



**YAZIKÖY TAŞI'NIN FİZİKO-MEKANİK
ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY TAŞI İLE YAPILAN
ESERLERİN BOZULMA NEDENLERİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

Mahmut Zahid ŞENER

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU**

**YAZIKÖY TAŞI'NIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY
TAŞI İLE YAPILAN ESERLERİN BOZULMA NEDENLERİ**

Mahmut Zahid ŞENER

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Nisan 2023**

Mahmut Zahid ŞENER tarafından hazırlanan “YAZIKÖY TAŞI’NIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY TAŞI İLE YAPILAN ESERLERİN BOZULMA NEDENLERİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU

.....

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/04/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Merve TUNA KAYILI (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÖKDEMİR (GÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mahmut Zahid ŞENER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAZIKÖY TAŞI'NIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY TAŞI İLE YAPILAN ESERLERİN BOZULMA NEDENLERİ

Mahmut Zahid ŞENER

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU

Nisan 2023, 120 sayfa

Bu çalışmada Karabük ilinin Safranbolu ilçesine bağlı Yazıköy köyü ve çevresinden çıkartılan ve yörede geleneksel olarak yüzyıllardır kullanılan Yazıköy taşının birim hacim ağırlığı, su emme yüzdesi, su geçirimsizliği, ısı iletkenliği, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, dona dayanım, aşınma direnci gibi fiziksel ve mekanik özellikleri çeşitli deney yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, geleneksel Türk mimarisinin en canlı örneklerinden Safranbolu ve çevresindeki yerleşim alanlarında kullanılan Yazıköy taşının malzeme kaynaklı bozulma sorunları gözlemlenmiştir. Tespit edilen bozulmalar sistematik olarak sınıflandırılmış ve bozulma nedenleri hakkında literatür ve deney verilerinden yararlanarak bazı çıkarımlar yapılmıştır. Bu çıkarımların bölgede sıklıkla yapılan restorasyon çalışmalarına ve literatür çalışmalarına ön bilgi sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Yazıköy, taş malzeme, fiziksel ve mekanik özellikler, bozulma

Bilim Kodu : 80114

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF YAZIKÖY STONE AND THE REASONS FOR DETERMINATION OF THE WORKS MADE WITH YAZIKÖY STONE

Mahmut Zahid ŞENER

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Architecture**

Thesis Advisor:

Assis. Prof. Dr. Mehmet MUTLU

April 2023, 120 pages

In this study, physical and mechanical properties such as unit volume weight, water absorption percentage, water permeability, thermal conductivity, pressure strength, bending strength, frost resistance, abrasion resistance of Yazıköy stone, which is extracted from Yazıköy village and its surroundings in Safranbolu district of Karabük province, and used traditionally for centuries in the region, determined using various test methods. In the light of the data obtained, material-induced deterioration problems of Yazıköy stone used in Safranbolu and its surrounding settlements, one of the most vivid examples of traditional Turkish architecture, were observed. Detected deteriorations were classified systematically and some inferences were made about the causes of deterioration by using literature and experimental data. It is aimed that these inferences will provide preliminary information to the restoration studies and literature studies that are frequently carried out in the region.

Key Word : Yazıköy, stone material, physical and mechanical properties,
deterioration

Science Code : 80114

TEŞEKKÜR

Bu alıőmamda emeği geen baőtta tez danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet MUTLU ve değerli juri üyeleri Do. Dr. Merve TUNA KAYILI ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÖKDEMİR hocalarıma; Yazıköy taşının temini konusunda bana yardımcı olan Arő. Gör. Emre KARATAŐ ve İsmail AKGÜL Bey'e; deneylerin gerçekleőtirilmesi ve gereken laboratuvar koşullarının sağlanmasında yardımcı olan Doç. Dr. İnan KESKİN, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Haőım KISA ve ZEMAR Zemin Araştırma ekibine; tezin her aşamasında desteğini benden esirgemeyen Arő. Gör. Yaprak ÖZBOZKURT'a ve her zaman yanımda olan sevgili aileme teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ	2
1.2. KAPSAM	2
1.3. YÖNTEM	3
BÖLÜM 2	5
DOĞAL TAŞ	5
2.1. DOĞAL TAŞIN TANIMI	5
2.2. DOĞAL TAŞLARIN SINIFLANDIRILMASI	6
2.2.1. Oluşumlarına Göre Doğal Taşlar	6
2.2.1.1. Magmatik Kökenli Taşlar	7
2.2.1.2. Tortul Kökenli Taşlar	11
2.2.1.3. Metamorfik Kökenli Taşlar	14
2.2.2. Sertliklerine Göre Doğal Taşlar	16
2.2.3. İşleniş Şekillerine Göre Doğal Taşlar	16
2.3. DOĞAL TAŞ MALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI	17
2.3.1. Doğal Taş Malzemenin Yapı İnşasındaki Kullanım Alanları	18
2.3.1.1. Taşıyıcı Eleman Olarak Doğal Taş Kullanımı	18

2.3.1.2. Kaplama Malzemesi Olarak Doğal Taş Kullanımı.....	21
2.3.1.3. Dolgu Malzemesi Olarak Doğal Taş Kullanımı	24
2.4. DOĞAL TAŞLARIN FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	25
2.4.1. Birim Ağırlık	26
2.4.2. Özgül Ağırlık.....	28
2.4.3. Porozite-Kompozite (Doluluk-Boşluk)	30
2.4.4. Su Emme Oranı	31
2.4.5. Kılcallık (Kapilarite) ve Su Geçirimsizliği (Permeabilite).....	32
2.4.6. Isıl İletkenlik Katsayısı.....	35
2.4.7. Sertlik.....	36
2.4.8. Basma Dayanımı.....	36
2.4.9. Eğilme Dayanımı	38
2.4.10. Aşınma Dayanımı	38
2.4.11. Dona Dayanımı.....	40
2.5. DOĞAL TAŞ MALZEMELERDE GÖRÜLEN BOZULMALAR.....	40
2.5.1. Çürüme İle Bozulma.....	41
2.5.1.1. Tuz Kristalleri	42
2.5.1.2. Asidik Gazlar	44
2.5.1.3. Don Etkisi	46
2.5.2. Lekelenme İle Bozulma.....	47
2.5.3. Canlılardan Kaynaklı Bozulmalar	48
2.5.4. Diğer Bozulmalar	50
BÖLÜM 3	51
YAZIKÖY TAŞI.....	51
3.1. YAZIKÖY	51
3.1.1. Genel konumu ve Coğrafi Özellikleri	51
3.1.2. Tarihçesi	53
3.1.3. Sosyo-Ekonomik Yapısı	54
3.2. YAZIKÖY'ÜN JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY TAŞI	55

BÖLÜM 4	57
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	57
4.1 DENEYSEL ÇALIŞMALARIN PROGRAMLANMASI	57
4.2. YAZIKÖY TAŞININ TEMİNİ.....	58
4.3. DENEY ÇALIŞMALARINI İÇİN UYGUN LABORATUVAR BULUNMASI	60
4.4. DENEY SONUÇLARI.....	63
4.4.1. Görünür Yoğunluk ve Su Emme Deneyi (Tel Sepet Deneyi)	64
4.4.2. Su Geçirimsizliği Deneyi (Düşen Seviyeli Permeabilite Deneyi)	67
4.4.3. Isıl İletkenlik Katsayısı (Termal İğne Probu)	70
4.4.4. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	72
4.4.5. Don Sonu Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	75
4.4.6. Dona Dayanım Deneyi (Magnezyum Sülfat Deneyi).....	77
4.4.7. Yoğun Yük Altında Eğilme Dayanımı Deneyi.....	78
4.4.8. Aşınma Direnci Deneyi (Mikro Deval Deneyi)	79
4.4.9. Darbeli Aşınma Deneyi (Los Angeles Deneyi).....	81
5. BÖLÜM	83
YAZIKÖY TAŞIYLA YAPILMIŞ ESERLERDE GÖRÜLEN BOZULMALAR... 83	
5.1. Çatlak ve Deformasyon Bozulmaları	84
5.2. Ayrılma ve Eksilme Bozulmaları	86
5.3. Materyal Kaybı Bozulmaları	87
5.4. Renk Değişimi ve Birikme Bozulmaları	91
5.5. Biyolojik Yerleşim Bozulmaları	96
BÖLÜM 6	98
SONUÇ VE ÖNERİLER	98
KAYNAKLAR	101

EK AÇIKLAMALAR A.....	108
NUMUNE SONUÇLARI	108
ÖZGEÇMİŞ	120

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Oluşumlarına göre doğal taşlar	6
Şekil 2.2. Oluşumlarına Göre Yaygın Bilinen Doğal Taşların Sınıflandırılması.	7
Şekil 2.3. Oluşum derinliklerine göre magmatik kayalar.....	8
Şekil 2.4. Bazı Derinlik Taşları.....	9
Şekil 2.5. Bazı Damar Taşları.	10
Şekil 2.6. Bazı Yüzey Taşları.....	11
Şekil 2.7. Breş ve pudding doku.	12
Şekil 2.8. Soldan sağa sırasıyla kumtaşı ve kireçtaşı dokuları.....	14
Şekil 2.9. Bazı Metamorfik Taşlar	15
Şekil 2.10. Parthenon kalıntıları.....	19
Şekil 2.11. Fatih Cami, İstanbul.....	20
Şekil 2.12. Farklı şekillerde işlenmiş doğal taşlardan örülmüş duvar örnekleri	21
Şekil 2.13. Doğal taşın iç mekânda kaplama olarak kullanımı	22
Şekil 2.14. Ayasofya, İç Mekân Kuzey Duvar Taş Kaplamalarından Görünüm,.....	23
Şekil 2.15. Göz dolma tekniği ile yapılmış geleneksel Karadeniz konut örnekleri. ..	24
Şekil 2.16. Gabion kafesi ve dış mekânda gabion duvar örneği	25
Şekil 2.17. Boşluk türleri ve dolu-boş hacim oranları	27
Şekil 2.18. Arşimet terazisi.	28
Şekil 2.19. Çeşitli kayalardaki boşluk yapısı	31
Şekil 2.20. Kayalardaki boşluk/gözeneklilik tipleri	31
Şekil 2.21. Kılcal (Kapiler) su emme ve yüzeysel su emme.....	33
Şekil 2.22. Permeabilite deney cihazının şematik gösterimi.....	34
Şekil 2.23. Taş türevi malzemelerde birim ağırlık ve ısıl iletkenlik katsayısı ilişkisi	35
Şekil 2.24. Basma yükü altında cismin şekil değiştirmesi	37

Şekil 2.25. Üç noktalı ve dört noktalı eğilme dayanımı gösterimi	38
Şekil 2.26. Aşınma çeşitlerinin şematik gösterimi.....	39
Şekil 2.27. Tuncelideki tarihi mezarda çiçeklenme.	42
Şekil 2.28. Malzeme gözeneklerinde çiçeklenme süreci	44
Şekil 2.29. Doğal taş malzemede kabuklanma örneği	45
Şekil 2.30. Beyoğlunda taş cephede don etkisiyle oluşmuş parça kayıpları.....	47
Şekil 2.31. Kırklareli Hızır Bey Hamamı'nda lekelenme ile bozulma örneği.....	48
Şekil 3.1. Yazıköy'ün Safranbolu'ya Göre Konumunu Gösteren Harita.....	52
Şekil 3.2. Safranbolu aylara göre iklim grafiği.....	53
Şekil 3.3. Safranbolu iklim tablosu.....	53
Şekil 3.4. Dr. Richard Leonhard'ın 1915 Yılı Paflagonya Bölgesi Jeolojik Haritası	55
Şekil 3.5. Jeoloji Formasyon Haritası	56
Şekil 4.1. Yazıköy taşı numunelerinin temin edildiği noktalar.....	58
Şekil 4.2. Yazıköy eski taş ocağı	59
Şekil 4.3. Yazıköy taşı numunelerinin temin edildiği noktalar.....	59
Şekil 4.4. Laboratuvara Yazıköy'den temin edilen bazı Yazıköy taşı örnekleri.	60
Şekil 4.5. Elektronik hassas terazi ve laboratuvar elekleri.....	61
Şekil 4.6. Arşimet terazisi ve etüv.	62
Şekil 4.7. Basınç dayanımı ölçen basınç cihazı ve aşınma dayanımı ölçmeye yarayan Los Angeles cihazı.	63
Şekil 4.8. Tel sepet içindeki Yazıköy taşları.....	64
Şekil 4.9. Yazıköy taşı ve Türkiye'de rastlanan bazı kireçtaşı örneklerinin birim hacim ağırlık kıyaslaması.	66
Şekil 4.10. Yazıköy taşı ve Türkiye'de rastlanan bazı kireçtaşı örneklerinin kütlece su emme yüzdelerinin kıyaslaması	67
Şekil 4.11. Yazıköy taşı düşen seviyeli permeabilite deneyi verileri.	69
Şekil 4.12. Düşen seviyeli permeabilite deneyi numune boyu ve permeabilite katsayısı ilişkisi.	70

Şekil 4.13. Yazıköy taşı numunesi üzerinde termal iğne probu deneyinin uygulanışı.	71
Şekil 4.14. Yazıköy taşı ve farklı kireçtaşı örneklerinin termal iletkenliklerinin TS 825 bağlamında karşılaştırılması.....	72
Şekil 4.15. Basınç makinesindeki Yazıköy taşı numunesi.....	73
Şekil 4.16. Yazıköy taşı numunesinin basınç dayanım deneyi öncesi ve sonucunda görünümü.	73
Şekil 4.17. Türkiye’de rastlanılan çeşitli kireçtaşı örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları.....	74
Şekil 4.18. Yazıköy taşı numunesinin don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyi öncesi ve sonrasındaki görünümü.	75
Şekil 4.19. Normal şartlarda ve don sonucunda Yazıköy taşının basınç dayanım değerleri.....	76
Şekil 4.20. Yazıköy taşının don sonu kütle kaybı yüzdesinin değerlendirilmesi.....	77
Şekil 4.21. Yazıköy taşı ve bazı kireçtaşlarının eğilme dayanımlarının incelenmesi	79
Şekil 4.22. Yazıköy taşı ve Göller yöresi kireçtaşlarının ortalama Mikro Deval katsayısının KGM ve TCDD şartnameleri bağlamında karşılaştırılması	80
Şekil 4.23. Yazıköy taşı numunesinin Los Angeles katsayısının değerlendirilmesi..	82
Şekil 5.1. Kagir duvarda kullanılan Yazıköy taşlarında görülen yüzeysel çatlak ve kırılma.	84
Şekil 5.2. Solda lento olarak kullanılan kırılmış Yazıköy taşı, sağda Diyarbakır Surp Sargis Kilisesi’nin lentosunda görülen çatlak	85
Şekil 5.3. Solda parça kaybına uğramış Yazıköy taşından yapılmış kapı nişi, Sağda Santa Barbara de Usaquen Kilisesi’nde oluşan darbeye bağlı parça kaybı	85
Şekil 5.4. Taş yüzeylerde çeşitli kalınlıklarda tabaka ayrışmaları	86
Şekil 5.5. Yazıköy mezalığındaki mezar taşları üzerinde tuz kristallerinin oluşumu ve parça kayıpları.	87
Şekil 5.6. Farklı taş dokular üzerinde erozyon bozulması	87
Şekil 5.7. Kagir duvarda erozyona uğramış Yazıköy taşı yüzeyi.	88
Şekil 5.8. Denizlik olarak kullanılan Yazıköy taşında görülen erozyon.....	88

Şekil 5.9. Yörük köyü çamaşırhanesinde görülen kırılma ve parça kaybı.....	89
Şekil 5.10. Kolombiya, Villa de Leyva'da alışveriş merkezine çevrilen bir anıt eserde görülen bozulma.....	90
Şekil 5.11. Mekanik etki altında aşınmaya uğramış Yazıköy taşları.	90
Şekil 5.12. Tozumaya uğramış Yazıköy taşları.	91
Şekil 5.13. Solda Kırklareli Hızır Paşa Külliyesi Hamamı'nda siyah renkli kabuk oluşumu, sağda Bitlis İslahiye Şeref Han Medresesi duvarında beyaz renkli kabuk oluşumu.....	91
Şekil 5.14. Dış ortamda kullanılan Yazıköy taşı üzerinde siyah renkli kabuklaşma.	92
Şekil 5.15. Metruk durumdaki Yazıköy çamaşırhanesinin içinde görülen beyaz kabuklaşmalar.	92
Şekil 5.16. İç mekânda kullanılan Yazıköy taşlarında neme bağlı renk değişimleri.	93
Şekil 5.17. Yazıköy taşları üzerinde görülen bazı tuzlanma örnekleri.	94
Şekil 5.18. Solda döşeme kaplaması olarak kullanılmış Yazıköy taşında görülen parlak görüntü, Sağda Kolombiya Villa de Leyva da eski bir han girişindeki taş döşemede oluşan parlak görüntü.....	94
Şekil 5.19. Yazıköy taşı üzerinde görülen pasın sebep olduğu renklemeler.....	95
Şekil 5.20. Yazıköy taşı üzerinde is birikmesi.....	95
Şekil 5.21. Yazıköy Kilisesi üzerinde yangın izleri.....	95
Şekil 5.22. Yazıköy çamaşırhanesinin toprakla temas halindeki duvarında görülen yosun ve liken oluşumu.....	96
Şekil 5.23. Yazıköy taşı üzerinde görülen biyolojik yerleşim.....	97
Şekil 5.24. Yazıköy taşıyla yapılmış duvarlarda görülen bitki gelişimi kaynaklı biyolojik yerleşim bozulması.....	97
Şekil Ek A. 1. Deney Raporu.....	109
Şekil Ek A. 2. Deney sonuçları özeti.....	110
Şekil Ek A. 3. Parçalanma direncinin tayini: Los Angeles deneyi sonuç raporu.....	111
Şekil Ek A. 4. Aşınmaya karşı direncin tayini: Mikro-deval deneyi sonuç raporu .	112
Şekil Ek A. 5. Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini (Tel sepet yöntemi) deneyi sonuç raporu.....	113
Şekil Ek A. 6. Magnezyum sülfat deneyi sonuç raporu.....	114

Şekil Ek A. 7. Kayada tek eksenli basınç dayanımı deney sonuç raporu	115
Şekil Ek A. 8. Kayada don sonu tek eksenli basınç dayanımı deney sonuç raporu.	116
Şekil Ek A. 9. Termal iğne probu (KD2 PRO) prosedürü ile toprak ve kayanın termal iletkenliğinin belirlenmesi deneyi sonuç raporu	117
Şekil Ek A. 10. Düşen seviyeli premeabilite deneyi sonuç raporu	118
Şekil Ek A. 11. Yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini deneyi sonuç raporu ...	119

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Doğal taşların sertliklerine göre sınıflandırılması.....	16
Çizelge 2.2. Fiziksel ve mekanik özelliklerine göre bazı doğal taşları kullanıldıkları yerler.	17
Çizelge 2.3. Bazı önemli teknik özellikler ve ölçüm birimleri	26
Çizelge 2.4. Mohs sertlik cetveli.....	36
Çizelge 2.5. Yapı malzemesinde bozulmaya sebep olan tuzlar ve kaynakları.....	43
Çizelge 2.6. Biyolojik oluşumların doğal taşlar üzerindeki tahripleri	49
Çizelge 4.1. Planlanan Deneyler.	58
Çizelge 4.2. Yazıköy taşı ile yapılan deneyler.....	64
Çizelge 4.3. Tel Sepet Deneyi doğrultusunda Yazıköy taşı hakkında edinilen veriler.	65
Çizelge 4.4. Yazıköy taşı numuneleri üzerinde düşen seviyeli permeabilite deney verileri.	68
Çizelge 4.5. Yazıköy taşının termal iletkenlik deneyi verileri.....	70
Çizelge 4.6. Tek eksenli basınç dayanım deney numune ölçüleri.	72
Çizelge 4.7. Tek eksenli dayanım deneyinden elde edilen veriler.....	74
Çizelge 4.8. Don sonu tek eksenli basınç dayanımı için hazırlanan Yazıköy taşı numunesinin ölçüleri.....	75
Çizelge 4.9. Yazıköy taşı numunesi ile gerçekleştirilen don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyinin verileri.....	76
Çizelge 4.10. Yazıköy taşı numunesinin Magnezyum-Sülfat deneyi verileri.....	77
Çizelge 4.11. Yoğun yük altında eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan Yazıköy taşı numunesinin deney verileri.	78
Çizelge 4.12. Yazıköy taşı agregaları ile yapılan Mikro Deval deneyinin verileri....	80
Çizelge 4.13. Yazıköy taşı agregaları ile yapılan Los Angeles deneyinin verileri. ...	81
Çizelge 5.1. Yazıköy taşının uğradığı bozulma çeşitlerinin gruplandırılması.	83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ρ_b	: Birim ağırlık
ρ_r	: Gerçek yoğunluk
ρ_{rh}	: Deneyde kullanılan sıvının yoğunluğu
m_d	: Normal şartlardaki cismin ağırlığı
m_s	: Suya doymuş cismin kütlesi
m_e	: Etüvde kurutulmuş cismin kütlesi
m_h	: Cismin su içerisindeki kütlesi
m_k	: Cismin emdiği suyun kütlesi
V	: Cismin görünür hacmi
V_s	: Cismin yer değiştirdiği sıvının hacmi
A	: Cismin yüzey alanı
A_k	: Cismin suya temas ettirilen yüzeyinin alanı
d	: Kalınlık
p	: Porozite
K	: Kompozite
λ_g	: Su geçirimliliği
λ_k	: Isıl iletkenlik katsayısı
Q	: Enerji miktarı
WA_{24}	: 24 saatlik suda bırakma için su emme oranı
q	: Suyun debisi
p_s	: Uygulanan su basıncı
F	: Kırılma yükü
σ_b	: Basınç dayanımı
σ_m	: Eğilme dayanımı

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu)
ICOMOS-ISCS	: International Council on Monuments and Sites- International Scientific Committee for Stone (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi - Uluslararası Taş Bilim Komitesi)
ISO/IEC	: International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commision (Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı/Uluslararası Elektroteknik Komitesi)
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğu
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
M.Ö.	: Milattan Önce
M.S.	: Milattan Sonra
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TS	: Türk Standardı
TS EN	: Türk Standardı European Norm (Avrupa Normları)
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğal taşlar, insanlar tarafından tarih boyunca kullanılmış ve kullanılacak olan, en eski ve çok farklı kullanım alanları olan yapı malzemelerinden biridir.

Doğal taşlar, geçmişten günümüze tarihsel süreç içerisinde her çağın gerektirdiği ihtiyaçlar doğrultusunda işlev ve şekil değiştirerek kullanılmıştır. Doğal taşlar, oluşumu doğada tamamlanmış, ekolojik ve doğal bir malzeme türüdür. Farklı desen ve türlere sahip olması sebebiyle özgün ve çeşitlidir. Ayrıca, taşlar fiziko mekanik özelliklerine uygun kullanıldıklarında dayanıklı ve sağlam bir malzeme türüdür.

Medeniyetler arasında yayılarak çeşitli amaçlar ve fonksiyonlarda kullanılmış olan doğal taşlar, iç ve dış mekân mimarisinde, heykeltiricilik, süsleme, döşeme ve mekân kaplaması gibi farklı kullanım alanları bulmuştur. Her medeniyet kendine özgü süsleme ve işleme teknikleri geliştirmişlerdir (Taşlıgil & Şahin, 2016).

Geleneksel yapılar incelendiğinde, tarihsel süreç içerisinde genellikle yerel taşların kullanıldığı gözlemlenebilir. Bunun öncelikli sebebi, kaynakların sınırlılığı ve bu kaynakların en verimli şekilde kullanılmalarının sağlanma zorunluluğunun yanı sıra, yerel malzemenin ekonomik oluşudur. Bu sebeple Safranbolu bölgesindeki geleneksel yapıların (camii, han, hamam, konut, çeşme vb. yapılarda; zemin kaplaması, taşıyıcı ve bölücü duvar, bahçe duvarları vb. yapı malzemesi olarak) inşasında yazıköy taşının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.

Tarihi eserlerde kullanılan taşlar, uzun ömürlerine rağmen zaman içerisinde çevresel faktörler ve insanlar tarafından hasarlara uğramaktadır. Yanlış malzeme ve yöntem seçimi sonucu yapılan onarımlar, tarihi yapıların durumunu daha da kötüleştirebilir. Bu nedenle, tarihi yapıların bakım ve onarımında ve gelecek kuşaklara aktarılmasında,

taşların fiziko-mekanik özelliklerinin doğru bir şekilde seçilip uygulanması çok önemlidir.

1.1. AMAÇ

Günümüzde geleneksel Türk mimarisinin dünyaca tanınan örneği Safranbolu Eski Çarşı ve çevresindeki Yazıköy ve Yörük köyünde kullanılmış taş malzeme, yaygın olarak Yazıköy taşıdır. Sahip olduğu tarihi doku sebebiyle bölgede sıkça yapılan restorasyon çalışmalarında da tercih edilen bu taş malzeme hakkında daha önce yapılmış çalışma neredeyse hiç yoktur. Bu çalışma ile, Yazıköy taşının fiziksel ve mekanik kapasitesinin deneysel yollarla belirlenip bu niteliklerin halihazırda yapılarda kullanılmış Yazıköy taşlarında görülen bozulmalarla ilişkilendirilmesi ve bu şekilde gerek restorasyon çalışmaları gerekse literatür çalışmaları için ön bilgi ve katkı sağlaması amaçlanmıştır.

1.2. KAPSAM

Doğal taşlar, en eski yapı malzemelerinden biridir. Tarih boyunca, insan hayatının her alanında kullanılmıştır ve kullanılmaya devam edecektir. Geleneksel yapılarımızda, camiiler, hanlar, kervansaraylar, tiyatrolar, hamamlar, çeşmeler gibi yerlerde yerel taşlar kullanılmıştır. Bu tarihi eserlerde kullanılan taşlar, uzun kullanım ömürlerine sahiptir. Ancak, zamanla, taşların iç yapısındaki sebepler veya dış etkenler nedeniyle bozulmalar meydana gelir ve bu bozulmalar yapıların hasar görmesine sebep olabilir.

Günümüze kadar varlığını korumuş Safranbolu ve çevresindeki geleneksel Türk mimarisinin başta gelen nitelikli örneklerini oluşturan konutlar olmak üzere diğer yapıların gelecek nesillere aktarılması ve aslına uygun korunması için bilinçli çalışmalar yürütmek gerekmektedir. Bu sebeple restorasyon ve koruma çalışmalarında kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik karakterlerinin bilinmesi büyük bir önem arz etmektedir.

Yazıköy taşının fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Yazıköy’de bulunan ve şu anda aktif olmayan taş ocaklarından çıkarılmış ve şu anda atıl duran Yazıköy taşı numuneleri kullanılarak deneysel çalışmalar yapılacaktır.

Deneysel çalışma kapsamında laboratuvar ortamında yapılacak deneyler aşağıdaki gibidir:

- Görünür Yoğunluk ve Su Emme Deneyi (Tel Sepet Deneyi)
- Su Geçirimsizliği Deneyi (Düşen Seviyeli Permeabilite Deneyi)
- Isıl İletkenlik Katsayısı (Termal İğne Probu)
- Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi
- Don Sonu Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi
- Yoğun Yük Altında Eğilme Dayanımı Deneyi
- Dona Dayanım Deneyi (Magnezyum Sülfat Deneyi)
- Aşınma Direnci Deneyi (Mikro Deval Deneyi)

Deneylerden elde edilen veriler ve Yazıköy ve çevresindeki yapılarda geçmişten günümüze sıkça kullanılmış olan Yazıköy taşlarının uğradıkları bozulma türleri yapılar üzerinde gözlemlenerek ilişkilendirilecektir.

Bu çalışmalarla Yazıköy taşının bozulma türlerine karşı davranışlarının incelenmesinin, yapılacak restorasyon ve literatür çalışmaları için fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu şekilde yapılacak restorasyon ve onarımların daha uzun ömürlü olmasına yardımcı olacaktır.

1.3. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında Yazıköy ve çevresinden çıkarılan Yazıköy taşının fiziksel ve mekaniksel özellikleri ve Yazıköy taşı ile yapılan eserlerin malzeme kaynaklı bozulma nedenleri üzerinde durulmuştur.

Çalışmada, halihazırda çıkartılmış olan Yazıköy taşlarının fiziksel ve mekaniksel özellikleri deneysel yöntemler aracılığı ile belirlenecektir. Deneyler, Türk

Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından AB-1026-T ile TS EN ISO/IEC 17025 standardına uygun bulunan “Zemar Zemin Araştırma ve Mühendislik” şirketinin laboratuvarlarında yapılacaktır. Deney sonuçlarından elde edilen Yazıköy taşının fiziko-mekanik özellikleri ışığında Yazıköy taşıyla yapılmış eserler üzerinde görülen bozulma sorunları değerlendirilecektir. Bozulma sorunları yapılardan ve eserlerden parça alınmadan, yerinde gözle muayene yöntemi ile yapılacaktır. Bu amaçla hazırlanmış olan tez çalışması beş bölümden oluşturulmuş olup literatür araştırması ve deneysel çalışma ve gözlem yöntemleri kullanılmıştır.

Tezin birinci bölümünde, yapılan çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmaktadır. Çalışmanın literatür araştırmalarını oluşturan ikinci bölümünde doğal taş malzeme sınıfları, mekanik özellikleri ve bozulmaları ve üçüncü bölümde ise bu tez çalışmasına konu olan Yazıköy ve Yazıköy taşı ele alınmıştır.

Literatür çalışmalarından elde edilen veriler doğrultusunda dördüncü bölümde Yazıköy taşının temel fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla gerekli olan deneyler belirlenmiştir. Dördüncü bölümün devamında Yazıköy taşının temini, laboratuvar ortamında uygulanacak olan deneylerin uygulama yöntem ve aşamalarına, bu deney sonucunda elde edilen verilerin grafikler ve tablolar yardımı ile açıklanmasına yer verilmiştir.

Beşinci bölümde Yazıköy ve çevresinde bulunan yapı ve eserlerde taş malzemeler üzerinde görülen bozulmalar gözlemlenmiş ve sınıflandırılmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan altıncı bölümde ise laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler ve Yazıköy ve çevresinde yapılan gözlemler sonucunda elde edilen verilerle sonuç ve öneriler kısmı oluşturulmuştur.

BÖLÜM 2

DOĞAL TAŞ

2.1. DOĞAL TAŞIN TANIMI

Jeolojik terminolojide kayaç olarak tanımlanan taşlar, birçok mineralin veya parçacığın bir araya gelmesi veya tek bir mineralin yoğunlaşması sonucunda oluşan mineral topluluklarıdır. Taşların özellikleri, mineral bileşimleri, tane boyutları, şekilleri, taneler arasındaki ilişkileri ve tanelerin yönelimleri gibi birçok faktöre bağlıdır ve bu faktörlerin kombinasyonları, kayaçların birbirinden ayrılmasını sağlar (Ali & Murat, 2012).

Doğal taşlar, dayanıklılığın, kalıcılığın ve güvenin sembolü olarak insanların nesiller boyu yaşamın çeşitli alanlarında çeşitli amaçlarla kullandığı bir malzeme olmuştur (Karahana, 2018).

Doğal taş otorite, gelenek ve kalıcılığın sembolüdür (Hegger vd., 2007).

Kullanımı tarihin ilk çağlarından başlayan ve en eski inşaat malzemelerinden birisi olan doğal taşlar, günümüzde petrografik (bilimsel) ve endüstriyel (ticari) olmak üzere iki şekilde tanımlanır (Çapar, 2019).

Petrografik (bilimsel) tanımlamaya göre doğal taşlar, farklı basınç ve sıcaklık altında oluşan kalker (kireçtaşı), dolomitik kalker ve/veya bunların farklı miktarlarda birleşiminden oluşan karbonat bileşimli taşların başkalaşım geçirerek yeniden kristalleşmesiyle oluşan yeni bir doku ve yapıya sahip başkalaşım kalsit kristallerinden meydana gelen kayaçlardır (Kulaksız, 2007; Onargan vd., 2005).

Endüstriyel (ticari) tanımlamaya göre ise doğal taşlar, işlenebilir ölçülerde blok şeklinde kesilerek çıkartılabilen, kullanım alanına göre istenilen boyutlara ve şekillere

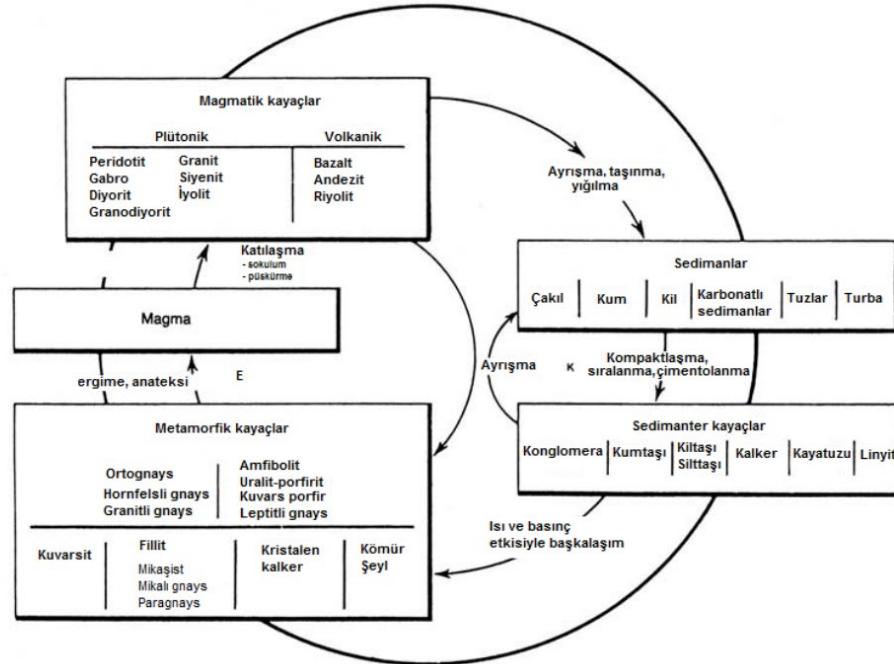
getirilebilen ve gerekirse cilalanabilen ya da yüzeyleri şekillendirilebilen, ticari açıdan bir değere sahip her türlü kayalardır (Kulaksız, 2007; Onargan vd., 2005).

