

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EDREMİT (VAN) TRAVERTENİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Onur ERDOĞAN
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZVAN

VAN-2014

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EDREMİT (VAN) TRAVERTENİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Onur ERDOĞAN

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2012-FBE-YL050
No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2014

KABUL VE ONAY SAYFASI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZVAN danışmanlığında, Onur ERDOĞAN tarafından sunulan “**Edremit (Van) Traverteninin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 29/08/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksekisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Yrd. Doç. Türker YAKUPOĞLU

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZVAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. İsmail AKKAYA

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..... tarih ve
Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

İmza

Onur ERDOĞAN

ÖZET

EDREMİT (VAN) TRAVERTENİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ERDOĞAN, Onur

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr Ali ÖZVAN

Ağustos 2014, 181 sayfa

Çalışma alanı olan Edremit, Van Gölü kıyısında yer almaktadır. Bu çalışmada detaylı saha incelemesi yapılarak çalışma alanının jeolojik ve jeoteknik özellikleri ortaya konmuştur. Bu çalışmanın temel amacı, 2011 yılındaki Van depremlerden sonra güvenli kalkınma planları dikkate alınarak yeni yerleşim yerinin tasarımı için, yerleşim planı amaçlı bir jeoloji ve jeoteknik harita hazırlamaktır. Edremit yerleşim alanı genellikle Kuvaterner yaşlı traverten birim üzerine kuruludur. Ayrıca, Edremit'in kuzey kesimlerinde Oligo-Miyosen yaşlı kilitaşı, kumtaşı ve çakilitaşı katmandan oluşan Van Formasyonu'na, Edremit Traverteninin güney kesimlerinde ise gevşek silttaşı ve kumtaşı tabakalarına rastlanmaktadır. Edremit travertenin jeoteknik özellikleri, laboratuvar testleri, yerinde arazi testleri ve jeofizik yöntemler kullanılarak hem yanal ve düşey yönde araştırılmıştır. Çalışma alanının bir yüzey dayanımı zon haritasının hazırlanması için yukarıda belirtilen parametreler dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, Edremit traverteninin litoloji, gözeneklilik ve dayanım özellikleri bakımından üç farklı tipinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Edremit bölgesinde yer alan Traverten mermer yataklarının, tüm saha ve laboratuvar çalışmalarına göre fiziksel özellikleri, nihai ürün kullanımı için uygunluğunu belirlemek amacıyla tespit edilmiştir. Edremit travertenlerin taze örnekleri üzerinde yapılan 3 farklı yapay bozunma deneyi ile bu kaya türünün atmosferik etkenler karşısındaki bozunma performansları belirlenmiştir. Buna göre, Edremit Travertenine yapıtaşı ölçeğinde zarar veren en önemli etken tuz kristallenmesinin neden olduğu basınçtır.

Anahtar Kelimeler: Traverten, Van, yüzey dayanımı, fiziko-mekanik, yapay bozunma deneyleri, mermer

ABSTRACT

DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EDREMIT TRAVERTINE

ERDOĞAN, Onur

Master of Science Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof.Dr. Ali ÖZVAN

August 2014, 181 pages

The study area that is called Edremit is located on the shore of Lake Van. In this study, the geological and geotechnical properties of the study area were determined by detailed site investigations. The main objective of this study is to prepare a geological and geotechnical map of the study area for settlement planning purposes since it is getting more important to design new settlements considering safe development plans after the Van earthquakes happened in 2011. The Edremit settlement is generally located on Quaternary Travertine. Also, the Oligo-Miocene aged Van Formation that consists of claystone, sandstone and gravelstone layers exist in the northern part of Edremit and the Quaternary aged Van Gölü Formation consisting loose sandstone and sandstone layers exist in the southern part of Edremit Travertine. Geotechnical properties of Edremit travertine were investigated in both lateral and vertical directions by doing laboratory tests, in situ tests and by using geophysical methods. The above mentioned parameters were taken into account in order to prepare a surface strength zon map of the study area. As a result, three different types of Edremit travertine were determined in the study area in terms of lithology, porosity and strength properties. Furthermore, the physical properties of travertine marble deposits in Edremit were determined to establish its suitability for end-product use according to all field and laboratory studies. Deterioration performance of this rock type against atmospheric agents was estimated by three different artificial weathering tests. Consequently, the most negative agent for Edremit Travertines in building stone scale is the pressure due to salt crystallization.

Key Words: Travertine, Van, surface strength physico-mechanical tests, artificial weathering tests, marble

ÖN SÖZ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda hazırlanan bu yüksek lisans tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2012-FBE-YL050 nolu “Edremit(Van) Traverteninin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasını kapsayan sürecin başından sonuna dek, maddi ve manevi her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Ali ÖZVAN'a teşekkür ederim. Çalışmalarımız sırasında özellikle bilimsel anlamdaki bilgi, belge paylaşımları ile tez çalışmasının daha iyi bir biçimde sonuca ulaşmasında katkısı bulunan jüri üyeleri Sayın Yrd.Doç.Dr Türker YAKUPOĞLU ve Yrd.Doç.Dr. İsmail AKKAYA'ya teşekkür ederim. Tez çalışması kapsamında her türlü bilgi ve belge paylaşımında bulunarak çalışmalara katkıda bulunan hocalarım, Yrd. Doç.Dr. İsmail AKKAYA, Yrd.Doç.Dr. Mutluhan AKIN, Yrd.Doç.Dr. Çetin YEŞİLOVA, Yrd.Doç.Dr. Vural OYAN, Yrd.Doç.Dr. Levent SELÇUK, Yrd.Doç.Dr. Yavuz ÖZDEMİR, Yrd. Doç.Dr. Serkan ÜNER'e, Jeoloji Yüksek Mühendisi Alper ŞENGÜL'e teşekkürlerimi sunarım. Sondaj çalışmalarının temininde ve literatür çalışmalarındaki katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisi Bülent ARAS'a ve ARAS Mühendislik çalışanlarına teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında çalışmaları büyük ölçüde birlikte yürüttüğümüz ve her türlü destekte bulunan Jeoloji Mühendisi Sayın Mesut BOR ve Jeoloji Mühendisi Zafer YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim. Yine bu çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Sayın Enver KARASU, Jeoloji Mühendisi Uğur ÖVÜN, Jeoloji Mühendisi Sacit MUTLU'ya, teknik destekleri ve bilimsel anlamdaki katkılarından ötürü Jeoloji Mühendisi Sayın Musa CEVADİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Tezin düzenlenmesi ve yazımı aşamasında yardımlarından dolayı Yüksek Kimyager Sayın Özkan BOLAT'a, Maden Mühendisi Sayın Mehmet CEYLAN'a ayrıca teşekkür ederim. Maddi, manevi destek ve katkılarından ötürü Sayın Nesrin ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım. Son olarak hayatımın her alanında olduğu gibi bu tez çalışması sürecinde de yanımda olan babam Abidin ERDOĞAN ve Annem Hatice ERDOĞAN'a diğer aile üyelerimize her türlü maddi ve manevi desteğinden ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Onur ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
EKLER DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Çalışma Alanının Konumu ve Tanıtımı	3
1.3. Travertenlerin Tanımı ve Oluşumu	7
1.3.1. Morfolojik görünümüne göre travertenlerin sınıflandırılması	10
1.3.1.1. Teras (Set) tipi travertenler	12
1.3.1.2. Sırt (Semer) tipi travertenler	13
1.3.1.3. Dom (Koni) tipi travertenler	13
1.3.1.4. Tabaka tipi travertenler	14
1.3.1.5. Damar tipi travertenler	15
1.3.1.6. Fay önü tipi travertenler	16
1.3.1.7. Mağara travertenleri (Damlataşlar)	17
1.3.1.8. Kanal tipi travertenler	18
1.3.2. Travertenlerin yapısı ve kimyası	19
1.3.3. Travertenlerin endüstride kullanımı	19
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	23
2.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonizma Çalışmaları	23
2.2. Travertenlerle İlgili Çalışmalar	25
3. MATERYAL VE METOD	33
3.1. Literatür ve Arşiv Araştırmaları	33

3.2. Arazi Çalışmaları	33
3.2.1. Jeolojik çalışmalar	35
3.2.2. Yapısal jeoloji çalışmaları	35
3.2.3. Tektonik çalışmalar	36
3.2.4. Schmidt çekici ile yüzey sertliği belirleme çalışmaları.....	37
3.2.5. Karotlu sondaj çalışmaları.....	39
3.2.6. Jeofizik çalışmaları.....	40
3.2.7. Örneklemme çalışmaları.....	43
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	47
3.3.1. Fiziksel özellik deneyleri	47
3.3.2. Mekanik özellik deneyleri	50
3.3.2.1. Nokta yükü dayanım indeksi deneyi.....	50
3.3.2.2. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi	52
3.3.2.3. Üç Eksenli basınç dayanımı deneyi	55
3.3.3. Yapay bozunma deneyleri	57
3.3.3.1. Islanma-kuruma deneyi	59
3.3.3.2. Donma-çözülme deneyi	59
3.3.3.3. Tuz kristallenmesi deneyi	60
3.4. Değerlendirme ve Tez Yazım Çalışmaları.....	63
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	66
4.1. Jeoloji ve Stratigrafi	66
4.1.1 Van Formasyonu	69
4.1.2 Kurtdeliği Formasyonu	71
4.1.3. Edremit traverteni.....	75
4.1.4. Van Gölü Formasyonu	84
4.1.5. Güncel Göl-Akarsu Çökelleri.....	86
4.2. Yapısal Jeoloji.....	86
4.2.1. Tabaka ve eklem sistemlerinin genel özellikleri	87
4.2.1.1. Eklemler.....	90
4.2.1.2. Tabakalar	92
4.2.2. Faylar.....	93

4.2.2.1. Bindirme fayları.....	95
4.2.2.1.1. Elmalı bindirme fayı	95
4.2.2.1.2. Gürpınar Bindirme Fayı	97
4.2.2.2. Doğrultu atımlı ve normal faylar	101
4.3. Çalışma Alanında Gözlenen Kütle Hareketleri.....	105
4.4. Edremit Traverteninin Fiziko-Mekanik Özellikleri	110
4.4.1. Edremit Travertenin fiziksel özellikleri	111
4.4.2. Edremit Traverteninin mekanik özellikleri	114
4.4.2.1. Edremit Traverteninin Schmidt çekici ile yüzey dayanımının belirlenmesi.....	114
4.4.2.2. Edremit Traverteninin nokta yükü dayanımı	116
4.4.2.3. Edremit Traverteninin tek eksenli basınç dayanımı değerleri	118
4.4.2.4. Edremit Traverteni üç eksenli basınç dayanımı değerleri	124
4.5. Edremit Traverteninin Kaya Kütle Değerlendirmesi (RMR).....	126
4.6. Elektrik Özdirenç/Rezistivite Tomografi Bulgular.....	128
4.6.1. ERT-1 profili	129
4.6.2. ERT-2 Profili.....	130
4.6.3. ERT-3 profili	131
4.6.4. ERT-4 profili	133
4.6.5. ERT-5 profili	134
4.6.6. ERT-6 Profili.....	135
4.7. Edremit Traverteninin Yapay Bozunma Deney Bulguları.....	136
4.7.1. Islanma kuruma deneyi	136
4.7.2. Donma-çözülme deneyi.....	139
4.7.3. Tuz kristallenmesi deney	142
4.7.4. Yapay Bozunma deney bulgularının yorumlanması	146
4.8. Edremit Traverteninin yapı taşı olarak kullanılabilirliği.....	149
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	153
KAYNAKLAR.....	159
EKLER.....	169
ÖZ GEÇMİŞ	181

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmalarına ait bilgiler	39
Çizelge 3.2. Çalışma alanında yapılan ERT ölçümlerine ait bilgiler	42
Çizelge 3.3. Laboratuvar çalışmaları esnasında travertenin fiziksel-mekanik ve yapay bozunma özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan deneysel çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan örnek türleri ile deney standartları	47
Çizelge 4.1. Düzensiz şekilli 165 adet örneğe ait fiziksel özellikler	111
Çizelge 4.2. 7x7x7cm boyutlarındaki Trv1'in masif kısmına ait 60 adet küp örneğe ait fiziksel özellikler.....	112
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki sondajlar ve bloklardan elde edilen 25 adet silindirik örneğe ait fiziksel özellikleri	112
Çizelge 4.4. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989).....	113
Çizelge 4.5. Farklı şekillerdeki traverten örneklerinin ortalama fiziksel özellik değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Çizelge 4.6. Çalışma alanında ölçülen Schmidt çekici geri sıçrama değerleri ve bu değerler göre hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değeri	115
Çizelge 4.7. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması (ISRM, 2007).....	116
Çizelge 4.8. Edremit Traverteninin nokta yükü dayanımı ve bu değerlerden hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değerleri	117
Çizelge 4.9. Tek eksenli basınç dayanımına göre kaya dayanım sınıflaması (Deere ve Miller, 1966)	117
Çizelge 4.10. 7x7x7cm boyutlarındaki küp numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleri	118
Çizelge 4.11. Silindirik şekilli numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri	119
Çizelge 4.12. Edremit traverteninin farklı yöntemlerle elde edilen ortalama tek eksenli basınç dayanımı (UCS) değerlerinin karşılaştırılması.....	122
Çizelge 4.13. Trv1 grubu travertene ait örneklerin ISRM (2007)'ye göre içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri	125
Çizelge 4.14. Travertenin Trv1 seviyesinin TS 699'a göre üç eksenli basınç dayanımı deneyinden elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri.....	126
Çizelge 4.15. RMR değerlerine göre kaya kütlesi sınıfı (Bieniawski, 1989).....	127

Çizelge 4.16. Çalışma alanında yer alan üç farklı tür travertenin kaya kütle sınıflama parametreleri, RMR puanları ve kaya sınıfı.....	128
Çizelge 4.17. Islanma-kuruma deney sonucu fiziksel özelliklerde görülen değişim yüzdeleri.....	136
Çizelge 4.18. Donma-çözülme deney sonucu Trv1 türü travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim yüzdeleri	140
Çizelge 4.19. Tuz kristallenmesi deney ile Trv1 türü travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim yüzdeleri	143
Çizelge 4.20. Trv1 türü traverten seviyelerinin yapı taşı olarak kullanılabilirlik sınır değerleri ile karşılaştırılması.....	151

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.	4
Şekil 1.2. Çalışma alanına ait eğim haritası.	5
Şekil 1.3. Çalışma alanına ait bakı haritası.....	6
Şekil 1.4. Çalışma alanına ait kabartı haritası ve önemli lokasyonlar.....	7
Şekil 1.5. Travertenlerin farklı depolanma ortamlarından örnekler (Özkul ve ark., 2002).....	11
Şekil 1.6. Teras tipi traverten morfolojisinin ve gelişen havuz yapılarının blok diyagramdaki görünümü (Ayaz, 2002).	12
Şekil 1.7. Sırt tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).....	13
Şekil 1.8. Dom tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).....	14
Şekil 1.9. Tabaka tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).....	15
Şekil 1.10. Damar tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).....	16
Şekil 1.11. Fay önü travertenlerinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).	17
Şekil 1.12. Mağara travertenlerine (damlatışlara) ait çeşitli morfolojik yapıların blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).	18
Şekil 1.13. Kanal tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).....	18
Şekil 3.1. Yürütülen çalışmaların akış şeması.	34
Şekil 3.2. Çalışma alanında yer alan Trv1 türü travertene ait bir görüntü	35
Şekil 3.3. Ayazpınar köyü güney kesimlerindeki travertenlerde gözlenen tabakalanma ve eklem sistemleri (bakış yönü güneydoğu).	37
Şekil 3.4. Çalışma alanında yapılan Schmidt çekici ölçümüne ait bir görüntü.	38
Şekil 3.5. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki (Deere ve Miller, 1966).	38
Şekil 3.6. Çalışma alanında yapılan karotlu sondajlar (Eski TOKİ'nin kuzeydoğusu).....	39
Şekil 3.7. Karotlu sondaj çalışmaları sırasında hazırlanan karot sandıklarına ait bir görüntü.	40

Şekil 3.8. Özdirence yönteminin arazi uygulaması (Robinson ve Coruh, 1988'den değiştirilmiştir).	41
Şekil 3.9. Elektrik özdirence farklı elektrod dizilimleri (Wightman ve ark., 2003'den değiştirilmiştir).	41
Şekil 3.10. Çok kanallı elektrod yöntemi ve yöntemde kullanılan ekipmanlar.....	43
Şekil 3.11. Fiziko-mekanik özellikler ve yapay bozunma deneyleri için alınan örnekler. (a, b):blok örnekler ve alındıkları mermer ocağı, (c): 7x7x7 cm boyutundaki küp örnekler, (d): Düzensiz şekilli el örnekleri, (e): Sondajlardan elde edilen silindirik numuneler, (f): Blok örneklerden elde edilen silindirik numuneler.	45
Şekil 3.12. Ölçüm ve örnek yerlerini gösteren topografik harita.	46
Şekil 3.14. Travertenlerin fiziksel özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar.....	49
Şekil 3.15. Nokta yükü dayanım indeksi deneyinin yapılışı.	51
Şekil 3.16. Tek eksenli basınç dayanımı deney ünitesi, küp ve karot örneklerde uygulanan tek eksenli basınç dayanımı deney.....	53
Şekil 3.17. Tek eksenli basınç dayanımı deney program vasıtasıyla oluşturulan gerilme-deformasyon grafiği.	54
Şekil 3.18. Tek eksenli basınç dayanımı esnasında oluşturulan gerilme deformasyon grafiği vasıtasıyla elastisite modülünün hesaplanması.	54
Şekil 3.19. Üç eksenli basınç dayanımı deney aşamalarına ait bir görüntü.	56
Şekil 3.20. Mohr daireleri yardımıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısının belirlenmesi.....	56
Şekil 3.21. p ve q değerleri kullanılarak oluşturulan grafikten elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı parametreleri.	57
Şekil 3.22. Yapay bozunma deney için hazırlanan küp traverten numuneleri.	58
Şekil 3.23. Islanma-kuruma deneyi çalışmaları.....	61
Şekil 3.24. Donma çözülme deneyi çalışmalarına ait görüntüler.	62
Şekil 3.25. Tuz kristallenmesi deneyi çalışmalarına ait görüntüler.....	62
Şekil 4.1. Bölgenin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kolon kesiti (Koçyiğit, 2013'den değiştirilmiştir).	66
Şekil 4.2. Çalışma alanındaki birimlere ait genel bir görüntü (Gülpınar ovası mevki, bakışyönü kuzey).....	67
Şekil 4.3. Çalışma alanı Formasyon sınırları uydu görüntüsü (Google Earth, ölçeksiz).	67
Şekil 4.4. Çalışma alanına ait jeoloji haritası ve A-A' kesiti.....	68
Şekil 4.5. Çalışma alanında gözlenen Van Formasyonu: Tabanda gözlenen yeşil renkli kumtaşları (a,b), üstte gözlenen kırmızı renkli	

kumtaşları (c,d), üst seviyelerdeki birimler içerisindeki ofiyolitik melanja ait çakıl taneleri (e).	70
Şekil 4.6. Van Formasyonunun geçiş ortamında çökelimini işaret eden kırmızı ve yeşil renk tonlarındaki seviyelerine ait bir görüntü.	71
Şekil 4.7. Kurtdeliği Formasyonu ile Van Formasyonu sınırı (Haramigedik Vadisi mevki, bakış yönü güneydoğu).	72
Şekil 4.8. Çalışma alanında bulunan formasyonların sınır ilişkilerine ait bir görüntü (Haramigedik vadi, bakış yönü güneydoğu).	72
Şekil 4.9. Çok kalın tabakalı Kurtdeliği Formasyonuna ait genel ve yakın (a, b) görüntüler.	73
Şekil 4.10. Kurtdeliği Formasyonuna ait çakıltaşı tabakalarına ait bir görüntü.	74
Şekil 4.11. Kurtdeliği Formasyonunun bazı seviyelerinde gözlenen dereceli tabakalanmaya ait bir görüntü.	74
Şekil 4.12. (a) Van Formasyonu ve Edremit Travertenleri sınırı, (b) Van Formasyonu içerisinde gözlenen traverten blokları; Köprülüler köyü kuzeyi, (c) Edremit mevki.	76
Şekil 4.13. Edremit Traverteninin oluşumu için düşünülen süreçlere ilgili temsili şematik şekil.	77
Şekil 4.14. Çalışma alanı Ayazpınar köyü gözlenen traverten tabakalarına ait bir görüntü (bakış yönü güneydoğu).	78
Şekil 4.15. Çalışma alanında yer alan lamine traverten bloklarına ait bir görüntü.	78
Şekil 4.16. Çalışma alanında gözlenen farklı yapısal özelliğe sahip traverten oluşumları (Tarla tepe mevki).	79
Şekil 4.17. Çalışma alanında gözlenen travertenlerin yapısal ve fiziksel farklılıklarını meydana getirdiği düşünülen oluşum mekanizmasını gösteren temsili şekil.	81
Şekil 4.18. Çalışma alanında gözlenen farklı yapısal ve fiziksel özelliklere sahip traverten oluşumları. (a, b) Trv3 türü travertenler, (c, d) Trv1 türü travertenler, (e, f) Trv2 türü travertenler.	82
Şekil 4.19. Düşük dayanımlı kırmızı renkli travertende yapılan sondaj ilerlemesine ait bir görüntü.	83
Şekil 4.20. Çalışma alanında yer alan düşük dayanımlı travertenlerin bozunmasıyla oluşan seviyeler (Çimento fabrikası ocağı mevki).	84
Şekil 4.21. (a) Edremit Travertenleri ile Van Gölü Formasyonunun sınırı (Çayırbaşı köyü mevki), (b-c) Van Gölü Formasyonuna silt ve kum seviyeleri,	85
Şekil 4.22. Çalışma alanında yer alan güncel göl-akarsu çökellerine ait bir görüntü (Andaç köyü mevki, bakış yönü güneydoğu)	86

Şekil 4.23. Edremit Travertenlerindeki tabakalanma ve eklem sistemleri (Çayırbaşı köyü mevki, Bakış yönü kuzey).....	87
Şekil 4.24 Çalışma alanındaki hakim eklem ve tabaka yönelim analizleri. (a): çalışma alanındaki eklem seti analizleri, (b) çalışma alanındaki tabakalanma analizleri.	88
Şekil 4.25. Çalışma alanındaki travertenlerde gözlenen tabaka kalınlıklarına ait bir görüntü (a: Büyükgüney Tepe mevki, bakış yönü batı, b: Büyükgüney Tepe mevki, bakış yönü kuzeybatı, c: Eski TOKİ mevki mermer ocağı, bakış yönü kuzeydoğu,).....	89
Şekil 4.26. Çalışma alanındaki birbirini dik kesen eklem seti takımları ve bu durumu gösteren şematik şekil.	90
Şekil 4.27. Eklem ölçümlerine dayalı gül diyagramı ve bölgenin aktif sıkışma yönleri. (a) Alınan tüm eklem ölçülerine dayalı diyagram, Çalışma alanının (b) doğusuna (c) batısına ve (d) güneyine ait gül diyagramları.	91
Şekil 4.28. Çalışma alanındaki tabaka yönelimlerinden hazırlanan Gül diyagramları (a) çalışma alanı genel tabaka yönelimi ve gerilme yönleri. Çalışma alanının (b) doğu, (c) batı, (d) güney kesimlerindeki tabaka düzlemlerine ait doğrultu gül diyagramı.	93
Şekil 4.29. Çalışma alanındaki belirlenen faylar.	94
Şekil 4.30. Haramigedik vadisi boyunca alınan enine jeolojik kesit.	95
Şekil 4.31. Elmalı Bindirme Fayı (Haramigedik vadisi kuzeyi). (a) Travertene doğru sürüklenen Van Formasyonu (bakış yönü KB), (b) ve (c) Bindirme etkisiyle tabakalarda meydana gelen dikleşme (bakış yönü kuzey).	96
Şekil 4.32. Kuzeydoğu yönündeki bindirme etkisine bağlı olarak kumtaşı tabakalarında meydana gelen ters faylar (bakış yönü doğu).	97
Şekil 4.33. Gürpınar Bindirme Fayı Etkisiyle traverten tabakalarında meydana gelen dikleşmeye ait genel ve yakın görüntüler (Haramigedik vadi güney mevki).	98
Şekil 4.34. Çalışma alanın güneyinde Van Formasyonunun güneye doğru itilmesi sonucu kumtaşı tabakalarında meydana gelen dikleşme (Haramigedik vadi mevki). (a) yaklaşık D-B uzanımlı bindirme hattı (bakış yönü KD). (b,c) dike yakın eğime sahip kumtaşları (bakış yönü batı).	99
Şekil 4.35. Harami gedik vadi güneyi Van Formasyonunun güneye doğru itilmesi sonucu oluşan bindirme hattı (bakış yönü güneydoğu).	100
Şekil 4.36. Çiçekli mevkiinde yer alan bindirme fayına ait görüntü (bakış yönü doğu).	101
Şekil 4.37. Çimento ocağında gözlenen normal fayın temsili blok diyagramı.	101

Şekil 4.38. TOKİ civarındaki bir yarmada gözlenen sol yön bileşenli normal fay (bakış yönü yaklaşık kuzey).	102
Şekil 4.39. Çimento fabrikası ocağında gözlenen K10D/82KB yönelimli normal bileşenli sağ yönlü fay, yaklaşık 35 cm lik bir düşüm mevcut (bakış yönü kuzeydoğu).	103
Şekil 4.40. TOKİ konutları mevkii temel kazısında açılan yarmada gözlenen ezik zon (bakış yönü Kuzey).	104
Şekil 4.41. Çalışma alanında gözlenen dairesel tip yenilmeler Edremit Eski TOKİ mevkii.	105
Şekil 4.42. Edremit Eski Toki mevkisindeki heyelana ait uydu görüntüsü (ölçeksiz Google Earth görüntüsü).	106
Şekil 4.43. Çayırbaşı köyü mevkisindeki heyelana ait uydu görüntüsü (ölçeksiz Google Earth görüntüsü).	106
Şekil 4.44. Çalışma alanındaki kaya düşmelerini gösteren temsili şematik şekil.	107
Şekil 4.45. Çalışma alanında gözlenen devrilmeler ve kaya düşmelerine ait görüntüler. (a) Haramigedik vadisindeki konglomeralarda gözlenen devrilme türü yenilmeler , (b-c) Ayazpınar mevkii travertenlerde gözlenen devrilme türü yenilmeler, (d) çimento fabrikası mevkii vadi boyunca gözlenen devrilme türü yenilmeler.	108
Şekil 4.46. Çalışma alanının güneyinde gözlenen düzlemsel kayma türü yenilmeler (Çiçekli köyü mevkii). (a) Eğimli tabaka düzlemi boyunca kayma riski olan bloklar, (b) geniş bir alan boyunca gözlenen süreksizlik kontrollü yenilmeler, (c) tabaka düzlemi boyunca meydana gelen süreksizlik kontrollü düzlemsel yenilmeler.	109
Şekil 4.47. Köprülüler Köyü kuzey mevkisindeki Edremit Traverten ile Van Formasyonu sınırında gözlenen kaya düşmeleri.	110
Şekil 4.48. Küp örnekler üzerinde uygulanan tek eksenli basınç dayanımı deneylerine ait deney öncesi ve deney sonrasına ait görüntüler.	118
Şekil 4.49. Silindir şekilli travertenlerde porozite ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.	119
Şekil 4.50. Silindir şekilli numunelerin tek eksenli basınç dayanımı deneylerine ait görüntüler. (a)Trv1 türü (b) Trv3 türü ve (c) Trv2 türü traverten örneklerinin deney öncesi ve sonrasına ait görüntüler.	120
Şekil 4.51. Edremit Travertenine ait dayanım haritası.	123
Şekil 4.52. Edremit Traverteninin Trv1 seviyesine ait örneklerin, Mohr-Coulomb yenilme zarfı yönteminden elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri.	124
Şekil 4.53. Edremit Traverteninin Trv1 seviyesine ait örneklerin p ve q değerlerinden oluşturulan grafiğe göre ortalama içsel sürtünme	

açısı ve kohezyon değeri.....	125
Şekil 4.54. İnceleme alanında rezistivite yapılan lokasyonların yerini gösterir harita.	129
Şekil 4.55. ERT-1 profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a) Profile ait ters çözüm elektrik kesit, (b) bölgede yapılan sondaja boşluğu gösteren ait karot sandığı	130
Şekil 4.56. ERT-2 profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait ters çözüm elektrik kesit, (c) bölgede gözlenen ve kesitte de tespit edilen boşluklar, (d) kesitte ve temel yarmasında gözlenen fay.....	131
Şekil 4.57. ERT-3 Profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a); Profilin genel görünümü, (b); Profile ait ters çözüm elektrik kesit, (c); bölgede gözlenen 30 metre kalınlıkta mostra veren Trv1 türü travertenlere ait görünüm).	132
Şekil 4.58. ERT-4 profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait ters çözüm elektrik kesit.....	133
Şekil 4.59. ERT-5 profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait ters çözüm elektrik kesit, (c) bölgede gözlenen tabaka akma yapılarının görünümü.	134
Şekil 4.60. ERT-6 profil ölçümünden elde edilen ters çözüm kesit analizinden görüntüler. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait ters çözüm elektrik kesit.....	135
Şekil 4.61. Trv1 seviyesinin ıslanma-kuruma deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.	138
Şekil 4.62. Islanma-kuruma deneyi öncesi ve sonrasına ait Trv1 türü numunelerin görünümü.	139
Şekil 4.63. Trv1 türü travertenin donma-çözülme deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.	141
Şekil 4.64. Donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasına ait Trv1 türü travertenlerin görünümü.	142
Şekil 4.65. Trv1 türü travertenin tuz kristallenmesi deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.	144
Şekil 4.66. Tuz kristallenmesi etkisi ile traverten örneklerinde meydana gelen bozunmalar.	145
Şekil 4.67. Çalışma alanı içerisinde yer alan traverten ocağına ait bir görüntü.	150

