozajlı betonlar için % 15 oranında silis dumanı katkısı daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Bhanja ve Sengupta (2003), değişik su/ imento oranlarında toplam 32 farklı beton karışımları üretmişlerdir. Üretilen betonlarda optimum silis dumanı miktarını araştırılmışlardır. Çalışmanın sonucunda silis dumanı miktarının bütün S/  oranlarında farklı olduğunu, mineral katkılı betonların basınç mukavemeti tahminlerinde geleneksel betonlarda kullanılan kanunların doğrudan uygulanamayacağını bunların modifiye edilmesinin gerektiğini tespit etmişlerdir.

Yajun ve Cahyadi (2003), yaptıkları çalışmada 0.40 su/ imento oranına sahip  imento harçlarının basınç dayanımı ve mikro yapı özelliklerini araştırmışlardır. Çimento miktarından %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında silis dumanı ikame etmişlerdir. Üretilen numuneler 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük basınç dayanımı ve mikro yapı özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; silis dumanı katkılı sertleşmiş  imento pastalarının hem mikro yapılarının iyileştiğini hem de mukavemetlerinin arttığını, silis dumanı partiküllerinin toplanmasının 28 güne kadar olan basınç mukavemetlerinde etkili olmadığını tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada,  imento miktarından %0, %5 ve %10 oranlarında ikame ederek, 0.35 ile 0.26 düşük S/  oranlarında betonlar numuneler üzerinde otojen ve kuruma r tresini araştırmışlardır. Silis dumanının artması ve S/  oranının azalması ile otojen rötresinin arttığını tespit etmişlerdir. Kontrol betonlarında S/  oranının 0.35'den 0.30'a düşürülmesi ile 98 günlük otojen rötrenin 40 mikro strainden 180 mikrostraine yükseldiği belirtilmiş, S/  oranının 0.26'ya düşürülmesi ile otojen rötrenin 197 mikrostraine çıktığı gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada 98 güne kadar olan otojen rötre mukavemetinin %60 ve daha fazlası ilk iki hafta içerisinde meydana gelmiştir.

 elik ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkılı  imento harçlarının özelliklerini araştırmışlardır. Çimento ağırlığının %0, %7,5,

%10, %12,5 ve %15 oranında silis dumanı ikame ederek harç numuneleri üretmişlerdir. Ayrıca çimento harcına melamin, naftalin ve modifiye lignosülfonat kökenli süper akışkanlaştırıcı ilave etmişlerdir. Üretilen harç numunelerin normal kıvam, priz süresi, 7, 28 ve 90 günlük basınç ve eğilme dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda %10 silis dumanı ikame edilmiş ve bağlayıcı ağırlığının % 1,05'i oranında melamin kökenli süper akışkanlaştırıcı ve %0,71'i oranında modifiye lignosülfonat kökenli süperakışkanlaştırıcı ilave edilmiş karışımlar en uygun sonuçları verdiği tespit etmişlerdir.

Mazloom ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada 500 kg/m³ çimento miktarı ve 0.35 su/çimento oranına sahip yüksek mukavemetli betonların kısa ve uzun vadedeki mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Çimento miktarından %0, %6, %10 ve %15 oranlarında silis dumanı ikame etmişlerdir. Üretilen numuneler basınç dayanımı, elastik modülü, sünme ve rötre özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; yüksek oranlarda silis dumanı katılması durumunda betonun işlenebilirliğinin düştüğünü ve daha fazla süper akışkanlaştırıcı gerektiğini tespit etmişlerdir. Silis dumanı katkılı numunelerde su küründe 90 günden sonra basınç mukavemetindeki artışın gözardı edilebileceğini belirtilmişlerdir. Silis dumanının toplam rötre üzerinde etkisinin olmadığını, karışımdaki silis dumanının artmasıyla yüksek mukavemetli betonlarda otojen rötrenin arttığını kuruma rötresinin ise azaldığını tespit etmişlerdir.

Özcan (2005), yapmış olduğu doktora çalışmasında, değişik oranlarda katılan silis dumanının harç ve beton özelliklerine olan etkileri incelemiştir. Beton numuneler için çimento oranı 350, 400 ve 450 kg/m³ ve su-çimento oranı 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 olan farklı tip karışım hazırlanmış olup çimento miktarından ağırlıkça %10, %15 ve %20 ikame etmiştir. Beton numuneler üzerinde yayılma tablası deneyi, hızlandırılmış ılık su kürü deneyi, basınç dayanımı, kür şartları değişimi, ultrasonik ses dalgası ölçümleri yapmıştır. Harç numuneler için harç numunelerin çimento/kum oranı 2.75 olan ve su-çimento oranı 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60 olan farklı tip karışım hazırlanmış olup çimento miktarından ağırlıkça %10, %15, %20 ve %40 ikame etmiştir. Ayrıca harç numuneler için kuru ve su kürü ayrı olarak uygulamıştır. Harç numuneler üzerinde yayılma tablası deneyi, basınç dayanımı, eğilme-çekme dayanımı, aşınma dayanımı, rötre deneyi, boşluk oranı ve su emme deneyi, kapiler su emme deneyi, karbonatlaşma deneyi yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, %10, 15 ve 20 silis dumanı ilavesi ile harç numunelerin basınç, eğilme ve aşınma dayanımları artmış, boşluk oranı ve kapiler su emme katsayılarında şahit numuneye göre önemli oranlarda düşüş tespit etmiştir. Harç karışımlara %40 oranında silis dumanı

ilavesi yukarıda ifade edilen silis dumanı oranlarından daha az etkili olmuştur. Beton karışımlarda kullanılan silis dumanı, kontrol betonlarına göre basınç mukavemetinde %50' ye varan artış gerçekleştirmiştir. Silis dumanı ile üretilen harç ve betonların basınç mukavemetlerinin, kuru kür şartlarından kontrol betonlarına göre daha fazla etkilendiği tespit etmiştir.

Çoşkun ve Tanyıldızı (2007), yaptıkları çalışmada, çimento yerine ağırlıkça %10 oranda silis dumanı ikame edilen, su/çimento oranı 0,77 olan agrega olarak pomza taşı kullanarak karışımlar üretmişlerdir. Üretilen numuneler 3, 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği arasındaki ilişkiye farklı kür şartlarının etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda en yüksek ultrasonik ses geçirgenliği ve basınç dayanımı değerleri, suda kür edilen numunelerde elde etmişlerdir.

Topçu ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada CEM II/A-M 32.5 çimentosu yerine silis dumanı kullanılarak üretilen betonların dayanımda meydana getirdiği artış ve mekanik çatlak oluşumları mikro yapısal olarak araştırılmışlardır. 300 kg/m³ çimento miktarı ağırlıkça %15, 350 kg/m³ çimento miktarı ağırlıkça %5, 400 kg/m³ çimento miktarı ağırlıkça %10 oranında silis dumanı ikame etmişlerdir. Üretilen beton numuneler önce basınç dayanımı deneyi yapmış ve ardından mikro yapı fotoğraflarını çekmişler, kimyasal analizlerini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; silis dumanının betonda mikro düzeyde doluluk sağladığını, CH bağlayarak CSH'ları oluşturması nedeni ile iri agregaların etrafında düzenli bir harç yapısının oluşması, ara yüzeylerde aderansın sağlanması gibi mikro yapıda olumlu etkileri görmüşlerdir.

Demir ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada Çatalağzı uçucu külü ve silis dumanı katkısının sertleşmiş beton üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çimentodan %5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında ağırlıkça ikame edilerek beton karışımları üretmişlerdir. 7. ve 28. günlerdeki dayanım özelliklerini incelemişler ve katkısız beton özelliklerine göre daha kaliteli sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda; 28. gün basınç dayanımında uçucu kül 7. günde gösterdiği etkinin aksine, dayanımlarda yükselme görmüşlerdir. Ancak bu silis dumanının etkisine göre çok daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Silis dumanı yüzdesi arttıkça basınç dayanımının arttığını ifade etmişlerdir.

Türk vd., (2010), yaptıkları çalışmada kendinden yerleşen betonda basınç, çekme dayanımı ve elastisite modülü değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. % 25, 30, 35 ve 40 oranlarında uçucu kül ve % 5, 10, 15 ve 20 oranlarında silis dumanı Portland çimentosu

yerine ikame ederek 8 farklı beton karışımı üretmişlerdir. Üretilen beton numuneler için çökme-yayılma, t500, L-kutusu ve elek ayırma işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda elde edilen basınç-çekme dayanımı ve basınç dayanımı-elastisite modülü bağıntılarının yüksek dayanıma sahip kendiliğinden yerleşen betonların çekme dayanımını ve elastisite modülünü doğru tahmin etmede kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Esen (2013), yaptığı çalışmada; Antalya Eti Elektrometalurji İşletmesinden alınan silis dumanı ile Isparta ilinin Şarkikaraağaç ilçesinde bulunan Başer Madencilik işletmesinden elde edilen barit agrega ile ağır beton üretimi yapmıştır. Çalışmada, basınç dayanımı, ultrasonik ses geçirgenlik, eğilme dayanımı, su emme miktarı, kuru ve doygun birim hacim ağırlık deneylerinin sonuçları elde etmiştir. Numunelerin hazırlanmasında ince agrega olarak 0-4 mm² ' ik elekler arasında kalan %40 ince barit ile 4-16 mm² lik elekler arasında kalan %60 iri barit, agrega olarak kullanmıştır. Sabit su/bağlayıcı oranı (0,50) ile hazırlanan ağır beton numunelerine silis dumanı, ağırlıkça portland çimentonun (PÇ 42.5 R) %10, %20 ve %30 (SDAB10, SDAB20, SDAB30) oranlarında karışımlara eklemiştir. Bu numunelerin uygun yaşlardaki deney sonuçlarını araştırıp, silis dumanı oranına bağlı değişimleri incelemiştir. Yapılan deneyler sonucunda numune içerisindeki silis dumanı miktarı arttıkça, işlenebilirliğin de oldukça azaldığını görmüştür. Basınç dayanımı testini 7. 28. ve 90. gün yaşlardaki numuneler üzerinde yapmıştır. Basınç dayanımının en fazla olduğu değer 90. gün yaştaki numunelerden elde etmiştir fakat dayanım artışı 7. gün ile 28. gün arasında hızlı olduğunu gözlemlemiştir.

2.2. Kolemanit ile İlgili Çalışmalar

Yalçın (1996), farklı miktarda kolemanit katkısı içeren betonlar üreterek betonarme demiri korozyonu incelemiştir. Üretilen beton numunelerinin fiziksel ve mekanik etkileri araştırmıştır. %0.5'ten az kolemanit katkısının betonarme demirlerinin korozyonu üzerine inhibitif etki göstermediği, %2,0'den fazla kolemanit katkısının ise, çimentonun fiziksel özellikleri üzerinde bozucu etki yaptığı, en uygun kolemanit katkısının % 1,0 olduğu belirlenmiştir.

Kula ve ark. (2001), yapmış olduğu çalışmada kolemanit konsantratör atığı, taban külü, uçucu külü belirli oranlarda çimento ile ikame ederek harç numunelerinin fiziksel ve mekanik etkileri araştırmışlardır. Sonuçlar çimento yerine malzemelerin mekanik özellikleri üzerinde net etkiye sahip olduğunu göstermiştir. % 25 oranında bile uçucu kül

ve taban külü kullanımı tanık numunesine göre benzer veya daha iyi sonuç göstermiştir. Kolemanit cevheri atıkları ağırlıkça %9 oranında kullanılması basınç dayanımı azaldığı halde değerler TS sınırı içinde bulunduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, kolemanit cevheri atıkları, uçucu kül ve taban kül çimento esaslı malzeme olarak kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir.

Kinno ve ark. (2002), kolemanit, aktivitesi düşük kireçtaşı, kuvarsit, alümina seramikler gibi çeşitli hammaddelerini beyaz portland çimentosu ve yüksek alimina çimentosu ile birlikte üretilen betonların 60 Co ve 152 Eu nötron ışınlama kaynağı ile nötron zırhlanmasını araştırmışlardır. İnce ve kaba olarak kullanılan kireçtaşı ve beyaz çimento ile yapılan düşük aktiviteli beton en yüksek basınç dayanımı vermiştir. İnce ve kaba olarak kullanılan kolemanit ve beyaz çimento ile betonların nötron zırhlanmasında en iyi sonuçları verdiğini tespit etmişlerdir.

Okuno (2005), kolemanit ve epoksi reçine kullanarak üretilen 40 cm kalınlığında betonların 252Cf nötron kaynağı kullanarak nötron zırhlanmasını araştırmıştır. Ölçüm ile hesaplama karşılaştırılması REM-sayaçı kullanarak yapmıştır. Polietilen ve ağırlıkça % 10 bor oksit beton karışımının koruyucu performansının daha iyi olduğunu tespit etmiştir. Yeni malzemenin performansını pratik kullanımı için uygun olduğunu bulmuştur.

Fındık (2007), yaptığı çalışmada; Kütahya-Emet ETİ Bor A.Ş. den getirilen kolemanit konsantratör atığının çimento ve beton katkısı olarak kullanılabilirliği harç ve beton numuneleri üzerinde yapılan deneylerle araştırmıştır. Kolemanit konsantratör atığını (KKA) %3 ve %5 oranında içeren harç ve beton numunelerinin büyük bir kısmı şahit beton ve harç numunelerinin dayanımını karşılaştırmıştır. Boşluk oranı, aşınma, karbonatlaşma deneyleri de gerçekleştirilmiş olup bu deneyler sonucunda şahit numunelerde en yakın sonucu yine %3 ve %5 katkılı harçların verdiğini gözlemlemiştir. Tüm KKA katkılı harçlar, şahit numunelerden daha düşük rötre yaptığını gözlemlemiştir. %3 KKA katkılı harçların şahit numunelere göre %40 mertebesinde daha düşük rötre değeri verdiğini tespit etmiştir. Bu yüzden KKA 'nın rötre azaltıcı katkı olarak kullanılabileceğini düşünmüştür.

Aydın (2009), yaptığı çalışmada; Kütahya-Emet ETİ Bor A.Ş. den getirilen kolemanit atığının beton numunelerinin basınç ve silindir yarma dayanımına olan etkisini araştırmıştır. KA atığını, çimento ile %3, %5, %10 ve %15 yer değiştirme oranlarında kullanmıştır. Basınç dayanımlarını beton presi, beton Schmidt çekici ve ses hızı vasıtası ile

ölçmüş ve bu üç yöntemin sonuçlarının bir birleri ile olan ilişkisini ayrıca değerlendirmiştir. Basınç ve silindir yarma dayanımı sonuçları %3 ve %5 KA katkısının betonun dayanım özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Özellikle KA katkılı tüm karışımların uzun vadede şahit numuneden daha yüksek dayanım geliştirmesi, KA' nın betonda mineral katkı olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Sevinç (2011), yaptığı çalışmada; barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomzayı içeren harçların ve betonların dayanım ve dayanıklılığını araştırmıştır. Çimento ve ince agrega yerine barit, kolemanit, yüksek fırın cürufu ve pomza farklı yüzdelerde kullanmıştır. Harç numunelerin 7, 28, 180 günlük basınç dayanımı ve eğilme dayanımı gibi mekanik etkilerini araştırmıştır. Harç numunelerin 180 ve 360 gün sülfat çözeltisi içerisinde kimyasal etkilerini araştırmıştır. Beton numunelerin 7, 28, 180 günlük basınç dayanımı, Ultrasonik hız testi ile basınç dayanımı, Schmidt Çekici ile basınç dayanımı, aşınma dayanımı, permeabilite ve donma- çözülme etkisi gibi mekanik ve fiziksel etkilerini araştırmıştır. Beton numunelerin 180 ve 360 gün sülfat çözeltisi içerisinde kimyasal etkileri araştırmıştır. Ayrıca 12x12x2 cm üretilen harçların radyasyon geçirgenliğinin tespiti için Am 241 gama ışını kaynağı kullanmıştır. Deneysel olarak harçların lineer soğurma katsayıları bulmuştur. Yapılan çalışmada kolemanit katkılı harç ve betonda basınç dayanımı, donma-çözülme etkisi, aşınma dayanımı, sülfat etkisine karşı dayanımı ve su geçirimsizliği gibi birçok özelliğine olumlu katkılarda bulunduğu deneysel olarak gözlemlenmiştir. Ancak kolemanit katkılı harçların radyasyon zırlaması için lineer soğurma katsayısı en düşük değerlere sahip olduğunu tespit etmiştir.

Polat (2012), yaptığı çalışmada; kolemanitin normal agrega ile yer değiştirilmesiyle üretilen kolemanit katkılı betonların bazı durabilite özelliklerini deneysel olarak incelemiştir. Bu deneysel çalışmada s/ç oranı 0.48 ve çimento dozajı 400 kg/m^3 sabit tutularak, kolemanit normal agrega ile %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında yer değiştirilerek beton numuneler üretmiştir. Üretilen numuneler 28 günlük başlangıç kürü $t=0$ kabul edilerek suda, havada, %5'lik Na_2SO_4 ve MgSO_4 ortamlarına 28, 56 ve 90 günlük ilave kür sürelerine tabii tutmuştur. İlave her kür süresi için betonlara uygulanan tahribatsız (utrases geçiş hızı, schmidt yüzey sertliği) ve tahribatlı (basınç dayanımı, eğilme dayanımı, aşınma, donma çözünme) deneylerle kür ortamının etkisini incelemiştir. Yapılan deneyler sonucunda kolemanit oranının artmasıyla betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinde azalma meydana geldiğini tespit etmiştir. Mekanik ve fiziksel özelliklerinde en büyük azalmayı hava küründen elde etmişken, 56 ve 90 günlük kür sürelerinde %40 ve

% 50 kolemanit oranlarında mekanik ve fiziksel özelliklerindeki azalmaları $MgSO_4$ ve Na_2SO_4 küründe diğer ortamlara göre daha yüksek elde etmiştir. $MgSO_4$ etkisinin ise Na_2SO_4 'te göre daha etkili olduğunu belirtmiştir. Betonun durabilite özellikleri açısından %30 kolemanit oranının betonda kullanılabilir olduğu sonucuna varmıştır.

Yaltay ve Ekinci (2013), yaptıkları çalışmada; pomza ile üretilen, kolemanit katkılı hafif betonların basınç dayanımları nasıl gelişim gösterdiğini deneysel olarak araştırmışlardır. Beton karışımlarında, iri ve ince agrega olarak Erciş Kocapınar bölgesinden alınan pomza malzemesini kullanmışlardır. Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan öğütülmüş kolemanit malzemesi, çimentoyla %0.4, 0.6, 0.8, 1 ve 2 oranlarında yer değiştirerek kullanmışlar, numuneleri 10 cm'lik küp kalıplarda 24 saat bekletilerek, 28 ve 56 gün sürelerle 20°C suda kürlemişlerdir. Kürünü tamamlayan numuneleri 400, 600 ve 800°C yüksek sıcaklığa maruz bırakarak, yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası ağırlıkları bulmuşlardır. Betonların yüksek sıcaklığa maruz bırakılması durumunda hem ağırlık kaybı hem de basınç dayanımında azalmanın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Eyyüboğlu (2013), yaptığı çalışmada; Üç farklı B_2O_3 oranlarına sahip kolemanit konsantratör atığı, çimento katkı malzemesi olarak kullanmıştır. Çimento üretim maliyetlerini düşürmeye yönelik ve bor endüstri atıklarının çevreye verdiği zararı önlemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü konsantratör tesisi atık şlam havuzundan temin edilen, B_2O_3 oranları % 5.56, % 10.47 ve % 15.89 olan kolemanit konsantratör atıkları ile klinker ve alçıtaşı kullanılarak hazırlanmış kompoze çimento karışımları oluşturmuştur. Klinker ve alçıtaşı ağırlıkça %1, %3, %5, %10 oranlarında, farklı B_2O_3 oranlarına sahip bor atıkları ilave etmiştir. Bu deneysel çalışmada 12 çeşit bor katkılı çimento ve CEM I çimentosu olmak üzere toplam 13 çeşit çimento üretmiştir. Üretilen çimentoların kimyasal ve fiziksel analizlerini yapmıştır. Çimento harçlarının 2, 7, 28, 56 ve 90 günlük basınç dayanımlarına bakmış ayrıca çekme dayanımı, yüksek sıcaklık ve donma-çözülme deneyleri de TS EN 196 standartlarına uygun olarak gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, B_2O_3 oranlarının farklı olması, genellikle deney sonuçlarında önemli ölçüde farklılıklar ortaya çıkarmamıştır. Sonuçlardaki farklılıklarda, katkı miktarının değişmesi daha çok etkili olmuştur. Bazı çimento numunelerinin ise CEM I çimentosuna kıyasla yüksek performans gösterdikleri gözlemlenmiştir.

2.3. Perlit ile İlgili Çalışmalar

Bulgu (2003), yaptığı çalışmada; çimento üretiminde puzolanik katkı malzemesi olarak Manisa (Yundağı) yöresi ham perlitinin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla ham perlit, çimento ağırlığının % 5, % 10, % 15, % 20, % 25 ve % 30' u oranlarında doğrudan klinker ve alçı taşı ile birlikte öğütülmüş ve perlit katkılı çimentolar elde etmiştir. Üretilen çimentoların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, deneylerle belirlemiştir. Üretilen çimentolar ile hazırlanan harç numunelerinin 7, 28, 90 gün yaşlarındaki mekanik özellikleri ve 4, 7, 14, 28, 56 gün yaşlarındaki boy değişimi değerlerini tespit etmiştir. Elde edilen dayanım sonuçlarına göre perlit, çimento, harç ve beton üretiminde puzolanik katkı olarak, % 5, % 10, % 15, % 20 ve % 25 oranlarında kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Kantarıcı (2004), yaptığı çalışmada; mineral katkılı ve genleştirilmiş perlit agrega (GPA) kendiliğinden yerleşen betonların (KYB) farklı kür şartlarında basınç mukavemeti, yarmada-çekme mukavemeti, kuruma rötresi, kılcal geçirimlilik ve kuru birim ağırlıkları zamana bağlı olarak belirlemiştir. Bütün numunelere çimento ağırlığı yerine %10 silis dumanı (SD) ilave etmiştir. Betonların dozajı (çimento+SD), 450 kg/m^3 olarak sabit tutmuştur. Su/bağlayıcı oranını 0.35 almıştır. GPA, ince agrega yerine %0, %5, %10 ve %15 oranlarında katmıştır. Süper akışkanlaştırıcı (modifiye polikarboksilik eter), %2 oranında karışım suyuna eklemiştir. Üretilen beton örneklerini, $23\pm 2^\circ\text{C}$ de kirece doygun suda (A), kuru olarak dış ortamda (B), parafin esaslı kür malzemesi ile kaplı (C), 14 gün dış ortamda günde üç kez sulama ve daha sonra laboratuvar ortamında sabit sıcaklıkta (D), 14 gün ıslak çuval altında, daha sonra laboratuvar ortamında (E) ve %100 nemli ortamda (F) kür etmiştir. KYB'ların basınç mukavemeti, yarmada çekme mukavemeti ve kuru birim ağırlıkları; 28. günde, kuruma rötresi; 3., 7., 14., 28., 56., 90. ve 120. günde, kılcal geçirimlilik katsayılarını ise; 28., 56., 90. ve 120. günlerde ölçmüştür. Sonuç olarak GPA oranı arttıkça basınç mukavemeti, yarmada çekme mukavemeti ve birim ağırlıkları azalmış kılcallık katsayılarının arttığını tespit etmiştir. Beton numunelerin kuruma rötrelere ise ortamın nem durumuna ve GPA oranına bağlı olarak değiştiğini gözlemlemiştir. A ortamı gibi nem oranı yüksek ortamlarda B ortamına göre rötre değerleri daha düşük çıktığını tespit etmiştir. GPA oranı arttıkça nemli ortamlarda kuruma rötresi azalmış ortamın nem oranı azaldıkça rötrenin arttığını gözlemlemiştir.

Erdem (2005), yaptığı çalışmada, iki farklı bölgeye (İzmir ve Erzincan) ait perlitin puzolanik özellikleri araştırmıştır. Uygun sonuçların alınmasından sonra, klinkerin, perlitin

ve bu iki malzemenin çeşitli miktarlardaki karışımlarının öğütülebilirlik özelliklerini incelemiştir. Beraber veya ayrı öğütme metotlarını kullanarak, değişik inceliklerde ve değişik miktarlarda perlit içeren birçok katkılı çimento üretmiştir. Üretilen katkılı çimentolarla elde edilen çimento hamurlarına ve harçlara uygulanan deneyler şunlardır: Su ihtiyacı, normal kıvam, priz süresi, dayanıklılık, basınç dayanımı, hızlı klor geçirgenliği, sülfat hücumu ve alkali- silika reaksiyonlarına karşı direnç. Yapılan deney sonuçlarına göre, Türkiye'deki perlitler, çimento ve beton endüstrisinde kullanılmaları için yeterli puzolanik özelliğe sahiptirler. Ayrıca, bu çalışmada denenen özellikler, katkılı çimentolarla ilgili standartlarda istenen özellikleri sağlamaktadır. %20 veya daha fazla perlit kullanılmasıyla perlit katkılı harçların dayanıklılığının arttırılabileceğini tespit etmiştir.

Aşık (2006), yaptığı çalışmada; doğal perlit agregası ile yapının öz ağırlığının azalmasını sağlayacak taşıyıcı hafif beton dizaynı yapmıştır. Ayrıca betonda ekonomiyi sağlamak için de betonda mineral katkı olarak belirli bir oran dâhilinde çimentonun yerine perlit tozunu kullanmıştır. Çimento ve perlit tozu miktarı farklı olan altı karışım hazırlamıştır. Bu altı karışımı çimento miktarlarına göre ikiye ayırmıştır. İlk grup 300 kg/m³ çimento içermektedir ve su/çimento oranı 0.49'dur. İkinci grubu ise çimento miktarı 500 kg/m³ ve su/çimento oranı 0.35'dir. Her iki grupta %0, %20, %35 perlit tozu içeren üç alt gruba ayırmıştır. Yapılan araştırma ve deneyler sonucunda doğal perlit agregasının taşıyıcı hafif beton üretiminde kullanılabileceğini öngörmüştür. Çalışmada elde edilen kütle ve dayanım sonuçlarına göre, doğal perlit agregası ile 20 MPa-40 MPa silindir basınç dayanımı olan hafif beton üretmenin mümkün olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca ekonomik beton elde edilmesini sağlayan perlit tozu kullanılarak da taşıyıcı hafif betonun performansının arttırılabileceğini ve kütlelerinin daha da düşürülebileceğini gözlemlemiştir.

Sağsöz (2007), yaptığı çalışmada; doğal perlit agregasını kullanarak iki farklı dozajda (350 kg/m³ ve 450 kg/m³) üretilen beton numunelerin hava, su ve atmosferik buhar kürü yöntemlerinde ki, mekanik özelliklerini araştırmıştır. Su ve hava kürü numunelerine 7, 14 ve 28 günlük üç farklı süre uygulamıştır. Buhar kürü numuneleri ise üç farklı sıcaklıkta (65°C, 75°C ve 85°C) ve aynı zamanda 6 saat, 12 saat ve 24 saatlik kür süreleri için incelemiştir. Bu yöntemlerle üretilen numunelere basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve ultrases geçiş hızı deneylerini uygulamıştır. Yapılan deneysel çalışmada, doğal perlit agregası kullanılarak 350 kg/m³ ve 450 kg/m³ dozajlar kullanılarak normal dayanımlı betonlar elde etmiştir. Hava kürü su kürüne göre daha az basınç dayanımı kazandığı gözlemlemiştir. Buhar kürü için hazırlanmış numunelerin

sıcaklık ve süre artıkça basınç dayanımlarının arttığını gözlemlemiştir. Buhar kürü için hazırlanmış numunelerin sıcaklık ve dozaj artıkça eğilme dayanımı zamana bağlı artış hızının azaldığını tespit etmiştir.

Seçer (2008), yaptığı çalışmada; hacimce %0,7 oranlarında farklı uzunluklarda (6, 20 ve 35 mm) polipropilen (PP) lif, betonda %4, %6 ve %8 boşluk oluşturacak miktarda hava sürükleyici (HS) katkı ve ince agrega yerine (0-2 mm) yerine %30, %70 ve %100 oranlarında genleştirilmiş perlit agregası (GPA) betona ikame ettirmiş ve 9 grup beton numune üretmiştir. Üretilen bu betonlar ve kontrol numuneleri, 23, 300, 500 ve 7000 C° 'ye maruz kaldıktan sonra birim ağırlık, basınç ve eğilme dayanımları, kılcal geçirimsizlik, su emme gibi özelliklerini incelemiştir. Daha sonra yüksek sıcaklık etkisinden hasar görmüş numuneler ve kontrol numuneleri, cam fiber takviyeli polimer (GFRP) ile sarmıştır. Sarılan numunelerin basınç dayanımlarını belirleyerek kontrol grubu ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, numunelerin artan sıcaklıkla birlikte basınç ve eğilme dayanımlarında %82'ye varan azalmalar olduğunu görmüştür. Kullanılan PP lif tipleri içinde 20 mm uzunluğundaki lifler, betonun yüksek sıcaklık dayanımını özellikle 3000C° 'de diğer lif tiplerine kıyasla %19 oranında daha olumlu etkilediğini gözlemlemiştir. Betonlarda kullanılan HS katkı maddesi ve GPA oranları arttıkça, betonun yüksek sıcaklıklardaki dayanım düşüşlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Eğilme dayanımlarında da basınç dayanımlarına benzer eğilimler tespit etmiştir. Yangın hasarına uğramış betonların GFRP ile sarılmasının basınç dayanımlarında meydana getirdiği iyileşme, sıcaklık arttıkça artış göstermiştir. Betonların GFRP ile sarılması işlemi, 6 mm uzunluğunda PP lif içeren betonların yangın sonrası dayanımlarında %233'e varan artışlara yol açtığını belirtmiştir.

Sağlık (2009), çalışmada; perlit içeren karışımların alkali-silika reaktivitesi dört farklı yöntemle karşılaştırmıştır. Karışımların genleşme mekanizması, bekleme sularının alkalinitesini ölçerek, anlamaya çalışmıştır. Perlit katılan durumlardaki düşük erken dayanım ile başa çıkmak için, karışımların kimyasal ve termal aktivasyonlarını denemiştir. Aktivasyon denemelerinde klor içeren kimyasalların geç yaşlarda, sodyum içeren kimyasalların ise erken yaşlarda, perlitli karışımların dayanım kazanmalarına katkıda bulunduklarını görmüştür. Sodyumhidroksitin ise, hem erken hem de geç yaşlarda perlitli karışımların dayanım kazanmasına olumsuz etkilerini gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda perlit katkısının alkali-silika genleşmelerini azalttığını gözlemlemiştir. Yüksek sıcaklıklarda kürlen numunelerin bir günlük dayanımlarında ani bir artış gözlemişse de, daha yüksek nihai dayanımların, nispeten daha düşük termal koşullarda, hatta oda

sıcaklığında elde edildiğini görmüştür. Yüksek miktarda öğütülmüş perlit içeren karışımların portland çimentolu geleneksel betona kıyasla çevresel ve ekonomik avantajları olduğunu düşünmüştür.

Gökçe (2010), yaptığı çalışmada, perlit agregasının hafif beton üretiminde kullanılabilirliği araştırmıştır. Kırılmış ve elenmiş olarak temin edilen 5 farklı boyuttaki ham perlit agregası ile 16 farklı hafif beton üretmiştir. Ham perlit agregasına 3 farklı genleştirilmiş perlit agregası ilave edilerek 8 genleştirilmiş perlit agregalı hafif beton üretmiştir. Ham perlit agregasıyla hazırlanan %0, 5, 10 ve 15 oranlarında silis dumanı (SD) ikameli ve genleştirilmiş perlit agregalı karışımlara süper akışkanlaştırıcı kullanımı ile 5 farklı yüksek dayanımlı hafif beton üretmiştir. Taze betonların çökme miktarlarını belirlemiştir. Toplamda 117 tane 100x100x100 mm küp numune üretmiştir. Sertleşmiş beton numunelerin birim hacim ağırlık (BHA), su emme (SE) ve basınç dayanımlarını incelemiştir. Çalışmadaki betonların küp basınç dayanımlarının 10 ile 86,4 MPa arasında değişmekte olduğunu tespit etmiştir. Betonların BHA'ları 1.779 ile 2.047 kg/dm³ arasında ve SE oranları %2,6 ile 13,2 arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Hafif betonların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde farklı agrega karışımı ve genleştirilmiş perlit agregası kullanımının etkili olduğu belirtmiştir. Kür süresi ve SD ikamesindeki artışın betonların basınç dayanımı artırdığını tespit etmiştir.

Aker (2011), yaptığı çalışmada; gazbeton üretiminde ana hammadde olarak kullanılan öğütülmüş silis kumu yerine uçucu külü ana materyal olarak kullanmıştır. Mineral katkı malzemesi olarak genleşmiş perlit, bağlayıcı olarak ise çimento, kireç ve alçı kullanılarak gazbeton deney örneklerini üretmiştir. Deneysel çalışmada otoklav ve buhar kürünün etkileri karşılaştırılarak en uygun üretim koşullarını belirlemiştir. Deney örnekleri üzerinde birim ağırlık, ultra ses geçirimsizliği deneyi, basınç dayanımı ve ısı iletkenliği değerlerini belirlemiştir. Deney örneklerinin birim ağırlık, gözeneklilik ve ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin ticari gazbetonun değerlerine uyum sağladığını belirlemiştir. Buna karşılık basınç mukavemeti değerlerinin standart değerlerin bir miktar altında kaldığını belirlemiştir. Buna uçucu külün kimyasal ve fiziksel özelliklerinin stabil olmaması ve otoklav kürü koşullarında mikro yapıyı etkileyen farklı faz yapılarının gelişmesinden kaynaklandığını düşünmektedir. Hidratasyon şartlarında ve bileşimde yapılan iyileştirmeler sonucunda ticari gaz betonlarda gözlenen temel hidratasyon fazlarından bir olan tobermorit fazının üretilen numunelerde gözlemlenmesinin yanı sıra, numunelerde bir başka kristal C-S-H fazının varlığını tespit etmiştir. Xonotlit fazının varlığı da dikkat çekmiştir. Ticari gaz

beton üretiminin başlangıç hammaddesi olan kuvars-kireç-çimento-alçı sisteminde gözlemlenemeyen bu fazı, deneylerde kullandığı çıkış hammaddeleri olan uçucu kül-kireç-çimento-alçı sisteminde rahatlıkla gözlemlemiştir.

Çalık (2012), yaptığı çalışmada; montmorillonit ve nontronit gibi smektit grubu mineraller içeren yüksek plastisiteli killi bir zeminin perlit ve kireç katkılarıyla stabilizasyonu deneysel olarak araştırmıştır. Bu amaç için, %0, 10, 20, 30, 40 ve 50 perlit oranları ile kireçsiz ve %8 (optimum kireç oranı) kireçli karışımlar hazırlamıştır. Bu karışımların geoteknik özellikleri ile bu özelliklerin perlit oranı ve zamana bağlı değişimlerini belirlemiştir. Deney sonuçları, perlit ve kirecin kombinasyonunun; zeminin işlenebilirlik, plastisite, geçirimsizlik, sıkışabilirlik, dayanım ve durabilite gibi geoteknik özelliklerini sadece perlite veya sadece kirece göre daha çok iyileştirdiğini gözlemlemiştir. Bu deneysel çalışma, %30 perlit ve %8 kireç içeren SKP30 karışımının bu zeminin stabilizasyonunda en optimum çözüm olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan regresyon analizleriyle üretilen matematiksel denklemler, geoteknik özellikler ile perlit oranı ve zaman değişkenleri arasında güçlü ilişkilerin mevcut olduğunu göstermiştir.

Polat (2013), yaptığı çalışmada; geliştirilmiş perlit agregası (GPA) ve kilin suya doymun halde beton içerisinde kullanımının ve genleşen ürünler olarak CaO ve MgO katkılarının mikro ve nano boyutta kullanımının yüksek dayanımlı beton (YDB)'nin otojen rötrelerine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla, beton ve harç karışımlarında ince agreganın 0-2 mm'lik kısmının yerine, toplam agrega hacminin %10, %20 ve %30 oranlarında GPA, beton, harç ve hamur karışımlarda çimento yerine toplam bağlayıcı ağırlığının %1,5, %3,0 ve %4,5 oranlarında doymun kil ve %2,5, %5,0 ve %7,5 oranlarında mikro boyutta CaO ve MgO kullanmıştır. Ayrıca harç ve hamur karışımlarda toplam bağlayıcı ağırlığının %2,5, %5,0 ve %7,5 oranlarında Nano-CaO ve Nano-MgO katkıları kullanılmıştır. Üretilen hamur numunelerin priz süresi ve hacimsel otojen rötresi ve harç numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ve ultrasonik hız (UPV) değerleri, lineer otojen rötre değerleri ve hidratasyon ısılarını incelemiştir. GPA, kil, CaO ve MgO ile üretilen beton numunelerin ise 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımları ve UPV değerleri, lineer otojen rötre ve kısıtlanmış rötrelerini tespit etmiştir. Sonuç olarak, GPA ve genleşen ürünlerin tüm kullanım oranlarında otojen rötre azaldığı gözlemlemiştir. GPA ve MgO'nun basınç dayanımını ve UPV değerlerini azalttığı, CaO'nun kontrol numunelerine kıyasla pek etkilemediğini hatta azda olsa artırdığını gözlemlemiştir. Nano-CaO ve Nano-

MgO'in basınç dayanımını mikro boyuta göre daha da artırdığını ve otojen rötreyi azalttığını tespit etmiştir.

2.4. Uçucu Kül ile İlgili Çalışmalar

Atiş (2000), yaptığı çalışmada çimento yerine yüksek oranda uçucu kül kullanımı ile üretilen betonun aşınma direncini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda; betonun basınç dayanımı arttıkça aşınma direncinin de arttığını belirtmiştir. Çok yüksek beton basınç dayanımlarında, çimento ağırlığının %70'i ile yer değişim ile üretilen yüksek oranda uçucu kül kullanımının betonun aşınma direncini aynı basınç dayanımına sahip uçucu kül konulmadan üretilen betonun aşınma direncinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Kür şartlarının betonun aşınmasının genel eğilimi üzerinde bir değişiklik göstermediğini tespit etmiştir.

Bilim (2001), yaptığı çalışmada, yüksek oranda kalsiyum içeren standart dışı bir uçucu külün beton içinde kullanılabilirliğini ve hızlandırılmış kür karşısındaki davranışını araştırmıştır. Üç farklı bağlayıcı miktarında, su/çimento oranları 0.40 ve 0.87 arasında değişen, toplam 48 beton karışımı üretmiştir. Çimentodan %0, %15, %30 ve %45 uçucu külün ikamesiyle betonların 28 günlük ve 3 aylık basınç dayanımlarını ölçmüştür. ASTM ve Türk standartlarında göre uygulanan ılık su metodu ve kaynar su metodu ile hızlandırılan beton basınç dayanımlarını da ölçmüştür. Çalışmanın sonucunda, uçucu külün standart dışı olması gerçeğine rağmen, uçucu kül içeren betonların sadece portland çimentosu ile üretilen betonlara yakın ya da daha yüksek dayanım geliştirmesinden dolayı uçucu külün %15 ve %30 yer değiştirme oranları arasında ağırlıkça çimentoyu ikame ederek beton içinde kullanılabileceğini bildirmiştir. Ayrıca ılık su ve kaynar su hızlandırılmış kür metotlarının uçucu kül içeren betonların basınç dayanımlarının %85 korelasyon katsayısıyla tahmin edilebilmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir. Ilık su metoduyla kaynar su metodu arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı ile doğrusal olduğunu tespit etmiştir.

Lee (2002), yaptığı çalışmada çimento miktarından ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında uçucu külü ikame ederek üretilen yüksek performanslı betonların gerilme deformasyon karakteristiklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; 28 günlük basınç dayanımları için %10 ve %20 uçucu kül katkılı numunelerde dayanımı değiştirmedeğini ancak %30 uçucu külün kontrol karışıma göre biraz düşürdüğünü tespit etmiştir. Bulunan elastisite modülü değerlerinden yüksek çıktığını ve bununda karışımdaki ağır uçucu küllü

betonların deneysel elastisite modüllerinin ASTM C469-94'teki formülle begaların karakteristiğinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Deneysel elastisite modülleri uçucu küllü betonların kontrol betonlarından biraz fazla çıktığını bildirmiştir. Çimento ile yer değiştiren uçucu külün gerilme-şekil değiştirme eğrisinin yükselen kısmında bir değişiklik olmadığını ancak azalarak aşağıya inen tarafta ise az bir değişiklik olduğunu tespit etmiştir. Böylece betonda uçucu kül kullanımının betonun düktilitesini biraz arttırdığını bildirmiştir. %30 uçucu kül katkılı betonun sünekliğinin normal betona göre % 9,8 oranında arttığını tespit etmiştir. Bununda uygun oranda kullanılan uçucu külün beton yapısının sünekliğini az da olsa arttırabileceğini bildirmiştir.

Yaşar ve ark. (2003), bazaltik pomza agregası ve %20 oranında uçucu kül kullanarak üretilen hafif betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Numunelerin en yüksek basınç dayanımı 29,5 MPa olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yapı betonlarının en düşük basınç dayanımlarının 17,3 MPa olması gerektiğini de ifade etmişlerdir.

Çelik (2004), yaptığı çalışmada çimento miktarından farklı blaine değerine sahip % 40 oranında uçucu kül katkısı ve % 40 oranında tras kullanılarak üç grup harç karışımı hazırlamıştır. Üretilen harç numuneleri için 2, 7, 28, 60, 90 ve 360 günlük basınç dayanımı değerlerini bulmuştur. Çalışmanın sonucunda; en yüksek blaine değerine sahip uçucu kül katkısı ile üretilen harçların en yüksek dayanım değerlerini verdiğini tespit etmiştir.

Dinçer (2004), yaptığı çalışmada çimento miktarı ağırlıkça %0, %5, %10, %20, %30 ve %40 oranlarında Çatalağzı uçucu külünü ikame ederek beton karışımları üretmiştir. Üretilen betonların mekanik özelliklerini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda; betonun mekanik özelliklerine etkisinin %20 uçucu kül ikamesine kadar çok iyi olduğunu, hatta şahit betondan bile iyi davranış gösterdiği gördüğünü, ancak uçucu külün basınç dayanımına etkisi %20 oranından sonra düşüş eğilimi gösterdiğini tespit etmiştir. Uçucu kül oranı %20'ye kadar olan betonların basınç dayanımları 90 güne kadar şahit beton dayanımları kadar, 180 günden sonra şahit beton dayanımının da üzerine çıktığı görmüş ve %30 oranında ise şahit betona göre %10-15 düşüş gösterdiğini tespit etmiştir. Uçucu kül ile birlikte hacimce ince malzeme miktarı arttığı için, kül katkısı ile birlikte beton kompasitesinin de artmakta olduğunu, bundan dolayı basınç dayanımında gözle görülür bir azalma olmasına rağmen, elastisite modülünde bu azalma görülmediğini bildirmiştir.

Siddique (2004), yaptığı çalışmada çimento mikarından ağırlıkça %35, %45 ve %55 oranlarında F sınıfı uçucu külü ve botanik adı *Crotalaria juncea*, uzunluğu 25 mm bir bitki olan san liflerle birlikte ikame ederek beton karışımları üretmiştir. Üretilen numunelerin işlenebilirlik, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve darbe dirençlerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; basınç dayanımlarının 28. gün sonunda %32, %43 ve %48 oranında düştüğünü ve bu etkinin külden kaynaklandığı san liflerin dayanıma bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Yarmada çekme dayanımlarının uçucu kül ile birlikte azaldığını, ancak san liflerin yarmada çekme dayanımını arttırdığını tespit etmiştir. Eğilme dayanımlarının da uçucu kül oranı artarken azalmakta olduğunu, ancak san liflerin eğilme dayanımlarını da arttırmakta olduğunu bildirmiştir. Her üç kül oranında da san lif katkısının betonların darbe direncini %35 kül oranında 2-3 misli, %45 ve %55 de ise 1-1,5 misli arttırdığını tespit etmiştir.

Yılmaz (2004), yaptığı çalışmada çimento yerine ağırlıkça % 5, % 20 ve % 40 oranlarında Soma B uçucu külü, Tunçbilek, kalker ve tras ayrı olarak ikame ederek harç karışımları üretmiştir. Kabul görmüş olgunluk fonksiyonlarının pozolan katkılı çimentolar için uygunluğu araştırmış ve yeni bir olgunluk-dayanım ilişkisi geliştirmiştir. Üretilen harç numunelerin 2, 7, 14, 28 ve 90 günlük basınç dayanımını bulmuştur. Çalışmanın sonucunda; kullanılan mineral katkıları ve normal Portland çimentosunun çeşidi arttırılmalı ve çimentonun inceliğinin ve kimyasal kompozisyonunun etkisi incelenmesi gerektiğini tespit etmiştir. Maturity metre olarak bilinen olgunluk ölçerlerin, bulunan fonksiyonla farklılık göstermesi nedeniyle sonuçlarına güvenilmemesi gerektiğini bildirmiştir.

Günindi (2005), yaptığı çalışmada çimento miktarının ağırlıkça %10, %20, %30 ve %40 oranlarda Sugözü uçucu külü ikame ederek, su/çimento oranı 0.45 olan betonlar karışımları üretmiştir. Üretilen betonun basınç, eğilme ve aşınmaya karşı direncini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda; %10 uçucu kül katkılı numuneler normal betonun dayanımına eşdeğer dayanım elde etmiştir. Uçucu külün çimentoya %10-%40 oranında ikame edilebileceğini, beton yol kaplaması olarakda kullanılabileceğini bildirmiştir.

Türk ve ark. (2006) , yaptıkları çalışmada çimento yerine kullanılan F sınıfı uçucu kül miktarının kendiliğinden yerleşen betonun özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çimento yerine %25, 30, 35 ve 40 oranlarda uçucu kül ikame etmişlerdir. Üretilen beton karışımları için çökme-yayılma, t500, L- kutusu ve V- hunisi işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. 3, 7, 14 ve 28 günlük beton numuneleri için ultrases geçiş süresi, basınç ve yarmada çekme dayanımlarını bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda, uçucu külün

ekonomik olması ve hidratasyona olumlu etki yaptığı, kendiliğinden yerleşen beton karışımlarında çimento yerine %30 ve/veya %40 oranlarında uçucu kül kullanılması, dayanım özellikleri bakımından daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Çoşkun ve ark. (2007) , yaptıkları çalışmada mineral katkılı beton ve nervürlü betonarme demiri arasındaki aderans dayanımına yüksek sıcaklığın (800 °C) etkisi araştırmışlardır. Çimento yerine ağırlıkça %15 oranında uçucu kül ve ayrı olarak %10 oranında silis dumanı ikame ederek, su/çimento oranı 0,40 olan beton karışımları üretmişlerdir. Aderans deneyleri için 100×200 mm ölçülerinde silindir numuneler, basınç deneyleri için 150×150×150 mm boyutlarında küp numuneleri üretmişlerdir. Yüksek sıcaklığa tabi tutulan numuneleri önce 28 gün su küründe ve sonrasında 270 gün hava küründe bekletmişlerdir. 800°C’de 1 saat bekletilen beton numuneler çıkarıldıktan sonra aderans ve basınç dayanım deneyleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; yüksek sıcaklıkta bekletilen betonlarında uçucu kül ve silis dumanı katkılı numunelerin basınç ve aderans dayanımları referans numunesinde daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Temiz ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, çimentodan ağırlıkça %10, 20, 30 ve 40 oranlarında Soma ve Afşin-Elbistan termik santral küllerini ikame ederek üretilen betonların, yol kaplama betonu olarak kullanılabilme imkanlarını araştırmışlardır. Araştırmanın laboratuvar ortamında yürütülmesinin yanında, numunelerin beton yol kaplamaları sırasında maruz kalabileceği koşulların etkileri altında kalmalarını sağlamışlardır. Çalışmanın sonucunda; %30 oranındaki uçucu kül katkılı numune, referans numunesini basınç dayanımına yakın, hatta ileri yaşlarda daha yüksek basınç dayanımı elde edildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, uçucu kül katkılı karışımların, çeşitli kimyasal ve mekanik etkilere karşı, yeterli dayanıklılık özelliğine sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Güçlüer ve Ünal (2010), yaptıkları çalışmada 300 kg/m³ çimento yerine ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında uçucu kül ikame ederek su/çimento oranı 0,5 olan karışımlar üretmişlerdir. Üretilen 7, 28 ve 56 günlük beton numuneler üzerinde, basınç dayanımı, ultrases geçiş süresini bulmuşlardır. 60 günlük numuneler üzerinde permeabilite deneyleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda; uçucu kül miktarının % 10–20 oranında ağırlıkça çimentonun yerine kullanılması halinde betonun dayanımını artırdığını ve geçirimsizlik miktarını azalttığını tespit etmişlerdir.

Koçak ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada 350 kg/m³ CEM I 42,5 R Portland çimentosu yerine ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında uçucu kül ikame ederek

su/çimento oranı 0,55 olan beton karışımları üretmişlerdir. 7, 28 ve 90 günlük beton numuneleri için birim ağırlık, su emme, ultrases hızı ölçümü, kapilerite ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda; uçucu kül katkısı arttıkça betonların su emme ve kapiler su emme miktarlarında artma olduğunu gözlemlemişlerdir. Birim ağırlık, ultrases geçiş hızları ve basınç dayanımlarında azalma olduğu tespit etmişlerdir.

Topçu ve Topkara (2011), yaptıkları çalışmada çimento yerine ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında uçucu kül ikame ederek, su/çimento oranı 0,40 ve çimento-kum oranı 0,5 olan harç karışımları üretmişlerdir. Çelik, cam ve ekstrüde polistren köpük (XPS) kalıplar kullanarak uygulanan mikrodalga kürünün etkilerini araştırmışlardır. Harç numunelerinin 8 saat, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; mikrodalga kürü (45 dk, 90 W) ile 8. saatte 23.67 MPa basınç dayanımı elde etmişlerdir. Cam kalıplar ile mikrodalga kürü uygulanması XPS kalıplara göre 8 saatlik basınç dayanımlarını % 10-30 artırdığını gözlemlemişlerdir. Cam kalıplarda MK uygulanan harçlarda çimento yerine % 20 uçucu kül kullanılması harçların 8 saat, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarını sırasıyla % 31, 21 ve 16 oranlarında azalttığını tespit etmişlerdir.

Binici ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada; yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis kumu ve pomzanın NaOH ile aktive edilerek geopolimer beton üretiminde kullanılmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla 4x4x16 cm ve 10x10x10 cm boyutlarında geopolimer beton harçlar üretmişlerdir. Numuneleri 20 saat süresince 100 ve 150 °C sıcaklığındaki etüvde bekletmişlerdir. Numuneler üzerinde su emme, birim hacim ağırlık, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, ultrasonik ses geçirgenlik ve lineer soğurma katsayısı deneylerini yapmışlardır. Sonuç olarak, yüksek fırın cürufu ile elde edilen geopolimerin su emme oranı diğer numunelere göre daha düşük olduğunu görmüşlerdir. Su emme değerleri fazla olan örneklerin ultrasonik ses geçirgenlik hızlarında da daha düşük bulmuşlardır. Ayrıca bu numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarını diğerlerine göre çok daha yüksek bulmuşlardır. Ultrasonik ses geçiş hızları ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki gözlemlemişlerdir. Sonuçlarda daha boşluksuz geopolimerlerin basınç dayanımlarının daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Lineer soğurma katsayısı en yüksek olan numune yüksek fırın cürufu ile elde edilen geopolimer olduğunu ifade etmişlerdir. Radyoaktif geçirgenliği en az olan bu malzemenin radyasyon etkisine maruz kalan yapılarda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Pürsünlü (2013), yaptığı bu çalışmada; soğuk bağlanmış ve sinterlenmiş uçucu kül agregası içeren hafif betonların dayanım ve durabilite ile ilgili özellikleri deneysel olarak araştırmıştır. Uçucu kül ve bentonitten üretilen taze agrega tanelerinin fırında sinterlenmesi ile sinterlenmiş agrega üretilirken, F tipi uçucu kül ile çimentonun soğuk bağlama yöntemi ile soğuk bağlanmış agregalar üretmiştir. Su/Bağlayıcı oranı 0.35 ve 0.55 olan iki seri beton tasarımı yapmıştır. Buna ek olarak hafif betonların silis dumanlı ve silis dumansız performanslarını kıyaslamak için %10 oranında silis dumanı çimento ile yer değiştirerek kullanmıştır. 28 günlük kür süresi sonunda hafif betonların özelliklerini, basınç dayanımı, su geçirimsizliği, hızlı klorür geçirimsizliği, gaz geçirimsizliği ve hızlandırılmış korozyon testleri bakımından değerlendirmiştir. Sonuç olarak sinterlenmiş agrega içeren hafif betonların soğuk bağlanmış agrega içeren hafif betonlara göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, üretimde silis dumanı kullanımı özellikle geçirgenlik ve korozyon dayanımını artırdığını ifade etmiştir.

2.5. Yüksek Fırın Cürufu ile İlgili Çalışmalar

Brooks ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada, çimento miktarından farklı oranlarda ikame ederek yüksek fırın cürufu, silis dumanı, uçucu kül ve metakaolin katkılı yüksek mukavemetli betonların penetrasyon direnci yöntemiyle priz süresi sürelerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; mineral katkıların miktarının artması ile birlikte genel olarak betonların da priz zamanlarında bir uzama görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca granüle yüksek fırın cürufularının %40 ya da daha fazla oranda ilavesinin, betonun başlangıç ve bitiş priz zamanlarında sırasıyla 11 ve 17 saatten daha fazla sürelerde önemli bir gecikme meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir.

Türkmen ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada çimento miktarından yüksek fırın cürufu ve silis dumanı ikame ederek 12 grup donatılı ve donatısız beton karışımı üretmişlerdir. Üretilen numunelerin basınç dayanımı, sülfat dayanımı, geçirimsizlik üzerine mineral katkılarının etkisini araştırmışlardır. Donatılı beton numunelerinde korozyon direncini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; karışımlarda SD ve YFC'nun kullanılması ile betonun gömülü donatının korozyonuna direnci ve numunelerin basınç mukavemetini arttırarak geçirimsizlik katsayılarını azaldığını ifade etmişlerdir.

Binici ve Çağatay (2003), yaptıkları çalışmada, granüle yüksek fırın cürufu, klinker ve bazaltik pomzayı iki farklı incelikte ve klinker ağırlığının %10, 20 ve 30 oranlarında üç farklı katkı kullanarak harç numuneleri üretmişlerdir. İncelik-sülfat direnci ve katkı

miktarı-sülfat direnci ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; incelik ve öğütme yöntemleri sabit tutulduğunda, katkı oranı arttıkça sülfat direncinin arttığını tespit etmişlerdir. %30 katkılı üçlü karışımlar sülfat etkilerine karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Li ve Zhao (2003), yaptıkları çalışmada çimentodan farklı oranlarda öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu kül ikame ederek yüksek dayanımlı beton numuneleri üretmişlerdir. Üretilen numunelerin basınç dayanımı, H_2SO_4 direncini ve mikro yapısını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; uçucu kül katkılı beton numunelerinde faydalı sonuca ulaşmak için oldukça uzun zaman gerektiği bildirilmiştir. Öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu külü birlikte kullanılan beton numunelerin hem kısa vadede hem de uzun vadede özelliklerini en iyi oranda geliştirdiği tespit etmişlerdir.

Türkmen (2003), yaptıkları çalışmada çimentodan farklı oranlarda yüksek fırın cürufu ve silis dumanını ikame ederek beton numuneleri üretmişlerdir. Üretilen numunelerin 28, 75, 150, 400 günlük kür sürelerinde kuru birim hacim ağırlığı, basınç dayanımı, ultrases hızı, kılcallık katsayısı ve görünen porozitesi gibi fiziksel ve mekanik etkilerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; % 10 silis dumanı + % 20 yüksek fırın cüruf ve 0.35 su/çimento oranına sahip beton numunesi en yüksek basınç dayanımı, en düşük kılcallık katsayısı ve görünen porozitesi tespit etmiştir. Sonuç olarak, bu mineral katkıların basınç dayanımı, ultrases hızı, kapilarite katsayısı ve görünen porozitesi gelişmiş olduğunu bildirmiştir.

Yaprak ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada, çimento miktarından ağırlıkça % 0, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında Kardemir yüksek fırın cürufu, Çayırhan ve Çatalağzı termik santrali uçucu küllerini ikame ederek süper akışkanlaştırıcı katkılı betonlar üretmişlerdir. Üretilen numunelerin farklı kür sürelerinde basınç ve yarmada çekme dayanım etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; en yüksek basınç dayanımını, % 10 UK ve % 20 YFC betonlardan elde etmişlerdir.

Dursun ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada, çimento miktarından ağırlıkça farklı oranlarda Yeniköy cürufu ve Ergani trası ikame ederek harç numuneleri üretmişlerdir. Her bir katkı türü için 5 seri ve 1 seri de puzolansız olmak üzere toplam 11 seri beton harç numunesi hazırlayarak, numuneler üzerinde basınç ve çekme dayanımı ve donma-çözölmeye dayanıklılık deneyleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; çimentonun yerine cürufun %6 oranında veya trasın %8 oranında kullanılması durumunda, numunelerin daha

yüksek çekme ve basınç dayanımına sahip olduklarını ve donma-çözölmeye karşı daha iyi dayanıklılık gösterdiklerini ifade etmişlerdir.

Öner ve Yıldırım (2005), yaptıkları çalışmada öğütölmüş yüksek fırın cürufunu değişik oranlarda çimentoğa ikame ederek ve kırma kum ile doğal kum karışımına belirli oranlarda katarak üretilen beton numunelerin fiziksel, mekanik özellikleri ve donma-çözölmeye dayanıklılığına etkisini incelemişlerdir. Betonların basınç ve eğilme dayanımlarının kırma kum içeriğinin artmasıyla arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, öğütölmüş yüksek fırın cürufu betonların erken yaşlarda başlayan donma-çözölmeye etkilerine dayanıklılığının normal betonlara göre az olduğunu tespit etmişlerdir.

Bilim (2006), yaptığı doktora tez çalışmasında öğütölmüş yüksek fırın cürufunu değişik oranlarda ikame ederek 350, 400, 450 çimento miktarı ve 0.3, 0.4, 0.5 su/çimento oranı sahip karışımlar üretmiştir. Üretilen harç ve beton numuneler üzerinde fiziksel, mekanik ve kimyasal deneyler yaparak çimento tabanlı malzemelerde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Ayrıca üç farklı Na^+ dozajında hazırlanmış sodyum hidroksit (NaOH), sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve sodyum silikat (Na_2SiO_3) kullanılarak aktive edilen cüruf katkılı harçların dayanım ve dayanıklılık özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; düşük su/bağlayıcı oranında yapılan cüruf ikamesinin katkısız betonla kıyaslandığında basınç mukavemetini arttırdığını tespit etmiştir. % 40 ve % 60 oranlarında cüruf katkısının harç numunelerinin basınç, eğilme ve aşınma dayanımını arttırdığını ifade etmiştir. Boşluk oranı ve kapiler su emme katsayısı da referans betonuna göre önemli ölçüde düşük gösterdiğini gözlemlemiştir. Alkaliler ile aktive edilmiş cürufu harçlarda en yüksek dayanımlar sodyum silikat ile aktive edilmiş harçlardan elde edildiğini bildirmiştir.

Özkan (2006), yaptığı çalışmada, granüle yüksek fırın cürufu ve çelikhane cürufu, klinker-alçı karışımı ile farklı ve birlikte ikame edilmiş toplam 22 çeşit çimento karışımı üretmiştir. Üretilen çimentolar üzerinde fiziksel, mekanik ve kimyasal etkilerini incelemiştir. Beton numuneleri üretilerek farklı günlerdeki basınç dayanımlarını araştırmıştır. İki katkının da birlikte ya da ayrı ayrı kullanılmasıyla priz süresini geciktirdiğini görmüştür. Granüle yüksek fırın cürufunun ileri yaşlarda daha fazla dayanım kazandırdığını, çelikhane cürufunun ise dayanım kaybına uğradığını gözlemlemiştir. Her ikisi de sülfat etkisine karşı daha dayanıklı olduğunu tespit etmiştir.

Yazıcı (2006), yaptığı çalışmada değişik oranlarda yüksek fırın cürufu ile üretilen harçların mekanik ve kür özelliklerini incelemiştir. Numunelerin bir kısmı buhar kürü (60

°C’de 9 saat) bir kısmı da suda kür etmiştir. Üretilen harçların sodyum sülfat çözeltisindeki genleşme ve basınç dayanımındaki değişimlerini araştırmıştır. Numuneler ASTM C 1012’ye uygun olarak hazırlamış ve bunlardan bir kısmı 6 ay boyunca 150 g/l Na₂SO₄ çözeltisinde bekletmiş, bir kısmını ise aynı çözeltide ıslanma kuruma çevrimine tabi tutmuştur. Çalışmanın sonucunda; Yüksek fırın cürufu (YFC) kullanımının erken dayanımı düşürdüğünü tespit etmiştir. Tüm karışımların sülfat etkisinde dayanımlarının düşmesine rağmen YFC kullanılan numunelerde bir miktar dayanım artığını tespit etmiştir.

Şengül ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada çimento miktarı ağırlıkça %40, %60 ve %80 oranlarda ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve ayrı olarak uçucu kül ikame ederek betonlar üretmişlerdir. Üretilen ilk seri betonlarda; portland çimentosu ince öğütülmüş F tipi uçucu kül ile ve ikinci seri betonlarda ise çimentonun yer değiştirilmesi ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu ile yapmışlardır. Üretilen numunelerin basınç dayanımı, klor iyonu yayılımı ve elektriksel özdirenç etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; cüruf ilave edilmesinin betonların klor iyonu geçirimsizliklerinin önemli oranda azalttığını ve elektriksel özdirençleri de, sadece portland çimentosu ile üretilen betonlara göre büyük oranlarda arttırdığını bildirmişlerdir.

Binici ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada granüle yüksek fırın cürufunu ve granüle bazaltik pomzayı farklı oranlarda ince agregadan ayrı ayrı veya birlikte ikame ederek beton numuneler üretmişlerdir. Deniz suyuna direncini incelemek için üretilen numunelerin mekanik ve kimyasal etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; yüksek fırın cürufu ve granüle bazaltik pomzanın basınç dayanımına ve kimyasal aşınmaya olumlu katkıları sağladığını tespit etmişlerdir. Beton durabilitesinin katkı tipi ve miktarına bağlı olduğunu bildirilmişlerdir. En düşük aşınma değeri eşit oranda yüksek fırın cürufu ve granüle bazaltik pomza katkılı örneklerde bulunmuştur. Katkılı numunelerin erken dayanımlarının düşük olduğu tespit edilmiş, daha sonraki dayanımları ise yüksek dayanım değerleri vermiştir. Ayrıca, deniz içerisinde inşa edilecek, sülfat ve tuz etkisinin bulunduğu yapıların beton üretiminde GBP ve YFC ince agrega yerine kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bu sayede kimyasal ve fiziksel bozulmaların önüne geçilebileceğini, etki düzeyinin azaltılabileceğini ve kütleli kayıpların azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Topçu ve Canbaz (2008), yaptıkları çalışmada çimento miktarı ağırlıkça % 0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında yüksek fırın cürufunu ikame ederek 7x7x7 cm boyutlarında harçlar üretmişlerdir. Yüksek fırın cürufunu aktive etmek için Sodyum hidroksit, sodyum karbonat, sodyum silikat kullanarak bu asitlerin etkisinde bırakılan harçların fiziksel ve

mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; asit etkisine maruz bırakılan numunelerde yüksek fırın cürufu kullanım oranı arttıkça, harçların dayanımı ve fiziksel kayıpları azaldığı belirtilmiştir. YFC kullanılması ile bağlayıcı yapıda bulunan kalsiyum oksitler bağlanacağı için oluşan tuz miktarı azaldığından genel olarak mekanik ve fiziksel özelliklerdeki azalma olduğu tespit etmişlerdir. Asit etkisinde birim ağırlık ve ultrases geçiş hızı açısından en avantajlı sonuçları NaOH+Na₂CO₃ ile aktive edilen % 100 oranında YFC içeren numunelerden elde etmişlerdir.

Dorum ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda yüksek fırın cürufu katkısının çimento özelliklerine etkisini incelenmiştir. Portland çimentosu ve YFC katkılı çimentonun fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mekanik özelliklerinin yanı sıra YFC-PÇ taneciklerinin elektrokinetik potansiyellerini araştırmışlardır. PÇ ve YFC katkılı çimento hamurlarının hidrasyon sırasında mineralojik yapısını ve faz gelişimini belirlemek için DTA-TG, XRD ve FT-IR analizleri yapmışlardır. Ayrıca 28 günlük numunelerin mikro yapıları SEM analizi ile görüntülemişler ve basınç dayanımı incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; YFC'nin priz süresini arttırırken, su ihtiyacını ve hidrasyon süresince açığa çıkan Ca(OH)₂ miktarını azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca YFC, PÇ'ye göre farklı elektrokinetik davranışlar ve yüzey özellikleri gösterdiği belirtilmiştir.

Binici ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada, yüksek fırın cürufu, bazaltik pomza, barit ve kolemanit içeren harçların mekanik dayanımı ve sülfat dayanıklılığını incelemişlerdir. Çimento ve Rilem-Cembureau standart kumu yerine farklı oranlarda yüksek fırın cürufu, pomza, barit ve kolemanit kullanmışlardır. Harç numunelerinin 7, 28 ve 180 günlük basınç ve eğilme dayanımları ile 180 ve 360 günlük sülfat direncini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; 7 günlük harç numunelerin yfc katkılı örnekler katkı miktarı arttıkça, referans numunesi göre basınç dayanımı değerlerini düşürdüğünü ifade etmişlerdir. 28 ve 180 günlük harç numunelerin en yüksek basınç dayanımı değerini yüksek fırın cürufunun %10 oranında kullanıldığı numuneler vermiştir. Harç numunelerin eğilme dayanım değerleri ise basınç dayanımına paralel değerler vermiştir. 180 ve 360 gün sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerde en yüksek basınç dayanım değerleri cüruf katkılı numunelerden elde edilmiştir. İkame oranı arttıkça daha yüksek değerler verdiğini tespit etmişlerdir.

Koluçolak (2012), yaptığı çalışmada; yüksek fırın cürufu (YFC) ve granüle bazaltik pomza (P) tek başlarına ve her ikisinden eşit miktarlarda kullanılmasıyla birlikte, % 5, 10

ve 15 oranlarında kum yerine ağırlıkça kullanılmış ve bu karışımlardan elde edilen beton boruların dayanım ve dayanıklılıklarını araştırmıştır. Beton boruların tepe yükü basınç dayanımları TS 821 EN 1916'ya göre test etmiştir. Beton boruların dayanım özelliklerinin yanı sıra sülfat dirençleri ve permeabilite özellikleri de araştırmıştır. Katkılı beton boruların tepe yükü dayanım değerlerinin tanık numunelerine göre daha yüksek olduğunu bulmuştur. Özellikle yüksek fırın cürufu katkılı beton borularda, katkı oranının artmasıyla birlikte tepe yükü dayanımında da bir artış gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 28 gün sonunda, % 15 oranında yüksek fırın cürufunun kullanıldığı numunede % 5 dayanım artışı sağladığını ifade etmiştir. Sülfat direnci en yüksek örnek yine % 15 yüksek fırın cürufu katkılı örnekler olurken geçirimsizlik değerinin en düşük olduğu örnekler ise pomzanın tek başına kullanıldığı örnekler olarak gözlemlenmiştir.

Dinçer (2013), yaptığı çalışmada; silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve pomza içeren betonların durabilite özellikleri araştırmıştır. Çimento yerine silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve uçucu kül, ağırlıkça % 5 ve % 10 oranlarında tekli, % 10 oranında ikili ve üçlü karışım olarak kullanmıştır. Ayrıca agrega yerine ağırlıkça %10 ve %20 oranlarında pomza ve % 5 ve % 10 oranlarında yüksek fırın cürufu kullanmıştır. Numunelerin 7, 28, 180 günlük basınç dayanımı, 28 günlük numunelerin permeabilite ve aşınma ile 60 günlük sülfat dayanımlarını araştırmıştır. Sülfat çözeltisinden çıkarılan numunelerin SEM taramalarını incelemiştir. Yapılan çalışmanın sonucuna göre, yüksek fırın cürufu agrega ikameli numunelerin basınç ve sülfat dayanımı, pomza agrega ikameli numunelere ve referans numunesine göre daha yüksek, permeabilite ve aşınma değerlerini daha düşük bulmuştur. Çimento ikamesi olarak %10 oranında silis dumanı ve agrega olarak %10 oranında yüksek fırın cüruf katkılı numunelerin 28 ve 180 günlük basınç dayanımı, referans numunesine göre sırası ile %17 ve %20 oranlarında yüksek bulmuştur. %5 oranında silis dumanı ve uçucu kül ile agrega olarak %10 oranında yüksek fırın cüruf katkılı numunenin sülfat ortamında bekletildikten sonraki basınç dayanımı en yüksek ve kütle kaybını en az bulmuştur. Ayrıca bu numunenin permeabilite ve aşınma değerlerini en düşük bulmuştur.

2.6. Pomza ile İlgili Çalışmalar

Binici (2002), öğütülmüş bazaltik pomza, yüksek fırın cürufunu çimento ile belirli oranlarda ikame edilerek üretilen betonların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Beton üretiminde YFC+Pomza kullanılması durumunda süper akışkanlaştırıcı

veya akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılması gerektiğini söylemiştir. Aksi takdirde pomza ve YFC katkılı betonların su ihtiyacının arttığını tespit etmiştir.

Khandaker ve Hossain (2002), Hafif beton üretiminde kaba agrega olarak ve çimentonun yerine pomzanın kullanılabilirliği üzerine araştırmalar yapmışlardır. Çalışmada çimentonun yerine %0-25 arasında öğütülmüş pomza ve kaba agreganın yerine hacimce %0-100 arasında pomza agrega kullanılarak pomzanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çimentonun yerine %15'e kadar öğütülmüş pomza kullanılarak yapılan betonların kullanılabilir olduğu tespit etmişlerdir.

Yaşar ve ark. (2003), bazaltik pomza agregası ve %20 oranında uçucu kül kullanarak üretilen hafif betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Numunelerin en yüksek basınç dayanımının 29,5 MPa olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yapı betonlarının en düşük basınç dayanımlarının 17,3 MPa olması gerektiğini de ifade etmişlerdir.

Hossain (2004), bazaltik pomzayı kaba agrega yerine % 0-100 hacimce ikame ederek üretilen hafif betonların işlenebilirlik, yüzeysel emme, çekme ve basınç dayanımı, permeabilitesini incelemiştir. Betonun yapısal olarak hafif beton kabul edilmesi için yeterli yoğunluğu ve basınç dayanımını sağladığı tespit etmiştir. Ancak kontrol örneği ile karşılaştırdığında düşük elastisite modülü, yüksek geçirgenlik ve kılcal su geçirirliliğine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Gülşen (2004), yapmış olduğu çalışmada, Toprakkale (Osmaniye) bazaltik pomzasının genel mühendislik karakteristiği, jeokimyasal özellikleri ile fiziko-mekanik değerlerini incelemiştir. Agrega olarak bazaltik pomza kullanılarak üretilen hafif betonların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Test sonuçları bazaltik pomzanın kullanılması ile 28 günde 30 MPa'lık bir dayanıma sahip olan hafif beton üretildiğini göstermiştir.

Sağın ve Demir (2005), Isparta yöresinden alınan pomza malzemesi 0-1 mm ve 0-3 mm olmak üzere iki farklı tane boyutu kullanmışlardır. Deney örneklerini beş farklı karışımda hazırlamışlardır. Karışımların ikisinde bağlayıcı olarak (PKÇ 32,5) çimentosu ve üç karışımlarda kireç-alçı kullanmışlardır. Su/bağlayıcı oranını azaltmak amacı ile süper akışkanlaştırıcı ve gözenek artırıcı katkı olarak hava sürükleyici kullanmışlardır. Karışımlar 10x10x10 cm çelik kalıplarda plastik kıvamda hazırlanmıştır. Numuneleri 24

saat sonra kalıplardan çıkarılarak iki farklı kür işlemine tabi tutmuşlardır. Her bir numune serisi ikiye ayrılarak bir guruba 28 günlük su kürü diğer guruba 6 saat buhar basınçlı otoklav kürü uygulamışlardır. %25 oranında ince taneli pomzanın puzolanik reaksiyona girerek mukavemeti yükselttiğini tespit etmişlerdir. Pomzanın içerisine belli oranda ince ve iri malzeme birlikte kullanılarak kireç bağlayıcı ile üretilen örneklerin karkas yapılarda bölme ve dolgu duvarlarda, ayrıca yük taşıyan yığma yapı duvarlarda kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Yazıcıoğlu ve Demirel (2005), çimento inceliğinde öğütölmüş Elazığ yöresi pomzasının çimento ağırlıkça % 5, 10, 15 ve 20 oranlarında ikame ederek beton numuneleri üretmişlerdir. Silis dumanının basınç dayanımına yaptığı katkıyı gözleyebilmek için kontrol betonu hariç tüm serilere, 40 kg çimento yerine aynı oranda silis dumanı ilave ederek ikinci bir seri daha hazırlamışlardır. 3, 7 ve 28 günlük 10x10x10 cm betonların basınç dayanımını incelemişlerdir. Ayrıca 28 günlük betonlar porozite ve ultrasonik test deneylerine tabi tutmuşlardır. Pomza katkısı basınç dayanımını özellikle 3 ve 7 günlük yaşlarda düşürürken, ağırlıkça % 5 ve % 10 pomza katkılı betonlara % 10 silis dumanı ilavesi ile kontrol betonunkinden daha yüksek basınç dayanımları elde etmişlerdir. Ağırlıkça % 15 ve % 20 pomza katkılı betonlara % 10 silis dumanı ilavesi ile de kontrol betonunun basınç dayanımı değerlerine yaklaşmış olduğunu ifade etmişlerdir. Ultrasonik test ve porozite deneyleri de bu sonucu desteklediğini tespit etmişlerdir.