2.2. DOĞAL TAŞLARIN SINIFLANDIRILMASI

Doğada bulunan taşların çeşitliliğindeki zenginlik onların birçok farklı şekilde sınıflandırılmalarına olanak sağlar. Doğal taşlar başlıca oluşum şekillerine, sertliklerine ve kullanım şekillerine göre sınıflandırılabilir.

2.2.1. Oluşumlarına Göre Doğal Taşlar

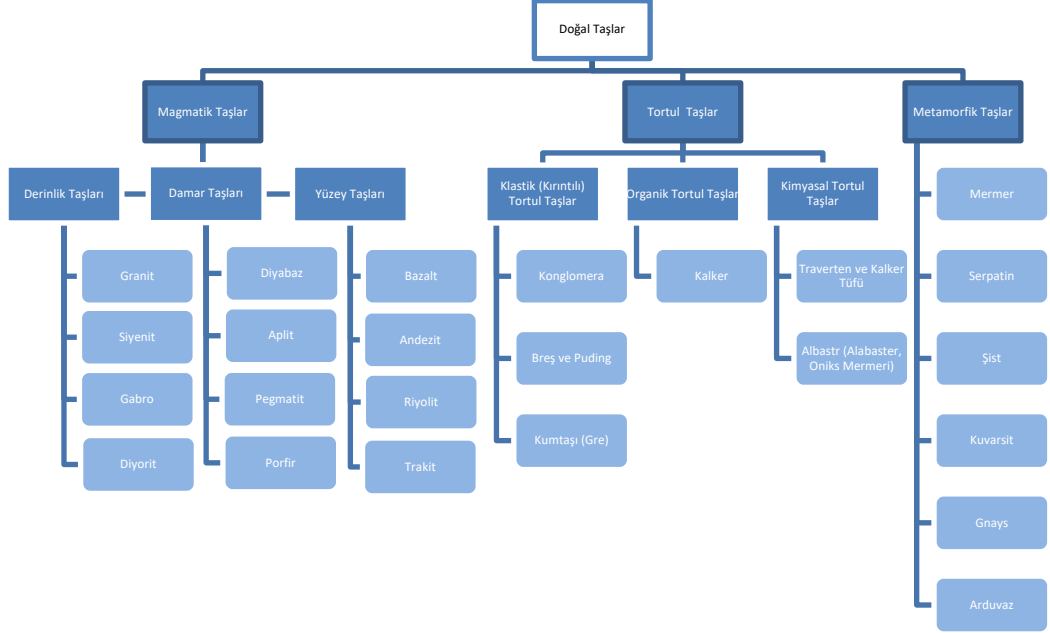
Doğal taşlar oluştuğu ortam şartlarına ve içerdikleri minerallere göre farklı karakteristik özelliklere sahip olurlar.



Şekil 2.1. Oluşumlarına göre doğal taşlar (Emir, 2017).

Jeolojik süre içerisinde başkalaşım (metamorfik) kayalar, volkanik (magmatik) ve sedimenter (tortul) kayalara; volkanik (magmatik) kayalar, başkalaşım (metamorfik) ve sedimenter (tortul) kayalara; sedimenter (tortul) kayalar ise başkalaşım

(metamorfik) ve volkanik (magmatik) kayalara dönüşerek bir döngü oluşturur (Yüzer vd., 2008). Şekil 2.1’de doğal taşların oluşum döngüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. Oluşumlarına Göre Yaygın Bilinen Doğal Taşların Sınıflandırılması.

Oluşumlarına göre doğal taşlar, magmatik (başkalaşım), tortul (sedimenter) ve metamorfik (başkalaşım) olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Şekil 2.2).

2.2.1.1. Magmatik Kökenli Taşlar

Yer katmanlarının derinliklerinde yüksek sıcaklıkta ve akışkan halde bulunan magma, yer kabuğu katmanları arasından yüzeye doğru hareket halindeyken çeşitli derinliklerde ya da yüzeye çıktıktan sonra sıcaklığını yitirir ve sertleşmeye başlar. Magma soğuduğu yerin derinliğine bağlı olarak göre sırasıyla “derinlik taşları”, “damar taşları” ve “yüzey taşlarını” meydana getirir. Oluşum derinliklerine göre magmatik kayalar ve bu kayaların başlıca örnekleri Şekil 2.3’te verilmiştir.



Şekil 2.3. Oluşum derinliklerine göre magmatik kayaçlar.

Magmanın soğumadaki hızı kristalizasyonunu doğrudan etkiler. Yavaş soğuyan magma gözle seçilebilecek kadar iri kristalli taşları oluştururken, hızlı bir şekilde soğuyan magma ise camsı ve küçük kristalli taşları meydana getirir (Erguvanlı, 1982).

Derinlik Taşları

Derinlik taşları, yerin derinlerinde, yüksek basınç altında, yavaş soğuyan taşlardır. Bu başlık altında derinlik taşlarının en bilinenleri Granit, Gabro ve Siyenit açıklanacaktır.

Granit (TS 6234): Kuvars, alkali feldspat, mika, az miktarda plajiolaz ve çeşitli mineralleri yapısında bulunduran bir derinlik taşıdır (MEB, 2013). Basınca, aşınmaya ve ayrışmaya olan dirençlerinin yanı sıra estetik görünümleri ve iyi cila tutmalarından dolayı granitler, yapılarda kaplama ve masif olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.4).

Gabro (TS 10834): Çoğunlukla bazik plajiolaz, ortopiroksen, klinopiroksen ve olivinden oluşan tamamen taneli (kristalli) dokuya sahip intrüzif bir taşıdır (Şekil 2.4) (Güneri, 2009).

Siyenit (TS 11553): Alkali feldspat, az miktarda plajyoklaz ve diğer minerallerden meydana gelen derinlik taşıdır.



şekil 2.4. Bazı Derinlik Taşları (Url 1).

Damar Taşları

Yer yüzeyinin farklı derinliklerindeki yarık, çatlak ve tabakaları boyunca, yüzeye yakın kısmında soğuyan magmatik taşlardır. Bu başlık altında damar taşlarından Diyabaz, Aplit, Pegmatit ve Porfir açıklanacaktır.

Diyabaz (TS 5762): Altere olmuş bazaltik bir taştır (şekil 2.5) (MEB, 2013).

Aplit: İnce taneli granitik damar taşlarıdır (şekil 2.5) (MEB, 2013).

Pegmatit: Çok iri taneli olup bir derinlik taşı ile ilişkili damar şeklindeki taşlardır (şekil 2.5) (MEB, 2013).

Porfir: Çok çeşitli boylardaki minerallerden oluşmuş taşlara porfirik dokulu taş denir (İnan ve Tanyolu, 1982).



Şekil 2.5. Bazı Damar Taşları (Url 2).

Yüzey Taşları

Yeryüzüne çıktıktan sonra ani şekilde soğuyan camsı yüzeylere sahip magmatic taşlardır. Bu başlık altında yüzey taşlarından Andezit, Bazalt, Trakit ve Riyolit açıklanacaktır.

Andezit (TS 10835): Plajiolaz (oligoklaz, andezin) ve bir veya daha fazla sayıdaki amfibol, piroksen ve biyotit gibi koyu minerallerden meydana gelmiş volkanik kayadır (Şekil 2.6). Andezitin cila tutmaması, genellikle dış mekânlarda, merdiven basamaklarında, zeminlerde, istinat duvarlarında, havuz çevresindeki zeminlerde, yapıların dış cephelerinde çeşitli şekillerde birçok kullanım alanına sahip olmasına sebep olmuştur (Küçükkaya, 2014).

Bazalt: Rengi koyu siyah, camsı ya da küçük kristalli yapıdaki yüzeysel (volkanik) taş olup, derinlik taşlarından gabronun yüzey tipi olarak bilinir (Şekil 2.6). Plajiolazs, olivin, ojit, nadiren kuvars minerallerinin yanında manyetit, ilmenit gibi tali minerallerde bulundurabilir (MEB, 2013).

Volkandan çıkan bazalt lavları yapılarında bulundukları gazları salar ve taş yapısında boşluklar meydana getirebilir. Bu çeşit bazaltlar Anadolu'da dış bazalt olarak isimlendirilir. Yapısında yer bulan bu boşluklar zamanla kalsit kalsedon ya da zeolitler gibi çeşitli mineraller ile dolabilir (Küçükkaya, 2014).

Trakit (TS 11135): Trakit, esas mineralleri alkali feldspat ile mafik mineraller olan ve tali miktarlarda sodyumlu plajyoklas ile kuvars ihtiva eden akma yapısı ve porfirik doku gösteren magmatik taştır.

Riyolit: Kuvars, alkali feldspat, plajyoklas ve çeşitli minerallerin bir araya geldiği volkanik taştır (MEB, 2013).



Şekil 2.6. Bazı Yüzey Taşları (Url 3).

2.2.1.2. Tortul Kökenli Taşlar

Tortullaşma, zaman içinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal ayrışmalar sonucunda oluşan taşların göl, akarsu havzaları ve denizlerde birikmesi olarak tanımlanır. Bu ayrışmış malzemeler, belirli bir süreç sonucunda birleşerek tabii bir bağlayıcı ile yeniden sertleşir ve bu taşlara "Tortul Taşları" denir. Tortul kayaçlar, yer kabuğunun 15-30 km kalınlığındaki bölgesinde yer alır ve yüzey olarak %75'ini, hacim olarak da %5'ini kapsar. Tortul taşlar genellikle katmanlar halinde bulunur ve içlerinde organik maddeler ve fosiller barındırır. Kırıntılı (kumtaşı, çakıl taşı), kimyasal (kireçtaşı, traverten, oniks) ve organik (fosilli kireçtaşı, kömür) olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar (Küçükaya, 2014).

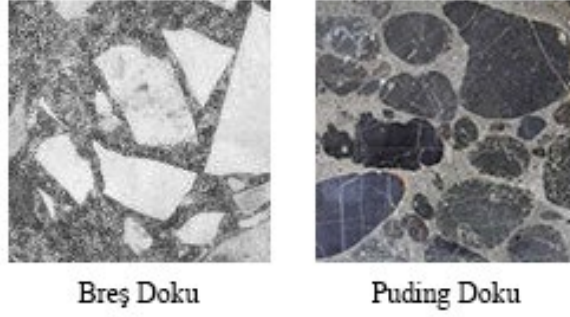
Kırıntılı (klastik) Tortul Taşlar

Klastik Tortul Kayaçlar, taş ve mineral parçalarının karalarda ve sularda çökmesi sonucunda oluşan taneli kayaçlar olarak tanımlanır. Bu kayaçlar, tanelerin boyutları, türleri, biçimleri, homojen veya heterojen yapıları ve çimento malzemelerinin bileşimine göre sınıflandırılır (MEB, 2013).

Klastik Tortul Kayaçlara örnek olarak, Konglomera, Breş ve Puding, ve Kumtaşı verilebilir.

Konglomera (TS 11145): Konglomera adı verilen kayaçlar, iri çakıl ve blokların doğal bir çimento ile birleşmesiyle oluşur. Çakılların şekli ve yuvarlaklık derecesi, nereden geldiğini ve mesafesini gösterir. Ayrıca, çakılların içindeki fosiller, oluş zamanlarını ve olası yaşlarını anlamaya yarar. (Küçükkaya, 2014).

Breş ve Puding: Çakılları yuvarlak olan konglomerlar puding, çakılları köşeli olan konglomerlar ise breş olarak adlandırılır (Şekil 2.7) (MEB, 2013).



Şekil 2.7. Breş ve pudding doku (Url 4).

Kumtaşı (Gre): Kumtaşı, bir tür tortul kaya olarak tanımlanır. Granit gibi sert değildir ve cilalanamaz. Su emme katsayısı yüksek olduğundan donma dayanımı düşüktür ve hava kaynaklı kirlenmeye karşı duyarlıdır. Ancak işlenmesi kolaydır. Yüzey dokusu genelde düz veya hafif çizgili olur ve renk çeşitliliği fazladır (Şekil 2.8). Gözenekli yapıdadır (Hegger vd., 2007).

Kumtaşı veya greler, çimentolu ayırık tortul kayaçlardan olup, çapları 0,2 ile 2 mm arasında olan kum tanelerinin doğal bir çimento ile birleşmesiyle oluşur. Yapısında bol miktarda silis bulunduran kumtaşları oldukça sert ve dayanıklıdır (Küçükkaya, 2014). Çimentosu kalkerli olanlar, tanelerin arasını doldurma derecesine göre bazen yoğun olabilir, bu durumda dış etkilere karşı mukavemeti artar. Eğer kumtaşındaki

taneler çimentodan ayırt edilemeyecek derecede küçük ve homojen ise, bu durumda kuvarsit olarak adlandırılır (Küçükkaya, 2014).

Organik Tortul Taşlar

Organik tortul kayaçları, canlı organizmaların biyolojik ve kimyasal faaliyetleri sonucunda oluşan iskelet, kabuk veya diğer parçaların birleşmesiyle meydana gelen kayaçlar olarak tanımlanır. Bu tür kayaçların oluşması, organizmaların çok miktarda olması ve gelişmeleri için uygun koşulların bulunmasını gerektirir. Foraminiferler, radiolarialar, algler, süngerler ve özellikle mercanlar gibi taş yapan organizmaların veya bunların parçalarının oluşması sonucu meydana gelen kayaçlarıdır (Küçükkaya, 2014).

Kireçtaşı (Kalker) (TS 11137): Tortul bir kaya çeşidi olan kireç taşı (Şekil 2.8), mineralojide isimleri geçen, bileşimleri CaCO_3 (Kalsiyum karbonat) olan aragonit ve kalsitin biçimsiz hali olarak bilinirler (Küçükkaya, 2014). Yapı iş dalında kullanılmakta olan en büyük kaya sınıfında olan kireçtaşı, yapısal bileşiminden dolayı kimyasal süreçlere duyarlıdır. Mermer gibi ince kesildiğinde saydam hale gelir ve bazı çeşitleri cilalanabilmektedir (Hegger vd., 2007).

İçinde yer alan maden oksitlerin etkisi ile değişik renkte görünür. Oluşum sırasında yapısında çatlak ve kırıklar oluşur ve bu kırıklara başka maden oksitler dolunca ilginç desenler görülür. Mohs sertlik skalasına göre sertliği 3 olarak değerlendirilir ve kolayca kesilip işlenebilir. Yapıda moloz taşı, yonu taşı, kaplama taşı, kırılarak mıcır taşı olarak kullanılır (MEB, 2013). Anadolu Türk mimarisinde sıkça görülen Küfeki taşı ve Mardin taşı ise bazı kalker cinsi taşlara örnektir (Topal, 2012). Safranbolu yöresindeki tarihi yapılarda sıkça karşımıza çıkan Yazıköy taşı da kireçtaşlarına örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.8. Soldan sağa sırasıyla kumtaşı ve kireçtaşı dokuları (Url 5).

Kimyasal Tortul Taşlar

Metamorfik kayaçlar, doymun eriyiklerin çökmesi ve tuzlu suların buharlaşması sonucunda oluşurlar. Buharlaşma ve konsantrasyonun artması, kimyasal tortul kayaçlarının ortaya çıkmasına yol açar. Bu kayaçlar arasında en önemlileri; Karbonatlar (oolitli-pizolitli kalkerler, dolomitik kalkerler, travertenler ve kalker tüfleri), Silisli kayaçlar (çakmaktaşı vb.), Jips, Anhidrit, Nitratlar'dır (Küçükkaya, 2014).

2.2.1.3. Metamorfik Kökenli Taşlar

Metamorfik taşlar, magmatik veya tortul taşların yer altında sıcaklık ve basınç koşulları altında değişim geçirmelerinden oluşur. Bu değişim, yer kabuğunun fiziksel etkilerine maruz kalan taşların yapısını, dokusunu ve mineralojisini değiştirir (Winkler, 1997; Yüzer vd., 2008).

Metamorfik kayaçların oluşumunda, ısı, basınç, gözenek sıvıları ve zaman etkilidir. Örneğin, kontak metamorfizma sonucunda kil taşları benekli şistlere, kumtaşları kuvarsitlere, kireçtaşları mermere, derinlik kayaçları gnayslara dönüşebilir (Küçükkaya, 2014).



Şekil 2.9. Bazı Metamorfik Taşlar (Soldan sağa doğru şist, kuvarsit, mermer, gnays) (Url 1).

Şist: Yer altındaki sıcaklık ve basınç koşullarına maruz kalmış metamorfik bir kayadır. Bu kayaç, yaklaşık paralel olarak düzenlenmiş mika, klorit, kuvars ve diğer tipteki minerallerden oluşur (Şekil 2.9). Bu minerallerin düzenli bir şekilde yerleşimi, folyasyonun yer altında geçirdiği değişimlerin bir göstergesidir (MEB, 2013).

Kuvarsit: Metamorfik bir taş olan kuvarsit, kuvarsdan meydana gelmiştir (Şekil 2.9) (MEB, 2013).

Mermer (TS 10449): Dolomit, karbonat bileşimli tortul taşların metamorfizmaya uğraması sonucunda oluşan ve %50'den fazla oranda karbonat içeren metamorfik bir kayadır (Şekil 2.9). Bu kayaç, kalsit ve/veya dolomit minerallerinin yeniden kristallenmesinden oluşur. Mohs sertlik skalasına göre, Mermer orta sertlikte bir kayadır ve sertliği 3 ile 4 arasında değişir. Bu kayaç, serpantin, dolomit, kalsit gibi mineralleri de içerebilen bir kayadır. Mermer, kolay cilalanabilir özelliğe sahiptir (MEB, 2013).

Gnays: Gnaysik yapıda olan, çoğunlukla mikaya benzer levhamsı minerallerle aralanmalı, kuvars ve feldspat gibi taneli mineraller açısından zengin, metamorfik bir kayadır (Şekil 2.9). Bu kayaç, magmatik bir kayaktan (ortognays) veya sedimanter bir kayaktan (paragnays) türeyebilir. Gnayslara çekiçle vurulduğunda farklı kalınlıklarda levhalara ya da prizmalara bölünebilir. Tabakalı yapıya sahip olduğu için don durumundan etkilenir ve kaldırım taşı ya da kırmataş olarak kullanılır (MEB, 2013).

2.2.2. Sertliklerine Göre Doğal Taşlar

Doğal taşlar, sahip oldukları yüzey sertliğine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, taşların çizilebilirliğine göre yapılabilir veya en yaygın olarak kullanılan mineral sertlik özellik belirleme yöntemi olan Mohs skalasına göre yapılabilir (Çizelge 2.1). Bu sertlik değeri, taşların kesilebilirliği ve işlenebilirliği gibi özellikleri etkileyebilir ve aynı zamanda cila alma kapasitesini de etkileyebilir. Örneğin, sert taşlar grubuna giren kayaçlar zor kesilebilir ve yüksek kesim maliyetleri gibi olumsuz özelliklerine karşın, düzgün yüzeyli plakalar elde edilmesi ve iyi cila alabilmeleri gibi avantajlar taşıyabilirler (Güneri, 2009).

Çizelge 2.1. Doğal taşların sertliklerine göre sınıflandırılması (Çapar, 2019; Onargan vd., 2005).

DOĞAL TAŞLAR			
Yumuşak Taşlar (Mohs Sertlik Değeri: 3,5 – 4)		Sert Taşlar (Mohs Sertlik Değeri: 6 – 7)	
Açık Renkli	Koyu Renkli	Açık Renkli	Koyu Renkli
Mermer	Renkli Mermerler	Granit	Diyabaz
Metamorfik Kalker	Renkli Metamorfik Kayaçlar	Siyenit	Gabro
Şistler	Yeşil Şistler	Kuvars	Serpantinit-Ultrabazik
Diğerleri	Diğerleri	Diyorit	

2.2.3. İşleniş Şekillerine Göre Doğal Taşlar

Doğal taşlar, yüzeyleri işlenerek farklı etkiler yaratmak için kullanılabilir. Yontma, taraklama, çekiçleme, kumlama ve cilalama gibi ince işçilik gerektiren işleme teknikleriyle taşta özgün bir karakter verilebilir (Hegger vd., 2007).

Doğal taşlar, kullanım şekillerine göre parlatılarak kullanılanlar, parlatılmadan kullanılanlar ve yüzeyi işlenerek kullanılanlar olarak sınıflandırılabilir (Angı, 2007).

- Parlatılarak kullanılan doğal taşlar arasında gerçek mermer, granit, gabro, siyenit, serpantin, kireçtaşı, oniks, diyabaz, traverten, gnays, konglomera gibi taşlar yer alır.
- Parlatılmadan kullanılan doğal taşlar arasında andezit, kumtaşı, bazalt, volkanik tüf ve tüfitler, marn, şist ve arduvaz-sleyt gibi taşlar bulunur.
- Yüzeyi işlenerek kullanılan doğal taşlar arasında granit ve traverten gibi taşlar yer alır.

2.3. DOĞAL TAŞ MALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI

Doğal taşlar, insanlar tarafından bilinen ve kullanılan en eski inşaat malzemelerinden biri olduğu gibi mimarlık ve sanat, aynı zamanda doğal taşların kullanım alanlarıdır. Çizelge 2.2’de bazı doğal taşların, fiziksel ve mekanik özelliklerine göre kullanıldıkları alanlar verilmiştir.

Çizelge 2.2. Fiziksel ve mekanik özelliklerine göre bazı doğal taşları kullanıldıkları yerler (Çapar, 2019; Rosen ve Heineman, 1996).

Cinsi		Granit	Kireçtaşı	Traverten	Kumtaşı	Arduvaz	Mermer
Tipi		Püskürük	Tortul	Tortul	Tortul	Başkalaşım	Başkalaşım
Renk		Geniş	Deve Tüyü, Gri	Ten, Deve Tüyü, Gri	Sarı, Kahverengi, Kırmızı, Ten	Mavi, gri, yeşil, kırmızı, siyah	Geniş
Kullanıldığı Yerler	En Sık	Dış ve iç yüzey kaplaması	Dış cephe kaplaması	Dış ve iç yüzey kaplaması	Dış cephe kaplaması	Kaldırımlar ve çatı kaplamaları	Dış ve iç yüzey ve döşeme kaplaması
	En Az	Kaldırım ve döşeme kaplaması	Harpuşta, denizlik, iç mekan duvar kaplaması	Kaldırım ve döşeme kaplaması	Kaldırımlar	Duvar kaplaması	Tezgahlar
Yoğunluk (gr/cm ³)		2.56 – 3.20	1.95 – 2.88	2.40	2.13 – 2.75	2.80 – 2.88	2.88 – 3.04
Basınç Dayanımı (N/mm ²)		139 – 309	19 – 193	32 – 97	31 – 108	124 – 185	93 – 162
Su Emme (Ağırlık %)		0.002 – 0.22	0.25 – 7.5	2 – 5	1.5 – 6	0.15 – 0.25	0.069 – 0.6

2.3.1. Doğal Taş Malzemenin Yapı İnşasındaki Kullanım Alanları

Doğal taşlar, geleneksel yapımda sıklıkla kullanılan malzemelerdir. Taşlar, oluşumları sonucu farklı yapıları nedeniyle farklı özelliklere sahiptir (Küçükkaya, 2014).

Yapıdaki kullanım yeri ve amacı bu özelliklere bağlı olarak belirlenir. Örneğin; birim hacim ağırlığı, su emme yüzdesi, dona dayanıklılığı, aşınma ve darbelere direnci gibi özellikler deneylerle ölçülerek taşıyıcı, yüzey elemanı ya da dolgu malzemesi olarak kullanım amacını belirler (Eriç, 2002).

Ayrıca taşların mineral bileşimi, yapısı, dokusu ve rengi de tasarımcıların mekân ölçeğinde nasıl ve nerede kullanacağına karar vermelerinde yol gösterir (Gürani ve Canbolat, 2012).

2.3.1.1. Taşıyıcı Eleman Olarak Doğal Taş Kullanımı

Taşların yapıda hangi kısımlarda kullanılabileceğini belirleyen en önemli etken, gözeneklilik, sertlik, suda çözünme oranı, homojen iç yapı gibi fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Örneğin, süsleme taşı olarak kullanılacak taşların kolay işlenebilirlik özelliği önemliyken, kaplama taşı olarak kullanılacak taşların renk ve doku gibi özellikleri daha önemlidir. Taşıyıcı duvar bileşeni olarak kullanılacak taşlarda ise sertlik, gözeneklilik, ağırlık gibi özellikleri daha önemli hale gelir (Küçükkaya, 2014).



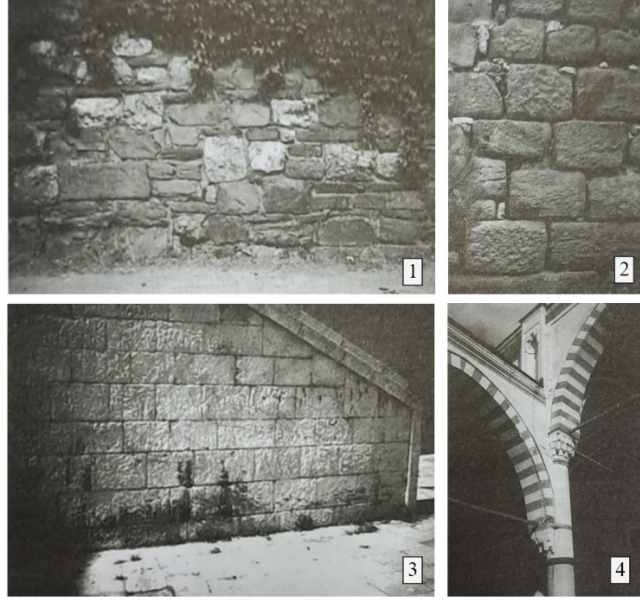
Şekil 2.10. Parthenon kalıntıları (Url 6).

Geçmişte inşa edilen yapılar, inşaat teknolojisi ve yakın çevreden kolay temin edilebilen taş malzemelerin kullanımı nedeniyle rasyonel bir çözümdü. Örneğin Parthenon Tapınağı'nın sütunları doğal taş malzeme ile inşa edilmiştir (Şekil 2.10). Yığma yapım tekniğinde, yapının alt bölümlerinde ağır malzemeler, üstlerde ise daha hafif malzemeler kullanılırdı (Şekil 2.11). Günümüzde de taş duvarların yüzey niteliği, kaba yüzey ya da kesme taş olması ve derzlerin çizgisel düzende ya da serbest düzene sahip olması, yapının mimari karakterini etkilemektedir. Bu özellikler, geçmişte olduğu gibi günümüzde de tasarımcıların yapıların estetik ve işlevsel özelliklerini belirlemede önemli rol oynar (Gürani ve Canbolat, 2012).



Şekil 2.11. Fatih Cami, İstanbul (Url 7).

Yığma yapılarda, duvarların stabilitesi açısından, moloz taş ve kaba yonu duvarlar için duvar kalınlıkları 50-60 cm'den daha az yapılmamalıdır, ince yonu ve kesme taş duvarlarda ise duvar kalınlık 30 cm'ye kadar düşürülebilir. Kesme taş duvarlarda kullanılan harçların kalınlığı asgari düzeyde olup, çimento şerbeti ile çözümlenebilir (Toydemir vd., 2019). Şekil 2.12'de farklı şekillerde işlenmiş doğal taşlar ile örülmüş duvar örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.12. Farklı şekillerde işlenmiş doğal taşlardan örülmüş duvar örnekleri 1 moloz taş duvar, 2 kaba yonu duvar, 3 ince yonu duvar, 4 kesme taş duvar (Toydemir vd., 2019).

Ortak tasarım dili oluşturma bakımından, taş duvar örgü biçimleri ve taş üzeri süsleme uygulamaları yöresel mimariyi belirler. Tekrar kullanılabilirliği bakımından sürdürülebilir bir malzeme de olan taş, geleneksel mimarimizde pek çok yörede, doğal yalıtım malzemesi olduğu için kullanımı tercih edilen bir malzemedir (Gürani ve Canbolat, 2012).

2.3.1.2. Kaplama Malzemesi Olarak Doğal Taş Kullanımı

Estetik görünüşün yanı sıra, kullanımı tercih edilen taşların doğal hava koşullarına dayanması ve yapının öngörülen ömrü boyunca sağlam kalması beklenmektedir. Taşın kullanılacağı bölgenin iklim şartlarına uygun olan taş veya yüzey silim işlemi seçilmelidir. Örneğin, düşük porozite ve düşük nem tutma özelliklerine sahip bir taşın, çok yağış alan bölgelerde, dış cephe kaplaması olarak kullanılması uygun olur. Bu özellikler yapının dayanıklılığını ve uzun ömürlü olmasını sağlar. Bu yüzden taş seçiminde yapının ihtiyacına uygun olan özellikleri dikkatli bir şekilde değerlendirmek gerekir (Güneri, 2009).

Isıya, suya ve neme karşı geçirimsiz olması ve hijyenik nedenler sebebiyle mermer, iç mekânda ve ıslak hacimlerde kullanılabilir (Şekil 2.13). Yüzeyinde bulunan katman izleri mekâna doğal görünüm vermek açısından olumlu etki sağlar. Buna karşın aside dayanıksız bir malzemedir (Gürani ve Canbolat, 2012).

Islak hacimler harici kapalı mekânlarda kullanılacak doğal taş malzemenin doluluk oranı ve aşınmaya karşı direnci, dış mekânlarda kullanılan doğal taş malzemeye oranla daha az olabilirken, ıslak hacim harici iç mekânlarda kullanılan taşların, dış mekânda kullanılan taşlara göre su emme oranı fazla olabilir. Granit, mermer gibi doğal taş malzemeler yapılar, yüzeyleri düzleştirilip parlatılarak kaplama olarak kullanılır. Kaymaz yüzey gerektiren alanlar için, kaymazlığı sağlamak adına doğal taş malzeme çeşitli yüzey uygulama işlemlerinden geçirilerek (honlama, çekiçleme, kumlama, yakma, vb.) mat ve pürüzlü yüzeyler elde edilir. Basamaklarda parlak yüzeyli kaplamalar tercih edilecek ise, kaydırmaz bantlar kullanılarak güvenlik sağlanmalıdır. Bu, basamaklardaki kayma riskini azaltır ve insanların güvenliğini sağlar (Akbulak, 2011; Gürani ve Canbolat, 2012; Can ve Ozipek, 2017)



Şekil 2.13. Doğal taşın iç mekânda kaplama olarak kullanımı (Akbulak, 2011).



Şekil 2.14. Ayasofya, İç Mekân Kuzey Duvar Taş Kaplamalarından Görünüm, Farklı Özellikteki Metal Donatılar Yardımı İle Sabitlenmiş Dış Cephe Kaplama Taşı (Buzlu ve Binan, 2022).

Karbondioksit (CO_2) ve kükürtdioksit (SO_2) asit yağmurlarına dönüşmektedir. Bu sebeple havada bu gazların yoğun olduğu bölgelerde, taşların tahrip olup renklerinin solmasını engellemek amacıyla, dış kaplamada kullanılmak için, asitlere karşı dayanıklı doğal taşlar seçilmesi gerekmektedir (Güneri, 2009).

Doğal taş malzemenin levha ebat ve kalınlık tercih edilirken, rüzgâr yükünün titizlikle hesaplanması, uygulanacak ankraj sistemi ve silim işlemi ve ekonomik koşullar dikkate alınarak yapılması gerekmektedir (Şekil 2.14) (Güneri, 2009).

Yoğunluğu ve sertliği yüksek olan, az gözenekli taşların iç mekândaki kullanımı; duvarlar için 1cm, iç mekânlarda zemin kaplaması olarak 2 cm kalınlıklarda olmalıdır. Yoğunluğu ve sertliği yüksek olan, az gözenekli taşların dış mekânlarda kullanımı; cephe ve zemin kaplaması için 3-3,2 cm arasındaki kalınlıklarda olmalıdır. Yoğunluğu ve sertliği düşük olan, çok gözenekli taşların iç mekândaki kullanımında zeminde döşeme olarak veya duvar kaplama malzemesi olarak kullanılacaksa en az 2 cm, dış

mekânda cephe kaplaması veya zemin döşemesi için 3,8-5 cm arasındaki kalınlıklarda seçilmelidir (Güneri, 2009).

2.3.1.3. Dolgu Malzemesi Olarak Doğal Taş Kullanımı

Dolgu malzemesi olarak kullanılan doğal taş malzemeler heterojen ve bol gözenekli yapıda olup izolasyon amacıyla kullanılan daha çok hafif malzemelerdir (Şekil 2.15). Yapıda dolgu ve izolasyon amacı ile bazı volkanik ve tortul taşları kullanılabilir (Ziyaettin, 2010).

