**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# MARDİN KİREÇTAŞININ YAPI TAŞI OLARAK ARAŞTIRILMASI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Fatih SEMERCİ**

**Anabilim Dalı: MİMARLIK**

**Programı: ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ**

**EYLÜL 2008**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# MARDİN KİREÇTAŞININ YAPI TAŞI OLARAK ARAŞTIRILMASI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**Mimar Fatih SEMERCİ**
**(502051710)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Ağustos 2008**
**Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Eylül 2008**

| | |
|---|---|
| **Tez Danışmanı :** | **Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU** |
| **Diğer Jüri Üyeleri** | **Prof. Dr. Erol GÜRDAL (İ.T.Ü.)** |
| | **Prof. Dr. Fevziye AKÖZ (Y.T.Ü.)** |

**EYLÜL 2008**

**İÇİNDEKİLER**


**TABLO LİSTESİ** **v**
**ŞEKİL LİSTESİ** **vii**
**SEMBOL LİSTESİ** **ix**
**ÖNSÖZ** **x**
**ÖZET** **xi**
**SUMMARY** **xii**

**1. GİRİŞ** **1**
1.1. Amaç 1
1.2. Kapsam 2
1.3. Yöntem 2

**2. KİREÇTAŞLARININ TANIMLAYICI ÖZELLİKLERİ** **3**
2.1. Genel Bilgiler 3
2.1.1. Kireçtaşının Oluşumu 5
2.1.2. Kireçtaşının Sınıflandırılması 6
2.1.3. Kireçtaşının Kullanım Alanları 8
2.2. Kireçtaşlarının Özellikleri 11
2.2.1. Kireçtaşlarının Fiziksel Özellikleri 11
2.2.2. Kireçtaşlarının Kimyasal Özellikleri 13
2.2.3. Kireçtaşlarının Mekanik Özellikleri 13

**3. MARDİN KÖKENLİ KİREÇTAŞLARI VE ANALİZİ** **15**
3.1. Mardin'de Bulunan Kireçtaşı Ocakları 15
3.2. Mardin Kireçtaşlarının Ayırıcı Özellikleri 15
3.3. Mardin Babol Mevkii Ocak Taşlarının Deneysel Analizi 19
3.3.1. Fiziksel Özellik Tayini Deneyleri 21
3.3.1.1. Kılcal Yolla Su Emme 22
3.3.1.2. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Oranı 24
3.3.1.3. Su Emme ve Kuruma Hızlarının Tayini 25
3.3.1.4. Birim Hacim Kütlenin Tayini 28
3.3.1.5. Özgül Kütlenin Tayini 29
3.3.1.6. Su Buharı Geçirgenlik Deneyi 30
3.3.1.7. Kireçtaşının Fiziksel Özellik Deney Sonuçları 32
3.3.2. Mekanik Özellik Tayini Deneyleri 33
3.3.2.1. Tek Eksenli Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi 33
3.3.2.2. Tek Eksenli Yük Altında Basınç Dayanımı Deneyi 34

3.3.2.3. Ultrases Hızı Tayini 36
3.3.2.4. Dinamik Elastisite Modülü 38
3.3.2.5. Sertlik Değeri Tayini 39
3.3.2.6. Yarma Deneyi 40
3.3.2.7. Kireçtaşının Mekanik Özellik Deney Sonuçları 42
3.3.3. İç Yapı Analizleri 43
3.3.3.1. Minerolojik ve Petrografik Analizler 43
3.3.3.2. İnce Kesit Analizleri 45
3.3.3.3. X-Işını Analizleri 46
3.3.4. Eskitme Deneyleri 47
3.3.4.1. Dona Dayanıklılık Deneyi 47
3.3.4.2. Sodyum Sülfat Çözeltisine Dayanıklılık Deneyi 49
3.3.4.3. Sodyum Klorür (Deniz Tuzuna) Dayanıklılık Deneyi 53
3.4. Karşılaştırma ve Sonuç 57

**4. MARDİN TARİHİ YAPILARINDA KULLANILMIŞ KİREÇTAŞLARININ ANALİZİ: KASIMİYE MEDRESESİ VE ABDÜLLATİF KONAĞI ÖRNEĞİ58**
4.1. Mardin Yapılarının Genel Özelliği ve Kullanılan Malzeme 58
4.2. Abdüllatif Konağı 62
4.3. Kasımiye (Sultan Kasım) Medresesi 64
4.4. Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı Numunelerinin Deneysel Analizi 67
4.4.1. Fiziksel Özellik Tayini Deneyleri 69
4.4.1.1. Kılcal Yolla Su Emme 69
4.4.1.2. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Oranı 70
4.4.1.3. Su Emme ve Kuruma Hızlarının Tayini 72
4.4.1.4. Birim Hacim Kütlenin Tayini 74
4.4.1.5. Özgül Kütlenin Tayini 75
4.4.1.6. Su Buharı Geçirgenlik Deneyi 76
4.4.1.7. Konak ve Medrese Taşının Fiziksel Özellik Deney Sonuçları 78
4.4.2. Mekanik Özellik Tayini Deneyleri 79
4.4.2.1. Tek Eksenli Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi 79
4.4.2.2. Tek Eksenli Yük Altında Basınç Dayanımı Deneyi 81
4.4.2.3. Ultrases Hızı Tayini 82
4.4.2.4. Dinamik Elastisite Modülü 84
4.4.2.5. Sertlik Değeri Tayini 85
4.4.2.6. Konak ve Medrese Taşının Mekanik Özellik Deney Sonuçları 86
4.4.3. İç Yapı Analizleri 87
4.4.3.1. Minerolojik ve Petrografik Analizler 87
4.4.3.2. İnce Kesit Analizleri 89
4.4.3.3. X-Işını Analizleri 89

**5. KARŞILAŞTIRMA 92**

**6. SONUÇLAR** **95**

**KAYNAKLAR** **97**

**EKLER** **100**

**ÖZGEÇMİŞ** **111**

## TABLO LİSTESİ

**Sayfa**

Tablo 2.1 Renk - Dokusal Özelliklerine Göre Kireçtaşlarının Genel Kullanım Alanları …….....9
Tablo 3.1 Mardin ve Midyat Taşlarının Kimyasal Bileşeni.....16
Tablo 3.2 Bazı Doğal Yapı Taşları ve Yapı Malzemeleri ile Mardin ve Midyat Taşının Fiziksel Özellikleri.....17
Tablo 3.3 Mardin ve Midyat Taşlarının Dayanım Özellikleri.....17
Tablo 3.4 Mardin Taşı, Mekanik Özellikleri.....18
Tablo 3.5 Mardin Kireçtaşının Kimyasal Bileşimi .....18
Tablo 3.6 Kireçtaşlarının Kodlama Sistemi.....21
Tablo 3.7 A, B, C Numunelerinin Kılcallık Katsayıları.....23
Tablo 3.8 A, B, C Numunelerinin Su Emme Yüzdeleri.....25
Tablo 3.9 A, B, C Numunelerinin Zaman Bağlı Su Emme Oranları (%).....26
Tablo 3.10 A, B, C Numunelerinin Zamana Bağlı Kuruma Oranları (%) .....27
Tablo 3.11 A, B, C Numunelerinin Birim Hacim Kütlesi.....29
Tablo 3.12 A, B, C Numunelerinin Özgül Kütle Sonuçları .....30
Tablo 3.13 A, B, C Numunelerinin Buhar Geçirgenlik Katsayıları .....31
Tablo 3.14 A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri. .....32
Tablo 3.15 A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Eğilme Dayanımları.....34
Tablo 3.16 A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Basınç Dayanımları.....36
Tablo 3.17 A Numunelerinin Ultrases Hızları.....37
Tablo 3.18 B Numunelerinin Ultrases Hızları .....38
Tablo 3.19 C Numunelerinin Ultrases Hızları .....38
Tablo 3.20 A Numunelerinin Elastisite Modülü.....39
Tablo 3.21 B Numunelerinin Elastisite Modülü .....39
Tablo 3.22 C Numunelerinin Elastisite Modülü .....39
Tablo 3.23 A, B, C, Taş Numunelerinin Yarma Deneyi Sonuçları .....42
Tablo 3.24 A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Mekanik Özellikleri.....43
Tablo 3.25 Kireçtaşı örneklerinin donma-çözülme deneyi sonunda bulunan ağırlık değerleri. .....47
Tablo 3.26 Kireçtaşı örneklerinin donma-çözülme deneyi sonunda bulunan mekanik özellik değerleri.....48
Tablo 3.27 Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri .....49
Tablo 3.28 Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri.....49
Tablo 3.29 Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları .....49

Tablo 3.30 Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri .....52
Tablo 3.31 Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri.....52
Tablo 3.32 Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları .....53
Tablo 3.33 Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri .....56
Tablo 3.34 Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri.....56
Tablo 3.35 Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları .....57
Tablo 4.1 Taş Örneklerinin Kodlama Sistemi .....68
Tablo 4.2 E, K Numunelerinin Kılcallık Katsayıları.....70
Tablo 4.3 E ve K Numunelerinin Su Emme Yüzdeleri.....72
Tablo 4.4 E ve K Numunelerinin Zamana Bağlı Su Emme Oranları (%).....73
Tablo 4.5 E ve K Numunelerinin Zamana Bağlı Kuruma Oranları (%) .....74
Tablo 4.6 E ve K Numunelerinin Birim Hacim Kütlesi.....75
Tablo 4.7 E ve K Numunelerinin Özgül Kütle Sonuçları .....76
Tablo 4.8 Numunelerin Su Buhar Geçirgenlik Katsayısı.....78
Tablo 4.9 Abdüllatif Konağı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri.....79
Tablo 4.10 Kasımiye Medresesi Örneklerinin Fiziksel Özellikleri .....79
Tablo 4.11 E, K Kireçtaşı Örneklerinin Eğilme Dayanımları .....81
Tablo 4.12 E, K Kireçtaşı Örneklerinin Basınç Dayanımları.....82
Tablo 4.13 E (Abdüllatif Konağı) Numunelerinin Ultrases Hızları .....84
Tablo 4.14 K (Kasımiye Medresesi) Numunelerinin Ultrases Hızları.....84
Tablo 4.15 E (Abdüllatif Konağı) Numunelerinin Elastisite Modülü .....85
Tablo 4.16 K (Kasımiye Medresesi) Numunelerinin Elastisite Modülü .....85
Tablo 4.17 Abdüllatif Konağı Örneklerinin Mekanik Özellikleri. .....86
Tablo 4.18 Kasımiye Medresesi Örneklerinin Mekanik Özellikleri.....87
Tablo 5.1 Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması .....93
Tablo 5.2 Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması.....94

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**


Şekil 2.1 Kalsit ve Aragonitin Doğada En Çok Bulunan Kristal Şekilleri .....5
Şekil 2.2 Tane Sınırlarının Şekli ile Kireçtaşlarının Değişimleri.....12
Şekil 3.1 Su Emme Deneyinde Taşların Zamana Göre Kütle Değişimi. .....16
Şekil 3.2 Örneğin mikroskop görüntüsü. .....19
Şekil 3.3 (a,b) Babol Mevkiinde Taş Ocağı.....20
Şekil 3.4 Taş Ocağı Atölyesi.....20
Şekil 3.5 Taş İşleme Aleti ve Taşın İşlenmesi .....21
Şekil 3.6 (a,b,c,d) Kılcallık Deneyi .....23
Şekil 3.7 (a,b), Su Emme Deneyi. .....25
Şekil 3.8 Numunelerin Su Emme Grafiği .....27
Şekil 3.9 Numunelerin Kuruma Grafiği .....28
Şekil 3.10 (a, b, c), Özgül Kütle Deneyi .....29
Şekil 3.11 Su Buhar Geçirgenlik Deneyi .....31
Şekil 3.12 (a, b, c), Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi.....34
Şekil 3.13 (a, b), Eğilmede Kırılan Parçalar Üzerinde Yapılan Basınç Dayanımı Deneyi.. .....35
Şekil 3.14 (a, b, c), Ultrases Hızı Tayini .....37
Şekil 3.15 Ocak Taşının Sertlik Değeri Tayini .....40
Şekil 3.16 (a, b), A numunesinin Yarma Deneyi Fotoğrafları. .....41
Şekil 3.17 (a, b), B numunesinin Yarma Deneyi Fotoğrafları.....41
Şekil 3.18 (a, b), C numunesinin Yarma Deneyi Fotoğrafları.....41
Şekil 3.19 (a, b), A Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.....44
Şekil 3.20 (a, b), B Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.....44
Şekil 3.21 (a, b), C Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.....45
Şekil 3.22 Mardin Ocak Taşı Örneğinin X Işını Analiz Grafiği.....46
Şekil 3.23 (a, b), 2 Numaralı Örneğin Donma-Çözülme Deneyi Sırasında Çekilen Fotoğrafları.....48
Şekil 3.24 7. Çevrim Sonu C17 Numunesinin Durumu.....51
Şekil 3.25 40. Çevrim Sonu C17 Numunesinin Durumu.....51
Şekil 3.26 11. Çevrim Sonu C10 Numunesinin Durumu.....51
Şekil 3.27 11. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu.....51
Şekil 3.28 40. Çevrim Sonu B10 Numunesinin Durumu.....52
Şekil 3.29 40. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu.....52
Şekil 3.30 12. Çevrim Sonu B12 Numunesinin Durumu.....55

Şekil 3.31 12. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu.....55
Şekil 3.32 30. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu.....55
Şekil 3.33 30. Çevrim Sonu Numunelerin Yüzeylerindeki Tuzlar.....55
Şekil 3.34 Deney sonu B14 Numunesinin Durumu.....56
Şekil 3.35 Deney sonu A12 Numunesinin Durumu.....56
Şekil 4.1 Mardin Şehir Dokusu. .....60
Şekil 4.2 (a, b), Abdüllatif Konağı. .....62
Şekil 4.3 (a), Konağın Eyvan Görüntüsü (b), Konağın Son Katı.....63
Şekil 4.4 Kasımiye Medresesi, Solda Kubbesi ile Camii Sağda Portal. .....64
Şekil 4.5 Medrese'nin Avlusundaki Havuzlu Eyvan .....65
Şekil 4.6 Kasımiye Medresesi, Zemin Kat.....65
Şekil 4.7 Kasımiye Medresesi, Üst Kat.....66
Şekil 4.8 Kasımiye Medresesi'nden Getirilmiş Taş Örneği.....68
Şekil 4.9 Abdüllatif Konağı'ndan Getirilmiş Taş Örneği. .....68
Şekil 4.10 (a, b), E ve K Numunelerinin Kılcallık Deneyi. .....70
Şekil 4.11 K ve E numunelerinin Su Emme Deneyi.....71
Şekil 4.12 Numunelerin Su Emme Hızı Grafiği. .....73
Şekil 4.13 Numunelerin Kuruma Hızı Grafiği.....74
Şekil 4.14 (a, b), Özgül Kütle Deneyi .....76
Şekil 4.15 Su Buhar Geçirgenlik Deneyi. .....78
Şekil 4.16 (a, b), Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi. .....80
Şekil 4.17 (a, b), Eğilmede Kırılan Parçalar Üzerinde Yapılan Basınç Dayanımı Deneyi. .....82
Şekil 4.18 Ultrases Hızı Tayini. .....83
Şekil 4.19 Sertlik Değeri Tayini.....86
Şekil 4.20 (a, b), Kasımiye Medresesi Örneğinin İnce Kesit Fotoğrafları.....88
Şekil 4.21 (a, b), Abdüllatif Konağı Örneğinin İnce Kesit Fotoğrafları. .....88
Şekil 4.22 Kasimiye Medresesi Örneğinin X Işını Analiz Grafiği.....90
Şekil 4.23 Abdüllatif Konağı Örneğinin X Işını Analiz Grafiği. .....91

## SEMBOL LİSTESİ

**dh** : Birim hacim kütlesi, (gr/cm3)
**b** : Genişlik, (mm)
**h** : Yükseklik, (mm)
**l** : Uzunluk, mesnet açılığı, (mm)
**V** : Deney numunesinin hacmi, ($mm^3$, $cm^3$)
**Go** : Laboratuar koşullarında bekleyen numune kütlesi, (gr)
**Gk** : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş numune kütlesi, (gr)
**Sk** : Kütlece su emme oranı, (%)
**Gd** : Laboratuar koşullarında bekleyen numune kütlesi, (gr)
**Gds** : Suya doygun haldeki kütlenin su içindeki kütlesi, (gr)
**Sh** : Hacimce su emme oranı, (%)
**p** : Porozite, (%)
**do** : Özgül kütle, ($gr/cm^3$)
**k** : Kompasite, (%)
**Vo** : Ultrases hızı, (km/sn)
**Eu** : Elastisite modülü, (Mpa)
**to** : Örneğin iki ucu arasından geçen sesin süresi, (µs)
**t** : Kılcallık deneyi için geçen süre, (dak)
**E** : Kılcallık deneyi için farkın taban alanına oranı, ($cm^3$, $cm^2$)
**N** : Kılcallık katsayısı, ($g/m^2\sqrt{dak}$)
**d** : Örneğin kalınlığı, (m)
**$ß_H$** : Havanın su buhar iletkenliği
**A** : Örneğin alanı, ($m^2$)
**P** : Su buharı basınç değeri, (P)
**G** : Geçen su buharı miktarı, (kg/h)
**$d_H$** : Örnek altında kalan havanın kalınlığı, (m)
**µ** : Su buharı difüzyon direnç faktörü
**T** : K cinsinden sıcaklık
**Ph** : Ortalama hava basıncı
**Po** : Normal atmosfer basıncı
**Pk** : Kırılma yükü, (N)
**Feğ** : Eğilme dayanımı, ($N/mm^2$)
**Fe** : Basınç dayanımı, (MPa)

## ÖNSÖZ

Bu tezin örneklerinin ve bilgilerinin temin edilmesinde bize yardımcı olan Mardia Madenciliğe, çalışma safhalarının istenilen bir şekilde ilerlemesinde, sonuca doğru ve planlı ulaşmakta, bunun yanı sıra tez konumun belirlenmesi ve gelişmesinde bana yardımcı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Nihal Arıoğlu ve Dr. Seden Acun Özgünler'e bunun yanısıra deneylerin doğru ve düzenli bir şekilde yapılmasında bana yardımcı olan teknisyen İbrahim Öztürk'e çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışma süreci boyunca bana yardımcı olan M. Emin Çetin, İhsan Karabacak, Kasım Sarı ve Ramazan Karaman adlı öğrenci arkadaşlarıma da yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Ağustos 2008 Fatih SEMERCİ

**MARDİN KİREÇTAŞININ YAPI TAŞI OLARAK ARAŞTIRILMASI**

## ÖZET

Bu tez çalışmasında, bir yapı taşı olarak kullanılan Mardin kireçtaşının özelliklerinin araştırılmasına yer verilmiştir. Bilindiği gibi Mardin yöresinden çıkarılan kireç taşları hakkında kapsamlı bir deneysel verilere dayanan çalışma yoktur. Bu nedenle Mardin kireçtaşının özellikleri hem literatür taraması ile hem deneysel analizlerle oluşturulmuştur.

Çalışmada, doğal taşlardan olan kireçtaşı hakkında genel bilgi verildikten sonra Mardin kireçtaşının özellikleri (fiziksel, kimyasal, mekanik, mikro yapı) araştırılmış ve sonrasında Mardin taş ocakları, ve ocak taşları hakkında bir literatür taraması yapılmıştır. Mardin Babol mevkiinde bulunan ocaktan elde edilmiş kireçtaşı örneklerinin fiziksel, mekanik, kimyasal özelliklerinin yanı sıra atmosfer şartlarına karşı dayanıklılık (eskitme deneyleri) analizleri yapılmıştır. Bu aşamadan sonra Mardin tarihi yapılarından Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı hakkında bilgilendirme yapılmış ve bu yapılardan alınmış taş numunelerinin de fiziksel, kimyasal ve mekanik özellik deneyleri yapılmıştır. Tüm bu literatür ve deneysel analizlerin sonunda Mardin taş ocağından elde edilen kireçtaşı ile tarihi yapı örneklerinden elde edilmiş olan kireçtaşları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Ortaya çıkan benzerlikler ve farklılıklar tablolar ile ifade edilmiştir. Üç taş örneği karşılaştırmalı olarak aktarıldıktan sonra yapılmış olan deneyler temel alınarak her taş numunesi için sonuçlar çıkarılmıştır.

**A STUDY ON MARDIN LIMESTONE AS A CONSTRUCTION COMPONENT**

## SUMMARY

In this study, the features of Mardin limestone as a construction component have been examined. As known, there is not any experimental data about Mardin limestone. In that case, the features of Mardin Limestone have been tasted through experimental analysis and data regarding.

In this study, after general information is given about limestone which is a natural deposit, characteristics (physical, chemical, mechanical) of Mardin limestone were researched and then a resource search about Mardin quarries, quary Stones was made. Limestone sample, which was attained from the quarry located in Mardin Babol, was analysed in the aspect of physical, mechanical and chemical characteristics; besides analyse for durability (alteration experiments) against atmosphere conditions was achieved. After this phase, data regarding Kasimiye Madrasah and Abdullatif Mansion were collected which are historical places: besides pyhsical, mechanical, chemical experiments of sample of stones were carried out which were taken from these two historical places.

At the and of this study and experimental analyses, limestone taken from Mardin quarry and from these two historical monuments were compared. Attained similarities and differences were given in tables. After the comparison, for each stone samples which were eperimental analyses, given some results.

# 1. GİRİŞ

Yer kabuğundan çıkarılarak kullanılan endüstriyel hammaddeler içinde taşların önemli bir yeri vardır. Taş, tarihsel çağlar boyunca insan ile bütünleşen bir malzemedir. İnsan yaşamı, barınmadan korunmaya, duygularım, mesajlarını geleceğe aktarmadan, sonsuz yolculuğunda bedenini emanet etmeye kadar, sağlamlığın, güvenin simgesi olan taş ile iç içedir. Taş, ilkel insandan, günümüzün çağdaş insanına kadar insanın yaşamında şekil ve işlev değiştirerek sürekli kullanılagelmiştir (Yüzer, E., 1997). 21. yüzyılda da taşın çeşitli kullanımı devam etmekte ve sürekliliğini sürdürmektedir. Tarih boyunca taşın kullanımının devam etmesi, gelecekte de vazgeçilmez bir yapı malzemesi olacağını göstermektedir.

Taşların çeşitleri ve oluşum şekilleri kullanım alanlarını belirleyen etkenlerdir. Herhangi bir bölgede kullanılacak taş malzemesinin özellikleri, o taşın seçimini sağlamaktadır. Bu özelliklerden önemli olan bir tanesi ise taşın dayanımıdır. Taşın zamanla olası deformasyonlar ve doğal yıpranmalara karşı dayanıklılığının derecesi taş seçimine bağlıdır. Mardin'de çıkarılan ve kullanılan kireçtaşının dayanımının gözlemlenmesi ise bu tez çalışmasının konusudur. Yöresel bir taş olup, tarih boyunca kullanımı süregelmiş Mardin kireçtaşının zamanla özelliklerinin değişimi ve dayanımı deneysel metotlar ve standartlar yardımı ile analiz edilmiştir.

## 1.1 Çalışmanın Amacı

Kireç taşlarının özellikleri hakkında pek çok bilgi literatürde yer almaktadır ancak Mardin yöresinden çıkarılan kireç taşları hakkında kapsamlı bir deneysel verilere dayanan çalışma bulunamamıştır. Bilindiği üzere Mardin yöresinden çıkarılan kireç taşları tarihi yapıları ile çok zengin olan bu kentimizin hemen hemen tüm

yapılarında kullanılmıştır. Bu çalışmada Mardin tarihi yapılarında kullanılmış kireçtaşlarının özellikleri deneysel olarak belirlenmiş, buna paralel olarak yine Mardin yöresindeki bir ocaktan alınan kireçtaşları analiz edilmiştir. Tarihi yapılardan alınan taşın özellikleri ile ocaktan alınan taşın özellikleri karşılaştırılarak zaman boyutunun etkilerini belirlenmek ve Mardin kireçtaşının daha bilinçli olarak kullanımına katkı getirmek amaçlanmıştır.

### 1.2 Kapsam

Mardin kireçtaşının, tarihi yapılardan elde edilen numuneleri ve halen faaliyet gösteren ocaklardan alınmış örnekleri ile çeşitli deney ve analizler yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 1.3 Yöntem

Mardin kireçtaşının zaman içinde özelliklerindeki değişimi analiz edebilmek için günümüzde faaliyet gösteren ocak taşları ile tarihi yapılardan alınan kireçtaşı örnekleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu incelemede örneklerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

## 2. KİREÇTAŞLARININ TANIMLAYICI ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde kireçtaşlarının çeşitleri, sınıflandırılması, oluşumu, bileşimi ile fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri aktarılmaya çalışılmıştır. Ayrıca kireçtaşlarının kullanım alanlarına değinilmiş, bölüm sonunda Mardin kireçtaşının özelliklerine genel olarak ele alınmıştır.

### 2.1 Genel Bilgiler

Yeryüzünde çeşitli jeolojik devirlerde oluşmuş değişik nitelikteki taşlar (püskürük, tortul, magmatik), pek çok faktörün etkisiyle ayrışır. Su, rüzgar, buzul ve canlıların etkisiyle yüksek yerlerden aşağılara doğru taşınır, belirli bir çökelme ortamında (sıcaklık ve basınç altında) toplanır ve üst üste birikirler. İşte bu şekilde oluşmuş taşlara tortul taşlar (çökel veya sedimenter taşlar) denir. Kalker (kireçtaşı), bu taşlardan biridir.

Doğal taşların, kimyasal tortul kayaçlar grubunda yer alan ve yoğunluk ve sertliklerine göre tebeşirden mermere kadar değişen, prehistorik döneme ait deniz yataklarında tabakalaşmış halde bulunan kireçtaşları, çok miktarda fosil ve deniz kabuğu içerirler. Bünyelerinde %90'dan fazla kalsiyum karbonat, az miktarda da magnezyum karbonat bulunur ve bileşiminde yer alan magnezyum karbonat miktarı arttıkça, artışa bağlı olarak sırası ile dolomitik kireçtaşı, kireçli dolomit ve dolomit adını alırlar. Dokularına göre oolitik kireçtaşı, puzolitik kireçtaşı ve görünüşlerine göre de masif, gevşek, gözenekli gibi isimlerle sınıflandırılırlar. Kireçtaşları bileşimine giren yabancı maddelere göre de çeşitli renkler alırlar. Demir oksitle san ve kırmızı renk, mangan oksit, gri ve siyah organik maddeler ile de siyah ve mor

renge sahip olurlar.

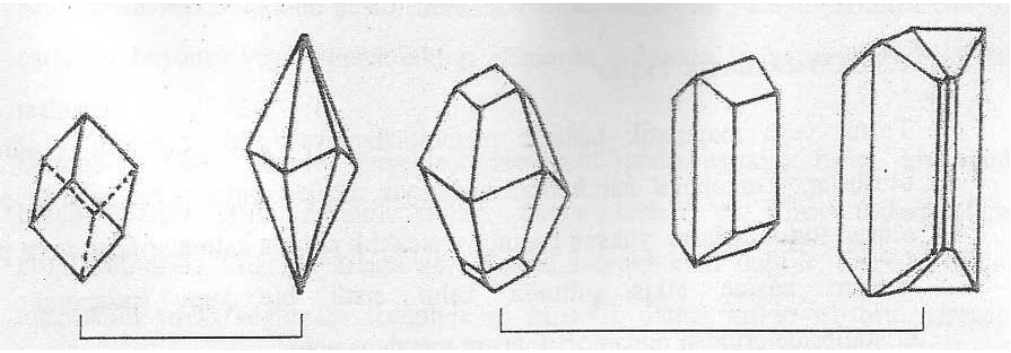
"Kalker" kelimesi aslında Fransızca kökenli bir kelimedir (calcaire). Türkçe karşılığı "Kirectaşı"dır. Mineralojide adları geçen ve bileşimleri $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) olan kalsit ve aragonitin şekilsiz türlerine "kalker" denir.

Kireçtaşının dört ana özelliğine değinmek gerekirse;

* Kirecin ana hammaddesidir. İlk çağlardan beri elde edilmiş ve kullanılmış kireç, doğrudan kireçtaşının bir ürünüdür.
* Mermerlerin yapıcı taşlarıdır. Başlangıçta kireçtaşı tabakaları ve serileri olan kayaç yığınları, metamorfizma geçirerek, yani yüksek basıncın, sıcaklığın ve geçen uzun zamanın etkisi ile değişerek mermere dönüşmüşlerdir.
* İlk insandan günümüze değin bütün evler, yollar ve köprülerde yani yapılaşmış tüm birimlerde en büyük oranda kullanılan madde kireçtaşıdır.
* Çimento ve asfalt üretiminde %60 oranında ana hammadde olarak; beton dökümünde ve asfaltlı yol yapımında ise, çimento harcına ve asfalta karıştırılan mıcır olarak bol miktarda kullanılmaktadır (Dinç, O., 2004).

Yeraltı sularında travertenler şeklinde, deniz ya da tatlı sularda ise kimyasal, organik veya mekanik çökelme sonucu kalker yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kalker 2 ana grupta toplanabilmektedir. Organik ve kimyasal kireçtaşları otokton, klastik kireçtaşları ise allokton olarak kabul edilmektedir. Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik ve kimyasal materyaller ihtiva etmektedir.

Kalsit (hegzagonal $CaCO_3$) ve aragonit (ortorombik $CaCO_3$) kristallerinin her ikisi de genç kireçtaşı oluşumlarında yer alabilmektedir. Aragonit kristallerinin kalsit kristallerine daha kolay dönüşebilmesi nedeniyle eski kireçtaşı oluşumlarında aragonit kristalleri bulmak güçtür (Dinç, O., 2004).



Kalsit Aragonit

**Şekil 2.1:** Kalsit ve Aragonitin Doğada En Çok Bulunan Kristal Şekilleri (Erguvanlı, K., 1955).

Hidroklorik asitte (HCl) köpürerek çözünür ve karbondioksit ($CO_2$) çıkarır (2.1). Bu, karbonatlı taşları diğer taşlardan ayıran en belirgin özelliktir.

$CaCO_3 + 2\ HCI$ -------> $CaCl_2 + H_2O + C0_2$ (köpürme) (2.1)

### 2.1.1 Kireçtaşlarının Oluşumu

Kireçtaşı, kimyasal ve organik etkilerle akarsularda çöken maddelerin oluşturduğu bir kayaçtır. Doğada yaygın bir şekilde bulunan kalsiyum, yer kabuğunun % 3-4 kadarını oluşturmaktadır. Yer kabuğunun üst katmanında en sık rastlanan minerallerden biri olan kireçtaşı, değişik jeolojik süreçlerde oluşmuştur.

Hidrotermal etkiyle oluşan kireçtaşı genellikle kristal yapıdadır. Kalsiyum karbonat, büyük kütleler halinde, kireçtaşının etrafında kristallenerek oluşur. Değişik granit türlerinde kalsiyum karbonat, hidrotermal etkilerle oluşmuştur. Genel olarak, pek çok

maden yatağında rastlanan durum şudur: Sülfit içeren maden yataklarında kalsiyum karbonat, diğer minerallerden sonra kristallenir; yani maden yatağım oluşturan tüm mineraller kristallendikten sonra kalsiyum karbonat kristallenir. Kireç tüfü içeren maden yatakları, bileşimlerinde bunun yanında aragonit ve kalsit de bulundururlar.

Özellikle geniş deniz dibi bölgelerinde, kalsiyum karbonat içeren çok büyük kütleler oluşur. Bu kütleler, ilk önce, kireç çamuru olarak oluşur; deniz bitkileri ve omurgasız hayvanlar, bu kireç çamuru içindeki kirecin iskeletini oluşturur. Bütün bu maddeler, daha sonra kireçtaşı haline dönüşür.

