

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BUDAKLAR VE İMANLAR FORMASYONLARINDAKİ TRAVERTENLERİN  
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ, (ESKİPAZAR, KARABÜK)**

**İbrahim Koray KAPLAN**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2010**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BUDAKLAR VE İMANLAR FORMASYONLARINDAKİ TRAVERTENLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ, (ESKİPAZAR, KARABÜK)

İbrahim Koray KAPLAN

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan Aydın ÖZSAN

Travertenler, güzel görüntüleri ve kolay işlenebilir olmalarından dolayı oldukça tercih edilen bir doğal yapıtaştır. Doğal yapıtaşı olarak kullanılacak olan kayaçların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri sağlaması gerekmektedir. Kayaçların mühendislik özelliklerinin doku özellikleri ile de ilişkilidir. Bu nedenle bu çalışmada travertenler doku özelliklerine göre gruplanıp, her bir dokun sahip olduğu mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla Karabük ili Eskipazar ilçesindeki İmanlar ve Budaklar formasyonlarına ait traverten birimleri araştırma malzemesi olarak seçilmiştir. İmanlar formasyonu travertenleri saha gözlemleri ile masiv, boşluklu ve breşik olmak üzere üç farklı dokuda gruplanırken, Budaklar formasyonu travertenleri masiv ve boşluklu olmak üzere iki farklı dokuda gruplanmıştır. Alınan örnekler üzerinde mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler ISRM 1981'e göre gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda özellikle boşluklu dokulu travertenlerin daha düşük yoğunluk, tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertlik değerleri verdiği belirlenirken, daha yüksek boşluk oranı ve su emme oranları verdiği belirlenmiştir. Masiv ve breşik dokulu travertenlerin ise tek eksenli basınç dayanımı değerleri yüksek, boşluk ve su emme oranları daha düşüktür. Boşluk oranının yüksek olması su emme oranını arttıracaktır. Bu da bozunmayı hızlandıran bir etkidir. Bu yüzden yapıtaşı olarak kullanılacak olan travertenlerin masiv ve breşik dokudaki travertenlerden tercih edilmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Ocak 2010, 101 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Traverten, doku, doğal yapıtaşı, mühendislik özellikleri, Eskipazar, Karabük

## ABSTRACT

Master Thesis

### ENGINEERING PROPERTIES OF TRAVERTINES IN BUDAKLAR AND İMANLAR FORMATION, (ESKİPAZAR, KARABÜK)

İbrahim Koray KAPLAN

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hasan Aydın ÖZSAN

Travertine is highly preferred natural building stone because of its beautiful view and easy processing. To be used as natural building stone, rocks have to provide some physical and mechanical properties. The different texture properties of rocks, effect on their engineering properties. In this study, the travertines been classified according to their textures and engineering properties of each texture were determined. For this purpose, the travertines of İmanlar and Budaklar formation in Karabük Eskipazar, has been chosen as research material. "İmanlar Formation" travertines were grouped as massive, porous and breccia; "Budaklar Formation" travertines were grouped as massive and porous by field observations. Experiments were made on the taken samples, for determining the engineering properties according to ISRM 1981. As a result of the experiments, it has been observed that especially the porous textured travertines have lower density, uniaxial compressive strength, shemidt hardness values and have higher porous, water absorption ratio. Massive and breccia textured travertines have higher density, uniaxial compressive strength, Shemidt hardness values and have lower porous, water absorption ratio. A high proportion of porous will increase the water absorption ratio. This is a factor that accelerates the degradation. Therefore it was concluded that, to be used as a building stone of travertine it should be preferred from the massive and breccia travertines.

**January 2010, 101 pages**

**Key Words:** Travertine, texture, natural building stone, engineering properties, Karabük, Eskipazar

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca gerek maddi ve gerekse manevi yönden her türlü desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım saygıdeğer hocam ve danışmanım sayın Prof. Dr. Aydın ÖZSAN'a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Petrografi incelemeleri sırasında değerli katkı ve görüşleriyle yardımcı olan sayın Prof. Dr. Baki VAROL'a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Dr. Koray SÖZERİ'ye, tez yazımında ve düzenlenmesinde yapmış olduğu katkılardan dolayı Dr. Mutluhan AKINA'a ve Dr. Koray ULAMIŐ'a, laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım AraŐ. Gör. Uğur Erdem DOKUZ'a ve Sinan OCAKCI'ya, işyerimde özellikle haritalar başta olmak üzere her türlü yardımı gösteren Jeofizik Mühendisi İbrahim Etem ÖZTÜRK'e teşekkür ederim. Aynı zamanda tez çalışmaları sırasında beni yönlendiren ve görüşleri ile katkıda bulunan sayın Prof. Dr. Tamer TOPAL (ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Prof. Dr. Erdoğan Tekin'e (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Bütün hayatımda yanımda olan ve her zamanki gibi bu tez çalışmasında da maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak bütün tez çalışması boyunca yanımda bulunan ve bana yardımcı olan sevgili eşim Nur KAPLAN'a en derin teşekkürlerimi sunuyorum.

İbrahim Koray KAPLAN

Ankara, Ocak 2010

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Araştırmanın Amacı .....	2
1.2 İnceleme Alanının Konumu .....	2
1.3 Çalışma Yöntemi Ve Süresi.....	3
1.4 Önceki Çalışmalar.....	3
2. KURAMSAL TEMELLER.....	8
2.1 Traverten Terimi.....	8
2.2 Travertenlerin Kimyasal Yapısı .....	10
2.3 Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar ve Oluşumları.....	11
2.3.1 Teras (set) tipi travertenler .....	11
2.3.2 Sırt (semer) tipi travertenler .....	13
2.3.3 Dom (koni) tipi travertenler .....	14
2.3.4 Tabaka tipi travertenler .....	14
2.3.5 Damar tipi travertenler .....	15
2.3.6 Fay önü tipi travertenler .....	16
2.3.7 Mağara travertenleri .....	17
2.4 Travertenlerin Kullanım Alanları.....	17
3. GENEL JEOLojİ.....	21
3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi .....	23
3.1.1 Arkotdağ formasyonu.....	26
3.1.2 Eskipazar formasyonu .....	26
3.1.3 Budaklar formasyonu .....	27
3.1.4 Karkın formasyonu.....	28
3.1.5 İmanlar formasyonu .....	29

3.1.6 Alüvyon .....	30
<b>4. İNCELEME ALANINDAKİ FARKLI DOKUDAKİ TRAVERTENLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>31</b>
4.1 Masiv Doku .....	31
4.2 Boşluklu Doku .....	37
4.3 Breşik Doku .....	42
<b>5. FARKLI DOKUDAKİ TRAVERTENLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Budaklar Formasyonu Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....</b>	<b>48</b>
5.1.1 Yoğunluk ve doğal birim hacim ağırlığı .....	48
5.1.2 Doğal su içeriği .....	50
5.1.3 Ağırlıkça ve hacimce su emme .....	52
5.1.4 Görünür gözeneklilik (porozite) ve boşluk oranı .....	54
5.1.5 Schmidt sertlik değeri .....	56
5.1.6 Tek eksenli basınç dayanımı .....	57
<b>5.2 İmanlar Formasyonu Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....</b>	<b>61</b>
5.2.1 Yoğunluk ve doğal birim hacim ağırlığı .....	61
5.2.2 Doğal su içeriği .....	63
5.2.3 Ağırlıkça ve hacimce su emme .....	65
5.2.4 Görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranı .....	67
5.2.5 Schmidt sertlik değeri .....	69
5.2.6 Tek eksenli basınç dayanımı .....	71
<b>5.3 İnceleme Alanındaki Travertenlerin Mühendislik Özelliklerinin Benzer Çalışmalar ile Karşılaştırılması .....</b>	<b>73</b>
5.3.1 Birim hacim ağırlığı .....	74
5.3.2 Ağırlıkça su emme .....	75
5.3.3 Hacimce su emme .....	76
5.3.4 Tek eksenli basınç dayanımı .....	78
<b>6. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN YAPITAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>80</b>
6.1 Birim Hacim Ağırlığı .....	80
6.2 Görünür Porozite .....	83

<b>6.3 Ağırılıkça Su Emme .....</b>	<b>84</b>
<b>6.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı .....</b>	<b>87</b>
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>91</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>95</b>
<b>EK 1 Laboratuvar Deney Sonuçları.....</b>	<b>99</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>101</b>

## SİMGELER DİZİNİ

BD	Budaklar formasyonu
BL	Boşluklu doku
BR	Breşik doku
Ca <sup>++</sup>	Kalsiyum iyonu
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum karbonat
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Kalsiyum bikarbonat
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Karbonat iyonu
kN	Kilonewton
ISRM	International Society for Rock Mechanics
İM	İmamlar formasyonu
pH	Asidik veya bazik derecesi
Mg	Magnezyum
MPa	Megapaskal
MS	Masiv doku
ρ	Yoğunluk
γ	Doğal birim hacim ağırlığı
w	Doğal su içeriği
n	Görünür porozite
e	Boşluk oranı
σ <sub>c</sub>	Tek eksenli basınç dayanımı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 2.1 Bir traverten örneği (Tivoli, İtalya), (www.geology.com, 2009) .....	8
Şekil 2.2 Mono Gölü'ndeki tufa oluşumları (California, USA) (http://ron.outcrop.org/blog, 2009) .....	9
Şekil 2.3 Travertende gözlenen kanal tipindeki boşluklar (Eskipazar, Karabük).....	11
Şekil 2.4 Teras tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002) .....	12
Şekil 2.5 Pamukkale'deki teras tipi traverten oluşumları (www.denizli.gov.tr, 2006)..	12
Şekil 2.6 Sırt tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002).....	13
Şekil 2.7 Sırt tipi travertenlerden bir görünüm (Eskipazar, Karabük) .....	13
Şekil 2.8 Dom tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002).....	14
Şekil 2.9 Tabaka tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002).....	15
Şekil 2.10 Damar tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002).....	16
Şekil 2.11 Fay önu tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002) .....	17
Şekil 2.12 Sütun ve zeminlerde kullanılmış olan travertenler (www.pirtasmermer. com, 2008) .....	18
Şekil 2.13 Travertenden yapılmış tarihi bir kemer; (Roma, İtalya), (http://livius.org, 2009) .....	19
Şekil 2.14 Yüzey kaplama taşı olarak kullanılmış olan travertenler (Anıtkabir, Ankara).....	19
Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (MTA 1 / 500.000'lik Zonguldak Paftası Jeoloji Haritası'ndan düzenlenmiştir) (www.mta.gov.tr, 2008) .....	21
Şekil 3.2 İnceleme alanının ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Biryol 2004 ve Akın 2008'den düzenlenmiştir).....	24
Şekil 3.3 İnceleme alanının ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (Biryol 2004 ve Akın 2008'den düzenlenmiştir) .....	25
Şekil 3.4 Budaklar formasyonu travertenlerinde gözlenen bejimsi sarımsı renk tonları .....	28
Şekil 3.5 İmanlar formasyonu travertenlerinde gözlenen sıcak su havuzları.....	30
Şekil 4.1 Masiv dokudaki travertenlerden bir karot (İmanlar formasyonu).....	32
Şekil 4.2 Masiv dokudaki travertenlerde araziden bir blok görünümü (Budaklar formasyonu) .....	32
Şekil 4.3 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmışince kesit görünümü (kuruma çatlakları, fosil kalıntıları ve intraklast taneleri) .....	33
Şekil 4.4 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları, intraklast ve pellet taneleri, karstik boşluk yapıları ve gaz boşlukları) .....	34

Şekil 4.5 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları, karstik boşluklar, gaz boşlukları ve bitki kök izleri belirgindir) .....	34
Şekil 4.6 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (mikritik travertende pıhtılı doku, karstik ve gaz boşlukları) .....	35
Şekil 4.7 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit (intraklastlı mikritik traverten) .....	36
Şekil 4.8 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit (pelletli intraklastlı mikritik traverten) .....	36
Şekil 4.9 Yoğun boşluklu dokular içeren bir traverten bloğunun arazideki görünümü (Budaklar formasyonu) .....	37
Şekil 4.10 İmanlar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (mikritik travertende bitki kök izleri ve boşluklar) .....	38
Şekil 4.11 İmanlar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (bitki kök izleri ve düzensiz boşluklar) .....	39
Şekil 4.12 İmanlar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları ve düzensiz boşluklar) .....	39
Şekil 4.13 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (pizomikritik travertende düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar, pizolit taneler) .....	40
Şekil 4.14 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar, bitki parçaları) .....	41
Şekil 4.15 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar, bitki parçaları) .....	41
Şekil 4.16 Breşik dokuya sahip traverten örnekleri (İmanlar formasyonu) .....	42
Şekil 4.17 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kalker breşleri, mikro çatlaklar) .....	43
Şekil 4.18 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (sinter görünümlü kabuklaşma, kalker breşleri, kalsisiltit dolu boşluklar) .....	43
Şekil 4.19 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kalker breşleri, kalsit dolgulu çatlaklar) .....	44
Şekil 5.1 Budaklar Köyü'nün batısında yer alan traverten sahası .....	46
Şekil 5.2 İmanlar Köyü civarındaki traverten sahasından bir görünüm .....	46
Şekil 5.3 İnceleme alanına ait karot ve el numunelerinden bazı örnekler .....	47
Şekil 5.4 Alınan blok numunelerinden A.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda karot numunesi çıkarılma işlemleri .....	47
Şekil 5.5 Budaklar formasyonuna ait traverten numunelerinin yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıklarının ( $\gamma$ ) dağılımı .....	50
Şekil 5.6 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin doğal su içeriği ( $w$ ) .....	51
Şekil 5.7 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdelerinin dağılımı .....	53

Şekil 5.8 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranlarının dağılımları.....	55
Şekil 5.9 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin Schmidt sertlik değerlerinin dağılımı .....	57
Şekil 5.10 Traverten numunesinin tek eksenli basınç deneyi sonrasında yenilmeye uğradığı andaki görüntüsü.....	58
Şekil 5.11 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin tek eksenli basınç dayanım ( $\sigma_c$ ) değerlerinin dağılımı.....	59
Şekil 5.12 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıklarının ( $\gamma$ ) dağılımı.....	63
Şekil 5.13 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin doğal su içeriği ( $w$ ) dağılımı .....	65
Şekil 5.14 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri dağılımı.....	67
Şekil 5.15 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranlarının dağılımları.....	69
Şekil 5.16 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin Schmidt sertlik değerlerinin dağılımı .....	71
Şekil 5.16 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin tek eksenli basınç dayanım ( $\sigma_c$ ) değerlerinin dağılımı.....	73
Şekil 6.1 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması.....	82
Şekil 6.2 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama görünür porozite (%) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması.....	84
Şekil 6.3 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama ağırlıkça su emme (%) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması.....	86
Şekil 6.4 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri (MPa) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması .....	88

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (MS : Masiv Dokulu; BL : Boşluklu Dokulu) .....	48
Çizelge 5.2 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) .....	49
Çizelge 5.3 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin doğal su içerikleri (w) .....	51
Çizelge 5.4 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri.....	53
Çizelge 5.5 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranları .....	55
Çizelge 5.6 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin Schmidt sertlik değerleri.....	56
Çizelge 5.7 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ).....	59
Çizelge 5.8 Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre kayaç sınıflamalarının karşılaştırılması (Ulusay, 2007)...	60
Çizelge 5.9 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (MS : Masiv dokulu; BL : Boşuklu dokulu, BR : Breşik dokulu) .....	61
Çizelge 5.10 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) .....	62
Çizelge 5.11 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin doğal su içerikleri (w) .....	64
Çizelge 5.12 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri .....	66
Çizelge 5.13 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranları .....	68
Çizelge 5.14 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin Schmidt sertlik değerleri.....	70
Çizelge 5.15 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ).....	72
Çizelge 5.16 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) .....	75
Çizelge 5.17 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama ağırlıkça su emme oranları (%).....	76
Çizelge 5.18 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama hacimce su emme oranları (%).....	77
Çizelge 5.19 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa) .....	78
Çizelge 6.1 TS 2513, TS 11143 ve ASTM C97 standartları doğal birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) minimum değerleri .....	81
Çizelge 6.2 Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu) .....	81
Çizelge 6.3 TS 1910 standardı travertende görünür porozite (%) minimum değeri ....	83

Çizelge 6.4	Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama görünür porozite değerleri (%) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu) .....	83
Çizelge 6.5	TS 2513, TS 11143, TS 10449, TS 1910 ve ASTM C97 standartları, ağırlıkça su emme (%) maksimum değerleri .....	85
Çizelge 6.6	Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama ağırlıkça su emme değerleri (%) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu) .....	85
Çizelge 6.7	TS 2513, TS 11143, TS 10449, TS 1910 ve ASTM C97 standartları, tek eksenli basınç dayanımı (MPa) minimum değerleri .....	87
Çizelge 6.8	Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa) değerleri (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu).....	88

## 1. GİRİŞ

Doğal yapı taşları, ticari olarak işletilebilen en eski inşaat malzemeleridir. Tarih boyunca insanoğlu tarafından yapılarda ve anıtlarda güzelliği ve dayanıklılığı sebebiyle kullanılmıştır. Zamanla kullanımı artan doğal yapı taşlar günümüzde özellikle inşaat, kaplama, döşeme, heykeltçilik, yol yapımı, porselen ve cam sanayi (kuvars), optik sanayi ve süs eşyalarının yapımında kullanılmaktadır. Traverten de doğal yapı taşları arasında özellikle kaplama malzemesi olarak en yaygın olarak kullanılan doğal yapı taşlarından birisi konumundadır.

Doğal yapı taşı olarak kullanılacak olan travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükü dayanım indeksi, su emme oranı, schmidt sertliği, birim hacim ağırlığı, gözeneklilik v.b.) yeter şartlarda sağlamak zorundadır. Aksi takdirde yapılarda, hem dayanıklılık hem de görsel anlamda sıkıntılar doğabilir. Örneğin dayanımı düşük bir traverteni yapı malzemesi olarak kullanmak, veya aşınmaya karşı dayanıksız bir traverteni taban kaplama malzemesi olarak kullanmak, aşırı gözenekli dokuya sahip bir traverteni yüzey kaplama malzemesi olarak kullanmak, istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Kayaçların dokusal özelliklerinin, kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin anlaşılmasında büyük öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Bununla ilgili daha önceleri yapılmış birçok araştırma mevcuttur.

Bu tez çalışmasında Karabük, Eskipazar bölgesindeki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerin, jeolojik, petrografik ve mühendislik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında farklı dokusal özellik gösteren travertenler gruplanmış ve her grubun sahip olduğu fiziksel ve mekanik özellikler belirlenmiştir.



### **1.3 Çalışma Yöntemi ve Süresi**

Eskipazar (Karabük) civarındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerin doku özelliklerine göre gruplanıp, tek eksenli basınç dayanımı, schmidt sertliği, su emme oranı, , birim hacim ağırlığı, gözeneklilik v.b fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla temsil edici numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri ISRM 1981'e göre belirlenmiştir.

Saha çalışmaları sırasında alınan karot ve el örneklerinin ince kesitleri "Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı"nda yapılarak kayaların mineralojik-petrografik özellikleri saptanmıştır.

Bu tezde, Eskipazar (Karabük) civarındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlere ait örnekler alınmış, alınan örnekler doku özelliklerine göre gruplanmış ve laboratuvar ortamında ilgili standartlara uygun olarak fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Buna bağlı olarak travertenlerin dokusal özellikleri ile mühendislik özellikleri arasında korelasyon yapılması amaçlanmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarına 2007 yılında başlanmış ve bu çalışmalar 2009 yılına kadar sürmüştür.

### **1.4 Önceki Çalışmalar**

Tez çalışması kapsamında yürütülen literatür araştırması sonucunda kaya malzemelerinin yapıtaşları olarak kullanılabilirlikleri, travertenlerin jeolojik, dokusal, fiziksel ve mekanik özellikleri, kaya malzemelerinin dokusu ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler ile ilgili bir çok çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Fakat travertenler ile ilgili doku ile mühendislik özelliklerinin korelasyonunun yapıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca inceleme alanını oluşturan Eskipazar (Karabük) ile ilgili jeolojik, tektonik v.b. konularda yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Tez

çalışmasına kaynak oluşturabilecek çalışmalardan bazıları ile ilgili kısa bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

Ayaz ve Karacan (2000), Türkiye'nin en önemli traverten yataklarından olan Sivas ilinin batısındaki Sıcak Çermik – Sarı Kaya ve Uyuz Çermik yataklarındaki travertenlerin yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Yapılan çalışmada, söz konusu traverten yataklarının; blok verme, renk ve desenleri, levhalar halinde kesilebilme özellikleri, parlayabilme, mohs sertliği, suda dağılma dayanımı, schmidt sertliği, saydamlık, birim hacim kütlesi, özgül kütle, kütlece ve hacimce su emme, gözeneklilik, aşınma, tek eksenli basınç dayanımı, don sonu tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanım, don kaybı, açık hava tesirlerine karşı dayanım, paslanma ve asitlere karşı dayanım, gibi endüstriyel özellikleri incelenmiş ve değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda bölgedeki travertenlerin özellikle yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirlikleri ifade edilmiştir.

Koçu (2006), doğal taşların, yapıtaşı olarak kullanılabilirliklerini araştırmaya yönelik deney yöntemleri üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Özellikle doğal taşların, duvarlarda yapıtaşı olarak kullanılmasına yönelik deney yöntemlerini detaylı bir şekilde irdelemiştir.

Tekin ve Ayyıldız (2001), Sıcakçermik (Sivas KB) yöresindeki güncel traverten oluşumlarının petrografik özelliklerini detaylı olarak incelemişlerdir. Bu güncel seviyeler organik ve inorganik süreçler denetiminde gelişen kabuksu (süngerimsi) ve albatr yapılı tatlı su çökelleri şeklindedir. Güncel traverten oluşumlarının tamamının yarı özşekilli prizmatik kalsit kristallerinden oluştuğu saptanmıştır.

Ayaz (2002), travertenlerin morfolojik yapıları ve tabiat varlığı olarak önemleri üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışmalarda travertenlerin endüstri için olduğu kadar turizm içinde önemli bir kaynak olduğunu vurgulamıştır. Travertenlerin oluşum tiplerini detaylı olarak ortaya koymuştur.

Özkul vd. (2002), Denizli travertenlerinde, travertenlerin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları üzerine bir çalışma gerçekleştirmişleridir. Havza travertenlerinin Kuvaterner yaşlı güncel oluşumlar oldukları ve 9 farklı litofasiyese ayrıldığı belirtilmiştir.

Şen (2006) Baltaşı – Palu (Elazığ) travertenlerinin tekno – mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik bir tez çalışması gerçekleştirmiştir. Bu amaçla Kayaönü travertenlerinden çeşitli örnekler alarak, tekno – mekanik özellikleri belirlemeye yönelik deneyler yapılmış ve deney sonuçları ilgili standartlar ile karşılaştırılarak söz konusu travertenlerin yapı taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çavumirza vd. (2003), Mucur (Kırşehir) yöresi travertenlerinin fiziko – mekanik özelliklerine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmalarında söz konusu özellikleri belirlemek amacıyla, çalışma alanından alınan numuneler üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan bu deneylerde çalışma alanında ki travertenlerin mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonunda Mucur yöresindeki travertenlerin TSE standartlarına göre limit değerler üzerinde kaldıklarından dolayı yapı elemanları, kaplama ve döşemelerde güvenilir bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Kun ve Türkmen (2003), Burdur – Bucak çevresinde travertenlerin jeolojik özelliklerini, yaptıkları bir çalışma ile tanımlamışlardır. Son yıllarda travertenlerin doğal taş endüstrisinde ki ağırlığının artmasıyla söz konusu bölgenin öneminin arttığı özellikle vurgulanmıştır. İnceleme konusu oluşturan Burdur – Bucak çevresi travertenleri Neojen yaşlı ve bilimsel tanım içinde değerlendirilen travertenlere göre daha dayanımlı bir yapı sergilemekte oldukları ortaya konmuştur.

Kılıç vd. (2005), Türkiye’deki önemli traverten yataklarından biri olan Kırşehir travertenleri üzerinde detaylı bir çalışma yaparak, Kırşehir travertenlerinin jeoteknik özelliklerini ortaya koymuşlardır.

Biryol (2004), Eskipazar ve civarının genel jeolojik ve neotektonik yapısını ortaya koyan Eskipazar havzasının evrimi ve neotektoniği konulu bir tez çalışması yapmıştır. Çalışmanın amacı bölgenin neotektonik yapısını detaylı bir şekilde ortaya koymaktır. Aynı zaman da çalışma alanın genel jeolojik yapısını detaylı olarak ortaya koymuştur.

Kekeç vd. (2004), kayaçların doku özellikleri ile kırılma ve öğütülme özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada mermer, granit, traverten ve andezit kayaç örnekleri üzerlerinde çeşitli mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda kayaç dokusunun kayaçların kırılma ve öğütülme oranı üzerinde bir etkisinin olduğu aynı oluşan sahip kayaç numuneleri bazında belirlenmiştir. Fakat bir bütün olarak değerlendirme yapıldığında bu durumun değişmekte olduğu belirlenmiştir.

Altaş (2006), Üçtepeliler (Kayseri) traverten ocağında detaylı bir çalışma yaparak, ocaktaki travertenlerin mühendislik özelliklerini ortaya koymuştur. Üçtepeliler traverten ocağı halen işletilmekte olan bir ocaktır. Yapılan çalışmada inceleme konusunu oluşturan travertenlerin mühendislik özellikleri açısından ilgili standartların şartlarını sağladıkları belirlenmiştir.

Yalçın ve Özçelik (2004) Burdur – Kurna deresi travertenlerinin fiziko – mekanik özellikleri ve yapıtaşı olarak kullanılabilirlikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. İnceleme konusunu oluşturan Kurna deresi travertenleri uzun yıllardan beri yapıtaşı olarak kullanılmaktadır. Travertenlerin içerisinde bulunan kalker tüfleri sayesinde ocakta işlenebilmesi kolaydır. Buldukları ortamdan çıkarıldıkları zaman zamanla daha sert bir özellik kazanmaktadırlar. İnceleme konusunu oluşturan ve Kurna taşı olarak da bilinen Kurna deresi travertenlerinden ince kesitler çıkarılarak yapılar belirlenmiş ve alınan numuneler üzerinde laboratuarda mühendislik deneyleri yapılmıştır. Bölgedeki travertenler poroz ve kompakt olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda Kurna deresi travertenlerinden poroz olanlarının yapıtaşı kullanımına elverişli olmadığı, kompakt yapıdakilerin ise yapıtaşı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yalçınalp vd. (2007) yapmış oldukları çalışmada, Bahçecik (Gümüşhane) travertenlerinin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymuşlardır. Doğu Karadeniz’de özellikle Byaburt, Gümüşhane ve Şiran’da önemli traverten oluşumları bulunduğu dikkat çekilmiştir. Araştırma konusunu oluşturan travertenler günümüzde işletilmeye devam eden ve Doğu Karadeniz bölgesinin en büyük traverten ocağıdır.

Kuterdem (2005), İnceleme alanını oluşturan Eskipazar (Karabük) ve Kuzey Anadolu Fay Zonu arasında kalan bölgenin tektonik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili bir tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada bölgenin tektonik durumu ve genel jeolojisi hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır.

Akın (2008), Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması konulu bir doktora tezi çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada özellikle Eskipazar’daki sarı travertenlerin bozunma mekanizmaları üzerinde durulmuş ve detaylı incelemeler yapılmıştır. Bu sarı travertenlerin bölgedeki “Karkın Formasyonu”na ait olduğu belirtilmiştir. Söz konusu formasyona ait sarı renkli travertenler Anıtkabir’in inşasında yapıtaşı olarak kullanılmıştır.

Bahsi geçen çalışmalar haricinde, Eskipazar yöresi ile ilgili yapılmış birçok çalışmada bölgenin jeolojisi, tektonik yapısı gibi özellikleri incelenmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Traverten Terimi

Traverten sözcüğü, İtalya'da geniş traverten çökellerinin bulunduğu Tivoli kasabasının Roma zamanındaki adı olan "Tivertino"dan gelmektedir (Akın, 2006). Ayrıca sünger taşı, kalkerli sünger taşı, termal su tortulları gibi adlandırmalara da sahiptir.