Gabion duvar, doğal taşların metal bir kafes içerisine üst üste istiflenerek oluşturulan boşluklu yapıda bir duvardır. Bu şekilde özellikle sıcak iklim bölgelerinde doğal hava sirkülasyonunu engellemeden dolgu ile izolasyon sağlanmaktadır. Bu şekilde istiflenip boşluklu bir duvar örülerek ısı konforu ve mekânda görsellik oluşturmaktadır (Şekil 2.16). Bu özellikleri nedeniyle, dolgu ve izolasyon amacıyla kullanılan doğal taşlar hem estetik hem de işlevsel açıdan yararlıdır (Can ve Ozipek, 2017; Gürani ve Canbolat, 2012).



Şekil 2.15. Göz dolma tekniği ile yapılmış geleneksel Karadeniz konut örnekleri (Aydın ve Lakot Alemdağ, 2014).



Şekil 2.16. Gabion kafesi ve dış mekânda gabion duvar örneği (Toprak vd., 2016).

2.4. DOĞAL TAŞLARIN FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ

Malzeme seçiminde, teknik özellikleri temel alınır. Bu özellikler, malzemenin iç yapısını, yani fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini içerir. Bu özellikler, malzemenin ne şekilde kullanılacağına ve ne tür yükler altında dayanabileceğine dair bilgi verir. Bu nedenle, malzeme seçiminde teknik özellikler en önemli kriterdir (Hegger vd., 2007). Çizelge 2.3'te bazı önemli teknik özellikler ve ölçüm birimleri verilmiştir.

Doğal taşların fiziksel özellikleri, yapıda kullanım amacına göre değişebilir. Örneğin, brüt yoğunluk, malzemenin ağırlığını belirlerken, iletkenliği veya ısı tutma kapasitesi diğer önemli fiziksel özelliklerdir.

Mekanik özellikleri arasında, mukavemet, rijitlik, yüzey sertliği, süreklilik veya elastiklik yer alır. Bu özellikler, malzemenin kullanımını sınırlandırabilir veya kullanım alanlarını belirleyebilir. Örneğin, aşınma dayanımı, yoğunluk ve basınç dayanımının yüksek olması, su emme katsayısının ise düşük olması gerekir. Taşın su emme oranı, dona dayanımını etkileyen önemli bir faktördür. Porozite ve kapilarite gibi özellikler bu oranı etkiler. Eğer taşın su emme oranı yüksekse, (örneğin kumtaşı gibi) taşın su geçirgenliğine karşı korunması gerekir. Su geçirgenliğinin azaltılması, dona dayanımını artırır (Hegger vd., 2007).

Çizelge 2.3. Bazı önemli teknik özellikler ve ölçüm birimleri (Hegger vd., 2007).

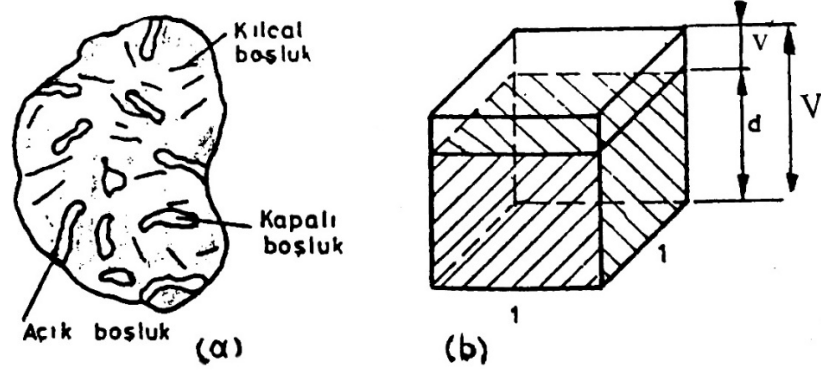
Özellikler	Ayrırt Edici Unsurlar	Simge	Birim
Fiziksel Özellikler	Brüt Yoğunluk	ρ	kg/m ³
	Isı İletkenliği	λ	W/mK
	Özgül Isı Kapasitesi	c	J/kgK
	Isı Depolama Hacmi	S	-
Mekanik Özellikler	Mohs Sertlik Skalası	HM	Wh/m ² K
	Basınç Dayanımı	f_c	N/mm ²
	Çekme Dayanımı	f_t	N/mm ²
	Elastisite Modülü	E	N/mm ²
Termodinamik Özellikler	Isı Genleşme Katsayısı	α	1/K
Nemle İlgili Özellikler	Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı	m	-
	Su Emme Katsayısı	ω	kg/m ² h ^{0.5}

2.4.1. Birim Ağırlık

TS EN 1936'ya göre birim ağırlık (ρ_b) (görünür yoğunluk), numunenin kuru kütlelerinin görünür hacmine oranı şeklinde tanımlanmıştır.

Birim hacim kütlesi, bir nesnenin kütlelerinin, boşluklu hacmine oranıdır. Bu değer büyük olması cismin gözeneksiz ve boşluksuz; küçük olması ise cismin gözenekli ve boşluklu olduğu anlamına gelmektedir (Toydemir vd., 2019). Şekil 2.17'de boşluk türleri ve dolu-boş hacim oranlarının şematik gösterimine yer verilmiştir.

Taş yapı malzemelerinden genellikle seramikler sınıfına giren, beton, kompozitler ve hafif yapı malzemeleri gibi, boşluklar içerebilir. Bu boşluklar, malzemenin birim ağırlığını, su emme oranını, geçirgenliğini, dona dayanımını, mukavemetini, ısı ve ses yalıtımını etkileyebilir. Bu nedenle, malzeme seçiminde boşlukların varlığı ve büyüklüğü dikkate alınmalıdır (Onaran, 2009).

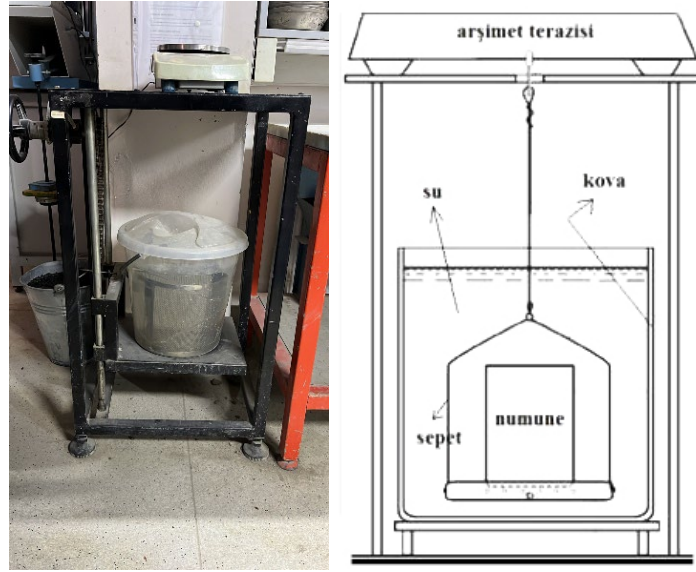


Şekil 2.17. a. Boşluk türleri, b. Dolu ve boş hacim oranlarının tanımı (Onaran, 2009).

Cisimlerin bulundurduğu boşluklardan dışarıyla bir bağlantısı olmayan boşluklar kapalı boşlukları oluştururken, doğrudan dış ortama açılanlar açık boşlukları meydana getirir. Açık ve kılcal boşluklar cisimlerin su emme yüzdeleri ve geçirimsizlikleri hesaplanırken büyük rol oynar. Düzgün geometrideki bir cismin boyutlarından yararlanarak o cismin görünür hacmi (V) kolaylıkla hesaplanabilir (Onaran, 2009).

Bir cismin kuru ağırlığını bulmak için öncelikle etüv ortamında 105°C 'de cismin ağırlığı sabit bir değere ulaşana kadar ya da yaklaşık 48 saat boyunca kurutulduktan sonra tartılır (Onaran, 2009).

Cismin kuru ağırlığı (m_d) saptandıktan sonra cisim, vakum kabı aracılığı ile kademeli olarak artan basınç altında cismin gözeneklerindeki hava uzaklaşana kadar bekletilir ardından kaba su ilave edilerek vakum kabı atmosfer basıncına getirilir.



Şekil 2.18. Arşimet terazisi.

Cismin su içerisindeki kütlesi arşimet terazisi yardımıyla (m_h) tartılır (Şekil 2.18). Cisim su içerisinde alınıp yüzeyi kurutulduktan sonra tekrar tartılır ve suya doymuş cismin kütlesi (m_s) tayin edilir.

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh} \quad (2.1)$$

Su ya da deneyde kullanılan sıvının yoğunluğu ρ_{rh} olarak gösterildiğinde yukarıdaki denklem yardımıyla cismin birim ağırlığı (ρ_b) (görünür yoğunluk) tespit edilir.

2.4.2. Özgül Ağırlık

Bir cismin içinde boşlukların olmaması durumunda, o cismin birim hacim kütlesine o cismin özgül kütlesi denir. Eğer bir malzemenin özgül kütlesi ve birim hacim kütlesi birbirine eşitse, o malzemenin boşluksuz olduğu anlaşılır. Genellikle, metaller ve sıvılar boşluk içermemektedir, bu nedenle bu tür malzemelerin özgül kütleleri birim hacim kütlelerine eşittir (Toydemir vd., 2019).

Özgül ağırlık hesaplanırken dolu hacim baz alındığı için, özgül ağırlık her zaman birim ağırlıktan büyüktür (Onaran, 2009).

Özgül ağırlık (gerçek yoğunluk) tayini için TS EN 1936’da tavsiye edilen iki yöntem vardır; piknometre deneyi ve Le Chatelier deneyi. Piknometre deneyi daha fazla vakit gerektirmesine rağmen daha doğru sonuçlar verirken Le Chatelier çok daha hızlıdır ancak doğruluğu daha azdır.

Piknometre deneyi için cisim 0,063mm elekten tamamen geçebilecek şekilde öğütülmelidir. Öğütülen cisim etüv ortamında sabit kütleye ulaşana dek kurutulur ve tartılır (m_e). Öğütülmüş (m_e) kütleli cisim yarısına kadar sıvıyla doldurulmuş piknometreye konur ve çalkalanır. Öğütülmüş cisim sıvı içerisinde çöküp sıvı berraklaştıktan sonra piknometre tamamen doldurulur. Piknometre içerisinde çökmüş öğütülmüş cisim ve sıvı ile tamamen dolu iken tartılır (m_1). Daha sonra boşaltılıp sadece sıvı ile doldurulan piknometre tartılır (m_2).

$$\rho_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \times \rho_{rh} \quad (2.2)$$

Piknometre deneyi sırasında kullanılan sıvı yoğunluğu (ρ_{rh}) olarak ifade edildiğinde cismin özgül ağırlığı (gerçek yoğunluk) (ρ_r) yukarıda verilen formülden hesaplanır.

Birim ağırlık hesabında Le Chatelier deneyi de kullanılabilir. Bu deneye göre Le Chatelier hacim ölçer kabına sıfır seviyesine göre sıvı ilave edilir. Daha sonra Öğütülmüş (m_e) kütleli cisim hacim ölçere ilave edilir ve hacim ölçer çalkalanır. Öğütülmüş cismin dibe çöküp sıvının berraklaşması beklendikten sonra hacim ölçer üzerindeki değer okunur. Bu değer öğütülmüş (m_e) kütleli cismin yer değiştirdiği sıvının hacmidir (V_s).

$$\rho_r = \frac{m_e}{V_s} \times \rho_{rh} \quad (2.3)$$

Le Chatelier deneyi sırasında kullanılan sıvının yoğunluğu (ρ_{rh}) olarak formüle yerleştirildiği zaman cismin özgül ağırlığı (gerçek yoğunluk) (ρ_r) yukarıda verilen şekilde bulunabilir.

2.4.3. Porozite-Kompozite (Doluluk-Boşluk)

Taş kökenli malzemelerde (taş, kiremit, tuğla beton gibi) özgül ağırlık ve birim ağırlık arasında her zaman bir fark bulunur. Malzemelerdeki boşluk ve doluluk oranlarının hesaplanmasında bu fark rol oynar. Cisimdeki boşluk hacmini cismin görölür toplam hacmine oranlayarak boşluk oranı (porozite) bulunurken, cismin dolu hacmini görölür hacime bölerek doluluk oranı (kompozite) elde edilir (Toydemir vd., 2019).

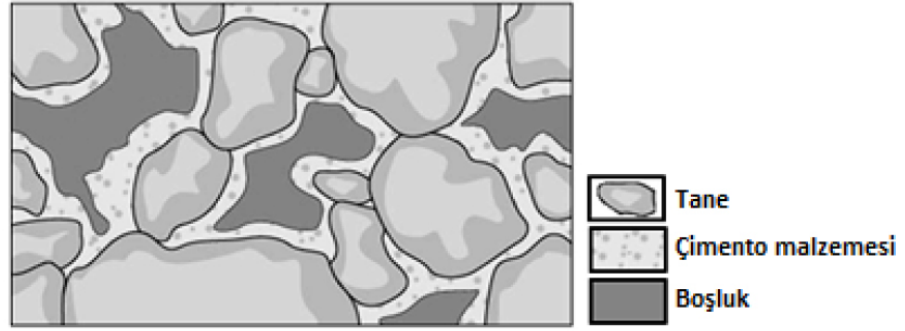
Porozite ve kompozite değerleri yüzdelik (%) değerlerdir ve formüllerde “p” poroziteyi ifade ederken, “K” kompoziteyi ifade eder. Porozite ve kompozite değerlerinin toplamı her zaman 1 değerine eşittir.

$$K + p = 1$$

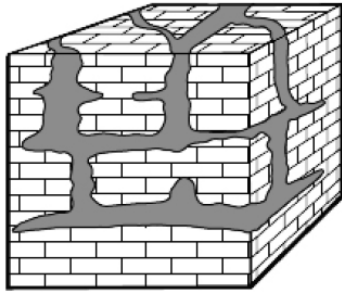
$$p = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_r}\right) \times 100 \quad (2.4)$$

Yapı malzemelerinin kompozite ve birim ağırlık değerleri azaldıkça ya da porozitesi arttıkça, ısı iletkenlik değerleri ve mukavemetleri azalır (Kocataşkın, 1975).

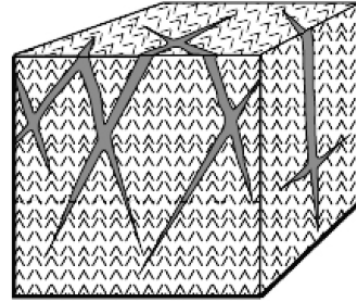
Gözeneklilik, kayaç oluşumu esnasında meydana gelen veya sonradan oluşan boşluklardır. Birincil porozite kayaçların çökmesi sırasında ortaya çıkar, örneğin kumtaşlarındaki aralarındaki boşluklar ve kireçtaşlarındaki kristaller arasındaki boşluklar. İkincil porozite, kayaçların çökmesi sonrası oluşan boşluklar, örneğin kireçtaşlarındaki çatlaklar ve erime boşlukları veya mağaraları. Birincil gözenekli kayaçlar daha düzenli bir yapı sergilerken, ikincil gözenekli kayaçlar daha düzensiz bir yapıya sahiptir (Emir, 2017). Şekil 2.19’da çeşitli kayaçlardaki boşluk yapısı verilmiştir.



a. Kumtaşı



b. Kireçtaşı



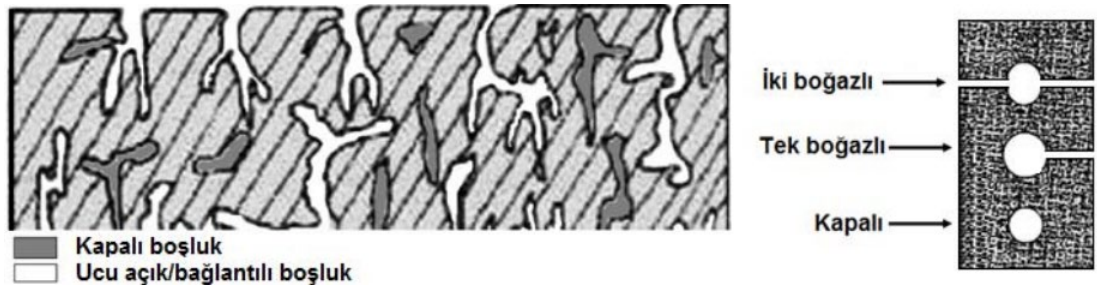
c. Granit

Şekil 2.19. Çeşitli kayalardaki boşluk yapısı (Emir, 2017).

2.4.4. Su Emme Oranı

TS 699 ve TS EN 1097-6'ya göre su emme oranı, suyun cismin sahip olduğu boşluklara yerleşmesiyle, cismin kuru kütlesinin artma oranı şeklindedir.

Su emme, hacimce su emme oranı ve kütlece su emme oranı şeklinde ikiye ayrılır (Bayram, 2009).



Şekil 2.20. Kayalardaki boşluk/gözeneklilik tipleri (Emir, 2017).

Malzeme içerisinde yer alan boşluklar dışarıya kapalı ya da açık olabilir. Cisim suyla temas ettiğinde dışarıyla ilişkili boşluklara su dolarken kapalı boşluklarda bir değişiklik olmaz. Dolayısıyla kapalı boşluklar su emme ve geçirimsizlik özelliklerine etki etmezler (Emir, 2017). Şekil 2.20’de kayalarındaki boşluk/gözeneklilik tipleri verilmiştir.

Normal şartlar altında cismin sahip olduğu açık boşlukların (dışarıyla bağlantılı boşlukların) yalnızca bir kısmı ölçülebilir. Bu duruma hava kabarcıklarının cisimdeki kılcal boşluklarda sıkışması sebep olur. Hava vakumlu sistemlerle basınç yardımıyla ya da suyun kaynatılmasıyla bu hava kabarcıklarının yerini suyla doldurmaya çalışmak deney sonucunun doğruluğunu artırır (Onaran, 2009).

Ölçüm yapılacak numunelerin boyutlarına göre su emme oranını saptamak için farklı deney yollarına başvurulabilir. 0,063mm ile 31,5 mm arası tane büyüklüğüne sahip cisimler için piknometre deneyi uygulanırken, 31,5 mm ile 63 mm arası tane büyüklüğündeki cisimler için tel sepet deneyi tercih edilmelidir (TS EN 1097-6, 2002).

Tel sepet deneyi için malzeme numuneleri bir sepet içine dizildikten sonra, sepet su içerisine daldırılır. 25 tekrar olmak üzere, saniyede bir kere sepet suyun içerisinde yaklaşık 25mm’lik bir düşme hareketi gerçekleştirir. Bu şekilde numunenin açık kılcal boşluklarında sıkışmış olan hava kabarcıklarından kurtulmak amaçlanır. Daha sonra numuneler sudan çıkartılır ve yüzeyleri tamamen kurulanır. Suya doygun ancak yüzeyi kurutulmuş numuneler tartılır (m_s). Numuneler Etüvde kurutulmuş sabit kuru kütle saptanır (m_d). Su emme oranı (WA_{24}) (24 saatlik suda bırakma için), kütle bazında hesaplanır.

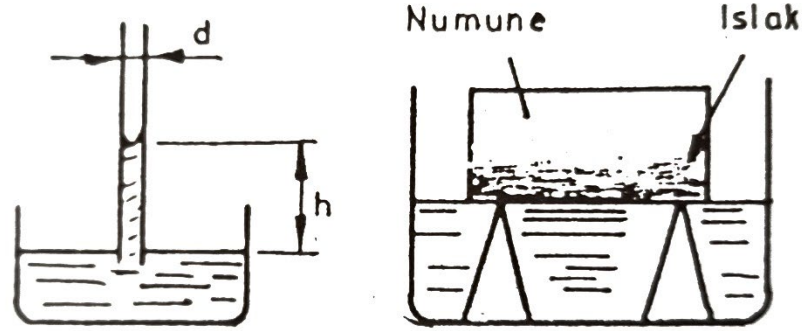
$$WA_{24} = \frac{100 \times (m_s - m_d)}{m_d} \quad (2.5)$$

2.4.5. Kılcallık (Kapilarite) ve Su Geçirimsizliği (Permeabilite)

Basınç altında olsun ya da olmasın malzemelerin yapısındaki kılcal boşluklardan sıvıların ya da gazların ilerlemesi son derece doğaldır. Günlük koşullarda

malzemelerin yapısındaki kılcal boşluklara en sık dolan akışkanlar su buharı ve sudur. Yapı malzemelerinin dışarıdan içeriye su almaması ancak içerideki su buharını dışarı geçirmesi aranan bir özellik olduğundan su geçirimsizliği yapı malzemeleri için önemli bir etkidir (Onaran, 2009).

Kılcal su emme, malzemenin tabanından malzemeye temas eden suyun kılcallık etkisi ve zamanla malzemedeki kılcal boşluklardan yükselerek ilerlemesidir ve bu ilerleme sonucunda malzemedeki ağırlık artışı gözlemlenerek ölçülür (Toydemir vd., 2019).



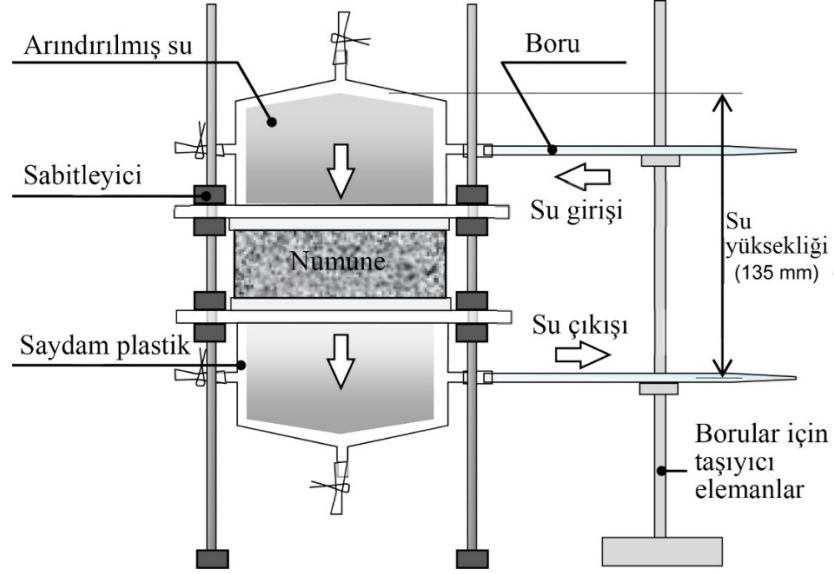
Şekil 2.21. Kılcal (Kapiler) su emme ve yüzeysel su emme (Onaran, 2009).

Kılcal boşluklardan emilen suyun ulaştığı yükseklik atmosfer basıncı ile doğru orantılıyken, kılcal boşlukların çapı ile ters orantılıdır. Kuru ağırlığı bilinen bir malzemenin kılcallık katsayısına ulaşmak için malzeme Şekil 2.21'deki gibi ölçüm kabına yerleştirilir. Sistematik şekilde ağırlık ölçümleri yapılarak emilen su miktarı belirlenir (Onaran, 2009).

$$K = \frac{m_k}{A_k \times \sqrt{t}} \quad (2.6)$$

TS EN 1925'e göre toplam emilim süresi (t) (saniye) ve emilen suyun kütlesi (m_k) (gram) (son numune kütlesinden kuru numune kütlesi çıkartılarak belirlenen) ve kütlenin suyla temas ettirilen yüzey alanı (A_k) (m^2) bilinerek, kılcallık katsayısı (K) ($gr/m^2\sqrt{sn}$) yukarıdaki formülle bulunur.

Basınç etkisindeki su geçirirliğini bulmak için ölçüleri bilinen bir örnek malzemenin üst ve alt yüzeyleri arasında farklı basınç değerleri oluşturularak sıvının yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine hareketi zorlanır. Hareket eden sıvı miktarı baz alınarak hesaplanan değer basınç su geçirirliğı (permeabilite) değeridir ve D'arcy katsayısı olarak da bilinir (Toydemir vd., 2019).



Şekil 2.22. Permeabilite deney cihazının şematik gösterimi (Nishiwaki vd., 2015).

Bir “ A_g ” yüzey alanına ve “ d ” kalınlığına sahip malzemenin su geçirirliğini (λ) ölçmek için numunelerin oda sıcaklığında yaklaşık 24 saat süreyle kurutulması gerekir. Kuru numune deney cihazına (Şekil 2.22) yerleştirilir. Deney numunesinin üst yüzeyi gelecek basınçlı suyun kaçmaması için kauçuk malzemeyle birlikte deney cihazının silindir yüzeyine sıkıştırılarak sabitlenir. Deney sonucunun doğruluğu açısından numunenin alt yüzeyinin deney boyunca kurumaması için çalışma en az %90 bağıl neme sahip bir ortamda yapılmalıdır. Numune deney süresince dikkatlice gözlenerek numunenin alt yüzeyinde su birikmesi/damlaması görülen ilk süre ve sızan suyun debisi (q) kayıt edilir. Damlama ya da birikme olmazsa gönderilen suyun basıncı ve süresi sistematik olarak artırılarak deneye devam edilir (TS 699, 2009).

$$\lambda = \frac{q \times d}{A_g \times p} \text{ (cm/s)} \quad (2.7)$$

Uygulanan suyun basıncı “p” olarak formüle yerleştirildiğinde malzemenin su geçirirlik katsayısı (λ) TS 699’a göre yukarıda verilen formülle hesaplanır.

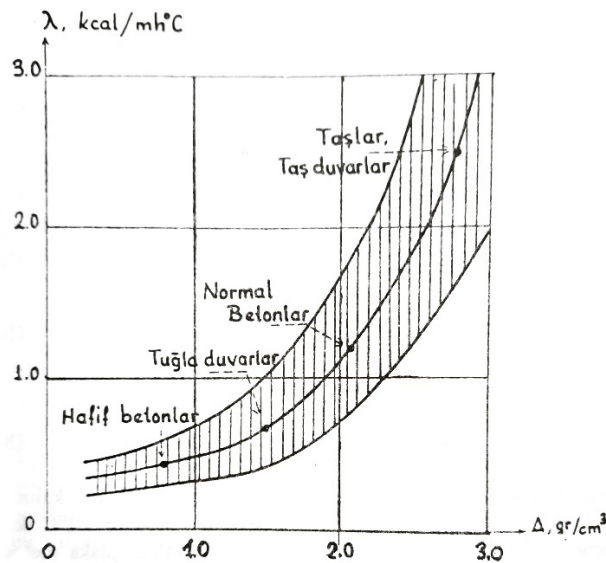
2.4.6. Isıl İletkenlik Katsayısı

Cisimler yapılarındaki taneciklerin titreşim hareketiyle ısı enerjisini yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru iletirler. Bu iletim sırasında atomlar yer değiştirmez, sadece enerji akışı meydana gelir. Bu akışın tetiklenmesi için iki nokta arasında sıcaklık farkı şarttır. “A_i” yüzey alanına ve “e” kalınlığına sahip bir plağın bir yüzeyi “t₁” diğer yüzeyi daha düşük bir sıcaklık olan “t₂” sıcaklığında iken plağın yüzeyleri arasında geçiş yapan enerji miktarı “Q” şu şekilde hesaplanabilir (Kocataşkın, 1975).

$$Q = \lambda \frac{A_i \times (t_1 - t_2)}{e} \quad (2.8)$$

Isıl iletkenlik katsayısı (λ) 1 m kalınlığındaki bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasında bulunan 1°C’lik sıcaklık farkı dolayısıyla meydana gelen 1 m² alandaki birim zamanda iletilen ısı miktarıdır (Toydemir vd., 2019).

Porozite ve ısı iletkenlik arasında ters bir ilişki vardır (Şekil 2.23) (Kocataşkın, 1975).



Şekil 2.23. Taş türevi malzemelerde birim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi (Onaran, 2009).

2.4.7. Sertlik

Malzemelerin önemli mekanik özelliklerinden birisi olan sertlik, cismin yüzeyine batırılmaya çalışılan nesneye gösterdiği dirençtir. Tahribatsız bir deney yöntemi olan sertlik deneyi cismin yüzeyinde meydana getirilen kalıcı ya da geçici (plastik) izin büyüklüğüyle cismin sertliğini belirler. Sertlik ölçme birimi olarak kabul görmüş Mohs sertlik ölçütüne (Çizelge 2.4) göre yüzeyleri sürtülen iki cisimden yüzeyi çizilenin sertliği diğerinin sertliğinden daha düşük kabul edilir (Onaran, 2009).

Çizelge 2.4. Mohs sertlik cetveli (Çapar, 2019).

Sertlik Derecesi	Mineral	Kimyasal Bileşim
1	Talk	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	Jips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Kalsit	$CaCO_3$
4	Fluorit	CaF_2
5	Apatit	$Ca(PO_4)_3(Cl,F,OH)$
6	Ortoklas	$CaAl_2Si_2O_8$
7	Kuvars	SiO_2
8	Topaz	$Al_2SiO_4(F,OH)_2$
9	Korondum	Al_2O_3
10	Elmas	C

Doğal taşlar aşınmaya karşı verdikleri dirence göre sertliklerini gösterirler. Taşın sertliği taşın kesilmesi ve işlenmesi gibi işletmelerde taşın rolünü belirler (Güneri, 2009).

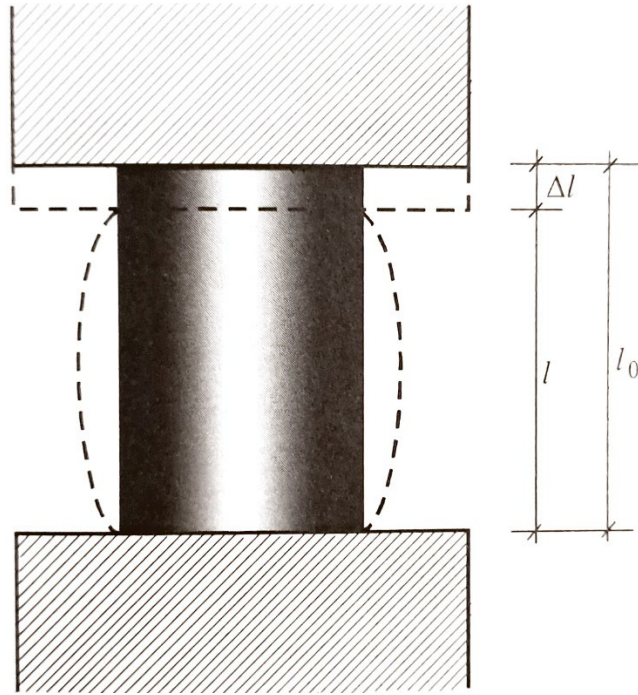
2.4.8. Basma Dayanımı

Malzemenin basma yüklerine karşı gösterdiği direnç basma dayanımıdır (Çakır, 2019). Yüklenen yük cismin basınç dayanım değerini aştığında cisim kırılır. Bu durum malzemenin kullanım yerini belirlerken basınç dayanımının göz önünde bulundurulmasının önemini vurgular (Onaran, 2009).

Düzgün bir biçime sahip malzemelerin basınç dayanım sınırlarını belirlemeyi hedefleyen deney, tek eksenli basınç dayanımı deneyidir (Çakır, 2019). Numunenin sadece düşey doğrultuda basınç yükü tesirinde olması ya da bu doğrultuda sıkıştırılması sebebiyle deney bu şekilde isimlendirilmiştir (Emir, 2017). Bu deney yönteminde malzemeye uygulanan düşey kuvvet ile belirlenen cismin kırılma yükü (F), kuvvetin uygulandığı kesit alanına (A) oranlanarak cismin düşey kuvvetlere karşı basınç dayanımı (σ_b) saptanır (Çapar, 2019; Onaran, 2009).

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \quad (2.9)$$

Tek eksenli basınç dayanımı malzemenin boy/kesit alanı oranıyla ters orantılıdır. Yaygın olarak 54.7 mm çaplı karot (NX) ya da boy/kesit alanı oranı 2.5-3.0'a yakın olan ölçüdeki numuneler tercih edilir (Emir, 2017).



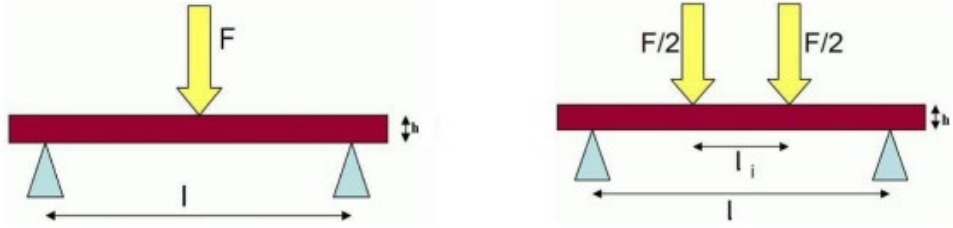
Şekil 2.24. Basma yükü altında cismin şekil değiştirmesi (Toydemir vd., 2019).

Malzemenin yüzeyine uygulanan kuvvetler cismin yüzeyinden iç kısımlarına doğru etki eden basınç gerilmelerine yol açar. Bu gerilmeler altında, uygulanan yük doğrultusunda malzemenin boyu kısalırken yanal doğrultuda malzemenin uzadığı görülebilir (Şekil 2.24) (Onaran, 2009).