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Alan
c	Kohezyon
cm	Santimetre
De	Eşdeğer karot çapı
E	Elastisite modülü
g	Gram
L	Uzunluk
m	Metre
mm	Milimetre
n	Görünür porozite
UCS	Tek eksenli basınç dayanımı
kN	Kilonewton
kN/m ³	Kilonewton/metreküp
W	Kütle
MPa	Megapaskal
N/m ²	Newton/metrekare
r	Yarıçap
°C	Derece santigrat
h	Yükseklik
V	Hacim
w	Kütlece su emme
V _b	Boşluk hacmi
W _d	Doygun ağırlık

W_k	Kuru ağırlık
W_s	Suyun ağırlığı
W_{ds}	Sudaki ağırlık
P	Yük
I_s	Nokta yükü dayanımı
I_{s50}	Düzeltilmiş nokta yükü dayanımı
ϕ	İçsel sürtünme açısı
τ	Teğetsel gerilme
σ_1	Düşey gerilme
σ_3	Yanal gerilme
σ_N	Normal gerilme
$\mathcal{E}_1$	Strain deformasyon
Δl	Uzunluk boyunca deformasyon
γ_k	Kuru birim hacim ağırlık
γ_d	Doygun birim hacim ağırlık

Kısaltma	Açıklama
B	Batı
D	Doğu
DBHA	Doygun birim hacim ağırlık
ERT	Elektrik Rezistivite Tomografi
G	Güney
GD	Güneydoğu
GB	Güneybatı
ISRM	International Society of Rock Mechanics
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KBHA	Kuru birim hacim ağırlık
KSE	Kütlece su emme oranına
MTA	Maden Tetkik Arama
ORT	Ortalama
RQD	10 cm büyük karot yüzdesi
SKV	Sağlam Karot Verimi
TOKİ	Toplu Konut İdaresi
TS	Türk Standartları
TKV	Toplam Karot Verimi
Trv1	Boşluksuz, bej renkli traverten
Trv2	Boşluklu, bej renkli traverten
Trv3	Boşluklu, kırmızı, renkli altere traverten
YYÜ	Yüzüncü Yıl Üniversitesi

EKLER DİZİNİ

EK	Sayfa
EK-1. Çalışma alanında yapılan sondajlara ait loglar ve görüntüler	169
EK-1. (a). SK-1 nolu kuyu kütüğü ve görüntüleri.	170
EK-1. (b). SK-2 nolu kuyu kütüğü ve görüntüleri.	171
EK-1 (b). SK-2 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller	172
EK-1. (c). SK-3 nolu kuyu kütüğü ve görüntüleri.	173
EK-1 (c). SK-3 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller	174
EK-1. (d). SK-4 nolu kuyu kütüğü ve görüntüleri.	175
EK-1. (e). SK-5 nolu kuyu kütüğü ve görüntüleri.	176
EK-1 (e). SK-5 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller	177
EK-2. Çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli Jeolojik/Jeoteknik harita	179

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ülkemizde ve dünyada inşaat sektörünün hızla gelişmesi mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapı kalitesi ve güvenliği açısından önemin arttırmaktadır. Bu kapsamda yapılan jeolojik araştırmalar, yapı sektöründe kullanılan doğal malzemelerin dayanımı, yapıların inşa edileceği alanların jeoteknik özelliklerinin ve olası risklerin ortaya konulması ile alınması gereken önlemlerin belirlenmesi gibi birçok konuda inşaat sektörüne katkılar sağlamaktadır. Bu kapsamda, tez çalışması boyunca Edremit Travertenini üzerinde çok yönlü jeolojik, tektonik ve jeoteknik araştırmalar yapılmış ve elde edilen bulguların bölgedeki yapı çalışmalarına ışık tutması hedeflenmiştir.

2011 Van depreminin ardından yerleşim alanı olarak belirlenen çalışma alanı, Edremit Travertenini üzerinde yer almakta ve bu durum yapılan çalışmanın önemini artırmaktadır. Van ilinin güneyinde Edremit ilçesinin üzerine kurulu olduğu Kuvaterner yaşlı Traverten ile ilgili literatürde çok az çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma; özellikle depremin ardından büyük önem kazanan bölgede yer alan, traverten üzerinde yapılacak yerleşim alanı ve inşaat çalışmaları için önemli bir kaynak veri sağlayacaktır.

Çalışmanın ilk aşamasında bölgede yer alan jeolojik birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve özellikle Edremit Traverteninin yayılımı haritalanmıştır. Traverten üzerinde yapılan çalışmalarla travertenini kesen eklem ve fay gibi yapısal unsurların belirlenmesi ve bu unsurların yerleşim alanına olan etkileri ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca yerleşim alanının üzerine kurulu olduğu travertenin fiziksel, mekanik ve yapay bozunma özellikleri belirlenmiştir. Yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri sonucu elde edilen verilerle bölgenin mühendislik jeolojisi haritası çizilerek zemin özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca travertenlerin mineralojik ve fiziksel özellikleri kolayca işletilebilmesine olanak sağlamak ve bu nedenle özellikle yapı sektöründe birçok alanda yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Mineralojik bileşiminde bulunan kalsiyum karbonat mineralleri nedeniyle Edremit Travertenini çimento üretiminde kullanılmakta (Aşma, 2006; Efe, 2011) ve bölgedeki çimento ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılanmaktadır. Bu nedenle Edremit Traverteninin bölgedeki yayılımının belirlenmesi

çimento üretiminin devamlılığı ve rezerv miktarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Travertenler çimento üretimi dışında; bazı fiziksel, mekanik özelliklerinden dolayı da yapı sektöründe kaplama taşı ve kesilip parlatılarak mermer olarak da kullanılmaktadır. Bu açıdan Travertenlerin kimyasal, fiziksel ve atmosferik etkilerle bozunmasının incelenmesi de ayrıca önem arz etmektedir. Yapı taşlarının bozunmasına neden olan en önemli etkenlerden biri sudur. Su makro gözenekler aracılığıyla mikro gözeneklere ulaşır ve kaya içerisinde bu gözenekler aracılığıyla kolaylıkla hareket edebilir. Travertenlerin gözenekli yapıları bu dolaşıma oldukça uygundur. Bu dolaşım esnasında suyun etkisiyle belirli bir zaman aralığında traverten ilksel özelliğini kaybedebilir (Akın, 2008). Diğer taraftan travertenin kalsiyum karbonat (CaCO_3) bileşiminde olması, suyun etkisiyle çözülmesine ve ortamda bulunan sülfürdioksit gibi bileşiklerle kolayca tepkimeye girmesine olanak sağlamaktadır. Karbonatlı kayaların asidik etkilerle hızlı bir bozunma sürecine girdiği de bilinmektedir (Akın, 2008). Bu nedenle Edremit Traverteninin fiziksel, kimyasal ve atmosferik etkilere karşı dayanımı belirlenerek yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin ortaya çıkarılması önem arz etmektedir.

Edremit Traverteninin yer aldığı alanın üzeri 2011 yılı Van depremlerinden sonra yeni yerleşim alanı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır ve Van Çevre yoluna bağlanacak olan Edremit çevre yolunun büyük bir kısmı bu birim üzerinden geçmektedir. Edremit Travertenini yaklaşık 110 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Bu alan içerisinde yer alan traverten üzerinde bugüne kadar yapılan mevcut çalışmalar detaylandırılarak bu gibi mühendislik projelerine altlık oluşturması amacıyla inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoteknik haritası yapılmıştır (EK-2). Bu kapsamda bölgedeki travertenin yayılım alanı ve diğer birimlerle olan sınır ilişkileri, bölgedeki heyelan, kaya düşmesi ve benzeri alanların belirlenmesi, bölgede yer alan eklemler ve faylar gibi yapısal unsurların belirlenmesi ve laboratuvar deneyleri için uygun örneklerin derlenmesi amacıyla arazi çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalarda sondaj ve rezistivite yöntemi de kullanılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak travertenin bazı mühendislik jeolojisi özelliklerinin tespiti ile ekonomik potansiyel anlamında yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin tespitine yönelik olarak bazı fiziko-mekanik ve yapay bozunma deneyleri yapılmıştır ve sonuçlar yorumlanmıştır.

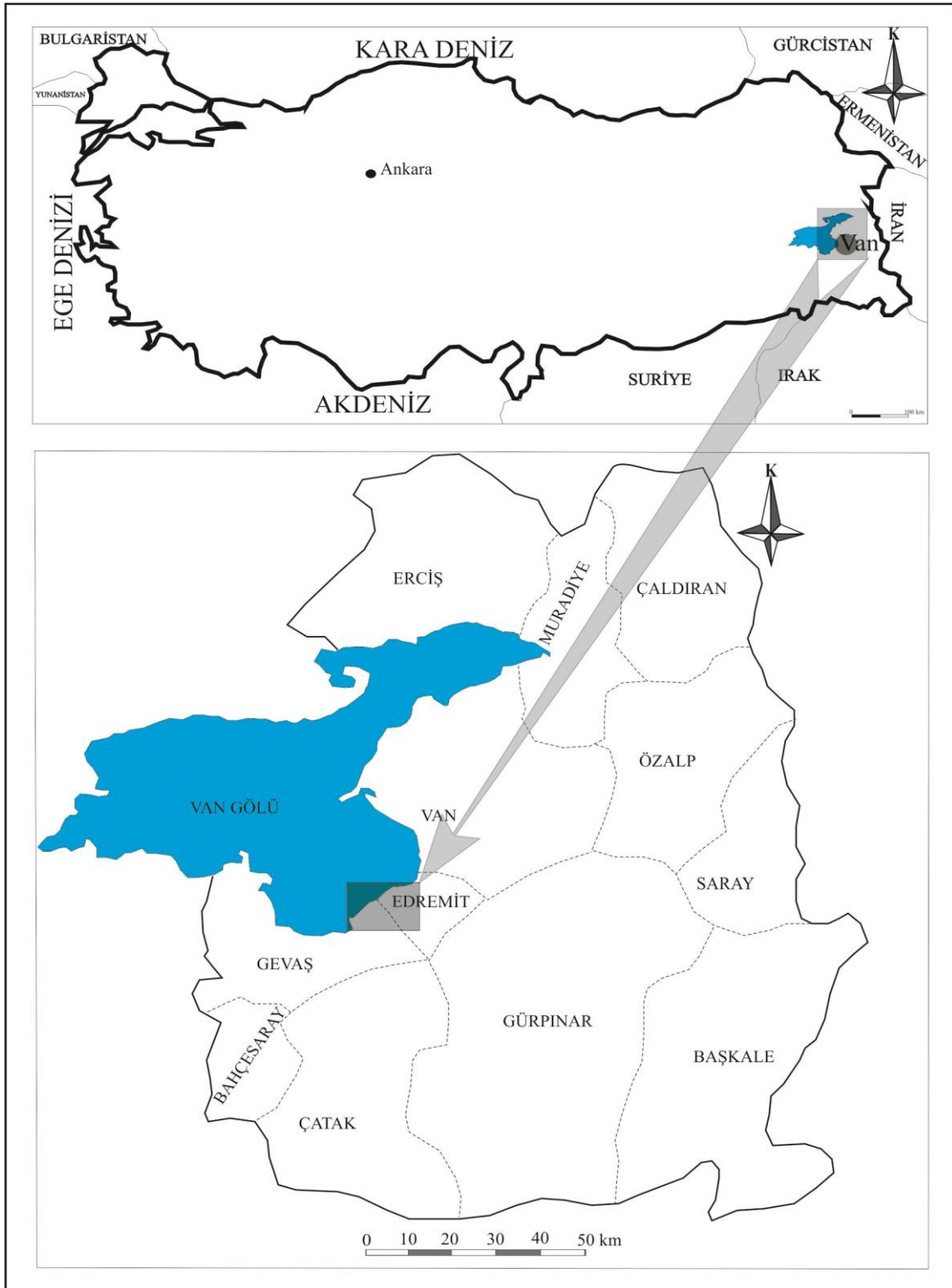
1.2. Çalışma Alanının Konumu ve Tanıtımı

Çalışma alanı, Van ilinin 7–8 km güneyinde yer alan Edremit ilçesini de içine alan yaklaşık 170 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanının batısında Van Gölü, doğusunda Van-Hakkâri yolu, güneyinde Gürpınar ovası ve Bitlis-Hakkâri karayolu, kuzeyinde ise Van şehri yer almaktadır.

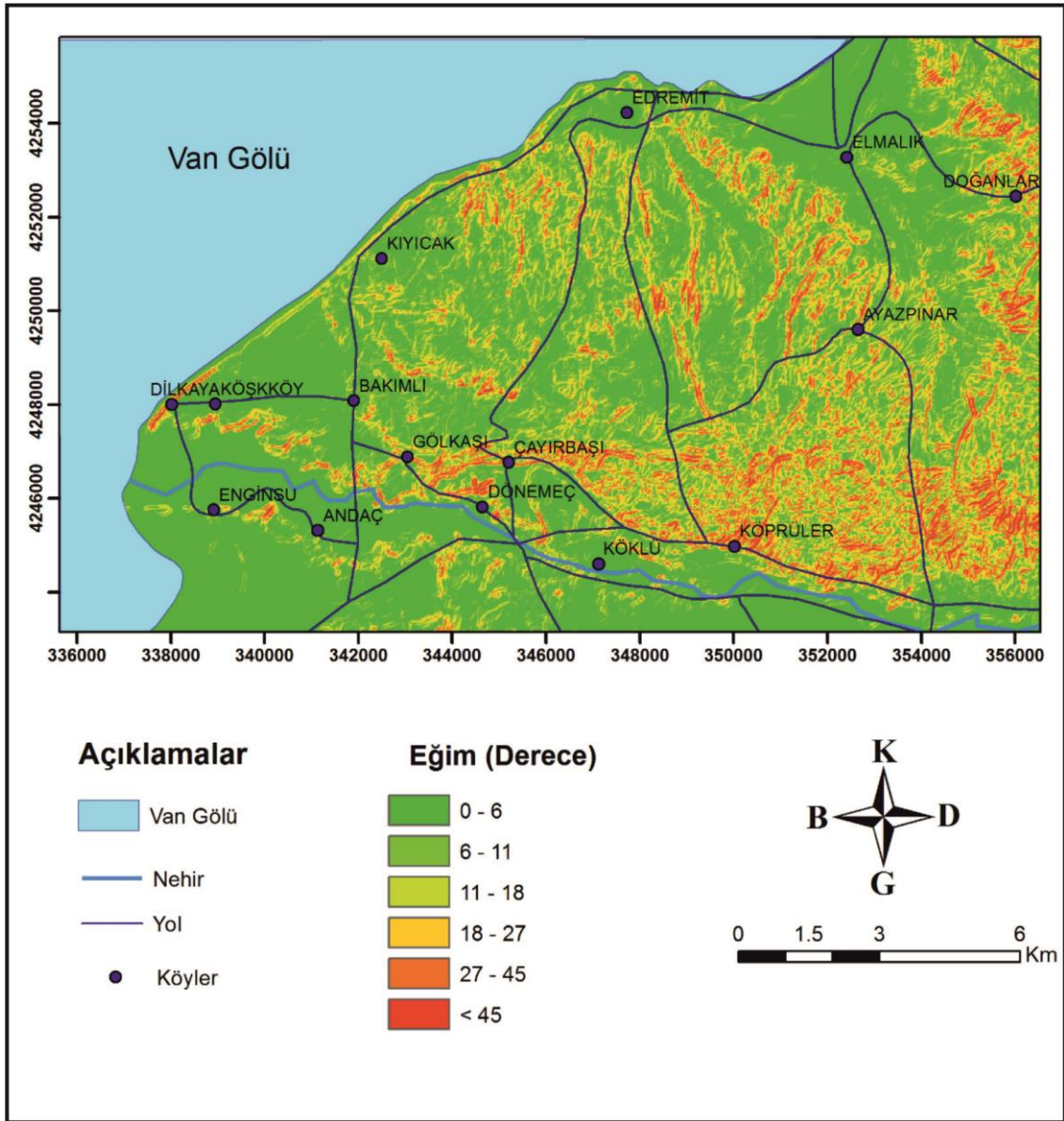
Çalışma alanı, VAN–L50–a2, VAN–L50–a3, VAN–L50–b1, VAN–L50–b4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanının Van-Edremit çevre yolu ve Van-Hakkâri yolu üzerinde yer alması nedeniyle ulaşım açısından bir problemi yoktur. Arazinin kuzey ve batı kesimlerine Van-Edremit çevreyolu vasıtasıyla ulaşım oldukça elverişlidir. Aynı şekilde arazinin doğu ve güney kesimlerine Van-Hakkâri, Van-Bitlis karayolu vasıtasıyla ulaşım sağlanabilir. Arazinin iç bölgelerine ise mevcut stabilize yollarla ulaşım mümkündür (Şekil 1.1).

Bölgenin iklim özellikleri, yaz ve ilkbahar aylarında ılıman olup, arazi çalışmalarının bu dönemlerinde yapılması için elverişlidir. Bu nedenle arazi çalışmalarına ilkbahar ve yaz dönemlerinde başlanmıştır. Bölgenin hakim iklimi, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır.

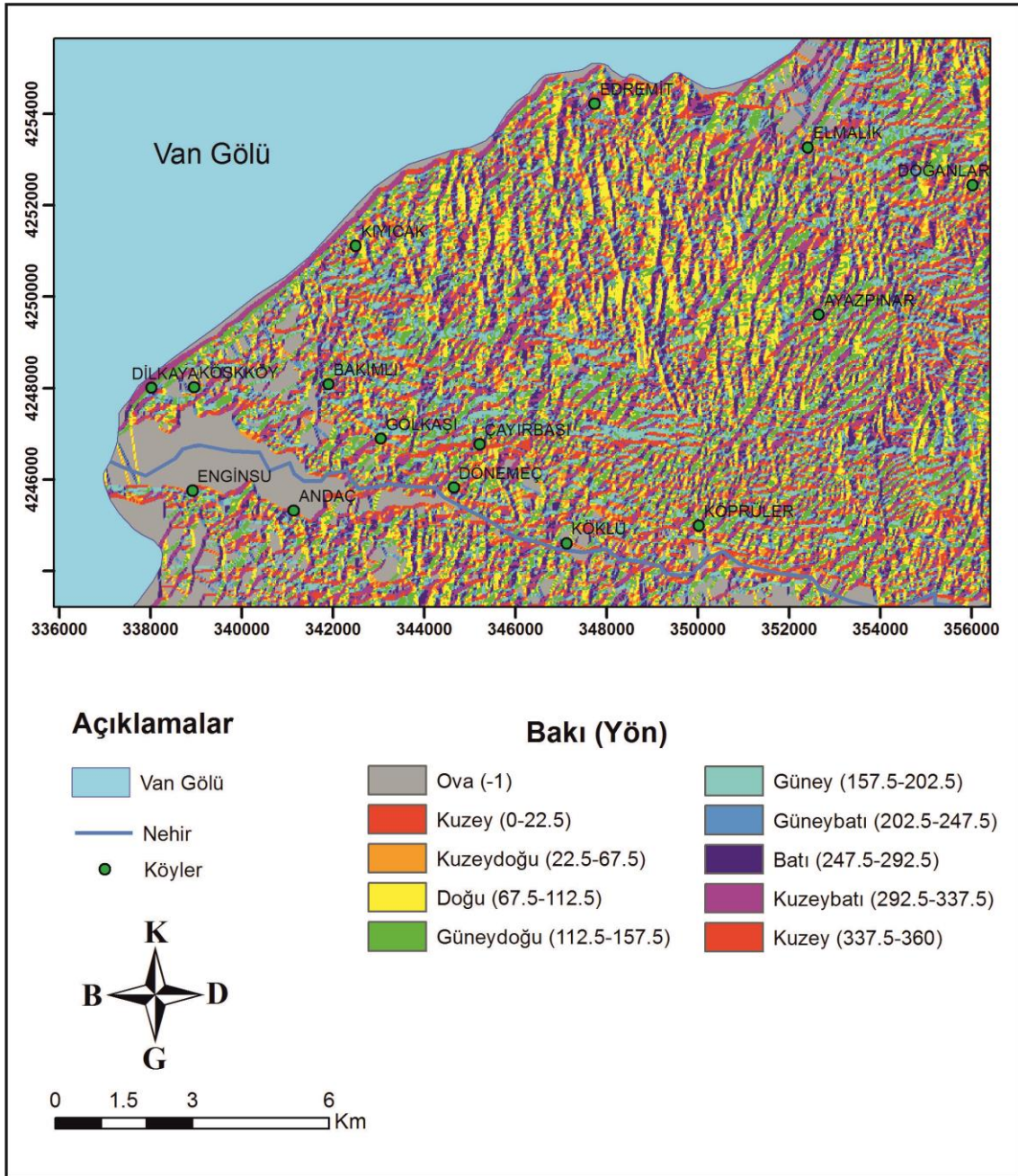
Çalışma alanının topografik özelliklerine bakılacak olursa, arazi, yer yer geniş düzlükleri ve yüksek tepeleri, sırtları ve vadileri içermektedir (Şekil 1.2). Eğim kuru dere yataklarının oluşturduğu vadi içlerinde yüksek, traverten üzerinde düze yakın eğim değerlerine sahiptir. Özellikle, Köprüler Köyü kuzey ve kuzeydoğusunda eğim değerleri yüksek alanlar bulunmaktadır. Topografik açıdan en yüksek noktası yaklaşık 2350m civarında en düşük kot seviyesi ise Van Gölü seviyesi olan 1600m civarındadır. Bölgede yer alan tepeler Köroğlu Tepe 2293m, Navsor Tepe 2374m, Kırmızı Tepe 2119m, Telleloz Tepe 1911m, Harabe Tepe 1779m, Tarla Tepe 1896m, Büyükgüney Tepe 2205m olarak sıralanabilir. Yamaçların bakı yönü çalışma alanının güneyinde genellikle güneye doğru, kuzey kesiminde ise genellikle kuzey-kuzeydoğuya doğrudur (Şekil 1.3). Çalışma alanı içerisinde çok sayıda kuru dere niteliğinde vadi ve akarsu yatağı bulunmaktadır. Bu vadiler arasında en büyüğü ise çalışma alanının doğusunda yer alan mevsimlik su drenajı sağlayan Haramigedik Vadisi'dir. Çalışma alanının güney kesiminde ise Van ilinin en büyük akarsularından biri olan Engil Çayı geçmektedir.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.



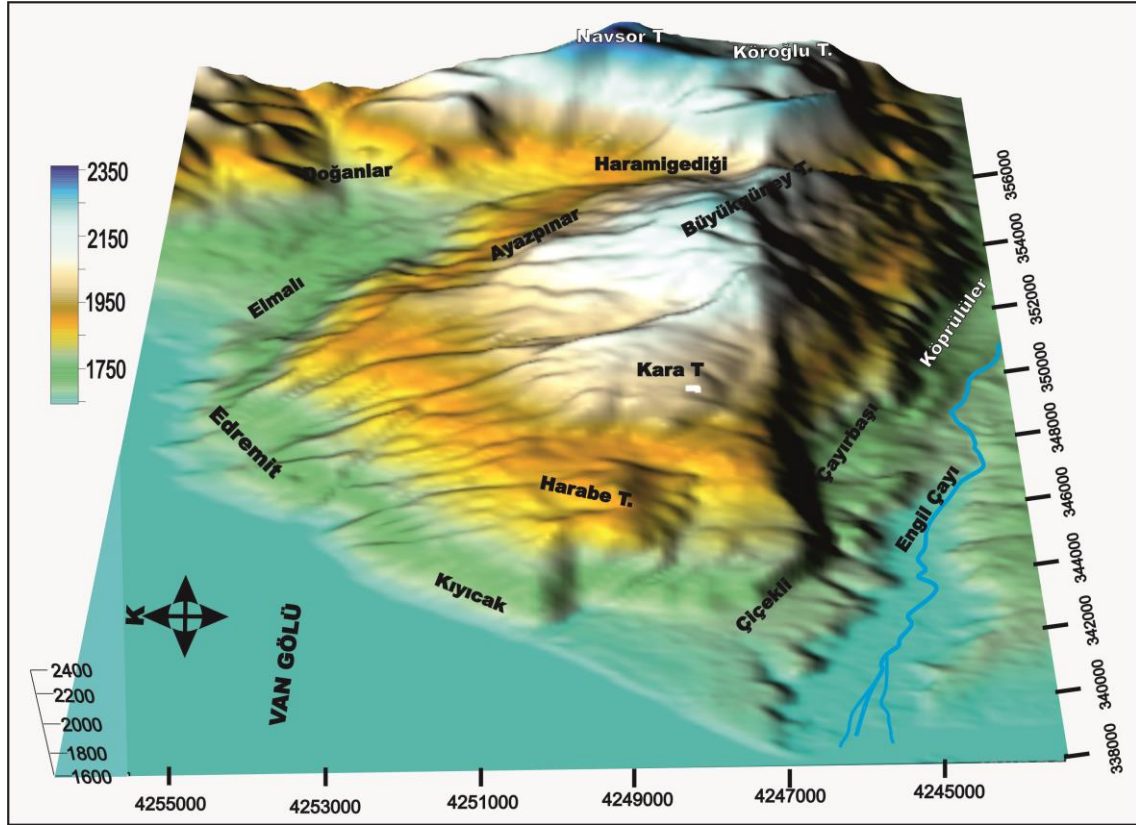
Şekil 1.2. Çalışma alanına ait eğim haritası.



Şekil 1.3. Çalışma alanına ait bakı haritası.

Çalışma alanının batısında Edremit ilçesi yer almakta olup 2011 yılı depreminin ardından Başbakanlık Toplu Konut İdaresi tarafından yeni yerleşim alanı olarak belirlenmiştir. Bu alanda birçok konut yapılarak bölge yoğun bir şekilde yerleşim alanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma alanının kuzeyinde Elmalık Köyü, Bakacak Köyü, Doğanlar Köyü ve Ayazpınar Köyü, güney kesimlerinde özellikle Engil Çayı

çevresinde yoğunlaşmış olan Çiçekli Köyü, Çayırbaşı Köyü, Köprülüler Köyü, Dönemeç Köyü, Andaç Köyü ve Dilkayası Köyü yer almaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Çalışma alanına ait kabartı haritası ve önemli lokasyonlar.