Şekil 2.1 Bir traverten örneği (Tivoli, İtalya), (www.geology.com, 2009)

Traverten, Neojen'den günümüze dek çeşitli jeolojik yaşlarda oluşmuş, kalsiyum ve karbonatça zengin yeraltı sıcak su kaynaklarının çevresinde, çimentolanmayla ve / veya biyokimyasal yolla çökelebilen kalsiyum karbonat birikimleri olarak tanımlanmaktadır. Genel anlamda travertenler ince tabakalı, laminalı, çalı benzeri bakteri büyümelerine sahip sert ve yoğun kristalli  $\text{CaCO}_3$  birikimlerdir (Atabey, 1997). Karasal ortamlarda oluşan karbonatlı kayaç grubuna girerler. Bünyesindeki demir bileşikleri veya bazı organik maddeler sonucu güzel renkli ve laminalı yapılar kazanırlar (Akın, 2008). Ayrıca blok verimi yüksek, hafif ve kolayca kesilip, şekil verilebilen bir yapıya sahiptir. Bu nedenlerden dolayı travertenler yapıtaşı olarak önemli bir kayaç türüdür ve kullanımı günümüzde giderek artmaktadır.

Tufa ve traverten terimleri sıklıkla bir arada veya birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Fakat bu iki terim özellikle oluşum koşulları açısından büyük farklılıkları göstermektedir. Travertenler termal ve hidrotermal kökenli kaynak suları ile oluşturulan karbonat çökelimleri olup, içlerinde makro ve mikro boyutta canlı etkenlerine sıkça rastlanır. Bunlar ince laminasyon gösteren ve çalı şeklinde karakterize olan bakteri büyüme yapılarıdır.

Tufa ise düşük Mg – karbonat içerikli soğuk tatlı suların oluşturduğu, özellikle makro ve mikro ölçekte hayvan kalıntısı, bitki kalıntısı ve bakteri içeren karbonat çökelimlerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bazen traverten dokuları suyun tekrar soğuduğu alanlarda tufa dokusuna geçebilmektedir.

Tufa ve traverten arasında ki en önemli farklardan biri de travertenler sıkı dokulu, laminalı ve tabakalı yapıya sahipken, tufalar süngerimsi, gözenekli ve gevşek bir yapı sunarlar (Şekil 2.2). Bir diğer önemli fark da travertenlerin tufalara göre daha sert ve yüksek dayanıma sahip olmalarıdır. Bu da travertenlerin yapıtaş olarak daha yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

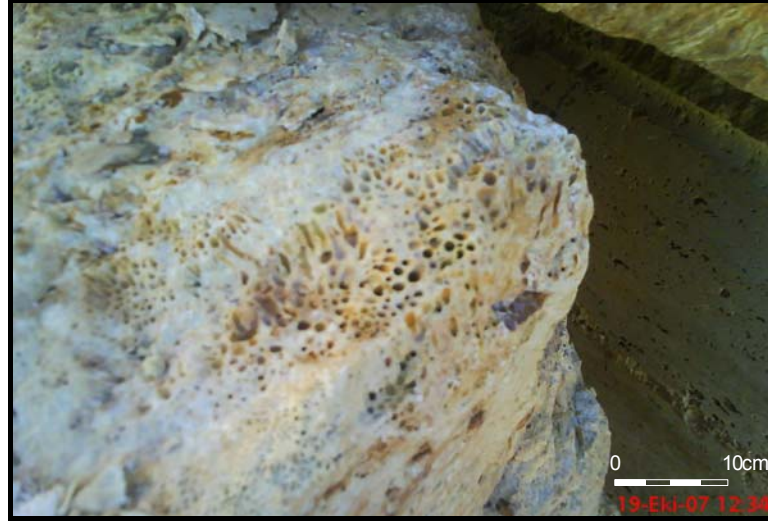


Şekil 2.2 Mono Gölü'ndeki tufa oluşumları (California, USA)  
(<http://ron.outcrop.org/blog>, 2009)

## 2.2 Travertenlerin Kimyasal Yapısı

Travertenler kalsiyum bikarbonat içeren sıcak suların, kaynaklardan çıkış noktalarından itibaren,  $\text{CaCO}_3$  olarak amorf veya kriptokristaller halinde çökelmeleri sonucunda oluşurlar. Traverten oluşumuna neden olan kalsiyum ( $\text{Ca}^{++}$ ) ve karbonatlı ( $\text{CO}_3^{--}$ ) çözeltilerin zenginleşmesinde, karbonatlı kayalar içerisinde su dolaşımı, sıcaklık, basınç, pH ve suda çözülmüş  $\text{CO}_2$  gazı önemli rol oynamaktadır. Söz konusu kayaçlardaki yavaş su dolaşımı çözünürlüğü artırır ve yeraltında suyunun iyonlar bakımından zenginleşmesini sağlar. Traverteni oluşturan sıcak su kaynaklarının sıcaklıkları genelde  $25^\circ - 40^\circ\text{C}$  arasındadır. Bu da çözünürlüğü arttıran bir diğer etkidir. Söz konusu iyonlar kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), aragonit ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) gibi karbonat minerallerinin çözülmesi ile ortaya çıkar. ( $\text{Ca}^{++}$ ) ve ( $\text{CO}_3^{--}$ ) iyonlarını içeren sıcak yer altı sularının mağara içlerinde, kırıklarda, çatlaklarda veya kırık ve çatlaklar yardımıyla yeryüzünde ulaştıklarında  $\text{CO}_2$  basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir biçimde çökmesi sonucunda iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapı sunan travertenler oluşur (Ayaz, 2002).  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'li sulardan  $\text{CO}_2$ 'in hızlı bir biçimde ayrılması hızlı çökelmeye ve iri gözenek oluşumuna; yavaş ayrılması ise yavaş çökelmeye ve dolayısıyla küçük gözenekliliğe neden olur. Travertenlerin çökmesinde topoğrafyada önemli bir etken olarak rol oynamaktadır. Fazla eğimli yüzeylerde  $\text{CO}_2$  kaybının daha fazla olmasına rağmen su daha uzak mesafelere taşındığı için daha az traverten depolanır. Bunun tersi olarak da düz veya eğimi az olan bölgelerde traverten çökeliş miktarı yükselmektedir (Atabey, 2003).

Traverten oluşumunda kaynak suyunda bulunan bakteriler, algler, bitki gövdeleri, yapraklar çökme içerisinde kalır. Travertenlerin gözenekli ve içi boş kanalsı yapıda boşuklu olarak (Şekil 2.3) gözükmelerinin sebebi bünyesindeki organizmaların çürüyerek geride boşluklar bırakmasıdır. Bu organizmaların etrafında biriken  $\text{CaCO}_3$  tabakası, zamanla organizmaların çürümesine yol açmakta, çürüyen organizmalar ortamdan ayrılarak elips şekilli veya tüpsü yapıda gözenekler oluşturmaktadırlar.



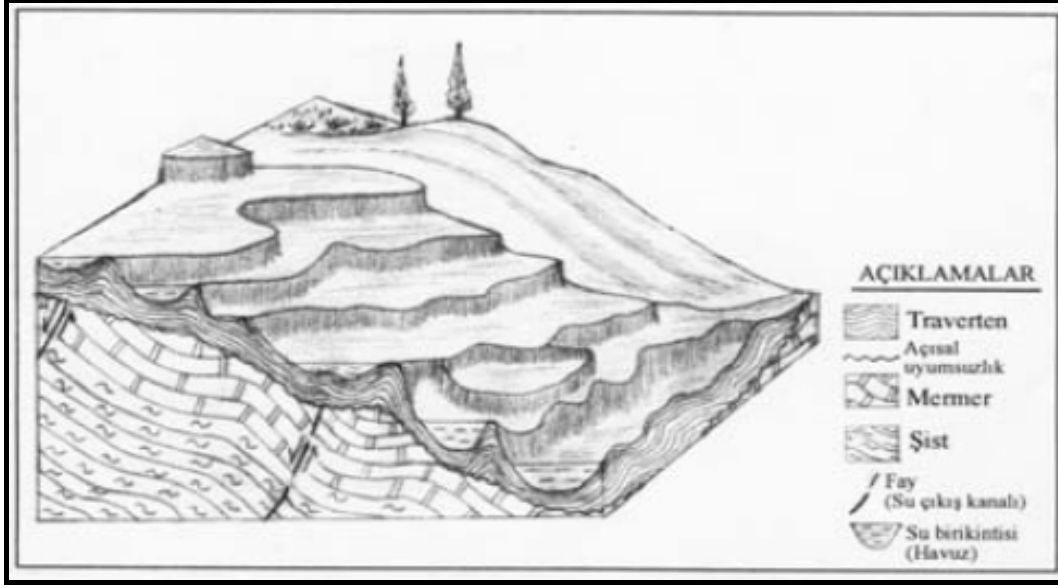
Şekil 2.3 Travertende gözlenen kanal tipindeki boşluklar (Eskipazar, Karabük)

### 2.3 Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar ve Oluşumları

Ülkemizde çeşitli morfolojik yapıda traverten oluşumları gözlemlenmektedir. Özellikle sırt, teras, dom, tabaka ve damar tipi traverten oluşumları yaygın bir şekilde bulunmaktadır (Altunel ve Hancock, 1993). Çankırı, Karabük, Ankara, Karabük gibi birçok yörede sırt tipi travertenlere sık olarak rastlanır. Kırşehir merkez, Karahayit (Denizli), ve Uyuz Çermik (Sivas) bölgelerinde ise teras tipi traverten oluşumları gözlenmektedir.

#### 2.3.1 Teras (set) tipi travertenler

Genellikle az eğimli yüzeylerde çıkan kalsiyum bikarbonatlı  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  suların, eğim yönünde akarken teras veya setler şeklinde çöktüğü karbonatlara “teras (set) tipi travertenler” denilir (Şekil 2.4). Bu tip oluşumlarda estetik görünüm veren havuz, küvet veya fincan şekilleri ile bunların kenar kısımları boyunca çeşitli saçak yapılarına sık olarak rastlanır. Ayrıca, farklı mineral içerikli sular tarafından oluşturulmuş farklı renkli kısımları, görünümünü daha da güzelleştirmektedir (Ayaz, 2002). Teras tipi travertenlerin en tipik örneklerini ülkemizde Denizli Pamukkale travertenlerinde görmek mümkündür.



Şekil 2.4 Teras tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002)

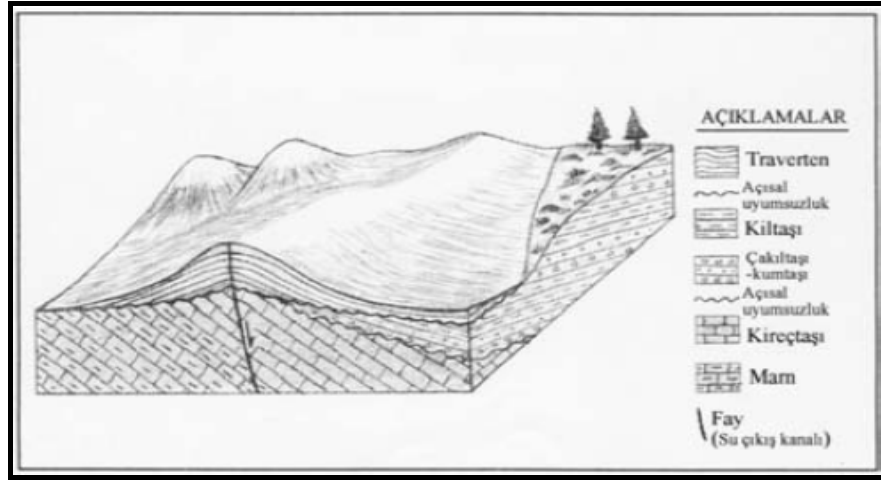
Teras tipi travertenlerin en tipik örneklerini ülkemizde Denizli Pamukkale travertenlerinde görmek mümkündür (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Pamukkale'deki teras tipi traverten oluşumları (www.denizli.gov.tr, 2006)

### 2.3.2 Sırt (semer) tipi travertenler

Yatay veya az eğimli yüzeylerden ya da bir sırtın uzun eksenini boyunca gelişmiş çatlaklardan çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, iki yana doğru akarken sırt veya semer şeklinde çökelttiği travertenlere “sırt (semer) tipi travertenler” (Şekil 2.6 ve 2.7) denilir (Ayaz, 2002).



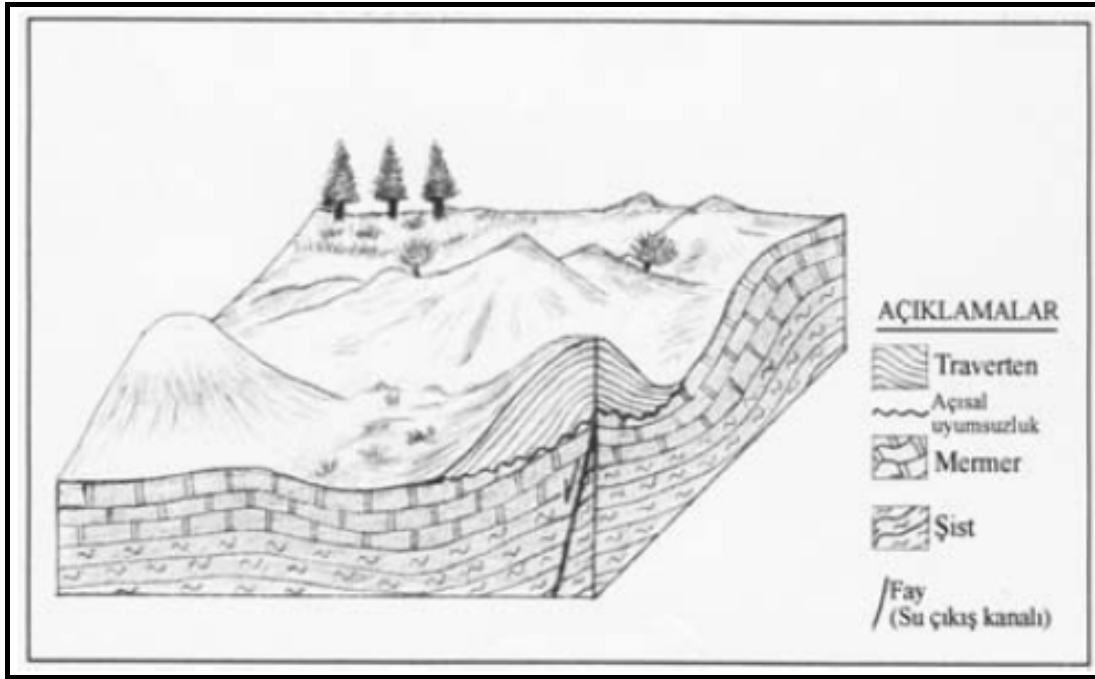
Şekil 2.6 Sırt tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagramı (Ayaz, 2002)



Şekil 2.7 Sırt tipi travertenlerden bir görünüm (Eskipazar, Karabük)

### 2.3.3 Dom (koni) tipi travertenler

Yatay veya çevreye göre hafif tümsek yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, çepeçevre yayılarak akmasıyla dom veya koni şeklinde çökelttiği travertenlere “dom (koni) tipi travertenler” (Şekil 2.8) denilir (Ayaz, 2002). Birçok traverten sahalarında bu tarz dom tipi oluşumlara rastlamak mümkündür. Dom tipi traverten oluşumları genellikle küçük ölçekli oluşumlar şeklinde kendini göstermektedirler.

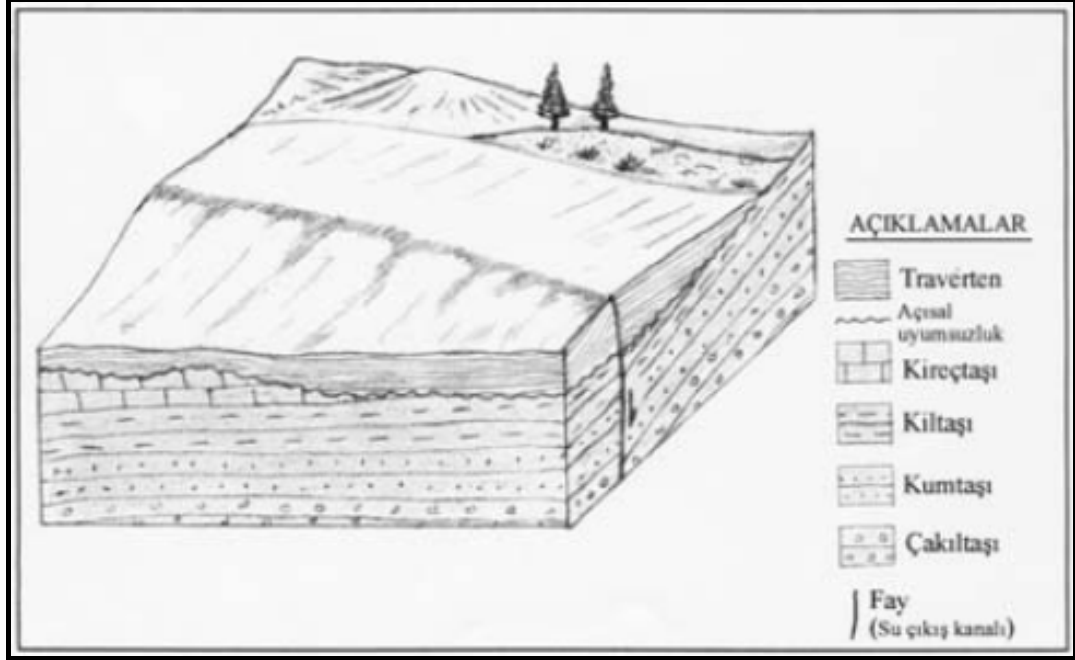


Şekil 2.8 Dom tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002)

### 2.3.4 Tabaka tipi travertenler

Yatay veya yataya yakın yüzeylerde oluşan traverten tipidir. Tabaka tipi travertenleri oluşturan kaynak suları, genellikle yüksek debiye sahip kalsiyum bikarbonatlı sulardır. Kaynaktan çıkan sular yataya yakın veya yatay konumdaki topoğrafya üzerinde geniş olarak yayılır ve yatay olarak çöker. Böylelikle çökelimler düzgün bir şekilde tabakalanarak “tabaka tipi travertenler” i oluştururlar (Şekil 2.9).

Tabaka tipi travertenlerde, su çıkışlarının bulunduğu kesimler genellikle hafif bir sırt yapısı gösterirken, kenarlara doğru olan kesimler ise tamamen yataydır (Ayaz, 2002).

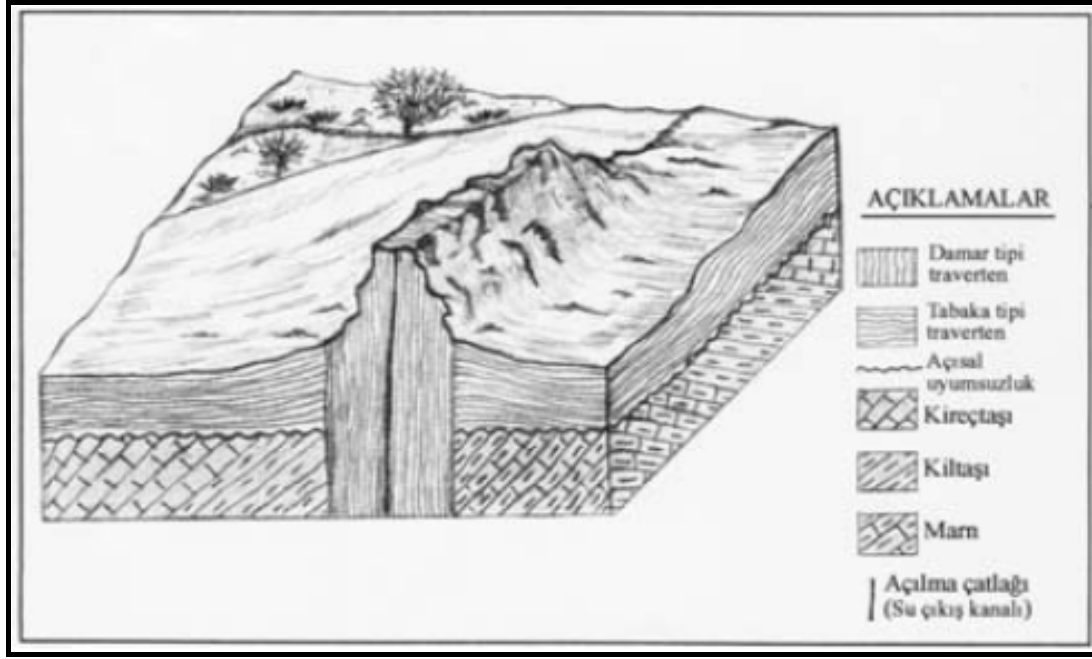


Şekil 2.9 Tabaka tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagramı (Ayaz, 2002)

### 2.3.5 Damar tipi travertenler

Kırık ve çatlaklar boyunca yükselen kalsiyum bikarbonatlı suların içeriğindeki kalsiyum karbonatı kırık çeperlerinde, dikey olarak çökeltmesiyle oluşan travertenler “damar tipi travertenler” olarak tanımlanmaktadır. Damar tipi olarak çökelen bu travertenler, zaman içerisinde etraflarındaki kayaların aşınmasıyla yüzeye çıkarak kendilerini gösterirler. (Şekil 2.10).

En belirgin özellikleri, kırık düzlemine paralel olması, diğer tip travertenlere göre daha sert yapıda olması ve çoğunun aragonit minerali kaynaklı olmasıdır (Demirkıran, 2000).

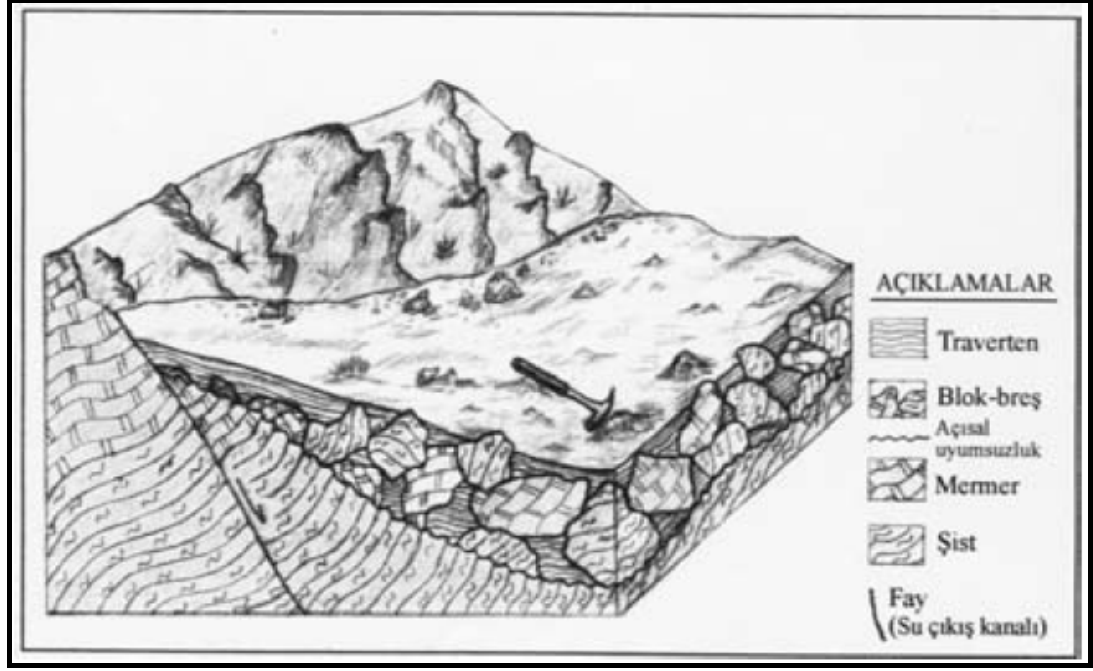


Şekil 2.10 Damar tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002)

### 2.3.6 Fay önü tipi travertenler

Aktif fay zonlarında, düşen bloklar üzerinde gelişen masiv, kaba bantlanmalı ve fay breşik içerikli travertenlere "fay önü tipi travertenler" veya "fay önü travertenleri" denilir (Şekil 2.11). Breşik malzemeler; mermer, şist, kireçtaşı ve traverten gibi çeşitli bileşenlerden oluşabilirler. Breşlerin arasını dolduran çökeller, genellikle makro ölçekli yapılarda mikritik, mikro ölçekli yapılarda ise sparitiktir.

Fay önü travertenlerinin bantlanma kalınlıkları, fayın hareketine, eğime ve suyun debisine bağlı olarak değişirler. Fay önü travertenlerinin içinde dikey bantlanmalı damar tipi travertenler de gözlenebilmektedir (Ayaz, 2002).



Şekil 2.11 Fay önü tipi traverten oluşumlarını gösteren ölçeksiz temsili blok diyagram (Ayaz, 2002)

### 2.3.7 Mağara travertenleri

Yeraltı sularının karbonatları veya karbonatlı ve sülfatlı kayaların çözülmesini sağlayarak, bunların mağara tavanlarından akarken çökelmeleriyle oluşan traverten tipine verilen isimdir. Ayrıca damlataş olarak da adlandırılırlar. Bu tip travertenlerin oluşmasında ki en önemli etken yeraltı suyundaki karbon dioksit ( $CO_2$ ) basıncının mağaralarda azalmasıdır.

Aldıkları özel şekillere göre sarkıt, dikit, sütun, duvar damlataşı, mağara taşı, mağara tüfü, mağara çiçeği gibi çeşitli isimler alabilirler (Ayaz, 2002).

### 2.4 Travertenlerin Kullanım Alanları

Travertenlerin endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılan bir doğal taş oluşumudur. Bunun en önemli sebebi travertenlerin düzgün bloklar halinde kesilebilmelerinin ve

işlenebilmelerinin kolay olmasıdır. En yaygın kullanım alanı yapıtaşı ve kaplama taşı endüstrisidir. Günümüzde bir çok yapıda, travertenlerin özellikle yüzey kaplama taşı olarak kullanıldığını görmekteyiz (Şekil 2.12). Tarih boyunca birçok medeniyet inşa ettikleri çeşitli yapılarda yapıtaşı olarak travertenin seçildiği bilinmektedir (Şekil 2.13).

Türkiye’de ise travertenin yapıtaşı olarak seçildiği önemli anıtsal yapı Anıtkabir’dir (Şekil 2.14). Anıtkabir’in yapımında kullanılan travertenlerin resmi kaynaklarda da belirtildiği üzere Ankara ve çevresindeki traverten ocaklarından getirilen beyaz travertenler ve Karabük Eskipazar’ın yaklaşık 3 km. batısında bulunan Budaklar köyü civarındaki “Karkın Formasyonu”na ait sarı travertenler kullanılmıştır.



Şekil 2.12 Sütun ve zeminlerde kullanılmış olan travertenler (www.pirtasmermer.com, 2008)



Şekil 2.13 Travertenden yapılmış tarihi bir kemer; (Roma, İtalya), (<http://livius.org>, 2009)



Şekil 2.14 Yüzey kaplama taşı olarak kullanılmış olan travertenler (Anıtkabir, Ankara)

Travertenlerin diğer bir kullanım alanı da süs eşyası yapımında kullanılabilmesidir. Ayrıca kireçtaşına göre daha kolay ufalanabilmesinden dolayı çimento malzemesi

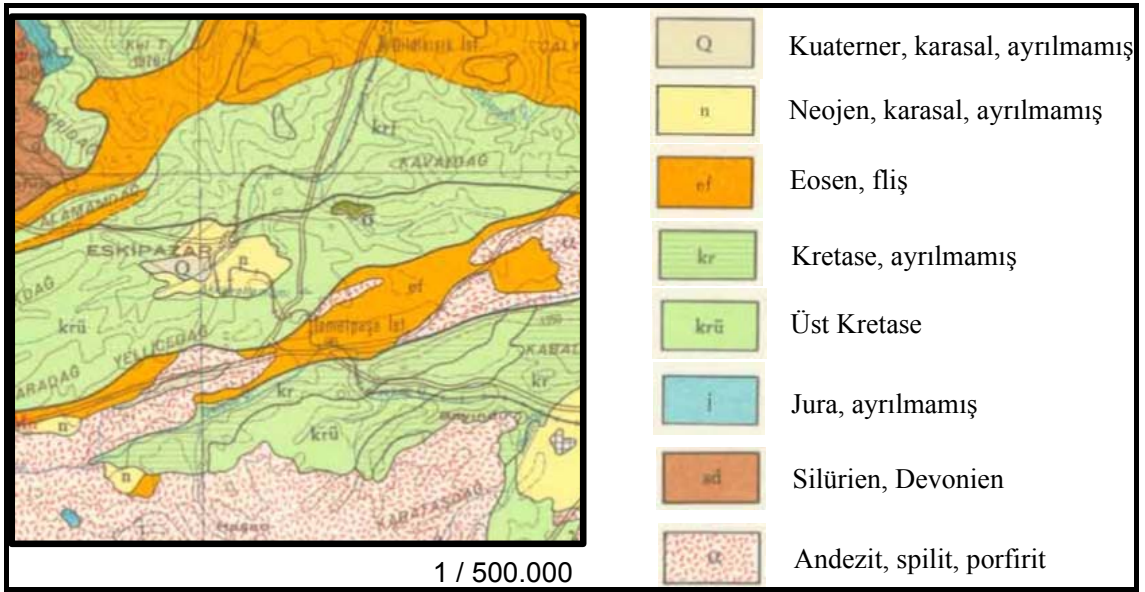
olarak da kullanılabilir. CaCO oranı % 90 – 95 gibi yüksek oranlarda olanlar ise kireç üretiminde tercih edilmektedir.