2.4.9. Eğilme Dayanımı

Kiriş gibi yatay taşıyıcı elemanlar eğilme momentine maruz kalırlar. Bu moment taşıyıcı elemanın tüm bölgelerinde etkisini gösterir. Destek noktaları arasındaki uzaklık, taşıyıcının kalınlığı ve boyutu eğilme momentine göre belirleneceğinden dolayı, doğal taş malzemelerden elde edilen elemanların boy ve kalınlıkları belirli ölçülerde oldukları için bu malzemelerde eğilme dayanımı kritik bir belirleyici değerdir (İnal, 2022).

Doğal taşlar için eğilme dayanımı deneyleri TS EN standartlarınca 2 gruba ayrılmışlardır. Bunlar, üç noktalı eğilme dayanımı (yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini) ve dört noktalı eğilme dayanımı (sabit moment altında eğilme dayanımı tayini) şeklinde belirtilmiştir (Şekil 2.25) (İnal, 2022).



Şekil 2.25. Üç noktalı ve dört noktalı eğilme dayanımı gösterimi (İnal, 2022).

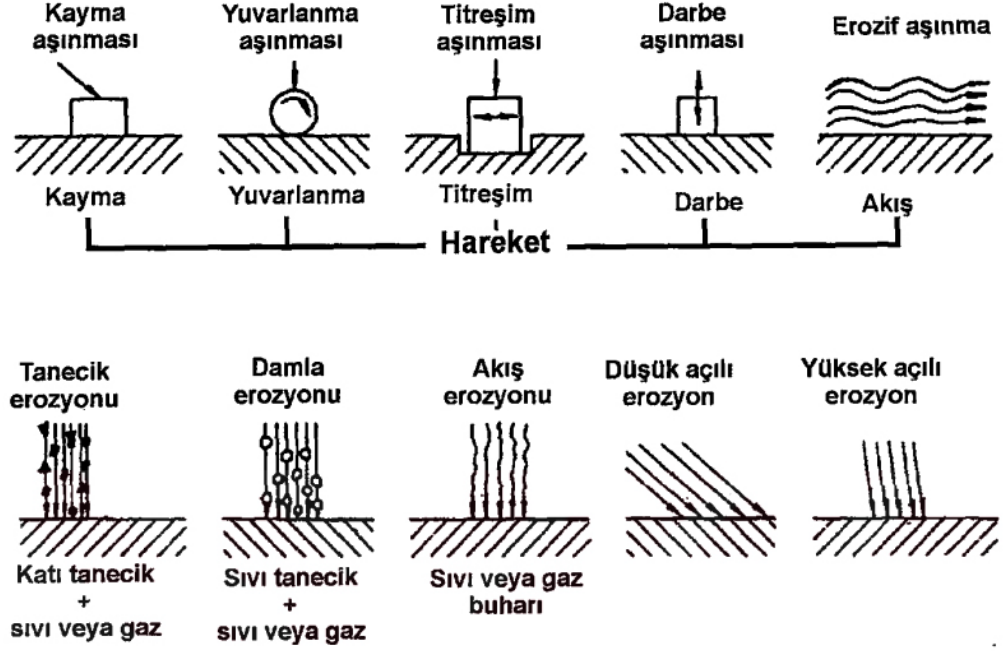
$$\sigma_m = \frac{3P \times l}{2bh^2} \quad (2.10)$$

Birbirinden “l” uzaklıktaki destek noktalarına yerleştirilen “h” yükseklikli ve “b” kalınlıklı bir malzemenin orta noktasından uygulanan “P” kuvveti altında gösterdiği yoğun yük altında eğilme dayanımı yukarıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

2.4.10. Aşınma Dayanımı

Sürtünmenin meydana geldiği yüzeylerde yaşanan malzeme kaybı olarak ifade edilen aşınma çeşitli sebeplere bağlıdır. Cismin türü, biçimi, sertliği, sürtünmenin gerçekleştiği ortam koşulları ya da kimyasal etkiler sürtünmeyle yakından ilişkilidir.

Doğal şartlar altındaki aşınmayı tamamen durdurmak olanaksızdır (Çapar, 2019; Onaran, 2009; Toydemir vd., 2019)



Şekil 2.26. Aşınma çeşitlerinin şematik gösterimi (Sarı, 1999).

Aşınma olayı çok çeşitli nedenlerden ötürü gerçekleştiği için (Şekil 2.26) aşınma direncinin tam olarak ifadesi mümkün değildir. Bu durum aşınma direncinin heaplanmasına yönelik birçok farklı deney yolu geliştirilmesine sebep olmuştur (Onaran, 2009).

Aşınma direncini saptamak için yapılan deneylerde belirli bir süre zarfında ve belirli bir kuvvet altında kayma, yuvarlanma ya da bunlara benzer hareketler numune üzerinde aşınmaya sebebiyet verir. Numune yüzeyinde gerçekleşen bu olay sonunda kaybolan ağırlık ya da hacim değerleri aşınma miktarını verir (Onaran, 2009).

Malzemenin diğer fiziksel ya da mekaniksel özelliklerinde olduğu gibi aşınma dayanımı da bir cismin nerelerde kullanılabilmesine dair ipuçları veren önemli bir değerdir. Örneğin döşeme taşı olarak kullanılacak bir malzemenin aşınma dayanımının yüksek olması gerekmektedir (Güneri, 2009).

Malzemenin mineral içeriği de yaşanacak aşınma kaybı miktarı hakkında bilgi verebilir. Örneğin, yapısında karbonat içeren taşlar, daha sert olarak bilinen magmatik kökenli taşlara göre daha fazla aşınma kaybına uğrar (Çapık & Yılmaz, 2009).

2.4.11. Dona Dayanımı

Bir yapı malzemesinin sahip olması istenen bazı dış koşullara karşı dayanım özellikleri vardır. Bunlardan birisi olan dona dayanım özelliği, özellikle soğuk yörelere inşa edilen yapılarda kullanılan malzemeler için kritik bir değer taşır. Malzemelerin donma ve çözülme olayları sonucunda kayba uğramaları istenmez (Ones, 1988).

Yapı malzemeleri yapılarında bulunan boşluklara su alması ve bu suyun donarken yaklaşık %10 oranında hacimce genişlemesi, malzemenin tanecikleri arasında birtakım iç gerilmeler yaratır. Önce donup sonra çözülen malzemeler bu gerilmeler yüzünden zamanla yorulur ve zarar görür. Donma çözülme döngüsü tekrarlandıkça, malzemenin aldığı hasarın büyüklüğü artar (Akman, 1990).

Donma-çözülme döngüsünün sıkça tekrar ettiği yörelerde su emme oranı düşük kompozitesi yüksek malzemeler tercih edilmelidir (Güneri, 2009).

Deneyle yardımcıyla yapı malzemesinin dona dayanımı bulunabileceği gibi malzemenin halihazırda kullanıldığı örnekler ve bunların içinde bulunduğu atmosfer koşulları incelenerek de malzemenin dona dayanımı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Dona dayanımın deney yapılmadan saptandığı durumlarda hem normal su emmesi değeri %0,5'den küçük hem de doyma derecesi %80'den küçükse malzemenin dona dayanıklı olduğu söylenebilir (Akman, 1990).

2.5. DOĞAL TAŞ MALZEMELERDE GÖRÜLEN BOZULMALAR

Doğal taşlar, çevresel. doğal ve insan kaynaklı nedenlerden dolayı bozulma riski taşır. Atmosferdeki zararlı gazlar, tuzlar ve don, taşın çürümesine neden olurken, katranlı bileşenler, nem, yağmur suyu ve metaller, taşın lekelenmesine yol açar. Ayrıca rüzgâr, sıcaklık değişimleri, ıslanma-kuruma döngüleri, yangın, insanlar, hayvanlar, bitkiler,

yosun, bakteriler ve mantarlar gibi canlılar da taşların bozulmasına yol açar (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Taş yüzeyleri, hava etkisiyle, fiziksel ve kimyasal değişimlere maruz kalarak bozulur. Bu bozulma türü ve derecesi, taşın türü, boyutu, detayları, konumu ve yapıda kullanıldığı yere göre değişebilir. Atmosferik kirlilik, canlı etkenler, su ve rüzgâr gibi nedenlerle taşta bozulmalar oluşur (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Patina, taş yüzeyinde oluşan bir film tabakasıdır (Küçükkaya, 2014). Bu tabaka taş ocağın çıkarıldığı andan itibaren taşın yüzeyini kaplamaya başlar ve taşın rengini farklılaştırır. Patina, taşın eskilik değerini arttıran bir koruyucu tabakadır ve kirlilik ile karıştırılmamalıdır.

Taşlarda ortaya çıkan bozulmalar, çürüme, lekelenme, canlılar ve insanlar tarafından meydana gelir. Bu bozulmaların önlenmesi veya düzeltilmesi, etkili bozulma nedenine ve taşın yapısına göre farklı teknikler gerektirir.

Yapılan araştırmalar sonucunda tortul taşların bozulma-alterasyon sürecinin metamorfik ve magmatik taşlara kıyasla daha çabuk gerçekleştiği görülmüştür. Özellikle kalker, konglomera, kumtaşlarında erime, çiçeklenme, ayrılma ve kabuk oluşumu gibi değişimler daha sık rastlanır. Metamorfik ve magmatik kökenli taşlar ise yapı ve dokularından dolayı tortul taşlardan daha dirençlidir (Ali & Murat, 2012).

2.5.1. Çürüme İle Bozulma

Taş malzemelerde çürüme, mimari detayların yok olmasına yol açabilecek madde kaybına neden olan bozulma türüdür. Bu bozulmanın nedenleri arasında, tuz kristallerinin oluşumu, asit gazların etkisi ve don olayları yer alır. Şekil 2.27'de çürüme ile bozulmaya örnek verilmiştir.



Şekil 2.27. Tuncelideki tarihi mezarda çiçeklenme (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

2.5.1.1. Tuz Kristalleri

Taşların çürümeye uğramasına neden olan en önemli etkenlerden biri, içerdikleri boşluklarda eriyen suyun yapısında tuz kristalleri bulunmasıdır. Bu tuzlar, taşların yüzeyinde veya içinde yer alan gözeneklerin veya çatlakların içine yerleşir ve suyun buharlaşmasıyla birlikte hacimce büyürler. Bu tuz kristalleri, zaman içerisinde artan bir basınç uygulayarak, taş dokusunu parçalayarak çürümeye neden olurlar. Bu tuz kristalleri, zaman içerisinde artan bir basınç uygulayarak, taş dokusunu parçalayarak çürümeye neden olurlar (Ashurst & Ashurst, 1990).

Kireçtaşı kullanılan tarihi yapıların ve anıtların aşınmasının ana nedenlerinden biri, tuz kristallerinin oluşmasıdır. Özellikle gözenekli taşlarda, suyun yükselmesi nedeniyle alt kısımlar kururken üst kısımlar nemli kalır ve gözeneklerdeki suyun basıncı farklı dirençli kısımların oluşmasına neden olur (Ali & Murat, 2012).

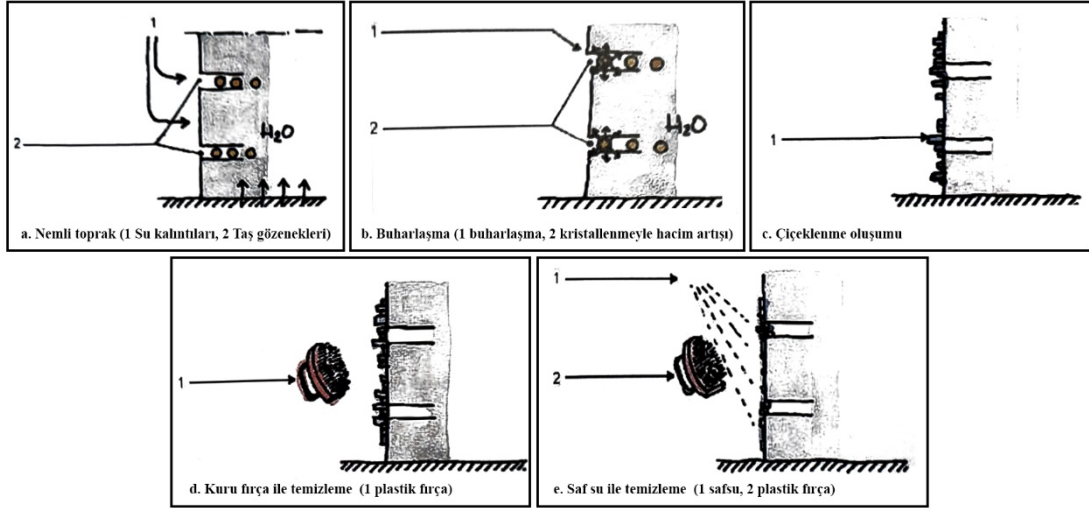
Tuzların taşlarda oluşturduğu etkiler, çeşitli kaynaklardan beslenen sodyum, potasyum ve magnezyum tuzlarının çiçeklenmesi şeklinde ortaya çıkar. Bu etkiler, taşın yüzeyinde ve iç kısmında görülebilir. Yüzeyde ortaya çıkan tuz etkisi çiçeklenme olarak adlandırılırken, iç kısmında gerçekleşen etki kript (gizli)-çiçeklenme olarak tanımlanır (Ashurst & Ashurst, 1990). Çizelge 2.5'te yapı malzemesinde bozulmaya sebep olan tuzlar ve kaynakları verilmiştir.

Çizelge 2.5. Yapı malzemesinde bozulmaya sebep olan tuzlar ve kaynakları.

Tuzun türü	Genel Kaynaklar
Sodyum Sülfat	Deterjanlar; toprak, bazı pişmiş tuğlalar, işlenmiş katı yakıtlar hava kirliliğinin* sodyum karbonat ile etkileşimiyle.
Sodyum Karbonat (Yıkama sodası)	Deterjanlar; temizlik malzemeleri, kalker yüzeyli cepheler için bazı hazır temizlik malzemeleri, taze beton ve çimento esaslı harçlar.
Magnezyum Sülfat (Epsom tuzu)	Bazı pişmiş kil tuğlalar; hava kirliliğinden* etkilenmiş dolomitli kalker taşları üzerindeki yağmur yıkamaları.
Potasyum Karbonat	Taze beton ve çimento esaslı harçlar, yakıt külü ve harç külü.
Potasyum Sülfat	Bazı tuğla türleri; potasyum karbonat ile hava kirliliğinin* etkileşimi ile.
Sodyum Klorid (Genel tuz)	Denizsuyu, yol ve kaldırımlarda kullanılan buz eritici tuz, et korumada kullanılan tuz, toprak.
Potasyum Klorid	Toprak.
Kalsiyum Sülfat	Birçok pişmiş kil tuğlalarının türü; hava kirliliğinden* etkilenen kalker taşı ve dolomitli kalker taşı, yol plasterlerine döşenen alçı taşı.
Sodyum Nitrat (Şili güherçilesi)	Toprak, korunmuş et, gübreler.
Potasyum Nitrat (Güherçile)	Toprak, gübreler, barut.
*Burada bahsedilen sülfür oksitlerinden ve sülfirik asitlerden kaynaklanan hava kirliliğidir.	

Tuz etkisi, taşların yapısındaki gözeneklerde ve boşluklarda gerçekleşir ve taşın dayanımını azaltabilir. Bu sebeple düşük poroziteli taşlar daha yüksek dayanım gösterir ancak büyük ve güçlü gözenek duvarlarına sahip taşların tuz kristallerine karşı dayanımı da yüksektir (Ashurst & Ashurst, 1990). Bazı taşlar, düşük gözeneklilik oranına sahip olmalarına rağmen, tuz etkisine karşı daha dayanıklı olabilir. Bu nedenle, tuz kristallerine karşı dayanımın öncelikli olarak gözenek boyutları ve yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Tuz etkisi, mermerlerde şekerlenme şeklinde görülürken, kumtaşlarında ve kireçtaşlarında çiçeklenme olarak ortaya çıkar. Mermerlerin gözenekliliği nedeniyle tuz kristallerine karşı yüksek dayanım gösterirken, kireçtaşlarının dayanımı gözenek boyutlarına ve yapılarına göre değişebilir. Kumtaşlarının tuz kristallerine karşı dayanımı ise kireçtaşlarının dayanımıyla benzer şekildedir. Şekil 2.28’de malzeme gözeneklerinde çiçeklenme oluşum süreci verilmiştir (Zakar & Eyüpgiller, 2015).



Şekil 2.28. Malzeme gözeneklerinde çiçeklenme süreci (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Kalkerli taş, kalsitin termal genişleme katsayısının kristal içindeki yönüne göre değişmesi nedeniyle sıcaklık değişikliklerine nispeten hassastır. Bu nedenle, sıcaklık farkları kristaller arasındaki bağların kopmasına ve malzemenin su absorpsiyonu ve porozitesinde artışa neden olabilir (Wessman, 1997). Ancak, ince kristalli ve sedimenter kireçtaşlarında bu durum geçerli değildir. Alçıtaşı oluşumu, mermerde kristaller arasına girerken, kireçtaşında kapiler damarlarda ilerler ve kireçtaşı yüzeyi sürekli alçıtaşı kabukla kaplanır. Metamorfik mermer kristalleri arasındaki bağlar zayıflar, kopar ve "mermerin şekerlenmesi" denilen durum ortaya çıkar (Ersen, 1991)

Yağmur suları atmosferden yeryüzüne düşerken erimiş atmosfer gazlarını içerir. Bu nedenle, yağmur suları aynı etkiyi gösterir. Yağmur sularının pH değerleri genellikle ortalama 6 civarındadır ve ısı etkisi göstererek karbonatlı kayaçları (kireçtaşı, dolomit, traverten, mermer) eritir (Ali & Murat, 2012).

2.5.1.2. Asidik Gazlar

Asitli hava koşullarındaki gazlar ve kirlilik, taşlar üzerinde önemli ölçüde çürütücü bir etkiye sahiptir. Kireçtaşı gibi taşların yüzeylerinde, sülfür bazlı gazların etkisiyle oluşan bir bozulma sonucu oluşan kabuklar gözlenir (Şekil 2.29). Kabuklar, taş içerisindeki kalsiyum bileşeninin sülfür gazının suda çözünmesiyle oluşan sülfürik asit ile tepkimeye girdiği alçı oluşumudur (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Taş yüzeylerinde meydana gelen kırıntılanmalar, is ve toz birikintileri nedeniyle renkleri gri ile koyu siyah arasında değişebilir. Kalınlıkları genellikle yaklaşık 1 mm civarındadır. Kırılmalar, tüm karbonatlı taşlar için yaygındır ve özellikle mermer ve kalkerlerde sıkça görülür. Bu oluşumda, atmosferik etkilerin rolü büyüktür ve büyük şehirlerde kirlilik seviyeleri daha yüksek olduğu için daha fazla görülür. Ayrıca, yapının yağmur alan ve almayan bölgelerinde farklılık gösterir (Çorapçioğlu, 1983).

Kabukların rengi, toz, karbon ve katran gibi parçacıkların yapışmasıyla koyulaşır. Yağmur suyunun taşın yüzeyini sürekli olarak yıkaması sonucu alçının üzerindeki kir ve siyah tabaka azalır. Alçı ve türevi malzemeden yapılmış nesnelerin sürekli yağmur suyu ile yıkanması, cisimlerin üzerindeki kir ve siyah tabakayı ortadan kaldırarak cismin kütle kaybetmesine sebep olur (Zakar & Eyüpgiller, 2015).



Şekil 2.29. Doğal taş malzemede kabuklanma örneği (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Nem, kireçtaşlarını etkileyen asit içermeyen yağmur suyu yoluyla doğrudan veya dolaylı olarak kalsiyum sülfat (alçıtaşı) oluşumuna sebep olur. Aynı zamanda, alçıtaşı kabuğu sertleşir ve cam benzeri bir yapıya dönüşür. Ancak, kireçtaşlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri farklı olduğundan, temiz bir atmosfer içinde bile asit içermeyen yağmur suyunun etkisi sonucunda farklı davranışlar sergileyebilirler.

Kireçtaşıdan yapılmış yapının yüzeyinde, yağmur suyunun neden olduğu çözünme oranı, bin yıl içinde 3-20 mm arasında değişebilir. Bu nedenle, kireçtaşının korunması için uygun önlemler alınmalıdır (Ali & Murat, 2012).

Kireçtaşında olduğu gibi mermerlerde de asit etkisi altında ince bir alçı film tabakası meydana gelir. Ancak düşük gözeneklilik oranı nedeniyle bu film tabakası genellikle kabuk haline dönüşmez. Suyla yıkanan mermer yüzeylerindeki film tabakaları zamanla çözünecek ve kirli bir görünüm oluşmayacaktır. Cilalı mermer yüzeyleri ise hızla pürüzleşebilir (Ashurst & Ashurst, 1990). Granit, feldispar, quartz ve mika gibi taşlar ise asitli gazlar ve hava kirliliğine karşı dayanıklıdır.

Kumtaşlarının asit etkisi altındaki tepkileri bağlayıcılarına göre farklıdır. Kalsiyum karbonat içermeyen kumtaşları asit etkisi altında çürümeye uğramaya veya yüzeyinde kabuk oluşumuna yatkın malzemeler değildir. Yapısında kalsiyum karbonat bulunan kumtaşları ise asit çözültisiyle tepkimeye girerek yıkanır ve bünyesinde boşluklar meydana gelir (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

2.5.1.3. Don Etkisi

Suyun donma sürecinde genişleyerek iç basıncı arttırması ve boşluk hacmine sığmaması, taşların ayrışmasına ve bozulmasına neden olabilir. Malzemenin öz yapısı ve ısı değişimleri, don ve çözünme olaylarının tekrarı gibi fiziksel olaylar, taşlarda çatlak oluşmasına yol açabilir. Bu çatlaklar zamanla büyür ve taşın bozulma sürecini hızlandırarak, eserlerde parça kayıplarına neden olabilir (Ali & Murat, 2012).

Cephelerdeki taşlar, suyun uzun süre yüzeylerinde kalması nedeniyle don etkisi altında zarar görür. Bu bozulma, çatlama, kavlanma ve parça kopması şeklinde görülebilir. Don olayı, taşın yüzeyine veya tamamen içine nüfuz ederek iki şekilde etkilenmesine sebep olur. Yüzeysel donma sonucu kavlanma ve parça kopması meydana gelirken, çok yönlü donma taşta çatlakların oluşmasına neden olabilir. Konumları ve mimari detayları nedeniyle, suya temas eden cephe taşları dona maruz kalır ve bozulma gösterir (Zakar & Eyüpgiller, 2015).



Şekil 2.30. Beyoğlunda taş cephede don etkisiyle oluşmuş parça kayıpları (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Taşların donma hasarları, çoğunlukla yüzeye yakın bölgelerinde ortaya çıktığından, yapıların yüzeylerine önemli ölçüde zararlıdır. Bu olay, dış etkilere maruz kalan yüzeylerde en şiddetli şekilde görülür (Şekil 2.30) ve malzemenin zamanla erozyona uğramasına ve tozlaşmasına neden olur. Kireçtaşı, yüzeyinde özellikle kirliliği bir atmosferde kalsiyum sülfat (CaSO_4) oluşarak yüzeyi daha yoğun bir tabaka ile kaplandığında bu tabakanın altı daha gözenekli ve zayıftır. Donma etkisi, yoğun tabakaların yaklaşık 10 cm derinliğe kadar kavlanmasına neden olur (Ali & Murat, 2012).

2.5.2. Lekelenme İle Bozulma

Taşlarda çürüme ile bozulma esnasında malzeme kaybı yaşanır. Bundan farklı olarak lekelenme, taşın yüzeyine istenmeyen maddelerin birikmesiyle sonucu oluşur. Metal korozyonu, nem, tuz, katran gibi etkenler bu duruma neden olabilir. Çürümeye uğramamış taşlarda bile lekelenme gözlenebilir (Ashurst & Ashurst, 1990). Şekil 2.31’de lekelenme ile bozulmaya örnek verilmiştir.

Pas lekesi en zor leke türüdür ve taştan çıkarılması imkânsız bile olabilir. Kirliliği hava, karbon ve hidrokarbon içeren maddelerin etkisiyle taş üzerinde siyah lekeler oluşmasına sebep olabilir (Ashurst & Ashurst, 1990).



Şekil 2.31. Kırklareli Hızır Bey Hamamı'nda lekelenme ile bozulma örneği (Ali & Murat, 2012; Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Topraktaki organik madde partikülleri, suda çözülürse renk verir. Topraktan yükselen nem, bu maddelerin duvar üzerinde leke oluşturmasına sebep olur. Su, cephe taşlarından ince parçaların yıkanmasına ve akmasına neden olur. Aynı renkteki taşlar üzerinde lekelenme görülmezken, farklı renkteki taşlarda görülebilir (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

2.5.3. Canlılardan Kaynaklı Bozulmalar

Taşlar üzerine yerleşen mantarların, bitkilerin, yosunların, likenlerin ve bakterilerin çeşitli bozulmalara yol açtığı gibi ağaç kökleri de taş duvar örgüsüne girerek, harçlarda nem kaybına ve deformasyona neden olabilir. Asidik sıvılar ağaç köklerinden salgılanarak, taşların ayrışmasında rol oynar. Kireçtaşlarında kalsiyum karbonatın asitlerle tepkimesi, taşlarda çözülmelere sebep olur (Ashurst & Ashurst, 1990).

Çizelge 2.6. Biyolojik Oluşumların Doğal Taşlar Üzerindeki Tahripleri (Dolar & Yılmaz, 2014; Sarıçamlık, 2021)

Biyolojik Organizma Türü	Doğal Taşa Etkisi
Ototrof Bakteriler	Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, pul pul dökülme,
Heterotrof Bakteriler	Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, pul pul dökülme, renk değişimi.
Actinomycetesler	Beyaz-gri kabartı, patinalar, pul pul dökülme, beyaz lekeler.
Mantarlar	Renklenmiş tabakalar, pul pul dökülme, çukurlar.
Yeşil Yosunlar	Değişik renkli ince film tabakası oluşumu ve patinalar.
Likenler	Kabuklar, parça kabuklaşmalar, çukurlar
Kara Yosunları	Yeşil-gri renkte geniş yüzeyleri kaplayan tabakalar.
Yüksek Bitkiler	Çimen, funda ve yarıklarda yetişen ağaçsı türler, malzemede kopma ve deformasyona neden olma.
Hayvanlar, böcekler, kuşlar	Tipik şekilli delikler, paslanmaya neden olabilecek maddelerin birikmesi, çatlaklar.

Mantar ve liken oluşumları lekelenmeler halinde gözlemlenebilir, ancak bakteri faaliyetleri gözle seçilemez. Mantar köklerinde bir takım asitler üretilmektedir. Kumtaşları ve kireç taşlarıyla tepkime oluşturan bu asitler taşlarda bozulmaya ve ayrıca koyu renkli noktasal lekelenmelere sebep olurlar (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Çizelge 2.6’da görüldüğü gibi, farklı canlı türleri, farklı renk ve dokularda bozulmalara sebebiyet verir.

Taşın gözenekli yapısı içine sızan mantar kökleri, bu gözeneklerin içerisinde büyüyerek çeperlerde basınç oluştururlar. Oluşan bu basınç, gözeneklerin direncinden daha büyük olduğunda ise gözenekler parçalanır ve taşta çözümler gözlemlenir.

Taşlarda bozulmaya yol açabilen kuşlar, arılar ve bazı böcek türleri mevcuttur. Kuş atıkları ve yuva kalıntıları taşların üzerindeki bakteri ve asit oluşumunu tetikler. Bunun yanı sıra, yapılarda yumuşak taşlarla oluşturulan süsleme detaylarını gagalarıyla deformasyona uğratabilirler. Ayrıca yine yumuşak taşların gözeneklerini oyarak yumurtalarını ve larvalarını saklayan bazı arı türleri mevcuttur.

2.5.4. Diğer Bozulmalar

Taşlar, sıcaklık değişimleri, nem farkları ve oksidasyon nedeniyle iç yapılarında zararlar görür. İç yapıdaki patlama adı verilen hasarlar, ısı değişikliklerinden ve metallerin oksidasyonundan kaynaklanır(Zakar & Eyüpgiller, 2015).

Tozlaşma, granüllü taşlarda gözlemlenen bir çeşit bozulma şeklidir ve ortam koşullarına uyum sağlayamayan ve bazı kimyasal etmenlere maruz kalan taşlarda meydana gelir. Taş yüzeyindeki granüller zamanla bağlayıcılarını kaybederek yüzeyden ayrılır ve bu da taşın renginde değişikliğe ve toz haline dönüşmesine neden olur. Tozlaşmanın sebepleri arasında kimyasal etmenlerin yanı sıra fiziksel etmenler de bulunmaktadır.

Taşlara etki ederek oksitlenme, lekelenme ve çatlamaya sebep olan bir başka etken ise yangındır. Hem doğal hem de insan kaynaklı nedenlerle meydana gelen yangınlar, taşların yapısal bozulmasına neden olur. Yangın sırasında, yüksek sıcaklık nedeniyle taşların dış yüzeyi hızla genişlerken iç yüzey aynı hızda ısıyı ememez ve taşın içi soğuk kalır. Bu durum, malzemenin dayanıklılığını aşan iç gerilmelere neden olur ve sonuç olarak, plakalar ve parçalar halinde kırılmalar meydana gelir. Bu olay, kalkerler de dahil olmak üzere tüm taşlar için geçerlidir (Ali & Murat, 2012).

Taşların iç ve dış yapılarının bozularak kullanım ömürlerinin kısılmasına yanlış tasarım ve kötü işçilik neden olabilir. Yanlış onarımlar, uyumsuz malzemeler ve tuz oluşumları taşların ömrünü kısaltır. Vandalizm, taşların bozulmasına ve estetik değerinin kaybına yol açan en büyük problemlerden biridir (Zakar & Eyüpgiller, 2015).

BÖLÜM 3

YAZIKÖY TAŞI

3.1. YAZIKÖY

Bu başlıkta Yazıköy'ün coğrafi konumu, tarihçesi ve sosyo-ekonomik yapısından bahsedilecektir.

3.1.1. Genel konumu ve Coğrafi Özellikleri

41°24' enlem ve 32°74' boylam konumunda, 508 m rakımda bulunan Yazıköy, Safranbolu'ya bağlı bir köydür. İlçe merkezine 5 km mesafede bulunan Yazıköy, batıda Safranbolu kent merkezi, doğuda Eflani ve Güvercinlik dereleri, kuzeyde Kastamonu yolu ve Aşağı Çiftlik Köyü, Güneyde Araç Çayı ve paralelinde bulunan Karabük-Kastamonu yolu ile çevrelenmiştir (Özdemir, 1994).

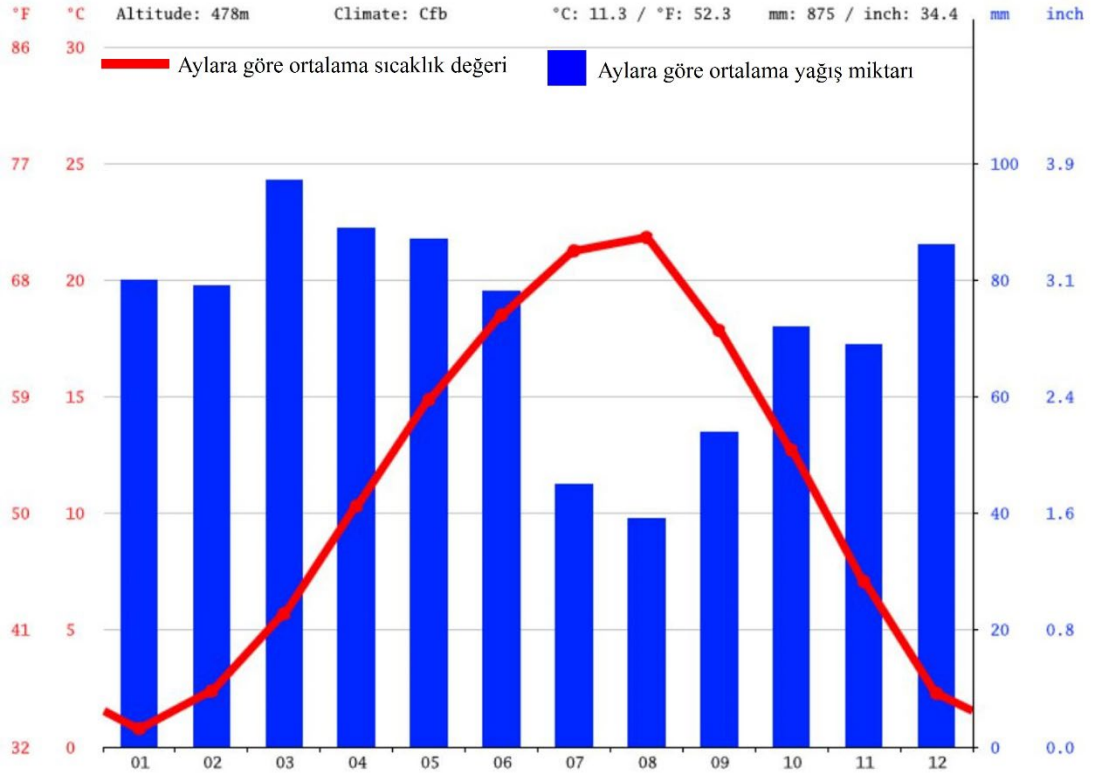


Şekil 3.1. Yazıköy'ün Safranbolu'ya Göre Konumunu Gösteren Harita (Günay, 1998).