Bugün var olan kireçtaşının en büyük kısmı, organik kökenlidir. Çünkü denizde yaşayan canlıların iskeletleri kireçtaşı oluşum sürecinin ana kaynağıdır. Çökelmeden sonra çözeltide kalan kireç, deniz dibinde yaşayan kabuklu canlıların (özellikle iskelet ve kabuk oluşumlarında) gereksinimlerini karşılar. İskeletlerden oluşan kalsiyum karbonatlar incelendiği takdirde, hemen hemen saf olduğu kolayca saptanır.

Kireçtaşının fiziksel özelliğini ve kimyasal bileşimini, tortullaşma sırasında killi, silisli ve ya demirli maddeler etkileyebilir.

Kireçtaşının, organik kökenli tortullar tarafından kalker içeren çamura dönüştürülmesi, mikroorganizmalar veya kimyasal hareketlerle hızlandırılır (Meriçboyu, E., 1988).

### 2.1.2 Kireçtaşlarının Sınıflandırılması

Kireçtaşı oluştuğu bölgeye, kimyasal bileşimine, yapısına ve jeolojik oluşumuna göre sınıflandırılabilir. Kireçtaşı, kimyasal bileşimi esas alınarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

**a.)** Kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşı: Yüksek oranda kalsiyum karbonat, %5'den

daha az magnezyum karbonat içerir.

**b.)** Magnezyum içeriği yüksek kireçtaşı: Kalsiyum karbonatın yanı sıra %5-20 kadar magnezyum karbonat içerir.

**c.)** Dolomit: Kalsiyum karbonat ve %20-46 kadar magnezyum karbonat içerir.

İçindeki kalsiyum karbonat oranını baz olarak yapılan klasifikasyona göre kireçtaşı cinsleri şöyle sıralanır:(Dinç 2004).

| | |
|---|---|
| 1.Çok yüksek kalsiyumlu kireçtaşı | : $CaCO_3$ : min. % 97 |
| 2 Yüksek kalsiyumlu kireçtaşı | : $CaCO_3$ : min. % 95 |
| 3.Yüksek karbonatlı kireçtaşı | : ($CaCO_3$+MgCO3) : min. % 95 |
| 4. Kalsitik kireçtaşı | : $MgCO_3$ . % 5 |
| 5. Magnezyumlu kireçtaşı | : $MgCO_3$ . % 5 - 20 |
| 6. Dolomitik kireçtaşı (Dolomit) | : $MgCO_3$ . % 20 - 40 |
| 7. Yüksek magnezyumlu dolomit | : $MgCO_3$ . % 40 – 46 |

Bu kireçtaşı türlerinden üretilen kireçler de, kalsiyum içeriği yüksek kireç, magnezyum içeriği yüksek kireç ve dolomitik kireç adlarını alırlar. Kireçtaşı içeren karbonat mineralleri kalsit, dolomit ve manyezittir.

Diğer kireçtaşı türlerinin Avrupa ve Amerika''da benimsenmiş olan tanımlamaları şunlardır:

1. Killi Kireçtaşı: Yapısında, kille beraber oldukça yüksek oranda $SiO_2$ ve $A1_2O_3$ bulundurur.

2. Karbon İçeren Kireçtaşı: Safsızlık olarak turba, asfalt gibi çeşitli tipte organik maddeler içerir, rengi siyahtır, yandığında genellikle kötü bir koku çıkarır.

3. Çimento taşı: Safsızlık olarak kil içeren bir kireçtaşıdır ve Portland çimentosu üretimi için uygun oranda $Si0_2$, $A1_2O_3$ ve $CaCO_3$ içerir.

4. Tebeşir: Rengi, sertliği ve saflığı büyük ölçüde değişebilen tebeşir, kalsiyum karbonatın yumuşak ve fosil içeren bir türüdür. Tane boyutu çok küçük

olduğundan biçimsiz görünür; gözenekli bir yapıya ve çok büyük alanına sahiptir.

5. Demirli Kireçtaşı: Yapısında safsızlık olarak oldukça fazla demir içeri; veya kırmızı renkte olabilir.

6. Ergitme Taşı: Bu kireçtaşı türü, kireçtaşının saf türlerinden biridir. Metalürjik süreçlerde ergitici olarak kullanılır ve en az % 95 karbonat içerir.

7. Fosilli Kireçtaşı: Fosil yapısının kolayca görülebildiği karbonatlı kayaçları tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

8. İzlanda Sparı: En saf ve saydam kireçtaşı türüdür; hemen hemen tamamı $CaCO_3$'dır (%99,9).

### 2.1.3 Kireçtaşlarının Kullanım Alanları

Geleneksel yapım yöntemlerinde kireçtaşı kesme taş ya da moloz taş olarak kullanılmakla beraber, ana bağlayıcılardan biri olan kirecin de hammaddesidir.

Kireçtaşı, ince ya da çok kalın (15–25 cm.) halinde ya da masif durumda bulunmalarına göre kesimin kolaylığı, kırılmaya karşı direnç, sertlik, fiziksel görünüm bakımından farklılıklar gösterir. Kesme taşlar belli bir numuneyi hazırlamak için harcanan zamana bağlı olarak 1–10 arasında değişen bir kesme katsayısına göre sınıflandırılır. Kayacın sertliği ve taşçı aletine gösterdiği tepkilerin biçimi bu katsayıyı etkiler. Yapılarda kullanılan kireçtaşları yoğun, som, gevşek, boşluklu, sert, yarı sert gibi adlar alırlar. Kireçtaşlarının görünümü, oluşumlarına ve renk verici katışıklar içermelerine göre değişir.

İstanbul Çekmece Gölü'nün kuzeyinden (Kayabaşı) çıkarılan fosilli, beyaz-sarı kireç taşları ve İstanbul boğazının iki yakasında bulunan taş ocaklarından çıkarılan koyu mavi, beyaz kalsit damarlı kireçtaşları (Devon), ayrıca Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin'de kullanılan marnlı kireçtaşları önemli yapı taşlarıdır. Bunlar kaba yontulmuş olarak bina cephelerinde, kırma tas olarak beton ve asfalt yapımında,

cilalanarak kaplamalarda kullanılır (Gökaltun, E., 1997).

Kireçtaşlarının, kullanım alanları belirlenirken, mekanik özellikler yanı sıra fiziksel ve kimyasal özellikler de dikkatle incelenmelidir. Bu grupta renk ve dokusal özellikler önemli bir parametredir. Tablo 1'de kireçtaşlarının kullanım alanları gösterilmektedir.

**Tablo 2.1:** Renk - Dokusal Özelliklerine Göre Kireçtaşının Genel Kullanım Alanları (Gökaltun, E., 1997).

| | İÇ MEKAN | | | | DIŞ MEKAN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | YATAY KAPLAMA | | DÜŞEY KAPLAMA | | YATAY KAPLAMA | | DÜŞEY KAPLAMA | |
| RENK | AÇIK | KOYU | ACIK | KOYU | ACIK | KOYU | AÇIK | KOYU |
| KİREÇTAŞI | + | + | + | + | + | - | + | - |

+ kullanılabilir - kullanılmaz

İç mekanlarda kireçtaşları dokusal özelliklerinden kaynaklanan sertlikleri ve renk seçenekleri nedeniyle son yıllarda mermerlerden daha çok kullanılmaktadır. Her renkteki kireçtaşları, yoğun kılcal çatlaklar ve kil dolguları içermediği sürece yatay ve düşey kaplamada kullanılabilir.

Dış mekanlarda ise bol damarlı, kılcal çatlaklı ve koyu renkli kireçtaşları kullanılmamalıdır. Özellikle sıcaklık değişimlerinin yoğun yaşandığı ve don olaylarının gizlendiği bölgelerde emilen su, kılcal çatlaklar boyunca çatlamalara ve kopmalara sebep olmaktadır (Öztank, N., 1999). Ayrıca bu çatlaklar boyunca kirli havadaki bulunan kimyasal maddeler de taşın bünyesine işleyerek tahribata yol açabilir. Siyah-kahverengi-kırmızımsı renkli taşlar, dış mekanda ve özellikle güneye bakan bölümlerde kullanılmamalıdır. Kullanılması durumunda zamanla renkleri solar, daha doğru bir tanımlama ile taş doğadaki rengine döner (Öztank, Türkmen, 1998).

Kireçtaşlarının tipik kullanımlarına değinildiği zaman farklı ve spesifik amaçlara sahip olduğu görülmektedir. Bu özellik tüm taşlar için geçerli bir durumdur. Çok eskiden beri yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşlar, yapıya belli bir ağırlık getirmeleri, işleme ve kullanılma olanaklarının zorluğu yanında, yer kaybına neden olmaları ve malzeme teknolojisinde meydana gelen aşamalar nedeniyle günümüzde daha çok özel amaçlarla (dekoratif süsleme, kaplama gibi mimari uygulamalarda) kullanılmaktadır.

İstanbul dolayında, tarihsel dönemlerde inşa edilmiş eserlerin çoğunda kireçtaşı, o dönem yaygınlığı ve kolay elde edilebilmesi gibi nedenlerle yoğun olarak kullanılmıştır. Osmanlı Döneminde, Mimar Sinan'la zirvesine ulaşan yapıtların yapımında Bakırköy taşları (maktralı kalkerler, Küfeki taşları) gibi yerel taşlar yaygın olarak kullanılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde (1850-1890) taş kullanımı Dolmabahçe, Beylerbeyi gibi bazı saray ve köşklerin yapımı ile sınırlı kalmıştır. Bu yapıtlarda ve İstanbul genelindeki eski eserlerde en fazla kullanılan taş türü Bakırköy Maktralı (Küfeki) Kireçtaşı'dır (Yüzer, E., 1997).

Maktralı kalker, İstanbul'un batısındaki Bakırköy, Sefaköy, Sazlıbosna, Haznedar ve Yenibosna dolaylarındaki taş ocaklarından çıkarıldığı için "Bakırköy kalkeri", içinde bol miktarda bulunan maktra fosillerinden dolayı "maktralı kalker", gözenekli, kolay işlenebilir ve yumuşak yapısından dolayı da "Küfeki taşı" adı ile bilinmektedir. Bu taşlar, şehrin ortasından batıya, Küçükçekmece'ye doğru uzanan Neojen (Sarmasien) formasyonu arasından çıkarılmaktadır. Buradaki neojen, kum, kil, çakıl, marn, kaba kalker ve plaketli kalkerlerden ibaret olup özellikle kumlar ve kalkerler Sarmasien katına ait Mactra, Unio, Melanopsis gibi fosilleri içermektedir. Ancak, bu ocak yerleri günümüzde yoğun yapılaşma nedeni ile işletilemez hale gelmiştir (Erguvanlı, K., 1967).

Dünyada kireç ürünleri kadar çok çeşitli kullanım amacı olan bir başka ürün mevcut değildir. İnsanlığın kireçtaşını ne zaman fırınlarda yakıp sönmemiş kirece dönüştürdüğü ve daha sonra suyla söndürüp harç yapımında kullandığı tam olarak bilinmemekle beraber, Türkiye'nin doğusunda bulunan kireç harçlı kalıntılar tarih öncesine dayanmaktadır (Dinç, O., 2004).

## 2.2 Kireçtaşlarının Özellikleri

Kireçtaşının fiziksel özelliğini ve kimyasal bileşimini, tortullaşma sırasında killi, silisli ve ya demirli maddeler etkileyebilir.

### 2.2.1 Kireçtaşlarının Fiziksel Özellikleri

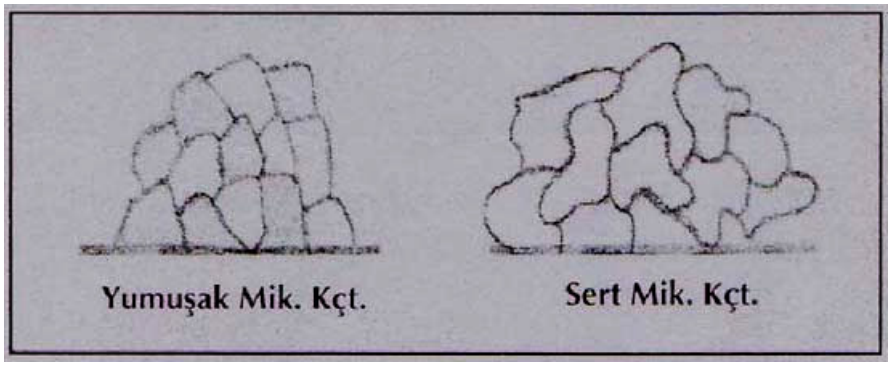
Kireçtaşının fiziksel ve kimyasal özellikleri, yapısındaki safsızlıkların türüne ve değişimine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir. Saf $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'ın renkleri beyazdır. Safsızlık olarak karbon içerir. Kireçtaşlarının rengi, siyahtan griye kadar değişir. Demir içeren kireçtaşları, siyah, kahverengi, pembe ve devetüyü renginde olabilir. $FeS_2$, $FeCO_3$ gibi safsızlıklar, havanın etkisiyle yüzey rengini değiştirebilir. Mermer ve traverten daha parlak renklere sahiptir.

Bütün kireçtaşlarının belirli bir kristal şekli vardır. Fakat boyutlarında ve kristal kafeslerinin düzenlenmesinde çok büyük farklar vardır. Karbonatlar, yapılarında $CO_2^-$ anyonu bulundururlar. Bu grubun katyonları arasındaki bağlar iyonik, karbon-oksijen bağları ise kovalenttir. Bilinen doğal karbonatlar, kalsiyum karbonat ve aragonit grubunun üyeleridir.

$RCO_3$ formülünde, R yerine Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Co, Sr, Ba, Pb geçebilir. Kalsiyum karbonat grubu altıgen kristal kafese, aragonit grubu ise eşkenar dörtgen kristal kafese sahiptir. Kalsit, altıgen kristal kafesinde eşkenar paralel yüzlere sahiptir. Kireçtaşlarındaki kristallenme mükemmeldir. Kristal yapısı, çeşitli gruplaşmalar ile

sürekli olarak büyür. Kireçtaşı çok aktif bir yüzey içerir. Kireçtaşının en önemli özelliği, çift kristal yapıda oluşmasıdır. Çift kristal oluşumu gösteren kireçtaşlarında boşluklar bulunur (Gökaltun, E., 1997).

Mermerlerde olduğu gibi kireçtaşlarının da tane boyutları küçüldükçe sertlik artar. Ayrıca Şekil 2'de görüldüğü gibi, dokusal olarak girintili-çıkıntılı görünümlü tanelere sahip kireçtaşları hem kendi içinde, hem de mermerlere oranla daha serttir (Kun, 2000).




**Şekil 2.2:** Tane Sınırlarının Şekli ile Kireçtaşlarının Değişimleri (Kun, 2000).

Kireçtaşları çoğu kez fosil içerirler. Kayaca görünüm olarak albeni kazandıran fosillerin karbonatlaşarak oluşturduğu taneler, karbonat çamurlarından daha iri olduğu için kayacın dayanımsızlığına neden olur. Yine kireçtaşlarında sıklıkla gözlenen ikincil kalsit dolguları da sertliğin azalmasına sebebiyet verir.

Kireçtaşları, sedimantasyon aşamaları sırasında yapısına giren minerallerin ve organik maddelerin oranlarına göre renklenmeler gösterirler. Doğal taş endüstrisinde değerlendirilen kireçtaşları genellikle bej tonlarında olmakla beraber kahverengi, gri, siyah v.b. renkli olan kireçtaşlarının da pazar şansı oldukça yüksektir.

Kireçtaşlarında yer yer gözlenen çatlaklar ile kil ve kalsit dolguları, kullanım

sorunları yanı sıra kayacın işlenmesini ve görünümünü de olumsuz yönde etkiler.

### 2.2.2 Kireçtaşlarının Kimyasal Özellikleri

Taşkürede çok bol bulunan kireçtaşının temel bileşeni, kimi kez arı olmayan, biçimsiz ya da kristalleşmiş kalsiyum karbonattır. İkincil derecede değişik madde ve bileşiklerin içinde yer alması nedeniyle orijinal halde sarı, kahverengi ve siyah renklerde de görülebilmektedir (Yüzer, E., 1997).

Deniz ya da tatlı sularda kimyasal organik veya mekanik çökelme sonucu kalker yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kalker üç ana grup altında toplanabilmektedir. Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, kırıntılı ve kimyasal materyaller içermektedir.

Kirecin hammaddesi olan ve doğada bol miktarda bulunan kireçtaşı, karbonatlı tortul kayaç ve fosiller için kullanılan genel bir deyim olup, yapısında prensip olarak kalsiyum karbonat veya kalsiyum karbonat/magnezyum karbonat bileşikleri ($CaCO_3$ / MgCOs) kombine halde bulunur. Bunun yanı sıra içinde değişik oranlarda demir, alüminyum, silisyum, kükürt gibi safsızlıklara da rastlanabilir. Dünyada çok değişik formasyon ve tiplerde kireçtaşı mevcuttur. Bunlar orijin, jeolojik formasyon, mineralojik yapı, kristal yapısı, kimyasal bileşim, renk ve sertlik özelliklerine göre gruplandırılır (örneğin tebeşir, marn, traverten gibi).

### 2.2.3 Kireçtaşlarının Mekanik Özellikleri

Kireçtaşlarının aşınma, eğilme ve basınç dayanımı değerleri TS EN 12372 ve TS EN 1926 standartlarına uygun olmalıdır. Kireçtaşlarının mekanik özellikleri; kayacın mineral bileşimleri yanı sıra, tane boyutu ve dokusal özellikleri ile yakından ilişkilidir. Kireçtaşlarının çeşitlenmesine göre mekanik özellikleri de değişmektedir. Bu çeşitlenme ise yapı malzemesi olarak kullanımda kireçtaşlarının alternatifi

sayılabilmektedir. Genel olarak eğilme, basınç, ve iletkenlik değerlerinde (ses, ısı vb.) farklılık gösteren kireçtaşları, yapı malzemesi olarak seçimde bir çok alternatif sunmaktadır. Mekanik özelliklerinden dolayı farklı sertliklere sahip olan kireçtaşları sertlik değerlerine göre yapıda farklı bölümlerde farklı işlevler için kullanılabilmektedir.

# 3. MARDİN KÖKENLİ KİREÇ TAŞLARI VE ANALİZİ

Bu bölümde Mardin ve çevresinde bulunan kireç taşı ocakları tanıtılmış, Mardin kireçtaşının ayırıcı özellikleri ve yapısal özelliklerine değinilmiştir. Taşın eskitme deneyleri ile dayanıklılığı araştırılmıştır.

## 3.1 Mardin'de Bulunan Kireçtaşı Ocakları

Bugün dünyada tüketilen kireçtaşı miktarının – yaklaşık olarak - yıllık 4,5 milyar ton mertebesinde olduğu tahmin edilmektedir (1998 yılı ILA istatistiklerine göre – ABD: 870 milyon ton/yıl; Japonya: 190 milyon ton/yıl; İngiltere: 120 milyon ton/yıl; Türkiye: 234 milyon ton/yıl) (Dinç, O., 2004).

Türkiye'nin sahip olduğu kireçtaşı miktarının 40-50 milyon tonunu Diyarbakır-Mardin bölgesi karşılamaktadır. Mardin'in ise en önemli taş ocakları Kabala bölgesindedir. Bu bölgenin dışında Ömerli, Kızıltepe ve Midyat gibi ilçelerde de önemli taş ocakları bulunmaktadır. Bölgelerine göre kireçtaşlarının özellikleri de farklılık göstermektedir. Örneğin Midyat bölgesinde çıkarılan kireçtaşlarının kil oranı diğerlerine göre daha fazladır.

## 3.2 Mardin Kireçtaşlarının Ayırıcı Özellikleri

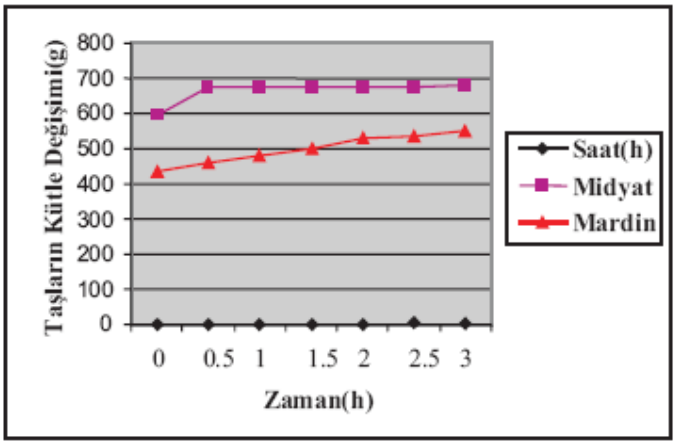
Mardin kireçtaşı yine aynı yöre taşlarından olan Midyat kalkeri ile farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar kimyasal bileşenleri ve dolayısı ile fiziksel ve mekanik özelliklerinde görülmektedir. Mardin kireçtaşının yapısındaki kil miktarı Midyat kalkerine göre daha azdır. Tüm bu farklılıklara rağmen her iki taş da Mardin tarihi dokusunda kullanılmıştır.

İki taşın kimyasal bileşenlerine bakılacak olursa (Tablo 3.1) Mardin taşının kalsiyum ve magnezyum oksit oranının daha fazla ve silisyum oksit oranının daha az olduğu görülmektedir.

**Tablo, 3.1:** Mardin ve Midyat Taşlarının Kimyasal Bileşeni (%) (Adin, H., 2000).

| Numune\Bileşen (%) | $SiO_2$ | CaO | MgO | $CO_2$ | Tayin edilemeyen |
|---|---|---|---|---|---|
| **Midyat Taşı** | 0.30 | 34.10 | 18.65 | 46.33 | 0.52 |
| **Mardin Taşı** | 0.18 | 30.00 | 22.58 | 47.09 | 0.15 |

Her iki taşın kimyasal özellikleri gibi fiziksel özellikleri de farklılık göstermektedir. Şekil 3.1'de su emme deney sonuçları görülmektedir. Bunun yanı sıra bazı doğal yapı taşları ve malzemeleri ile Mardin ve Midyat taşlarının diğer fiziksel özellikleri de farklılık göstermektedir.




**Şekil 3.1:** Su Emme Deneyinde Taşların Zamana Göre Kütle Değişimi

**Tablo 3.2:** Bazı Doğal Yapı Taşları ve Yapı Malzemeleri ile Mardin ve Midyat Taşının Fiziksel Özellikleri, (Özışık, N., 1985)

| Malzeme | Isıl İletkenlik k (W/mK) | Özgül Isı Cp ( J/kgoc) | Isıl Yayınım a($m^2$/s) | Yoğunluk (kg/$m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| **Beton** | 0.814 | 879 | $4.9x10^{-7}$ | 1906 |
| **Granit** | 2.855 | 816 | $13.15x10^{-7}$ | 2643 |
| **Kalker** | 1.261 | 908 | $5.68x10^{-7}$ | 2483 |
| **Kumtaşı** | 1.855 | 712 | $11.65x10^{-7}$ | 2235 |
| **Mermer** | 2.772 | 808 | $3.94x10^{-7}$ | 2603 |
| **Tuğla** | 0.692 | 837 | $5.16x10^{-7}$ | 1602 |
| **Midyat Taşı** | 0.715 | 1032.7 | $4.679x10^{-7}$ | 1490 |
| **Mardin Taşı** | 0.7985 | 987.06 | $5.13x10^{-7}$ | 1580 |

İki taş arasındaki bazı mekanik özelliklerin farklılıkları ise Tablo 3.3'te verilmiştir. Tabloda basınç, çekme ve aşınmaya karşı dayanım farkları görülmektedir.

**Tablo 3.3:** Mardin ve Midyat Taşlarının Mekanik Özellikleri (Adin, H., 2000).

| Malzeme | Basınç dayanımı (N/$mm^2$) | Çekme dayanımı (N/$mm^2$) | Aşınma (%) |
|---|---|---|---|
| **Midyat Taşı** | 6.127 | 1.03 | 0.65 |
| **Mardin Taşı** | 4.939 | 0.77 | 0.64 |

Mardin kireçtaşının ayırıcı özelliklerine detaylı olarak bakıldığı zaman, öncelikle çıkarıldığı ocaklara değinmek gerekmektedir. Mardin Taşı, Alt Eosen - Alt Oligosen yaşlı resifal kökenli Hoya Formasyonu içinde yataklanmaktadır. Formasyonun ortalama kalınlığı 50-600 metreler arasındadır. Formasyonu meydana getiren litolojiler; tebeşirli kireçtaşları, biyomikrit, dolomitik kireçtaşları, killi kireçtaşları ve fosilli kireçtaşlarıdır. Kayaçların renkleri; sarı, pembe, kırmızı, beyaz, kirli beyaz, gridir. Formasyon sığ deniz-şelf kenarında oluşmuş ve yer yerde resifal karekterli ürünler sunmaktadır. Formasyonun yayılımı Mardin-Diyarbakır-Siirt-Adıyaman(Hoya formasyonu) ve Kilis-Gaziantep yörelerinde ise Havra Taşı ismini almaktadır (Gaziantep formasyonu). Hoya formasyonu Gaziantep formasyonu ile yatay yönde geçişlidir (Önenç, D., 1999).

Mardin Taşı'nın sertliği 2.5-3, basınç dayanımı <500 cm2/kg, darbe dayanımı ile aşınma, taş suyunu verdikten sonra artmaktadır. Suyunu veren Mardin Taşı çok hafiflemektedir. Bol gözenekli olan taşın doluluk oranı % 85-90.0 dır. Mardin Taşı'nın CaCO3 miktarı % 99.0 dur, (Önenç, 2005). Mineralojik Bileşimi; Sparitik Kalsit, boşluklar ve kılcal çatlaklar rekristalize kalsitler tarafından doldurulmuştur.

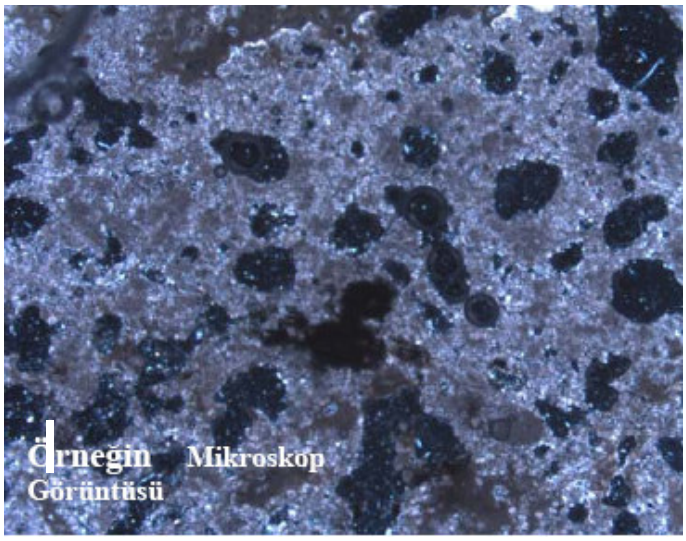
Mardin taşına ait diğer özellik değerleri aşağıdaki Tablo 3.4, 3.5'de verilmiştir.

**Tablo 3.4:** Mardin Taşı, Mekanik Özellikleri (Mardia Mad.).

| Özellik | Değer | Birim |
|---|---|---|
| **Basınç Dayanımı** | 595 | kgf/cm2 |
| **Ortalama Aşınma Dayanımı** | 14,3 | cm3/50cm2 |
| **Sertlik (Mohs)** | 3 | |
| **Sertlik (Schmidt)** | 42 | |

**Tablo 3.5:** Mardin Kireçtaşının Kimyasal Bileşimi (Mardia Mad.).

| Bileşikler | Değer (%) |
|---|---|
| **$SiO_2$** | 0,11 |
| **$Fe_2O_3$** | 0,97 |
| **MgO** | 2,94 |
| **CaO** | 53,25 |
| **$Na_2O$** | 0,04 |
| **$K_2O$** | 0,09 |
| **$TiO_2$** | 0,01 |
| **$Al_2O_3$** | 0,067 |




**Şekil 3.2:** Örneğin ince kesit görüntüsü (Mardia Mad.).

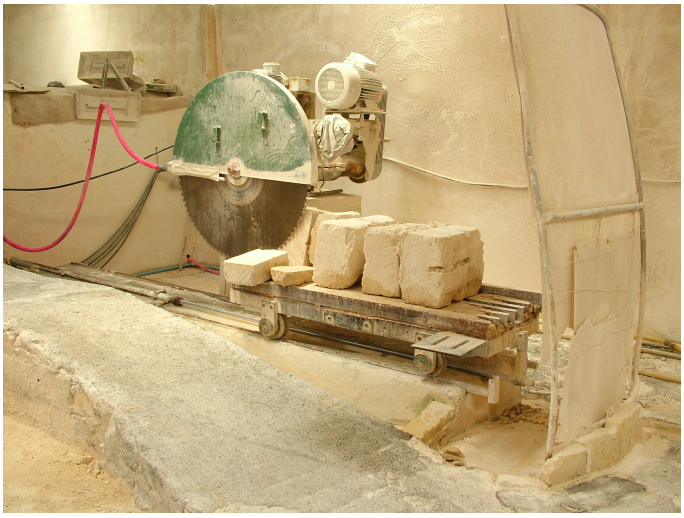
### 3.3 Mardin Babol Mevkii Ocak Taşlarının Deneysel Analizi

Bu bölümde Mardin Kızıltepe ilçesindeki Babol mevkiindeki taş ocağından alınmış kireçtaşı numunelerinin deneysel çalışmalarına yer verilmiştir, (Şekil 3.3, 3.4). Çalışma, fiziksel, mekanik, kimyasal özelliklerin tayininin yanı sıra teknik özelliklerin ve eskitme deneylerinin yapılmasını kapsamaktadır.

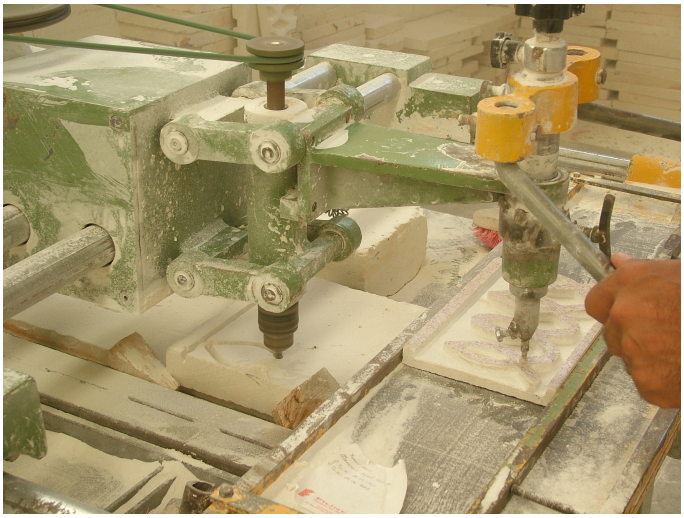


**(a)** **(b)**

**Şekil 3.3:** (a,b) Babol Mevkiinde Taş Ocağı



**Şekil 3.4:** Taş Ocağı Atölyesi.



**Şekil 3.5:** Taş İşleme Aleti ve Taşın İşlenmesi.

Ocaktan getirilen numunelerin 25x25x25 cm küpler şeklinde ve birbirinden farklı yapılarda olduğu gözlenmiştir. Bu durumda her farklı taş için ayrı bir kod verilmiş ve toplam üç grupta incelenmiştir, (Tablo 3.6).