Travertenlerin endüstriyel alanlarda kullanılabilmesi için TS 699, TS 6809, TS 2028 gibi standartlara ve ISRM 1981 gibi önerilmiş yöntemlere dayalı olarak deneysel çalışmalar yapılarak incelenmesi, elde edilen sonuçların TS 1910 ve TS 2513 standartlarında belirtilen kullanım şartlarına göre değerlendirilmesi gerekmektedir. (Atabey, 2003). Travertenlerin gözeneklilik, blok verme özelliği, suda dağılma dayanımı, cilalanabilme özelliği, birim hacim kütlesi, kütlece ve hacimce su emme oranı, sertliği, aşınma kaybı, tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanımı, iklimsel etkilere karşı dayanım gibi özelliklerinin belirlenmesi ve ilgili standartlara içerisinde kalıp kalmadığının tespiti yapılmalı ve buna göre söz konusu travertenler değerlendirilerek hangi alanda ve ne amaçla kullanılacağı doğru olarak belirlenmelidir.

### 3. GENEL JEOLJİ

Bu bölümde inceleme alanı jeolojisi ile inceleme alanı ve yakın çevresinin genel jeolojisi hakkında bilgiler verilmektedir. Bu çalışmalar yapılırken bölgede daha önceden yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır. Ayrıca yerinde arazi gözlemleri ile elde edilen bulgular da bu başlık altında sunulmuştur.

İnceleme alanı ve çevresinde Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar değişik yaşlarda birimler gözlenmektedir. İnceleme alanı ve yakın çevresinin genel jeolojisi ortaya koymak için Tokay (1973), Şaroğlu vd. (1995), Biryol (2004), Kerem (2005), Akın (2008)'in inceleme alanı ve çevresinde yapmış oldukları çalışmalardan ve MTA'nın 1:500.000'lik Zonguldak paftası jeoloji haritasından faydalanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (MTA 1 / 500.000'lik Zonguldak Paftası Jeoloji Haritası'ndan düzenlenmiştir) (www.mta.gov.tr, 2008)

Çalışma alanı olan Eskipazar'ın kuzeybatı kesimlerinde nispeten dar bir alanda Silürrien – Devonien yaşlı kumtaşı – çamurtaşı – kiltası ardalanmasından oluşan birimler gözlenmektedir (Kerem, 2005).

Bölgedeki Jura yaşlı birimler genel olarak kumlu kireçtaşları – dolomitleşmiş kireçtaşları – kireçtaşları şeklinde kendini göstermektedir. Şaroğlu vd. (1995), Jura yaşlı kireçtaşlarında sıklıkla killi ve dolomitik yüzeylere rastlandığını belirtmektedir.

Bölgedeki en geniş yayılım gösteren birimler Kretase yaşlı birimlerdir. Kretase yaşlı birimler genellikle ofiyolitik melanj ve filiş birimleri ile karakterize olmaktadır. İnceleme alanındaki Kretase yaşlı filiş birimleri Şaroğlu vd. (1995) tarafından Eskipazar formasyonu olarak tanımlanmıştır. Formasyon konglomera, kireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve marn ar dalanması şeklinde kendini göstermektedir. Kretase yaşlı olarak tanımlanan bir diğer birim ise ofiyolitik melanj ile karakterize olan ve Tokay (1973), tarafından Arkotdağ formasyonu olarak isimlendirilen birimdir. Arkotdağ formasyonu Kireçtaşı, konglomera, kiltası, kumtaşı gibi sedimanter kayaçlardan, kalkışist, fillit gibi metamorfik kayaçlardan ve gabro, granit türü magmatik kayaçlardan oluşan bir melanj şeklinde gözlenmektedir (Kerem, 2005).

İnceleme alanı çevresindeki Eosen yaşlı birimler volkanik – volkanosedimanter istiflerden oluşmaktadır. Kerem (2005), Eosen yaşlı birimlerin, inceleme alanı ve çevresinde KAFZ ile paralel bir yayılım göstermekte olduğunu belirtmektedir.

İnceleme alanındaki Neojen yaşlı birimlerin, Eskipazar ilçe merkezinde yüzeylenmekte oldukları görülmektedir. Genellikle kırmızımsı renkli çakıltaşları, kiltası, silttaşı ve çamurtaşları ile karakterize olmaktadır (Kerem, 2005).

İnceleme alanındaki Kuvaterner yaşlı birimler ise çalışma konusunu oluşturan traverten çökelleri ve alüvyon çökellerini kapsamaktadır. Alüvyon çökelleri genellikle Gere de çayı çevresinde yayılım göstermekte ve günümüz çökelim sistemleriyle ilişkide olan birimlerdir. Kuvaterner yaşlı travertenler ile karakterize olan formasyonlar ise; sarı renkli, kalın tabakalı, bol gözenekli traverten çökelleri ile karakterize olan Karkın formasyonu, kalın tabakalı, beyaz – kirli beyaz renkli, yer yer gözenekli, genellikle masiv yapıda, ve halen aktif olarak çökelimleri devam eden traverten çökelleri ile karakterize olan İmanlar formasyonu ve kirli beyazımsı – sarımsı – açık grimsi renkli,

yer yer boşluklu yer yer masiv zonlar içeren traverten çökelleri ile karakterize olan Budaklar formasyonudur.

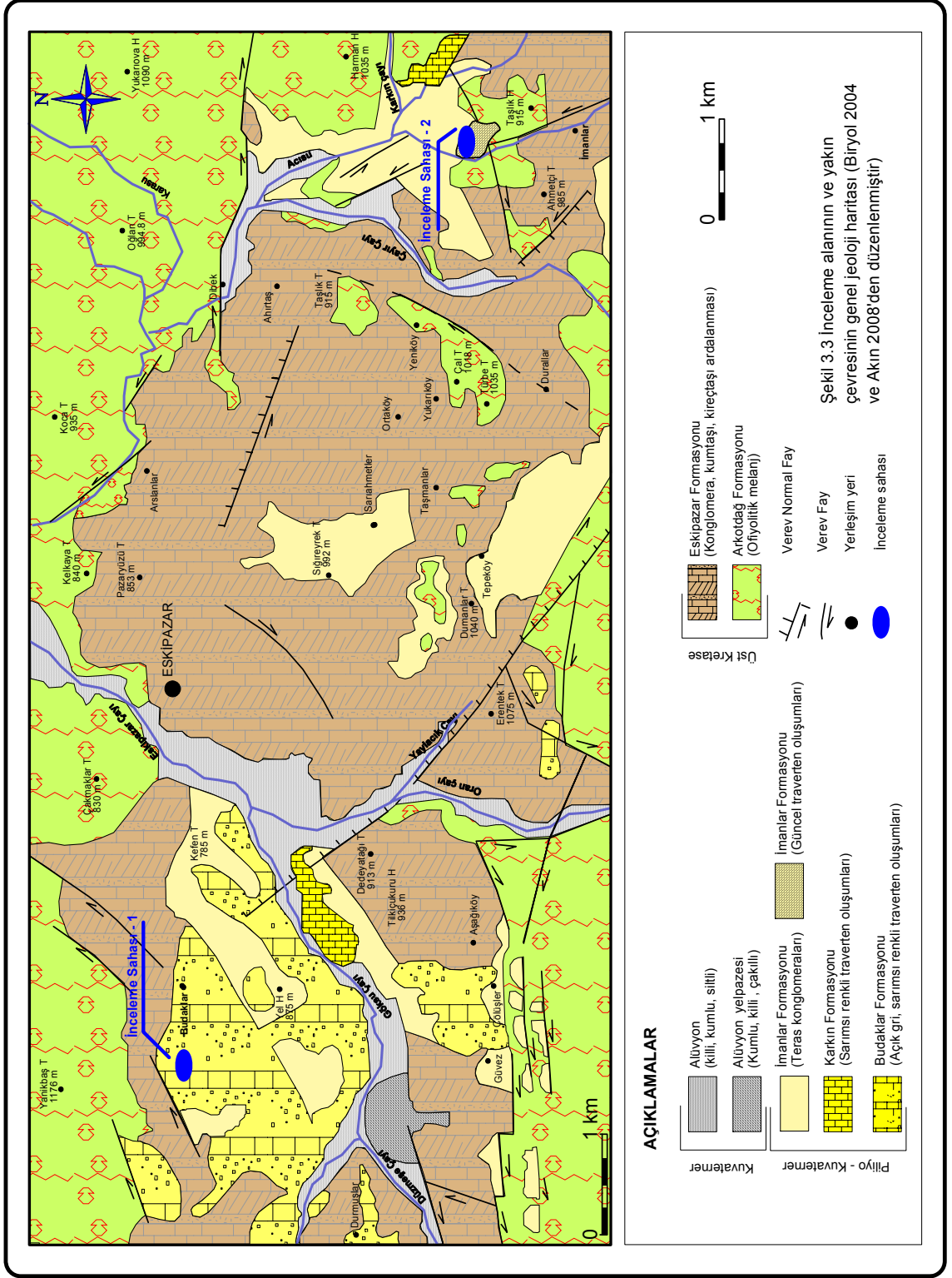
Travertenlerin çökelim koşulları, mühendislik özellikleri, tabakalanma özellikleri, renkleri, boşluk miktarları, doku özellikleri gibi birçok özelliklerine etki etmektedir. Eskipazar yöresindeki travertenlerin çoğu morfolojik açıdan sırt tipi ve tabaka tipi çökelimler şeklinde oluşmuşlardır. Açılma çatlaklarından çıkan  $\text{CaCO}_3$  içerikli sular yamaç eğimi boyunca akarak traverten oluşumunu sağlamaktadır. Çökelen tabakaların eğimi ve yönelimi açılma çatlaklarının konumuna göre değişebilmektedir.  $\text{CaCO}_3$  içerikli suların sıcaklığı ve mineralojik bileşimi travertenlerin farklı renkler almasında etkin rol oynamaktadır (Akın, 2008). Ayrıca travertenleri oluşturan karbonatlı suların sıcaklığı artıkça, içeriğindeki organizmalar yüksek sıcaklığa dayanamadıkları için yaşayamamaktadırlar. Bu da travertendeki gözenek miktarlarını doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden sıcak karbonatlı su kaynaklı olan traverten çökellerinde boşluk yapıları daha az miktarda olur ve daha masiv yapıları bir görünüm sergilerler. İmanlar formasyonu travertenlerinin gözenek yapılarının az olması, oluşmalarını sağlayan  $\text{CaCO}_3$ 'lü mineralli suların, yüksek sıcaklıktaki karbonatlı sular olduğunu düşündürmektedir.

### **3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi**

İnceleme alanında gözlenen başlıca formasyonlar stratigrafik sırayla; taban birimi olarak Arkotdağ formasyonu onun üzerine uyumsuz dokanakla oturan Eskipazar formasyonu, Budaklar formasyonu, Karkın formasyonu, İmanlar formasyonu ve en üstte Kuvaterner yaşlı aktif olarak çökelmeye devam eden alüvyon birimleridir. İnceleme konusunu oluşturan traverten birimleri İmanlar formasyonu ve Budaklar formasyonu'na ait traverten çökelleridir. İnceleme alanının ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Şekil 3.2) ve 1 / 50.000'lik jeoloji haritası (Şekil 3.3) oluşturulmuştur.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	FORMASYON ADI	KALINLIK (m.)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVA.	Alüvyon			Güncel alüvyon çökelleri; ince kumlu, killi, siltli, seyrek çakıllı
	PLİYO - KUVATERNER	İmanlar Formasyonu	~ 45 - 50		Güncel olarak halen çökelmekte olan, yüksek sıcaklıkta su ile oluşmuş seyrek gözenekli, genelde masif dokuda, kirli beyaz - sarımsı renkli traverten
		Karkın Formasyonu	~ 35		Sarı renkli, bol gözenekli, kalın tabakalı travertenler
		Budaklar Formasyonu	~ 100		Kötü boylanmış, iyi çimentolanmış, kalın tabakalı, genellikle iri taneli konglomeralar ve arasında kirli beyazımsı - grimsi - sarımsı renkli, yer yer boşluklu yer yer masif dokuda travertenler.
	MESOZOYİK	Üst Kretase	Eskipazar Formasyonu	~ 520	
Arkotdağ Formasyonu			~ 500 - 1000		Ofiyolitik Melanj (Gabro, granit, Kalkşist, Fillit, Kumtaşı, Kilitaşı, Konglomera...)

Şekil 3.2 İnceleme alanının ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Biryol 2004 ve Akın 2008'den düzenlenmiştir)



### **3.1.1 Arkotdağ formasyonu**

Arkotdağ formasyonu ilk olarak 1973 yılında Tokay tarafından isimlendirilmiştir (Biryol, 2004). Birim ofiyolitik melanj olarak tanımlanmaktadır. Kireçtaşı, konglomera, kıltaşı, kumtaşı gibi sedimanter kayalardan, kalkışist, fillit gibi metamorfik kayalardan ve gabro, granit türü magmatik kayalardan oluşan bir melanj şeklinde gözlenmektedir (Kerem, 2005).

Arkotdağ formasyonunun üzerine uyumsuz dokanakla Eskipazar formasyonu gelmektedir. Melanj karakterinde olduğu için belirli kaya türleriyle kesin bir tanımlama yapmak pek mümkün değildir.

Arkotdağ formasyonu içerisinde Üst Kretase yaşlı fosillere rastlanmıştır. Formasyonun yaklaşık kalınlığının 500 – 1000 m. arası olduğu öngörülmektedir (Kerem, 2005).

### **3.1.2 Eskipazar formasyonu**

Genellikle konglomera, kireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve marn aralanması ile karakterize olan bir fliş formasyonu halinde kendini gösterir (Kerem, 2005). En yaygın halde Eskipazar civarında yüzeylenmekte olduğundan dolayı çeşitli araştırmacılar tarafından Eskipazar formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Eskipazar formasyonu içerisindeki kireçtaşları genel olarak kalın tabakalı, açık gri, gri renkli görsel kireçtaşları olarak karakterize olmaktadır. Genellikle kireçtaşlarının üstünde yer alan çamurtaşları, ince laminalı çamurtaşları ile, ince tabakalı, kumlu ve yer yer çakıllı kahverengi gri renkli çamurtaşları şeklinde kendini belli etmektedir. Siltaşları ise kahve gri renkli olmakla beraber bünyesinde yer yer çakıllar barındırmaktadır.

Eskipazar formasyonu, ofiyolitik melanj şeklinde karakterize olan Arkotdağ formasyonu üzerine uyumsuz olarak yerleşmektedir. Eskipazar formasyonunun üzerinde de, gene uyumsuz dokanaklı olarak Budaklar formasyonu gelmektedir.

Eskipazar formasyonunun içerisinde hem makro hem de mikro boyutlarda memeli fosilleri bulunmakta olduğu belirtilmiştir (Şaroğlu vd. 1995). Bu fosillerin başlıcaları *Miyomimus sp.*, Spalacidae gen, *Talpidae sp* ' dır. Eskipazar formasyonu Şaroğlu vd. (1995) tarafından Üst Kretase olarak yaşlandırılmıştır (Kerem, 2005). Formasyonun yaklaşık olarak kalınlığı yine Şaroğlu vd. (1995) tarafından 520 m. olarak öngörülmektedir.

### **3.1.3 Budaklar formasyonu**

Biryol (2004)'un yapmış olduğu çalışma ile Şaroğlu vd. (1995) tarafından Bahçepınar formasyonu diye adlandırılan formasyon ikiye ayrılarak Karkın formasyonu ve Budaklar formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Eskipazar formasyonunun üzerine uyumsuz dokanakla oturmaktadır.

Açık grimsi – kirli beyazımsı – yer yer sarımsı renkli, traverten çökelleri ve iyi çimentolanmış, kötü boylanmalı, genellikle iri taneli, kalın tabakalı, polijenetik konglomeralar ile karakterize olur. Travertenler konglomeralar arasında yer yer bantlar şeklinde yerleşmiş halde de bulunmaktadır.

Budaklar formasyonundaki travertenlerde, mineralli suların çıkabileceği besleyici yarıklar Karkın formasyonuna göre nispeten daha azdır (Biryol, 2004). Travertenler genellikle boşuklu, yer yerse masiv dokulara sahiptir. Boşluk dokuları bazı zonlarda oldukça yoğunlaşmaktadır. Ayrışmaya maruz kalmamış yüzeylerde bejimsi – sarımsı – kirli beyazımsı bir renk hakimdir. Ayrışma zonlarında ise gri ve tonları hakimdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Budaklar formasyonu travertenlerinde gözlenen bejimsi sarımsı renk tonları

Budaklar formasyonunun yaşı ile kesin bir bilgi yoktur. Ancak Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşlı Eskipazar formasyonunun üzerine uyumsuz dokanakla yerleşmiştir. Üzerine ise gene uyumsuz dokanakla Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller gelmekte olduğu görülmektedir. Bu bilgilerin ışığında formasyonun yaşı Pliyo – Kuvaterner olarak tahmin edilmektedir (Biryol, 2004). Budaklar formasyonunun tahmini ön görülen kalınlığı yaklaşık 100 m. 'dir (Akın, 2008).

### 3.1.4 Karkın formasyonu

Karkın formasyonu Şaroğlu vd. (1995) tarafından Budaklar formasyonu ile bir arada değerlendirilerek Bahçepınar Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Karkın formasyonu ilk olarak Biryol (2004) tarafından adlandırılmıştır. Genellikle traverten çökelimleri ile karakterize olmaktadır. İnceleme alanında dar bir alanda yayılım göstermiştir.

Karkın formasyonuna ait traverten çökelleri bölgedeki diğer traverten birimlerinden farklı olarak daha kalın tabakalı, bol gözenekli ve sarımsı açık kahverengimsi renk tonlarına sahiptir (Akın, 2008). Biryol (2004) tarafından Karkın formasyonuna ait traverten çökelimlerinin oluşmasını sağlayan  $\text{CaCO}_3$ 'ün "Arkotdağ Ofiyolit Karmaşığı"nın içerisindeki kireçtaşı blokları olabileceği belirtilmiştir. Fakat Eskipazar formasyonunun bölgedeki geniş yayılımı ve içerisinde kireçtaşı birimi de dikkate alındığında travertenlerin oluşum kaynağı ile ilgili kesin bir yorum yapmanın mümkün olmadığı düşünülmektedir. Formasyonun yaklaşık kalınlığı 35 m. olarak öngörülmektedir (Akın, 2008).

Kuvarterner yaşlı alüvyon birimleri ile uyumsuz dokanak göstermesi Karkın formasyonunun, Kuvarterner alüvyon çökellerinden yaşlı, Budaklar formasyonundan ise genç olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenden dolayı Karkın formasyonu Piliyo – Kuvarterner olarak yaşılandırılmıştır (Biryol, 2004).

### **3.1.5 İmanlar formasyonu**

İmanlar formasyonu Eskipazar'ın yaklaşık olarak 7 km. güneybatısında kalan İmanlar Köyü'nün yaklaşık olarak 1 km. kuzeyinde tipik olarak yüzeylenmektedir. Aktif çökelişi devam etmekte olan güncel traverten oluşumları ile karakterize edilmektedir. Bir diğer birimi ise polijenetik teras konglomeralarıdır.

İmanlar formasyonu travertenlerini bölgedeki travertenlerden ayıran en önemli özelliği güncel olarak halen oluşumlarını sürdürmekte olmalarıdır. Bu travertenleri oluşturan sular sıcak ve mineralli sulardır. Traverten oluşumları üzerindeki su havuzlarında halen gaz çıkışları gözlenmektedir (Şekil 3.5). Arazi gözlemlerinde travertenlerde birçok açılma çatlakları gözlenmiştir. İmanlar formasyonunu oluşturan travertenler yer yer yoğun gözenekli yapılar göstermekle beraber çoğunlukla masiv bir yapıya sahiptirler. Renk olarak yer yer açık sarımsı batlar içermekle beraber genellikle kirli beyaz – beyaz renk tonlarına sahiptirler. Ayrıca kalın tabakalanma göstermektedirler.



Şekil 3.5 İmanlar formasyonu travertenlerinde gözlenen sıcak su havuzları

Oluşumları güncel olarak devam etmekte olduğundan dolayı yaşı Kuvaterner olarak belirlenmiştir. Yaklaşık formasyon kalınlığı 45 – 50 m. olarak öngörülmektedir (Akın, 2008).

### 3.1.6 Alüvyon

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar inceleme alanında genellikle aktif olarak akmakta olan derelerin çevresinde yayılım göstermektedir. Bu derelerin başlıcaları Yaylacık; Düzmeşe, Göksu, Oran, Karasu, Çayır, Karkın ve Eskipazar çaylarıdır. Bu alüvyon birimlerini besleyen en önemli akarsu ise Gerede çayıdır. Gerede çayı ve terafında geniş yayılım gösterdikleri görülmektedir (Kerem, 2005). Birim kum, silt, organik materyaller, bol miktarda kil ve seyrek çakıllar içermektedir. Birimin yaklaşık olarak öngörülen kalınlığı 100 m. civarındandır (Şaroğlu vd., 1995).

#### **4. İNCELEME ALANINDAKİ FARKLI DOKUDAKİ TRAVERTENLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ**

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmalarında her iki formasyona ait travertenlerde farklı makro dokulara sahip traverten seviyeleri tespit edilmiştir. Yapılan arazi gözlemleri sonucunda İmanlar formasyonu travertenlerinde masiv, boşluklu ve breşik, olmak üzere üç farklı makro dokuya rastlanılmıştır. Budaklar formasyonunda ise masiv ve boşluklu olmak üzere iki farklı doku gözlenmiştir.

Saha çalışmaları sırasında farklı dokudaki travertenlerden alınan karot ve el numunelerinin ince kesitleri “Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı”nda hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitlerin incelenmesi ve fotoğraflanması “Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı”nda gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ince kesitlerin incelenmesi ve fotoğraflanmasında Leica MZ8 marka çift nikollü optik mikroskop kullanılmıştır.

##### **4.1 Masiv Doku**

İnceleme alanında özellikle İmanlar formasyonu travertenleri diğer travertenlere göre masiv doku özelliğini daha çok göstermektedir. Travertenlerin masiv dokuya sahip olmasındaki en önemli etken içerisinde mikro ve makro boyuttaki organizmaların fazla miktarlarda bulunamamasıdır. Bunun nedeni de masiv dokulu travertenlerin genelde yüksek sıcaklıktaki kalsiyum karbonatlı sular tarafından çökeltilmesidir (Şekil 4.1). Yüksek sıcaklık, su içerisinde mikro ve makro boyuttaki canlıların barınmasını zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla çökelim esnasında ölmüş olan canlıların kalıntılarında kaynaklanan boşluklar çok daha az olarak gözlenmektedir. Ayrıca çökelinin yavaş olarak gerçekleşmesi de düzgün ve masiv dokuya sahip travertenlerin oluşmasında bir etkindir.

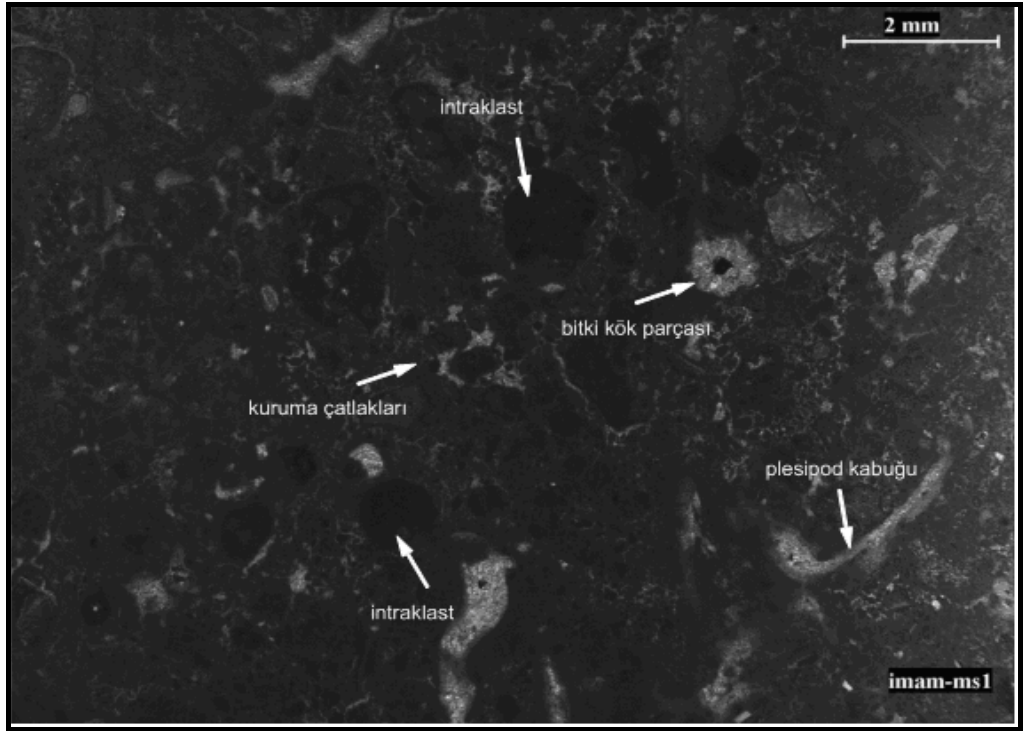


Şekil 4.1 Masiv dokudaki travertenlerden bir karot (İmanlar formasyonu)

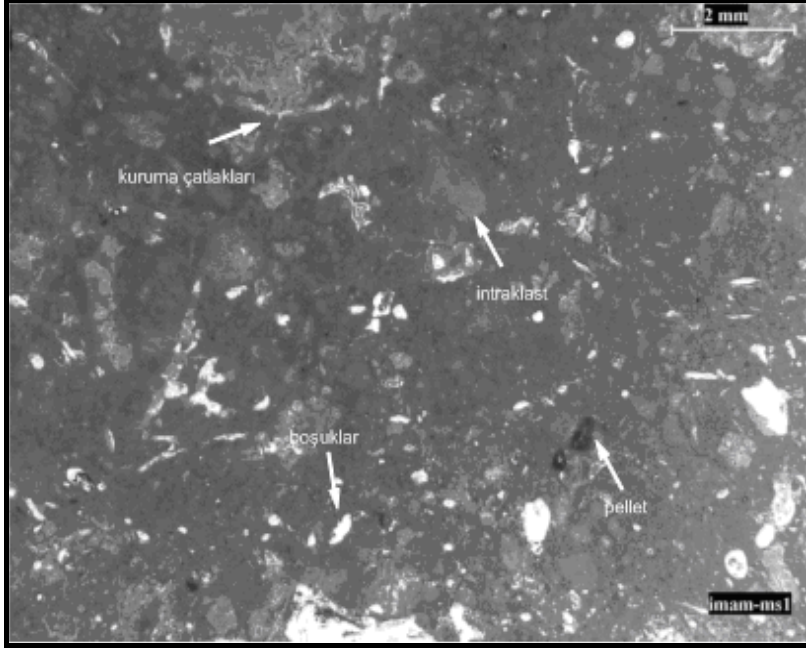


Şekil 4.2 Masiv dokudaki travertenlere ait araziden bir blok görünümü (Budaklar formasyonu)

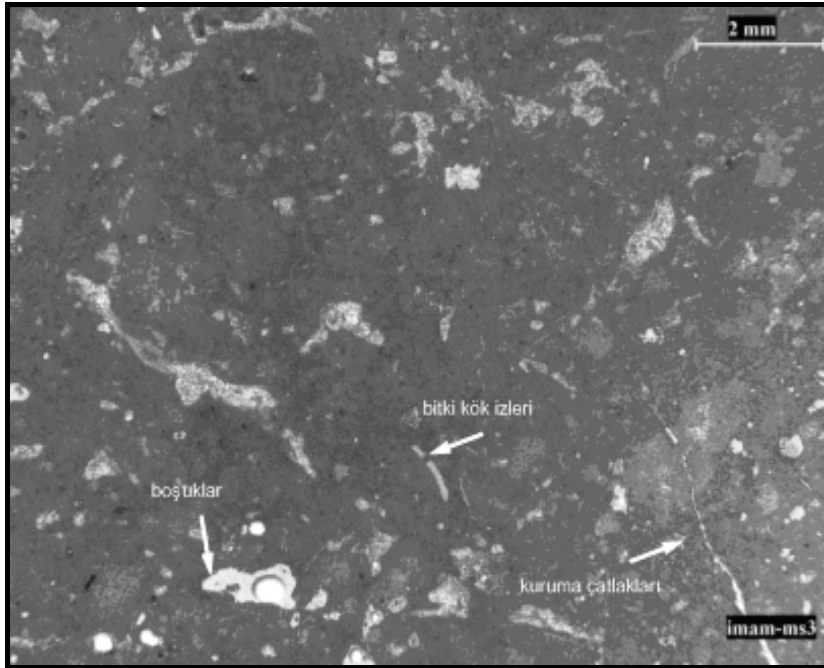
Masiv dokulu travertenlere hem Budaklar formasyonunda hem de İmanlar formasyonunda rastlanılmıştır. Her iki formasyona ait masiv dokulu traverten örneklerinden üç yönde (yatay, dikey, çapraz) ince kesitler hazırlanmıştır. İmanlar formasyonu masiv travertenlerinin genellikle sıkı paketlenmiş mikritik (Folk, 1962) travertenler olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Mikritik hamur içerisinde intraklast taneleri, olası fosil kalıntıları (bitki kök parçaları, pelesipod kabuğu) bulunmaktadır. Ayrıca kuruma çatlakları belirlenmiştir.