1.3. Travertenlerin Tanımı ve Oluşumu

Traverten sözcüğü, İtalya’da geniş traverten çökellerinin bulunduğu Tivoli kasabasının Roma zamanındaki adı olan ‘Tivertino’ dan gelmektedir (Şen, 2006; Akın, 2008). Karasal ortamlarda oluşan karbonatlı kayaç grubuna girerler. Bünyesindeki demir bileşikler veya bazı organik maddeler sonucu güzel renkli ve laminalı yapılar kazanırlar (Akın, 2008). Kalker ve mermer gibi kayaçlar, bünyesindeki sulara, yağışların etkisiyle atmosferden ya da diğer kaynaklardan gelen karbondioksit ve karbonik asitli suların girmesiyle çözülmeye başlarlar. $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$ Karbonik asitli bu sular, kayaçları kat ederken onlardan bol oranda kalsiyum karbonatı çözerek bünyesine alır ve kalsiyum bikarbonatça ($Ca(HCO_3)_2$) yoğun hale gelir.

Kalsiyumbikarbonatça zengin sular, yeryüzüne ulaştıklarında, değişen sıcaklık ve basınç koşullarına bağlı olarak, bünyelerindeki karbondioksit buharlaşarak atmosfere karışır ve ikincil kalsiyum karbonat depolanması gerçekleşir. Karasal ortamda ikincil depolanmanın ürünü olan bu oluşum travertenleri meydana getirir. Bu olayın tekrarı ile de travertenler üst üste birikerek ardalı bir istif oluştururlar (İnan, 1985). Travertenler yapısında başlıca aragonit ve kalsit bulunan sedimanter kayalardır (Aydın, 1996). Travertenler kalsiyum (Ca^{++}) ve karbonat (CO_3^{--}) ya da kalsiyum bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) içerikli sızıntı ve ya kaynak suları tarafından kırık, çatlak, mağaralarda ya da yer yüzeyinde CO_2 basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde çökelti olarak oluşan genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıları kalsiyum karbonat (CaCO_3) bileşimli çökellerdir (Atabey, 2002). Sıcak sular, yer kabuğundaki kırık, çatlak ve faylı zonları izleyerek derinlere inen yüzey sularının, derinlerdeki magma yakınlardaki uygun rezervuarlarda ısınmasıyla oluşur. Geçirgen kayalardan oluşan bu rezervuarlarda su sürekli olarak ısınır ve basınç kazanır. Bu basınç nedeni ile karbondioksit su içinde çözünmüş halde bulunur ve su içinde karbonik asit (H_2CO_3) oluşur. Bu sular tekrar geldiği gibi kırıklı-çatlaklı zonları izleyerek yeryüzüne çıkarlar. $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ (karbonik asit) tektonik yönden genellikle hareketli olan bu zayıf zonlarda yükselerek ilerleyen sıcak sular, öncelikle depoladıkları rezervuar kayacı ya da çıkış boyunca kat ettiği karbonatlı kayacın içerisinden geçerken karbonik asit karbonatlı kayalardaki kalsiyum karbonatla tepkimeye girer ve kalsiyum bikarbonatı ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) oluşturur. Kalsiyum karbonatça zengin sular yüzeye ulaştıklarında basınç azalması nedeniyle karbondioksit sudan ayrılarak atmosfere karışır. Böylece CaCO_3 çökelir ve traverten oluşumu başlar (Atabey, 2003). Traverten oluşumu tamamen kimyasal bir işlev olup jeotermal suların fiziksel ve kimyasal yapılarına büyük ölçüde bağlı bulunmaktadır. Traverten oluşumunu, buharlaşma, sıcaklık, akış rejimi, sudaki CO_2 miktarı, CO_2 kaybı hızı, sudaki yabancı iyon varlığı, bitkisel aktivite, vb. fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler kontrol etmektedir. Bu parametreler traverten oluşumunda tek-tek etkin olduğu gibi bir veya bir kaç ana etken, diğerleri ise yardımcı etkenler olarak traverten oluşumunda rol oynamaktadırlar. Travertenler üç farklı şekilde çökelir (Aydın, 1996);

- 1 - CaCO_3 (kalsiyum karbonat) içeriği yüksek olan, hidrotermal akışkanların sıcaklık etkisiyle doğrudan doğruya buharlaşması,

- 2 - Atmosferde kısmi PCO_2 (karbondioksit) basıncından yüksek olan suların CO_2 gazı kaybederek kalsiyum karbonatın aşırı doygun hale gelmesi sonucunda travertenler oluşabilir,
- 3 - Organik maddelerin bulunduğu yerlerde ani olarak pH değişimine bağlı CaCO_3 ün çökmesi ile oluşabilmektedir (Aydın, 1996).

Tüm bu tanımlara göre, travertenlerin sıcak veya soğuk yeraltı suyu dolaşımı ile yakından ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Herhangi bir bölgedeki yer altı suyunun dolaşımı esnasında bünyesinde yoğun olarak bulunan karbondioksit sayesinde içerisinden geçtiği ortamlarda meydana gelen kimyasal reaksiyonlarla bu ortamlarda çözdüğü karbonatça zengin mineralleri bünyesine alır. Bu yer altı sularının buldukları kırık, çatlak, fay vb. boşluklar boyunca ve basıncın etkisiyle yüzeye çıkması sonucu atmosferle temasları gerçekleşir ve bünyelerinde bulunan karbondioksit atmosfere geçer. Geriye kalan karbonatlı çözeltide bulunan karbonat mineralleri çökerek birikir ve sedimentasyon ile diyajenez süreçleri sonucunda travertenler oluşurlar (İnan, 1985; Aydın, 1996; Atabey, 2002; Şen, 2006; Akın, 2008).

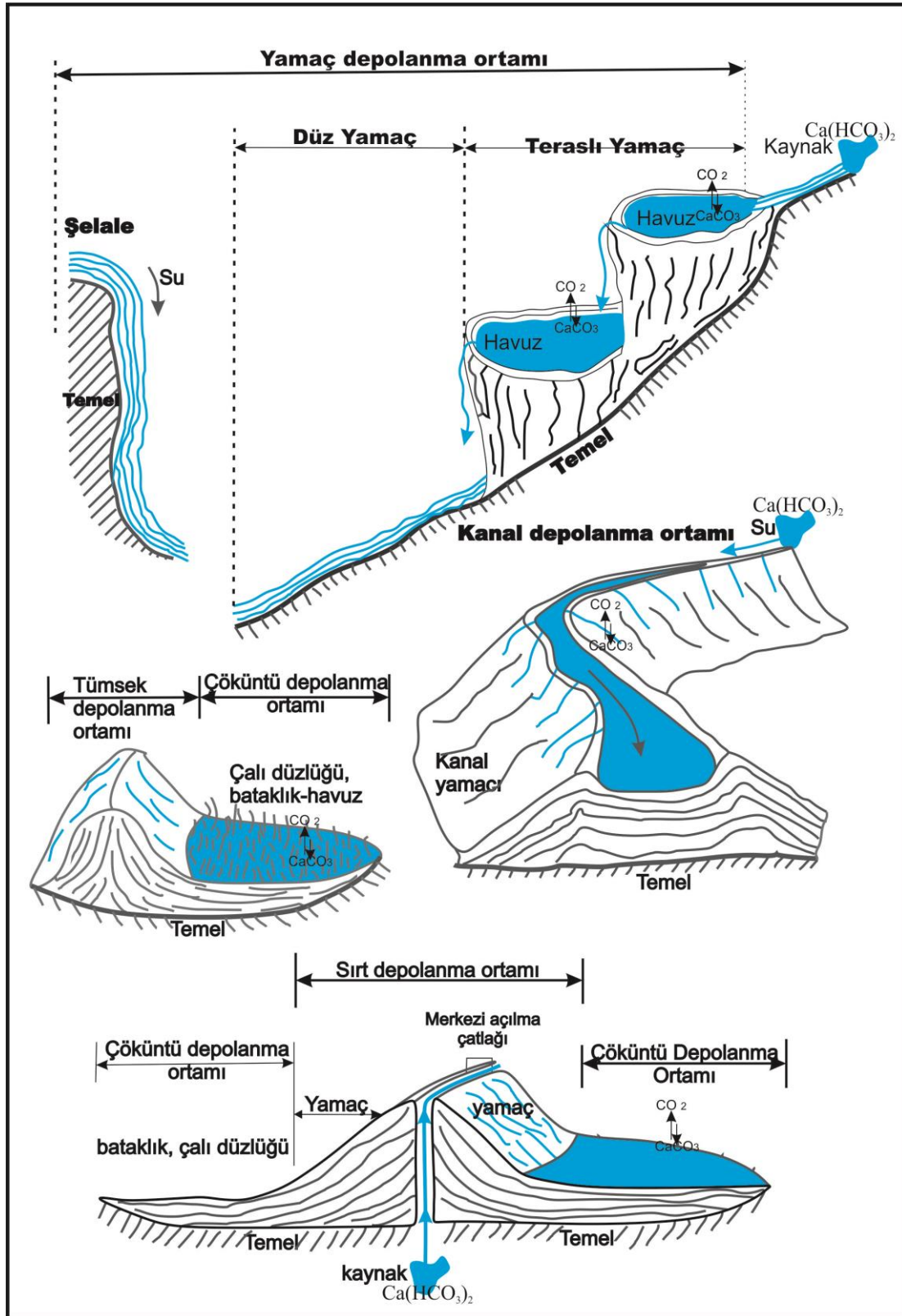
Sıcak ya da soğuk CaCO_3 içeren suların her ikisi de travertenlerin oluşumunda etkilidir. Fakat soğuk su kaynaklarının oluşturduğu travertenlerle, sıcak su kaynaklarının oluşturduğu travertenler arasında farklılıklar gözlenebilmektedir. Soğuk su travertenlerinin oluşumunda CaCO_3 içeren suyun sıcaklığı 20°C 'nin altındadır, sıcak su kaynaklarında ise sıcaklık 20°C 'nin üzerindedir, su sıcaklığı genellikle $36-370^\circ\text{C}$ 'dir (Şen, 2006). CaCO_3 içeren sıcak su kaynakları yüzeye ulaştıklarında soğuk su kaynaklarına göre CO_2 çok daha hızlı kaybeder ve böylece CaCO_3 çökelişi hızlı gelişir. Bu nedenle sıcak su kaynaklarında çökme kaynaktan çıktığı andan itibaren kısa bir mesafe sonra başlar. Su çıkış noktasından uzaklaştıkça çökme hızı da azalacaktır (Şen, 2006). Düşük sıcaklıktaki CaCO_3 içeren sularda ise az miktardaki çözünmüş madde oranı mevcuttur ve bu sulardan itibaren meydana gelen çökelimler esnasında ot, bitki, yosun ve çalılarının gelişmesine elverişli ortam koşulları mevcuttur. Bu sulardan çökelen CaCO_3 ot, yosun, çalı, kamış gibi bitkilerin üzerinde veya etrafını saracak şekilde birikir. Böylece boşluk oranı yüksek bitki, kamış ve benzeri organik kalıntıları içeren ve daha koyu renkli travertenler oluşur (Şen, 2006). Suyun çıkış ağzında meydana gelen çökelimler bir süre sonra çıkış ağzının kapanmasına neden olacak ve böylece yer

altından gelen sıcak veya soğuk suyun çıkış noktaları sürekli yer değiştirecektir (Şen, 2006). Sıcak sular kaynaktan çıktıktan sonra soğumaya başlar ve belli bir akıştan sonra traverten oluşumu başlar. Travertenlerin boşluklu olmasında diğer bir etken ise oluşum sırasında hapis kalan gazların zamanla kaçması sonucu oluşan gaz boşluklu travertenlerdir (Şen, 2006).

Travertenler, kalsiyum bikarbonatlı sıcak kaynak sularının bıraktıkları çökellerdir. Bu tür suların geçtiği yerlerde gözenekli, hafif taşlar meydana gelir. Bu taşların çok delikli, hafif ve fazla miktarda organik maddeler içerenlerine kalker tüfü (tufa), az boşluklu ve daha yoğun olanlarına traverten adı verilir (Şen, 2006). Tufa ve traverten terimleri sıklıkla bir arada veya birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Fakat bu iki terim özellikle oluşum koşulları açısından büyük farklılıkları göstermektedir. Tufalar düşük $Mg - CO_3$ içerikli soğuk tatlı suların oluşturduğu, özellikle makro ve mikro ölçekte hayvan kalıntısı, bitki kalıntısı ve bakteri içeren karbonat depolanmalarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bazen traverten dokuları suyun tekrar soğuduğu alanlarda tufa dokusuna geçebilmektedir (Kaplan, 2010). 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. Bir diğer önemli fark da travertenlerin tufalara göre daha sert ve yüksek dayanıma sahip olmalarıdır (Kaplan, 2010).

1.3.1. Morfolojik görünümüne göre travertenlerin sınıflandırılması

Travertenlerin çökmesinde topografyada önemli bir etken olarak rol oynamaktadır. Fazla eğimli yüzeylerde 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 çökelim miktarı yükselmektedir (Atabey, 2003). Çökme şekli bakımından travertenler; damar, mağara ve tabaka tipi olarak üç grupta toplanırlar (Özkul ve ark., 2002) (Şekil 1.5). Edremit Travertenini de tabaka tipi traverten sınıfına girmektedir.

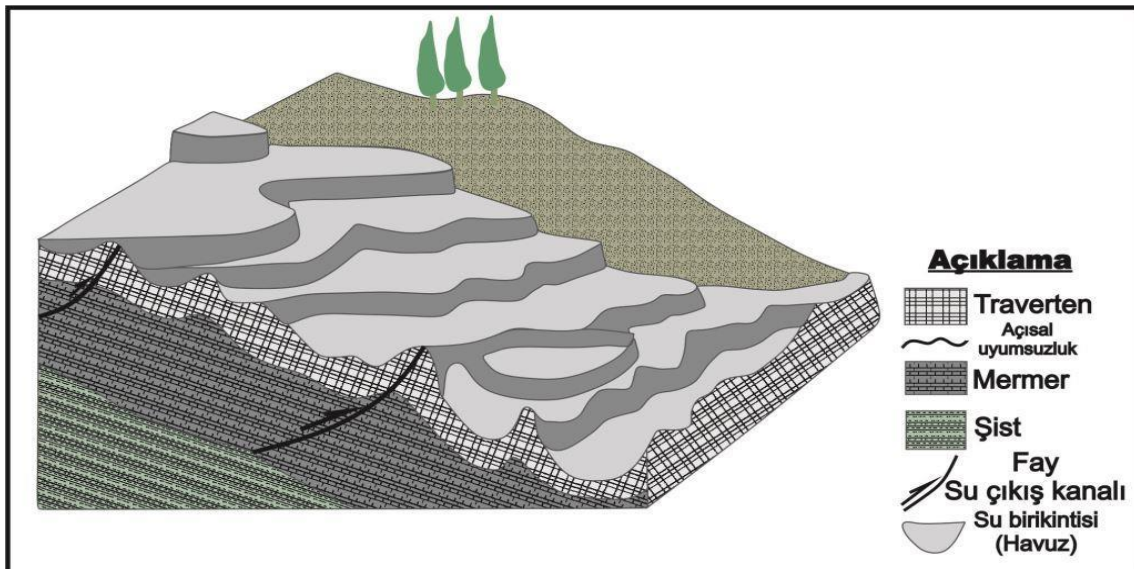


Şekil 1.5. Travertenlerin farklı depolanma ortamlarından örnekler (Özkul ve ark., 2002).

Ayaz (2002) ise traverten yataklarını; teras (set) tipi travertenler, sırt (semer) tipi travertenler, dom (koni) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, damar tipi travertenler, fay önü tipi travertenler, kanal tipi travertenler ve mağara travertenleri (damla taşlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayırmıştır.

1.3.1.1. Teras (Set) tipi travertenler

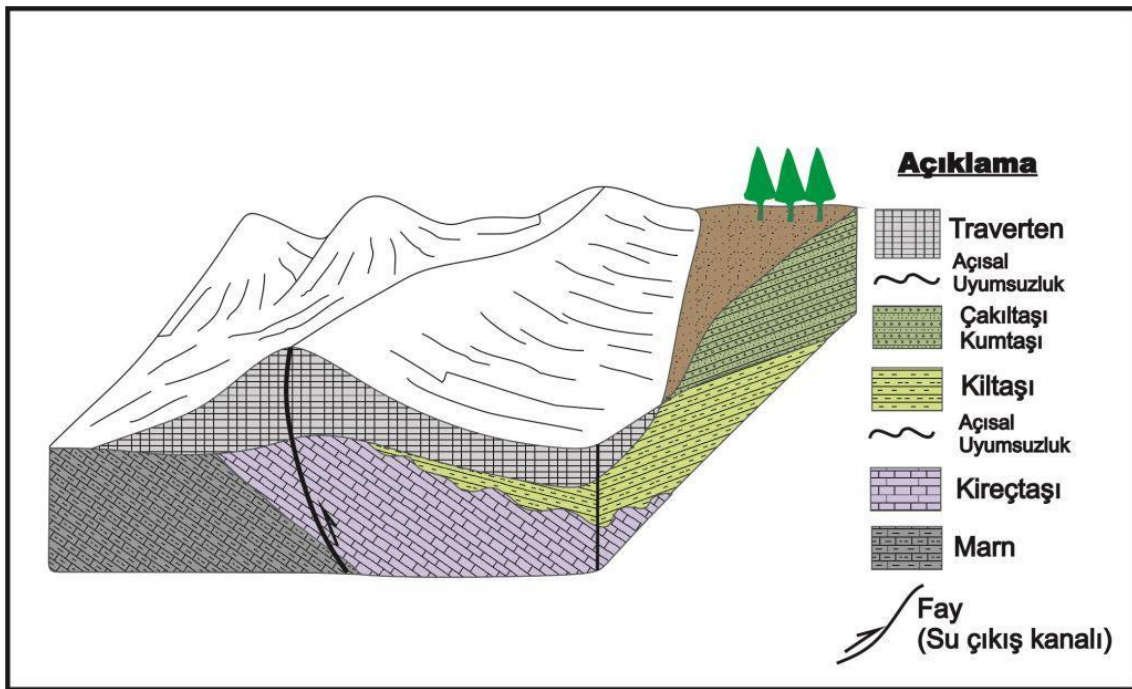
Genellikle az eğimli yüzeylerde çıkan kalsiyum bikarbonatlı ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) suların, eğim aşağı akarken teras veya setler şeklinde çöktüğü karbonatlar “teras (set) tipi travertenler” olarak tanımlanmıştır (Ayaz, 2002) (Şekil 1.6). Bu oluşumlarda havuz, küvet veya fincan şekilleri ile bunların kenar kısımları boyunca çeşitli saçak yapıları gözlenmektedir. Teras tipi travertenlere ülkemizdeki Pamukkale (Denizli), Başkale (Van) travertenleri örnek olarak gösterilebilir. Bu tip oluşumlar, başlangıçta, az eğimli bir topografya üzerinde akan suların, tabanda yer alan çakıl birikintisi, tümsek gibi bir engelle karşılaştıklarında suların akış hızı düşer ve havuz şeklinde su birikintileri oluşur. Bu alanlardaki traverten çökelleri zamanla birikerek yükselir ve yer yer havuz, küvet veya fincan yapıları oluşturur (Ayaz, 2002).



Şekil 1.6. Teras tipi traverten morfolojisinin ve gelişen havuz yapılarının blok diyagramdaki görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.2. 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 çöktüğü travertenler “sırt (semer) tipi travertenler” olarak adlandırılır (Ayaz 2002) (Şekil 1.7). Sırt tipi traverten oluşumlarına Sivas'ta Sıcak Çermik ile Uyuz Çermik travertenlerinde sıklıkla rastlanır (Ayaz ve ark., 2000).

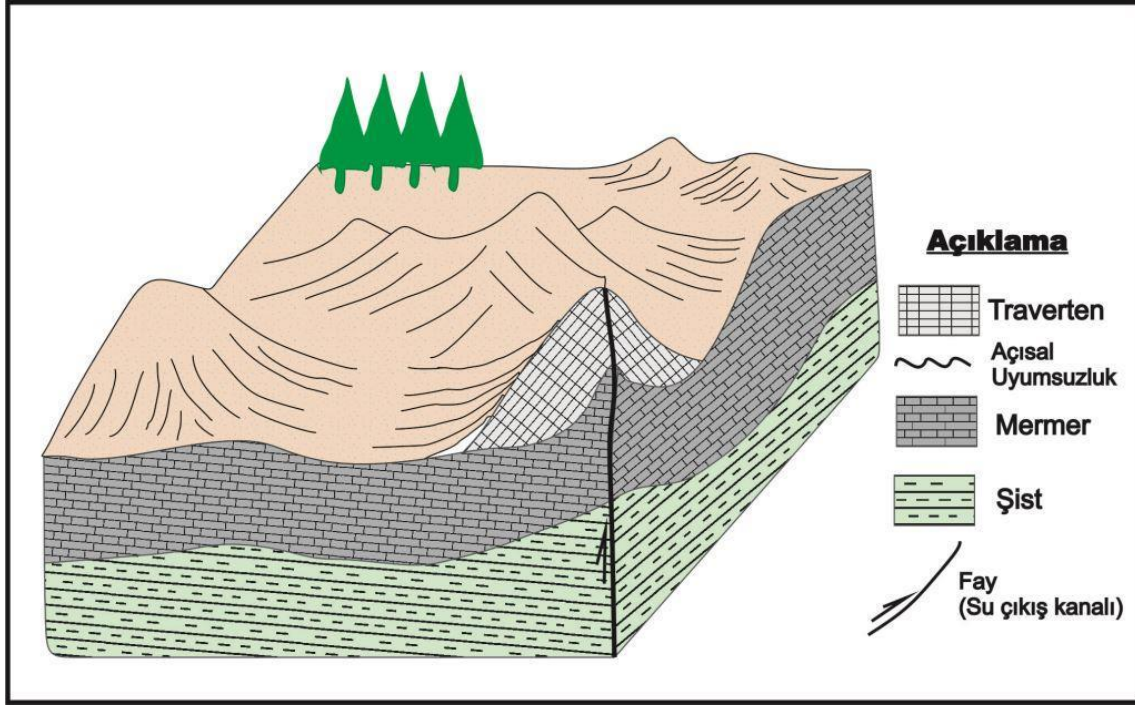


Şekil 1.7. Sırt tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.3. Dom (Koni) tipi travertenler

Yatay veya çevreye göre hafif tümsek yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların çıkış yerinden itibaren her yana yayılarak akmasıyla “dom (koni) tipi travertenler” oluşur (Ayaz, 2002) (Şekil 1.8). Dom tipi travertenler çökmenin ilerleyen evrelerinde, morfolojik yapının durumuna veya çevredeki diğer kaynaklardan çökelen traverten depolanmalarına bağlı olarak dom yapıları birleşip kaybolabilmekte, ayrıca çökmeyi besleyen su çıkışlarının kesilmesi ve ya sonradan gelişen kırıklarla farklı

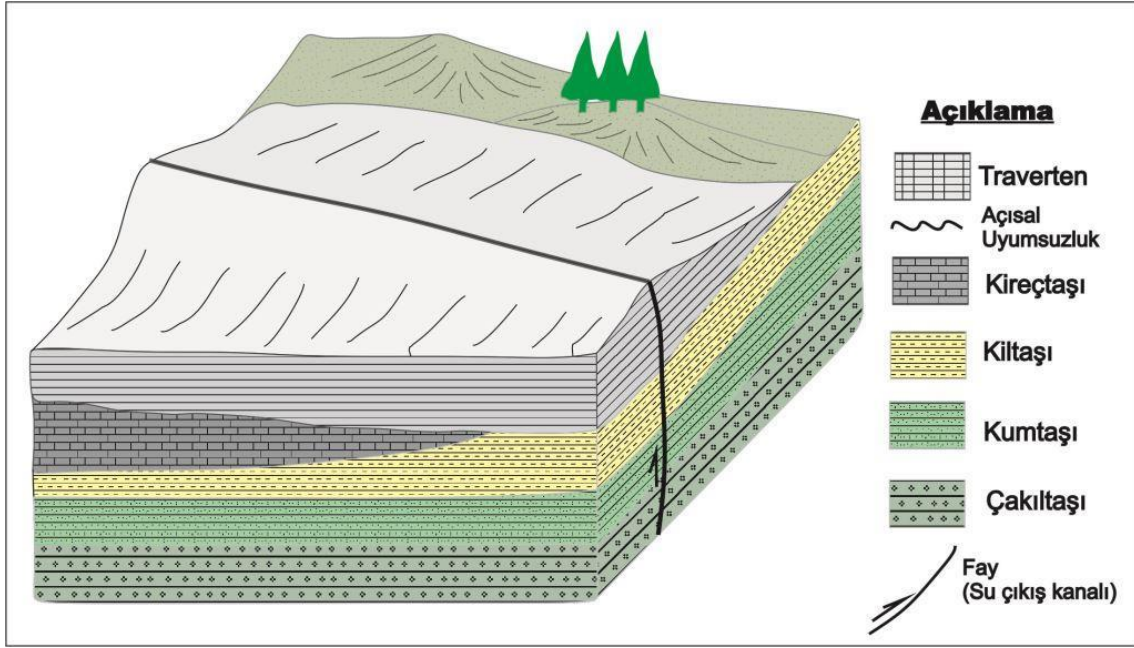
kesimlere kayması sonucunda aşınarak şekil değişikliğine uğrayabilmektedirler (Ayaz, 2002).



Şekil 1.8. Dom tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.4. Tabaka tipi travertenler

Yatay veya yataya yakın yüzeylerde, genellikle yüksek debiyle çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, geniş alanlara yayılıp topografyaya paralel olarak çöktüğü travertenler “tabaka tipi travertenler” olarak adlandırılır (Ayaz, 2002). Tabaka tipi travertenlerde, su çıkışlarının bulunduğu kesimler hafif bir sırt yapısı gösterebilirler (Ayaz, 2002) (Şekil 1.9). Tabaka tipi travertenler içerisinde yer yer düşük debili sular tarafından oluşturulan, çapı 30-120 cm arasında değişen ve kazan yapısı gösteren oluşumlar da gelişebilmektedir (Ayaz, 2002).



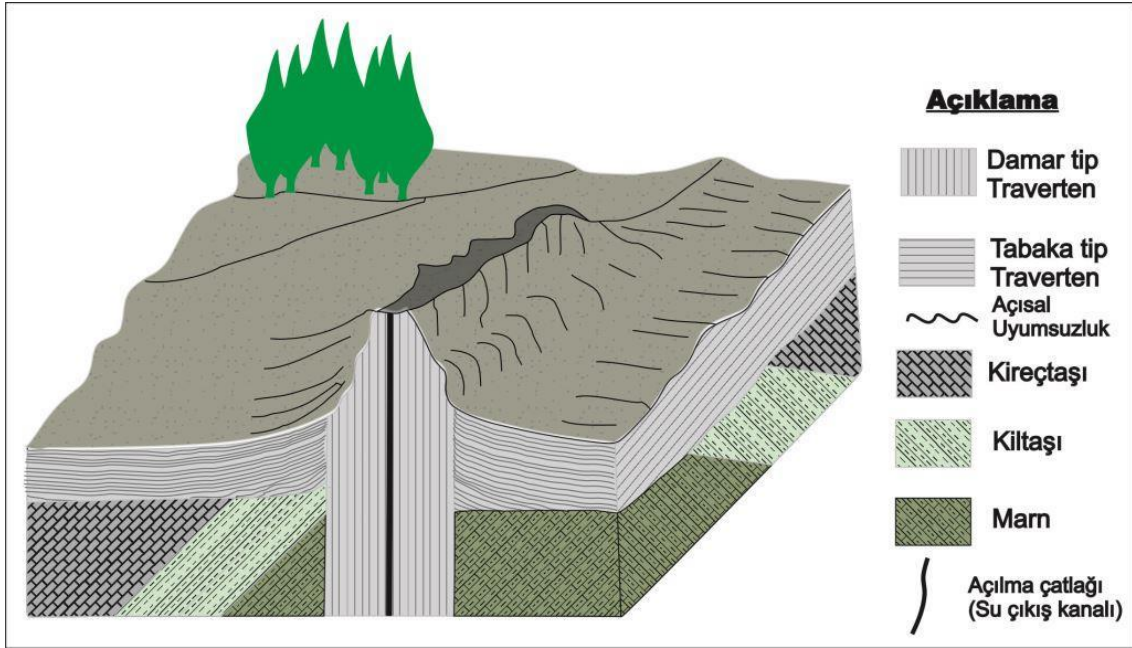
Şekil 1.9. Tabaka tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

Gölsel alanlarda toplanan akışkanda CO_2 kaçıışı yavaş olması nedeniyle bu tip alanlarda yavaş bir CaCO_3 birikimi gerçekleşir. Bu durum düzgün laminalı tabakalı bir traverten oluşumuna neden olur. Düşük eğimli topografyalarda yamaç boyunca akan su tabakalı tip travertenleri oluşturabilir. Bu tip düşük eğimli yamaç boyunca akan akışkandan oluşan tabakalı travertenlerde ondüveli bir laminalanma izlenirken gölsel tip oluşumlarda çok düzgün bir laminalanma izlenir (Aksoy ve ark., 2001).