Binici ve Aksoğan (2006), bazaltik pomza ve yüksek fırın cürufunu kullanarak %10, %20 ve %30 oranlarda çimento ikame ederek üretilen harç numunelerinin sülfata karşı dayanıklılığını araştırmışlardır. Numuneleri %5 magnezyum sülfat ve %5 sodyum sülfat çözeltisinde bekletmişlerdir. Birlikte öğütme ve ayrı ayrı öğütme olmak üzere iki ayrı öğütme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Katkılı çimentoların normal çimentolara göre hem magnezyum sülfat hem de sodyum sülfat direnci daha fazla çıktığını belirtmişlerdir. Magnezyum sülfatın etkisinin sodyum sülfata göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Hossain (2006), bazaltik pomzayı çimentoda katkı maddesi olarak kullanımı için ağırlıkça %10, %20 ,%30 ve %40 çimentodan ikame ederek üretilen harç numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı, alkali silika reaksiyon dayanımını incelemiştir. Ayrıca hafif beton için bazaltik pomzayı %50, %60, %70 ,%80, %90 ve %100 ince ve kaba agregada ikame ederek üretmiştir. Hafif betonların işlenebilme, hava içeriği, yoğunluğu, ısı geçirgenliği, kuruma rötresi, su geçirgenliği ve basınç dayanımı testlerini yaparak değerlendirmiştir. Çimento katkı maddesi olarak uygun olduğu ve % 20 oranında bazaltik

pomza kullanılmasını önermiştir. Bazaltik pomza hafif betonda kullanılmasıyla iyi ısı yalıtım özellikleri olduğu tespit etmiştir. Ayrıca yüksek oranında su geçirimsizliğine dikkat edilmesi gerektiğini tespit etmiştir.

Yanık (2007), bazaltik pomza agregası, uçucu kül ve kimyasal katkı kullanarak betonun birim hacim ağırlık, dayanım, ısı ve ses yalıtım özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikleri araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en hafif, en yüksek dayanım, en iyi ısı ve ses yalıtımı veren % 43 dere kumu (0-2mm), % 57 bazaltik pomza (0-25 mm), 350 kg çimento, 200 kg kül, 143 kg su ve çimentonun % 1,8' i kadar hiper akışkanlaştırıcı karışımından oluşturulan tasarımdan elde edildiği gözlemlenmiştir.

Polat (2007), 0-2 mm ince agrega yerine %10, %20 ve %30 oranlarında genleştirilmiş perlit agregası ve pomza ve karışıma % 0,1 oranında hava sürükleyici katkı ekleyerek beton numuneler üretmiştir. 100 donma-çözülme çevrimi sonrasında, betondaki kılcal geçirimsizliğin, birim ağırlıklarının ve basınç dayanımının fiziksel ve mekanik etkilerini araştırmıştır. Genleştirilmiş perlit agregası ve pomza oranları arttıkça basınç dayanımı ve birim ağırlık azalmakta; kılcal geçirimsizlik katsayısı arttığı ve 100 donma-çözülme çevrimi sonucunda betonun, basınç dayanımı ve birim ağırlığı değerleri azalmakta olduğunu; kılcal geçirimsizlik katsayısının arttığını gözlemlenmiştir. 0,1% HSK içeren numunelerin donma-çözülme çevrimleri sonucu basınç dayanımları düşerken, kılcal geçirimsizlik katsayısında çok önemli düşüşler meydana gelmediğini tespit etmiştir.

Gökçe ve Can (2009), pomzanın 5 farklı zamandaki su emme miktarı ilavesi 5 farklı karışım oluşturacak şekilde, çimento miktarı 700 kg ve 0,41 su/çimento (s/ç) oranına sahip hafif beton karışımları üretmişlerdir. 7 ve 28 günlük numunelerde su emme, yoğunluk, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, beton test çekici, ultrases geçiş hızı ve yüzeysel aşınma deneyleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda; doğal neme sahip agregalarla yapılan karışımlarda, pomza agregasının ilk 10 dakikalık su emme miktarının karışım sırasında ilave su olarak eklenildiği numunelerin, referans betonu olarak düşünülen 1 günlük su emme miktarının ilave su olarak eklenildiği numunelerin basınç dayanımlarından % 21, ultrases geçiş hızlarından % 4, beton test çekici değerlerinin % 16, yarmada çekme dayanımlarından % 21 fazla olduğu ve yüzeysel aşınma kaybı da % 3 daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Binici ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada; bazaltik pomza, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, barit, ve kolemanit katkılı betonların dayanım ve dayanıklılığını incelemişlerdir.

Çimento ve ince agreganın yerine barit, kolemanit, yüksek fırın cürufu ve pomza kullanmışlardır. Çimento ile yer değiştirme yüzdelерinin etkisini değişik şekillerde araştırmışlardır. Üretilen betonların, basınç dayanımı, sülfat dayanımı, aşınma dayanımı, donma-çözünme direnci ve permeabilite özelliklerini araştırmışlardır. YFC katkılı örnekler sülfat etkisine karşı önemli ölçüde direnç gösterdiğini ifade etmişlerdir. Artan YFC katkısı oranıyla doğru orantılı olarak bu direncinde arttığını tespit etmişlerdir. Pomzanın da sülfata karşı dayanıklı bir malzeme olması, diğer malzemelere göre daha az kütle kaybına uğradığını tespit etmişlerdir.

Gökçe ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada; CEM I 42.5 R tipi çimento ile pomza ve normal agrega kullanarak üretilen betonların mühendislik özelliklerini araştırmıştır. Basınç dayanımının belirlenmesinde 100x200 mm ebatlı silindir numune, yarmada çekme ve donatı ile beton arasındaki aderans dayanımının belirlenmesinde 150x150x150 mm ebatlı küp numune ve Ø12 nervürlü çelik çubuk kullanmıştır. Pomza agregalı hafif beton (HB), aynı basınç dayanımında normal agregayla üretilen normal beton (NB)'dan % 30 daha hafif bulmuştur. HB'nin NB'ye göre yarmada çekme dayanımı % 48 ve donatı ile beton arasındaki aderans dayanımı % 15 daha az olduğunu ifade etmiştir.

Döyen ve Aksoy (2013), yaptıkları çalışmada; Isparta Gelincik pomza yataklarının jeolojisi, fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyerek beton yapımına uygunluğunu araştırmışlardır. Bu amaçla alınan örneklerin mineralojik ve kimyasal bileşimlerini belirlemişlerdir. Fiziksel özelliklerin ortaya çıkarılması için elek analizi, özgül ağırlık, su emme, rutubet testi, kızdırma kaybı, çözünmeyen kalıntı testi ve puzolonik aktivite testi yapmışlardır. Çimento kullanılmadan sadece pomza, kireç ve su karışımından yapılan bu test sonucunda beton numunesinin 28. gün sonunda C20 beton sınıfına yakın (19,8 N/mm²) bir dayanım değerini bulmuşlardır. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için ise farklı oranlarda pomza agregası ve değişik oranlarda dere kumu kullanılarak 5 adet beton numunesi hazırlamışlardır. Hazırlanan örneklerin hepsi hafif beton sınıfına girmiştir. Ancak 450 kg. çimento, 187 kg. su, 479,2 kg. dere kumu, 179 kg. ince asidik pomza, 299,5 kg. orta asidik pomza, 239,6 kg. iri asidik pomza kullanılarak hazırlanan T5 betonunun yoğunluğu 1841,05 kg/m³, tek eksenli basınç değeri (28 günlük) 28,3 N/mm² gelerek en iyi sonucu verdiğini ifade etmişlerdir.

Yaltay ve Ekinici (2013), yaptıkları çalışmada; pomza ile üretilen, kolemanit katkılı hafif betonların basınç dayanımları nasıl gelişim gösterdiğini deneysel olarak araştırmışlardır. Beton karışımlarında, iri ve ince agrega olarak Erciş Kocapınar

bölgesinden alınan pomza malzemesini kullanmışlardır. Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan öğütülmüş kolemanit malzemesi, çimentoyla %0.4, 0.6, 0.8, 1 ve 2 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmış, numuneler 10 cm'lik küp kalıplarda 24 saat bekletilerek, 28 ve 56 gün sürelerle 20°C suda kürlenmiştir. Kürünü tamamlayan numuneler 400, 600 ve 800°C yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak, yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası ağırlıklarını tespit etmişlerdir. Betonların yüksek sıcaklığa maruz bırakılması durumunda hem ağırlık kaybı hem de basınç dayanımında azalmanın olduğu gözlemlenmiştir.

2.7. Barit ile İlgili Çalışmalar

Osma (2002), şarkikaraağaç bölgesinden çıkarılan barit agregası ve normal agregası ayrı ayrı 250, 300, 350 kg çimento kullanarak beton numuneleri üretmiştir. Ayrıca 250, 300, 350 kg çimento, normal ve barit agregalarından % 50 oranlarında kullanarak beton numuneleri üretmiştir. Üretilen numunelerin yoğunlukları, 28 günlük basınç dayanımı, Ultrasonik hız cihazı ile basınç dayanımı, Schmidt Çekici ile basınç dayanımını bulmuştur. Deneysel çalışmalar sonucunda 250 dozajlı Atabey ve barit agregasından üretilen beton numuneleri ile 250 dozajlı karışık agregalı beton numunelerinin basınç dayanımları standart değerlerin altında olduğunu tespit etmiştir. Diğer beton numunelerinin ise standart değerler içinde olduğu tespit etmiştir.

Topçu (2002), farklı su/çimento oranlarda barit ile üretilen ağır betonların fiziksel ve mekanik deneyler yaparak en uygun su/çimento araştırmıştır. Çalışmanın sonunda, ağır beton için en uygun su/çimento 0,40 olduğunu ve çimento miktarının 350 kg/m³ daha düşük olmaması gerektiği tespit etmiştir.

Akkurt ve ark. (2004), 1 keV–300 meV γ -ışınları enerjilerde barit, mermer ve limra için lineer zayıflama katsayıları ve toplam kütle zayıflatma katsayılarını hesaplamışlardır. Lineer zayıflama katsayısı ve toplam kütle zayıflatma katsayısı için en iyi değerleri barit sağladığını ifade etmişlerdir. Mermer ve limra için Lineer zayıflama katsayısının birbirine yakın değerler çıktığını ifade etmişlerdir.

Kılınçarslan (2004), ince agregası yerine tamamı ve % 50 oranında ince barit agregası, kaba agregası yerine tamamı ve % 50 oranında kaba barit agregası kullanılarak C20, C30 ve C40 betonları için optimum karışımlar hesaplamıştır. Üretilen beton numunelerin fiziksel ve mekanik etkilerini araştırmıştır. Basınç dayanımı barit oranına

göre, en iyi sonucu C20 serisi betonlar, C30 serisi betonlarda ise basınç dayanımını değiştirmediğini, C40 serisi betonlarda ise basınç dayanımını düşürdüğünü tespit etmiştir. Üretilen beton numunelerin; iyon odası yöntemi, Geiger-Müller sayacı yöntemi ve teorik olarak lineer zayıflatma katsayı değerlerini bulmuş ve değerler ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonunda beton içindeki barit oranı arttıkça radyasyon tutuculuk özelliğinin de arttığını ifade etmiştir.

Akkurt ve ark. (2005), farklı oranlarda barit agregası kullanarak üretilen betonların kütle zayıflatma katsayılarını ve Xcom programı kullanarak 1 keV 100 GeV enerjilerde foton hesaplamışlar ve 0,66 ve 1,25 MeV'ta yapılan deneysel ölçümlerle karşılaştırmışlardır. Gama(γ) ışınları için zırhlama malzemesi olarak kullanılması için lineer soğurma katsayıları betonun özgül ağırlığının artmasıyla doğru orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Bouzarjomehri ve ark. (2006) , ince agregadan %35, kaba agregadan %65 oranında ve ince agregadan %50, kaba agregadan %50 oranında ikame edilen barit agregası ile iki agrega grubu oluşturmuşlardır. İki grup ayrı ayrı 350, 400, 450, 500 kg çimento miktarı ve 0,4, 0,45, 0,5, 0,6, 0,7 su/çimento oranına sahip karışımlar üretmişlerdir. 15x15x15 cm üretilen beton numunelerin 28 ve 42 günlük basınç dayanımlarını incelemişlerdir. 10x10x5 cm üretilen beton numunelerin Kobalt 60 kaynaklı gama radyasyonu ile zırhlanmasını araştırmışlardır. 350 kg çimento, 0,45 su / çimento oranı, ince ve kaba agregada %50 oranında ikame edilen barit agregası ile üretilen beton numunesi en yüksek basınç dayanımı, en yüksek lineer soğurma katsayısı ve buna bağlı olarak en küçük yarı değer kalınlığı (HVL) bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Akgün ve ark. (2007), Doğu Karadeniz Bölgesi doğal ağır barit agregasıyla üretilen ağır betonu, agrega petrografik yapısını da dikkate alarak, geleneksel bir betonla karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Farklı su/çimento oranları ile üretilen ağır betonların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Boşluk oranı ve çatlama riski minimum bir beton üretebilmek için en düşük su/çimento oranının 0,40 olması gerektiğini tespit etmişlerdir. Ağır agregalı betonların ayrışma riskinin daha fazla olduğunu, betonda harç/agrega oranının 0,70 olmasıyla boşluk oranının minimuma düşürülebileceğini ve zararlı ışınlardan bu biçimde korunulabileceğini ve ağır agregalı betonlardaki kırılmaların agregaların dayanıksızlığından ileri geldiğini tespit etmişlerdir.

Akkurt ve ark. (2008) , 0.65 su/çimento oranında ve değişik barit katkı oranı ile üretilen betonların 10, 20, 30, 40 ve 50 çevrim donma-çözünme sonrasında fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Barit agregasının betonun %50'sinden fazla kullanılmaması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Dahiru (2008), barit ve granit agregaları üzerinde fiziksel testler yaparak agregaların özelliklerini incelemiştir. Granit ve barit agregalı 0,65 su/ çimento oranı kullanarak 1/2/4 karışıma sahip betonlar üreterek 3, 7, 21, 14 ve 28 günlerdeki basınç dayanımını araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda barit agregalı betonun basınç dayanımının granit agregalı betonun basınç dayanımından daha iyi olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca barit agregalı ağır betonlar nükleer radyasyon kalkanı için kullanılabilir olduğunu ifade etmiştir.

Binici ve ark. (2010), yaptığı çalışmada; barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza içeren betonların dayanım ve dayanıklılığını incelemiştir. Çimento ve ince agreganın yerine barit, kolemanit, yüksek fırın cürufu ve pomza kullanmışlardır. Çimento ile yer değiştirme yüzdelerinin etkisini değişik şekillerde araştırmışlardır. Referans ve katkılı betonların, basınç dayanımı, sülfat dayanımı, aşınma dayanımı, donma-çözünme direnci ve permeabilite özelliklerini araştırmışlardır. Kolemanit katkılı numuneler hariç tüm örneklerde katkı kullanılması su emme değerlerini referans betonuna göre arttırdığını ifade etmişlerdir. En yüksek su emme oranı ise pomza grubunda olmuştur. En fazla basınç kaybı da bu grupta gözlemlenmiştir. Pomzanın boşluklu yapısının bu duruma sebep olduğu düşünülmüştür. En düşük su emme oranı ise kolemanit katkılı örneklerde olmuştur ve buna bağlı olarak en az basınç kaybı kolemanit katkılı örneklerde gözlemlenmiştir. Kolemanitin kristal ve düzenli bir yapıda olması boşlukların ve kılcal çatlakların azalmasına sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Barit katkılı örneklerde çimento miktarının azalmasıyla boşluk miktarının arttığını ve su emme değeri artarken donma-çözünme sonrası basınç dayanımı kaybının referansa göre yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre kolemanit katkısı hariç katkı maddesi kullanılmasının su emme ve donma – çözünme dayanımı üzerinde herhangi bir olumlu etkisini gözlenmemiştir. Kolemanitin kristal ve düzenli bir yapıda olması, YFC katkılı betonlarda ise agrega çimento ara yüzeyi daha homojen ve yoğun olduğundan, bağlantılar daha kuvvetli ve boşluk miktarı daha az olması, permeabilite değerlerinin düşük olmasına neden olmuştur. Barit katkısıyla çimento miktarında oluşan azalma ve pomzanın boşluklu

yapısı bu gruplarda permeabilite değerin referans örneğine göre daha fazla olmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Binici ve ark. (2011), yaptığı çalışmada; bazaltik pomza, barit, kolemanit ve yüksek fırın cürufu içeren harçların mekanik dayanımı ve sülfat dayanıklılığı incelemiştir. Çimento ve Rilem-Cembureau standart kumu yerine çeşitli oranlarda pomza, barit, kolemanit ve yüksek fırın cürufu kullanmışlardır. Katkı miktarı ve çeşidinin harçlara mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilerini araştırmışlardır. Harç numunelerinin 7, 28 ve 180 günlük basınç ve eğilme dayanımları ile 180 ve 360 günlük sülfat direncini araştırmışlardır. Sonuçlar referans numunesine ve katkı çeşidine göre yorumlanmıştır. 7 günlük harç numunelerin en yüksek basınç dayanımı değerini referans numunesi ve en düşük basınç dayanımı değerini hidrasyon süresi uzun olan kolemanit oranı en yüksek numune vermiştir. Kolemanit erken yaş dayanımını düşürmüştür. 28 ve 180 günlük harç numunelerin en yüksek basınç dayanımı değerini yüksek fırın cürufunun %10 oranında kullanıldığı numuneler verirken ve en düşük basınç dayanımı değerini çimento miktarının azalmasına bağlı olarak baritin en fazla kullanıldığı numuneler vermiştir. 7 günlük harç numunelerin en yüksek eğilme dayanımı değerini referans numunesi ve en düşük eğilme dayanımı değerini kolemanitin % 0,75 oranında kullanıldığı numuneler vermiştir. 28 ve 180 günlük harç numunelerde yüksek fırın cürufu katkısı eğilme dayanımını arttırmış, barit ise düşürmüştür. 180 ve 360 gün sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerde en yüksek basınç dayanım değerleri cüruf katkılı numunelerden elde edilmiştir. İkame oranı arttıkça daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. Barit katkısında ise durum tam tersidir. İkame oranı arttıkça, sülfat direnci ve basınç dayanımını düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Esen ve ark. (2011) , yaptığı çalışmada; Muş End. Dış Ticaret A.Ş'den temin edilen öğütülmüş haldeki bariti kullanılarak betonda, basınç dayanımı deneyi ve fiziksel deneyler yapmışlardır. Deneyler iki türlü yapılmıştır; birinde beton karışımındaki agrega miktarı sırasıyla %20, 40, 60, 80 ve %100 azaltılarak yerine aynı oranlarda öğütülmüş barit katılıp beton numuneleri hazırlamışlardır. Diğerinde ise öğütülmüş barit çimento ile %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında yer değiştirerek numuneler hazırlamışlardır. Deneyler sonucunda; normal agrega azaltılıp barit ile ikame edilen betonlarda birim hacim ağırlığının ve Puls Geçiş Hızı (PGH) değerlerinin barit katkısıyla arttığı, basınç dayanımının %40 barit ilavesine kadar arttığı ve yüzey sertliklerinin ise düştüğünü gözlemlemişlerdir. Ayrıca barit ile çimento ikamesi deney sonuçlarında da, öğütülmüş barit miktarının artması ile kuru birim hacim ağırlıklarının doğrusal olarak arttığı, basınç dayanımının ise %20 barit tozu

ilavesine kadar artış gösterip daha büyük oranlarda önemli düşüşler olduğu deneysel olarak gözlemlenmiştir.

Binici ve ark. (2012), 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 kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Farklı kalınlıkta üretilen sunta plakaların; ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve eğilme dayanımını araştırmışlardır. Ayrıca ara yüzeyde barit kullanılan örneklerin, radyoaktif geçirgenliklerinin de incelemişlerdir. Araştırmaları Türk Standartlarına göre yapmışlardır. Pamuk atığı ve uçucu kül ile desteklenmiş olan sunta plakaların mühendislik özelliklerinde pozitif yönde gelişme olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışma ile pamuk atığı, uçucu kül ve yapıştırıcı reçine kullanılarak üretilen hafif yapı malzemelerinin ısı ve ses yalıtımı için kullanabileceği göstermişlerdir. Diğer yandan baritli hafif yapı malzemelerinin radyoaktif geçirgenliklerinin de düşük düzeyde bulunmuşlardır.

2.8. Bazalt ile İlgili Çalışmalar

Korkanç ve Ark. (2003) , Niğde Yöresi bazaltlarının alternatif beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Araştırmalarını, bölgedeki bazik bileşimli Iğredağı Bazaltları, Karataş Bazaltları ve Melendiz Volkanikleri'nin içerisinde gözlenen bazaltik lavlar üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Seçilen bu birimleri, bileşim ve dokularına göre onbir fasiyese ayırarak incelemişlerdir. Bazaltların petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanısıra, agrega olarak kullanım özelliklerinin de araştırmışlardır. Yaptıkları değerlendirmelere göre, Karataş Bazaltları yöredeki diğer bazaltlara nazaran alternatif beton agregası olarak özel bir öneme sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Korkanç ve ark (2004), Bu çalışmada, farklı bileşim ve dokusal özelliklere sahip bazaltları reaktivite açısından değerlendirmişlerdir. Araştırmalar için Orta Anadolu'da yaygın olarak gözlenen Niğde yöresi bazaltlarını seçmişlerdir. Bu kayaları öncelikle petrografik ve kimyasal özelliklerine göre sınıflandırmışlardır. Alkali-silis reaksiyonunun etkilerini belirlemek amacıyla da petrografik ve hızlandırılmış harç çubuğu deney yöntemlerini kullanmışlardır. Yapılan değerlendirmelere göre, incelenen bazaltlar arasında asit-ortaç karakterli olanlar ile matriksi volkan camından oluşanlar, potansiyel olarak yavaş reaktif agrega özelliğinde olduğunu ifade etmişlerdir. Bu araştırma kapsamında, 11 farklı bazaltı değerlendirmişlerdir. Farklı bileşime sahip bazaltlar arasında harç çubuğu deneyinden elde edilen genleşme oranları dikkate alındığında, olivin bazaltlar, diğer

örneklere oranla en düşük genleşmelerin gözlemlendiği bazaltlar olmuştur. Bazalt agregaları ile yapılan alkali-silis reaksiyon deneylerinde, asit-ortaç karakter sunan bazaltlar ile matriksinin tamamı volkan camından oluşan bazaltik andezitler; yapılan araştırma ve gözlemlere göre, potansiyel olarak düşük reaktivite gösteren agregalar olduğunu ifade etmişlerdir. Bu tür bazaltların beton agregası olarak kullanılması durumunda; düşük alkaliniteye sahip çimentoların ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$ değeri % 0.60'dan düşük) kullanılması veya beton içerisine puzzolanik maddelerin katılması uygun olacağını tespit etmişlerdir.

Kozak (2010), yaptığı çalışmada, beton travers üretiminde agrega türü (bazalt-kalker) ve çelik lifin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmada maksimum agrega tane boyutları 16 mm, 22 mm, 31,5 mm olan bazalt ve kalker agregası seçilerek üretilen beton traverslerde çelik lif miktarı hacimce % 0, % 0.2, % 0.4 olmak üzere ayrı ayrı toplam 18 farklı seri üretmiştir. Her seri de çimento miktarı 450 kg/m^3 ve su/çimento oranı 0,25 olarak sabit tutmuştur. Her bir seriden 2 adet olmak üzere toplam 36 adet B.58 beton travers ve her bir seriden 4 adet olmak üzere toplam 72 adet küp ($20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$) üretilerek buhar kürüne tabi tutmuştur. B.58 beton traversler üzerinde eğilme dayanımı ve ultrases hızı, küpler üzerinde ise 1 ve 28 günlük basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, donma çözünme ve su emme deneyleri yapmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrol numunelerine göre karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Bu değerlendirmeye göre beton travers üretiminde çelik lif kullanımı mekanik özelliklerinden özellikle eğilme dayanımını artırdığı ve bazalt agregasının kalker agregasına göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Ayrıca bu çalışmada üretilen bütün serilerin, Dywidag normları açısından, 28 günlük basınç dayanımı ve eğilme dayanımını sağladığını söylemiştir.

2.9. Kalker ile İlgili Çalışmalar

Pul (2000), yaptığı çalışmada; Doğu Karadeniz bölümü kayaçlarından elde edilen agregalarla (granodiyorit, kalker vb) yüksek performanslı sınıfına giren betonlar üretilbildiğini, bunların yapılarda kullanılmasının bir çok yönden yararlı olabileceğini ortaya koymuştur.

Şengül ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada; agrega türünün betonun donma-çözülme dayanımına etkisini incelemişlerdir. Bazalt, kumtaşı ve üç farklı bölgeden alınan kalker agregaları kullanılarak hava sürükleyici katkı içeren ve içermeyen betonlar üretmişlerdir. Sertleşmiş betonların 28 günlük basınç ve eğilme dayanımları ile ultrases hızı değerlerini elde etmişlerdir. Deney sonunda, hava sürüklenmiş betonların eğilme ve

basınç dayanımlarının hava sürüklenmemiş betonlara göre daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. 21. günde prizmatik numunelere -20°C'de donma, +20°C'de çözülme deneyi uygulanmaya başlamışlardır. Deney başlangıcında ve her 30 çevrim sonunda numunelerin ultrases hızları ölçülerek bu değerlerde oluşan düşüşler gözlemlemişlerdir. 120 çevrim sonunda numunelerin basınç dayanımlarındaki azalmalar, donma-çözülme deneyi uygulanmamış numunelerle karşılaştırmışlardır. Hava sürükleyici katkı içeren betonların dondan daha az etkilendiği ve agrega türünün betonun donma-çözülme dayanıklılığını etkilediği görmüşlerdir. Hava sürükleyici katkı içermeyen betonlarda donma-çözülme çevrimi sonucunda en çok hasar kumtaşı ile üretilen betonlarda gözlemlemişlerdir. Bunu kalker ile üretilen betonlar izlemektedir.

Şimşek ve Akıncıtürk (2006), yaptıkları çalışmada; yapı malzemesi olan betonun dış etmenlere karşı dirençli, suya karşı ise geçirimsiz bir konumda üretilmesi yöntemini araştırmışlardır. İstenilen performansda, dirençli ve geçirimsizliği sağlanmış beton malzemenin laboratuvar ortamında, farklı oranlarda mineral katkılar ile oluşturulan çok sayıda numune üzerinde deneyler yaparak oluşturulmasına çalışmışlardır. 4. seride diğer 3 seriden farklı olarak % 8 oranında silis dumanı yerine % 8 oranında uçucu kül ilave etmişlerdir. Ayrıca 3. ve 4. serilerde % 4 oranında kalker filleri ilave etmişlerdir. Elde edilen su işleme derinlikleri incelendiği zaman, silis dumanının geçirimsizliğe ters oranda bir etkisi olduğu, bunun yanında sıra silis dumanı yerine uçucu kül kullanımı durumunda ise su işleme derinliğinin şahit betona oranla % 33, sırasıyla 1. 2. ve 3. serilere oranla da % 78, %84, % 60 oranında azaldığını gözlemlemişlerdir. Çimento, cüruf, kalker filleri oranları sabit tutulup 3. seride % 8 oranında silis dumanı 4. Seride de % 8 oranında uçucu kül ilave edilmesi durumunda, 4. seride su işleme derinliğinin 3. Seriyeye oranla 7.3 mm düştüğünü gözlemlemişlerdir. 4. seride su işleme derinliğinde 4 mm azalmanın gözlemesi, uçucu külün yanı sıra cürufun da geçirimsizliğin azaltılmasına da etkili olduğunu göstermektedir ve 2. serilerde silis dumanı ve cürufun yanına aynı zamanda kirecin ilave edilmesi, su işleme derinliğinin sadece 0.5 mm artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat 3. seride tüm oranlar aynı tutulup % 4 oranında kireç yerine kalker fillerinin ilave edilmesi, su işleme derinliğinin 2.7mm azalmasına neden olduğunu görmüşlerdir. Kalker fillerinin su işleme derinliğinin azaltılmasında etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Tüm serilerdeki su işleme derinliğindeki artış ve düşmeler göz önünde bulundurularak kalker filleri, cüruf ve uçucu külün su işleme derinliğini azaltıcı yönde etkili olduğu tespit etmişlerdir.

Uçar ve ark. (2008), yaptıkları çalışmalarda; Agregâ üretiminde amaçlanan kalitenin elde edilebilmesi için ocak işletmeciliğinden başlayarak gerekli minimum işlemler ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Mersin İli Tarsus İlçesinde yer alan kırma-eleme tesisinde üretilen kırmataşların TS 706 EN 12620'ye uygun olarak alınan agregâ örneklerinin deneylerini yaparak incelemişlerdir. Kalker ocağından alınan numunelerin fiziksel, mekanik ve petrografik özelliklerini incelemişlerdir. İncelemeler sonunda gerçekleştirilen analiz ve deneylerden elde edilen değerlerin, TS 706 EN 12620 “Beton Agregaları”nda aranan özelliklere uygun olduğundan, bu taş ocaklarından elde edilen kırmataşların, hazır betonlarda ve beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Çavdar ve Yetgin (2010), yaptıkları çalışmalarda; hazırladıkları çimento harcı örneklerine kalker ve diğer puzolanik bileşenler ilave etmişler ve sonuç olarak kalker katkısının basınç dayanımı ve aşınma direncine katkı sağladığını, kalker katkısı ilave edilen örneklerin çevresel etkilere karşı dirençlerinin basınç dayanımına paralel olarak arttığını tespit etmişlerdir. Bu ve benzer çalışmalara bakıldığında, sonuçlarda farklılıklar olmakla birlikte ince öğütölmüş malzemenin çimentonun yanında beton karışımında yer alması betona, dayanım, işlenebilirlik ve birçok koşul altında dayanıklılık özellikleri ile yüksek nitelik kazandırdığını açık bir şekilde ifade etmişlerdir.

Durmuş ve Bekem (2010), yaptıkları çalışmada, yüksek sıcaklığın ve farklı soğutma koşulunun kalker kırmataşlı betonlar üzerindeki etkilerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırılmışlardır. Bu amaçla kalker kırma taş agregâ, CEM I 42.5 R çimentosu, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve su kullanılarak C25 sınıfı beton üretilmiştir. Üretilen betonlar üzerinde taze ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir. Taze betonları 1000x1000x100 mm³ boyutunda prizma numunelere dökmüşler ve 28 gün sonra bu numunelerden 50x100 mm boyutunda karotlar almışlardır. Karotnumunelere 20 (Ref), 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 ve 900 °C yüksek sıcaklık uygulamışlardır. Fırından çıkarılan numuneleri hava ve su ile soğutmuşlardır. Bu işlemten sonra karot numunelere ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri yapmışlardır. Sonuçta, sıcaklık yükseldikçe beton kalitesinin ve dayanımının azaldığını, suda soğutulan örneklerin havada soğutulan örneklere göre basınç dayanımlarının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca soğutma şekline göre ultrases cihazı ile ölçölen betonkalitesinin değişmediğini, 400 °C’de beton basınç dayanımının referans numuneye

göre %50 azaldığını, 700°C üzerindeki sıcaklıklarda $\text{CaO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ 'e dönüştüğünden basınç dayanımında %82 azaldığını tespit etmişlerdir.

Şengül ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada; Agreganın mineralojik kökeninin betonun mekanik davranışına etkisini araştırmak amacıyla deneysel bir çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda, İstanbul ve çevresinden elde edilen; Eosen kalker, Devonien kalker, kumtaşı ve bazalt olmak üzere dört farklı mineralojik kökene sahip agregalar kullanarak, düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı su/çimento oranında betonlar üretmişlerdir ve bu betonların basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilme ve yarma dayanımları gibi mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar kullanılan iri agregaların betonun mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. C80 beton sınıfında, agregaya bağlı olarak basınç dayanımında 20 MPa değerini aşan artışlar elde etmişlerdir. Agreganın mekanik özelliklerinin yüksek dayanımlı betonlarda daha büyük öneme sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Normal dayanımlı betonların dayanımlarının birbirlerine yakın olduğunu, yüksek dayanımlı betonlarda ise Devonien kalker ve bazalt ile üretilen betonların dayanımlarının daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada kullanılan dört agregayla da C80 sınıfı betonlar elde etmişlerdir. Her iki su/bağlayıcı oranında da Devonien kalker ve bazalt agregaları ile üretilen betonların elastisite modülleri yüksek, buna karşın Eosen kalker ve kumtaşı ile üretilenlerin ise nispeten düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Normal dayanımlı betonlarda Devonien kalker agregası kullanılarak üretilmiş betonların yarma dayanımları az miktarda yüksek iken diğerlerini birbirlerine yakın olduğunu ifade etmişlerdir. Yüksek dayanımlı betonlarda ise kumtaşı ile üretilen betonların yarma dayanımlarının daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki beton sınıfında da; Devonien kalker agregası ile üretilen betonların eğilme dayanımları diğer agregalarla üretilen betonlara kıyasla daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

2.10. Hematit ile İlgili Çalışmalar

Filiz ve ark. (2008), yaptığı çalışmada, hematit agregası kullanılarak radyasyona karşı kalkan bir beton üretmek amaçlamışlardır. Bu betonların kullanılacağı yapıların deprem vb. etkilere karşı koyabilmesi gerektiğinden dolayı radyasyon önlemede kullanılan betonların basınç dayanımının en az 45 MPa olarak ve 25 MV foton enerjisindeki transmisyon katsayısının bulunmasını amaçlamışlardır. Hematitin farklı oranlarda normal agrega ile yer değiştirilmesiyle üretilen ağır betonlarda, hematit oranının artması ile

betonların γ ışını yutma katsayılarının arttığını ve hedeflenen minimum basınç dayanımının üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Gencel ve ark. (2011a), yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda hematit agregası (%10-50) içeren betonların mekanik özelliklerini araştırmışlardır. 0.42 su/çimento oranı ve çimento dozajı 420 kg/m^3 kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarda aşınma, eğilme ve basınç dayanımını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucundan hematit miktarı arttıkça basınç ve eğilme dayanımının arttığını ve aşınma dayanım değerlerini düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Soykan ve ark. (2013), Bu çalışmada hematit agregası içeren ağır betonun sodyum sülfat etkisindeki mekanik ve fiziksel özelliklerinin değişimini incelemişlerdir. Çalışmada 300, 400 ve 500 kg/m^3 dozlu çimento ile (CEM I 42.5R'li ve alüminatlı) hematit ve kalker agregalı betonlar üretmişlerdir. Üretilen betonların 28 gün başlangıç küründe sabit tutulmuş ve başlangıç küründen sonra numuneleri 28, 56, 90 ve 180 gün %5'lik sodyum sülfat etkisine maruz bırakmışlardır. Sodyum sülfat etkisine bağlı olarak mekanik ve fiziksel özelliklerini inceleyebilmek için her numuneye ağırlık kaybı, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri uygulamışlardır. Çalışma sonucunda sülfatın beton dayanımı azaltıcı yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak hematit agregasıyla üretilen kendiliğinden yerleşen beton serilerinin kırmataş agregasıyla üretilen serilere göre daha dayanımlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Zengin ve Özel (2013), yaptığı çalışmada iki farklı çimento (CEM I 42.5 R ve Alüminatlı), üç farklı dozajda ($300, 400$ ve 500 kg/m^3) kullanarak üretilen hematit ve kalker agregalı kendiliğinden yerleşen betonların taze (birim ağırlık, çökme yayılması) ve sertleşmiş beton özelliklerini (ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı) araştırmışlardır. Ağır agrega (hematit) kullanımı ile kalkerli üretilen betonlara göre birim hacim ağırlık değerlerinin yaklaşık % 27.7 daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Çökme yayılması değerlerinde, çimento dozajı arttıkça yayılım miktarında artış elde etmişlerdir. Yine kalkerli serilerde (KC ve KA) yayılımın hematitli üretilen serilerden (HC ve HA) daha fazla (%3.1-7.6) olduğunu ifade etmişlerdir. Hematit agregası kullanımı ile basınç dayanımında kalkerli serilere göre artış elde etmişlerdir (%1.2-29.7). Ultrases geçiş hızının hematitli serilerde, kalkerli serilere göre daha fazla (%15.1-24.9) olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma sonucunda ağır agrega kullanılarak kendiliğinden yerleşen beton üretimi yapılabileceğini, bununla birlikte normal agregalı betonlara göre yüksek oranda segregasyon riski taşıdığından akışkanlaştırıcı katkı ile birlikte viskozite artırıcı katkı ya da yüksek oranda filler içeren ince agrega kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

2.11. Demir Tozu ile İlgili Çalışmalar

Zainab ve Enas (2008), yaptığı çalışmada; Irak'ta büyük çevresel konulardan birinin evsel atıklar ve atık depolama olduğunu gözlemlemiştir. Sanayi sektöründe büyük miktar olan atık demirin kullanılabilirliğini incelemiştir. Çalışmada 109 deney ve 586 test yapılarak atık demirin yeniden fizibilite özelliğini araştırmışlardır. Genel olarak, %10, %15, ve % 20 kum yerine atık demir kullanılarak basınç dayanımı, kuru yoğunluk testleri, eğilme dayanımı gibi mühendislik özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak atık demir ile yapılan beton karışımlar düz beton karışımlarına göre basınç dayanımları daha yüksek ve eğilme güçlü olduğunu söylemişlerdir.

Alwaeli ve Nadziakiewicz (2012), Bu araştırmada, betonda kum ikamesi olarak çelik cips ölçek (SCC) ve (SchC) ile yapılmıştır. Deneyde kum yerine farklı oranlarda % 25,% 50,% 75 ve % 100, atık ikame ettirerek betonun basınç dayanımı ve emme özelliklerini araştırmışlardır. Ölçek ve çelik çipleri ile üretilen betonların elde edilen test sonuçları, geleneksel beton (CC-0) olanlar ile karşılaştırılmıştır. Radyasyon emiliminin arttığını gözlemlemiştir. %75 ve %100 oranda ikame edilmiş ölçek ve çelik cips karışımı betonun radyasyon lineer zayıflatma katsayısı diğerlerinden iyi olduğunu gözlemlemiştir. Sonuç olarak, çelik cips ve ölçek ihtiva eden demir ve çelik endüstrisi, katı atıklardan hazırlanan beton gama radyasyonuna karşı beton koruma gibi binalar için tercih edilebilir ifadesini kullanmışlardır.

Taş ve ark. (2013), yaptığı çalışmada TS 802 ye göre C25 ve C30 beton mukavemet özelliklerini sağlayan şahit beton (katkısız beton) örnekleri ile demir talaşı atığından oluşan üç deney grubu oluşturmuşlardır. Demir talaşı atıklı deney örneklerini, şahit betonların 0–2 mm aralığındaki agrega ağırlığının %50 oranında azaltılması ve yerine atık demir talaşının ilave edilmesi ile hazırlamışlardır. Küp şeklindeki (15x15x15cm) 24 adet deney örneği, 7 ve 28 gün sonunda TS EN 12390–3 e göre basınç dayanımı ve DIN 1048'e göre yüzey sertliği deneylerine tabii tutmuşlardır. Deneyler sonucunda %50 demir talaşı atığı kullanılan numunelerin basınç dayanımları ve yüzey sertliklerinin, şahit betonlara göre daha yüksek çıktığını tespit etmişlerdir. Yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarına göre, endüstriyel demir talaşı atığının, taze betonunun işlenebilirlik özelliğini, beton karışımlarını oluşturan parametrelerin oranlarına bağlı olarak olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebildiğini, taze beton yoğunluklarını C25 betonu için 7 günlüklerde %7.25, 28 günlüklerde % 5.51, C30 betonu için ise 7 günlüklerde %5.01, 28 günlüklerde %5.06;

sertleşmiş beton yoğunluklarını, C25 betonu için 7 günlüklerde % 8.19, 28 günlüklerde ise % 7.10, C30 betonu için 7 günlüklerde % 5.78, 28 günlüklerde ise % 7.07; sertleşmiş beton yüzey sertliklerine bağlı yaklaşık basınç dayanımını C25 betonu için 7 günlüklerde % 10.20, 28 günlüklerde % 10.18 oranında, C30 betonu için C30 betonlarında 7 günlüklerde % 3.17, 28 günlüklerde ise % 4.04; sertleşmiş beton basınç dayanım değerlerini C25 betonu için 7 günlüklerde %8.07, 28 günlüklerde %11.55, C30 betonu için 7 günlüklerde % 2.79, 28 günlüklerde ise %11.62 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, endüstriyel demir talaşı atığının, C25 ve C30 beton üretiminde 0-2 mm aralığındaki agrega ağırlığının yerine % 50 oranında yapı malzemesi olarak kullanılabileceğini düşünmektedirler.

Doğantepe (2013), yaptığı tez çalışmasında, entegre demir çelik fabrikalarında üretim sırasında ortaya çıkan demir oksit ve karbon içerikli katı atıklardan biri olan yüksek fırın baca tozuyla birlikte düşük tenörlü demir cevherinin sünger demir üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılmasını yapmıştır. Deneysel çalışmaların birinci bölümünde; Kardemir A.Ş. 3 No.lu Yüksek Fırın baca tozu, ağırlıkça % 15, % 30, % 50 ve % 75 oranında düşük tenörlü hematit demir cevheri ile karıştırarak 4 karışım elde etmiştir. Bu karışımlara bazite 0,7 olacak şekilde kalsit, Fe/Karbon oranı sırasıyla 2, 2,5 ve 3 olacak şekilde pülverize kömür ilave ederek elde edilen nihayi karışımları kullanarak soğuk bağlı karbon kompozit peletler üretmiştir. Bağlayıcı olarak % 5 oranında sodyum bkarboksi metil selüloz (NaCMC) kullanmıştır. Pelet numuneleri basma, düşme ve porozite testlerine tabi tutmuştur. Sonuçlarına göre; demir oksit ve karbon içerikli atık yüksek fırın baca tozunun, soğuk bağlı karbon kompozit pelet üretiminde optimum karışım oranın tespitini yapmış, yüksek fırın baca tozunun soğuk bağlı karbon kompozit peletlerin basma dayanımına etkisini incelemiştir. İkinci aşamada ise taşınabilir mukavemete (300N/pelet) ulaşan soğuk bağlı karbon kompozit peletler kül fırında 1000, 1100 ve 1200°C de 15, 30 ve 60 dk. gibi farklı sürelerde örtü tozu altında redüklemiştir. Kül fırınında redüklenen peletlerden optimum redüklenme derecesini veren numunelerin mikroyapı, EDS donanımlı SEM ve XRD analizleri yapmıştır. Analizlere göre soğuk bağlı karbon kompozit pelet üretiminde optimum yüksek fırın baca tozu kullanım oranın saptanması ve redüklenme için optimum Fe/Karbon oranı tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca üretilen peletler, tüp fırında azot inert gaz ortamında 1200, 1300 ve 1400°C'de sabit 60 dk. Sürede ısıtılarak, DSC-TGA analizleri yapılmış ve yüksek sıcaklıklarda redüklenme davranışının tespitini araştırmıştır. Bu çalışmada atık olarak ortaya çıkan demir ve karbon gibi değerleri

elementleri ihtiva eden aynı zamanda yüksek fırınlara zararlı çinko, kurşun ve alkali bileşikleri içeren yüksek fırın baca tozunun mevcut sinterde kullanımına alternatif olan bkompozit pelet üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yüksek fırın baca tozu düşük tenörlü hematit demir cevheri ile % 15, % 30, % 50 ve % 75 karıştırılarak farklı bilişimlerde pelet harmanları hazırlamış ve karboksi metil selüloz organik bağlayıcı kullanarak pelet haline getirmiştir. Her bir pelet harmanına kalsit ilavesiyle bazite 0,7 sabit tutulmak kaydıyla; Fe/C oranı 2, 2,5 ve 3 olacak şekilde redükleyici olarak pülverize kömür ilavesi yaparak bkompozit peletler üretmiştir. Peletleri basma ve porozite testlerine tabi tutulmuş ve optimum değerler saptanmıştır. Optimum değerleri sağlayan peletler, 3 farklı sıcaklıkta ve 3 farklı sürede redüklemiştir. Yüksek fırın baca tozunun kompozit pelet üretiminde en yüksek basma dayanımı veren pelet harmanındaki karışım yüzdesi 30 olarak tespit etmiştir. Yüksek fırın baca tozunun pelet karışımında % 30'a kadar artması, basma dayanımını pozitif etkilemiş, % 30'dan sonra negatif etkilemeye başladığını ifade etmiştir.

2.12. Yapı Malzemeleri ile İlgili Çalışmalar

Mustapha ve ark. (1997), Kenya'da yapı malzemeleri üzerine yaptıkları çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresi kullanmışlar ve aktivite konsantrasyonlarını ^{40}K için 237,1- 1047.9 Bq/kg aralığında, ^{226}Ra için 11,0 - 170.7 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 5,0-163.0 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Kumar ve ark. (1999), Hindistan'daki yapı malzemeleri ve yan ürünlerin doğal radyoaktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresi kullanmışlar ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırasıyla 37,0- 67,3 Bq/kg aralığında, 24,1- 77,7 Bq/kg aralığında ve 88,4- 455,8 Bq/kg aralığında ölçülmüşlerdir.

Zaidi ve ark. (1999), Rawalpindi-Islamabad bölgesinde yapı malzemelerinin doğal radyoaktivitesini belirlemek için gama ışın spektrometresi ve INAA kullanarak yaptıkları çalışmada Ge(Li) dedektörlü gama ışın spektrometresi kullanmışlar ve aktivite konsantrasyonlarını ^{40}K için 103- 971 Bq/kg aralığında, ^{238}U için 5- 59 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 7- 96 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Ajayi (2000), Nijerya' nın güneybatısında Ikogosi- Ekiti' deki kayalarla ilgili yaptığı çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresi kullanmış ve aktivite

konsantrasyonları ^{238}U için 57,9 Bq/kg, ^{232}Th için 81.6 Bq/kg ve ^{40}K için 1203,1 Bq/kg olarak bulmuştur.

Chiozzi ve ark. (2000), Kaya ve toprak örneklerindeki doğal radyoaktivite ile ilgili yaptıkları çalışmada ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K için aktivite konsantrasyonlarını hem NaI(Tl) dedektörü hem de HPGe dedektörü ile ölçümler yapmışlar ve sonuçları karşılaştırmışlardır.

Charewicz ve ark. (2000), yapı malzemeleri ve ham maddeleri üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü çok kanallı gama spektrometresini kullanılmış ve aktivite konsantrasyonları için ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K incelemiştirler.

Iqbal ve ark. (2000), Pakistan'da bulunan mermerlerin doğal radyoaktivitesi ile ilgili yaptıkları çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresini kullanmışlar ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla 4- 63 Bq/kg aralığında, 9- 40 Bq/kg aralığında ve 7- 105 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Amrani ve ark. (2001), Cezayir'de yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama ışın spektrometresini kullanarak yapı malzemelerindeki doğal radyoaktiviteyi ölçmüş ve aktivite konsantrasyonlarını ^{226}Ra için 12-65 Bq/kg aralığında, ^{232}Th için 7-51 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 36-675 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Yeboah ve ark. (2001), Gana'da büyük accra bölgesindeki toprak ve kayalar üzerine yaptıkları çalışmada ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını gama spektrometresi kullanarak belirlemiştirler. Toprak örneklerinde aktivite konsantrasyonlarını ^{40}K için 91,1- 1395,9 Bq/kg aralığında; ^{238}U için 2,4- 62,7 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 3,2- 145,7 Bq/kg aralığında bulunurken kaya örneklerinde aktivite konsantrasyonları ^{40}K için 9,0- 1510,1 Bq/kg aralığında, ^{238}U için 0,7- 40,0 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 0,5- 117,5 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Kovler ve ark. (2002), İsrail'deki yapı malzemeleri ile ilgili yapılan çalışmada Ge dedektörlü gama ışın spektrometresini kullanmış ve aktivite konsantrasyonlarını ^{226}Ra için 9,5- 747 Bq/kg aralığında, ^{232}Th için 3- 76,1 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 33,6- 1149 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Malczewski ve ark. (2002), Polonya'da yapılan çalışmada taşınabilir gama spektrometresi kullanarak kaya ve topraklardaki doğal ve antropojenik radyoaktivite düzeyleri incelemişler ve aktivite değerlerini ^{40}K için 320- 1200Bq/kg aralığında, ^{228}Ac (^{232}Th serisi) için 25-62Bq/kg aralığında ve ^{226}Ra için 31-122Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Petropoulos ve ark. (2002), yapı malzemelerindeki doğal radyoaktivite çalışmasında LEGe dedektörlü gama spektrometresi kullanmış ve ^{226}Ra için ^{214}Pb (295.2, 352.0 keV) ait iki fotopik ve ^{214}Bi (609.3, 1120.3, 1764.5 keV) ait üç fotopik, ^{232}Th için ^{228}Ac (338.4, 911.1 keV) ait iki fotopik ile ^{212}Pb (238.6 keV) ve ^{208}Tl (583.1 keV) fotopikleri ile ^{40}K için karakteristik tek fotopiki (1460.75 keV) incelemişlerdir.

Kumar ve ark. (2003), Hindistan'daki bazı yapı malzemelerinde yaptıkları çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla 3,1-151,7 Bq/kg aralığında, 14-63,7 Bq/kg aralığında ve 24,3-121,5 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Tzortzis ve ark. (2003), Kıbrıs'ın karakteristik jeolojik kayalarında HPGe dedektörlü gama ışın spektrometresini kullanarak yaptıkları çalışmada aktivite konsantrasyonlarını ^{232}Th için 1,3- 52,8 Bq/kg aralığında, ^{238}U için 0,9- 90,3 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 13-894 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Tzortzis ve ark. (2003), Kıbrıs'ta doğal granitlerle yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve aktivite konsantrasyonlarını ^{232}Th için 1- 906 Bq/kg aralığında, ^{238}U için 1-588 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 50- 1606 Bq/kg aralığında bulunmuştur. Toplam absorblanmış doz hızı ^{232}Th için 7 - 1209 nGy/h aralığında, ^{238}U için 4 - 605 nGy/h aralığında, ^{40}K için 2-302 nGy/h aralığında bulmuşlardır.

Lee ve ark. (2004), İrlanda'daki yapı malzemelerinin doğal radyoaktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını incelenmişlerdir.

Flores ve ark. (2005), Küba'da bazı yapı malzemelerinin doğal radyoaktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve aktivite konsantrasyonlarını ^{40}K için 47– 2511 Bq/kg aralığında, ^{226}Ra için 9– 71 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 2–38 Bq/kg aralığında bulmuşlardır.

Xinwei (2005), Çin'deki bazı yapı malzemeleri üzerine yaptığı çalışmada NaI(Tl) dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve aktivite konsantrasyonlarını ^{226}Ra için 19,5- 68,3 Bq/kg aralığında,, ^{232}Th için 13,4- 51,7 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 63,2- 713,9 Bq/kg aralığında bulunmuştur.

Ahmad (2007), Quena bölgesi-Yukarı Mısır'daki yapı malzemeleri ile ilgili yaptığı çalışmada HPGe dedektörlü gama ışın spektrometresi kullanmış ve aktivite

konsantrasyonlarını ^{232}Th için 14- 118 Bq/kg aralığında, ^{226}Ra için 33- 205 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 250- 865 Bq/kg aralığında bulmuştur.

Krstić ve ark. (2007), Güney Doğu Avrupa'daki bazı ülkelerde (Makedonya, Yunanistan ve Bulgaristan) kullanılan önemli yapı malzemeleri üzerine yapılan çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Bulunan bu değerler üç ülke arasında karşılaştırmışlardır.

Ngachin ve ark. (2007), Kamerundaki bazı yapı malzemelerinin doğal radyoaktivitesi ile ilgili yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve çimento için ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını ve Radium eşdeğer aktivitesini sırasıyla 27 ± 4 Bq/kg, 15 ± 1 Bq/kg, 277 ± 16 Bq/kg ve 70.1 bulmuşlardır. Briket için ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonları ve Radium eşdeğer aktivitesini sırasıyla 49.6 ± 0.3 Bq/kg, 91 ± 2 Bq/kg, 172 ± 4 Bq/kg ve 193.34 bulmuşlardır. Çakıl için iki farklı bölgede çalışılmış ve ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını ve Radium eşdeğer aktivitesini sırasıyla 24 ± 3 ile 19.4 ± 0.4 Bq/kg, 139 ± 13 ile 26 ± 2 Bq/kg, 1161 ± 108 ile 304 ± 23 Bq/kg, 312.51 ile 80.12 bulmuşlardır.

Baykara ve ark. (2007), Elazığ-Türkiye' de 14 farklı mermer numunesi ile yapılan çalışmada NaI(Tl)gama spektroskopisini kullanmışlardır. Aktivite konsantrasyonlarını ^{232}Th için 5.63 ± 0.60 Bq/kg ile 46.43 ± 1.74 Bq/kg aralığında, ^{238}U için 12.33 ± 0.80 Bq/kg ile 114.16 ± 2.45 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 435.97 ± 22.53 Bq/kg ile 2381.40 ± 53.75 Bq/kg aralığında bulmuşlardır. Radium eşdeğer aktivitesini ise 94.35 ± 2.85 ile 255.15 ± 4.42 aralığında bulmuşlardır. Doz oranını 55.50 nGy/h ile 123.44 nGy/h aralığında bulmuş olup dünya ortalamasının üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir (55nGy/h). Yıllık etkin doz eşdeğerini havada 0.23 mSv/y ile 0.60 mSv/y aralığında bulmuşlardır, dünya ortalamasının oldukça altında olduğunu ifade etmişlerdir (2.4 mSv/y). Ortalama Dış ortam tehlike indeksi (Hex) ve iç ortam tehlike indeksini (Hin) sırasıyla 0.43 ve 0.53 olarak bulmuşlardır.

Faheem ve ark. (2008), Pakistan- Punjab eyaletinde toprak ve yapı malzemeleri üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve aktivite konsantrasyonlarını ^{226}Ra için 20 ± 9 ile 43 ± 17 Bq/kg aralığında, ^{232}Th için 29 ± 8 ile 53 ± 9 Bq/kg aralığında ve ^{40}K için 98 ± 38 ile 621 ± 189 Bq/kg aralığında bulmuşlardır. Ortalama radyum eşdeğer aktivitesini 69 ± 25 ile 165 ± 32 Bq/kg aralığında, iç ve dış ortam tehlike

indeksini $0,18 \pm 0,09$ ile $0,45 \pm 0,09$ mSv ve $0,25 \pm 0,14$ ile $0,56 \pm 0,10$ mSv aralığında ve yıllık efektif doz eşdeğerini $0,10 \pm 0,08$ ile $0,39 \pm 0,07$ mSv aralığında bulmuşlardır.

Flores ve ark. (2008), Küba'daki meskenlerin yapı malzemelerinin doğal radyoaktivitesi ve gama doz oranları üzerine yaptıkları çalışmada p tipi eşekslenli HPGe dedektörü kullanmışlar ve aktivite konsantrasyonlarını ^{40}K için 9–857 Bq/kg aralığında; ^{226}Ra için 6–57 Bq/kg aralığında ve ^{232}Th için 1.2–22 Bq/kg aralığında bulmuşlardır. Radyum eşdeğer aktivitesinin 44 numune için 4 Bq/kg (ağaç) ile 272 Bq/kg (tuğla) arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Havadaki ortalama absorbe edilen doz hızını 43 nGy/h (Holguin) ile 73 nGy/h (Camagüey) aralığında bulmuşlardır.

Papaefthymiou ve ark. (2008), Yunanistan- Peloponnese' de kullanılan yapı malzemeleri üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanmış ve ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Enerji kalibrasyonunu, ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{155}Eu , ^{65}Zn , ^{54}Mn ve ^{125}Sb standart kaynakları ile yapmışlardır. ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu için ^{214}Bi (609.3 keV) ve ^{214}Pb (295.2 ile 352.0 keV), ^{232}Th için ^{228}Ac (911.1 keV) ve ^{212}Pb (583.1 keV) ve ^{208}Tl (238.6 keV) kullanmışlardır. ^{40}K için direkt 1460.8 keV fotopiki kullanmışlardır. 24 saat ölçümü gerçekleştirilen numunelerde aktivite konsantrasyonlarını ^{214}Bi için 0,8 Bq/kg, ^{214}Pb için 0,7 Bq/kg, ^{228}Ac için 1,0 Bq/kg, ^{212}Pb için 1,1 Bq/kg, ^{208}Tl için 1,2 Bq/kg ve ^{40}K için 20 Bq/kg olarak bulmuşlardır.

Turhan ve ark. (2008), Ankara'daki yapı malzemeleri üzerine yaptıkları çalışmada HPGe dedektörlü gama spektrometresini kullanarak ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını incelemişler ve sırası ile 0.5 ± 0.1 ile 144.9 ± 4.9 Bq/kg aralığında, 0.6 ± 0.2 ile 169.9 ± 6.6 Bq/kg aralığında ve 2.0 ± 0.1 ile 1792.3 ± 60.8 Bq/kg aralığında bulmuşlardır. Sonuçları incelediklerinde en düşük aktivite konsantrasyon değerlerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için sırasıyla 0.8 ± 0.5 Bq/kg, 0.9 ± 0.4 Bq/kg ve 4.1 ± 1.4 Bq/kg değerlerine sahip olan travertene ait iken en yüksek aktivite konsantrasyon değerlerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için sırasıyla 78.5 ± 18.1 Bq/kg değeriyle seramik fayansa, 77.4 ± 53.0 Bq/kg değeriyle granit fayansa ve 923.4 ± 161.0 Bq/kg değeriyle beyaz tuğlaya ait olduğunu görmüşlerdir.

2.13. Radyasyon Zırhlama ile İlgili Çalışmalar

Callan (1962), radyasyon zırhlama özelliklerini araştırmak üzere çeşitli beton türleri üzerinde gama ve nötron ışınlarını kullanarak çalışmalar gerçekleştirmiştir. Callon, normal (veya sıradan), limonit ($2,63 \text{ gcm}^{-3}$), içeriğinde demir hurdası ve pireks bulunan limonit ($3,6 \text{ gcm}^{-3}$), magnetit ($3,78 \text{ gcm}^{-3}$), içeriğinde sadece demir hurdası bulunan limonit ($4,41 \text{ gcm}^{-3}$) ve barit ($3,52 \text{ gcm}^{-3}$) türü 7 farklı ağır beton çeşidinin radyasyon zayıflatma özelliklerini gama ışınları 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 ışınlarına karşı iyi bir zırh malzemesi olabileceği sonucuna varmıştır.

Henrie (1962a), Kolemanit, borokalsit ve bor katkılı olmak üzere 3 çeşit ağır betonun radyasyon zırhlama özelliklerini gama ve nötronlar için sınamıştır. Bor katkılı ağır beton zırhlama açısından ve ekonomik açıdan uygun bir beton olduğunu ifade etmiştir.

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

Henrie (1962b), magnetit demir cevherini içeren yoğun betonların gama (1, 3, 5 ve 10 MeV enerjili) ve nötron zırhlama, fiziksel ve ekonomik özelliklerini araştırmıştır. Radyasyon zırhlama özelliğini betonun kimyasal içeriğinden faydalanarak hesaba dayalı olarak incelemiştir. Hesaplamalarını kalın demet dinamiğine (kolimasyonsuz) uygun olarak gerçekleştirmiştir. Nötronlar için deneysel yöntemle onda bir beton kalınlığını 7,6 inç ölçmüştür. Sonuç olarak da magnetit demir cevherini içeren betonların reaktör zırhlaması için fiziksel ve ekonomik açıdan uygun olduğu kanısına varmıştır.

Vasil'ev ve ark. (1966), reaktörlerde biyolojik bir zırh malzemesi olarak kullanılan magnezyum silikat kökenli bir mineral olan $1,62 \text{ gcm}^{-3}$ yoğunluklu serpentin mineralinin hızlı ve termal nötronlar ile gama radyasyonlarına karşı zayıflatma özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, hızlı nötronlar için zayıflatma katsayısını $0,0602 \text{ cm}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Termal nötronlar için durma (relaksasyon) mesafesini ise 15,2 cm olarak

tespit etmişlerdir. Araştırmacılar gama radyasyonları için sintilatör kullanarak durma mesafesini 22 cm olarak bulmuşlardır.

Sychev ve ark. (1967), çalışmalarında $3,48 \text{ gcm}^{-3}$ yoğunluklu hematit mineralinden elde edilmiş betonların su içeriğinin bir berilyum kaynağından saçılan nötronlara karşı zırhlama özelliğine etkisini incelemişlerdir. Nötron enerjilerini en küçüğü 170 MeV, en büyüğü 660 MeV olmak üzere toplam 5 farklı enerji değerinde seçmişlerdir. Sonuç olarak beton içindeki hidrojen miktarındaki izin verilen sınırlar çerçevesindeki artışın zırh kalınlığını incelttiğini bulmuşlardır.

Hubbell (1982), Atom numarası $Z=1$ (hidrojen) ile $Z=92$ (uranyum) arasındaki 40 elementin ve gama dozimetrisi açısından öneme sahip 45 farklı karışımın ve bileşiğin kütleli zayıflatma katsayılarını (μ/ρ) ve kütleli enerji zayıflatma katsayılarını (μ_{en}/ρ) 1 keV-20 MeV enerji aralığında hesaplayıp tablo halinde vermiştir. Karışım ve bileşikler için hesaplama yaparken karışım kuralını kullanmıştır. Ayrıca bu çalışmada 1973 yılında Scofield tarafından hesaplanan fotoelektrik tesir kesitlerine ufak bir düzeltme de yapılmıştır.

Igashira ve ark. (1986), yaptıkları çalışmada ağırlıkça %80-%20 parafin-borik asit karışımının hızlı nötron deneylerinde kullanılan gama ışını detektörü için iyi bir zırhlayıcı olacağını kabul ederek gama geçirim hesaplamalarını yapmışlar ve diğer materyallerle karşılaştırmışlardır. Ayrıca çalışma sonucunda bahsi edilen karışımın kurşun zırhla beraber kullanıldığında etkili bir nötron zırhı da olabileceğini ifade etmişlerdir.

Singh ve Batra (1987), pek çok nükleer fizik araştırmasında dozimetrik öneme sahip negatronun ve pozitronun kütleli zayıflatma katsayılarını 0,25 MeV-5 MeV enerji aralığında temel bazı soğurucular için hesaplayacak yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu yöntem bu radyasyonların maddeyle etkileşme mekanizmalarına ve farklı soğurucular için değişen geçirgenliklere bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Yaptıkları hesaplamaların sonuçlarının daha önceden alüminyum, bakır, gümüş ve kurşun için bildirilen deneysel değerlerle uyum içinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Makarious ve ark. (1989), normal, ilmenit ve ilmenitlimonit betonlar üzerinde yaptıkları radyasyon zırhlaması deneylerinde Mısır'da bulunan ET-RR-1 reaktöründen salınan birincil ve ikincil gama ışınları ile yavaş nötronlar kullanmışlardır. Gama dozu ölçümlerinde pasif LiF-7 Teflon disk TLD detektörler, yavaş nötron dozu ölçümlerinde LiF-6 Teflon disk TLD detektörler kullanmışlardır. Sonuç olarak ilmenit betonun ($\rho=4,6$

gcm-3) hem gama ışınlarının hem de yavaş nötronların zırhlıanmasında normal ve ilmenit-limonit karışımli betonlara göre üstün olduğunu ifade etmişlerdir.

Mudahar ve ark. (1991), yaptıkları kuramsal çalışmada radyasyon zırhlama açısından önemli bir parametre olan etkin atom numarasını (Zeff) sekiz farklı alaşım (tungsten çeliği, monel metali, çan metali, lehim, bronz alüminyum, bronz ordinary, platinrodyum-I ve platin-rodyum-II) için incelemişlerdir. İncelemede XCOM kodu kullanarak 10 keV-100 GeV foton enerji bölgesi için yapmışlardır. Çalışma sonucunda vardıkları sonuca göre tüm alaşımlarda Zeff başlangıçta artan enerjiyle artarak bir maksimuma ulaşmakta, daha sonra artan enerjiyle bir miktar azalma göstermekte ve sonra tekrar, fakat ilkinden daha az bir artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada üç tür foton etkileşmesi için Zeff'in enerjiye bağıllılığında incelemişlerdir. Gerçekleştirdikleri kuramsal çalışmada Singh ve Mudahar (1992), bazı alaşımlar, bileşikler, plastikler, biyolojik maddeler ve toprak için toplam foton zayıflatma katsayılarını XCOM kodu kullanarak hesaplamışlardır. Hesaplamalar 10 keV-100 GeV enerji aralığında gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak inkoherent saçılmanın baskın olduğu orta enerji seviyelerinde tüm bu maddeler için kütleli zayıflatma katsayısı hemen hemen sabit iken düşük ve yüksek enerjilerde örneklere ait katsayılar arasında önemli farklar ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir.

Mollah ve ark. (1992), ilmenit ve magnetit agregalı betonların nötron geçirim ve zayıflatma katsayıları üzerine yaptıkları çalışmada kaynak olarak ^{252}Cf , detektör olarak ise BF3 sayacını kullanmışlardır. Değişen beton kalınlığına bağı zayıflatma katsayısının ilmenit için 100 cm'de $0,0346\text{ cm}^{-1}$, 5 cm'de $0,0936\text{ cm}^{-1}$ ve magnetit için 100 cm'de $0,0366\text{ cm}^{-1}$, 5 cm'de $0,990\text{ cm}^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Bu malzemelerin reaktörlerde ve hızlandırıcılarda nötron zırhlı olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Teli ve ark. (1994), farklı yoğunluklardaki seyreltik NaCl çözeltilerinin doğrusal ve kütleli zayıflatma katsayılarını ^{57}Co ($E_\gamma = 123\text{ keV}$) kaynağı kullanarak hesaplamışlardır. Çalışmalarında zayıflatma katsayısı için karışım kuralını kullanmış ve üstel değişimin karışımlar için de geçerli olduğunu göstermişlerdir.

Bashter ve ark. (1996), çalışmalarında hematit-serpentin ve ilmenit-limonit türü betonların hem farklı enerjilerdeki (2-10 MeV) hızlı nötronlara hem de gama ışınlarına (1,5-6 MeV) karşı zırhlama özelliklerini ince demet geometrileri kullanarak

araştırmışlardır. Çalışmada stilben kristalli spektrometre kullanmışlardır. Çalışma sonucunda radyasyon akılarının artan beton kalınlığıyla azaldığını tespit etmişlerdir.

Bashter (1997), çalışmasında normal, hematit-serpentin, ilmenit-limonit, bazalt-magnetit, çelik talası ve çelik-magnetit içeren farklı yoğunluklu yedi farklı betonunu doğrusal ve kütleli zayıflatma katsayılarını 10 keV-1 GeV gama enerji aralığı için XCOM yazılımını kullanarak kuramsal yoldan hesaplayarak bunları 1,5 MeV – 6 MeV aralığındaki deneysel verileriyle karşılaştırmış ve bunların uyum içinde olduklarını görmüştür. Ayrıca çalışmada nötron zayıflatma katsayıları da belirlemiştir. Sonuç olarak ilmenitin limonitle birlikte agrega olarak kullanılmasıyla üretilen betonun her iki radyasyon türü için etkili bir zırh betonu olabileceğini belirtmiştir.

Nathuram (2000), barit, kurşun ve kurşun cam I-131, Cs-137, Co-60 gama radyonüklidleri ile 364 keV -1332 keV foton enerji aralığında deneysel ölçümler yaparak malzemelerin zayıflama katsayılarını araştırmıştır. Barit, kurşun ve kurşun camın zayıflatma katsayıları için elde edilen değerlere göre bu malzemeler zırhlama için kullanılacak radyasyon tesislerinde kalınlıkları belirlendikten sonra koruyucu olarak kullanılabilirliğini tespit etmiştir.

Akkurt ve ark. (2004), barit, mermer ve limra gibi Türkiye’de sık kullanılan yapı malzemelerinin toplam doğrusal ve kütleli zayıflatma katsayıları XCOM yazılımını kullanarak 1 keV-300 MeV enerji aralığında kuramsal olarak hesaplamışlardır. Bu sonuçları NaI(Tl) detektörünü kullanarak 0,662 MeV ve 1,33 MeV enerjileri için elde edilen deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak baritin diğerlerinden daha iyi bir gama soğurucu olduğunu ifade etmişlerdir.

Kılınçarslan (2004), BS20, BS30 ve BS40 tipi betonları mekanik ve radyasyon zırhlama özellikleri açısından incelemiştir. Tamamı normal agregadan üretilmiş kontrol betonları temel alınarak BS20, BS30 ve BS40 tipi betonları için en uygun karışım miktarlarını araştırmıştır. Barit oranı-basınç dayanımı açısından en uygun olanın BS20 tip beton olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada agrega miktarlarını belirli oranlarda değiştirerek betonların mekanik özelliklerinin yanı sıra gama zayıflatma özelliklerinin değişiminide inceleyerek, barit kullanılarak üretilen ağır betonların 0,662 ve 1,25 MeV enerjili gama ışınları için iyi bir zırhlayıcı olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmada Geiger-Müller sayacı kullanmıştır.

Akkurt ve ark. (2005a), atom numarası 1 ile 90 arasında olan elementlerin kısmi ve toplam kütleli zayıflatma katsayılarını 1 keV ile 100 GeV enerji aralığında hesaplanması üzerine çalışmışlardır. Kuramsal çalışma XCOM kodunu (v3.1) kullanarak yapmışlardır. Elde edilen kuramsal değerler bazı elementler için elde edilmiş deneysel sonuçlarla kıyaslanmış ve arada iyi bir uyum olduğu gözlenmiştir. Kütleli zayıflatma katsayılarının elementlerin atom sayılarıyla doğru, foton enerjisiyle ters orantılı olarak değiştiğini teyit etmişlerdir.

Akkurt ve ark. (2005b), tarafından gerçekleştirilen çalışmada barit (BaSO_4) minerali kullanılarak üretilmiş olan farklı yoğunluklu ağır betonların gama radyasyonu zırlama malzemesi olarak kullanımını incelemişlerdir. Farklı içerikli ve yoğunluklu betonların kütleli zayıflatma katsayıları 1 keV ile 100 GeV enerji bölgesinde XCOM programıyla hesaplatılıp 0,662 MeV ve 1,25 MeV gama enerjilerinde Geiger-Müller sayacı kullanmak suretiyle elde ettikleri deneysel değerlerle karşılaştırmışlardır. Ayrıca kütleli zayıflatma katsayılarına ait bu sonuçlar normal betonlara ait değerlerle de karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak barit katkısının betonun zayıflatma katsayısı üzerinde müspet etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Akkurt ve ark. (2006), normal ve barit içerikli agrega kullanılarak üretilmiş olan toplam 12 çeşit betonun toplam doğrusal zayıflatma katsayılarını 1 keV-100 GeV aralığında XCOM koduyla kuramsal olarak hesaplatmışlardır. Bu değerleri NaI(Tl) sintilatörü kullanarak 0,66 MeV ve 1,33 MeV için ölçtükleri deneysel sonuçlarla karşılaştırarak zırlamanın kalitesinin agrega miktarından ziyade agrega tipine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca barit içerikli betonların gama radyasyonu zırlama açısından önemli bir beton türü olduğu hükmüne varmışlardır.

Başığit ve ark. (2006), farklı agregalar kullanılarak üretilen altı tip betonun ^{60}Co kaynağından yayınlanan 1,25 MeV ortalama enerjili gama ışını için zayıflatma katsayılarının, betonlar üzerine uygulanan F-T (freezing-thawing) döngüsüyle değişimini incelemişlerdir. F-T döngüsünün tüm betonların toplam doğrusal zayıflatma katsayısını düşürdüğü sonucuna varmışlardır.

Kaçar (2006), 1 Mev ile 100 Mev enerji aralığında Kobalt 60 gama kaynağı kullanılarak yüksek yoğunluklu barit agregalı ağır beton ($3,2 \text{ gr/cm}^3$), normal beton ($2,35 \text{ gr/cm}^3$) ve kurşun ($11,34 \text{ gr/cm}^3$) gibi üç tip malzemeyi incelemiştir. Delphi programlama dili kullanılarak zırh kalınlıkları hesap programı geliştirmiştir. Uygulanan zırh kalınlığı

hesaplama programında kurşun barit agregalı ağır beton ve normal betondan oluşan zırhlar içerisinde hem kullanım kolaylığı ve ekonomikliğı hem de radyasyon tutuculuk özellikleri ile barit agregalı ağır betonları önermiştir.

Kılınçarslan ve ark. (2007), normal agrega yerine farklı oranlarda barit kullanarak üretilen C20, C30 ve C40 dayanım sınıfına sahip betonların lineer soğurma katsayısı, fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Barit oranının artışı ile lineer soğurma katsayısının arttığını tespit etmişlerdir. Baritin aşınma ve dayanım kaybının standart değerlerin altında olmasına karşın barit agregalı betonun basınç dayanımına önemli bir etkisi olmadığını, değişiklik göstermediğini tespit etmiştir.

Filiz ve ark. (2008), yaptığı çalışmada, hematit agregası kullanılarak radyasyona karşı kalkan bir beton üretmek amaçlamışlardır. Bu betonların kullanılacağı yapıların deprem vb. etkilere karşı koyabilmesi gerektiğinden dolayı radyasyon önlemede kullanılan betonların basınç dayanımının en az 45 MPa olarak ve 25 MV foton enerjisindeki transmisyon katsayısının bulunmasını amaçlamışlardır. Hematitin farklı oranlarda normal agrega ile yer değiştirilmesiyle üretilen ağır betonlarda, hematit oranının artması ile betonların γ ışını yutma katsayılarının arttığını ve hedeflenen minimum basınç dayanımının üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Jalali ve Mohammadi (2008), reaktörlerde ve nötron kaynaklarının zırhlanmasında kullanılan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, H_3BO_3 , CdCl_2 ve NaCl çözeltilerinin toplam kütleli zayıflatma katsayılarını MCNP nötron transport ve XCOM kodlarını kullanarak hesaplamışlar; sonuçları ^{137}Cs (661,66 keV), ^{60}Co (1173,238 ve 1332,5 keV) ve ^{152}Eu (778,9, 867,38, 964,1 1085,9, 1112,1, 1212,9, 1299,1 ve 1408 keV) radyoaktif kaynaklarını kullanarak elde ettikleri deneysel değerlerle kıyaslamışlardır. Deneysel çalışmalarda P-tipi HPGe detektör kullanmışlardır. H_3BO_3 'ün bu konuda diğer bileşiklerden üstün olduğunu göstermişlerdir.