**Tablo 3.6:** Kireçtaşlarının kodlama sistemi.

| Kod No | Tanım |
|---|---|
| A | Homojen yapıdaki örnekler |
| B | Sert bölümlerin yoğun olduğu örnekler |
| C | Boşluklu bölümlerin yoğun olduğu örnekler |

Taşın yapısına göre hazırlanan numunelerin özellikleri, deneyler sonunda çok fazla farklılık göstermemiştir. Taşın heterojen bir taş olmasına rağmen, aynı taş ocağının belli bölümlerinden taşlar olduğu için aynı özellikleri gösterdiği ortaya çıkmıştır.

### 3.3.1 Fiziksel Özellik Tayini Deneyleri

Fiziksel özellik tayini olarak; kılcal su emme katsayısı, atmosfer basıncı altında su emme oranı, su emme ve kuruma hızları, birim hacim kütlesi, özgül kütlesi, ve su

buharı geçirgenlik direnç faktörü vb. gibi büyüklükler bulunmuştur (Kocataşkın, F., 2000).

### 3.3.1.1 Kılcal Yolla Su Emme

Kılcal yolla su emme tayini için TS EN 1925 standardından yararlanılmıştır. Bunun için taş numuneleri, bir gün süre ile 105ºC etüvde bekletilmiş ve değişmez kütleye geldikten sonra desikatöre konularak soğutulmuş, daha sonra bir gün süre ile ortama bırakılmıştır. Kılcallık deneyinde, yalnızca taban alanlarından kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışları, 1'den 14'e kadar her dakikanın katları şeklinde bir zaman diliminde, tartılmış ve aşağıdaki formül yardımı ile kılcallık katsayısı bulunmuştur.

Kılcallık katsayısı formülü:

$$N = \frac{Q}{A.\sqrt{t}} \qquad (3.1)$$

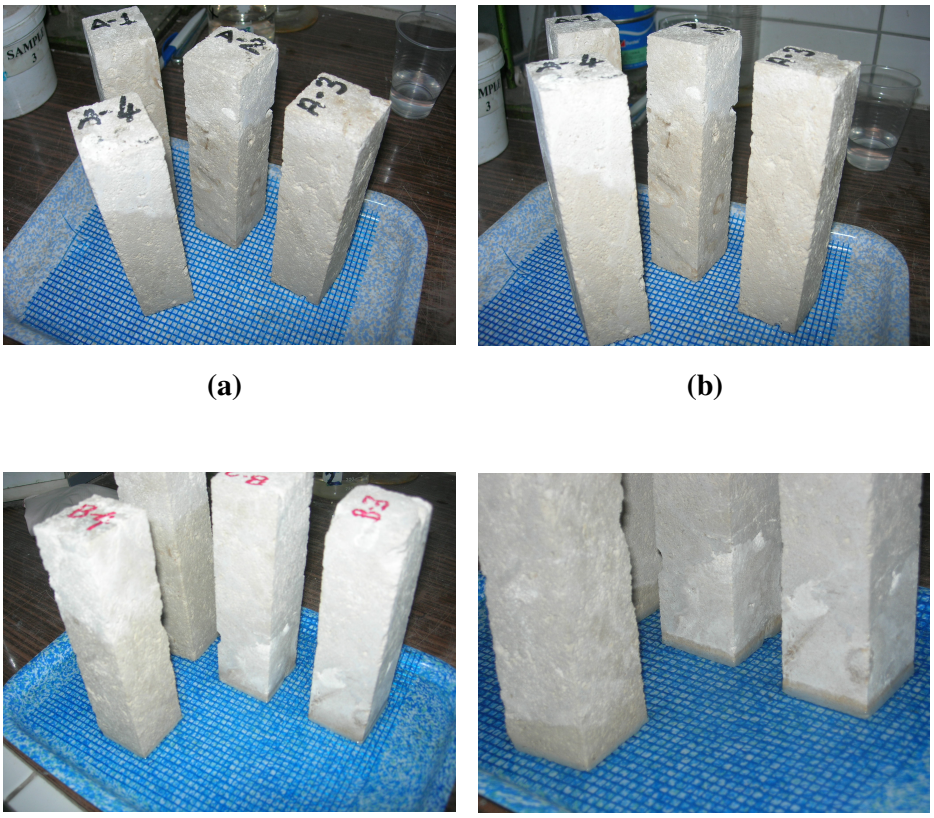
Formülde;

N : Taşların kılcallık katsayısı ($g/m^2\sqrt{dak}$)

Q : Birim zamanda geçen su miktarı (g)

A : Numunelerin suya değen taban alanları ($m^2$)

T :Numunelerin suyla temas ettiği süre (dakika)'dır.




**(a)** **(b)**

**(c)** **(d)**

**Şekil 3.6:** (a,b,c,d) Kılcallık Deneyi.

Bu açıklamalar ışığında A, B, C numunelerinin ayrı ayrı kılcallık değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir, (Tablo 3.7). Kılcallık deneyi ile ilgili detaylı bilgi Ek 1'deki tablolarda gösterilmiştir.

**Tablo 3.7:** A, B, C Numunelerinin Kılcallık Katsayıları.

| Numune | Kılcallık katsayısı (g/m2.√dk) | Numune | Kılcallık katsayısı (g/m2.√dk) | Numune | Kılcallık katsayısı (g/m2.√dk) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 1793,6 | **B-1** | 1098,46 | **C-1** | 1362,1 |
| **A-2** | 1377,47 | **B-2** | 280,88 | **C-2** | 498,69 |
| **A-3** | 1543,6 | **B-3** | 117,73 | **C-3** | 460,61 |
| **A-4** | 1265,57 | **B-4** | 1035,39 | | |
| **Ortalama** | **1495,06** | **Ortalama** | **633,12** | **Ortalama** | **773,8** |

### 3.3.1.2 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Oranı

TS 699 standardında belirtildiği gibi, deney numuneleri temizlendikten sonra 20 ± 5 $^0$C' de su dolu bir kapta yüksekliğinin 1/4' üne kadar suya daldırıp, 1 saat bekletilmiş daha sonra 1'er saat 2/4 ve 3/4' ü suda bekletilmiş ve üzeri 1,2 - 2 cm su ile örtülerek 45 saat suda bekletildikten sonra 0,1 g hassasiyetle tartılmıştır. Bu işlemden sonra Arşimet terazisinde su içinde tartılmış ve aşağıdaki formüller ile kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmıştır.

Kütlece Su Emme Oranı :

$$Sk = \frac{Gd - Gk}{Gk} \cdot 100\ (\%) \qquad (3.2)$$

Hacimce Su Emme Oranı:

$$Sh = \frac{Gd - Gk}{Gd - Gds} \cdot 100\ (\%) \qquad (3.3)$$

Formülde;

Gd: Suya doymuş ağırlık, (g)

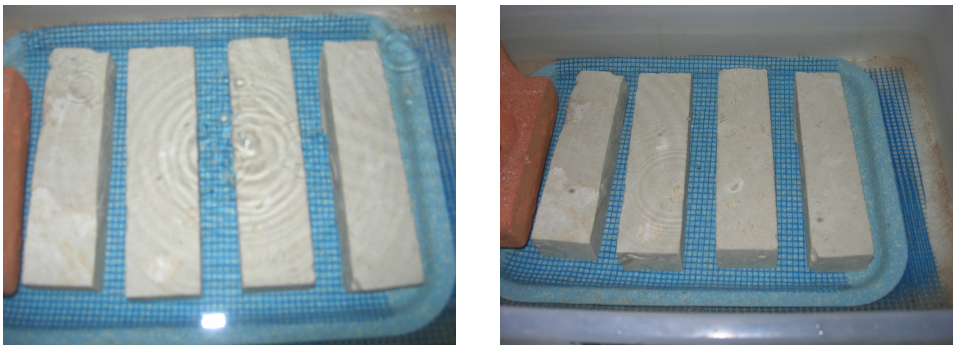
Gk: Kuru ağırlık, (g)

Gds: Su içindeki ağırlık, (g)

Sk : Kütlece su emme oranı, (%)

$S_h$ : Hacimce su emme oranı, (%)'dir.

Numunelerin su emme ağırlıkları Ek 2'de verilmiştir. A, B, C numunelerinin su emme değerleri ile ilgili yüzde oranları ise Tablo 3.8'de gösterilmiştir.



**(a)** **(b)**

**Şekil 3.7:** (a,b) Su Emme Deneyi.

Su emme değerlerinde, numuneler arasındaki farklarda temel sebep numunelerin bünyesinde sahip olduğu sert bölümlerden kaynaklanmaktadır. Bu bölümlerin fazla olması su emme oranını ters yönde etkilemektedir.

**Tablo 3.8:** A, B, C Numunelerinin Su Emme Yüzdeleri

| ÖRNEK | Sk (%) | Sh (%) | Skk (%) | Skh (%) |
|---|---|---|---|---|
| **A1** | 9,03 | 17,30 | 17,01 | 32,38 |
| **A2** | 7,80 | 15,46 | 14,97 | 29,47 |
| **A3** | 8,17 | 15,68 | 17,04 | 32,47 |
| **A4** | 6,85 | 13,80 | 13,91 | 27,97 |
| **ortalama** | **7,96** | **15,56** | **15,73** | **30,57** |
| **B1** | 8,29 | 16,07 | 15,98 | 31,01 |
| **B2** | 6,90 | 14,40 | 11,72 | 24,48 |
| **B3** | 6,89 | 14,39 | 11,46 | 23,93 |
| **B4** | 9,23 | 18,08 | 15,51 | 30,39 |
| **ortalama** | **7,83** | **15,74** | **13,67** | **27,45** |
| **C1** | 7,06 | 13,85 | 15,33 | 30,03 |
| **C2** | 6,17 | 12,28 | 14,34 | 28,49 |
| **C3** | 5,88 | 11,87 | 13,66 | 27,50 |
| **ortalama** | **6,37** | **12,67** | **14,44** | **28,67** |

### 3.3.1.3 Su Emme ve Kuruma Hızlarının Tayini

Tüm deneylerde olduğu gibi numuneler, etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş, desikatörde soğutulduktan sonra, 20$^{o}$C deki suyun içine tamamen

daldırılıp, 1,2,3,6, 24, 48 ve 72.saatlerdeki ağırlık artışları yüzde olarak hesaplanmış ve buna göre bir grafik çizilmiştir. Bu işlem bitiminde aynı numuneler sudan çıkarılmış ve laboratuar ortam şartlarına maruz bırakılarak aynı sürelerde kuruma hızına bağlı olarak ağırlık düşüşleri yüzde olarak belirlenmiştir. Su emme ve kuruma grafikleri, zamana bağlı olarak çizilmiştir (Borelli, E., 1999).

Su emme ve kuruma aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Sk = (Gd-Go)/Go \times 100 \quad (3.4)$$

Sa : Su emme (%)

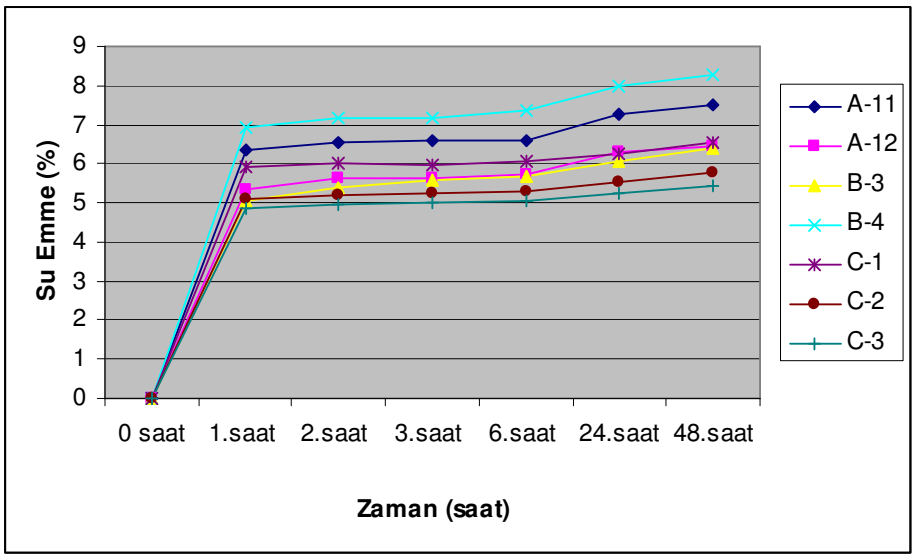
Gd: Taşın doygun haldeki kütlesi (g)

Go: İlk ağırlık (g)

A, B, C Numunelerinin su emme ağırlıkları ve grafikleri Tablo 3.9 ve Şekil 3.8'de verilmiştir.

**Tablo 3.9:** A, B, C Numunelerinin Zaman Bağlı Su Emme Oranları (%)

| Numune No | 0 saat | 1.saat | 2.saat | 3.saat | 6.saat | 24.saat | 48.saat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-11** | **0** | 6,35 | 6,55 | 6,57 | 6,59 | 7,27 | 7,49 |
| **A-12** | **0** | 5,36 | 5,63 | 5,65 | 5,72 | 6,32 | 6,44 |
| **B-3** | **0** | 5,03 | 5,41 | 5,56 | 5,68 | 6,08 | 6,38 |
| **B-4** | **0** | 6,94 | 7,17 | 7,18 | 7,34 | 7,99 | 8,29 |
| **C-1** | **0** | 5,90 | 6,00 | 5,95 | 6,05 | 6,27 | 6,55 |
| **C-2** | **0** | 5,10 | 5,22 | 5,25 | 5,28 | 5,52 | 5,76 |
| **C-3** | **0** | 4,85 | 4,96 | 5,01 | 5,06 | 5,24 | 5,46 |
| **Ortalama** | **0** | **5,65** | **5,85** | **5,88** | **5,96** | **6,38** | **6,62** |

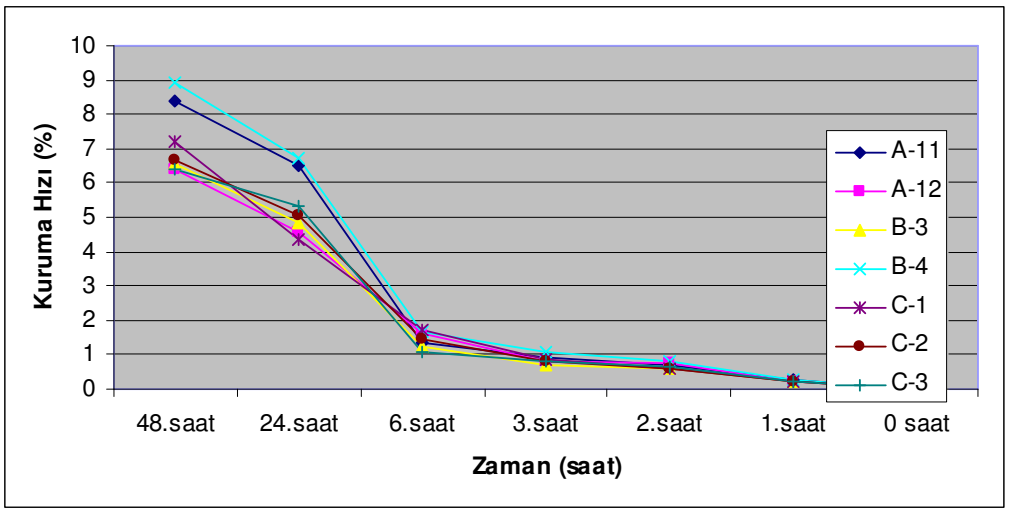



**Şekil. 3.8:** Numunelerin Su Emme Grafiği

A, B, C Numunelerinin kuruma ağırlıları ve grafikleri Tablo 3.10 ve Şekil 3.9'da verilmiştir.

**Tablo 3.10:** A, B, C Numunelerinin Zamana Bağlı Kuruma Oranları (%)

| Numune No | 48.saat | 24.saat | 6.saat | 3.saat | 2.saat | 1.saat | 0 saat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-11** | 8,4 | 6,5 | 1,35 | 0,92 | 0,71 | 0,26 | 0 |
| **A-12** | 6,39 | 4,58 | 1,61 | 0,8 | 0,76 | 0,23 | 0 |
| **B-3** | 6,57 | 4,86 | 1,23 | 0,72 | 0,58 | 0,21 | 0 |
| **B-4** | 8,95 | 6,7 | 1,69 | 1,08 | 0,78 | 0,25 | 0 |
| **C-1** | 7,23 | 4,33 | 1,73 | 0,85 | 0,6 | 0,19 | 0 |
| **C-2** | 6,65 | 5,08 | 1,45 | 0,78 | 0,6 | 0,22 | 0 |
| **C-3** | 6,42 | 5,31 | 1,08 | 0,8 | 0,62 | 0,2 | 0 |
| **Ortalama** | **7,23** | **5,34** | **1,45** | **0,85** | **0,66** | **0,22** | **0** |




**Şekil. 3.9:** Numunelerin Kuruma Grafiği

### 3.3.1.4 Birim Hacim Kütlenin Tayini

TS 699 standardı esas alınarak yapılan deneyde numuneler 105 °C' ye kadar ısıtılmış etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş olan numuneler, 0,1 gr. hassasiyetle tartılmıştır (Gk). Numunenin hacmi, suya doymuş ağırlık ve su içindeki ağırlığın farkına göre aşağıdaki formül yardımı ile bulunmuştur.

$$dh = \frac{Gk}{V} \quad (g / cm^3) \qquad (3.5)$$

Formülde;

Gk :Numunenin kuru ağırlığı, (g)

V: Numunenin hacmi, ($cm^3$)

dh: Birim hacim kütle, (g/ $cm^3$)'dir.

Bu açıklamalar sonucunda yapılan deney sonrası A, B, C numunelerinin birim hacim kütle değerleri Tablo 3.11'de verilmiştir.

**Tablo 3.11:** A, B, C Numunelerinin Birim Hacim Kütlesi

| ÖRNEK | dh (gr/cm3) |
|---|---|
| **A1** | 1,92 |
| **A2** | 1,98 |
| **A3** | 1,92 |
| **A4** | 2,02 |
| **ortalama** | **1,96** |
| **B1** | 1,94 |
| **B2** | 2,09 |
| **B3** | 2,09 |
| **B4** | 1,96 |
| **ortalama** | **2,02** |
| **C1** | 1,96 |
| **C2** | 1,99 |
| **C3** | 2,02 |
| **ortalama** | **1,99** |

### 3.3.1.5 Özgül Kütlenin Tayini

TS 699 standardına uygun olarak önceden kurutulup, soğutulmuş malzeme numuneleri çok ince öğütülmüştür. Özgül kütle, 90µ elekten elenmiş toz numune ve distile su içeren piknometre yardımı ile aşağıdaki formül kullanılarak bulunmuştur.

$$do = \frac{Gk}{V} \ (g / cm^3) \qquad (3.6)$$

do: Özgül kütle, $(g / cm^3)$'dir.



**(a)** **(b)** **(c)**

**Şekil 3.10:** (a, b, c), Özgül Kütle Deneyi.

A, B, C numunelerinin ayrı ayrı özgül kütle değerleri tayin edilmiştir. Bulunan değerler Tablo 3.12'de ifade edilmiştir.

**Tablo 3.12:** A, B, C Numunelerinin Özgül Kütle Sonuçları

| ÖRNEK | do ($gr/cm^3$) |
|---|---|
| **A Örneği Özgül Kütle Tayini** | 2,62<br>2,80 |
| **ortalama** | **2,71** |
| **B Örneği Özgül Kütle Tayini** | 2,81<br>2,82 |
| **ortalama** | **2,82** |
| **C Örneği Özgül Kütle Tayini** | 2,82 |
| **ortalama** | **2,82** |

### 3.3.1.6 Su Buharı Geçirgenlik Deneyi

Bu deney, DIN 52615 standardında tanımlanan kuru kap (dry cup) yöntemine göre yapılmıştır. Deneyde su emici malzeme olarak $CaCl_2$ kullanılmıştır. Yaklaşık 7 cm'lik çapa sahip numunelerin, çapları ve kalınlıkları 6 farklı yerinden ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Böylece numunelerin çap ve kalınlık (d) değerleri bulunmuştur. Bu deney, 20-23$^oC$ sıcaklıkta ve %90–99 bağıl nemde sabitlenen desikatör ortamında yapılmış, numunelerin ağırlık değişimleri her gün aynı saatte ve 5 haneli hassas terazi yardımıyla ölçülmüştür. Bu deney 1,5 ay sürdürülmüştür ve buna göre örneklerin aşağıdaki formül yardımı ile su buharı geçirgenlik direnç katsayısı ($\mu$) hesaplanmıştır.

$$\mu = 1/d\ (O_H\ x A x\ [(P_1-P_2)/G] - d_H) \qquad (3.7)$$

Formülde;

d : Numunenin kalınlığı (m)

$ß_H$ : Havanın su buharı iletkenliği

A : Numunenin alanı ($m^2$)

P: Su buharı basınç değerleri (Pascal)

G: Geçen su buharı miktarı (kg/h)

$d_H$: Numune altında kalan havanın kalınlığı (m)

$$ß_H = (0{,}083/R_B x T) x (Po/Ph) x (T/273)^{1.88} \quad (3.8)$$

Formülde;

T: $^oK$ cinsinden sıcaklık

Ph: Ortalama hava basıncı

Po: Normal atmosfer basıncı'dır.

A, B, C numunelerinin buhar geçirgenlik katsayıları Tablo 3.13'te gösterilmiştir.




**Şekil 3.11:** Su Buhar Geçirgenlik Deneyi

**Tablo 3.13:** A, B, C Numunelerinin Buhar Geçirgenlik Katsayıları

| Numune | Buhar geçirgenlik (µ) |
|---|---|
| A-20 | 59,07 |
| A-21 | 57,13 |
| A-22 | 80,36 |
| B-20 | 71,91 |
| C-20 | 70,10 |
| C-21 | 86,49 |
| Ortalama | 70,84 |

### 3.3.1.7 Kireçtaşının Fiziksel Özellik Deney Sonuçları

Taşın boşluklarına ve sert bölümlerine göre hazırlanmış numunelerin fiziksel özelliklerini fazla etkilemediği görülmüştür. Genel olarak A, B, C numulerinde eşdeğer sonuçlar elde edilmiştir. B taşının örneklerinde, örneğin sert kısımları çok fazla olduğu zaman eş değer sonucu değiştirmektedir. Örneğin; kılcallık deneylerinde B taşı örneğinin sert bölümü suya temas olan bölümde olduğu zaman kılcallığı etkilemiştir. Fakat daha önce de söylendiği gibi taş A, B, C numunleri genel olarak aynı özellikleri göstermektedir. Fiziksel özelliklerin sonuçları Tablo 3.14'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.14:** A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri.

| ÖRNEK | Sk (%) | Sh (%) | Skk (%) | Skh (%) | dh (gr/cm$^3$) | do (gr/cm$^3$) | Porozite (%) | Doymuşluk Derecesi (%) | Kılcallık Katsayısı (gr/m$^2$kökdak.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A1** | 9,03 | 17,30 | 17,01 | 32,38 | 1,92 | | 29 | 71 | 1793,60 |
| **A2** | 7,80 | 15,46 | 14,97 | 29,47 | 1,98 | 2,62 | 27 | 73 | 1377,47 |
| **A3** | 8,17 | 15,68 | 17,04 | 32,47 | 1,92 | 2,80 | 29 | 71 | 1543,60 |
| **A4** | 6,85 | 13,80 | 13,91 | 27,97 | 2,02 | | 25 | 75 | 1265,57 |
| **ortalama** | **7,96** | **15,56** | **15,73** | **30,57** | **1,96** | **2,71** | **28** | **72** | **1495,06** |
| **B1** | 8,29 | 16,07 | 15,98 | 31,01 | 1,94 | | 31 | 69 | 1098,46 |
| **B2** | 6,90 | 14,40 | 11,72 | 24,48 | 2,09 | 2,81 | 26 | 74 | 280,88 |
| **B3** | 6,89 | 14,39 | 11,46 | 23,93 | 2,09 | 2,82 | 26 | 74 | 117,73 |
| **B4** | 9,23 | 18,08 | 15,51 | 30,39 | 1,96 | | 30 | 70 | 1035,39 |
| **ortalama** | **7,83** | **15,74** | **13,67** | **27,45** | **2,02** | **2,82** | **28** | **72** | **633,12** |
| **C1** | 7,06 | 13,85 | 15,33 | 30,03 | 1,96 | 2,82 | 30 | 70 | 1362,10 |
| **C2** | 6,17 | 12,28 | 14,34 | 28,49 | 1,99 | | 29 | 71 | 498,69 |
| **C3** | 5,88 | 11,87 | 13,66 | 27,50 | 2,02 | | 28 | 72 | 460,61 |
| **ortalama** | **6,37** | **12,67** | **14,44** | **28,67** | **1,99** | **2,82** | **29** | **71** | **773,80** |

A NUMUNESİ ASİT KAYBI =% 86
B NUMUNESİ ASİT KAYBI =% 82
C NUMUNESİ ASİT KAYBI =% 88

Sk: Kütlece su emme oranı,
Sh: Hacimce su emme oranı,
Skk: Kaynar suda kütlece su emme ,
Skh: Kaynar suda hacimce su emme oranı
dh: Birim hacim ağırlık,
do: Özgül ağırlık.

### 3.3.2 Mekanik Özellik Tayini Deneyleri

Mekanik özellik tayini için; tek eksenli yük altında eğilmede çekme deneyi (MPa), basınç dayanımı deneyi (MPa), dinamik elastisite modülü tayini deneyi (MPa) vb. gibi deneyler yapılmıştır, (Kocataşkın, F., 2000). Bu deneylerde başta TS 699 standardı ve ilgili TS EN standartlarından yararlanılmıştır.

#### 3.3.2.1 Tek Eksenli Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi

Eğilmede çekme dayanımını belirlemek için orta noktasından yüklenmiş basit kiriş metodu ile eğilmede çekme tayini deneyi yapılmıştır. Bu çalışmada mesnetler arası mesafe 100 mm alınmıştır. 4 x 4 x 16 cm boyutlarındaki deney numunesi, mesnetler üzerine ortalanacak şekilde yerleştirilmiştir. Kırılmanın olduğu andaki P yükü presin göstergesinden okunmuştur. Okunan P yükü, aşağıdaki formülde yerine konarak eğilme dayanımı hesaplanmıştır.

$$F_{eğ} = \frac{3}{2} \times \frac{(Pk \times l)}{b \times h^2} \qquad (3.9)$$

Formülde;

$F_{eğ}$ :Eğilme dayanımı, (N /mm$^2$)

P : Deney presinden okunan kırılma anındaki yük, (N)

l : Yükleme tablası mesnetleri arası açıklık, (100 mm)

b : Kırılma kesitinin genişliği, (40 mm)

h : Kırılma kesitinin yüksekliği, (mm)'dir.

A, B, C numunelerinin eğilme dayanımı değerleri Tablo 3.15,'de gösterilmiştir. Eğilme deneyinin ölçüm değerleri Ek 3'te verilmiştir.




**(a)** **(b)** **(c)**

**Şekil 3.12:** (a, b, c), Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi.

**Tablo 3.15:** A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Eğilme Dayanımları.

| Numune no | Eğilme Dayanımı (N/mm²) | Numune no | Eğilme Dayanımı (N/mm²) | Numune no | Eğilme Dayanımı (N/mm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 1,89 | **B-5** | 2,62 | **C-4** | 2,69 |
| **A-2** | 3,13 | **B-6** | 3,01 | **C-5** | 6,34 |
| **A-3** | 3,43 | **B-8** | 2,91 | **C-6** | 5,61 |
| **A-4** | 2,37 | **B-9** | 4,51 | | |
| **A-5** | 2,27 | | | | |
| **A-6** | 4,59 | | | | |
| **A-7** | 6,76 | | | | |
| **A-8** | 2,8 | | | | |
| **Ortalama** | **3,41** | **Ortalama** | **3,26** | **Ortalama** | **4,88** |

### 3.3.2.2 Tek Eksenli Yük Altında Basınç Dayanımı Deneyi

Eğilmede çekme deneyi uygulandıktan sonra ikiye bölünen numunelerde, basınç dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Her bir yarım numune, deney presinin yükleme başlıkları arasına yerleştirilerek yük uygulanmıştır. Yüklemeye sabit bir hızla ve darbe etkisi yapmayacak şekilde numune kırılıncaya kadar devam edilmiş ve kırılmanın olduğu anda, deney presinin gösterdiği en büyük yük kaydedilmiştir. Bu değer, kırılma yükü (Pk) değerini vermektedir. Newton cinsinden Pk değeri aşağıdaki formülde yerine konularak, deneyi yapılan numunenin dayanabildiği maksimum basınç mukavemeti bulunmuştur.

Basınç dayanımı,

$$Fe = \frac{Pk}{A} \qquad (3.10)$$

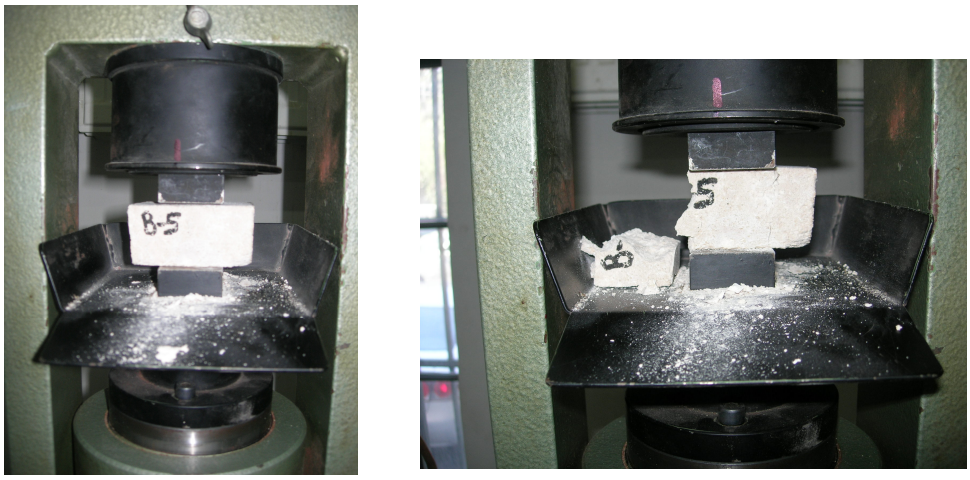
Formülde;

Fe: Basınç dayanımı, (N /mm$^2$)

Pk: Kırılma yükü, (N)

A : Yüklemenin yapıldığı kesit alanı, (mm$^2$)'dır.

A, B ve C numunelerinin basınç dayanımı değerleri Tablo 3.16'da verilmiştir. Basınç Dayanımı ile detaylı bilgi Ek 4'te verilmiştir.