1.3.1.5. Damar tipi travertenler

Açılma çatlakları içerisinde yükselen kalsiyum bikarbonatlı sular tarafından, albatır yapısı şeklinde açılma çatlağı boyunca dikey olarak çökeltilen travertenler “damar tipi travertenler” olarak tanımlanmaktadır (Ayaz, 2002). Zamanla çevre kayalarının aşınması sonucunda çatlak boyunca dikey olarak çökelen traverten oluşumu yüzeye çıkmaktadırlar (Şekil 1.10). Damar tipi travertenlerin ülkemizdeki en tipik örnekleri, Sıcak Çermik (Yıldızeli- Sivas) yöresinde bulunmaktadır. Bu yöredeki damar tipi travertenlerin hepsi, tabaka tipi travertenleri oluşturan suların yükseldiği kanallar içinde

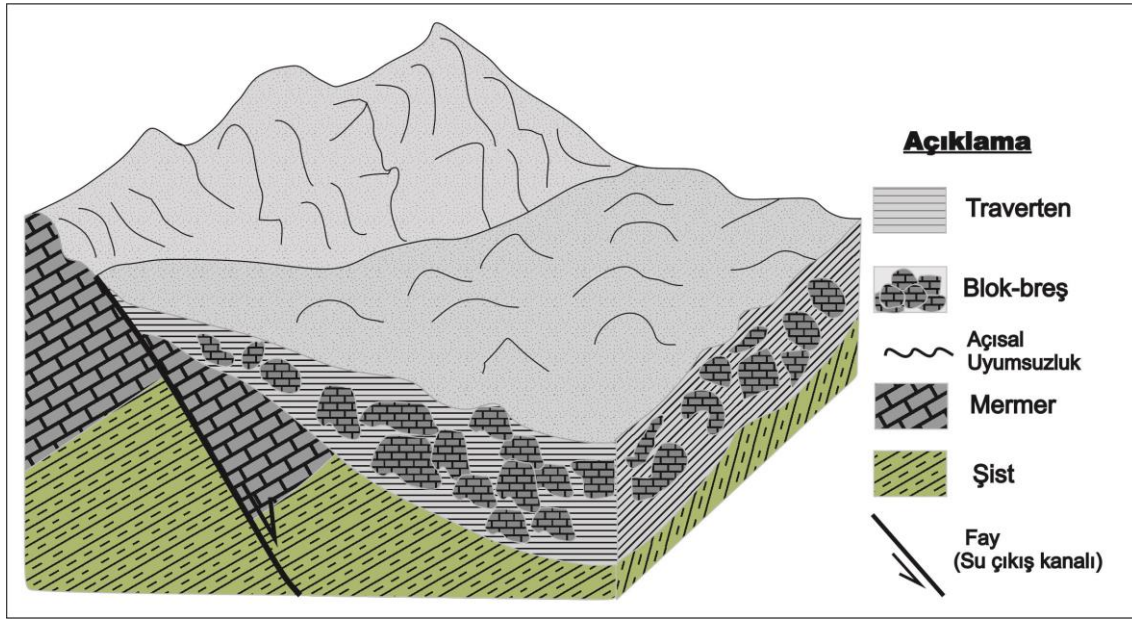
oluşmuş olup, bunların aşınmasıyla yüzeye çıkmışlardır. Bu oluşumlar, bakışımı tarak dokusu şeklinde gelişmiş ve genellikle merkezden iki kenara doğru simetrik bantlanma yapıları gösterirler (Ayaz, 2002).



Şekil 1.10. Damar tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.6. Fay önü tipi travertenler

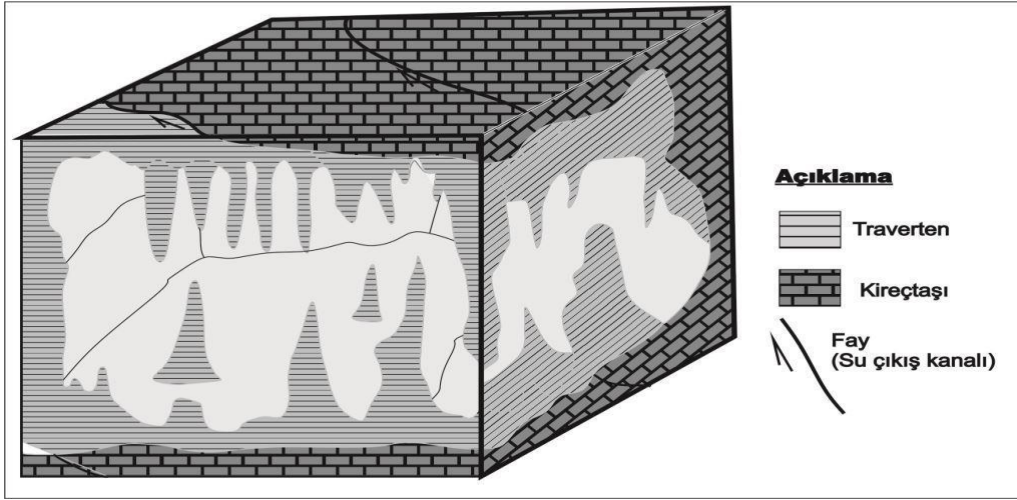
Aktif fay zonlarında, düşen bloklar üzerinde gelişen masif, kaba bantlanmalı ve fay breşi içerikli travertenler "fay önü tipi travertenler" olarak adlandırılır (Ayaz, 2002) (Şekil 1.11). Breşik malzemeler; mermer, şist, kireçtaşı ve traverten gibi çeşitli bileşenlerden oluşabilirler. Yüzeye çıkan CaCO_3 'lu yer altı suları breşlerin arasına kalsiyum karbonatı çökeltirler. Böylece genellikle makro ölçekli yapılarda mikritik, mikro ölçekli yapılarda ise sparitik dokulu travertenler oluşur (Ayaz, 2002). Fay önü travertenlerinin bantlanma kalınlıkları, eğime ve suyun akış miktarına (debisine) bağlı olarak değişirler. Fay önü travertenlerinin içinde dikey bantlanmalı damar tipi travertenler de gözlenebilmektedir (Ayaz, 2002).



Şekil 1.11. Fay önü travertenlerinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.7. Mağara travertenleri (Damlataşlar)

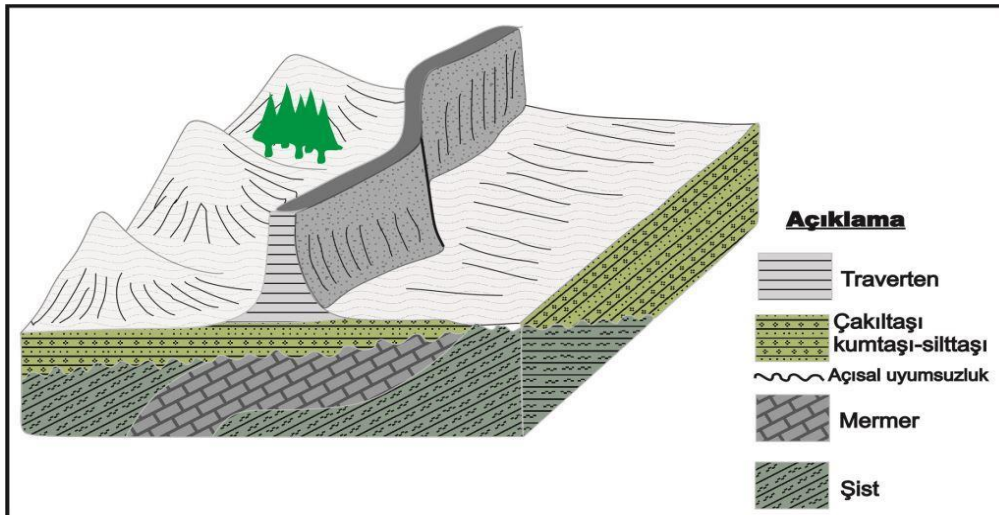
Yeraltı sularının karbonat, karbonatlı veya sülfatlı kayaları çözüp, bunları çoğunlukla mağara tavanlarından aşağı doğru akarken çökeltmeyle oluşturdukları özel şekilli oluşumlara “mağara travertenleri” veya “damlataşlar” denilir. Mağara travertenleri, sularındaki karbondioksit basıncının (PCO_2) mağaralarda azalması sonucunda gelişirler. Kırık ve çatlaklar boyunca akan/sızan kalsiyum bikarbonatlı sulardan oluşan damlataşlar aldıkları özel şekillere göre; sarkıt, dikit, sütun, duvar damlataşı, perde-bayrak damlataşı, göğüslük ve sayvan, aykırı şekilli oluşumlar, mağara kalkanları, mağara çiçeği, mağara iğnesi, mağara incisi, mağara taşı ve mağara tüfü gibi çeşitli isimler alırlar (Ayaz, 2002) (Şekil 1.12). Mağara travertenleri, yer altı sularının karbonatlı ve sülfatlı kayaları çözerek bunları mağaralar içerisinde çökeltmesi ile oluşurlar. Mağaralarda gözlenen sarkıt ve dikitler bu gruba örnek olarak verilebilir (Akın, 2008).



Şekil 1.12. Mağara travertenlerine (damlataslar) ait çeşitli morfolojik yapıların blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.1.8. Kanal tipi travertenler

Yapay veya doğal olarak oluşmuş kanallar içinde akan kalsiyum bikarbonatlı suların; ince, uzun ve yüksek yapılar şeklinde çöktüğü travertenler “kanal tipi travertenler” olarak adlandırılır (Ayaz, 2002). Kanal tipi travertenlerin üstten görünüşleri yılankavi, yandan görünüşleri ise duvar gibidir (Ayaz, 2002) (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Kanal tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü (Ayaz, 2002).

1.3.2. Travertenlerin yapısı ve kimyası

Travertenler kalsiyum bikarbonat içeren sıcak suların, kaynaklardan çıkış noktalarından itibaren, CaCO_3 olarak amorf veya kriptokristaller halinde çökelmeleri sonucunda oluşurlar. Traverten oluşumuna neden olan kalsiyum (Ca^{++}) ve karbonatlı (CO_3^{--}) çözeltilerin zenginleşmesinde, karbonatlı kayalar içerisinde su dolaşımı, sıcaklık, basınç, pH ve suda çözünmüş CO_2 gazı önemli rol oynamaktadır (Kaplan 2010). Çevre kayaçlardaki yavaş su dolaşımı çözünürlülüğü artırır ve yeraltında suyunun iyonlar bakımından zenginleşmesini sağlar (Ayaz, 2002). Traverteni oluşturan sıcak su kaynaklarının sıcaklıkları genelde $25^\circ - 40^\circ\text{C}$ arasındadır. Bu da çözünürlülüğü arttıran bir diğer etkidir. Söz konusu iyonlar kalsit (CaCO_3), aragonit (CaCO_3 -) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) gibi karbonat minerallerinin çözülmesi ile ortaya çıkar. (Ca^{++}) ve (CO_3^{--}) iyonlarını içeren sıcak yer altı sularının mağara içlerinde, kırıklarda, çatlaklarda veya kırık ve çatlaklar yardımıyla yeryüzünde ulaştıklarında 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 CO_2 'in hızlı bir biçimde ayrılması hızlı çökelmeye ve iri gözenek oluşumuna; yavaş ayrılması ise yavaş çökelmeye ve dolayısıyla küçük gözenekliliğe neden olur (Kaplan, 2010). Traverten oluşumunda kaynak suyunda bulunan bakteriler, algler, bitki gövdeleri, yapraklar çökme içerisinde kalır. Travertenlerin gözenekli ve içi boş kanalsı yapıda boşluklu olarak gözükmelelerinin sebebi bünyesindeki organizmaların çürüyerek geride boşluklar bırakmasıdır. Bu organizmaların etrafında biriken CaCO_3 tabakası, zamanla organizmaların çürümesine yol açmakta, çürüyen organizmalar ortamdan ayrılarak elips şekilli veya tüpsü yapıda gözenekler oluşturmaktadırlar (Kaplan, 2010).

1.3.3. Travertenlerin endüstride kullanımı

Travertenler, işlenilmesi kolay bir kaya türü olması nedeniyle, eski devirlerden bugüne kadar birçok medeniyet tarafından yapıtaşı olarak kullanılmıştır. Bu nedenle, travertenlerden imal edilmiş birçok tarihi eser bulunmaktadır (Akin, 2008). Ayrıca travertenlerin görsel özelliklerinden de yararlanılmakta ve bu bağlamda değişik

yenileme çalışmalarında binalarda, kafeler ve benzeri yapılarda kaplama ve süsleme taşı olarak kullanılmaktadır. Travertenlerin endüstride özellikle de yapı taşı olarak kullanımlarında yapı taşıdaki bozunma faktörleri oldukça etkin rol oynamaktadır. Bu bağlamda yapı taşıdaki bozunmayı etkileyen parametreler iyi analiz edilerek kullanılabilirliğinin belirlenmesi önemlidir.

Travertenler, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Travertenler bu özelliklerine bağlı olarak, kaplama taşı, yapıtaşı, mermercilik sektörü, süs eşyası yapımı, çimento hammaddesi ve kireç üretiminde kullanılmaktadır. Travertenlerin bu alanlarda kullanılabilmesi için, TS 699 (2009) ve TS 6809 (1989) gibi standartlar ile ISRM (2007) gibi önerilmiş yöntemlere dayalı olarak deneysel çalışmalar kapsamında incelendikten sonra, elde edilen sonuçların TS 1910 (2006) ve TS 11143 (1993)'de belirtilen kullanım koşullarına göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna göre travertenlerin blok verme, gözeneklilik, suda dağılma dayanımı, renk, desen özelliği, levhalar şeklinde dilimlenebilme, cilalanabilme, parlayabilme, birim hacim kütlesi, özgül kütle, doluluk oranı, kütlece ve hacimce su emme oranı, sertlik, saydamlık, kalınlıkça ve hacimce aşınma kaybı, tek eksenli sıkışma dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanım, kimyasal bileşim, iklimsel etkilere ve asitlere dayanım gibi özelliklerinin ilgili standartlara göre belirlenmesi gerekmektedir (Atabey, 2003). Bu alanda yapılan çalışmalar, travertenlerin özellikle gözeneklilik miktarının diğer değişkenler üzerinde etkili olduğunu, gözenek miktarının azalmasına ve boyutlarının küçülmesine paralel olarak da diğer özellikleri olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Atabey, 2003). Kireçtaşlarına göre daha kırılgan ve ufalanabilir özellikte olması sebebiyle travertenler, çimento malzemesi olarak da kullanılabilir (Aşma, 2006; Akın, 2008; Efe, 2011). Çimento üretiminde kalker içeren bu kayalar öğütülerek belirli boyutlara getirilmekte ve bu şekilde çimento hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Bölgede yer alan Van Aşkale Çimento fabrikası, Edremit civarındaki öğütme kolaylığı sağlaması açısından ayrılmış ufalanabilir özellikteki traverten ocaklarından yararlanmakta ve çimento üretimi için gerekli olan kalker ihtiyacını bu alanlardan karşılamaktadır. Travertenlerin kalsiyum karbonat içerikleri açısından kireç üretiminde kullanımları da mümkündür. %90-95 gibi yüksek CaO oranına sahip travertenlerden kireç

üretilebilmektedir (Akın, 2008). Ayrıca yukarıda bahsedilen deneysel özelliklere göre bölgede yer alan travertenlerin blok verme, sertlik, dayanım, porozite ve benzeri fiziksel ve mekanik özellikleri açısından mermer üretiminde de kullanılabilmekte ve Edremit bölgesinde mermer ocağı olarak işletilen alanlar da bulunmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmaları; bölgenin jeolojisi ve travertenler üzerinde yapılan çalışmalar olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiş ve bu bölüm kapsamında bu çalışmalara aşağıdaki başlıklar kapsamında yer verilmiştir.

2.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonizma Çalışmaları

Degens ve ark., (1978), Van Gölü'nün Jeolojisi üzerinde yaptıkları araştırmalarda Edremit travertenlerinin Pleyistosen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Bölgedeki traverten oluşumlarının yaklaşık olarak 40.000 yıl önce geliştiğini vurgulayarak, birimin Neojen tabakaları üzerinde uyumsuzlukla yerleştiğini belirtmişlerdir.

Aksoy (1988), Van ve yakın çevresinde yüzeyleyen ve jeolojik haritaya işlenen birimlerin stratigrafik özelliklerine göre genelleştirilmiş dikme kesitini hazırlamıştır. Bu çalışmada Pliyo-Kuvaterner yaşlı göl çökeller için 'Van Gölü Formasyonu' adını önermiştir. Ayrıca 'Van Gölü Formasyonu'nun Van Gölü'nün oluşumu ve varlığıyla açıklanamayacağını, bölgede Pliyosen başlarından itibaren göl veya göllerin varlığının olabileceğini ileri sürmüştür. Tektonik olarak bölgenin aktif olduğunu ve D-B doğrultulu kıvrımlı yapıların, K-G doğrultulu basınç gerilmesi etkisi altında D-B doğrultulu bindirme faylarının olduğunu söylemiştir.

Acarlar ve ark., (1991), "Van Gölü Doğusu ve Kuzeyinin Jeolojisi" adlı, MTA raporunda, Geç Kretase'den Orta Miyosen'e dek değişik evrelerde oluşan allokon konumlu birimlerin birbiri üzerine itildiklerini ve en son olarak da bu birimlerin Van Formasyonu üzerine itildiklerinden bahsetmektedir. Yapılan çalışmalarda bölgede yer alan traverten oluşumlarını Edremit Travertenleri olarak tanımlamışlardır. Travertenden oluşan birimin kalınlığının 50-100 metre arasında olduğunu ve Van Formasyonu'nu uyumsuz olarak örttüğünü belirtmişlerdir. Travertenlerin beyaz-kirli beyaz renkli, gözenekli ve masif bir görünüme sahip olduklarını ve herhangi bir fosil içeriğine rastlanılmadığını belirtmişlerdir.

Özkaymak (2003), “Van Şehri ve Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri” adlı yüksek lisans tez çalışmasında bölgede yer alan travertenlerin, traverten türü kireçtaşlarından oluştuğunu ve boşluklu yapıya sahip olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca bu travertenlerin Van Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu ve üzerlerini genç göl ve akarsu çökellerinin (Van Gölü Formasyonu) örttüğünü belirtmiştir. Aynı çalışmada K-G yönlü sıkışma rejiminden kaynaklı olarak bölgedeki doğrultu atımlı fayların açılma tektoniği neticesinde oluştuğunu, ters faylarında aynı sıkışma rejimi neticesinde oluştuğunu ve D-B uzanımlı kıvrımlarında bu sıkışma rejiminden etkilenerek oluştuğunu ifade etmiştir.

Aşma (2006), yapmış olduğu çalışmada, Van Çimento Fabrikası tarafından işletilen travertenin muhtemel rezervi ve rezerve bağlı olarak işletme ruhsatlı sahanın ekonomik ömrü incelenmiştir. Travertenin alüvyonal taraçadan daha genç olduğunu ve üzerinin güncel çökellerle örtüldüğünü belirtmiştir. Bu travertenlerin oluşumu sırasında CaCO_3 ’lu suların alg ve bitki kalıpları tarafından sarılmaları sonucunda boşluklu bir yapı kazandığını gözlemlemiştir.

MTA (2007), Van ili yerbilimi verileri adıyla yayınlamış oldukları çalışmada; bölgede yer alan litolojilerin yayılımları, birbirleriyle olan sınır ilişkileri, yaşları gibi bulgular elde etmişlerdir. Bu kapsamda elde edilen bulgular ışığında bölgenin genel jeoloji haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında yer alan birimlerin tanımlanmasında bu jeoloji haritasından da faydalanılmıştır. Ayrıca çalışmada; bölgedeki traverten oluşumlarının oldukça yaygın olduğu, bunlar içinde de en geniş yayılımlı olanın Edremit Travertenini olduğu belirtilmiştir. Edremit Traverteninin, kirli beyaz, gri, sarı renkli, gözenekli, erime boşluklu, orta-kalın tabakalı olduğu, oldukça kalın istiflenmelerin gözlendiği ve yaklaşık 7 derece güneybatıya eğimli oldukları vurgulanmıştır.

Üner ve ark. (2010), Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu adlı çalışmalarında, havza batısında ve kuzeyinde yer alan Nemrut ve Süphan volkanlarına ait Kuvaterner yaşlı volkanikler ve bunlarla eş yaşlı Van Gölü Formasyonunun uyumsuz olarak geldiğini. Havza çökel dolgusunun Geç Kuvaterner yaşlı travertenler ve pekişmemiş güncel akarsu sedimanlarıyla sona erdiğini belirtmişlerdir.

Efe (2011), Edremit travertenlerinin çimento hammaddesi olarak kullanımıyla ilgili yapmış olduğu çalışmada, bu kayanın çimento sektöründe kullanılabilirliğini araştırmıştır. Traverten tipi kireçtaşlarından oluşan birimin, farklı seviyelerden oluştuğu ve her seviyede renk ve doku özellikleri ile porozitelerin değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Sahada yapmış olduğu gözlemlerde, fiziksel olarak (pekişme, sertlik) 5 farklı traverten yapısının varlığını işaret etmiştir. Ayrıca bu tez kapsamında yapılan saha çalışmaları ve alınan el örnekleri üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, Edremit Travertenleri'nin kirli beyaz ve genellikle sarı renkte oldukları ve bol miktarda bitki fosilleri içerdiği belirtilmiştir.

Koçyiğit ve ark., (2013), 'New Field And Seismic Data About The Intraplate Strike-Slip Deformation In Van Region. East Anatolian Plateau. E. Turkey' adıyla yayınladığı çalışmada Doğu Anadolu Platosu ve Van Gölü Havzası'nda yeni tektonik dönemin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Arap plakası ile Avrasya plakası arasındaki kıta-kıta çarpışması nedeniyle K-G yönlü sıkışmanın olduğunu belirtmiştir. Bu sıkışmanın, D-B doğrultulu kuzey-güney kenar bindirmelerine, ters faylara ve D-B doğrultulu kıvrımların oluşmasına neden olduğunu açıklanmıştır.

2.2. Travertenlerle İlgili Çalışmalar

İnan (1985), Antalya'daki travertenlerin oluşumu ve özellikleri ile ilgili olarak yaptığı çalışmada, Travertenlerin oluş mekanizmasını incelemiştir. Traverten oluşumunu sağlayan kaynak sularının, KD-GB; KB-GD yönlü kırık ve D-B yönlü bindirme dokanaklarından çıkmış olabileceğini ileri sürmüştür ve travertenin karasal ortamda ikincil CaCO_3 çökmesinin ürünü olduğunu belirtmiştir. Ayrıca eski topografyanın şekli, içeriği, çökme ortamındaki sıcaklık, derinlik ve karbonat yoğunluğuna göre farklı dört tip traverten oluştuğunu ve travertenlerdeki boşlukların karstik olmadığını ifade etmiştir. Çalışmada masif ve bitki dokulu masif traverten tipleri toz kireç imalinde ve taşıyıcı olmayan yapı taşları olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Kılıç ve Yavuz (1994), Antalya travertenlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarda, travertenleri, masif, zayıf ve süngerimsi

travertenler olarak üç sınıfı ayırmışlardır. Masif travertenlerin oluşum koşullarına bağlı olarak diğer iki traverten grubuna göre daha az gözenekli olduklarını, zayıf ve süngerimsi travertenlerin, çok gözenekli olduğunu ve gözenek miktarındaki artışa bağlı olarak geçirgenliklerinin de yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Süngerimsi travertenlerin aslında tufa olduğu ileri sürmüşlerdir.

Altunel (1996), Pamukkale travertenlerini morfolojik özelliklerine göre; teras tipi travertenler, sırt tipi travertenler, fay önü travertenleri, kendiliğinden oluşan kanal travertenle ve aşınmış örtü travertenleri olmak üzere 5 ana grupta toplamıştır.

Anıl ve ark. (1996), Denizli yöresindeki işletilen travertenlerinin jeolojik, jeomekanik ve teknolojik özelliklerine ilişkin yaptıkları çalışmalarda, travertenlerin genellikle masif ve az boşluklu bir yapı sunduklarını, esas olarak CaCO_3 'tan oluştuklarını ve çok az miktarda Mg içerdiklerini belirtmişlerdir. Masif yapılı travertenlerde tek eksenli sıkışma dayanımlarının ortalama 62 MPa olduğunu belirlemişlerdir.

Ayaz ve Karacan (2000), tarafından yapılmış olan çalışmada, Sivas batısındaki traverten yataklarını, blok verme, levha şeklinde kesilebilme, suda dağılmaya karşı duyarlılık, Schmidt geri sıçrama değeri, tek eksenli sıkışma dayanımı, dona karşı dayanım, darbe dayanımı ve benzeri birçok özellik açısından incelenmiştir. İncelemeler sonucunda bu travertenlerin yüzey kaplama taşı olarak kullanımının belirtilen standartlara uygun olduğunu ve rahatlıkla kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Özpınar ve ark. (2001), Kocabaş (Denizli) Travertenlerinde yaptıkları çalışmalarda bu travertenlerin ortalama basınç dayanımları 438.1 kg/cm^2 ile 694.0 kg/cm^2 arasında, ağırlıkça su emme değerleri % 0.69–2.09 arasında, hacimce su emme değerleri ise % 1.74–3.88 arasında, özgül ağırlık değerinin ise % 2.42–2.59 arasında değiştiği belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri azaldıkça basınç dayanım değerlerinde düzenli bir artış olduğu vurgulamışlardır. Aynı çalışmada özgül ağırlık değerlerindeki düzenli artışın basınç dayanım değerlerinde artışa neden olduğunu saptamışlardır ve travertenlerde mikritik özellikte olan ve az boşluk alan içeren örnekler ile bantlı yapıda olmayan masif yapıda olanlar daha fazla dayanım verdikleri saptamışlardır. İçerdikleri sparat miktarına bağlı olarak boşluk alan içeren travertenlerin, daha az dayanım verdikleri belirlemişlerdir.

Atabey (2002), Kırşehir'deki çatlak sırt tipi traverten-tufa çökellerinin oluşumuna ilişkin yapmış olduğu çalışmada; minerallerce zengin ve kalsiyum bikarbonatça doygun sıcak yer altı suyunun yeryüzüne ulaşması ve bünyesindeki CO₂ gazını kaybetmesi sonucunda kalsiyum karbonat çökeldiğini ve Kırşehir travertenitufasının bu şekilde depolandığını belirtmiştir. Bu traverten-tufa oluşumunda yeşil alg türü *Schrotrix* sp etkin rol oynadığını saptamış ve özellikle mikroteras havuzlarında suda erimiş olan CO₂'in daha yavaş uzaklaşması, alglerin mevcut CO₂'i kullanmalarına ve sonrasında karbonat çökeltmelerine neden olduğunu belirtmiştir.

Ayaz (2002), travertenlerin değerlendirilmesi amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ve bu çalışmalar sonucunda travertenlerin kullanım yerinin seçimi konusunda yaptığı araştırmada, kabuksu/süngerimsi travertenlerin düşük gözenekliliğe bağlı olarak artan dayanımları sebebiyle yüzey kaplama taşı olarak kullanılabileceğini, gözenekliliği fazla olan veya yüksek dolgulama masrafı gerektiren travertenlerin de ısı ve ses yalıtımı sağlaması nedeniyle yapıtaşı olarak kullanılmasının uygun olacağını belirtmiştir. Ayrıca bu çalışmada travertenleri morfolojik yapılarına göre; teras (set) tipi travertenler, sırt (semer) tipi travertenler, dom (koni) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, damar tipi travertenler, fay önü tipi travertenler, kanal tipi travertenler ve mağara travertenleri (damlataşlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayırmıştır.

Özkul ve ark. (2002), Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları adlı çalışmalarında bölgedeki travertenlerin yamaç, çöküntü, sırt, tümsek ve kanal depolanma ortamlarında çökeldiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmada kristalin kabuk tipi travertenlerin düz yamaçlarda, teras havuzlarının dış bükey kenarlarında, sırt tipi depolanma ortamlarının açılma çatlaklarında görüldüğünü saptamışlardır. Koyu renkli kamış tipi travertenlerin ise kamış tümseklerinde ve bataklık havuz alt ortamlarında oluştuğunu belirtmişlerdir.