Türkmen ve ark. (2008), çalışmalarında Portland çimentosu, zeolit, fırın cürufu, silika dumanı ve bunların çeşitli oranlarda birleşimlerinin kütleli zayıflatma katsayılarını 1MeV-2 MeV aralığında NaI(Tl) detektör ile ölçmüşlerdir. Çimento içerisine bu elemanların katkılarının zayıflatma katsayısına etkileri olduğunu bulmuşlardır.

Kharita ve ark. (2008), Suriye'de sık kullanılan agregalardan ürettikleri altı çeşit betonların gama ışınları (^{137}Cs ve ^{60}Co izotopları) ve nötronlar (Am-Be kaynağı) kullanarak zayıflatma katsayılarını araştırmışlardır. Bu betonlar siyah kumsal kumu,

hematit, dolamit, serpentin ve bunların kumsal kumuyla çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla üretilmişlerdir. Araştırmacılar hematitli betonların her iki radyasyon türünün zırhlanması için daha uygun olduğunu göstermişlerdir.

Kharita ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, karbon tozu ve Hematit agregasından yapılmış beton özelliklerini ve radyasyon zırhlamasını araştırmışlardır. Toz, farklı yüzdelerde ilave ederek ve hazırlanan betonların mekanik ve radyasyon zayıflama özelliklerini belirlemişlerdir. Bu, betonun %6 karbon tozu ilavesinin yaklaşık %15 beton gücünü artırabilir olduğu bulmuşlardır. Koruyucu etkinliği artan karbon tozu oranı ile gamma ve nötronlarını hem de azalttığını ifade etmişlerdir. Ancak gama ışınları ve nötronlar hem de etkinlik koruyucu olarak kaybı %6 karbon tozu ilavesi için ölçü hatası aralığında olduğunu ifade etmişlerdir. Deneysel ölçümler için benzetim nötron karşı koruyucu etkinliği üzerine karbon tozu etkisini anlamak için, Monte Carlo MCNP kodu kullanılarak gerçekleştirilmişlerdir.

Akkurt ve ark. (2010b), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda barit içeren betonların üç gama enerjisi için (662, 1172 ve 1332 keV) toplam doğrusal zayıflatma katsayılarını incelemişlerdir. Ayrıca betonların HVL (yarı kalınlık) ve mfp (ortalama serbest yol) özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçları XCOM kodu kullanılarak 10-3 – 105 MeV enerji aralığında hesaplananlarla kıyaslamışlardır. Barit oranının artmasıyla betonun zayıflatma kabiliyetinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Akkurt ve ark. (2010c), barit kullanarak üretilen ağır betonlar ve kurşun (Pb, Z=82) üzerine ^{137}Cs ve ^{60}Co kaynakları ve NaI(Tl) sintilasyon detektörü kullanarak yaptıkları çalışmada toplam doğrusal zayıflatma katsayılarını 0,662 MeV, 1,172 MeV ve 1,332 MeV enerjileri için belirlemişlerdir. Deneysel sonuçları 1 keV-100 GeV aralığından elde edilen XCOM değerleriyle kıyaslamışlardır. Kurşun kadar olmasa da baritin ve barit agregalı ağır betonların iyi birer gama soğurucu olduğu bilgisine ulaşmışlardır.

Korkut ve ark. (2010), yaklaşık %90 oranında silikon içeren ametist mineralinin ve radyasyon zırhlamaya uygunluğu bilinen bir beton türünün 276, 303, 356, 383, 663, 1250 2000 ve 6000 keV gama enerjilerindeki doğrusal zayıflatma katsayılarını FLUKA Monte Carlo ve XCOM kodlarını kullanarak elde etmişlerdir. Bu iki kodla elde edilen sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğunu gözlemlemişlerdir. Ametist mineralinin betona göre daha iyi bir soğurucu olduğu sonucuna varmışlardır.

Erdem ve ark. (2010), gerçekleştirdikleri çalışmada; kurşun içerikli metalurjik bir katı atık kullanılarak üretilen yeni bir malzemenin gama radyasyonlarına karşı kütleli zayıflatma katsayısı (μ/ρ) üzerinedir. Çalışmada kuramsal hesapları WinXCOM kodu ile, deneysel sonuçları ise 88-1332 keV arasındaki gamalar kullanarak elde etmişlerdir. Sonuç olarak bu malzemenin binalarda radyasyon zırh maddesi olarak kullanılmasının uygun olduğu kanısına varmışlardır.

Akkurt ve ark. (2010d), Manisa yöresinden elde edilen zeolit mineralinin farklı oranlarını içeren (%0, %10, %30 ve %50) hafif betonlar üzerine üç farklı enerjide (662, 1172 ve 1332 keV) zayıflatma deneyleri yaparak betondaki zeolit oranının doğrusal zayıflatma katsayısı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda artan zeolit oranının toplam doğrusal zayıflatma katsayısı üzerinde menfi etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Demir (2010), Dünya rezervlerinin büyük kısmı ülkemizde olan borun üç önemli kaynağı olan tinkal, üleksit ve kolemanit minerallerinin kütleli zayıflatma katsayılarını gama ışınları için ^{241}Am (59,54 keV) kaynağını kullanarak deneysel yöntemle ve XCOM kodu kullanarak kuramsal yöntemle incelemiştir. Bu minerallerin gama radyasyonu zırlamasında kullanılabileceği yargısına varmıştır.

Akyıldırım (2011), farklı agregalardan üretilmiş dört tip ağır betonun gama radyasyonu zırlama özelliklerini incelemiştir. Çalışmada tek tip hafif betonun ($\rho=2,476 \text{ gcm}^{-3}$), olivin kullanılarak üretilmiş tek tip ağır betonun ($\rho=2,72 \text{ gcm}^{-3}$) ve farklı oranlarda barit kullanılarak üretilmiş iki tip ağır betonun ($\rho=2,994$ ve $\rho=3,463 \text{ gcm}^{-3}$) gama radyasyonu zayıflatma özellikleri araştırmış, sonuçları standart zırh malzemesi olan kurşun için elde edilenlerle karşılaştırmıştır. Ayrıca barit oranının betonların radyasyon zayıflatma özellikleri üzerine etkisi de incelenmiştir. Deneylerde 0,662, 1,173 ve 1,332 MeV enerjili gama ışınlarının ölçümünü NaI(Tl) sintilasyon detektörüyle yapmıştır. Zayıflatma katsayılarının kuramsal hesapları ise 10-3-105 MeV aralığında XCOM kodu ile gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda barit içeren ağır betonların gama zayıflatma özellikleri açısından diğer betonlardan üstün olduklarını belirlemiştir. Bununla birlikte, beton içindeki artan barit oranının zayıflatma özelliklerini olumlu yönde etkilediğini gözlemlemiştir.

Sevinç (2011), barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomzayı içeren harçların ve betonların dayanım ve dayanıklılığını araştırmıştır. Çimento ve ince

agrega yerine barit, kolemanit, yüksek fırın cürufu ve pomza farklı yüzdelerde kullanmıştır. Harç numunelerin 7, 28, 180 günlük basınç dayanımı ve eğilme dayanımı gibi mekanik etkileri araştırmıştır. Harç numunelerin 180 ve 360 gün %5 Sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi içerisinde kimyasal etkileri araştırmıştır. Beton numunelerin 7, 28, 180 günlük basınç dayanımı, Ultrasonik hız testi ile basınç dayanımı, Schmidt Çekici ile basınç dayanımı, aşınma dayanımı, permeabilite ve donma- çözülme etkisi gibi mekanik ve fiziksel etkileri araştırmıştır. Beton numunelerin 180 ve 360 gün %5 Sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi içerisinde etkileri araştırmıştır. Ayrıca 12x12x2 cm üretilen harçların radyasyon geçirgenliğinin tespiti için Am-241 gama ışını kaynağı kullanmıştır. Deneysel olarak harçların lineer soğurma katsayılarını bulmuştur. Yapılan çalışmada kolemanit katkılı harç ve betonda basınç dayanımı, donma-çözülme etkisi, aşınma dayanımı, sülfat etkisine karşı dayanımı ve su geçirimsizliği gibi birçok özelliğine olumlu katkılarda bulunduğu deneysel olarak gözlemlemiştir. Bu sonuçların kolemanitin beton ve çimentoya katkı olarak kullanımı, çimento ve beton özelliklerini daha da geliştirilebileceğini göstermiştir. Ancak kolemanit katkılı harçların radyasyon zırhlaması için lineer soğurma katsayısı en düşük değerlere sahip olduğunu ifade etmiştir. Barit katkılı harçların lineer soğurma katsayısı en yüksek değerlere sahip olduğunu bulmuştur. Pomza ve cürufun belirli oranlarda kullanılması ile radyasyon soğurmada etkili olduğu görmüştür.

Seven (2011), Bu çalışmada kurşun bölme duvara alternatif olarak radyasyon tutuculuk özelliği yüksek baritli hazır sıva kaplamaları üretmiştir. Eğilme dayanımını yükseltebilmek için barit agregasıyla elyaf lifli ve çelik lifli hazır sıva kaplama elemanları üretmiştir. Barit agregalı hazır sıva kaplamalarının basınç dayanımları, eğilme dayanımları ve radyasyon tutuculuk özelliklerini araştırmıştır. Ayrıca görüntü işleme yöntemi ile bu malzemelerin radyasyon tutuculuk özelliklerini incelemiştir. Üretilen baritli hazır sıva kaplamalarından görüntü işleme teknikleri ile alınan dijital görüntü sayesinde baritli hazır sıva kaplamalarının normal betona göre radyasyon tutuculuğu, elyaf lifin beton içerisinde dağılışını tespit etmiştir. Barit agregası kullanılarak üretilen küp numunelerin basınç dayanımları, alçı kullanılarak üretilen küp numunelerin dayanımlarından daha yüksek çıktığını ifade etmiştir. Eğilme dayanımları için çelik lif kullanılarak üretilen baritli hazır sıva kaplamalarının eğilme dayanımları lif kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme dayanımından yüksek çıktığını fakat elyaf lif kullanılarak üretilen numunelerin ise lif kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından düşük çıktığını gözlemlemiştir. Alçı ile üretilen numunelerin eğilme dayanımlarına bakıldığında da elyaf

lif kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları lif kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından düşük çıkmıştır. Ayrıca alçı ile üretilen numunelerin eğilme dayanımları barit ile üretilen numunelerin eğilme dayanımlarında düşük çıktığını gözlemlemiştir. Görüntü işleme için üretilen numunelerin röntgen filmlerinin histogram adlı programda işlenmesi ile elde edilen veriler sayısal değerlere dönüştürüldüğünde barit ile üretilen numunelerin alçı ile üretilen numunelere kıyasla radyasyon tutuculuk özelliğinin yüksek olduğunu ifade etmiştir. Radyasyon tutuculuk deneyi ile bulunan sonuçlar görüntü işleme deneyi sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılarak aralarında bir korelasyon kurmuştur. Kurulan korelasyon ile her iki deneyde elde edilen verilerin birbiri ile paralellik gösterdiğini ifade etmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3. 1. Materyal

Bu çalışmada farklı tip mineral katkılı beton için silis dumanı, perlit, kolemanit, uçucu kül, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, asidik pomza ve bazik pomza, katkılı harçlar ve betonlar üretilmiştir. Kum boyutunda farklı tip beton için barit, bazik pomza, bazalt, kalker, hematit ve demirtozu katkılı harçlar ve betonlar üretilmiştir. Bazı yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliğine bakılmıştır. Üretilen numunelerin basınç dayanımı ve durabilite ile ilgili mühendislik özellikleri araştırılarak radyasyon geçirgenliğine bakılmıştır.

3.1.1. Agregat

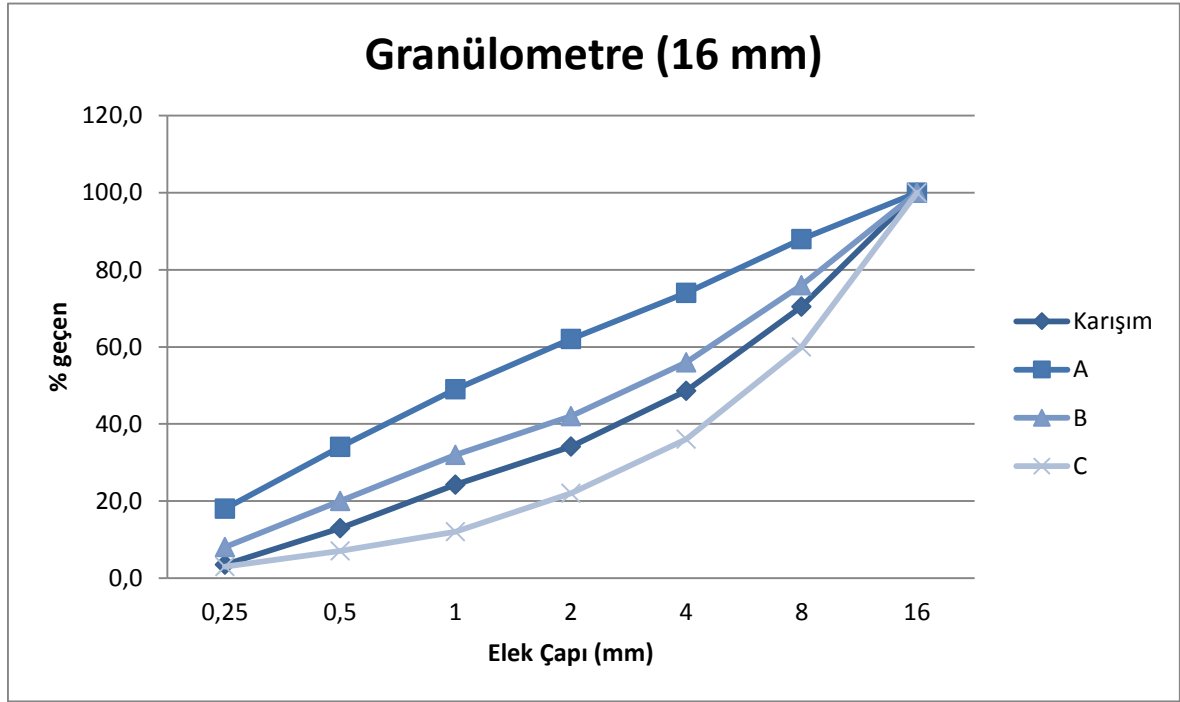
Deney çalışmalarında Aksu nehri yatağından çıkarılan yıkanmış ve elenmiş 0-4 mm arası Aksu kumu, 4-16 mm ve 16-32 mm kırma taş çakıl kullanılmıştır. Beton karışımlarında kullanılan agreganın maksimum tane çapı 32 mm yıkanmış olup ve etüvde kurutulduktan sonra kullanılmıştır. Agregaların su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS 3526 'ya göre iri çakıl için Arşimet terazisi ve kum için ise piknometre yöntemine göre rastgele alınmış numuneler üzerinde yapılmıştır. Özgül ağırlık ve su emme oranı deneyi bulguları her grup agregalar için bulunmuştur. TS 706 EN 12620 'da beton agregalarının özgül ağırlığı için bir limit değer getirilmemiştir. Ancak betonda kullanılacak agregaların özgül ağırlığının 2,55 kg/dm³ den büyük seçilmesinin iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan agregaların granülometrisi Şekil 3.1.'de verilmiştir.

TS-3529' a göre gevşek, sıkışık birim ağırlık ve kompasite deneyleri yapılmıştır (Çizelge 3.1). İnce ve iri agregaların gevşek, sıkışık ve kompasite deneyleri standartlara sonuçları uygundur.

Çizelge 3.1. Agregaların fiziksel özellikleri

Özellik	İnce Agregat	Kaba Agregat
Özgül Ağırlık	2,65	2,70
Sıkışık Birim Ağırlık	1,90	1,79
Gevşek Birim Ağırlık	1,70	1,65
Su Emme Kapasitesi (%)	2,30	1,32

Elek analizi için agrega deneyleri yapmak üzere saklanan numuneler, TS 3530 EN 933-1'e uygun olarak etüve konulmuş, 24 saat sonra etüvden çıkarılmıştır. Deney elekleri, yukarıdan aşağıya doğru göz açıklıkları giderek küçülecek şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Kurutulup tartılmış deney numunesi en üstteki eleğin içine konmuş ve eleme işlemi yapılmıştır. Eleme işlemi sonunda her elekte kalan malzeme 0,1 gr duyarlıkta tartılmıştır. Agregra granülometrisi standarda uygundur (TS 706 EN 12620).



Şekil 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan agregaların granülometrisi

3.1.2. Çimento

Deneysel çalışmalarda, Çimsa Çimento Sanayi A.Ş. Mersin Çimento fabrikasında üretilen CEM I 42,5R Portland Çimento kullanılmıştır. Kullanılan Portland çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'de verilmektedir. Kullanılan Portland çimentosunun kimyasal ve fiziksel analizi Mersin Çimsa çimento tesislerinde yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Çimentonun kimyasal analizi

Kimyasal analiz sonuçları	
Bileşenler	%
SiO ₂	20,02
Al ₂ O ₃	4,87

Çizelge 3.2. Çimentonun kimyasal analizi (Devamı)

Fe ₂ O ₃	3,44
CaO	62,49
MgO	2,81
Na ₂ O+K ₂ O	0,91
SO ₃	2,86
Serbest CAO	0,48
Kızdırma Kaybı	2,04

Çizelge 3.3. Çimentonun fiziksel analizi

Fiziksel analiz sonuçları	
Özgül Ağırlık (kg/cm ³)	3,16
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3763
İncelik	
45 µ Elek Üzerinde Alan (%)	03,5
90 µ Elek Üzerinde Kalan (%)	0,1

3.1.3. Farklı mineral katkılı beton ve harç numuneleri için kullanılan mineraller

Bu çalışmada farklı tip mineral katkılı beton ve harç numuneleri için asidik pomza (AP), bazik pomza (BP), yüksek fırın cürufu (Y), uçucu kül (U), silis dumanı (S), kolemanit (K) ve perlit (P) öğütülmüş mineralleri kullanıldı. Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler; öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve öğütülmüş bazaltik pomza İskenderun Adana çimento fabrikasından, öğütülmüş kolemanit Etimaden A.Ş. Bigadiç bor tesisinden, perlit Saftaş Madencilikten, uçucu kül için Elbistan Termik Santralinden temin edildi. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Deneysel çalışmada kullanılan kolemanit, yüksek fırın cürufu, silis dumanı, perlit, bazaltik pomza, uçucu kül

Asidik pomza, bazaltik pomza, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, kolemanit ve perlit'in kimyasal içerikleri Çizelge 3.4'de, fiziksel analizleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. Kimyasal analizler limak Beton tarafından yapılmıştır.

Çizelge 3.4. Asidik pomza, bazaltik pomza, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, kolemanit ve perlit'in kimyasal analizi

Bileşenler (%)	Asidik pomza	Bazaltik Pomza	Yüksek Fırın Cürufu	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Kolemanit	Perlit
SiO ₂	66,12	47,63	43,71	35,84	79,62	4,00	72,93
Al ₂ O ₃	15,23	15,99	11,14	15,90	2,01	0,40	13,98
Fe ₂ O ₃	3,18	11,24	1,21	5,67	0,70	0,08	0,60
CaO	4,98	9,65	32,28	20,93	0,56	26,00	0,81
MgO	2,13	8,05	8,42	5,83	8,66	3,00	0,43
SO ₃	0,38	-	-	3,31	0,23	-	0,03
Na ₂ O+K ₂ O	5,85	-	-	5,00	3,69	0,35	8,43
SrSO	-	-	-	-	-	1,50	-
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	40,00	-
Kızdırma Kaybı	2,13	0,73	-	4,03	-	24,60	2,01

Çizelge 3.5. Asidik pomza, bazaltik pomza, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, kolemanit ve perlit'in fiziksel analizi

	A.pomza	B.Pomza	YFC	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Kolemanit	Perlit
Özgül Ağırlık	2,02	2,91	2,86	2,01	2,02	2,47	2,9
Boyut	3540 Blaine	3710 Blaine	5500 Blaine	1805 blaine	-	75 Mikron	180 mikron

3.1.4. Agregalarına göre beton ve harç numuneleri için kullanılan mineraller

Kum boyutunda farklı tip beton ve harç numuneleri için bazaltik pomza (BP), barit (BA), bazalt (BZ), kalker (KA), hematit (H) ve demirtozu (D) mineralleri kullanıldı. Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler; bazaltik pomza Osmaniye, barit Muş, hematit Malatya Hekimhan, bazalt ve kalker Kahramanmaraş Limak Madencilik tesisinden, Demir Tozu K.Maraşta'ki demir haddehanelerinden temin edildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Deneysel çalışmada kullanılan barit, pomza, kalker, hematit, bazalt ve demir tozu

Bazaltik Pomza (BP), Barit (BA), Bazalt (BZ), Kalker (K) Hematit (H), ve Demir Tozu (D) kimyasal içerikleri Çizelge 3.6.'de, fiziksel analizleri Çizelge 3.7.'de verilmiştir. Kimyasal içerikler; Limak Beton tesislerinde yapılmıştır.

Çizelge 3.6. Bazaltik pomza, barit, bazalt, kalker, hematit, demir tozu' nun kimyasal analizi

Bileşenler %	B. Pomza	Barit	Bazalt	Kalker	Hematit	Demir tozu
SiO ₂	41,41	4	42,41	2,67	0.17	-
Al ₂ O ₃	12,97	0,84	14,35	0,99	1,2	1,97
Fe ₂ O ₃	11,41	0,7	11,95	0,54	65,95	90,14
CaO	13,73	1,7	10,46	29	0,24	0,32
MgO	7,76	0,3	7,92	20,32	0,68	0,04
Na ₂ O+K ₂ O	-	0,8	6,57	1,17	1,69	2,06
SrSO	-	0,65	-	-	-	-
BaSO ₄	-	89,56	-	-	-	-
MnO	-	0,42	-	-	-	-
B ₂ O ₃	-		-	-	-	-
Kızdırma Kaybı	3,22	1,03	3	44,85	4,09	3

Çizelge 3.7. Bazaltik pomza, barit, bazalt, kalker, hematit, demir tozu'nun fiziksel analizi

	B.Pom za	Barit	Bazalt	Kalker	Hematit	Demir Tozu
Özgöl Ağırlık	2,07	3,90	2,7	2,63	4,8	7,85
Boyut	0-4 mm	0-4 mm	0-4 mm	0-4 mm	0-4 mm	0-4 mm

3.1.5. Yapı malzemeleri

Kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR), Tuğlası (AT), kremit (K), fiber glass (FG), Duvar kaplama (DK), alçıpan duvar (APD), alçıpan tavan (APT), parke (P), parke altı (PA), ytong (YT), pvc tavan (PVC), pvc kapı (PVCK), köpük tavan (KPT), köpük taban (KTB), osb (OSB), mdf (MDF), ahşap ve seramik yapı malzemelerini yapı marketler ve üretim tesislerinden alındı (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yapı malzemeleri

3.2. Metot

3.2.1. Beton numunelerin hazırlanması

3.2.1.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin hazırlanması

TS 802'ye uygun olarak yapılan beton karışımında çimentonun yerine % 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında silis dumanı (S), perlit (P), %10, 20, 30, 40, 50 oranlarında yüksek fırın cürufu (Y), asidik (AP), uçucu kül (U) ve bazaltik pomza (BP), % 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 ve 2,5 oranlarında kolemanit (K) kütlece ikame edilmiş ve kontrol örneği dâhil 36 çeşit örneğin karışım hesabı yapıldı. Çimento içinde % 2 veya daha fazla kolemanit katılması halinde çimento fiziksel özelliklerinde istenilmeyen bozukluklar meydana geldiği gözlemlendi. % 2 kolemanit katkılı betonları priz süresi gecikmekte, basınç dayanımında %28'e varan azalmalar olmaktadır. % 5'ten daha fazla kolemanit içeren çimentolar ise hem priz süresi, hem de dayanım değerleri bakımından standart dışı kaldığı gözlemlendi. Bu durum optimum kolemanit katkısının çimento ağırlığının % 1'i civarında olduğunu göstermektedir.

Kolemanit ikamesi diğerlerinden farklı olarak % 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 ve 2,5 olarak seçildi. Numunelerin isimleri, karışım oranları ve kullanılan malzemeler Çizelge 3.8'de verilmiştir. Hazırlanan karışım ağırlıklarına göre agregalar ve çimento hassas bir şekilde tartılarak karıştırılmıştır.

Çizelge 3.8. 1 m³ farklı mineral katkılı beton karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri

Numune Adı	Beton Bileşenleri					Yaş Beton Özellikleri		
	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	İri Arega (kg/m ³)	Katkı (kg/m ³)	Slump (mm)	Yoğunluk (t/m ³)	Beton Isısı (°C)
R	320	160	763	1159	-	74	2,47	19
AP10	288	160	763	1159	32	62	2,48	19
AP20	256	160	763	1159	64	58	2,47	19
AP30	224	160	763	1159	96	51	2,48	18
AP40	192	160	763	1159	128	46	2,47	18
AP50	160	160	763	1159	160	35	2,47	18
BP10	288	160	763	1159	32	64	2,47	18
BP20	256	160	763	1159	64	57	2,47	18
BP30	224	160	763	1159	96	50	2,46	17
BP40	192	160	763	1159	128	42	2,46	17
BP50	160	160	763	1159	160	36	2,48	17
Y10	288	160	763	1159	32	70	2,47	18

Çizelge 3.8. 1 m³ farklı mineral katkılı beton karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri (Devamı)

Y20	256	160	763	1159	64	64	2,47	17
Y30	224	160	763	1159	96	58	2,48	17
Y40	192	160	763	1159	128	54	2,47	17
Y50	160	160	763	1159	160	47	2,48	16
U10	288	160	763	1159	32	68	2,46	18
U20	256	160	763	1159	64	63	2,48	18
U30	224	160	763	1159	96	58	2,48	17
U40	192	160	763	1159	128	51	2,48	17
U50	160	160	763	1159	160	46	2,49	17
S5	304	160	763	1159	16	67	2,47	19
S10	288	160	763	1159	32	60	2,47	20
S15	272	160	763	1159	48	53	2,48	20
S20	256	160	763	1159	64	46	2,48	20
S25	240	160	763	1159	80	38	2,48	21
K0.5	318,4	160	763	1159	1,6	75	2,49	18
K1.0	316,8	160	763	1159	3,2	77	2,48	18
K1.5	315,2	160	763	1159	4,8	80	2,47	17
K2.0	313,6	160	763	1159	6,4	81	2,47	17
K2.5	312	160	763	1159	8	83	2,47	16
P5	304	160	763	1159	16	69	2,48	18
P10	288	160	763	1159	32	64	2,48	18
P15	272	160	763	1159	48	60	2,47	18
P20	256	160	763	1159	64	54	2,49	17
P25	240	160	763	1159	80	50	2,47	17

3.2.1.2. Agregalarına göre beton numunelerin hazırlanması

TS 802'ye uygun olarak yapılan beton karışımında ince agreganın yerine % 10, 20, 30 ,40 ve 50 oranlarında barit (BA), pomza (BP), kalker (KA) bazalt (BZ), hematit (H) ve demirtozu (D) yüksek kütlece ikame edildi ve kontrol örneği dâhil 31 çeşit örneğin karışım hesabı yapıldı. Numunelerin isimleri, karışım oranları ve kullanılan malzemeler Çizelge 3.9'da verildi. Bulunan karışım ağırlıklarına göre agregalar ve çimento hassas bir şekilde tartılarak karıştırıldı.

Çizelge 3.9. 1 m³ agregalarına göre beton karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri

Örnek Adı	Beton Bileşenleri					Yaş Beton Özellikleri		
	Su (kg/m ³)	Çimento (kg/m ³)	İri Agrega (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	İkame (kg/m ³)	Slump (mm)	Yoğunluk (t/m ³)	Beton Isısı (°C)
R	320	160	1159	763	-	72	2,5	20
BP10	320	160	1159	686,7	76,3	68	2,48	20
BP20	320	160	1159	610,4	152,6	64	2,47	20
BP30	320	160	1159	534,1	228,9	61	2,44	20
BP40	320	160	1159	457,8	305,2	55	2,43	20
BP50	320	160	1159	381,5	381,5	49	2,41	20
BA10	320	160	1159	686,7	76,3	72	2,51	20
BA20	320	160	1159	610,4	152,6	74	2,53	20
BA30	320	160	1159	534,1	228,9	75	2,54	20
BA40	320	160	1159	457,8	305,2	78	2,56	20
BA50	320	160	1159	381,5	381,5	80	2,59	20
BZ10	320	160	1159	686,7	76,3	72	2,49	20
BZ20	320	160	1159	610,4	152,6	68	2,51	20
BZ30	320	160	1159	534,1	228,9	63	2,5	20
BZ40	320	160	1159	457,8	305,2	60	2,52	20
BZ50	320	160	1159	381,5	381,5	58	2,5	20
KA10	320	160	1159	686,7	76,3	70	2,48	20
KA20	320	160	1159	610,4	152,6	65	2,5	20
KA30	320	160	1159	534,1	228,9	61	2,51	20
KA40	320	160	1159	457,8	305,2	58	2,5	20
KA50	320	160	1159	381,5	381,5	54	2,5	20
H10	320	160	1159	686,7	76,3	75	2,52	20
H20	320	160	1159	610,4	152,6	81	2,57	20
H30	320	160	1159	534,1	228,9	87	2,63	20
H40	320	160	1159	457,8	305,2	90	2,69	20

Çizelge 3.9. 1 m³ agregalarına göre beton karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri (Devamı)

H50	320	160	1159	381,5	381,5	95	2,75	20
D10	320	160	1159	686,7	76,3	78	2,53	20
D20	320	160	1159	610,4	152,6	85	2,54	20
D30	320	160	1159	534,1	228,9	91	2,58	20
D40	320	160	1159	457,8	305,2	94	2,61	20
D50	320	160	1159	381,5	381,5	100	2,67	20

Taze betonun işlenebilirliğini, akıcılığını tespit etmek amacıyla çökme deneyi yapıldı. Bunun için birçok yöntem geliştirilmiş olmakla beraber en çok kullanılan yöntem, slump hunisi denilen bir aletle yapılan çökme deneyidir.

Slamp deneyinde standart slump hunisi kullanıldı. Beton, bu huninin üzerine yerleştirilen doldurma başlığından 3 tabaka şeklinde yerleştirildi ve her bir tabaka 25 defa şişlenmek suretiyle sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işleminden sonra huninin üst yüzeyi mala yardımıyla düzeltilmiş ve 5-10 saniyelik bir süre içerisinde huni çekilerek yığının yanına koyulmuştur. Deney aletleri ve slump deneyi Şekil 3.6.'de verildiği gibidir. Hazırlanan deney örnekleri aynı şartlarda, normal sıcaklıkta çeşme suyu dolu kür havuzunda saklandı. Şekil 3.5.'de beton numunelerinin saklandığı kür havuzu görülmektedir.

Numuneler için hazırlanan beton karışımları TS EN 12390-2'deki esaslar dikkate alınarak yapılmıştır. TS EN 12390-2'de öngördüğü şekilde hazırlanan beton harmanlarından alınan deney örneklerinin betonun tüm özelliklerini taşımasına dikkat edilmiştir.

Beton laboratuvarında yapılan deneylerde etüv, hassas terazi, elek seti, harman karıştırma teknesi, el arabası, slump hunisi, şişleme çubuğu, ölçekli cam kaplar, kürek, kova, kepçe, mala, master ve lastik eldivenler kullanılmıştır. Daha önce de söz edilen çimento ve agregalar laboratuvarında kuru bir yerde muhafaza edildi.



Şekil 3.5. Numunelerin saklandığı kür havuzu



Şekil 3.6. Deney aletleri ve slump deneyi

3.2.2. Harç numunelerin hazırlanması

3.2.2.1. Farklı mineral katkılı harç numunelerin hazırlanması

TS EN 196-1 'ye uygun olarak yapılan harç karışımında çimento yerine % 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında silis dumanı (S), perlit (P), %10, 20, 30, 40, 50 oranlarında yüksek fırın cürufu (Y), asidik (AP), uçucu kül (U) ve bazaltik pomza (BP) % 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 ve 2,5 oranlarında kolemanit (K) kütlece ikame edilerek kontrol örneği dâhil 36 çeşit karışım hesabı yapıldı. 12x12x2 cm boyutundaki numunelerin isimleri, karışım oranları ve kullanılan malzemeler Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Karışım ağırlıklarına göre kullanılan malzemeler hassas bir şekilde tartılarak karıştırıldı. Hazırlanan deney numuneleri aynı şartlarda, normal sıcaklıkta çeşme suyu dolu kür havuzunda saklandı.

Çizelge 3.10. Farklı mineral katkılı harç karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri

Örnek Adı	Harç Bileşenleri			
	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	Katkı (kg/m ³)
R	450	225	1350	0
AP10	405	225	1350	45
AP20	360	225	1350	90
AP30	315	225	1350	135
AP40	270	225	1350	180
AP50	225	225	1350	225
BP10	405	225	1350	45
BP20	360	225	1350	90
BP30	315	225	1350	135
BP40	270	225	1350	180
BP50	225	225	1350	225
Y10	405	225	1350	45
Y20	360	225	1350	90
Y30	315	225	1350	135
Y40	270	225	1350	180
Y50	225	225	1350	225
U10	405	225	1350	45
U20	360	225	1350	90
U30	315	225	1350	135
U40	270	225	1350	180
U50	225	225	1350	225
S5	427,5	225	1350	22,5
S10	405	225	1350	45
S15	382,5	225	1350	67,5
S20	360	225	1350	90
S25	337,5	225	1350	112,5
K0.5	447,75	225	1350	2,25
K1.0	445,5	225	1350	4,5
K1.5	443,25	225	1350	6,75
K2.0	441	225	1350	9
K2.5	438,75	225	1350	11,25
P5	427,5	225	1350	22,5
P10	405	225	1350	45
P15	382,5	225	1350	67,5
P20	360	225	1350	90
P25	337,5	225	1350	112,5

3.2.2.2. Agregalarına göre harç numunelerin hazırlanması

TS EN 196-1 'ye uygun olarak yapılan harç karışımında ince agreganın yerine % , 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında pomza (BP), barit (BA), bazalt (BZ), kalker (KA), hematit (H) ve demirtozu (D) küttele ikame edildi ve kontrol örneği dâhil 31 çeşit örneğin karışım hesabı yapıldı. 12x12x2 cm boyutundaki numunelerin isimleri, karışım oranları ve kullanılan malzemeler Çizelge 3.11.'de verilmiştir.

Karışım ağırlıklarına göre kullanılan malzemeler hassas bir şekilde tartılarak karıştırıldı ve kalıplara döküldü (Şekil 3.7). Hazırlanan deney numuneleri aynı şartlarda, normal sıcaklıkta çeşme suyu dolu kür havuzunda saklandı ve etüve bırakıldı (Şekil 3.8).

Çizelge 3.11. Agregalarına göre harç karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri

Örnek Adı	Beton Bileşenleri			
	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	Katkı (kg/m ³)
R	450	225	1350	0
BP10	450	225	1215	135
BP20	450	225	1080	270
BP30	450	225	945	405
BP40	450	225	810	540
BP50	450	225	675	675
BA10	450	225	1215	135
BA20	450	225	1080	270
BA30	450	225	945	405
BA40	450	225	810	540
BA50	450	225	675	675
BZ10	450	225	1215	135
BZ20	450	225	1080	270
BZ30	450	225	945	405
BZ40	450	225	810	540
BZ50	450	225	675	675
KA10	450	225	1215	135
KA20	450	225	1080	270
KA30	450	225	945	405
KA40	450	225	810	540
KA50	450	225	675	675
H10	450	225	1215	135
H20	450	225	1080	270
H30	450	225	945	405

Çizelge 3.11. Agregalarına göre harç karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri (Devamı)

H40	450	225	810	540
H50	450	225	675	675
D10	450	225	1215	135
D20	450	225	1080	270
D30	450	225	945	405
D40	450	225	810	540
D50	450	225	675	675



Şekil 3.7. Harç numunelerinin karıştırılması ve kalıplara dökülmesi



Şekil 3.8. Harç numunelerinin kür havuzunda beklemesi ve etüve bırakılması

3.2.3. Beton numunelerin basınç dayanımı

Beton basınç dayanımı 10 cm boyutlarındaki standart küp numuneler kullanılarak saptandı (Şekil 3.9). Numuneler hazırlanırken, taze beton kalıplara konmadan kalıpların iç yüzeyi hafifçe yağlanmış beton küp kalıplara iki tabaka halinde doldurulup vibratörle sıkıştırıldı. Beton kalıplara konup sıkıştırıldıktan sonra numunenin üst yüzeyi master yardımı ile düzeltildi. Daha sonra üzerleri, betonla temas etmeyecek şekilde nemli bezle örtülerek kapatıldı. 24 saat süreyle hava cereyanından uzak bir yerde bekletildikten sonra örnekler kalıptan çıkarılıp musluk suyu bulunan kür tanklarında deney zamanına kadar $\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta tutuldu.

Beton numunelerin basınç dayanımları TS EN 12390-3'e göre belirlendi. Her grup örnek için musluk suyunda bekletilen numuneler 7, 28, 90 günlük basınç dayanımlarını belirlemek üzere her yaş grubundan üçer adet numune üretildi. Şekil 3.10.'de basınç presi, deney örneği ve deney anından görüntü verilmektedir.



Şekil 3.9. Üretilen 100x100x100 mm beton numuneleri



Şekil 3.10. Basınç presi ve deney anından görüntü

3.2.4. Beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı

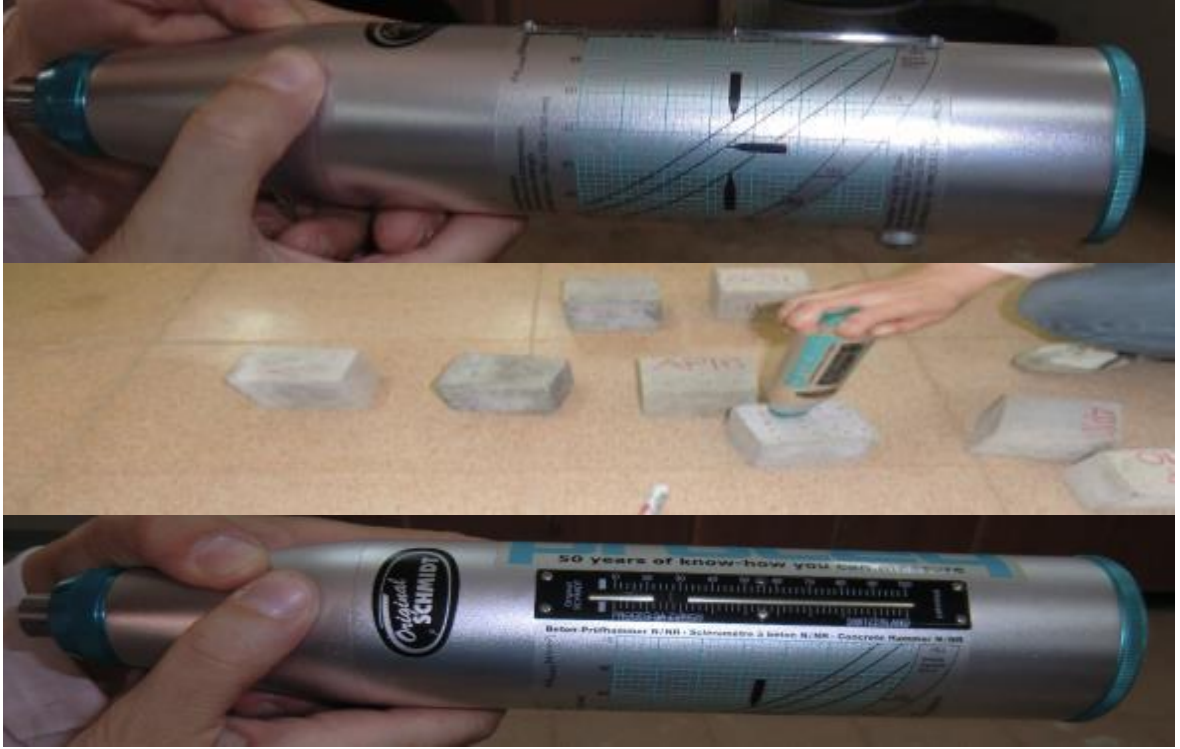
Deneyler esas itibariyle metal sertliklerinin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerin betona uyarlanması sonucu geliştirilmiş deneylerdir. Bunlar iz ölçme ve sıçrama teknikleridir. İz ölçme tekniğinde darbe yükü uygulanan çelik bir bilyenin beton yüzeyinde bıraktığı izin çapı ölçülmekte ve beton dayanımı, dayanım-iz çapı arasındaki deneysel bağıntı yardımıyla belirlenmektedir.

Sıçrama tekniği, Shore sıçrama tekniğine dayanmaktadır. Buradaki mantık bir cisim ne kadar sertse dayanımı da o kadar yüksektir şeklinde açıklanabilir. Schmidt çekici adı da verilen beton çekici yalnız gözeneksiz betonlar için uygundur. Ölçüm yapılacak yüzey temiz, düz ve kuru bir yüz olmalıdır. Bunun için beton yüzeyi boya, yağ, toz gibi maddelerden arındırılarak düzgün bir hale getirilmelidir. Temizleme işlemi çekiç ile birlikte verilen zımpara taşı ile yapılabilir. Hiçbir şekilde sıva üzerinden ölçüm alınmamalıdır (İlhan, 2000). Her bir örnek yüzeyden en az 9 en fazla 25 okuma alınmalıdır. 300 mm x 300 mm'yi geçmeyen bir alan üzerinde 20 mm – 50 mm'lik kareler yapılmalı, bunların kesiştiği yerler okuma noktaları olarak alınmalıdır. Ayrıca kenarlara 40-50 mm'den fazla yaklaşılmamalıdır. Schmidt çekici uygulaması aşağıdaki şekilde yapıldı:

- Zımpara taşı ile yüzey temizlendi,
- Hafifçe basınç uygulayarak darbe çubuğu serbest bırakıldı,
- Beton çekici test yüzeyine dik bir şekilde yerleştirildi,
- Darbe tetikleninceye kadar çekiç ile test yüzeyine yavaşça bastırıldı,
- Tetiklenmeden sonra alt tarafta bulunan düğmeye basarak darbe çubuğu kilitlendi,
- Göstergeden geri tepme sayısı R okundu,
- Her test yüzeyi için 10 ayrı okuma yapılınca kadar yukarıdaki işlemler tekrarlandı (Şekil 3.11).

Okuma yaptıktan sonra en büyük ve en küçük değerler ihmal edilerek kalan okumaların aritmetik ortalaması alındı. Böylece o test yüzeyini temsil eden ortalama bir R değeri elde edilmiş oldu. Bulunan R değeri o test yüzeyini temsil eden dönüşüm eğrisinde yerine konularak R değerine karşılık gelen beton basınç dayanımı bulundu.

Beton numunelerin Schmidt çekici ile basınç dayanımları TS EN 12540-2'e göre belirlendi. Üretilen betonların tahribatsız olarak basınç dayanımlarını belirlemek için proceq markalı Schmidt çekici kullanıldı. Deney her bir beton serisi için üç farklı numune üzerinde ve her numune için bir yüzeyinden uygulanmak sureti ile gerçekleştirildi. Küp numunelerin üst yüzeyinden 90° açı ile alınan değerler ile alınan değerler, Schmidt çekicinde yer alan grafikte bu değerlere karşılık gelen dayanım değerleri bulundu.



Şekil 3.11. Schmidt çekici ve deneyin yapılışı

3.2.5. Beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımı

Ultrases hızı yöntemi beton elemana doğru gönderilen vibrasyonel enerjinin hızının ölçülmesinden ibarettir. Pulser kısa aralıklı yüksek voltajlı sinyalleri verici rezonans frekansı titreştirmesi için gönderir. Elektriksel itki başladığında elektronik saat çalışır. Verici vibrasyonları viskoz sıvı başlıklarıyla betonun içine iletir. Vibrasyonel dalga eleman içerisinde ilerleyerek beton yüzeyinin diğer ucunda bulunan alıcıya ulaşır. Dalga alıcı kafa tarafından algılandığında elektronik saat kapanır ve ulaşma süresi tespit edilir. Verici ve alıcı arasındaki direk mesafe ulaşma süresine bölündüğünde beton içindeki ultrases hızı elde edilmiş olur.

Betonun içerisinde geçen ses üstü dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Ancak, ses üstü dalganın hızı ile betonun yoğunluğu arasında

belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu az olan bir betonda, yani içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, ses üstü dalganın betonun bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur. Bir başka deyişle, betonun içerisindeki boşluk miktarı arttıkça, sesüstü dalganın hızı daha az olmaktadır. Bilindiği gibi, betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da genellikle yüksek olur. Su/çimento oranı yüksek olan betonlar daha çok kapiler boşluk içerdiğinden, bu betonların yoğunluğu ve basınçları da yüksek değildir.

Beton bloğun bir yüzeyinden içeriye gönderilen ses üstü dalganın, bloktaki diğer bir yüzeye ne kadar zamanda geçtiği ölçüldükten sonra, dalga Denklem 3.1 kullanılarak hesaplandı:

$$V = (S / t) \times 10^6 \quad (3.1)$$

Burada; $V = P$ dalga hızı (m/s),

S = Beton bloğun ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (metre),

$t = P$ dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zamandır (mikrosaniye)

Beton numunelerin Ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları ASTM C597'e göre belirlenmiştir. Üretilen numuneler aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi Ultrasonik ses geçişi deneyine tabi tutulmuşlardır (Şekil 3.12). Deneye başlamadan önce aparatı ile öncelikle aletin kalibrasyonu yapıldı. Kalibrasyon fabrika değeri 24,5 olan silindirik aparattan ölçüm yapıldı ve alet farklı değer verirse bu 24,5 değerine ayarlandı. Daha sonra deney aletinin beton yüzeylerine tam oturması ve arada boşluk kalmaması için gres yağı ile deney aletinin uçları yağlandı. Dijital ekrandan en küçük sayısal değer yakalanıncaya kadar kutuplar karşılıklı birbirlerine tutuldu. Dijital ekranda yakalanan en küçük ve değişmeyen değer bizim numuneden geçen ses dalgasının süresidir. Daha sonra bu değer numunenin kalınlığına bölünerek ses geçiş hızı bulundu.



Şekil 3.12. Ultrases cihazı ve deneyin yapılışı

3.2.6. Beton numunelerin sülfat dayanımı

Çalışmada kullanılan katkılar kütlece ikame edildi ve maksimum çapı 16 mm olan agregalar ile üretilen 10x10x10 cm boyutlarındaki küp numuneler sülfat ortamında bekletildikten sonra basınç dayanımları araştırıldı (Şekil 3.13).

Üretilen numuneler 28 gün sonunda kür havuzundan çıkarıldı. Kür havuzundan çıkarılan numuneler 105°C’de etüve konularak 24 saat bekletildi. Değişmez ağırlığa geldiğinde etüvden çıkarıldı ve oda sıcaklığına ulaşana kadar numuneler bekletildi. Daha sonra numuneler hassas terazi ile tartıldı. %10 MgSO₄ çözeltisi içine konularak 90 gün bekletildi. Numuneler 90 gün sonra %10 MgSO₄ çözeltisinden çıkarılan numuneler 105 °C’de etüve konularak 24 saat bekletildi. Değişmez ağırlığa geldiğinde etüvden çıkarıldı ve oda sıcaklığına ulaşana kadar numuneler bekletildi. Numuneler hassas terazi ile tartılarak sülfat sonrası ağırlıkları ölçüldü. Numunelerin basınç dayanımları bulundu.



Şekil 3.13. %10 MgSO₄ çözeltisinde bekletilen beton numuneleri

3.2.7. Betonun numunelerin yüzey aşınmalarının tayini

Yüzey aşınmasını bulabilmek için 10x10x10 cm boyutlarında küp örnekler üretildi ve 28 günlük yaşa ulaştıktan sonra kesilerek 71x71x71 mm boyutlarında yeni örnekler elde edilmiştir (Şekil 3.14).

Boyutlandığımız bu örneklerin eğrilik ve paralellik kontrolleri yapıldıktan sonra etüvde kurutularak aşındırılacak yüzeyler 1'den 4'e kadar numaralandırılmış ve mikrometre ile ölçümleri yapıldı (Şekil 3.14). Aşındırılacak yüzey aşağı gelecek şekilde yüzeysel aşındırma cihazına yerleştirilmiş, örneğin merkezi ile döner diskin merkezi 22 cm olacak şekilde ayar yapılmış daha sonra baskı pistonu, yüksekliği yükleme kolu yatay olacak şekilde ayarlanmıştır. Yükleme kolu 6 kg yük ile yüklenerek cihaz sayacı sıfırlanıp sürtünme yüzeyine 20 gr standart zımpara tozu homojen şekilde yayılarak cihaz çalıştırılmıştır (Şekil 3.15). Döner diskin 22 devri 1 periyot olarak kabul edilerek ve 16 periyotluk aşındırma uygulanmıştır. Bu ilk periyotluk işlem tamamlandıktan sonra yüzey temizlenerek tekrar 20 g standart zımpara tozu yüzeye homojen olarak tekrar yayılmış ve bu işlem işaretlenen 4 yüzeye tek tek uygulanmıştır (Şekil 3.15). Bu işlem sonunda her bir örneğe toplam 352 devir aşındırma uygulanmış olmaktadır. İşlem tamamlandıktan sonra her bir noktadan ayrı ayrı 0.01 duyarlıktaki mikrometre ile ölçümleri yapılmış ve kalınlıktaki azalmanın yardımıyla aşınma kaybı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır (DIN 52108, 2002).

Hacimsel kayıp aşağıdaki ifade ile bulunmuştur (Denklem 3.2).

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\delta R} \quad (3.2)$$

ΔV = Hacimsel kayıp,

Δm = 16 periyot sonundaki ağırlık kaybı (g),

δR = Örnek birim hacim ağırlığı,



Şekil 3.14. Beton numuneler ve beton numunelerin boyutlarının ölçümü



Şekil 3.15. Böhme deney aleti, numune ve zımpara tozu

3.2.8. Beton numunelerin donma-çözülme etkisi

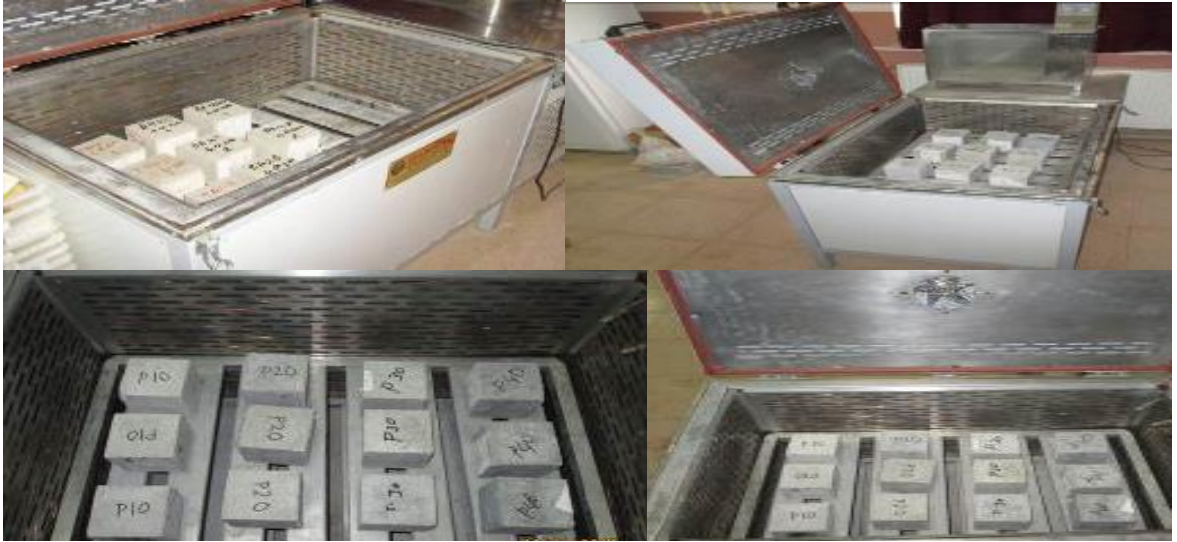
Genel olarak, cisimler boşluklu bir yapıya sahiptirler. Cisimlerin gözeneklerinde bulunan suyun, sıcaklık derecesinin sıfırın altına düşmesi sonunda, donması malzemenin mukavemetinin azalmasına ve hatta parçalanmasına yol açabilir.

Malzemenin parçalanması, suyun donması sonucunda hacminin artmasından ileri gelmektedir. Bu nedenle birçok yapı malzemesi donma olayının etkisi altında kalmaya ve bunun sonucu olarak da hasar görmeye elverişlidir (Postacıoğlu,1987). Su donduğunda hacminde %9 oranında bir artış meydana gelir.

Malzemelerin yapısında oluşan genişlemenin sonunda cisimlerin boşluk yapısında önemli değişimler olmaktadır. Donma-çözülme olayının birçok sefer tekrarlanması sonucu oluşan boşluklar biraz daha genişlemekte ve bunun sonucu olarak da cismin yüzeyinde önemli derecelerde çatlaklar meydana gelmektedir. Bazı kompozit yapı malzemeleri

boşluklu bir yapıya sahiptir. Bu boşluklar malzemenin üretilmesi sırasında kullanılan karma suyu nedeniyle bulunmaktadır.

Donma-çözülme deneyinde TS3449 standardına uygun olarak, numuneler önce değişmez ağırlığa gelinceye kadar etüvde 105 °C’de kurutuldu. Etüvden çıkartılıp uygun bir kaba konularak oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, 0,1 g hassasiyetle tartılarak (W0) bulundu. Bu şekilde kurutulmuş olan deney numuneleri normal atmosfer şartlarında suya doygun hale getirilip ve donma-çözülme cihazına konuldu. Soğutma hızı yaklaşık 4 saat zarfında -20 °C’ye düşecek şekilde ayarlandı. Donma-çözülme cihazında (Şekil 3.16) 4 saat -20 °C ve 4 saat +20 °C olmak üzere toplam 30 çevrim ayarlandı. Bu şekilde donma-çözülme işlemi 30 kez tekrarlanan deney numuneleri 105 °C’de sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra 0,1 g duyarlılıkta tartıldı (Wn). Bu numunelerin kütle kayıpları hesaplandı ve donma-çözülme sonrası örneklerin basınç ve kütle kayıpları bulundu.

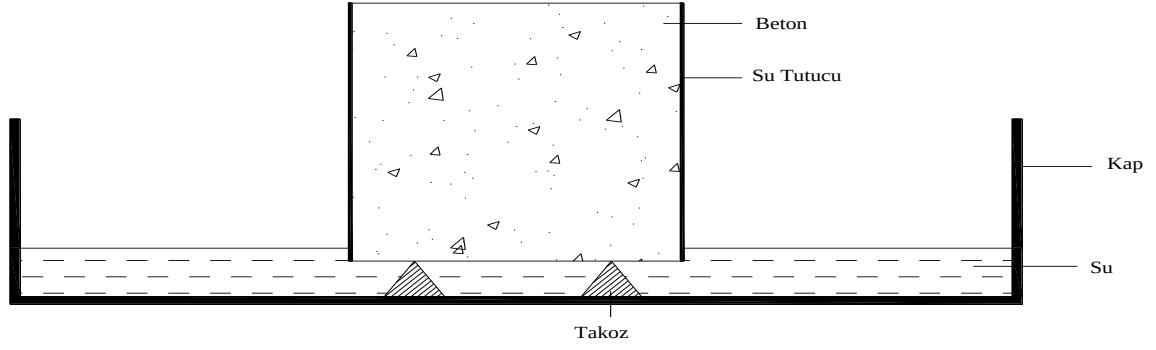


Şekil 3.16. Donma- çözülme cihazındaki numuneler

3.2.9. Beton numunelerin kılcal su geçirimsizliği

TS 802’ye göre karışımı hazırlanan ve TS EN 12390-2 usullerine göre hazırlanan beton numuneler 28 gün süreyle kür edildikten sonra 105 C°’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutularak içerisindeki nem tamamen yok edildi. Oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı. Numunelerin yan yüzeyleri sınırlı bir alandan su emebilmesi için su geçirmez malzeme ile kaplandı. Numune Şekil 3.17. ve 3.18.’de olduğu gibi tahta takozlar üzerine yerleştirildi ve su numune tabanından 5 mm yukarıda olacak şekilde ayarlandı. Deney boyunca bu su seviyesi sürekli takip edilerek değişmemesi sağlandı. Numune 0, 5,

10, 20, 30, 60, 180, 360 ve 1440. dakikalarda tartılarak 24 saat deney yapıldı. Numuneler belli süreler sonunda çıkartıldı ve nemli yüzeyleri bir bezle hafifçe silindikten sonra 0,01 hassasiyetli terazide tartıldı. Numunelerin kapiler su emme katsayıları $\frac{Q}{A} = k\sqrt{t}$ denklemi ile hesaplandı. Burada “Q” absorbe olan su miktarı (cm³), “A” suya temas eden yüzeyin alanı (cm²), “k” kapiler su emme katsayısı (cm/s^{1/2}) ve “t” zaman (s)’dir.



Şekil 3.17. Kapilarite deneyi düzeneğinin şeması



Şekil 3.18. Kapilarite deneyi yapılışı

3.2.10. Elektron mikroskop çalışmaları (SEM)

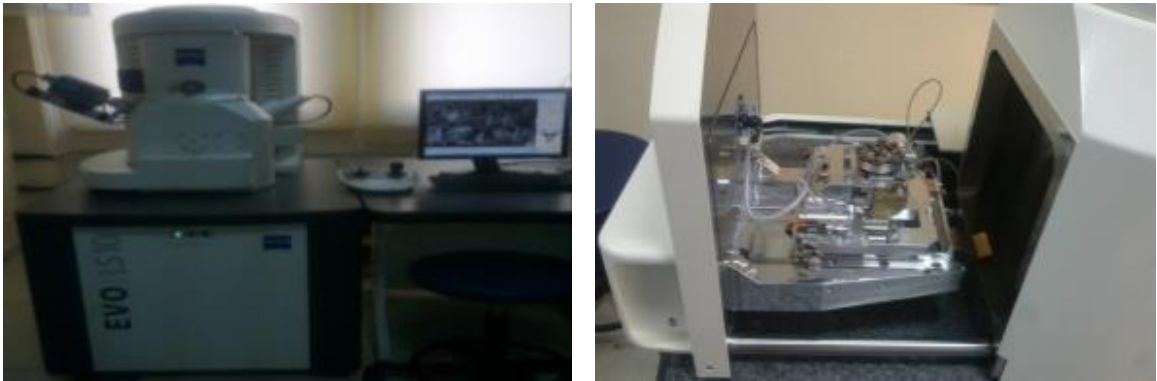
Taramalı Elektron Mikroskopu yüksek çözünürlüklü resim oluşturmak için vakum ortamında oluşturulan ve aynı ortamda elektromagnetik lenslerle inceltiren elektron demeti ile incelenecek malzemeyi analiz etme imkanı sunar. Mikroskopta oluşturulan resimler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışımlar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur. Bunlar İkincil elektron yansımali (secondary electron image) geri saçılmaya uğramış elektronlar (backscattered electrons), karakteristik x-ışınları ve Auger elektronlarıdır.

Mikroskopta yapılacak incelemelerde genellikle inorganik ve organik olarak iki grupta toplanabilir. Ayrıca inorganik örnekler de metal ve metal olmayanlar şeklinde iki

gruba ayrılabilir. Metal örnekler iletken oldukları için yüzeyleri kaplama yapılmadan incelenebilir. Ancak metal olmayan yalıtkan örneklerin yüzeyleri en fazla 20 nm mertebesinde iletkenliği sağlayan altın veya karbon ile kaplanması gerekmektedir. Numuneler önce küçük boyutlara getirildi, sonrasında altın kaplama işlemi yapıldı (Şekil 3.19). Altın kaplama yapılan numuneler EVO LS10 model cihaza yerleştirildi (Şekil 3.20).



Şekil 3.19. Altın kaplama işlemi

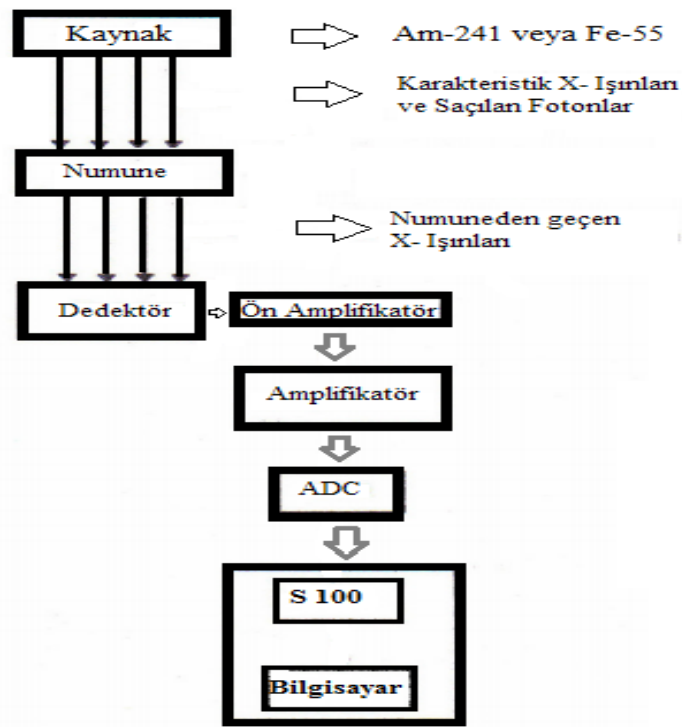


Şekil 3.20. SEM cihazı

3.2.11. Radyasyon geçirgenliği

Deney sisteminde, 5,9 KeV’de rezülasyonu 155eV olan Canberra marka Si(Li) yarı iletken katıhal detektörün amplifikatör, ADC (Analog-Digital Convertör), sistem 100 bilgisayar kartı kullanılmıştır (Şekil 3.21). Radyasyon kaynağı olarak ^{241}Am (59, 543 keV) ve ^{55}Fe (5.9 keV) halka kaynakları kullanıldı. Si(Li) yarı iletken katıhal detektörü, yarı iletken silisyum kristalinin örgü boşluklarına Lityum atomları difüzlenen, 2 mm kalınlığında, 12,5 mm² aktif alanlı ve 500 volt ters besleme voltajı ile beslenen bir detektör olup, vakum altındadır (Canberra, 1995). Elektronik gürültünün azalması ve oda

sıcaklığında buharlaşabilen, iletkenlik artırıcı Lityum' un buharlaşarak ayrılmasının önlenmesi amacı ile sıvı azot (-196 °C) içerisine daldırılmış ve termal denge sağlanmıştır. Ön amplifikatör, detektöre gelen karakteristik X-ışınlarını birkaç mili volt mertebesinde elektrik pulslarına çevirir. Buradan, amplifikatöre ulaşan elektrik pulsları, 0-10 volt mertebesine yükseltilir. Bu elektrik pulsları, ADC'de sayısal değerlere dönüştürülür. Bu değerler, büyüklüklerine göre 4096 kanallı ekranda, enerjilerine uygun kanallarda pikler oluştururlar. Böylelikle farklı sayı ve enerjilerde gelen pulslar ekranda, incelenen numunelerin karakteristik X-ışınları spektrumunu verir.



Şekil 3.21. Deney şeması

Çizelge 3.10. ve 3.11'deki karışım oranları kullanılarak 120 x 120 x 20 mm boyutlarında harç numuneleri üretildi (Şekil 3.22). Üretilen harç numuneleri 28 gün kür havuzunda bekletildi. Kür havuzundan çıkarıldıktan sonra numuneler önce değişmez ağırlığa gelinceye kadar etüvde 105°C'de kurutuldu. Etüvden çıkartılıp uygun bir kaba konularak oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, 0,1 g hassasiyetle tartıldı. Her numune boyutları ve kalınları ölçüldü. Yapı marketlerden temin edilen yapı malzemeleri kodlanarak sayıma uygun hale getirildi (Şekil 3.22). Kurşun levha (KL), çinko (CK), briket

(PR), ateş tuğlası (AT), kremit (K), fiber glass (FG), duvar kaplama (DK), alçıpan duvar (APD), alçıpan tavan (APT), parke (P), parke altı (PA), ytong (YT), pvc tavan (PVC), pvc kapı (PVCK), köpük tavan (KPT), köpük taban (KTB), osb (OSB), mdf (MDF), ahşap, seramik olarak kodlandırıldı.



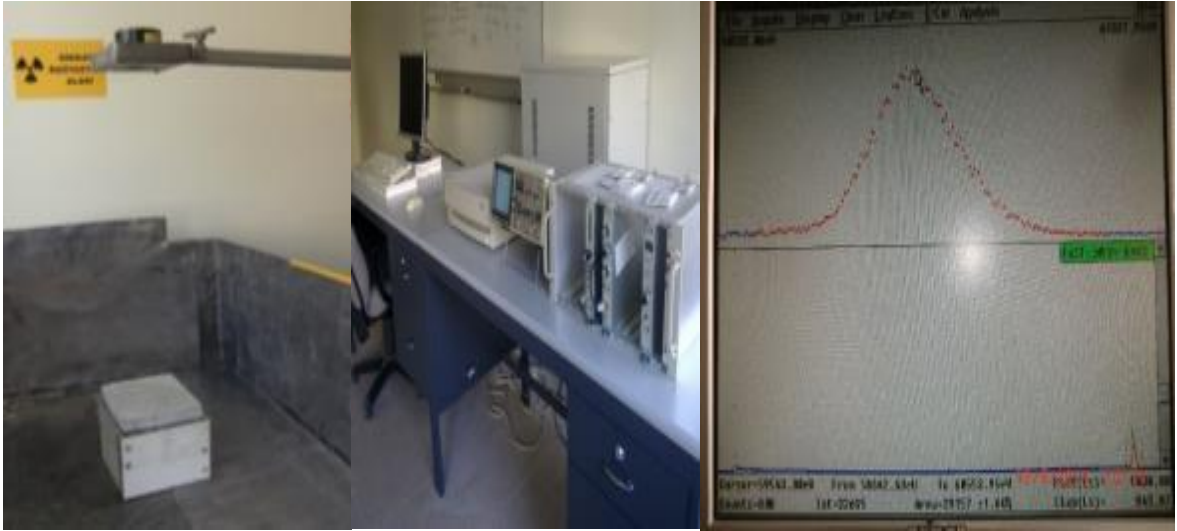
Şekil 3.22. Harç numuneleri ve yapı malzemeleri

K.S.Ü. Fizik Bölümü X-ışını floresans laboratuvarında ^{241}Am (59.543 keV) gama ve ^{55}Fe (5.9 keV) ışın kaynakları kullanılarak harçların ve yapı malzemelerin radyasyon soğurma katsayıları bulundu (Şekil 3.23 ve Denklem 3.3).

$$\mu = \frac{\log_e(I_0 / I)}{t} \text{ cm}^{-1}$$

(3.3)

$$\mu_m = \frac{\mu \text{ cm}^2}{\rho \text{ gr}}$$



Şekil 3.23. a) Deney düzeneği

b) Deney anından bir görüntü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4. 1. Beton Numunelerin Basınç Dayanımları

4.1.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin basınç dayanımı

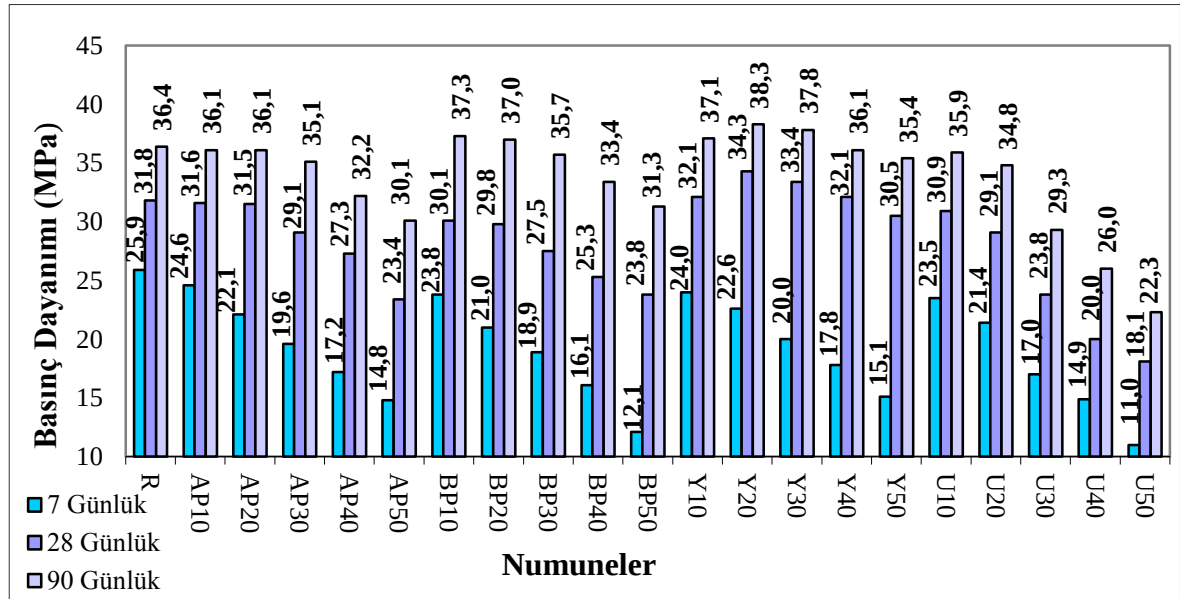
Beton numunelerin basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Referans numunesi ve 7 farklı mineral katılarak, üretilen beton numunelerinin 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

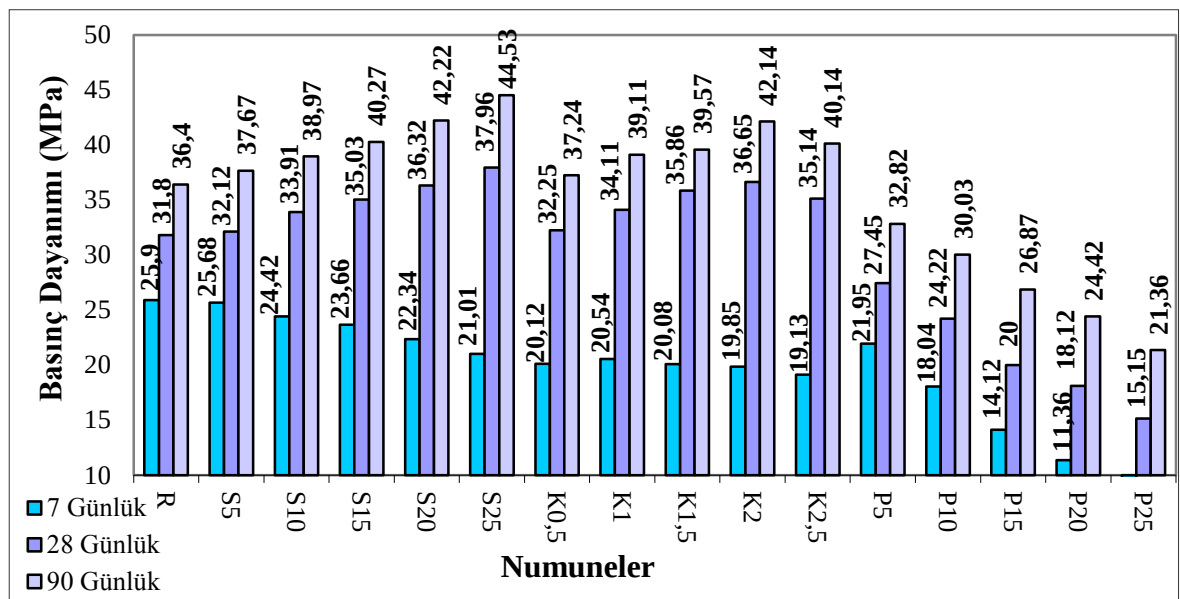
Numuneler	7 Gün (Mpa)	28 Gün (Mpa)	90 Gün (Mpa)
R	25,96	31,88	36,43
AP10	24,60	31,63	36,12
AP20	22,12	31,55	36,15
AP30	19,66	29,19	35,13
AP40	17,21	27,33	32,24
AP50	14,87	23,42	30,17
BP10	23,88	30,13	37,34
BP20	21,07	29,85	37,01
BP30	18,91	27,57	35,76
BP40	16,12	25,33	33,44
BP50	12,15	23,82	31,32
Y10	24,01	32,17	37,14
Y20	22,67	34,39	38,31
Y30	20,06	33,49	37,89
Y40	17,84	32,15	36,13
Y50	15,14	30,59	35,47
U10	23,54	30,92	35,99
U20	21,49	29,16	34,82
U30	17,01	23,85	29,31
U40	14,98	20,06	26,02
U50	11,03	18,11	22,33
S5	25,68	32,12	37,67
S10	24,42	33,91	38,97
S15	23,66	35,03	40,27
S20	22,34	36,32	42,22
S25	21,01	37,96	44,53
K0,5	20,12	32,25	37,24
K1,0	20,54	34,11	39,11

Çizelge 4. 1. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin basınç dayanımları (Devamı)

K1,5	20,08	35,86	39,57
K2,0	19,85	36,65	42,14
K2,5	19,13	35,14	40,14
P5	21,95	27,45	32,82
P10	18,04	24,22	30,03
P15	14,12	20,00	26,87
P20	11,36	18,12	24,42
P25	8,42	15,15	21,36



Şekil 4.1. 7, 28 ve 90 günlük AP, BP, Y ve U katkılı beton numunelerin basınç dayanımları



Şekil 4.2. 7, 28 ve 90 günlük S, K ve P katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

Basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde; 7 günlük basınç dayanımı sonuçlarının tamamı katkısız referans numunesinin verdiği değerin altında bulunmuştur (Şekil 4.1 ve 4.2). Bu durum puzolanların genel özelliği ile açıklanabilir. Puzolanik katkı kullanımı, çimentodan yapılan azaltma nedeniyle erken yaş dayanımında olumsuz rol oynar. Erken yaşlarda çimento miktarının azalmasına paralel düşüşler kaydedilmiştir. 7 günlük seriler incelendiğinde en yüksek basınç dayanım değeri S5 numunesinden elde edilmiştir. Bu durum uçucu külün 7 günlük puzolanik aktivitesinin kullanılan diğer puzolanlardan daha yüksek olmasıyla açıklanır. İlk günlerde puzolanik madde miktarının artması da beton basınç dayanımının düşmesi ile sonuçlanmıştır. Bu sonuç da çimento miktarında meydana gelen azaltma ile açıklanabilir.