Topoğrafik özellikleri sebebiyle, Yazıköy'ün adı düzlük anlamına gelen “Yazı”dan gelmektedir. Aşağı, Çoban, Hisar, İnonu, Orta, ve Pirce adlı 6 mahalleden oluşan Yazıköy'ün 1500'lü yıllarda Türkmen Yörükler tarafından kurulduğu bilinmektedir (Özköse, 2022).

Yazıköy Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. Fakat kıyıya yakın olmaması sebebiyle karasal iklim özellikleri gözlenmektedir. Bahar ve kışlar bölgede uzun sürerken, yağışlar yılın ilk yarısına daha yoğun olarak dağılmıştır (Özdemir, 1994).

Safranbolu, ılıman ve sıcak bir iklime sahiptir. Bu bölgede, belirgin bir yağış rejimi hakimdir ve hatta en kurak aylarda bile yağış oranı oldukça yüksektir. Safranbolu'da yıllık ortalama sıcaklık 11.3 °C seviyesindedir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 875 mm'dir. Ağustos ayı 39 mm ile yılın en az yağış alan ayı iken, Mart ayı 97 mm ortalama ile yılın en çok yağış alan ayıdır (Şekil3.2).



Şekil 3.2. Safranbolu aylara göre iklim grafiği (Url 8)

Yılın en soğuk ayı 0,8° C ile Ocak ayı iken en sıcak ayı 21,8° C ile Ağustos ayıdır. Şekil 3.3'te Safranbolu'nun aylara göre en yüksek-en düşük-ortalama sıcaklık değerleri, yağış miktarı, nem oranı, yağmurlu günler ve güneşli saatlerine yer verilmiştir.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (° C)	0.8	2.4	5.7	10.3	14.9	18.5	21.3	21.8	17.8	12.7	7.1	2.3
Min. Sıcaklık (° C)	-3.2	-2.2	0.3	4.1	8.8	12.9	15.5	16.3	12.3	7.6	2	-1.8
Maks. Sıcaklık (° C)	5.3	7.4	11.1	16	20.1	23.5	26.6	27.7	23.7	18.2	12.9	7.3
Yağış / Yağış (mm)	80	79	97	89	87	78	45	39	54	72	69	86
Nem(%)	79%	75%	73%	71%	71%	71%	66%	62%	66%	72%	75%	79%
Yağmurlu günler (g.)	10	10	11	10	10	9	6	5	6	7	7	10
Güneşli saatler (s)	5.1	5.7	6.8	8.3	9.3	9.7	10.0	9.9	8.4	6.6	6.3	5.3

Şekil 3.3. Safranbolu iklim tablosu (Url 8)

3.1.2. Tarihçesi

Safranbolu bölgesinin kökeni, antik çağda "Paflagonya" olarak bilinen bir bölgeye dayanmaktadır. Paflagonya, İç Anadolu'dan Kızılırmak nehrinin aktığı bölge,

Karadeniz, Bartın veya Filyos çayı ile Frigya ve Galatya arasındaki alana denir (Ersoy, 2011).

Safranbolu bölgesi, tarih boyunca Hititler, Frigler, Lidyalılar, Persler, Helenistik Krallıklar, Romalılar ve Selçuklular tarafından hakimiyet altına alınmış bir yer olarak kabul edilir. Bölge, Karadeniz kıyıları ile Batı, Kuzey ve Orta Anadolu arasında yer alan bir yol üzerinde yerleşime uygun bir konumdadır. M.Ö. 3000 yıllarına kadar uzanan yazılı tarihi, bölgenin tarihi önemini vurgulamaktadır. Bölge, Bizans İmparatorluğu'nun hakimiyetine M.S. 395 yılında Roma İmparatorluğu'nun ikiye ayrılmasından sonra girmiştir (Aksoy & Kuş, 2001).

Safranbolu bölgesi, Türklerin Anadolu'ya gelmesiyle birlikte tarihi Kastamonu'ya bağlı olarak gelişim göstermiştir. İlk Türk hakimiyeti 12. yüzyılda Danişmentliler zamanında gerçekleşmiştir. Ancak bölge kısa bir süre sonra tekrardan Bizans hakimiyetine geçmiştir (Günay, 1998). Daha sonra bölge 1211 yılında Çobanoğulları, 1326 yılında Candaroğulları, 1392 yılında da Osmanlı hakimiyetine girmiştir.

Safranbolu ve köyleri, 1927 yılında Zonguldak Vilayeti'ne bağlanmış ve 1995 yılında Karabük iline bağlanarak Türkiye'nin 78. iline dönüşmüştür (Url 9).

Köyün yerleşim yapısı, merkezine kamusal mekânların yerleştirilmesiyle oluşmuştur. Bu mekânlar arasında çeşme, samanlık, cami, şapel, hamam, çamaşırhane gibi yerler bulunmaktadır. Konutlar ise merkezi oluşturan bu aks etrafında yer almaktadır. Geçmişte Türkler ve Rumlar birlikte bu köyde yaşamışlardır. Köyün geçmişte üç defa yangın geçirmiş olduğu bilinmektedir. Bu yangınlar sonucunda köydeki yapıların pek çoğu yok olmuş ya da büyük hasar görmüştür (Özköse, 2022).

3.1.3. Sosyo-Ekonomik Yapısı

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2021 yılında Yazıköy nüfusu 921 olarak bildirilmiştir, ancak bu sayı yazları 3000-4000'e kadar ulaşmaktadır (Url 10).

Yazıköy'de bağcılık gelişmiştir ve Rumların bölgede yaşamış olması, yöre halkının şarap üretimi konusunda gelişmelerine katkı sağlamıştır. Yazıköy'de bulunan Rum

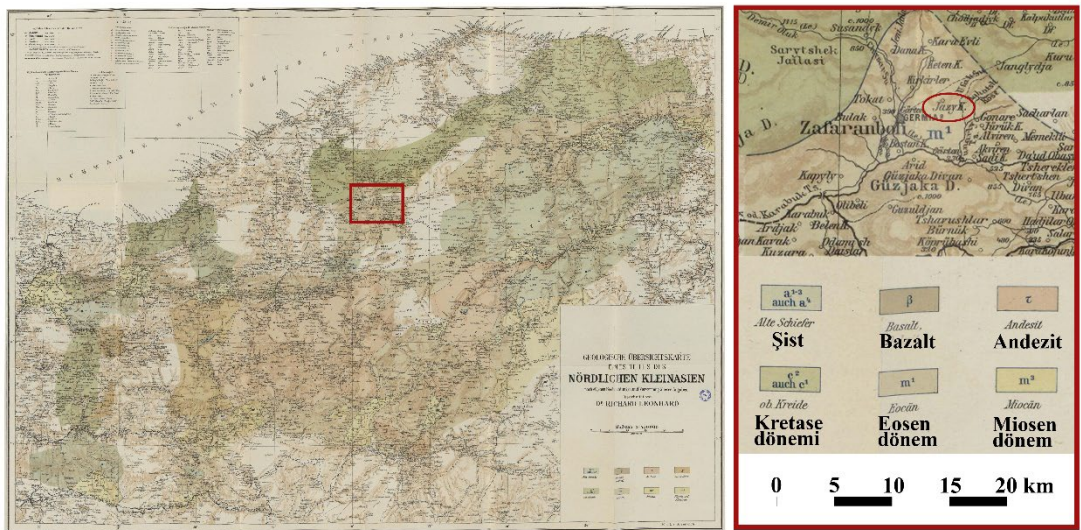
evlerinde şarap mahzenleri bulunmaktadır. Köyden şehre göçler başlamadan önce kapalı bir ekonomiye sahip olan Yazıköy'ün başlıca geçim kaynakları, bağcılık, dokumacılık, sirke ve pekmez üretimidir. Bunun yanı sıra duvar ustalığı, nalbantlık ve demircilik de diğer geçim kaynaklarıdır (Özköse, 2022).

3.2. YAZIKÖY'ÜN JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE YAZIKÖY TAŞI

Yazıköy, Neojen penplenlerinin flüviyal erozyonla oluşan plato üzerinde kurulmuştur. Kuzey Anadolu orojenik kuşağının bu yöredeki morfolojik özellikleri asimetrik vadiler ve nisbeten düz plato yüzeylerinden meydana gelir.

Köyün fonksiyonel etki alanı içinde, morfolojik üniteler, beşerî ve ekonomik coğrafya özellikleri üzerinde etkilidir. Tarımsal faaliyetler plato sahası ile sınırlanmıştır. Bu alanlar, Araç çayı vadisi yönünde % 10°-12° eğimde olan yerlerdir ve tahıl üretiminin önemli olduğu bölgelerdir (Özdemir, 1994).

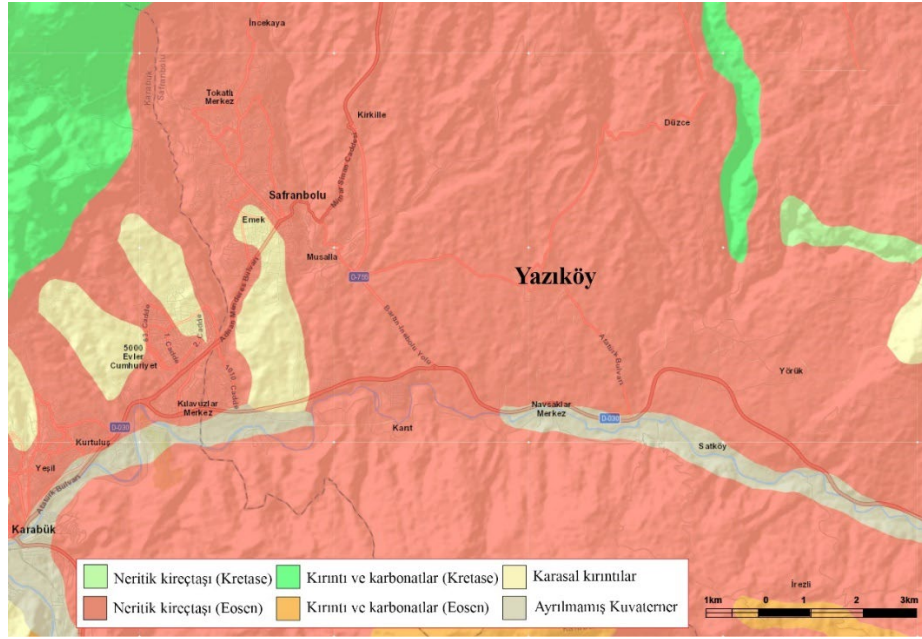
Yazıköy'de, Paleozoyik'den Kuaterner'e kadar her jeolojik çağın formasyonları bulunmaktadır (Şekil3.4). Kaledoniyen orojenezine tekabül eden "Karadere formasyonu" bunlardan biridir. Formasyon içinde konglomera ve çakıllar yer almaktadır.



Şekil 3.4. Dr. Richard Leonhard'ın 1915 Yılı Paflagonya Bölgesi Jeolojik Haritası (Url 11)

Kuzey Anadolu'daki orojenik kuşak içinde yer alan bölgede, jeolojik çağların tektonik ve litolojik bileşenleri tespit edilmiştir (Özdemir, 1994).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü jeoloji formasyon haritasında (Şekil 3.5) görüldüğü üzere Yazıköy ve çevresinde “Neritik kireçtaşı” bulunmaktadır. Yani başka bir deyişle Yazıköy taşı, kireç taşı sınıfına ait bir doğal taştır.



Şekil 3.5. Jeoloji Formasyon Haritası.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 DENEYSEL ÇALIŞMALARIN PROGRAMLANMASI

Konuyla alakalı literatür çalışmalarından edinilen bilgiler doğrultusunda, Safranbolu ve çevresindeki tarihi yapılarda sıkça rastlanılan Yazıköy taşı hakkında deneysel çalışmaların programlanması yapılmıştır. Bu çerçevede yapılan çalışmalar şu şekildedir:

- Yapılacak deneylerin belirlenmesi
- Deneyler için esas alınan standartlar doğrultusunda ihtiyaç duyulacak numune miktarının tespit edilmesi
- Yazıköy taşı numunelerin elde edilmesi
- Belirlenen deneyleri yapabilecek kapasitede bir laboratuvar ile anlaşılması
- Numunelerin gereken boyutlarda kestirilmesi
- Deneylerin yapılması ve raporlandırılması
- Raporların yorumlanarak Yazıköy taşı kaynaklı bozulma örnekleri ile ilişkilendirilmesi

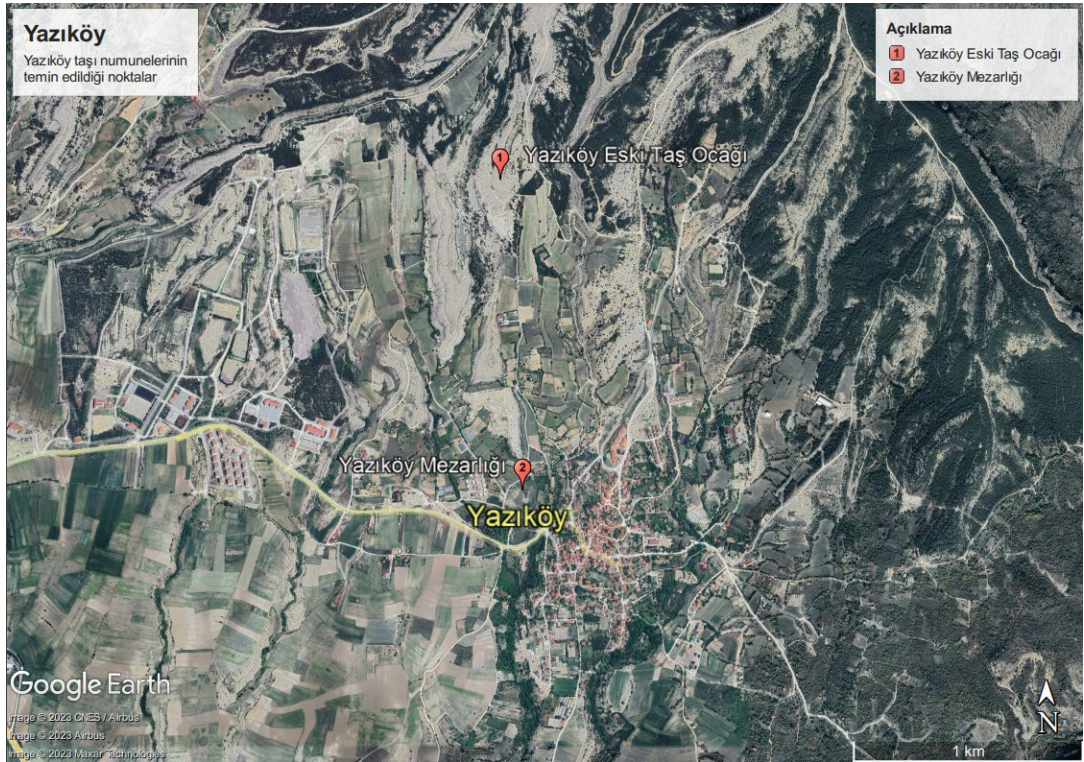
Literatür çalışmaları sırasında Yazıköy taşı hakkında yeterli kaynak olmadığı gözlenmiştir. Bu doğrultuda Yazıköy taşı hakkında; birim ağırlık, su emme yüzdesi gibi bir takım fiziksel özellikleri ve basınç dayanımı, eğilme dayanımı gibi bir takım mekanik özellikleri kapsamlı şekilde ele alabilecek deneyler listesi hazırlanmıştır (Çizelge 4.1). Bu deney listesi “TS 699 – Doğal Yapı Taşları – İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri” bağlamında incelenip uygulanacak prosedürler belirlenmiş ve gereken ek standartlar temin edilmiştir.

Çizelge 4.1. Planlanan Deneyleler.

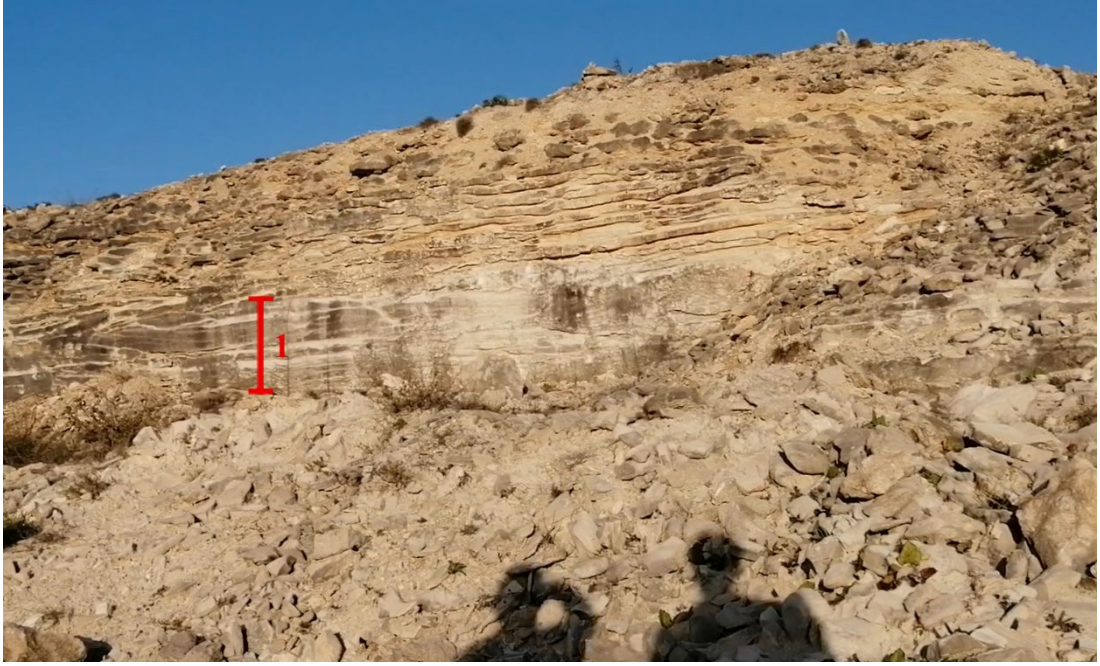
Deneyleler	Standartlar
Birim Hacim Ağırlık, Gerçek Yoğunluk, Açık ve Kapalı Gözeneklilik	TS 699, TS EN 1936
Su Emme Deneyle	TS EN 1925, TS EN 13755
Basınç Dayanımı	TS EN 1926, ASTM D7012
Eğilme Dayanımı	TS EN 12372, TS EN 13161
Aşınma Dayanımı	TS EN 14157, TS EN 1097-1, TS EN 1097-2
Dona Dayanım	TS EN 12371

4.2. YAZIKÖY TAŞININ TEMİNİ

Yazıköy taşı yörenin tarihi yapılarında sıklıkla karşımıza çıkmasına karşın, taş ocaklarının geçtiğimiz yıllarda kapatılması dolayısıyla çalışmamız için taş ocağından yeni çıkarılmış Yazıköy taşı bulmak mümkün olmamıştır. Bu şartlarda, eski taş ocağı işleticisi olan İsmail Akgül Bey ile iletişime geçilmiş, kendisi taş temini konusunda yardımcı olmuştur. Yazıköy taşı numunelerinin temin edildiği bölgeler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yazıköy taşı numunelerinin temin edildiği noktalar.



Şekil 4.2. Yazıköy eski taş ocağı (1-Yazıköy taşı katmanı).

Yazıköy taş ocağı artık çalışmıyor durumda olsa da taş ocağının etrafında Yazıköy taşı numunesi bulmak halen mümkün olabilmektedir. Eski ocağı gezdiren Akgül, atıl kazı alanlarındaki taş katmanlarını (Şekil 4.2) göstermiş ve fosilsiz, homojenliği yüksek taş örnekleri edinmemize yardımcı olmuştur.



Şekil 4.3. Yazıköy taşı numunelerinin temin edildiği noktalar (Solda, Yazıköy eski taş ocağı, Şener ve Akgül, Sağda Yazıköy mezarlığında atıl vaziyette bulunan Yazıköy taşları).

Akgül'ün belirttiğine göre, bunun dışında çeşitli kaynaklarca Yazıköy mezarlığına bırakılmış (Şekil 4.3) Yazıköy taşı da yöre halkı tarafından ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılmaktadır.

4.3. DENEY ÇALIŞMALARINI İÇİN UYGUN LABORATUVAR BULUNMASI

Deneylerin, İstanbul merkezli, TÜRKAK AB-1026-T ile TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre akreditasyonu bulunan “Zemar Zemin Araştırma ve Mühendislik” şirketinin Ankara laboratuvarlarında yapılmasına karar verilmiştir.

Yazıköy'den toplanan taş örnekleri (Şekil 4.4) laboratuvara ulaştırılmış ve burada laboratuvar ekipmanlarıyla deneyler için uygun ölçü ve geometrilerde kesilmişlerdir.



Şekil 4.4. Laboratuvara Yazıköy'den temin edilen bazı Yazıköy taşı örnekleri.

Laboratuvara ait ekipmanlardan deneylerde kullanılanlar şu şekildedir,

- Genel Deney Aparatları (Havan-Spetula vb...)
- Numune Çıkarma Cihazı
- Karot Alma Makinesi (Laboratuvar)
- Etüv
- Elektronik Terazı
- Arşimet Terazisi
- Digital Basınç (Kaya ve Betonda Serbest Basınç Deneyi)

- Eğilme Test Cihazı
- Permeabilite (Sabit-Düşen Seviyeli) Deney Cihazı
- Los Angeles Parçalanma Dayanımı Deney Cihazı
- Micro Deval Aşındırma Dayanımı Deney Cihazı
- Thermal Conductivity Cihazı



Şekil 4.5. Elektronik hassas terazi ve laboratuvar elekleri.

Deneylerin birçok aşamasında gereken kütle ölçümleri ve çeşitli ölçülerde elekten geçirme işlemleri laboratuvara ait hassas terazi ve elekler (Şekil 4.5) yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 4.6. Arşimet terazisi ve etüv.

Yapılan bazı deneylerde, numunelerin su içindeki ağırlıklarının tayini için gerekli olan ölçüm cihazı (Arşimet terazisi) ve numunelerin kuru ağırlıklarını tayin etme ya da benzer sebeplerle numunelerin yapılarında bulunan su ve su buharının uzaklaştırılması için gereken ortam şartlarını sağlayan etüv cihazı (Şekil 4.6) kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan deneylerle özellikleri saptanmaya çalışılan malzemenin bazı mukavemetlerini ölçmede çeşitli türevlerde cihazlardan yararlanılmıştır. Malzemenin basma dayanımı için basınç cihazı kullanılırken, aşınma dayanımı için hem Mikro-Deval hem de adını aşınma deneylerinin ilk yapıldığı yerden alan Los Angeles deneyi cihazları (Şekil 4.7) kullanılmıştır.

Bunların dışında termal iletkenlik cihazı, malzemeleri deney için gereken donma sıcaklığına indiren dondurucu ve su geçirgenliği deney cihazlarından faydalanılmıştır.



Şekil 4.7. Basınç dayanımı ölçen basınç cihazı ve aşınma dayanımı ölçmeye yarayan Los Angeles cihazı.

4.4. DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde, laboratuvarında Yazıköy taşı numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçları incelenecek ve deneylerde esas alınan standartlar doğrultusunda deney aşamaları açıklanacaktır.

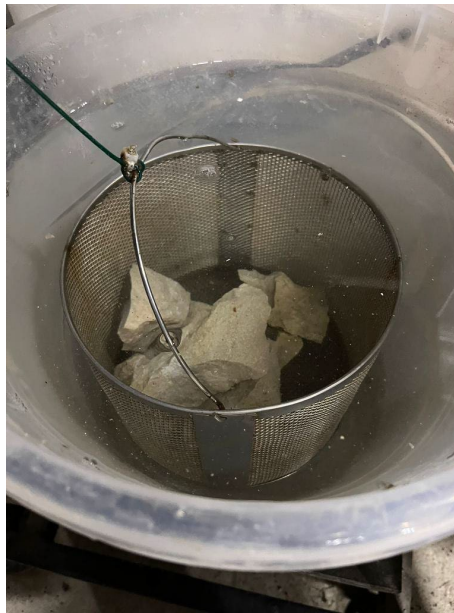
Çalışma kapsamında laboratuvarında gerçekleştirilen deney listesi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yazıköy taşı ile yapılan deneyler.

Sıra No	Yapılan Deneyler	Standartlar
1	Görünür Yoğunluk ve Su Emme Deneyi (Tel Sepet Deneyi)	TS EN 1097-6
2	Su Geçirimsizliği Deneyi (Düşen Seviyeli Permeabilite Deneyi)	ASTM D5084
3	Isıl İletkenlik Katsayısı (Termal İğne Probu)	ASTM D5334
4	Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	ASTM D7012
5	Don Sonu Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	ASTM D7012
6	Yoğun Yük Altında Eğilme Dayanımı Deneyi	TS 12372
7	Dona Dayanım Deneyi (Magnezyum Sülfat Deneyi)	TS EN 1367-2
8	Aşınma Direnci Deneyi (Mikro Deval Deneyi)	TS EN 1097-1
9	Darbeli Aşınma Deneyi (Los Angeles Deneyi)	TS EN 1097-2

4.4.1. Görünür Yoğunluk ve Su Emme Deneyi (Tel Sepet Deneyi)

Yazıköy taşının görünür yoğunluk ve kütlece su emme yüzdesini saptamak için Tel Sepet Deney yöntemi tercih edilmiştir. TS 699 ve TS EN 1097-6'ya göre 63 mm açıklık elekten geçebilirken 31,5 mm açıklık eleğe takılan büyüklükteki agregalar için tercih edilen bu yöntem için Yazıköy taşından elde edilen agregalar kullanılmıştır (Şekil 4.8). Deneyde kullanılan suyun yoğunluğu $0,998\text{Mg/m}^3$ olup, bu değer standartlara göre tercih edilebilir bir değerdir.



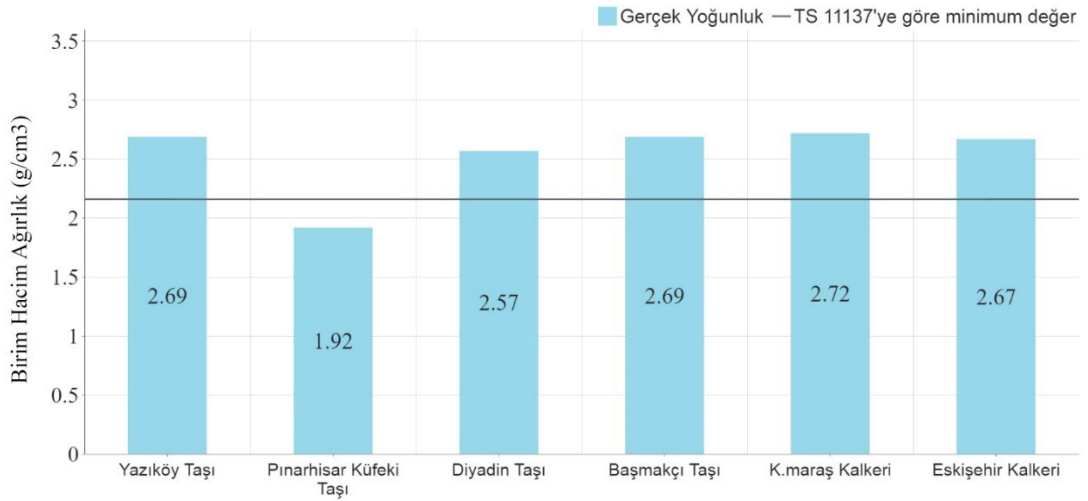
Şekil 4.8. Tel sepet içindeki Yazıköy taşları

Agrega numunelerinin etüvde kurutulmuş, suya doymun hale getirilmiş, yüzeyi kuruyken suya doymun ağırlıkları tek tek saptanarak kaydedilmiştir. Bunların dışında sepet ve numunelerin suyun içindeki ağırlıkları ve boş sepetin suyun içindeki ağırlığı da tartılıp kaydedilmiştir.

Çizelge 4.3. Tel Sepet Deneyi doğrultusunda Yazıköy taşı hakkında edinilen veriler.

Numune Tipi	İri agregata
Elek Aralığı	63-31,5 (31,5-4 mm)
Kuru Numune Yüzdesi	%100
Suyun Yoğunluğu	0.998 ρ_w (Mg/m ³)
Doymun ve Yüzeyi Kurutulmuş Agregata Kütlesi	M ₁ = 1604,31 g
Sepet ve Numunenin Sudaki Ağırlığı	M ₂ = 1000,50 g
Sepetin Sudaki Ağırlığı	M ₃ = 0 g
Kurutulmuş Numune Kütlesi	M ₄ = 1591,87 g
Görünür Tane Yoğunluğu	2,69 ρ_a (Mg/m ³)
Etüvde Kurutulmuş Tane Yoğunluğu	2,63 ρ_{rd} (Mg/m ³)
Doymun ve Yüzeyi Kurutulmuş Tane Yoğunluğu	2,65 ρ_{ssd} (Mg/m ³)
Su Emme Oranı	WA ₂₄ = % 0,78

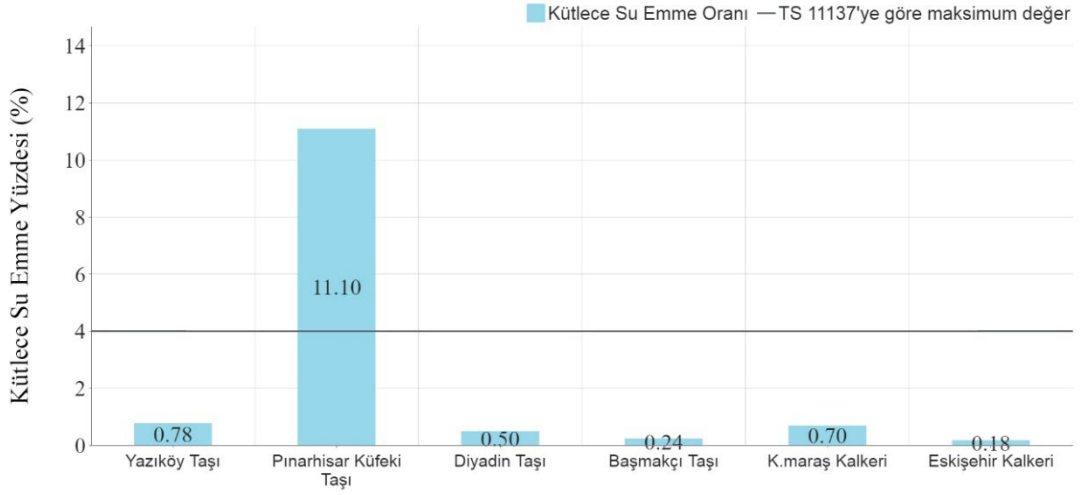
Deney sırasında kaydedilen değerlerle gereken hesaplamalar yapılarak Yazıköy taşının görünür tane yoğunluğu 2,69 Mg/m³, kuru tane yoğunluğu 2,63 Mg/m³, yüzeyi kuru suya doymun tane yoğunluğu da 2,65 Mg/m³ olarak bulunmuştur. Buradaki değerler TS EN 1097-6'ya göre Mg/m³ (megagram/metreküp) cinsinden kaydedilmiş olup 1 Mg/m³ = 1g/cm³'tür (Çizelge 4.3).



Şekil 4.9. Yazıköy taşı ve Türkiye’de rastlanan bazı kireçtaşı örneklerinin birim hacim ağırlık kıyaslaması (TS11137, 1993; Çapar, 2019; Kıyıldı, 2019; Kurtcu, 2010; Özbek, 2016; Şapçı, 2021).

Yazıköy taşı birim hacim ağırlık bakımından TS 11137’nin (Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan Kireçtaşı) belirlediği minimum değer şartını sağlamaktadır. Bununla birlikte Yazıköy taşının birim ağırlığı, Türkiye coğrafyasında rastlanan ve verileri daha önceden literature kazandırılmış çeşitli kireçtaşı örnekleriyle kıyaslanmış ve birtakım benzerlikler ve farklılıklar olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.9).

Tel sepet deney yönteminden elde edilen veriler malzemenin birim ağırlığın yanında kütlece su emme yüzdesini hesaplamak için gerekli verileri sağlamaktadır. Yazıköy taşının 24 saat su içinde bekletilerek suya doymun hale getirilmesinden sonra yapılan tartımlardan elde edilen değerler sonucu yapılan hesaplamalarla kütlece su emme yüzdesi (WA₂₄) % 0,78 bulunmuştur.



Şekil 4.10. Yazıköy taşı ve Türkiye’de rastlanan bazı kireçtaşı örneklerinin kütlece su emme yüzdelерinin kıyaslaması (TS11137, 1993; Çapar, 2019; Kızıldı, 2019; Kurtcu, 2010; Özbek, 2016; Şapçı, 2021).