Demirdağ ve Gündüz (2004), Travertenlerde gözenek dolgu uygulamalarının kayacın teknik özelliklerine etkisinin sayısal incelemesi amacıyla yapmış oldukları deneysel analiz çalışmalarından elde edilen verilere göre, traverten dolgusunda, çimento dolgu yöntemi kayaç karakteristiği ve teknik özellikleri bakımından en uygun dolgu olduğunu, çimento dolgu yöntemi, kaplama veya döşeme olarak kullanılacak kayacın gözeneklilik oranını düşürmekte olup, kayacı daha fazla geçirimsiz kıldığını,

gözeneklilik oranının düşmesi ile birlikte basınç dayanım değeri yükseldiğini belirtmişlerdir.

Yalçın ve Özçelik (2004), tarafından Burdur yöresi travertenleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, söz konusu travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek yapıtaşı olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda travertenleri poroz ve kompakt olarak iki gruba ayırmışlardır ve tek eksenli basınç dayanımının; porozlar da $2.94 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$, kompaktlarda ise $5.64 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$ olduğu belirlemişlerdir. Ayrıca donma çözülme deneyi sonrası basınç mukavemetindeki azalmanın poroz travertenlerde %32, kompakt travertenlerde %4.5 olduğu saptamışlar ve bu verilerden yola çıkarak poroz travertenlerin yapı taşı olma özelliğini sağlamadığını, kompakt travertenlerin ise yapı taşı olma özelliği sağladıklarını tespit etmişlerdir.

Kahraman ve ark. (2005), Burdur, Antalya, Karaman, İçel, Konya, Niğde ve Sivas illerinden elde ettikleri dokuz farklı traverten örneği üzerinde görünür gözeneklilik, boşluk oranı, ağırlıkça su emme ve P dalgası hızı değerlerini laboratuvar deneyleriyle belirlemişler ve gerçekleştirdikleri istatistiksel analizler sonucunda P dalgası hızı ile diğer fiziksel özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonucunda yazarlar, P dalgası hızı ile travertenlerin fiziksel özellikleri arasında önemli bir ilişki olduğunu ve bu nedenle uygulanması kolay, ekonomik ve daha hızlı olan ultrasonik deneylerin kayaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Kılıç ve ark. (2005), Kırşehir yerleşim sahası içindeki travertenlerin jeoteknik özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalarında sondaj verilerinden yararlanmışlar ve sondajlardan aldıkları örnekler üzerinde gerçekleştirdikleri laboratuvar deneyleriyle bu travertenlerin çok düşük dayanımlı kaya grubuna girdiklerini tespit etmişlerdir. Aynı zamanda, arazi ve sondaj verilerine dayanarak yöredeki travertenlerin birkaç metreye ulaşan karstik boşluklar içerdiklerini, gerek bu boşluklar ve gerekse bozunma zonları sebebiyle bu travertenlerde farklı oturma ve taşıma gücü problemleri ile karşılaşılabilceğini vurgulamışlardır.

Uz ve ark. (2005), Düzköy (Bartın) civarında mostra veren travertenlerin jeolojik, petrografik ve fiziksel özelliklerini incelemişler ve bu travertenlerin mermercilik sektöründe alabileceği yeri irdelenmiştir. Buna göre, yöredeki

travertenler yüzeyden 1-4 m derinliğe kadar boşluk içermeyen masif bir yapı sergilemekte ve blok verimi açısından oldukça yüksek değerler sunduğunu ifade etmişler ve fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına göre Düzköy travertenleri orta dayanımlı mermer grubuna girdiğini saptamışlardır.

Altaş (2006), Kayseri Bünyan'da yer alan bir traverten ocağının teknomekanik özelliklerini belirlemek amacı ile yaptığı çalışmasında bu travertenin birim hacim ağırlığının 2.29 gr/cm^3 , özgül ağırlığının 2.60 gr/cm^3 ve ağırlıkça su emme oranının %2.6 görünür porozitesinin % 6.317, doluluk oranının %88, Shore seleroskop sertliğinin 44.14, Schmidt sertliğinin 50.97 olduğunu belirlemiştir. Elde ettiği bu değerler neticesinde bölgedeki travertenin TS-EN standartlarına göre mermer üretiminde uygun olduğunu saptamıştır.

Şen (2006), Baltaşı-Palu (Elazığ) travertenlerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaptığı deneyler sonucunda Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin su emme oranının %2.33, özgül ağırlığın 2.61 gr/cm^3 , birim hacim ağırlığın 2.31 gr/cm^3 , porozitenin %11.5, sertliğin 3.5 olarak belirlemiştir. Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin ortalama tek eksenli basma dayanımının 43.208 MPa, eğilme mukavemetinin 8.884MPa, darbe mukavemetinin 0.56 Nmm/mm^3 , sürtünme ile aşınma kaybı (Böhme) deneyi sonucu elde edilen değerinin $18.3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, sodyum sülfat don kaybının %0.897, nokta yük dayanımının 2.69MPa, dolaylı çekme dayanımının 4.67 MPa olduğunu belirlemiştir. Bu deneyler sonucu elde ettiği verilere göre Kayaönü Köyü travertenlerinin duvar kaplamasında, kuşak, bordür ve iç mekânlarda başarıyla kullanılabileceğini belirtmiştir.

Kaya (2007), Konya Ulumuhsin civarındaki travertenlerin jeolojik fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amaçlı olarak yaptığı çalışmada. Bölgedeki travertenlerin ortalama olarak birim hacim ağırlık değerlerinin $2.41\text{--}2.46 \text{ gr/cm}^3$, atmosferik basınç altında ağırlıkça su emme yüzdesinin 1.32–1.39, atmosferik basınç altında hacimce su emme yüzdelерinin 2.4–2.6, gözeneklilik yüzdelерinin 2.9–3.5, kütlece don kaybı yüzdeleri 3.4–3.7, basınç mukavemeti değerlerinin 33–36 N/mm^2 , sürtünmeden dolayı aşınma mukavemetinin $28.9\text{--}30.6 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$, darbe mukavemeti değerlerinin 0.72–0.81, çekme dayanımı değerleri 5.72–6.09 MPa eğilme dayanımı değerleri 6.79–8.13 MPa ve sertliği 4-5 aralığında olduğu belirlemiştir.

Yalçınalp ve ark. (2008), Gümüşhane deki travertenlerden su akış çizgisine paralel alınan karot örnekleri üzerinde bazı fiziksel indeks özellik deneylerini uygulayarak bu örneklerin doğal su içeriğinin % 0.247, birim hacim ağırlığını 22.778 kN/m^3 , porozitenin %4.09, boşluk oranının %4.3, ağırlıkça su emmenin %1.78, Schmidt çekici geri tepme sayısının ayrışmamış yüzeyler için ortalama 54 ve ayrışmış yüzeyler için ortalama 47 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada su akış çizgisine paralel olarak alınan örneklerde tek eksenli basınç dayanımı testi uygulamışlar ve bu değerin ortalama 367.48 kg/cm^2 olduğunu saptamışlardır. Su akış çizgisine dik olan örneklerde de tek eksenli basınç dayanım testi uygulanmış ve bu örneklerde ortalama tek eksenli basınç dayanımını 254.89 kg/cm^2 olarak belirlemişlerdir.

Akın (2008), Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması konulu doktora tezi çalışmasında özellikle Eskipazar'daki sarı travertenlerin bozunma mekanizmaları incelenmiş. Bu sarı travertenlerin bölgedeki "Karkın Formasyonu"na ait olduğu belirtilmiştir. Söz konusu formasyona ait sarı renkli travertenler Anıtkabir'in inşasında yapıtaşı olarak kullanılmıştır. Çalışmada, yapıtaşı ölçeğindeki değerlendirmeler kapsamında yapılan yapay bozunma deneyleri sonucunda sarı travertenlere en çok zarar veren dış etkenin çevrimsel tuz kristallenmesi basınçları olduğu tespit etmiştir. Bunun yanı sıra, tuz bozunmasının travertenlerin daha az gözenekli seviyelerinde etkili olduğunu ve tuz kristallenmesi deneylerinde Na_2SO_4 tuzunun, MgSO_4 tuzuna oranla sarı travertene daha fazla zarar verdiğini tespit etmiştir. Sarı travertenlerde tekrarlı ıslanma-kuruma ve donma çözülme çevrimleri kayanın bozunmasına yol açtığını ve iri gözenekli yapısı, kılcallık (kapilarite) etkisini ortadan kaldırmakta ve donma çözülme basınçları travertenlerin gözeneklerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Yapay bozunma deneyleri sonucunda sarı travertenlerin ilksel bütünlüklerini tamamen kaybetmediğini ancak, tuz kristallenmesi basınçlarının travertenlerde önemli oranda çatlamlara yol açtığını belirlemiştir.

Özkan (2009), Bor-Niğde yöresi traverten yataklarının jeolojik özellikleri üzerinde yaptığı çalışmada, bölgedeki farklı özelliklere sahip travertenlerin, efektif porozite değerleri açısından oldukça değişken sonuçlar sunduğunu belirlemiştir.

Kaplan (2010), Eskipazar, Karabük bölgesindeki travertenlerin mühendislik özellikleri üzerine yapmış olduğu çalışmada, yapılan deney ve analizler sonuçlarına

göre, boşluklu dokudaki travertenlerin, masif ve breşik dokudaki travertenlere göre dayanımlarının düşük, su emme ve görünür porozite oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Masif dokudaki travertenlerin dayanımlarının yüksek, su emme ve görünür porozite oranlarının düşük, boşluklu dokudaki travertenlerin dayanımlarının düşük, su emme ve görünür porozitelerinin yüksek olduğunu saptamıştır. Ayrıca deney sonuçlarının geniş bir aralıkta saçılım göstermesinden dolayı, aynı genellemeyi breşik dokuya sahip traverten örnekleri için yapılmasının pek mümkün olmadığını ifade etmiştir.

Köse (2010), Aydınçık (İçel) Kuvaterner yaşlı tufa ve travertenlerin sedimentolojik analizleri ile ilgili çalışmasında Aydınçık Tufasında dokusal olarak değişik özelliklere sahip 7 fasiyes ayırmış. Düşük Mg-kalsit'ten oluşan ve çok az miktarlarda kırıntılı malzeme içeren Aydınçık Tufası karbonatça zengin soğuk kaynak sularından çökeldiğini belirtmiş ve tufa oluşumu Aydınçık Tufasının kuzeyinde gelişen KD-GB doğrultulu faylanmalarla ilişkili karbonatça zengin karstik kaynaklardan beslendiğini belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

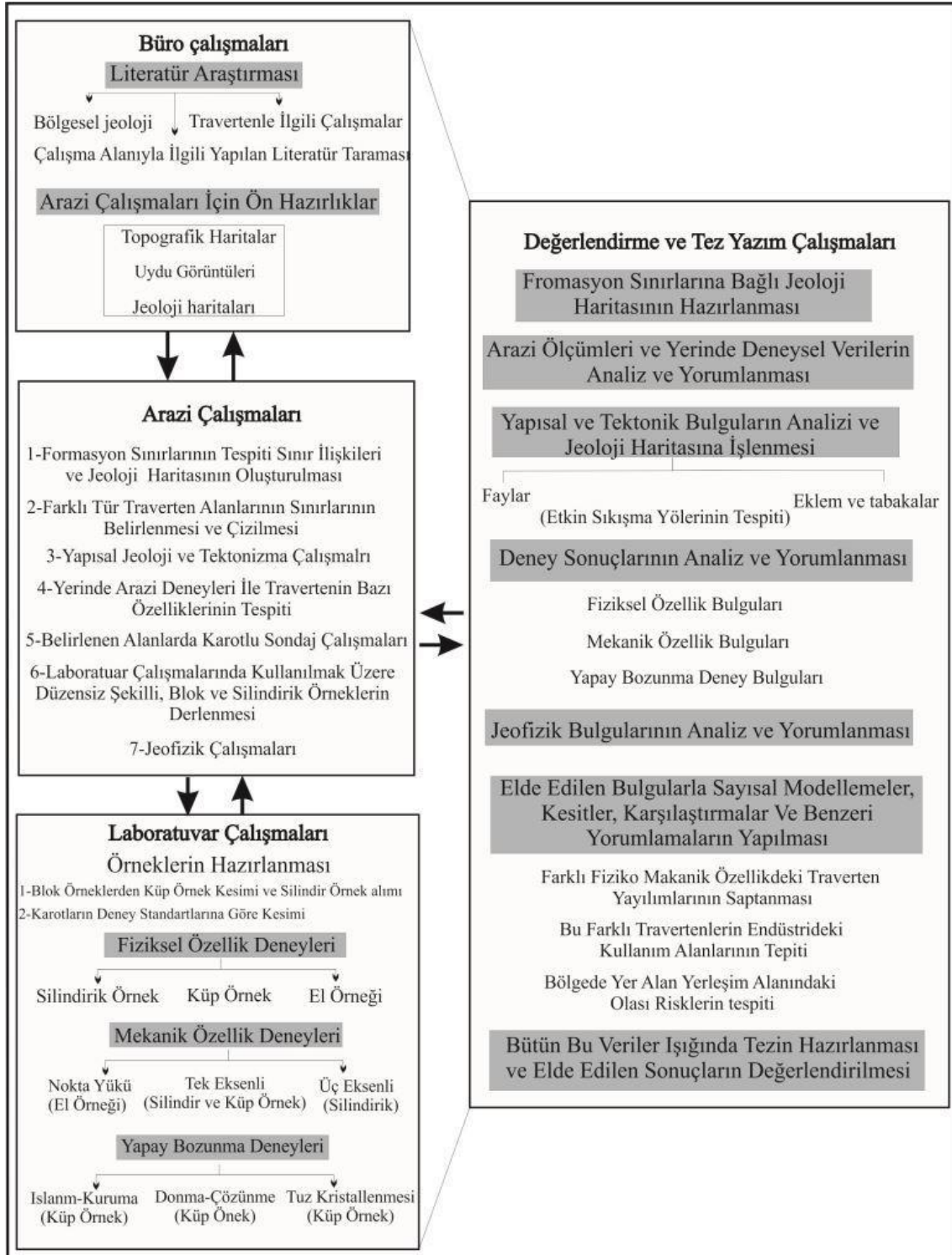
Edremit traverteninin jeolojik, tektonik, yapısal, fiziksel-mekanik özellikleri ile yapı taşı olarak kullanılabilirliğini belirlemeye yönelik olarak yapmış olduğumuz bu çalışma, literatür araştırması, arazi çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve değerlendirme ile tez yazım çalışmaları olmak üzere başlıca dört aşamada gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).

3.1. Literatür ve Arşiv Araştırmaları

Başlangıçta Edremit traverteninin yayılım alanını, tektonik ilişkileri ve fayları belirlemeye yönelik yapılan literatür araştırması kapsamında bölgenin jeolojisi, depremselliği ve tektonik ilişkilerine yönelik literatürdeki bazı bilgilerden faydalanılmıştır. Ayrıca travertenlerin oluşumu ve fiziksel mekanik özelliklerine ilişkin literatürde yer alan bazı çalışmalardan yararlanılmıştır. Bu çalışmalar sırasında literatürde yer alan makaleler, tezler, raporlar ve benzeri kaynaklar derlenerek incelenmiştir.

3.2. Arazi Çalışmaları

Farklı dönemlerde ve yaklaşık olarak 70 gün kadar süren arazi çalışmaları esnasında Edremit Traverteninin jeolojisi, sınır ilişkileri, yapısal özellikleri, tektonizma ve faylar, kütleli hareketlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar, laboratuvar çalışmaları için gerekli örnekleme çalışmaları, çeşitli noktalardaki sondaj çalışmaları, arazide yerinde deney çalışmaları ve jeofizik çalışmalar kapsamında elektrik öz direnç (rezistivite) ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Yürütülen çalışmaların akış şeması.

3.2.1. Jeolojik çalışmalar

Arazi çalışmaları kapsamında çalışma alanının jeolojik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yürütülen çalışmalarda, inceleme alanının 1/25000 ölçekli topografya haritası, jeolog çekici, Garmin marka GPS, uydu görüntüleri ve mevcut jeoloji haritalarından yararlanılmıştır (Şekil 3.2). Çalışma alanında yer alan formasyonlar belirlenerek bu formasyonların sınırları harita üzerine GPS ve adımlama yöntemleri yardımıyla işlenip çalışma alanının jeoloji haritası oluşturulmuştur. Ayrıca formasyonların fiziksel özellikleri ve çalışma alanındaki duruşları, sınır ilişkileri gibi özellikler belirlenmiştir. Bu kapsamda Edremit travertenin oluşumu, stratigrafisi ve jeolojisi ile bölgedeki diğer stratigrafik birimlerle olan sınır ilişkisi belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanında geniş yayılım sunan travertenin farklı fiziksel özellikler içerdiği saptanmış olup buna ilişkin farklılıklar dikkate alınarak birimin ayrımı yapılmıştır. Bu ayrım neticesinde bölgede az boşluklu ve yüksek dayanımlı bej renkli travertenler (Trv1), boşluklu bej renkli travertenler (Trv2) ile yoğun bitki fosili içerikli boşluklu kırmızımsı renkli travertenlerin (Trv3) yüzey dayanım özellikleri belirlenerek dayanım haritası oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. Çalışma alanında yer alan Trv1 tipi travertene ait bir görüntü.

3.2.2. Yapısal jeoloji çalışmaları

Çalışma alanında yer alan jeolojik formasyonlarda gözlenen, tabakalanma, tabaka yönelimleri, eklem ve çatlak sistemlerinin yönelimleri gibi lokal ölçekli yapısal

unsurların belirlenmesine yönelik olarak da arazi çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalar sırasında Brunton ve Silva marka pusula, şerit metre, cetvel, gönye ve açı ölçer gibi malzemeler etkin bir biçimde kullanılarak çalışma alanında gözlenen tabakaların doğrultu, eğim yönü ve eğim açıları belirlenmiştir (Şekil 3.3). Ayrıca çalışma alanında gözlenen eklemlere ilişkin eklem takımlarının açıklık aralık gibi ölçümleri ile tabakaların kalınlıkları şerit metre yardımıyla ölçülüp kaydedilmiştir. Doğrultu ve yönelimleri belirlenen tabaka ve eklemler harita gösterimleriyle jeoloji haritasına işlenmiştir. Travertenin doğrultu-eğim, eklem yönelimi, eklem aralığı, devamlılık, açıklık, dolgu ve su durumuna ilişkin çalışmalarda ISRM (2007) standartlarına uygun olarak yürütülmüştür. Çalışma alanındaki travertenlerden alınan eklem ve tabaka ölçüleri Dips (Rocscience) programına aktararak gül diyagramları oluşturulmuştur. Program eklem ve tabakaların doğrultularına göre diyagramları oluşturmaktadır. Eklem ve tabaka yönelimlerinden ayrı ayrı gül diyagramları oluşturulmuştur. Çalışma alanı, doğu, batı ve güney olmak üzere üç farklı alana ayrılarak bu alanlardan alınan eklem ve tabaka ölçülerinden de ayrı ayrı gül diyagramları hazırlanmıştır. Ayrıca bu eklem ve tabaka ölçülerinin tamamı kullanılarak çalışma alanının tamamını kapsayacak şekilde gül diyagramları oluşturulmak suretiyle hakim sıkışma yönleri tespit edilmiştir. Çalışmalar kapsamında elde edilen bulgular ve analizler dördüncü bölüm kapsamında verilmiştir.

3.2.3. Tektonik çalışmalar

Yapılan literatür ve arazi çalışmaları neticesinde bölgede varlığı bilinen faylara ilişkin olarak bu fayların özellikleri, konumları, türlerini belirlemeye yönelik olarak çalışmalar yürütülmüştür. Ayrıca bölgede yer alan ve literatürde bulunmayan lokal ölçekteki faylara ilişkin çalışmalarda yapılarak elde edilen bulgular ve jeofizik çalışmaları neticesinde çalışma alanında bulunan faylar saptanarak bu fayların türleri ve özellikleri belirlenip bu faylar jeoloji haritasına işlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında literatür araştırmalarından elde edilen tektonik bulgulardan, GPS, pusula, şerit metre gibi malzemelerden yararlanılmıştır.



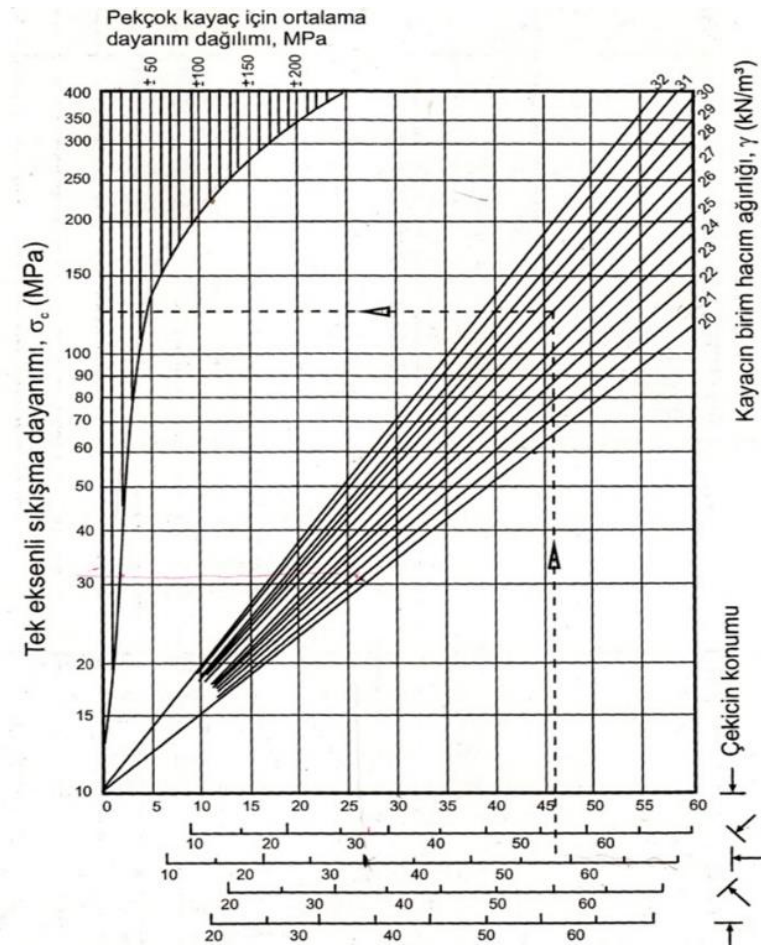
Şekil 3.3. Ayazpınar köyü güney kesimlerindeki travertenlerde gözlenen tabakalanma ve eklem sistemleri (bakış yönü güneydoğu).

3.2.4. Schmidt çekici ile yüzey sertliği belirleme çalışmaları

Edremit Traverteninin yüzey sertliğini belirlemeye yönelik olarak çalışma alanında 57 farklı noktada (Bkz. Şekil 3.12) Schmidt çekici geri sıçrama deney yapılmıştır. Değişik darbe enerji seviyelerinde bulunan Schmidt çekici modelleri mevcuttur. Arazi ölçümlerinde önerilen darbe enerjisi 0.735 Nm olan L tipi Schmidt çekici kullanılmıştır. Schmidt çekicinin çalışma prensibi çekicinin basma silindiri ölçüm yapılacak yüzey üzerine gelecek şekilde konur ve çekici yüzey üzerine bastırarak suretiyle silindir içeri doğru itilir. Belirli bir enerji seviyesinde bulunan ve otomatik olarak bu enerjiyi basma silindiri üzerine bir kütle olarak serbest bırakan bir yayda depolanır. Geri tepme değeri belirlenir ve bu değer yüzey sertliği olarak alınır. Bu deneyde, Schmidt çekici ile her noktadan en az 10'ar ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin aritmetik ortalaması nihai değer olarak kullanılmıştır. (Şekil 3.4). Ölçüm alımı esnasında Schmidt çekicinin tutuş yönü kaydedilmiştir. Yüzeylerin temiz ve pürüzsüz olmasına dikkat edilmiştir. Bu değer fiziksel özellik deneylerinden elde edilen travertenin birim hacim ağırlık değeri kullanılarak tek eksenli basma dayanımı (UCS) değerine Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen çizelge yardımıyla dönüştürülmüştür (Şekil 3.5). Dönüştürme sırasında çekicinin basma yönü konumu da dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar ve analizlere dördüncü bölüm kapsamında değinilmiştir.



Şekil 3.4. Çalışma alanında yapılan Schmidt çekici ölçümüne ait bir görüntü.



Şekil 3.5. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki (Deere ve Miller, 1966).

3.2.5. Karotlu sondaj çalışmaları

Bu çalışmalara ek olarak inceleme alanında 5 noktaya karotlu sondajlar yapılarak örnekler alınmıştır. Sondajların yapıldığı lokasyonlar haritaya işlenmiştir (Bkz. Şekil 3.12). Bu sondajlarda D500 marka, karotlu zemin sondaj makinesi kullanılmıştır (Şekil 3.6 - 3.7). Sondaj çalışmaları Döner (rotary) sondaj yöntemiyle yapılmıştır. Alınan karot örnekler üzerinde RQD, TKV, SKV gibi karot örneğin özelliklerine ilişkin ölçümler belirlendikten sonra örnekler mekanik deneylerde kullanılmak amacıyla laboratuvara taşınmıştır. Sondajlara ait bilgiler Çizelge 3.1’de yer almaktadır. Sondaj çalışmalarından elde edilen bulgulara 4. Bölüm kapsamında yer verilmiştir. Sondaj ait loglar EK-1’de yer almaktadır.



Şekil 3.6. Çalışma alanında yapılan karotlu sondajlar (Eski TOKİ’nin kuzeydoğusu).

Çizelge 3.1. Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmalarına ait bilgiler

Sondaj adı	Sondaj Yeri		Yükseklik (m)	Sondaj derinliği
	X	Y		
SK-1	347640	4253397	1743	6m
SK-2	348516	4252765	1807	10m
SK-3	349275	4251125	1903	16m
SK-4	342336	4248112	1712	5m
SK-5	344128	4252785	1736	20m



Şekil 3.7. Karotlu sondaj çalışmaları sırasında hazırlanan karot sandıklarına ait bir görüntü.

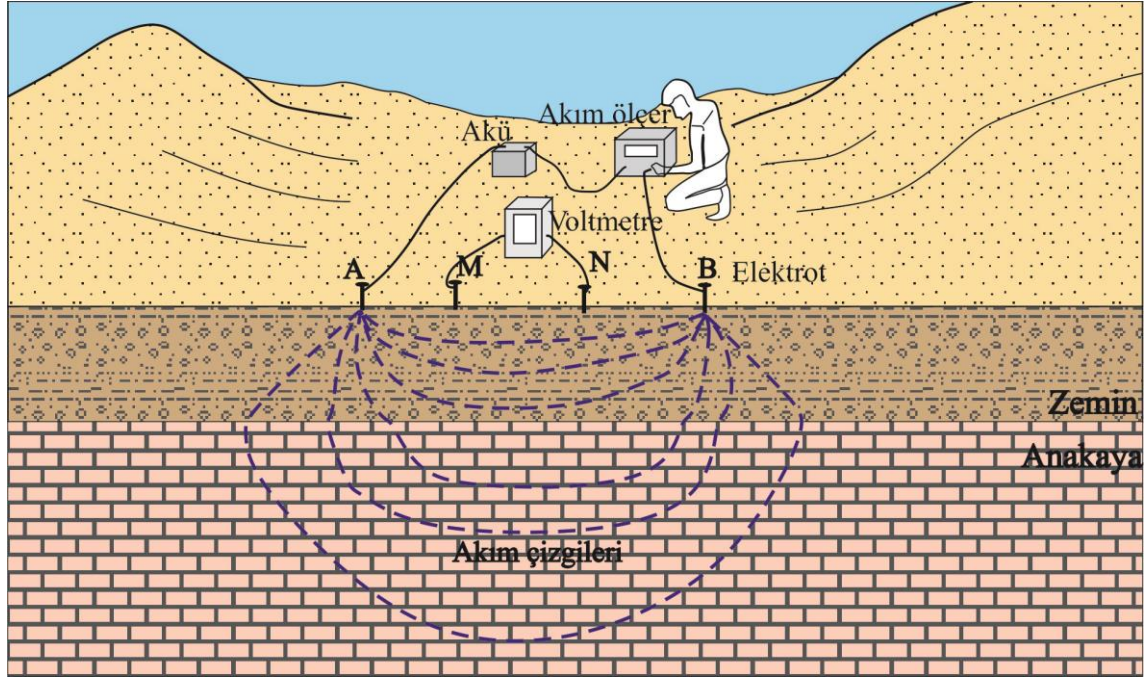
3.2.6. Jeofizik çalışmaları

Çalışma alanında travertenin kalınlığını, diğer birimlerle olan sınır ilişkilerini, traverten içerisinde yer alan olası karstik boşlukları ve fay, çatlak, bindirme gibi tektonik unsurları tespit etmek amacı ile jeofizik yöntemlerinden biri olan Doğru akım-Özdirenç (Elektrik özdirenç/rezistivite tomografi, ERT) ölçümleri yapılmıştır.