28 günlük basınç dayanım değerleri incelendiğinde; uçucu külün aktivitesinin bir miktar azaldığını ve silis dumanının 7 günlük sonuçlara göre daha yüksek puzolanik aktivite gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.1 ve 4.2). En yüksek basınç dayanımı S25 numunesinden elde edilmiştir. Bu sonuç silis dumanının ileri yaşlarda göstermiş olduğu yüksek puzolanik aktivite olmasıyla açıklanabilir. 7 günlük numunelerde olduğu gibi pomza kullanılan numuneler yine daha düşük basınç dayanım değeri vermiştir. Sebebi pomzanın düşük puzolanik aktivite olmasıyla açıklanabilir. 28 günlük basınç dayanım değerleri puzolanik madde miktarının artmasıyla artmıştır. Çimento hidratasyonu sonucu, hidratasyon ürünü olarak oluşan CH'ler, puzonlar ile reaksiyona girmeye başlar ve sonuç olarak betona dayanım kazandırıcı C-S-H jellerinin miktarında artış meydana gelir. 7 günlük numunelerin aksine 28 günde basınç dayanımlarının puzolan miktarıyla artması bu şekilde açıklanabilir.

90 gün sonunda elde edilen basınç dayanım değerleri 28 günlük basınç dayanım değerleriyle örtüşmektedir (Şekil 4.1 ve 4.2). Ancak uçucu kül katkılı numuneler diğer puzolanik katkılara göre daha az gelişim göstermiştir. Silis dumanı ikameli numuneler ise daha çok aktivite göstermiş ve oldukça yüksek basınç dayanımı değerleri vermişlerdir.

4.1.2. Agregalarına göre beton numunelerin basınç dayanımı

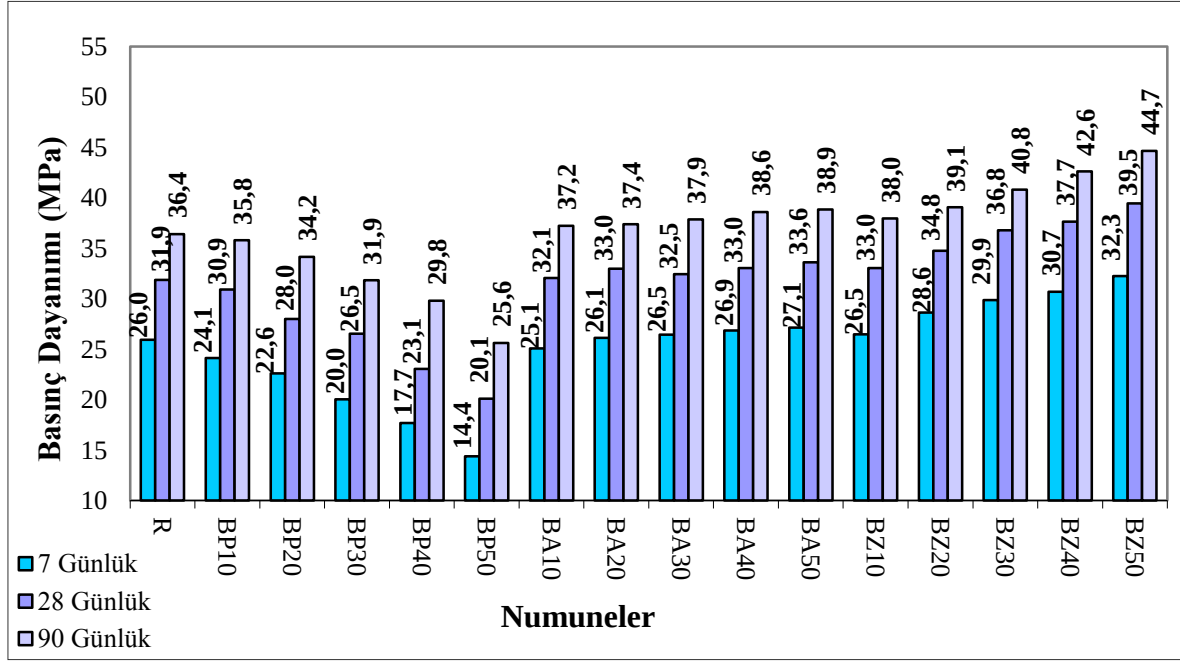
Beton numunelerin basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Üretilen beton numunelerin 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4. 2).

Çizelge 4.2. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

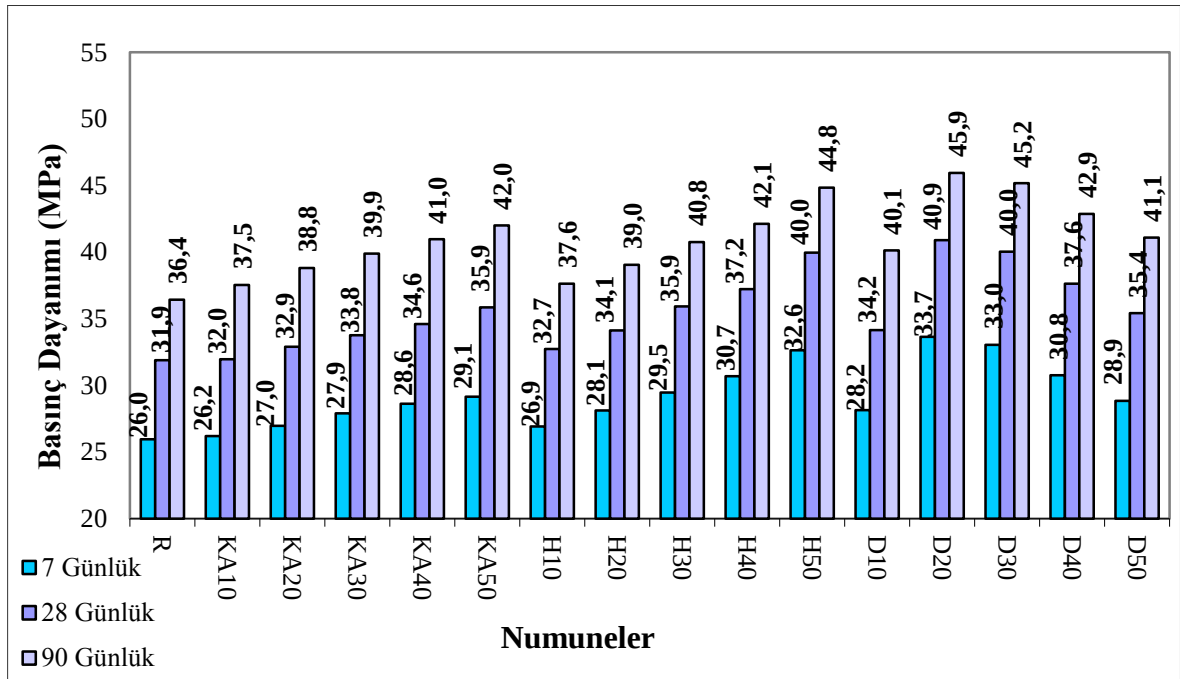
Numuneler	7 Gün (Mpa)	28 Gün (Mpa)	90 Gün (Mpa)
R	25,96	31,88	36,43
BP10	24,13	30,92	35,81
BP20	22,62	28,01	34,17
BP30	20,04	26,54	31,86
BP40	17,69	23,06	29,81
BP50	14,38	20,12	25,64
BA10	25,08	32,07	37,23
BA20	26,12	32,99	37,41
BA30	26,45	32,45	37,89
BA40	26,87	33,04	38,62
BA50	27,14	33,61	38,87
BZ 10	26,49	33,04	37,96
BZ 20	28,64	34,76	39,09
BZ30	29,87	36,81	40,84
BZ40	30,71	37,66	42,64
BZ50	32,26	39,47	44,68
KA10	26,19	31,97	37,54
KA20	26,97	32,89	38,81
KA30	27,89	33,77	39,89
KA40	28,62	34,59	40,96
KA50	29,14	35,86	41,99
H10	26,91	32,74	37,63
H20	28,12	34,13	39,04
H30	29,46	35,92	40,75
H40	30,69	37,23	42,11
H50	32,64	39,96	44,83
D10	28,15	34,15	40,13

Çizelge 4.2. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin basınç dayanımları (Devamı)

D20	33,65	40,89	45,93
D30	33,04	40,04	45,16
D40	30,76	37,63	42,87
D50	28,85	35,41	41,09



Şekil 4.3. 7, 28 ve 90 günlük BP, BA ve BZ katkılı beton numunelerin basınç dayanımları



Şekil 4.4. 7, 28 ve 90 günlük KA, H ve D katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

7 günlük beton numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.3 ve 4.4); hematit, barit, bazalt katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım gösterdiği, pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Bu durum pomzanın basınç dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Diğer katkıları ise kullanılan kumun basınç dayanımından yüksek olması ile açıklanabilir.

28 günlük beton numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.3 ve 4.4); 7 günlük beton numunelerin basınç dayanımlarına paralel sonuçlar vermiştir. En düşük basınç dayanımını %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi, en yüksek basınç dayanımını ise %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi vermiştir.

90 günlük Basınç dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.3. ve 4.4); 7 ve 28 günlük beton numunelerin basınç dayanımlarına paralel sonuçlar vermiştir. En yüksek basınç dayanımını %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük basınç dayanımını %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi vermiştir.

4. 2. Beton Numunelerin Schmidt Çekici ile Basınç Dayanımları

4.2.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı

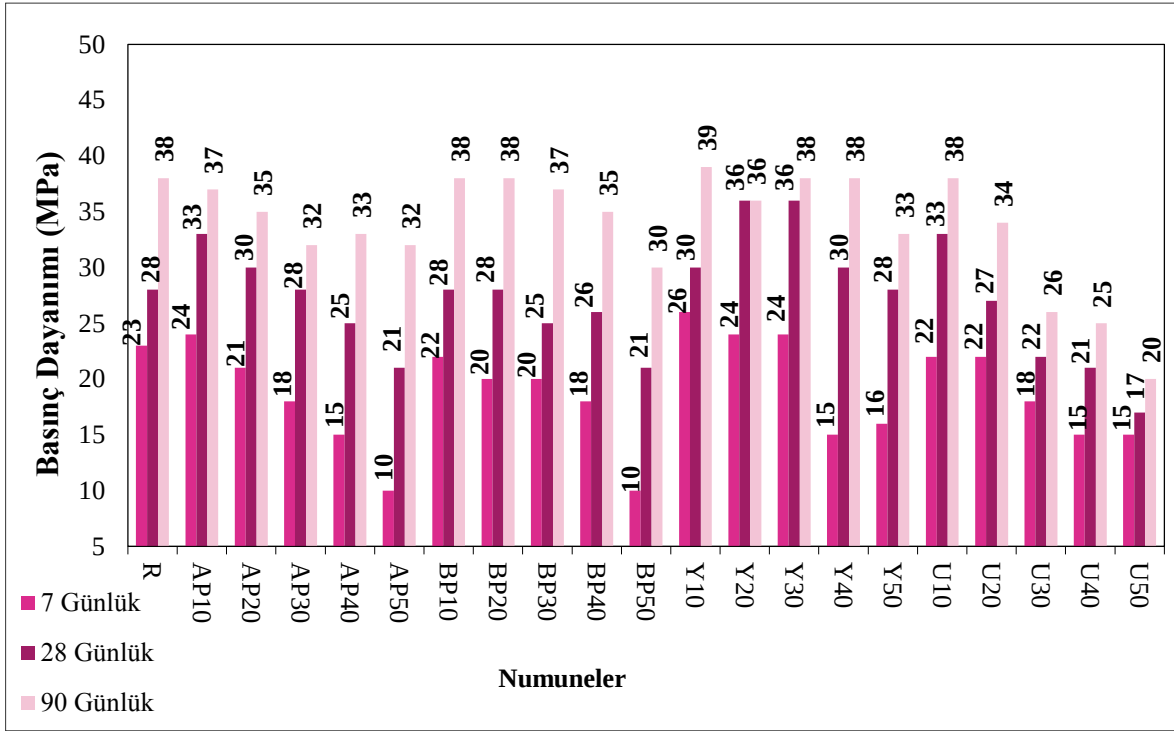
Beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Beton numunelerin 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları

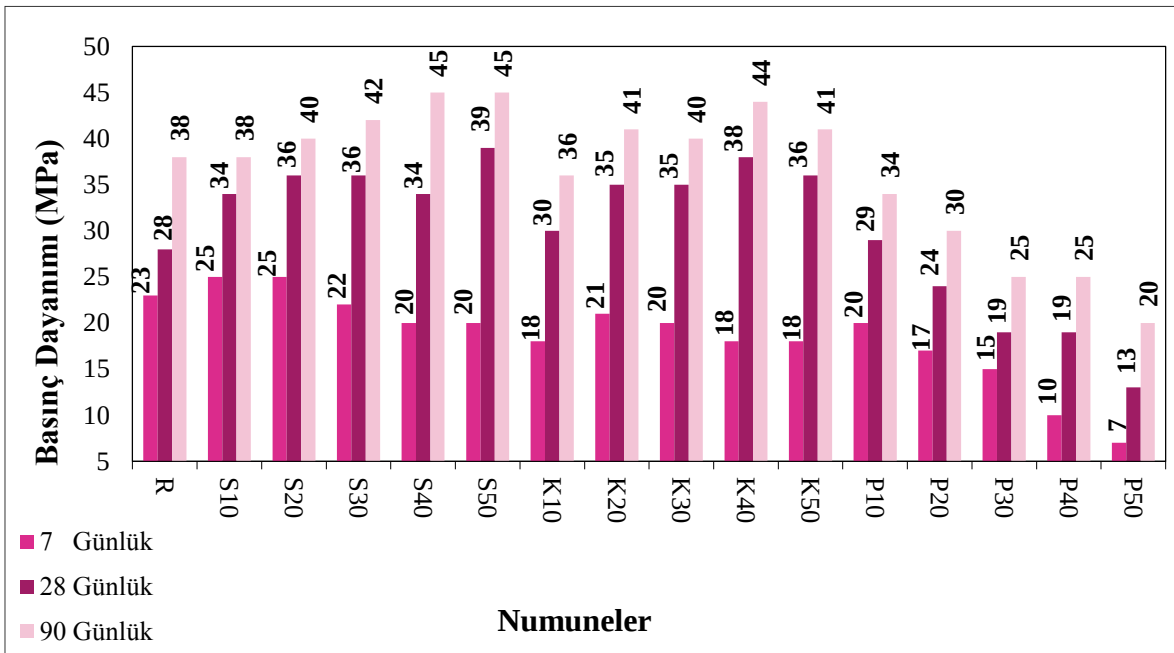
Numuneler	7 Gün (Mpa)	28 Gün (Mpa)	90 Gün (Mpa)
R	23	28	38
AP10	24	33	37
AP20	21	30	35
AP30	18	28	32
AP40	15	25	33
AP50	10	21	32
BP10	22	28	38
BP20	20	28	38
BP30	20	25	37
BP40	18	26	35
BP50	10	21	30

Çizelge 4.3. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları (Devamı)

Y10	26	30	39
Y20	24	36	36
Y30	24	36	38
Y40	15	30	38
Y50	16	28	33
U10	22	33	38
U20	22	27	34
U30	18	22	26
U40	15	21	25
U50	10	17	20
S5	25	34	38
S10	25	36	40
S15	22	36	42
S20	20	34	45
S25	20	39	45
K0,5	18	30	36
K1,0	21	35	41
K1,5	20	35	40
K2,0	18	38	44
K2,5	18	36	41
P5	20	29	34
P10	17	24	30
P15	15	19	25
P20	10	19	25
P25	7	13	20



Şekil 4.5. 7, 28 ve 90 günlük AP, BP, Y ve U katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları



Şekil 4.6. 7, 28 ve 90 günlük S, K ve P katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları

7 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olanı %10 oranında yüksek fırın cürufu ikame edilen Y10 numunesi, en düşük olanı ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir (Şekil 4.5 ve 4.6).

28 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir (Şekil 4.5.ve 4.6).

90 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 ve %50 oranında uçucu kül ikame edilen U50 numunesidir (Şekil 4.5 ve 4.6). Basınç dayanımı ile Schmidt Çekici ile basınç dayanımları arasında $\pm 1-5$ Mpa hata bulunmaktadır. Basınç dayanımlarının birbirine yakın olması halinde basınç dayanımı açısından sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

4.2.2. Agregalarına göre beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımı

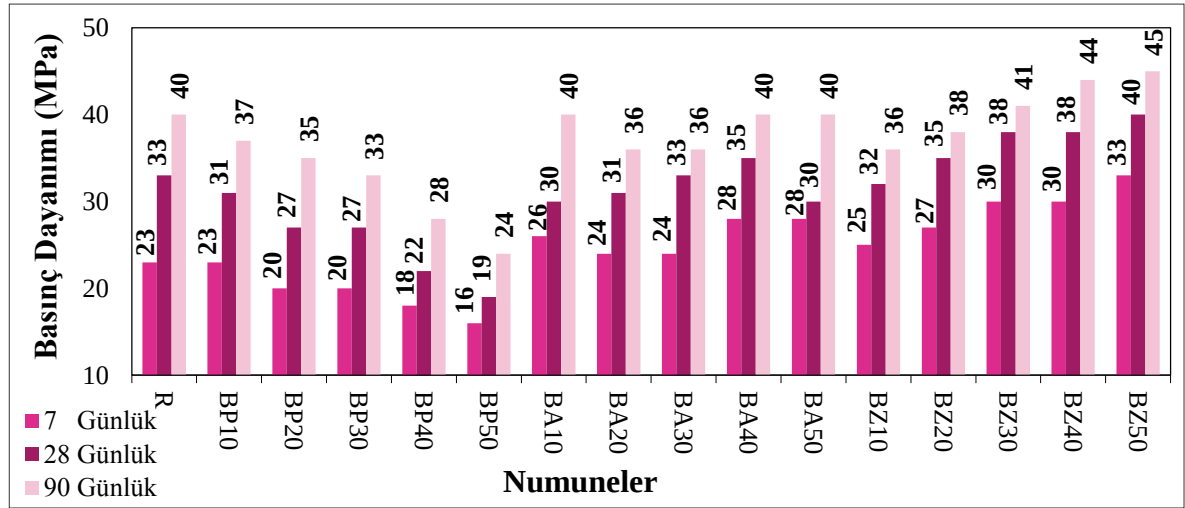
Beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Beton numunelerin 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları

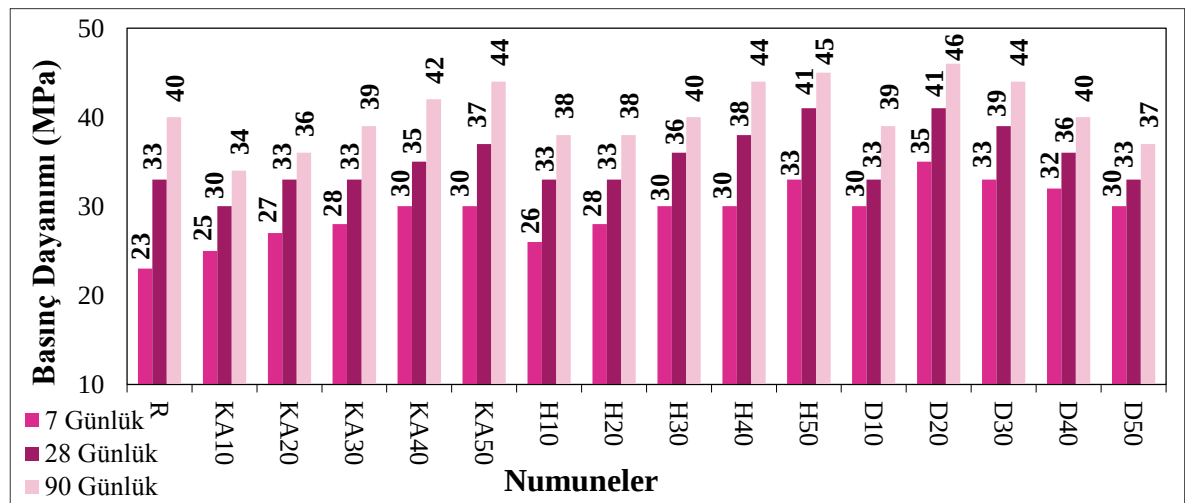
Numuneler	7 Günlük (Mpa)	28 Günlük (Mpa)	90 Günlük (Mpa)
R	23	33	40
BP10	23	31	37
BP20	20	27	35
BP30	20	27	33
BP40	18	22	28
BP50	16	19	24
BA10	26	30	40
BA20	24	31	36
BA30	24	33	36
BA40	28	35	40
BA50	28	30	40
BZ 10	25	32	36
BZ 20	27	35	38
BZ30	30	38	41
BZ40	30	38	44
BZ50	33	40	45
KA10	25	30	34
KA20	27	33	36
KA30	28	33	39
KA40	30	35	42

Çizelge 4.4. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları (Devamı)

KA50	30	37	44
H10	26	33	38
H20	28	33	38
H30	30	36	40
H40	30	38	44
H50	33	41	45
D10	30	33	39
D20	35	41	46
D30	33	39	44
D40	32	36	40
D50	30	33	37



Şekil 4.7. 7, 28 ve 90 günlük BP, BA ve BZ katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları



Şekil 4.8. 7, 28 ve 90 günlük KA, H ve D katkılı beton numunelerin schmidt çekici ile basınç dayanımları

7 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan D20 numunesi, en düşük olan ise BP50 numunesidir (Şekil 4.7. ve 4.8.).

28 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan D20 numunesi, en düşük olan ise BP50 ve H50 numunesidir (Şekil 4.7. ve 4.8.).

90 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan D20 numunesi, en düşük olan ise BP50 numunesidir (Şekil 4.7. ve 4.8.).

Schmidt çekici ile basınç dayanımları bulunurken birbirine yakın basınç dayanımı değerine sahip numunelerde sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

4. 3. Beton Numunelerin Ultrasonik Hız Ölçümü ile Basınç Dayanımları

4.3.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

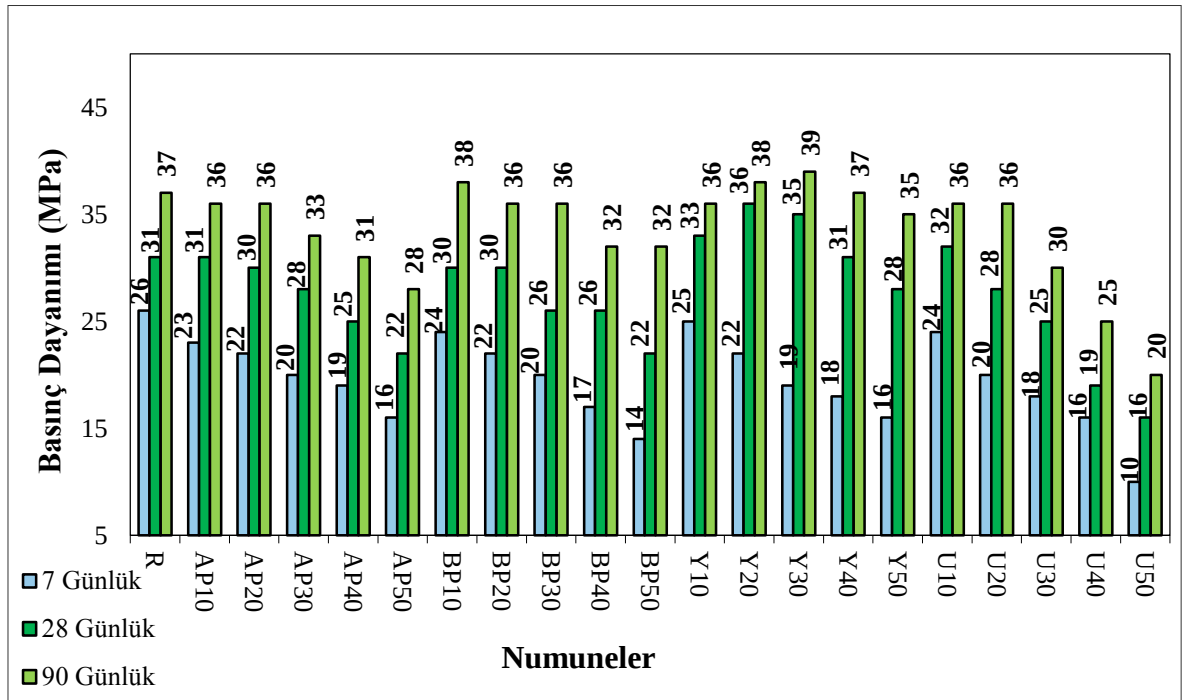
Beton numunelerin Ultrasonik hız ile basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Beton numunelerinden 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

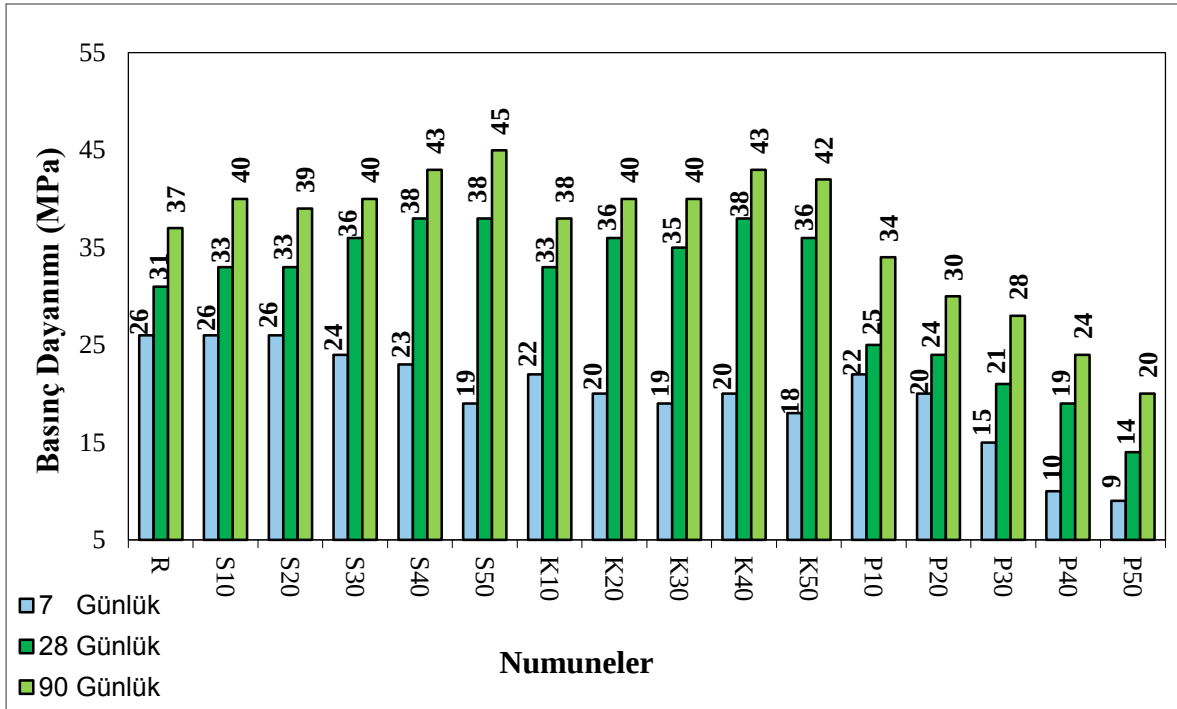
Numuneler	7 Gün (Mpa)	28 Gün (Mpa)	90 Gün (Mpa)
R	26	31	37
AP10	23	31	36
AP20	22	30	36
AP30	20	28	33
AP40	19	25	31
AP50	16	22	28
BP10	24	30	38
BP20	22	30	36
BP30	20	26	36
BP40	17	26	32
BP50	14	22	32
Y10	25	33	36
Y20	22	36	38
Y30	19	35	39
Y40	18	31	37
Y50	16	28	35

Çizelge 4.5. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları (Devamı)

U10	24	32	36
U20	20	28	36
U30	18	25	30
U40	16	19	25
U50	10	16	20
S5	26	33	40
S10	26	33	39
S15	24	36	40
S20	23	38	43
S25	19	38	45
K0,5	22	33	38
K1,0	20	36	40
K1,5	19	35	40
K2,0	20	38	43
K2,5	18	36	42
P5	22	25	34
P10	20	24	30
P15	15	21	28
P20	10	19	24
P25	9	14	20



Şekil 4.9. 7, 28 ve 90 günlük AP, BP, Y ve U katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları



Şekil 4.10. 7, 28 ve 90 günlük S, K ve P katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

7 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en büyük olan R, S5 ve S10, en düşük olan ise P 25 numunesidir. Katkı oranı arttıkça basınç dayanımını azalmıştır. Bu durum pozolanik malzemelerin özelliği ve çimento miktarının azalması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 9-26 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10).

28 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan S20, S25 ve K2,0 numuneleri, en düşük olan ise P25 numunesidir. Kolemanit ve silis dumanı pozolanik aktivite hızının fazla olması ve buna bağlı olarak betonun boşluklarının azalması ile açıklanabilir. Pomzanın boşluklu yapıya sahip olması nedeni ile en düşük sonuçları vermiştir. Beton numunelerin basınç dayanımları 14-38 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10).

90 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan S25 numunesidir. Bunun sebebi silis dumanı betonu daha kararlı hale getirerek boşluk oranı düşürmesi ile açıklanabilir. Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en düşük olan ise P25 ve U50 numuneleridir. Bu durum boşluk yapısının artması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 20-45 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10).

4.3.2. Agregalarına göre beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

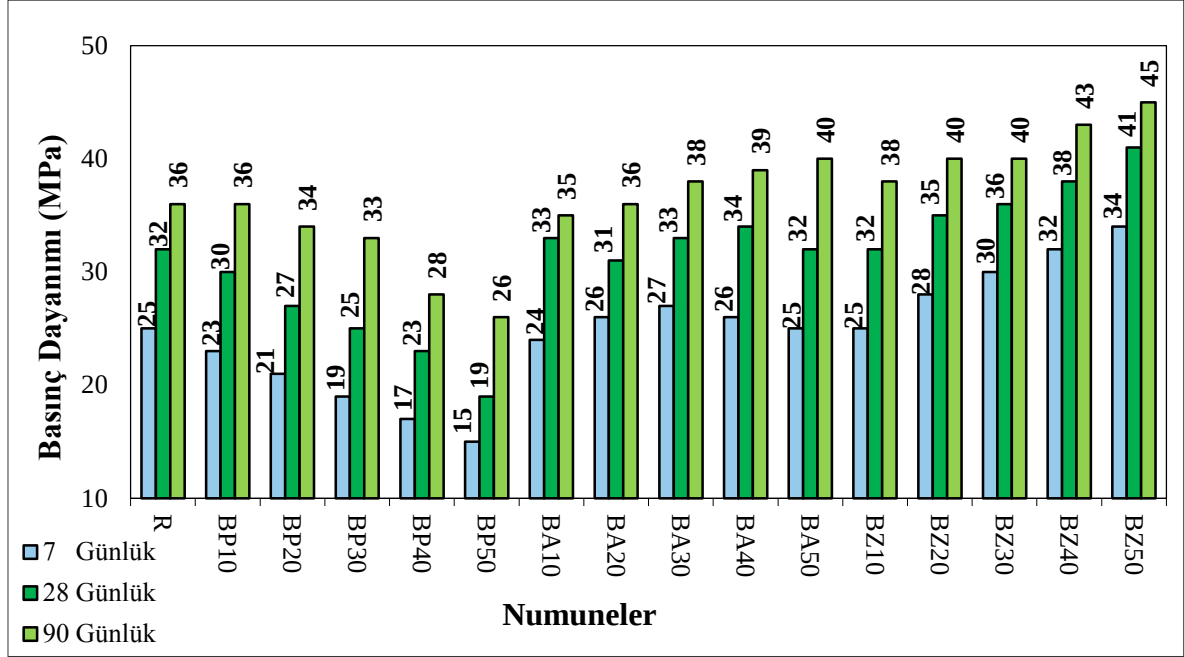
Beton numunelerin Ultrasonik hız ile basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen numunelerle araştırıldı. Beton numunelerin 7, 28, 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

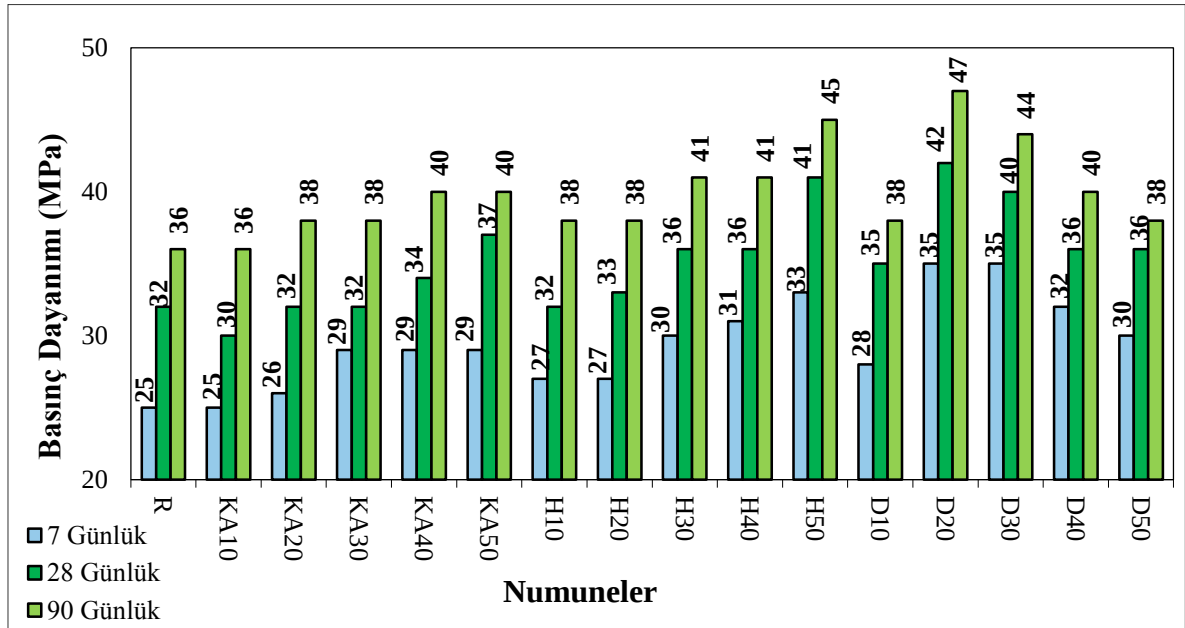
Numuneler	7 Gün (Mpa)	28 Gün (Mpa)	90 Gün (Mpa)
R	25	32	36
BP10	23	30	36
BP20	21	27	34
BP30	19	25	33
BP40	17	23	28
BP50	15	19	26
BA10	24	33	35
BA20	26	31	36
BA30	27	33	38
BA40	26	34	39
BA50	25	32	40
BZ 10	25	32	38
BZ 20	28	35	40
BZ30	30	36	40
BZ40	32	38	43
BZ50	34	41	45
KA10	25	30	36
KA20	26	32	38
KA30	29	32	38
KA40	29	34	40
KA50	29	37	40
H10	27	32	38
H20	27	33	38
H30	30	36	41
H40	31	36	41
H50	33	41	45
D10	28	35	38
D20	35	42	47

Çizelge 4.6. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları (Devamı)

D30	35	40	44
D40	32	36	40
D50	30	36	38



Şekil 4.11. 7, 28 ve 90 günlük BP, BA ve BZ katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları



Şekil 4.12. 7, 28 ve 90 günlük KA, H ve D katkılı beton numunelerin ultrasonik hız ölçümü ile basınç dayanımları

7 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan D20, D30 numuneleri, en düşük olan ise BP50 numunesidir. Demir tozu kullanımı ile getirerek boşluk oranı düşürmesi ile açıklanabilir. Bazaltik pomza ve hematit kullanımı ile boşluk yapısının artması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 15-35 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.11 ve 4.12)

28 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan D20 numunesi, en düşük olan ise BP50 numunesidir. Bu durum 7 günlük Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı sonuçlarına paralelik göstermektedir. Beton numunelerin basınç dayanımları 19-42 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.11 ve 4.12).

90 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek değeri D20 numunesi, en düşük değeri ise BP50 numunesi vermiştir. Demir tozu oranının % 20'ye kadar kullanılması ile boşluk yapısının azalmasını sağlamıştır. Pomza oranının artması boşluk yapısının artması ve pomza agregasının dayanımının kullanılan kumun basınç dayanımından düşük olması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 26-47 Mpa arasında değişmektedir (Şekil 4.11 ve 4.12)

4.4. Beton Numunelerin Sülfat Dayanımları

4.4.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin sülfat dayanımları

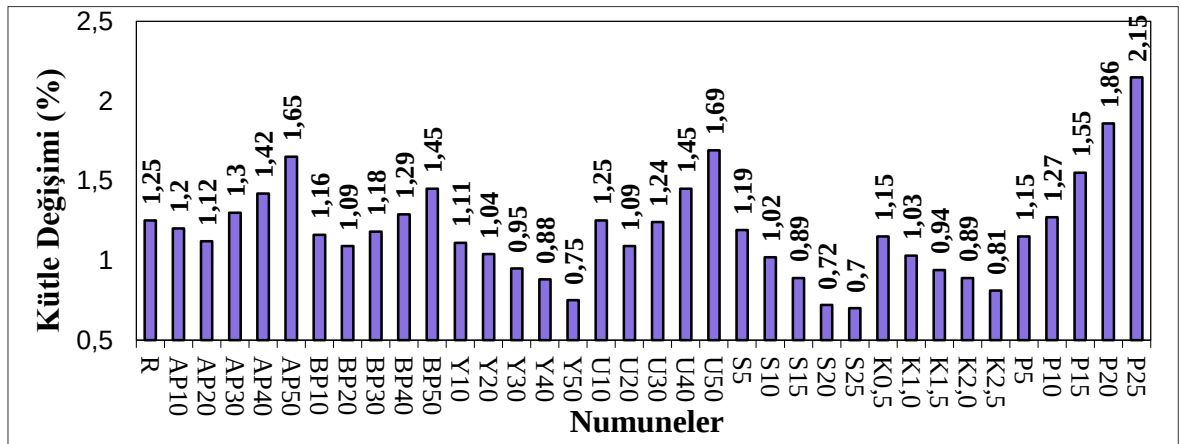
Çalışmanın bu kısmında beton numunelerin basınç dayanımları ve kütle değişimi, %10 MgSO₄ çözeltisinde bekletilen numunelerle araştırıldı. %10 MgSO₄ çözeltisinde bekletilen beton numunelerden 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.7 ve 4.8).

Çizelge 4.7. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde kütle değişimi

Numuneler	Kütle değişimi (%)
R	1,25
AP10	1,20
AP20	1,12
AP30	1,30
AP40	1,42
AP50	1,65
BP10	1,16
BP20	1,09
BP30	1,18

Çizelge 4.7. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde kütle değişimi (Devamı)

BP40	1,29
BP50	1,45
Y10	1,11
Y20	1,04
Y30	0,95
Y40	0,88
Y50	0,75
U10	1,25
U20	1,09
U30	1,24
U40	1,45
U50	1,69
S5	1,19
S10	1,02
S15	0,89
S20	0,72
S25	0,70
K0,5	1,15
K1,0	1,03
K1,5	0,94
K2,0	0,89
K2,5	0,81
P5	1,15
P10	1,27
P15	1,55
P20	1,86
P25	2,15



Şekil 4.13. Sülfat çözeltisinde bekletilen AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin kütle değişimi

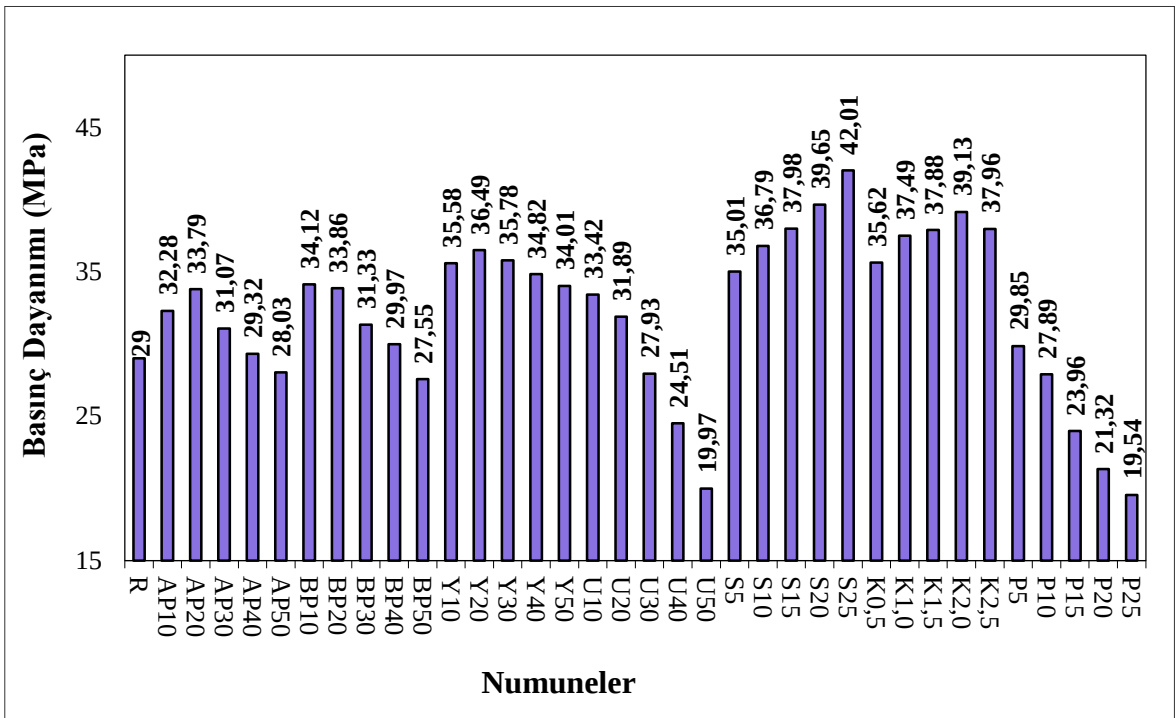
Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde (Şekil 4.13 ve 4.14), tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, kütle kayıplarıyla doğru sonuçlar vermiştir. Kütle kaybı fazla olan numuneler daha fazla basınç dayanımı kazanırken, kütle kaybı az olan numuneler daha az basınç dayanımı göstermiştir. Kütle kaybı en fazla P25 örneği verirken, en az kaybı S25 numunesi vermiştir. Bu durum sülfat etkisiyle kimyasal tepkime ürünlerin ağırlıkça fazla olması kütle artışı ile açıklanabilir.

Çizelge 4.8. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde basınç dayanımları

Numuneler	Basınç Dayanımı (Mpa)
R	29
AP10	32,28
AP20	33,79
AP30	31,07
AP40	29,32
AP50	28,03
BP10	34,12
BP20	33,86
BP30	31,33
BP40	29,97
BP50	27,55
Y10	35,58
Y20	36,49
Y30	35,78
Y40	34,82
Y50	34,01
U10	33,42
U20	31,89
U30	27,93
U40	24,51
U50	19,97
S5	35,01
S10	36,79
S15	37,98
S20	39,65
S25	42,01
K0,5	35,62
K1,0	37,49

Çizelge 4.8. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde basınç dayanımları (Devamı)

K1,5	37,88
K2,0	39,13
K2,5	37,96
P5	29,85
P10	27,89
P15	23,96
P20	21,32
P25	19,54



Şekil 4.14. Sülfat çözeltisinde bekletilen AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

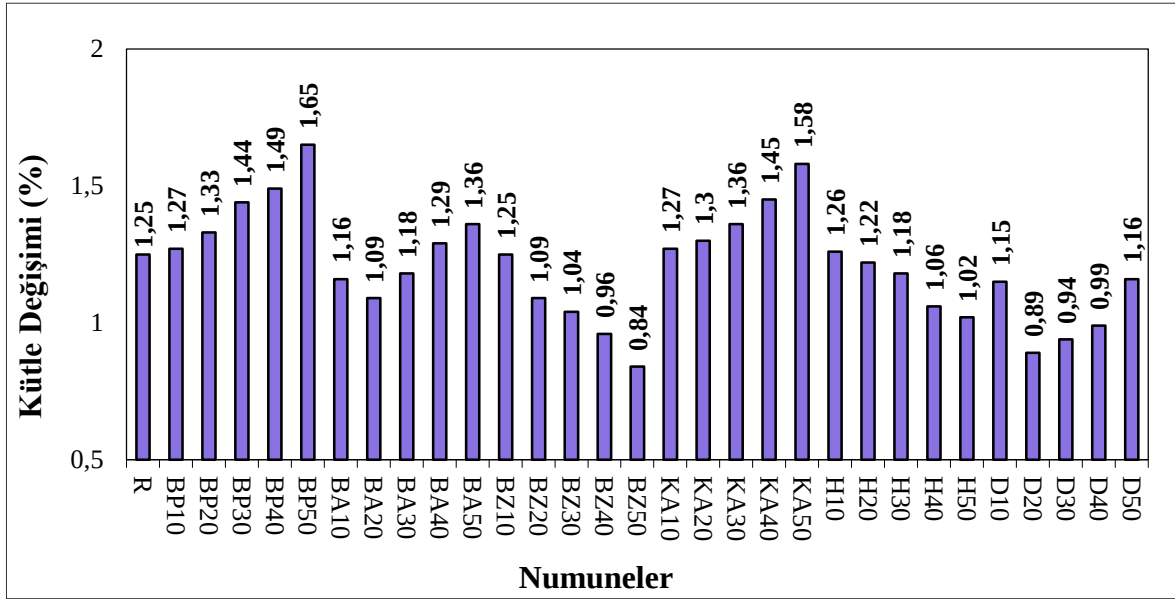
Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde (Şekil 4.13 ve 4.14); kütle kaybı en fazla olan %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesi en düşük dayanımı verirken, sülfata en dayanıklı olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en yüksek dayanımı vermiştir. Genel olarak sülfat etkisiyle yıkıma uğrayıp kütle kaybeden betonların dayanımlarının düşmesiyle açıklanabilir.

4.4.2. Agregalarına göre beton numunelerin sülfat dayanımları

Beton numunelerin basınç dayanımları ve kütle değişimi, %10 MgSO₄ çözeltisinde bekletilen numunelerle araştırıldı. %10 MgSO₄ çözeltisinde bekletilen beton numunelerin 90 günlük verileri alındı (Çizelge 4.9 ve 4.10).

Çizelge 4.9. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde kütle değişimi

Numuneler	Kütle değişimi (%)
R	1,25
BP10	1,27
BP20	1,33
BP30	1,44
BP40	1,49
BP50	1,65
BA10	1,16
BA20	1,09
BA30	1,18
BA40	1,29
BA50	1,36
BZ 10	1,25
BZ 20	1,09
BZ30	1,04
BZ40	0,96
BZ50	0,84
KA10	1,27
KA20	1,30
KA30	1,36
KA40	1,45
KA50	1,58
H10	1,26
H20	1,22
H30	1,18
H40	1,06
H50	1,02
D10	1,15
D20	0,89
D30	0,94
D40	0,99
D50	1,16



Şekil 4.15. Sülfat çözeltisinde bekletilen BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin kütle değişimi

Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde (Şekil 4.15 ve 4.16), Bazalt ve hematit numunelerde katkı oranı arttıkça kayıp azalırken diğer numunelerde ise katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, kütle kayıplarıyla doğru sonuçlar vermiştir. Kütle kaybı fazla olan numuneler daha fazla basınç dayanımı kazanırken, kütle kaybı az olan numuneler daha az basınç dayanımı göstermiştir. Bu durum sülfat etkisiyle kimyasal tepkime ürünlerin ağırlıkça fazla olması kütle artışı ile açıklanabilir.

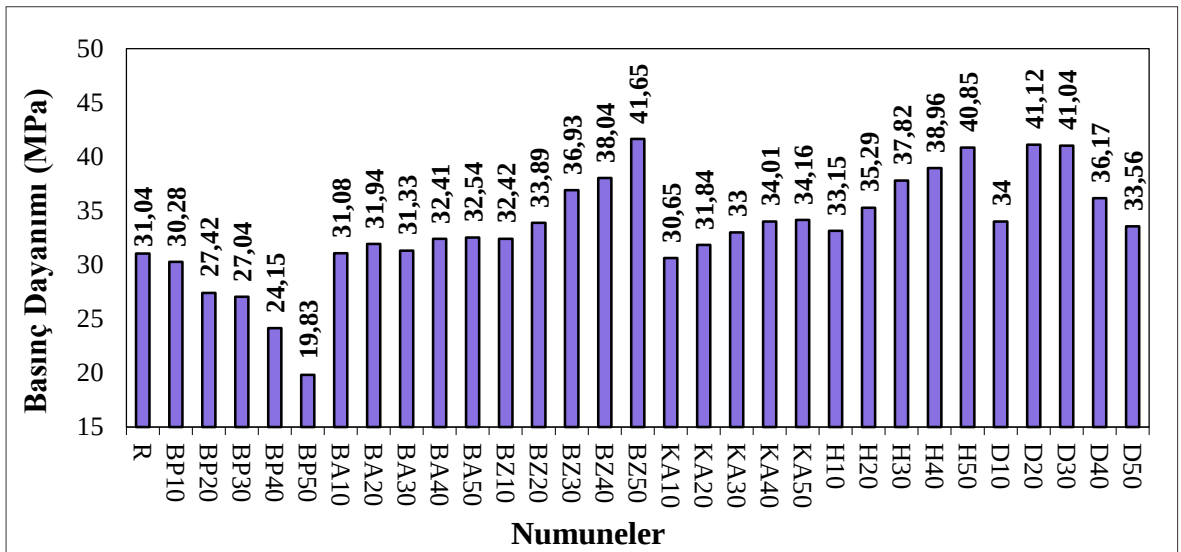
Kütle kaybı en fazla olan %50 oranında bazalt ikame edilen BP50 numunesi verirken, en dayanıklı az kaybı %50 oranında bazalt ikame edilen BZ50 numunesi vermiştir. Genel olarak sülfat etkisiyle yıkıma uğrayıp kütle kaybeden betonların dayanımlarının düşmesiyle açıklanabilir.

Çizelge 4.10. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde basınç dayanımları

Numuneler	Basınç Dayanımı (Mpa)
R	31,04
BP10	30,28
BP20	27,42
BP30	27,04
BP40	24,15

Çizelge 4.10. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin 90 Günlük sülfat çözeltisinde basınç dayanımları (Devamı)

BP50	19,83
BA10	31,08
BA20	31,94
BA30	31,33
BA40	32,41
BA50	32,54
BZ 10	32,42
BZ 20	33,89
BZ30	36,93
BZ40	38,04
BZ50	41,65
KA10	30,65
KA20	31,84
KA30	33,00
KA40	34,01
KA50	34,16
H10	33,15
H20	35,29
H30	37,82
H40	38,96
H50	40,85
D10	34,00
D20	41,12
D30	41,04
D40	36,17
D50	33,56



Şekil 4.16. Sülfat çözeltisinde bekletilen BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, kütle kayıplarıyla doğru sonuçlar vermiştir. Kütle kaybı fazla olan numuneler daha fazla basınç dayanımı kazanırken, kütle kaybı az olan numuneler daha az basınç dayanımı göstermiştir.

Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde (Şekil 4.15 ve 4.16), kütle kaybı en fazla olan %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi verirken, en dayanıklı az kaybı %50 oranında bazalt ikame edilen BZ50 numunesi vermiştir. Genel olarak sülfat etkisiyle yıkıma uğrayıp kütle kaybeden betonların dayanımlarının düşmesiyle açıklanabilir.

4.5. Beton Numunelerin Yüzey Aşınma Oranları

4.5.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin yüzey aşınma oranları

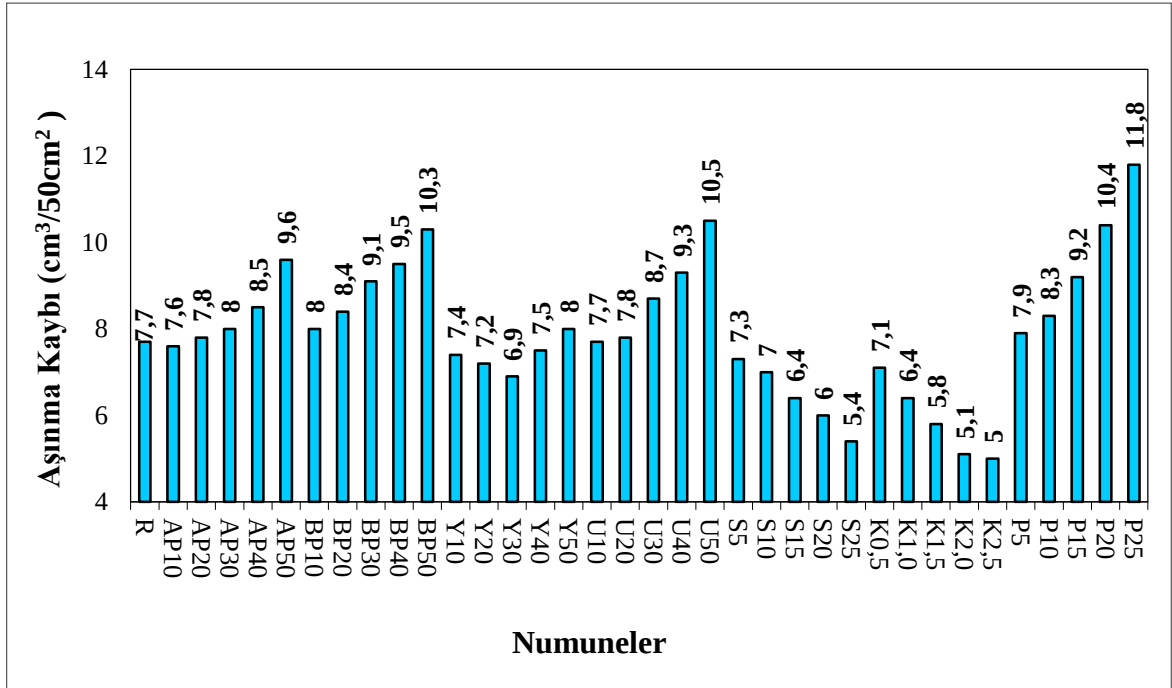
Böhme metoduyla yüzey aşınması için üretilen kontrol ve 35 adet değişik oranlarda katkı içeren beton numuneler üçer adet, 71x71x71 mm ebatlarındaki örnekler kür tankında 28 günü tamamladıktan sonra, yüzey aşınma deneyine tabi tutuldu (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 28 Günlük sülfat çözeltisinde aşınma kaybı

Numuneler	Aşınma Kaybı (%)
R	7,7
AP10	7,6
AP20	7,8
AP30	8
AP40	8,5
AP50	9,6
BP10	8
BP20	8,4
BP30	9,1
BP40	9,5
BP50	10,3
Y10	7,4
Y20	7,2
Y30	6,9
Y40	7,5
Y50	8
U10	7,7
U20	7,8

Çizelge 4.11. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin 28 Günlük sülfat çözeltisinde aşınma kaybı (Devamı)

U30	8,7
U40	9,3
U50	10,5
S5	7,3
S10	7
S15	6,4
S20	6
S25	5,4
K0,5	7,1
K1,0	6,4
K1,5	5,8
K2,0	5,1
K2,5	5
P5	7,9
P10	8,3
P15	9,2
P20	10,4
P25	11,8



Şekil 4.17. 28 günlük AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin aşınma kayıpları

Numunelerin aşınma kayıpları incelendiğinde (Şekil 4.17); kolemanit, silis dumanı ve cüruf katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım gösterdiği, uçucu kül ve pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Pomza katkılı örnekler genel olarak en fazla ağırlık kaybına uğrayan örneklerdir. Bu durum pomzanın aşınma dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Kolemanit katkılı örnekler ise en az kayba uğrayan gruptur. Kolemanit aşınma ve sürtünmelere karşı dayanımlı bir malzemedir. Kolemanit kristal yapısından kaynaklanan boşluklarının az olmasını nedeni daha homojen yapıda olması ile açıklanabilir.

4.5.2. Agregalarına göre beton numunelerin yüzey aşınma oranları

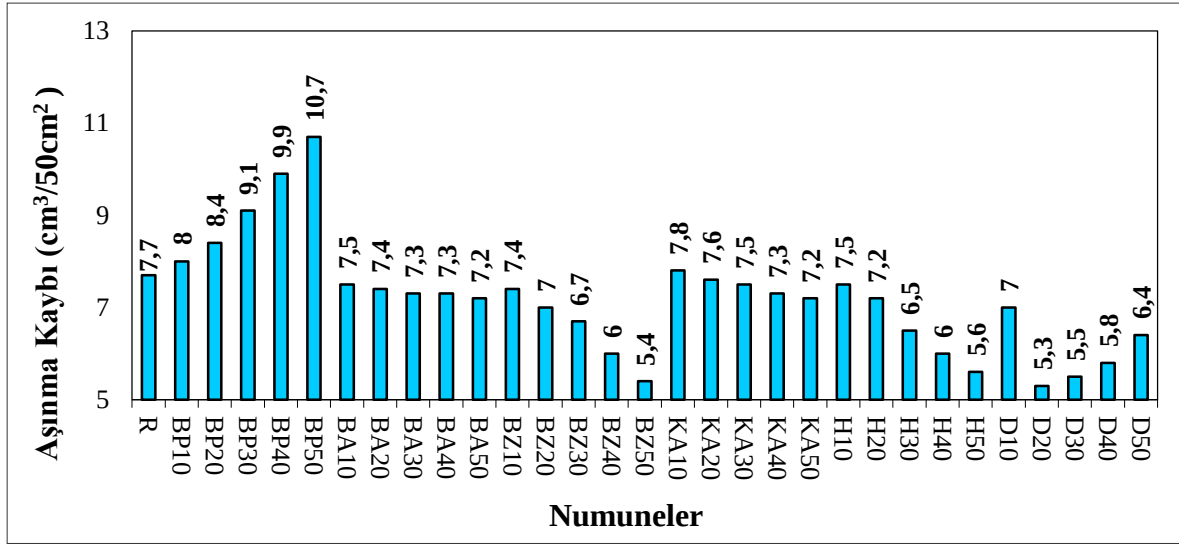
Böhme metoduyla yüzey aşınması için üretilen kontrol ve 30 adet değişik oranlarda katkı içeren beton numuneler üçer adet, 71x71x71 mm ebatlarındaki örnekler kür tankında 28 günü tamamladıktan sonra, yüzey aşınma deneyine tabi tutuldu (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin 28 Günlük sülfat çözeltisinde aşınma kaybı

Numuneler	Aşınma Kaybı (%)
R	7,7
BP10	8,0
BP20	8,4
BP30	9,1
BP40	9,9
BP50	10,7
BA10	7,5
BA20	7,4
BA30	7,3
BA40	7,3
BA50	7,2
BZ 10	7,4
BZ 20	7,0
BZ30	6,7
BZ40	6,0
BZ50	5,4
KA10	7,8
KA20	7,6
KA30	7,5
KA40	7,3
KA50	7,2
H10	7,5
H20	7,2

Çizelge 4.12. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin 28 Günlük sülfat çözeltisinde aşınma kaybı (Devamı)

H30	6,5
H40	6,0
H50	5,6
D10	7,0
D20	5,3
D30	5,5
D40	5,8
D50	6,4



Şekil 4.18. 28 günlük BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin aşınma kayıpları

28 günlük beton numunelerin aşınma dayanımları incelendiğinde (Şekil 4.18.); demir tozu, barit, hematit ve bazalt katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım gösterdiği, pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Bu durum pomzanın basınç dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Diğer katkıları ise kullanılan kumun basınç dayanımından yüksek olması ile açıklanabilir.

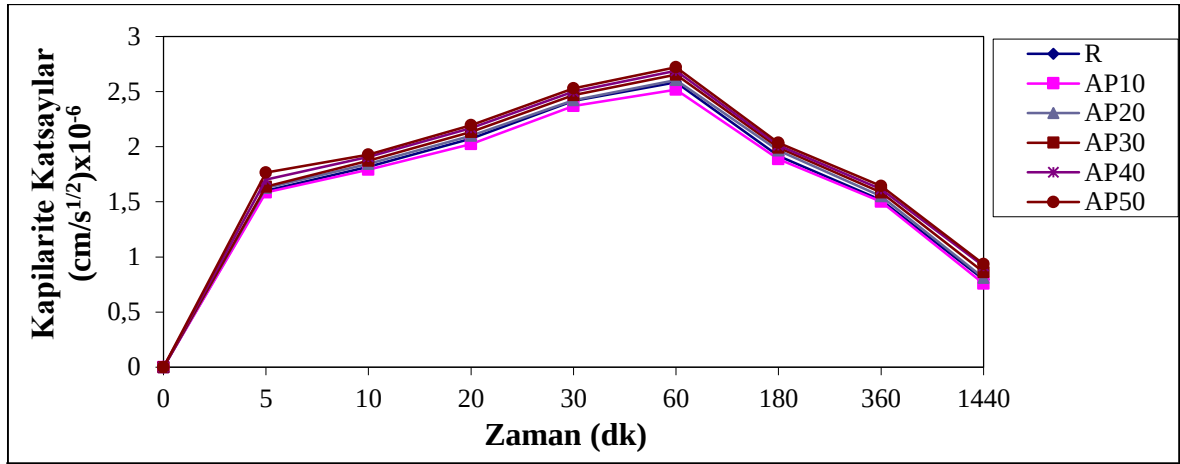
4.6. Beton Numunelerin Kılcal Su Geçirirliiliği

4.6.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin kılcal su geçirirliiliği

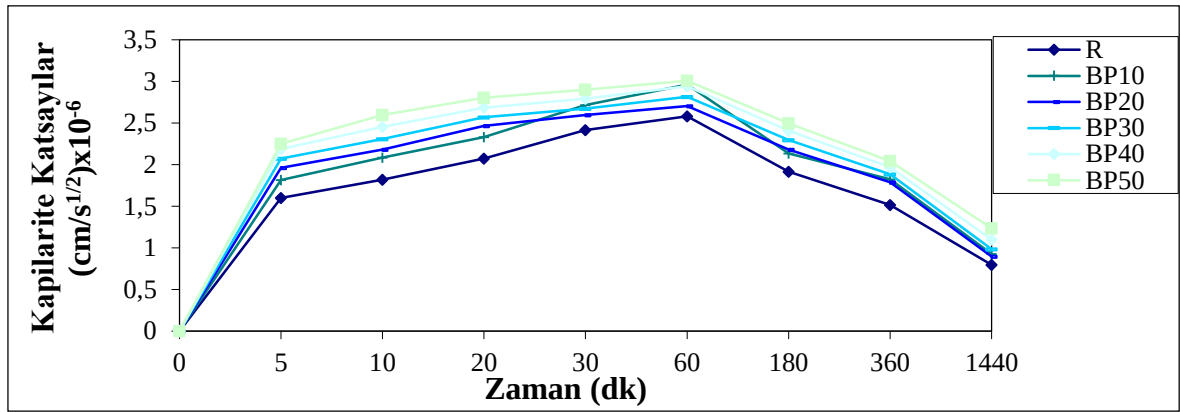
Kılcal su emme deneyi sonuçlarına ait absorbe edilen su miktarlarına bağlı kapilarite katsayıları Çizelge 4.13.'de verildi, Şekil 4.19., 4.20., 4.21., 4.22., 4.23., 4.24. ve 4.25'de her bir numune için ayrı ayrı kılcal su emme katsayısı – zaman grafiği görülmektedir.

Çizelge 4.13. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin kapilarite katsayıları (cm/s^{1/2})x10⁻⁶

Numuneler	0 dk	5 dk	10 dk	20 dk	30 dk	60 dk	180 dk	360 dk	1440 dk
R	0	1,601	1,819	2,072	2,415	2,583	1,915	1,516	0,796
AP10	0	1,586	1,792	2,025	2,369	2,517	1,888	1,501	0,759
AP20	0	1,627	1,844	2,098	2,422	2,605	1,966	1,551	0,811
AP30	0	1,639	1,874	2,133	2,468	2,655	1,993	1,586	0,863
AP40	0	1,701	1,909	2,169	2,501	2,689	2,012	1,613	0,918
AP50	0	1,766	1,928	2,196	2,528	2,721	2,036	1,644	0,936
BP10	0	1,815	2,085	2,333	2,716	2,963	2,134	1,823	0,929
BP20	0	1,961	2,183	2,466	2,598	2,704	2,183	1,789	0,896
BP30	0	2,075	2,31	2,571	2,674	2,815	2,295	1,884	0,984
BP40	0	2,188	2,455	2,684	2,793	2,943	2,408	1,968	1,102
BP50	0	2,251	2,596	2,805	2,902	3,01	2,496	2,044	1,236
Y10	0	1,282	1,672	1,568	2,077	2,198	1,519	1,159	0,606
Y20	0	1,01	1,242	1,413	1,896	2,083	1,426	0,986	0,531
Y30	0	1,164	1,483	1,506	1,967	2,13	1,496	1,065	0,579
Y40	0	1,466	1,654	1,839	2,195	2,417	1,789	1,357	0,615
Y50	0	1,668	1,913	2,096	2,502	2,633	2,001	1,599	0,801
U10	0	1,582	1,786	2,019	2,396	2,505	1,858	1,464	0,727
U20	0	1,599	1,802	2,086	2,41	2,566	1,914	1,506	0,783
U30	0	1,678	1,843	2,163	2,483	2,613	1,966	1,569	0,816
U40	0	1,809	1,916	2,197	2,515	2,685	2,058	1,605	0,891
U50	0	1,874	1,995	2,286	2,593	2,714	2,094	1,688	0,932
S5	0	1,461	1,715	1,967	2,398	2,406	1,822	1,407	0,692
S10	0	1,354	1,655	1,881	2,296	2,351	1,766	1,289	0,623
S15	0	1,206	1,436	1,762	2,201	2,261	1,709	1,206	0,605
S20	0	1,032	1,305	1,673	2,106	2,198	1,613	1,124	0,579
S25	0	0,924	1,093	1,586	2,044	2,084	1,541	1,089	0,561
K0,5	0	1,365	1,622	1,816	2,301	2,341	1,693	1,331	0,615
K1,0	0	1,251	1,439	1,704	2,187	2,204	1,484	1,208	0,529
K1,5	0	1,184	1,306	1,588	2,061	2,193	1,369	1,134	0,507
K2,0	0	0,867	1,089	1,423	1,892	2,014	1,267	0,965	0,466
K2,5	0	0,966	1,152	1,487	1,975	2,095	1,308	1,061	0,497
P5	0	1,695	1,884	2,169	2,457	2,617	1,974	1,582	0,821
P10	0	1,723	1,912	2,201	2,489	2,686	1,999	1,601	0,877
P15	0	1,781	1,967	2,232	2,518	2,711	2,032	1,628	0,903
P20	0	1,864	1,999	2,299	2,552	2,789	2,069	1,683	0,929
P25	0	1,899	2,031	2,312	2,591	2,814	2,087	1,712	0,984

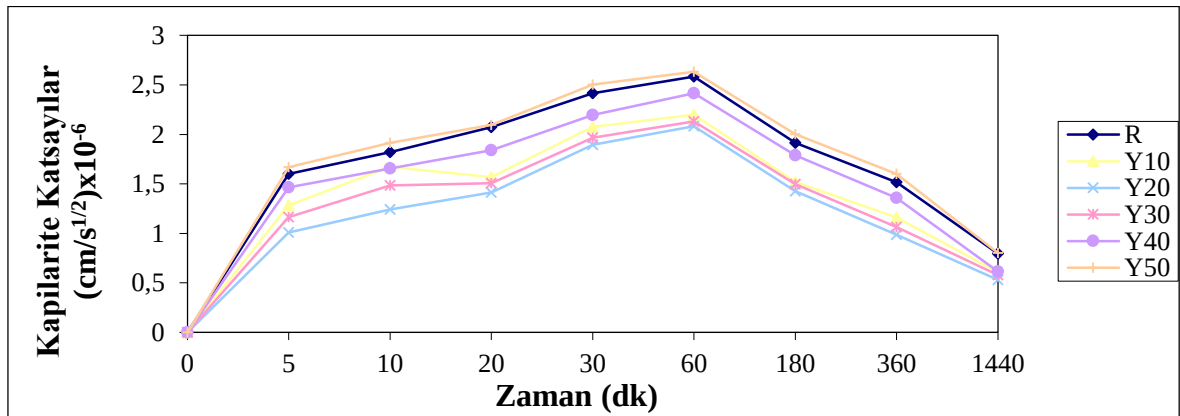


Şekil 4.19. Asidik pomza numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi



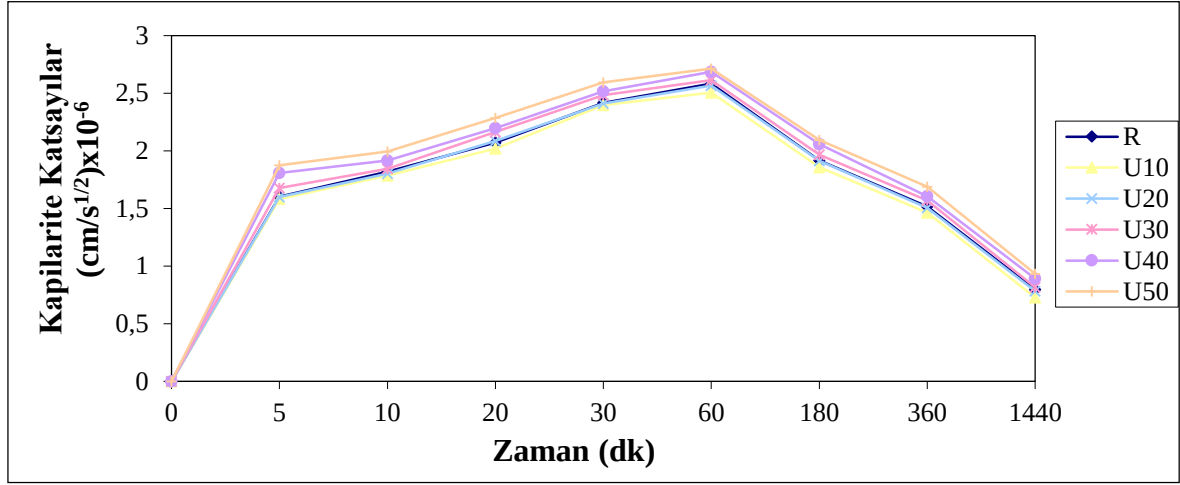
Şekil 4.20. Bazik pomza numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Pomza agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir (Şekil 4.19 ve 4.20).



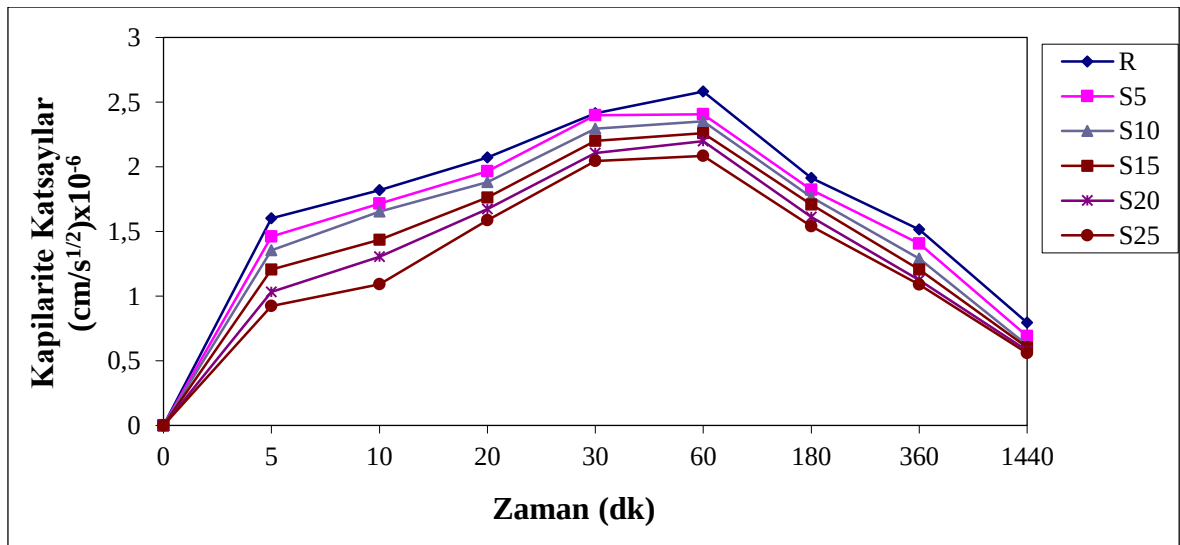
Şekil 4.21. Yüksek fırın cürufu numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Yüksek fırın cürufu boşlukları doldurduğu için ve zamana bağlı olarak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tepkimeye girerek daha kararlı ve boşluksuz yapı oluşturmaktadır. Yüksek fırın cürufu miktarı arttıkça boşluk yapısı azalmış ve daha az su emmiştir (Şekil 4.21).