**(a)** **(b)**

**Şekil 3.13:** (a, b), Eğilmede Kırılan Parçalar Üzerinde Yapılan Basınç Dayanımı Deneyi.

**Tablo 3.16:** A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Basınç Dayanımları.

| Numune no | 1. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | Numune no | 1. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | Numune no | 1. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 7,73 | 9,52 | **B-5** | 15,74 | 20,15 | **C-4** | 13,92 | 19,14 |
| **A-2** | 23,87 | 25,13 | **B-6** | 16,74 | 18,29 | **C-5** | 29,75 | 25,32 |
| **A-3** | 12,27 | 12,88 | **B-8** | 15,8 | 12,64 | **C-6** | 13,28 | 33,79 |
| **A-4** | 36,11 | 14,32 | **B-9** | 35,87 | 0 | | | |
| **A-5** | 24,33 | 23,05 | | | | | | |
| **A-6** | 28,6 | 30,5 | | | | | | |
| **A-7** | 27,27 | 28,57 | | | | | | |
| **A-8** | 26,91 | 31,39 | | | | | | |
| **Ortalama** | **23,39** | **21,92** | **Ortalama** | **21,04** | **17,02** | **Ortalama** | **18,98** | **26,09** |

### 3.3.2.3 Ultrases Hızı Tayini

Ultrases hızlarının belirlenmesi için WTW DIGI EG-C2 modeli ultrases cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile numunelerin iki ucuna cihazın alıcı ve verici probları yerleştirilerek ses geçiş süresi (T, µsn) ölçülmüş, numunelerin uzunlukları dikkate alınarak aşağıdaki formül yardımı ile ses geçiş hızları (Vo) hesaplanmıştır. Bu deneyde, TS EN 14579, Doğal Taş Deney Metotları-Ses Hızının İlerlemesinin Tayini isimli standarttan yararlanılmıştır.

$$Vo = \frac{L}{T} \qquad (3.11)$$

Formülde;

Vo=Ultrases hızı, (km/sn)

L= Numunenin uzunluğu, (mm)

T= Zaman, (µsn)'dır.

Ultrases hızı sonuçları yukarıdaki formüle göre hesaplanmış ve aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir, (Tablo 3.17, 3.18, 3.19).




**(a)**



**(b)**



**(c)**

**Şekil 3.14:** (a, b, c), Ultrases Hızı Tayini.

**Tablo 3.17:** A Numunelerinin Ultrases Hızları

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A1** | 42,02 | 40,38 | 166,67 | 65 | 2,56 |
| **A2** | 39,8 | 42,3 | 166,85 | 55 | 3,03 |
| **A3** | 40,75 | 39,47 | 165,88 | 57 | 2,91 |
| **A4** | 40,16 | 39,27 | 166,43 | 59 | 2,82 |
| **A5** | 38,77 | 38,9 | 165,38 | 61 | 2,71 |
| **A6** | 37,74 | 39,96 | 158,77 | 57 | 2,79 |
| **A7** | 40,83 | 38,59 | 166,01 | 58 | 2,86 |
| **Ortalama** | | | | **58,86** | **2,81** |

**Tablo 3.18:** B Numunelerinin Ultrases Hızları

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **B5** | 39,71 | 39,97 | 163,82 | 53 | 3,09 |
| **B6** | 40,33 | 39,82 | 162,87 | 55 | 2,96 |
| **B7** | 39,55 | 37,87 | 161,38 | 60 | 2,69 |
| **B8** | 39,73 | 40,05 | 162,30 | 54 | 3,01 |
| **Ortalama** | | | | **55,5** | **2,94** |

**Tablo 3.19:** C Numunelerinin Ultrases Hızları

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **C-4** | 43,1 | 43,53 | 156,99 | 53 | 2,96 |
| **C-5** | 39,49 | 37,92 | 158,92 | 52 | 3,06 |
| **C-6** | 41,43 | 42,04 | 158,66 | 54 | 2,94 |
| **Ortalama** | | | | **53** | **2,99** |

### 3.3.2.4 Dinamik Elastisite Modülü Tayini

DIGI EG-C2 modeli ultrases cihazı yardımı ile ocak taşı numunelerinde bulunan ultrases hızları ile numunelerin yoğunluk değerleri kullanılarak aşağıdaki formül ile dinamik elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır. Bu deneyde, TS EN 14146 Doğal Taşlar Deney Metotları-Dinamik Elastisite Modülünün Tayini standardından yararlanılmıştır.

$$Eu = Vo^2 \times do \times 10^3 \ (N/mm^2) \qquad (3.12)$$

Vo=Ultrases hızı, (km/sn)

do=Yoğunluk, ($g/cm^3$)

Deney sonuçları A, B, C numunelerinin ayrı ayrı hesaplanmış ve tablolar halinde verilmiştir, (Tablo 3.20, 3.21, 3.22).

**Tablo 3.20:** A Numunelerinin Elastisite Modülü

| Numune | do ($g/cm^{3)}$ | Vo(km/sn) | Eu ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|
| **A-1** | 2,71 | 2,56 | $17,76x10^3$ |
| **A-2** | | 3,03 | $24,88\ x10^3$ |
| **A-3** | | 2,91 | $22,94\ x10^3$ |
| **A-4** | | 2,82 | $21,55\ x10^3$ |
| **A-5** | | 2,71 | $19,9\ x10^3$ |
| **A-6** | | 2,79 | $20,94\ x10^3$ |
| **A-7** | | 2,86 | $22,16\ x10^3$ |
| **Ortalama** | | **2,81** | **$21,39\ x10^3$** |

**Tablo 3.21:** B Numunelerinin Elastisite Modülü

| Numune | do ($g/cm^3$) | Vo(km/sn) | Eu ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|
| **B-1** | 2,82 | 3,09 | $26,92\ x10^3$ |
| **B-2** | | 2,96 | $24,7\ x10^3$ |
| **B-3** | | 2,69 | $20,4\ x10^3$ |
| **B-4** | | 3,01 | $25,38\ x10^3$ |
| Ortalama | | **2,94** | **$24,2\ x10^3$** |

**Tablo 3.22:** C Numunelerinin Elastisite Modülü

| Numune | do ($g/cm^3$) | Vo(km/sn) | Eu ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|
| **B-1** | 2,82 | 2,96 | $24,7\ x10^3$ |
| **B-2** | | 3,06 | $26,4\ x10^3$ |
| **B-3** | | 2,94 | $24,37\ x10^3$ |
| **Ortalama** | | **2,99** | **$25,21\ x10^3$** |

### 3.3.2.5 Sertlik Değeri Tayini

Sertlik cisimlerin çizilmeye ve aşınmaya karşı gösterdikleri mukavemettir. Değişik yöntemlerle bulunur. Seramik yapılı malzemelerde Mohs sertlik cetveli uygulanır.

İTÜ Maden Fakültesinde yapılan ölçümler sonucunda Babol mevkii ocak taşının sertlik değeri 2-3 arasında olduğu görülmüştür, (Şekil 3.15).



**Şekil 3.15:** Ocak Taşının Sertlik Değeri Tayini

### 3.3.2.6 Yarma Deneyi

Yarma deneyi, TS EN 12390 – 6 Sertleşmiş Beton Deneyleri- Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini isimli standarda göre hazırlanmış olan 9-9,5 cm çapındaki numuneler, çapları ve boyları 6 farklı yerinden ölçülmüş ve ortalama çap ve boy değerleri oluşturulmuştur.

Yarma deneyinde ölçülen değerler aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve numunelerin yarma dayanımları bulunmuştur, (Tablo 3.23).

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times d}$$

Burada;

fct : Yarmada çekme dayanımı, (MPa)

F : En büyük yük, (N)

L : Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, (mm)

d : Numunenin seçilen en kesit boyutu, (mm)



**(a)** **(b)**

**Şekil 3.16:** (a, b), A numunesinin Yarma Deneyi



**(a)** **(b)**

**Şekil 3.17:** (a, b), B numunesinin Yarma Deneyi



**(a)** **(b**

**Şekil 3.18:** (a, b), C numunesinin Yarma Deneyi

**Tablo 3.23:** A, B, C, Taş Numunelerinin Yarma Deneyi Sonuçları

| Numune No | Çap (mm) | Boy (mm) | Etüv ağr. (g) | İlk ağr. (g) | su emme (g) | F (N) | $f_{ct}$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A1** | 93,67 | 102,9 | 1134,73 | 1334,77 | 1423,89 | 54000 | 3,57 |
| **A2** | 93,89 | 98,24 | 1289,04 | 1289,07 | 1380,67 | 30500 | 2,11 |
| **A3** | 93,94 | 101,09 | 1328,82 | 1328,88 | 1430,27 | 33000 | 2,21 |
| **Ortalama** | | | | | | **39167** | **2,63** |
| **B1** | 93,71 | 95,92 | 1205,02 | 1205,11 | 1314,41 | 23500 | 1,67 |
| **B2** | 93,57 | 107,51 | 1432,64 | 1432,72 | 1532,57 | 42000 | 2,66 |
| **B3** | 93,13 | 94,59 | 1201,34 | 1201,41 | 1315,05 | 22000 | 1,59 |
| **Ortalama** | | | | | | **29167** | **1,97** |
| **C1** | 93,69 | 90,19 | 1133,22 | 1133,25 | 1219,59 | 31500 | 2,37 |
| **C2** | 93,73 | 86,80 | 1242,07 | 1242,09 | 1288,97 | 77500 | 6,07 |
| **C3** | 93,75 | 83,84 | 1102,18 | 1102,21 | 1177,21 | 27000 | 2,19 |
| **Ortalama** | | | | | | **45333** | **3,54** |

### 3.3.2.7 Kireçtaşının Mekanik Özellik Deney Sonuçları

Mekanik özelliklede A, B, C taş örneklerinin genelde eşdeğer sonuçlar ortaya koyduğu söylenebilir. Bazı numunelerin farklı ultrases veya eğilme, basınç sonucu vermesi ise o örneğin bünyesinde boşluk veya mukavemeti yüksek olan bölüm içermesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin; B4 numunesinin basınç değeri diğerlerine göre farklı olmuştur. Bunun sebebi ise numunenin basınç yapıldığı bölümünün sert bölümden oluşmasıdır. Aynı örnekler Ultra ses ve eğilme deneyleri için de verilebilir. Sonuç olarak taşın sert bölümleri ve boşluklu kısımları mekanik özelliğe etki eden unsurlar olarak göze çarpmaktadır. Mekanik özelliklerin sonuçları Tablo 3.24'de verilmiştir.

**Tablo 3.24:** A, B, C Kireçtaşı Örneklerinin Mekanik Özellikleri.

| ÖRNEK | Ultrases Hızı (km/sn) | Eğilme Dayanımı (MPa) | Basınç 1 Dayanımı (MPa) | Basınç 2 Dayanımı (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| **A1** | 2,56 | 1,89 | 7,73 | 9,52 |
| **A2** | 3,03 | 3,13 | 23,87 | 25,13 |
| **A3** | 2,91 | 3,43 | 12,27 | 12,88 |
| **A4** | 2,82 | 2,37 | 36,11 | 14,32 |
| **A5** | 2,71 | 2,27 | 24,33 | 23,05 |
| **A6** | 2,78 | 4,59 | 28,60 | 30,50 |
| **A7** | 2,86 | 6,76 | 27,27 | 28,57 |
| **A8** | - | 2,80 | 26,91 | 31,39 |
| **ortalama** | **2,81** | **3,41** | **23,39** | **21,92** |
| **B5** | 3,09 | 2,62 | 15,74 | 20,15 |
| **B6** | 2,96 | 3,01 | 16,74 | 18,29 |
| **B8** | 2,69 | 2,91 | 15,80 | 12,64 |
| **B9** | 3,00 | 4,51 | 35,87 | 0,00 |
| **ortalama** | **2,93** | **3,26** | **21,04** | **17,02** |
| **C4** | 2,96 | 2,69 | 13,92 | 19,14 |
| **C5** | 3,06 | 6,34 | 29,75 | 25,32 |
| **C6** | 2,94 | 5,61 | 13,28 | 33,79 |
| **ortalama** | **2,99** | **4,88** | **18,98** | **26,09** |

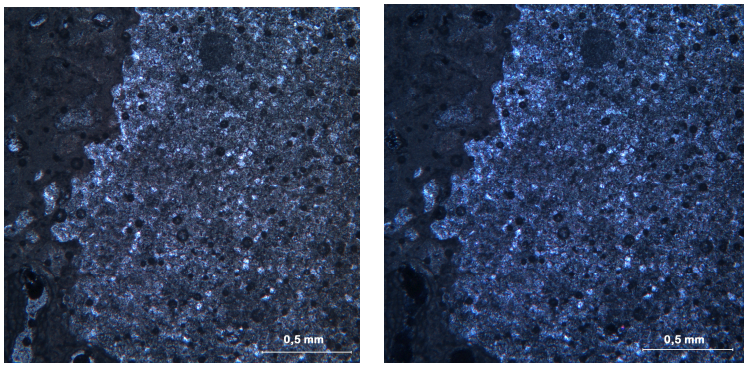
### 3.3.3 İç Yapı Analizleri

Kireçtaşı örneklerinin iç yapı özelliklerinin belirlenebilmesi için ince kesit, X ışın grafiği ve minerolojik-petrografik analizler yapılmıştır. Bu analizler İTÜ Maden Fakültesi ve Kimya- Metalurji Fakültesi laboratuarlarında yapılmıştır.

#### 3.3.3.1 Minerolojik ve Petrografik Analizler

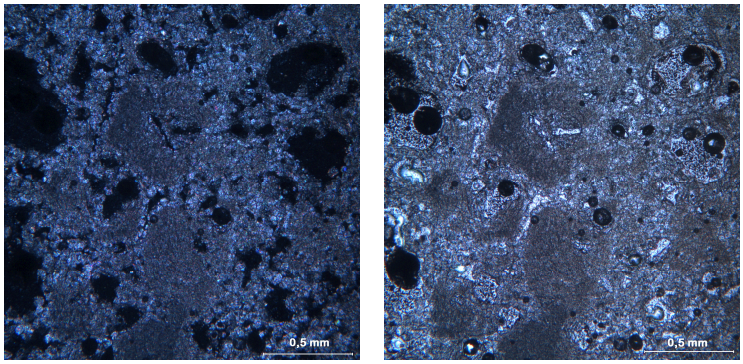
Kayacı oluşturan minerallerin mikroskop incelemesi ile belirlenmesidir. Bu amaçla, kütle halindeki örnekler yeterince sağlam ise doğrudan doğruya, dağılgan ise epoksi polimer içinde kalıplanarak ince dilimler halinde kesilir ve lam üzerinde aynı epoksi veya Kanada balsamı ile yapıştırılır. Çeşitli numaralarda zımpara ve parlatıcı tozlar ile 10-30 μ kalınlığa kadar inceltilerek hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop altında, minerallerin optik özelliklerinden yararlanarak gözlemlenir ve örneklerin içerdiği mineraller tanımlanır.

İnce kesit fotoğraflarına göre; (Şekil 3.19) İki farklı bölge bulunmaktadır. İnce taneli kesim sparatik dokuya sahiptir. Koyu kısımlar ise mikritik yapıya sahiptir. Açık kısımlar önce de söylendiği gibi gibi sparatik dokuludur. Açık kısım sonradan oluşmuştur. Hava kabarcıklarının oluşturduğu yuvarlak tanecikler vardır. (siyah taneler)




**(a)** **(b)**

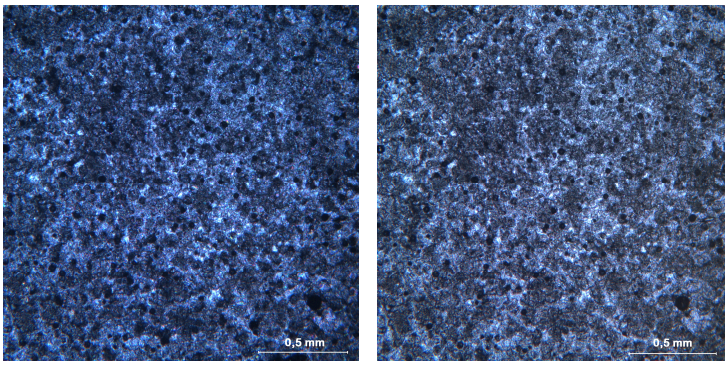
**Şekil 3.19:** (a, b), A Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.




**(a)** **(b)**

**Şekil 3.20:** (a, b), B Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.

Belli alanlardaki iri taneler kalsitlerden oluşmaktadır. Bu taneler yer yer sık şekilde kümelenmiştir, (Şekil 3.20).




**(a)** **(b)**

**Şekil 3.21:** (a, b), C Numunesinin İnce Kesit Fotoğrafları.

İnce kesit fotoğraflarına göre, ince taneli ve sparatik dokulu yapı görülmektedir. Siyah bölümler ise hava boşlukları olarak tanımlanmaktadır, (Şekil 3.21).

### 3.3.3.2 İnce Kesit Analizleri

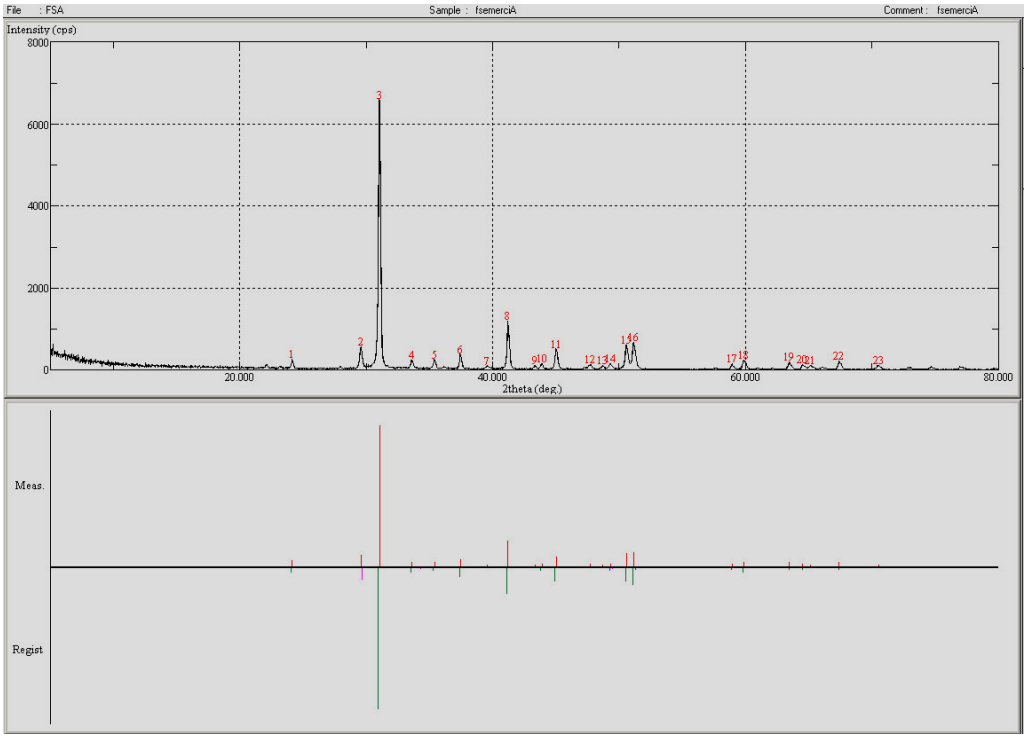
Aynı taşın A, B, C bölgeleri ile sınıflandırılmış yerlerinden alınan az miktardaki örnekler epoksi reçine içinde 24x42 mm lameller üzerinde kalıplanarak, ince dilimler halinde kesilmiştir. Bu kesim işlemi 30 mikrona kadar aşındırma şeklinde olmuştur. Hazırlanmış olan ince kesitler Polarize mikroskop altında incelenerek içerdiği fosiller, örneklerin ayrışma dereceleri ve doku özellikleri gibi değerleri belirlenmiştir.

İnce kesit deney sonuçlarına göre; kayacın çok ince taneli mikritik kalsit ve daha az oranda dolomit kristallerinden oluştuğu görülmüştür. Kristaller, düzensiz tane sınırları boyunca birbirine kenetlenmiş olup mikritik çimentoyla bağlanmışlardır. Kayaç içinde çözülme nedeniyle boşluklar meydana gelmiştir. Bu boşluklar içinde kil topakçıkları oluşmuştur. Boşluklar düzensiz olup daha çok kalsit kristalleri içinde gelişmiştir. Minerallerde çok zayıf yönlenmeler ve yeniden kristallenmeler görülmektedir.

Kesitlerde çok seyrek olarak feldispat minerali izlenmiştir. Yer yer şekilsiz opak mineral oluşumları da görülmektedir. Yapısında mikritik kristaller taşımaktadır.

### 3.3.3.3 X-Işını Analizleri

Madde kristalinin sayısal özellikleri ve kimliğinin belirlenmesi için uygulanır. Taşlardaki çözünmüş tuz ve kil minerallerinin teşhisinde, harcın, çiçeklenme ürünlerinin ve siyah kirli kabuğun mineralojik tetkikinde kullanılır. Kırınım bilgileri iki basamakta yapılır; önce uygun sayısal algoritmalar ile bireysel safhada kimlik belirlenir sonra da uygun diğer yöntemlerle bu sayısal özellikler geliştirilir. Örnekler, önce homojen toz haline getirilir, özel koşullar altında X-ışın difraktometresi (kırınım ölçer) ile analiz edilir ve sonra örneklerin içerdiği mineraller tanımlanır. Bu deneyin sonucu aşağıdaki grafikte verilmiştir, (Şekil 3.22).




**Şekil 3.22:** Mardin Ocak Taşı Örneğinin X Işını Analiz Grafiği

Yapılan X ışını analizine göre, Mardin Ocak taşı örneğinin bileşiminin % 97 oranında karbonattan oluştuğu görülmektedir. Yukarıdaki grafik kalsiyum karbonat bileşiminin örnekteki yoğunluğunu göstermektedir, (Şekil 3.27). Örneğin yapısında magnezyum

elementi de görülmektedir. Yer yer demir oksit mineralleri görülmektedir.

### 3.3.4 Eskitme Deneyleri

Bu bölümde Mardin Kireçtaşının dona ve tuzlara karşı dayanıklılık deneyleri de yapılmış ve değerlendirilmiştir.

#### 3.3.4.1 Dona Dayanıklılık Deneyleri

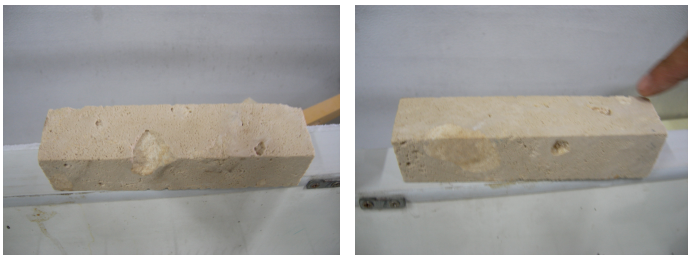
Donma-çözülme etkilerine dayanıklılık deneyi, numunelerin 6 saat 20$^{o}$Clik distile su içinde, 18 saat -22$^{o}$Clik dondurucuda tutulması şeklinde 28 gün süren çevrim şeklinde yapılmıştır. Deneye başlamadan önce numuneler 48 saat suya doyurulmuş, su içindeki ağırlıkları tartıldıktan sonra deneye başlanmıştır. Deneylerde TS 699, TS EN 12371 'dona dayanıklılık' ile ilgili standartlardan faydalanılmıştır. Donma-çözülme çevrimleri sırasında 1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, 19, 21,23 ve 28.çevrimlerde numunelerin ağırlık değişimleri (%) hesaplanmıştır.

Donma-çözünmeye dayanıklılık deneyi, TS 699 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu deney, örneklerin 4 saat, -20$^{o}$C' de derin dondurucuda, 2 saat +20$^{o}$C'de distile suda bırakılmaları şeklinde, toplam 25 kez tekrarlanarak yapılmıştır. Deney sonunda hesaplanan ağırlık kayıpları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 3.25:** Kireçtaşı örneklerinin donma-çözülme deneyi sonunda bulunan ağırlık değerleri.

| Örnek | İlk Ağırlık (gr) | Son Ağırlık (gr) | Ağırlık Kayıp Oranı (%) |
|---|---|---|---|
| **1** | 515,84 | 514,83 | 0,2 |
| **2** | 546,81 | 539,19 | 1,4(*) |
| **3** | 501,54 | 500,49 | 0,2 |
| **4** | 528,62 | 527,59 | 0,2 |

(*) 2 numaralı örneğin ağırlık kaybının diğer örneklere fazla olması, bünyesinde bulunan beyazımsı-krem renkli, yumuşak olan, bölümünün donma-çözülme sırasında boşalmasının bir sonucudur, (Şekil 3.23).



**(a)** **(b)**

**Şekil 3.23:** (a, b), 2 Numaralı Örneğin Donma-Çözülme Deneyi Sırasında Çekilen Fotoğrafları.

TS 699 standardına göre, ağırlık kaybının en fazla % 2 olması kabul edildiğinden, bu kireçtaşlarının donma-çözünme döngülerine karşı dayanıklı oldukları söylenebilmektedir.

Ayrıca, donma-çözülme deneyinden sonra kireçtaşı örneklerinde tekrar ultrases hızı, eğilme ve basınç dayanımı değerleri bulunmuştur. Bu değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 3.26:** Kireçtaşı örneklerinin donma-çözülme deneyi sonunda bulunan mekanik özellik değerleri.

| Örnek | Ultrases Hızı (km/sn) | Eğilme Dayanımı (MPa) | Basınç Dayanımı (MPa) |
|---|---|---|---|
| **1** | 2,58 | 2,9 | 24,4 |
| **2** | 2,56 | 2,0 | 9,4 (*) |
| **3** | 2,91 | 3,7 | 23,1 |
| **4** | 2,82 | 2,8 | 25,3 |
| **Ortalama** | **2,72** | **3,1** | **24,3** |

(*) Ortalamaya alınmamıştır.

Bu deney sonunda 40 çevrimlik yeni bir donma çözülme deneyi tekrarlanmıştır. Bu

deney sonunda ise ağırlık kaybı oranı % 0.2-0.8 arasında değişmektedir. Bu deney bize ocak taşının donma çözülmeye karşı dayanıklılığını kesinleştirmiştir.

**Tablo 3.27:** Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A11** | 38,71 | 39,51 | 163,29 | 56 | 2,92 | 484,71 | 484,79 | 527,67 | 8,86 |
| **B13** | 40,91 | 38,42 | 161,97 | 55 | 2,94 | 403,37 | 403,41 | 436,66 | 8,25 |
| **B15** | 42,03 | 38,38 | 159,95 | 59 | 2,71 | 446,09 | 446,13 | 485,85 | 8,91 |
| **C13** | 40,59 | 38,96 | 157,61 | 51 | 3,09 | 477,39 | 477,41 | 499,71 | 4,68 |
| **C15** | 41,1 | 38,1 | 157,37 | 46 | 3,42 | 468,95 | 468,96 | 497,41 | 6,07 |
| **ortalama** | | | | **53,40** | **3,02** | | | | **7,35** |

**Tablo 3.37:** Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A11** | 38,71 | 39,51 | 163,29 | 56 | 2,92 | 481,77 | 481,98 | 529,85 | 9,98 |
| **B13** | 40,91 | 38,42 | 161,97 | 55 | 2,94 | 400,76 | 401,06 | 437,22 | 9,10 |
| **B15** | 42,03 | 38,38 | 159,95 | 59 | 2,71 | 442,34 | 442,52 | 487,75 | 10,27 |
| **C13** | 40,59 | 38,96 | 157,61 | 50 | 3,15 | 476,26 | 476,41 | 501,33 | 5,26 |
| **C15** | 41,1 | 38,1 | 157,37 | 47 | 3,35 | 465,18 | 465,33 | 498,53 | 7,17 |
| **ortalama** | | | | **53,40** | **3,01** | | | | **8,36** |

**Tablo 3.28:** Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları

| Numune No | ilk ağr. (g) | son ağr. (g) | Ağırlık Kayıp Oranı (%) |
|---|---|---|---|
| **A11** | 484,79 | 481,98 | 0,58 |
| **B13** | 403,41 | 401,06 | 0,59 |
| **B15** | 446,13 | 442,52 | 0,82 |
| **C13** | 477,41 | 476,41 | 0,21 |
| **C15** | 468,96 | 465,33 | 0,78 |
| **ortalama** | | | **0,59** |

### 3.3.4.2 Sodyum Sülfat Çözeltisine Dayanıklılık

Deneyde, kenar uzunlukları (40±1) mm olan küpler kullanılmıştır. Numuneler, sulu elmas kesicilerle kesilerek hazırlanmıştır. (105±5) C sıcaklığındaki bir etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Her bir numune numaralandırıldıktan

sonra, 0,001 g hassasiyetle tartılmıştır.

%14'lük $Na_2SO_4$ çözeltisi hazırlanıp, 1 gün süreyle dinlendirildikten sonra eskitme işlemine geçilmiştir. Çözeltilerin hazırlanmasında TS EN 12370'den faydalanılmıştır.

Daha önce hazırlanmış olan $NaSO_4$ çözeltisi içine 6 adet kurutulmuş deney numunesi yerleştirilmiş ve çözelti numunelerin üzerini (8±2) mm yükseklikte örtecek şekilde kaba doldurulmuş ve buharlaşmayı azaltmak için kabın üstü örtülmüştür. Numuneler, ıslatmak için (20±0,5) $^oC$'de 2 saat çözelti içerisinde bırakılmıştır. Bekleme süresi sonunda, numuneler çözeltiden alınarak etüvde kurutulmuştur. Etüv, kurutmanın ilk anlarında yüksek bağıl nemlilik sağlayacak şekilde ve numunelerin sıcaklığını 10 saatten az 15 saatten fazla olmayacak bir süre içerisinde (100±5) $^oC$'a yükseltecek şekilde düzenlenmiştir. Başlangıçtaki yüksek bağıl nem, soğuk etüve su dolu bir kap yerleştirerek, numuneleri koymadan önce (30±5) dakika süreyle ısıtıcıyı çalıştırarak elde edilmiştir.

Numuneler, en az 16 saat süreyle etüvde bırakılmış ve yeniden çözeltiye daldırılmadan önce (2±0,5) saat desikatörde soğutulmuştur. İşlem, numunelerin dağılma, parçalanma gibi durumları hariç 15 kez tekrar edilmiştir. Her tekrardan sonra, her bir numune 0,001 gram hassasiyetle tartılarak, örneklerde oluşan gözle görünür değişiklikler (yüzey erozyonu, parça kopması, çatlak, parçalama gibi fiziksel değişimler) kaydedilmiştir. Kütlede meydana gelen değişiklikler ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Her numunenin deney öncesi ve sonrası ultrases hızı ve su emme değerleri ölçülmüştür, (Tablo 3.41).

$$Dk = (Go - Gk)/ Go \times 100 \qquad (3.13)$$

Burada;

Dk: Deney sonrası kütle kaybı veya artışı (%)

Go: Örneğin başlangıştaki kütlesi (g)

Gk: Örneğin her tur sonrası kütlesi (g)

Deney başlangıcından sonraki çevrimlerde sodyum sülfat çözeltisi etkisini göstermiş, özellikle 7. çevrimde numunelerin sert bölümlerinde deformasyonlar oluşmuştur (Şekil 3.24, 3.25).




**Şekil 3.24:** 7. Çevrim Sonu C17 Numunesinin Durumu




**Şekil 3.25:** 40. Çevrim Sonu C17 Numunesinin Durumu

11. çevrim sonunda çözelti taş numunelerinin tüm bölümünde etkili olmuş ve deformasyonların oranı artmıştır, (Şekil 3.26, 3.27).



**Şekil 3.26:** 11. Çevrim Sonu C10 Numunesinin Durumu




**Şekil 3.27:** 11. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu

40. çevrimde ise birkaç numune hariç diğer numuneler sodyum sülfat çözeltisinden direkt olarak etkilenmiştir, (Şekil 3.28, 3.29), (Tablo 3.31).



**Şekil 3.28:** 40. Çevrim Sonu B10 Numunesinin Durumu




**Şekil 3.29:** 40. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu

Deney öncesi ve sonrası numunelerin ultrases hız değerleri ve su emme oranları hesaplanmıştır. Ortaya çıkan değerler Tablo 3.29 ve 3.30'da verilmiştir. Bu deneylerde değerlere etki eden önemli kriterler ise numunelerin bünyesinde sahip olduğu boşluklar ve sert bölümlerin oranlarıdır.