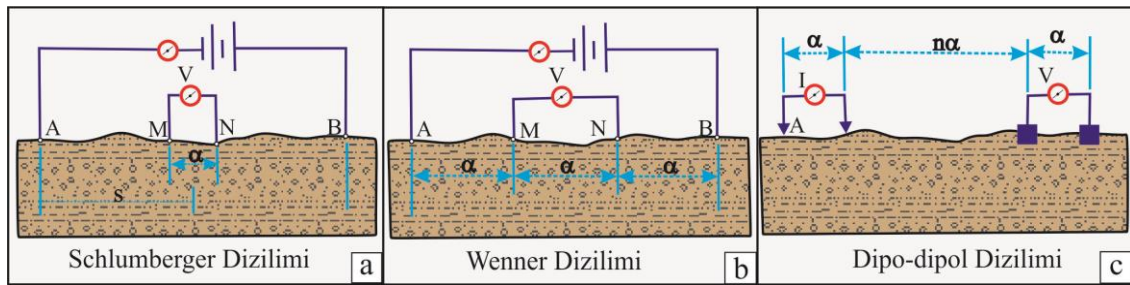
Bu yöntemde, iki noktada yere çakılmış elektrodlarla yere akım uygulanır (A ve B akım elektrodları) ve diğer iki noktada çakılmış elektrodlar arasında oluşan gerilim farkı ölçülür (M ve N gerilim elektrodları). Ölçümlerde genel olarak paslanmaz çelik elektrodlar kullanılır (Candansayar, 2005) (Şekil 3.8).

Doğru akım özdirenç yönteminde araştırmanın amacına göre ölçüm sistemi belirlenir. Bunun için farklı elektrod dizilimleri geliştirilmiştir. Akım ve gerilim elektrotlarının birbirlerine göre konumları, elektrot dizilimleri olarak adlandırılan belirli geometrilerde seçilir. Çalışmanın amacına yönelik olarak farklı duyarlılıkları olan bu dizilimlerden biri kullanılır. Bu çalışmada bu dizilimlerden dipol-dipol ve Wenner-Schlumberger elektrod dizilimleri kullanılmıştır. Schlumberger elektrot dizilimi, genellikle düşey elektrik sondaj (DES) ölçüm tekniği ile birlikte kullanılır ve yatay veya yataya yakın tabaka sınırlarının derinlik ve özdirençlerinin belirlenmesinde kullanılır.

Arazide uygulanması oldukça pratiktir ve bu nedenle çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Wenner elektrod diziliminde, akım ve potansiyel elektrodları eşit uzaklıkta olmak üzere dizilirler. Dipol-dipol elektrot dizilimi, nüfuz derinliği en fazla olan dizilimlerden, ayrıca düşey süreksizliklerin belirlenmesinde oldukça duyarlıdır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Öz direnç yönteminin arazi uygulaması (Robinson ve Coruh, 1988'den değiştirilmiştir).



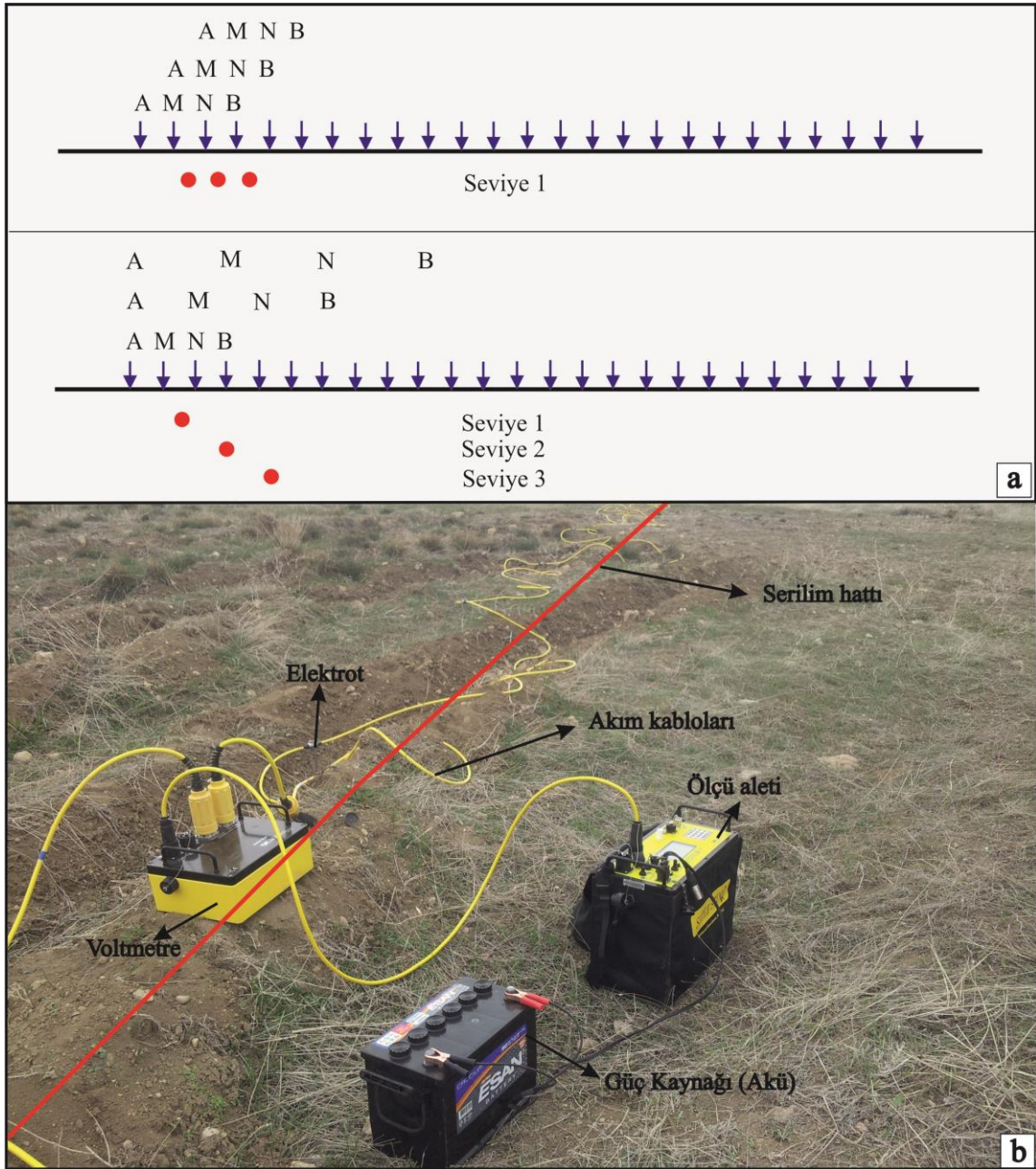
Şekil 3.9. Elektrik öz direnç farklı elektrod dizilimleri (Wightman ve ark., 2003'den değiştirilmiştir).

Çalışma kapsamında ERT ölçümlerinin alınması için çok kanallı elektrik öz direnç ölçümleri yapılmıştır. Çok kanallı ölçüm düzeneği ve eş-merkezli dört elektrot

dizilimi kullanılarak yapılan çalışmada, aynı derinlikte yanal yönde ve farklı derinlikte düşey yönde veri toplanabilir (Şekil 3.10 a). Bu ölçümlerde AGE firmasının üretmiş olduğu SuperSting R8 marka cihaz ve ekipmanları kullanılmıştır (Şekil 3.10 b). Çok elektrodlu (kanallı) özdirenç ekipmanları eşit aralıklı olarak ve bir hat (serim) boyunca yere çakılmış elektrodlar ile bunların bağlantılarını sağlayan çoklu kablodan oluşur. Elektrodların sayısı ve elektrod aralığı çalışmanın amacına göre belirlenir. Elde edilen özdirenç değerleri yer elektrik kesitleri (yapma kesitler), profil eğrisi ve seviye haritaları şeklinde sunulur. Bu doğrultuda çalışma alanında 6 profil boyunca 84 elektrodlu SuperSting WiFi R8/IP/SP cihazı ERT ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümlere ilişkin bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiş olup ölçüm yapılan lokasyonlar haritaya işlenmiştir (Bkz Şekil 3.22). Bu çalışmalardan elde edilen bulguların analiz ve yorumlamaları 4. Bölüm kapsamında yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Çalışma alanında yapılan ERT ölçümlerine ait bilgiler

Profil	Elektrod	Profil	Kalınlık	Profil Başlangıcı			Profil Sonu		
Adı	Aralığı	Uzunluğu	(m)	X	Y	Z	X	Y	Z
ERT1	1.5 m	126 m	-	349400	4251216	1918	349284	4251261	1917
ERT2	1.5 m	126 m	-	346751	4253341	1748	346871	4253340	1749
ERT3	5.0 m	420 m	70-100	350867	4251247	1965	350778	4251650	1962
ERT4	5.0 m	420 m	75-80	345081	4247628	1884	345507	4247588	1917
ERT5	5.0 m	420 m	30-75	351132	4247156	2180	350873	4246832	2186
ERT6	5.0 m	420 m	90	350998	4249183	2104	350862	4249573	2073



Şekil 3.10. Çok kanallı elektrod yöntemi (a) ve yöntemde kullanılan ekipmanlar (b).

3.2.7. Örneklemeye çalışmaları

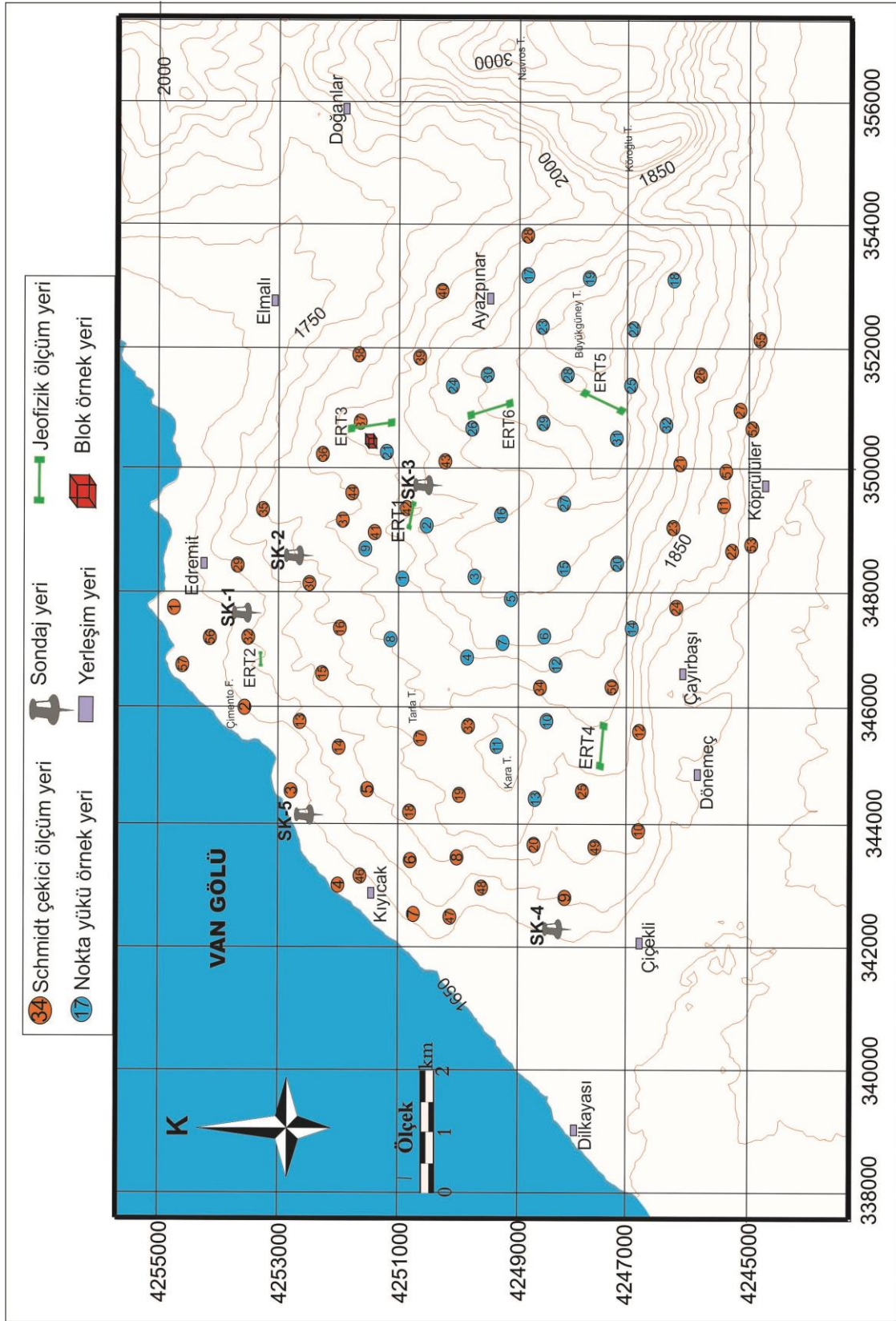
Örneklemeye, kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri ile yapıtaşı olarak kullanılabilirliğini belirlemeye yönelik olarak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere farklı boyutlarda yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanından silindirik karot örnekler,

el örnekleri ve alınan blok örneklerin kestirilmesiyle elde edilen küp örnekler derlenmiştir. Travertenin nokta yükü dayanımını belirlemeye yönelik olarak her lokasyondan 5'er adet olmak üzere toplam 33 lokasyondan 165 adet şekilsiz el örneği alınmıştır. Örneklerin seçimi sırasında Nokta Yükü Dayanım Deneyi standartlarına uygun olacak şekilde düzgün yüzeyli ve bozunmamış örneklerin derlenmesine özen gösterilmiştir. Bu bağlamda örneklemeler genellikle Trv1 türü ile Trv2 türü travertenlerden seçilmiştir. Bol bitki fosilli ve kırmızımsı renkli travertenler nokta yükü dayanımı deneyi için uygun olmadığından bu alanlardan örnekleme yapılmamıştır. Bu örneklerin alındığı lokasyonlar topografya haritasına işlenmiştir. Ayrıca Edremit traverteninin fiziko-mekanik özelliklerini (birim hacim ağırlık, boşluk oranı, su emme, basınç dayanımı vb.) ve bozunma özelliklerini (donma çözülme, ıslanma kuruma, tuz kristallenmesi) belirlemeye yönelik deneyleri yapmak için çalışma alanından taze blok örnekler alınmıştır. Bu bloklardan 7x7x7cm boyutlarında yaklaşık 80 adet küp örnekler kestirilerek deneylere hazır hale getirilmiştir. Ayrıca blok örneklerden el karot makinesi vasıtasıyla, tek eksenli basınç dayanımı ve üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde kullanılmak üzere 20 adet 54mm çapında (NX) karot örnek alınmıştır (Şekil 3.11).

El örneği ve blok alınan noktalar, sondaj yerleri, Schmidt çekici deney noktaları ve jeofizik ölçümlerinin yapıldığı alanların koordinatları GPS ile belirlenmiştir. Bu alanlar çalışma alanına ait topografya haritasında gösterilmiştir (Şeki 3.12).



Şekil 3.11. Fiziko-mekanik özellikler ve yapay bozunma deneyleri için alınan örnekler. (a, b): blok örnekler ve alındıkları mermer ocağı, (c): 7x7x7 cm boyutundaki küp örnekler, (d): Düzensiz şekilli el örnekleri, (e): Sondajlardan elde edilen silindirik numuneler, (f): Blok örneklerden elde edilen silindirik numuneler.



Şekil 3.12. Ölçüm ve örnek yerlerini gösteren topografik harita.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları, yapılan araştırma ve incelemelerin önemli bir kısmını oluşturmakta ve bu çalışmalar kapsamında Edremit Traverteninin fiziksel, mekanik ve yapay bozunma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TSE ve ISRM gibi standartlar kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan deneyler, kullanılan örnek türleri ve deney standartları

Deney Türü	Uygulanan Deneyler	Örnek Tipi	Deney Standardı
Fiziksel özellik deneyleri	Özgül ağırlık deneyi	-Düzensiz şekilli el örnekleri, 7x7x7cm'lik küp ve karot örnekler	TS- 699 (2009) ve ISRM 2007
	Birim hacim ağırlık deneyleri		
	Porozite ve boşluk oranı		
Mekanik özellik deneyleri	Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi	-Düzensiz şekilli	ISRM (2007)
	Nokta yükü dayanım indeksi deneyi		
	Tek eksenli basınç dayanımı deneyi		
Yapay bozunma deneyleri	Üç Eksenli basınç dayanımı deneyi	-Küp ve karot örnekler	ISRM (2007)
	Islanma kuruma deneyi	-Karot örnekler	ISRM (2007), TS 699 (2009)
	Donma çözülme deneyi	7×7x7cm boyutlarındaki küp örnekler	ASTM D5313, (1992)
	Tuz kristallenmesi deneyi		TS 12371, (2002)
			RILEM, (1980)

3.3.1. Fiziksel özellik deneyleri

Çalışma alanında geniş yayılım sunan travertenden alınan örnekler üzerinde kuru ve doymuş birim hacim ağırlıklar, ağırlıkça su emme, porozite, gibi travertenin fiziksel özelliklerini belirlemeye yönelik olarak deneyler ISRM (2007), standartlarına göre yapılmıştır. Bu deneyler, düzensiz şekilli, 7x7x7cm boyutlarındaki küp örnekler ve

sondajlardan elde edilen karot örnekler üzerinde yapılmıştır. Ayrıca yapay bozunma deneylerine tabi tutulan küp örnekler bu deneyler sonucunda oluşan yapısal özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla tekrar fiziksel özellik deneylerine tabi tutulmuşlardır (Şekil 3.13).

Deneyisel çalışmalar, YYÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanından derlenen numuneler laboratuvar ortamında etüve konarak 105 ± 5 °C de 24 saat süre ile kurutulup kuru ağırlıkları 0.0001 mg hassasiyetli terazide tartılarak belirlenmiştir. Daha sonra numuneler suya konularak 48 saat süre ile suda bekletilmiş ve tamamen suya doyurulan numunelerin doymuş ağırlıkları hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir. Ayrıca düzensiz şekilli numunelerin hacimlerinin belirlenmesi amacıyla ağzına kadar su ile dolu kaba suya doymuş numuneler daldırılarak taşan suyun hacminden hacimleri belirlenmiştir.

Birim hacim ağırlıklar numunenin toplam ağırlığının, toplam hacme bölünmesiyle elde edilmiştir. Kayaçların toplam hacmi doğada bulundukları şekliyle katı kısım, boşluk ve içerdiği su hacimlerinin toplamı olarak ifade edilir. Kayaçların tamamen katı kısımdan oluşan ağırlığının hacme oranı kuru birim hacim ağırlık değerini verir (Eşitlik 1.). Yani kayaç içerisindeki boşluklarda su bulunmaması durumundaki ağırlığın tüm hacme oranıdır (γ_k). Boşluklarının su ile dolu olduğu durumdaki toplam ağırlığın hacme oranı ise doymuş birim hacim ağırlığı (γ_d) vermektedir (Eşitlik 2.).

$$\gamma_k = \frac{W_{kuru}}{V_{tüm}} \quad (1)$$

$$\gamma_d = \frac{W_{kuru}}{V_{tüm}} \quad (2)$$

Kayaç içerisinde bulunan boşluk hacminin tüm hacme oranı porozite değerini vermektedir. Kayaç içerisinde bulunan boşluk oranı belirlenirken numune önce tamamen kurutularak kuru ağırlığı belirlenmiştir. Kuru ağırlığı belirlenen numune içerdiği boşluklar tamamen suyla dolacak şekilde suda bekletilmiş ve doymuş ağırlığı belirlenerek doymuş ağırlıkla kuru ağırlığın farkından su içeriği belirlenmiştir. Bulunan bu su miktarı aynı zamanda boşluk hacmine de eşittir (Eşitlik 3.). Kütlece su emme

değeri ise kayacın içerebileceği maksimum su miktarının katı kısmın ağırlığına oranının yüzde olarak ifadesi şeklinde tanımlanabilir (Eşitlik 4.).

$$n = \frac{W_{doy} - W_{kuru}}{W_{tüm}} \times 100 \quad (3)$$

$$w = \frac{W_{su}}{W_{kuru}} = \frac{W_{doy} - W_{kuru}}{W_{kuru}} \times 100 \quad (4)$$



Şekil 3.13. Travertenlerin fiziksel özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar.

3.3.2. Mekanik özellik deneyleri

3.3.2.1. Nokta yükü dayanım indeksi deneyi

Bu deneyde tayin edilen nokta-yükü dayanım indeksi, tek eksenli basınç ve çekme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılır. Bu deney için silindirik karot numunelerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli numuneler de kullanılabilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi, çap doğrultusunda deney (karot eksenine dik yönde yükleme), eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme), blok ve düzensiz şekilli numunelerde deney, olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir (ISRM 2007). Nokta yükü dayanım indeksi deneyi çalışma alanında her lokasyondan 5'er adet olmak üzere toplam 33 lokasyondan (Bkz. Şekil 3.12) alınan (50 ± 35) mm boyutundaki düzensiz şekilli 165 adet numune üzerinde ISRM (2007) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyi için düzensiz şekilli örneklerin boyu D_1 (örneğin en düşük yükseklik), D_2 (örneğin en büyük yüksekliği), genişliği W_1 (en düşük genişlik), W_2 (en büyük genişlik) ve uzunluğu L_1 (en büyük uzunluk), L_2 (en küçük uzunluk) kumpas ile milimetre cinsinden ölçülerek bu değerlerin ortalaması D , W ve L olarak kaydedilmiştir. Uzunluk, derinlik ve genişlik değerleri ölçülen numune nokta yükleme deney cihazının konik uçları arasına yerleştirmiştir (Şekil 3.14). Daha sonra çap doğrultusunda yükleme yapılarak kırılma yükü (P) okunmuş ve kN cinsinden kaydedilmiştir. Örneğin kırılma işlemi tamamlandıktan sonra gerekli düzeltmelerin yapılabilmesi için hesaplamada kullanılacak olan alan hesaplaması için örneğin kırıldığı eksenler (alan(A)=boy×uzunluk veya boy×genişlik) ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonra düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (I_s) hesaplanmıştır (Eşitlik 5).

$$I_s = P/D_e^2 \quad (5)$$

Eşitlik (6)'da P ; numunenin kırılma yükü, D_e^2 ; eş değer karot çapı olarak ifade edilmektedir. Karot numuneleri için bu değer 50 mm'dir ancak bu deneyde kullanılan numuneler düzensiz şekilli numuneler olup D_e^2 düzensiz şekilli numuneler için belirlenmiştir (Eşitlik 6).

$$D_e^2 = 4A/\pi \quad (6)$$

Burada A ; alan olup numunenin kırıldığı eksen ile derinliğin çarpımından hesaplanmıştır. Son aşamada hesaplanan nokta yükü dayanım değeri (I_s) düzensiz şekilli örneklerin standart bir karot çapına ($D_e=50\text{mm}$) göre dayanım değerlerinin elde edilmesi için bazı düzeltmeler yapılmaktadır. Bu düzeltmelerin ardından düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi değeri (I_{s50}) hesaplanmıştır (Eşitlik 7).

$$I_{s50} = F \times I_s \quad (7)$$

Eşitlik (7)'de F ; boyut düzeltme faktörüdür ve düzensiz şekilli numuneler için hesaplanarak belirlenmiştir (Eşitlik 8).

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (8)$$

En son aşamada her bir lokasyondan alınan 5 adet örnek üzerinde bu deney tekrarlanarak elde edilen I_{s50} sonuçlarından en büyük ve en küçük değer atılarak geriye kalan üç değerın ortalaması alınmıştır ve her lokasyon için bu ortalama değer kaydedilmiştir. Deney sonuçlarına ilişkin veriler dördüncü bölüm kapsamında yer almaktadır.



Şekil 3.14. Nokta yükü dayanım indeksi deneyinin yapılışı.

3.3.2.2. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi

Deney karşılıklı iki yönden sürekli arttırılarak uygulanan basınç altında kayacın yenilmeye uğradığı andaki dayanımın belirlenmesine yönelik olarak yapılan bir mekanik özellik deneyidir. Deney ISRM (2007) standartlarında belirtilen hususlara göre küp ve silindirik örnekler üzerinde laminalanmaya paralel yönde uygulanmıştır.