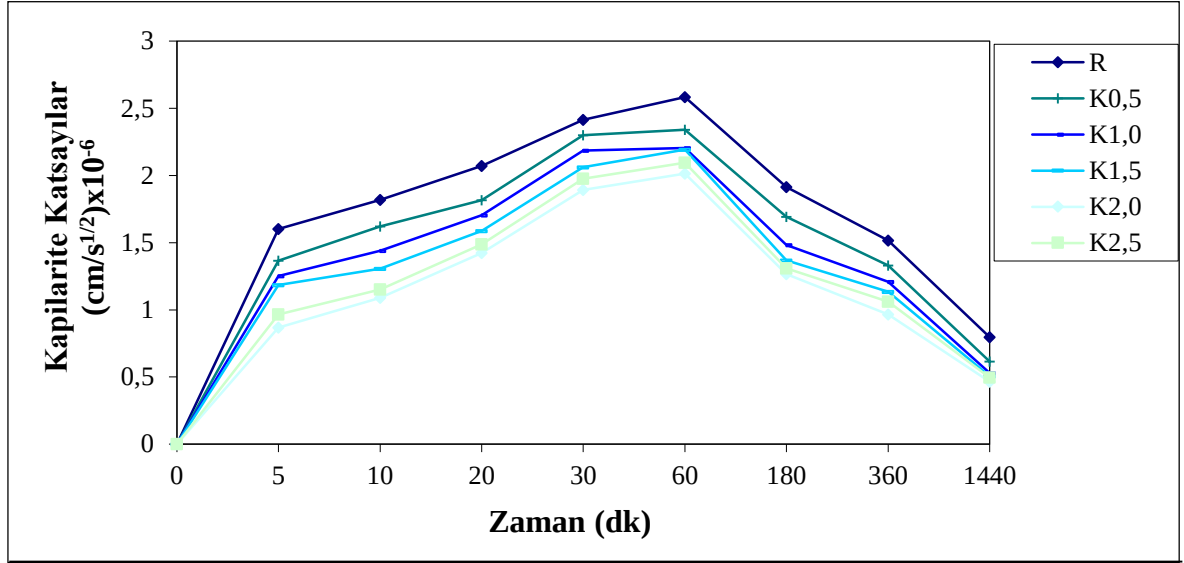
Şekil 4.22. Uçucu kül numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Uçucu kül (U) miktarı arttıkça ortalama boşluk çapları azalmaktadır fakat ölçülen porozite artmaktadır. U ikamesi, yine ortalama boşluk çaplarını azaltmakta fakat porozitesini arttırmamaktadır (Poon ve ark., 2000). U içeren çimentolarla hazırlanan harçların gözenek dağılımı ve ortalama gözenek çapı, U miktarı arttıkça azalmaktadır (Chindaprasirt ve ark, 2005). Çimento yerine U kullanılması %20'den sonrası boşluk yapısını artırmaktadır. Buna bağlı olarak daha fazla su emmiştir (Şekil 4.22).



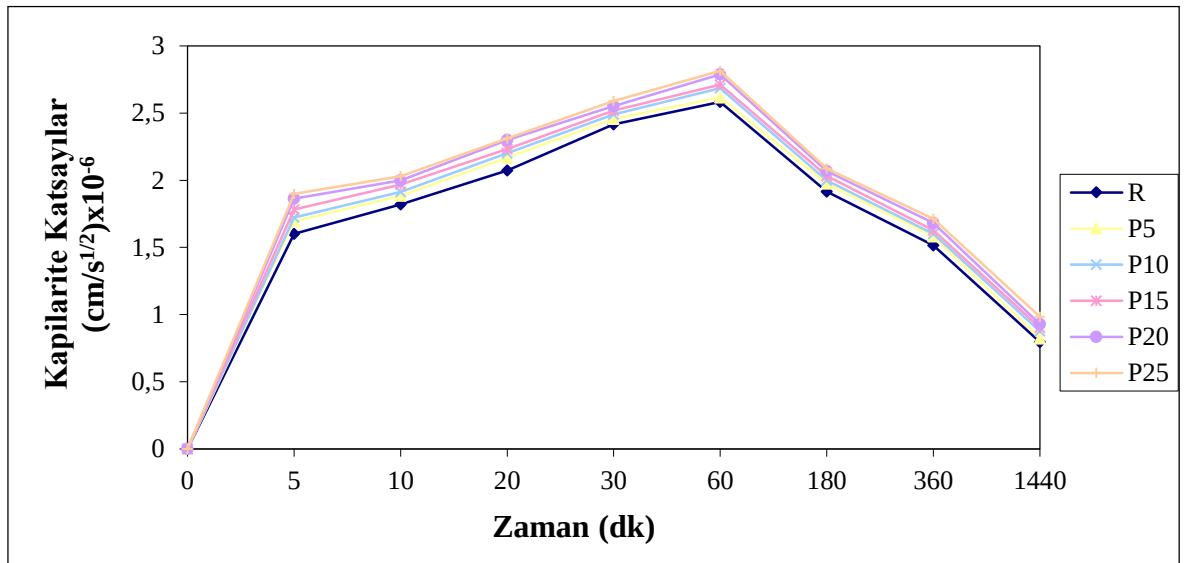
Şekil 4.23. Silis dumanı numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Silis dumanı kapiler ve kılcal boşlukları doldurduğu için ve zamana bağlı olarak daha kararlı ve boşluksuz yapı oluşturmaktadır. Silis dumanı miktarı artıkça daha az su emmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.24. Kolemanit numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Kolemanitin ise kristal ve düzenli bir yapıda olması ve betonda agrega çimento ara yüzeyi daha homojen ve yoğun olduğundan, bağlantılar daha kuvvetli ve boşluk miktarı daha az olması kılcal su emme değerlerinin düşük olmasına neden olmuştur. Kolemanit miktarı artıkça kılcal su emme değerleri azalmıştır (Şekil 4.24).



Şekil 4.25. Perlit numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Perlit agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir (Şekil 4.25).

4.6.2. Agregalarına göre beton numunelerin kılcal su geçirimliliği

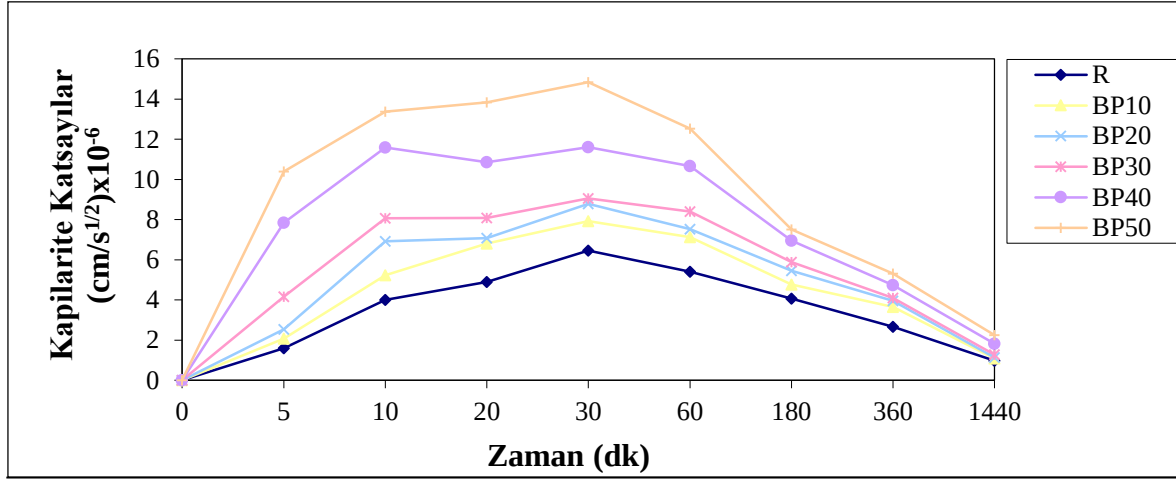
Kılcal su emme deneyi sonuçlarına ait absorbe edilen su miktarlarına bağlı kapilarite katsayıları Çizelge 4.14.'de verildi, Şekil 4.26., 4.27., 4.28. ve 4.29'de her bir numune için ayrı ayrı kılcal su emme katsayısı – zaman grafiği görülmektedir.

Çizelge 4.14. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin kapilarite katsayıları ($\text{cm/s}^{1/2}$) $\times 10^{-6}$

Numuneler	0 dk	5 dk	10 dk	20 dk	30 dk	60 dk	180dk	360dk	1440dk
R	0	1,59	4,01	4,89	6,45	5,41	4,06	2,67	0,98
BP10	0	2,08	5,23	6,81	7,92	7,13	4,77	3,65	1,09
BP20	0	2,54	6,92	7,08	8,79	7,53	5,46	3,96	1,13
BP30	0	4,16	8,06	8,08	9,05	8,4	5,89	4,1	1,27
BP40	0	7,85	11,59	10,85	11,6	10,67	6,96	4,73	1,82
BP50	0	10,39	13,37	13,84	14,84	12,53	7,51	5,31	2,25
BA10	0	1,46	4,06	5,12	6,09	5,53	3,96	2,42	1,21
BA20	0	1,39	3,89	4,35	4,90	4,86	3,42	2,01	0,99
BA30	0	1,15	3,12	2,00	4,68	4,17	2,85	1,82	0,82
BA40	0	1,15	3,04	2,56	4,02	3,53	2,50	1,46	0,63
BA50	0	0,92	2,63	2,05	2,98	3,25	1,92	1,01	0,55
BZ 10	0	1,42	3,86	4,58	6,12	5,07	3,89	2,42	0,88
BZ 20	0	1,25	3,41	4,12	5,75	4,83	3,49	2,31	0,71
BZ30	0	1,09	3,19	3,97	5,37	4,40	3,12	1,85	0,65
BZ40	0	0,92	2,84	3,54	5,01	4,07	2,92	1,12	0,52
BZ50	0	0,86	2,53	3,17	4,59	3,72	2,68	0,84	0,33
KA10	0	1,62	4,16	5,08	6,67	5,67	4,00	2,88	1,07
KA20	0	1,76	4,57	5,47	6,96	5,99	5,39	3,11	1,19
KA30	0	1,89	4,82	5,93	7,20	6,11	4,50	3,44	1,31
KA40	0	1,93	5,00	6,12	7,75	6,49	4,97	3,80	1,48
KA50	0	2,03	5,45	6,62	7,93	6,84	5,16	3,98	1,49
H10	0	1,52	3,94	4,62	6,32	5,27	4,01	2,40	0,94
H20	0	1,43	3,69	4,24	6,05	4,94	3,85	2,26	0,87
H30	0	1,34	3,21	4,07	5,67	4,49	3,29	1,87	0,76
H40	0	1,19	3,02	3,89	5,28	4,13	2,97	1,64	0,68
H50	0	1,08	2,89	3,63	4,94	3,98	2,54	1,51	0,59
D10	0	1,40	3,69	4,12	5,93	4,86	3,40	2,12	0,72
D20	0	1,05	2,87	3,42	4,89	3,91	2,19	1,29	0,44

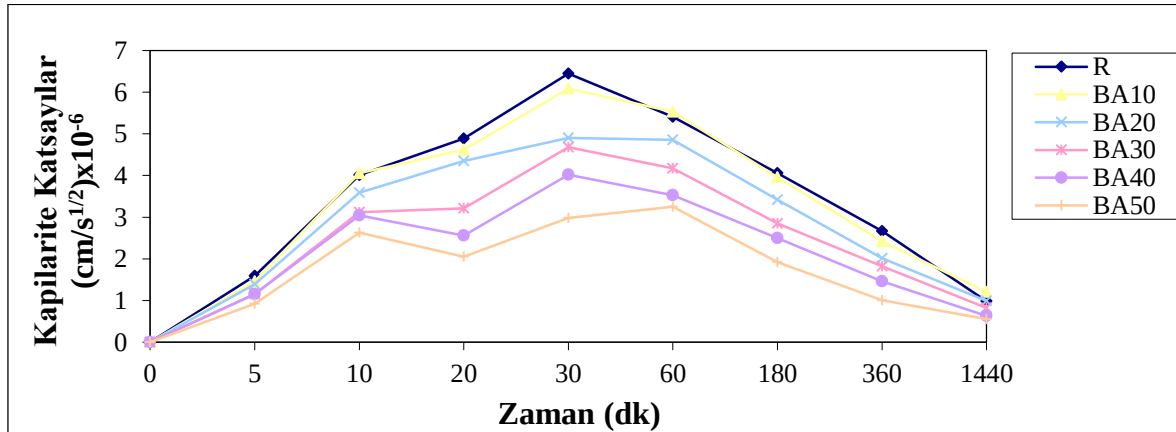
Çizelge 4.14. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin kapilarite katsayıları ($\text{cm/s}^{1/2}$) $\times 10^{-6}$ (Devamı)

D30	0	1,16	2,96	3,61	5,13	4,05	2,82	1,45	0,53
D40	0	1,27	3,11	3,89	5,36	4,27	2,98	1,72	0,62
D50	0	1,39	3,25	4,04	5,62	4,62	3,19	2,03	0,66



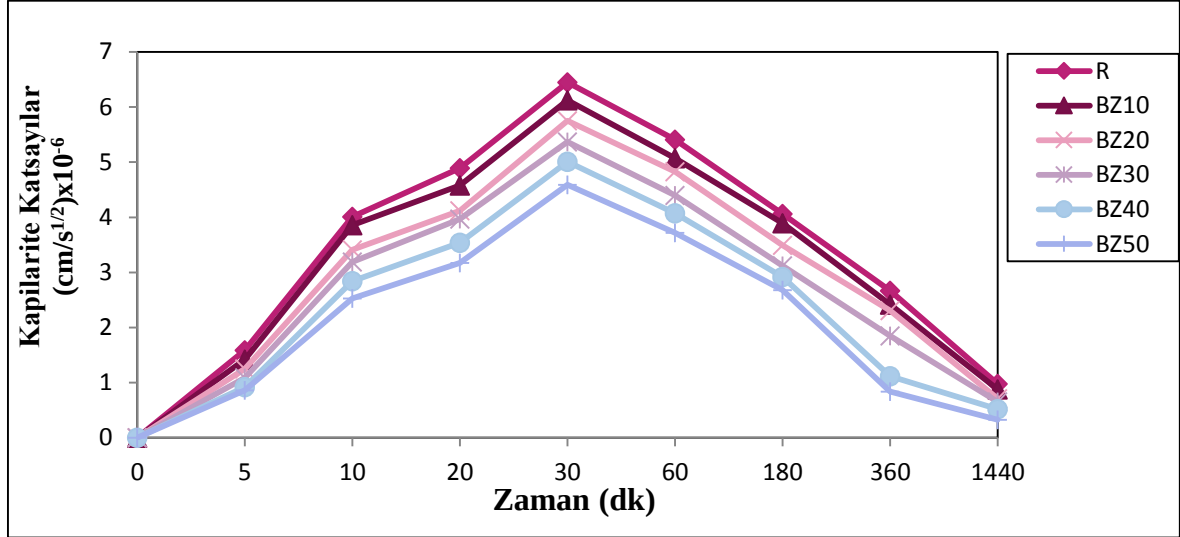
Şekil 4.26. Bazık pomza numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Betonda kullanılan gözenekli agregalarda yüksek değerlere ulaşabilmekte olup, agreganın gözeneklilik oranı ve gözeneklerin birbiri ile bağlantılı olup olmama durumunun bir fonksiyonu şeklinde değişim göstermektedir. Agregada bünyesindeki kılcal su hattının ilerlemesi zamana bağlı olarak tespit edildiğinde, agreganın gözeneklilik durumu ve yapısal özelliğine bağlı olarak, bu hareketin belli bir katsayıya göre gerçekleştiği görülmektedir. Bu bakımdan, bazık pomza (BP) agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir (Şekil 4.26).



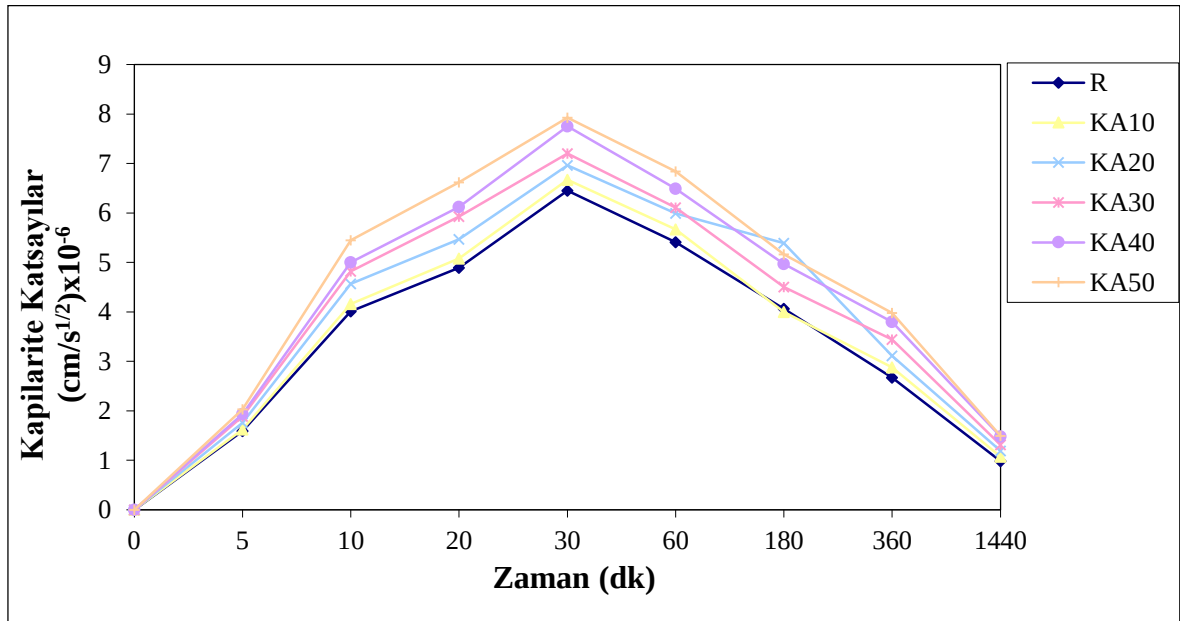
Şekil 4.27. Barit numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Barit agregasının yapısal özellikleri gereği bakımdan kullanılan agregadan daha az su emme oranına sahip olması nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir (Şekil 4.27).



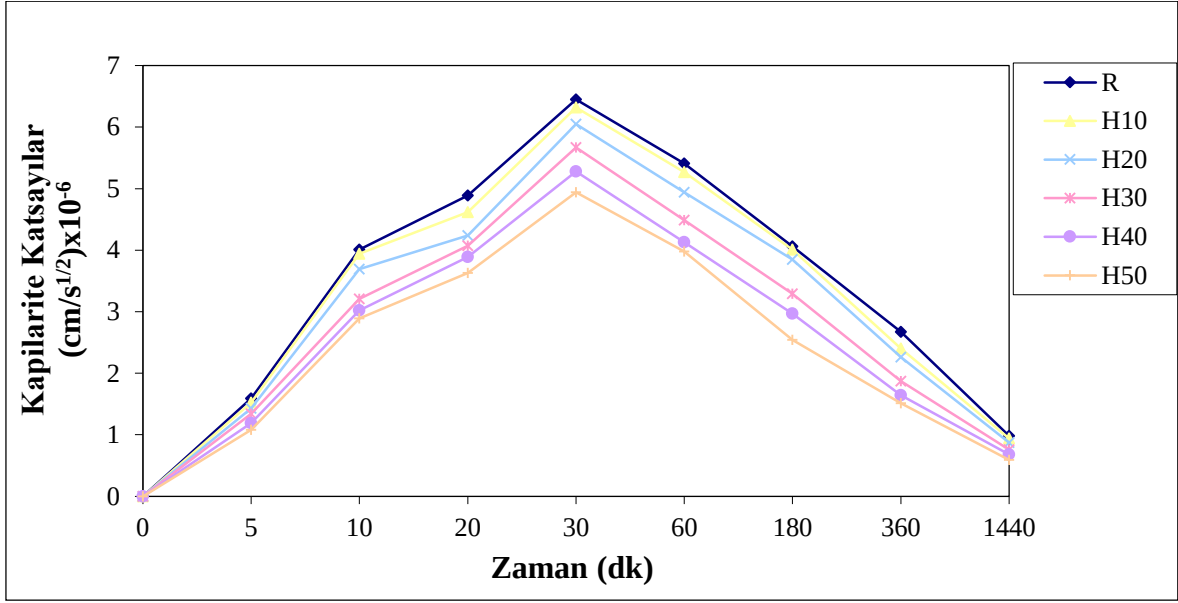
Şekil 4.28. Bazalt numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Bazalt agregasının daha boşluksuz yapıya sahip olması nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir (Şekil 4.28).



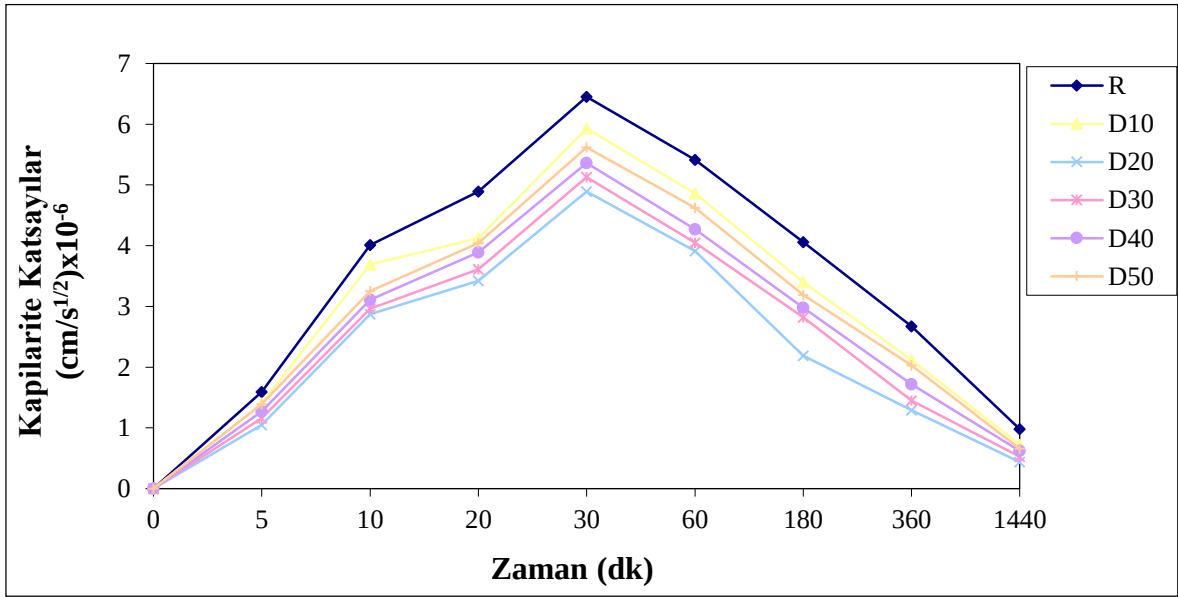
Şekil 4.29. Kalker numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Kalker agregasının kullanılan agregaya su emme değeri yakın olması nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.30. Hematit numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Hematit agregasının demir kökenli yapıya sahip olması ve su emme oranının düşük olması sebebi ile katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.31. Demir tozu numunelerinin kılcal su emme katsayılarının zamana göre değişimi

Demir tozu agregasının demir kökenli yapıya sahip olması ve su emme oranının neredeyse sıfır olması sebebi ile katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir (Şekil 4.31).

4.7. Beton Numunelerin Donma-Çözülme Etkisi

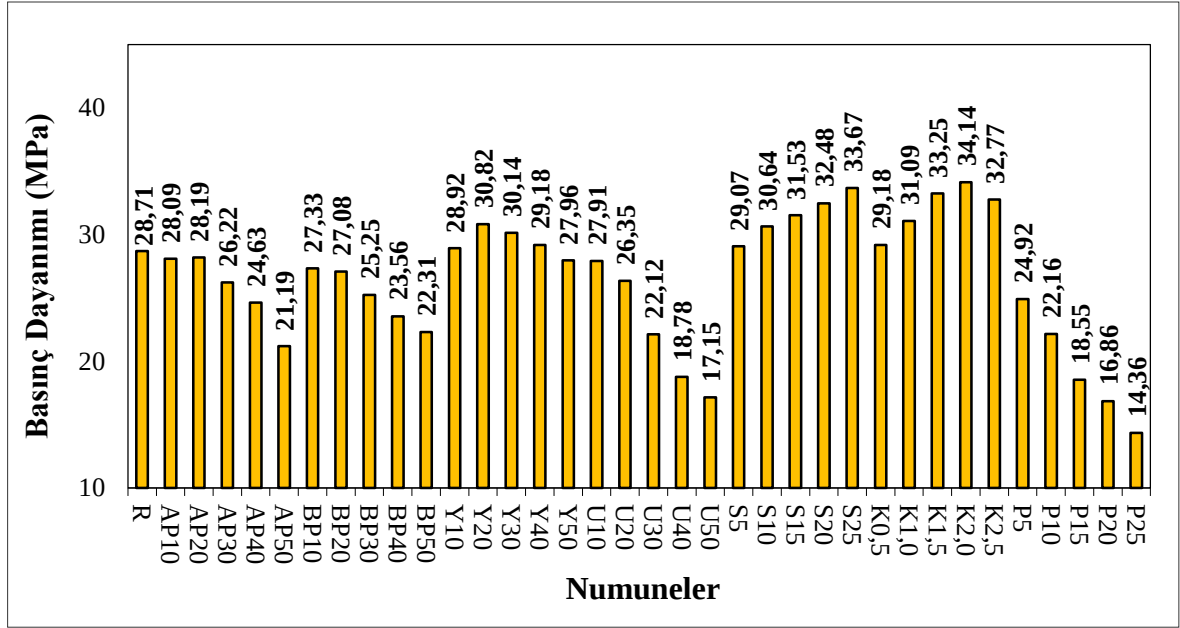
4.7.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin donma-çözülme etkisi

28 günlük beton numunelerin donma-çözülme etkisi araştırılmıştır (Çizelge 4.15).

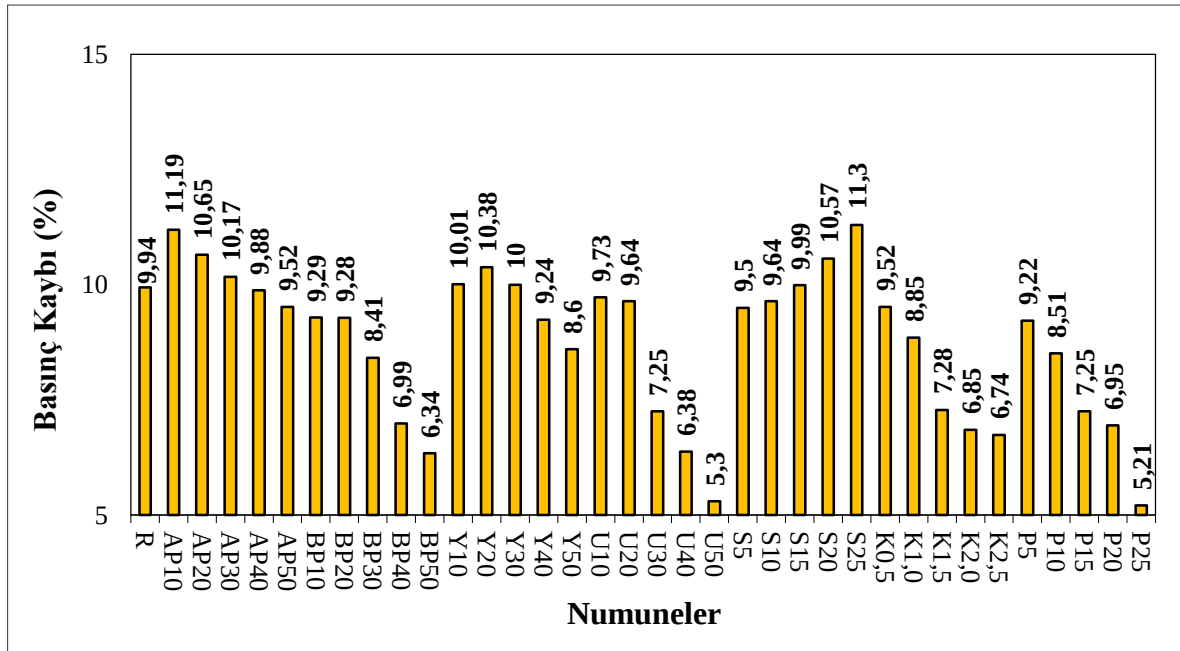
Çizelge 4.15. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı beton numunelerin donma çözülme öncesi ve sonrası basınç değerleri

Numuneler	Donma Çözülme Öncesi Basınç Dayanım (Mpa)	Donma Çözülme Sonrası Basınç Dayanımı (Mpa)	Basınç Kaybı (%)
R	31,88	28,71	9,94
AP10	31,63	28,09	11,19
AP20	31,55	28,19	10,65
AP30	29,19	26,22	10,17
AP40	27,33	24,63	9,88
AP50	23,42	21,19	9,52
BP10	30,13	27,33	9,29
BP20	29,85	27,08	9,28
BP30	27,57	25,25	8,41
BP40	25,33	23,56	6,99
BP50	23,82	22,31	6,34
Y10	32,17	28,92	10,10
Y20	34,39	30,82	10,38
Y30	33,49	30,14	10,00
Y40	32,15	29,18	9,24
Y50	30,59	27,96	8,60
U10	30,92	27,91	9,73
U20	29,16	26,35	9,64
U30	23,85	22,12	7,25
U40	20,06	18,78	6,38
U50	18,11	17,15	5,30
S5	32,12	29,07	9,50
S10	33,91	30,64	9,64
S15	35,03	31,53	9,99
S20	36,32	32,48	10,57
S25	37,96	33,67	11,30
K0,5	32,25	29,18	9,52
K1,0	34,11	31,09	8,85
K1,5	35,86	33,25	7,28
K2,0	36,65	34,14	6,85
K2,5	35,14	32,77	6,74
P5	27,45	24,92	9,22
P10	24,22	22,16	8,51
P15	20	18,55	7,25
P20	18,12	16,86	6,95
P25	15,15	14,36	5,21

Şekil 4.32’de beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç dayanımları ve 4.33 ’de beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç kaybı verilmiştir.



Şekil 4.32. Beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç dayanımları



Şekil 4.33. Beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç kaybı

Sertleşmiş beton numunelerinin donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasında yapılan ağırlık ölçümleri sonucunda belirlenen ağırlık kaybı değerleri, % 0,1’in altındaki çok küçük değer olduğundan, numunelerin ağırlık kayıplarına göre, donma-çözülmeden

fazla etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır. Numunelerin yüzeyinde çatlama ve dökülme görülmemiştir.

En yüksek basınç dayanımı değerini %2 oranında kolemanit ikame edilen K2 numunesi ve en düşük basınç dayanımı değerini %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesini vermiştir (Şekil 4.32). En yüksek basınç kaybı %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesinde en düşük basınç kaybı da %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesinde gözlenmiştir (Şekil 4.33). Kolemanit (K) katkılı numunelerde basınç dayanımının belirli ikame oranına kadar arttığı gözlemlenmektedir. Kolemanitin kristal ve düzenli bir yapıda olması boşlukların ve kılcal çatlakların azalmasına sebep olmuştur. Asidik pomza (AP), bazik pomza (BP) ve P (Perlit) katkı oranı arttıkça boşluk yapısı arttığından donma çözülme sebep olduğu hacim değişimlerinden az etkilenmiştir. Uçucu kül katkısı arttıkça betonda çimento miktarı azalmakta ve daha boşluklu hale geldiği için dayanım kaybı az olmaktadır. Silis dumanı miktarı arttıkça hidrasyon ürünlerinden olan $Ca(OH)_2$ 'yi bağlayarak CSH dönüştürmesinden dolayı daha yoğun ve güçlü bir yapı elde edilmesine karşın bu güçlü yapı donma çözülme etkisinde daha büyük buz basıncına maruz kalmakta ve parça kopmasına neden olması ile açıklanabilir. YFC katkısı arttıkça; beton içindeki gözenek boyutlarında, gerek fiziksel gerekse hidrasyon sonucunda, azalmaya neden olması betonun donma çözülme direncini yükselmesi ile açıklanabilir.

4.7.2. Agregalarına göre beton numunelerin donma-çözülme etkisi

28 günlük beton numunelerin donma-çözülme etkisi araştırıldı (Çizelge 4.16). Numunelerin donma-çözülme sonucu ağırlık kaybında değişiklik olmamıştır. Numunelerin yüzeyinde çatlama ve dökülme görülmemiştir.

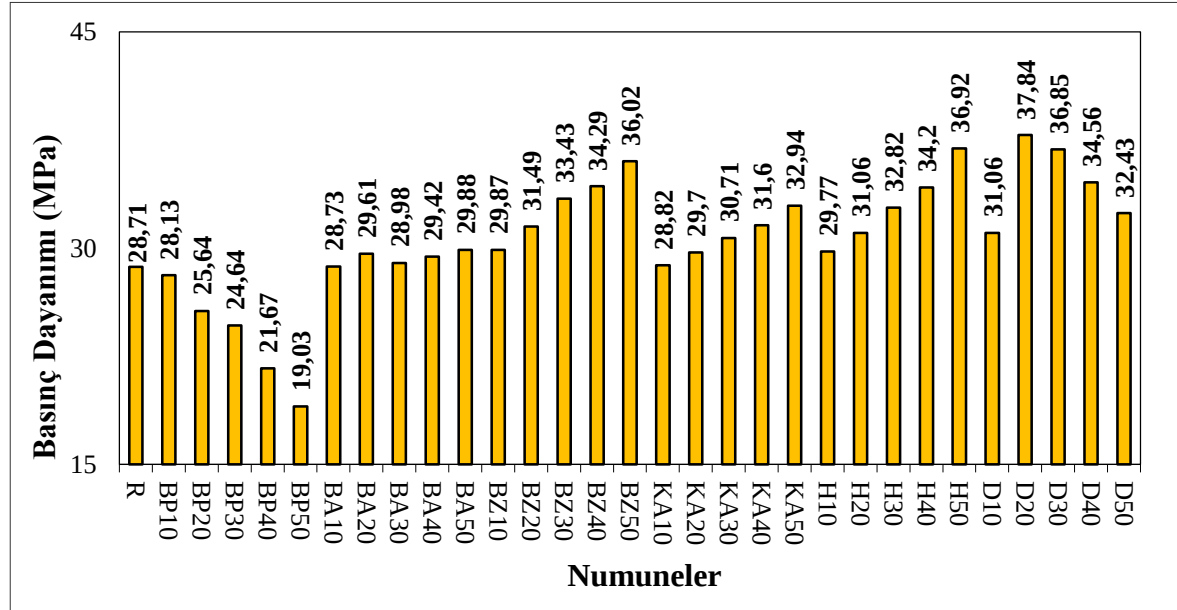
Çizelge 4.16. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin donma-çözünme öncesi ve sonrası basınç değerleri

Numuneler	Basınç Dayanımı (Mpa) donma öncesi	Basınç Dayanımı (Mpa) donma sonrası	Basınç Kaybı (%)
R	31,88	28,71	9,94
BP10	30,92	28,13	9,03
BP20	28,01	25,64	8,47
BP30	26,54	24,64	7,16
BP40	23,06	21,67	6,04
BP50	20,12	19,03	5,42
BA10	32,07	28,73	10,42
BA20	32,99	29,61	10,25

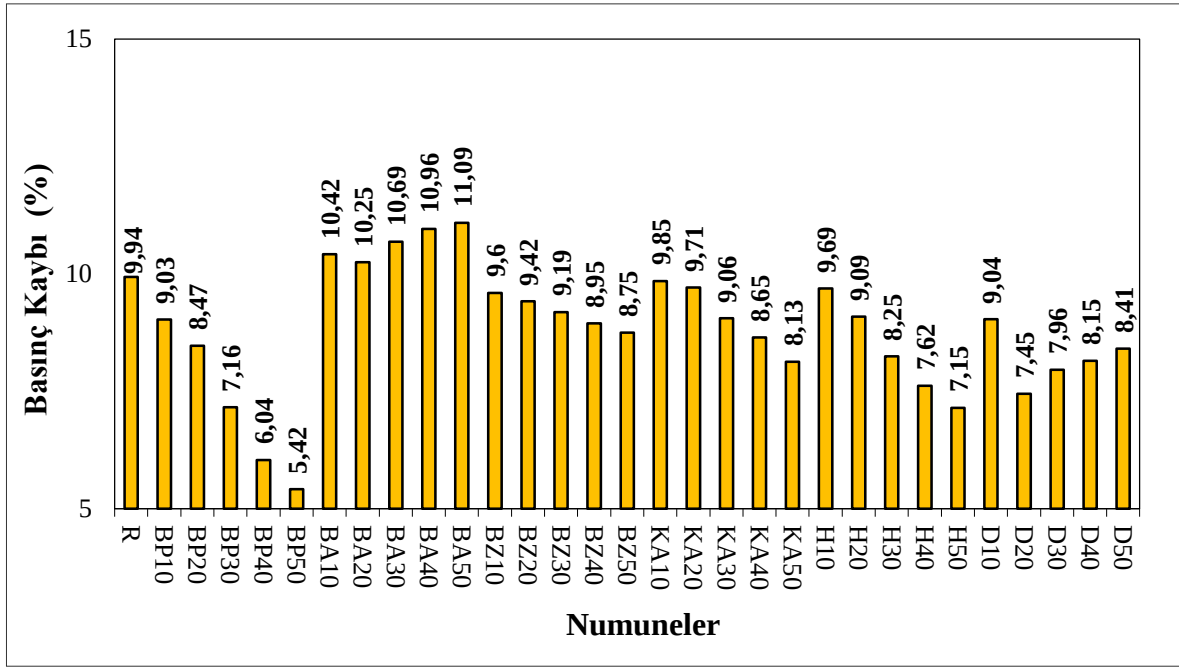
Çizelge 4.16. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı beton numunelerin donma-çözünme öncesi ve sonrası basınç değerleri (Devamı)

BA30	32,45	28,98	10,69
BA40	33,04	29,42	10,96
BA50	33,61	29,88	11,09
BZ 10	33,04	29,87	9,6
BZ 20	34,76	31,49	9,42
BZ30	36,81	33,43	9,19
BZ40	37,66	34,29	8,95
BZ50	39,47	36,02	8,75
KA10	31,97	28,82	9,85
KA20	32,89	29,70	9,71
KA30	33,77	30,71	9,06
KA40	34,59	31,60	8,65
KA50	35,86	32,94	8,13
H10	32,74	29,77	9,07
H20	34,13	31,06	8,99
H30	35,92	32,82	8,63
H40	37,23	34,20	8,15
H50	39,96	36,92	7,62
D10	34,15	31,06	9,04
D20	40,89	37,84	7,45
D30	40,04	36,85	7,96
D40	37,63	34,56	8,15
D50	35,41	32,43	8,41

Şekil 4.34’de beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç dayanımları ve 4.35’de beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç kaybı verilmiştir.



Şekil 4.34. Beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç dayanımları



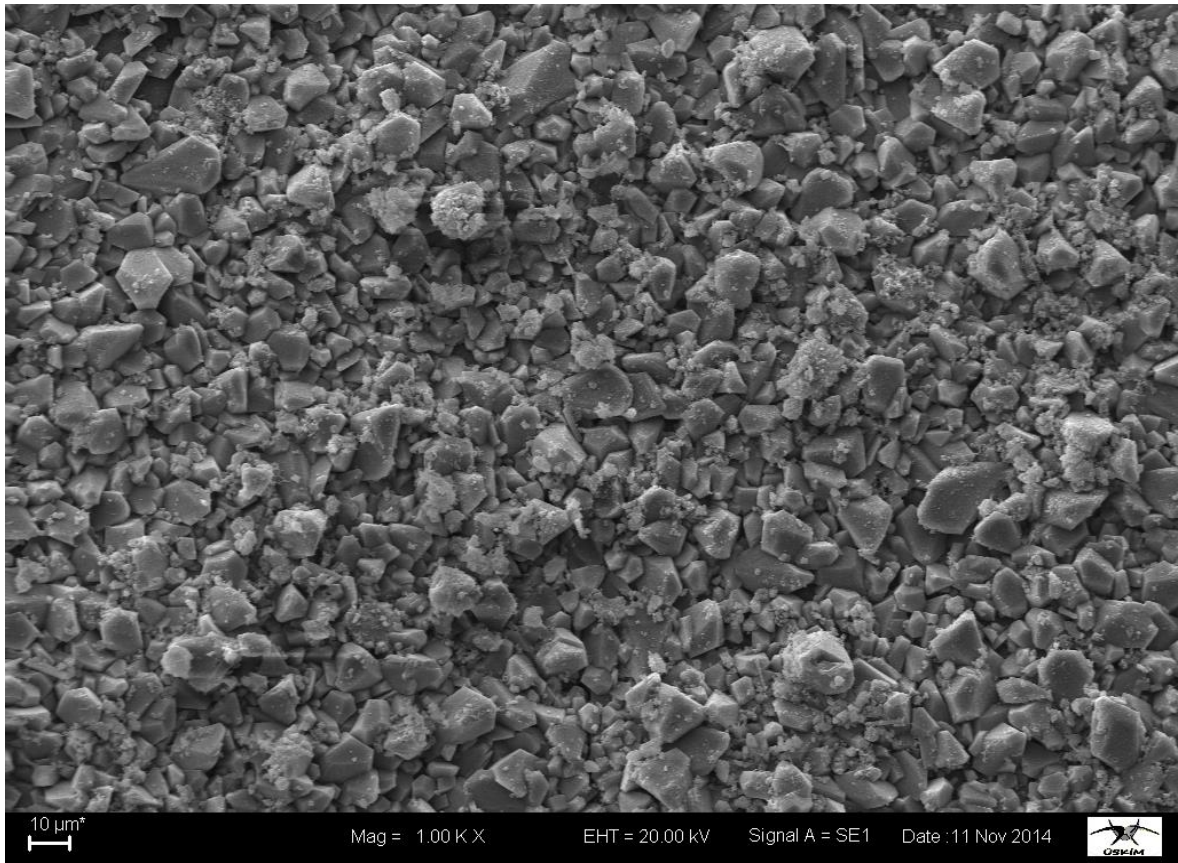
Şekil 4.35. Beton numunelerin donma-çözülme sonrası basınç kaybı

En yüksek basınç dayanımı değerini %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi ve en düşük basınç dayanımı değerini %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesini vermiştir (Şekil 4.34). En fazla basınç kaybı %50 oranında bazalt ikame edilen BA50 numunesinde en düşük basınç kaybı da %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesinde gözlenmiştir (Şekil 4.35). Bazik pomza (BP) katkı oranı arttıkça boşluk yapısı arttığından donma çözülme sebep olduğu hacim değişimlerinden az etkilenmiştir. Barit oranı arttıkça basınç kaybı birbirine yakın değerler vermiştir. Hematit (H), kalker (K) ve bazalt (BZ) katkı oranı arttıkça numunelerin donma-çözünme sonrası basınç kaybı azalmıştır. Bunun sebebi katkı oranı arttıkça agregaların su emme oranının düşük olması ve betonun iç kısmına daha az işlemesi ile daha az hasar görmesi ile açıklanabilir.

4.8. Beton Numunelerin Elektron Mikroskop Çalışmaları

4.8.1. Farklı mineral katkılı beton numunelerin elektron mikroskop çalışmaları

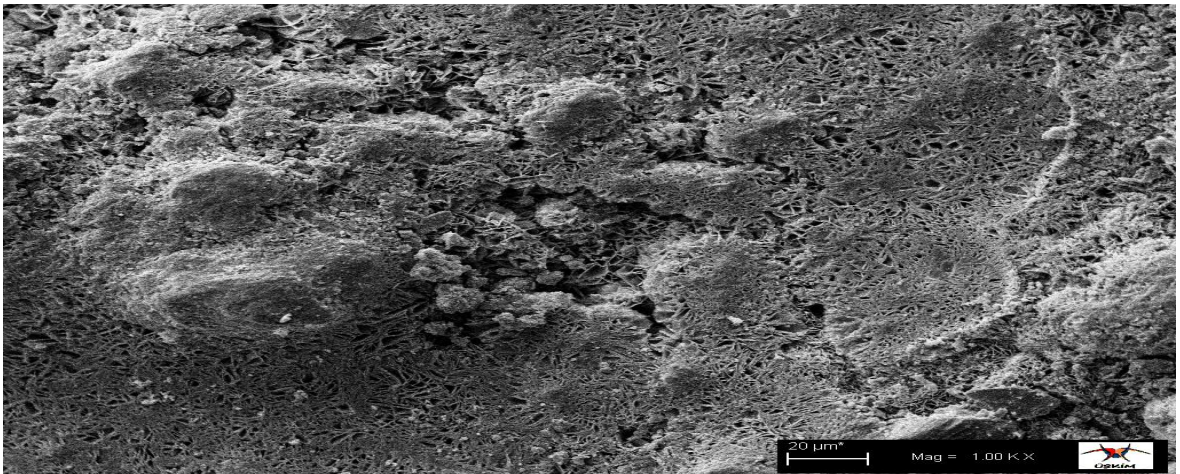
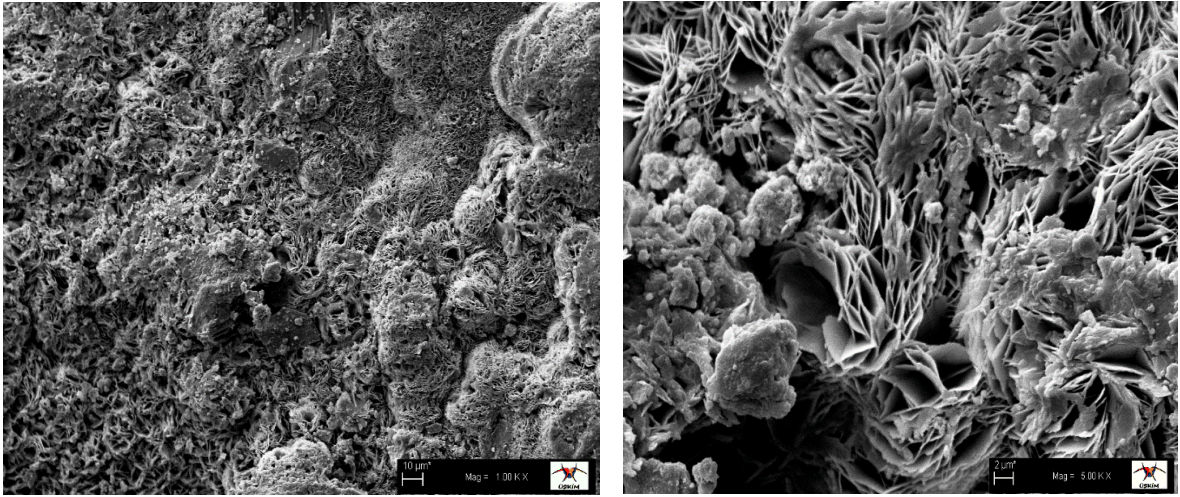
Perlit (P), silis dumanı (S), uçucu kül (U) ve yüksek fırın cürufu (Y) katkılı numuneler 7 gün kür ortamında ve 90 gün sülfat ortamında bekletildikten sonra sem görüntüleri alınmıştır. Referans numunesi sem görüntüsü şekil 4.36.'da verilmiştir. Perlit katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen P15 ve P25 beton numunelerinin sem görüntüleri verilmiştir (Şekil 4.37. ve Şekil 4.38). Silis dumanı katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen S15 ve S25 beton numunelerinin sem görüntüleri verilmiştir (Şekil 4.39. ve Şekil 4.40). Uçucu kül katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen U30 ve U50 beton numunelerinin sem görüntüleri verilmiştir (Şekil 4.41. ve Şekil 4.42) . Yüksek fırın cürufu katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen Y30 ve Y50 beton numunelerinin sem görüntüleri verilmiştir (Şekil 4.43 ve Şekil 4.45).



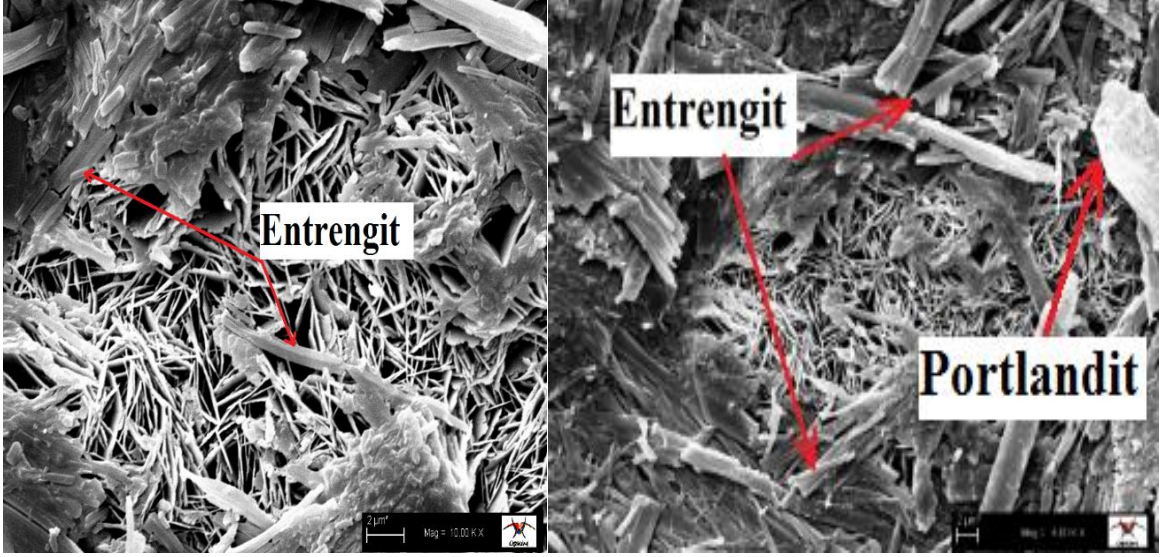
Şekil 4.36. R numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



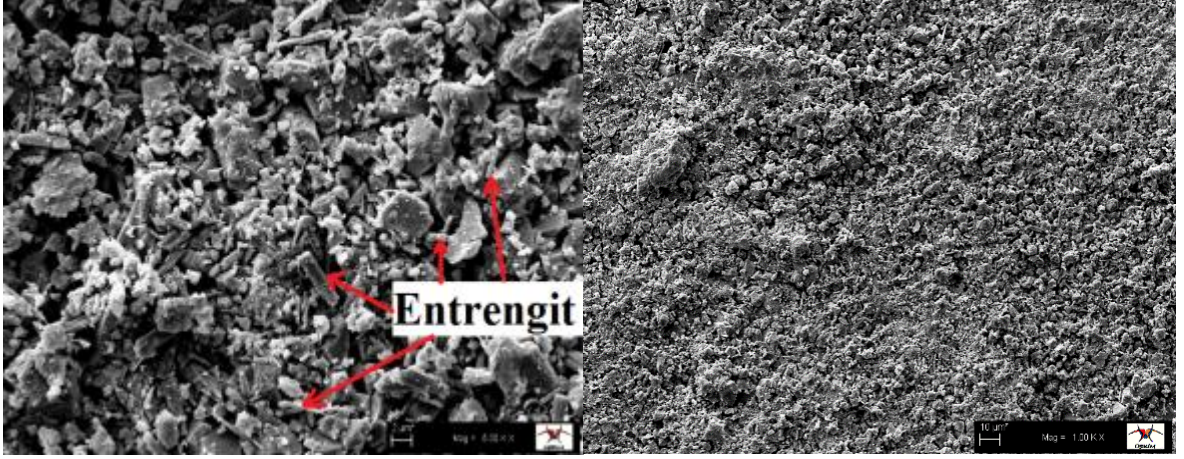
Şekil 4.37. P15 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.38. P25 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



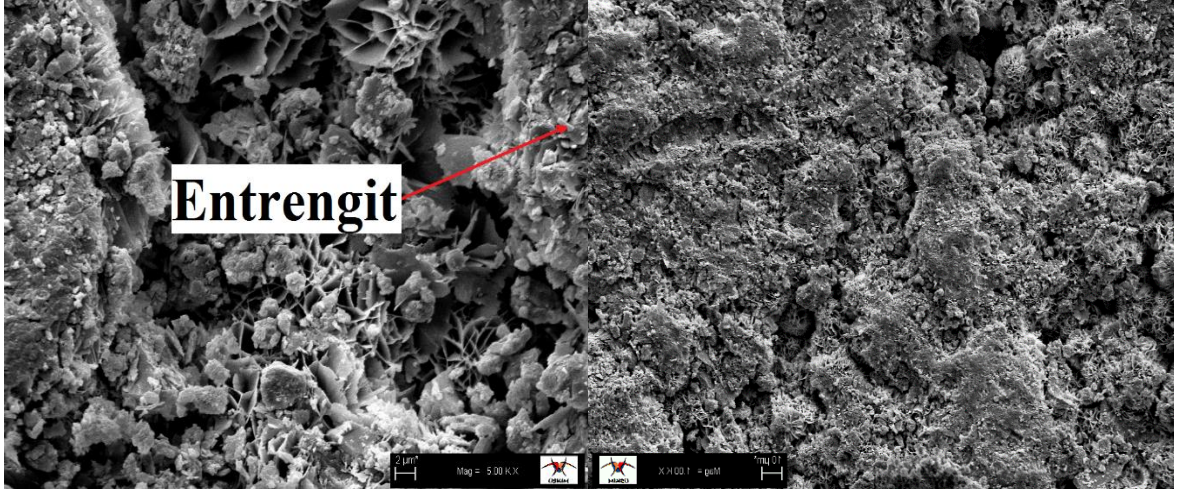
Şekil 4.39. S15 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



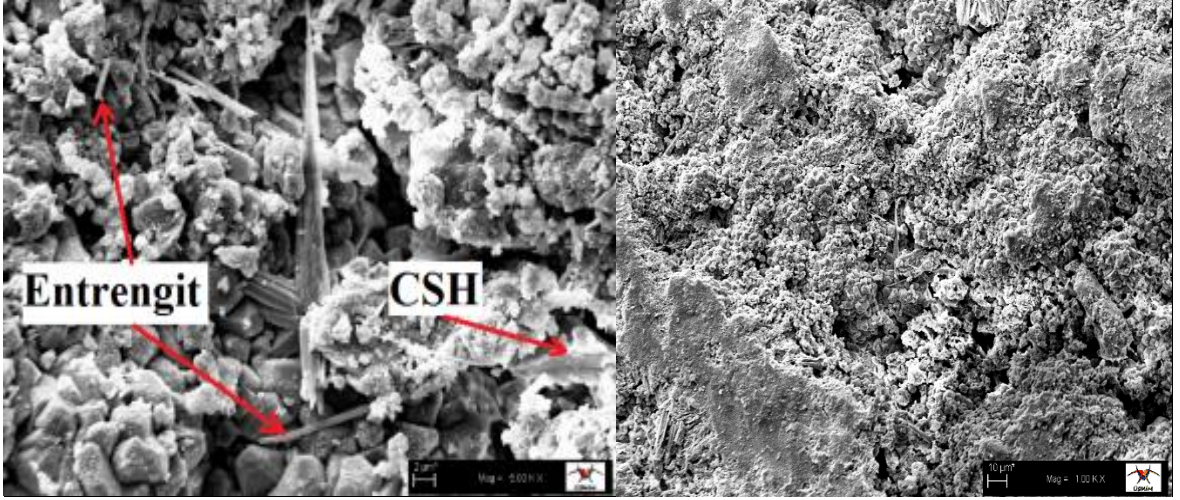
Şekil 4.40. S25 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.41. U30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.42. U50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.43. Y30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.44. Y50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü

4.8.2. Agregalarına göre beton numunelerinin elektron mikroskop çalışmaları

Bazik pomza (BP), barit (BA), bazalt (BZ), kalker (KA), demir tozu (D) ve hematit (H) katkılı numuneler 7 gün kür ortamında ve 90 gün sülfat ortamında bekletildikten sonra sem görüntüleri alınmıştır.

Bazik pomza katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, BP10 Şekil 4,45’de, BP30 Şekil 4,46’da ve BP50 Şekil 4,47’de verilmiştir.

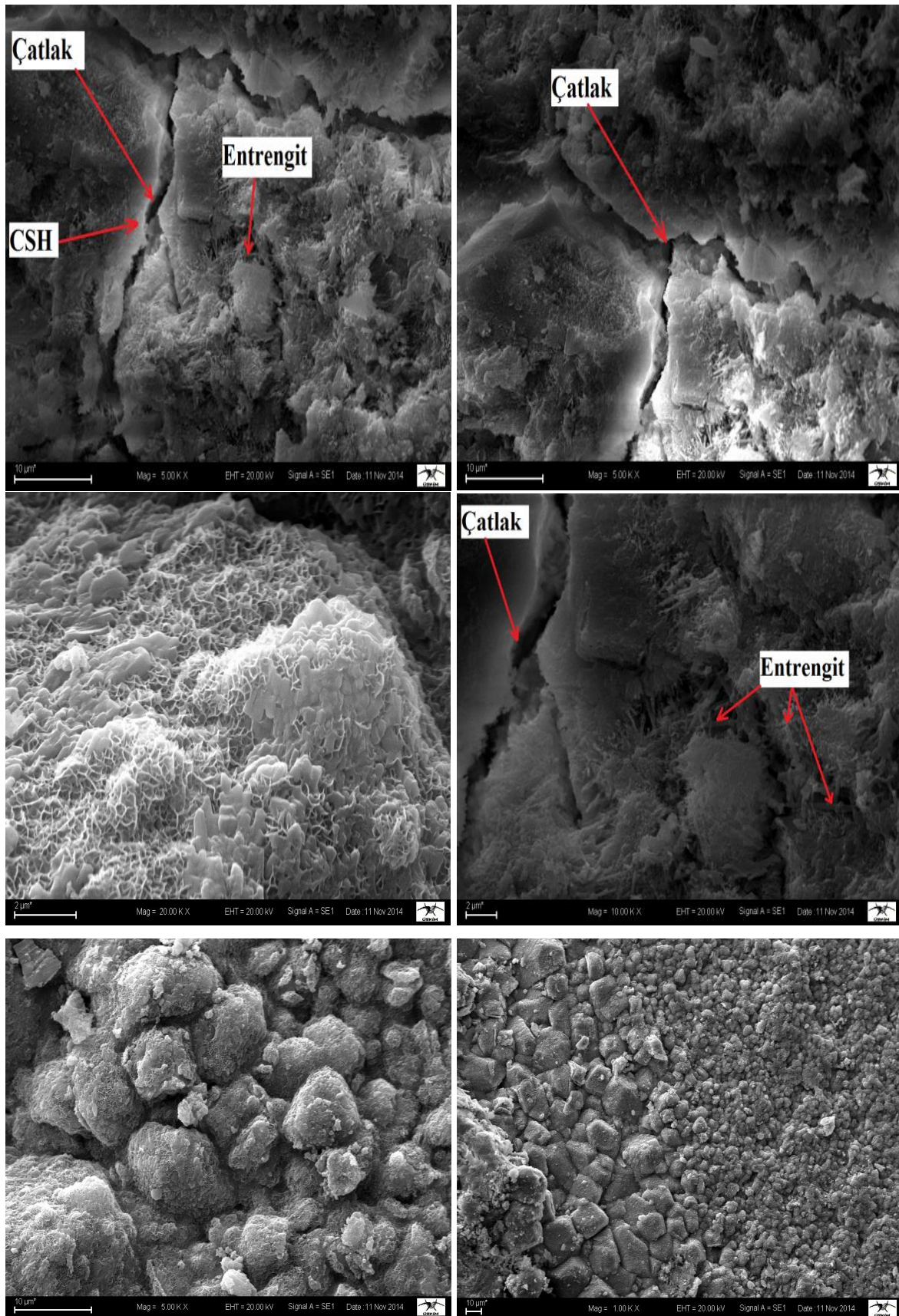
Barit katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, BA10 Şekil 4,48’de, BA30 Şekil 4,49’da ve BA50 Şekil 4,50’de verilmiştir.

Bazalt katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, BZ10 Şekil 4,51’de, BZ30 Şekil 4,52’de ve BZ50 Şekil 4,53’de verilmiştir.

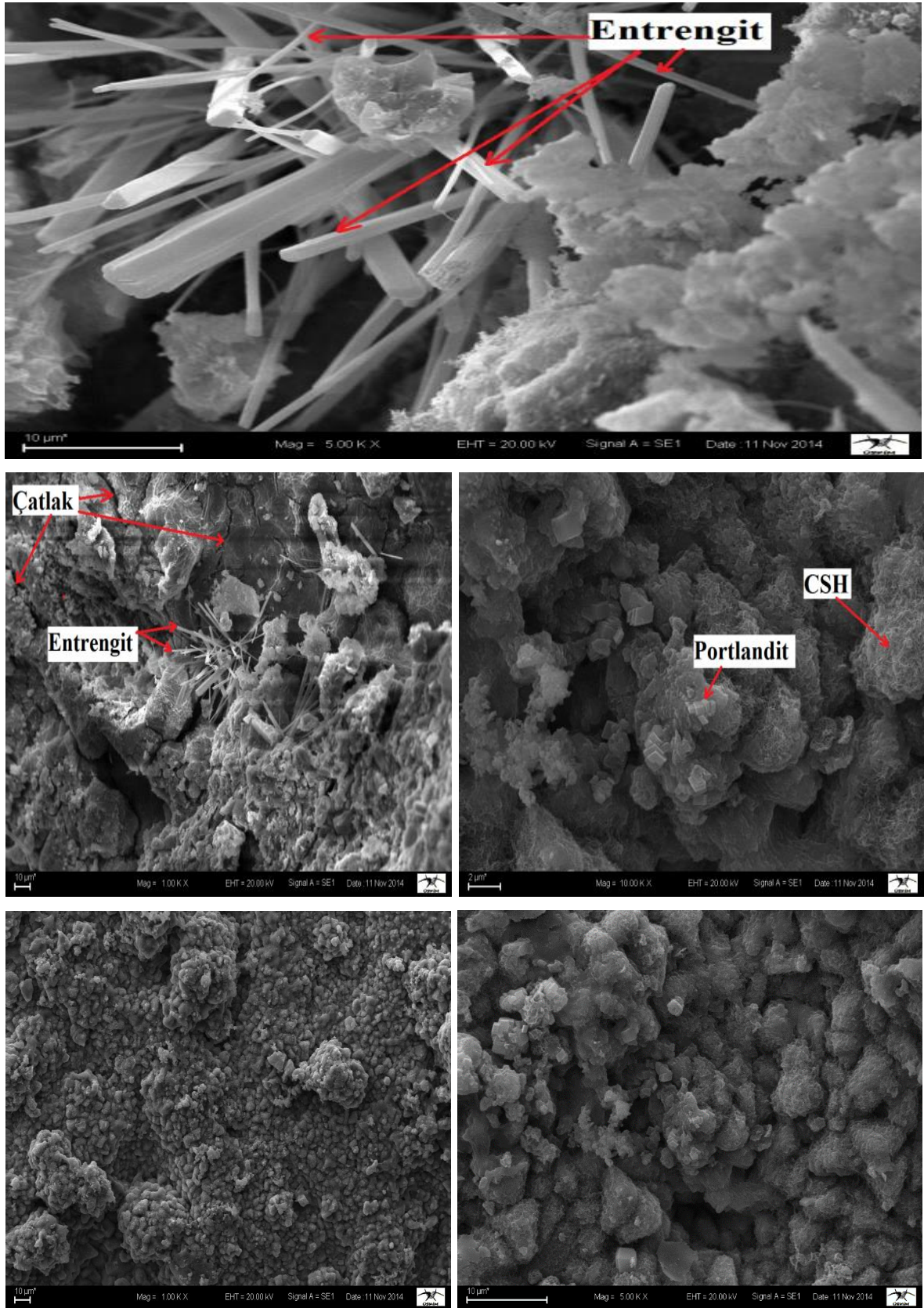
Kalker katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, K10 Şekil 4,54’de, K30 Şekil 4,55’de ve K50 Şekil 4,56’da verilmiştir.

Demir tozu katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, D10 Şekil 4,57’de, D30 Şekil 4,58’de ve D50 Şekil 4,59’da verilmiştir.

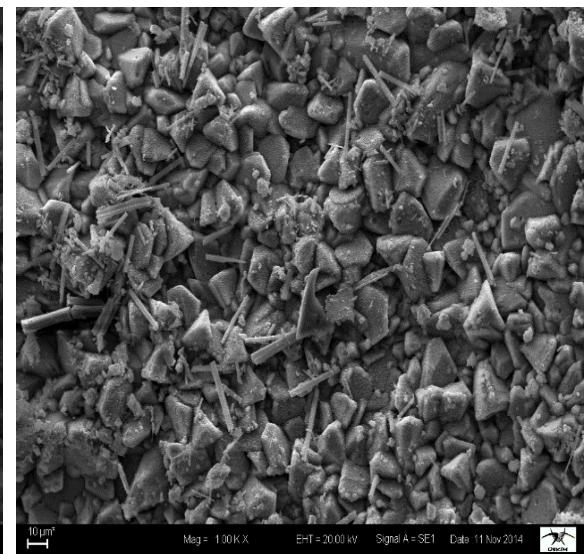
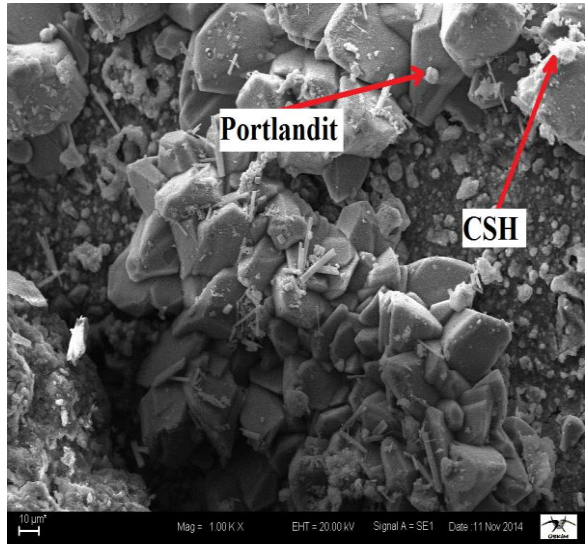
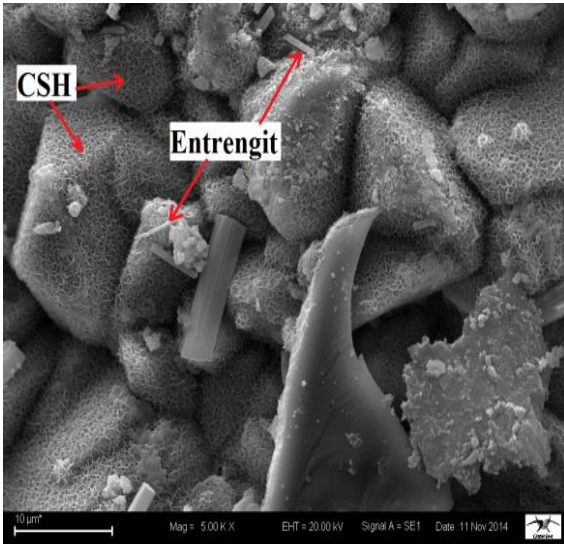
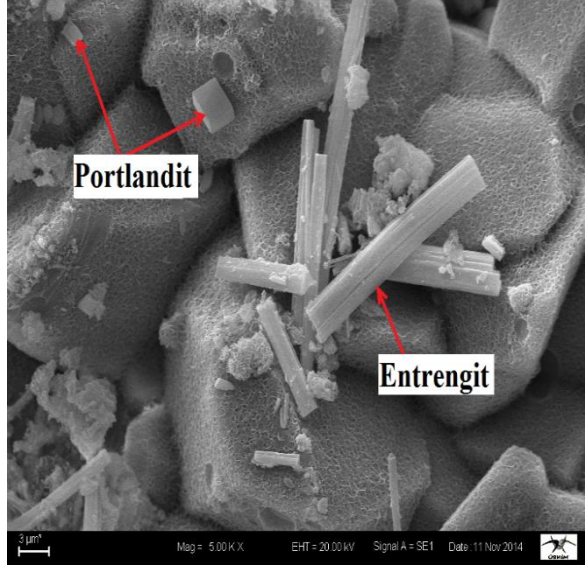
Hematit katkılı 90 gün sülfat ortamında bekletilen beton numunelerinin sem görüntüleri, H10 Şekil 4,60’da, D30 Şekil 4,61’de ve D50 Şekil 4,62’de verilmiştir.