Şekil 4.3 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları, fosil kalıntıları ve intraklast taneleri)

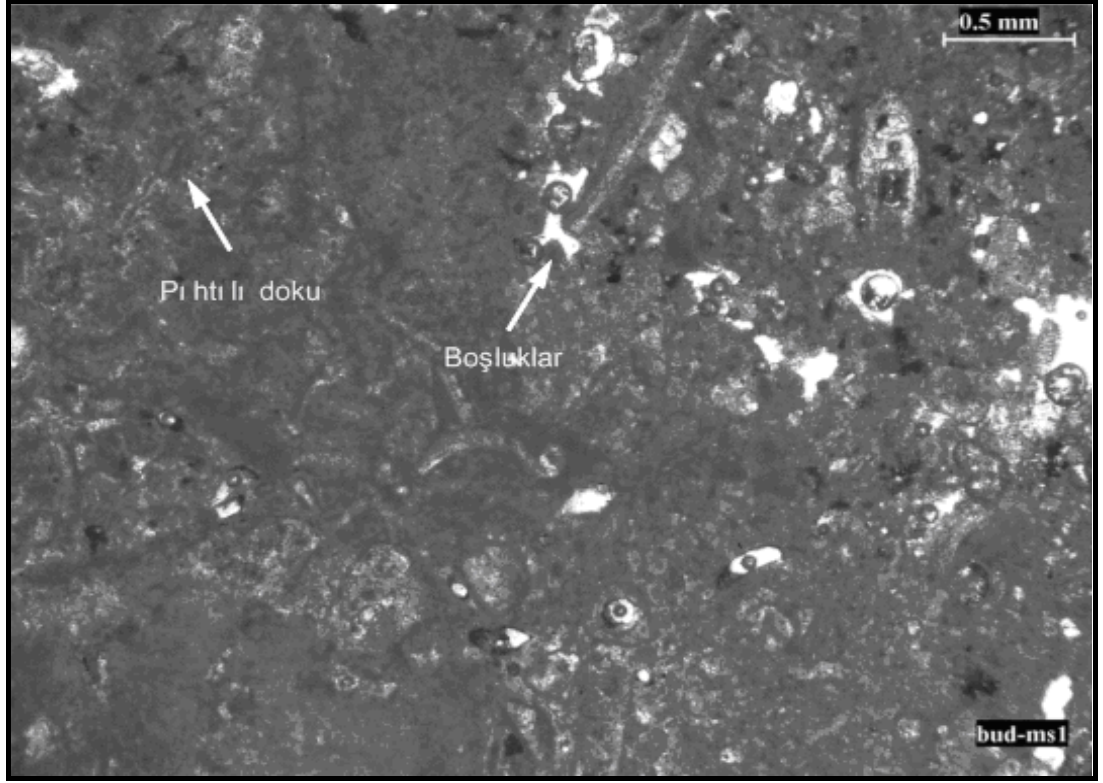


Şekil 4.4 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları, intraklast ve pellet taneleri, karstik boşluk yapıları ve gaz boşlukları)

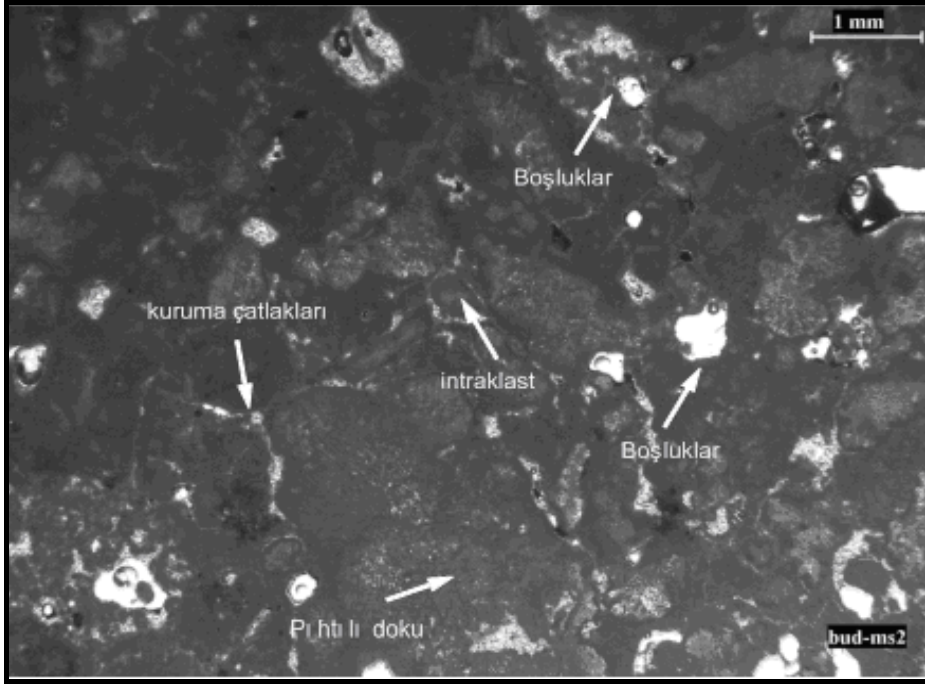


Şekil 4.5 İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları, karstik boşluklar, gaz boşlukları ve bitki kök izleri belirgindir)

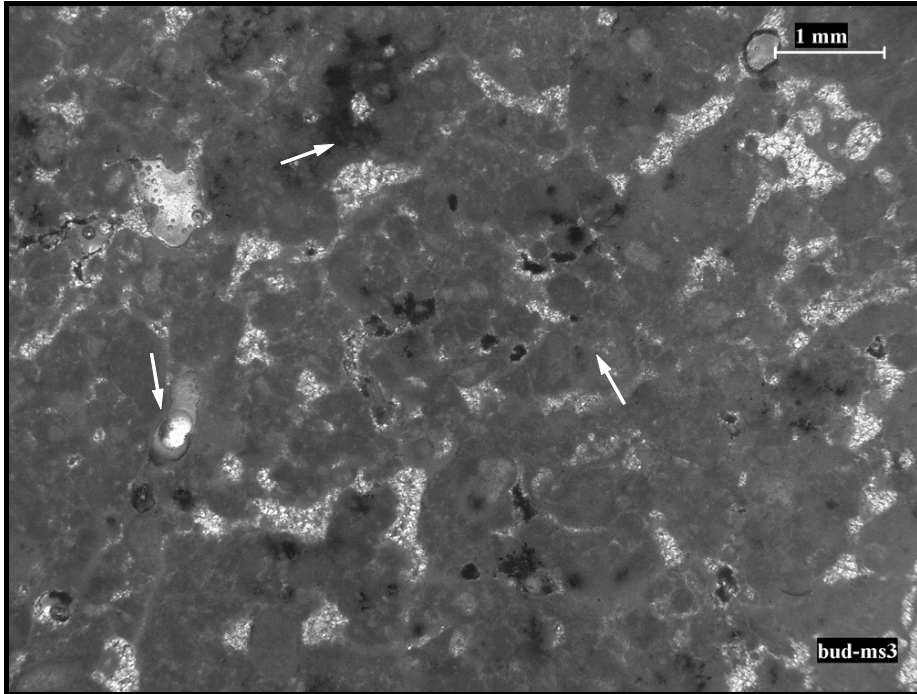
Budaklar formasyonu masiv travertenleri ince kesitlerde mikritik traverten olarak isimlendirilmiştir (Şekil 4.6). Hamur içerisinde intraklast ve pellet taneleri belirlenmiştir. Ayrıca yer yer pıhtılı dokular ve boşluklar bulunmaktadır. Bu karstik boşluklar zaman zaman spar parçaları ile doldurulmuştur.



Şekil 4.6 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (mikritik travertende pıhtılı doku, karstik ve gaz boşlukları)



Şekil 4.7 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (intraklastlı mikritik traverten)



Şekil 4.8 Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (pelletli intraklastlı mikritik traverten)

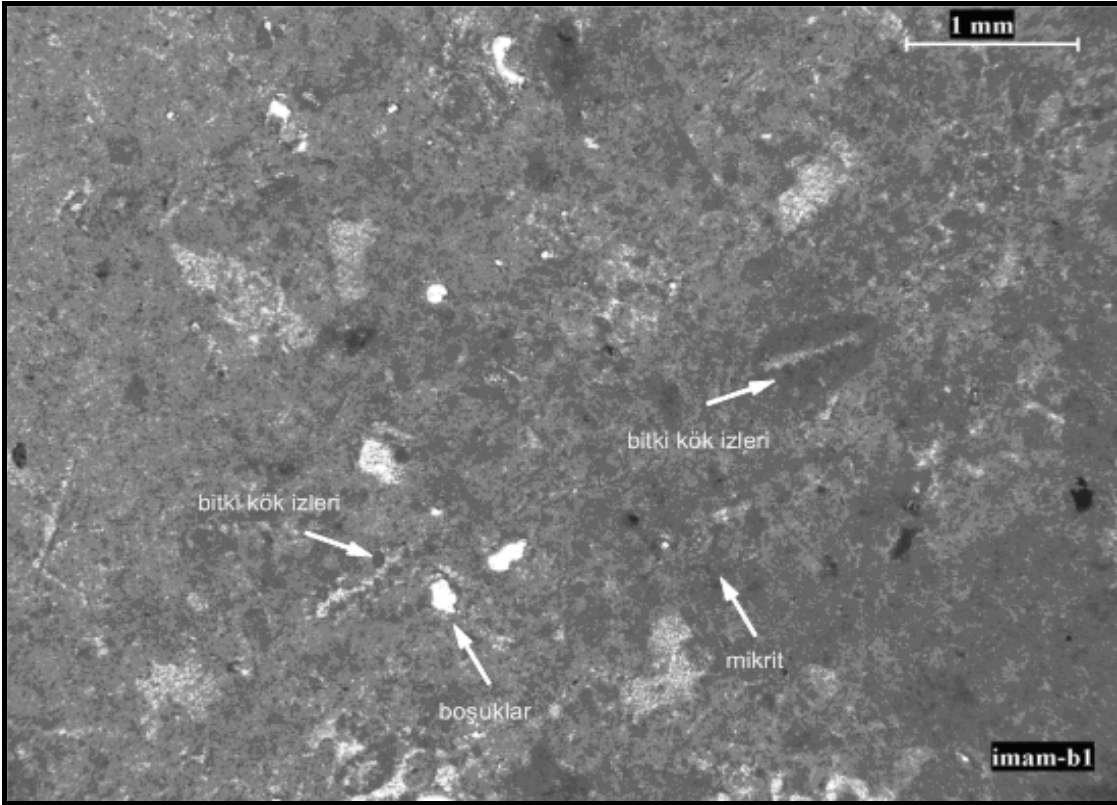
## 4.2 Boşluklu Doku

Boşluk yapıları traverten çökellerinde oldukça sık rastlanan bir durumdur (Şekil 4.9). Travertenlerdeki boşluklu dokuların sebebi genellikle traverten oluşumunu sağlayan kalsiyum karbonatlı suların bünyesindeki makro ve mikro boyuttaki bitki, alg ve diğer canlıların varlığıdır. Çökelim esnasında su içerisindeki organizmaların etrafında  $\text{CaCO}_3$  birikir. Biriken  $\text{CaCO}_3$  organizmayı zamanla çürütür. Organizma tamamen çürüyüp ortamdaki uzaklaştığı zaman gerisinde tüpsü - kanalsı yapılarda boşluk dokuları bırakır. Bu tarz boşluklu dokudaki travertenler organizmaların daha yoğun bulunmasına imkan veren nispeten daha düşük sıcaklıkta sular vasıtasıyla çökeltile travertenlerde daha sık ve yoğun olarak gözlenir. Ayrıca ortamdaki  $\text{CO}_2$  gaz basıncının da hızlı olarak azalmasına bağlı olarak hızlı çökelim gerçekleştiği durumlarda da büyük gözenekli dokular meydana gelebilmektedir.

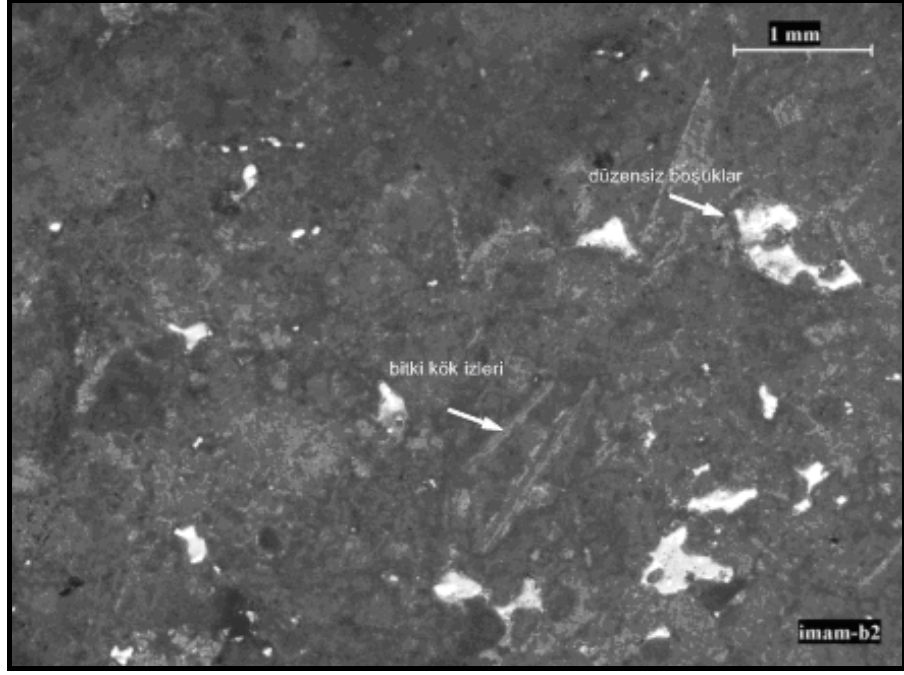


Şekil 4.9 Yoğun boşluklu dokular içeren bir traverten bloğunun arazideki görünümü (Budaklar formasyonu)

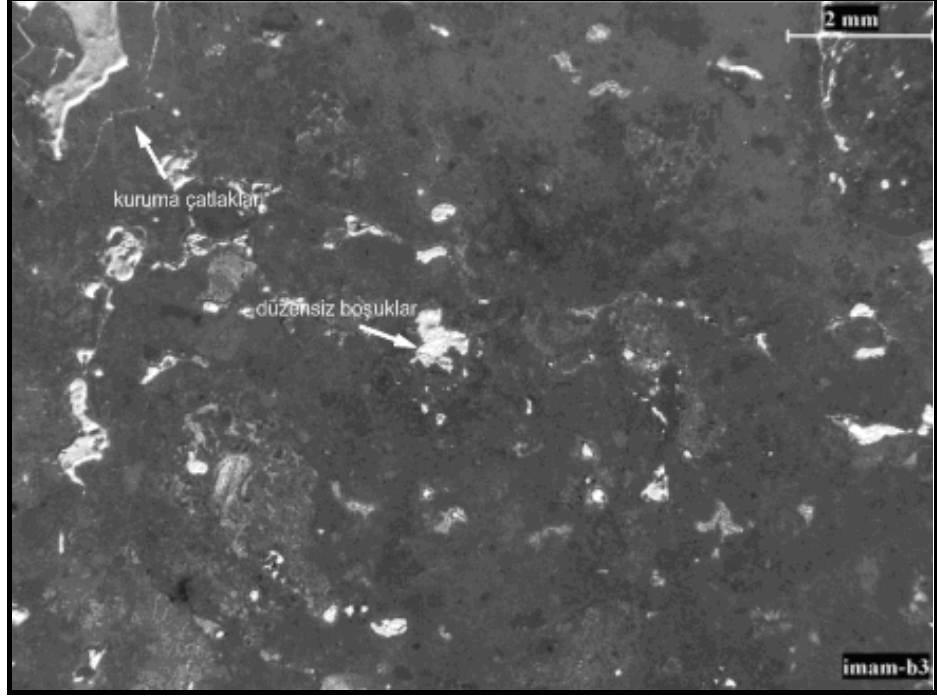
Budaklar ve İmanlar formasyonlarının her ikisinde de boşluklu dokuda travertenlere rastlanılmıştır. İki formasyona ait boşluklu dokulu traverten örneklerinden üç yönde (yatay, dikey, çapraz) ince kesitler hazırlanmıştır. İmanlar formasyonu boşluklu travertenleri genel olarak mikritik traverten olarak gözlenmiştir (Şekil 4.10). Yer yer peloidal mikrit dokuları da izlenmiştir. Hamur içerisinde bitki kök izleri ve düzensiz boşluklar bulunmaktadır.



Şekil 4.10 İmanlar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (mikritik travertende bitki kök izleri ve boşluklar)

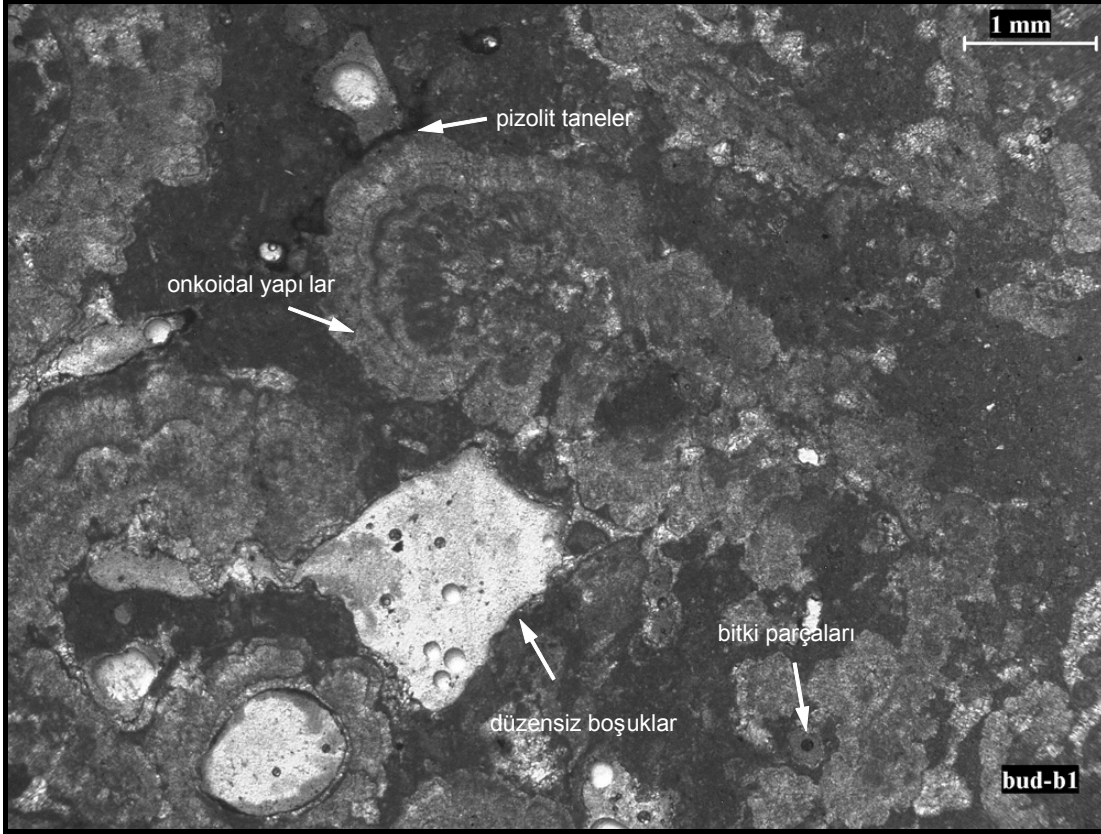


Şekil 4.11 İmanlar formasyonu boşuklu dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (bitki kök izleri ve düzensiz boşuklar)



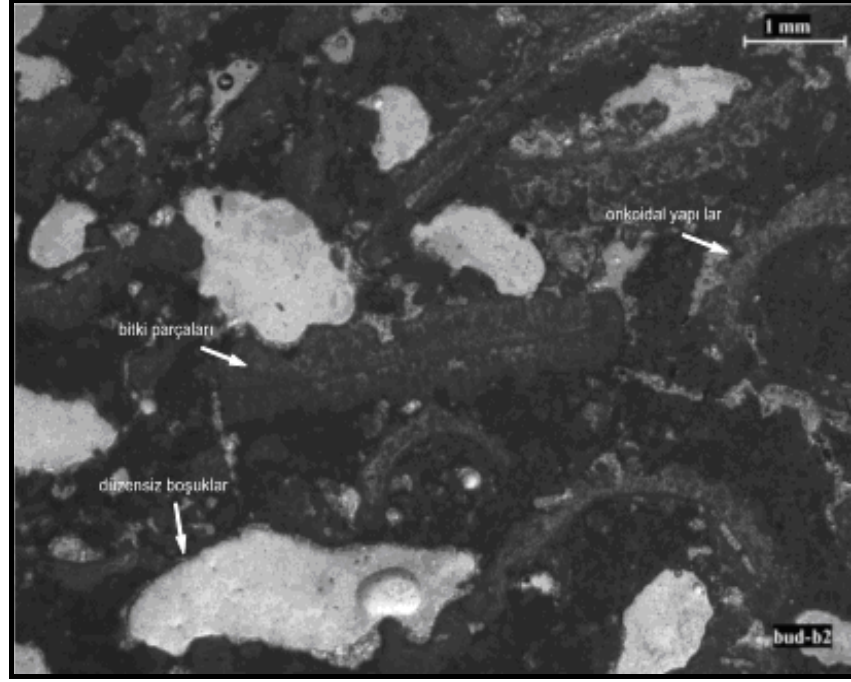
Şekil 4.12 İmanlar formasyonu boşuklu dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kuruma çatlakları ve düzensiz boşuklar)

Budaklar Formasyonu boşluklu travertenleri genel olarak sıkı paketlenmiş pizomikritik traverten olarak gözlenmiştir (Şekil 4.13). Hamur içerisinde pizolit tanelerine, bitki parçalarına ve düzensiz boşluklara rastlanmıştır.

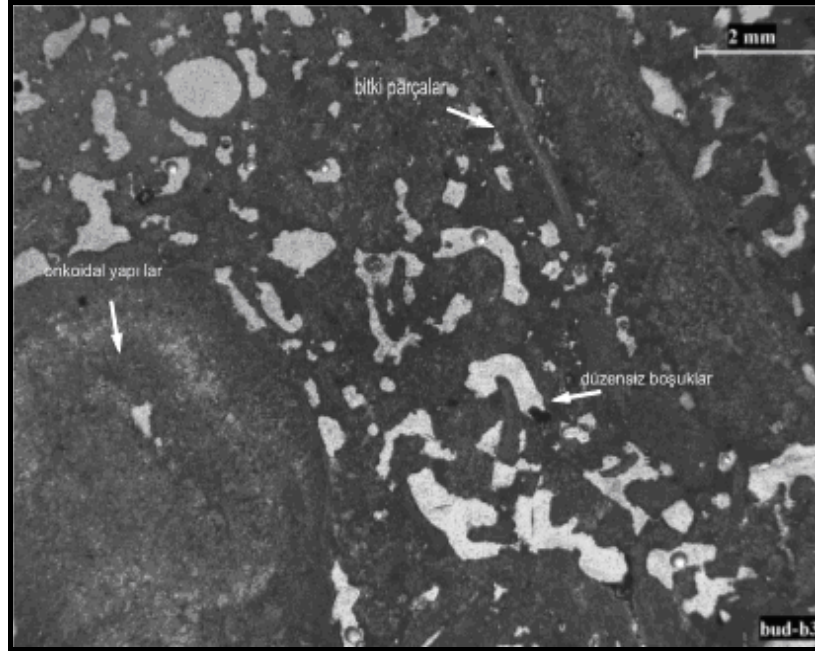


Şekil 4.13 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (pizomikritik travertende düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar ve pizolit taneler)

Ayrıca Budaklar formasyonu boşluklu travertenlerine ait ince kesitlerde onkoidal yapılar da rastlanılmıştır. İmamlar formasyonu boşluklu dokulu travertenlere ait ince kesitlere göre düzensiz boşlukların bu formasyona ait örneklerde çok daha yoğun olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.14 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar, bitki parçaları)



Şekil 4.15 Budaklar formasyonu boşluklu dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (düzensiz boşluklar, onkoidal yapılar, bitki parçaları)

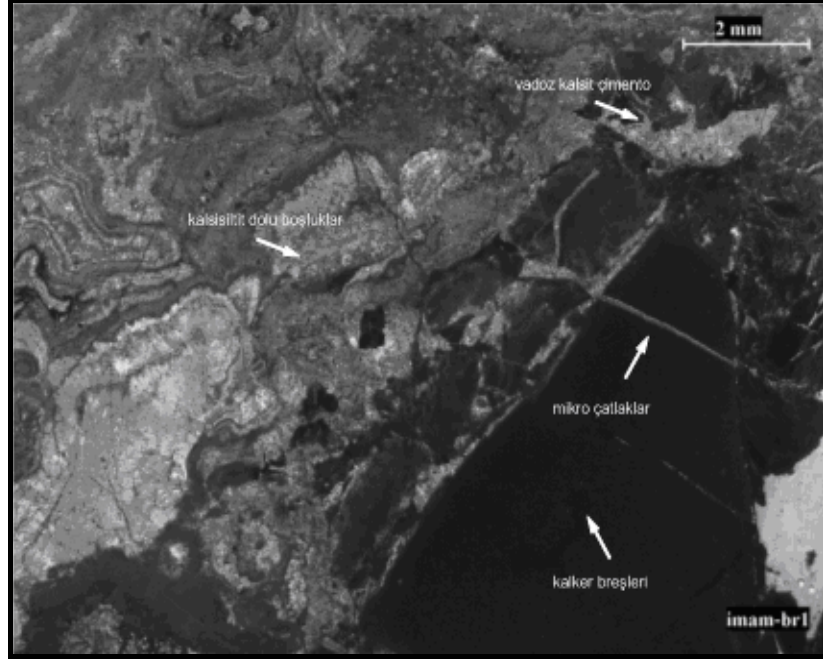
### 4.3 Breşik Doku

Breşik dokular birçok kayada olduğu gibi travertenlerde de gözlemlenebilen bir dokudur. Çeşitli etkenlerle (yamaçlardan kopan parçalar, tektonizma, karstik olaylar v.b.) parçalanan kayaların tanelerinin bir yerde toplanarak zaman içinde çimentolanır ve kayalaşmasıdır. Bu sayede breşik dokudaki kayalar meydana gelir. İnceleme alanında breşik dokuya sahip travertenler sadece İmanlar formasyonunun da gözlenmiştir (Şekil 4.16). Travertenlerde gözlenen breşik dokuların bazılarının masiv bazılarının ise boşluklu doku özelliği gösterdikleri görülmüştür.