Deney öncesinde örneklerin fiziksel özellik değerleri KBHA (Eşitlik 1), DBHA (Eşitlik 2), KSE (Eşitlik 4) ve gözeneklilik (Eşitlik 3) belirlenmiştir. Fiziksel özellikleri belirlenen numuneler tek eksenli basınç dayanımı ünitesi kullanılarak deneye tabi tutulmuştur (Şekil 3.15). Cihazda bir yazılım programı yer almakta ve deney bu yazılım programı vasıtasıyla yürütülmektedir. Hidrolik güç ünitesi üzerinde yer alan ekrandan ya da bilgisayar bağlantısı vasıtasıyla yazılıma veriler işlenmektedir. Deney öncesinde karot ve küp örneklerin boyutları cihaza girilmiştir. Standartlara uygun olarak cihazın örneği 10-15 dakika süre içerisinde kırması için yük ayarı bölümünden saniyede uygulanan yük artışı ayarlanmıştır. Cihaz belirlenen bu yük artış miktarını kaya üzerine saniyelik olarak uygulamakta ve örnek kırılınca kadar bu yük artışı sabit olarak devam etmektedir. Örneğin kırıldığı andaki dayanımı programa eklenen numunenin alan bilgilerine dayalı olarak yük/alan (Eşitlik 9) hesabını otomatik yaparak numunelerin basınç dayanımı otomatik olarak hesaplamıştır.

$$\sigma_1 = F(kN)/A (m^2) \times 10^{-3} (MPa) \quad (9)$$

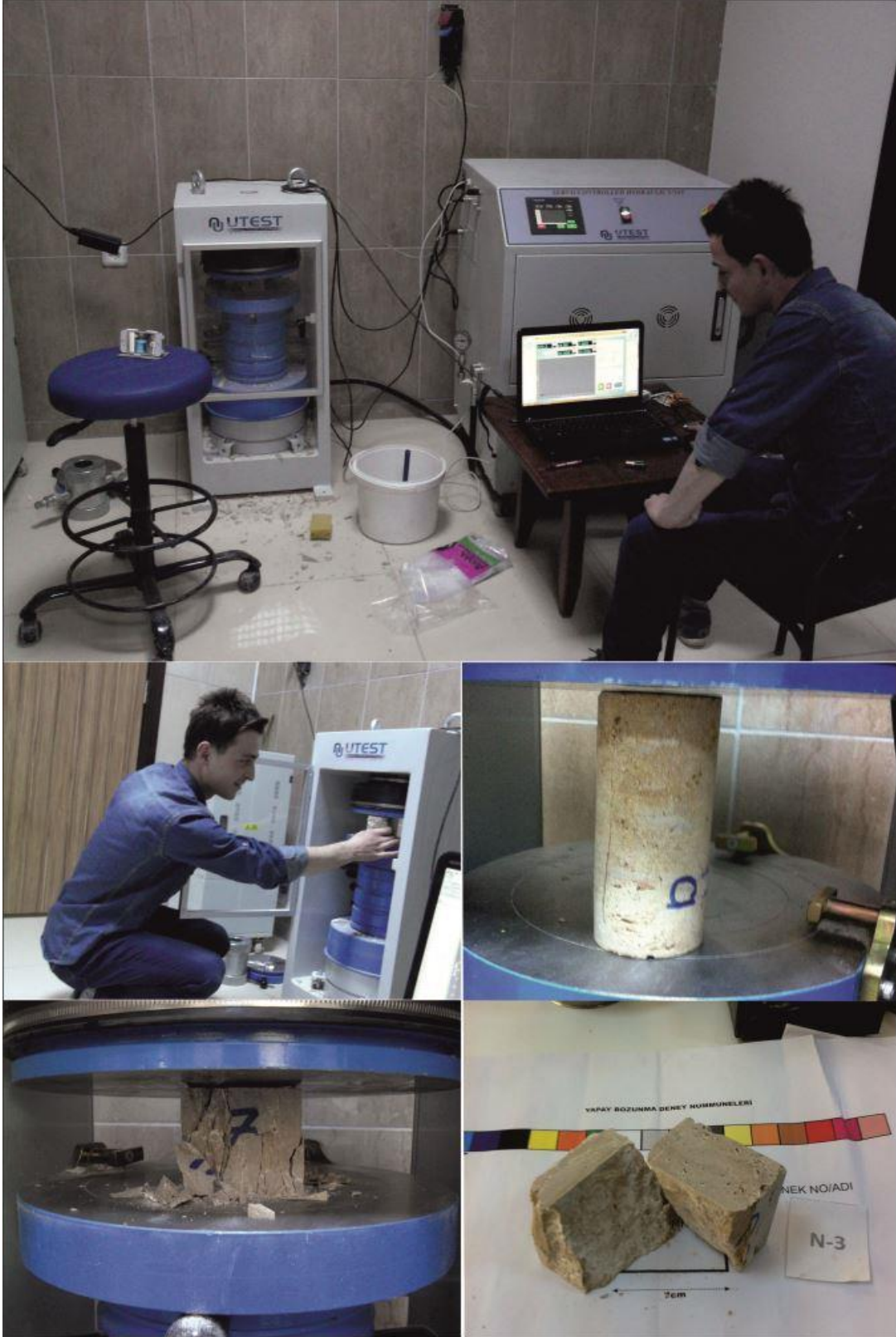
Yazılım vasıtasıyla deney esnasında uygulanan yük altında meydana gelen deformasyonu belirleyerek gerilme-deformasyon (Eşitlik 9) grafiklerini otomatik olarak oluşturmaktadır. Silindirik ve küp örneklerin gerilim-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur ve bu grafikler vasıtasıyla travertenin elastisite modülü belirlenmiştir (Şekil 3.16). Bu hesaplamalarda (Young) Elastisite Modülü kullanılmıştır (Eşitlik 10-11 ve Şekil 3.17).

$$\epsilon_1 = \Delta l / l \quad (10)$$

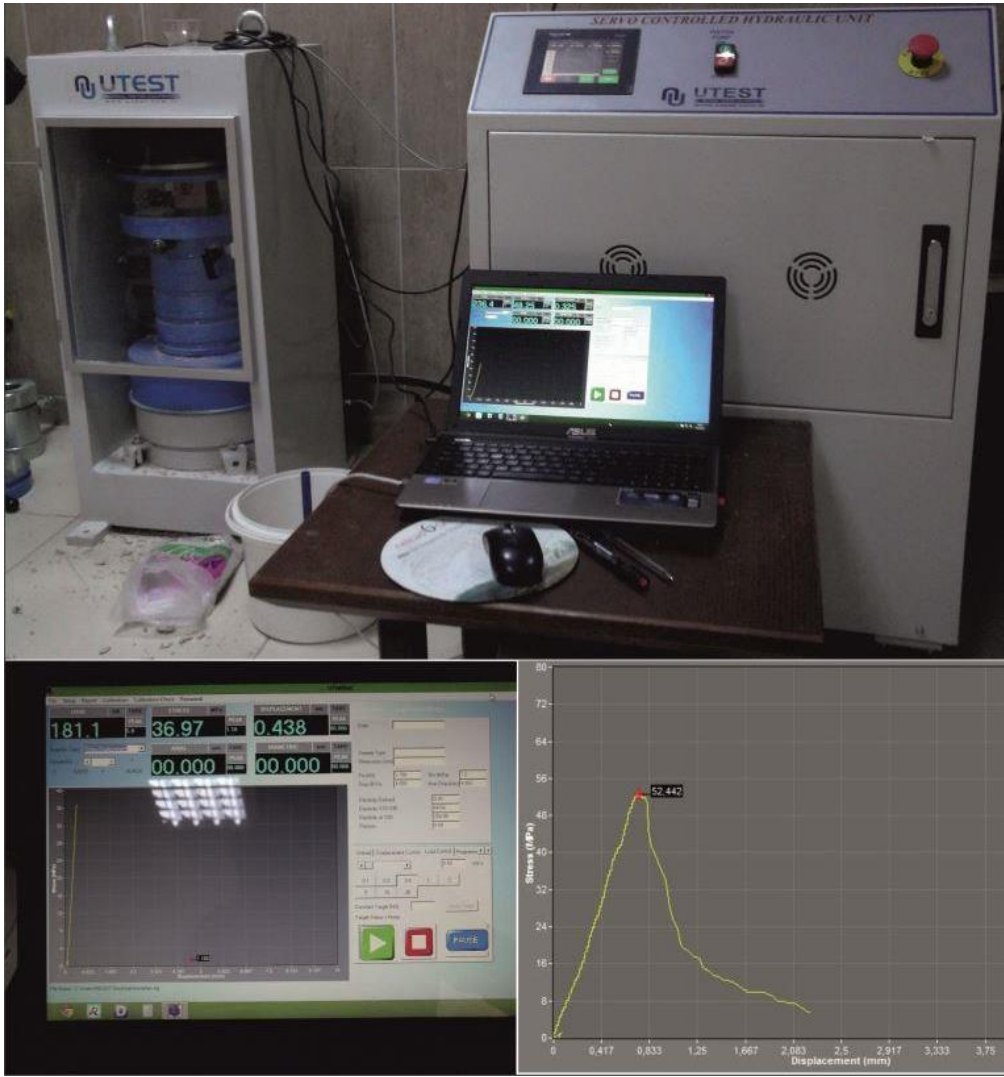
ϵ_1 : Strain Deformasyon, Δl : Uzunluk boyunca deformasyon ve l : Numune uzunluğu

$$E = \sigma / \epsilon_1 \quad (11)$$

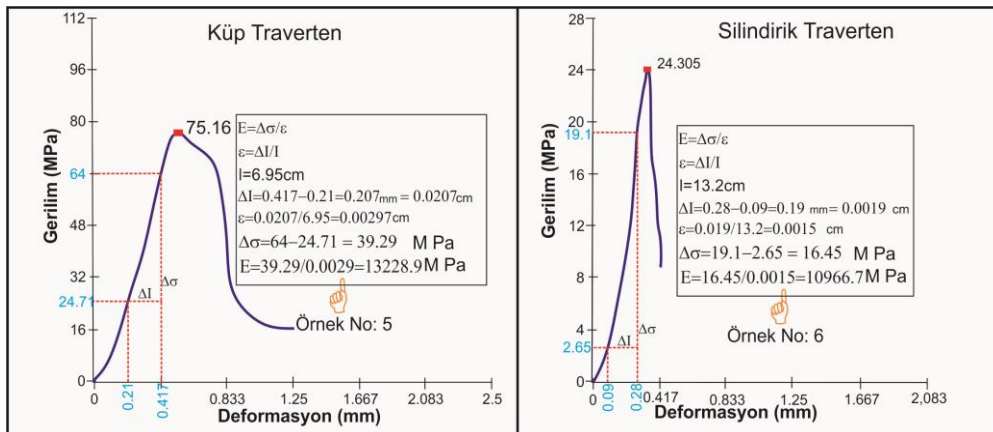
E : Elastisite modülü ve σ : Gerilme



Şekil 3.15. Tek eksenli basınç dayanımı deney ünitesi, küp ve karot örneklerde uygulanan tek eksenli basınç dayanımı deney.



Şekil 3.16. Tek eksenli basınç dayanımı deney program vasıtasıyla oluşturulan gerilme-deformasyon grafiği.



Şekil 3.17. Tek eksenli basınç dayanımı esnasında oluşturulan gerilme deformasyon grafiği vasıtasıyla elastisite modülünün hesaplanması.

3.3.2.3. Üç Eksenli basınç dayanımı deneyi

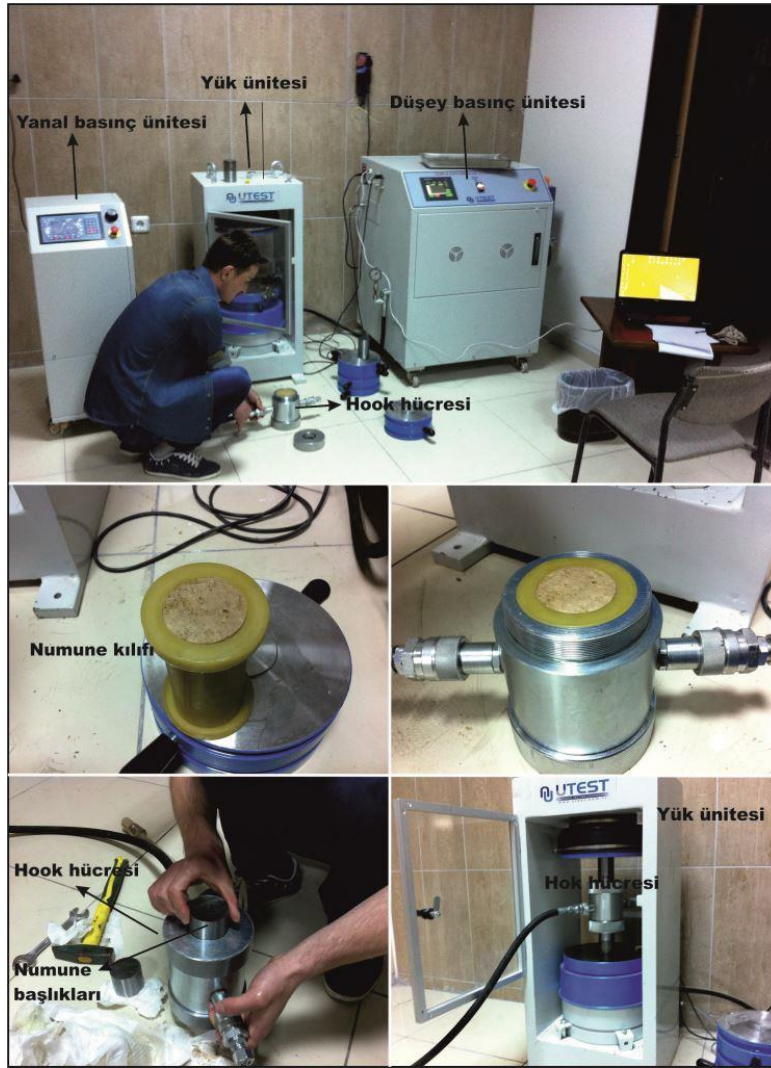
Bu deney, ISRM (2007) ve TS 699 (2009) standartlarına göre 54 mm çapındaki ve boy/çap oranı 2-3 arasında olacak şekilde hazırlanan toplam 12 adet silindirik traverten numunesi üzerinde uygulanmıştır. Silindirik traverten numuneleri kenarları ve alt ve üst yüzeyinde boşluk kalmayacak şekilde uygun çap ve boya sahip kılıf içerisine yerleştirilip bu kılıf Hook hücresi içerisine konulmuştur. Yanal basınç ünitesinin hortumu Hook hücresine bağlanarak bu hortum vasıtasıyla Hook üyesi yanal basınç uygulayacak olan yağ ile doldurulmuştur. Bu işlem Hook hücresi içerisindeki havanın tamamen boşaltılmasına kadar devam etmiştir. Daha sonra yanal basınç ünitesinden yanal istenilen yanal basınç (σ_3) ayarlanmıştır. Son aşamada basınç ünitesinden örneğin 5–10 dakika arasında kırılması için saniyede düşey yönde uygulanacak olan yük (kN/s) belirlenmiştir. Bu şekilde, numuneye yanlardan birbirine eşit küçük asal gerilmeler ($\sigma_2 = \sigma_3$) uygulanırken düşey eksen boyunca uygulanan yük altındaki en büyük asal gerilme değeri (σ_1) hesaplanmıştır (Şekil 3.18).

Bu deney, en az üç numune için üç farklı yanal basınç değeri uygulanarak tekrarlanmıştır. Uygulanan yanal ve düşey basınç dayanımı değerleri kullanılarak Morh daireleri oluşturulmuş ve bu dairelerin ortak teğeti (yenilme zarfı) çizilmiştir (Eşitlik 12). Morh dairelerine teğet çizilen yenilme zarfının teğet noktasından daire merkezine bir doğru çizilir bu doğrunun yatayla yaptığı açı yenilme (kırılma) açısı (ϕ) değerini vermektedir. Her yenilme dairesi için kırılma açıları belirlenerek bu açılardan yenilmeye neden olan normal gerilme (σ_N) (Eşitlik 13) ve makaslama gerilmesi (τ) (Eşitlik 14) belirlenir. Çizilen bu grafikte yenilme zarfının yatayla yaptığı açı içsel sürtünme açısı (ϕ), makaslama gerilmesini (τ) eksenini kestiği noktadaki değer ise kohezyon (c)'dir (Şekil 3.19).

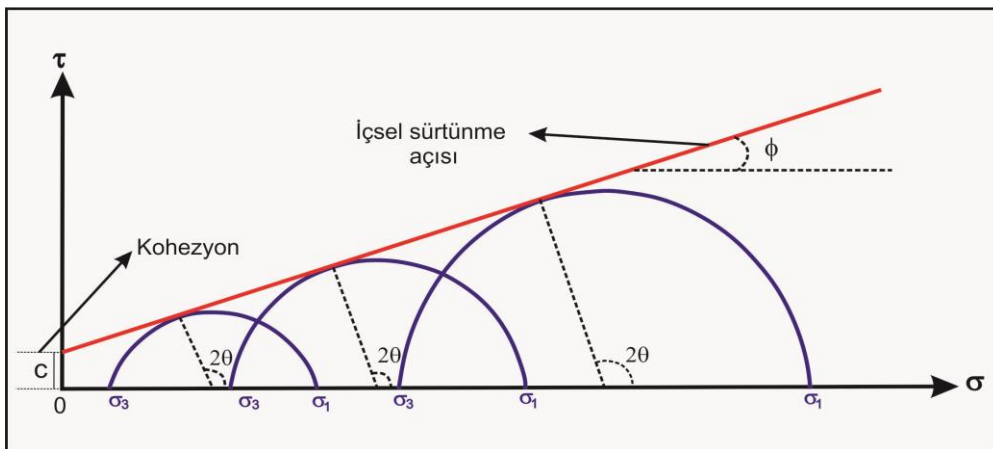
$$(\sigma_1 - \sigma_3) = D \quad (12)$$

$$\sigma_N = ((\sigma_1 + \sigma_3)/2) + ((\sigma_1 - \sigma_3)/2) \times \cos 2\theta \quad (13)$$

$$\tau = ((\sigma_1 - \sigma_3)/2) \times \sin 2\theta \quad (14)$$



Şekil 3.18. Üç eksenli basınç dayanımı deney aşamalarına ait bir görüntü.



Şekil 3.19. Mohr daireleri yardımıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısının belirlenmesi.

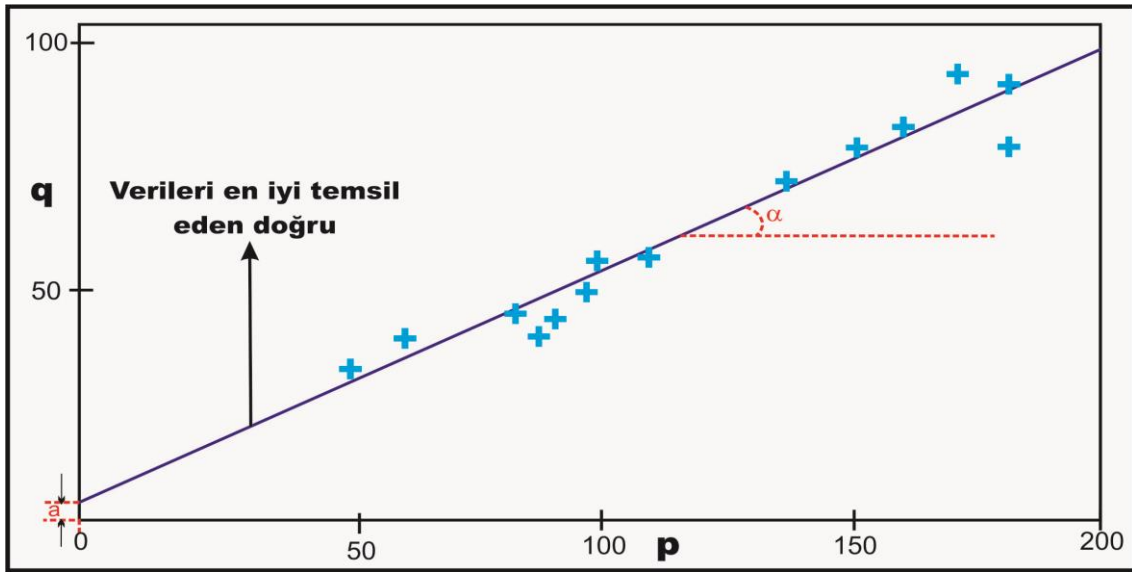
Ayrıca TS-699'a göre kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlendirilirken, elde edilen bütün yanal ve düşey basınç değerleri kullanılarak p değeri (Eşitlik 15) ve q değeri (Eşitlik 16) belirlenir. Bu değerler kullanılarak oluşturulan grafikte p ve q noktalarının dağılımına doğrusal regresyon analizi uygulanarak belirlenen doğru ortak kırılma zarfı olarak değerlendirilir. Bu zarfın yatayla yapmış olduğu açı (α) ve q eksenini kestiği nokta (a) değerleri belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak içsel sürtünme açısı (Eşitlik 17) ve kohezyon (Eşitlik 18) değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.20).

$$p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 \quad (15)$$

$$q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \quad (16)$$

$$\phi = \sin^{-1} (\tan \alpha) \quad (17)$$

$$c = a / \cos \phi \quad (18)$$



Şekil 3.20. p ve q değerleri kullanılarak oluşturulan grafikten elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı parametreleri.

3.3.3. Yapay bozunma deneyleri

Yapay bozunma deneylerinin en önemli amacı, bir kaya malzemesinin uzun dönemde bozunma karşısında göstereceği performansı daha kısa bir zaman aralığında

belirleyebilmek ve söz konusu malzemenin yapıtaşı olarak kullanılabilirliğini ortaya çıkarabilmektir (Akın, 2008).

Çalışma alanının kuzey-kuzeydoğu kesiminde bulunan alandan alınan traverten bloklarından hazırlanan 7x7x7cm boyutlarındaki 57 adet küp örnek üzerinde ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristallenmesi deneyleri ASTM D5313 (1992), TS EN 12371 (2002) ve RILEM (1980) standartlarına göre uygulanmıştır (Şekil 3.21). Belirli sayıdaki örnek ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristallenmesi deneylerine tabi tutularak malzemenin deney öncesi ve sonrasındaki fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki değişimler belirlenmiştir. Bu kapsamda numunelerin ilksel fiziksel özellikleri kuru birim hacim ağırlık (Eşitlik 1), doymun birim hacim ağırlık (Eşitlik 2), gözeneklilik (Eşitlik 3), ağırlıkça su emme (Eşitlik 4) değerleri belirlenmiştir. Küp örneklerden 15 adedi deneye tabi tutulmadan önceki basınç dayanımı değerinin belirlenmesi amacıyla tek eksenli basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Bozunma deneyleri sonucunda belirlenen çevrimlerin tamamlanmasının ardından bu çevrimlerde çıkarılan örneklerin ilksel fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla her bir örneğin fiziksel ve mekanik özelliği çevrim sonrasında belirlenmiştir. Bu kapsamda çevrim sonunda çıkarılan örneklerin fiziksel ve mekanik değerleri belirlenerek başlangıç ve son durumdaki özellik değişimleri yorumlanmıştır.



Şekil 3.21. Yapay bozunma deney için hazırlanan küp traverten numuneleri.

3.3.3.1. Islanma-kuruma deneyi

Deney, ASTM D5313 (1992) standardına göre gerçekleştirilmiş olup, 7x7x7cm boyutlarındaki toplam 24 adet traverten örneği 80 adet ıslanma-kuruma çevrimine tabi tutulmuştur. Islanma işlemi sırasında örnekler yaklaşık 6 saat oda sıcaklığındaki su içerisinde bekletilmiş, daha sonra sudan alınan örnekler 24 saat süreyle $105\pm3^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutulmuştur.

Deney standardına göre 6 saatlik ıslanma ve 24 saatlik kuruma döngüsü, deneydeki 1 adet çevrime karşılık gelmektedir. Bu deneyde her 10 çevrimde toplam 24 adet örnekten 3'er tanesi örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin saptanması amacıyla döngüden çıkartılmıştır. Her 10 çevrimde bir alınan 3'er adet traverten örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişimini saptamak amacıyla doymuş ve kuru birim hacim ağırlık, gözeneklilik, değerleri ve tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenmiştir. Bu şekilde, ıslanma-kuruma etkisi altında kalmış örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler gözlenmiştir (Şekil 3.22).

Islanma-kuruma deneyinde 80'inci çevrim sonucunda travertenlerin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler karşılaştırılarak değişim oranları hesaplanmıştır. Bu deneylerin sonuçlarına ilişkin değerler ve analizler bölüm 4'de verilmiştir.

3.3.3.2. Donma-çözülme deneyi

7x7x7cm boyutlarındaki küp örnekler üzerinde uygulanan donma çözülme deneyinde, suya doymuş bir traverten örneğinde donma sonucu gözeneklerde gerilme koşulları oluşturularak kayanın gözenek suyu basıncının etkisi altında kalması sağlanmıştır. Bu deney TS EN 12371 (2002) standartlarına göre uygulanmıştır. Buna göre 13 saat süren bir çevrim sonucunda sıcaklık $+2$ ile -15°C arasında kademeli olarak azaltılıp arttırılmaktadır. Gözeneklerin suya doymuş hale gelmesi için örnekler donma işlemine tabi tutulmadan önce 48 saat süre ile suda bekletilmişlerdir. Donma çözülme aleti, örneklerin su içeriklerini kaybetmeyecek şekilde korunmasını sağlamıştır. Ancak, çevrimler sırasında örneklerin doymuşluğunu yitirmesi durumunda örnekler yeniden suya doyurulmuştur. Böylelikle gözeneklerin çevrimler sırasında devamlı olarak suya

doygun halde kalmaları sağlanmıştır.

Donma-çözülme deneylerine 18 adet 7x7x7cm küp traverten örneği üzerinde yapılmıştır. Donma-çözülme deneylerinde uygulanacak çevrim sayısının belirlenmesinde genellikle kayaların bulunduğu bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak donma-çözülme sayıları belirlenmektedir. Doğu Anadolu Bölgesinin iklimsel özelliklerine bakıldığında çevrim sayısının 30 olması uygun görülmüştür (Binal ve ark., 1997). Donma-çözülme çevrimleri sonucunda sarı traverten örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi amacıyla her 5 çevrim sonunda 3 adet örnek çevrimden çıkarılarak fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimin belirlenmesine yönelik deneylere tabi tutulmuşlardır. Her 5inci çevrim sonunda çıkarılan örneklerin kütle değişimleri, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, gözeneklilik ve tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenmiştir. Bu şekilde donma-çözülme etkisi altında örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde oluşan değişimler belirlenmiştir (Şekil 3.23).

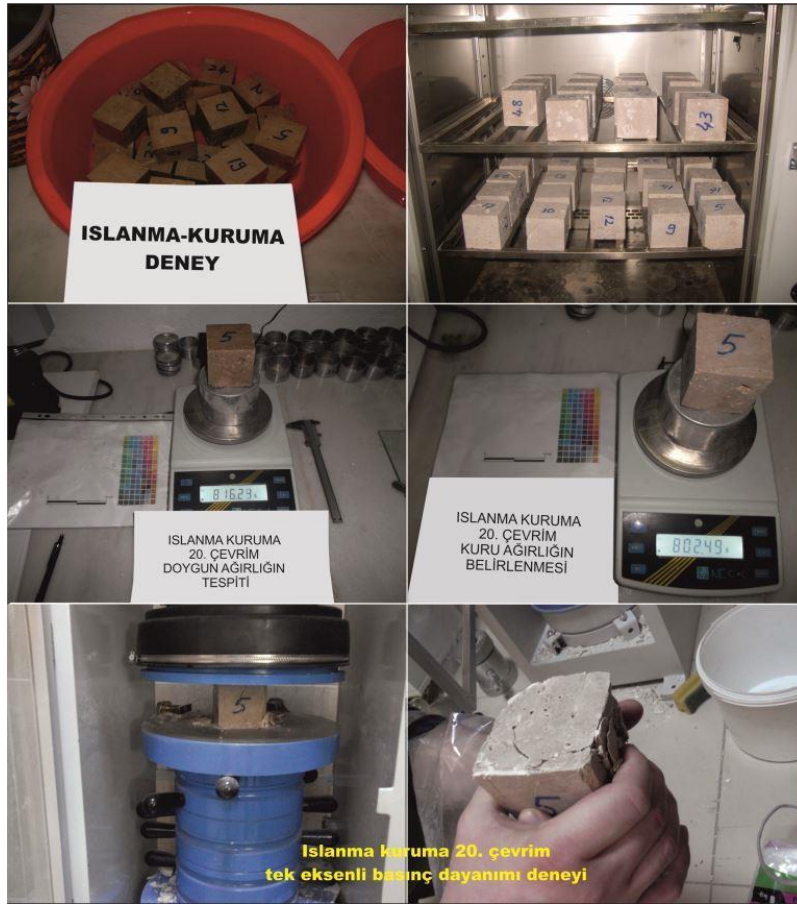
Donma-çözülme deneyinde 30 adet çevrim sonucunda travertenlerin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Deney sonuçları ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler bölüm 4'ün altında verilmiştir.

3.3.3.3. Tuz kristallenmesi deneyi

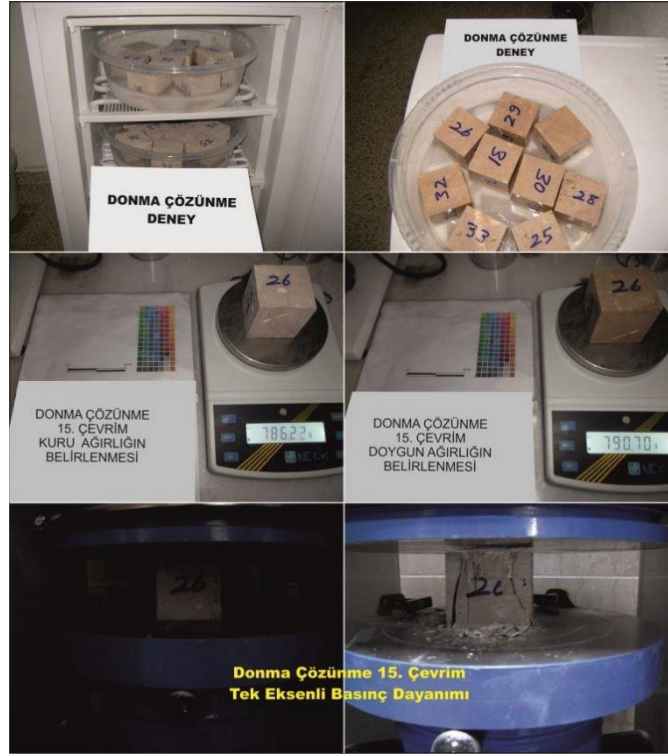
Yapıtaşlarında meydana gelen bozunmada tuz kristallenmelerinin önemli bir yeri olduğunu bilinmektedir (Cooke, 1994; Benavente ve ark., 2004; Ruiz-Agudo ve ark., 2007; Akın, 2008). Kayaların gözeneklerinde atmosferik olayların (yağmur, rüzgâr vb.) etkisi ile biriken sülfat bileşimli tuzların, suyun etkisi ile çözünüp, daha sonra suyun ortamdan ayrılması ile kuruyarak yeniden kristallenmesi sonucunda oluşan basınçlar gözenek çeperlerinde etkili olmaktadır (Akın 2008). Traverten gibi gözenekli kayalarda kristallenme basınçları, bozunmayı hızlandırmakta ve kayanın duraylılığını kaybetmesine neden olmaktadır (Akın 2008). Tuz kristallenmesi deneyinin en önemli amacı, doğal koşullar altında tuz kristallenmesi sonucu oluşan basınçların, kayalar üzerindeki etkisinin deneysel olarak benzeşiminin sağlanmasıdır.