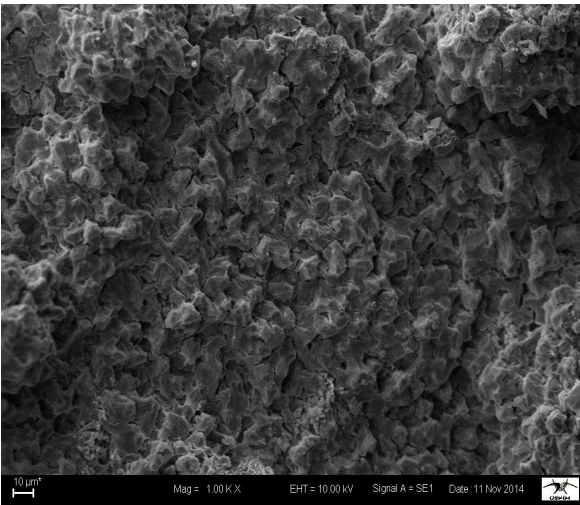
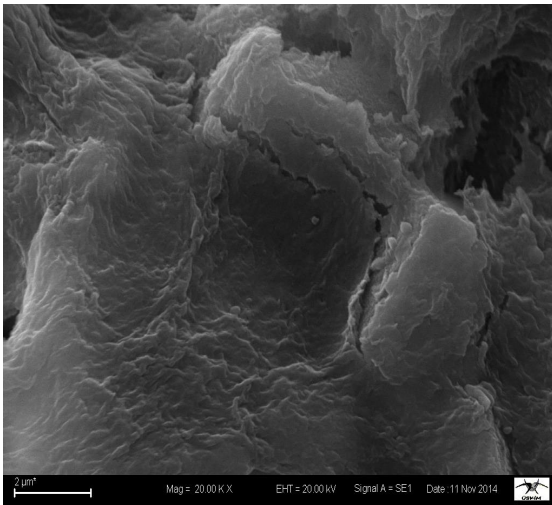
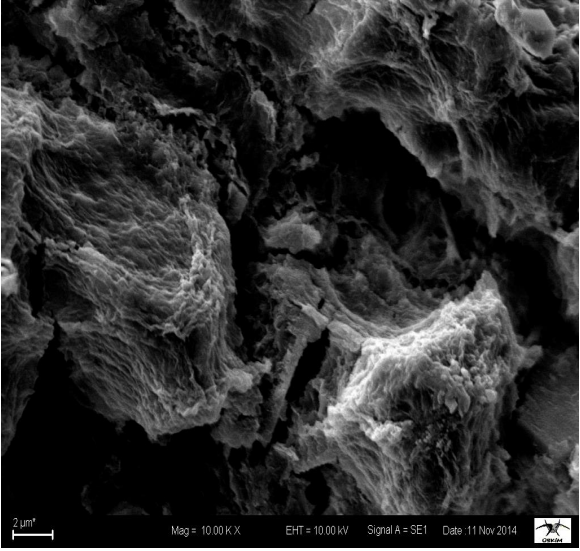
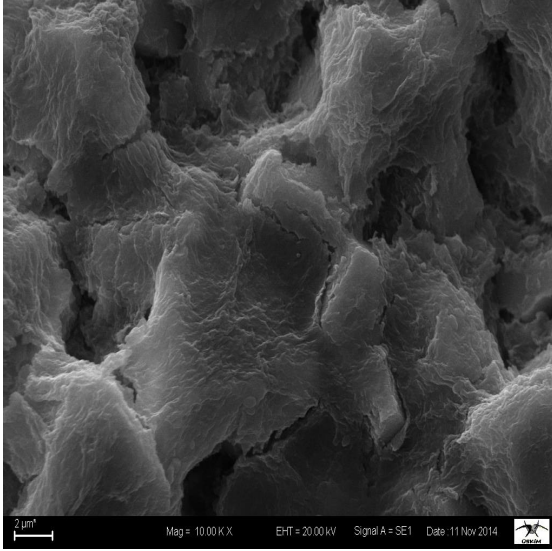
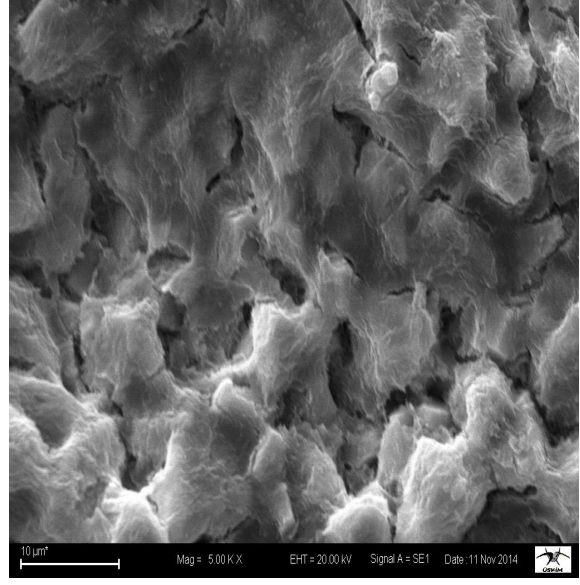
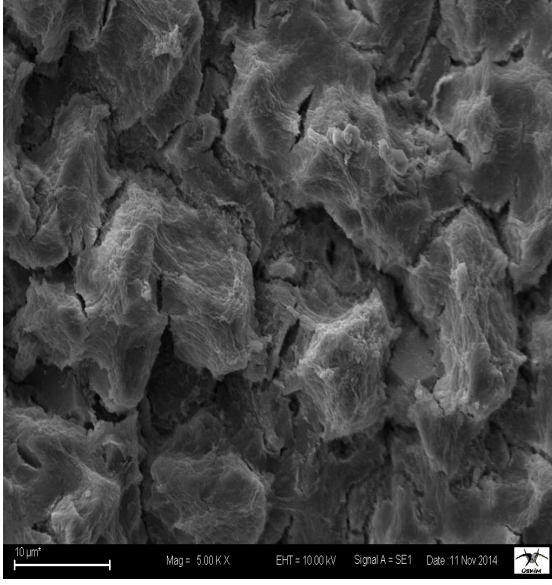
Şekil 4.45. BP10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



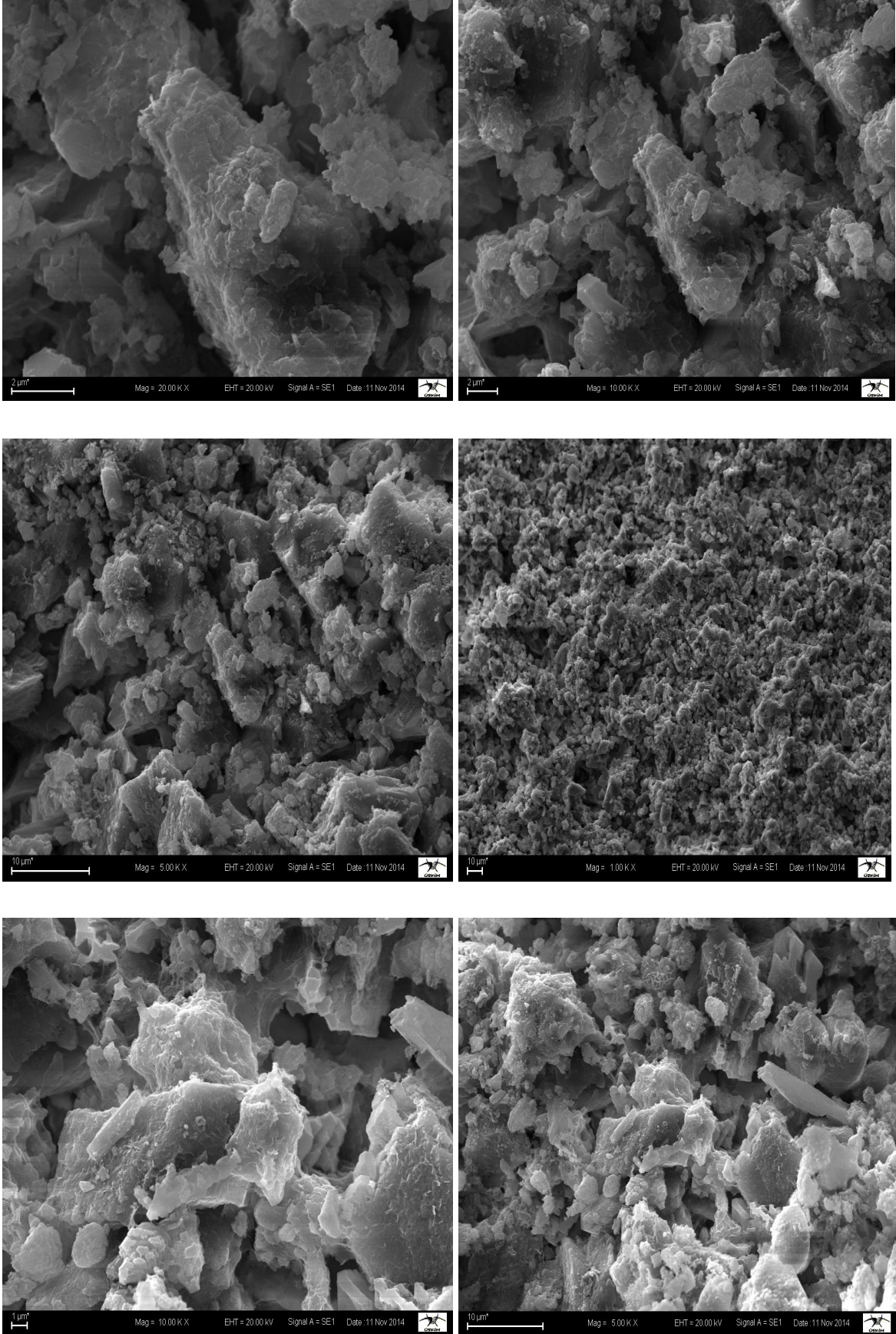
Şekil 4.46. BP30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



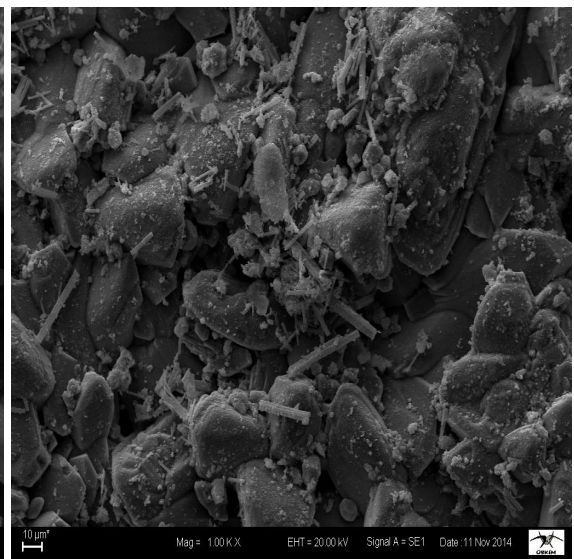
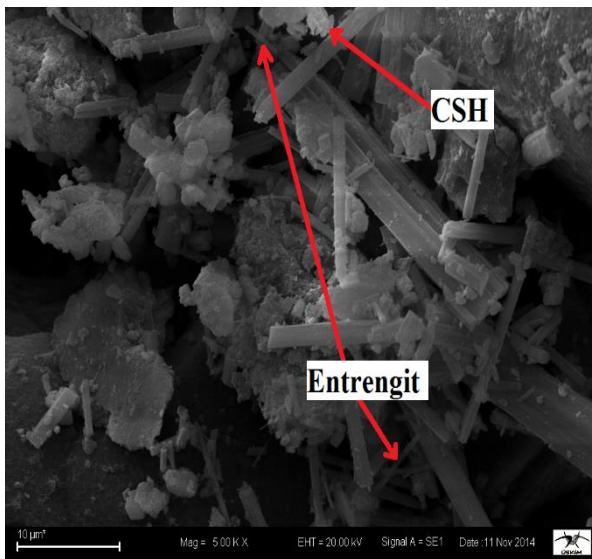
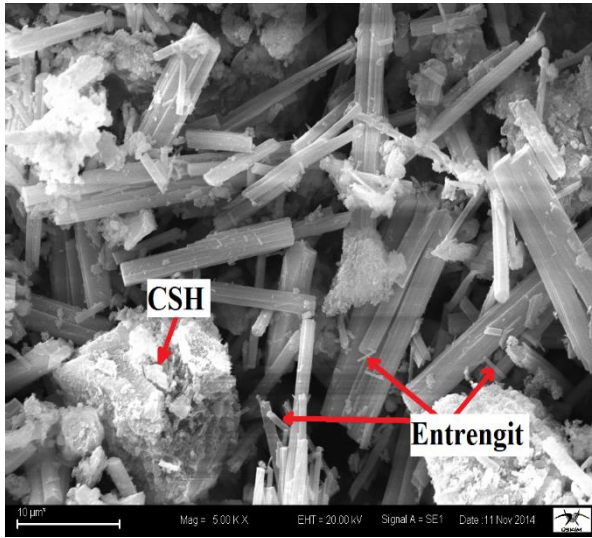
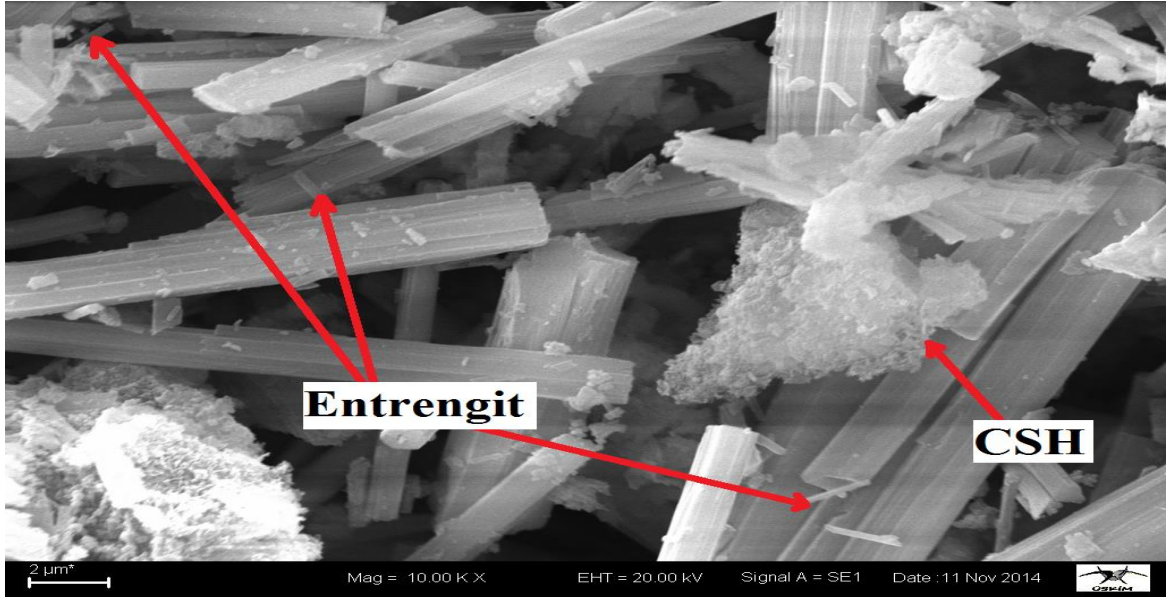
Şekil 4.47. BP50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



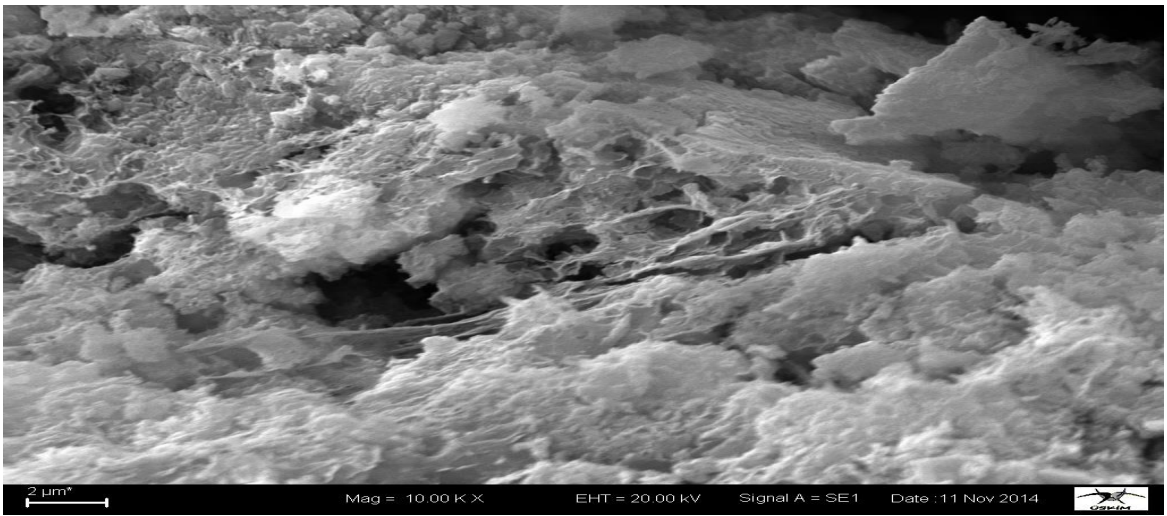
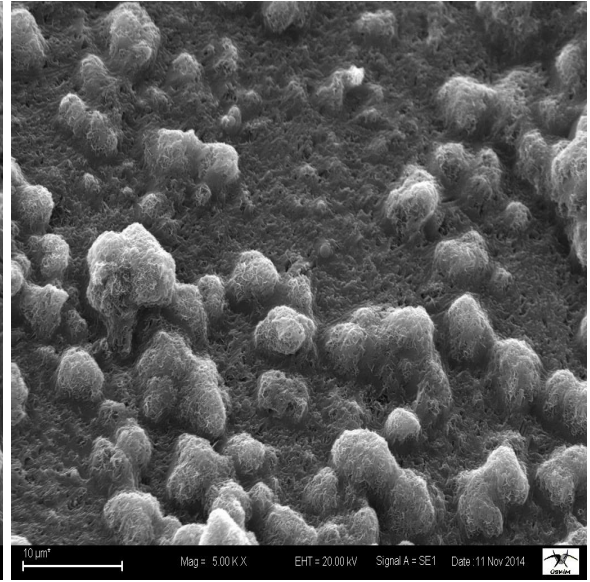
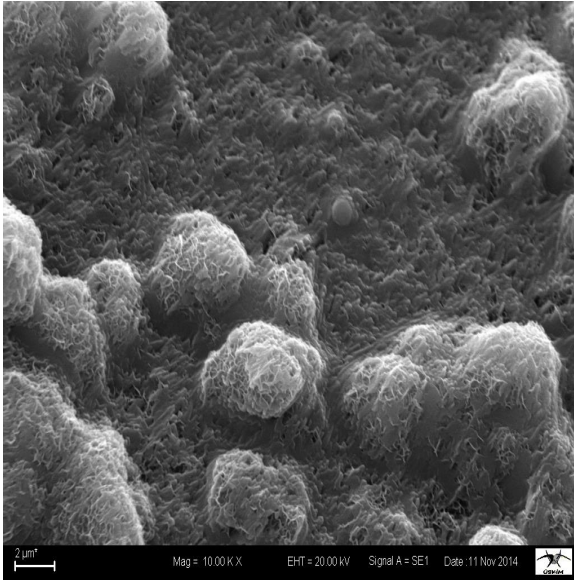
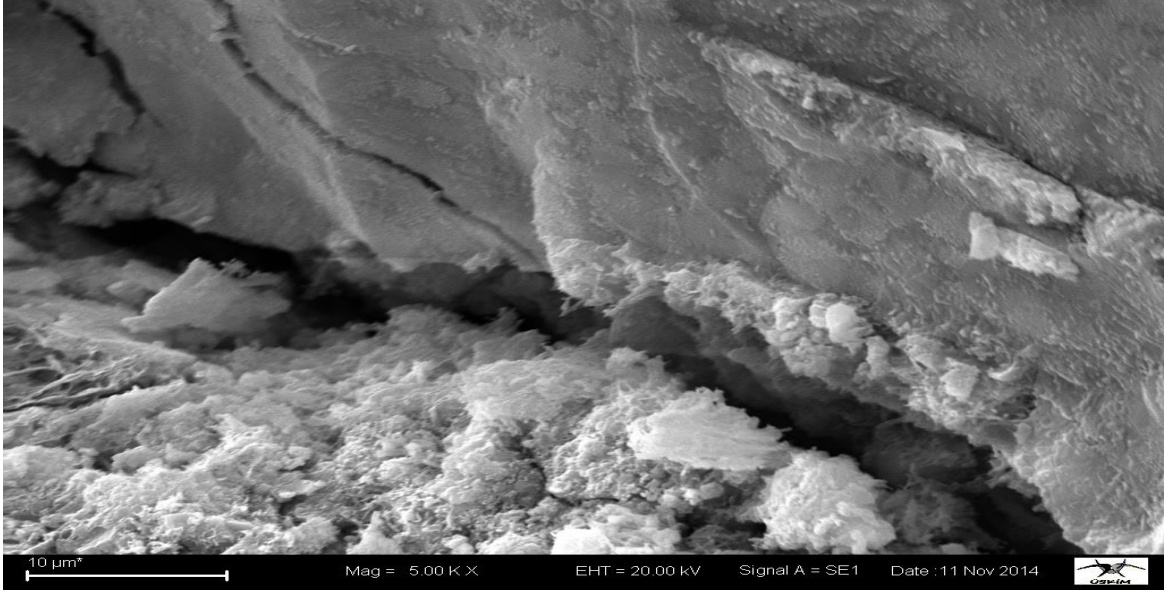
Şekil 4.48. BA10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



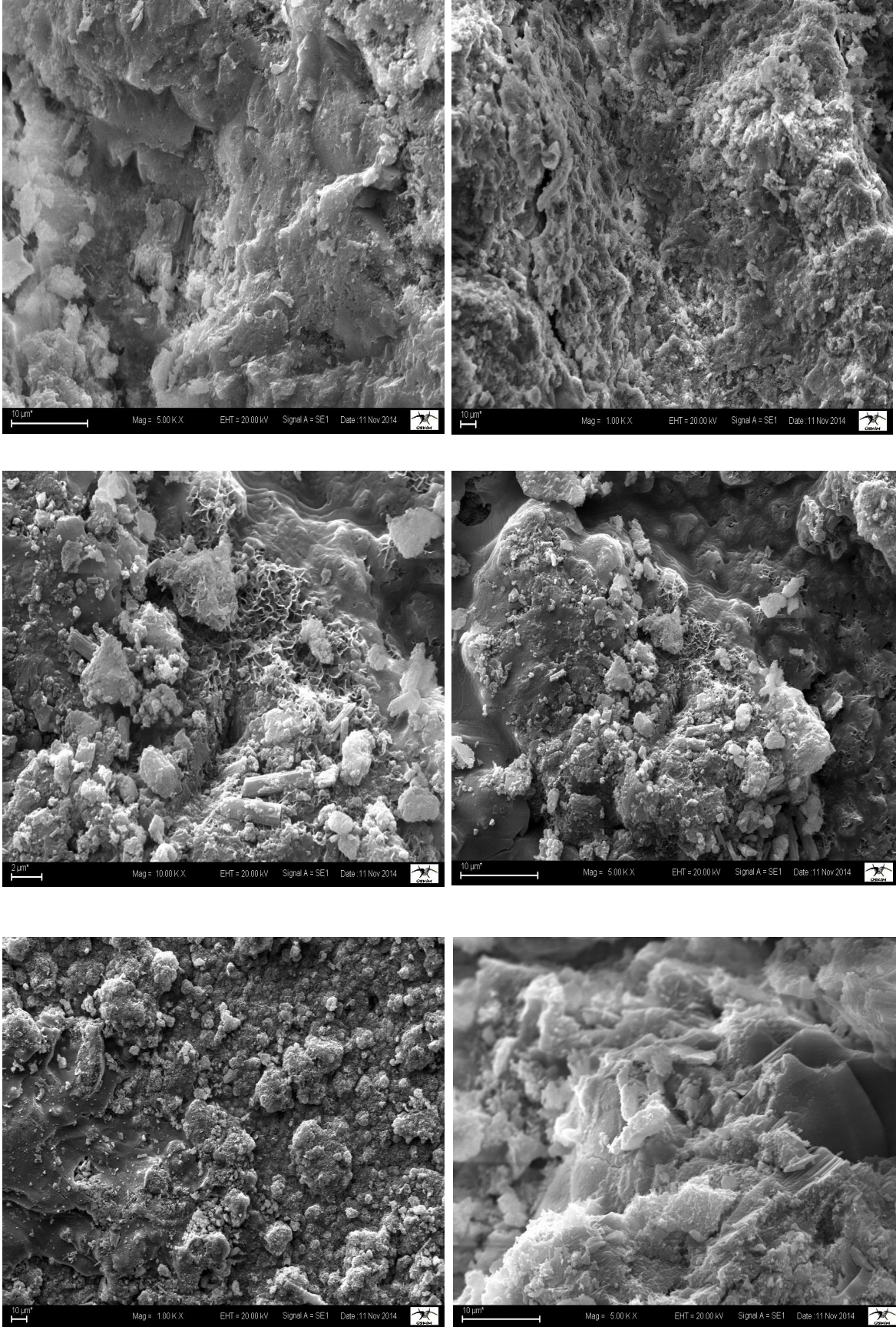
Şekil 4.49. BA30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



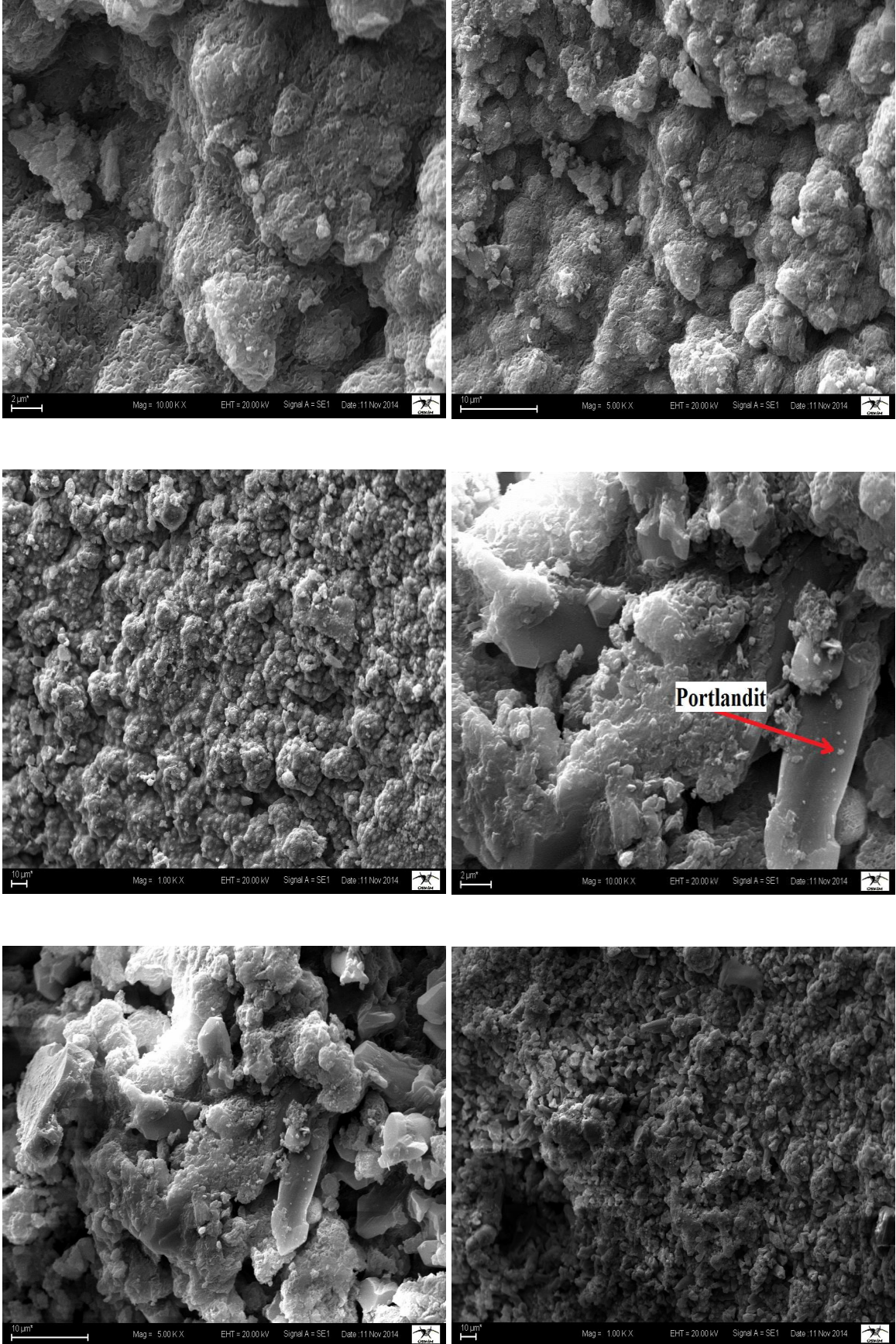
Şekil 4.50. BA50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



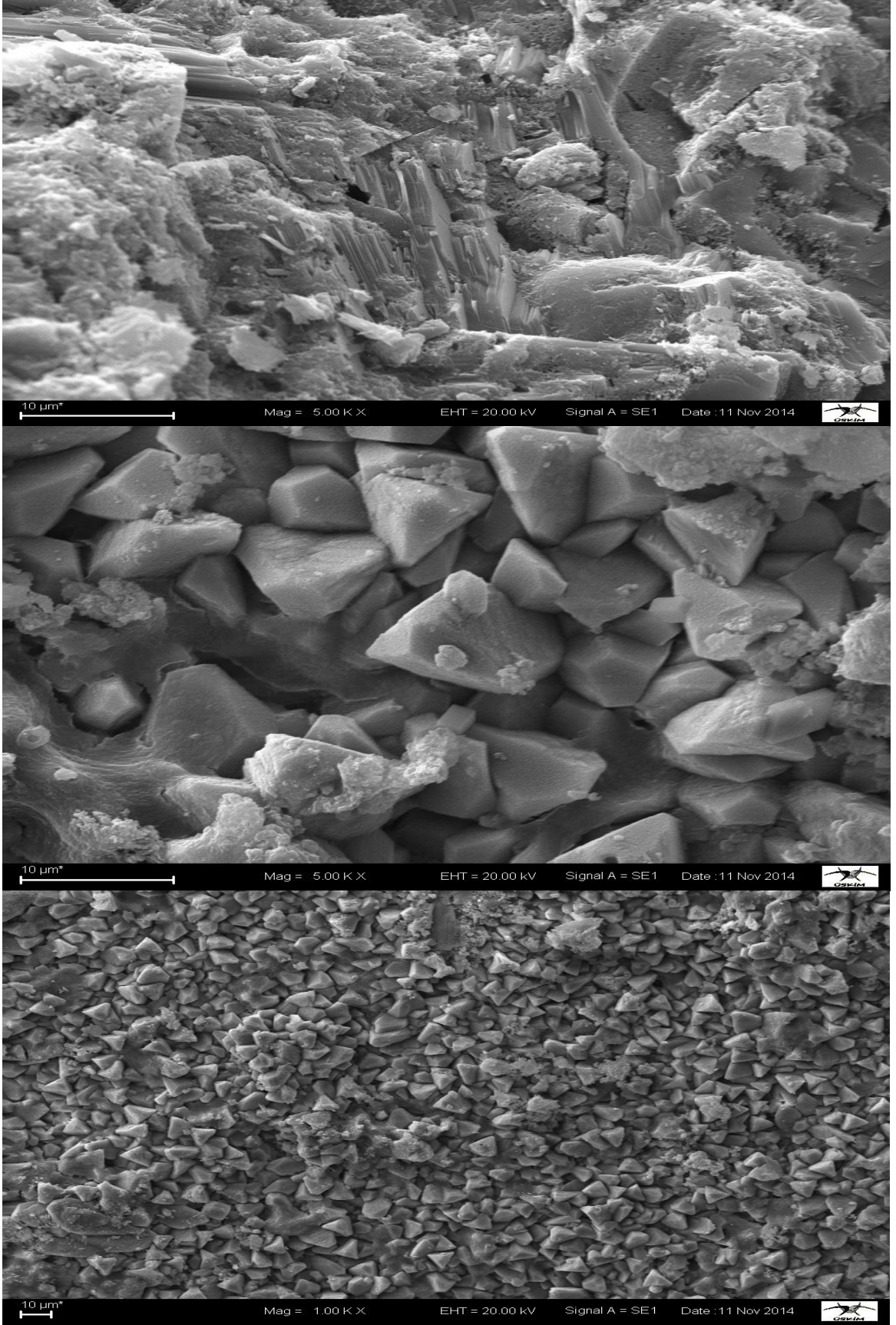
Şekil 4.51. BZ10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



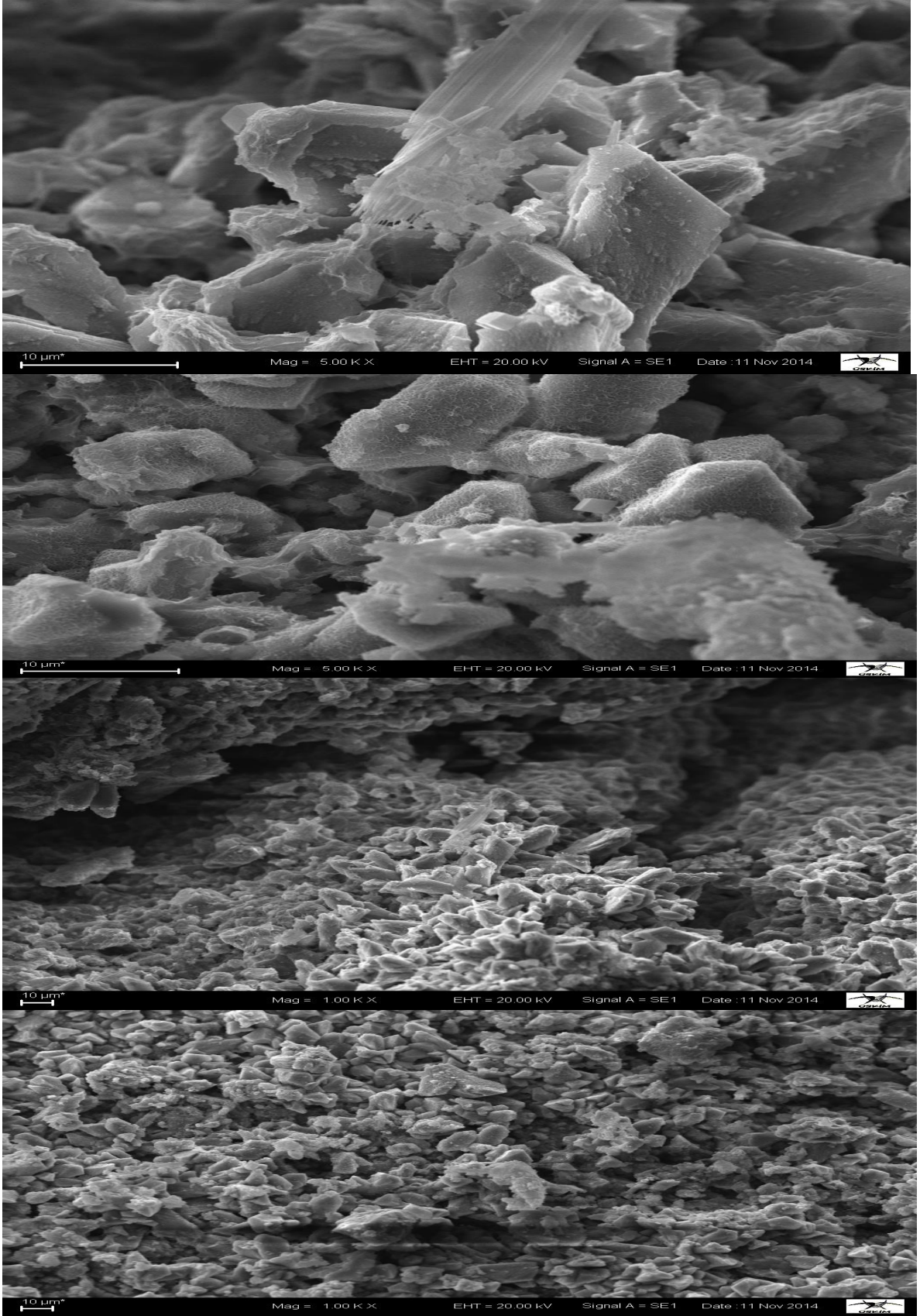
Şekil 4.52. BZ30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



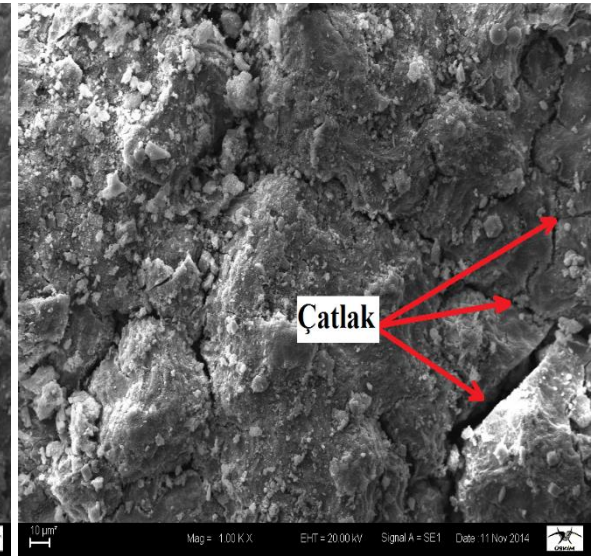
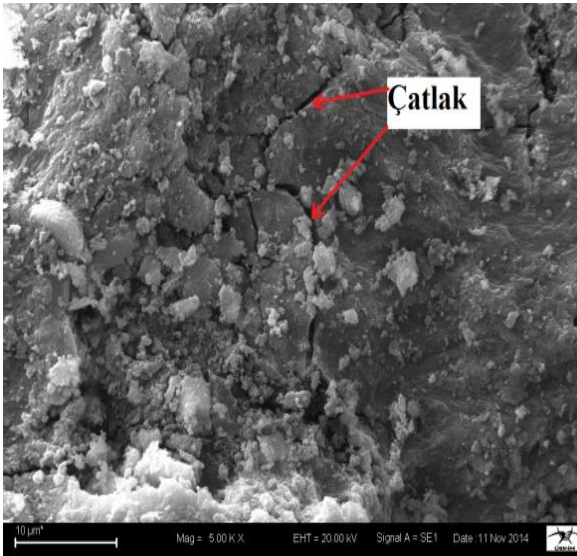
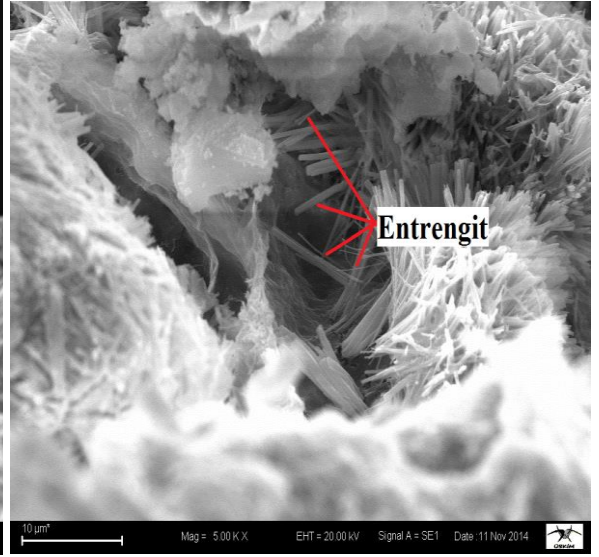
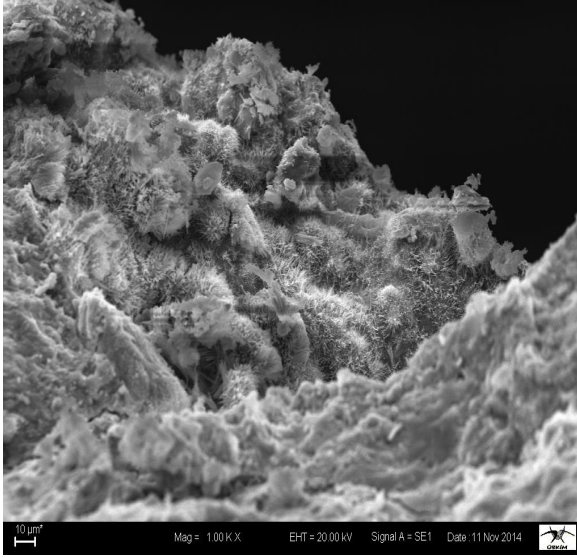
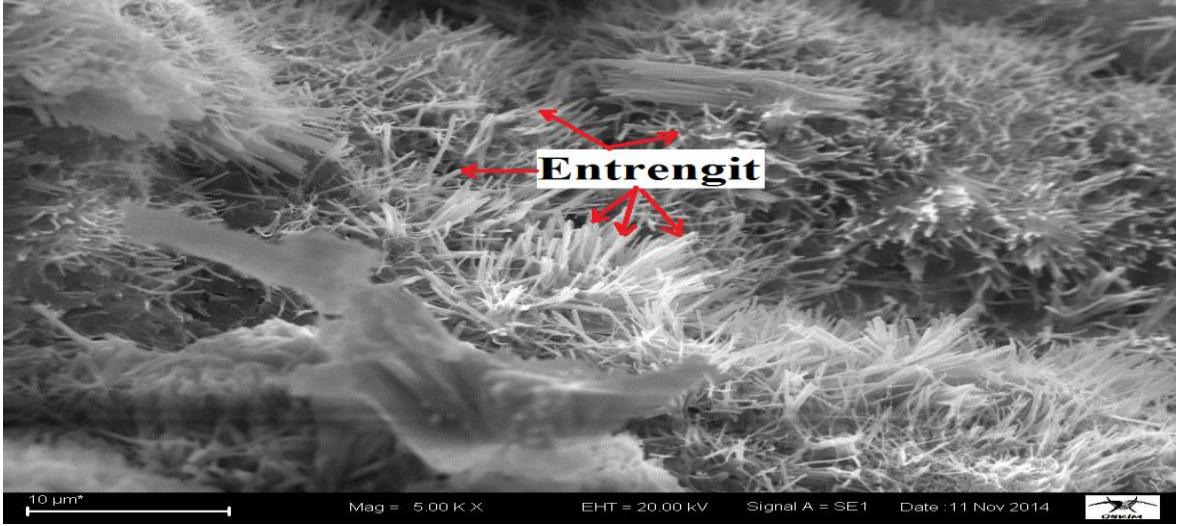
Şekil 4.53. BZ50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



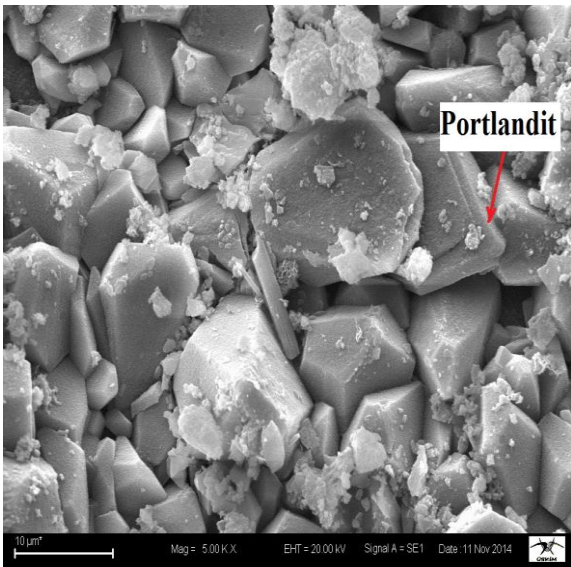
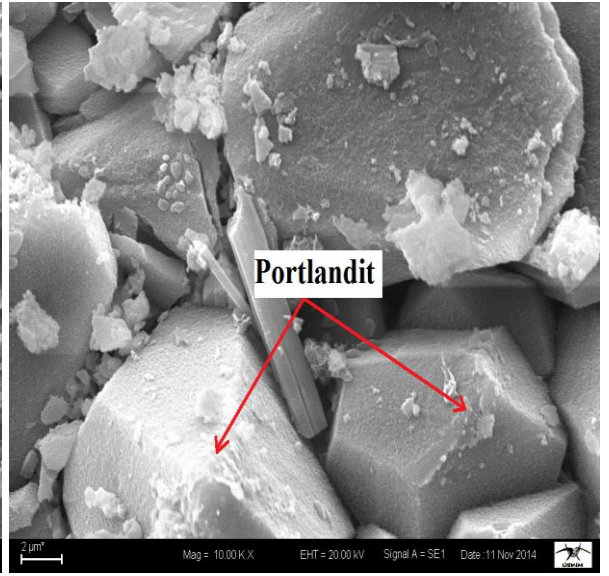
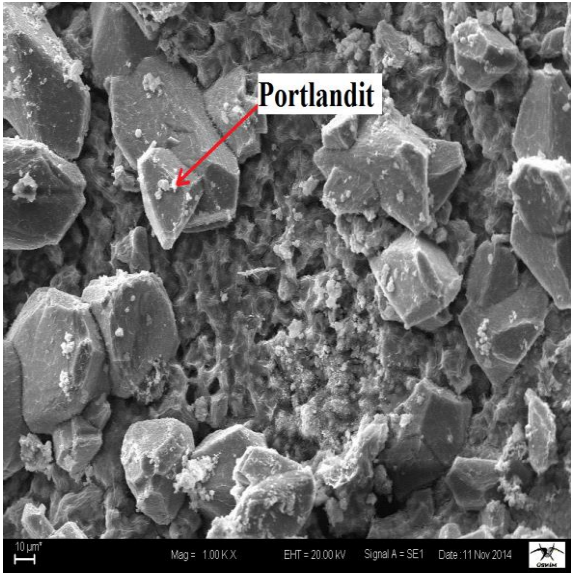
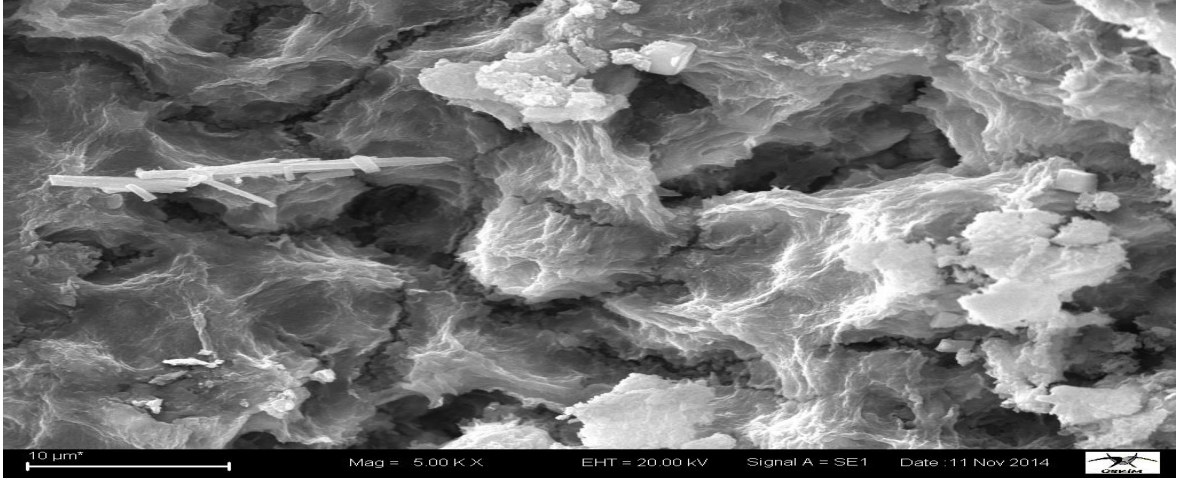
Şekil 4.54. KA10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



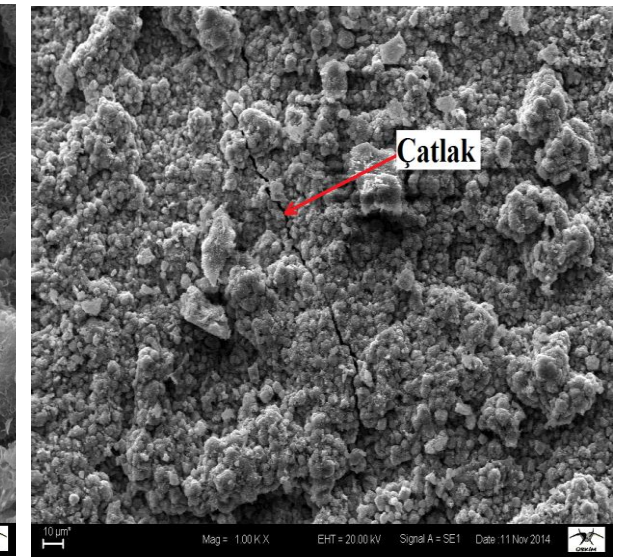
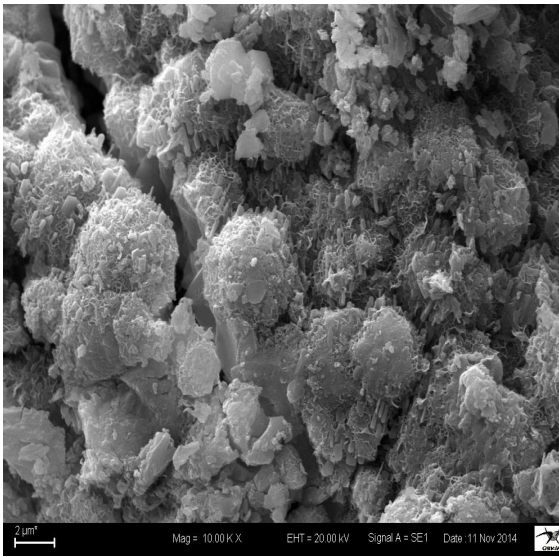
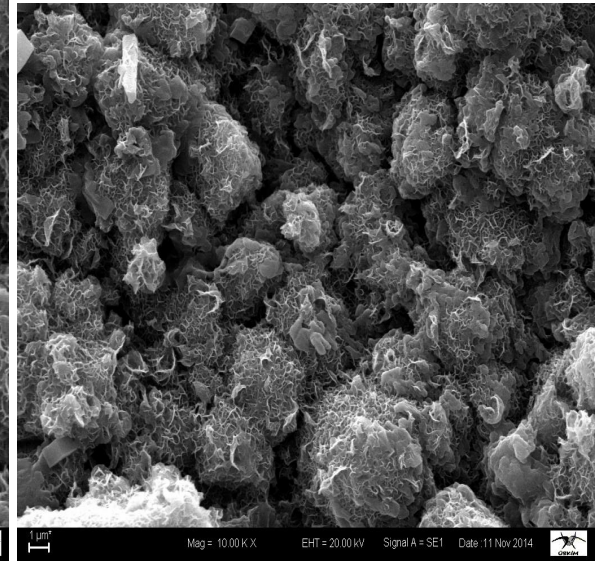
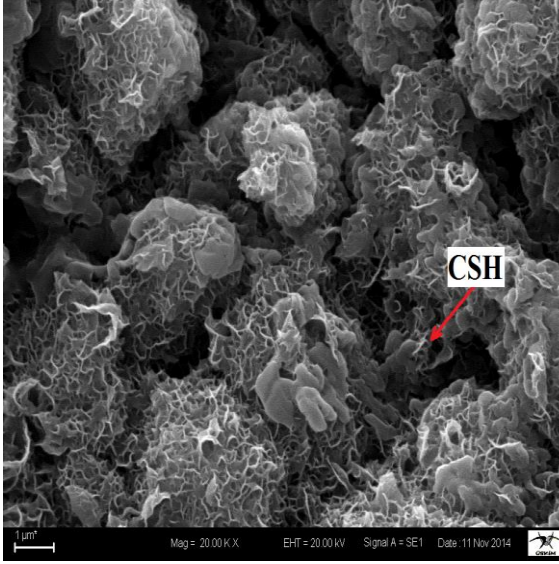
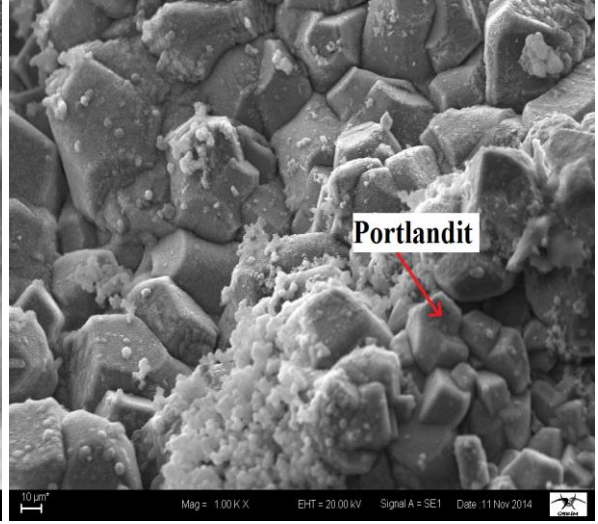
Şekil 4.55. KA30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



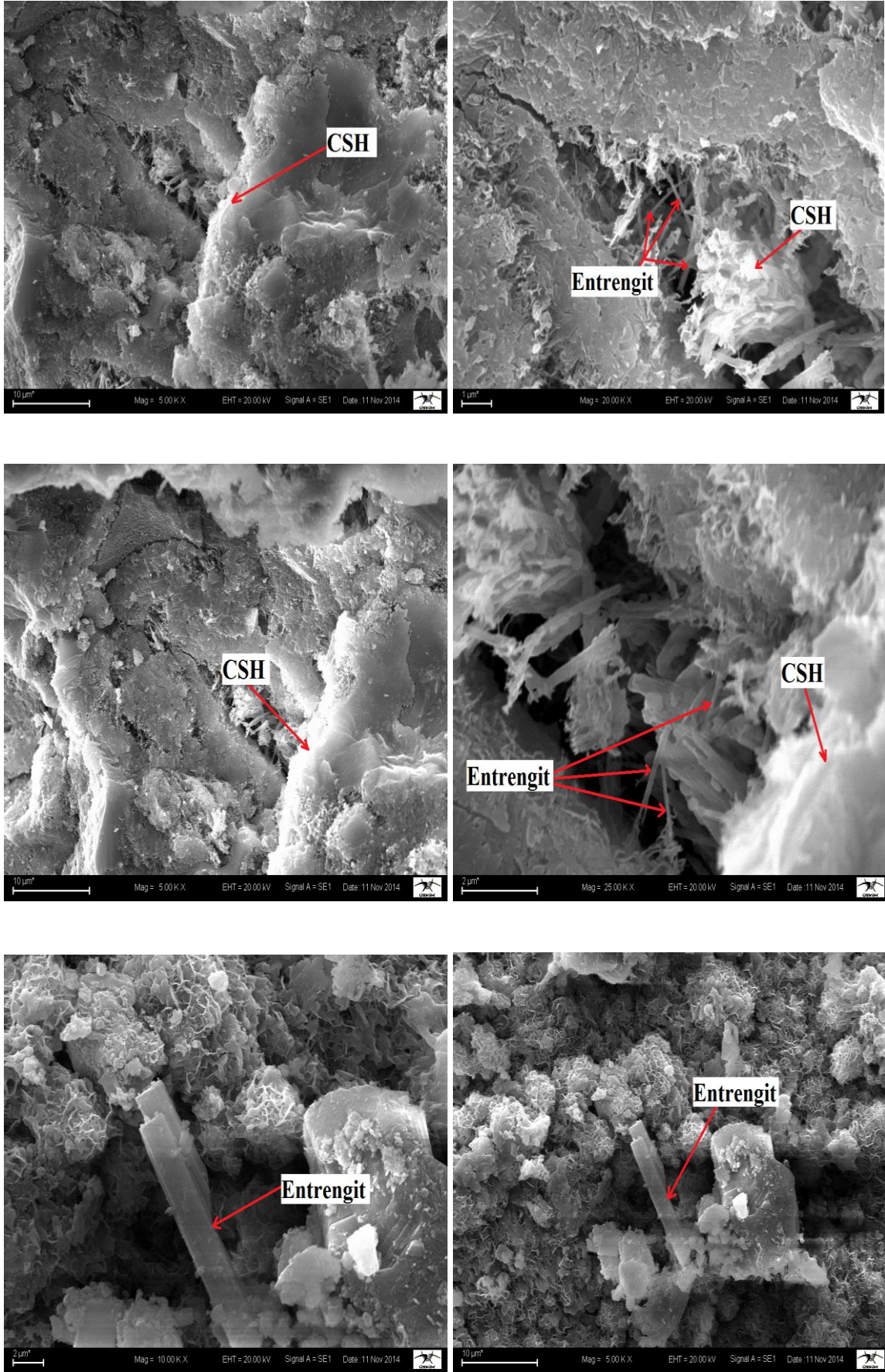
Şekil 4.56. KA50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



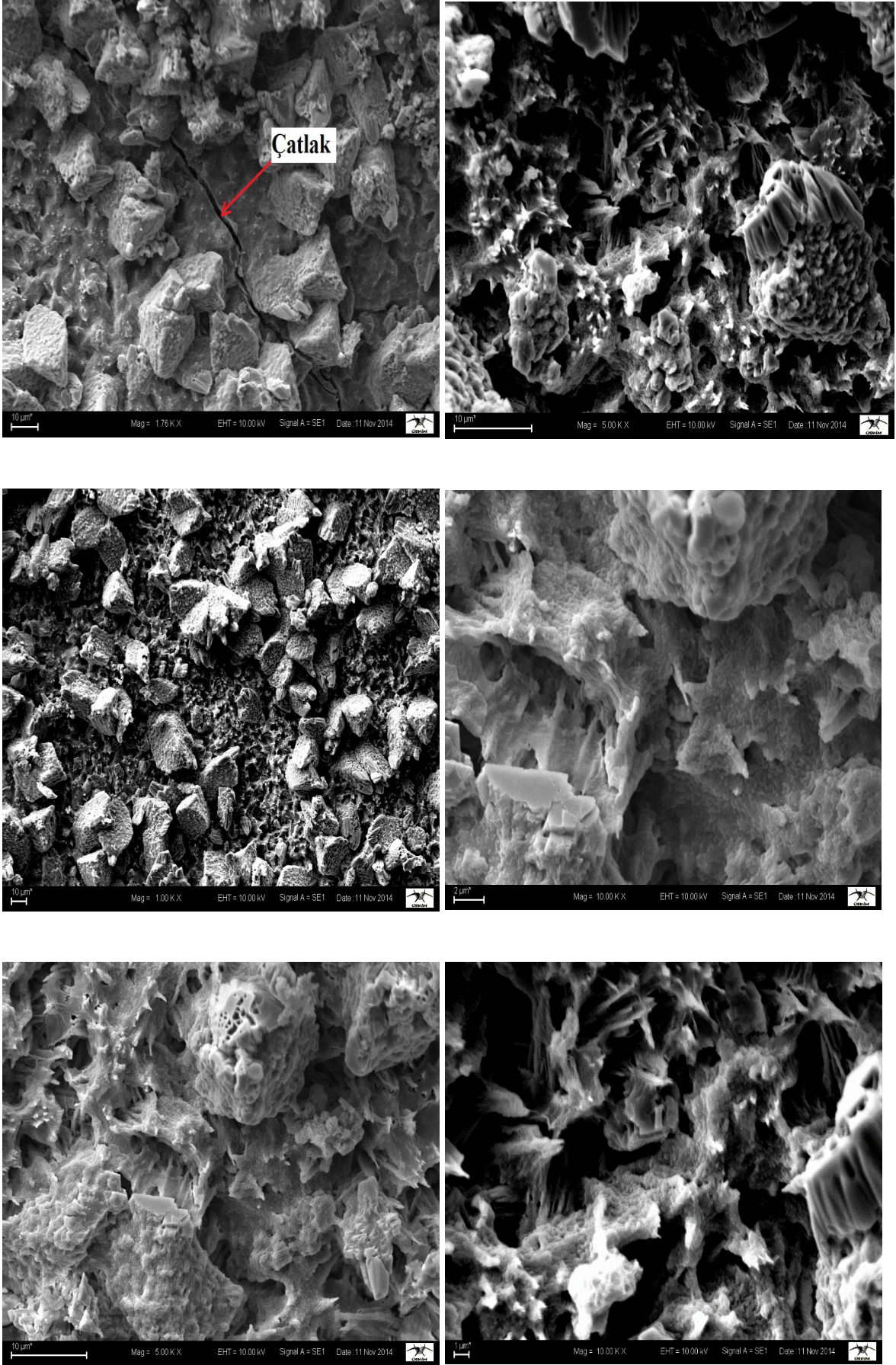
Şekil 4.57. D10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



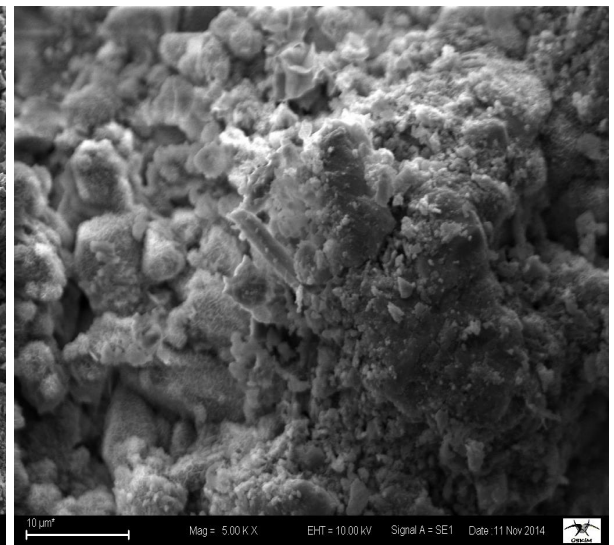
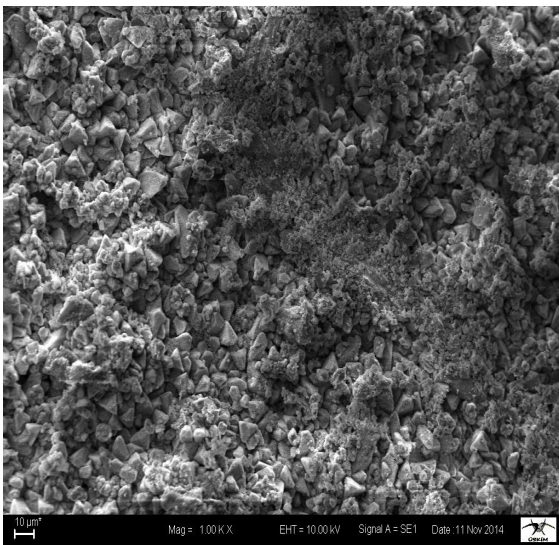
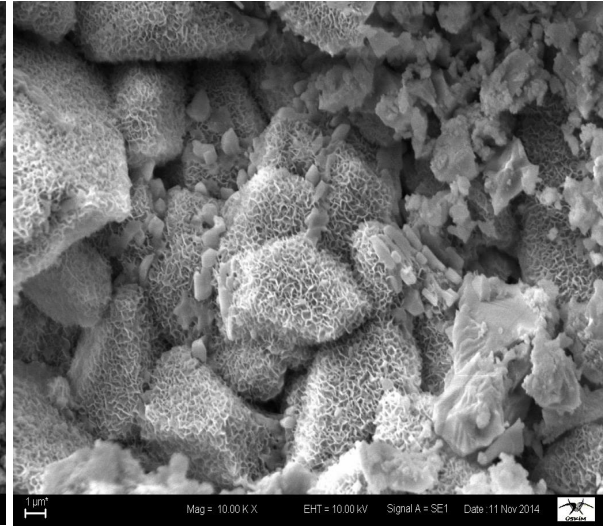
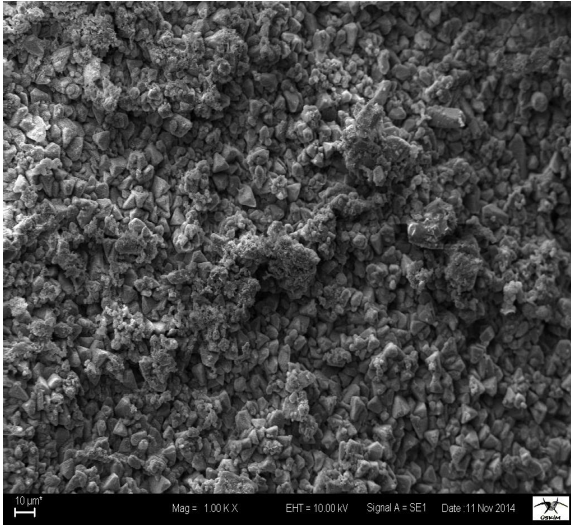
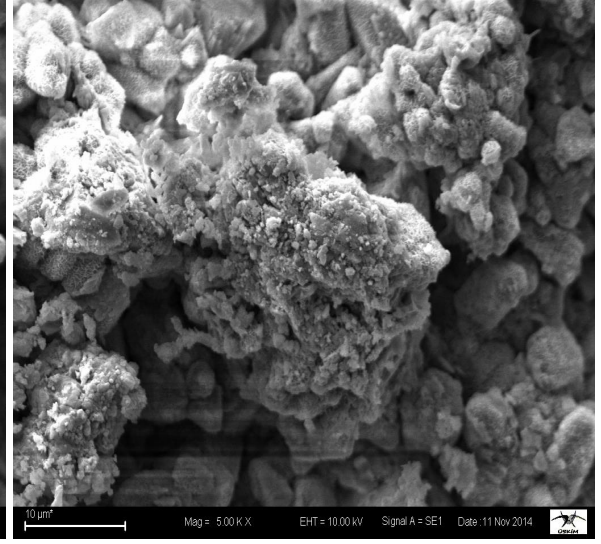
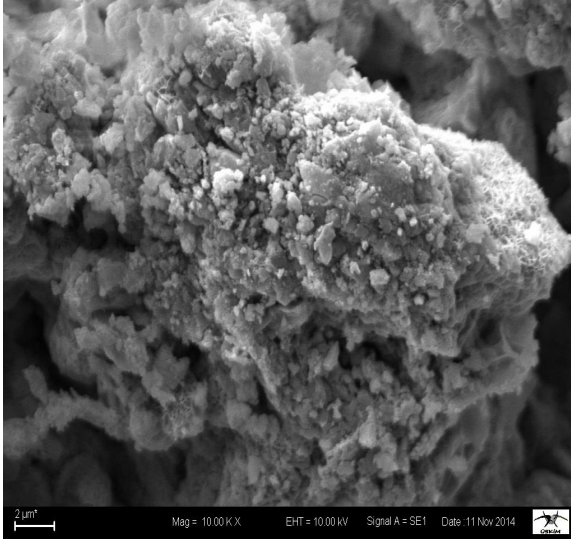
Şekil 4.58. D30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



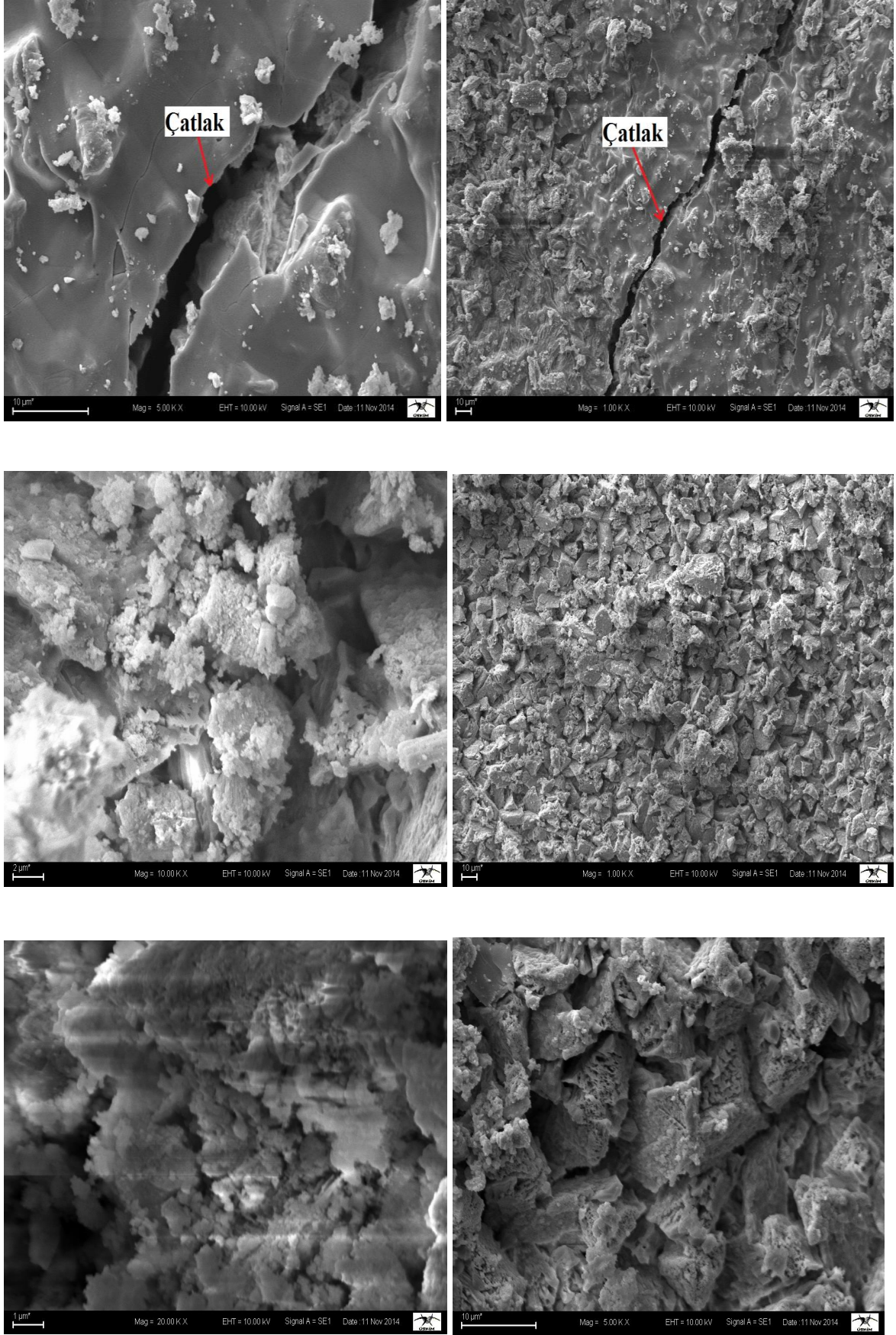
Şekil 4.59. D50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



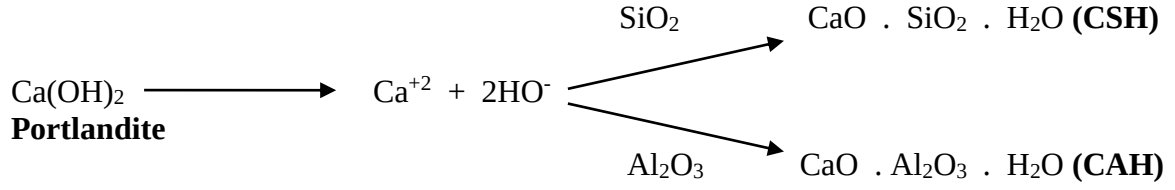
Şekil 4.60. H10 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.61. H30 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Şekil 4.62. H50 numunesinin sülfat sonrası sem görüntüsü



Puzolanik malzemelerin (silikat ve alüminat) Kalsiyum Silika Hidrat (CSH) ve Kalsiyum Alümina Hidrat (CAH) oluşumu yukarıdaki reaksiyonla verilmiştir. Portlandit minerali harç ve betonlara dayanım kazandırmaktadır (Lanzon ve Garcia, 2007).

Taneciklerin şekil ve büyüklük dağılımları, taze betonun su ihtiyacı ve işlenebilirlik gibi reolojik özelliklerine etki etmektedir (Cabrera ve Hassan, 1998). Bu etki özellikle küresel taneciklerin kayganlaştırıcı (lubricant) nitelik taşıması ve dolgu maddesi (microfiller) özelliğe sahip olma; şekilsiz, pürüzlü yüzeye sahip olanların su ihtiyacını artırma şeklinde olmaktadır. (Mora, 1993).

Sertleşmiş çimento pastasının bileşenlerini tam olarak hesaplamak mümkün olmamakla birlikte, tam hidrate olmuş çimento pastasının bile SEM'leri yaklaşık olarak % 70 C-S-H, % 20 CH, % 7 sülfalüminatlar ve % 3 minör bileşenleridir. (Bye, 1983).

C-S-H diken şeklinde, lif şeklinde ve boru şeklinde, etringite dar hegzagonal prizma veya 5 mm uzunluğunda çubuk şeklindedir (Zulkadiroğlu, 2006).

Şekil 4.37'de, P15 numunesinin SEM görüntülerinde etringit oluşumu gözlemlendi. Şekil 4.39'da, S15 numunesinde çubuk şeklinde etringitler ve portlandit gözlemlendi. 4.40'da, S25 numunesinde etringit gözlemlendi. Şekil 4.41. ve 4.42'de, U30 ve U50 numunelerinde çubuk şeklinde etringitler gözlemlendi. Şekil 4.43'de, Y30 numunesinde çubuk şeklinde etringitler ve CSH jelleri gözlemlendi. Şekil 4.44'de, Y50 numunesinde çubuk şeklinde etringitler ve portlandit gözlemlendi. Şekil 4.45'de, BP10 numunesinde çatlak, etringit ve CSH jelleri gözlemlendi. Şekil 4.46'da, BP30 numunesinde çatlak, çok sayıda etringit, CSH jelleri ve portlandit gözlemlendi. Şekil 4.47'de, BP50 numunesinde çok sayıda etringit, CSH jelleri ve portlandit gözlemlendi. Şekil 4.50'de, BA50 numunesinde çok sayıda etringit, CSH jelleri gözlemlendi. Şekil 4.53'de, BZ50 numunesinde portlandit gözlemlendi. Şekil 4.54'de, KA50 numunesinde etringit ve çatlak gözlemlendi. Şekil 4.57'de, D10 numunesinde portlandit gözlemlendi. Şekil 4.56'da, D30 numunesinde CSH jelleri, çatlak ve portlandit gözlemlendi. Şekil

4.59’da, D50 numunesinde CSH jelleri ve etrengit gözlemlendi. Şekil 4.62’de, H50 numunesinde çatlak gözlemlendi.

4.9. Numunelerin Radyasyon Geçirgenliği

4.9.1. Harç numunelerin radyasyon geçirgenliği

28 günlük 12x12x2 cm harç numunelerin radyasyon zırlama amacı ile kullanımı araştırılmıştır. Referans ve 65 farklı karışım ile üretilen harç numuneleri, Am-241 (59,543 keV) kaynağı kullanılarak AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı harç numunelerin Çizelge 4.17), BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı harç numunelerin (Çizelge 4.18), , lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu. Numuneler hassas terazi ile tartılarak kütleleri bulunmuş olup, hacimleri hesaplanarak yoğunlukları (ρ) hesaplandı. Numunelerin herbirinin kalınlıkları kumpas yardımıyla ölçüldü (t). Deneye başlamadan önce, sistem boş iken 59,543 keV’lik γ kaynağı ile 1000 sn süre ile sayım yapılmış ve I_0 bulunmuştur. Daha sonrasında numuneler, numune tutturucusuna yerleştirilerek tekrar aynı sürede sayım yapılmış ve kaydedilmiştir (I).

I_0 = Numune yok iken gelen foton şiddeti

I = Numune var iken gelen foton şiddeti

t = Numunenin Kalınlığı

μ = Lineer soğurma katsayısı

ρ = Özkütle

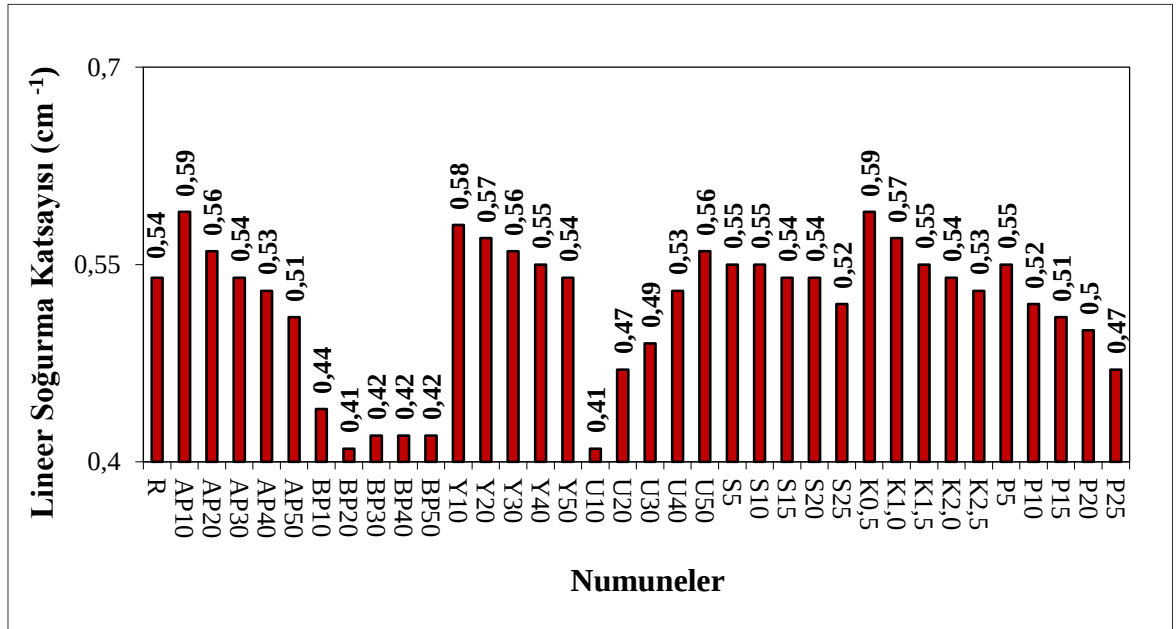
μ_m = Kütle soğurma katsayısı

Çizelge 4.17. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı harç numunelerin 59,543 keV’ de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
R	2,10	2,02	147377	47669	0,323	0,54	0,267
AP10	2,10	2,01	147377	42809	0,290	0,59	0,293
AP20	2,20	1,92	147377	42370	0,287	0,56	0,292
AP30	2,20	1,94	147377	44883	0,304	0,54	0,289
AP40	2,20	1,84	147377	45564	0,309	0,53	0,288
AP50	2,20	1,86	147377	47828	0,324	0,51	0,274
BP10	2,20	1,39	147377	55597	0,377	0,44	0,316
BP20	2,10	1,27	147377	61987	0,420	0,41	0,323
BP30	2,05	1,30	147377	62201	0,422	0,42	0,323
BP40	2,10	1,30	147377	60662	0,411	0,42	0,323
BP50	2,10	1,29	147377	60421	0,409	0,42	0,325
Y10	2	2	147377	45685	0,309	0,58	0,290
Y20	2,10	2	147377	44239	0,300	0,57	0,285
Y30	2,15	1,98	147377	43982	0,298	0,56	0,282
Y40	2,20	1,82	147377	43749	0,296	0,55	0,302
Y50	2,10	1,87	147377	46961	0,318	0,54	0,288

Çizelge 4.17. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı harç numunelerin 59,543 keV’ de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları (Devamı)

U10	2,10	1,37	147377	61545	0,417	0,41	0,299
U20	2,20	1,56	147377	52048	0,353	0,47	0,301
U30	2,20	1,73	147377	49770	0,337	0,49	0,283
U40	2,05	1,80	147377	49062	0,332	0,53	0,294
U50	2,10	1,87	147377	45397	0,308	0,56	0,299
S5	2,00	2,00	147377	49313	0,334	0,55	0,275
S10	2,10	1,97	147377	46658	0,316	0,55	0,279
S15	2,20	1,92	147377	45189	0,306	0,54	0,281
S20	2,20	1,88	147377	44450	0,301	0,54	0,287
S25	2,20	1,95	147377	46663	0,316	0,52	0,266
K0,5	2,05	2,00	147377	44166	0,299	0,59	0,295
K1,0	2,10	1,96	147377	44051	0,298	0,57	0,290
K1,5	2,20	1,86	147377	44017	0,298	0,55	0,296
K2,0	2,20	1,82	147377	44784	0,303	0,54	0,297
K2,5	2,20	1,83	147377	45162	0,306	0,53	0,289
P5	2,20	1,94	147377	43998	0,298	0,55	0,283
P10	2,10	1,79	147377	49125	0,333	0,52	0,290
P15	2,20	1,76	147377	47897	0,324	0,51	0,290
P20	2,10	1,62	147377	51534	0,349	0,50	0,301
P25	2,10	1,55	143777	54687	0,371	0,47	0,303

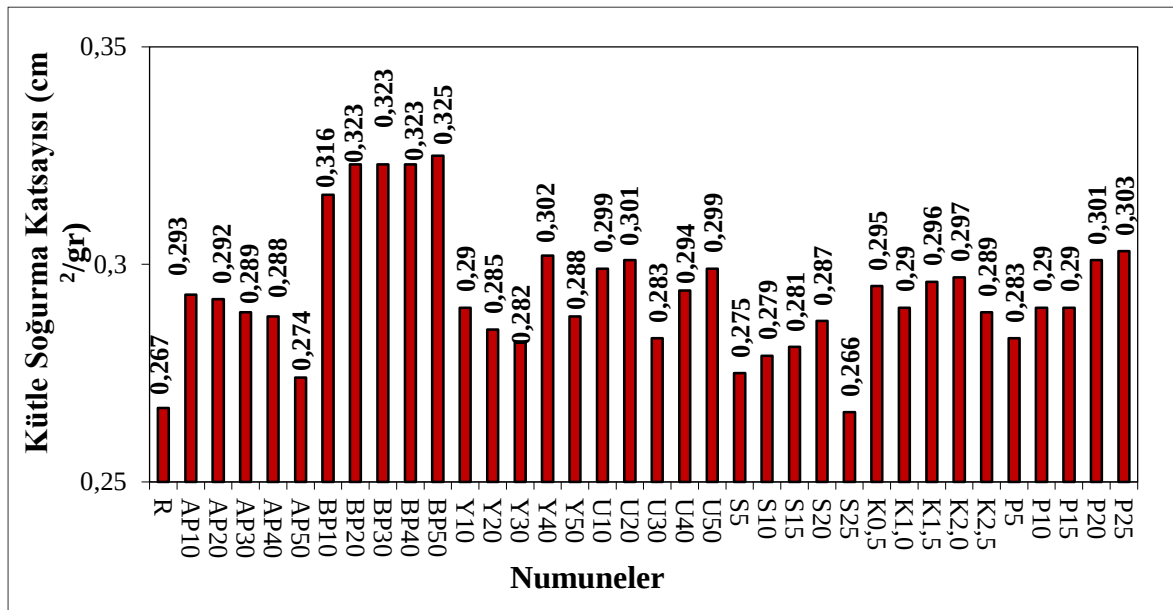


Şekil 4.63. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı harç numunelerin 59,543 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.63.’ de görüldüğü gibi 59,543 keV’ de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %10 oranında asidik pomza ikame edilen AP10 numunesi ve %0,5 oranında

kolemanit ikame edilen K0,5 numunesi, en az ise %20 oranında bazik pomza ikame edilen BP20 ve %10 oranında uçucu kül ikame edilen U10 numuneleridir. Uçucu kül (U) numunesinin katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısının arttığı gözlemlenmektedir.