Şekil 4.16 Breşik dokuya sahip traverten örnekleri (İmanlar formasyonu)

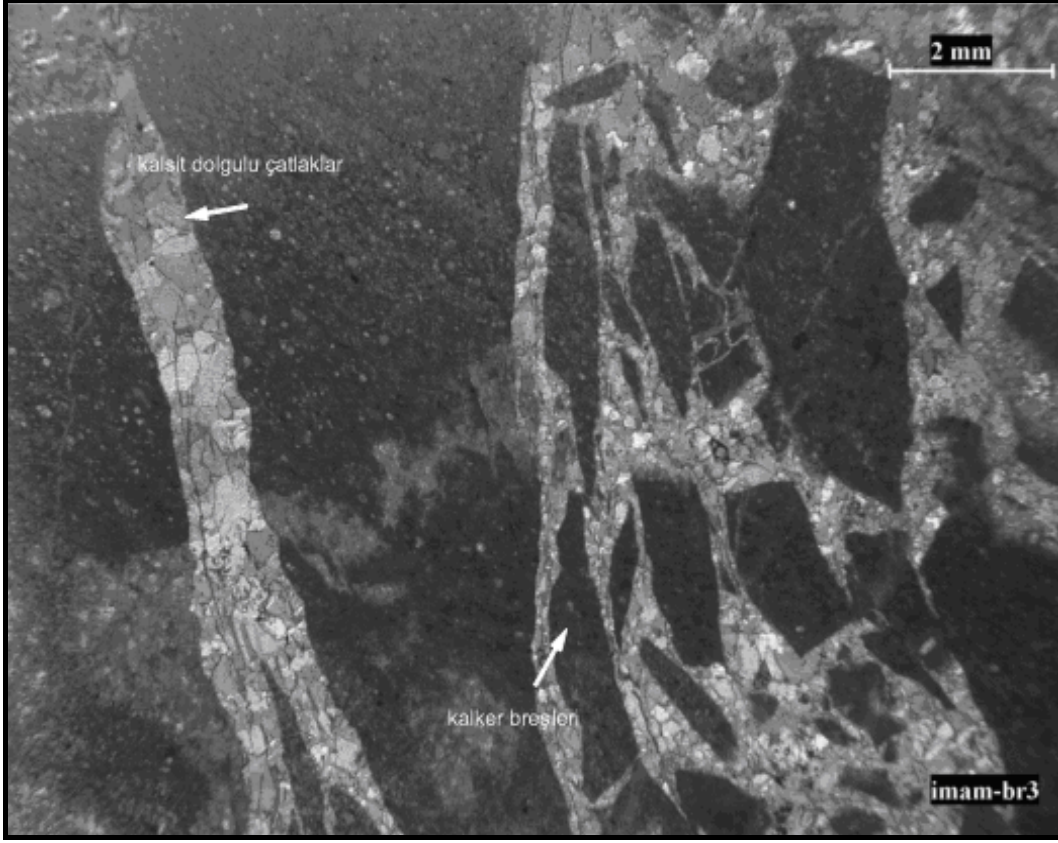
İmanlar formasyonuna ait breşik dokudaki traverten örneklerinden üç yönde (yatay, dikey, çapraz) ince kesitler hazırlanmıştır. Travertenlerin sıkı paketlenmiş intramikritik dokulu traverten oldukları gözlenmiştir. İnce kesitlerde özellikle kalker breşleri göze çarpmaktadır (Şekil 4.17). Boşlukların vadoz kalsit çimentolu ve kalsisiltit ile dolduruldukları görülmüştür. Zaman zaman sinter görünümlü kabuklaşmaların olduğu görülmüştür. Ayrıca mikro çatlaklar da bulunmaktadır.



Şekil 4.17 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait yatay yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kalker breşleri, mikro çatlaklar)



Şekil 4.18 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait dikey yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (sinter görünümlü kabuklaşma, kalker breşleri, kalsisiltit dolgulı boşluklar)



Şekil 4.19 İmanlar formasyonu breşik dokulu travertenlerine ait çapraz yönde hazırlanmış ince kesit görünümü (kalker breşleri, kalsit dolgulu çatlaklar)

## 5. FARKLI DOKUDAKİ TRAVERTENLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Travertenler geçmişten günümüze birçok alanda kullanılmış ve kullanılan bir doğal taştır. Başlıca kullanım alanları, yapıtaşı olarak, yapılarda yüzey kaplama taşı olarak dekoratif amaçlı ve süs eşyası yapımıdır. Ayrıca daha kolay ufalanabildiklerinden dolayı zaman zaman kireçtaşı yerine çimento ham maddesi olarak da kullanılmaktadır. Travertenlerin en yaygın kullanım alanı olan yapıtaşı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılmasında ki en büyük etken, bloklar halinde çıkarılabilme veriminin genelde yüksek olması ve içerdiği bazı mineraller sayesinde aldığı renklerden dolayı dekoratif özelliğinin ön planda olmasıdır. Birçok doğal taşta olduğu gibi travertenlerinde mühendislik özelliklerinin belirlenmesi kullanım alanları, işletmeye değer olup olmadıkları gibi konularda bizlere ışık tutmaktadır. Bu yüzden fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Çalışma alanı olan Karabük ili Eskipazar ilçesi ülkemizin traverten açısından zengin bölgelerinden birini teşkil etmektedir. Bölgede travertenler Karkın formasyonu, Budaklar formasyonu ve İmanlar formasyonlarına ait birimler olarak gözlenmiştir.

Yapılacak çalışma için iki farklı inceleme alanı belirlenmiştir. Birincisi Budaklar formasyonuna ait, Eskipazar'ın yaklaşık olarak 3 km Batısında yer alan Budaklar Köyü civarındaki traverten sahasıdır (Şekil 5.1). Diğeri ise İmanlar formasyonuna ait, Eskipazar'ın yaklaşık 7 km. Güneydoğusunda yer alan İmanlar Köyü civarındaki traverten sahasıdır (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Budaklar Köyü'nün batısında yer alan traverten sahası



Şekil 5.2 İmanlar Köyü civarındaki traverten sahasından bir görünüm

Kayaçların dokusal özelliklerinin, kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin anlaşılmasında büyük öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonu ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerden yeterli sayıda ve farklı dokuları temsil edici özellikte değişik büyüklüklerde el örnekleri ve blok numuneler alınmıştır. Ayrıca İmanlar formasyonuna ait travertenlerde, işletilmiş

bir traverten ocağı için daha önceden yapılmış sondajlara ait karotlar temin edilmiştir (Şekil 5.3). Budaklar formasyonuna ait travertenlerde ise araziden alınan blok numunelerden “Ankara Üniversitesi Zemin Ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı”nda karot numuneleri çıkarılmıştır (Şekil 5.4). Alınan farklı dokusal özelliklere sahip traverten örnekleri üzerinde ISRM 1981’e göre fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. Aynı zamanda deney çalışmaları sırasında Ulusay vd. (2005) hazırlamış oldukları “Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri” isimli çalışmadan da faydalanılmıştır. Ayrıca İmanlar formasyonuna ait travertenlerde, işletilmiş bir traverten ocağı için daha önceden yapılmış sondajlara ait karotlar kullanılmıştır.



Şekil 5.3 İnceleme alanına ait karot ve el numunelerinden bazı örnekler



Şekil 5.4 Alınan blok numunelerinden A.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı’nda karot numunesi çıkarılma işlemleri

## 5.1 Budaklar Formasyonu Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Budaklar formasyonuna ait travertenlerden saha çalışmaları sırasında alınan farklı dokusal özellikteki traverten numuneleri, makro doku özelliklerine göre gruplara ayrılmıştır. Yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları dokularına göre ayrı ayrı sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (MS : Masiv Dokulu; BL : Boşluklu Dokulu)

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk ( $\rho$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	Doğal Su İçeriği (w) (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Görünür Porozite (n) (%)	Boşluk Oranı (e)	Schmidt Sertlik Değeri	Tek Eksenli Basınç Dayanımı ( $\sigma_c$ ) (MPa)
MS	BD – 1	2,57	25,21	0,52	1,65	0,65	1,65	0,02	54	51,9
"	BD – 2	2,55	25,02	0,60	1,77	0,70	1,77	0,02	42	51,6
"	BD – 3	2,56	25,11	0,54	2,50	0,98	2,50	0,03	47	52,4
"	BD – 4	2,53	24,82	0,47	1,62	0,64	1,62	0,02	37	46,5
"	BD – 5	2,56	25,11	0,24	1,50	0,59	1,50	0,02	31	43,9
"	BD – 6	2,55	25,02	0,49	1,95	0,77	1,95	0,02	48	50,6
BL	BD – 7	2,50	24,53	0,77	6,07	2,45	6,07	0,06	33	27,3
"	BD – 8	2,55	25,03	0,38	3,10	1,22	3,10	0,03	44	31,2
"	BD – 9	2,52	24,74	1,15	6,40	2,57	6,40	0,07	37	40,2
"	BD – 10	2,47	24,22	1,15	6,99	2,86	6,99	0,08	31	33,8
"	BD – 11	2,47	24,20	1,03	6,62	2,71	6,62	0,07	40	26,6
"	BD – 12	2,49	24,43	1,13	7,53	3,06	7,53	0,08	35	36,9

### 5.1.1 Yoğunluk ve doğal birim hacim ağırlığı

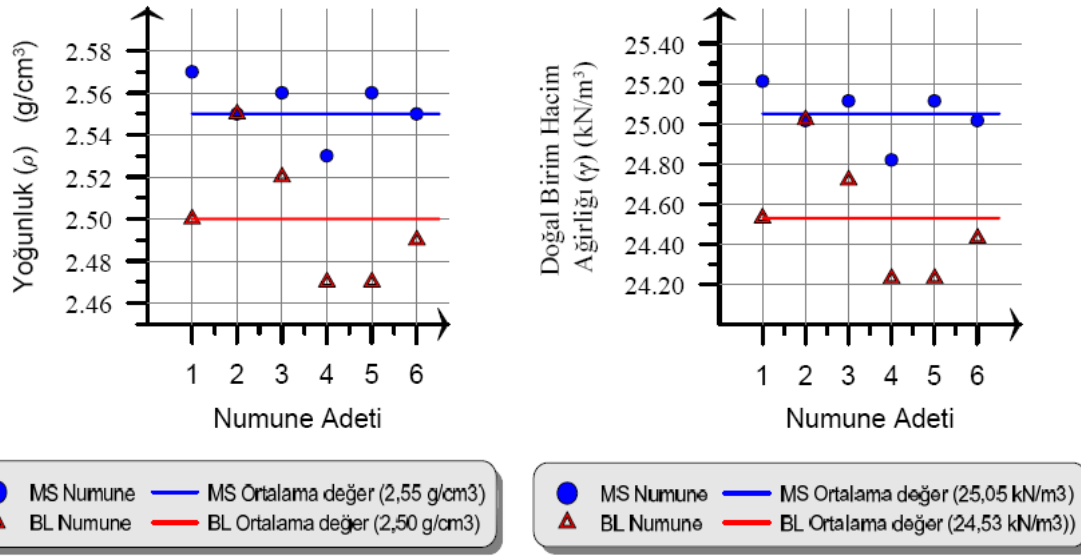
Saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) deneysel olarak belirlenmiştir. Budaklar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama yoğunlukları ( $\rho$ ) 2,55 g/cm<sup>3</sup>, ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) 25,05 kN/m<sup>3</sup> olarak

belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise yoğunluk ( $\rho$ ) için 0,01 olarak, birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) içinse 0,13 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama yoğunlukları ( $\rho$ ) 2,50 g/cm<sup>3</sup>, ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) 24,53 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Standart sapma değerleri ise yoğunluk ( $\rho$ ) için 0,03 olarak, birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) içinse 0,31 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Genel olarak standart sapma değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Boşluklu dokuya sahip olan numunelerde, yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) için hesaplanan standart sapma değerleri, masiv dokuya sahip olan traverten numunelerine göre nispeten daha yüksektir.

Çizelge 5.2 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ )

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk ( $\rho$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )
MS	BD – 1	2,57	25,21
"	BD – 2	2,55	25,02
"	BD – 3	2,56	25,11
"	BD – 4	2,53	24,82
"	BD – 5	2,56	25,11
"	BD – 6	2,55	25,02
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,55</b>	<b>25,05</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,01</b>	<b>0,13</b>
BL	BD – 7	2,50	24,53
"	BD – 8	2,55	25,02
"	BD – 9	2,52	24,72
"	BD – 10	2,47	24,23
"	BD – 11	2,47	24,23
"	BD – 12	2,49	24,43
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,50</b>	<b>24,53</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,03</b>	<b>0,31</b>



Şekil 5.5 Budaklar formasyonuna ait traverten numunelerinin yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıklarının ( $\gamma$ ) dağılımı

Şekil 5.5’ de görüldüğü üzere, Budaklar formasyonundan alınan masiv dokuya sahip traverten numunelerinin ortalama yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ), boşluklu dokuya sahip numunelere göre daha yüksektir.

### 5.1.2 Doğal su içeriği

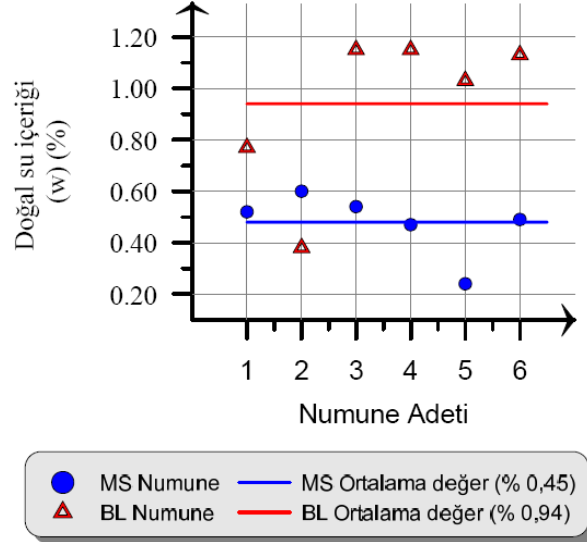
Doğal su içeriği, kayanın içerdiği suyun ağırlığının, kayanın kuru ağırlığına oranının yüzdesel şekilde ifadesi olarak tanımlanmaktadır (ISRM, 1981). Saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonundaki travertenlerden alınan örneklerin doğal su içerikleri ( $w$ ) deneysel olarak belirlenmiştir.

Budaklar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama doğal su içerikleri ( $w$ ) % 0,48 olarak bulunmuştur. Standart sapma değeri ise 0,12 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama doğal su içerikleri ( $w$ ) % 0,94 olarak bulunmuştur. Standart sapma değeri ise 0,31 olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 5.3).

Boşluklu dokuya sahip olan numunelerde, doğal su içeriği (w) için hesaplanan standart sapma değeri, masiv dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksektir.

Çizelge 5.3 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin doğal su içerikleri (w)

Numune Dokusu	Numune No	Doğal Su İçeriği (w) (%)
MS	BD – 1	0,52
"	BD – 2	0,60
"	BD – 3	0,54
"	BD – 4	0,47
"	BD – 5	0,24
"	BD – 6	0,49
<b>Ortalama Değer</b>		<b>0,48</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,12</b>
BL	BD – 7	0,77
"	BD – 8	0,38
"	BD – 9	1,15
"	BD – 10	1,15
"	BD – 11	1,03
"	BD – 12	1,13
<b>Ortalama Değer</b>		<b>0,94</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,31</b>



Şekil 5.6 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin doğal su içeriği (w) dağılımı

Budaklar formasyonundan alınan masiv dokuya sahip travertenlerin ortalama doğal su içeriklerinin, boşluklu dokuda olanlara göre çok daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5.6).

### 5.1.3 Ağırlıkça ve hacimce su emme

Su emme özelliği, özellikle yüzey kaplama taşı olarak kullanılacak doğal yapıtaşlarında oldukça önemlidir. Kaplama taşı olarak kullanılmış doğal taşlar, zamanla maruz kaldıkları atmosferik etkilerden dolayı zamanla bozuşmaya uğramaktadır. Bozuşma miktarı taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişiklik göstermektedir (Şen, 2006).

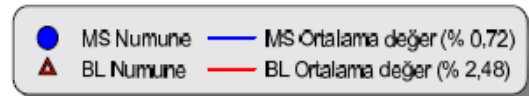
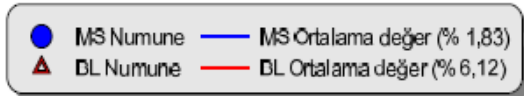
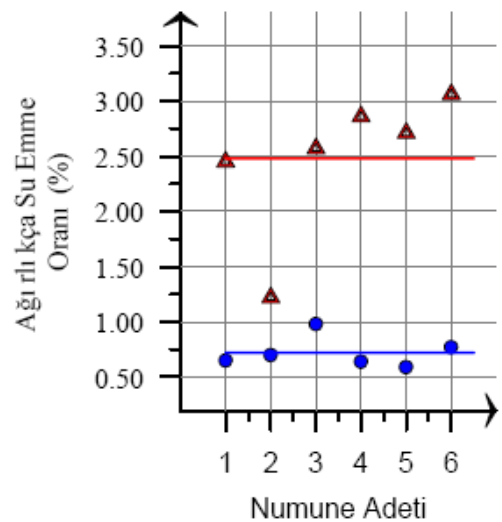
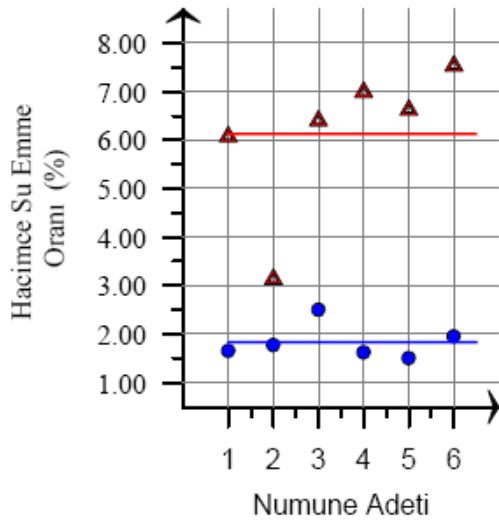
Saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri deneysel olarak belirlenmiştir.

Budaklar formasyonundaki masiv dokuya sahip örneklerin ortalama hacimce su emme oranları %1,83; ortalama ağırlıkça su emme oranları % 0,72 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise hacimce su emme için 0,36 olarak, ağırlıkça su emme içinse 0,72 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokuya sahip olan travertenlerin ortalama hacimce su emme oranları % 6,12; ortalama ağırlıkça su emme oranları % 2,48 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise hacimce su emme için 1,56 olarak, ağırlıkça su emme içinse 0,65 olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 5.4).

Boşluklu dokuya sahip olan numunelerde, hacimce su emme ve ağırlıkça su emme için hesaplanan standart sapma değerlerinin, masiv dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.4 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri

Numune Dokusu	Numune No	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı(%)
MS	BD – 1	1,65	0,65
"	BD – 2	1,77	0,70
"	BD – 3	2,50	0,98
"	BD – 4	1,62	0,64
"	BD – 5	1,50	0,59
"	BD – 6	1,95	0,77
<b>Ortalama Değer</b>		<b>1,83</b>	<b>0,72</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,36</b>	<b>0,14</b>
BL	BD – 7	6,07	2,45
"	BD – 8	3,10	1,22
"	BD – 9	6,40	2,57
"	BD – 10	6,99	2,86
"	BD – 11	6,62	2,71
"	BD – 12	7,53	3,06
<b>Ortalama Değer</b>		<b>6,12</b>	<b>2,48</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>1,56</b>	<b>0,65</b>



Şekil 5.7 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdelerinin dağılımı

Budaklar formasyonundan alınan masiv dokuya sahip travertenlerin ortalama hacimce ve ağırlıkça su emme yüzdelerinin, boşluklu dokuya sahip olanlara göre çok daha yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 5.7).

#### **5.1.4 Görünür gözeneklilik (porozite) ve boşluk oranı**

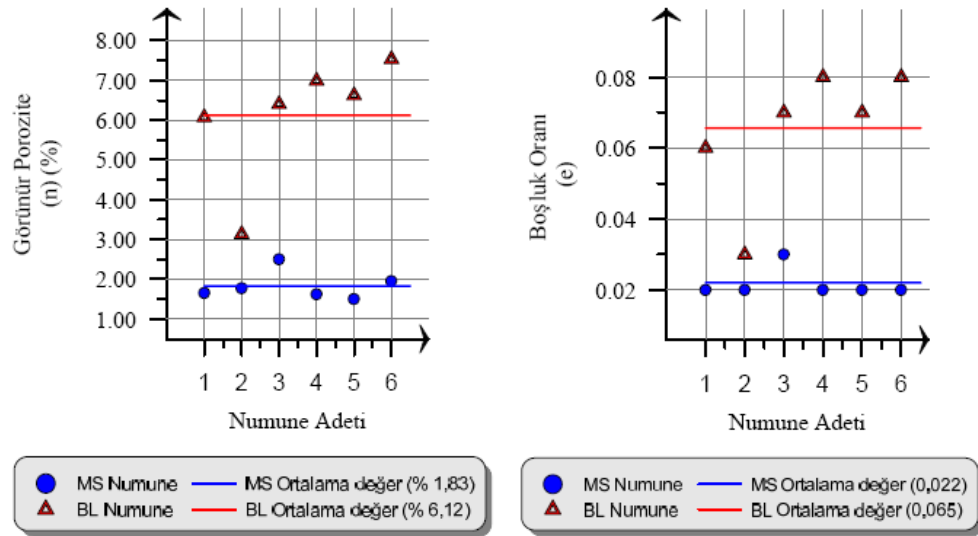
Saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin görünür gözeneklilik ve boşluk oranları deneysel olarak belirlenmiştir.

Budaklar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik (porozite) oranı %1,83; ortalama boşluk oranı 0,022 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise görünür gözeneklilik (porozite) için 0,36 olarak, boşluk oranı içinse 0,004 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik (porozite) oranı % 6,12; ortalama boşluk oranı 0,065 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise görünür gözeneklilik (porozite) için 1,56 olarak, boşluk oranı içinse 0,019 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.5).

Boşluklu dokuya sahip olan numunelerde, görünür gözeneklilik (porozite) ve boşluk oranı için hesaplanan standart sapma değerlerinin, masiv dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5 Budaklar Formasyonuna ait travertenlerin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranları

Numune Dokusu	Numune No	Görünür Porozite (n) (%)	Boşluk Oranı (e)
MS	BD – 1	1,65	0,02
"	BD – 2	1,77	0,02
"	BD – 3	2,50	0,03
"	BD – 4	1,62	0,02
"	BD – 5	1,50	0,02
"	BD – 6	1,95	0,02
<b>Ortalama Değer</b>		<b>1,83</b>	<b>0,022</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,36</b>	<b>0,004</b>
BL	BD – 7	6,07	0,06
"	BD – 8	3,10	0,03
"	BD – 9	6,40	0,07
"	BD – 10	6,99	0,08
"	BD – 11	6,62	0,07
"	BD – 12	7,53	0,08
<b>Ortalama Değer</b>		<b>6,12</b>	<b>0,065</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>1,56</b>	<b>0,019</b>



Şekil 5.8 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranlarının dağılımları

Budaklar formasyonundan alınan boşluklu dokuya sahip travertenlerin ortalama görünür porozite ve boşluk oranlarının dokuları ile paralel olarak, masiv dokuya sahip olanlara göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir. (Şekil 5.8).

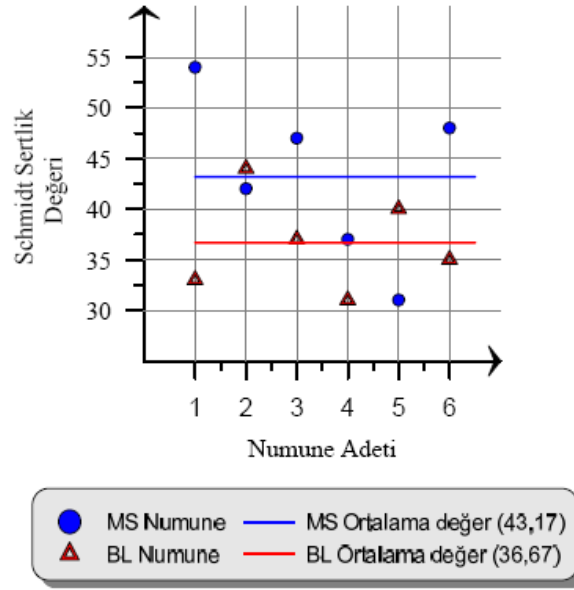
### 5.1.5 Schmidt sertlik değeri

Saha alışmaları sırasında Budaklar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin Schmidt sertlik değerleri deneysel olarak belirlenmiştir. Her bir numune üzerinde farklı noktalardan olmak üzere 10 adet okuma yapılmıştır. Yapılan bu okumaların aritmetik ortalaması alınarak her bir numune için Schmidt sertlik değeri belirlenmiştir.

Budaklar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama Schmidt sertlik değeri 43,17 olarak boşluklu dokudaki travertenlerin Schmidt sertlik değeri 36,67 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise masiv dokulu traverten örneklerinde 8,28 olarak, boşluklu dokulu traverten örneklerinde ise 4,76 olarak hesaplanmıştır (izelge 5.6). Schmidt sertlik değeri için hesaplanan standart sapma değerleri her iki doku (masiv ve boşluklu doku) için de yüksektir.

Çizelge 5.6 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin Schmidt sertlik değerleri

Numune Dokusu	Numune No	Schmidt Sertlik Değeri
MS	BD – 1	54
"	BD – 2	42
"	BD – 3	47
"	BD – 4	37
"	BD – 5	31
"	BD – 6	48
<b>Ortalama Değer</b>		<b>43,17</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>8,28</b>
BL	BD – 7	33
"	BD – 8	44
"	BD – 9	37
"	BD – 10	31
"	BD – 11	40
"	BD – 12	35
<b>Ortalama Değer</b>		<b>36,67</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>4,76</b>

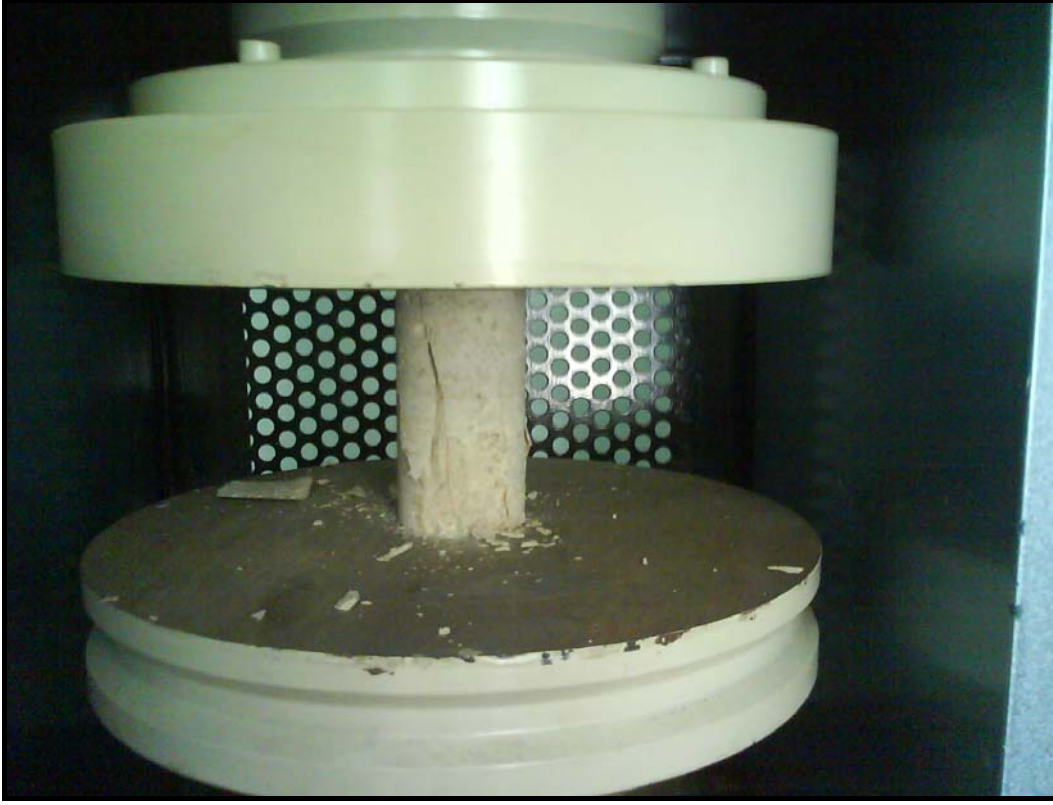


Şekil 5.9 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin Schmidt sertlik değerlerinin dağılımı

Budaklar formasyonundan alınan boşluklu ve masiv dokuya sahip traverten örneklerinin Schmidt sertlik değerlerinin geniş bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Schmidt sertlik değerleri ne kadar dağılım gösterse de, ortalama değerlere bakıldığında masiv dokuya sahip olan traverten örneklerinin, boşlukla dokuya sahip örneklere göre daha yüksek Schmidt sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5.9).

### 5.1.6 Tek eksenli basınç dayanımı

Saha çalışmaları sırasında Budaklar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) belirlenmiştir (Şekil 5.10).



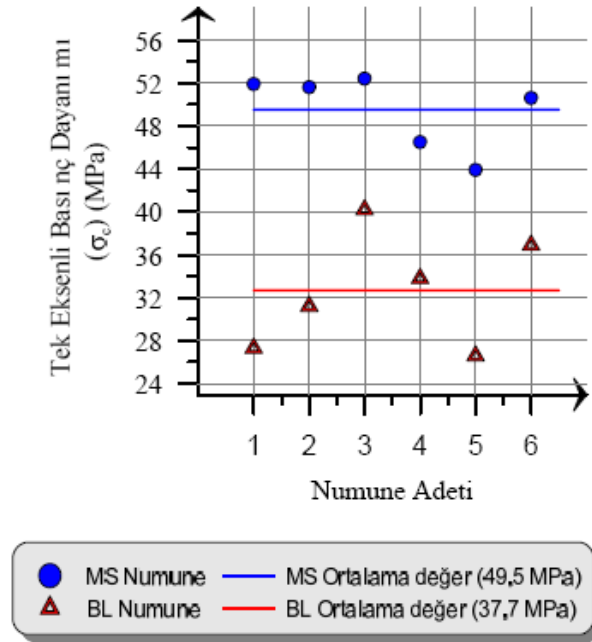
Şekil 5.10 Traverten numunesinin tek eksenli basınç deneyi sırasında yenilmeye uğradığı andaki görüntüsü

Budaklar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) 49,5 MPa olarak belirlenmiştir. Standart sapma değeri ise tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ) için 3,47 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) 32,70 MPa olarak belirlenmiştir. Standart sapma değeri ise tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ) için 5,36 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.7).