**Tablo 3.29:** Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A10** | 41,84 | 37,95 | 165,02 | 59 | 2,80 | 510,59 | 510,61 | 551,96 | 8,10 |
| **B10** | 42,3 | 37,96 | 161,36 | 61 | 2,65 | 465,52 | 465,56 | 509,16 | 9,37 |
| **B11** | 38,54 | 38,75 | 163,01 | 61 | 2,67 | 403,38 | 403,41 | 440,45 | 9,18 |
| **C10** | 42,8 | 41,62 | 159,39 | 55 | 2,90 | 539,06 | 539,09 | 569,03 | 5,55 |
| **C14** | 41,5 | 39,08 | 158,89 | 48 | 3,31 | 479,78 | 479,82 | 503,73 | 4,98 |
| **C17** | 39,87 | 41,61 | 158,97 | 55 | 2,89 | 545,59 | 545,73 | 580,11 | 6,30 |
| **ortalama** | | | | **56,50** | **2,87** | | | | **7,25** |

**Tablo 3.30:** Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A10** | 41,84 | 37,95 | 165,02 | 47 | 3,51 | 497,441 | 497,48 | 542,46 | 9,04 |
| **B10** | 42,3 | 37,96 | 161,36 | ölçülmedi | ölçülmedi | 439,29 | 439,44 | 489,26 | 11,34 |
| **B11** | 38,54 | 38,75 | 163,01 | ölçülmedi | ölçülmedi | 377,03 | 377,21 | 420,67 | 11,52 |
| **C10** | 42,8 | 41,62 | 159,39 | 41 | 3,89 | 530,14 | 530,25 | 561,23 | 5,84 |
| **C14** | 41,5 | 39,08 | 158,89 | 44 | 3,61 | 473,59 | 473,92 | 499,73 | 5,45 |
| **C17** | 39,87 | 41,61 | 158,97 | 47 | 3,38 | 528,37 | 528,56 | 566,43 | 7,16 |
| **ortalama** | | | | **44,75** | **3,60** | | | | **8,39** |

Deney sonu numunelerin ağırlık kayıpları yüzde olarak hesaplanmıştır. Ayrıca numunelerin yıpranma değerleri 10 üzerinden değerlendirilerek oluşturulmuştur, (Tablo 3.31).

**Tablo 3.31:** Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları

| Numune | ilk ağr. (g) | son ağr. (g) | % kayıp oranı |
|---|---|---|---|
| **A10** | 510,61 | 497,48 | 2,64 |
| **B10** | 465,56 | 439,44 | 5,94 |
| **B11** | 403,41 | 377,21 | 6,95 |
| **C10** | 539,09 | 530,25 | 1,67 |
| **C14** | 479,82 | 473,92 | 1,24 |
| **C17** | 545,73 | 528,56 | 3,25 |

### 3.3.4.3 Sodyum Klorür (Deniz Tuzuna) Dayanıklılık

Deneyde, kenar uzunlukları (40±1) mm olan küpler kullanılmıştır. Numuneler, sulu elmas kesicilerle kesilerek hazırlanmıştır. (105±5) $^{o}$C sıcaklığındaki bir etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Her bir numune numaralandırıldıktan sonra, 0,001 g hassasiyetle tartılmıştır.

%14'lük NaCl çözeltisi hazırlanıp, 1 gün süreyle dinlendirildikten sonra eskitme işlemine geçilmiştir. Çözeltilerin hazırlanmasında TS EN 12370'den faydalanılmıştır.

Daha önce hazırlanmış olan NaCl çözeltisi içine 6 adet kurutulmuş deney numunesi yerleştirilmiş ve çözelti numunelerin üzerini (8±2) mm yükseklikte örtecek şekilde kaba doldurulmuş ve buharlaşmayı azaltmak için kabın üstü örtülmüştür. Numuneler, ıslatmak için (20±0,5) $^{o}$C'de 2 saat çözelti içerisinde bırakılmıştır. Bekleme süresi sonunda, numuneler çözeltiden alınarak etüvde kurutulmuştur. Etüv, kurutmanın ilk anlarında yüksek bağıl nemlilik sağlayacak şekilde ve numunelerin sıcaklığını 10 saatten az 15 saatten fazla olmayacak bir süre içerisinde (100±5) $^{o}$C'a

yükseltecek şekilde düzenlenmiştir. Başlangıçtaki yüksek bağıl nem, soğuk etüve su dolu bir kap yerleştirerek, numuneleri koymadan önce (30±5) dakika süreyle ısıtıcıyı çalıştırarak elde edilmiştir.

Numuneler,en az 16 saat süreyle etüvde bırakılmış ve yeniden çözeltiye daldırılmadan önce (2±0,5) saat desikatörde soğutulmuştur.İşlem, numunelerin dağılma, parçalanma gibi durumları hariç 15 kez tekrar edilmiştir. Her tekrardan sonra, her bir numune 0,001 gram hassasiyetle tartılarak, örneklerde oluşan gözle görünür değişiklikler (yüzey erozyonu, parça kopması, çatlak, parçalama gibi fiziksel değişimler) kaydedilmiştir. Kütlede meydana gelen değişiklikler ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Her numunenin deney öncesi ve sonrası ultrases hızı ve su emme değerleri ölçülmüştür, (Tablo 3.32, 3.33).

$$Dk = (Go - Gk)/ Go \times 100 \qquad (3.14)$$

Burada;

Dk: Deney sonrası kütle kaybı veya artışı (%)

Go: Örneğin başlangıştaki kütlesi (g)

Gk: Örneğin her tur sonrası kütlesi (g)

Ocak taşı numuneleri genel olarak sodyum klorür tuzuna karşı dayanıklı bir yapıya sahip denilebilmektedir. Numuneler 40 çevrim sonunda hafif deformasyonlar ve yıpranmalar ile deneyi tamamlamışlardır. Bunun yanı sıra ilk tuz etkisinin görüldüğü çevrim 12. çevrimdir, (Şekil 3.30, 3.31).




**Şekil 3.30:** 12. Çevrim Sonu B12 Numunesinin Durumu




**Şekil 3.31:** 12. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu

30. çevrim ve sonrasında ise numunelerin yüzeyini tuz tabakası kaplamıştır. Taşların yıpranmasında belirli bir boyuta gelinmiş ve bu boyut devamını sürdürmüştür. Bu deformasyonun etkisi de çok fazla değildir, (Şekil 3.32, 3.33).




**Şekil 3.32:** 30. Çevrim Sonu Numunelerin Durumu




**Şekil 3.33:** 30. Çevrim Sonu Numunelerin Yüzeylerindeki Tuzlar



**Şekil 3.34:** Deney sonu B14 Numunesinin Durumu



**Şekil 3.35:** Deney sonu A12 Numunesinin Durumu

Deney öncesi ve sonrası numunelerin ultrases hız değerleri ve su emme oranları hesaplanmıştır. Ortaya çıkan değerler Tablo 3.32 ve 3.33'te verilmiştir. Bu deneylerde değerlere etki eden önemli kriterler ise numunelerin bünyesinde sahip olduğu boşluklar ve mukavemeti yüksek bölümlerin oranlarıdır.

**Tablo 3.32:** Deney Öncesi Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-12** | 39,51 | 40,41 | 158,59 | 58 | 2,73 | 444,98 | 445,01 | 488,67 | 9,82 |
| **B-7** | 41,74 | 38,77 | 161,43 | 56 | 2,88 | 485,56 | 485,61 | 523,36 | 7,78 |
| **B-12** | 41,29 | 41,27 | 161,85 | 63 | 2,57 | 521,89 | 521,94 | 566,22 | 8,49 |
| **B-14** | 40,49 | 40,03 | 161,69 | 58 | 2,79 | 474,09 | 474,15 | 510,38 | 7,65 |
| **C-11** | 40,72 | 41,67 | 159,05 | 50 | 3,18 | 514,91 | 514,94 | 547,66 | 6,36 |
| **C-16** | 41,45 | 41,57 | 158,47 | 57 | 2,78 | 513,65 | 513,69 | 545,31 | 6,16 |
| **ortalama** | | | | **57,00** | **2,82** | | | | **7,71** |

**Tablo 3.33:** Deney Sonrası Numunelerin Ultrases Hızı ve Su Emme Değerleri

| Numune | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) | etüv ağr. (g) | ilk ağr. (g) | su emme (g) | Sk (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-12** | 39,51 | 40,41 | 158,59 | 51 | 3,11 | 434,11 | 434,27 | 480,89 | 10,78 |
| **B-7** | 41,74 | 38,77 | 161,43 | 48 | 3,36 | 473,13 | 473,54 | 519,86 | 9,88 |
| **B-12** | 41,29 | 41,27 | 161,85 | ölçülmedi | ölçülmedi | ( - ) | ( - ) | - | - |
| **B-14** | 40,49 | 40,03 | 161,69 | 49 | 3,30 | 461,88 | 462,11 | 503,59 | 9,03 |
| **C-11** | 40,72 | 41,67 | 159,05 | 45 | 3,53 | 506,02 | 506,23 | 543,91 | 7,49 |
| **C-16** | 41,45 | 41,57 | 158,47 | 48 | 3,30 | 504,49 | 504,93 | 541,78 | 7,39 |
| **ortalama** | | | | **48,20** | **3,32** | | | | **8,91** |

Deney sonu numunelerin ağırlık kayıpları yüzde olarak hesaplanmıştır. Ayrıca numunelerin yıpranma değerleri 10 üzerinden değerlendirilerek oluşturulmuştur, (Tablo 3.34).

**Tablo 3.34:** Numunelerin Deney Sonu Ağırlık Kayıpları

| Numune | ilk ağr. (g) | son ağr. (g) | % kayıp oranı |
|---|---|---|---|
| **A-12** | 445,01 | 434,27 | 2,47 |
| **B-7** | 485,61 | 473,54 | 2,55 |
| **B-12** | 521,94 | ( - ) | ( - ) |
| **B-14** | 474,15 | 462,11 | 2,61 |
| **C-11** | 514,94 | 506,23 | 1,72 |
| **C-16** | 513,69 | 504,93 | 1,73 |

### 3.4 Karşılaştırma ve Sonuç

Mardin kireçtaşlarının özellikleri ile deneyleri yapılmış olan ocak taşının özelliklerini karşılaştırıldığı zaman her iki taşın benzer taşlar oluğu ortaya çıkmıştır. Mardin kireçtaşının bileşiminde % 90'ın üzerinde $CaCO_3$ bulunmaktadır. Ocak taşının ana bileşeni de kalsiyum karbonattır. Her iki bileşenin de yapısında magnezyum ve demir elementleri bulunmaktadır. Dolayısı ile bileşim olarak aynı yapıya sahiptirler.

İki taş arasında fiziksel özellikler incelendiği zaman özgül kütle değerlerinin ve porozite oranlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Su emme değerlerinde ise, ocak taşının değerleri Mardin taşına göre düşüktür.

Her iki taşın mekanik değerlerinde ortak değerler söz konusudur. Basınç dayanımları ve sertlik değerleri ortalama olarak aynıdır. Ocak taşının yapısında sahip olduğu sert bölümler basınç dayanımında farklılıklara sebep olmaktadır. Fakat ortalama basınç dayanımı değeri ile Mardin taşının sahip olduğu değer birbirine yakındır.

# 4. MARDİN TARİHİ YAPILARINDA KULLANILMIŞ KİREÇTAŞLARININ ANALİZİ: KASIMİYE MEDRESESİ VE ABDÜLLATİF KONAĞI ÖRNEĞİ

Bu bölümde, Mardin tarihi yapılarından olan Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı'ndan elde edilmiş taş örnekleri üzerinde yapılan fiziksel, mekanik özellik deneyleri ve ince yapı analizlerine yer verilmiştir.

## 4.1 Mardin Yapılarının Genel Özelliği ve Kullanılan Malzeme

Mardin'de ilk devirlerden beri kale içindeki mahallelere karşılık tepenin güney eteklerinde de mahalleler ve çarşılardan söz edilmektedir. Günümüzde tüm halk kalenin güneyinde yer alan eğimli arazide yaşamaktadır.

Mardin yapıları (son yıllarda modern mimari tekniği ile yapılan birkaç resmi ve özel yapı hariç) tamamen kesme taş malzeme ile yapılmıştır. Kullanılan taş, kuzeyde Diyarbakır bölgesindeki bazalta karşılık, güneyde açık renkli sarı kalker taşıdır. Kolay işlenen ve ocaktan çıktıktan bir süre sonra sertleşen bu kireçli oluşum Mardin yapılarının her devrinde aynı kolaylıkla kullanılmıştır. Taşın kolay işlenmesi ve yüzyıllardan beri yerleşip süregelen taş sanatı geleneği, Mardin yapılarında ahşap malzeme kullanımını engellemiştir (Altun, A., 1971).

Mardin yapılarında katlar çeşitli tonoz şekilleriyle, genellikler çapraz tonozlarla payeler desteği ile meydana getirilmektedir. Hemen hemen tüm yapıların cephesi güneye, Mezepotamya ovasına doğru yönlenmeye sahiptir. Tepe yamacına kurulmuş yapılar, eğimden dolayı enaz iki katlı olmaktadırlar. Kat tavanlarının meydana getirilişinde genellikle çapraz tonozların kullanıldığı yerlerde oldukça kalın

payeler iki veya dört tonozu taşımaktadır. Bu durum anıtsal yapılarda daha farklı ve etkili bir durum meydana getirmektedir (Altun, A., 1971).

Geleneksel yapım teknolojisinin 1960'lara kadar sürdüğü Mardin'de, duvarların taşıyıcı olduğu yığma yapım ile ayak, sütun ve kemerlerin taşıyıcı olduğu iskelet yapımın birlikte kullanımı söz konusudur. Burada iskelet yapımdan özellikle söz edilmesi gerekmektedir. Geleneksel Mardin evinde modüler bir tasarım anlayışı vardır. Bu modülün sayısal olarak kesin tanımı yoktur. Değişken olmakla birlikte, 3.80x3.80 m., 4.00x4.00 m. gibi boyutlara üst katlarda sıkça rastlanmaktadır. Mardin evindeki modül boyutunun yapılanma alanına göre farklılıklar gösterdiği ve daha doğru bir tanımla, kare ya da kareye yakın olduğu söylenebilir. Buna bağlı olarak kapalı mekânlar için her mekân kendi modülünün bir çoğalmasıdır denilebilir. Özellikle üst katlarda her mekânın modüler bir açıklaması vardır. Eyvan ve revak gibi yan açık mekânlar da bir boyutlan ile bu açıklamanın içinde yer alabilmektedirler. Eyvan derinliği ve revak ön açıklığı, tasarımdaki birim modüle uygunluk göstermektedir. Düzgün sınırların olmadığı giriş katlarında ve bunun kısmen düzeltildiği üst katlarda modülasyonun egemenliği iskelet yapımın öne çıkmasına neden olmuştur (Alioğlu, F., 2000).



**Şekil 4.1:** Mardin Şehir Dokusu.

Modüler yaklaşım, iskelet sistemin önemli bir parçasıdır. Geleneksel evlerdeki uygulamalarda bu izlenebilmektedir. Çoğunlukla giriş katlarında ahır, depo, mutfak gibi mekanlarda, büyük alanlara gereksinim duyulduğunda modülasyon ve iskelet sistem işbirliği içindedir. Ayaklar ve sütunlar kolon gibi, bunlar arasındaki bağlantıyı oluşturan kemerler de kiriş gibi çalışarak ve tonoz çeşitlerinden oluşan döşemenin yükünü alarak bir sistem oluşturmuşlardır. Modülün etken olduğu diğer mekânlarda ise, kimi kez asıl taşıyıcı olarak duvarlar yığma sistemin varlığını daha baskın kılabilmektedir. Örneğin iki modülden ibaret dikdörtgen yaşama biriminin tavanı, bütünsel olarak aynalı veya beşik tonoz olarak yapıldığında tek parça görünüm sunarak tartışmasız biçimde yığma sisteme referans vermektedir. Bu biçimlenmede modülasyonun var olup olmadığı ilk anda anlaşılamamaktadır. Ancak aynı birimin tavanı modüllere tekabül edecek gibi ayrı ayrı manastır tonozu yapıldığında, başka bir deyişle iki kare tavan ortaya çıktığında modülasyon tanınabilir olmaktadır. Bu özellikle de "L", "Ters T" tipi

yaşama birimlerinde, eyvanda, revakta belirginleşmektedir (Alioğlu, F., 2000).

Geleneksel Mardin evinin asıl yapı malzemesi taştır. Taş, yapılarda dört biçimde kullanılmıştır. Bunlardan biri taşın, kesme taş olarak örgüye girmesidir. Avluya ve terasa bakan bütün cepheler, tonoz başlangıç seviyesine kadar iç mekân duvarları, bazen de doğu, batı ve kuzey cepheleri kesme taş görünümündedir. Bir diğer taş çeşidi, kabaca yontularak örgüye sokulanıdır. Taş bu biçimi ile zemin kat avlu duvarı ve Mardin Ovası'na bakmayan cepheler gibi yerlerde kullanılmıştır. Bir diğer taş çeşidi olan moloz taş, çok önemli olmayan duvar yapımlarında, sandık duvar yapımında iç örgüde ve tonoz ya da kubbe örgüsünde tercih edilen bir taş türüdür. Taşın dördüncü hali ise bezeme amacı ile iç ve dış mekânlarda kullanılmasıdır. Her durumda da yakın çevrede ocaklarının oldukça bol bulunduğu sarı kalker taşı ana malzemeyi oluşturur. Ancak, yapıma giren ile bezeme olarak kullanılan taşlar, renk ve doku olarak birbirlerinden farklıdır. Strüktürel kullanımda açık sarı ve sert kalker, bezeme amaçlı kullanımda ise ocaktan çıktığında yumuşak olup işlenmesi kolay olan, fakat sonradan sertleşen koyu sarı kalker taşı tercih edilmiştir.

Duvarlar moloz taş ve sandık duvar tekniği ile yapılmıştır. Moloz taş duvarlar genellikle yapının temel duvarlarında, giriş katında görünüme girmeyen bazı kısımlarda uygulanmıştır. Diğer bütün duvarlar, sandık duvar yapım tekniğinde, iç ve dış yüzleri düzgün kesme ya da kaba yontu, ortası moloz taş olarak inşa edilen duvar tipinde yapılmıştır. Duvar kalınlıkları giriş katlarında 0.8-2 metre, üst katlarda ise 0.75-0.90 m. arasındadır. Taşıyıcı olmayan hela, teras, korkuluk duvarlarında ya da sonradan yapılan bölme duvarlarda 0.25-0.65 metre arasındaki ölçüler geçerlidir. Taşların akça geçmez biçimde derzsiz oluşturduğu duvar örgüsünde, çok ince bir harç ve kükürte batırılmış demir kenetler bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Kesme taşın yüksekliği 0.21-0.25 metre arasında değişmekle birlikte, 0.22 ve 0.23 metre sık rastlanan bir ölçüdür. Görünüme giren taş hiçbir

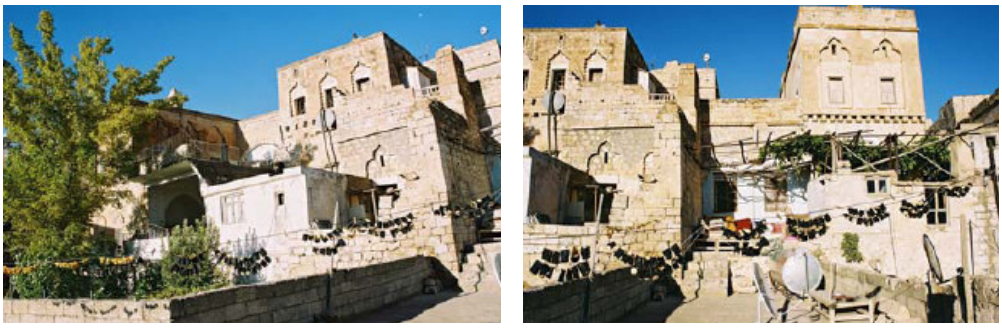
zaman sıvanmamıştır. Hatta bazen iç mekânlarda tavan örtüsü başlangıcına kadar düzgün kesme taş kullanılmıştır.

Ayaklar düzgün kesme taş, sütunlar ise tambur taşı ile yapılmıştır. Giriş katlarında yer alan ayaklar, kare ya da dikdörtgendir.

Kapalı, yarı açık ve açık bütün mekânların döşemeleri taştır. Ancak avlularda toprak, taş ya da her iki malzeme ile yapılmış döşeme örneklerine rastlanır. Son yüzyılda yalıtım işlevi olan bir cins şap geliştirilerek iç mekânlarda uygulanmıştır. Üst katların taş döşemeleri, bir alt katın tonoz çeşitlerini içeren tavanı üzerindedir. Tavanlar manastır tonozu, beşik tonoz, aynalı tonoz biçimindedir. Örnekleri az olmakla birlikte kubbeye de rastlanmaktadır (Alioğlu, F., 2000).

### 4.2 Abdüllatif Konağı

Kalenin yamaçlarında eğimli araziye doğu-batı doğrultusunda yerleşmiştir. Yapımının 1819 yılında olduğu düşünülmektedir. Bağdat'tan göç etmiş olan aşiretlerin önde gelenleri yaptırmıştır. Konağın giriş kapısı üzerindeki yazıta göre 1841 yılında, konağı yenileme çalışması yapılmıştır. Bunun yanı sıra eklemeler de yapılmıştır (Yıldız, İ., 2003). Evin varislerine göre konak 260 senelik bir geçmişe sahiptir. Bu bilgiden yola çıkarak evin alt katlarının yazıtlardan önce yapıldığı ortaya çıkmaktadır.



**(a)** **(b)**

**Şekil 4.2:** (a, b), Abdüllatif Konağı

Yapının doğusunda ve güneyinde yapının servis bölümlerini oluşturan birkaç küçük yapı daha yer almaktadır. Doğudan girilen kapı, ahırların dış holünü oluşturduğu bir alana açılmaktadır. Mazgal pencereleriyle avluya bakan ahır giriş kapısının kuzeyindeki merdivenle üst kata çıkılabilmektedir. Konağın bugünkü sahiplerinin oturduğu üst kısımdaki yaşama birimlerine, kuzeydeki avludan ve güneydeki ahırın içindeki merdivenden çıkılmaktadır. Yapının zemin katı ahır üst katı (I. Kat) ise yaşama birimlerine aittir. II. Kat ise yine yaşama birimlerini oluşturmaktadır. Konakların en özel mekanlarından olan köşk odasından bu bölümde 2 tane yer almaktadır. Bu mekanlar zengin süslemeleriyle ve işçiliklerin kalitesiyle göze çarpmaktadır.



**(a)** **(b)**

**Şekil 4.3:** (a), Konağın Eyvan Görüntüsü (b), Konağın Son Katı

Yapı yığma yapım tekniği ile karkas sistem birlikte kullanılarak yapılmıştır. Modüler yapın sistemi ile geleneklsel Mardin evi ölçütlerine sahiptir. Konağın ana yapım malzemesi bölgedeki taş ocaklarından çıkarılarak işlenen sarı kalker taşıdır. Duvarlar, üst örtüler, döşemeler taşın hakimiyetinde oluşmuştur. Ahşap, diğer evlerde de olduğu gibi konağın kapı, pencere kanatlarında, üst katlardaki odaların (özellikle köşk odaların) üst örtülerinde, dolap kapakları ile zaradiye olarak adlandırılan eyvanın, bazen de iç mekanların tonoz boşluğunda yer alan asma katlarda kullanılmıştır. Odalardaki yaşmaklı ocaklarda, özellikli nişlerin süslemesinde, duvarlarda günlük malzemelerin ve lambaların konması için

oluşturulan köşeliklerde alçı kullanılmıştır. Konakta avlu sıkıştırılmış toprak olup, eyvanlar taş döşemelidir.

### 4.3 Kasımiye (Sultan Kasım) Medresesi

Mardin'in güneybatısındaki tepenin altında bulunan Kasımiye Medresesi'nin yapımına Artuklu döneminde başlanmış, Sultan Kasım tarafından da 1487-1502 yıllarında tamamlanmıştır. Medresenin yapım tarihi bilinmemektedir. Akkoyunlu Hükümdarı Cihangiroğlu Kasım Mardin'i onarmak için geniş bir çalışma başlatmış, bazı yapıların yanı sıra medreseler de yaptırmıştır (Altun, A., 1971).

Kasımiye Medresesi XIV.yüzyıl Artuklu mimari özelliklerini yansıtmaktadır. Kesme taş ve yumuşak yöresel taştan yapılan medresenin giriş kapısı sol tarafa kaydırılmıştır (Şekil 4.4). Bezemesi Zinciriye Medresesi ile yakınlık göstermektedir. Kapının dışında mukarnaslı bir kuşak, içeride köşe sütunları ve üç dilimli bir kemer bulunmaktadır. Bu kapıdan üzeri kubbe ile örtülü bir girişten beşik tonozlu koridora geçilmektedir. Bu koridordan avluya ve camiye ulaşılmaktadır (Göyünç, N., 1969).



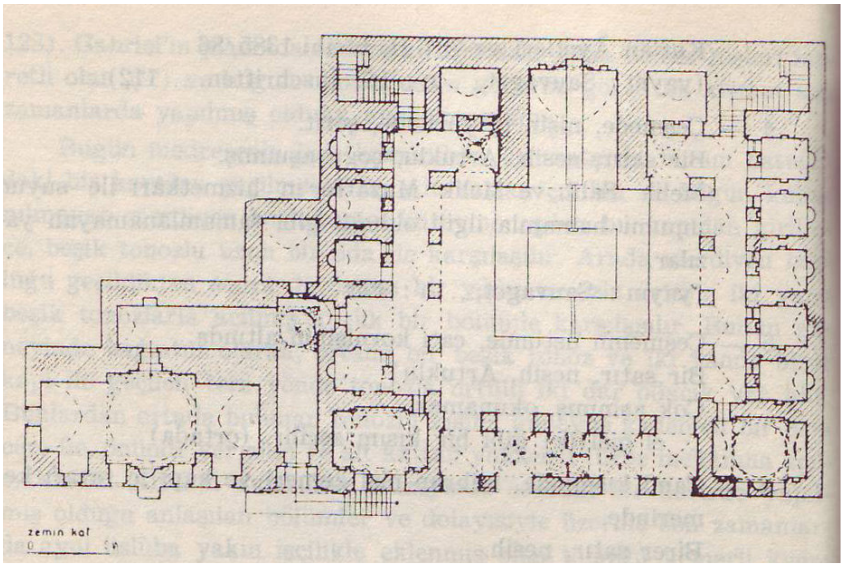
**Şekil 4.4:** Kasımiye Medresesi, SoldaKubbesi ile Camii Sağda Portal

Cami üzeri kubbeli kare bir mekân ile yanlarındaki beşik tonozlu mekânlardan meydana gelmiştir, (Şekil 4.6). Avlunun arkasında üç yöne doğru uzanan medrese

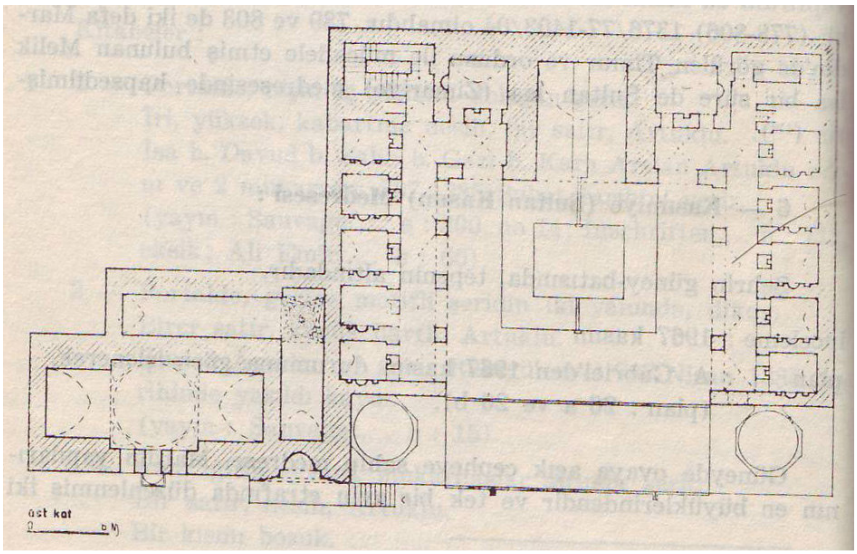
odaları sıralanmıştır. Revakların güneyinde dilimli kubbeleri ile dikkati çeken türbeler bulunmaktadır. Ayrıca avlunun kuzeyinde içerisinde havuz bulunan bir ana eyvan vardır, (Şekil 4.5). Bu eyvanın iki yanına da beşik tonozlu birer oda yerleştirilmiştir (Altun, A., 1971), (Şekil 4.6).



**Şekil 4.5:** Medrese'nin Avlusundaki Havuzlu Eyvan




**Şekil 4.6:** Kasımiye Medresesi, Zemin Kat (Gabriel, 1969)




**Şekil 4.7:** Kasımiye Medresesi Üst Kat (Gabriel, 1969)

Yapının güney cephesi; batıda, büyük kubbenin altındaki cami kısmının pencere ve üstü dilimlenmiş yarım kubbe ile örtülü duvar payandası ile onun hemen yanında yer alan anıtsal portal nişi, doğuya doğru da iki dilimli kubbeli türbe mekânı arasında dışa açılan avlu revaklarının sivri kemerleri ile bütünlük arz etmektedir. Cephede en önemli bölümlerden olan portal Sultan İsa (Zinciriye) medresesinin portalini tekrarlamaktadır. Taşları ve taş süslemeleri oldukça aşınmış olan portal, iki sıra mukarnaslı dikdörtgen bir çerçeve içine alınmıştır. Üç dilimli büyük kemeri taşıyan sütunceler altlarda hafifçe yivlenmiş, yukarılarda ise örgülü profillerle işlenmiştir. Mukarnas dolgulu nişin içinde iki yanda iri rozetlerin sadece bir kısım kalıntısı seçilebilir. Cephede kapı kirişi üzerinde iki farklı taş işçiliği şeridinden de çok az şey kalmıştır. Anlaşılabildiği kadarı ile burada da üstte küçük kakma parçalarla bir geçme dekoru, altta da Sultan İsa (Zinciriye) Medresesi'nde aynı yerde görülen karşılıklı kakma palmetlerin daha sık şekilde uygulandığı bezeme yer alıyordu (Göyünç, N., 1969).

Yapının tarihini verebilecek hiçbir kitabe bulunmadığından ve kayıtlarda da ipucuna

rastlanmadığından Gabriel'in ileri sürmüş olduğu ve benimsenen görüşe göre (Gabriel, A., 1969); yapımına Artuklu hakimiyetinin sonlarında belki de Sultan İsa devrinde Zinciriye Medresesinin yapımından hemen sonra muhtemelen aynı mimar tarafından başlanmış, fakat Timur istilâsı ve Akkoyunlu baskısı gibi karışık bir durumun Mardin siyasetine hakim olmağa başlaması üzerine yarım kalmış, daha sonra belki Akkoyunlular tarafından tamamlatıldığından Cihangir'in oğlu Kasım (893-908) 1457-1502 adına anılmıştır.

Yerli geleneğin de bu şekilde andığı yapının Artuklu devrinde başlanıp, önemli kısmının bitirilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Plan özellikleri, taş işçiliği, süsleme motifleri gibi Mardin için devir sınırlarına pek saygılı olmayan faktörleri de göz önüne alarak bu anıtsal yapının yine de Mardin'deki Artuklu devrinin sonuna konulması mümkündür (XIV. yy. sonu).