Su emme yüzdesi, yapılarda kullanılacak malzemeler için kritik öneme sahip bir özellik olduğundan, bu değerin belli bir standartta bulunması malzeme bilimi açısından oldukça önemlidir. TS 11137’ye göre bir kireçtaşının kütlece maksimum %4 su emme oranına sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Yazıköy taşının su emme değeri 4’ten küçük olduğundan bu bağlamda yapılarda kullanılmasında bir sorun teşkil etmediğini söylemek mümkündür. Diğer kireçtaşı örnekleriyle karşılaştırıldığında Yazıköy taşı diğer kireçtaşlarının çoğuna yakın bir kütlece su emme yüzdesine sahipken, bazı istisna durumlar olabildiği de görülmektedir. Ayrıca Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’daki veriler karşılaştırıldığında malzemelerin su emme oranı ve birim kütle hacmi arasında bir ilişki bulunduğu açıkça görülebilmektedir.

4.4.2. Su Geçirimsizliği Deneyi (Düşen Seviyeli Permeabilite Deneyi)

Yazıköy taşının su geçirimsizliğini tayin etmek için ince taneli zemin numuneleri üzerinde uygulanması uygun görülen Düşen Seviyeli Permeabilite Deney Yöntemi tercih edilmiştir. ASTM D5084 standardının takip edildiği deney için 3 farklı deney numunesi hazırlanmış ve bunların kesit alanları ve boyları kayıt altına alınmıştır. Kesit alanı 0,2826 cm² olan cam borunun içerisine konulan suyun yüksekliği 100 cm olarak işaretlenmiştir. Deney başlatıldığı andan itibaren geçen süre kayıt altına alınmıştır.

Belirli bir süre sonra sonlandırılan deneylerde suyun cam borudaki deney sonu yüksekliği işaretlenmiş ve kaydedilmiştir.

Çizelge 4.4. Yazıköy taşı numuneleri üzerinde düşen seviyeli permeabilite deney verileri.

Deney Verileri		1. Deney	2. Deney	3. Deney
Deney başlangıcındaki su yüksekliği	(h_0) cm	100	100	100
Cam borunun kesit alanı	(a) cm ²	0,2826	0,2826	0,2826
Suyun geçtiği numunenin boyu	(L) cm	9,9	9,9	8,9
Suyun geçtiği numunenin taban alanı	(A) cm ²	80,08	80,08	80,08
Denemenin süresi	(t) sn	128	142	135
1. Deneme sonundaki su yüksekliği	(h_2) cm	86	84	85
Hava Sıcaklığı	C°	23	23	23
Deneme için permeabilite katsayısı	(K) cm/sn	4,11E-05	4,28E-05	3,78E-05
Ortalama permeabilite katsayısı	(K) cm/sn	4,06E-05		

Kaydedilen veriler Çizelge 4.4'te verilmiş ve bu değerlere göre, eşitlik 4.1'de verilen formül ile yapılan hesaplarla Yazıköy taşının ortalama su geçirme katsayısı 4,06E-05 cm/sn olarak hesaplanmıştır.

$$K = \frac{a \times L}{A \times t} \times \ln \frac{h_0}{h_2} \quad (4.1)$$

K: Permeabilite katsayısı (cm/sn)

a: Düşen su seviyesine sahip borunun kesit alanı (cm²)

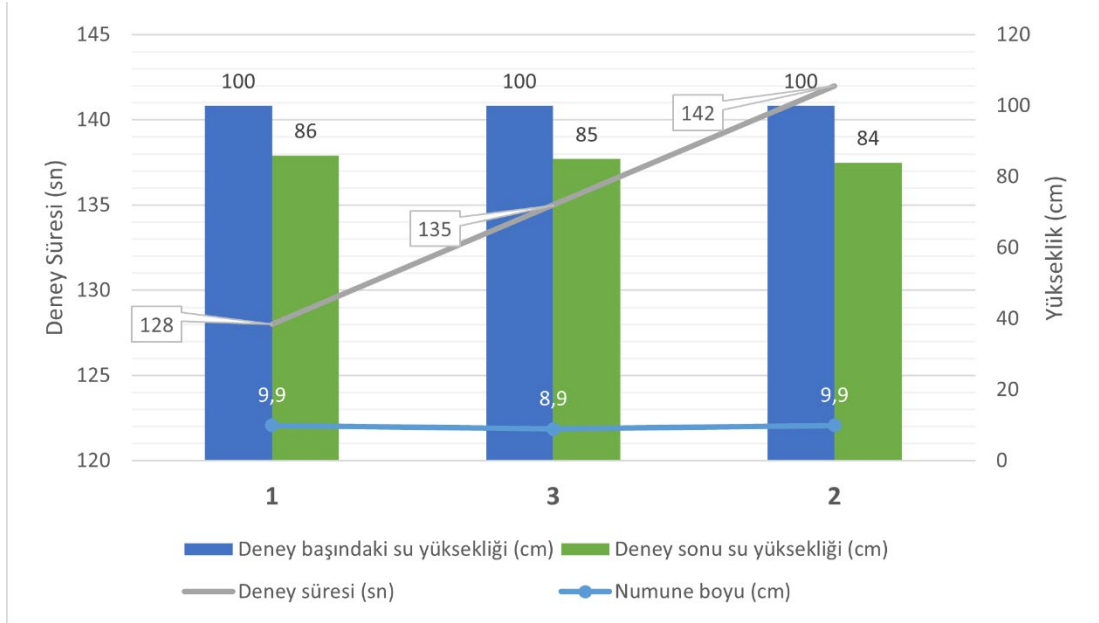
L: Numunenin yüksekliği (cm)

A: Numunenin kesit alanı (cm²)

t: Deney süresi (sn)

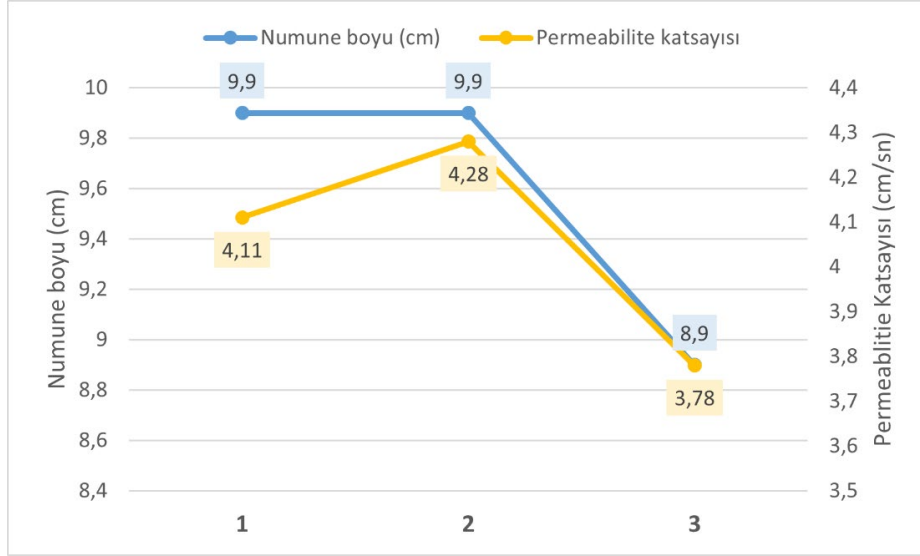
h_0 : Başlangıçtaki cam borudaki suyun yüksekliği (cm)

h_2 : Deney sonunda cam borudaki suyun yüksekliği (cm)



Şekil 4.11. Yazıköy taşı düşen seviyeli permeabilite deneyi verileri.

Yazıköy taşının düşen seviyeli permeabilite deneyi verileri Şekil 4.11’de verilmiştir. Yapılan deneylerde 2 numaralı numune 142 saniyede 16 cm suyun azalmasına, 3 numaralı numune 135 saniyede 15 cm suyun azalmasına, 1 numaralı numune 128 saniyede 14 cm suyun azalmasına sebep olmuştur. Buna bakarak deney süresi ile azalan su miktarı arasında doğru bir ilişki olduğu görülür. Numunelerden 1 ve 2 numaralı numuneler boyutça özdeş olup, 3 numaralı deney numunesi boy olarak diğer numunelerden 1 cm daha kısadır ancak bu durumun deney süresi ve su seviyesindeki değişim arasındaki doğru ilişkiyi bozmadığı görülmektedir.



Şekil 4.12. Düşen seviyeli permeabilite deneyi numune boyu ve permeabilite katsayısı ilişkisi.

Eşitlik 4.1’de görülebileceği üzere permeabilite katsayısı ve numune boyu arasında doğrusal bir ilişki bulunur. Yapılan deneylerde su geçirimsizlik katsayısına doğrudan etki eden birçok diğer faktör olmasına karşın, boyu kısa olan 3 numaralı numunenin permeabilite katsayısının diğer numunelerden daha az çıktığı görülebilir (Şekil 4.12).

Bunların dışında TS 11137’de kireçtaşlarının yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanımında sağlaması gereken herhangi bir su geçirimsizliği şartı aranmamaktadır.

4.4.3. Isıl İletkenlik Katsayısı (Termal İğne Probu)

Yazıköy taşının ısı iletkenlik katsayısının belirlenmesinde Termal İğne Probu deney yöntemi kullanılmıştır.

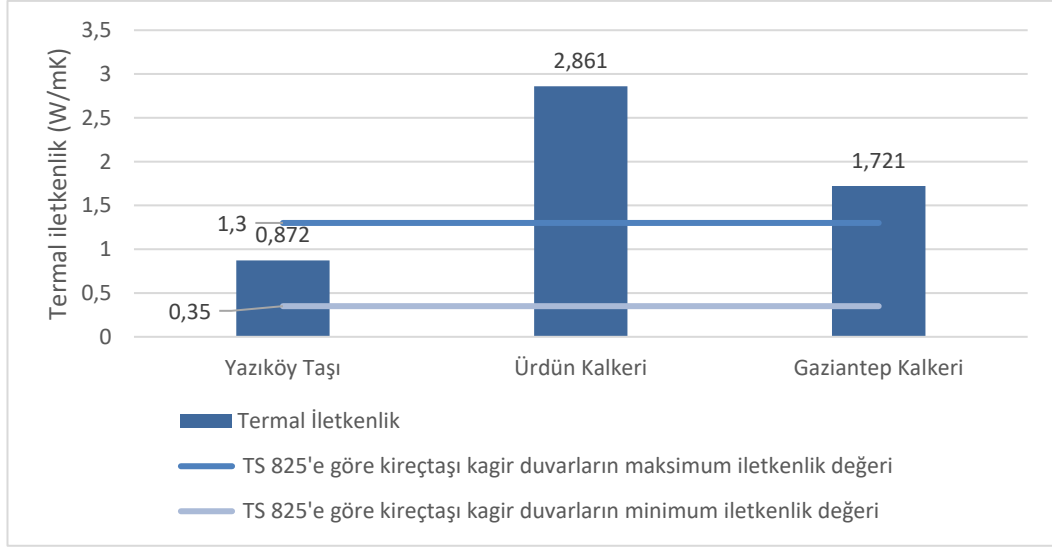
Çizelge 4.5. Yazıköy taşının termal iletkenlik deneyi verileri.

K_1 (W / (m.K))	0,872
K_2 ((m.K) / W)	1,146
Rho ($^{\circ}$ C.cm / W)	114,6
Temp ($^{\circ}$ C)	21,25
Süre (dk)	10



Şekil 4.13. Yazıköy taşı numunesi üzerinde termal iğne probu deneyinin uygulanışı.

Bu deneyde ASTM D5334 standardı uygulanmıştır. Bu deney yöntemine uygun olarak yüksek bir uzunluk/çap oranına sahip iğne probu numuneye yerleştirildikten sonra probun ısıtma elemanı numuneye düzenli bir akım uygulayarak ısınmasını sağlamıştır (Şekil 4.13). Meydana gelen sıcaklık değişimi 10 dakika boyunca kayıt altına alındıktan sonra deney sonlandırılmış ve numune soğumaya bırakılmıştır. Sıcaklık değişimi geçen zamanla ilişkilendirilerek yapılan gerekli hesaplamalardan sonra Yazıköy taşının ısı iletkenlik katsayısı $0,872 \text{ W/mK}$ veya $1,146 \text{ mK/W}$ olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.5'te Yazıköy taşının termal iletkenlik deneyi sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.14. Yazıköy taşı ve farklı kireçtaşı örneklerinin termal iletkenliklerinin TS 825 bağlamında karşılaştırılması (Çanakci vd., 2007; Sharo vd., 2022).

Malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları yapılarda tüketilen enerji miktarını doğrudan etkileyen bir faktör olduğundan “TS 825 – Binalarda ısı yalıtım kuralları” çerçevesinde Yazıköy taşının ısı iletkenlik katsayısı incelenmiş ve kireçtaşı kagir yapı malzemesinde görülmesi gereken maksimum 1,3 W/mK ısı iletkenlik katsayısını aşmadığı görülmüştür. Bunun dışında bazı diğer kireçtaşı örnekleriyle kıyaslandığında Yazıköy taşının ısı performansının daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).

4.4.4. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Yazıköy taşının basma yükü altındaki mukavemetini ölçmek için yapılan deneylerde ASTM D7012 standardı esas alınmıştır. Buna göre hazırlanan karot numunenin ölçüleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

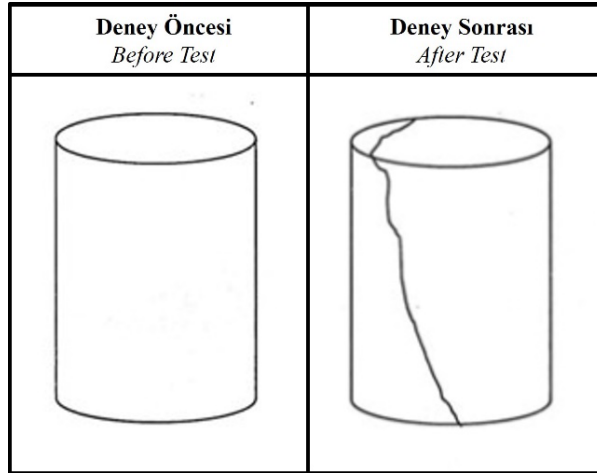
Çizelge 4.6. Tek eksenli basınç dayanım deney numune ölçüleri.

Kütlesi	Çapı	Kesit Alanı	Boyu	Hacmi
414,00 g	5,00 cm	19,63 cm ²	10,00 cm	196,35 cm ³



Şekil 4.15. Basınç makinesindeki Yazıköy taşı numunesi.

Basınç makinesine yerleştirilen numuneye darbe etkisini önlemek amacıyla sabit hızla basınç kuvveti uygulanmış ve numune hasar görene kadar uygulanmaya devam etmiştir (Şekil 4.15).



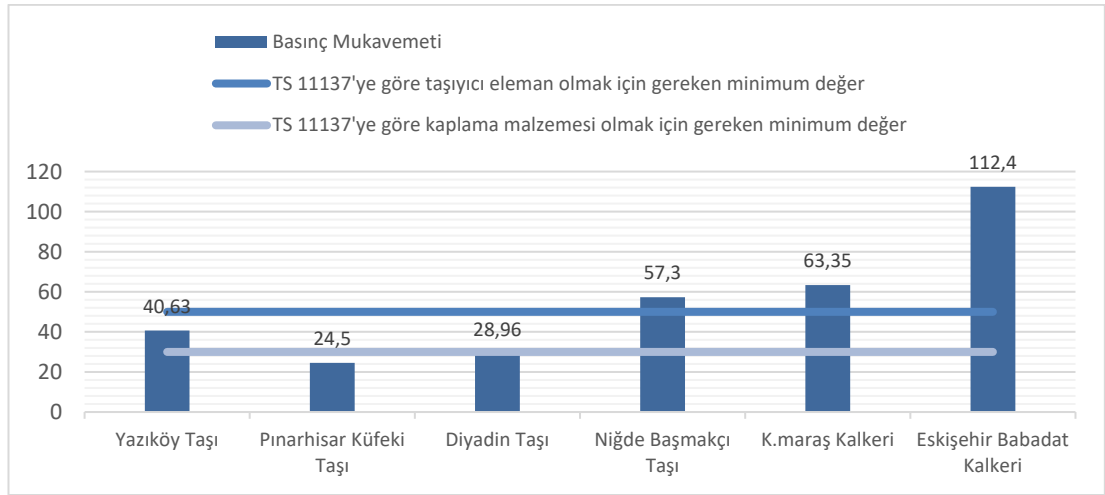
Şekil 4.16. Yazıköy taşı numunesinin basınç dayanım deneyi öncesi ve sonucunda görünümü.

Numunede kırılma gerçekleştiğindeki makinenin gösterdiği değer kaydedilmiş ve elde edilen veriler numunenin kesit alanına bölünerek numunenin tek eksenli sıkışma dayanımı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Tek eksenli dayanım deneyinden elde edilen veriler.

Birim Hacim Kütle (ρ)	2,11 g/cm ³
Kırılma Yüğü (σ)	79,8 kN
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (UCS)	40,63 MPa

Yazıköy taşı numunesinin hasar almadan direnç gösterebildiği maksimum kuvvet 79,8 kN olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.7). Alınan hasar sonrasında numunede dik doğrultuda hafif eğimli olarak tanımlanabilecek bir kırık (Şekil 4.16) oluşarak parçalanmış ve deney sona ermiştir. Deney sonucunda Yazıköy taşının tek eksenli basınç dayanımı 40,63 MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 4.17. Türkiye’de rastlanılan çeşitli kireçtaşı örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları (TS11137, 1993; Çapar, 2019; Kıyıldı, 2019; Kurtcu, 2010; Özbek, 2016; Şapçı, 2021).

Basma mukavemeti malzemelerin yapılarda hangi amaçla kullanılıp kullanılmayacağını doğrudan etkiler. TS 11137 bu bağlamda 50 MPa’dan düşük basma dayanımına sahip kireçtaşlarının yapılarda taşıyıcı olarak kullanılmamasını, 30 MPa’dan daha düşük basma dayanımına sahip kireç taşlarının ise kaplama malzemesi olarak kullanılmamasını belirtmiştir. Bu sebeple 40,63 MPa basma mukavemetine sahip Yazıköy taşı yapılarda kaplama malzemesi olarak kullanılması daha uygun olduğu görülür. Yazıköy taşı, diğer bazı kireç taşı örnekleriyle karşılaştırıldığında ise Pınarhisar küfeki taşı ve Isparta Diyardin taşından daha yüksek dayanıma sahipken Niğde Başmakçı, Kahramanmaraş kalkeri ve Eskişehir Babadat kalkerlerinden daha düşük bir dayanıma sahip olduğu görülmektedir.

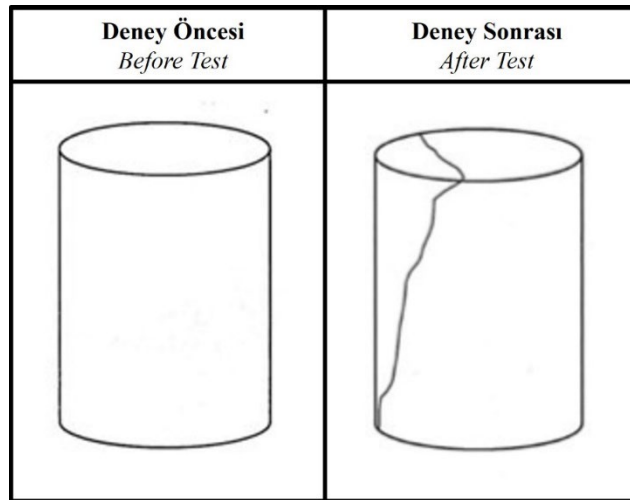
4.4.5. Don Sonu Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

ASTM D7012 standardı çerçevesinde farklı sıcaklıklardaki malzemelerin don sonu basınç dayanımı ölçümleriyle oda sıcaklığında yapılan ölçümler arasında herhangi bir metot farkı bulunmamaktadır. Yazıköy taşının don sonucunda tek eksenli basınç dayanım performansını ölçmek için hazırlanan karot numunesinin ölçüleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Don sonu tek eksenli basınç dayanımı için hazırlanan Yazıköy taşı numunesinin ölçüleri.

Kütlesi	Çapı	Kesit Alanı	Boy	Hacmi
405,00 g	5,00 cm	19,63 cm ²	10,00 cm	196,35 cm ³

Hazırlanan numune öncelikli olarak dondurucuda -20 °C'ye kadar soğutulduktan sonra basınç makinesine yerleştirilmiş, daha sonra $1 \pm 0,5$ MPa/s sabit yük hızıyla devamlı olarak yük uygulanmıştır. Basınç altındaki numunenin hasar aldığı anda uygulanmakta olan kuvvetin değeri kaydedilmiş ve deney sonlandırılmıştır. Elde edilen değerler, Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Şekil 4.18'de Yazıköy taşı numunesinin don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonucunda numunenin aldığı hasar gösterilmiştir.

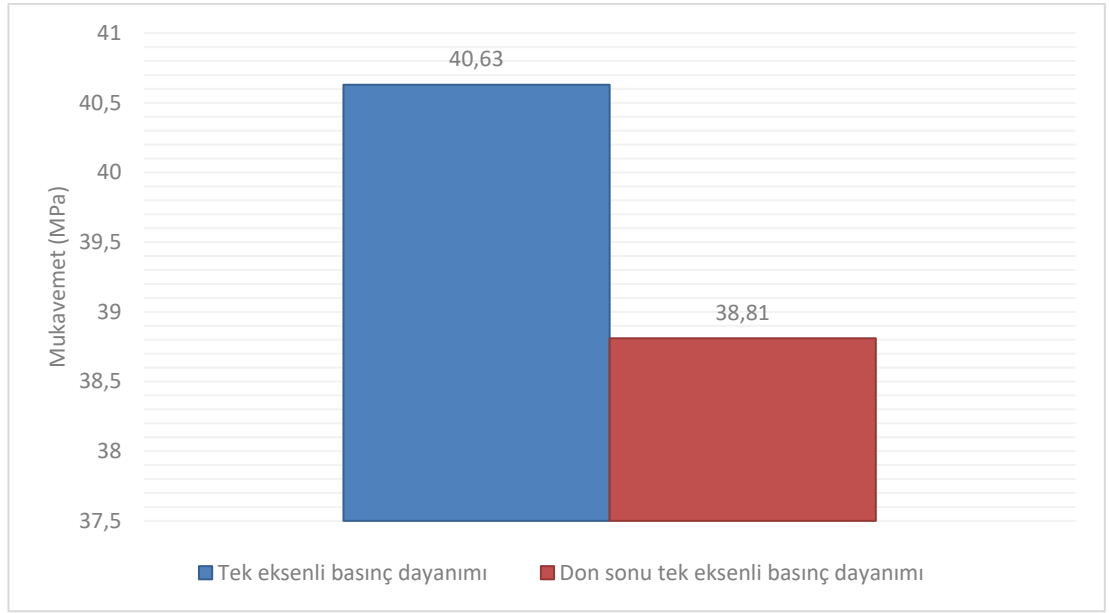


Şekil 4.18. Yazıköy taşı numunesinin don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyi öncesi ve sonrasındaki görünümü.

Çizelge 4.9. Yazıköy taşı numunesi ile gerçekleştirilen don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyinin verileri.

Birim Hacim Kütle (ρ)	2,06 g/cm ³
Kırılma Yüğü (σ)	76,2 kN
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (UCS)	38,81 MPa

Dondurulmuş Yazıköy taşı numunesinin dayanım gösterdiği maksimum kuvvet değeri 76,2 kN olarak belirlenmiştir. Bu değeri numunenin kesit alanına bölerek numunenin don sonu basınç dayanımı 38,81 MPa olarak hesaplanır.



Şekil 4.19. Normal şartlarda ve don sonucunda Yazıköy taşının basınç dayanım değerleri.

Don etkisi altında kalan numunenin basma dayanımıyla normal şartlar altındaki numunenin basma dayanımı karşılaştırıldığında don etkisinin malzemenin tek eksenli basınç dayanımını düşürdüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.19). Bu düşüş 1,82 MPa yani yaklaşık %4 olarak hesaplanmaktadır. Basınç dayanımındaki bu düşüş sonrasında TS 11137 ile kireçtaşlarının yapılarda kaplama malzemesi olarak kullanılması için belirlenen basınç mukavemeti alt limiti (30MPa) hâlâ aşılmadığından, Yazıköy taşının yapılarda kaplama amacıyla kullanılması yönünde yapılan çıkarım, don sonucunda da geçerliliğini korumuştur.

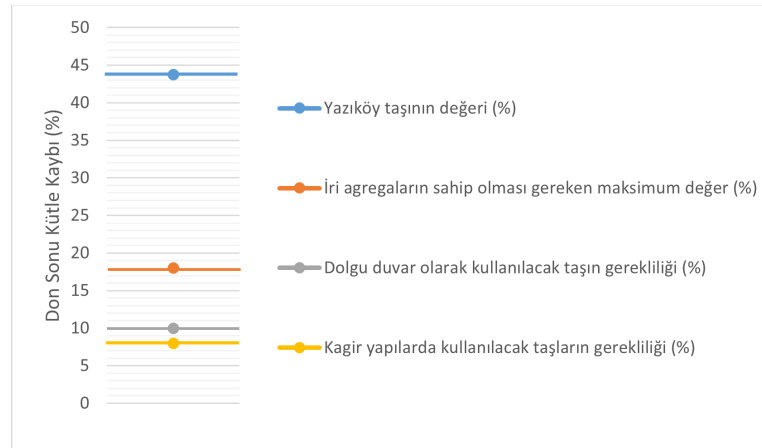
4.4.6. Dona Dayanım Deneyi (Magnezyum Sülfat Deneyi)

Don olayı malzemelerde kayıplara sebep olabilen faktörlerden birisi olduğundan bir yapı malzemesinin dona dayanım değerleri bilinmelidir. Dona dayanım değerinin saptanmasında kullanılan çeşitli deney yöntemleri arasından Magnezyum-sülfat deneyi, Yazıköy taşının dona dayanım değerini belirlemek için de kullanılmıştır. Bu deney TS EN 1367-2 standartı gereklerine uygun bir şekilde yürütülmüştür.

Çizelge 4.10. Yazıköy taşı numunesinin Magnezyum-Sülfat deneyi verileri.

Numune Tipi	Agrega
Elek No	14/10 mm
Yıkama Elek No	10 mm
Deney Döngü Sayısı	5
Deney Öncesi Numune Kütlesi	500,97 g
Deney Sonrası Numune Kütlesi	281,74 g
Kütle Kaybı	43,76 %

Numuneler agrega cinsinde hazırlanmıştır TS 1367-2 gereği döngüler arasındaki süre yaklaşık 2 gün (48 ± 2 saat) olacak şekilde tutulmuştur. Son döngüden sonra 14/10 mm'lik elek yardımıyla deney sonunda kalan numune süzölmüştür. Deney başında 500,97 g olarak kaydedilen numune, deney sonunda 281,74 g olarak tartılmıştır. Hesaplamalar sonucunda Yazıköy taşının don sonu kütle kaybı %43,76 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10).



Şekil 4.20. Yazıköy taşının don sonu kütle kaybı yüzdesinin değerlendirilmesi.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) 2013 yılında yayınladığı Karayolu Teknik Şartnamesi incelendiğinde çeşitli amaçlarda kullanılacak taşların Magnezum-sülfat deneyi sonrasında karşılaması gereken belirli değerleri olduğu görülmektedir. Bu şartnameye göre kagir yapılarda kullanılacak taşların bu deney sonucunda uğradığı kayıp maksimum %8, dolgu duvar ya da gabion inşasında kullanılacak taşların sahip olması gereken değer maksimum %10, taşın iri agrega sınıfına ait olabilmesi için karşılaması gereken değer minimum %18'dir. Don sonunda kütlelerinin %43,76'sını kaybeden Yazıköy taşı, bu şartların hiçbirini karşılayamamaktadır (Şekil 4.20).

4.4.7. Yoğun Yük Altında Eğilme Dayanımı Deneyi

TS 12372 standardının takip edildiği bu deney yöntemi ile, Yazıköy taşının 3 noktalı eğilme dayanımının ölçülmesi amaçlanmıştır. Yoğun yük altında eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan Yazıköy taşı numunesinin deney verileri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Yoğun yük altında eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan Yazıköy taşı numunesinin deney verileri.

Kırılma Yüğü (F)	2700 N
Numunenin Toplam Uzunluğu (L)	120 mm
Numunenin Eni (b)	50 mm
Numunenin Yüksekliği (h)	15 mm
Eğilme Dayanımı (σ_m)	43,2 MPa

Yazıköy taşından alınan numune 15 mm kalınlığında, 50 mm eninde ve 120 mm boyunda kesilmiş ve deney makinesine yerleştirilmiştir. Sabit hızda noktasal kuvvet uygulanarak darbe etkisinden kaçınılmaya çalışılmıştır. Numune 2700 N yükünde kırılmış ve deney sonlandırılmıştır. Gerekli hesaplamalar yapıldığında Yazıköy taşının eğilme dayanımı 43,2 MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 4.21. Yazıköy taşı ve bazı kireçtaşlarının eğilme dayanımlarının incelenmesi (Büyüksağış & Gürçan, 2005; Fernandes vd., 2010; Semerci, 2007; Teymen vd., 2011).

Bu değerin Türkiye ve dünyadaki bazı kireçtaşlarının eğilme dayanımları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 4.21). ASTM standartlarına göre yoğun kireçtaşlarına ait eğilme dayanımı 6,9 MPa olarak grafiğe turuncu renkte çizilmiştir. Yazıköy taşının eğilme dayanımı karşılaştırılan diğer kireçtaşlarının eğilme dayanımlarından oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

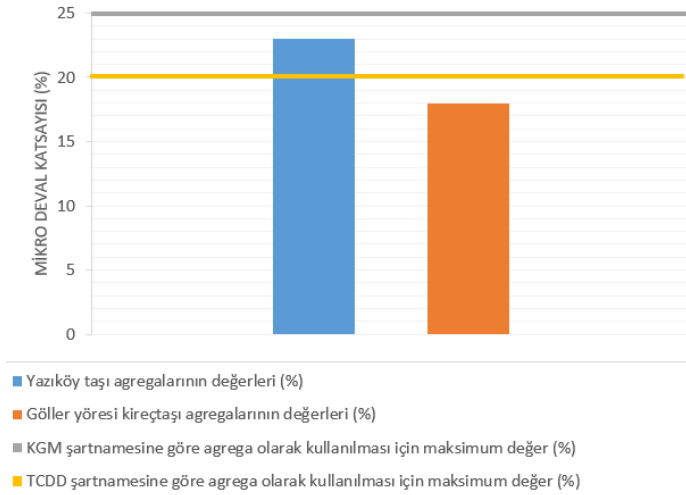
4.4.8. Aşınma Direnci Deneyi (Mikro Deval Deneyi)

Yazıköy taşının aşınma direnci tayini için agrega tipi numuneler üzerinde yapılan Mikro- Deval deney yöntemi tercih edilmiştir. TS EN 1097-1 standardındaki bu deney yöntemi için yer alan yönergeler, deney sürecinde gözetilmiştir. Yazıköy taşından elde edilen agregaların tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Numuneler ve yaklaşık toplam ağırlığı 5 kg olan demir bilyeler deney cihazındaki tamburlara yerleştirilmiş, ilave olarak da tambura 2,5 litre su eklenmiştir. Tamburlar dakikada 105 devir yapacak hıza ayarlandıktan sonra deney başlatılmıştır. 1200 devri tamamlayınca kadar devam eden deneyin sonucunda numuneler tamburdan çıkarılıp yıkanmış, demir bilyelerden arındırılmış ve son olarak elekten geçirilerek kurutulmuştur.

Çizelge 4.12. Yazıköy taşı agregaları ile yapılan Mikro Deval deneyinin verileri.

Deney Verileri	1. Deney	2. Deney
Deney Tipi	Islak	Islak
Kullanılan Elek Aralığı	10-12,5-14	10-12,5-14
Devir Sayısı	1200	1200
Dönme Hızı	105 devir/dakika	105 devir/dakika
Bilye Miktarı/Su Miktarı	5000gr / 2,5 L	5000gr / 2,5 L
Numune Kütlesi	500,82 g	500,14 g
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon	385,10 g	382,99 g
Mikro-Deval Katsayısı	% 23	% 23
Ortalama Mikro-Deval Katsayısı	% 23	

Deney başlangıcındaki ve sonundaki kaydedilen numune ağırlıkları yardımıyla Yazıköy taşı agregalarının aşınma dayanımları Mikro Deval katsayısı cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre Yazıköy taşının Mikro Deval katsayısı ortalama % 23 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.12).



Şekil 4.22. Yazıköy taşı ve Göller yöresi kireçtaşlarının ortalama Mikro Deval katsayısının KGM ve TCDD şartnameleri bağlamında karşılaştırılması(Kahraman & Yapıcı, 2022; Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013; Yılmaz vd., 2012).

2013 yılında KGM ve 2020 yılında Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın (TCDD) ayrı ayrı yayınladıkları şartnamelere göre Mikro Deval katsayısı %23 olan Yazıköy taşı için maksimum değerlere yakın olduğu söylenebilir. Numunenin,

TCDD'nin şartnamesinde yer alan maksimum %20 şartını sağlamadığı görülürken, KGM şartnamesinde yer alan maksimum %25 değerini aşmadığı görülmüştür. Bunun dışında Göller Yöresi'nde rastlanan çeşitli kireçtaşlarının ortalama değeri ile karşılaştırıldığında Yazıköy taşının Mikro Deval aşınma katsayısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22).