Boşluklu dokuya sahip olan numunelerde, tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ) için hesaplanan standart sapma değerinin, masiv dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.7 Budaklar formasyonuna ait travertenlerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ )

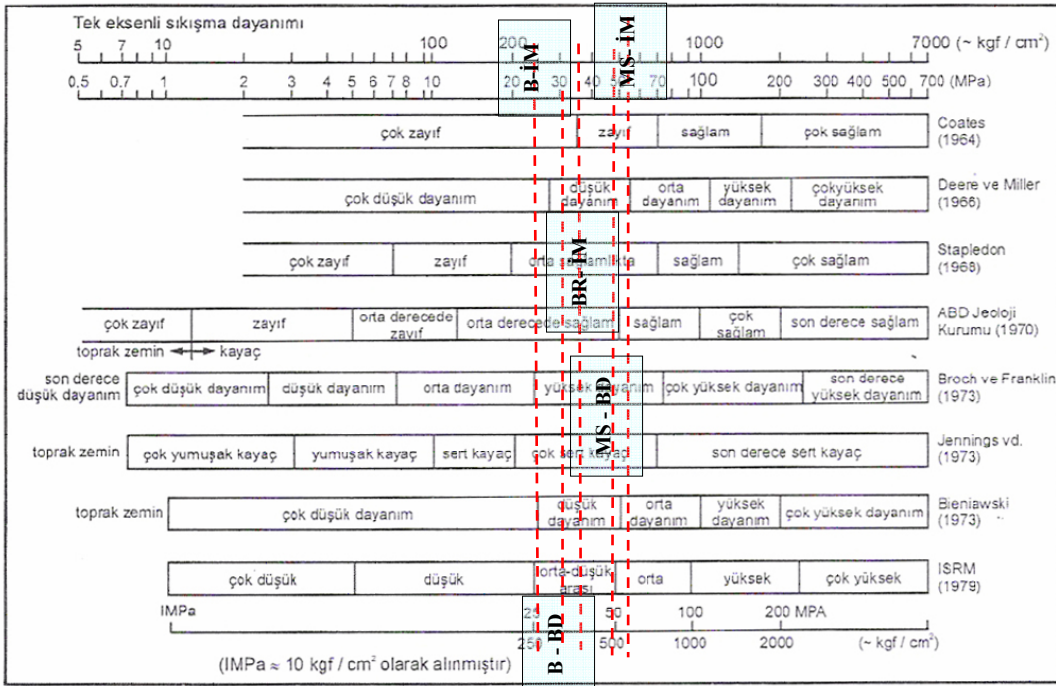
Numune Dokusu	Numune No	Tek Eksenli Basınç Dayanımı ( $\sigma_c$ ) (MPa)
MS	BD – 1	51,9
"	BD – 2	51,6
"	BD – 3	52,4
"	BD – 4	46,5
"	BD – 5	43,9
"	BD – 6	50,6
<b>Ortalama Değer</b>		<b>49,5</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>3,47</b>
BL	BD – 7	27,3
"	BD – 8	31,2
"	BD – 9	40,2
"	BD – 10	33,8
"	BD – 11	26,6
"	BD – 12	36,9
<b>Ortalama Değer</b>		<b>32,7</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>5,36</b>



Şekil 5.11 Budaklar formasyonuna ait traverten örneklerinin tek eksenli basınç dayanım ( $\sigma_c$ ) değerlerinin dağılımı

Budaklar formasyonundan alınan masiv dokuya sahip olan traverten örneklerinin tek eksenli basınç dayanımlarının, boşluklu dokuya sahip olan örneklere göre daha yüksek olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Masiv dokuya sahip örneklerde tek eksenli basınç dayanım değerlerinin dağılımı daha kısa bir aralıkta olurken, boşlukla dokuya sahip olan örneklerde bu dağılım daha geniş bir aralıkta olmaktadır. (Şekil 5.11).

Çizelge 5.8. Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre kayaç sınıflamalarının karşılaştırılması (Ulusay, 2007)



İnceleme alanındaki “Budaklar Formasyonu” travertenlerini tek eksenli basınç dayanımlarına göre çeşitli araştırmacıların önerdiği sınıflamalara dayanarak sınıfladığımızda masiv dokudakiler “düşük dayanımlı, orta sağlamlıkta, zayıf”, boşluklu dokudakiler “çok düşük dayanımlı, orta sağlamlıkta, çok zayıf”, kaya sınıfına girmektedirler (Çizelge 5.8).

## 5.2 İmanlar Formasyonu Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

İmanlar formasyonuna ait travertenlerden saha çalışmaları sırasında alınan farklı dokusal özellikteki traverten numuneleri, makro doku özelliklerine göre gruplara ayrılmıştır. Yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları dokularına göre ayrı ayrı sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (MS : Masiv dokulu; BL : Boşuklu dokulu, BR : Breşik dokulu)

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Doğal Su İçeriği (w) (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Görünür Porozite (n) (%)	Boşluk Oranı (e)	Schmidt Sertlik Değeri	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (qu) (MPa)
MS	İM-1	2,56	25,11	0,39	1,51	0,59	1,51	0,02	59	63,7
"	İM-2	2,61	25,60	0,34	1,77	0,68	1,77	0,02	49	48,8
"	İM-3	2,59	25,41	0,60	2,74	1,06	2,74	0,03	45	54,7
"	İM-4	2,58	25,31	0,39	1,70	0,66	1,70	0,02	51	49,4
"	İM-5	2,52	24,72	0,47	2,36	0,94	2,36	0,02	42	52,5
BL	İM-6	2,40	23,54	0,41	6,72	2,82	6,72	0,07	29	21,3
"	İM-7	2,47	24,23	0,49	6,30	2,56	6,30	0,07	37	28,6
"	İM-8	2,43	23,84	0,82	7,44	3,09	7,44	0,08	31	23,3
"	İM-9	2,44	23,94	0,40	6,81	2,80	6,81	0,07	34	24,6
"	İM-10	2,41	23,64	0,51	7,20	3,00	7,20	0,08	40	33,9
BR	İM-11	2,63	25,80	0,27	1,94	0,74	1,94	0,02	45	37,3
"	İM-12	2,63	25,80	0,47	2,49	0,95	2,49	0,03	44	40,3
"	İM-13	2,61	25,60	0,22	1,56	0,60	1,56	0,02	51	39,9
"	İM-14	2,62	25,70	0,55	1,89	0,72	1,89	0,02	37	33,9
"	İM-15	2,56	25,11	0,65	2,63	1,03	2,63	0,03	44	41,2
"	İM-16	2,52	24,72	0,94	4,59	1,84	4,59	0,05	36	30,7
"	İM-17	2,57	25,21	0,40	4,13	1,61	4,13	0,04	38	29,0

### 5.2.1 Yoğunluk ve doğal birim hacim ağırlığı

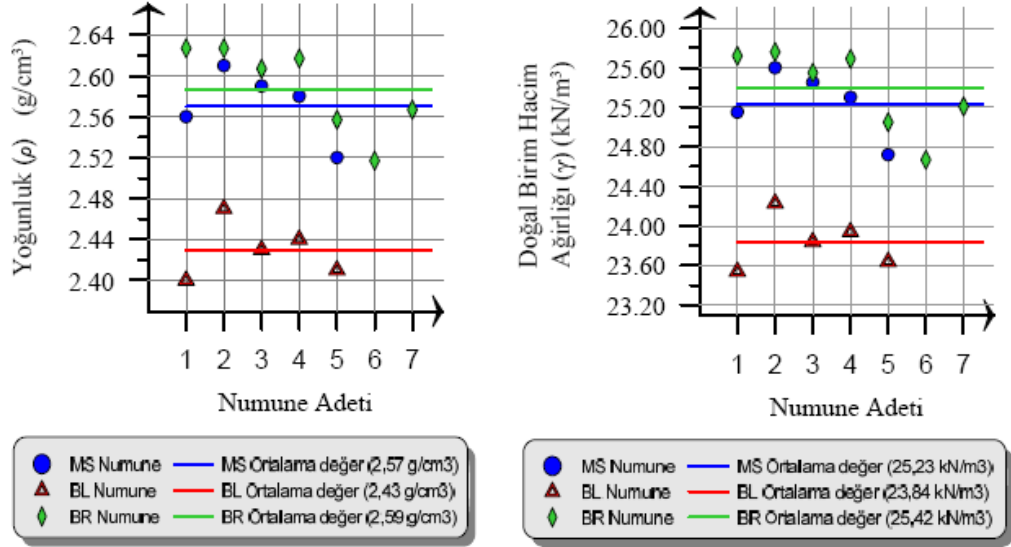
Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları deneysel olarak belirlenmiştir.

İmanlar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama yoğunlukları ( $\rho$ ) 2,52 g / cm<sup>3</sup>, ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) 24,74 kN / m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Standart sapma değerleri ise yoğunluk ( $\rho$ ) için 0,03 olarak, birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) içinse 0,33 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama yoğunlukları ( $\rho$ ) 2,43 g / cm<sup>3</sup>, ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) 23,84 kN / m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Standart sapma değerleri ise yoğunluk ( $\rho$ ) için 0,02 olarak, birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) içinse 0,27 olarak hesaplanmıştır. Breşik dokudaki travertenlerin ortalama yoğunlukları ( $\rho$ ) 2,58 g / cm<sup>3</sup> arasında, doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) 25,28 kN / m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Standart sapma değerleri ise yoğunluk ( $\rho$ ) için 0,04 olarak, birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) içinse 0,41 olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin yoğunlukları ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ )

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk ( $\rho$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )
MS	İM – 1	2,56	25,11
"	İM – 2	2,61	25,60
"	İM – 3	2,59	25,41
"	İM – 4	2,58	25,31
"	İM – 5	2,52	24,72
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,57</b>	<b>25,23</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,03</b>	<b>0,33</b>
BL	İM – 6	2,40	23,54
"	İM – 7	2,47	24,23
"	İM – 8	2,43	23,84
"	İM – 9	2,44	23,94
"	İM – 10	2,41	23,64
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,43</b>	<b>23,84</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,02</b>	<b>0,27</b>
BR	İM – 11	2,63	25,80
"	İM – 12	2,63	25,80
"	İM – 13	2,61	25,60
"	İM – 14	2,62	25,70
"	İM – 15	2,56	25,11
"	İM – 16	2,52	24,72
"	İM – 17	2,57	25,21
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,59</b>	<b>25,42</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,04</b>	<b>0,41</b>

Breşik dokuya sahip olan numunelerde, yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) için hesaplanan standart sapma değerleri, masiv ve boşluklu dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksektir.



Şekil 5.12 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıklarının ( $\gamma$ ) dağılımı

Şekil 5.12’de görüldüğü üzere, İmanlar formasyonundan alınan breşik dokuya sahip traverten numunelerinin ortalama yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ), masiv ve boşluklu dokuya sahip numunelere göre daha yüksektir. Bununla beraber masiv dokuda olanlara daha yakın seyretmektedir. Masiv ve boşluklu dokuya sahip numunelerin yoğunluk ( $\rho$ ) ve doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) dağılımının, breşik dokuya sahip olanlara göre nispeten daha kısa bir aralıkta gerçekleştiği görülmektedir.

### 5.2.2 Doğal su içeriği

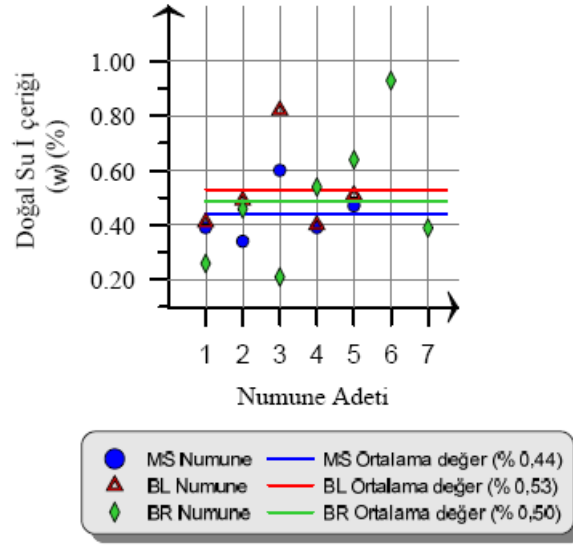
Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin doğal su içerikleri ( $w$ ) deneysel olarak belirlenmiştir.

İmanlar formasyonundaki travertenlerin ortalama doğal su içeriği değerleri masiv dokudakilerde  $w = \% 0,44$  olarak, boşluklu dokudakilerde  $w = \% 0,53$  olarak, breşik dokudakilerde  $w = \% 0,50$  olarak bulunmuştur. Standart sapma değerleri ise masiv dokudaki numuneler için 0,10 olarak, boşluklu dokudakiler için 0,17 olarak, breşik dokudakiler için 0,25 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.11).

Breşik dokuya sahip olan numunelerde, doğal su içerikleri ( $w$ ) için hesaplanan standart sapma değerleri, masiv ve boşluklu dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksektir.

Çizelge 5.11 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin doğal su içerikleri ( $w$ )

Numune Dokusu	Numune No	Doğal Su İçeriği ( $w$ ) (%)
MS	İM – 1	0,39
"	İM – 2	0,34
"	İM – 3	0,60
"	İM – 4	0,39
"	İM – 5	0,47
<b>Ortalama Değer</b>		<b>0,44</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,10</b>
BL	İM – 6	0,41
"	İM – 7	0,49
"	İM – 8	0,82
"	İM – 9	0,40
"	İM – 10	0,51
<b>Ortalama Değer</b>		<b>0,53</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,17</b>
BR	İM – 11	0,27
"	İM – 12	0,47
"	İM – 13	0,22
"	İM – 14	0,55
"	İM – 15	0,65
"	İM – 16	0,94
"	İM – 17	0,40
<b>Ortalama Değer</b>		<b>0,50</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,25</b>



Şekil 5.13 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin doğal su içeriği (w) dağılımı

İmanlar formasyonundan alınan traverten örneklerinin ortalama su içeriği değerleri oldukça yakın seyretmektedir. Fakat özellikle breşik dokuya sahip örneklerin doğal su içeriklerinin geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Ortalama su içeriği değerleri her ne kadar bütün dokularda birbirine yakın seyretse de, en yüksek ortalama su içeriği (w) değeri boşluklu dokuya sahip traverten örneklerinden elde edilmiştir (Şekil 5.13).

### 5.2.3 Ağırlıkça ve hacimce su emme

Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri deneysel olarak belirlenmiştir.

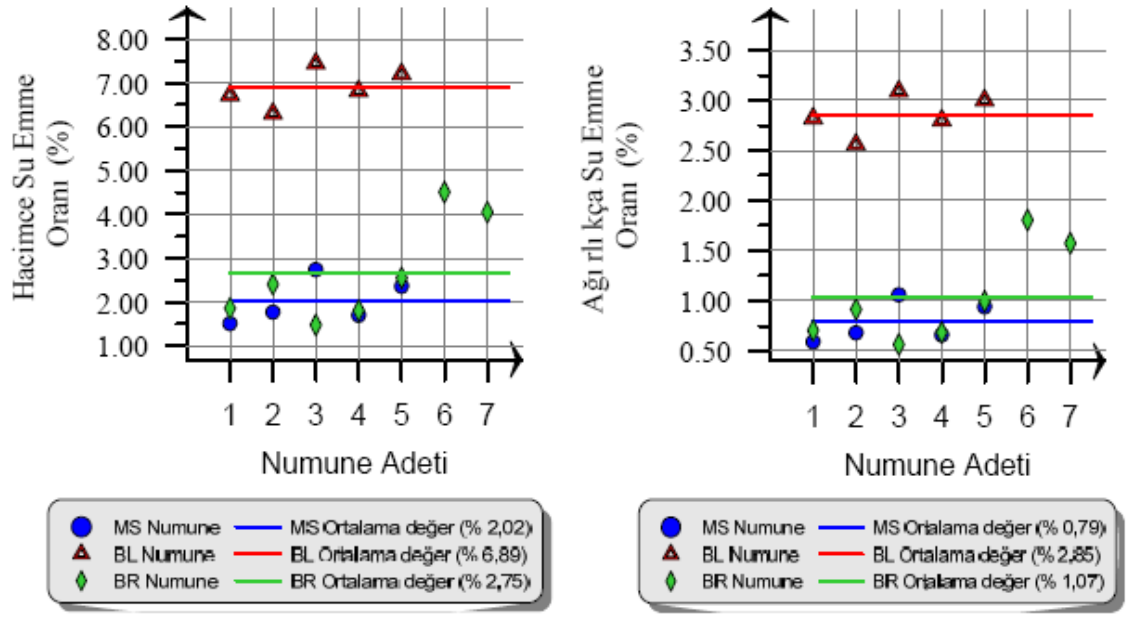
İmanlar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama hacimce su emme oranları %2,02; ortalama ağırlıkça su emme oranları % 0,79 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise hacimce su emme için 0,51 olarak, ağırlıkça su emme içinse 0,20 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama hacimce su emme oranları %6,89; ortalama ağırlıkça su emme oranları % 2,85 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise hacimce su emme için 0,44 olarak, ağırlıkça su emme

içinse 0,20 olarak hesaplanmıştır. Breşik dokudaki travertenlerin ortalama hacimce su emme oranları % 2,75; ortalama ağırlıkça su emme oranları % 1,07 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise hacimce su emme için 1,17 olarak, ağırlıkça su emme içinse 0,47 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.12).

Breşik dokuya sahip olan numunelerde, hacimce ve ağırlıkça su emme oranları için hesaplanan standart sapma değerleri, masiv ve boşluklu dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksektir.

Çizelge 5.12 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri

Numune Dokusu	Numune No	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı(%)
MS	İM – 1	1,51	0,59
"	İM – 2	1,77	0,68
"	İM – 3	2,74	1,06
"	İM – 4	1,70	0,66
"	İM – 5	2,36	0,94
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,02</b>	<b>0,79</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,51</b>	<b>0,20</b>
BL	İM – 6	6,72	2,82
"	İM – 7	6,30	2,56
"	İM – 8	7,44	3,09
"	İM – 9	6,81	2,80
"	İM – 10	7,20	3,00
<b>Ortalama Değer</b>		<b>6,89</b>	<b>2,85</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,44</b>	<b>0,20</b>
BR	İM – 11	1,94	0,74
"	İM – 12	2,49	0,95
"	İM – 13	1,56	0,60
"	İM – 14	1,89	0,72
"	İM – 15	2,63	1,03
"	İM – 16	4,59	1,84
"	İM – 17	4,13	1,61
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,75</b>	<b>1,07</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>1,17</b>	<b>0,47</b>



Şekil 5.14 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri dağılımı

İmanlar formasyonundan alınan breşik dokuya sahip traverten örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme yüzdeleri geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir. Boşluklu ve masiv dokuya sahip traverten örneklerinde ise bu dağılım daha sınırlı aralıklarda gerçekleşmektedir. En yüksek hacimce ve ağırlıkça su emme değerleri boşluklu dokuya sahip traverten numunelerinden elde edilmiştir (Şekil 5.14).

#### 5.2.4 Görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranı

Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin görünür gözeneklilik ve boşluk oranları deneysel olarak belirlenmiştir.

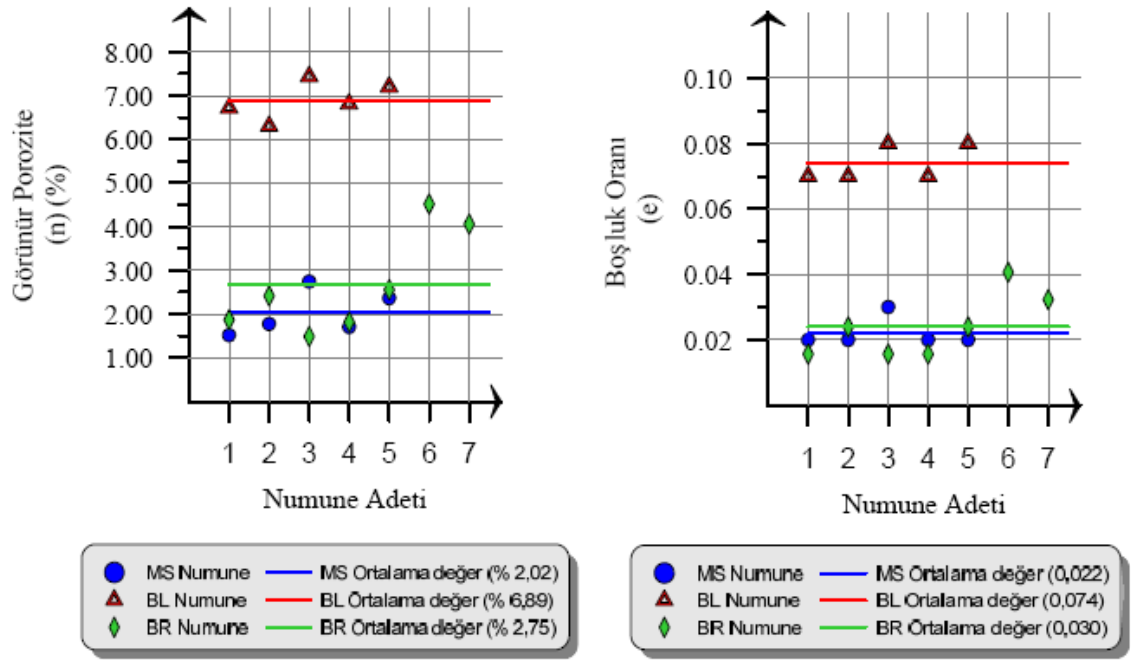
İmanlar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik oranı %2,02; ortalama boşluk oranı 0,022 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise görünür gözeneklilik için 0,51 olarak, boşluk oranı içinse 0,004 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik oranı

%6,89; ortalama boşluk oranı 0,074 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise görünür gözeneklilik için 0,44 olarak, boşluk oranı içinse 0,005 olarak hesaplanmıştır. Breşik dokudaki travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik oranı % 2,75; ortalama boşluk oranı 0,030 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise görünür gözeneklilik için 1,17 olarak, boşluk oranı içinse 0,011 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.13).

Breşik dokuya sahip olan numunelerde, görünür porozite ve boşluk oranları için hesaplanan standart sapma değerleri, masiv ve boşluklu dokuya sahip olan traverten numunelerine göre daha yüksektir.

Çizelge 5.13 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranları

Numune	Numune No	Görünür Porozite	Boşluk Oranı
MS	İM – 1	1,51	0,02
"	İM – 2	1,77	0,02
"	İM – 3	2,74	0,03
"	İM – 4	1,70	0,02
"	İM – 5	2,36	0,02
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,02</b>	<b>0,022</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,51</b>	<b>0,004</b>
BL	İM – 6	6,72	0,07
"	İM – 7	6,30	0,07
"	İM – 8	7,44	0,08
"	İM – 9	6,81	0,07
"	İM – 10	7,20	0,08
<b>Ortalama Değer</b>		<b>6,89</b>	<b>0,074</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>0,44</b>	<b>0,005</b>
BR	İM – 11	1,94	0,02
"	İM – 12	2,49	0,03
"	İM – 13	1,56	0,02
"	İM – 14	1,89	0,02
"	İM – 15	2,63	0,03
"	İM – 16	4,59	0,05
"	İM – 17	4,13	0,04
<b>Ortalama Değer</b>		<b>2,75</b>	<b>0,030</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>1,17</b>	<b>0,011</b>



Şekil 5.15 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin görünür gözeneklilik (görünür porozite) ve boşluk oranlarının dağılımları

İmanlar formasyonundan alınan breşik ve masiv dokuya sahip traverten örneklerinin görünür porozite ve boşluk oranı ortalamalarının birbirlerine yakın seviyelerde olduğu gözlenmektedir. Boşluklu dokuya sahip traverten örnekleri ise diğer iki dokuya çok daha yüksek görünür porozite ve boşluk oranına sahiptir (Şekil 5.15).

### 5.2.5 Schmidt sertlik değeri

Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin Schmidt sertlik değerleri olarak belirlenmiştir. Her bir numune üzerinde farklı noktalardan olmak üzere 10 adet okuma yapılmıştır. Yapılan bu okumaların aritmetik ortalaması alınarak her bir numune için Schmidt sertlik değeri belirlenmiştir.

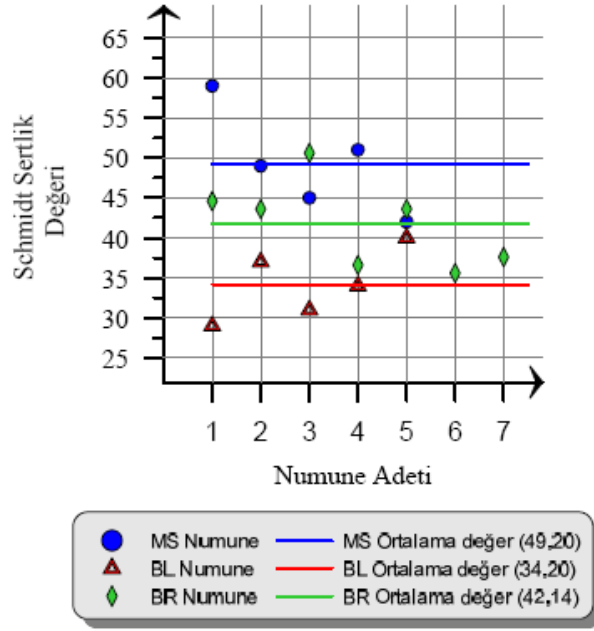
İmanlar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama Schmidt sertlik değeri 49,20 olarak, boşluklu dokudaki travertenlerin Schmidt sertlik değeri 34,2 olarak,

breşik dokudaki travertenlerin Schmidt sertlik değeri 42,14 olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri ise masiv dokulu traverten örneklerinde 6,49 olarak, boşluklu dokulu traverten örneklerinde 4,44 olarak, breşik dokulu traverten örneklerinde ise 5,39 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.14).

Schmidt sertlik değeri için hesaplanan standart sapma değerleri her iki doku (masiv ve boşluklu doku) için de yüksektir.

Çizelge 5.14 İmanlar formasyonuna travertenlerine ait numunelerin Schmidt sertlik değerleri

Numune	Numune No	Schmidt Sertlik Değeri
MS	İM – 1	59
"	İM – 2	49
"	İM – 3	45
"	İM – 4	51
"	İM – 5	42
<b>Ortalama Değer</b>		<b>49,20</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>6,49</b>
BL	İM – 6	29
"	İM – 7	37
"	İM – 8	31
"	İM – 9	34
"	İM – 10	40
<b>Ortalama Değer</b>		<b>34,20</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>4,44</b>
BR	İM – 11	45
"	İM – 12	44
"	İM – 13	51
"	İM – 14	37
"	İM – 15	44
"	İM – 16	36
"	İM – 17	38
<b>Ortalama Değer</b>		<b>42,14</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>5,39</b>



Şekil 5.16 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin Schmidt sertlik değerlerinin dağılımı

İmanlar formasyonundan alınan her üç dokuya (masiv, breşik, boşluklu) sahip traverten örneklerinin de Schmidt sertlik değerleri geniş sayılabilecek bir saçılım göstermektedir. Ortalama değerlere baktığımızda ise en yüksek Schmidt sertlik değeri ortalaması masiv dokuya sahip traverten örneklerinde belirlenmiştir. En düşük Schmidt sertlik değerleri ise boşluklu dokuya ait örneklerde belirlenmiştir (Şekil 5.16).

### 5.2.6 Tek eksenli basınç dayanımı

Saha çalışmaları sırasında İmanlar formasyonu travertenlerinden alınan örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) deneysel olarak belirlenmiştir.