Asidik pomza (AP), bazik pomza (BP), yüksek fırın cürufu (Y), uçucu kül (U) Silis dumanı (S), kolemanit (K) ve perlit (P) katkılı katkı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %20 oranında asidik pomza ikame edilen AP20 numunesinin %28 oranında geçirdiği yani %72'sini soğurduğu, %30 oranında bazik pomza ikame edilen BP30 numunesinin %42' sini geçirip %58'ini soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.64. AP, BP, Y, U, S, K ve P katkılı harç numunelerin 59,543 keV'de kütle soğurma katsayıları

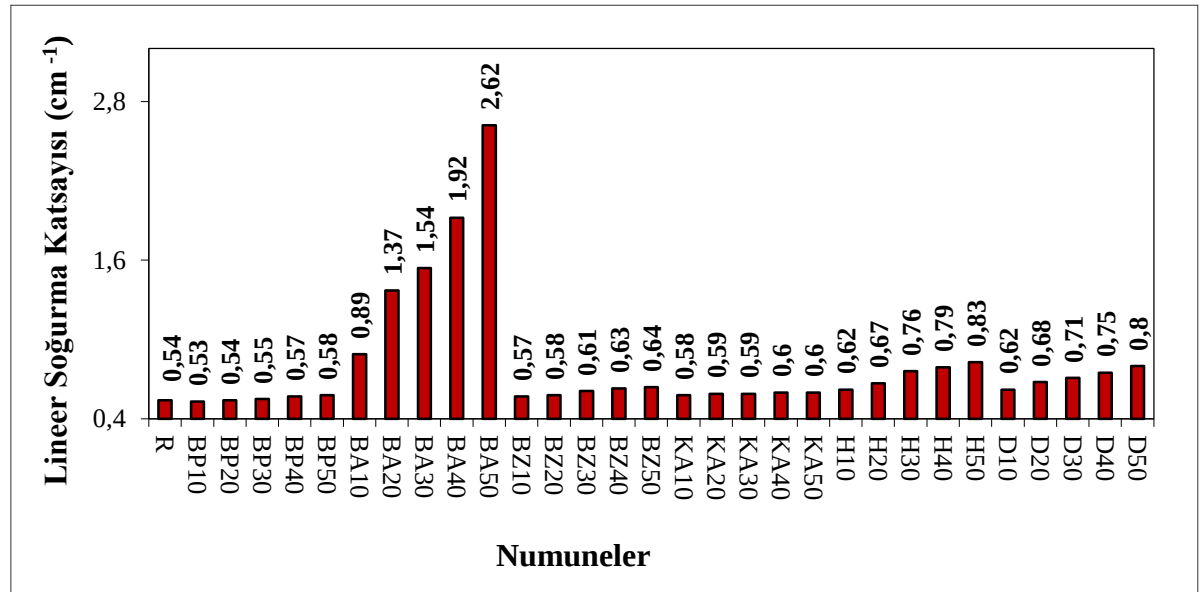
Şekil 4.64.' de görüldüğü gibi 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi, en az ise %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesidir.

Çizelge 4.18. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı harç numunelerin 59,543 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr}/\text{cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
R	2,10	2,02	147377	47669	0,323	0,54	0,267
BP10	2,10	1,90	147377	48371	0,328	0,53	0,279
BP20	2,20	1,91	147377	44606	0,302	0,54	0,283
BP30	2,20	1,86	147377	43589	0,295	0,55	0,296
BP40	2,10	1,87	147377	44614	0,302	0,57	0,305

Çizelge 4.18. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı harç numunelerinin 59,543 keV’de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları (Devamı)

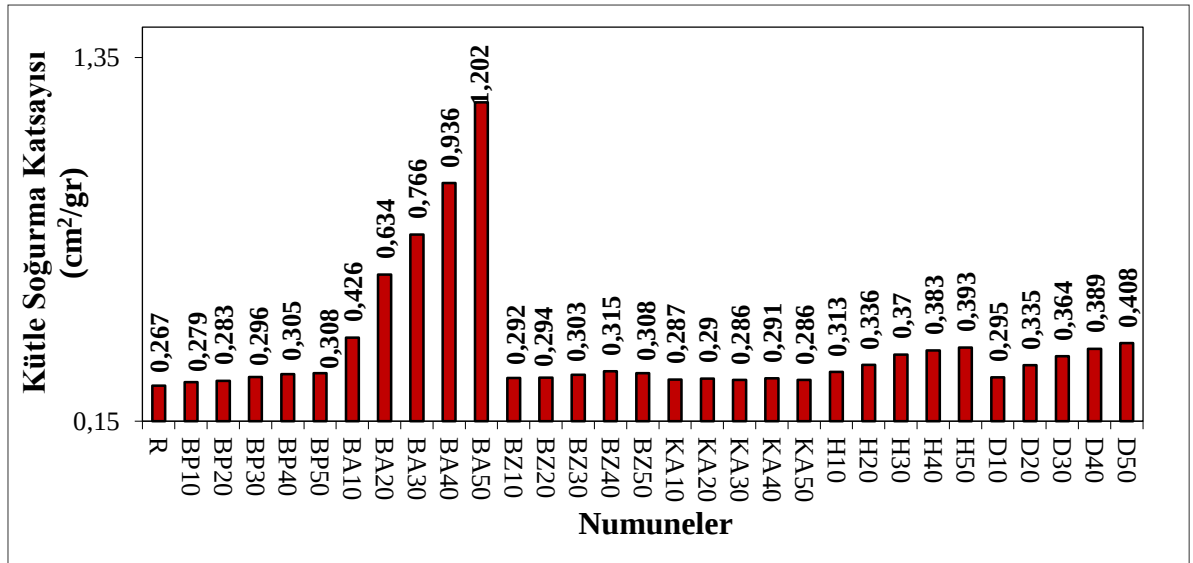
BP50	2,07	1,88	147377	44300	0,300	0,58	0,308
BA10	2	2,09	147377	24772	0,168	0,89	0,426
BA20	2	2,16	147377	9519	0,064	1,37	0,634
BA30	2,20	2,01	147377	4942	0,033	1,54	0,766
BA40	2	2,05	147377	3188	0,021	1,92	0,936
BA50	2	2,18	147377	782	0,005	2,62	1,202
BZ10	2,02	1,95	147377	41903	0,284	0,57	0,292
BZ20	2	1,97	147377	45918	0,311	0,58	0,294
BZ30	2,10	2,01	147377	40547	0,275	0,61	0,303
BZ40	2,10	2	147377	39446	0,267	0,63	0,315
BZ50	2,05	2,09	147377	39426	0,267	0,64	0,308
KA10	2	2,02	147377	45732	0,310	0,58	0,287
KA20	2	2,03	147377	45062	0,305	0,59	0,290
KA30	2,05	2,06	147377	43508	0,295	0,59	0,286
KA40	2	2,06	147377	43978	0,298	0,60	0,291
KA50	2	2,10	147377	44611	0,302	0,60	0,286
H10	2,05	1,98	147377	41518	0,281	0,62	0,313
H20	2,05	1,99	147377	37574	0,254	0,67	0,336
H30	2	2,05	147377	31983	0,217	0,76	0,370
H40	2	2,06	147377	30139	0,204	0,79	0,383
H50	1,90	2,11	147377	30612	0,207	0,83	0,393
D10	2	2,10	147377	42356	0,287	0,62	0,295
D20	2,10	2,03	147377	35323	0,239	0,68	0,335
D30	2,20	1,95	147377	30417	0,206	0,71	0,364
D40	2,20	1,93	147377	28207	0,191	0,75	0,389
D50	2,20	1,96	147377	25197	0,170	0,80	0,408



Şekil 4.65. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı harç numunelerinin 59,543 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.65.' de görüldüğü gibi 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %10 oranında asidik pomza ikame edilen AP10 numunesi ve %0,5 oranında kolemanit ikame edilen K0,5 numunesi, en az ise %20 oranında bazik pomza ikame edilen BP20 ve %10 oranında uçucu kül ikame edilen U10 numuneleridir. Uçucu kül (U) numunesinin katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısının arttığı gözlemlenmektedir. 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %50 oranında barit ikame edilen BA50 numunesi, en az ise %10 oranında bazik pomza ikame edilen BP10 numunesidir. Barit numunesine ikame edilen katkı maddesi arttıkça lineer soğurma katsayısı artmıştır.

Bazik pomza (BP), barit (BA), bazalt (BZ), Kalker (KA), hematit (H) ve demir tozu (D) katkılı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %50 oranında barit ikame edilen BA50 numunesinin binde 5 oranında geçirdiği yani binde 995'ini soğurduğu, %10 oranında bazik pomza ikame edilen BP10 numunesinin %32' sini geçirip %68'ini soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.66. BP, BA, BZ, KA, H ve D katkılı harç numunelerin 59,543 keV'de kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.66.' da görüldüğü gibi 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla olan %50 oranında barit ikame edilen BA50 numunesi, en az ise referans (R) numunesidir.

Referans numune ve 65 farklı karışımli harç numuneleri için Am-241 kaynağı kullanılarak yapılan radyasyon geçirgenliği deneyinde %50 barit ikame edilen BA50 numunesi, 59,543 keV'lik enerjinin 0,005 'lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. En yüksek lineer soğurma katsayısı ve en yüksek kütle soğurma katsayısı %50 barit ikame

edilen BA50 numunesi, en düşük lineer soğurma katsayısı %10 uçucu kül ikame edilen U10 numunesi ve en düşük kütle soğurma katsayısı %25 silis dumanı ikame edilen S25 numunesidir. 59,543 keV'lik enerjiyi en çok soğuran barit katkılı numunelerdir. Karışımdaki barit oranı arttıkça radyasyon geçirgenliği azalmaktadır.

BA50 numunesinden sonra en yüksek lineer soğurma katsayısına sahip numuneler sırasıyla %50 hematit ikame edilen H50 numunesidir, 59,543 keV'lik enerjinin 0,20' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Numunedeki katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısı ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 demir tozu ikame edilen D50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,17' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 bazalt ikame edilen BZ50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,26' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 kalker ikame edilen KA50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,302' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 bazık pomza ikame edilen BP50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,300' lük kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 uçucu kül ikame edilen U50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,308' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

4.9.2. Yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliği

12x12x2 cm boyutlarına getirilen yapı malzemelerinin, radyasyon geçirgenliği için Am-241 ve Fe-55 kaynağı kullanılarak, numunelerin 59,543 keV, 26 keV, 17 KeV ve 5,9 keV' de lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu. Numuneler hassas terazi ile tartılarak kütleleri bulunmuş olup, hacimleri hesaplanarak yoğunlukları hesaplandı. Numunelerin herbirinin kalınlıkları kumpas yardımıyla ölçüldü (t). Deneye başlamadan önce, sistem boş iken 59,543 keV'lik γ kaynağı ile 1000 sn süre ile

sayım yapılmış ve I_0 bulunmuştur. Daha sonrasında numuneler, numune tutturucusuna yerleştirilerek tekrar aynı sürede sayım yapılmış ve kaydedilmiştir (I).

I_0 = Numune yok iken gelen foton şiddeti

I = Numune var iken gelen foton şiddeti

t = Numunenin Kalınlığı

μ = Lineer soğurma katsayısı

ρ = Özkütle

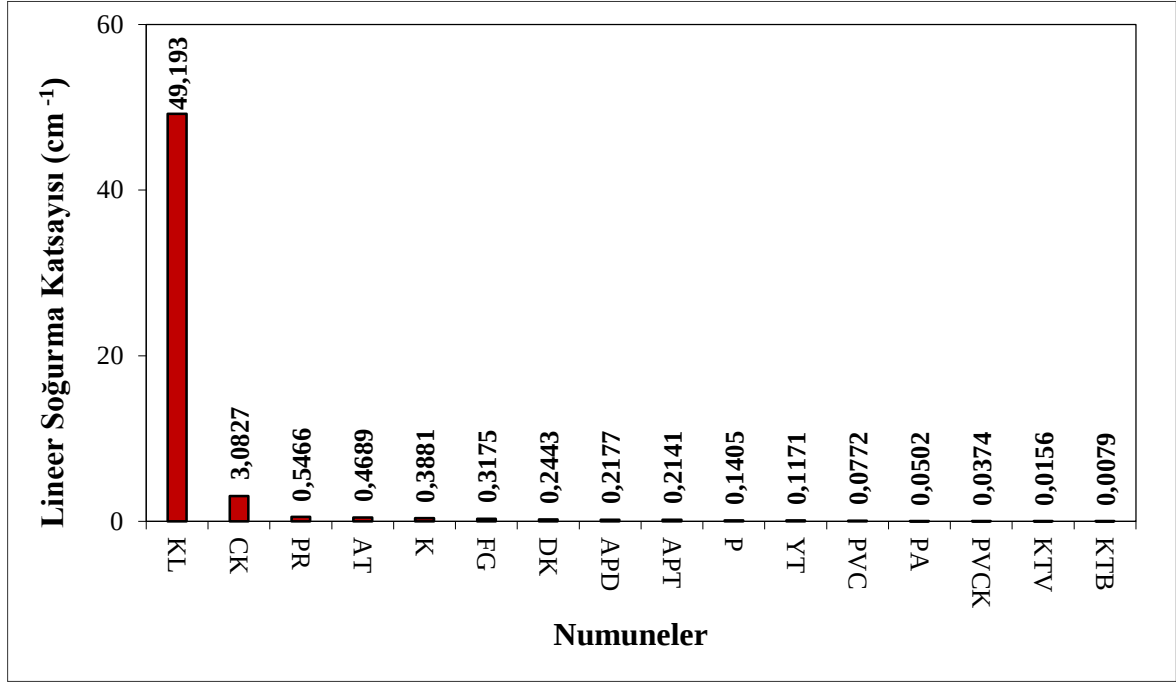
μ_m = Kütle soğurma katsayısı

4.9.2.1. Yapı malzemelerinin 59,543 keV’de radyasyon geçirgenliği

Yapı malzemeleri, uygun şartlarda nemsiz ve kuru ortamda, muhafaza edilerek güneş ışığına maruz bırakılmamıştır. 59,543 keV’ de yapı elemanlarının (Çizelge 4.19), ahşap numunelerin (Çizelge 4.20) ve seramik numunelerin (Çizelge 4.21) lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu.

Çizelge 4.19. Yapı elemanlarının 59,543 keV’de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

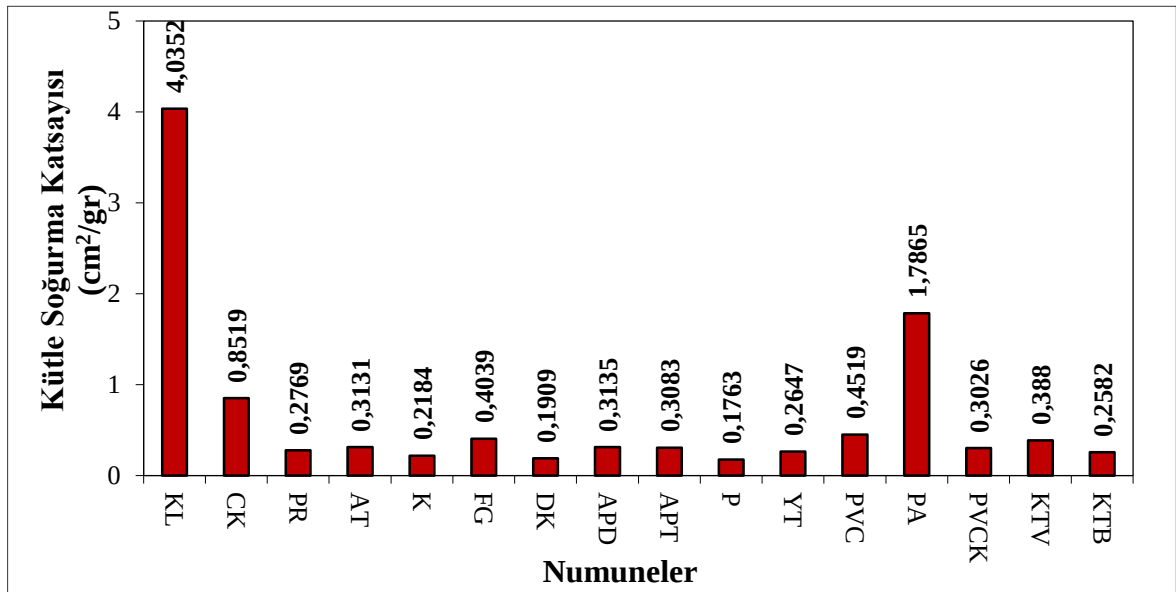
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
KL	0,15	12,1951	147377	92	0,0006	49,1930	4,0352
CK	0,1	3,6182	147377	108280	0,734	3,0827	0,8519
PR	2,5	1,9738	147377	37580	0,254	0,5466	0,2769
AT	6,7	1,4977	147377	6365	0,043	0,4689	0,3131
K	3	1,7766	147377	46005	0,312	0,3881	0,2184
FG	0,4	0,7861	147377	129797	0,880	0,3175	0,4039
DK	0,4	1,2795	147377	133654	0,906	0,2443	0,1909
AP	1,3	0,6944	147377	111047	0,753	0,2177	0,3135
APT	1,3	0,6944	147377	111568	0,757	0,2141	0,3083
P	1,2	0,7969	147377	124506	0,844	0,1405	0,1763
YT	2,45	0,4424	147377	110630	0,750	0,1171	0,2647
PVC	0,8	0,1708	147377	138547	0,940	0,0772	0,4519
PA	0,3	0,0281	147377	145172	0,985	0,0502	1,7865
PVCK	2	0,1236	147377	136753	0,927	0,0374	0,3026
KTV	0,9	0,0402	147377	145320	0,986	0,0156	0,3880
KTb	4,8	0,0306	147377	141888	0,962	0,0079	0,2582



Şekil 4.67. Yapı elemanlarının 59,543 keV’de numunelerin lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.67.’ de görüldüğü gibi yapı elemanlarının 59,543 keV’ de lineer soğurma katsayısı en fazla olan sırasıyla kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR) numunesi, en az ise köpük taban (KTB) numunesidir.

Yapı elemanlarında Kurşun levha numunesinin, 59,543 keV’ lik enerjili ışınların 0,0006’lık kısmını geçirdiğini yani 0,9994’lük kısmını soğurduğu, köpük tavan (KTV) numunesinin %98’ sini geçirip %2’ini soğurduğu gözlenmiştir.

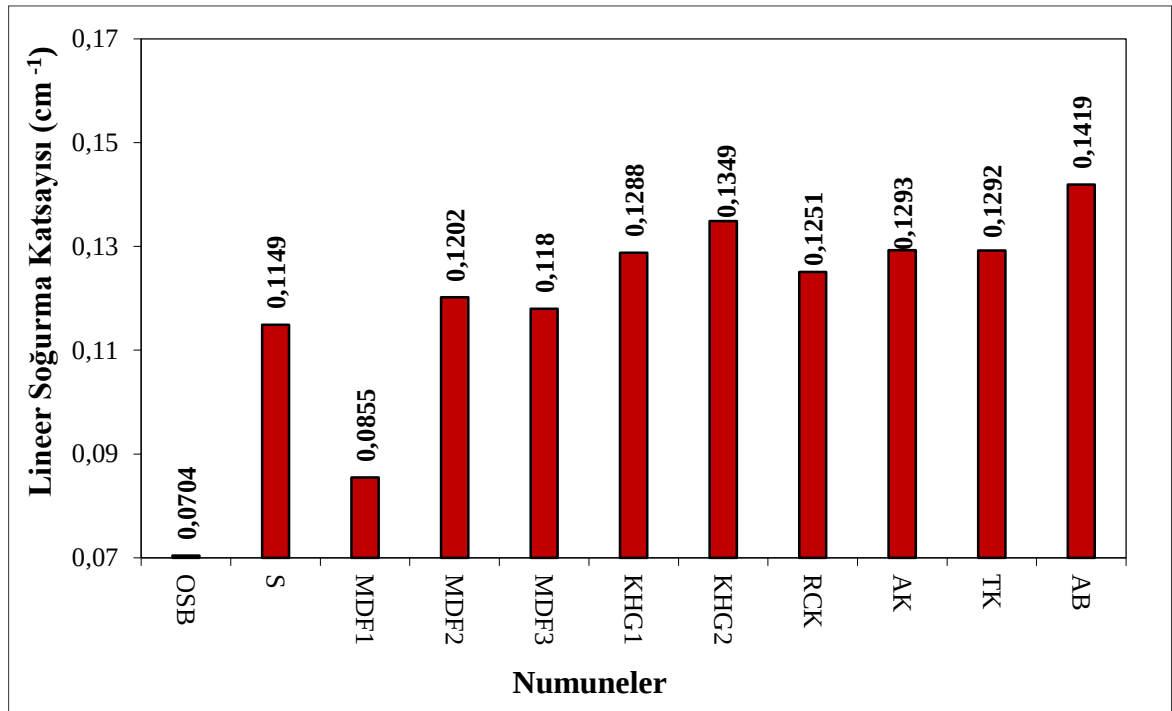


Şekil 4.68. Yapı elemanlarının 59,543 keV’de kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.68.' de görüldüğü gibi 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla kurşun levha (KL) numunesi, en az parke (P) numunesidir.

Çizelge 4.20. Ahşap numunelerin 59,543 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

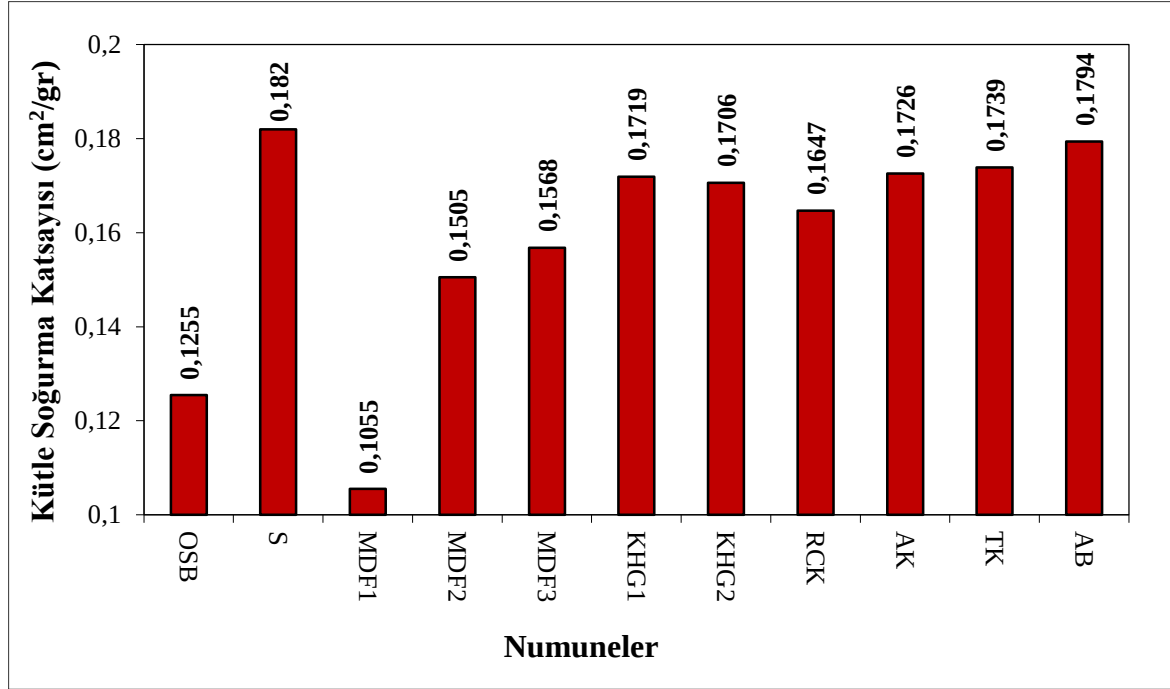
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
OSB	1,3	0,5608	147377	134492	0,912	0,0704	0,1255
S	1,8	0,6313	147377	119845	0,813	0,1149	0,1820
MDF1	0,6	0,8102	147377	140008	0,949	0,0855	0,1055
MDF2	1	0,7986	147377	130685	0,886	0,1202	0,1505
MDF3	1,8	0,7523	147377	119171	0,808	0,1180	0,1568
KHG1	1,9	0,7493	147377	115386	0,782	0,1288	0,1719
KHG2	1,8	0,7909	147377	115599	0,784	0,1349	0,1706
RCK	1,9	0,7593	147377	115473	0,783	0,1251	0,1647
AK	1,9	0,7493	147377	115278	0,782	0,1293	0,1726
TK	1,9	0,7430	147377	115286	0,782	0,1292	0,1739
AB	1,8	0,7909	147377	114153	0,774	0,1419	0,1794



Şekil 4.69. Ahşap numunelerin 59,543 keV'de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.69.' de görüldüğü gibi ahşap numunelerin 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan akrilix kaplama (AB) numunesi, en az ise OSB numunesidir.

Ahşap numunelerde 59,543 keV' lik enerjili ışınları AB numunesinin %77 oranında geçirdiğini yani %23'ünü soğurduğu, MDF1 numunesinin %94' sini geçirip %6'sını soğurduğu gözlenmiştir.

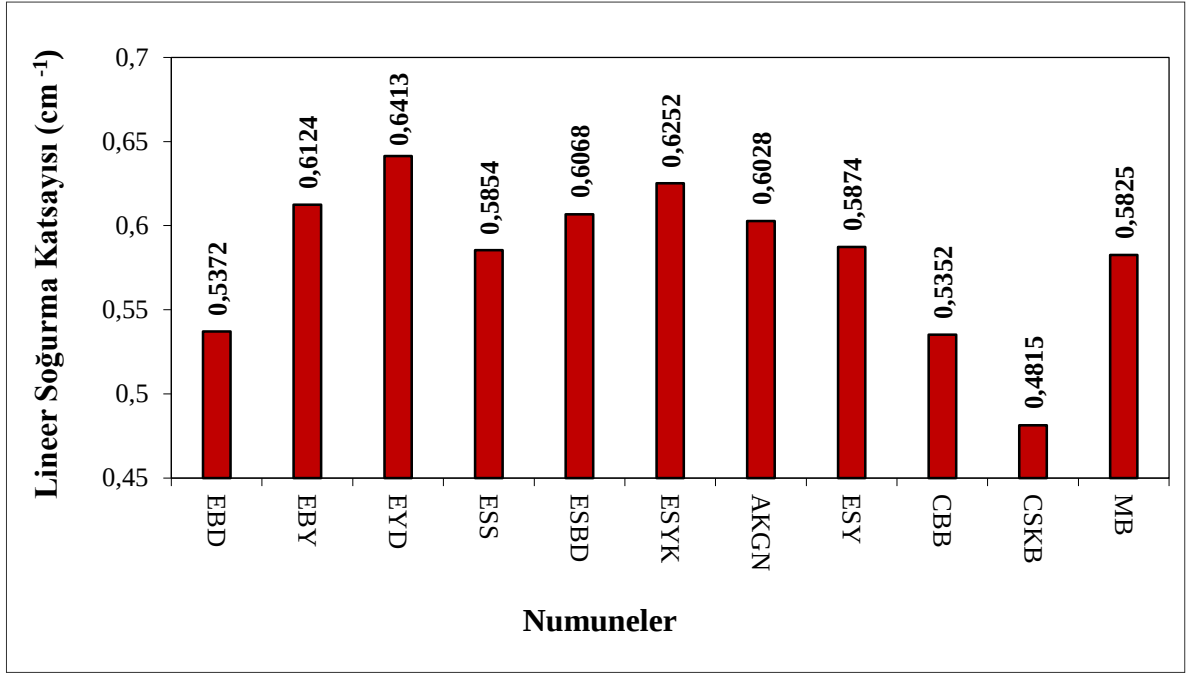


Şekil 4.70. Ahşap numunelerin 59,543 keV'de kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.70.' de görüldüğü gibi 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla olan suntalam (S) numunesi, agrilux kaplama (AB), en az ise MDF1 numunesidir.

Çizelge 4.21. Seramik numunelerin 59,543 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

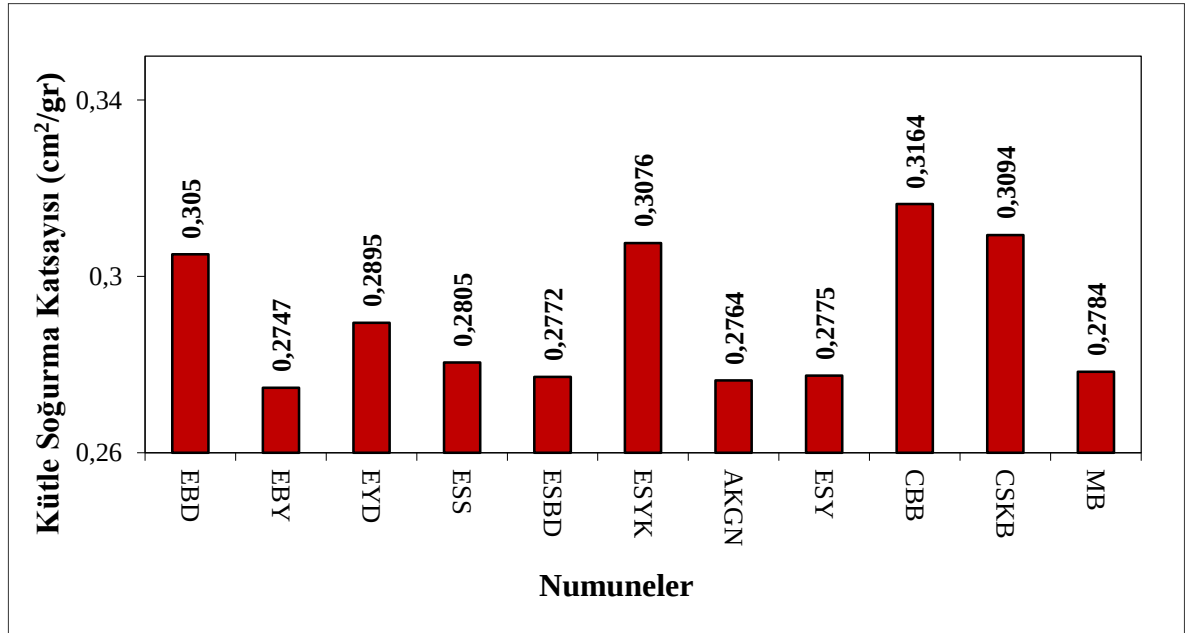
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
EBD	1	1,7613	147377	86122	0,584	0,5372	0,3050
EBY	0,9	2,2191	147377	84926	0,576	0,6124	0,2747
EYD	1,1	2,2096	147377	72790	0,493	0,6413	0,2895
ESS	0,9	2,0869	147377	87016	0,590	0,5854	0,2805
ESBD	1	2,2038	147377	80331	0,545	0,6068	0,2772
ESYK	0,8	2,0322	147377	89370	0,606	0,6252	0,3076
AKGN	0,8	2,1809	147377	90991	0,617	0,6028	0,2764
ESY	1	2,1165	147377	81905	0,555	0,5874	0,2775
CBB	0,8	1,6913	147377	96047	0,651	0,5352	0,3164
CSKB	0,9	1,5560	147377	95549	0,648	0,4815	0,3094
MB	0,8	2,0919	147377	92480	0,627	0,5825	0,2784



Şekil 4.71. Seramik numunelerin 59,543 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.71.’ de görüldüğü gibi 59,543 keV’ de lineer soğurma katsayısı en fazla olan yer döşeme (EYD) numunesi, en az ise banyo seramiği (CSK) numunesidir.

Seramik numunelerde 59,543 keV’ lik enerjili ışınları yer döşeme (EYD) numunesinin %49 oranında geçirdiği yani %51’ini soğurduğu, beyaz parlak banyo duvar (CBB) numunesinin %65’ ini geçirip %35’ini soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.72. Seramik numunelerin 59,543 keV’de kütle soğurma katsayıları

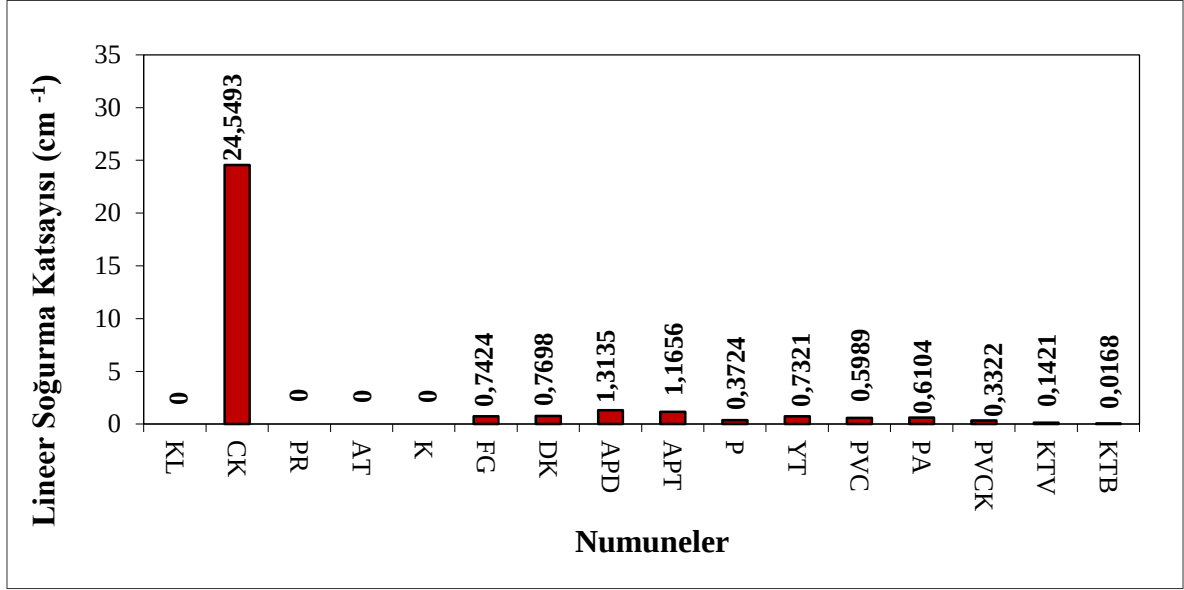
Şekil 4.72.' de görüldüğü gibi 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla beyaz parlak banyo duvar (CBB) numunesi, en az banyo yer döşeme (EBY) numunesidir.

4.9.2.2. Yapı malzemelerinin 26 keV'de radyasyon geçirgenliği

Yapı malzemeleri, uygun şartlarda nemsiz ve kuru ortamda, muhafaza edilerek güneş ışığına maruz bırakılmamıştır. 26 keV'de yapı elemanlarının (Çizelge 4.22), ahşap numunelerin (Çizelge 4.23), seramik numunelerin (Çizelge 4.24), lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu.

Çizelge 4.22. Yapı elemanlarının 26 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

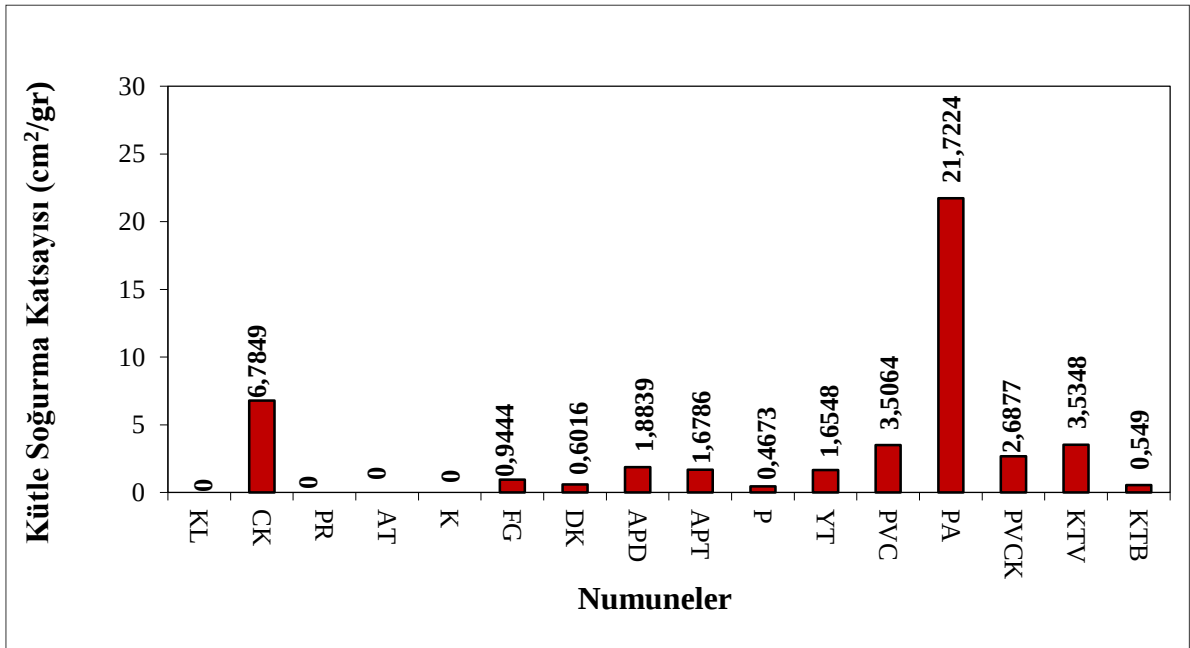
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
KL	0,15	12,1951	2958	-	0	-	-
CK	0,1	3,6182	2958	254	0,085	24,5493	6,7849
PR	2,5	1,9738	2958	-	0	-	-
AT	6,7	1,4977	2958	-	0	-	-
K	3	1,7766	2958	-	0	-	-
FG	0,4	0,7861	2958	2198	0,743	0,7424	0,9444
DK	0,4	1,2795	2958	2174	0,734	0,7698	0,6016
APD	1,3	0,6944	2958	540	0,182	1,3135	1,8839
APT	1,3	0,6944	2958	650	0,219	1,1656	1,6786
P	1,2	0,7969	2958	1892	0,639	0,3724	0,4673
YT	2,45	0,4424	2958	492	0,166	0,7321	1,6548
PVC	0,8	0,1708	2958	1832	0,619	0,5989	3,5064
PA	0,3	0,0281	2958	2463	0,832	0,6104	21,7224
PVCK	2	0,1236	2958	1522	0,514	0,3322	2,6877
KTV	0,9	0,0402	2958	2603	0,879	0,1421	3,5348
KTB	4,8	0,0306	2958	2729	0,922	0,0168	0,5490



Şekil 4.73. Yapı elemanlarının 26 keV’de numunelerin lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.73.’ de görüldüğü gibi yapı elemanlarının 26 keV’ de lineer soğurma katsayısı en fazla olan çinko (CK) numunesi, en az ise köpük taban KTB numunesidir.

Yapı elemanlarında CK numunesinin 26 keV’ lik enerjili ışınların 0,005’lik kısmını geçirdiği yani 0,995’ini soğurduğu, PA numunesinin %97’ ini geçirip %3’ünü soğurduğu gözlenmiştir. Kurşun levha (KL), briket (PR), ateş tuğlası (AT), kiremit (K) numuneleri 26 keV’ lik enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir.

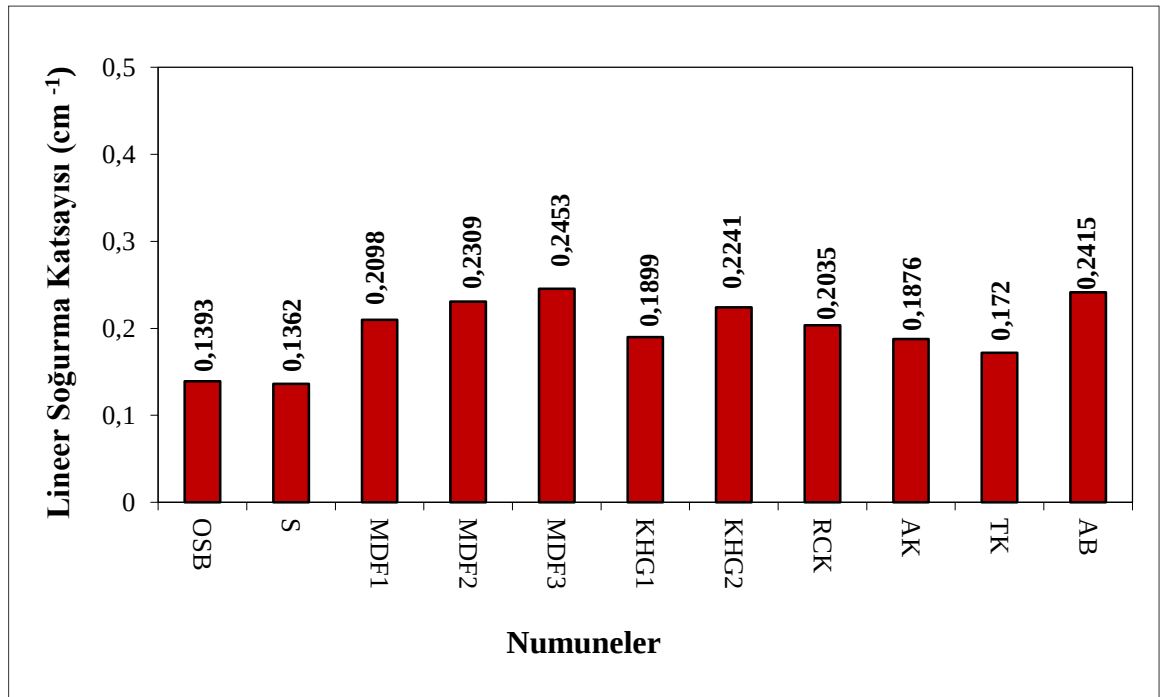


Şekil 4.74. Yapı elemanlarının 26 keV’de numunelerin kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.74.' de görüldüğü gibi yapı elemanlarının 26 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla olan parke altı (PA) ve çinko (CK) numuneleridir.

Çizelge 4.23. Ahşap numunelerin 26 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

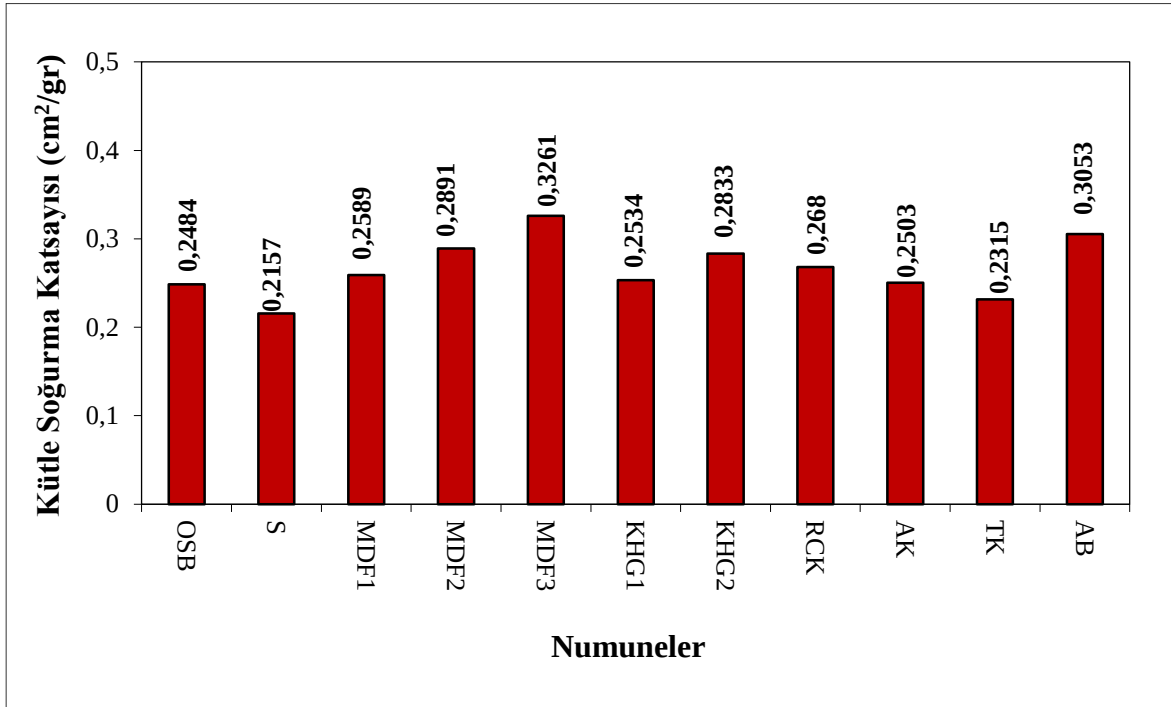
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
OSB	1,3	0,5608	2958	2468	0,834	0,1393	0,2484
S	1,8	0,6313	2958	2315	0,782	0,1362	0,2157
MDF1	0,6	0,8102	2958	2608	0,881	0,2098	0,2589
MDF2	1	0,7986	2958	2348	0,793	0,2309	0,2891
MDF3	1,8	0,7523	2958	1902	0,643	0,2453	0,3261
KHG1	1,9	0,7493	2958	2062	0,697	0,1899	0,2534
KHG2	1,8	0,7909	2958	1976	0,668	0,2241	0,2833
RCK	1,95	0,7593	2958	1989	0,672	0,2035	0,2680
AK	1,9	0,7493	2958	2071	0,700	0,1876	0,2503
TK	1,9	0,7430	2958	2133	0,721	0,1720	0,2315
AB	1,8	0,7909	2958	1915	0,647	0,2415	0,3053



Şekil 4.75. Ahşap numunelerin 26 keV'de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.75.' de görüldüğü gibi ahşap numunelerin 26 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan MDF3 ve akrilux kaplama (AB) numuneleri, en az ise suntalam (S) numunesidir.

Ahşap numunelerde 26 keV' lik enerjili ışınları MDF3 numunesinin %64 oranında geçirdiği yani %36'sını soğurduğu, MDF1 numunesinin %88'ini geçirip %12'sini soğurduğu gözlenmiştir.

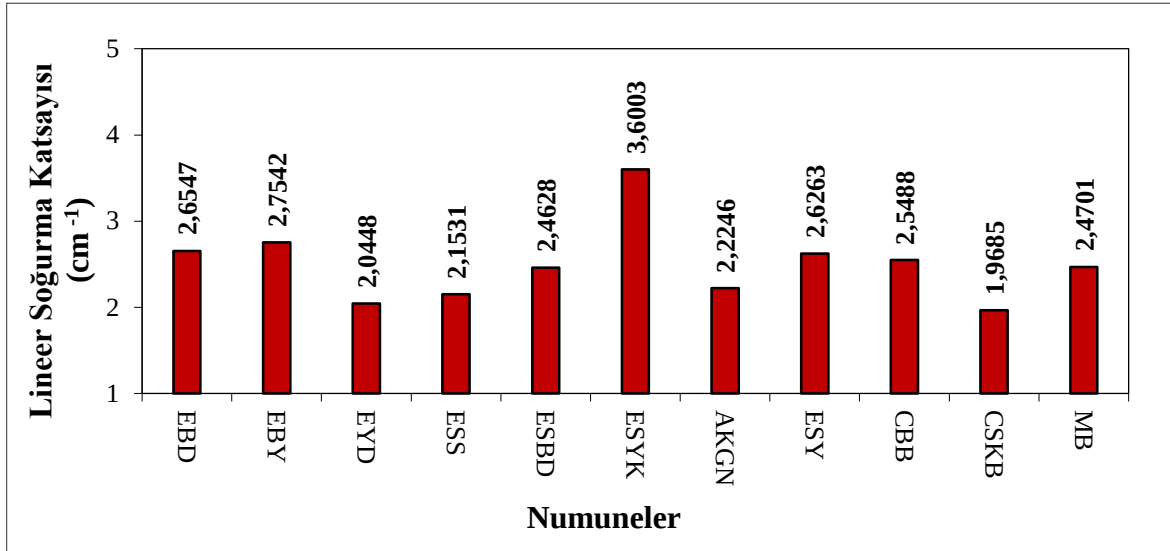


Şekil 4.76. Ahşap numunelerin 26 keV'de kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.76.' da görüldüğü gibi 26 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla MDF3 numunesi, en az ise suntalam (S) numunesidir.

Çizelge 4.24. Seramik numunelerin 26 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

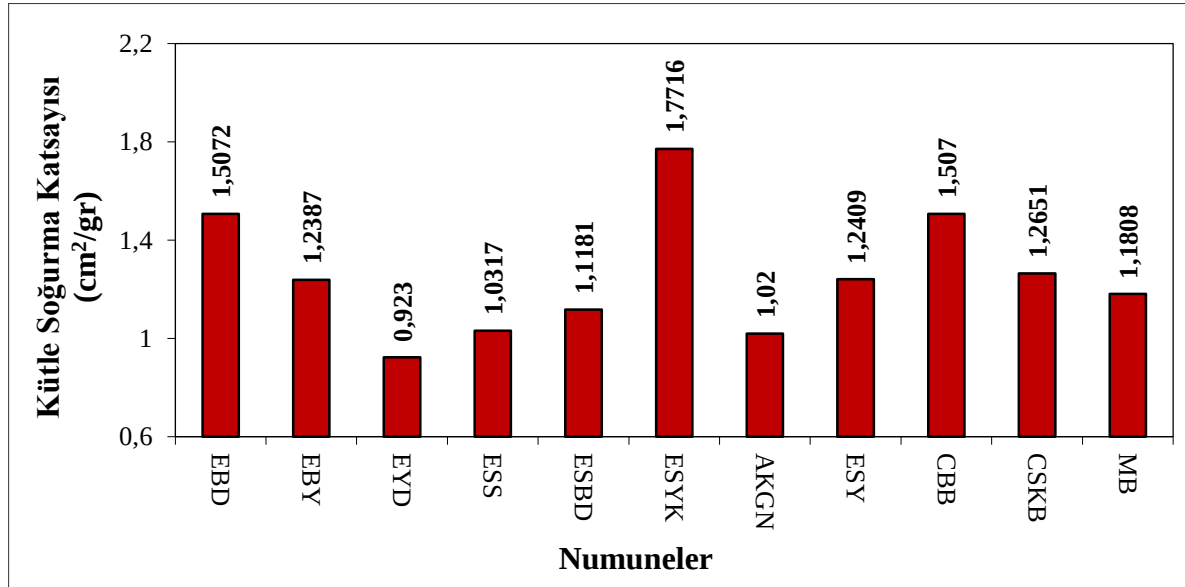
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
EBD	1	1,7613	2958	208	0,070	2,6547	1,5072
EYD	1,1	2,2096	2958	312	0,105	2,0448	0,9230
EBY	0,9	2,2191	2958	248	0,083	2,7542	1,2387
ESS	0,9	2,0869	2958	426	0,144	2,1531	1,0317
ESBD	1	2,2038	2958	252	0,085	2,4628	1,1181
ESYK	0,8	2,0322	2958	166	0,056	3,6003	1,7716
AKGN	0,8	2,1809	2958	499	0,168	2,2246	1,0200
ESY	1	2,1165	2958	214	0,072	2,6263	1,2409
CBB	0,8	0,3164	2958	385	0,130	2,5488	1,5070
CSKB	0,9	1,5560	2958	503	0,170	1,9685	1,2651
MB	0,8	2,0919	2958	410	0,138	2,4701	1,1808



Şekil 4.77. Seramik numunelerin 26 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.77.’ de görüldüğü gibi seramik numunelerin 26 keV’ de lineer soğurma katsayısı en fazla olan yer kaplama seramiği (ESYK) numunesi, en az ise banyo seramiği (CSKB) numunesidir.

Seramik numunelerde yer kaplama seramiği (ESYK) numunesinin, 26 keV’ lik enerjili ışınların 0,056’lık kısmını geçirdiği yani 0,944 ’lük kısmını soğurduğu, banyo seramiği (CSKB) numunesinin %17’ ini geçirip %83’ünü soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.78. Seramik numunelerin 26 keV’de kütle soğurma katsayıları

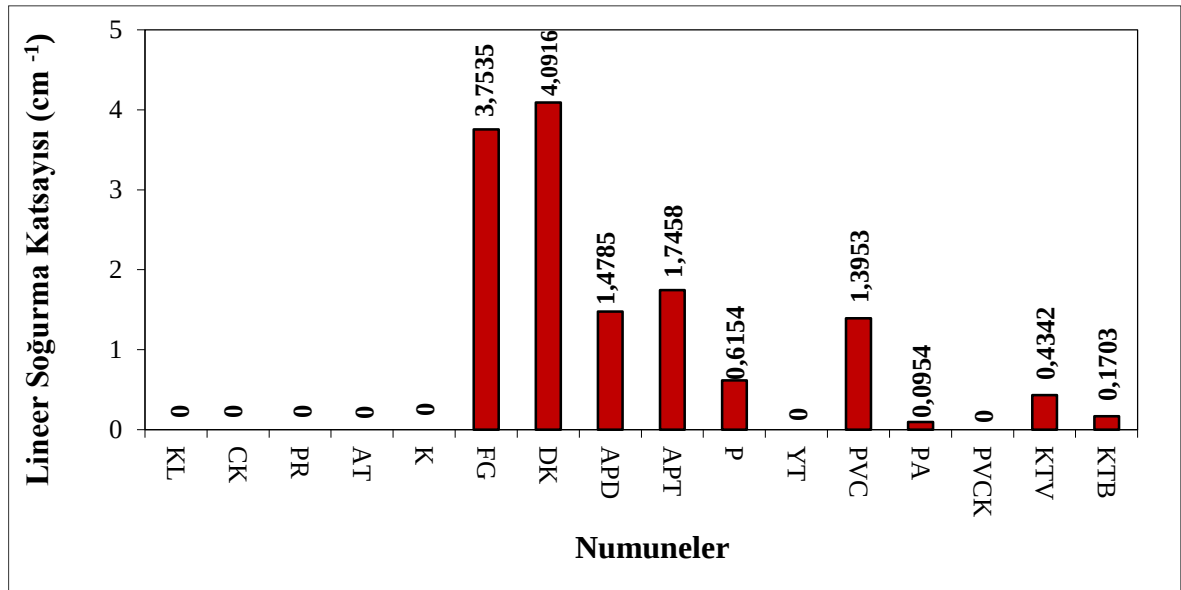
Şekil 4.78.’ de görüldüğü gibi seramik numunelerin 26 keV’de kütle soğurma katsayısı en fazla ESYK numunesi, en az yer döşeme seramiği (EYD) numunesidir.

4.9.2.3. Yapı malzemelerinin 17 keV’de radyasyon geçirgenliği

Yapı malzemeleri, uygun şartlarda nemsiz ve kuru ortamda, muhafaza edilerek güneş ışığına maruz bırakılmamıştır. 17 keV’de yapı elemanlarının (Çizelge 4.25), ahşap numunelerin (Çizelge 4.26), lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu.

Çizelge 4.25. Yapı elemanlarının 17 keV’de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

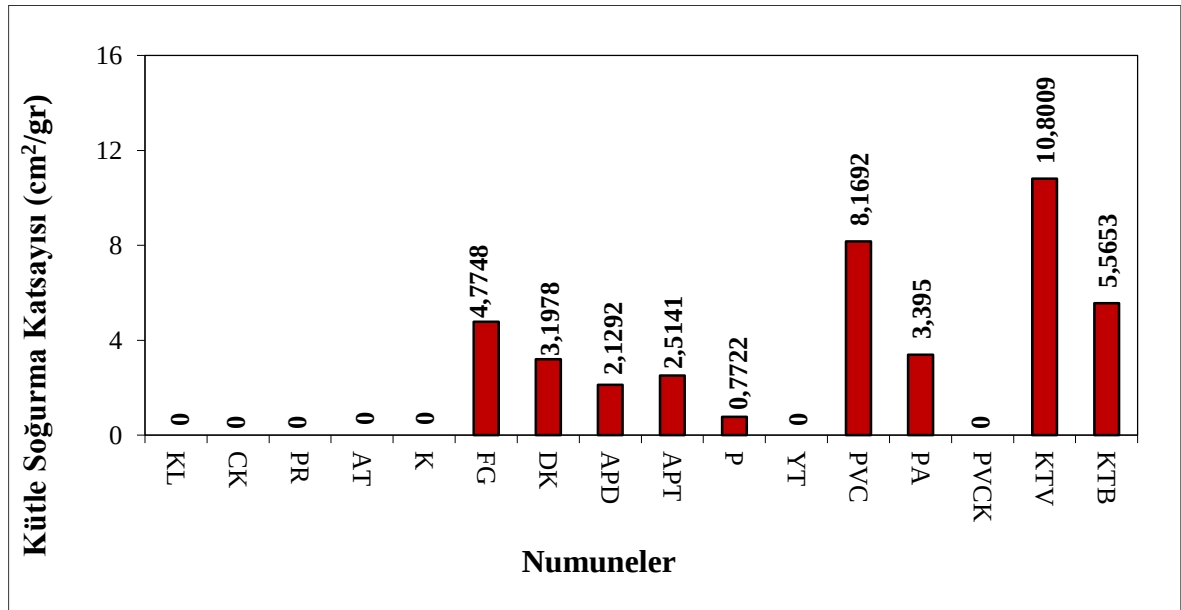
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
KL	0,15	12,1951	745	-	0	-	-
CK	0,1	3,6182	745	-	0	-	-
PR	2,5	1,9738	745	-	0	-	-
AT	6,7	1,4977	745	-	0	-	-
K	3	1,7766	745	-	0	-	-
FG	0,4	0,7861	745	166	0,222	3,7535	4,7748
DK	0,4	1,2795	745	145	0,194	4,0916	3,1978
APD	1,3	0,6944	745	109	0,146	1,4785	2,1292
APT	1,3	0,6944	745	77	0,103	1,7458	2,5141
P	1,2	0,7969	745	356	0,477	0,6154	0,7722
YT	2,45	0,4424	745	-	0	-	-
PVC	0,8	0,1708	745	244	0,327	1,3953	8,1692
PA	0,3	0,0281	745	724	0,971	0,0954	3,3950
PVCK	2	0,1236	745	-	0	-	-
KTV	0,9	0,0402	745	504	0,676	0,4342	10,8009
KTB	4,8	0,0306	745	329	0,441	0,1703	5,5653



Şekil 4.79. Yapı elemanlarının 17 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.79.' da görüldüğü gibi yapı elemanlarının 17 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan duvar kaplama (DK) numunesi ve fiber glass (FG) numunesi, en az ise parke altı (PA) numunesidir.

Yapı elemanlarında 17 keV' lik enerjili ışınları alçıpan tavan (APT) numunesinin %10 oranında geçirdiği yani %90'nını soğurduğu, parke altı (PA) numunesinin %97' ini geçirip %3'ünü soğurduğu gözlenmiştir. Kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR), ateş tuğlası (AT), kiremit (K), ytong (YT) ve pvc kapı (PVCK) numuneleri 17 keV' lik enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir.



Şekil 4.80. Yapı elemanlarının 17 keV'de kütle soğurma katsayıları

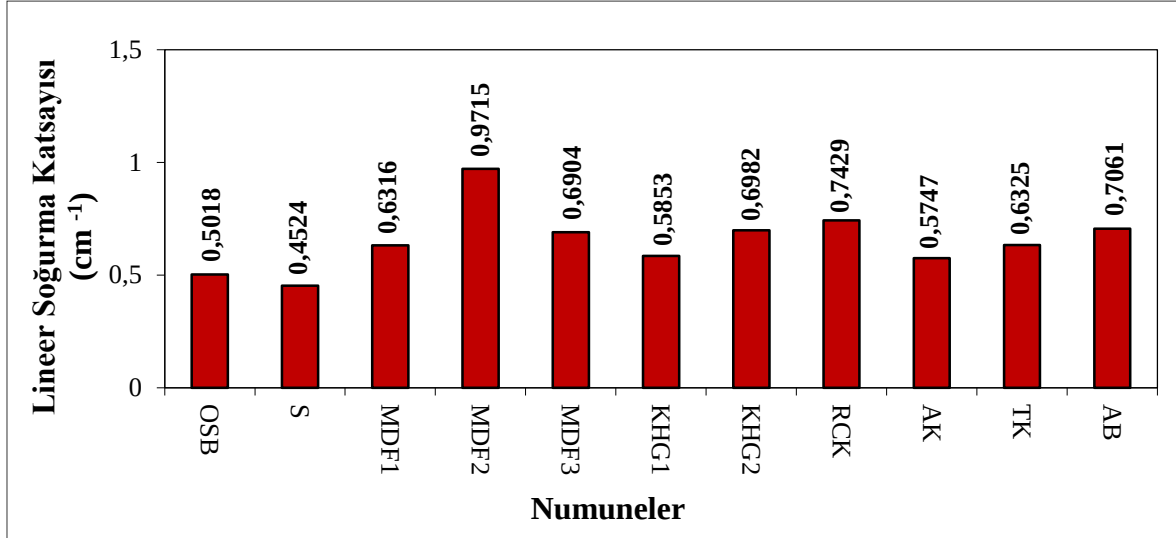
Şekil 4.80.' de görüldüğü gibi yapı elemanlarının 17 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla olan köpük tavan (KTV), PVC ve köpük taban (KTB) numuneleri, en az olan ise parke (P) numunesidir.

Çizelge 4.26. Ahşap numunelerin 17 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr}/\text{cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
OSB	1,3	0,5608	745	388	0,520	0,5018	0,8948
S	1,8	0,6313	745	330	0,442	0,4524	0,7166
MDF1	0,6	0,8102	745	510	0,684	0,6316	0,7796
MDF2	1	0,7986	745	282	0,378	0,9715	1,2165
MDF3	1,8	0,7523	745	215	0,288	0,6904	0,9177
KHG1	1,9	0,7493	745	245	0,328	0,5853	0,7811
KHG2	1,8	0,7909	745	212	0,284	0,6982	0,8828

Çizelge 4.26. Ahşap numunelerin 17 keV’de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

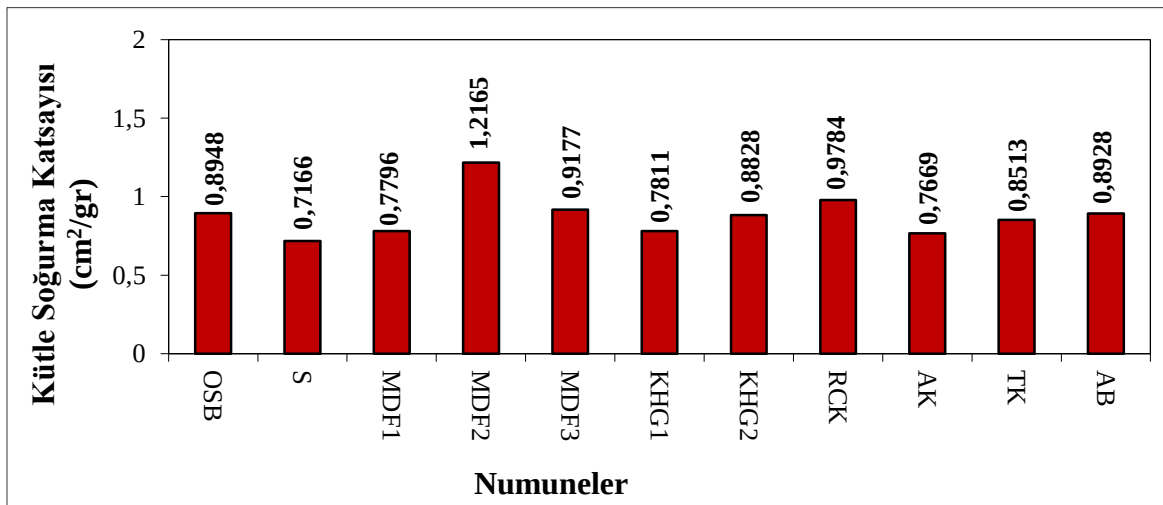
RCK	1,95	0,7593	745	175	0,234	0,7429	0,9784
AK	1,9	0,7493	745	250	0,335	0,5747	0,7669
TK	1,9	0,7430	745	224	0,300	0,6325	0,8513
AB	1,8	0,7909	745	209	0,280	0,7061	0,8928



Şekil 4.81. Ahşap numunelerin 17 keV’de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.81.’ de görüldüğü gibi 17 keV’ de ahşap numunelerin lineer soğurma katsayısı en fazla olan MDF2 numunesi, rustik ceviz kaplama (RCK), en az ise suntalam (S) numunesidir.

Ahşap numunelerde 17 keV’ lik enerjili ışınları rustik ceviz kaplama (RCK) numunesinin %23 oranında geçirdiği yani %77’sini soğurduğu, MDF1 numunesinin %68’ini geçirip %32’sini soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.82. Ahşap numunelerin 17 keV’de kütle soğurma katsayıları

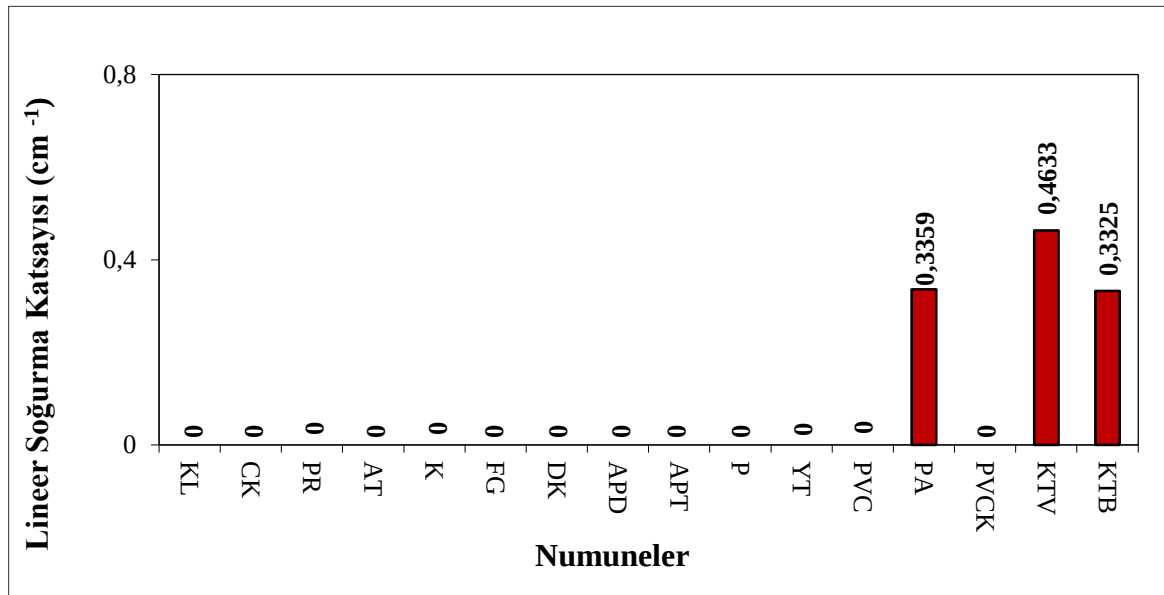
Şekil 4.82.' de görüldüğü gibi 17 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla MDF2 numunesi ve rustik ceviz kaplama (RCK) numunesi, en az S numunesidir.

4.9.2.4. Yapı malzemelerinin 5,9 keV'de radyasyon geçirgenliği

Yapı malzemeleri, uygun şartlarda nemsiz ve kuru ortamda, muhafaza edilerek güneş ışığına maruz bırakılmamıştır. 5,9 keV' de lineer soğurma katsayıları (μ) ve kütle soğurma katsayıları (μ_m) bulundu (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Yapı elemanlarının 5,9 keV'de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları

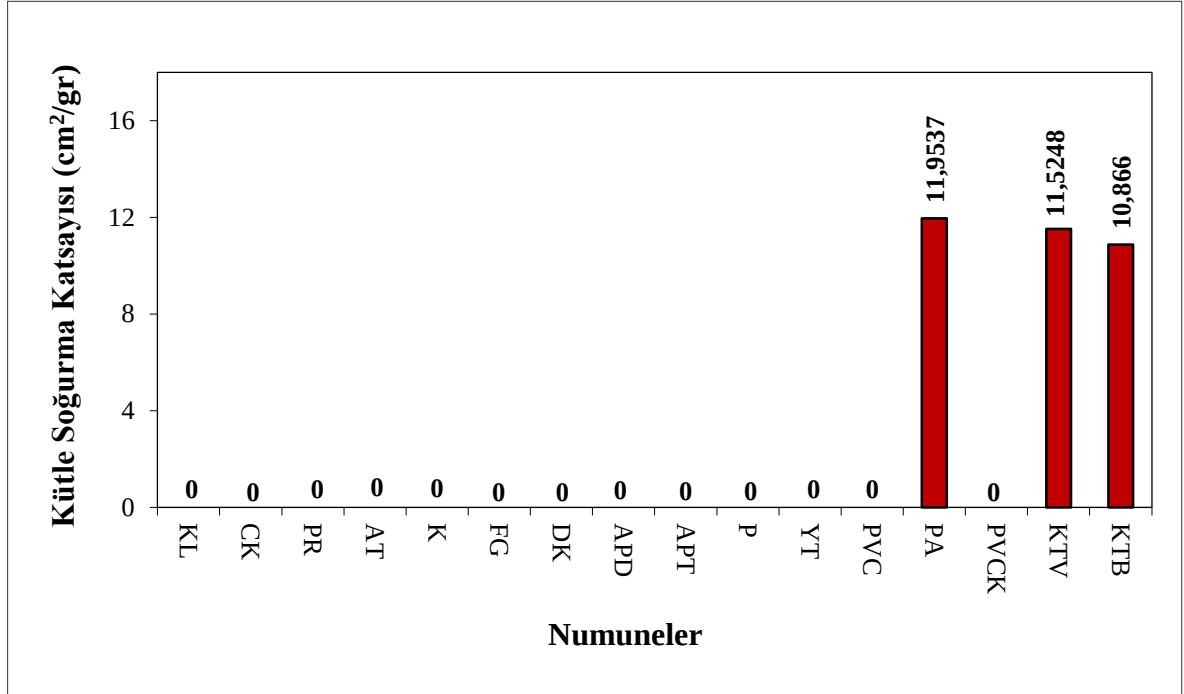
Numune Adı	t(cm)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$	I_0	I	I/I_0	$\mu(\text{cm}^{-1})$	$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gr})$
PA	0,3	0,0281	21300	19258	0,904	0,3359	11,9537
KTV	0,9	0,0402	21300	14037	0,659	0,4633	11,5248
KTB	4,8	0,0306	21300	4318	0,202	0,3325	10,8660



Şekil 4.83. Yapı elemanlarının 5,9 keV'de lineer soğurma katsayıları

Şekil 4.83.' de görüldüğü gibi 5,9 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan köpük tavan (KTV) numunesi, en az ise köpük taban (KTB) numunesidir. Kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR), ateş tuğlası (AT), kiremit (K), fiber glass (FG), duvar kaplama (DK), alçıpan duvar (APD), alçıpan tavan (APT), parke (P), ytong (YT), PVC ve PVCK numuneleri 5,9 keV enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir.