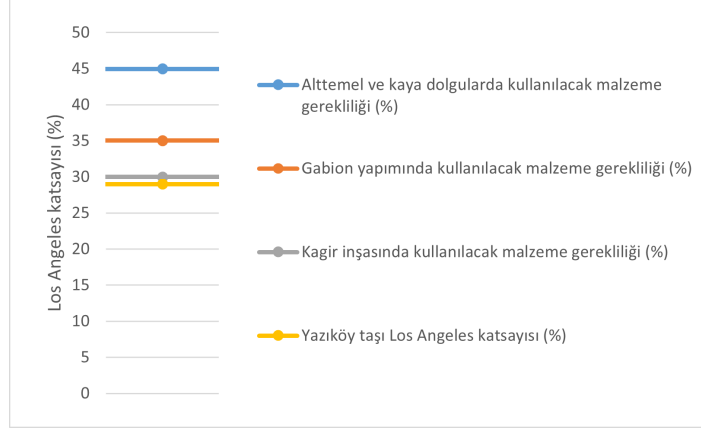
4.4.9. Darbeli Aşınma Deneyi (Los Angeles Deneyi)

Zemin uygulamalarında kullanılacak agrega malzemelerde sorgulanan özelliklerden birisi de Los Angeles katsayısıdır. Yazıköy taşının Los Angeles katsayısının TS EN 1097-2 standardı takip edilerek Los Angeles deney yöntemi ile tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 4.13. Yazıköy taşı agregaları ile yapılan Los Angeles deneyinin verileri.

Kullanılan Elek Aralığı	10-12,5-14
Devir Sayısı	500
Dönme Hızı (Devir/dakika)	33
Bilye Sayısı	11
Numune Kütlesi	5002,0 g
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon	3563,5 g
Los Angels Katsayısı (%)	% 29

Yazıköy taşından elde edilen agrega numuneler ve çelik bilyeler Los Angeles tamburunun içerisine yerleştirilip dakikada 33 devir olmak üzere toplamda 500 devir çevrilmişlerdir. Deney tamamlandıktan sonra numuneler ve çelik bilyeler ayrılıp numuneler elekten geçirilerek deney sonrası kalan numune kütlesi belirlenmiştir. Deney öncesi ve sonrası numune kütleleri yardımıyla Yazıköy taşının Los Angeles katsayısı %29 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13).



Şekil 4.23. Yazıköy taşı numunesinin Los Angeles katsayısının değerlendirilmesi (Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013).

Elde edilen Yazıköy taşı Los Angeles katsayı değeri KGM 2013 yılı şartnamesine göre değerlendirilmiştir. Buna göre Yazıköy taşının Los Angeles katsayısı (%29); KGM'nin belirlediği kagir yapı inşasında kullanılacak malzemeler için belirlenen maksimum değeri (%30), Gabion yapımında kullanılacak malzemeler için belirlenen maksimum değeri (%35), son olarak alttemel ve kaya dolgularında kullanılacak malzemeler için belirlenen maksimum değeri (%45) şartlarının hepsini sağladığı görülmüştür (Şekil 4.23).

5. BÖLÜM

YAZIKÖY TAŞIYLA YAPILMIŞ ESERLERDE GÖRÜLEN BOZULMALAR

Yazıköy taşı, çıkartıldığı ve adını aldığı Yazıköy köyünde ve çevresinde yoğun olarak kullanılmış olan bir taştır. Taş, geçmiş dönemlerden beri yapılarda kullanılmakta olup, geleneksel yapılarda çokca tercih edilmiş bir malzeme olarak dikkati çekmektedir. Bununla beraber, Yazıköy köyünün 5 km doğusunda bulunan, oldukça zengin bir geleneksel dokuya sahip olan ve özgün dokusunu günümüzde de halen başarıyla koruyan; günümüzde Safranbolu ilçesine bağlı bir köy durumunda bulunan Yörük köyü, bu malzemenin yoğun olarak kullanıldığı yerleşimlerden birisi olduğu için, bozulmalar yoğun olarak burada bulunan yapılar üzerinden incelenmiştir. Gözle yapılan muayenelerle Yazıköy taşının uğradığı bozulmalar başlıca gruplandırılmıştır. Tespit edilen bozulmaların gerekçeleri literatürde karşılaşılan Yazıköy taşıyla benzer karaktere sahip taşlarda görülen bozulma örnekleri ile ilişkilendirilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

İncelenen taş malzemelerin uğradıkları bozulmalar sınıflandırılırken terminolojik karışıklılığa yol açmamak adına Uluslararası Taş Bilim Komitesi'nin (ICOMOS-ISCs) belirlediği terimler kullanılmıştır. Buna göre Yazıköy taşının uğradığı başlıca bozulma çeşitleri Çizelge 5.1'deki gibi gruplandırılmıştır.

Çizelge 5.1. Yazıköy taşının uğradığı bozulma çeşitlerinin gruplandırılması.

Çatlak ve Deformasyon	Ayrılma ve Eksilme	Materyal Kaybı	Renk Değişimi ve Birikme	Biyolojik Yerleşim
Yüzeysel ve Kılcal Çatlaklar	Tabakalaşma	Erozyon	Kabuk Oluşumu	Liken, Yosun
Kırıklar		Mekanik Hasar	Renklenme	Bitki
		Parça Kaybı	Çiçeklenme, Tuz Kristallenmesi	
			Parlak Görünüş	

Yazıköy taşı üzerinde gözlenen bozulmaların taşın işlenme şekline, boyutlarına, kullanım şekline ve sıklığına, bulunduğu ortamda maruz kaldığı çevresel etkilere göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple bozulmalar incelenirken bahsi geçen parametreler göz önünde bulundurularak birtakım sebep sonuç ilişkileri kurulmaya çalışılmıştır.

5.1. Çatlak ve Deformasyon Bozulmaları

Bu başlık altında toplanan bozulmaların oluşmasına taş malzemelerin yapısına eklenen ya da yapısından ayrılan herhangi bir dış materyal olmaksızın, taş malzemenin kendi yapısında meydana gelen değişimler sebep olmuştur. Bu tarz değişimler genellikle gözle kolaylıkla görülebilen çatlaklar, kırılmalar, yarıklar veya biçimsel deformasyonlar şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Yazıköy taşının sıkça kullanıldığı bölgelerde yapılan incelemeler sonucunda kagir duvarlarda taşıyıcı olarak kullanılan Yazıköy taşlarının bazılarının Şekil 5.1’de görüldüğü üzere çatlama ve kırılmaya uğradıkları görülmüştür. Bu çatlaklara, taşın yapısı gereği sahip olduğu kılcal çatlaklar, ani sıcaklık farkları ya da çevreden gelen bir darbe sebep olabileceği gibi, malzemenin basınç dayanımını aşacak bir yükün altında kalmış olması da bu tarz bozulmalara sebep olabilmektedir.



Şekil 5.1. Kagir duvarda kullanılan Yazıköy taşlarında görülen yüzeysel çatlak ve kırılma.

Malzemelerin kullanıldıkları yere göre malzemelerde aranan dayanım özellikleri de değişir. Şekil 5.2’de görülen, lento olarak kullanılan Yazıköy taşında meydana gelen kırılma, taşın eğilme dayanımı ile ilişkilidir. Bu ve benzeri taşıyıcı görevi üstlenen malzemelerde meydana gelen bozulmalar göz ardı edilmemeli, takip edilip gereken önlemler alınmalıdır (Işık & Halifeoğlu, 2017).



Şekil 5.2. Solda lento olarak kullanılan kırılmış Yazıköy taşı, sağda Diyarbakır Surp Sargis Kilisesi'nin lentosunda görülen çatlak (Işık & Halifeoğlu, 2017).

Dışarıdan gelen darbeler de yapı malzemeleri üzerinde, malzemenin yapısını değiştirmeden kayıplara yol açabilmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Solda parça kaybına uğramış Yazıköy taşından yapılmış kapı nişi, Sağda Santa Barbara de Usaquen Kilisesi'nde oluşan darbeye bağlı parça kaybı (Ali & Murat, 2012).

5.2. Ayrılma ve Eksilme Bozulmaları

Ayrılma ve eksilme bozulmaları, çeşitli sebeplerle malzemenin yapısında kimyasal çözülme meydana gelmesi ve bunun sonucunda parça kaybetmesi şeklinde görülür. Kabarma, tabakalaşma, patlama ya da dağılma şeklinde gruplara ayrılır. Yazıköy taşları üzerinde ayrılma ve eksilme bozulmaları genellikle tabakalaşma şeklinde görülmüştür. Kireçtaşı kategorisinde yer alan bir taş olan Yazıköy taşında bu parça kopmalarına sebep olan birikmelerin genellikle tuzlanma kaynaklı olduğu görülmüştür.

Neme maruz kalan taş malzemenin yapısındaki tuzlar su ile karşılaştıklarında eriyerek tuz çözeltisi oluştururlar ve suyun buharlaşmasıyla da taşın yüzeyinde ya da iç katmanlarında tuz birikmeleri görülür (Tuzlanma ile bozulma, tezin 2. bölüm 5. başlığında daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.). Kalınlıkları birkaç milimetreden birkaç santimetreye çıkabilen bu tabakalar, zaman içinde çeşitli etkenlerle dökülerek malzemede parça kayıplarına sebep olmaktadır (Şekil 5.4)



Şekil 5.4. Taş yüzeylerde çeşitli kalınlıklarda tabaka ayrışmaları (Ali & Murat, 2012).

Yazıköy’de hava koşullarının, yağışların ve toprak neminin doğrudan etkilediği mezar taşlarında bu bozulma türüne sıklıkla rastlanmıştır. Taş malzemeye etkileyen su miktarı arttıkça bozulma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.5’te görülen mezar taşlarının yüzeylerinde biriken tuz kristalleri zamanla taşların yüzeyinden parçalar kopararak dökülmüşler ve mezar taşları üzerinde tahribata sebep olmuşlardır.



Şekil 5.5. Yazıköy mezarlığındaki mezar taşları üzerinde tuz kristallerinin oluşumu ve parça kayıpları.

5.3. Materyal Kaybı Bozulmaları

Bu başlık altında rüzgâr ya da yağmur erozyonu, mekanik etkiler, darbe, çizilme ve kazınma gibi çevresel etkilerin malzemenin yüzeyinde meydana getirdiği bozulmalar toplanmıştır. Genellikle malzemenin yüzey dokusunu ve görünüşünü değiştiren bu bozulma çeşitleri alveolar ayrışma, erozyon, mekanik hasar, parça kaybı, tozuma ve kırıntılanma şeklindedir. Materyal kaybı bozulmaları, Şekil 5.6’da görüldüğü gibi taşın yüzeyinde ve kenarlarında gözle görülebilir değişimlere yol açmaktadır. Yazıköy ve Yörük köyünde yapılan incelemeler sonucunda Yazıköy taşında materyal kaybı bozulma çeşitlerine sıklıkla rastlanmıştır.



Şekil 5.6. Farklı taş dokular üzerinde erozyon bozulması (Ali & Murat, 2012).

Yağışların ya da rüzgârın sebep olduğu erozyon dış ortamlarda çeşitli amaçlarla kullanılan Yazıköy taşlarının yüzeylerinde rölyef şeklinde bozulmalar meydana getirmiştir (Şekil 5.7). Taşların yüzeylerinde pürüzlenme etkileri görülürken, köşe noktalarında yuvarlaklaşma şeklinde etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 5.7. Kagir duvarda erozyona uğramış Yazıköy taşı yüzeyi.

Taşın kullanım alanına göre maruz kaldığı çevre koşulları değiştiğinden aynı yapıya sahip taşların bozulma miktarlarında farklılıklar olduğu saptanmıştır. Şekil 5.8’de denizlik olarak kullanılan Yazıköy taşının yüzeyinin çevresindeki taşların yüzeyinden daha fazla erozyona uğradığı görülmektedir.



Şekil 5.8. Denizlik olarak kullanılan Yazıköy taşında görülen erozyon.

Erozyon dışında diğere çevresel hasarlar da taşların yüzeyinde ve köşelerinde bozulmalara sebep olabilir. Mekanik etkiler olarak adlandırılan bu fiziksel etkiler kazıma, çizme, kesme ve şok darbeleri gibi genellikle insan faktörünün öne çıktığı hasar tipleridir.

Şekil 5.9’da Yörük köy çamaşırhanesinde kullanılan taş malzemenin uzun süreçte aldığı insan kaynaklı darbelerden dolayı parça kaybına uğradığı ve bazı noktaların niteliksiz malzemeyle onarıldığı görülmektedir.



Şekil 5.9. Yörük köyü çamaşırhanesinde görülen kırılma ve parça kaybı.

Genellikle zeminde kullanılan taşlarda görülen uzun süreli kullanımlarda taşların yüzeylerinde ve köşelerinde görülen aşınma sonucu malzeme kayıpları da mekanik etkiler başlığı altında gruplandırılmaktadır. Malzemenin kalınlığında incelmeye köşelerinde ise yuvarlaklaşma şeklinde gözlenir (Şekil 5.10). Doğrudan malzemenin aşınma direnci ve kullanım miktarı ile ilişkili olduğu bu bozulma şekli eşik taşı ya da basamak olarak kullanılan Yazıköy taşlarında sıklıkla gözlenmiştir (Şekil 5.11).



Şekil 5.10. Kolombiya, Villa de Leyva’da alışveriş merkezine çevrilen bir anıt eserde görülen bozulma (Ali & Murat, 2012)



Şekil 5.11. Mekanik etki altında aşınmaya uğramış Yazıköy taşları.

Fiziksel veya kimyasal etkilerle taşın yüzeyindeki granüllerin yüzeyden kopması sonucunda, taşın yüzeyinde biriken toz şeklindeki birikintileri ifade etmek için kullanılır. Şekil 5.12’de görüldüğü gibi özellikle kireçtaşlarında yaygın olarak gözükken tozuma (karıncalanma) Yazıköy taşında da sıkça görülmektedir.



Şekil 5.12. Tozumaya uğramış Yazıköy taşları.

5.4. Renk Değişimi ve Birikme Bozulmaları

Taşların kirlenmesi, tuzlanması, tabakalaşması ve biyolojik birikme, taşlarda renk değişimi ve birikme bozulma şekilleridir. Taşlar, içerdikleri minerallerin ayrışması veya dış etkenlerin etkisiyle, orijinal renginde çeşitli şekillerde değişikliğe uğrar. Yazıköy taşlarında oluşan renk değişimleri ve birikme bozulmaları bu başlık altında değerlendirilmiştir. Bu bozulmalar başlıca kirlenmeler, tabakalaşmalar ve tuzlanmalardır. Taşın yapısında bulunan mineraller bu tarz bozulmalara sebep olabileceği gibi dışardan gelen yabancı maddeler de taşın yüzeyinde birikebilir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Solda Kırklareli Hızır Paşa Külliyesi Hamamı'nda siyah renkli kabuk oluşumu, sağda Bitlis İslahiye Şeref Han Medresesi duvarında beyaz renkli kabuk oluşumu (Ali & Murat, 2012).

Kabuk oluşumunun Yazıköy taşı üzerinde en çok rastlanan birikme türü bozulma olduğu gözlenmiştir. Çeşitli renklerde ortaya çıkabilen bu bozulma, yağmur suyunun atmosferdeki karbondioksitle (CO_2) ya da kükürt dioksitle (SO_2) birleşerek, kireçtaşının yüzeyinde akış hattına göre farklı kalınlıklarda, sırasıyla kalsiyum karbonat (CaCO_3) ya da alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) birikmesi şeklinde görülmektedir.

Dış ortamda ve yağışlardan korunmasız şekilde kullanılan Yazıköy taşında görülen kabuk oluşumları genellikle siyah renkli (Şekil 5.14) iken, metruk vaziyetteki Yazıköy çamaşır hanesinin içinde beyaz renkli kabuk oluşumu gözlenmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.14. Dış ortamda kullanılan Yazıköy taşı üzerinde siyah renkli kabuklaşma.



Şekil 5.15. Metruk durumdaki Yazıköy çamaşırhanesinin içinde görülen beyaz kabuklaşmalar.

Şekil 5.16’da sol tarafta Yörük köyü çamaşırhanesinde kullanılan taşın, kullanım sebebiyle suya temas eden yüzeylerinde siyah renkli kabuk oluşumu görülmektedir. Sağ taraftaki görselde ise metruk durumda olan Yazıköy çamaşırhanesinde görülen ve yoğun nemin sebep olduğu düşünülen renk değişimleri görülmektedir. Kabuk oluşumları genellikle kimyasal etkiler sonucu meydana gelmektedirler. Bu sebeple kabukların oluşum sebeplerini tam olarak anlamak için yüzeylerde kimyasal analizler yapılması gerekmektedir.



Şekil 5.16. İç mekânda kullanılan Yazıköy taşlarında neme bağlı renk değişimleri.

Yazıköy taşı yapısındaki tuzların suyla temas ederek çözünmesi ve sonrasında suyun buharlaşarak tuzların taşın iç ya da dış yüzeylerinde birikmesiyle meydana gelen tuzlanma (çiçeklenme) olayının taşın dış yüzeyinde olmasıyla beyaz renklenmeler görülmektedir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Yazıköy taşları üzerinde görülen bazı tuzlanma örnekleri.

Bazı taşların yüzeyinde zaman içerisinde aşınmaya bağlı olarak parlak bir görüntü oluşur. Şekil 5.18'deki gibi taşın kendi dokusunu kaybederek uğradığı bu tarz parlaklık bozulmaları, renklenme veya birikme bozulma çeşitlerinin alt başlığı olarak kabul edilir.



Şekil 5.18. Solda döşeme kaplaması olarak kullanılmış Yazıköy taşında görülen parlak görüntü, Sağda Kolombiya Villa de Leyva da eski bir han girişindeki taş döşemede oluşan parlak görüntü (Ali & Murat, 2012).

Taşlar üzerinde görülen ve dış ortamdaki etkenlerin oluşturduğu başka bir renklenme örneği ise pas lekeleridir. Yazıköy taşının demir malzemelerle birlikte kullanıldığı yerlerde rastlanmış olan bu bozulma, demirin zaman içerisinde pas tutması ve bu pasın yağmur gibi etkenlerle taşın yüzeyine işlenmesiyle oluşur (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Yazıköy taşı üzerinde görülen pasın sebep olduğu renklenmeler.

Yangın ve uzun süreli yanan ateşler etraflarındaki taş malzemeler üzerinde bozulmalara yol açabilmektedir. Şekil 5.20’de çeşitli amaçlarla yakılan ateşlerin Yazıköy taşları üzerinde meydana getirdikleri is kaynaklı renk değişimleri görülmektedir. Bu is dokusu yoğunluğuna göre taşın yüzeyinde katmanlaşarak siyah renkli kabuk oluşturabildiği gözlenmiştir. Benzer şekilde geçmişte Yazıköy Kilisesi’nde çıkan yangının sebep olduğu is lekeleri ve yüzeysel kopmalar günümüzde hâlâ görülmektedir (Şekil 5.21).



Şekil 5.20. Yazıköy taşı üzerinde is birikmesi.



Şekil 5.21. Yazıköy Kilisesi üzerinde yangın izleri.

Yangın esnasında taşların dış yüzeyi aniden yükselen sıcaklık sebebiyle genişir. Termal iletkenliği yüksek olmayan taşların iç kısımları soğuk kalarak iç gerilmeler oluşmasına sebep olur. Bu gerilmelere dayanım gösteremeyen taşlarda plak ve parça kopmaları görülür. Kireçtaşlarında da bu durum geçerlidir (Ali & Murat, 2012).

5.5. Biyolojik Yerleşim Bozulmaları

Yazıköy taşları üzerine yerleşim sağladığı tespit edilen yosun, alg, mantar, bakteri, liken gibi mikroflora; çalı ve ot türündeki bitki gelişimleri biyolojik yerleşim bozulmaları olarak değerlendirilmiştir. Yapıların alt kısımlarında veya sıklıkla suyla temas halinde olan bölgelerinde sıkça gözlemlenen yosun ve likenler, asidik enzimlerini salgılayarak taşın bozulmasına sebebiyet vermektedir. Zayıf asit özellikleri sergilemelerine rağmen bu enzimler zamanla taş yüzeyinde oyuklaşma ve lekelenmeye yol açabilirler. Şekil 5.22’de sürekli nemli kalan bir duvarda yer alan Yazıköy taşları üzerinde oluşan yosun ve likenler görülmektedir.



Şekil 5.22. Yazıköy çamaşırhanesinin toprakla temas halindeki duvarında görülen yosun ve liken oluşumu.

Bunun dışında dış ortamlarda kullanılan Yazıköy taşlarında da sıklıkla biyolojik yerleşim bozulmaları görülmektedir (Şekil 5.23). Bu tür yerleşimler taşın yapısında kimyasal etkilerle kayıplara sebep olarak taşın bozulmasına sebep olmaktadır.



Şekil 5.23. Yazıköy taşı üzerinde görülen biyolojik yerleşim

Son olarak duvar diplerinde görülen ot ve sarmaşıkların da duvar yüzeylerine tutunarak büyümesi sonucunda taş yüzeylerinde bozulmaya sebep oldukları görülmektedir (Şekil 5.24).



Şekil 5.24. Yazıköy taşıyla yapılmış duvarlarda görülen bitki gelişimi kaynaklı biyolojik yerleşim bozulması

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında Karabük ilinin Safranbolu ilçesine bağlı Yazıköy’de çıkarılan Yazıköy taşı hakkında bir takım fiziko-mekanik deneyler yapılmış ve bu deney sonuçları ile Yazıköy ve çevresindeki yerleşim yerlerinde kullanılan taş malzemelerde görülen bozulma sorunlarının ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan deneylerden elde edilen verilere göre:

- Yazıköy taşının birim hacim ağırlığı $2,69 \text{ Mg/m}^3$ ’tür Bu değer tel sepet deney metodu kullanılarak elde edilmiştir ve Türkiye coğrafyasında görülen diğer kireçtaşlarıyla yakın bir değerdir. Kireçtaşlarıyla ilgili şartları içeren TS 11137’nin belirlediği minimum değerden yüksektir.
- Yazıköy taşının kütlece su emme yüzdesi % 0,78’dir. Bu değer tel sepet deney metodu ile tespit edilmiştir. TS 11137’nin belirlediği maksimum değerinden düşüktür ve Türkiye’de görülen diğer kireçtaşlarının kütlece su emme oranına yakın bir değerdedir.
- Yazıköy taşının su geçirimsizlik katsayısı düşen seviyeli permeabilite deneyi ile $4,06\text{E}-05$ bulunmuştur. TS 11137’ye göre herhangi bir su geçirimsizliği şartı aranmamaktadır.
- Yazıköy taşının termal iletkenlik sayısı $0,872 \text{ W/mK}$ bulunmuştur. Termal iğne probu kullanılarak bulunan bu değer binalarda ısı yalıtım kurallarını içeren TS 825’e göre kagir duvarların sahip olması gereken maksimum ve minimum değer arasında.
- Yazıköy taşının tek eksenli basınç dayanım değeri $40,63 \text{ MPa}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye’de görülen diğer kireçtaşlarının ortalama değerine yakındır. TS 11137’nin basma mukavemeti bağlamında belirlediği değerlere göre Yazıköy taşı yapılarda taşıyıcı rolde kullanılmamalı fakat kaplama malzemesi olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur. Bu durum

Yazıköy taşı don sonucunda basınç mukavemetinin % 4'ünü kaybettiğinde de geçerlidir.

- Yazıköy taşının 3 noktada eğilme dayanımı 43,2 MPa olarak ölçülmüş bu değer ASTM standartlarına göre ortalama yoğun bir kireçtaşının sahip olduğu 6,9 MPa değerinin çok üstündedir. Türkiye ve dünyada görülen bazı kireçtaşı örnekleri ile kıyaslandığında bu değer karşılaşılan en büyük değer yaklaşık 3 katıdır.
- Yazıköy taşının dona dayanım değeri Magnezyum Sülfat deney yöntemi ile % 43,76 olarak bulunmuştur. Bu değer KGM'nin 2013 yılı şartnamesine göre oldukça yetersizdir. Buna göre Yazıköy taşı, kagir yapılarda dolgu duvarlarda ya da iri agrega olarak kullanılmamalıdır.
- Yazıköy taşının aşınma direnci Mikro Deval ve Los Angeles deney yöntemleri kullanılarak tespit edilmiş ve sırasıyla % 23 ve % 29 olarak bulunmuştur. Bu değerler Türkiye'de görülen diğer kireçtaşlarının değerlerine göre biraz yüksek olmasına rağmen TCDD ve KGM şartnamelerine göre sınır değerlere yakındır.

Bunun dışında, Yazıköy ve civardaki Yörük köyünde gözle muayene yapılarak taş malzemelerin uğradıkları bozulma çeşitleri saptanmaya çalışılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda Yazıköy taşının en sık uğradığı bozulma tipi kabuklaşma, renklenme, tuzlanmadır. Ayrıca çeşitli çatlaklar, kırılmalar parça kayıpları, erozyon ve aşınma etkileri, biyolojik yerleşim etkilerinin ve yangınların sebep olduğu bozulmalar da göze çarpmaktadır. Karşılaşılan bu bozulmalardan bazılarının Yazıköy taşının fiziko-mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. Basma dayanımının kagir yapılarda kullanılmaya uygun olmamasına rağmen, duvarlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan bazı Yazıköy taşlarında kırılmalar gözlenmiştir. Dona dayanımının oldukça düşük olduğu saptanmış olan Yazıköy taşının atmosfer ve yağış etkilerine doğrudan maruz bırakıldığı, donma çözülme döngülerinin sıkça gözlendiği koşullarda parça kayıplarına uğradığı görülmüştür. Kullanım şekline göre Yazıköy taşlarının erozyon ve mekanik etkilerle yüzeylerinde doku kaybı ve parlama, köşelerinde ise yuvarlaklaşmalar olduğu görülmüştür. Bu tarz aşınma tahribatları sıkça görülmesine rağmen taş üzerinde kritik bozulmalara sebep olmadığı söylenebilmektedir. Kütlece su emme katsayısı standart değerlere uygun olmasına rağmen sürekli olarak neme maruz bırakılan Yazıköy taşlarında ciddi katmanlaşma

sorunlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Gerek atmosfer koşulları gerek kullanım şekli sebebi ile suya maruz kalan Yazıköy taşlarının yüzeyinde çeşitli renklerde kabuklaşmalar görülmüştür. Bazı koşullarda bu kabuklaşmalar yoğunlaşarak malzemedeki parça kopmalarına sebep olmuştur. Minerolojik yapısı itibariyle kireçtaşı olan Yazıköy taşı üzerinde görülen bu tuzlanma ve kabuklanmaların etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Yazıköy taşının kimyasal yapısının da incelenmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmayla taş malzemelerde fiziko-mekanik özelliklerin bilinmesinin taş malzemenin uğrayacağı bozulmalar hakkında birçok ön bilgi sağladığı görülmüştür. Tarihi dokuya sahip bölgede yapılacak restorasyon çalışmalarında kullanılacak malzemeler hakkında bu tarz ön bilgiler büyük bir önem arz etmektedir. Ancak, Yazıköy, Yörük köyü ve geleneksel Türk mimarisinin en iyi korunmuş örneklerinden birisi olan Safranbolu Eski Çarşı mevkilerinde sıkça karşımıza çıkan Yazıköy taşı hakkında yapılan çalışmaların yok denecek kadar az olduğu görülmüştür. Restorasyon çalışmalarının sıkça yürütüldüğü bu bölgede kullanılacak taş malzemenin tanınması ve imkânlarının keşfedilmesi için daha fazla çalışmalar yapılmalı daha fazla örnekler incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- Akbulak, E. (2011). *Doğal Yapı Taşları ve Mermerin Kullanım Alanları*.
- Akman, S. M. (1990). *Yapı malzemeleri*. İTÜ.
- Aksoy, M., & Kuş, A. (2001). Müze Kent Safranbolu. *Safranbolu Hizmet Birliği, Kultur Yayını, 1*.
- Ali, D., & Murat, D. A. L. (2012). *Doğal taşlardaki bozunmalar*.
- Angı, S. (2007). *Aksaray yaylak granitinin kaplama taşı yönünden özelliklerinin araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ashurst, J., & Ashurst, N. (1990). *Practical Building Conservation: English Heritage Technical Handbook. Metals; John Ashurst...[and Others]*. Gower Technical.
- ASTM D5084 (2016) *Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter*, American Society for Testing and Materials Headquarters, West Conshohocken
- ASTM D5334 (2022) *Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Rock by Thermal Needle Probe Procedure*, American Society for Testing and Materials Headquarters, West Conshohocken
- ASTM D7002 (2022) *Standard Practice For Electrical Leak Location On Exposed Geomembranes Using The Water Puddle Method*, American Society for Testing and Materials Headquarters, West Conshohocken
- Aydın Ö, & Lakot Alemdağ E. (2014). Karadeniz Geleneksel Mimarisinde Sürdürülebilir Malzemeler; Ahşap ve Taş. *Journal of International Social Research*, 7(35).
- Bayram, O. (2009). *Bazı Doğal Taşların Dokusal Özellikleri ile Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Buzlu F, & Binan C Ş. (2022). Ayasofya'nın 6. yy Duvar Taş Kaplamaları ve Yapım Tekniğindeki Detaylar. *Journal*, 84, 85-103.
- Büyüksağış, İ. S., & Gürcan, S. (2005). ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 44(1), 33-41.

- Can A S, & Ozipek B. (2017). *Doğal taş: bir sürdürülebilir mimari malzeme örneği* (Şengün N, Demirdağ S, Altındağ R, Uğur İ, & Saraç S, Ed.). TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Çakır, A. O. (2019). *Yoğunluk Ölçer Prototip Üretimi Ve Kayaçların Yoğunluk Analizi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çanakci, H., Demirboğa, R., Karakoç, M. B., & Şirin, O. (2007). Thermal conductivity of limestone from Gaziantep (Turkey). *Building and environment*, 42(4), 1777-1782.
- Çapar, E. M. (2019). Bazı küfeki taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *İçinde 2019*.
- Çapık, M., & Yılmaz, A. O. (2009). Harşit (Giresun) Granitlerinin Fiziko Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. *Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2).
- Çorapçıoğlu, K. (1983). *Doğal taş kargir yapılarda taş ayrışmasının nedenleri ve maktralı kalkerler üzerinde korumaya yönelik bir araştırma*.
- Dolar, A., & Yılmaz, E. Ş. (2014). Kültürel yapılarda biyolojik bozunma mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12(1), 1-19.
- Emir, E. (2017). Kaya mekaniği ders notları. *İçinde ESOGÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir*.
- Erguvanlı, K. (1982). *Mühendislik jeolojisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi.
- Eriç, M. (2002). *Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, 2. İçinde Baskı, İstanbul*.
- Ersen, A. (1991). *Taş Koruma ve Uygulamalarının Evrimi. Doçentlik Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı, İstanbul*.
- Ersoy, H. L. (2011). *Karabük Tarihi. İstanbul: Karabük Valiliği Yayınları*.
- Fernandes, J. C., Pires, V., Amaral, P. M., & Rosa, L. G. (2010). Analysis of strength scaling effect in Portuguese limestone: comparison between three-and four-point bending tests. *Materials Science Forum*, 636, 1336-1341.
- Günay, R. (1998). *Türk Ev Geleneği ve Safranbolu Evleri (1. Baskı). İstanbul: Yem*.
- Güneri, S. (2009). *Doğal taşların teknik özelliklerine göre kullanım alanlarının ve uygulama parametrelerinin belirlenmesi*.

- Gürani, F. Y., & Canbolat, T. (2012). Geçmişten günümüze mekan ölçeğinde doğal taş kullanımındaki farklı yaklaşımlar. *Doğal Yaşam Doğal Taş Sempozyumu*, 25-32.
- Hegger, M., Drexler, H. H., & Zeumer, M. (2007). *Adım adım yapı malzemeleri*. YEM Yayınevi.
- Işık, N., & Halifeoğlu, F. M. (2017). *Tarihi Diyarbakır Surp Sargis Ermeni Kilisesi'nde Taşıyıcı Sistem Sorunlarının Gözlemsel ve Aletsel Tespitlerle Değerlendirilmesi*.
- İnal, S. (2022). *Maden İşletme Laboratuvarı I Eğilme Dayanımı Deneyi*.
- İnan, K., & Tanyolu, E. (1982). Mineraloji, Cilt-II. *İstanbul.(Turkish Book)*, 218.
- Kahraman, E., & Yapıcı, N. (2022). Kurtpınar (Ceyhan) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanımının değerlendirilmesi. *Demiryolu Mühendisliği*, 16, 14-22.
- Karahan, D. S. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de Doğal Taşlar. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı Raporu*, ss, 40.
- Karayolu Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü (2013).
- Kıyıldı, R. K. (2019). *Başmakçı kireçtaşının karayolu inşaatına uygunluğunun araştırılması*.
- Kocataşkın, F. (1975). *Yapı malzemesi bilimi*. Birsen.
- Kulaksız, S. (2007). Doğal taş (Mermer) maden işletmeciliği ve işleme teknolojileri. *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını. Ankara*, 634.
- Kurtcu, H. (2010). *Babadat (Sivrihisar-Eskişehir) Kireçtaşlarının Jeolojik ve Fizikomekanik Özellikleri İle Mermer Olarak Değerlendirme Olanakları*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçükkaya, A. G. (2014). *Yapı Taşlarının Restorasyonu. İçinde Özlem Matbaacılık ve Reklamcılık, İstanbul*.
- MEB. (2013). *Doğal Taşları Sınıflandırma ve Tespit Etme*.
- Nishiwaki, T., Sasaki, H., & Kwon, S. (2015). Experimental study on self-healing effect of FRCC with PVA fibers and additives. *Journal of Ceramic Processing Research*, 16, 89-94.