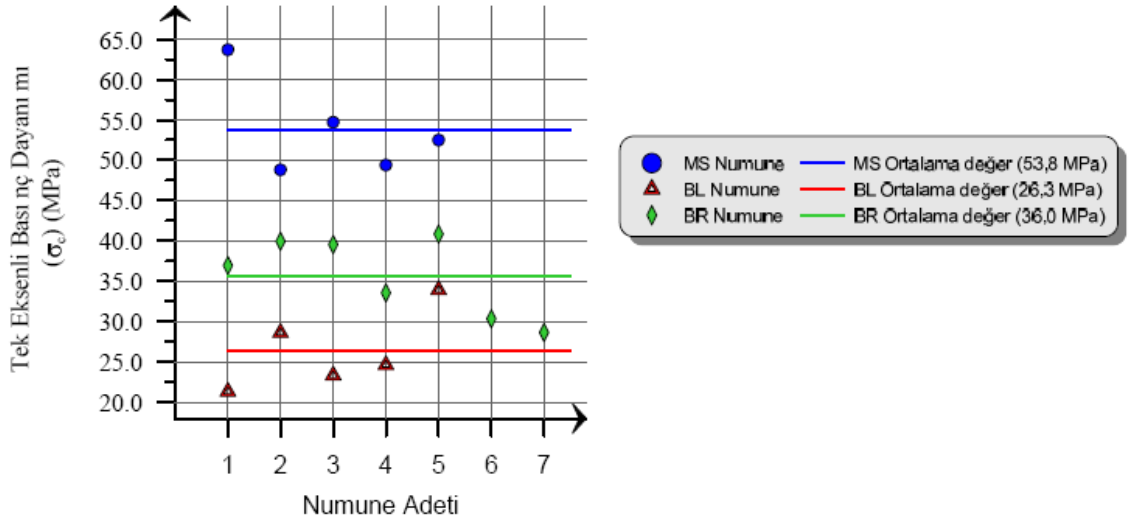
İmanlar formasyonundaki masiv dokudaki travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) 53,80 MPa olarak belirlenmiştir. Standart sapma değeri ise 6,02 olarak hesaplanmıştır. Boşluklu dokudaki travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) 26,30 MPa olarak belirlenmiştir. Standart sapma değeri ise 4,99 olarak

hesaplanmıştır. Breşik dokudaki travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) 36,0 MPa olarak belirlenmiştir. Standart sapma değeri ise 4,89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.15).

Tek eksenli basınç dayanımı için en yüksek standart sapma değerini masvi dokuya sahip olan travertenlerin verdiği görülmektedir. Breşik ve boşluklu dokuya sahip travertenlerde tek eksenli basınç dayanımı için hesaplanan standart sapma değeri daha düşüktür.

Çizelge 5.15 İmanlar formasyonuna ait travertenlerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ )

Numune Dokusu	Numune No	Tek Eksenli Basınç Dayanımı ( $\sigma_c$ ) (MPa)
MS	İM – 1	63,7
"	İM – 2	48,8
"	İM – 3	54,7
"	İM – 4	49,4
"	İM – 5	52,5
<b>Ortalama Değer</b>		<b>53,8</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>6,02</b>
BL	İM – 6	21,3
"	İM – 7	28,6
"	İM – 8	23,3
"	İM – 9	24,6
"	İM – 10	33,9
<b>Ortalama Değer</b>		<b>26,3</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>4,99</b>
BR	İM – 11	37,3
"	İM – 12	40,3
"	İM – 13	39,9
"	İM – 14	33,9
"	İM – 15	41,2
"	İM – 16	30,7
"	İM – 17	29,0
<b>Ortalama Değer</b>		<b>36,0</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>4,89</b>



Şekil 5.17 İmanlar formasyonuna ait traverten örneklerinin tek eksenli basınç dayanım ( $\sigma_c$ ) değerlerinin dağılımı

İmanlar formasyonundan alınan traverten örneklerinden en yüksek dayanımı gösteren doku grubu masiv dokuya sahip olan traverten örneklerinin olduğu görülmektedir. En düşük dayanımı ise boşluklu dokuya sahip travertenlerde gözlenmiştir. (Şekil 5.17).

İnceleme alanındaki İmanlar formasyonu travertenlerini tek eksenli basınç dayanımlarına göre çeşitli araştırmacıların önerdiği sınıflamalara dayanarak sınıfladığımızda masiv dokudakiler “düşük dayanımlı, sağlam, zayıf”, boşluklu dokudakiler “çok düşük dayanımlı, orta derecede sağlamlıkta, çok zayıf”, breşik dokudakiler ise “düşük dayanımlı, orta derecede sağlamlıkta, zayıf” kaya sınıfına girmektedirler (Çizelge 5.8).

### 5.3 İnceleme Alanındaki Travertenlerin Mühendislik Özelliklerinin Benzer Çalışmalar ile Karşılaştırılması

Traverten, doğal yapı taşı olarak sıklıkla kullanılan bir doğal taştır. Bu yüzden bugüne kadar bir çok araştırmaya konu teşkil etmiştir. Travertenle ilgili bugüne kadar gerek oluşumları, kimyasal yapıları, petrografik yapıları, gerekse fiziksel, mekanik özellikleri üzerine ülkemizde ve uluslar arası alanda sayısız çalışma yapılmıştır.

Bu bölümde inceleme konumuzu oluşturan Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerin çalışmamız kapsamında belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklerinin benzer çalışmalar ile karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Karşılaştırma yapılan çalışmalar; Ayaz ve Karacan'nın (2000) Sivas batısındaki travertenlerin yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri üzerine yapmış oldukları çalışma, Yalçın ve Özçelik'in (2004) Burdur – Kurna deresi travertenlerinin fiziko – mekanik özellikleri üzerine yapmış oldukları çalışma, Çavumirza, Kılıç ve Anıl'ın (2003) Mucur (Kırşehir) yöresi travertenlerinin fiziko – mekanik özelliklerine yönelik gerçekleştirmiş oldukları çalışma ve Şen'nin (2006) Baltaşı – Palu travertenlerinin tekno – mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışma ve Özkahraman'nın (2008) Dazkırı Walnut travertenlerinin fiziko – mekanik özellikleri üzerine yapmış olduğu çalışmalarıdır.

### **5.3.1 Birim hacim ağırlığı**

İnceleme konumuzu teşkil eden Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerden alınan örneklerin, deneysel olarak belirlenen birim hacim ağırlıklarının ortalama değerleri, yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenlerin birim hacim ağırlıklarının ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenler ile inceleme alanımızdaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş olan birim hacim ağırlıkları ortalama değerleri Çizelge 5.16' da verilmiştir.

Çizelge 5.16 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ )

Numune Yeri ve Adı		Ortalama Doğal Birim Hacim Ağırlığı ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )
İnceleme alanı	Budaklar (masiv)	25,05
	Budaklar (boşluklu)	24,53
	İmanlar (masiv)	25,23
	İmanlar (boşluklu)	23,84
	İmanlar (breşik)	25,42
Ayaz ve Karacan (2000)	Karlıkaya	23,60
	Kandilsırtı	23,40
	Sarıkaya	25,60
	Uyuz Çermik	26,60
Yalçın ve Özçelik (2004)	Kurna Deresi (poroz)	23,00
	Kurna Deresi (kompakt)	24,60
Çavurmiza vd. (2003)	Mucur	23,70
Şen (2006)	Baltaşı - Palu	23,10
Özkahraman (2008)	Dazkırı Walnut	25,00

Yapılan karşılaştırmada Sivas Sarıkaya, Uyuz Çermik travertenleri (Ayaz ve Karacan, 2000), Budaklar – İmanlar masiv dokulu travertenleri en yüksek doğal birim hacim ağırlıklarına sahip oldukları görülmektedir. En düşük doğal birim hacim ağırlıklarının ise Baltaşı – Palu travertenleri (Şen, 2006); Karlıkaya, Kandilsırtı travertenleri (Ayaz ve Karacan, 2000), ve Kurna deresi poroz travertenlerinde (Yalçın ve Özçelik, 2004) olduğu görülmektedir.

### 5.3.2 Ağırlıkça su emme

İnceleme konumuzu teşkil eden Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerden alınan örneklerin, deneysel olarak belirlenen ağırlıkça su emme ortalama değerleri, yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenlerin ağırlıkça su emme ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenler ile inceleme alanımızdaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş olan ağırlıkça su emme ortalama değerleri Çizelge 5.17’ da verilmiştir.

Çizelge 5.17 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama ağırlıkça su emme oranları (%)

Numune Yeri ve Adı		Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
İnceleme alanı	Budaklar (masiv)	0,72
	Budaklar (boşluklu)	2,48
	İmanlar (masiv)	0,79
	İmanlar (boşluklu)	2,85
	İmanlar (breşik)	1,07
Ayaz ve Karacan (2000)	Karlıkaya	1,63
	Kandilsırtı	1,66
	Sarıkaya	1,29
	Uyuz Çermik	0,17
Yalçın ve Özçelik (2004)	Kurna Deresi (poroz)	7,00
	Kurna Deresi (kompakt)	2,00
Çavurmiza vd. (2003)	Mucur	0,14
Şen (2006)	Baltaşı - Palu	2,33
Özkahraman (2008)	Dazkırı Walnut	0,70

Yapılan karşılaştırmada Sivas Uyuz Çermik travertenleri (Ayaz ve Karacan, 2000), Budaklar – İmanlar masiv dokulu travertenleri, Dazkırı Walnut travertenleri (Özkahraman, 2008) ve Mucur travertenlerinin (Çavurmiza vd., 2003) en düşük ağırlıkça su emme oranlarına sahip oldukları görülmektedir. En yüksek ağırlıkça su emme oranlarının ise Budaklar – İmanlar boşluklu dokulu travertenleri, Baltaşı – Palu travertenleri (Şen, 2006) ve Kurna deresi poroz travertenlerinde (Yalçın ve Özçelik, 2004) olduğu görülmektedir.

### 5.3.3 Hacimce su emme

İnceleme konumuzu teşkil eden Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerden alınan örneklerin, deneysel olarak belirlenen hacimce su emme ortalama

değerleri, yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenlerin hacimce su emme ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenler ile inceleme alanımızdaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş olan hacimce su emme ortalama değerleri Çizelge 5.18’ da verilmiştir.

Çizelge 5.18 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama hacimce su emme oranları (%)

Numune Yeri ve Adı		Ortalama Hacimce Su Emme (%)
İnceleme alanı	Budaklar (masiv)	1,83
	Budaklar (boşluklu)	6,12
	İmanlar (masiv)	2,02
	İmanlar (boşluklu)	6,89
	İmanlar (breşik)	2,75
Ayaz ve Karacan (2000)	Karlıkaya	4,17
	Kandilsırtı	4,35
	Sarıkaya	3,61
	Uyuz Çermik	0,45
Yalçın ve Özçelik (2004)	Kurna Deresi (poroz)	14,00
	Kurna Deresi (kompakt)	5,00
Çavurmiza vd. (2003)	Mucur	3,32
Şen (2006)	Baltaşı - Palu	11,50
Özkahraman (2008)	Dazkırı Walnut	1,75

Yapılan karşılaştırmada Sivas Uyuz Çermik travertenleri (Ayaz ve Karacan, 2000), Budaklar – İmanlar masiv dokulu travertenleri ve Dazkırı Walnut travertenlerinin (Özkahraman, 2008) en düşük hacimce su emme oranlarına sahip oldukları görülmektedir. En yüksek hacimce su emme oranlarının ise Budaklar – İmanlar boşluklu dokulu travertenleri, Baltaşı – Palu travertenleri (Şen, 2006) ve Kurna deresi poroz travertenlerinde (Yalçın ve Özçelik, 2004) olduğu görülmektedir.

### 5.3.4 Tek eksenli basınç dayanımı

İnceleme konumuzu teşkil eden Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait travertenlerden alınan örneklerin, deneysel olarak belirlenen tek eksenli basınç dayanımı ortalama değerleri, yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenlerin tek eksenli basınç dayanımı ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda incelenen travertenler ile inceleme alanımızdaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş olan tek eksenli basınç dayanımı ortalama değerleri Çizelge 5.19’ da verilmiştir.

Çizelge 5.19 İnceleme alanındaki ve diğer çalışmalardaki travertenlerin deneysel olarak belirlenmiş ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Numune Yeri ve Adı		Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
İnceleme alanı	Budaklar (masiv)	49,5
	Budaklar (boşluklu)	32,7
	İmanlar (masiv)	53,8
	İmanlar (boşluklu)	26,3
	İmanlar (breşik)	36,0
Ayaz ve Karacan (2000)	Karlıkaya	41,5
	Kandilsırtı	38,1
	Sarıkaya	44,1
	Uyuz Çermik	71,5
Yalçın ve Özçelik (2004)	Kurna Deresi (poroz)	29,4
	Kurna Deresi (kompakt)	56,4
Çavurmiza vd. (2003)	Mucur	49,2
Şen (2006)	Baltaşı - Palu	43,2
Özkahraman (2008)	Dazkırı Walnut	87,0

Yapılan karşılaştırmada Budaklar – İmanlar boşluklu dokulu travertenleri, Kurna deresi poroz travertenlerinde (Yalçın ve Özçelik, 2004), en düşük tek eksenli basınç dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin ise Budaklar – İmanlar masiv dokulu travertenleri, Sivas Uyuz Çermik

travertenleri (Ayaz ve Karacan, 2000), Mucur travertenleri (Çavurmiza vd., 2003) ve Dazkırı Walnut travertenlerinde (Özkahraman, 2008) olduğu gör÷lmektedir.

## **6. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN YAPITAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Traverten, doğal yapıtaşı olarak yaygın olarak tercih edilen sedimanter kayaç gruplarından birisidir. Bünyesindeki demir bileşikleri veya bazı organik maddeler sonucu güzel renkli ve laminalı yapılar kazanarak görsel açıdan daha da cazip konuma gelebilirler. Ayrıca blok verimi yüksek, hafif ve kolayca kesilip, şekil verilebilen bir yapıya sahiptir. Bütün bu nedenler travertenlerin yapıtaşı olarak kullanılmasını cazip hale getirmektedir. Traverten kullanımı günümüzde giderek artmaktadır.

Doğal yapıtaşlarının mühendislik özellikleri, kullanılabilirliklerinin yanı sıra, ocak ve fabrikalardaki üretim verimliliği açısından da önem arz etmektedir (Şen, 2006). Bu nedenle doğal taşlar için bir takım standartlar geliştirilmiştir. Standartlara uygun olan doğal taşlar ticari olarak alınıp satılabilirken, standart dışı olan doğa taşlar ise piyasadan çıkartılmakta veya yaygın kullanım olanağı bulamamaktadır (Büyüksağış ve Gürcan 2005). TSE (Türk Standartları Enstitüsü), doğal taşlar için ASTM kaynaklı birtakım standartlar geliştirmiştir. Fakat bu geliştirilen standartlar, bazı alanlarda ASTM standartları ile farklılıklar gösterebilmektedir.

Bu çalışmada Eskipazar yöresindeki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait farklı dokudaki travertenlerin mühendislik özellikleri ilgili standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ASTM C97, ASTM C170, TS 2513, TS 11143, TS 1910 ve TS 10449 standartları çerçevesinde değerlendirilerek, inceleme konusunu oluşturan farklı dokudaki travertenlerin yapıtaşı olarak kullanılabilirliklerine yaklaşım yapılmıştır.

### **6.1 Birim Hacim Ağırlık**

İlgili standartların birim hacim ağırlığı ile sınır değerleri Çizelge 6.1' de verilmiştir.

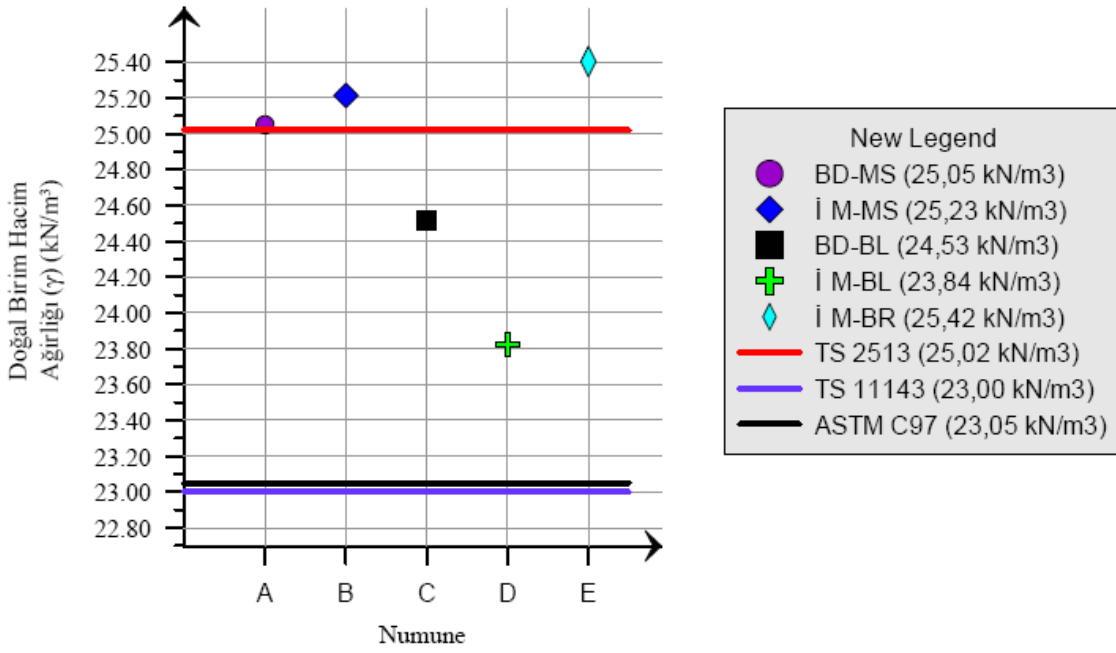
Çizelge 6.1 TS 2513, TS 11143 ve ASTM C97 standartları doğal birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) minimum değerleri

<b>İlgili Standart</b>	<b>Birim Hacim Ağırlık (min.) (kN/m<sup>3</sup>)</b>
TS 2513	25,02
TS 11143	23,00
ASTM C97	23,05

İnceleme alanındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait farklı dokudaki traverten örnekleri üzerinde ilgili standartlara uygun olarak yapılan deneyler sonucunda belirlenen ortalama birim hacim ağırlıkları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu)

<b>Numune Dokusu</b>	<b>Numune Yeri</b>	<b>Temsili Numune NO</b>	<b>Ortalama Doğal Birim Hacim Ağırlığı (<math>\gamma</math>) (kN/m<sup>3</sup>)</b>
MS	BD	A	25,05
"	İM	B	25,23
BL	BD	C	24,53
"	İM	D	23,84
BR	İM	E	25,42



Şekil 6.1 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ( $\gamma$ ) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması

İnceleme alanındaki her iki formasyondan alınan boşluklu, masif ve breşik dokuya sahip traverten örneklerinin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ilgili standartlar ile karşılaştırılmıştır. TS 2513'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak doğal taşlarda birim hacim ağırlık  $25,02 \text{ kN/m}^3$ ' ün üzerinde olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden masif ve breşik dokuya sahip travertenlerin bu şartı sağladığı görülmektedir. İnceleme alanındaki boşluklu dokuya sahip travertenlerin ise bu şartı sağlayamadığı belirlenmiştir. ASTM C97'ye göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde birim hacim ağırlık  $23,05 \text{ kN/m}^3$ ' ün üzerinde olmalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlamaktadır. TS 11143'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde birim hacim ağırlık  $23,00 \text{ kN/m}^3$ ' ün üzerinde olmalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlamaktadır (Şekil 6.1). Genel olarak baktığımızda inceleme alanındaki her üç dokuya sahip travertenlerin ortalama birim hacim ağırlıklarının standartlara uygun olduğunu görmekteyiz.

## 6.2 Görünür Porozite

Görünür gözeneklilik (görünür porozite), özellikle yüzey kaplama taşı olarak dekoratif amaçlı kullanılacak travertenlerde görsellik açısından oldukça önemlidir. Yüzey kaplama taşı olarak seçilecek travertenler genelde gözenekliliği düşük olan travertenlerden seçilmektedir. Ayrıca gözenekliliğin fazla olması travertenin dayanım parametrelerine de etki etmektedir.

İlgili standartların birim hacim ağırlığı ile sınır değerleri Çizelge 6.3' de verilmiştir.

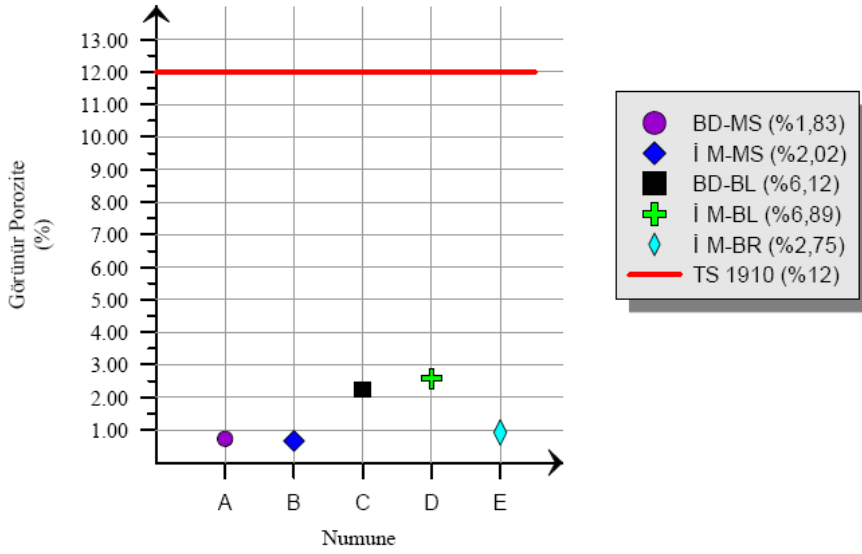
Çizelge 6.3 TS 1910 standardı travertende görünür porozite (%) minimum değeri

İlgili Standart	Görünür Porozite (max.) (%)
TS 1910	%12

İnceleme alanındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait farklı dokudaki traverten örnekleri üzerinde ilgili standartlara uygun olarak yapılan deneyler sonucunda belirlenen ortalama görünür porozite değerleri Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4 Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama görünür porozite değerleri (%) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu)

Numune Dokusu	Numune Yeri	Temsili Numune NO	Ortalama Görünür Porozite (%)
MS	BD	A	1,83
"	İM	B	2,02
BL	BD	C	6,12
"	İM	D	6,89
BR	İM	E	2,75



Şekil 6.2 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama görünür porozite (%) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması

İnceleme alanındaki her iki formasyondan alınan boşluklu, masif ve breşik dokuya sahip traverten örneklerinin ortalama görünür porozite oranları ilgili standartlar ile karşılaştırılmıştır. TS 1910'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde görünür porozite %12'nin üzerinde olmamalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlamaktadır (Şekil 6.2). Genel olarak baktığımızda inceleme alanındaki her üç dokuya sahip travertenlerin ortalama görünür porozitelerinin standartlara uygun olduğunu görmekteyiz.

### 6.3 Ağırlıkça Su emme

Su emme özelliği, özellikle dış yüzey kaplama taşı olarak kullanılacak doğal yapıtaşlarında oldukça önemlidir. Kaplama taşı olarak kullanılmış doğal taşlar, zamanla maruz kaldıkları atmosferik etkilerden dolayı bozuşmaya uğramaktadır. Bozuşma miktarı taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişkenlik göstermektedir (Şen, 2006). Bu nedenden dolayı su emme yüzdesi düşük olan travertenlerin dış yüzey kaplama taşı olarak seçilmesi daha uygun bir seçim olacaktır.

İlgili standartların birim hacim ağırlığı ile sınır değerleri Çizelge 6.5’de verilmiştir.

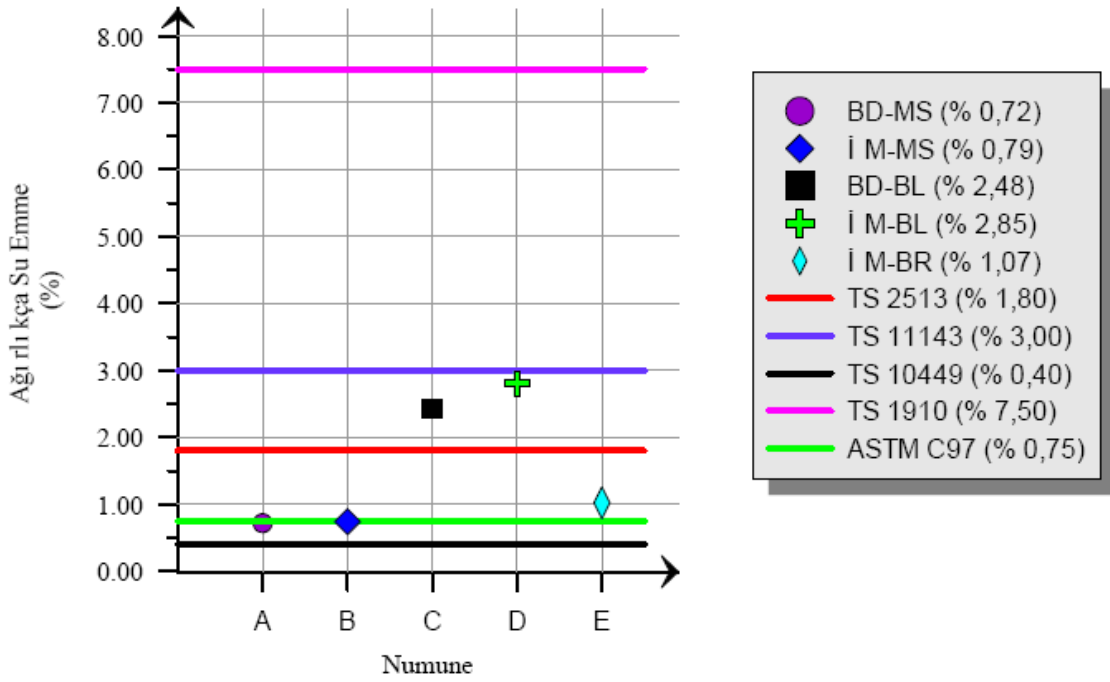
Çizelge 6.5 TS 2513, TS 11143, TS 10449, TS 1910 ve ASTM C97 standartları, ağırlıkça su emme (%) maksimum değerleri

<b>İlgili Standart</b>	<b>Ağırlıkça Su Emme (max.) (%)</b>
TS 2513	% 1,80
TS 11143	% 3,00
TS 10449	% 0,40
TS 1910	% 7,50
ASTM C97	% 0,75

İnceleme alanındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait farklı dokudaki traverten örnekleri üzerinde ilgili standartlara uygun olarak yapılan deneyler sonucunda belirlenen ortalama ağırlıkça su emme değerleri Çizelge 6.6’de verilmiştir.

Çizelge 6.6 Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama ağırlıkça su emme değerleri (%) (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu)

<b>Numune Dokusu</b>	<b>Numune Yeri</b>	<b>Temsili Numune NO</b>	<b>Ağırlıkça Su Emme (%)</b>
MS	BD	A	0,72
"	İM	B	0,79
BL	BD	C	2,48
"	İM	D	2,85
BR	İM	E	1,07



Şekil 6.3 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama ağırlıkça su emme (%) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması

İnceleme alanındaki her iki formasyondan alınan boşluklu, masif ve breşik dokuya sahip traverten örneklerinin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları ilgili standartlar ile karşılaştırılmıştır. TS 2513'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak doğal taşlarda ağırlıkça su emme % 1,80'den fazla olmamalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden masif ve breşik dokuya sahip travertenlerin bu şartı sağladığı görülmektedir. İnceleme alanındaki boşluklu dokuya sahip travertenlerin ise bu şartı sağlayamadığı belirlenmiştir. TS 11143'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde ağırlıkça su emme % 3,00'den fazla olmamalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlamaktadır. TS 10449'a göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak doğal taşlarda ağırlıkça su emme % 0,40'den fazla olmamalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlayamamaktadır. TS 1910'a göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde ağırlıkça su emme % 7,50'dan fazla olmamalıdır. İnceleme alanındaki her üç dokuya (masif, boşluklu ve breşik) sahip traverten örneği de ortalama değerlerde bu şartı sağlamaktadır. ASTM C97'ye göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde

ağırlıkça su emme % 0,75'den fazla olmamalıdır. İnceleme alanında sadece Budaklar formasyonuna ait masiv dokuda travertenlerin ortalama değerlerde bu şartı sağladığı, budaklar formasyonuna ait boşluklu dokuda travertenler ile İmanlar formasyonuna ait her üç dokudaki travertenlerin ise ortalama değerlerde bu şartı sağlayamadığı görülmektedir (Şekil 6.3). Genel olarak baktığımızda inceleme alanındaki her iki formasyona ait masiv dokulu travertenler ve İmanlar formasyonuna ait breşik dokuya sahip travertenlerin ortalama ağırlıkça su emme oranlarının standartlara uygun olduğunu görmekteyiz.

#### 6.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal yapıtaşı olarak kullanılacak olan doğal taşların yapıtaşı olarak kullanılabilirliği ve hangi alanlarda kullanılabileceğine yönelik yorum yapmada oldukça önem arz etmektedir. Örneğin bir doğal taş döşeme olarak kullanılacak bir doğal taş yeterli tek eksenli basınç dayanıma sahip değildir. Fakat aynı örnek, kaplama taşı olarak kullanılabilmesine olanak sağlayan tek eksenli basınç dayanımı değerine sahip olabilir.