Yapı elemanlarında 5,9 keV' lik enerjili ışınları köpük taban (KTB) numunesinin %20 oranında geçirdiği yani %80'ini soğurduğu, parke altı (PA) numunesinin %90' ini geçirip %10'sini soğurduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.84. Yapı elemanlarının 5,9 keV’de kütle soğurma katsayıları

Şekil 4.84.’ de görüldüğü gibi 5,9 keV’de kütle soğurma katsayısı en fazla parke altı (PA), köpük tavan (KTV), köpük taban (KTB) numunesidir.

Lineer soğurma katsayısı en fazla olan 59,543 keV’ de KL numunesidir. KL, PR, AT, K numuneleri 26, 17, 5,9 keV enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir. Kütle soğurma katsayısı en fazla 26 keV’de PA numunesidir.

Ahşap numunelerin hepsi 5,9 keV enerjili ışınların tamamını soğurmaktadır. Kütle soğurma katsayısı en fazla olan 17 keV’de MDF2 numunesidir.

Seramik numunelerin hepsi 17 keV ve 5,9 keV enerjili ışınların tamamını soğurmaktadır. Kütle soğurma katsayısı en fazla olan 26 keV’ de ESYK numunesidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Mineral katkılı 7 günlük beton numunelerden en yüksek basınç dayanımı değerini referans numunesi, seriler incelendiğinde en düşük basınç dayanımı %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesi, en yüksek basınç dayanımı ise %5 oranında silis dumanı ikame edilen S5 numunesidir.

Basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde; 7 günlük basınç dayanımı sonuçlarının tamamı katkısız referans numunesinin verdiği değer altında bulunmuştur. Bu durum puzolanların genel özelliği ile açıklanabilir. Puzolanik katkı kullanımı, çimentodan yapılan azaltma nedeniyle erken yaş dayanımında olumsuz rol oynar. Erken yaşlarda çimento miktarının azalmasına paralel düşüşler kaydedilmiştir. 7 günlük seriler incelendiğinde en yüksek basınç dayanım değeri %5 oranında silis dumanı ikame edilen S5 numunesinden elde edilmiştir. Bu durum uçucu külün 7 günlük puzolanik aktivitesinin kullanılan diğer puzolanlardan daha yüksek olmasıyla açıklanır. İlk günlerde puzolanik madde miktarının artması da beton basınç dayanımının düşmesi ile sonuçlanmıştır. Bu sonuç da çimento miktarında meydana gelen azaltma ile açıklanabilir.

28 günlük basınç dayanım değerleri incelendiğinde; uçucu külün aktivitesinin bir miktar azaldığını ve silis dumanının 7 günlük sonuçlara göre daha yüksek puzolanik aktivite gösterdiği görülmektedir. En yüksek basınç dayanımı %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesinden elde edilmiştir. Bu sonuç silis dumanının ileri yaşlarda göstermiş olduğu yüksek puzolanik aktivite olmasıyla açıklanabilir. 7 günlük numunelerde olduğu gibi pomza kullanılan numuneler yine daha düşük basınç dayanım değeri vermiştir. Sebebi pomzanın düşük puzolanik aktivite olmasıyla açıklanabilir. 28 günlük basınç dayanım değerleri puzolanik madde miktarının artmasıyla artmıştır. Çimento hidratasyonu sonucu, hidratasyon ürünü olarak oluşan CH'ler, puzonlar ile reaksiyona girmeye başlar ve sonuç olarak betona dayanım kazandırıcı C-S-H jellerinin miktarında artış meydana gelir. 7 günlük numunelerin aksine 28 günde basınç dayanımlarının puzolan miktarıyla artması bu şekilde açıklanabilir.

90 gün sonunda elde edilen basınç dayanım değerleri 28 günlük basınç dayanım değerleriyle örtüşmektedir. Ancak uçucu kül katkılı numuneler diğer puzolanik katkılara göre daha az gelişim göstermiştir. Silis dumanı ikameli numuneler ise daha çok aktivite göstermiş ve oldukça yüksek basınç dayanımı değerleri vermişlerdir.

Agregalarına göre 7 günlük beton numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde; hematit, barit, bazalt katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım

gösterdiği, pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Bu durum pomzanın basınç dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Diğer katkılar ise kullanılan kumun basınç dayanımından yüksek olması ile açıklanabilir.

28 günlük beton numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde; 7 günlük beton numunelerin basınç dayanımlarına paralel sonuçlar vermiştir. En yüksek basınç dayanımı %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük basınç dayanımı %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi vermiştir.

90 günlük Basınç dayanımları incelendiğinde; 7 ve 28 günlük beton numunelerin basınç dayanımlarına paralel sonuçlar vermiştir. En yüksek basınç dayanımı %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük basınç dayanımı %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi vermiştir.

2. Asidik ve bazik pomza % ikame miktarı arttıkça basınç dayanımı azalmıştır. Numunlerin basınç dayanım değerleri 12-37 MPa arasındadır.

Yüksek fırın cürufu (Y) ikame edilen numunelerde, 90 günlük sonuçlarda %10 ve %20 ikameli numuneler R numunesinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 15-38 MPa arasındadır.

Uçucu kül (U) ikame edilen numunelerde, 90 günlük sonuçlar, 7 ve 28 günlük dayanım sonuçlarına göre daha iyi artış göstermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 11-35 MPa arasındadır.

Silis dumanı (S) içeren 28 ve 90 günlük numunelerde % ikame oranı arttıkça basınç dayanımı artmıştır. Numunlerin basınç dayanım değerleri 21-44 MPa arasındadır.

Kolemanit (K) ikameli numuneler, referans numunesine göre 7 günlük iken azalmış, 28 ve 90 günlük iken % ikame oranı arttıkça artmıştır. 90 günlük referans numunesine göre basınç dayanımları % 2 ile % 9 arasında artış göstermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 21-44 MPa arasındadır.

Perlit (P) ikameli numunelerde % ikame oranı arttıkça basınç dayanımının azaldığı gözlemlenmiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 21-44 MPa arasındadır.

Barit (BA) ikameli numunelerde % ikame oranı arttıkça basınç dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 25-39 MPa arasındadır.

Bazalt (BZ) ikameli numunelerde % ikame oranı arttıkça basınç dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Barit katkılı numunelerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 26-44 MPa arasındadır.

Kalker (K) ikameli numuneler barit katkılı numunelerden daha iyi, bazalt katkılı numunelerden daha düşük basınç dayanımı sonuçları vermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 26-42 MPa arasındadır.

Hematit (H) ikameli numuneler bazalt katkılı numunelere yakın basınç dayanımı sonuçları vermiştir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 26-45 MPa arasındadır.

Demirtozu (D) ikameli numunelerde, %10 ve %20 demir tozu ikame edildiğinde basınç dayanımının arttığı sonrasında düştüğü gözlemlenmiştir. Zainab ve Enas (2008) yaptıkları çalışmada %10, 15, 20 kum yerine atık demir kullandıklarında basınç dayanımlarının daha yüksek olduğunu söylemişlerdir. Numunlerin basınç dayanım değerleri 28-46 MPa arasındadır.

Mineral katkılı numunelerde, silis dumanı ikameli numuneler basınç dayanımında en iyi sonucu verdi. Agregalarına göre mineral katkılı numunelerde bazalt ve %10, %20 ikameli demirtozu en iyi sonucu verdi.

3. Mineral katkılı 7 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %10 oranında yüksek fırın cürufu ikame edilen Y10 numunesi, en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir.

28 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir.

90 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 ve %50 oranında uçucu kül ikame edilen U50 numunesidir. Basınç dayanımı ile Schmidt Çekici ile basınç dayanımları arasında $\pm 1-5$ Mpa hata bulunmaktadır. Basınç dayanımlarının birbirine yakın olması halinde basınç dayanımı açısından sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

4. Agregalarına göre 7 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %20 oranında demirtozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük olan ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50, numunesidir.

28 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %20 oranında demirtozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük olan ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesidir.

90 günlük beton numunelerin Schmidt Çekici ile basınç dayanımı en yüksek olan %20 oranında demirtozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük olan ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesidir.

5. Farklı mineral katkılı 7 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en büyük olan referans numunesi (R), %5 oranında silis dumanı ikame edilen S5 ve %10 oranında silis dumanı ikame edilen S10 numunesi, en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir. Katkı oranı artıkça basınç dayanımını azalmıştır. Bu durum puzolanik malzeme­lerin özelliği ve çimento miktarının azalması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 9-26 Mpa arasında değişmektedir.

28 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan %20 oranında silis dumanı ikame edilen S20, %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 ve %2 oranında kolemanit ikame edilen K2,0 numuneleri, en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir. Kolemanit ve silis dumanı puzolanik aktivite hızının fazla olması ve buna bağlı olarak betonun boşluklarının azalması ile açıklanabilir. Pomzanın boşluklu yapıya sahip olması nedeni ile en düşük sonuçları vermiştir. Beton numunelerin basınç dayanımları 14-38 Mpa arasında değişmektedir.

90 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesidir. Bunun sebebi silis dumanı betonu daha kararlı hale getirerek boşluk oranı düşürmesi ile açıklanabilir. Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en düşük olan ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 ve %50 oranında uçucu kül ikame edilen U50 numuneleridir. Bu durum boşluk yapısının artması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 20-45 Mpa arasında değişmektedir.

6. Agregalarına göre 7 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek olan %20 oranında demir tozu ikame edilen D20, %30 oranında demir tozu ikame edilen D30 numuneleri, en düşük olan ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesidir. Demir tozu kullanımı ile getirerek boşluk oranı düşürmesi ile açıklanabilir. Bazik pomza ve hematit kullanımı ile boşluk yapısının artması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 15-35 Mpa arasında değişmektedir.

28 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en büyük olan %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük olan ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesidir. Bu durum 7 günlük Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı sonuçlarına paralelik göstermektedir. Beton numunelerin basınç dayanımları 19-42 Mpa arasında değişmektedir.

90 günlük beton numunelerin Ultrasonik Hız ile basınç dayanımı en yüksek değeri %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi, en düşük değeri ise %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi vermiştir. Demir tozu oranın % 20'ye kadar kullanılması ile boşluk yapısının azalmasını sağlamıştır. Pomza oranın artması boşluk yapısının artması ve pomza agregasının dayanımının kullanılan kumun basınç dayanımından düşük olması ile açıklanabilir. Beton numunelerin basınç dayanımları 26-47 Mpa arasında değişmektedir.

7. Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde, tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, kütle kayıplarıyla doğru sonuçlar vermiştir. Kütle kaybı fazla olan numuneler daha fazla basınç dayanımı kazanırken, kütle kaybı az olan numuneler daha az basınç dayanımı göstermiştir. Kütle kaybı en fazla olan %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesi verirken, en dayanıklı az kaybı %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi vermiştir. Bu durum sülfat etkisiyle kimyasal tepkime ürünlerin ağırlıkça fazla olması kütle artışı ile açıklanabilir. Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde, tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Kütle kaybı en fazla olan %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesi en düşük dayanımı verirken, sülfata en dayanıklı olan %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesi en yüksek dayanımı vermiştir. Genel olarak sülfat etkisiyle yıkıma uğrayıp kütle kaybeden betonların dayanımlarının düşmesiyle açıklanabilir.

8. Agregalarına göre sülfat dayanımı incelendiğinde, tüm örneklerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, kütle kayıplarıyla doğru sonuçlar vermiştir. Kütle kaybı fazla olan numuneler daha fazla basınç dayanımı kazanırken, kütle kaybı az olan numuneler daha az basınç dayanımı göstermiştir. Kütle kaybı en fazla olan %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi verirken, en dayanıklı az kaybı %50 oranında bazalt ikame edilen BZ50 numunesi vermiştir. Bu durum sülfat etkisiyle kimyasal tepkime ürünlerin ağırlıkça fazla olması kütle artışı ile açıklanabilir. Katkı oranına göre sülfat dayanımı incelendiğinde, tüm

numunelerde katkı oranı arttıkça kütle kayıpları artmıştır. Kütle kaybı en fazla olan BP50 numunesi en düşük dayanımı verirken, sülfata en dayanıklı olan BZ50 numunesi en yüksek dayanımı vermiştir. Genel olarak sülfat etkisiyle yıkıma uğrayıp kütle kaybeden betonların dayanımlarının düşmesiyle açıklanabilir.

9. Mineral katkılı 28 günlük beton numunelerin aşınma kayıpları incelendiğinde; kolemanit, silis dumanı ve cüruf katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım gösterdiği, uçucu kül ve pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Pomza katkılı örnekler genel olarak en fazla ağırlık kaybına uğrayan örneklerdir. Bu durum pomzanın aşınma dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Kolemanit katkılı örnekler ise en az kayba uğrayan gruptur. Kolemanit aşınma ve sürtünmelere karşı dayanımlı bir malzemedir. Kolemanit kristal yapısından kaynaklanan boşluklarının az olmasını nedeni daha homojen yapıda olması ile açıklanabilir.

10. Agregalarına göre 28 günlük beton numunelerin aşınma dayanımları incelendiğinde; demir tozu, barit, hematit ve bazalt katkılı örneklerin referans numunesinden daha fazla dayanım gösterdiği, pomza katkılı örneklerin daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. Bu durum pomzanın basınç dayanımının düşük olması ve boşluklu yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Diğer katkıları ise kullanılan kumun basınç dayanımından yüksek olması ile açıklanabilir.

11. Asidik pomza (AP), Bazik pomza (BP), Yüksek fırın cürufu (Y), Uçucu kül (U), Silis dumanı (S), Kolemanit (K) ve Perlit (P) mineral katkılı beton numunelerin kılcal su emme geçirimsizliği incelendiğinde; Pomza agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı arttıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir.

Yüksek fırın cürufu (Y) boşlukları doldurduğu için ve zamana bağlı olarak Ca(OH)_2 tepkimeye girerek daha kararlı ve boşluksuz yapı oluşturmaktadır. Yüksek fırın cürufu miktarı arttıkça boşluk yapısı azalmış ve daha az su emmiştir.

Uçucu kül (U) miktarı arttıkça ortalama boşluk çapları azalmaktadır fakat ölçülen porozite artmaktadır. Uçucu kül (U) ikamesi, yine ortalama boşluk çaplarını azaltmakta fakat porozitesini arttırmamaktadır. Uçucu kül içeren çimentolarla hazırlanan harçların gözenek dağılımı ve ortalama gözenek çapı, Uçucu kül miktarı arttıkça azalmaktadır.

Çimento yerine uçucu kül kullanılması %20'den sonrası boşluk yapısını artırmaktadır. Buna bağlı olarak daha fazla su emmiştir.

Silis dumanı (S) kapiler ve kılcal boşlukları doldurduğu için ve zamana bağlı olarak daha kararlı ve boşluksuz yapı oluşturmaktadır. Silis dumanı miktarı artıkça daha az su emmiştir.

Kolemanitin (K) ise kristal ve düzenli bir yapıda olması ve betonda agrega çimento ara yüzeyi daha homojen ve yoğun olduğundan, bağlantılar daha kuvvetli ve boşluk miktarı daha az olması kılcal su emme değerlerinin düşük olmasına neden olmuştur. Kolemanit miktarı artıkça kılcal su emme değerleri azalmıştır.

Perlit (P) agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir.

12. Bazik Pomza (BP), Barit (BA), Bazalt (BZ), Kalker (KA), Hematit (H) ve Demir Tozu (D) katkılı beton numunelerin kılcal su emme geçirimsizliği incelendiğinde; Betonda kullanılan gözenekli agregalarda yüksek değerlere ulaşabilmekte olup, agreganın gözeneklilik oranı ve gözeneklerin birbiri ile bağlantılı olup olmama durumunun bir fonksiyonu şeklinde değişim göstermektedir. Agregada bünyesindeki kılcal su hattının ilerlemesi zamana bağlı olarak tespit edildiğinde, agreganın gözeneklilik durumu ve yapısal özelliğine bağımlı olarak, bu hareketin belli bir katsayıya göre gerçekleştiği görülmektedir. Bu bakımdan, bazik pomza (BP) agregasının yapısal özellikleri gereği yüksek gözenekliliğe sahip olmaları nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir.

Barit (BA) agregasının yapısal özellikleri gereği bakımdan kullanılan agregadan daha az su emme oranına sahip olması nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir.

Bazalt (BZ) agregasının daha boşluksuz yapıya sahip olması nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir.

Kalker (KA) agregasının kullanılan agregaya su emme değeri yakın olması nedeniyle, katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı artmış ve daha fazla su emmiştir.

Hematit (H) agregasının demir kökenli yapıya sahip olması ve su emme oranının düşük olması sebebi ile katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir.

Demir tozu (D) agregasının demir kökenli yapıya sahip olması ve su emme oranının neredeyse sıfır olması sebebi ile katkı oranı artıkça kılcal su emme değerleri zamana bağlı azalmış ve daha az su emmiştir.

13. Mineral katkılı beton numunelerinde donma-çözülme dayanımı; Sertleşmiş beton numunelerinin donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasında yapılan ağırlık ölçümleri sonucunda belirlenen ağırlık kaybı değerleri, %0,1'in altındaki çok küçük değerler olduğundan, numunelerin ağırlık kayıplarına göre, donma-çözülmeden fazla etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır. Numunelerin yüzeyinde çatlama ve dökülme görülmemiştir.

En yüksek basınç dayanımı değerini %2 oranında kolemanit ikame edilen K2 numunesi ve en düşük basınç dayanımı değerini %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesini vermiştir. En yüksek basınç kaybı %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesinde en düşük basınç kaybı da %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesinde gözlenmiştir. Kolemanit (K) katkılı numunelerde basınç dayanımının belirli ikame oranına kadar arttığı gözlemlenmektedir. Kolemanitin kristal ve düzenli bir yapıda olması boşlukların ve kılcal çatlakların azalmasına sebep olmuştur. Asidik pomza (AP), bazik pomza (BP) ve P (Perlit) katkı oranı artıkça boşluk yapısı artığından donma çözülme sebep olduğu hacim değişimlerinden az etkilenmiştir. Uçucu kül katkısı artıkça betonda çimento miktarı azalmakta ve daha boşluklu hale geldiği için dayanım kaybı az olmaktadır. Silis dumanı miktarı artıkça hidrasyon ürünlerinden olan Ca(OH)_2 'yi bağlayarak CSH dönüştürmesinden dolayı daha yoğun ve güçlü bir yapı elde edilmesine karşın bu güçlü yapı donma çözülme etkisinde daha büyük buz basıncına maruz kalmakta ve parça kopmasına neden olması ile açıklanabilir. YFC katkısı artıkça; beton içindeki gözenek boyutlarında, gerek fiziksel gerekse hidrasyon sonucunda, azalmaya neden olması betonun donma çözülme direncini yükselmesi ile açıklanabilir.

14. Agregalarına göre beton numunelerinde donma-çözülme dayanımı; En yüksek basınç dayanımı değerini %20 oranında demir tozu ikame edilen D20 numunesi ve en düşük basınç dayanımı değerini %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesini vermiştir. En fazla basınç kaybı %50 oranında bazalt ikame edilen BA50 numunesinde en

düşük basınç kaybı da %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesinde gözlenmiştir. Bazik pomza (BP) katkı oranı artıkça boşluk yapısı artığından donma çözülme sebep olduğu hacim değişimlerinden az etkilenmiştir. Barit oranı artıkça basınç kaybı birbirine yakın değerler vermiştir. Hematit (H), kalker (K) ve bazalt (BZ) katkı oranı artıkça numunelerin donma-çözünme sonrası basınç kaybı azalmıştır. Bunun sebebi katkı oranı artıkça agregaların su emme oranının düşük olması ve betonun iç kısmına daha az işlemesi ile daha az hasar görmesi ile açıklanabilir.

15. Perlit (P), Silis dumanı (S), Uçucu kül (U) ve Yüksek fırın cürufu (Y) mineral katkılı beton numunelerin Elektron Mikroskop çalışmaları incelendiğinde; %15 oranında perlit ikame edilen P15 numunesinin SEM görüntülerinde etrengit oluşumu gözlemlendi. %15 oranında silis dumanı ikame edilen S15 numunesinde çubuk şeklinde etrengitler ve portlandit gözlemlendi. %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesinde etrengit gözlemlendi. %30 oranında uçucu kül ikame edilen U30 ve %50 oranında uçucu kül ikame edilen U50 numunelerinde çubuk şeklinde etrengitler gözlemlendi. %30 oranında yüksek fırın cürufu ikame edilen Y30 numunesinde çubuk şeklinde etrengitler ve CSH jelleri gözlemlendi. %50 oranında yüksek fırın cürufu ikame edilen Y50 numunesinde çubuk şeklinde etrengitler ve portlandit gözlemlendi.

16. Bazik Pomza (BP), Barit (BA), Bazalt (BZ), Kalker (KA), Hematit (H) ve Demir Tozu (D) katkılı beton numunelerin Elektron Mikroskop çalışmaları incelendiğinde; %10 oranında bazik pomza ikame edilen BP10 numunesinde çatlak, etrengit ve CSH jelleri gözlemlendi. %30 oranında bazik pomza ikame edilen BP30 numunesinde çatlak, çok sayıda etrengit, CSH jelleri ve portlandit gözlemlendi. %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesinde çok sayıda etrengit, CSH jelleri ve portlandit gözlemlendi. %50 oranında bazalt ikame edilen BA50 numunesinde çok sayıda etrengit, CSH jelleri gözlemlendi. %50 oranında bazik pomza ikame edilen BZ50 numunesinde portlandit gözlemlendi. %50 oranında kalker ikame edilen KA50 numunesinde etrengit ve çatlak gözlemlendi. %10 oranında demir tozu ikame edilen D10 numunesinde portlandit gözlemlendi. %30 oranında demir tozu ikame edilen D30 numunesinde CSH jelleri, çatlak ve portlandit gözlemlendi. %50 oranında demirtozu ikame edilen D50 numunesinde CSH jelleri ve etrengit gözlemlendi. %50 oranında hematit ikame edilen H50 numunesinde çatlak gözlemlendi.

17. Asidik pomza (AP), bazik pomza (BP), yüksek fırın cürufu (Y) ve uçucu kül (U) katkılı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %20 oranında asidik pomza

ikame edilen AP20 numunesinin %28 oranında geçirdiği yani %72'sini soğurduğu, %30 oranında bazik pomza ikame edilen BP30 numunesinin %42' sini geçirip %58'ini soğurduğu gözlenmiştir.

59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %10 oranında asidik pomza ikame edilen AP10 numunesi, en az ise %20 oranında bazik pomza ikame edilen BP20 ve %10 oranında uçucu kül ikame edilen U10 numuneleridir. Uçucu kül (U) numunesinin katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısının arttığı gözlemlenmektedir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla %50 oranında bazik pomza ikame edilen BP50 numunesi, en az ise referans (R) numunesidir.

18. Silis dumanı (S), kolemanit (K) ve perlit (P) katkılı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %5 oranında perlit ikame edilen P5 numunesinin %29 oranında geçirdiği yani %71'sini soğurduğu, %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesinin %37' sini geçirip %63'ini soğurduğu gözlenmiştir.

59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %0,5 oranında kolemanit ikame edilen K0,5 numunesi, en az ise %25 oranında perlit ikame edilen P25 numunesidir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla P25 numunesi, en az %25 oranında silis dumanı ikame edilen S25 numunesidir.

19. Bazik pomza (BP), barit (BA) ve bazalt (BZ) katkılı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %50 oranında barit ikame edilen BA50 numunesinin binde 5 oranında geçirdiği yani binde 995'ini soğurduğu, %10 oranında bazik pomza ikame edilen BP10 numunesinin %32' sini geçirip %68'ini soğurduğu gözlenmiştir.

59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %50 oranında barit ikame edilen BA50 numunesi, en az ise %10 oranında bazik pomza ikame edilen BP10 numunesidir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla BA50 numunesi, en az R numunesidir.

20. Kalker (KA), hematit (H) ve demir tozu (D) katkılı harç numunelerinde 59,543 keV' lik enerjili ışınları %50 oranında demir tozu ikame edilen D50 numunesinin %17 oranında geçirdiği yani %83'ünü soğurduğu, R numunesinin %32' sini geçirip %68'ini soğurduğu gözlenmiştir.

59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan %50 oranında hematit ikame edilen H50 numunesi, en az ise referans (R) numunesidir. %10 oranında demir tozu ikame D10 numunesinin katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısı artmaktadır. 59,543

keV’de kütle soğurma katsayısı en fazla olan %50 oranında demir tozu ikame edilen D50 numunesi, en az ise R numunesidir.

21. Referans numune ve 65 farklı karışımli harç numuneleri için Am-241 kaynağı kullanılarak yapılan radyasyon geçirgenliği deneyinde %50 barit ikame edilen BA50 numunesi, 59,543 keV’lik enerjinin 0,005’lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. En yüksek lineer soğurma katsayısı ve en yüksek kütle soğurma katsayısı %50 barit ikame edilen BA50 numunesi, en düşük lineer soğurma katsayısı %10 uçucu kül ikame edilen U10 numunesi ve en düşük kütle soğurma katsayısı %25 silis dumanı ikame edilen S25 numunesidir.

59,543 keV’lik enerjiyi en çok soğuran barit katkılı numunelerdir. Karışımındaki barit oranı arttıkça radyasyon geçirgenliği azalmaktadır. Barit mineralinin kimyasal yapısında bulunan yüksek miktarda BaSO₄ miktarı ve ağır agrega olması, radyasyon soğurucu malzeme olarak değerlendirilmiştir.

BA50 numunesinden sonra en yüksek lineer soğurma katsayısına sahip numuneler sırasıyla %50 hematit ikame edilen H50 numunesidir, 59,543 keV’lik enerjinin 0,20’lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Numunedeki katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısı ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 demir tozu ikame edilen D50 numunesi 59,543 keV’lik enerjinin 0,17’lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 bazalt ikame edilen BZ50 numunesi 59,543 keV’lik enerjinin 0,26’lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 kalker ikame edilen KA50 numunesi 59,543 keV’lik enerjinin 0,302’lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 bazık pomza ikame edilen BP50 numunesi 59,543 keV’lik enerjinin 0,300’lük kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

%50 uçucu kül ikame edilen U50 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0,308' lik kısmını geçirdiği gözlemlenmiştir. Katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları artmıştır.

Numunelerdeki katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayıları artmıştır. Kolemanit (K) , asidik pomza (AP), yüksek fırın cürufu (Y), silis dumanı (S) ve perlit (P) numunelerinde katkı miktarı arttıkça lineer soğurma katsayıları azalmıştır. Kolemanit katkılı numunelerin kolemanit miktarı arttıkça lineer soğurma katsayısı azalmıştır. Kolemanitin kimyasal yapısında bulunan B_2O_3 miktarına bağlı olarak γ ışını zırlaması açısından referans numunesinden yüksektir. %10 Y katkılı numunelerin lineer soğurma katsayısı % 20, 30, 40, 50 Y katkılı numunelerin lineer soğurma katsayısından daha yüksektir.

Günümüzde betonlarda katkı maddesi olarak genellikle silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda 59,543 keV'lik enerjili ışınları %40 Y katkılı numunelerin binde 296' sını geçirdiği gözlemlenmiştir. Silis dumanı ve uçucu kül katkılı numunelere göre yüksek fırın cürufu katkılı numunelerde katkı miktarı arttıkça radyasyon tutuculuğu artmıştır.

22. Yapı elemanlarında Kurşun levha numunesinin, 59,543 keV' lik enerjili ışınların 0,0006'lık kısmını geçirdiğini yani 0,9994'lük kısmını soğurduğu, köpük tavan (KTV) numunesinin %98' sini geçirip %2'ini soğurduğu gözlenmiştir.

Yapı elemanlarının 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan kurşun levha (KL) numunesi, en az ise köpük taban (KTB) numunesidir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla KL numunesi, en az parke (P) numunesidir.

23. Ahşap numunelerde 59,543 keV' lik enerjili ışınları AB numunesinin %77 oranında geçirdiğini yani %23'ünü soğurduğu, MDF1 numunesinin %94' sini geçirip %6'sını soğurduğu gözlenmiştir.

Ahşap numunelerin 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan akrilük kaplama (AB) numunesi, en az ise OSB numunesidir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla suntalam (S) numunesi, en az MDF1 numunesidir.

24. Seramik numunelerde 59,543 keV' lik enerjili ışınları yer döşeme (EYD) numunesinin %49 oranında geçirdiği yani %51'ini soğurduğu, beyaz parlak banyo duvar (CBB) numunesinin %65' ini geçirip %35'ini soğurduğu gözlenmiştir.

Seramik numunelerin 59,543 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan yer döşeme (EYD) numunesi, en az ise banyo seramiği (CSK) numunesidir. 59,543 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla beyaz parlak banyo duvar (CBB) numunesi, en az banyo yer döşeme (EBY) numunesidir.

25. Yapı elemanlarında çinko (CK) numunesinin 26 keV' lik enerjili ışınların 0,005'lik kısmın geçirdiği yani 0,995'ini soğurduğu, parke altı (PA) numunesinin %97' ini geçirip %3'ünü soğurduğu gözlenmiştir. Kurşun levha (KL), briket (PR), ateş tuğlası (AT), kiremit (K) numuneleri 26 keV' lik enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir.

Yapı elemanlarının 26 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan çinko (CK) numunesi, en az ise köpük taban (KTB) numunesidir. 26 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla parke altı (PA) numunesidir.

26. Ahşap numunelerde 26 keV' lik enerjili ışınları MDF3 numunesinin %64 oranında geçirdiği yani %36'sını soğurduğu, MDF1 numunesinin %88'ini geçirip %12'sini soğurduğu gözlenmiştir.

Ahşap numunelerin 26 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan MDF3 ve akrilux kaplama (AB) numuneleri, en az ise suntalam (S) numunesidir. 26 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla MDF3 numunesi, en az S numunesidir.

27. Seramik numunelerde yer kaplama seramiği (ESYK) numunesinin, 26 keV' lik enerjili ışınların 0,056'lık kısmını geçirdiği yani 0,944 'lük kısmını soğurduğu, banyo seramiği (CSKB) numunesinin %17' ini geçirip %83'ünü soğurduğu gözlenmiştir.

Seramik numunelerin 26 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan yer kaplama seramiği (ESYK) numunesi, en az ise banyo seramiği (CSKB) numunesidir. 26 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla ESYK numunesi, en az yer döşeme seramiği (EYD) numunesidir.

28. Yapı elemanlarında 17 keV' lik enerjili ışınları alçıpan tavan (APT) numunesinin %10 oranında geçirdiği yani %90'nını soğurduğu, parke altı (PA) numunesinin %97' ini geçirip %3'ünü soğurduğu gözlenmiştir. Kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR), ateş tuğlası (AT), kiremit (K), ytong (YT) ve pvc kapı (PVCK) numuneleri 17 keV' lik enerjili ışınların hepsini soğurduğu görülmektedir.

Yapı elemanlarının 17 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan duvar kaplama (DK) numunesi, en az ise parke altı (PA) numunesidir. 17 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla köpük tavan (KTV) numunesidir.

29. Ahşap numunelerde 17 keV' lik enerjili ışınları rustik ceviz kaplama (RCK) numunesinin %23 oranında geçirdiği yani %77'sini soğurduğu, MDF1 numunesinin %68'ini geçirip %32'sini soğurduğu gözlenmiştir.

Ahşap numunelerin 17 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan MDF2 numunesi, en az ise suntalam (S) numunesidir. 17 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla MDF2 numunesi, en az S numunesidir.

30. Yapı elemanlarında 5,9 keV' lik enerjili ışınları köpük taban (KTB) numunesinin %20 oranında geçirdiği yani %80'ini soğurduğu, parke altı (PA) numunesinin %90' ini geçirip %10'sini soğurduğu gözlenmiştir.

Yapı elemanlarının 5,9 keV' de lineer soğurma katsayısı en fazla olan köpük tavan (KTV) numunesi, en az ise köpük taban (KTB) numunesidir. 5,9 keV'de kütle soğurma katsayısı en fazla parke altı (PA) numunesidir.

31. Ahşap numunelerin hepsi 5,9 keV enerjili ışınların tamamını soğurdu. Kütle soğurma katsayısı en fazla olan 17 keV'de MDF2 numunesidir.

32. Seramik numunelerin hepsi 17 keV ve 5,9 keV enerjili ışınların tamamını soğurdu. Kütle soğurma katsayısı en fazla olan 26 keV' de ESYK numunesidir.

33. 59,543 keV'lik enerjili ışınları en fazla kurşun levha soğurdu. Radyasyon zırhlamada en iyi sonucu kurşun levha vermiştir.

Lineer soğurma katsayısı en yüksek olan yapı malzemeleri sırasıyla kurşun levha (KL), çinko (CK), briket (PR), kiremit (K), ateş tuğlası (AT), duvar kaplamadır (DK).

Kurşun levha (KL), briket (PR), ateş tuğlası (AT) ve kiremit (K) numuneleri 26, 17 ve 5,9 keV'lik enerjili ışınların hepsini soğurdu.

Çinko (CK), ytong (YT) ve pvc kapı numuneleri 17 ve 5,9 keV'lik ışınların hepsini soğurdu.

Fiber glass (FG), duvar kaplama (DK), alçıpan duvar (APD), alçıpan tavan (APT) ve pvc numuneleri 5,9 keV'lik enerjili ışınların hepsini soğurdu.

Sonuç olarak; radyasyon geçirgenliği en az olan kurşun levha ve diğer yapı malzemeleri radyasyon etkisine maruz kalan yapılarda kullanılabilir.

Radyasyon geçirgenliği en az olan barit katkılı beton ve harç numuneleri, radyasyona maruz kalınan yapılarda kullanılabilir. Bu amaçla tezde önerilen oranlar dikkate alınarak endüstriyel olarak üretilecek yapı malzemeleri söz konusu radyasyona maruz bölgelerde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, F., 2007. Natural Radioactivity Levels in Building Materials Used in Egypt. *Radiation Effects & Defects in Solids*, 162(1) : 43-52.
- Aitcin, P.C., 1998. High-Performance Concrete. E and FN SPON, London and Newyork, 650s.
- Ajayi, O.S., 2000. Distribution of Natural Radioactivity in Rocks From Ikogosi-Ekiti, Southwestern Nigeria and its Radiological Implications. *Health Physics*. 79(2) : 192-5.
- Aker, A., 2011. Uçucu Külle Üretilen Genleştirilmiş Perlit Katkılı Gazbeton Numuneler Üzerinde Kür Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyon. 87s.
- Akgün, Y., Durmuş, A., Durmuş, A. 2007. Barit Agregasıyla Üretilen Ağır Bir Betonun Özellikleri, 7. *Ulusal Beton Kongresi*. İstanbul.
- Akkurt, I., Kilincarslan, S., Basyigit, C., 2004. The Photon Attenuation Coefficients of Barite, Marble and Limra. *Annals of Nuclear Energy*, 31: 577-582.
- Akkurt, I., Mavi, B., Akkurt, A., Basyigit, C., Kilinçarslan, S., Yalim, H.A., 2005a. Study on Z Dependence of Partial and Total Mass Attenuation Coefficients. *Journal of Quantiative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 94: 379-385.
- Akkurt, I., Basyigit, C., Kilincarslan, S., Mavi, B., 2005b. The Shielding of γ -rays by Concretes Produced with Barite. *Progress in Nuclear Energy*, 46(1) : 1-11.
- Akkurt, I., Basyigit, C., Kilincarslan, S., Mavi, B., Akkurt, A., 2006. Radiation Shielding of Concretes Containing Different Aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 28: 153-157.
- Akkurt, I., Altındağ, R., Başıyigit, C., Kılınçarslan, S.2008. The Effect of Barite Rate on the Physical and Mechanical Properties of Concretes Under f-t Cycle, *Mater. & Des*, 29: 1793.
- Akkurt, I., Akyildirim, H., Ozdemir, A.F., Aldemir, D.A., 2010a. Neutron Irradiation Effects on I – V Characteristics of Au/n-GaAs Schottky Diodes. *Radiation Measurements*, 45(10) : 1381-1383.
- Akkurt, I., Akyildirim, H., Mavi, B., Kilincarslan, S., Basyigit, C., 2010b. Gammaray Shielding Properties of Concrete Including Barite at Different Energies. *Progress in Nuclear Energy*, 52: 620-623.
- Akkurt, I., Akyildirim, H., Mavi, B., Kilincarslan, S., Basyigit, C., 2010c. Photon Attenuation Coefficients of Concrete Includes Barite in Different Rate. *Annals of Nuclear Energy*, 37: 910-914.
- Akkurt, I. Akyildirim, H., Mavi, B., Kilincarslan, S., Basyigit, C., 2010d. Radiation Shielding of Concrete Containing Zeolite. *Radiation Measurements*, 45: 827-830.

- Aköz, F., Koral, S., Yüzer, N., Türker, F., 1995. Effects of Sodium Sulfate Concentration on the Sulfate Resistance of Mortars With and Without Silica Fume, *Cement and Concrete Research*, 25 (6) : 1360-1368.
- Aköz, F., Türker, F., Koral, S., Yüzer, N., 1999. Effects of Raised Temperature of Sulfate Solutions on the Sulfate Resistance of Mortars With and Without Silica Fume, *Cement and Concrete Research*, 29 (4) : 537-544.
- Akyıldırım H., 2011. Ağır Betonların Nükleer Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Algüneş, Ç., 2001. Radyasyon Biyofiziği. Trakya Üniversitesi Matbaası, Edirne, 135s.
- Amrani, D., Tahtat, M., 2001. Natural radioactivity in Algerian building materials. *Applied Radiation and Isotopes*, 54: 687-689.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Öik Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri IV Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- Anonim, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Ham Maddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Öik Raporu Cilt II, Ankara.
- Appleby, L.J., Luttrell SP., 1993. Case-Studies of Significant Radioactive Releases. in: Warner F, Harrison RM, Editors. *Radioecology After Chernobyl*. Chichester' John Wiley & Sons.
- Ashok, S., vd., 1976. Neutron Radiation Effects in Gold and Aluminum GaAs Schottky Diodes. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 23 (6) : 1671-1678.
- Ashok, S., vd., 1978a. Gamma Irradiation Intensity of Schottky Diodes. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 25 (2) : 999-1000.
- Ashok, S., vd., 1978b. Radiation Effects in GaAs MIS Schottky Diodes. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 25 (6) : 1473-1478.
- Arshak, K., Korostynska, O., 2006. Advanced Materials and Techniques for Radiation Dosimetry. *Artech House*, London, 220.
- Aşık, M., 2006. Doğal Perlit Agregalı ve Öğütülmüş Perlit Katkılı Taşıyıcı Hafif Beton. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 98s.
- Atış, C. D., Özcan, F., Karahan, O., Bilim, C., Sevim, U. K., Demir, A., 2004. Silis Dumanı Kullanımının Beton Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Sayı 426.

- Aydın, U., 2009. Kolemanit Atığının Beton Dayanımına Olan Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay. 78s.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H. 2002. Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite) , D.E.Ü. Müh. Fak. Yayını, İzmir, No: 298, 282s.
- Bashter, I.I., Makarious, A.S., El-Sayed Abdo, A., 1996. Investigation of Hematite Serpentine and Ilmenite-Limonite Concretes for Reactor Radiation Shielding. *Annals of Nuclear Energy*, 23(1) : 65-71.
- Bashter, I.I., 1997. Calculation of Radiation Attenuation for Shielding Concrete. *Annals of Nuclear Energy*, 24(17) : 1389-1401.
- Basyigit, C., Akkurt, I., Altindag, R., Kilincarslan, S., Akkurt, A., Mavi, B., Karaguzel, R., 2006. The Effect of Freezing-Thawing (F-T) Cycles on the Radiation Shielding Properties of Concretes. *Building and Environment*, 41(8) : 1070-1073.
- Baykara, O., Doğru, M., Karatepe, Ş., 2007. Assessment of Natural Radioactivity and its Significant Hazards of different Kinds Marbles in Elazığ (Turkey). *e-Journal of New World Sciences Academy*, 2(4) : 256-264.
- Beiser, A., 1972. Basic Concepts of Physics, 2nd Ed., Addison-Wesley Publishing Company, London.
- Bertin, E.P., 1975. Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis. Second Edition, Plenum Pres, New York, 1079s.
- Bhanja, S., Sengupta, B., 2003. Modified Water-Cement Ratio Law for Silica Fume Concretes. *Cement and Concrete Research*, 33 (3) : 447-450.
- Bilim, C. 2006. Yüksek Fırın Cürufu Katkısının Çimento Tabanlı Malzemelerde Kullanılabilirliği. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 206s.
- Binici, H., Kaplan, H., Kapur, S. 1998. Osmaniye Delihalil Trası ile İlgili Deneysel Çalışma. *Mühendislik Bilimler Dergisi (Journal of Engineering Science)*. Denizli, 843-851.
- Binici, H. 2002. PÇ-GYFC-Pomza Üçlü Karışımlarının Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Adana.
- Binici, H. Çağatay, İ. H. 2003. Klinker-Bazaltik Pomza ve Granule Yüksek Fırın Cürufu Üçlü Karışımların Sülfata Karşı Dayanımları, Çukurova Üniversitesi, *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18: 173-184.
- Binici, H., Aksogan, O. 2006. Sulfate Resistance of Plain and Blended Cement. *Cem. Conc. Comp*, 28: 39-46.
- Binici ,H., Aksoğan, O., Kaplan, H. Görür E.,B., Bodur, M.,N.2008. Performance of Ground Blast Furnace Slag (gbs) and Ground Basaltic Pumice (gbp) Concrete Against Seawater Attack. *Construction and Building Materials*, 22: 1515-1526.

- Binici H., Gemci R., Aksogan O., Kaplan H., 2010, “Insulation Properties Of Bricks Made With Cotton And Textile Ash Wastes, *International Journal of Materials Research*, 101.
- Binici, H., Eken, M., Aksoğan, O., 2012. Cüruf, Uçucu Kül, Silis Dumanıve Pomza Esaslı Geopolimerlerin Fiziksel, Mekanik ve Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (2) : 12-25.
- Binici H., Gemci R., Küçükönder A., Solak H., 2012. Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* , 8 (1): 16-25.
- Bulgu, M., 2003. Perlitin Çimentoda Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 77s.
- Bye, G.C. 1983. Portland Cement Composition, Production and Properties. Blue circle Ink, U.K. 105-108s.
- Cabrera, J.G., Hassan, K.E., .1998. “ The Use of Classified Fly Ash to Produce High Performance Concrete”, Sixth Canment / ACI Int. Conf. on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Pozzolans in Concrete, Bangkok.
- Callan, E.J., 1962. Concrete for Radiation Shielding. *Concrete For Radiation Shielding*. (American Concrete Institute, 2nd Ed., America Concrete Institute, U.S.A.), 3-30.
- Canberra,1995. Edition Ten Product Catalog. Canberra Endustries, Inc Connecticut, USA.
- Charewicz, W. A., Zebrowski, A., Walkowiak, W. and Borek, B., 2000. A Modified Method for the Determination of Radioactive Isotopes in Building Raw and Construction Materials with Multichannel Gamma Spectrometry. *Nukleonika*, 45(4): 243–247s.
- Chiozzi, P., De Felice, P., Fazio, A., Pasquale, V., Verdoya, M., 2000. Laboratory Application of NaI(Tl) g-ray Spectrometry to Studies of Natural Radioactivity in Geophysics. *Applied Radiation and Isotopes*, 53: 127-132.
- Çalık, Ü., 2012. Perlitin Puzolanik Katkı Olarak Kireç ile Birlikte Zemin Stabilizasyonunda Kullanımı. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon. 177s.
- Çelik K. 2005, “Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu ve Traslı Çimentolarla Üretilen Aynı Mukavemet Sınıfındaki Harçların Dayanım ve Dayanıklılığının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi. İstanbul.
- Çelik S., 2013, Radyasyondan Korunma Programı ve Radyasyondan Korunma Optimizasyonu. Ankara Üniversitesi. Nükleer Bilimler Enstitüsü. Ankara.
- Çiftçi, E. 2003. Yer Bilimleri Teknik Terim Sözlüğü. Niğde.
- Dahiru, D.2008. Investigation of the Compressive Strength of Heavy Concrete Made with Locally Sourced Barite Aggregates. *Res. J. Applied Sci.*, 3: 447-455.

- Davis, H.S., 1962. Concrete for Radiation Shielding. *Concrete for Radiation Shielding*. (American Concrete Institute, 2nd Ed., American. Concrete Institute, U.S.A.), 61-73.
- Demir, F., 2010. Determination of Mass Attenuation Coefficients of Some Boron Ores at 59,54 keV by Using Scintillation Detector. *Applied Radiation And Isotopes*, 68: 175-179.
- Deveci, T. , (2012) , Gaziantep’te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS ile Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kilis.
- Din 52108, “Testing of Inorganic Non-Metallic Materials: Wear Test with the Grinding Wheel According to Boehme”, 2002.
- Dinçer, R., Çağatay, İ.,H. 2004. Pomza ile Yapılan Hafif Betonların Mekanik Özellikleri. *Ç.Ü. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Adana, 19 (2) : 247-260.
- Dinçer, A. 2007. Sepiyolit ve Genleşmiş Perlit Üzerine Katyonik Poliakrilamid Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir.
- Dinçer, A., 2013. Pomza, Silis Dumanı, Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Durabilite Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 100s.
- DOE, 1995. DOE Occupational Radiation Exposure, 1992-1995 Report. DOE/EH-0533, U.S.A.
- DOE, 1997. DOE Occupational Radiation Exposure, 1992-1995 Report. DOE/EH-0575, U.S.A.
- Döyen, A., Aksoy, E., 2013. Isparta ve Gelincik Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Beton Yapımına Uygunluğunun Araştırılması, Selçuk Üniversitesi *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28 : 1.
- Dursun, Ö.F., Türk, K., Ve Yıldırım M. Ş. 2005. "Beton Harcının Dayanım ve Dona Dayanıklılığının İyileştirilmesi İçin Farklı Tür Pozolan Kullanımı", Fırat Üniversitesi *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (3) : 481-486.
- Eaves, G., 1964. Principles of Radiation Protection. Iliffe Books L.T.D., London 185s.
- Eisenbud, M., Gesell, T., 1997. Environmental Radioactivity From Natural, Industrial and Military Sources. *Academic Pres*, London, 683.
- Elmas, A., 2014. Çinkonun Perlit ve Kitosan Modifiye Perlit ile Adsorpsiyonu ve Adsorpsiyon Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- EPA US, Guidelines for Water (2004), Reuse EPA/625/R-04/108,U.S. Agency for International Development, Washington DC USA.

- Erdem, T.K., 2005. Katkılı Çimento Üretiminde Kullanımı için Perlitin Puzolanik Özelliğinin Araştırılması. Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 130s.
- Erdem, M., Baykara, O., Doğru, M., Kuluozturk, F., 2010. A novel shielding material prepared from solid waste containing lead for gamma ray. *Radiation Physics and Chemistry*, 79 (9) : 971-922.
- Eriç M. 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Kitabevi, İstanbul 367s.
- Erdoğan., M.1993. İstanbul ve Dolayının Yapay Agrega Potansiyeli, 3.Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi, Adana.
- Erdoğan, T.Y. 1995. Beton Oluşturan Malzemeler – Çimentolar, Türkiye Hazır Beton Birliği.
- Erdoğan, T.Y. 2003. Beton, Odtü Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, s. 513-604.
- Eroğlu, V., 2002, Atık suların tasfiyesi, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Ersoy, U. 1995. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Esen, S., 2013. Silis Dumanı Katkılı Ağır Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta, 61s.
- Eyyüboğlu,S.,2013. Kolemanit Konsantratör Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir. 147s.
- Faheem, M. , Mujahid, S.A., Matiullah, 2008. Assessment of Radiological Hazards due to the Natural Radioactivity in Soil and Building Material Samples Collected From Six Districts of the Punjab province-Pakistan. *Radiation Measurements*, 43: 1443-1447.
- Fawell, J. K., Giddings, M., Magara, Y., Ohanian, E., and Toft, P. 2006. Guidelines for Drinking-Water Quality, *World of Health Organization*, Singapur.
- Fındık, A., 2007. Kolemanit Konsantratör Atığının Beton ve Harç Numunelerinin Bazı Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay, 97s.
- Flores, O. B., Estrada, A. M., Zerquera, J. T., 2005. Natural Radioactivity in Some Building Materials in Cuba and Their Contribution to the Indoor Gamma Dose Rate. *Radiation Protection Dosimetry*, 113 (2) : 218-222.
- Flores, O. B., Estrada, A. M., Suárez, R. R., Zerquera, J. T., Pérez, A. H., 2008. Natural Radionuclide Content in Building Materials and Gamma Dose Rate in Dwellings in Cuba. *Journal of Environmental Radioactivity*. Article in Press, Corrected Proof.

- Ghosh, S. N., 2002. Portland Cement: Introduction, Composition and Properties, Advances in Cement Technology, Ghosh, S. N., Tech Books International, New Delhi.p.1-26.
- Goswami, B., Chaudhuri, N., 1973. Measurements of Gamma-ray Attenuation Coefficients of Organic Scintillators. *Nuclear Instruments and Methods*, 106: 318-318.
- Gökçe, H.S. 2010. Hafif Beton Üretiminde Ham ve Genleştirilmiş Perlitin Kullanılabilirliğinin Araştırılması.Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 59s.
- Gökçe, H.S., Şimşek, O., 2011. Prefabrik Taşıyıcı Hafif Beton Elemanlarda Bazaltik Pomza Agregasının Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 14 (1).
- Güç E., 2010. Kolemanit İçeriğindeki Arseniğin Biyoliç İle Uzaklaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Gülşen, H. 2004. Bazaltik Pomzanın Hafif Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. ve Çankıran, O. 1998. *Pomza Teknolojisi*, Isparta, 1: 288.
- Hassan, K. E., Cabrea, J. G., Maliche, R. S., 2000. The Effect of Mineral Admixtures on the Properties of High-Performance Concrete. *Cement and Concrete Composites*, 22 (4) : 267-271.
- Henrie, J.O., 1962a. Concrete for Radiation Shielding. *Concrete For Radiation Shielding*. (American Concrete Institute, 2nd Ed., American Concrete Institute, U.S.A.), 31-40.
- Henrie, J.O., 1962b. Concrete for Radiation Shielding. *Concrete For Radiation Shielding*. (American Concrete Institute, 2nd Ed., American Concrete Institute, U.S.A.), 143-152.
- Hossain, K.M.A. 2004. Properties of Volcanic Scoria Based Lightweight Concrete, *Magazine of Concrete Research*, 56 (2) : 111-120.
- Hossain, K.M.A. 2006. Blended Cement and Lightweight Concrete Using Scoria: Mix Design, Strength, Durability and Heat Insulation Characteristics, *Int. Journal of Physical Sciences (IJPS)*, 1 (1) : 5-16.
- Hubbell, J.H., 1982. Photon Mass Attenuation and Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV. *International Journal of Applied Radiations and. Isotopes*, 33: 1269-1290.
- ICRP, 1993. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, Annals of The ICRP, Pergamon Press, 23(4). Oxford.
- ICRP, 1996. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection. A Joint Report With ICRU. ICRP Publication 74. Annals of The ICRP Pergamon Pres, 26(2), Oxford.

- ICRP, 1997. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication, Annals of The ICRP, Pergamon Pres, 27(1), Oxford.
- Igashira, M., Kitazawa, H., Yamomuro, N., 1986. A Heavy Shield for the Gamma-ray Detector used in Fast Neutron Experiments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 245: 432-437.
- Iqbal, M., Tufail, M., Mirza, S.M., 2000. Measurement of Natural Radioactivity in Marble Found in Pakistan using a NaI(Tl) Gamma-ray Spectrometer. *Journal of Environmental Radioactivity*, 51: 255-265.
- Jaeger, T., 1965. Principles of Radiation Protection Engineering, McGraw-Hill Book Comp. New York, 451s.
- Jalali, M., ve Mohammadi, A., 2008. Gamma ray Attenuation Measurement for Neutron-Absorbent Materials. *Radiation Physics and Chemistry*, 77: 523-527.
- Kan Yc., Pei Kc., Chang Cl. 2004. Strength And Fracture Toughness Of Heavy Concrete With Various Iron Aggregate Inclusions. *Nucl. Eng. Design*, 228: 119-127.
- Kantarci, A., 2004. Mineral Katkılı ve Perlit Agregalı Betonların Farklı Kür Şartlarında Rötire ve Mukavemetlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. 96s.
- Kayadeniz İ., Gülensoy H. ve Yusufoglu İ., 1979. Arsenikli Kolemanit Cevherlerindeki Arseniğin Vakum Kalsinasyon Yöntemi ile Giderilmesi, TÜBİTAK, Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No. 198, İstanbul.
- Kılınçarslan, Ş. 2004. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. Doktora Tezi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta. 106s.
- Kılınçarslan Ş., Başyigit C., Akkurt İ., 2007. "Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 22 (2) : 393-399.
- Kinno, M., Kimura, K., Nakamura, T. 2002. Raw Materials for Low-Activation Concrete Neutron Shields, *Journal of Nuclear Science And Technology*, 39 (12) : 1275-1280.
- Kibici, Y. 2007. 'Petrografi', Doğlat kırtasiye, Afyon.
- Khandaker, M., Hossain, A. 2002. 'Properties of Volcanic Pumice Based Cement and Lightweight Concrete', *Cement and Concrete Research*, 2478.
- Kharita, M.H., Takeyeddin, M., Alnassar, M., Yousef, S., 2008. Development of Special Radiation Shielding Concretes Using Natural Local Materials and Evaluation of Their Shielding Characteristics. *Progress in Nuclear Energy*, 50: 33-36.
- Koluçolak, M., 2012. Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Beton Boruların Tepe Yüğü Dayanımları ve Durabilite Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 124s.

- Korkut, T., Korkut, H., Karabulut, A., Budak, G., 2010. A New Radiation Shielding Material: Amethyst ore. *Annals of Nuclear Energy*, 38 (1) : 56-59.
- Kovler, K., Haquin, G., Manasheerov, V., Ne'eman, E., Lavi, N., 2002. Natural Radionuclides in Building Materials Available in Israel. *Building and Environment*, 37: 531-537.
- Krane, S.K., 1988. Nuclear Physics Vol 1, John Wiley & Sons, 404 s, New York.
- Krstić, D., Nikezić, D., Stevanović, N., Vučić, D., 2007. Radioactivity of Some Domestic and Imported Building Materials from South Eastern Europe. *Radiation Measurements*, 42 (10) : 1731-1736.
- Kula, I., Olgun, A., Erdoğan, Y., Sevinç, V. 2001. Effects of colemanit Waste, Coal Bottom Ash and Fly Ash on the Properties of Cement and Concrete. *Cem. Concr. Res.*, v. 31: 491-494.
- Kumar, V., Ramachandran, T.V., Prasad, R., 1999. Natural radioactivity of Indian Building Materials and by-Products. *Applied Radiation and Isotopes*, 51: 93-96.
- Kumar, A., Kumar, M., Singh, B., Singh, S., 2003. Natural activities of U-238, Th- 232 ve K-40 in Some Indian Building Materials. *Radiation Measurements*, 36: 465-469.
- Küçükönder, A., 1988. Radyoizotop X-ışını Floresans Tekniği ile Küre Bakıba Cevherinde Fe ve Cu Miktarının Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Küçükönder E., 2009. Kahramanmaraş Yöresinde Doğal Radyoaktivitenin Tayini. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
- Lanzón, M., García-Ruiz, P.A., 2007. Construction and Building Materials.
- Lee, S.Y., 2004. Accelerator Physics. 2nd Ed., World Scientific, Singapore, 588s.
- Lee, E M, Menezes, G., Finch, E.C., 2004. Assessment of Natural Radioactivity in Irish Building Materials. 11th International Congress of the International Radiation Protection Association.
- Li, G., Zhao X. 2003. Properties of Concrete Incorporating Fly Ash and Ground Granulated Blast-Furnace Slag, *Cement & Concrete Composites* , 25 (3) : 293-299.
- Makarious, A.S., El-Kolaly, M.A., Bashter, I.I., Kansouh, W.A., 1989. Radiation Distribution Through Ilmenite-Limonite Concrete and its Application as a Reactor Biological Shield. *Applied Radiation and Isotopes*, 40 (3) : 257-260.
- Malczewski, D., Teper, L., Dorda, J., 2004. Assessment of Natural and Anthropogenic Radioactivity Levels in Rocks and Soils in the Environs of Swieradow Zdroj in Sudetes, Poland, by in Situ Gamma-ray Spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 73 (3) : 223-245.

- Martin, J.E., 2006. Physics For Radiation Protection. 2nd Ed., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim. 844s.
- Mazloom, M., Ramezanlanpour, A. A., Brooks J. J., 2004. Effect of Silica Fume on Mechanical Properties of High-Strength Concrete. *Cement and Concrete Composites*, 26 (4) : 347-357.
- Mehta, P.K. 1983. Pozzolanic and Cementitious by-Products as Mineral Admixtures for concrete-a Critical Review, ACI SP-79.
- Mollah, A.S., Ahmad, G.U., Husain, S.R., 1992. Measurements of Neutron Shielding Properties of Heavy Concretes Using a Cf-252 Source. *Nuclear Engineering and Design*, 135: 321-325.
- Mora, E.P., 1993. "Influence of Different Sized Fraction of Fly Ash on Workability of Mortars, Cement and Concrete Research.
- Mudahar, G.S., Modi, S., Singh, M., 1991. Total and Partial Mass Attenuation Coefficients of Soil as a Function of Chemical Composition. *Applied Radiation and Isotopes*, 42 (1) : 13-18.
- Mustapha, A. O., Narayana, D. G. S., Patel, J. P., Otworld, D., 1997. Natural Radioactivity in Some Building Materials in Kenya And The Contributions to the indoor External Doses. *Radiation Protection Dosimetry*, 71 (1) : 65-69.
- Nathuram, R. 2000. "Photon Attenuation Characteristics of Radiation Shielding Materials," Irpa-10, the 10th International Congress of the International Radiation Protection Association on Hiroshima, Tokyo, Japan, 14–19 May, 327-328s.
- Neville, A.M., 1988. Properties of Concrete. John Wiley and Sons Inc. Third edition, New York, 779s.
- Ngachin, M., Garavaglia, M., Giovani, C., Kwato Njock, M.G., Nourreddine, A., 2007. Assessment of Natural Radioactivity and Associated Radiation Hazards in some Cameroonian building materials. *Radiation Measurements*, 42: 61-67.
- Okuno, K. 2005. Neutron Shielding Material Based on Colemanite and Epoxy Resin, *Radiation Protection Dosimetry*, 115 (1-4) : 258-261.
- Onaran, K., 1993. Malzeme Bilimi, 4. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Osma, Y. 2002. Barit İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta.
- Öner, A., Yıldız, R. 2003. Betonun İç ve Dış Ortam Etkilerine Dayanıklılığı Üzerine Genel Bir Bakış, Kocaeli Teknik Bülten.
- Öner, A., Yıldırım, S.T. 2005. Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu İçeren ve İçermeyen Betonlarda Kırmataş Kumu İçeriğinin Beton Özelliklerine Etkisi, 23-25 Mart Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

- Önkibar, G., 2006. “Entegre Demir Çelik Tesisi Tufalinden Doğrudan Redüklenme Yöntemi ile Ham Demir Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya, (4-31, 76-120).
- Özcan, F., 2005. Silis Dumanı İçeren Harç ve Betonların Özellikleri ve Hızlandırılmış Kür ile Dayanım Tahmini. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Özkan, Ö. 2006b. Çelikhane ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Portland Çimentosunun Özellikleri. *İmo Teknik Dergi*, 3893-3902.
- Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan, M. 2004. Her Yönüyle Beton. *Türkiye Hazır Beton Birliği*, İstanbul.
- Özturan, T., 1991. Beton Üretiminde Uçucu Kül Kullanımının İrdelenmesi. Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul. 149-158s.
- Öztürk, M., 2012. Pomza ve Perlit İçerikli Hafif Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay. 58s.
- Papaefthymiou, H., Gouseti, O., 2008. Natural Radioactivity and Associated Radiation Hazards in Building Materials used in Peloponnese, Greece. *Radiation Measurements*, 1453-1457.
- Persson, B., 2001. A Comparison Between Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete and the Corresponding Properties of Normal Concrete. *Cement and Concrete Research*, 31 (2) : 193-198.
- Petropoulos, N.P., Anagnostakis, M.J., Simopoulos, S.E., 2002. Photon Attenuation, Natural Radioactivity Content And Radon Exhalation Rate Of Building Materials. *Journal of Environmental Radioactivity*, 61: 257-269.
- Podgorsak, E.B., 2010. Radiation Physics For Medical Physicists. 2nd Ed., Springer-Verlag, 759 s., New York.
- Polat, R. 2007. Genleştirilmiş Perlit Ve Pomza İle Hava Sürükleyici Katkının Betonda Kılcal Geçirimsizlik Ve Don Hasarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 105s.
- Polat, H., 2012. Kolemanit'li Betonların Bazı Durabilite Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay. 137s.
- Polat, R., 2013. Genleştirilmiş Perlit Agregası, Nano ve Mikro Boyutta CaO ve MgO ve Kil in Yüksek Mukavemetli Betonların Otojen Rötrelere Üzerindeki Etkisi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. 288s.
- Postacıoğlu, B. 1986. Bağlayıcı Maddeler. Beton, Cilt 1. 175s. Matbaa Teknisyenleri, Basımevi, İstanbul.

- Postacıoğlu, B., 1987. Yapı Malzemesi Esasları, Cisimlerin Genel Özellikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası New York.
- Price, B.T., Horton, C.C., Spinney, K.T., 1957. Radiation Shielding. Pergamon Pres, 350 s, London.
- Pürsünlü, Ö., 2013. Soğuk Bağlama ve Sinterleme Yöntemiyle Üretilmiş Uçucu Kül Hafif Agregaların Betonun Geçirimsizlik ve Korozyon Davranışı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gaziantep. 83s.
- Rao, G. A., 2001. Long-Term Drying Shrinkage of Mortar-Influence of Silica Fume and Size of Fine Aggregate. *Cement and Concrete Research*, 31 (2) : 171-175.
- Rockwell, T. (Editör), 1956. Reactor Shielding Design Manual. 1st Ed., U.S.A. Atomic Energy Commission, U.S.A, 476s.
- Sağlık, A. Ü., 2009. Öğütülmüş Perlit İçeren Bağlayıcıların Aktivasyonu ve Alkali-Silika Reaktivitesi, Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 172s.
- Sağsöz, A. E., 2007. Farklı Kür Şartlarının Doğal Perlit Agregalı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. 129s.
- Seçer, O., 2008. Yüksek Sıcaklık Etkisinden Hasar Görmüş Lifli, Hava Sürükleyici Katkılı ve Perlit Agregalı Betonların Dayanım Özellikleri ve GFRP ile Onarımı ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. 117s.
- Sevinç, A.H., 2011. Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Harçların ve Betonların Mühendislik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.176s.
- Short, A. and Kinniburgh., 1978. Lightweight Concrete. Applied Science Publishers Ltd, London, U.K, 443s.
- Shultis, J.K., Faw, R.E., 2002. Fundamentals of Nuclear Science and Engineering, Marcel Dekker Inc., Kansas, 519s.
- Singh, B., ve Batra, R.K., 1987. A Method for Calculating Mass-Attenuation Coefficients of Beta Particles. *Applied Radiation and Isotopes*, 38 (12) : 1027-1031.
- Smith F.W. 2001. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Çev. Kınıkoğlu, N. Literatür Yayıncılık.
- Sychev, B.S., Mal'kov, V.V., Komochkov, M.M., Zaitsev, L.I., 1967. Penetration of Heavy Concrete Shields by High-Energy Neutrons. *Journal Of Nuclear Energy*, 21 (3) : 315-317.

- Şengül, Ö., Taşdemir, M. A., Gjörv, O. E. 2007. Puzolanik Malzemelerin Betonun Mekanik Özellikleri ve Klor İyonu Yayınımına Etkisi, *İtü dergisi/d Mühendislik Serisi*, İstanbul, 6 (1) : 53-64.
- Tataroğlu, A. vd., 2006. ^{60}Co Irradiation Effects on the Current-Voltage (I-V) Characteristics of Al/SiO₂/p-Si (MIS) Schottky Diodes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 568: 863-868.
- Teli, M.T., Chaudhari, L.M., Malode, S.S., 1994. Attenuation Coefficients of 123 keV γ -Radiation by Dilute Solutions of Sodium Chloride. *Applied Radiation Isotopes*, 45 (10) : 987-990.
- TS EN 206-1. 2002. Beton- Bölüm 1, Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 706 EN 12620+A1. 2009. Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Topçu, İ.B. 2006. Agregaların Mekanik Özellikleri. Tmmob İnşaat Mühendisleri Odası, Beton. Eskişehir. Yayın No:2, 26s.
- Topçu, İ.B., Canbaz, M., 2008. Alkali Aktive Edilmiş Yüksek Fırın Cürufllu Harçlarda Asit Etkisi, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 16. Sayı, 69-80s.
- Toutanji, A. H., Bayası, Z., 1999. Effect of Curing Procedures on Properties of Silica Fume Concrete. *Cement and Concrete Research*, 29 (4) : 497-501.
- Turgut Ü., 2000. Bileşiklerin Kütle Azaltma Katsayılarının Tayini ve Karışım Kuralının Geçerliliğinin Araştırılması. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. 100s.
- Turgut Ü., Simsek O.; Büyükkasap, 2007. *E. Pramana-Journal of physics*, 69 (2) : 199.
- Turhan, Ş., Baykan, U. N., Şen, K., 2008. Measurement of the Natural Radioactivity in Building Materials used in Ankara and Assessment of External Doses. *Journal Of Radiological Protection* 28: 83-91.
- Türkmen, İ., Gavgalı, M., Gül R. 2002. Mineral Katkıların ve Sodyum Sülfatın Yüksek Dayanımlı Betonlara ve Gömülü Çeliğin Korozyonuna Etkisi. 9. *Denizli Malzeme Sempozyumu*, 1 (9) : 358-365.
- Türkmen, İ. 2003. Influence of Different Curing Conditions on the Physical and Mechanical Properties of Concretes with Admixtures of Silica Fume and Blast Furnace Slag. *Materials Letters*, 57 (9) : 4560-4569.
- Türkmen, D., Ozdemir, Y., Kurudirek, M., Demir, F., Simsek, O., Demirboğa, R., 2008. Calculation of Radiation Attenuation Coefficients in Portland Cements Mixed with Silica Fume, Blast Furnace Slag and Natural Zeolite. *Annals of Nuclear Energy*, 35: 1937-1943.
- Tzortzis, M., Tsertos, H., Christofides, S., Christodoulides, G., 2003. Gamma Radiation Measurements and Dose Rates in Commercially-Used Natural Tiling Rocks (granites). *Journal of Environmental Radioactivity*, 70 (3) : 223-235.

- Tzortzis, M., Tsertos, H., Christofides, S., Christodoulides, G., 2003. Gamma-ray Measurements of Naturally Occuring Radioactive Samples from Cyprus Characteristic Geological Rocks. *Radiation Measurements*, 37: 221-229.
- Unsear, 1994. Annex I: Epidemiological Evaluation of Radiation-Induced Cancer. New York.
- Unsear, 2000. Annex B: Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume 1 Sources, - Exposures From Natural Radiation Sources.
- Unsear, 2000. ANNEX G: Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume 2 Effects - Biological Effects at Low Radiation Doses.
- URL1 (erişim tarihi: 20.04.2010) www.etimaden.gov.tr
- URL2 (erişim tarihi: 20.04.2010) www.tirebor.com
- URL3 (erişim tarihi: 17.07.2015) www.mta.gov.tr
- URL4 (erişim tarihi:18.09.2015) www.dersimiz.com/bilgibankasi/DEMIR-ELEMENTI-VE-KULLANIM-ALANLARI-HAKKINDA-BILGI-378.html#.VF0kc_msX6
- URL5(erişimtarihi:18.09.2015)www.vario.com.tr/varioclic/GenelTanitimTeknikBilgilerKlavuzu.aspx
- URL6(erişimtarihi:18.09.2015)www.seramikfirmalari.com/seramik-hakkinda-teknik-ve-faydali-bilgiler
- URL7(erişimtarihi:18.09.2015)www.nkfu.com/kursun-nedir-kursun-elementininozellikleri/
- URL8(erişimtarihi:07.05.2010)www.taek.gov.tr/tr/bilgi-kosesi/radyasyon-insan-ve-cevre/81-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/181-dogal-radyasyon-kaynaklari.html.
- Vasil'ev, G.A., Veselkin, A.P., Egorov, Y.A., Moiseev, G.G., Pankrat'ev, Y.,V., 1966. Attenuation of Reactor Radiations in Serpentine Sand. *Journal of Nuclear Energy Parts A/B*, 20: 1001-1009.
- Yajun, J., Cahyadi, H., 2003. Effects of Densified Silica Fume on Microstructure and Compressive Strength of Blended Cements Pastes. *Cement and Concrete Research*, 33 (10) : 1543-1548.
- Yalçın, S. 1996. Kolemanitli Çimentoların Betonarme Demirlerinin Korozyonu Üzerine İnhibitif Etkisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kimya Ana Bilim Dalı, Ankara, 65s.
- Yaltay, N., Ekinci, C.E., 2013. Kolemanit Katkılı ve Pomza Agregalı Hafif Betonların Yüksek Sıcaklık Altındaki Basınç Mukavemeti Özelliğinin Tahribatsız Yöntemle İncelenmesi, *SDÜ Uluslar arası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 5 (2) : 30-41.
- Yanç, M. 2000. Değişik Tipteki Çimentoların Zamana Karşı Dayanım Performansı, *Çimento ve Beton Dünyası*, Sayı 27.

- Yanık, S. 2007. Bazik Pomzaların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 58s.
- Yaprak, H., Şimşek, O., Aruntaş, O. 2004. Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufunun Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Beton Özelliklerine Etkisi. *Beton 2004 Kongresi*, 10-13 Haziran, İstanbul.
- Yaşar E., Atis, C.D., Kılıç, A., Gulsen, H. 2003. Strengt Properties of Lightweight Concrete made with Balastic Pumice and Fly Ash. *Maerials Letters*. 57: 2267-2270.
- Yazıcıoğlu, S., Demirel, B. 2005. Elazığ Yöresi Pomzasının Katkı Maddesi olarak Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi*, Denizli.
- Yazıcı, H. 2006. Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Harçların Sülfat Dayanıklılığının İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. *Fen Ve Müh. Dergisi*, 8 (1) : 51-58.
- Yeboah, J., Boadu, M., Darko, E.O., 2001. Natural Radioactivity in Soils and Rocks within the Greater Accra Region of Ghana. *Journal of Radioanalytical And Nuclear Chemistry*, 249: 629-632.
- Winstrom B.G., Smith A.O, 1967. U.S. Patent 3309733,Apparatus for Producing Metal Powders, 79-80.
- Woldseth, R.i., 1973. All you want about to known XES. Fostercity, CA: Kevex Corporation.
- Zaidi, J. H., Arif, M., Ahmad, S., Fatima, I., Qureshi, I. H., 1999. Determination of Natural Radioactivity in Building Materials used in the Rawalpindi/Islamabad area by γ -ray Spectrometry and Instrumental Neutron Activation Analysis. *Applied Radiation and Isotopes* 51(5) : 559-560.
- Zülkadiroğlu, Ö. F. 2006. C ve F Sınıfı Uçucu Kül Katkılı Betonların Yol Kaplama Betonu Olarak Kullanılabilme İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 85s.
- Zhang, M. H., Tam, C. T., Leow, M. P., 2003. Effect of Water-to-Cementitious Materials Ratio and Silica Fume on the Autogenous Shrinkage of Concrete. *Cement and Concrete Research*, 33 (10) : 1687-1684.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Şeyma BİBER TEMİRCİK
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1984, KAHRAMANMARAŞ
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (544) 277 09 02
Faks : -
e-posta : seymabiber@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	KSÜ/Fizik Bölümü	2015
Pedagojik Formasyon	KSÜ/ Eğitim Bilimleri	2014
Yüksek lisans	KSÜ /Fizik Bölümü	2010
Lisans	KSÜ/ Fizik Bölümü	2007
Lise	Kadriye Çalık Anadolu Lisesi	2002

İş Denevimi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yurtdışı

1. A. Kucukonder¹, E. Paksoy¹, B. G. Durdu^{2*}, S Biber³, H. Baskaya and M. Dogru⁵, Analytical investigation of lignite and its ash samples taken from Afşin-Elbistan coal basin in Turkey.

Sözlü Bildiriler

1. Adnan Küçükönder, Şeyma Biber, Emine Paksoy, 26. Uluslararası Fizik Kongresi, Afşin-Elbistan Termik Santralindeki Kömür ve Külünün Kalitatif ve Kuantitatif Analizi.
2. Şeyma Biber Temircik, Adnan Küçükönder, Feyza Küçükönder, 29. Uluslararası Fizik kongresi, Dikenli İncir'in (Opuntia Ficus-İndica L.) Yaprağı Gövdelerinin Radyasyon Belirlenmesi ve Radyasyon Tutucu Materyal Yapımı.

3. Şeyma Biber Temircik, Adnan Küçükönder, BPU9, Radiation Permeability of Some Building Materials, The Presence of Linear Absorption Coefficients and Mass Absorption Coefficients.

4. Şeyma Biber Temircik, Adnan Küçükönder, BPU9, Radiation Permeability, Linear and Mass Absorption Coefficients of some Ceramic and Wood Materials.

Poster

1. Şeyma Biber Temircik, Adnan Küçükönder, 29. Uluslararası Fizik kongresi, Sigara Külünün ve Maraş otunun XRF Tekniği ile Elemental Analizi.

2. Şeyma Biber Temircik, Adnan Küçükönder, 29. Uluslararası Fizik kongresi, K.Maraş Yöresinde Tüketilen Domateslerin EDXRF Tekniği ile Elemental Analizi.