Yapı “zaviye ve mescid”, “medrese ve zaviye” olarak Osmanlı devri kayıtlarına geçmiştir (Göyünç, N., 1969). İlk Dünya Savaşı'na kadar çalışmaya devam etmiş olan medrese XVI. yüzyılda Mardin’deki vakıfları en zengin ve geliri en fazla olan kuruluştu (Göyünç, N., 1969).

### 4.4 Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı Numunelerinin Deneysel Analizi

Kasımiye Medresesi ve Abdülatif Konağı’ndan elde edilen taş örneklerinin fiziksel, mekanik ve ince yapı deneyleri yapılmıştır. Deneysel analizleri yapılan taş örnekleri Kasımiye Medresesi’nin zemininden ve Abdüllatif Konağı’nın duvarından elde edilmiştir, (Şekil 4.8, 4.9).



**Şekil 4.8:** Kasımiye Medresesi'nden Alınan Taş Örneği



**Şekil 4.9:** Abdüllatif Konağı'ndan Alınan Taş Örneği

Blok halinde gelmiş olan numunelere E ve K kodları verilerek deney numuneleri hazırlanmıştır. Bu kodlama sistemi Tablo 4.1'de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Taş Örneklerinin Kodlama Sistemi.

| **Kod No** | **Tanım** |
|---|---|
| E | Abdüllatif Konağı'dan Alınan Deney Numuneleri |
| K | Kasımiye Medresesi'nden Alınan Deney Numuneleri |

### 4.4.1 Fiziksel Özellik Tayini Deneyleri

Fiziksel özellik tayini için; kılcal su emme katsayısı, atmosfer basıncı altında su emme oranı, su emme ve kuruma hızları, birim hacim kütlesi, özgül kütlesi, ve su buharı geçirgenlik direnç faktörü vb. gibi büyüklükler bulunmuştur (Kocataşkın, F., 2000).

#### 4.4.1.1 Kılcal Yolla Su Emme

Kılcal yolla su emme tayini için TS EN 1925 standardından yararlanılmıştır. Bunun için taş numuneleri, bir gün süre ile 105ºC etüvde bekletilmiş ve değişmez kütleye geldikten sonra desikatöre konularak soğutulmuş, daha sonra bir gün süre ile ortama bırakılmıştır. Kılcallık deneyinde, yalnızca taban alanlarından kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışları, 1'den 14'e kadar her dakikanın katları şeklinde bir zaman diliminde, tartılmış ve aşağıdaki formül yardımı ile kılcallık katsayısı bulunmuştur.

Kılcallık katsayısı formülü:

$$N = \frac{Q}{A.\sqrt{t}} \qquad (4.1)$$

Formülde;

N : Taşların kılcallık katsayısı ($g/m^2\sqrt{dak}$)

Q : Birim zamanda geçen su miktarı (g)

A : Numunelerin suya değen taban alanları ($m^2$)

T :Numunelerin suyla temas ettiği süre (dakika)'dır.




**(a)** **(b)**

**Şekil 4.10:** (a, b), E ve K Numunelerinin Kılcallık Deneyi.

Bu açıklamalar ışığında Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı numunelerinin kılcallık değerleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir, (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2:** E, K Numunelerinin Kılcallık Katsayıları.

| Numune | Kılcallık katsayısı (g/m2. √dk) | Numune | Kılcallık katsayısı (g/m2. √dk) |
|---|---|---|---|
| **E-1** | 552,42 | **K-1** | 1940,58 |
| **E-2** | 382,03 | **K-2** | 1882,34 |
| **E-3** | 485,37 | **K-3** | 952,87 |
| **E-4** | 621,24 | **K-4** | 1582,58 |
| **Ortalama** | **510,27** | **Ortalama** | **1589,59** |

#### 4.4.1.2 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Oranı

TS 699 standardında belirtildiği gibi, deney numuneleri temizlendikten sonra 20 ± 5 $^0$C' de su dolu bir kapta yüksekliğinin 1/4' üne kadar suya daldırıp, 1 saat bekletilmiş daha sonra 1'er saat 2/4 ve 3/4' ü suda bekletilmiş ve üzeri 1,2 - 2 cm su ile örtülerek 45 saat suda bekletildikten sonra 0,1 g hassasiyetle tartılmıştır. Bu işlemden sonra Arşimet terazisinde su içinde tartılmış ve aşağıdaki formüller ile kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmıştır.

Kütlece Su Emme Oranı :

$$Sk = \frac{Gd - Gk}{Gk} \cdot 100\ (\%) \qquad (4.2)$$

Hacimce Su Emme Oranı:

$$Sh = \frac{Gd - Gk}{Gd - Gds} \cdot 100\ (\%) \qquad (4.3)$$

Formülde;

Gd: Suya doymuş ağırlık, (g)

Gk: Kuru ağırlık, (g)

Gds: Su içindeki ağırlık, (g)

Sk : Kütlece su emme oranı, (%)

$S_h$ : Hacimce su emme oranı, (%)'dir.



**Şekil 4.11:** K ve E numunelerinin Su Emme Deneyi

Numunelerin su emme ağırlıkları Ek 6'da verilmiştir. E ve K numunelerinin su emme değerleri ile ilgili yüzde oranları ise Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Su emme değerlerinde, numuneler arasındaki farklarda temel sebep numunelerin

bünyesinde sahip olduğu sert bölümlerden kaynaklanmaktadır. Bu bölümlerin fazla olması su emme oranını ters yönde etkilemektedir. Buna ek olarak K numunelerinin tüm su emme değerleri E numunelerine göre daha yüksektir, (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3:** E ve K Numunelerinin Su Emme Yüzdeleri

| Numune No | Sk(%) | Sh(%) | Skk(%) | Skh(%) |
|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 6,24 | 13,21 | 11,54 | 24,56 |
| **E-2** | 5,00 | 10,92 | 10,32 | 22,56 |
| **E-3** | 5,13 | 11,28 | 10,27 | 22,63 |
| **E-4** | 5,97 | 12,78 | 11,20 | 23,89 |
| **E-5** | 6,99 | 14,46 | 12,32 | 25,23 |
| **E-6** | 6,44 | 13,65 | 12,01 | 25,47 |
| **E-7** | 6,52 | 13,80 | 11,30 | 24,08 |
| **E-8** | 5,39 | 11,69 | 10,74 | 22,99 |
| **Ortalama** | **5,96** | **12,72** | **11,21** | **23,93** |
| **K-1** | 9,75 | 19,97 | 16,44 | 33,42 |
| **K-2** | 8,72 | 18,27 | 15,45 | 32,56 |
| **K-3** | 8,33 | 17,70 | 15,96 | 33,75 |
| **K-4** | 8,29 | 17,61 | 14,47 | 31,07 |
| **K-5** | 8,42 | 17,59 | 15,75 | 33,05 |
| **K-6** | 6,87 | 14,92 | 13,36 | 27,31 |
| **Ortalama** | **8,40** | **17,68** | **15,24** | **31,86** |

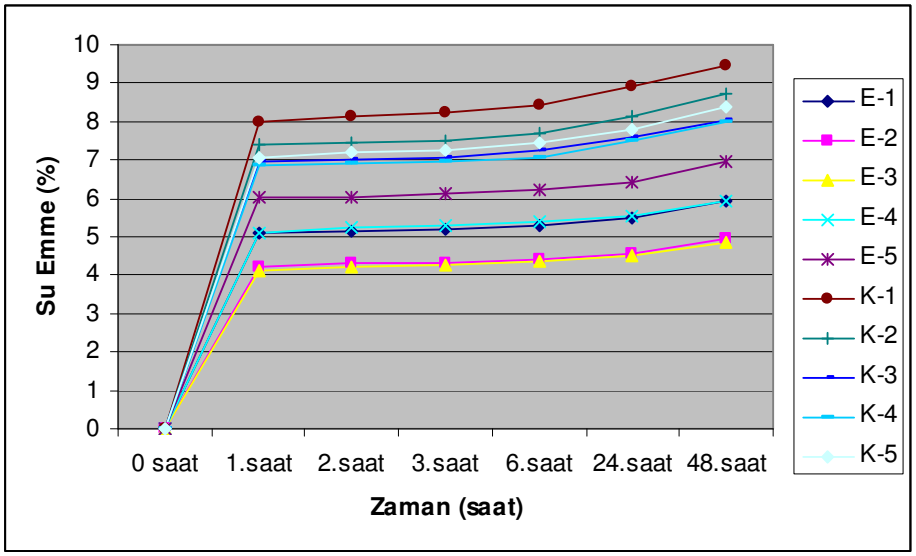
#### 4.4.1.3 Su Emme ve Kuruma Hızlarının Tayini

Tüm deneylerde olduğu gibi numuneler, etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş, desikatörde soğutulduktan sonra, 20$^{o}$C deki suyun içine tamamen daldırılıp, 1, 2, 3, 6, 24, 48 ve 72.saatlerdeki ağırlık artışları yüzde olarak hesaplanmış ve buna göre bir grafik çizilmiştir. Bu işlem bitiminde aynı numuneler sudan çıkarılmış ve laboratuar ortam şartlarına maruz bırakılarak aynı sürelerde kuruma hızına bağlı olarak ağırlık düşüşleri yüzde olarak belirlenmiştir. Su emme ve kuruma grafikleri, zamana bağlı olarak çizilmiştir (Borelli, E., 1999).

E ve K numunelerinin su emme ağırlıkları ve grafikleri Tablo 4.4 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.

**Tablo 4.4:** E ve K Numunelerinin Zamana Bağlı Su Emme Oranları (%)

| Numune No | 0 saat | 1.saat | 2.saat | 3.saat | 6.saat | 24.saat | 48.saat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | **0** | 5,12 | 5,14 | 5,20 | 5,29 | 5,48 | 5,93 |
| **E-2** | **0** | 4,20 | 4,29 | 4,32 | 4,40 | 4,54 | 4,97 |
| **E-3** | **0** | 4,14 | 4,21 | 4,27 | 4,38 | 4,49 | 4,85 |
| **E-4** | **0** | 5,11 | 5,25 | 5,30 | 5,39 | 5,52 | 5,95 |
| **E-5** | **0** | 6,02 | 6,04 | 6,14 | 6,23 | 6,43 | 6,97 |
| **Ortalama** | **0** | **4,92** | **4,99** | **5,05** | **5,14** | **5,29** | **5,74** |
| **K-1** | **0** | 7,99 | 8,13 | 8,23 | 8,43 | 8,93 | 9,46 |
| **K-2** | **0** | 7,38 | 7,46 | 7,51 | 7,72 | 8,16 | 8,70 |
| **K-3** | **0** | 6,95 | 6,99 | 7,04 | 7,24 | 7,58 | 8,03 |
| **K-4** | **0** | 6,86 | 6,89 | 6,96 | 7,08 | 7,50 | 8,01 |
| **K-5** | **0** | 7,08 | 7,21 | 7,24 | 7,44 | 7,79 | 8,40 |
| **Ortalama** | **0** | **7,25** | **7,33** | **7,39** | **7,58** | **7,99** | **8,52** |

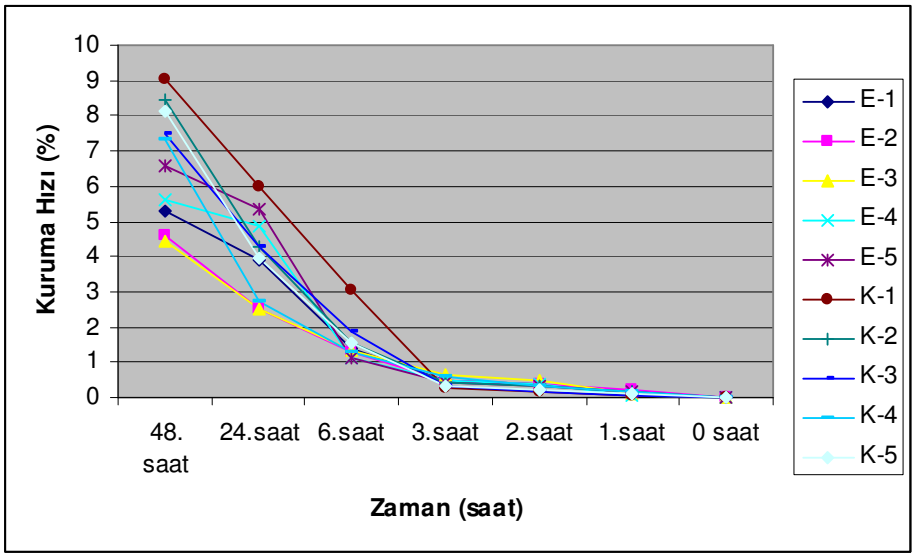



**Şekil 4.12:** Numunelerin Su Emme Grafiği

E ve K numunelerinin kuruma ağırlıkları ve grafikleri Tablo 4.5 ve Şekil 4.13'te verilmiştir.

**Tablo 4.5:** E ve K Numunelerinin Zamana Bağlı Kuruma Oranları (%)

| Numune No | 48. saat | 24.saat | 6.saat | 3.saat | 2.saat | 1.saat | 0 saat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 5,31 | 3,89 | 1,39 | 0,5 | 0,35 | 0,13 | 0 |
| **E-2** | 4,58 | 2,5 | 1,26 | 0,46 | 0,37 | 0,21 | 0 |
| **E-3** | 4,43 | 2,51 | 1,34 | 0,64 | 0,49 | 0,12 | 0 |
| **E-4** | 5,61 | 4,89 | 1,12 | 0,49 | 0,35 | 0,05 | 0 |
| **E-5** | 6,58 | 5,37 | 1,13 | 0,44 | 0,34 | 0,16 | 0 |
| **Ortalama** | **5,30** | **3,83** | **1,25** | **0,51** | **0,38** | **0,13** | **0** |
| **K-1** | 9,04 | 5,98 | 3,03 | 0,29 | 0,18 | 0,04 | 0 |
| **K-2** | 8,45 | 4,27 | 1,53 | 0,45 | 0,31 | 0,15 | 0 |
| **K-3** | 7,51 | 4,27 | 1,89 | 0,31 | 0,18 | 0,03 | 0 |
| **K-4** | 7,32 | 2,72 | 1,29 | 0,58 | 0,33 | 0,16 | 0 |
| **K-5** | 8,15 | 3,94 | 1,53 | 0,32 | 0,19 | 0,13 | 0 |
| **Ortalama** | **8,09** | **4,24** | **1,85** | **0,39** | **0,24** | **0,10** | **0** |




**Şekil 4.13:** Numunelerin Kuruma Grafiği

### 4.4.1.4 Birim Hacim Kütlenin Tayini

TS 699 standardı esas alınarak yapılan deneyde numuneler 105 °C' ye kadar ısıtılmış etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş olan numuneler, 0,1 gr. hassasiyetle tartılmıştır (Gk). Numunenin hacmi, suya doymuş ağırlık ve su içindeki ağırlığın farkına göre aşağıdaki formül yardımı ile bulunmuştur.

$$dh = \frac{Gk}{V} \quad (g / cm^3) \qquad (4.4)$$

Formülde;

Gk :Numunenin kuru ağırlığı, (g)

V: Numunenin hacmi, ($cm^3$)

dh: Birim hacim kütle, (g/ $cm^3$)'dir.

Bu açıklamalar sonucunda yapılan deney sonrası A, B, C numunelerinin birim hacim kütle değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.6:** E ve K Numunelerinin Birim Hacim Kütlesi

| ÖRNEK | dh (gr/$cm^3$) | ÖRNEK | dh (gr/$cm^3$) |
|---|---|---|---|
| **E1** | 2,12 | **K1** | 2,05 |
| **E2** | 2,19 | **K2** | 2,09 |
| **E3** | 2,20 | **K3** | 2,12 |
| **E4** | 2,14 | **K4** | 2,12 |
| **E5** | 2,07 | **K5** | 2,09 |
| **E6** | 2,12 | **K6** | 2,17 |
| **E7** | 2,12 | **Ortalama** | **2,11** |
| **E8** | 2,17 | | |
| **Ortalama** | **2,14** | | |

### 4.4.1.5 Özgül Kütlenin Tayini

TS 699 standardına uygun olarak önceden kurutulup, soğutulmuş malzeme numuneleri çok ince öğütülmüştür. Özgül kütle, 90µ elekten elenmiş toz numune ve distile su içeren piknometre yardımı ile aşağıdaki formül kullanılarak bulunmuştur.

$$do = \frac{Gk}{V} \quad (g / cm^3) \qquad (4.5)$$

do: Özgül kütle, (g / $cm^3$)'dir.

E ve K numunelerinin ayrı ayrı özgül kütle değerleri tayin edilmiştir. Bulunan değerler Tablo 4.7'de ifade edilmiştir.



**(a)** **(b)**

**Şekil 4.14:** Özgül Kütle Deneyi.

Bu deneyin yapımında K ve E numunelerinin renklerinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. K (Kasımiye Medresesi) numunesinin rengi açık gri iken E (Abdüllatif Konağı) numunesinin rengi pembemsi bir renk olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.7:** E ve K Numunelerinin Özgül Kütle Sonuçları

| ÖRNEK | do (gr/cm3) |
|---|---|
| **E Örneğinin Özgül Kütle Tayini** | **2,84** |
| **K Örneğinin Özgül Kütle Tayini** | **2,72** |

### 4.4.1.6 Su Buharı Geçirgenlik Deneyi

Bu deney, DIN 52615 standardında tanımlanan kuru kap (dry cup) yöntemine göre yapılmıştır. Deneyde su emici malzeme olarak $CaCl_2$ kullanılmıştır. Yaklaşık 7 cm'lik çapa sahip numunelerin, çapları ve kalınlıkları 6 farklı yerinden ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Böylece numunelerin çap ve kalınlık (d) değerleri

bulunmuştur. Bu deney, 20-23$^{o}$C sıcaklıkta ve %90–99 bağıl nemde sabitlenen desikatör ortamında yapılmış, numunelerin ağırlık değişimleri her gün aynı saatte ve 5 haneli hassas terazi yardımıyla ölçülmüştür. Bu deney 1,5 ay sürdürülmüştür ve buna göre örneklerin aşağıdaki formül yardımı ile su buharı geçirgenlik direnç katsayısı (μ) hesaplanmıştır.

$$\mu = 1/d\ (O_H\ xAx\ [(P_1-P_2)/G] - d_H) \qquad (4.6)$$

Formülde;

d : Numunenin kalınlığı (m)

$ß_H$ : Havanın su buharı iletkenliği

A : Numunenin alanı ($m^2$)

P: Su buharı basınç değerleri (Pascal)

G: Geçen su buharı miktarı (kg/h)

$d_H$: Numune altında kalan havanın kalınlığı (m)

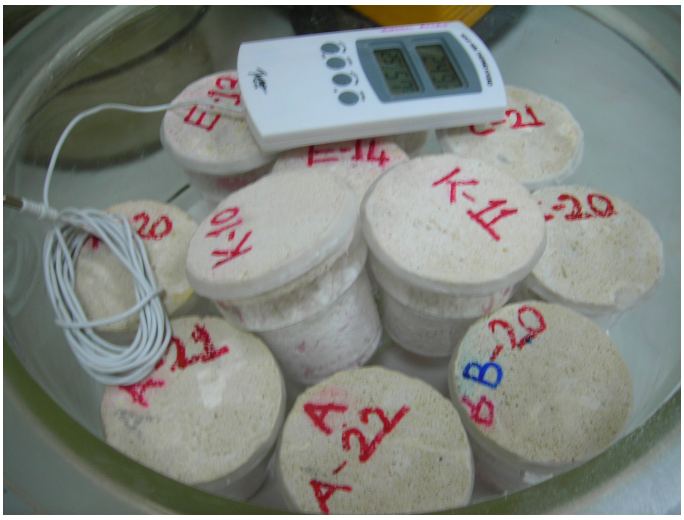
$$ß_H = (0{,}083/R_B xT)x(Po/Ph)x(T/273)^{1.88} \qquad (4.7)$$

Formülde;

T: $^{o}$K cinsinden sıcaklık

Ph: Ortalama hava basıncı

Po: Normal atmosfer basıncı'dır.




**Şekil 4.15:** Su Buhar Geçirgenlik Deneyi

A, B, C numunelerinin buhar geçirgenlik katsayıları Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.8:** Numunelerin Su Buhar Geçirgenlik Katsayısı

| Numune | Buhar geçirgenlik katsayısı (μ ) |
|---|---|
| E-12 | 87,47 |
| E-13 | 111,34 |
| E-14 | 102,81 |
| Ortalama | 105,40 |
| K-10 | 80,84 |
| K-11 | 50,71 |
| Ortalama | 60,77 |

### 4.4.1.7 Fiziksel Özellik Deney Sonuçları

Abdüllatif Konağı ve Kasımiye Medresesi'nin fiziksel özellikleri tablolar halinde gösterilmiştir, (Tablo 4.9, 4.10). buna göre Kasımiye Medresesi'nin yoğunluk ve özgül kütle değerleri Konak taşıyla yaklaşık olarak eşdeğer olmasına rağmen, Medrese taşının su emme oranları Konak taşına göre yüksektir. Aynı şekilde kılcallık katsayısında da Medrese taşının değeri daha yüksektir. Konak taş numunesinin asit kaybı % 87 iken Medrese taş numunesinin asit kaybı %81'dir. Bu durum Medrese

taşının kil içeriğinin Konak taşına göre daha fazla olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.9:** Abdüllatif Konağı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri.

| ÖRNEK | Sk (%) | Sh (%) | Skk (%) | Skh (%) | dh (gr/cm$^3$) | do (gr/cm$^3$) | Porozite (%) | Doymuşluk Derecesi (%) | Kılcallık Katsayısı (gr/m$^2$kökdak.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E1** | 6,24 | 13,21 | 11,54 | 24,56 | 2,12 | | 26 | 74 | 552,42 |
| **E2** | 5,00 | 10,92 | 10,32 | 22,56 | 2,19 | | 23 | 77 | 382,03 |
| **E3** | 5,13 | 11,28 | 10,27 | 22,63 | 2,20 | | 23 | 77 | 485,37 |
| **E4** | 5,97 | 12,78 | 11,20 | 23,89 | 2,14 | 2,84 | 25 | 75 | 621,24 |
| **E5** | 6,99 | 14,46 | 12,32 | 25,23 | 2,07 | | 28 | 72 | |
| **E6** | 6,44 | 13,65 | 12,01 | 25,47 | 2,12 | | 26 | 74 | |
| **E7** | 6,52 | 13,80 | 11,30 | 24,08 | 2,12 | | 26 | 74 | |
| **E8** | 5,39 | 11,69 | 10,74 | 22,99 | 2,17 | | 24 | 76 | |
| **ortalama** | **5,96** | **12,72** | **11,21** | **23,93** | **2,14** | **2,84** | **25** | **75** | **510,27** |

**Tablo 4.10:** Kasımiye Medresesi Örneklerinin Fiziksel Özellikleri.

| ÖRNEK | Sk (%) | Sh (%) | Skk (%) | Skh (%) | dh (gr/cm$^3$) | do (gr/cm$^3$) | Porozite (%) | Doymuşluk Derecesi (%) | Kılcallık Katsayısı (gr/m$^2$kökdak.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K1** | 9,75 | 19,97 | 16,44 | 33,42 | 2,05 | | 25 | 75 | 1940,58 |
| **K2** | 8,72 | 18,27 | 15,45 | 32,56 | 2,09 | | 23 | 77 | 1882,34 |
| **K3** | 8,33 | 17,70 | 15,96 | 33,75 | 2,12 | | 22 | 78 | 952,87 |
| **K4** | 8,29 | 17,61 | 14,47 | 31,07 | 2,12 | 2,72 | 22 | 78 | 1582,58 |
| **K5** | 8,42 | 17,59 | 15,75 | 33,05 | 2,09 | | 23 | 77 | |
| **K6** | 6,87 | 14,92 | 13,36 | 27,31 | 2,17 | | 20 | 80 | |
| **ortalama** | **8,40** | **17,68** | **15,24** | **31,86** | **2,11** | **2,72** | **22,5** | **77,5** | **1589,59** |

### 4.4.2 Mekanik Özellik Tayini Deneyleri

Mekanik özellik tayini için; tek eksenli yük altında eğilmede çekme deneyi (MPa), basınç dayanımı deneyi (MPa), dinamik elastisite modülü tayini deneyi (MPa) vb. gibi deneyler yapılmıştır (Kocataşkın, F., 2000). Bu deneylerde başta TS 699 standardı ve ilgili TS EN standartlarından yararlanılmıştır.

#### 4.4.2.1 Tek Eksenli Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi

Eğilmede çekme dayanımını belirlemek için orta noktasından yüklenmiş basit kiriş

metodu ile eğilmede çekme tayini deneyi yapılmıştır. Bu çalışmada mesnetler arası mesafe 100 mm alınmıştır. 4 x 4 x 16 cm boyutlarındaki deney numunesi, mesnetler üzerine ortalanacak şekilde yerleştirilmiştir. Kırılmanın olduğu andaki P yükü presin göstergesinden okunmuştur. Okunan P yükü, aşağıdaki formülde yerine konarak eğilme dayanımı hesaplanmıştır.

$$F_{eğ} = \frac{3}{2} \times \frac{(Pk \times l)}{b \times h^2} \qquad (4.8)$$

Formülde;

$F_{eğ}$ :Eğilme dayanımı, (N /mm$^2$)

P : Deney presinden okunan kırılma anındaki yük, (N)

l : Yükleme tablası mesnetleri arası açıklık, (100 mm)

b : Kırılma kesitinin genişliği, (40 mm)

h : Kırılma kesitinin yüksekliği, (mm)'dir.

E ve K numunelerinin eğilme dayanımı değerleri Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Eğilme deneyi ile ilgili tüm değerler Ek 7'de verilmiştir.




**(a)** **(b)**

**Şekil 4.16:** (a, b), Yük Altında Eğilmede Çekme Deneyi.

**Tablo 4.11:** E, K Kireçtaşı Örneklerinin Eğilme Dayanımları.

| Numune no | Eğilme Dayanımı (N/mm²) | Numune no | Eğilme Dayanımı (N/mm²) |
|---|---|---|---|
| **E-1** | 7,89 | **K-1** | 2,94 |
| **E-2** | 8,12 | **K-2** | 4,05 |
| **E-3** | 9,63 | **K-3** | 4,4 |
| **E-4** | 7,72 | **K-4** | 6,77 |
| **E-5** | 7,83 | **K-5** | 2,65 |
| **E-6** | 7,58 | **K-6** | 3,56 |
| **E-7** | 5,69 | | |
| **E-8** | 7,25 | | |
| **Ortalama** | **7,71** | **Ortalama** | **4,06** |

#### 4.4.2.2 Tek Eksenli Yük Altında Basınç Dayanımı Deneyi

Eğilmede çekme deneyi uygulandıktan sonra ikiye bölünen numunelerde, basınç dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Her bir yarım numune, deney presinin yükleme başlıkları arasına yerleştirilerek yük uygulanmıştır. Yüklemeye sabit bir hızla ve darbe etkisi yapmayacak şekilde numune kırılıncaya kadar devam edilmiş ve kırılmanın olduğu anda, deney presinin gösterdiği en büyük yük kaydedilmiştir. Bu değer, kırılma yükü (Pk) değerini vermektedir. Newton cinsinden Pk değeri aşağıdaki formülde yerine konularak, deneyi yapılan numunenin dayanabildiği maksimum basınç mukavemeti bulunmuştur.

Basınç dayanımı,

$$Fe = \frac{Pk}{A} \qquad (4.9)$$

Formülde;

Fe: Basınç dayanımı, (N /mm$^2$)

Pk: Kırılma yükü, (N)

A : Yüklemenin yapıldığı kesit alanı, (mm$^2$)'dır.

E ve K numunelerinin basınç ve basınç dayanımı değerleri Tablo 4.12'de verilmiştir. Basınç Değerleri ile ilgili detaylı bilgiler Ek 8'de verilmiştir.




**(a)** **(b)**

**Şekil 4.17:** (a, b), Eğilmede Kırılan Parçalar Üzerinde Yapılan Basınç Dayanımı Deneyi.

**Tablo 4.12:** E, K Kireçtaşı Örneklerinin Basınç Dayanımları.

| Numune no | 1. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | Numune no | 1. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı (N/mm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 26,49 | 32,16 | **K-1** | 8,13 | 30,66 |
| **E-2** | 25,66 | 25,04 | **K-2** | 9,37 | 36,85 |
| **E-3** | 20,75 | 25,94 | **K-3** | 22,33 | 23,69 |
| **E-4** | 27,17 | 25,36 | **K-4** | 16,99 | 25,49 |
| **E-5** | 18,32 | 22,74 | **K-5** | 16,99 | 18,35 |
| **E-6** | 19,32 | 28,98 | **K-6** | 26,4 | 18,6 |
| **E-7** | 23,24 | 27,41 | | | |
| **E-8** | 23 | 21,76 | | | |
| **Ortalama** | **22,99** | **26,17** | **Ortalama** | **16,7** | **25,6** |

### 4.4.2.3 Ultrases Hızı Tayini

Ultrases hızlarının belirlenmesi için WTW DIGI EG-C2 modeli ultrases cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile numunelerin iki ucuna cihazın alıcı ve verici probları yerleştirilerek ses geçiş süresi (T, µsn) ölçülmüş, numunelerin uzunlukları dikkate alınarak aşağıdaki formül yardımı ile ses geçiş hızları (Vo) hesaplanmıştır. Bu

deneyde, TS EN 14579, Doğal Taş Deney Metotları-Ses Hızının İlerlemesinin Tayini isimli standarttan yararlanılmıştır.

$$Vo = \frac{L}{T} \qquad (4.10)$$

Formülde;

Vo=Ultrases hızı, (km/sn)

L= Numunenin uzunluğu, (mm)

T= Zaman, (µsn)'dır.

Ultrases hızı sonuçları yukarıdaki formüle göre hesaplanmış ve aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir, (Tablo 4.13, 4.14).




**Şekil 4.18:** Ultrases Hızı Tayini.

**Tablo 4.13:** E (Abdüllatif Konağı) Numunelerinin Ultrases Hızları

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 39,64 | 36,88 | 153,38 | 48 | 3,20 |
| **E-2** | 39,94 | 39,39 | 159,06 | 47 | 3,38 |
| **E-3** | 38,55 | 38,79 | 156,16 | 46 | 3,39 |
| **E-4** | 41,41 | 40,79 | 155,07 | 47 | 3,30 |
| **E-5** | 39,58 | 41,57 | 156,95 | 49 | 3,20 |
| **E-6** | 41,41 | 35,76 | 145,53 | 48 | 3,03 |
| **E-7** | 41,96 | 41,94 | 153,8 | 50 | 3,08 |
| **E-8** | 40,21 | 42,24 | 158,61 | 48 | 3,30 |
| **Ortalama** | | | | **47,88** | **3,24** |

**Tablo 4.14:** K (Kasımiye Medresesi) Numunelerinin Ultrases Hızları

| Numune No | a (mm) | b (mm) | l (mm) | to (µs) | Vo (km/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 39,96 | 41,5 | 155,6 | 61 | 2,55 |
| **K-2** | 40,03 | 40,48 | 155,67 | 62 | 2,51 |
| **K-3** | 36,94 | 41,18 | 155,36 | 59 | 2,63 |
| **K-4** | 41,2 | 39,18 | 154,98 | 54 | 2,87 |
| **K-5** | 36,79 | 41,89 | 155,27 | 63 | 2,46 |
| **K-6** | 41,67 | 38,83 | 156,96 | 55 | 2,85 |
| **Ortalama** | | | | **59** | **2,65** |

#### 4.4.2.4 Dinamik Elastisite Modülü Tayini

DIGI EG-C2 modeli ultrases cihazı yardımı ile ocak taşı numunelerinde bulunan ultrases hızları ile numunelerin yoğunluk değerleri kullanılarak aşağıdaki formül ile dinamik elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır. Bu deneyde, TS EN 14146 Doğal Taşlar Deney Metotları-Dinamik Elastisite Modülünün Tayini standardından yararlanılmıştır.

$$Eu = Vo^2 \times do \times 10^3 \ (N/mm^2) \qquad (4.11)$$

Vo=Ultrases hızı, (km/sn)

do=Yoğunluk, ($g/cm^3$)

Deney sonuçları E ve K numunelerinin ayrı ayrı hesaplanmış ve tablolar halinde verilmiştir, (Tablo 4.15, 4.16).