İlgili standartların birim hacim ağırlığı ile sınır değerleri Çizelge 6.7'de verilmiştir.

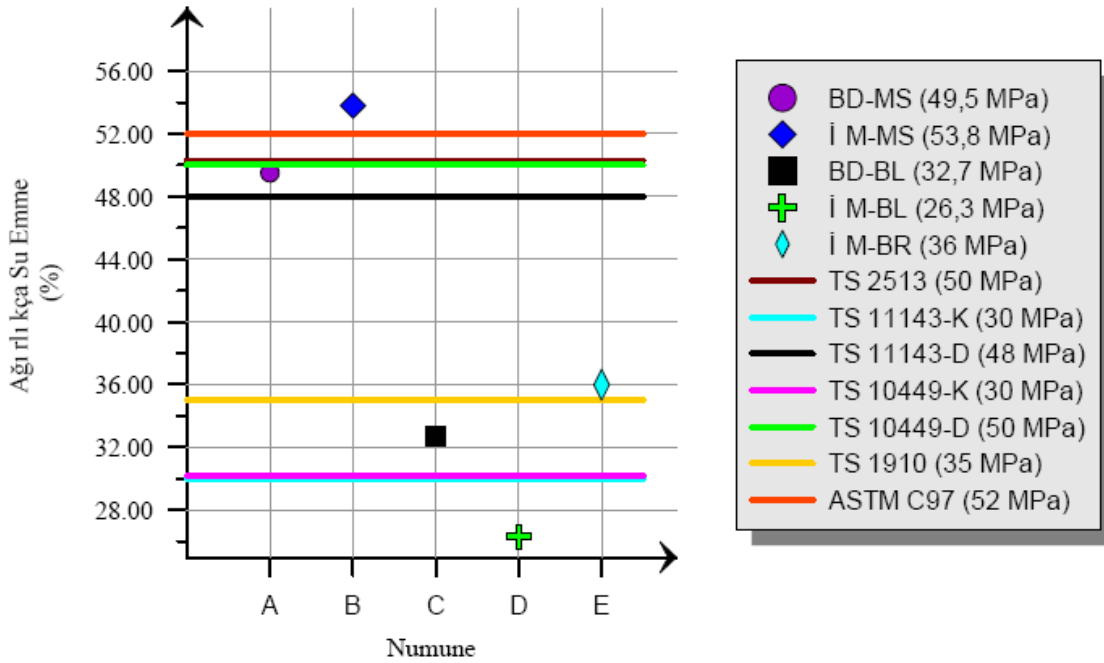
Çizelge 6.7 TS 2513, TS 11143, TS 10449, TS 1910 ve ASTM C97 standartları, tek eksenli basınç dayanımı (MPa) minimum değerleri

İlgili Standart	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa) (min.)
TS 2513	50
TS 11143 (Kaplama)	29,98
TS 11143 (Döşeme)	47,98
TS 10449 (Kaplama)	30
TS 10449 (Döşeme)	50
TS 1910	35
ASTM C170	52

İnceleme alanındaki Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait farklı dokudaki traverten örnekleri üzerinde ilgili standartlara uygun olarak yapılan deneyler sonucunda belirlenen ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa) değerleri Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8 Budaklar ve İmanlar formasyonu travertenlerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa) değerleri (BD: Budaklar formasyonu; İM: İmanlar formasyonu)

Numune Dokusu	Numune Yeri	Temsili Numune NO	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
MS	BD	A	49,5
"	İM	B	53,8
BL	BD	C	32,7
"	İM	D	26,3
BR	İM	E	36,0



Şekil 6.4 Budaklar ve İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri (MPa) dağılımı ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması

İnceleme alanındaki her iki formasyondan alınan boşluklu, masif ve breşik dokuya sahip traverten örneklerinin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri ilgili standartlar ile karşılaştırılmıştır. TS 2513'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak doğal taşlarda tek eksenli basınç dayanımı 50 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden sadece İmamlar formasyonuna ait masif dokudaki traverten örneklerinin ortalama değerlerde bu şartı sağladığı görülmektedir. Boşluklu dokuya sahip traverten örneklerinin ise bu şartı sağlayamamaktadır. TS 11143 ve TS 10449'a göre kaplama taşı olarak kullanılacak travertenlerde tek eksenli basınç dayanımı 30 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden sadece İmanlar formasyonuna ait boşluklu dokuya sahip travertenlerin bu şartı sağlayamadığı belirlenmiştir. İmalar formasyonuna ait diğer dokulardaki (breşik, masif) travertenler ve Budaklar formasyonundaki her iki dokudaki (masif, boşluklu) travertenlerin bu şartı sağladığı belirlenmiştir. TS 11143 döşeme taşı olarak kullanılacak travertenlerde tek eksenli basınç dayanımı 48 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden Budaklar ve İmanlar formasyonlarına ait masif dokuda ki travertenlerin ortalama değerlerde bu şartı sağladığı görülmektedir. TS 10449'a göre döşeme taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda tek eksenli basınç dayanımı 50 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden sadece İmamlar formasyonu travertenlerinden masif dokuya sahip olan travertenler ortalama değerlerde bu şartı sağlayabilmektedir. TS 1910'a göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde tek eksenli basınç dayanımı 35 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden İmanlar ve Budaklar formasyonu travertenlerinden boşluklu dokuya sahip olan örneklerin ortalama şartlarda bu şartı sağlayamadığı görülmüştür. Diğer dokulardaki (masif ve breşik) travertenler bu şartı sağlamaktadır. ASTM C170'e göre doğal yapıtaşı olarak kullanılacak travertenlerde tek eksenli basınç dayanımı 52 MPa'dan büyük olmalıdır. İnceleme alanındaki travertenlerden sadece İmamlar formasyonuna ait masif dokuya sahip travertenlerin ortalama değerlerde bu şartı sağladığı belirlenmiştir. Diğer doku gruplarının (breşik, boşluklu) bu şartı sağlayamadığı belirlenmiştir (Şekil 6.4).

Genel olarak baktığımızda inceleme alanındaki her iki formasyona ait masif dokulu travertenler ve İmanlar formasyonuna ait breşik dokuya sahip travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımlarının standartlara uygun olduğunu görmekteyiz. Bununla

beraber özellikle kaplama taşı olarak kullanılacak travertenler için tek eksenli basınç dayanımlarının ilgili standartları sağlıyor olması, bu travertenleri kaplama taşı olarak kullanmak için tek başına yetersiz bir veri teşkil etmektedir. Kaplama taşı olarak seçilecek travertenlerde en önemli özellik aşınma dayanımı değerleridir. Bu yüzden kaplama taşı olarak seçilecek travertenlerde öncelikli olarak aşınma dayanımı belirlenmelidir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılmış olan bu tez çalışmasında, Karabük Eskipazar civarındaki farklı dokudaki travertenlerin mühendislik özellikleri araştırılmıştır.

1. Çalışma konusunu oluşturan travertenlerin incelenmesi için iki farklı formasyon belirlenmiştir. Bunlar Budaklar ve İmanlar formasyonlarıdır. İnceleme alanında İmanlar formasyonunda masiv, boşluklu ve breşik dokulu olmak üzere üç farklı dokuda traverten olduğu; Budaklar formasyonunda ise masiv ve boşluklu dokulu olmak üzere iki farklı dokuda traverten olduğu saptanmıştır. Saha çalışmaları sırasında farklı dokudaki traverten örneklerinden yeterli sayıda ve değişik büyüklüklerde el ve blok numuneleri alınmıştır. Blok numunelerden karot numuneler elde edilmiştir.
2. Alınan örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve optik mikroskop altında incelenmiştir. İmanlar formasyonu masiv dokulu travertenlerin sıkı paketlenmiş intramikrit olup, hamur içerisinde intraklast taneler ve canlı kalıntıları bulunmaktadır. Boşluklu dokulu travertenler dismikrit olmakla beraber içerisinde boşluklar, kök izleri ve yer yer peloidal mikritik dokular gözlenmiştir. Breşik dokudaki travertenlerin sıkı paketlenmiş intramikrit oldukları belirlenmiştir. Seyrek olan boşlukları vadoz kalsit çimentolu ve kalsisiltit doludur. Hamur içerisinde özellikle kalker breşleri göze çarpmaktadır. Budaklar formasyonu masiv dokulu travertenleri dismikrit olup, hamur içerisinde intraklast ve pellet taneleri bulunmaktadır. Boşluklu dokulu travertenlerinin ise sıkı paketlemiş pizomikrit olukları belirlenmiştir. Hamur içerisinde pizolit taneleri ve düzensiz boşluklar bulunmaktadır.
3. İnceleme sahasına ait karot numuneleri doku özelliklerine göre gruplanmış ve üzerlerinde mühendislik özellikleri belirlemeye yönelik deneyler ISRM 1981'e uygun olarak yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları masiv dokulularda ( $\gamma$ ) 25,05

$\text{kN} / \text{m}^3$ , boşluklu dokulularda ise ( $\gamma$ )  $24,53 \text{ kN} / \text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama doğal birim hacim ağırlıkları, masiv dokulularda ( $\gamma$ )  $25,23 \text{ kN} / \text{m}^3$ , boşluklu dokulularda ( $\gamma$ )  $23,84 \text{ kN} / \text{m}^3$ , breşik dokulularda ise ( $\gamma$ )  $25,42 \text{ kN} / \text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Buna göre breşik dokudaki travertenlerin doğal birim hacim ağırlıklarının masiv ve boşluklu dokudaki travertenlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

4. Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ortalama ağırlıkça su emme oranları masiv dokulularda % 0,72 olarak, boşluklu dokulularda % 2,48 olarak belirlenmiştir. İmanlar Formasyonuna ait travertenlerin ortalama ağırlıkça su emme oranları masiv dokulularda % 0,79 olarak, boşluklu dokulularda % 2,85 olarak, breşik dokulularda % 1,07 olarak belirlenmiştir.
5. Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik (görünür porozite) oranı masiv dokulularda % 1,83 olarak, boşluklu dokulularda % 6,12 olarak belirlenmiştir. İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama görünür gözeneklilik oranı masiv dokulularda % 2,02 olarak, boşluklu dokulularda % 6,89 olarak, breşik dokulularda % 2,75 olarak belirlenmiştir.
6. Budaklar formasyonuna ait travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları masiv dokulularda ( $\sigma_c$ )  $49,5 \text{ MPa}$  olarak, boşluklu dokulularda ise ( $\sigma_c$ )  $32,70 \text{ MPa}$  olarak belirlenmiştir. İmanlar formasyonuna ait travertenlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımları masiv dokulularda ( $\sigma_c$ )  $53,8 \text{ MPa}$  olarak, boşluklu dokulularda ( $\sigma_c$ )  $26,3 \text{ MPa}$  olarak, ( $\sigma_c$ )  $36,0 \text{ MPa}$  olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarında en düşük dayanımı veren travertenler boşluklu dokudaki travertenler olarak belirlenmiştir. Çeşitli araştırmacıların tek eksenli basınç dayanıma dayalı yapmış oldukları sınıflamalara göre inceleme alanındaki travertenlerden masiv dokudakiler “düşük – orta dayanımlı, orta sağlamlıkta, zayıf”, boşluklu dokudakiler “çok düşük dayanımlı, orta sağlamlıkta, çok zayıf”, breşik dokudakiler ise “düşük dayanımlı, orta sağlamlıkta, zayıf” kaya sınıfına girmektedirler.

7. Yapılan deney ve analizler sonucunda genel bir değerlendirme yapıldığında, boşluklu dokudaki travertenlerin, masiv ve breşik dokudaki travertenlere göre dayanımlarının düşük, su emme ve görünür porozite oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.
8. Aynı dokuya sahip numuneler üzerlerinde yapılan deneyler göz önüne alındığında, masiv ve boşluklu dokuya sahip numelerin deney sonuçları daha sınırlı aralıklarla saçılım gösterirken, breşik dokudaki numelerin vermiş oldukları deney sonuçları çok daha geniş aralıkta düzensiz bir saçılım göstermektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde inceleme alanındaki masiv dokudaki travertenlerin dayanımlarının yüksek, su emme ve görünür porozite oranlarının düşük; boşluklu dokudaki travertenlerin dayanımlarının düşük, su emme ve görünür porozitelerinin yüksek olduğu konusunda bir genelleme yapılabilmektedir. Fakat deney sonuçlarının geniş bir aralıkta saçılım göstermesinden dolayı, aynı genellemeyi breşik dokuya sahip traverten örnekleri için yapmak pek mümkün değildir.
9. İnceleme alanındaki travertenler üzerinde ilgili standartlara uygun olarak yapılan mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik deneylerin sonuçları, TS 2513, TS 1910, TS 11143, TS 10449 ve ASTM C97 – C170 yapıtaşı standartları ile karşılaştırılarak, farklı doku özelliklerine sahip travertenlerin yapıtaşı olarak kullanılabilirliklerine yaklaşım yapılmıştır.
10. Her iki formasyondaki farklı dokuya sahip travertenlerin birim hacim ağırlığı deney sonuçlarının ilgili standartlar ile karşılaştırılması sonucunda, inceleme alanındaki bütün dokudaki travertenlerin ilgili standartlara genel olarak uygun olduğu görülmektedir.
11. Her iki formasyondaki farklı dokuya sahip travertenlerin görünür porozite oranların ilgili standartlar ile karşılaştırılması sonucunda, inceleme alanındaki masiv ve breşik dokudaki travertenlerin ilgili standartlara genel olarak uygun olduğu görülmektedir.

12. Her iki formasyondaki farklı dokuya sahip travertenlerin ağırlıkça su emme oranlarının ilgili standartlar ile karşılaştırılması sonucunda, inceleme alanındaki masiv ve breşik dokuya sahip travertenlerin ilgili standartlara genel olarak uygun olduğu görülmektedir.
13. Her iki formasyondaki farklı dokuya sahip travertenlerin tek eksenli basınç dayanımlarının ilgili standartlar ile karşılaştırılması sonucunda, inceleme alanındaki masiv ve breşik dokuya sahip travertenlerin ilgili standartlara genel olarak uygun olduğu görülmektedir.
14. Deney sonuçlarının ilgili standartlar ile karşılaştırılmasında genel bir değerlendirme yaptığımızda, inceleme alanındaki her iki formasyona masiv dokudaki travertenlerin hem yüzey kaplama taşı hem de yer döşeme taşı olarak kullanılmaya uygun oldukları görülmektedir. Fakat döşeme taşı olarak kullanılacak travertenlerde en önemli özellik aşınma dayanımıdır. Bu yüzden döşeme taşı olarak seçilecek travertenlerde öncelikli olarak aşınma dayanımı değerleri belirlenmelidir. Her iki formasyondaki boşluklu dokuya sahip olan travertenler sadece yüzey kaplama taşı olarak kullanılmaya uygun olmakla beraber, ilgili standartların sınır değerlerine yakın değerler verdikleri için, yüzey kaplama taşı olarak breşik ve masiv dokuda olanların tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Breşik dokudaki travertenlerin ise yüzey kaplama taşı olarak kullanılmaya uygun oldukları görülmektedir.
15. Tez kapsamında yapıtaşı olarak kullanılabilirlik ile ilgili, travertenler üzerinde, birim hacim ağırlığı, görünür porozite, ağırlıkça su emme ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve ilgili standartlar ile karşılaştırılarak yorumlaması yapılmıştır. Fakat inceleme alanındaki travertenlerin yapıtaşı olarak kullanılabilirlikleri ile ilgili kesin yargılara varabilmek için eğilme dayanımı, darbe dayanımı, don sonrası ağırlık kaybı, yüzeysel aşınma direnci gibi özelliklerinin standartlara uygun olarak belirlenmesi ve ilgili standartlar ile karşılaştırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akın, M. 2006. Yapıtaşı Olarak Travertenler, Mavi Gezegen Dergisi, Sayı:13, s. 32 - 37
- Akın, M. 2008. Eskipazar(Karabük) Travertenlerinin Bozunmasının Araştırılması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 257 s.
- Anonim. 1977. TS 1910. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 Sayfa
- Anonim. 1977. TS 2513. Doğal Yapı Taşları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 8 Sayfa
- Anonim. 1992. TS 10449. Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7 Sayfa
- Anonim. 1993. TS 11143. Traverten-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7 Sayfa
- Anonim. 2009. Web Sitesi: [http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji\\_haritalari/image/zonguldak.html](http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji_haritalari/image/zonguldak.html), Erişim tarihi: 17.04.2009
- Anonim. 2009. Web Sitesi: <http://www.pirtasmermer.com/urunlerdetay.php?id=98>, Erişim tarihi: 14.11.2009
- Anonymous. 1981. ISRM (International Society for Rock Mechanics). Rock characterization, testing and monitoring. In: E.T. Brown, Editor, ISRM Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- Anonymous. 1990. ASTM C170. Standart Test Methods for Compressive Strength of Dimension Stone, Annual Book Of ASTM Standards
- Anonymous. 1996. ASTM C97. Standart Test Methods for Absorbtion and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone, Annual Book Of ASTM Standards
- Anonymous. 2009. Web Sitesi: <http://geology.com/minerals/calcite.shtml>, Erişim tarihi: 04.02.2009
- Anonymous. 2009. Web Sitesi: [http://www.livius.org/ro-rz/rome/rome\\_porta\\_maggiore.html](http://www.livius.org/ro-rz/rome/rome_porta_maggiore.html), Erişim tarihi : 21.04.2009
- Atlas, Z. 2006. Üçtepeler (Bünyan – Kayseri) Traverten Ocağının İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71 s.
- Altunel, E. and Hancock, P.L. 1993. Morphology and structural setting of Ouaternary travertines at Pamukkale, Turkey: Geological Journal, v. 28, pp. 335 - 346

- Atabey, E. 1997. Karbonat Sedimentolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:45, 130 s.
- Atabey, E. 2003. Tufa ve Traverten, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:75, 106 s.
- Ayaz, M.E. 2002. Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılar ve tabiat varlığı olarak önemleri, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.2, s. 123-134
- Ayaz, E. ve Karacan E. 2000. Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin araştırılması, Jeoloji Mühendisliği 24 (I) 2000 araştırma notu, s. 87 - 99
- Biryol, C.B. 2004. Neotectonics and evolution of the Eskipazar basin, Karabük Turkey, Middle East Technical University, M.Sc. thesis, 124 p.
- Büyüksağış, İ.S. ve Gürcan, S. 2005. ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırması, Madencilik Dergisi, Cilt 44, Sayı 1, s. 33 – 41
- Çavurmiza, M., Kılıç, Ö. ve Anıl M. 2003. Mucur (Kırşehir) Yöresi Kireçtaşı Mermerleri Ve Travertenlerinin Fiziko – Mekanik Özellikleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersin'2003) Bildiriler Kitabı, s. 117 - 126
- Demirkıran, Z. 2000. Geochemical Properties Of Travertines Around Kaklık-Denizli, Region, Applied Sciences of DEÜ. Thesis of PhD. p. 195
- Folk, R.L. 1962. Special Subdivision of Limestone Types, Ham. W.E. (Ed), Classification of Carbonate Rocks, pp. 62 - 84
- Kekeç, B., Ünal, M. ve Şensöğüt, C. 2004. Kayaçların doku özellikleri ile kırılma ve öğütülme özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi, KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu 2004 Sivas / TÜRKİYE
- Kılıç, R., Ulaş, K., Varol, B., Gökten, E. and Koçbay, A. 2005. Geotechnical assessment of the travertine in Kırşehir, Turkey. Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Denizli-Turkey, pp 256-262.
- Koçu, N. 2006, Doğal taşların duvarlarda, yapı malzemesi olarak kullanılması, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için deney yöntemleri, 30. Yıl Fikret Kurtman Jeoloji Sempozyumu 20 – 23 Eylül 2006, Konya

- Kun, N. ve Türkmen, F. 2003. Burdur – Bucak çevresi travertenlerinin jeolojik özellikleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003) Bildiriler Kitabı, S-19, s. 257 – 266
- Kuterdem, N.K. 2005. Eskipazar (Karabük Güneyi) ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) arasındaki bölgenin morfo – tektonik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 94 s.
- Özkahraman, H.T. 2008. Dazkırı Walnut Traverteninin Fiziko – Mekanik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Mermer Araştırma Grubu, 4 s.
- Özkul, M., Alçıçek, M., C. ve Varol, B. 2002. Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları, MTA Dergisi 125, s. 13 – 29
- Schott R. 2009. Ron Schott's Geology Home Companion Blog, Web Sitesi, <http://ron.outcrop.org/blog/?p=104>, Erişim tarihi: 05.07.2009
- Şen, S. 2006. Baltaş – Palu (Elazığ) Travertenlerinin Tekno – Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93 s.
- Şaroğlu, F., Herece, E., Sarıaslan, M. ve Emre, Ö. 1995. Yeniçağa – Eskipazar - Gerede arasındaki jeolojisi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın genel özellikleri, MTA Yayınları, Rapor no : 9873
- Tekin, E. ve Ayyıldız, T. 2001. Sıcakçermik jeotermal alanındaki (Sivas KB, Türkiye) güncel traverten çökellerinin petrografik özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 44, Sayı 1, s. 1 – 13
- Tokay, M. 1973, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, MTA Enstitüsü Yayını, s. 12-29.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A. 2005. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:58, 167 s.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H. 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:60, s. 57 - 62

- Yalçın, A. ve Özçelik M. 2004. Kurna Deresi (Burdur) travertenlerinin fiziko-mekanik özellikleri ve yapıtaşı olarak kullanılabilirlikleri, KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu 2004 Sivas / TÜRKİYE
- Yalçınalp, B., Ersoy, H., Ersoy, A. ve Keke, C. 2007. Bahçecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, sayı 31, s. 25 - 34



## ADA - Z ZEMİN VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI



Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Onaylıdır. Belge No:162 Veriliş Tarihi:15.11.2007

### DENEY SONUÇ RAPORU

**FİRMA ADI** : İbrahim Koray KAPLAN  
**PROJE ADI** : Budaklar Formasyonuna Ait Travertenlerin Laboratuvar Deney Sonuçları  
**RAPOR TARİHİ** : 10,07,2009

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk (ρ) (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ) (kN/m <sup>3</sup> )	Doğal Su İçeriği (ω) (g)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Görünür Porozite n (%)	Boşluk Oranı e	Schmidt Sertlik Değeri	Tek Eksenli Basınç Deneyi σc (MPa)
MS	BD-1	2,57	25,21	0,52	1,65	0,65	1,65	0,02	54	51,90
"	BD-2	2,55	25,02	0,60	1,77	0,70	1,77	0,02	42	51,60
"	BD-3	2,56	25,11	0,54	2,50	0,98	2,50	0,03	47	52,40
"	BD-4	2,53	24,82	0,47	1,62	0,64	1,62	0,02	37	46,50
"	BD-5	2,56	25,11	0,24	1,50	0,59	1,50	0,02	31	43,90
"	BD-6	2,55	25,02	0,49	1,95	0,77	1,95	0,02	48	50,60
BL	BD-7	2,50	24,53	0,77	6,07	2,45	6,07	0,06	33	27,30
"	BD-8	2,55	25,03	0,38	3,10	1,22	3,10	0,03	44	31,20
"	BD-9	2,52	24,74	1,15	6,40	2,57	6,40	0,07	37	40,20
"	BD-10	2,47	24,22	1,15	6,99	2,86	6,99	0,08	31	33,80
"	BD-11	2,47	24,20	1,03	6,62	2,71	6,62	0,07	40	26,60
"	BD-12	2,49	24,43	1,13	7,53	3,06	7,53	0,08	35	36,90

\*Yapılan Deneyler ISRM 1981 de Önerilen Yöntemlere Göre Yapılmıştır.

\*Deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir.

\*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanamaz, Değiştirilemez.

\*Deney sonuçlarındaki bilgiler müşteri beyanıdır. Numunelerin uzman kişi veya kişilerce alınıp alınmadığı,

Numunenin alındığı yerin kısmen veya tamamen değişmesi, değiştirilmesi nedeni ile

meydana gelebilecek hertürlü değişikliklerden laboratuvarımız sorumlu değildir.

Deney Sorumlusu:  
Jeoloji Müh. Sinan ÖCAKCI

Lab. Denetçi Mühendis:  
Jeoloji Müh. Yaşar ALKILIÇ

**ADA-Z JEOTEKNİK**  
Proje Danışmanlık Madencilik Turizm İnş. Medikal İç ve Dış Ticaret Ltd. Şti.  
Demetgöl Mah. Vatan Cad. No:13/D Demetevler  
Yenimahalle - ANKARA  
Yenimahalle V. D. 007 057 1981



## ADA - Z ZEMİN VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI



Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Onaylıdır. Belge No:162 Veriliş Tarihi:15.11.2007

### DENEY SONUÇ RAPORU

**FİRMA ADI** : İbrahim Koray KAPLAN

**PROJE ADI** : İmanlar Formasyonuna Ait Travertenlerin Laboratuvar Deney Sonuçları

**RAPOR TARİHİ** : 10,07,2009

Numune Dokusu	Numune No	Yoğunluk (ρ) (g/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ) (kN/m <sup>3</sup> )	Doğal Su İçeriği (ω) (g)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Görünür Porozite n (%)	Boşluk Oranı e	Schmidt Sertlik Değeri	Tek Eksenli Basınç Deneyi σ <sub>c</sub> (MPa)
MS	İM-1	2,56	25,11	0,39	1,51	0,59	1,51	0,02	59	63,70
"	İM-2	2,61	25,60	0,34	1,77	0,68	1,77	0,02	49	48,80
"	İM-3	2,59	25,41	0,60	2,74	1,06	2,74	0,03	45	54,70
"	İM-4	2,58	25,31	0,39	1,70	0,66	1,70	0,02	51	49,40
"	İM-5	2,52	24,72	0,47	2,36	0,94	2,36	0,02	42	52,50
BL	İM-6	2,40	23,54	0,41	6,72	2,82	6,72	0,07	29	21,30
"	İM-7	2,47	24,23	0,49	6,30	2,56	6,30	0,07	37	28,60
"	İM-8	2,43	23,84	0,82	7,44	3,09	7,44	0,08	31	23,30
"	İM-9	2,44	23,94	0,40	6,81	2,80	6,81	0,07	34	24,60
"	İM-10	2,41	23,64	0,51	7,20	3,00	7,20	0,08	40	33,90
BR	İM-11	2,63	25,80	0,27	1,94	0,74	1,94	0,02	45	37,30
"	İM-12	2,63	25,80	0,47	2,49	0,95	2,49	0,03	44	40,30
"	İM-13	2,61	25,60	0,22	1,56	0,60	1,56	0,02	51	39,90
"	İM-14	2,62	25,70	0,55	1,89	0,72	1,89	0,02	37	33,90
"	İM-15	2,56	25,11	0,65	2,63	1,03	2,63	0,03	44	41,20
"	İM-16	2,52	24,72	0,94	4,59	1,84	4,59	0,05	36	30,70
"	İM-17	2,57	25,21	0,40	4,13	1,61	4,13	0,04	38	29,00

Deney Sorumlusu:  
Jeoloji Müh. Sinan ÖCAKCI

Lab. Denetçi Mühendis:  
Jeoloji Müh. Yaşar ALKILIÇ

**ADA-Z JEOTEKNİK**  
Proje Danışmanlık Madencilik Turizm İnş.  
Medikal İç ve Dış Ticaret Ltd. Şti.  
Demetgül Mah. Vatan Cad. No:13/D Demetevler  
Yenimahalle - ANKARA  
Yenimahalle V. D. 007 057 1981

\*Yapılan Deneyler ISRM 1981 de Önerilen Yöntemlere Göre Yapılmıştır.

\*Deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir.

\*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanamaz, Değiştirilemez.

\*Deney sonuçlarındaki bilgiler müşteri beyanıdır. Numunelerin uzman kişi veya kişilerce alınıp alınmadığı,

Numunenin alındığı yerin kısmen veya tamamen değişmesi, değiştirilmesi nedeni ile

meydana gelebilecek hertürlü değişikliklerden laboratuvarımız sorumlu değildir.

Ada-Z Jeoteknik Proje Danışmanlık Madencilik Turizm İnşaat Medikal İç ve Dış Ticaret Ltd. Şti.  
Demetgül Mah. Vatan Cad. No:13/D Demetevler - Yenimahalle / ANKARA  
Tel: 0 312 336 88 84 Fax: 0 312 336 88 84  
www.ada-z.com.tr

Adı Soyadı : İbrahim Koray KAPLAN

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 31/05/1983

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

#### Eğitim Durumu

Lise : Çağrıbey Anadolu Lisesi (2001)

Üniversite : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü (2006)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji  
Mühendisliği Anabilim Dalı (2010)

#### Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl

EKA Mühendislik Sondajcılık LTD ŞTİ. (2006 - )