- Onaran, K. (2009). *Malzeme bilimi*. Bilim ve Teknik Kitabevi.
- Onargan, T., Köse, H., & Deliormanlı, H. (2005). *Mermer*. TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Ones, A. (1988). *İnsaat Malzeme Bilgisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Özbek, A. (2016). Kahramanmaraş ve Çevresindeki Kireçtaşlarının Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 146-156.
- Özdemir, Ü. (1994). Safranbolu Yazıköy'ün Coğrafi Etüdü. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi)*. Ankara.
- Özköse, A. (2022). *SAFRANBOLU KÖYLERİNİN YÖRESEL MİMARİSİ*. YEM Yayınevi.
- Rosen, H. J., & Heineman, T. (1996). *Architectural materials for construction*. McGraw-Hill Companies.
- Sarı, N. Y. (1999). *Klasik Isıl İşlemler ve Modern Yüzey İşlemleri Uygulanmış Ç 1050 (C45E) Çeliğinin Abratif+Erozif Aşınma Davranışının İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarıçamlık, K. (2021). *Doğal Taş Korumalarında Su İticilerin Etkileri: Organik Kireçtaşı (Küfeki) Örneği*. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Semerci, F. (2007). Mardin Kireçtaşının Yapı Malzemesi Olarak Kullanımına Yönelik Analizlerinin Yapılması: Kasımiye Medresesi Örneği. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 2(2), 60-79.
- Sharo, A. A., Rabab'ah, S. R., Taamneh, M. O., Aldeeky, H., & Al Akhrass, H. (2022). Mathematical Modelling for Predicting Thermal Properties of Selected Limestone. *Buildings*, 12(12), 2063.
- Şapçı, N. (2021). Çimento Esaslı Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Üretiminde Kompozit Bileşenli Harçların Teknik Değerlendirilmesi. *El-Cezeri*, 8(2), 981-993.
- Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2016). Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Türkiye Doğal Taşlarının İktisadi Coğrafya Odağında Analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 33, 607-640.

- Teymen, A., Kılıç, A., & Türkmenoğlu, Z. F. (2011). *Kalsiyum Karbonatlı Kayaçların Standart Özelliklerinin İncelenmesi*.
- Topal H. (2012). *Kentler ve Taşlar 1*. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Toprak, B., Sevim, O., & Kalkan, I. (2016). Gabion walls and their use. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, 3(4), 56-58.
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., Özkal, S., Doymuş, N., & Ciravoğlu, Ö. (2019). *Yapı elemanı tasarımında malzeme*. Literatür yayınları.
- TS 699 (2009). *Doğal Yapı Taşları, İnceleme ve Labaratuvar Deney Yöntemleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 825 (2013) *Binalarda ısı yalıtım kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 5762 (2004) *Diyabaz-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 6234 (2004) *Granit-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 10449 (2004) *Mermer-Kalsiyum karbonat esaslı-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 10834 (2004) *Gabro-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 10835 (2004) *Andezit-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 11553 (2004) *Siyenit-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 11135 (2004) *Trakit-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 11137 (2004) *Kireçtaşı (kalker)- Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 11145 (2007) *Konglomera-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 1097-1 (2011) *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- Bölüm 1: Aşınmaya karşı direncin tayini (mikro- Deval)*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2 (2020) *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için metotlar*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-6 (2022) *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2 (2011) *Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1925 (2000). *Doğal taşlar- Deney metotları - Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1926 (2007). *Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Tek eksenli basınç dayanımı tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1936 (2010). *Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12371 (2010). *Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Dona dayanım tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12372 (2007). *Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13161 (2009) *Doğal taşlar-Deney metodları-Sabit moment altında eğilme dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13755 (2014). *Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Atmosfer basıncında su emme tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 14157 (2017) *Doğal taşlar-Deney yöntemleri-Aşınma direncinin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO/IEC 17025 (2017) *Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yetkinliği için genel gereklilikler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Url 1: http://80.251.40.59/ankara.edu.tr/v.isik/UYG_3_GJ_Magmatik.pdf

Url 2: <https://airzonetech.com/story-of-sand/>

Url 3: https://yunus.hacettepe.edu.tr/~akkasefe/assets/mag_kay_sin_dok_2020-2021.pdf

Url 4: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/190721>

Url 5: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kumtaşı/Kireç_taş

Url 6: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Parthenon_from_west.jpg

Url 7: <https://www.turizmgunlugu.com/2021/12/28/istanbul-camileri-tarihi-camiler/>

Url 8: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/karabuek/safranbolu-8505/#temperature-graph>

Url 9: <https://safranboluturizmdanismaburosu.ktb.gov.tr/TR-158335/tarih-icinde-safranbolu.html>

Url 10: <https://data.tuik.gov.tr/>

Url 11: <https://bibliotheque-numerique.icp.fr/viewer/8017/?offset=#page=1&viewer=picture&o=&n=0&q=>

Wessman, L. (1997). Studies on the frost resistance of natural stone. *Lund University, Lund Institute of Technology, Licentiate Thesis, Division of Building Materials, Sweden.*

Winkler, E. (1997). *Stone in architecture: properties, durability.* Springer Science & Business Media.

Yılmaz, A., Saltan, M., & Akıllı, A. (2012). Göller yöresinde işletilen kireçtaşı agregalarının yol inşaatı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Pamukkale University, Journal of Engineering Sciences, 18(3).*

Yüzer, E., Angı, S., & Güngör, Y. (2008). *Doğal taş deyince.* Taş Kültürü Yayını.

Zakar, L., & Eyüpgiller, K. K. (2015). Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri. *İstanbul: Ömür Matbaacılık.*

Ziyaettin N. (2010). *Kimyasal uygulamalarının kuzey Kıbrıs yapı taşlarının durabilitesi üzerine etkisi.* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

EK AÇIKLAMALAR A.

NUMUNE SONUÇLARI



ZEMAR ZEMİN ARAŞTIRMA
Test Mad. İnş. ve Amb. San. Tic. Ltd. Şti.
İhlamurkuyu Mah. Nehir Sk. No:8 Ümraniye - İstanbul - TR
0850 305 0 967
info@zmr.com.tr



AB-1026-T

22-2447

12-22

DENEY RAPORU
TEST REPORT

İdare

Administration

Müşterinin Adı / Adresi MAHMUT ŞENER
Customer Name / Address

Proje Adı ARAŞTIRMA PROJESİ
Project Name

İstek Numarası ZMR2230396
Order No

Numunenin Adı ve Tarifi KREM RENGİ BLOK NUMUNE
Name and Identity of Test Item

Numunenin Kabul Tarihi 8.11.2022
The Date of Receipt of Test Item

Açıklamalar TÜRKAK akreditasyon kapsamında yapılan deneyler, "Deney Sonuçları Özeti" sayfasında notlar kısmında belirtilmiştir.
Remarks Deney tarihleri deney formlarında belirtilmiştir.

Raporun Sayfa Sayısı 11 Sayfa
Number Of Pages Of The Report

ZEMAR laboratuvar olarak faaliyet gösteren ZEMAR Zemin Araştırma, TÜRKAK'tan AB-1026-T ile TS EN ISO / IEC 17025 standardına göre akredite edilmiştir.
ZEMAR Zemin Araştırma accredited by TÜRKAK under registration number AB-1026-T for TS EN ISO / IEC 17025 as test laboratory.
Türk Akreditasyon Kurumu(TÜRKAK) deney raporlarının tanınırlığı konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği(EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşması imzalamıştır.

Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of test reports.

Deney ve / veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metotları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfa(lar) da verilmiştir.
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory

İmzasız raporlar geçersizdir.
Testing reports without signature are not valid.

ZEMAR numune alma işlemi yapmamaktadır. Bu raporda yer alan bilgiler ve analiz sonuçları, müşteri tarafından alınmış, laboratuvarımıza teslim edilmiş ve tüm bilgileri müşteri tarafından beyan edilmiş olan numunelere aittir.

ZEMAR does not engage in the sampling process. The information in this report and the results of the analysis taken by the customer, our lab has been delivered to all the information which has been declared by the customer the sample belongs to.

Müşteri tarafından özel olarak talep edilmediği sürece uygunluk beyanı verilmemektedir.

A declaration of conformity is not given unless specifically requested by the customer.

Deney sonunda artan numune varsa 1 hafta içerisinde bertaraf edilecektir. Deney tekrarı için şahit numune ilk numune teslimi sırasında getirilmesi gerekmektedir. Bu rapor deneyi uygulanan numuneye aittir.

If there is any sample remaining at the end of the test, it will be disposed of within 1 week. For the repetition of the experiment, the witness sample must be brought during the first sample delivery. This report belongs to the sample tested.



FR.025/20.05.2021-05

Mühür
Seal
Yayımlandığı Tarih
Date
14.12.2022

Deney Sorumlusu
Person In Charge Of Test
Emrah ÇELİK
Laboratuvar İnceleme Sorumlusu

Raporlayan
Reported By
Ömit SALMAN
Laboratuvar Şefi

Onaylayan/Tarih
Approved By / Date
14.12.2022

Emre YILMAZ
Taslatıcı Y. /
Mühendisliği
Oda Sicil No:7733

Sayfa 1 / 11

Şekil Ek A. 1. Deney Raporu

Müşteri Adı / Adres Customer Name / Address		MARMARİT ŞİŞİR	
Proje Adı Project Name		ARASTIRMA PROJESİ	
DENEY SONUÇLARI ÖZETİ SUMMARY TABLE OF TEST RESULTS			
AB-10286-T	22-2447	B.R.N.K.	M.F.N.K.
13-22			

Lab. No	Sondaj No Borehole No	Numune No Sample No	Derinlik Depth (m)	Termal İyileşme (Kızıl Toz) Prosedürü ile Toprak Ve Kayanın Termal İletkenliği Belirlenmesi Determination of Thermal Conductivity of Soil And Soft Rock by Thermal Needle Probe (Kızıl Toz) Prosedürü				Yoğun Yıkılma Eğilimi Dayanım Tahmini Determination of Flexural Strength Under Concentrated Load		Koyula Dönüşüm Tale Etenli Bazlık Dayanım Uzunluk Comp. Strength		(*) Tane Yoğunluğu ve Su Emme Tahmini (Te Sıvı) Drenaj ve Su Emme Tahmini Drenaj ve Su Emme Tahmini		(*) Mıknazlama ve Su Sızma Drenajı Mıknazlama ve Su Sızma Drenajı		(*) Mikro Drenaj Deneyi Micro Drain Test		Geçirgenlik Deneyi (Düzenli Seyri) Permeabilite Deneyi (Fırlama Deneyi)		(*) Kırılma Tale Etenli Bazlık Dayanım Uzunluk Comp. Strength		(*) Los Angles Parçalanma Deneyi Adrenaj Yalıtım	
				K	K	Rho	Templü	Mpa	F (kN)	q _v (MPa)	Mg/m ³	%	%	%	K(cm/yer)	F (kN)	q _v (MPa)	(%)					
Z7352	KREMENĞİ BLOK NUMUNESİ			0,872	1,148	114,6	2125	43,20	76,2	38,81	2,69	0,78	43,76	23	4,08E-05	79,8	40,63	29					

(*) İla belirlenen deneyler TÜRKAK akreditasyonu kapsamında yapılmıştır.
 (*) were carried out within the scope of TÜRKAK accreditation.
 Müşteri tarafından belirtilen testler sadece uygunluk bizzat verilmektedir.
 A declaration of conformity is not given unless specifically requested by the customer.
 Deney sonuçları en azından bir hafta içinde müşteriye teslim edilir. Deney laboratuvarı için en azından bir hafta önce numune ile ilgili yazılı bilgi talep edilmelidir. Bir rapor düzenlenmesi için en azından bir hafta önce numune ile ilgili yazılı bilgi talep edilmelidir. Bu rapor düzenlenmesi için en azından bir hafta önce numune ile ilgili yazılı bilgi talep edilmelidir.
 The test results should be reported in any form without the written permission of laboratory.
 ZEMAR laboratuvarı dışındaki diğer tüm laboratuvarlar için geçerlidir.
 Test results reports without a ZEMAR logo are not valid.
 ZEMAR laboratuvarı dışındaki diğer tüm laboratuvarlar için geçerlidir.
 The test results should be reported in any form without the written permission of laboratory.

Reported by: **Ömer SÖLMAZ**
 Approved by: **Ömer SÖLMAZ**
 Laboratuvar Şefi
 Oda Sicil No: 6858
 ZEMAR GLOBAL
 LABORATUVAR

Şekil Ek A. 2. Deney sonuçları özeti

Laboratuvar No Laboratory No	PARÇALANMA DİRENCİNİN TAYINI: LOS ANGELES DENEYİ DETERMINATION OF RESISTANCE TO FRAGMENTATION: LOS ANGELES TEST Test Standart : TS EN 1097-2	A8-1026-T
Z-7352.310		22-2447
		14.12.2022

Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address	MAHMET ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test	21.11.2022
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENGİ BLOK NUMUNE	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022

Numune No Sample No	Z-7352
Kullanılan Elek Aralığı Sieve Range	10-12,5-14
Devir Sayısı The Number Of Cycles	500
Dönme Hızı (Devir/Dakika) Rotation Speed	33
Bilye Sayısı The Number Of Cycle	11
Numune Kütleli Mass Of Sample	5002,0 g
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon The Fraction of Sample Retained on Sieve 1.6mm	3563,5 g
Los Angeles Katsayısı (%), LA Los Angeles Coefficient	% 29

Numune No Sample No	-
Kullanılan Elek Aralığı Sieve Range	-
Devir Sayısı The Number Of Cycles	-
Dönme Hızı (Devir/Dakika) Rotation Speed	-
Bilye Sayısı The Number Of Cycle	-
Numune Kütleli Mass Of Sample	-
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon The Fraction of Sample Retained on Sieve 1.6mm	-
Los Angeles Katsayısı (%), LA Los Angeles Coefficient	-

Notlar / Remarks:

Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.
Bu deney raporu laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.
ZEMAR hologramları olmayan deney sonuç raporlarımız geçerlidir.
Test result reports without a ZEMAR hologram are invalid.
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İlgisiz 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.
The Logo of T.R. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and no. 291.

DF.310/29.09.2016-02

Raporlayan
Reporter
Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No: 685



Onaylayan
Approval
Emre YILMAZ
Jeolojik Mühendis
Oda Sicil No: 7793

ZEMAR ZEMİN ARAŞTIRMA

Sayfa 3 / 11

Merkteç : Nehir Sk. No: 8 İhamurkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 3. Parçalanma direncinin tayini: Los Angeles deneyi sonuç raporu

Laboratuvar No Laboratory No	AŞINMAYA KARŞI DİRENCİN TAYINI: MİKRO-DEVAL DETERMINATION OF RESISTANCE TO ABRASION: MICRO-DEVAL		AB-1026-T
2-7352.317	Test Standartı: TS EN 1097-1		22-2647
Müşteri Adı / Adres Customer Name / Address	MAHİMLUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test	15.11.2022
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENGİ BLOK NUMUNE	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022
Deney Tipi Test Type	Islak / Wet		
Numune No Sample No	Z-7352		
Kullanılan Elek Aralığı Sieve Range	10-12,5-14 mm	10-12,5-14 mm	
Devir Sayısı The Number Of Cycles	12000	12000	
Dönme Hızı Rotation Speed	105 devir/dakika	105 devir/dakika	
Biyeye Sayısı / Su Miktarı The Number Of Cycle / Mass Of Water	5000 gr / 2,5 L	5000 gr / 2,5 L	
Numune Kütlesi Mass Of Sample	500,82 g	500,14 g	
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon The Fraction of Sample Retained on Sieve 1.6mm	385,10 g	382,99 g	
Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DC} Micro-Deval Coefficient	% 23	% 23	
Ortalama AGREGA Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DA} Average Micro-Deval Coefficient	% 23		
Ortalama BALAST Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DB} Average Micro-Deval Coefficient	-	* M_{DB} RB Kategorisi	-
Deney Tipi Test Type	-		
Numune No Sample No	-		
Kullanılan Elek Aralığı Sieve Range	-	-	
Devir Sayısı The Number Of Cycles	-	-	
Dönme Hızı Rotation Speed	-	-	
Biyeye Sayısı / Su Miktarı The Number Of Cycle / Mass Of Water	-	-	
Numune Kütlesi Mass Of Sample	-	-	
1,6 mm Elek Üstünde Kalan Fraksiyon The Fraction of Sample Retained on Sieve 1.6mm	-	-	
Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DC} Micro-Deval Coefficient	-	-	
Ortalama AGREGA Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DA} Average Micro-Deval Coefficient	-		
BALAST Mikro-Deval Katsayısı (%), M_{DB} Average Micro-Deval Coefficient	-	* M_{DB} RB Kategorisi	-
Notlar / Remarks:			

TS EN 1097-1 Madde 7.3.1'e göre, Deneyin laboratuvar ortamında yapıldığı ve uygun olarak tayin edilen sınıma alındığı, Çarpma 9'da belirtilen ilgili kategorilere uygun olarak boyan edilmiştir.
TS EN 1097-1 Clause 7.3.1 according to, The abrasion resistance specified in accordance with TS EN 1097-1 of the railway ballast is declared in accordance with the relevant category specified in Table 9.

Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımızda test için teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.

Bu deney raporu laboratuvarımızdan yazılı izin olmadan laslanmaz ve çoğaltılamaz.
This test report must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.

ZEMAR logo embar edilmeden deney sonuçları paylaşılması yasaktır.
Test result reports without a ZEMAR logo are invalid.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İşgüçü 16.06.2011 Tarih ve 291 Numaralı Laboratuvar için Belgeyi kapsayamında kullanılmaktadır.
The Logo of T.A. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2012 and no. 291.

Reported By: Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No: 685E



Onaylayan
Approved By: Emre YILMAZ
Jeoloji Yüksek Mühendisi
Oda Sicil No: 7733

DF.317_317.1/06.05.2022-04

Sayfa 4 / 11

Merkez : Nehir Sk. No: 8 İhlamarkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 4. Aşınmaya karşı direncin tayini: Mikro-deval deneyi sonuç raporu

Laboratuvar No (Laboratory No)		TANE YOĞUNLUĞUNUN VE SU EMME ORANININ TAYINI (TEL SEPET YÖNTEMİ) DETERMINATION OF PARTICLE DENSITY AND WATER ABSORPTION (Wire Basket Method)		AB-1026-T
Z-7352.31		STANDARD NO: TS EN 1097-6		22-2447
Z-7352.31		STANDARD NO: TS EN 1097-6		14.12.2022
Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address	MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022	
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deneysel Tarihi Date of Test	21.11.2022	
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENKİ BLOK NUMUNE	Deneysel Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022	
Numune Tipi Sample Type	AGREGA			
Elek Aralığı (Sieve Opening)	Kuru Numune Yüzdesi (Percentage of Dry Sample)	Suyun Yoğunluğu (Water Density)	Açıklama (Explain)	
53-31,5 31,5-4 mm	% 100,0	0,998 ow (mg/m ³)	İri Agrega	
Doğun ve Yüzeysel Kurutulmuş Agrega Kütleleri (Saturated and Dried Surface Sample Weight)	Numune + Sepet Kütleleri (Suda) [Sample Weight + Wire Basket Weight (In Water)]	Sepet Kütleleri (Suda) (Wire Basket Weight (In Water))	Kurutulmuş Numune Kütleleri (Dried Sample Weight)	
M1= 1604,33 g	M2= 1000,50 g	M3= 0,00 g	M4= 1591,87 g	
Görünür Tane Yoğunluğu (Apparent Grain Density)	Etüvde Kurutulmuş Tane Yoğunluğu (Grain Density (Dried in Oven))	Doğun ve Yüzeysel Kurutulmuş Tane Yoğunluğu (Saturated and Dried Surface Sample Density)	Su Emme Oranı (Ratio of Water Absorption)	
2,69 pa (mg/m ³)	2,63 pnd (mg/m ³)	2,65 pssd (mg/m ³)	WA24=% 0,78	
Notlar / Notes:				

Bu deneysel rapor Laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
(This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.)
ZEMAR hologramları olmayan deneysel sonuç raporlarımız geçersizdir.
(Test result reports without a ZEMAR Hologram are invalid.)
*TS 7043 EN 13450 standardına göre yapılan deneysel, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kapsamına dahil değildir
The experiment conducted in accordance with the TS 7043 EN 13450 Standard is not included in the scope of the Ministry of Environment and Urbanism of Turkey.
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı logosu 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.
(The Logo of T.R. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and numbered 291.)

Raporlayan
Reporter
Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No:685F



Onaylayan
Approved By
Emre YILMAZ
Jeoloji Yüksek Mühendisi
Oda Sicil No:7733

DF.311/02.01.2018-02

Sayfa 5 / 11

ZEMAR ZEMİN ARAŞTIRMA

Merkez : Nehir Sk. No: 8 İhlamarkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 5. Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini (Tel sepet yöntemi) deneysel sonuç raporu

Laboratuvar No (Laboratory No)	MAGNEZYUM SÜLFAT DENEYİ MAGNESIUM SULFATE SOUNDNESS OF BALAST Standart No		AB-1026-T
	Z-7352.313	TS EN 1367-2	
Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address		MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept
Proje Adı Project Name		ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test
Numune Bilgileri Sample Information		KREM RENĞİ BLOK NUMUNE	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result

Numune No Sample No	Z-7352				
Elek No Sieve No	Yıkama Elek No Washing Sieve No	Deney Döngü Sayısı The Number of Test Cycles	Deney Öncesi Numune Kütlesi Weight of Test Fractions Before Test	Deney Sonrası Numune Kütlesi Weight of Test Fractions After Test	Kütle Kaybı Weighted Percentage Loss
AGREGA AGGREGATE					
14 / 10 mm	10 mm	5	500,97 g	281,74 g	43,70%
BALAST BALLAST					
50 / 40 mm	22,4 mm	10	-	-	-
40 / 31,5 mm			-	-	-

Numune No Sample No					
Elek No Sieve No	Yıkama Elek No Washing Sieve No	Deney Döngü Sayısı The Number of Test Cycles	Deney Öncesi Numune Kütlesi Weight of Test Fractions Before Test	Deney Sonrası Numune Kütlesi Weight of Test Fractions After Test	Kütle Kaybı Weighted Percentage Loss
AGREGA AGGREGATE					
14 / 10 mm	10 mm	5	-	-	-
BALAST BALLAST					
50 / 40 mm	22,4 mm	10	-	-	-
40 / 31,5 mm			-	-	-

Notlar / Notes :					

Bu deney Magnezyum Sülfat Solüsyonu kullanılarak yapılmıştır.
This test was done using of Magnesium sulfate solutions.
Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.
Bu deney raporu laboratuvarımız yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
This test results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.
ZEMAR hırsızlıklarını olmayan deney sonuç raporlarımızı geçersizdir.
Test result reports without a ZEMAR logo are invalid.
*TS 7043 EN 13460 standardına göre yapılan deney, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kapsamında dahil değildir.
The experiment conducted in accordance with the TS 7043 EN 13460 Standard is not included in the scope of the Ministry of Environment and Urbanism of Turkey.
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı logosu 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.
The Logo of T.C. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and numbered 291.

Raporlayan
Reporter

Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Tic. Sicil No:6857

Onaylayan
Approval

Emre YILMAZ
Jeolojik Mühendis
Oda Sicil No:7733

DF.313_313.A/01.12.2013

Sayfa 6 / 11

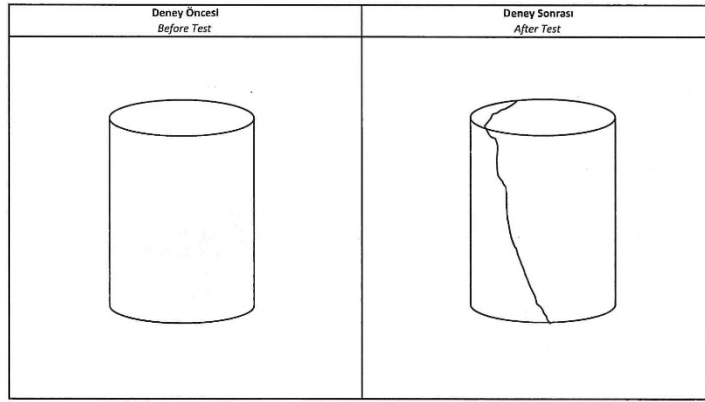
Merkez : Nehir Sk. No: 8 İhlamurkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 6. Magnezyum sülfat deneyi sonuç raporu

Laboratuvar No Laboratory No	KAYADA TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEY SONUÇLARI UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH OF INTACT ROCK CORE SPECIMENS TEST RESULTS	AB-1026-T
		22-2447
		14.12.2022
Z-7352.301	Test Standartı: ASTM D7012	

Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address	MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deneysel Tarihi Date of Test	1.12.2022
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENGİ BLOK NUMUNE	Deneysel Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022

Numune Çapı Diameter Of Sample	5,00 cm	Numune Kütlesi Weight of Sample	414,00 g
Numune Boyu Height Of Sample	10,00 cm	Numune Hacmi Volume of Sample	196,35 cm ³
Numunenin Kesit Alanı Cross Sectional Area Of Sample	19,63 cm ²		



Birim Hacim Kütle, ρ Bulk Density	2,11 g/cm ³
Kırılma Yüklü, σ Failure Load	79,8 kN
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, UCS Unconfined Compressive Strength	40,63 MPa

Notlar / Remarks:

Deneysel ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.
Bu deneysel raporu laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.
ZEMAR hologramları olmayan deneysel sonuç raporlarımız geçersizdir.
Test result reports without a ZEMAR hologram are invalid.
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İlgüsü 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.
The Logo of T.R. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and no. 291.

Raporlayan
Reporter
Ümit SAĞMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No:6858



Onaylayan
Approval
Emre SİLMAZ
Jeoloji Yüksek Mühendisi
Oda Sicil No:7733

DF.301_301A_301B_302/02.01.2018-03

Sayfa 7 / 11

ZEMAR ZEMİN ARAŞTIRMA

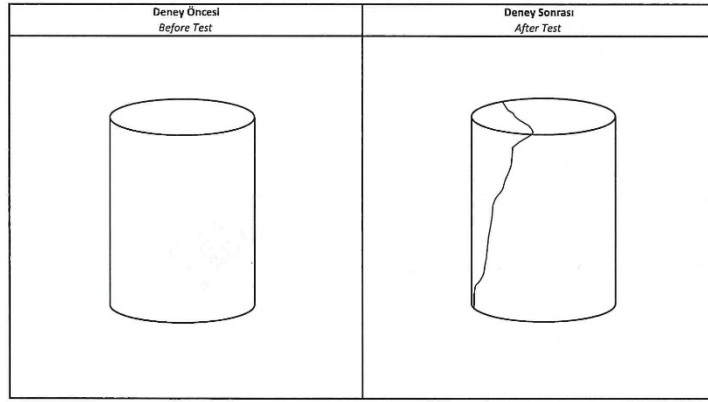
Merkez : Nehir Sk. No: 8 İhlamurkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 7. Kayada tek eksenli basınç dayanımı deney sonuç raporu

Laboratuvar No Laboratory No	KAYADA TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEY SONUÇLARI UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH OF INTACT ROCK CORE SPECIMENS TEST RESULTS	22-2447
Z-7352.301 don sonu	Test Standartı: ASTM D7012	14.12.2022

Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address	MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test	10.12.2022
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENGLİ BLOK NUMUNE (don sonu basınç dayanımı)	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022

Numune Çapı Diameter Of Sample	5,00 cm	Numune Kütlesi Weight of Sample	405,00 g
Numune Boyu Height Of Sample	10,00 cm	Numune Hacmi Volume of Sample	196,35 cm ³
Numunenin Kesit Alanı Cross Sectional Area Of Sample	19,63 cm ²		



Birim Hacim Kütle, ρ Bulk Density	2,06 g/cm ³
Kırılma Yüklü, σ Failure Load	76,2 kN
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, UCS Unconfined Compressive Streng	38,81 MPa

Notlar / Remarks:

Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.
Bu deney raporu laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.
ZEMAR hologramları olmayan deney sonuç raporlarımız geçersizdir.
Test result reports without a ZEMAR hologram are invalid.
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, logosu 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.
The Logo of T.R. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and no. 291.

Raporlayan
Reporter
Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No: 6858



Onaylayan
Approval
Emre YILMAZ
Jeolojik Yüksek Mühendisi
Oda Sicil No: 7793

DF.301_301.A_301.B_302/02.01.2018-03

Sayfa 8 / 11

ZEMAR ZEMİN ARAŞTIRMA

Merkez : Nehir Sk. No: 8 İhlamurkuyu, Ümraniye, İstanbul, TÜRKİYE | T +90 850 305 09 67 (zmr) | info@zmr.com.tr

Şekil Ek A. 8. Kayada don sonu tek eksenli basınç dayanımı deney sonuç raporu

Laboratuvar No Laboratory No	DÜŞEN SEVİYELİ PERMEABİLİTE DENEYİ FALLING HEAD PERMEABILITY TEST Test Standart : ASTM 5084		22-2447
2-7352.213.xls			14.12.2022
Firma Adı Company Name	MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test	14.11.2022
Numune Bilgileri Sample Informations	KREM RENGLİ BLOK NUMUNE	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022

Numune No Sample No	Z-7352	Deneme-1	Deneme-2	Deneme-3
Alet No Device No		1	1	1
Deney başlangıcında su yüksekliği Water level height at test start	(H ₀) cm	100	100	100
Cam borunun kesit alanı Pipe Area	(a) cm ²	0,2826	0,2826	0,2826
Sıyın geçtiği zeminin boyu Sample length	(L) cm	9,9	9,9	8,9
Sıyın geçtiği zeminin taban alanı Sample area	(A) cm ²	80,08	80,08	80,08
Denemenin süresi Elapsed time at test	(t) sn	128	142	135
1.Deneme sonundaki su yüksekliği Water level height at first test	(h ₂) cm	86	84	85
Hava sıcaklığı Temperature	C°	23	23	23
Deneme için permeabilite katsayısı Permeability coefficient for test	K cm/sn	4,11E-05	4,28E-05	3,78E-05
Ortalama Permeabilite Katsayısı Average Permeability coefficient	(K) cm/sn	4,06E-05		
Ortalama Permeabilite Katsayısı Average Permeability Coefficient	(K) m/sn	4,06E-07		

Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.

Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.

Deneylerimiz ASTM 5084 standartına göre yapılmaktadır.

Our tests are being done according to the ASTM 5084 standards.

Bu deney raporu Laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.

This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.

ZEMAR hologramları olmayan deney sonuç raporlarımız geçerli değildir.

Test result reports without a ZEMAR Hologram are invalid.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı logosu 16.06.2011 tarih ve 291 numaralı Laboratuvar İzin Belgesi kapsamında kullanılmaktadır.

The Logo of T.R. Ministry of Environment and Urban Planning is used by Laboratory Permission Certificate dated 16.06.2011 and numbered 291.

Raporlayan
Reporter

Ümit SAĞMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No:6858

Onaylayan
Approval

Emre YILMAZ
Jeolojik Mühendis
Oda Sicil No:7730



Laboratuvar No Laboratory No	YOĞUN YÜK ALTINDA EĞİLME DAYANIMI TAYİNİ DETERMINATION OF FLEXURAL STRENGTH UNDER CONCENTRATED LOAD	22-2447
		12 - 22
Z-7352.912	Test Standardı : TS EN 12372	

Müşteri Adı / Adresi Customer Name / Address	MAHMUT ŞENER	Numune Kabul Tarihi Date of Sample Accept	8.11.2022
Proje Adı Project Name	ARAŞTIRMA PROJESİ	Deney Tarihi Date of Test	14.11.2022
Numune Bilgileri Sample Information	KREM RENGİ BLOK NUMUNE	Deney Rapor Tarihi Date of Test Result	14.12.2022

NUMUNE BİLGİLERİ							
Laboratuvar No	Kırılma Yüğü (F)	Numunenin Toplam Uzunluğu (L)	Numunenin Kırılma Düzlemine Bitişik Genişliği (b)	Numunenin Kırılma Düzlemine Bitişik Kalınlığı (h)	Eğilme Dayanımı (R _d)		
Z-7352	1	2700 N	120 mm	50 mm	15 mm	43,2 MPa	43,20 MPa
	2	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	-	
	6	-	-	-	-	-	
	7	-	-	-	-	-	
	8	-	-	-	-	-	
	9	-	-	-	-	-	
	10	-	-	-	-	-	

Not:

Deneyler ilgili firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.
Tests were done from the samples that are delivered by the related firm.

Bu deney raporu laboratuvarımızın yazılı izni olmadan basılamaz ve çoğaltılamaz.
This tests results must not be reproduced in any form without the written permission of laboratory.

ZEMAR mührü olmayan deney sonuç raporlarımız geçersizdir.
Test result reports without a ZEMAR seal are invalid.

Raporlayan
Reported By

Ümit SALMAN
Laboratuvar Şefi
Oda Sicil No:6858

Onaylayan
Approved By

Emre YILMAZ
Jeoloji Y. Mühendisi
Oda Sicil No:7790



Şekil Ek A. 11. Yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini deneyi sonuç raporu

ÖZGEÇMİŞ

Mahmut Zahid ŞENER 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde %100 İngilizce Mimarlık eğitimine başlayıp 2019'da mezun oldu. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.