**Tablo 4.15:** E (Abdüllatif Konağı) Numunelerinin Elastisite Modülü

| Numune | do ($g/cm^3$) | Vo(km/s) | Eu (N/mm2) |
|---|---|---|---|
| **E-1** | 2,84 | 3,2 | $29,08x10^3$ |
| **E-2** | | 3,38 | $32,44\ x10^3$ |
| **E-3** | | 3,39 | $32,63\ x10^3$ |
| **E-4** | | 3,3 | $30,92\ x10^3$ |
| **E-5** | | 3,2 | $29,08\ x10^3$ |
| **E-6** | | 3,03 | $26,07\ x10^3$ |
| **E-7** | | 3,08 | $26,94\ x10^3$ |
| **E-8** | | 3,3 | $30,92\ x10^3$ |
| **Ortalama** | | **3,24** | **$29,81\ x10^3$** |

**Tablo 4.16:** K (Kasımiye Medresesi) Numunelerinin Elastisite Modülü

| Numune | do ($g/cm^3$) | Vo (km/s) | Eu (N/mm2) |
|---|---|---|---|
| **K-1** | 2,72 | 2,55 | $17,68\ x10^3$ |
| **K-2** | | 2,51 | $17,13\ x10^3$ |
| **K-3** | | 2,63 | $18,81\ x10^3$ |
| **K-4** | | 2,87 | $22,4\ x10^3$ |
| **K-5** | | 2,46 | $16,46\ x10^3$ |
| **K-6** | | 2,85 | $22,09\ x10^3$ |
| **Ortalama** | | **2,65** | **$19,11\ x10^3$** |

#### 4.4.2.5 Sertlik Değeri Tayini

Sertlik cisimlerin çizilmeye ve aşınmaya karşı gösterdikleri mukavemettir. Değişik yöntemlerle bulunur. Seramik yapılı malzemelerde Mohs sertlik cetveli uygulanır.

İTÜ Maden Fakültesinde yapılan ölçümler sonucunda Abdüllatif Konağı ve Kasımiye Medresesi taş örneklerinin sertlik değerlerinin 2-3 arasında olduğu görülmüştür, (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19:** Sertlik Değeri Tayini

#### 4.4.2.6 Mekanik Özellik Deney Sonuçları

Yapılan mekanik deneylerin sonuçları tablolar halinde aşağıda verilmiştir, (Tablo 4.17, 4.18). Bu değerlerin yanı sıra her iki yapı örneğinin sertlik değeri de 2 – 3 arasında ölçülmüştür.

**Tablo 4.17.** Abdüllatif Konağı Örneklerinin Mekanik Özellikleri.

| ÖRNEK | Ultrases Hızı (km/s) | Eğilme Dayanımı (MPa) | Basınç 1 Dayanımı (MPa) | Basınç 2 Dayanımı (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| **E1** | 3,20 | 7,89 | 26,49 | 32,16 |
| **E2** | 3,38 | 8,12 | 25,66 | 25,04 |
| **E3** | 3,39 | 9,63 | 20,75 | 25,94 |
| **E4** | 3,30 | 7,72 | 27,17 | 25,36 |
| **E5** | 3,20 | 7,83 | 18,32 | 22,74 |
| **E6** | 3,03 | 7,58 | 19,32 | 28,98 |
| **E7** | 3,08 | 5,69 | 23,24 | 27,41 |
| **E8** | 3,30 | 7,25 | 23,00 | 21,76 |
| **Ortalama** | **3,24** | **7,71** | **22,99** | **26,17** |

**Tablo 4.18.** Kasımiye Medresesi Örneklerinin Mekanik Özellikleri.

| ÖRNEK | Ultrases Hızı (km/s) | Eğilme Dayanımı (MPa) | Basınç 1 Dayanımı (MPa) | Basınç 2 Dayanımı (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| **K1** | 2,55 | 2,94 | 8,13 | 30,66 |
| **K2** | 2,51 | 4,05 | 9,37 | 36,85 |
| **K3** | 2,63 | 4,40 | 22,33 | 23,69 |
| **K4** | 2,87 | 6,77 | 16,99 | 25,49 |
| **K5** | 2,46 | 2,65 | 16,99 | 18,35 |
| **K6** | 2,85 | 3,56 | 26,40 | 18,60 |
| **Ortalama** | **2,65** | **4,06** | **16,70** | **25,60** |

### 4.4.3 İç Yapı Analizleri

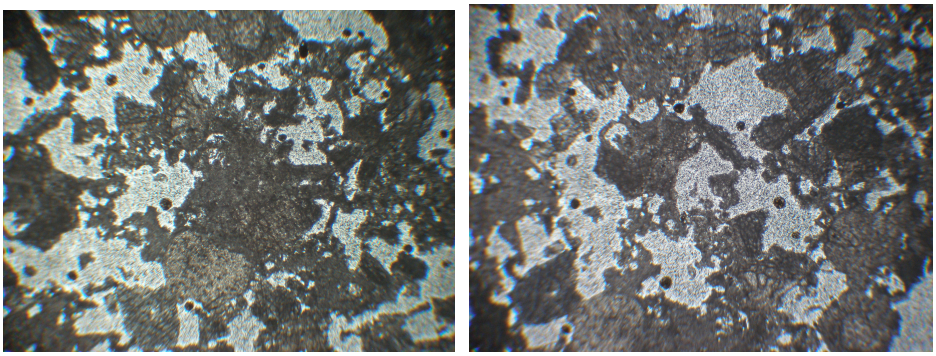
Tarihi yapı örnekleri olan Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı deney numunelerinin iç yapı özelliklerinin belirlenebilmesi için ince kesit, X ışın grafiği ve minerolojik-petrografik analizler yapılmıştır. Bu analizler İTÜ Maden ve Metalurji Fakültelerinin laboratuarlarında yapılmıştır.

#### 4.4.3.1 Minerolojik ve Petrografik Analizler

Kayacı oluşturan minerallerin mikroskop incelemesi ile belirlenmesidir. Bu amaçla, kütle halindeki örnekler yeterince sağlam ise doğrudan doğruya, dağılgan ise epoksi polimer içinde kalıplanarak ince dilimler halinde kesilir ve lam üzerinde aynı epoksi veya Kanada balsamı ile yapıştırılır. Çeşitli numaralarda zımpara ve parlatıcı tozlar ile 10-30 μ kalınlığa kadar inceltilerek hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop altında, minerallerin optik özelliklerinden yararlanarak gözlemlenir ve örneklerin içerdiği mineraller tanımlanır.

Kasımiye Medresesi örneğinin ince kesit fotoğraflarına göre; Bağlayıcısı karbonat çimentosundan oluşan taşın kalsit kristallerine ait görüntüsü çift nipol ışık ile Şekil 4.10' de tek nipol ışık ile şekil 4.11'de görülmektedir. Bu görüntülere göre kalsit kristalleri sıkça görülmektedir. Kil, opak mineral ve fosil kalkıları da yer yer

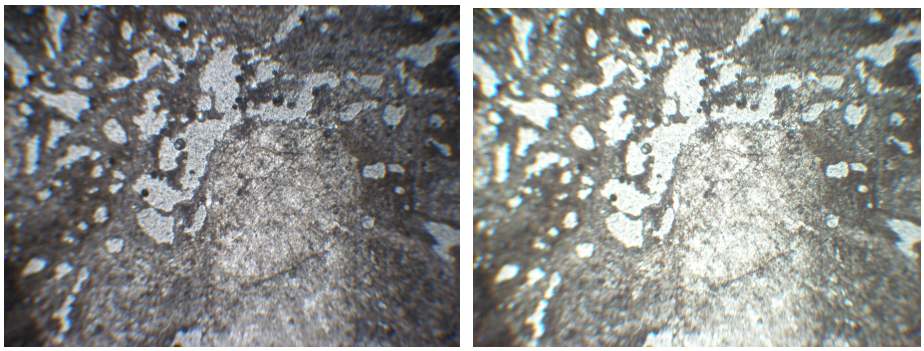
görülmektedir.



**(a)** **(b)**

**Şekil 4.20:** (a, b), Kasımiye Medresesi Örneğinin İnce Kesit Fotoğrafları.

Abdüllatif Konağı Örneğinin ince kesit fotoğraflarına göre; Bağlayıcısı karbonat çimentosu olan ve iri kalsit kristallerinden oluşan taşın çift nikol ışık altındaki görüntüsü şekil 4.12'de, tek nikol ışık altındaki görüntüsü Şekil 4.13'de görülmektedir. Opak mineral olarak demir oksit görülmektedir. Az oranda kil içeriğine sahip numune, fosil kaklılarda içermektedir.



**(a)** **(b)**

**Şekil 4.21:** (a, b), Abdüllatif Konağı Örneğinin İnce Kesit Fotoğrafları.

Sonuç olarak her iki numune tipik bir kireçtaşı örneğidir. Her iki numune de opak mineraller içermekte ve kil içeriğine sahiptir. Konak taşının kil içeriği Medrese taşına göre daha az orandadır. Bunun yanı sıra Medrese taşının fosil kalkı miktarı Konak taşına oranla daha fazladır.

#### 4.4.3.2 İnce Kesit Analizleri

Kasımiye Medresesi ve Abdüllatif Konağı taş örneklerinden alınmış olan az miktardaki numuneler epoksi reçine içinde 24x42 mm lameller üzerinde kalıplanarak, ince dilimler halinde kesilmiştir. Bu kesim işlemi 30 mikrona kadar aşındırma şeklinde olmuştur. Hazırlanmış olan ince kesitler Petrografi (kutuplandırılmış) mikroskop altında incelenerek içerdiği fosiller, örneklerin ayrışma dereceleri ve doku özellikleri gibi değerleri belirlenmiştir.

İnce kesit deney sonuçlarına göre; Kasımiye Medresesi'nden alınan taş örneği, bileşim itibariyle karbonat matrikslerinden oluşmaktadır. Örnek yer yer kil içeriğine sahiptir. Kalsit kristallerinden oluşmuş olan numune opak mineral saçınımları göstermektedir. Bileşiminde kısmen organizma (fosil) kalkınımları göstermektedir. Bu sonuçlara göre tipik bir mikritik kireçtaşı örneğidir.

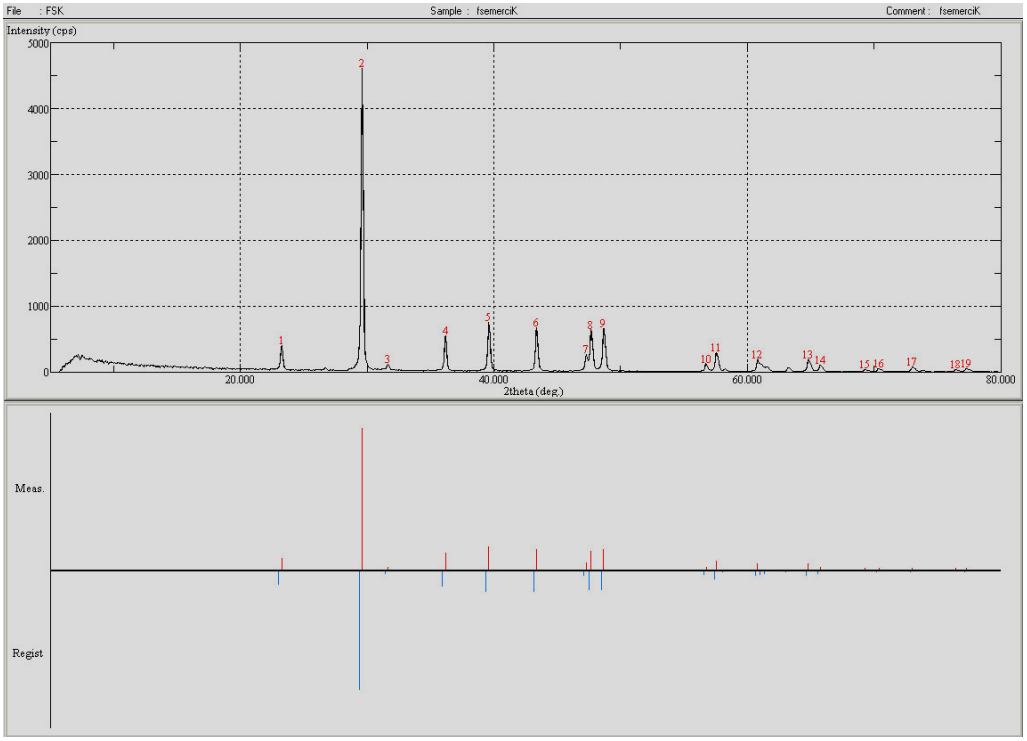
Abdüllatif Konağı örneğinin ince kesit deney sonucuna göre; taş bağlayıcısı karbonat çimentosu olan iri kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Yapısındaki kil içeriği çok fazla değildir, fakat fosil kalkı miktarı kile göre daha fazladır. K numunesinde olduğu gibi bu taş örneği de yapısında opak mineraller (demir oksit) içermektedir. Bu sonuçlar ışığında tipik bir kireçtaşı örneği olan numune mikritik kireçtaşı olarak adlandırılabilir.

Her iki taş örneği de Midyat taşı gibi kil içeriği fazla olan bir taş değildir. Mardin taşı olmalarına rağmen farklı ocakların ürünü oldukları düşünülmektedir.

#### 4.4.3.3 X-Işını Analizleri

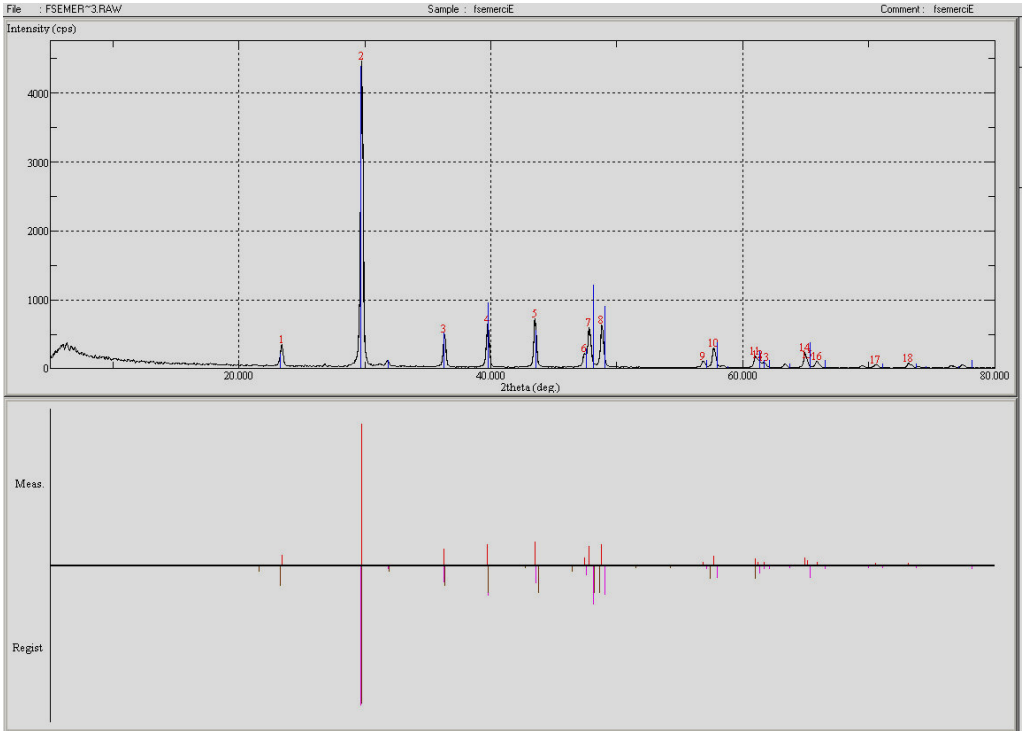
Madde kristalinin sayısal özellikleri ve kimliğinin belirlenmesi için uygulanır. Taşlardaki çözünmüş tuz ve kil minerallerinin teşhisinde, harcın, çiçeklenme ürünlerinin ve siyah kirli kabuğun mineralojik tetkikinde kullanılır. Kırınım bilgileri

iki basamakta yapılır; önce uygun sayısal algoritmalar ile bireysel safhada kimlik belirlenir sonra da uygun diğer yöntemlerle bu sayısal özellikler geliştirilir. Örnekler, önce homojen toz haline getirilir, özel koşullar altında X-ışın difraktometresi (kırınım ölçer) ile analiz edilir ve sonra örneklerin içerdiği mineraller tanımlanır. Bu deneyin sonucu her iki taş örneği için aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. (Şekil, 4.22, 4.23).




**Şekil 4.22:** Kasimiye Medresesi Örneğinin X Işını Analiz Grafiği

Yapılan X ışını analizine göre, Kasımiye Medresesi örneğinin bileşiminin % 96 oranında karbonattan oluştuğu görülmektedir. Yukarıdaki grafik kalsiyum karbonat bileşiminin örnekteki yoğunluğunu göstermektedir, (Şekil 4.22).




**Şekil 4.23:** Abdüllatif Konağı Örneğinin X Işını Analiz Grafiği

Yapılan X ışını analizine göre, Abdüllatif Konağı örneğinin bileşiminin % 95 oranında karbonattan oluştuğu görülmektedir. Yukarıdaki grafik kalsiyum karbonat bileşiminin örnekteki yoğunluğunu göstermektedir, (Şekil 4.23). Örneğin yapısında magnezyum elementi de görülmektedir. Magnezyum ile bileşim kuran karbonatlara ise dolomit adı verilmektedir. Konak taşını dolomit olarak adlandırmak mümkündür.

## 5. KARŞILAŞTIRMA

Sonuç olarak yukarıda yapılan tez kapsamındaki deney çalışmaları ile Mardin ocak taşının günümüzdeki durumu ile tarihsel süreç ile günümüze dek süregelmiş tarihi yapı örneklerinden elde edilmiş olan Mardin kireçtaşları arasında bir değerlendirme ve kıyas yapmak mümkün olmaktadır. Numunelerin fiziksel, mekanik ve ince yapı değerleri, Mardin kireçtaşının zaman içindeki değişimini ve özelliklerindeki farklılıkları-benzerlikleri ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar ışığında bu taşın dayanımı hakkında bir sonuç çıkarmak mümkündür.

Bu bağlamda ocak taşı ve tarihi yapı örneklerinden elde edilmiş örneklerin öncelikle ince yapı değerlerini karşılaştırmak bu taşların aynı yörenin taşı olup olmadığını ortaya koyacaktır. Yapılmış olan minerolojik ve petroğrafik analizler, iç kesit analizleri ve x ışını grafiği değerleri her üç taşın da aynı yörenin farklı ocaklarından çıkarılmış olan kireçtaşı örnekleri olduğunu göstermektedir. Üç taş örneği de dolomitik kireç taşı olarak adlandırılmaktadır. Bu sonuç ise üç taşın da yapısında bağlayıcısı kalsiyum karbonat çimentosu olan kalsit kristallerinin yoğun olarak bulunması ile açıklanabilmektedir.

Ayrıca Konak taş numunesinin asit kaybı % 87 iken Medrese taş numunesinin asit kaybı %81'dir. Bu durum Medrese taşının kil içeriğinin Konak taşına göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Fakat her iki yapı taşının asit kaybı ocak taşına yakın değerdedir. Yani üç örneğin kil içerikleri birbirine yakın oranlara sahiptir.

Üç taş örneğinin su emme değerlerine bakıldığı zaman farklılıklar olduğu, bunun yanı sıra bu farkların çok yüksek değerler olmadığı görülmektedir. Taşların yoğunluk ve özgül ağırlıkları da birbirine yakındır. Fakat taşların kılcallık değerleri birbirinden farklı değerlere sahiptir. burada dikkat edilmesi gereken ise, ocak tasının A numunelerinin kılcallık katsayısı 14,95 iken B ve C numunelerinin ortalama kılcallık katsayılarının 6,33 ve 7,74 olduğudur. Bu bağlamda ocak taşının A numunesi ile Medrese taşı kılcallık değerleri birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç ocak taşının sert bölümlerinin sonuçlara belirli düzeyde etki ettiğini göstermektedir, (Tablo 5.1).

**Tablo 5.1:** Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

| Numuneler | Sk (%) | Sh (%) | Skk (%) | Skh (%) | dh ($g/cm^3$) | do ($g/cm^3$) | Porozite (%) | Doymuşluk derecesi (%) | Kılcallık katsayısı ($g/m^2\sqrt{dk}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ocak Taşı | 7,38 | 14,65 | 14,61 | 28,89 | 1,99 | 2,78 | 28 | 72 | 967,32 |
| Abdüllatif Konağı | 5,96 | 12,72 | 11,21 | 23,92 | 2,14 | 2,84 | 25 | 75 | 510,27 |
| Kasımiye Medresesi | 8,4 | 17,68 | 15,24 | 31,86 | 2,11 | 2,72 | 22,5 | 77,5 | 1589,59 |

Mekanik özellikler karşılaştırıldığı zaman üç taş örneğinin de aynı sertlik değerine sahip olduğu görülmektedir. Ultrases hızlarında farklılıklar görülmektedir. Fakat bu farklılıklar da fazla değildir. Eğilme dayanımında Konak taşının dayanımının diğerlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Basınç dayanımlarında ise yine Konak taşı diğerlerine göre yüksek değerlere sahiptir. Diğer numunelerin değerleri ise daha değişkendir. Bunun sebebi ise homojen bir taş olmamalarından kaynaklanmaktadır. Her iki taştaki sert bölümler mekanik özelliklerinde farklılığa sebep olmaktadır, (Tablo 5.2).

**Tablo 5.2:** Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması

| Numuneler | Ultrases Hızı (km/sn) | Eğilme Dayanımı (Mpa) | Basınç 1 Dayanımı (N) | Basınç 2 Dayanımı (N) | Sertlik Değeri (mohs) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ocak Taşı | 2,91 | 3,85 | 21,13 | 21,67 | 2--3 |
| Abdüllatif Konağı | 3,24 | 7,71 | 22,99 | 26,17 | 2--3 |
| Kasımiye Medresesi | 2,65 | 3,05 | 16,70 | 25,60 | 2--3 |

Sonuç olarak; üç taş örneği bileşim olarak birbirine benzemektedir. Aynı yörenin farklı bölümlerinden elde edilmiş taş örneği olma ihtimalleri fazladır. Çünkü Medrese taşı ile ocak taşı örneklerinde magnezyum oksit görülmekte iken Konak taşında yer almamaktadır. Bunun yanı sıra 3 taş örneğinin kil içerikleri oran olarak birbirine yakındır.

Bu sonuç ile birlikte taş örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinde aşırı derece olmayan farklar görülmektedir. Bileşim olarak aynı olan numunelerin bu özelliklerindeki değişme sebepleri çok çeşitli olabilir. Numunenin yapıdan alındığı bölüm, binanın işlevi, numunelerin çıkarıldığı taş ocağı ve taşların farklı dönemlere ait olması bu duruma etki eden sebeplerdendir. Özellikle farklı dönemlerde kullanılmış olan tarihi doku örnekleri günümüze dek yapı taşı olma niteliğini devam ettirmiştir. Bu örneklerin zamanla karbonatlaşması fiziksel ve mekanik özelliklerine yansımıştır.

# 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması ile Mardin yöresinden çıkarılan kireç taşları hakkında deneysel verilere dayanan bir çalışma yapılmıştır. Mardin tarihi yapılarında kullanılmış kireçtaşlarının özellikleri deneysel olarak belirlenmiş, buna paralel olarak yine Mardin yöresindeki bir ocaktan alınan kireçtaşları analiz edilmiştir. Tarihi yapılardan alınan taşın özellikleri ile ocaktan alınan taşın özellikleri karşılaştırılarak zaman boyutunun etkilerini belirlemek ve Mardin kireçtaşının daha bilinçli olarak kullanımına katkı getirmek amacı ile üç taş örneği için sonuçlar oluşturulmuştur. Mardin ocak taşı ve diğer yapı taşları için analiz sonuçları genel olarak aynıdır. Özellikle kimyasal yapılar birbirine çok benzemektedir.

Mardin ocak taşına bakıldığı zaman, taşın heterojen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Taşın yapısındaki sert bölümler ve boşluklar bu taş için önemli bir parametredir. Özellikle fiziksel ve mekanik özelliklerde sert bölümlerin etkisi sonuçlara yansımıştır. Yine mekanik deneylerde numunelerin sahip olduğu boşluklar sonuca etki etmiştir. Ocak taşı yapı olarak kalsit kristallerinden oluşmakta, yapısında demir ve magnezyum bileşiklerini de içermektedir. Bu şekilde sert bölümlerin karbonatlaşmasının ve bağlayıcılığının farklı olduğu fakat yine aynı bileşim olduğu söylenebilmektedir.

Kasımiye Medresesi numunelerine bakıldığı zaman, çok fazla sert bölümler içermeyen bir heterojenliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu durum da fiziksel özelliklerde görülmektedir. Özellikle su emme değerlerinin yüksek olması bu sebepledir. Sert bölümlerin etkisi mekanik özelliklere, ocak taşında olduğu gibi, yansımaktadır. Bu durumun açılanmasına en iyi örnek, mekanik deneylerde eğilme ve basınç

dayanımlarının bazı değerlerindeki faklılıklar gösterilmektedir. Numunelerin bileşim olarak kalsit kristallerinden oluşması ve yapısında magnezyum ve demir içermesi ile Mardin ocak taşına benzerliği dikkat çekmektedir.

Konak taşı numunelerinin deney sonuçlarına göre, daha sert bir taş olduğu söylenebilmektedir. Bu taşın rengi diğer numunelere göre farklıdır. Diğer taş örnekleri gibi heterojen bir yapıya sahiptir. Sert bölümlerinde etkili olması ile birlikte taşın mekanik değerleri, diğer taşlara göre daha sert bir taş olduğunu göstermektedir. Fiziksel özellikleri ile de sert bir taş olduğu görülmektedir. Özellikle kılcallık ve su emme değerlerinde bu sonuç daha iyi görülmektedir. Taş, kimyasal yapısı karbonat bağlayıcılı kalsit kristalleridir. Bu özelliği ile diğer numunelere benzemektedir. Yapısında demir bulunmasına rağmen magnezyuma rastlanmamıştır. Bu numunelere diğer taş örneklerinin bir derece sertleşmiş hali demek mümkündür.

Yukarıda fiziksel ve mekanik özellikleri ile iç yapı analizleri verilmiş olan Mardin kireçtaşının bir yapı malzemesi olarak kullanımı daha bilinçli olacaktır. Böylelikle bu malzemenin kullanım verimi artırılmış olmakla birlikte malzemenin özelliklerine uygun şartlarda kullanımı da sağlanmış olacaktır.

## KAYNAKLAR


**Acun, S. and Arıoğlu, N.,** 2006. A method concerning the preservation and restoration works of the Stones used in historical buildings, *Architectural Science Review*, **40(2),** 1223-1230.

**Acun, S., Güleç, A. and Ersen, A.,** 2003. Efficacy o the consolidants and the water repellents for the conservation of Şirinçavuş volcanic tuff, Proceedings of the Industrial Minerals and Building Stones, *International Symposium*, Istanbul, Turkey, September 2003, 363-370.

**Adin, H.,** 2000. Mardin ve Midyat'ta Kullanılan Bina Yapı Taşlarının Bazı Fiziksel Özellikleri.

**Alioğlu E. Füsun,** 2000. Mardin : Şehir Dokusu ve Evler, İstanbul.

**Altun, A.,** 1971. Mardin'de Türk Devri Mimarisi, Gün Matbaası, İstanbul.

**Borelli, E. and Urland, A.,** 1999. Laboratory Handbook: Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials, ICCROM-UNESCO yayını, Roma.

**Dinç, O.,** 2004. Endüstriyel Hammaddeler Kireçtaşları, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

**Erguvanlı, K.,** 1955. Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları, İTÜ yayını, İstanbul.

**Gabriel, A.,** "Mardin ve Diyarbakır Vilayetlerinde İcra Olunmuş Bir Arkeologya Seyahati Hakkında Rapor", *T.T.A.E. Dergisi*, Ankara.

**Gökaltun, E.,** 1997. Atmosferik Kirleticilerin Kuru ve Islak Çökelme Mekanizmalarının Kireçtaşlarındaki Parlaklık Kaybına Etkisi, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.

**Göyünç N.,** 1969. XVI. Yy'da Mardin Sancağı, İstanbul.

**Kocataşkın, F.,** 2000. Yapı Malzemesi Bilimi: Özellikler ve Deneyler, İTÜ, İnşaat Fakültesi, İstanbul.

**Meriçboyu, E.,** 1988. Kireçtaşı ve Dolomitlerin Akışkan Yatakta Ufalanma Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, İstanbul.

**Önenç Deniz İskender,** 2005. Medeniyetlerin Taşı "Mardin Taşı" ve Özellikleri, *59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri.*

**Özgünler, Seden Acun,** 2007. Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.

**Özışık, M. N.,** 1985. Heat Transfer, A Basic Approch, Mc Graw Hill.

**Öztank Nimet,** 2005. Mermer, Kireçtaşı ve Konglomeraların Yapılarda kullanımını Denetleyen Parametreler, *Şantiye*, sayı: **202**, s.86-88, Şatana Yayıncılık, İstanbul.

**TS 699,** 1976. Doğal Taşlar, Deney Metotları, 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,** 2000. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Basınç Dayanımı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 1936,** 2001. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 12370,** 2001. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 12371,** 2001. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Dona Dayanım Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 12372,** 2003. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanımı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 12390 – 6,** 2002. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 6: deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 12407,** 2002. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Petrografik İnceleme, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 14579,** Doğal Taş Deney Metotları-Ses Hızının İlerlemesinin Tayini, *Türk*

*Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**TS EN 14146,** Doğal Taşlar Deney Metotları-Dinamik Elastisite Modülünün Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

**Ulupınar, Özlem,** 2000. Bazı Kumtaşı, Kireçtaşı ve tüflerde Kimyasal Yöntemlerle Sağlamlaştırma Üzerine Bir Araştırma, *İTÜ Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.

**Yıldırım Neşe,** 2006. Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması, *İTÜ Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.

**Yıldız, İ.,** 2003. Savur'daki Mimari Eserler, YYÜ, *Yüksek Lisans Tezi*, Van.

**Yüzer, E.,** 1997. Türkiye'nin Doğal Taşları, Gün Matbaası, İstanbul.

**Tablo 1.A:** A Numunesinin Kılcallık Deneyi Sonuçları

| Numune No | taban alanı ($m^2$) | ilk ağr. | 1. dk. | 4. dk. | 9. dk. | 16. dk. | 25. dk. | 36. dk. | 49. dk. | 64. dk. | 81. dk. | 100. dk. | 121. dk. | 144. dk. | 169. dk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | **0,0016** | 516,27 | 516,93 | 524,01 | 526,93 | 529,45 | 532,05 | 534,50 | 536,97 | 539,43 | 541,83 | 544,25 | 546,70 | 549,16 | 551,85 |
| **A-2** | **0,0016** | 547,37 | 548,07 | 553,78 | 555,79 | 557,59 | 559,38 | 561,01 | 562,78 | 564,67 | 566,52 | 568,33 | 570,13 | 571,88 | 573,50 |
| **A-3** | **0,0016** | 502,12 | 503,08 | 508,86 | 510,89 | 512,88 | 515,02 | 517,29 | 519,59 | 521,86 | 524,11 | 526,38 | 528,67 | 531,02 | 533,33 |
| **A-4** | **0,0016** | 529,28 | 529,79 | 535,37 | 536,98 | 538,61 | 540,22 | 541,84 | 543,49 | 545,23 | 547,03 | 548,81 | 550,45 | 551,88 | 553,09 |

**su emme miktarı ( $g/m^2$)**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 412,50 | 4837,50 | 6662,50 | 8237,50 | 9862,50 | 11393,75 | 12937,50 | 14475,00 | 15975,00 | 17487,50 | 19018,75 | 20556,25 | 22237,50 |
| **A-2** | 437,50 | 4006,25 | 5262,50 | 6387,50 | 7506,25 | 8525,00 | 9631,25 | 10812,50 | 11968,75 | 13100,00 | 14225,00 | 15318,75 | 16331,25 |
| **A-3** | 600,00 | 4212,50 | 5481,25 | 6725,00 | 8062,50 | 9481,25 | 10918,75 | 12337,50 | 13743,75 | 15162,50 | 16593,75 | 18062,50 | 19506,25 |
| **A-4** | 318,75 | 3806,25 | 4812,50 | 5831,25 | 6837,50 | 7850,00 | 8881,25 | 9968,75 | 11093,75 | 12206,25 | 13231,25 | 14125,00 | 14881,25 |
| **Ortalama** | **442,19** | **4215,63** | **5554,69** | **6795,31** | **8067,19** | **9312,50** | **10592,19** | **11898,44** | **13195,31** | **14489,06** | **15767,19** | **17015,63** | **18239,06** |

**Kılcal Su emme katsayısı ($g/m^2.\sqrt{dk}$)**

| | | | | | | | | | | | | | | **ort** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 412,50 | 2418,75 | 2220,83 | 2059,38 | 1972,50 | 1898,96 | 1848,21 | 1809,38 | 1775,00 | 1748,75 | 1728,98 | 1713,02 | 1710,58 | **1793,60** |
| **A-2** | 437,50 | 2003,12 | 1754,17 | 1596,88 | 1501,25 | 1420,83 | 1375,89 | 1351,56 | 1329,86 | 1310,00 | 1293,18 | 1276,56 | 1256,25 | **1377,47** |
| **A-3** | 600,00 | 2106,25 | 1827,08 | 1681,25 | 1612,50 | 1580,21 | 1559,82 | 1542,19 | 1527,08 | 1516,25 | 1508,52 | 1505,21 | 1500,48 | **1543,60** |
| **A-4** | 318,75 | 1903,13 | 1604,17 | 1457,81 | 1367,50 | 1308,33 | 1268,75 | 1246,09 | 1232,64 | 1220,63 | 1202,84 | 1177,08 | 1144,71 | **1265,57** |
| **Ortalama** | **442,19** | **2107,81** | **1851,56** | **1698,83** | **1613,44** | **1552,08** | **1513,17** | **1487,30** | **1466,15** | **1448,91** | **1433,38** | **1417,97** | **1403,00** | **1495,06** |

**Tablo 1.B:** B Numunesinin Kılcallık Deneyi Sonuçları

| Numune No | taban alanı ($m^2$) | ilk ağr. | 1. dk. | 4. dk. | 9. dk. | 16. dk. | 25. dk. | 36. dk. | 49. dk. | 64. dk. | 81. dk. | 100. dk. | 121. dk. | 144. dk. | 169. dk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-1** | **0,0016** | 530,74 | 531,51 | 535,21 | 536,94 | 538,69 | 540,35 | 541,99 | 543,57 | 544,99 | 546,43 | 547,73 | 549,09 | 550,47 | 551,84 |
| **B-2** | **0,0016** | 579,25 | 579,46 | 580,55 | 580,99 | 581,38 | 581,75 | 582,09 | 582,40 | 582,69 | 583,02 | 583,37 | 583,69 | 584,00 | 584,27 |
| **B-3** | **0,0016** | 545,36 | 545,51 | 545,97 | 546,12 | 546,26 | 546,40 | 546,52 | 546,61 | 546,73 | 546,84 | 546,91 | 547,04 | 547,13 | 547,24 |
| **B-4** | **0,0016** | 498,59 | 499,44 | 502,84 | 504,33 | 506,03 | 507,52 | 508,90 | 510,28 | 511,68 | 513,17 | 514,61 | 516,10 | 517,59 | 519,13 |

| **su emme miktarı ($g/m^2$)** | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-1** | 481,25 | 2793,75 | 3875,00 | 4968,75 | 6006,25 | 7031,25 | 8018,75 | 8906,25 | 9806,25 | 10618,75 | 11468,75 | 12331,25 | 13187,50 |
| **B-2** | 131,25 | 812,50 | 1087,50 | 1331,25 | 1562,50 | 1775,00 | 1968,75 | 2150,00 | 2356,25 | 2575,00 | 2775,00 | 2968,75 | 3137,50 |
| **B-3** | 93,75 | 381,25 | 475,00 | 562,50 | 650,00 | 725,00 | 781,25 | 856,25 | 925,00 | 968,75 | 1050,00 | 1106,25 | 1175,00 |
| **B-4** | 531,25 | 2656,25 | 3587,50 | 4650,00 | 5581,25 | 6443,75 | 7306,25 | 8181,25 | 9112,50 | 10012,50 | 10943,75 | 11875,00 | 12837,50 |
| **Ortalama** | **309,38** | **1660,94** | **2256,25** | **2878,13** | **3450,00** | **3993,75** | **4518,75** | **5023,44** | **5550,00** | **6043,75** | **6559,38** | **7070,31** | **7584,38** |

| **Kılcal Su emme katsayısı ($g/m^2.\sqrt{dk}$)** | | | | | | | | | | | | | | **ort** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-1** | 481,25 | 1396,88 | 1291,67 | 1242,19 | 1201,25 | 1171,88 | 1145,54 | 1113,28 | 1089,58 | 1061,88 | 1042,61 | 1027,60 | 1014,42 | **1098,46** |
| **B-2** | 131,25 | 406,25 | 362,50 | 332,81 | 312,50 | 295,83 | 281,25 | 268,75 | 261,81 | 257,50 | 252,27 | 247,40 | 241,35 | **280,88** |
| **B-3** | 93,75 | 190,63 | 158,33 | 140,62 | 130,00 | 120,83 | 111,61 | 107,03 | 102,78 | 96,87 | 95,45 | 92,19 | 90,38 | **117,73** |
| **B-4** | 531,25 | 1328,13 | 1195,83 | 1162,50 | 1116,25 | 1073,96 | 1043,75 | 1022,66 | 1012,50 | 1001,25 | 994,89 | 989,58 | 987,50 | **1035,39** |
| **Ortalama** | **309,38** | **830,47** | **752,08** | **719,53** | **690,00** | **665,63** | **645,54** | **627,93** | **616,67** | **604,38** | **596,31** | **589,19** | **583,41** | **633,12** |

**Tablo 1.C:** C Numunesinin Kılcallık Deneyi Sonuçları

| Numune No | taban alanı ($m^2$) | ilk ağr. | 1. dk. | 4. dk. | 9. dk. | 16. dk. | 25. dk. | 36. dk. | 49. dk. | 64. dk. | 81. dk. | 100. dk. | 121. dk. | 144. dk. | 169. dk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-1** | **0,0016** | 484,53 | 485,2 | 489,38 | 491,44 | 493,96 | 496,29 | 499,17 | 501,53 | 504,2 | 505,84 | 507,13 | 508,40 | 509,67 | 510,58 |
| **C-2** | **0,0016** | 530,61 | 530,9 | 532,53 | 533,34 | 534,26 | 534,94 | 535,81 | 536,48 | 537,36 | 537,97 | 538,52 | 539,1 | 539,75 | 540,27 |
| **C-3** | **0,0016** | 533,45 | 533,74 | 535,00 | 536,21 | 537,01 | 537,51 | 538,13 | 538,61 | 539,36 | 539,83 | 540,41 | 540,93 | 541,47 | 544,95 |

**su emme miktarı ($g/m^2$)**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-1** | 418,75 | 3031,25 | 4318,75 | 5893,75 | 7350,00 | 9150,00 | 10625,00 | 12293,75 | 13318,75 | 14125,00 | 14918,75 | 15712,50 | 16281,25 |
| **C-2** | 181,25 | 1200,00 | 1706,25 | 2281,25 | 2706,25 | 3250,00 | 3668,75 | 4218,75 | 4600,00 | 4943,75 | 5306,25 | 5712,50 | 6037,50 |
| **C-3** | 181,25 | 968,75 | 1725,00 | 2225,00 | 2537,50 | 2925,00 | 3225,00 | 3693,75 | 3987,50 | 4350,00 | 4675,00 | 5012,50 | 7187,50 |
| **Ortalama** | **260,42** | **1733,33** | **2583,33** | **3466,67** | **4197,92** | **5108,33** | **5839,58** | **6735,42** | **7302,08** | **7806,25** | **8300,00** | **8812,50** | **9835,42** |

**Kılcal Su emme katsayısı ($g/m^2.\sqrt{dk}$)**

| | | | | | | | | | | | | | | ort |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-1** | 418,75 | 1515,63 | 1439,58 | 1473,44 | 1470,00 | 1525,00 | 1517,86 | 1536,72 | 1479,86 | 1412,50 | 1356,25 | 1309,38 | 1252,40 | **1362,10** |
| **C-2** | 181,25 | 600,00 | 568,75 | 570,31 | 541,25 | 541,67 | 524,11 | 527,34 | 511,11 | 494,37 | 482,39 | 476,04 | 464,42 | **498,69** |
| **C-3** | 181,25 | 484,37 | 575,00 | 556,25 | 507,50 | 487,50 | 460,71 | 461,72 | 443,06 | 435,00 | 425,00 | 417,71 | 552,88 | **460,61** |
| **Ortalama** | **260,42** | **866,67** | **861,11** | **866,67** | **839,58** | **851,39** | **834,23** | **841,93** | **811,34** | **780,62** | **754,55** | **734,38** | **756,57** | **773,80** |

## EK 2: A, B, C Numunelerinin Su Emme Ağırlıkları

**Tablo 2.A:** A Numunesinin Su Emme Ağırlıkları

| Numune No | Etüv Ağr. (g) | İlk Ağr. (g) | Suya Doygun Ağr. (g) | Suda Ağr. (g) | Kaynatarak Suya Doygun Ağr. (g) | Kaynatarak Suda Ağr. (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 516,18 | 516,27 | 562,79 | 293,40 | 603,99 | 332,80 |
| **A-2** | 547,14 | 547,37 | 589,84 | 313,60 | 629,07 | 351,10 |
| **A-3** | 502,05 | 502,12 | 543,09 | 281,30 | 587,60 | 324,10 |
| **A-4** | 529,18 | 529,28 | 565,42 | 302,80 | 602,78 | 339,6 |

**Tablo 2.B:** B Numunesinin Su Emme Ağırlıkları

| Numune No | Etüv Ağr. (g) | İlk Ağr. (g) | Suya Doygun Ağr. (g) | Suda Ağr. (g) | Kaynatarak Suya Doygun Ağr. (g) | Kaynatarak Suda Ağr. (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-1** | 530,72 | 530,74 | 574,72 | 301,00 | 615,53 | 342,00 |
| **B-2** | 579,12 | 579,25 | 619,08 | 341,50 | 647,00 | 369,70 |
| **B-3** | 545,20 | 545,36 | 582,79 | 321,60 | 607,66 | 346,70 |
| **B-4** | 498,55 | 498,59 | 544,58 | 290,00 | 575,89 | 321,4 |

**Tablo 2.C:** C Numunesinin Su Emme Ağırlıkları

| Numune No | Etüv Ağr. (g) | İlk Ağr. (g) | Suya Doygun Ağr. (g) | Suda Ağr. (g) | Kaynatarak Suya Doygun Ağr. (g) | Kaynatarak Suda Ağr. (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-1** | 484,42 | 484,53 | 518,63 | 271,70 | 558,67 | 311,40 |
| **C-2** | 530,56 | 530,61 | 563,29 | 296,80 | 606,64 | 339,60 |
| **C-3** | 533,39 | 533,45 | 564,73 | 300,60 | 606,23 | 341,40 |

## EK 3: A, B, C Numunelerinin Eğilme Dayanımları

**Tablo 3.A:** A Numunelerinin Eğilme Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Eğilme Yükü ( N ) | Eğilme Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 42,02 | 40,38 | 100 | 1696,77 | 900 | 1,89 |
| **A-2** | 39,8 | 42,3 | 100 | 1683,54 | 1400 | 3,13 |
| **A-3** | 40,75 | 39,47 | 100 | 1608,40 | 1500 | 3,43 |
| **A-4** | 40,16 | 39,27 | 100 | 1577,08 | 1000 | 2,37 |
| **A5** | 39,05 | 41,23 | 100 | 1610,03 | 950 | 2,27 |
| **A6** | 39,34 | 42,21 | 100 | 1660,54 | 2000 | 4,59 |
| **A7** | 38,50 | 42,67 | 100 | 1642,80 | 2850 | 6,76 |
| **A8** | 39,02 | 42,21 | 100 | 1647,03 | 1200 | 2,80 |
| | | | | **Ortalama** | **1475** | **3,41** |

**Tablo 3.B:** B Numunelerinin Eğilme Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Eğilme Yükü ( N ) | Eğilme Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-5** | 39,71 | 39,97 | 100 | 1587,21 | 1100 | 2,62 |
| **B-6** | 40,33 | 39,82 | 100 | 1605,94 | 1300 | 3,01 |
| **B-8** | 39,55 | 37,87 | 100 | 1497,76 | 1150 | 2,91 |
| **B-9** | 39,73 | 40,05 | 100 | 1591,19 | 1900 | 4,51 |
| | | | | **ortalama** | **1363** | **3,26** |

**Tablo 3.C:** C Numunelerinin Eğilme Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Eğilme Yükü ( N ) | Eğilme Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-4** | 43,1 | 43,53 | 100 | 1876,14 | 1450 | 2,69 |
| **C-5** | 39,49 | 37,92 | 100 | 1497,46 | 2500 | 6,34 |
| **C-6** | 41,43 | 42,04 | 100 | 1741,72 | 2700 | 5,61 |
| | | | | **ortalama** | **2217** | **4,88** |

## EK 4: A, B, C Numunelerinin Basınç Dayanımları

**Tablo 4.A:** A Numunelerinin Basınç Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Basınç Yükü ( N ) (1) | Basınç Yükü ( N ) (2) | 1. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A-1** | 42,02 | 40,38 | 40 | 1680,80 | 13000 | 16000 | 7,73 | 9,52 |
| **A-2** | 39,8 | 42,3 | 40 | 1592,00 | 38000 | 40000 | 23,87 | 25,13 |
| **A-3** | 40,75 | 39,47 | 40 | 1630,00 | 20000 | 21000 | 12,27 | 12,88 |
| **A-4** | 40,16 | 39,27 | 40 | 1606,40 | 58000 | 23000 | 36,11 | 14,32 |
| **A-5** | 39,05 | 41,23 | 40 | 1562,00 | 38000 | 36000 | 24,33 | 23,05 |
| **A-6** | 39,34 | 42,21 | 40 | 1573,60 | 45000 | 48000 | 28,60 | 30,50 |
| **A-7** | 38,50 | 42,67 | 40 | 1540,00 | 42000 | 44000 | 27,27 | 28,57 |
| **A-8** | 39,02 | 42,21 | 40 | 1560,80 | 42000 | 49000 | 26,91 | 31,39 |
| | | | | **Ortalama** | **37000** | **34625** | **23,39** | **21,92** |

**Tablo 4.B:** B Numunelerinin Basınç Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Basınç Yükü ( N )(1) | Basınç Yükü ( N )(2) | 1. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B-5** | 39,71 | 39,97 | 40 | 1588,40 | 25000 | 32000 | 15,74 | 20,15 |
| **B-6** | 40,33 | 39,82 | 40 | 1613,20 | 27000 | 29500 | 16,74 | 18,29 |
| **B-8** | 39,55 | 37,87 | 40 | 1582,00 | 25000 | 20000 | 15,80 | 12,64 |
| **B-9** | 39,73 | 40,05 | 40 | 1589,20 | 57000 | | 35,87 | 0,00 |
| | | | | **ortalama** | **33500** | **20375** | **21,04** | **17,02** |

**Tablo 4.C:** C Numunelerinin Basınç Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Basınç Yükü ( N )(1) | Basınç Yükü ( N )(2) | 1. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) | 2. Parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **C-4** | 43,1 | 43,53 | 40 | 1724,00 | 24000 | 33000 | 13,92 | 19,14 |
| **C-5** | 39,49 | 37,92 | 40 | 1579,60 | 47000 | 40000 | 29,75 | 25,32 |
| **C-6** | 41,43 | 42,04 | 40 | 1657,20 | 22000 | 56000 | 13,28 | 33,79 |
| | | | | **Ortalama** | **31000** | **43000** | **18,98** | **26,09** |

**Tablo 5.A:** E Numunesinin Kılcallık Deneyi Sonuçları

| Numune No | taban alanı ($m^2$) | ilk ağr. | 1. dk. | 4. dk. | 9. dk. | 16. dk. | 25. dk. | 36. dk. | 49. dk. | 64. dk. | 81. dk. | 100. dk. | 121. dk. | 144. dk. | 169. dk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | **0,0016** | 493,14 | 493,79 | 496,02 | 496,70 | 497,39 | 497,96 | 498,52 | 499,09 | 499,69 | 500,23 | 500,69 | 501,09 | 501,44 | 501,78 |
| **E-2** | **0,0016** | 548,25 | 548,51 | 550,05 | 550,65 | 551,05 | 551,58 | 552,06 | 552,51 | 553,07 | 553,95 | 553,99 | 554,23 | 554,50 | 554,78 |
| **E-3** | **0,0016** | 533,60 | 534,11 | 536,06 | 536,70 | 537,31 | 537,92 | 538,43 | 538,90 | 539,46 | 539,93 | 540,34 | 540,69 | 541,01 | 541,36 |
| **E-4** | **0,0016** | 555,98 | 556,72 | 559,06 | 559,76 | 560,63 | 561,30 | 562,08 | 562,74 | 563,49 | 564,16 | 564,74 | 565,25 | 565,76 | 566,27 |

**su emme miktarı ($g/m^2$)**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 406,25 | 1800,00 | 2225,00 | 2656,25 | 3012,50 | 3362,50 | 3718,75 | 4093,75 | 4431,25 | 4718,75 | 4968,75 | 5187,50 | 5400,00 |
| **E-2** | 162,50 | 1125,00 | 1500,00 | 1750,00 | 2081,25 | 2381,25 | 2662,50 | 3012,50 | 3562,50 | 3587,50 | 3737,50 | 3906,25 | 4081,25 |
| **E-3** | 318,75 | 1537,50 | 1937,50 | 2318,75 | 2700,00 | 3018,75 | 3312,50 | 3662,50 | 3956,25 | 4212,50 | 4431,25 | 4631,25 | 4850,00 |
| **E-4** | 462,50 | 1925,00 | 2362,50 | 2906,25 | 3325,00 | 3812,50 | 4225,00 | 4693,75 | 5112,50 | 5475,00 | 5793,75 | 6112,50 | 6431,25 |
| **Ortalama** | **337,50** | **1596,87** | **2006,25** | **2407,81** | **2779,69** | **3143,75** | **3479,69** | **3865,63** | **4265,62** | **4498,44** | **4732,81** | **4959,37** | **5190,62** |

**Kılcal Su emme katsayısı ($g/m^2.\sqrt{dk}$)**

| | | | | | | | | | | | | | | **ort** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 406,25 | 900,00 | 741,67 | 664,06 | 602,50 | 560,42 | 531,25 | 511,72 | 492,36 | 471,88 | 451,70 | 432,29 | 415,38 | **552,42** |
| **E-2** | 162,50 | 562,50 | 500,00 | 437,50 | 416,25 | 396,87 | 380,36 | 376,56 | 395,83 | 358,75 | 339,77 | 325,52 | 313,94 | **382,03** |
| **E-3** | 318,75 | 768,75 | 645,83 | 579,69 | 540,00 | 503,12 | 473,21 | 457,81 | 439,58 | 421,25 | 402,84 | 385,94 | 373,08 | **485,37** |
| **E-4** | 462,50 | 962,50 | 787,50 | 726,56 | 665,00 | 635,42 | 603,57 | 586,72 | 568,06 | 547,50 | 526,70 | 509,37 | 494,71 | **621,24** |
| **Ortalama** | **337,50** | **798,44** | **668,75** | **601,95** | **555,94** | **523,96** | **497,10** | **483,20** | **473,96** | **449,84** | **430,26** | **413,28** | **399,28** | **510,27** |

**Tablo 5.B:** K Numunesinin Kılcallık Deneyi Sonuçları

| Numune No | taban alanı ($m^2$) | ilk ağr. | 1. dk. | 4. dk. | 9. dk. | 16. dk. | 25. dk. | 36. dk. | 49. dk. | 64. dk. | 81. dk. | 100. dk. | 121. dk. | 144. dk. | 169. dk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | **0,0016** | 525,44 | 526,22 | 533,11 | 535,98 | 539,14 | 542,42 | 545,76 | 549,07 | 552,40 | 555,29 | 557,30 | 559,07 | 560,48 | 561,87 |
| **K-2** | **0,0016** | 522,24 | 522,99 | 530,40 | 533,26 | 536,37 | 539,41 | 542,45 | 545,32 | 548,11 | 550,16 | 551,40 | 552,43 | 553,20 | 553,97 |
| **K-3** | **0,0016** | 483,95 | 484,46 | 488,71 | 489,89 | 491,35 | 492,51 | 493,55 | 494,55 | 495,68 | 496,73 | 497,69 | 498,88 | 499,99 | 501,10 |
| **K-4** | **0,0016** | 537,15 | 537,97 | 544,94 | 547,33 | 549,63 | 551,91 | 554,18 | 556,18 | 557,85 | 558,96 | 559,67 | 560,27 | 560,73 | 561,21 |

**su emme miktarı ($g/m^2$)**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 487,50 | 4793,75 | 6587,50 | 8562,50 | 10612,50 | 12700,00 | 14768,75 | 16850,00 | 18656,25 | 19912,50 | 21018,75 | 21900,00 | 22768,75 |
| **K-2** | 468,75 | 5100,00 | 6887,50 | 8831,25 | 10731,25 | 12631,25 | 14425,00 | 16168,75 | 17450,00 | 18225,00 | 18868,75 | 19350,00 | 19831,25 |
| **K-3** | 318,75 | 2975,00 | 3712,50 | 4625,00 | 5350,00 | 6000,00 | 6625,00 | 7331,25 | 7987,50 | 8587,50 | 9331,25 | 10025,00 | 10718,75 |
| **K-4** | 512,50 | 4868,75 | 6362,50 | 7800,00 | 9225,00 | 10643,75 | 11893,75 | 12937,50 | 13631,25 | 14075,00 | 14450,00 | 14737,50 | 15037,50 |
| **Ortalama** | **446,88** | **4434,38** | **5887,50** | **7454,69** | **8979,69** | **10493,75** | **11928,13** | **13321,88** | **14431,25** | **15200,00** | **15917,19** | **16503,13** | **17089,06** |

**Kılcal Su emme katsayısı ($g/m^2.\sqrt{dk}$)**

| | | | | | | | | | | | | | | **ort** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 487,50 | 2396,87 | 2195,83 | 2140,62 | 2122,50 | 2116,67 | 2109,82 | 2106,25 | 2072,92 | 1991,25 | 1910,80 | 1825,00 | 1751,44 | **1940,58** |
| **K-2** | 468,75 | 2550,00 | 2295,83 | 2207,81 | 2146,25 | 2105,21 | 2060,71 | 2021,09 | 1938,89 | 1822,50 | 1715,34 | 1612,50 | 1525,48 | **1882,34** |
| **K-3** | 318,75 | 1487,50 | 1237,50 | 1156,25 | 1070,00 | 1000,00 | 946,43 | 916,41 | 887,50 | 858,75 | 848,30 | 835,42 | 824,52 | **952,87** |
| **K-4** | 512,50 | 2434,38 | 2120,83 | 1950,00 | 1845,00 | 1773,96 | 1699,11 | 1617,19 | 1514,58 | 1407,50 | 1313,64 | 1228,13 | 1156,73 | **1582,58** |
| **Ortalama** | **446,88** | **2217,19** | **1962,50** | **1863,67** | **1795,94** | **1748,96** | **1704,02** | **1665,23** | **1603,47** | **1520,00** | **1447,02** | **1375,26** | **1314,54** | **1589,59** |

## EK 6: E ve K Numunelerinin Su Emme Ağırlıkları

**Tablo 6.A:** E Numunesinin Su Emme Ağırlıkları

| Numune No | Etüv Ağr. (g) | İlk Ağr. (g) | Suya Doygun Ağr. (g) | Suda Ağr. (g) | Kaynatarak Suya Doygun Ağr. (g) | Kaynatarak Suda Ağr. (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 491,73 | 493,14 | 522,39 | 290,3 | 548,47 | 317,4 |
| **E-2** | 548,14 | 548,25 | 575,52 | 324,9 | 604,73 | 353,9 |
| **E-3** | 532,18 | 533,6 | 559,49 | 317,4 | 586,84 | 345,3 |
| **E-4** | 555,88 | 555,98 | 589,06 | 329,5 | 618,12 | 357,6 |
| **E-5** | 543,26 | 543,37 | 581,24 | 318,6 | 610,21 | 344,8 |
| **E-6** | 466,29 | 466,38 | 496,33 | 276,2 | 522,27 | 302,5 |
| **E-7** | 565,69 | 565,81 | 602,59 | 335,2 | 629,62 | 364,1 |
| **E-8** | 543,12 | 544,53 | 572,39 | 321,9 | 601,44 | 347,8 |

**Tablo 6.B:** K Numunesinin Su Emme Ağırlıkları

| Numune No | Etüv Ağr. (g) | İlk Ağr. (g) | Suya Doygun Ağr. (g) | Suda Ağr. (g) | Kaynatarak Suya Doygun Ağr. (g) | Kaynatarak Suda Ağr. (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 524,06 | 525,44 | 575,16 | 319,3 | 610,21 | 352,4 |
| **K-2** | 522,16 | 522,24 | 567,7 | 318,4 | 602,81 | 355,1 |
| **K-3** | 482,61 | 483,95 | 522,83 | 295,6 | 559,64 | 331,4 |
| **K-4** | 535,73 | 537,15 | 580,16 | 327,9 | 613,27 | 363,7 |
| **K-5** | 492,41 | 492,53 | 533,89 | 298,1 | 569,97 | 335,3 |
| **K-6** | 525,12 | 525,27 | 561,22 | 319,3 | 595,27 | 338,4 |

## EK 7: E ve K Numunelerinin Eğilme Dayanımları

**Tablo 7.A:** E (Abdüllatif Konağı) Numunelerinin Eğilme Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Eğilme Yükü ( N ) | Eğilme Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 39,64 | 36,88 | 100 | 1461,92 | 3050 | 7,89 |
| **E-2** | 39,94 | 39,39 | 100 | 1573,24 | 3400 | 8,12 |
| **E-3** | 38,55 | 38,79 | 100 | 1495,35 | 3700 | 9,63 |
| **E-4** | 41,41 | 40,79 | 100 | 1689,11 | 3600 | 7,72 |
| **E-5** | 39,58 | 41,57 | 100 | 1645,34 | 3400 | 7,83 |
| **E-6** | 41,41 | 35,76 | 100 | 1480,82 | 3100 | 7,58 |
| **E-7** | 41,96 | 41,94 | 100 | 1759,80 | 2800 | 5,69 |
| **E-8** | 40,21 | 42,24 | 100 | 1698,47 | 3300 | 7,25 |
| | | | | **ortalama** | **3294** | **7,71** |

**Tablo 7.B:** K (Kasımiye Medresesi) Numunelerinin Eğilme Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L ( Eğilme boy) | Alan ($mm^2$) | Eğilme Yükü ( N ) | Eğilme Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 39,96 | 41,5 | 100 | 1658,34 | 1300 | 2,94 |
| **K-2** | 40,03 | 40,48 | 100 | 1620,41 | 1750 | 4,05 |
| **K-3** | 36,94 | 41,18 | 100 | 1521,19 | 1650 | 4,40 |
| **K-4** | 41,2 | 39,18 | 100 | 1614,22 | 3000 | 6,77 |
| **K-5** | 36,79 | 41,89 | 100 | 1541,13 | 1000 | 2,65 |
| **K-6** | 41,67 | 38,83 | 100 | 1618,05 | 1600 | 3,56 |
| | | | | **ortalama** | **1717** | **4,06** |

## EK 8: E ve K Numunelerinin Basınç Dayanımları

**Tablo 8.A:** E Numunelerinin Basınç Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Basınç Yükü ( N )(1) | Basınç Yükü ( N )(2) | 1. parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) | 2. parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E-1** | 39,64 | 36,88 | 40 | 1585,60 | 42000 | 51000 | 26,49 | 32,16 |
| **E-2** | 39,94 | 39,39 | 40 | 1597,60 | 41000 | 40000 | 25,66 | 25,04 |
| **E-3** | 38,55 | 38,79 | 40 | 1542,00 | 32000 | 40000 | 20,75 | 25,94 |
| **E-4** | 41,41 | 40,79 | 40 | 1656,40 | 45000 | 42000 | 27,17 | 25,36 |
| **E-5** | 39,58 | 41,57 | 40 | 1583,20 | 29000 | 36000 | 18,32 | 22,74 |
| **E-6** | 41,41 | 35,76 | 40 | 1656,40 | 32000 | 48000 | 19,32 | 28,98 |
| **E-7** | 41,96 | 41,94 | 40 | 1678,40 | 39000 | 46000 | 23,24 | 27,41 |
| **E-8** | 40,21 | 42,24 | 40 | 1608,40 | 37000 | 35000 | 23,00 | 21,76 |
| | | | | **ortalama** | **37125** | **42250** | **22,99** | **26,17** |

**Tablo 8.B:** K Numunelerinin Basınç Dayanımları

| Numune no | a (mm) | b (mm) | L (mm) | Alan ($mm^2$) | Basınç Yükü ( N ) (1) | Basınç Yükü ( N )(2) | 1. parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) | 2. parçanın Basınç Dayanımı ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K-1** | 39,96 | 41,5 | 40 | 1598,40 | 13000 | 49000 | 8,13 | 30,66 |
| **K-2** | 40,03 | 40,48 | 40 | 1601,20 | 15000 | 59000 | 9,37 | 36,85 |
| **K-3** | 36,94 | 41,18 | 40 | 1477,60 | 33000 | 35000 | 22,33 | 23,69 |
| **K-4** | 41,2 | 39,18 | 40 | 1648,00 | 28000 | 42000 | 16,99 | 25,49 |
| **K-5** | 36,79 | 41,89 | 40 | 1471,60 | 25000 | 27000 | 16,99 | 18,35 |
| **K-6** | 41,67 | 38,83 | 40 | 1666,80 | 44000 | 31000 | 26,40 | 18,60 |
| | | | | **ortalma** | **26333** | **40500** | **16,70** | **25,60** |

## ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 21.12.1981

Doğum yeri Konya

Lise 1999-2000 Özel İsmail Kaya Lisesi

Lisans Bölümü 2000-2005 Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık

Yüksek Lisans 2005-2008 İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı.

Çalıştığı kurumlar

2005-2005 Seçkin Mimarlık

2007- ….. Ermas Yapı-Dekorasyon