Çalışma alanından alınan 7x7x7cm boyutlarındaki 15 adet küp travertenlerin tuz

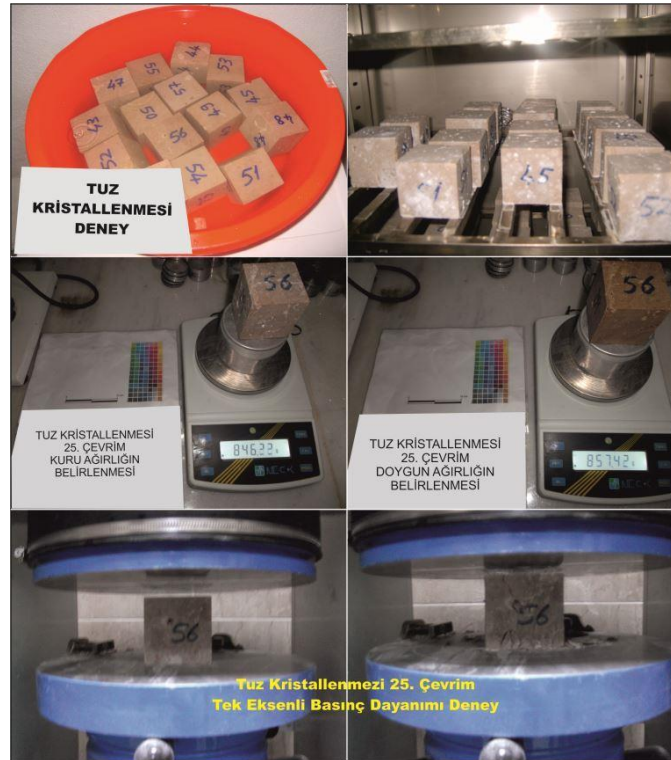
kristallenmesi sonucunda gösterdikleri davranışın ve kristallenme basınçlarına karşı dayanımlarının belirlenmesi amacıyla laboratuvarda tuz kristallenmesi deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde $MgSO_4$ tuzu kullanılarak deneyler RILEM (1980) standartlarına göre yapılmıştır. Buna göre, örnekler %14 magnezyum sülfat çözeltisi içerisinde tam olarak batırılmış ve 2 saat bekletilerek gözeneklerin tuz çözeltisi ile doyması sağlanmıştır. Çözeltiden alınan örnekler su ile yıkandıktan sonra $105 \pm 5^\circ C$ 'lik fırında 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Yapılan bu işlem bir çevrime karşılık gelmekte olup, bu şekilde 25 adet çevrim uygulanmıştır. Deneyde her 5 çevrimde bir deneyden 3 adet örnek alınarak fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimler saptamak amacıyla deneyler uygulanmıştır (Şekil 3.24). Çevrim sonunda başlangıçtaki fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki değişimler karşılaştırılarak değişim oranları saptanmıştır. Deney sonuçları ve deneye ilişkin değerlendirmeler 4üncü bölüm altında verilmiştir.



Şekil 3.22. Islanma-kuruma deneyi çalışmaları.



Şekil 3.23. Donma çözünme deneyi çalışmalarına ait görüntüler.



Şekil 3.24. Tuz kristallenmesi deneyi çalışmalarına ait görüntüler

3.4. Değerlendirme ve Tez Yazım Çalışmaları

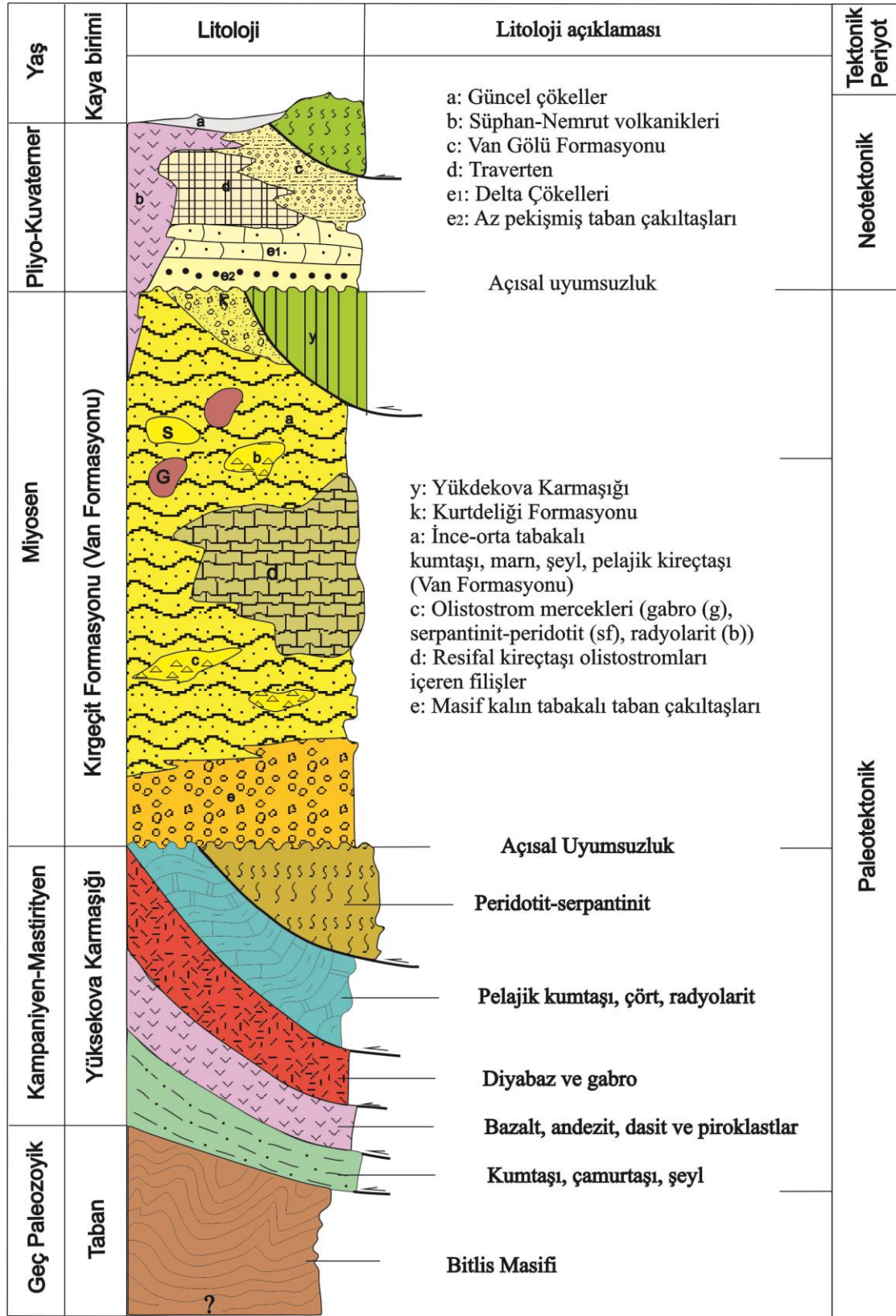
Değerlendirme ve tez yazım çalışmaları araştırmanın önemli bir boyutunu kapsamaktadır. Bu kapsamda arazi ve laboratuvar çalışmaları esnasında elde edilen veriler analiz edilerek değerlendirilmiş ve teze aktarılmıştır. Bu analizler esnasında çeşitli hesaplamalar yapılmış ve bir kısım bilgisayar programından yararlanılmıştır. Öncelikle arazi çalışmaları esnasında topografik harita üzerine oluşturulan jeoloji haritası sayısal ortama aktarılarak CorelDRAW X.5, Surfer 8, MapSource, Global Mapper, ArcCIS gibi yazılımlardan yararlanılarak jeoloji haritası, jeolojik kesitler ve çizimler oluşturulmuştur. Schmidt çekici değeri, tabaka eklem ve ölçüleri, eklem özellikleri gibi parametreler ve bu parametrelere ait lokasyonlar Excel programında oluşturulan tablolara aktarılmıştır. Yine laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler oluşturulan Excel tablolarına aktararak gerekli hesaplamalar bu tablolar aracılığıyla yapılmıştır. Bu bağlamda travertenin nokta yükü dayanımı için çeşitli lokasyonlardan alınan örneklerin deneye ilişkin verileri belirlenerek hesaplamalar bu Excel tablolarına aktararak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerine ilişkin deney verilerinden elde edilen birim hacim ağırlıklar, porozite, boşluk oranı, suda dağılmaya karşı dayanım, tuz kristallenmesi, donma-çözünme, tek eksenli basınç dayanımı ve benzeri deney verileri hazırlanan Excel tablolarında gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Schmidt çekici, nokta yükü dayanım indeksi gibi bazı deney verilerinde elde edilen değerler Surfer 8, programına aktararak travertene ilişkin arazinin dayanım haritası çıkarılmıştır. Araziden elde edilen tabaka ve eklem ölçüleri Dips programına aktararak eğim yönüne bağlı gül diyagramı çizimleri oluşturulmuş ve çalışma alanının gerilme koşulları belirlenmiştir. Çalışmalarda Google Earth uydu görüntülerinden yararlanarak bu programdan alınan görüntüler üzerinde çeşitli çizim ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu sayısal ortam çalışmalarının dışında laboratuvar deneyleri ve saha çalışmaları esnasında yapılan gözlem ve hesaplamalar da bulunmaktadır. Bu hesaplamalarda literatürden alınan eşitlikler ve grafiksel yorumlamalar kullanılmıştır. Bu verilerden elde edilen parametreler ve çıkarımlar neticesinde sayısal ortamda Office Word programı vasıtasıyla bilgisayar destekli yazılmıştır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1. Jeoloji ve Stratigrafi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde jeoloji, tektonik, jeoteknik ve hidrojeoloji konularında bir çok çalışma yapılmış olup Van Gölü havzasının genel jeolojik özellikleri ortaya çıkarılmıştır (Degens ve ark., 1978; Aksoy, 1988; Acarlar ve ark., 1991; Üner, 2003; Özkaymak, 2003; Sağlam, 2003; Özvan, 2004; MTA, 2007; Üner ve ark., 2010; Koçyiğit, 2013) (Bkz. Şekil 2.1). Bu çalışmalara göre Van Gölü havzası en altta Bitlis Masifine ait Geç Paleozoik yaşlı metamorfik birim ile başlamaktadır. Bu birim üzerine bölgenin doğu kesimlerinde yaygın bir şekilde gözlenen Yüksekova Karmaşığı tektonizma kontrollü olarak yerleşmiştir. Yüksekova Karmaşığının üzerine açısız uyumsuz olarak bazı çalışmalarda Kırkgeçit Formasyonu olarak adlandırılan (Perinçek, 1978; Aksoy, 1988; Koçyiğit, 2013) Alt-Orta Miyosen yaşlı Van Formasyonu gelmektedir. Tüm birimler açısız uyumsuzluk ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı traverten, göl, delta, güncel alüvyon çökelleri ve volkanizma tarafından kesilen birimler tarafından üzerlenmektedir (Şekil 4.1).

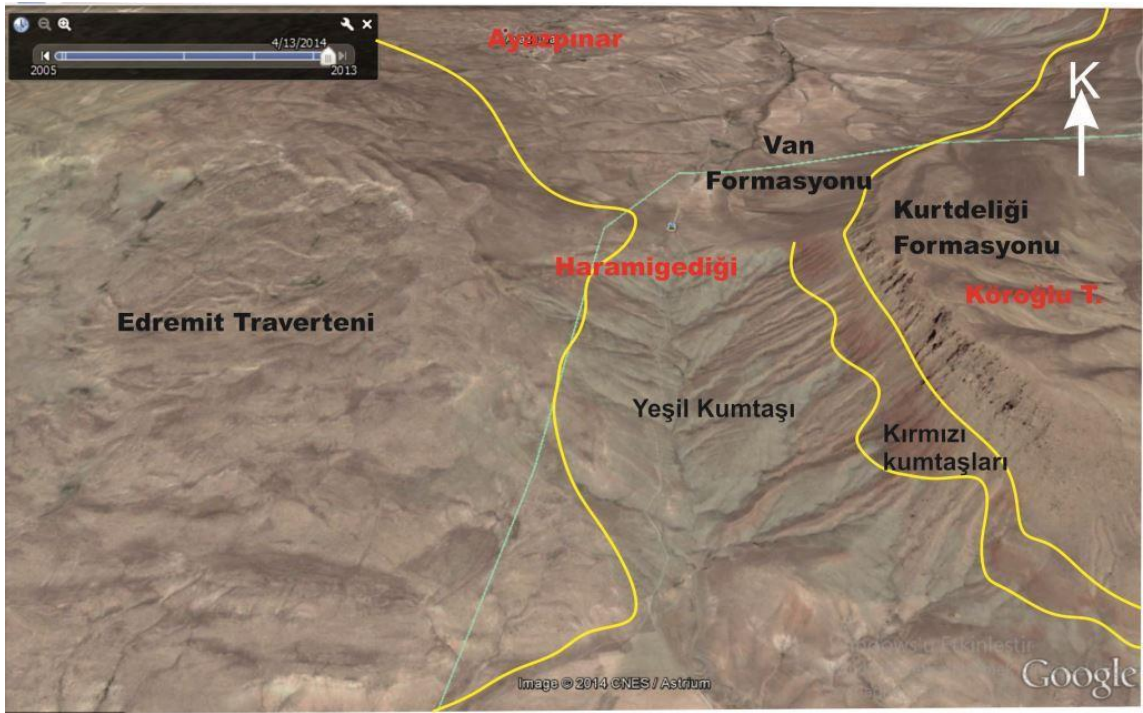
Tez alanında, yapılan arazi ve literatür çalışmalarında, jeolojik birimlerin yaşlıdan gence doğru sırasıyla, Alt-Orta Miyosen yaşlı Van Formasyonu, Geç Miyosen yaşlı Kurtdeği Formasyonu, Kuvaterner yaşlı Edremit Traverteni ve Kuvaterner yaşlı Van Gölü Formasyonu ile güncel çökellerin yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Yapılan arazi çalışmaları neticesinde bu birimlerin sınırları topografik haritaya işlenerek, çalışma alanının jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.4).



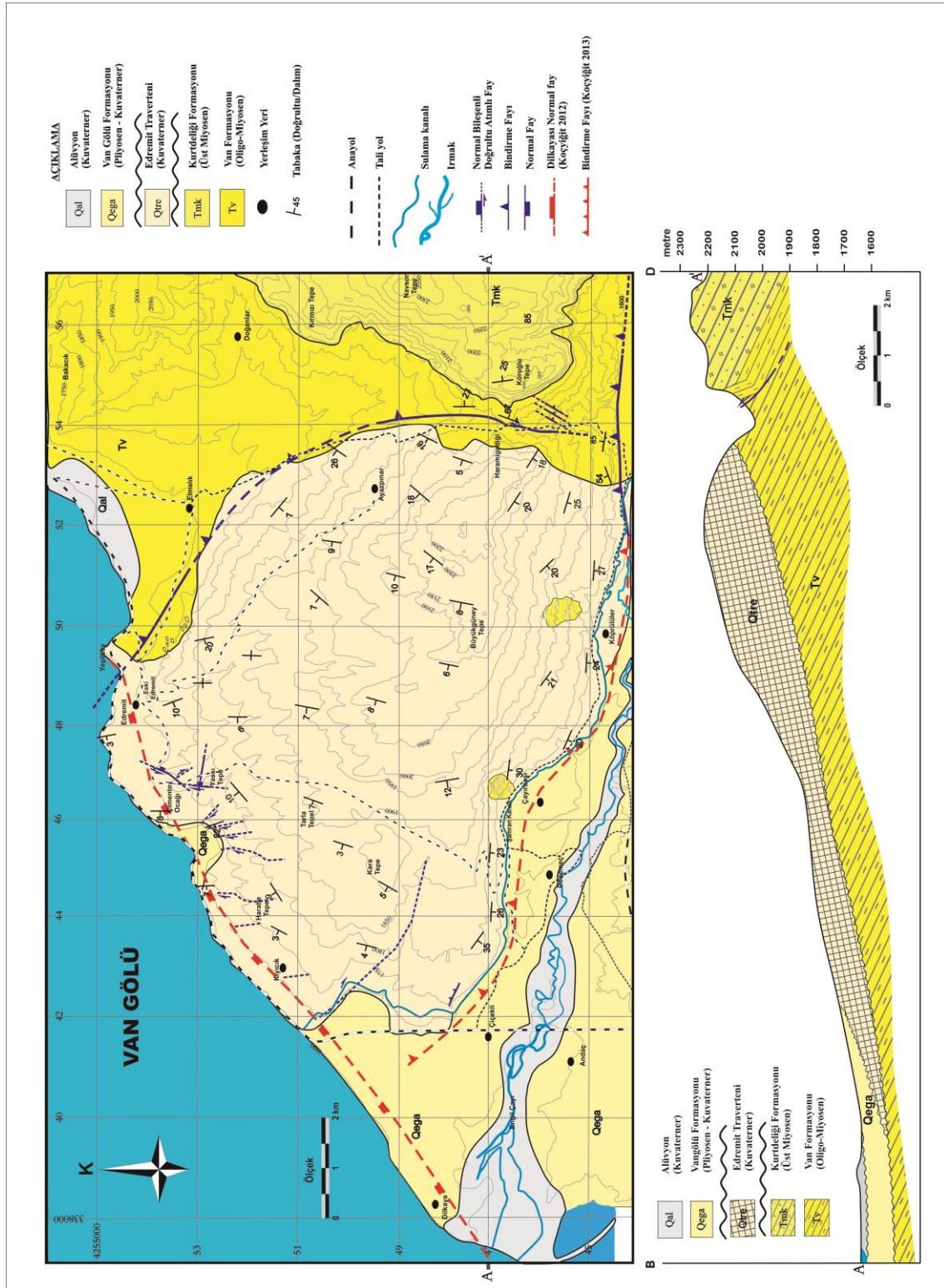
Şekil 4.1. Bölgenin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kolon kesiti (Koçyiğit, 2013'den değiştirilmiştir).



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki birimlere ait genel bir görüntü (Gürpınar ovası mevkii, bakışyönü kuzey)



Şekil 4.3. Çalışma alanı Formasyon sınırları uydu görüntüsü (Google Earth, ölçeşsiz).



Şekil 4.4. Çalışma alanına ait jeoloji haritası ve A—A' kesiti.

4.1.1. Van Formasyonu

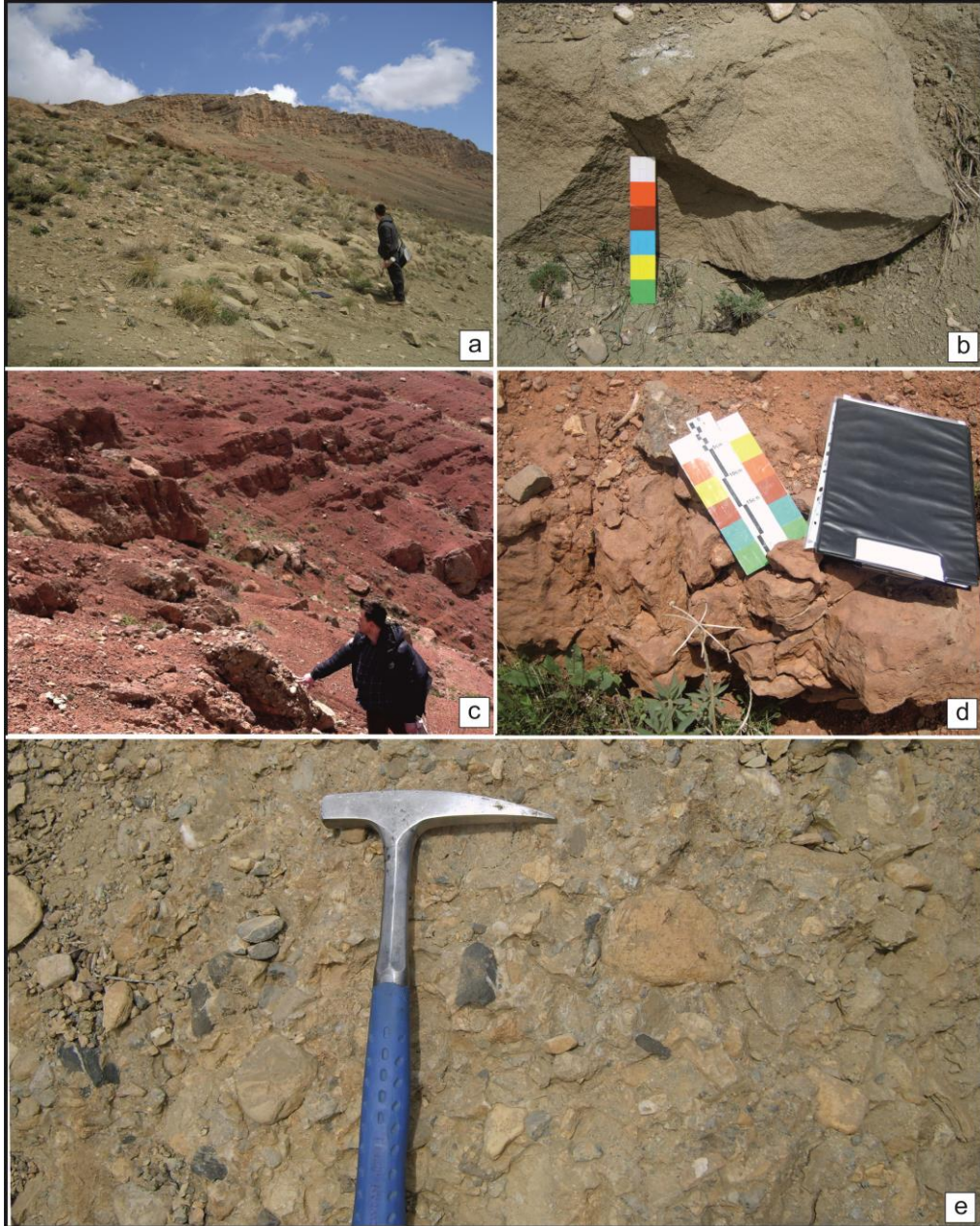
Van Formasyonunun arazide en iyi Haramigedik vadi mevkiinde gözlenmektedir. Formasyon, (tabanda ince-orta taneli), yeşilimsi renk tonlarında gözlenen kumtaşları ile başlamakta ve üst seviyelere doğru daha (iri tane) boylu yeşilimsi renk tonlarına sahip kumtaşı ile son bulmaktadır. İnceleme alanındaki kumtaşı tabakaları, birimi oluşturan tabakalar yer yer 0-10 cm ile 10-30cm arasında (ince – orta) tabakalı olduğu belirlenmiştir. Tabakalar yaklaşık 30° lik açılarla doğu-kuzeydoğu yönelimli olarak ölçülmüştür. Formasyonun en üst seviyelerinde ise, orta-iri taneli, yer yer 3 – 15 cm arası boylarda çakıl içeren, kırmızımsı renk tonlarına sahip, ince – orta tabakalı kumtaşı seviyelerinin olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.5). Birim içerisinde gözlenen bu çakıl tanelerinin ofiyolitik melanjin ürünleri olan serpentine, radyolarite ve peridotite ait çakılları olduğu belirlenmiştir. Birimde gözlenen yeşilimsi renk tonlarının denizel ortama, kırmızımsı renk tonlarının ise karasal ortama işaret ettiği düşünülmektedir (Şekil 4.6).

Birim ilk olarak Acarlar ve ark. (1991), tarafından Van Formasyonu olarak tanımlanmıştır ve birimin tipik olarak Kurubaş, Doğanlar ve Aşıt Köyleri civarında gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu çalışmada da bu isim kullanılmıştır. Perinçek (1978), Van ilinin güney kesimlerinde yaptığı çalışmalarda Van Formasyonu ile özdeş olan kaya birimlerini Kırkgeçit Formasyonu olarak adlandırmıştır. Kırkgeçit Formasyonu ismi, Aksoy (1988) ve Koçyiğit (2013) tarafından da kullanılmıştır.

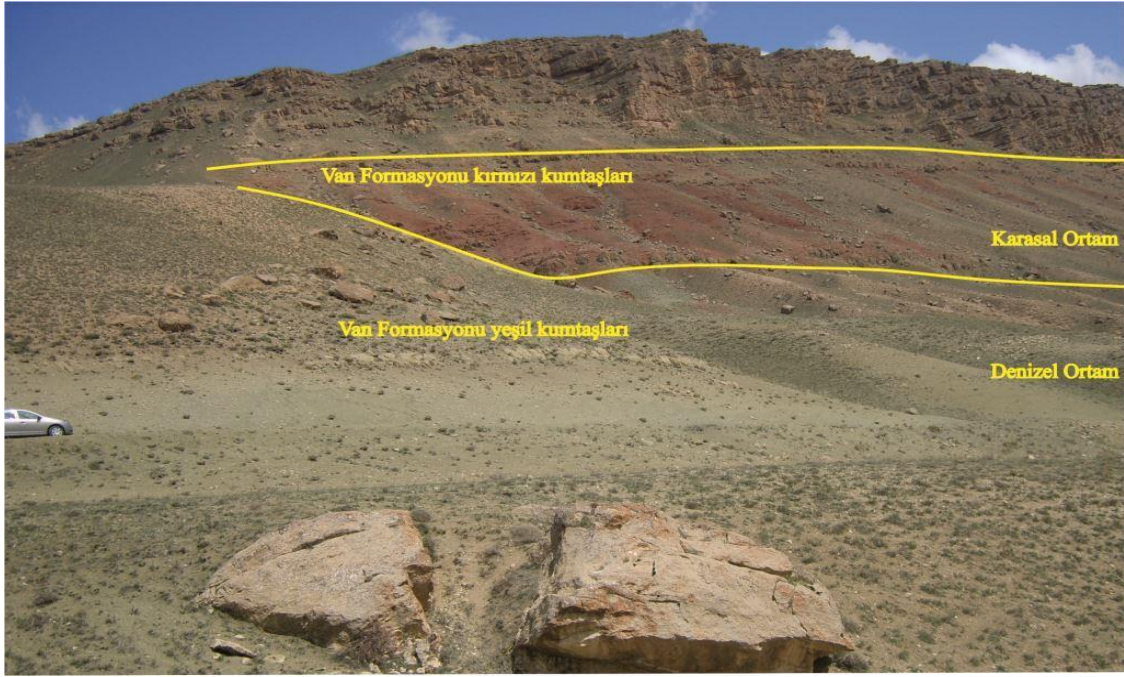
Sağlam (2003), tarafından yapılan çalışmada, formasyonun tabanında yer alan bentonik foraminiferli – algli – ekinitli istiftaşı- tane taşı fasiyesinde tanımlanan mikro ve makro fauna fosil içeriğine göre birimin alt kesimlerinin Alt Miyosen yaşlı olduğu, bu istifin üzerinde yer alan kalkarenit ve şeyller içerisinde yer alan mikro faunaya göre de Orta Miyosen yaşlı olduğu belirtilmiş ve kapsadığı fosil içeriği ile üst sınır ilişkilerine bağlı olarak birime Alt-Orta Miyosen yaşı verilmiştir. Bu çalışmada birimin yaşı Alt-Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda birimin sığ karbonat şelfinden derin karbonat şelfine ve havzaya değişim gösteren ortamlarda çökeldiğini belirtilmiştir (Acarlar, 1991; Sağlam, 2003; Özkaymak, 2003;). Arazide gözlemlenen üst seviyelerdeki kırmızımsı renk

tonları ve alt seviyelerdeki yeşilimsi renk tonlarına bakıldığında birimin kara ile deniz arası geçiş ortamına ait özellikleri yansıttığı, bu nedenle de birimin kıtasal şelf ortamlarında çökeldiği ve tabandan tavana doğru tane boyunda gözlenen artış nedeniyle regresif istif olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Çalışma alanında gözlenen Van Formasyonu: Tabanda gözlenen yeşil renkli kumtaşları (a,b), üstte gözlenen kırmızı renkli kumtaşları (c,d), üst seviyelerdeki birimler içerisindeki ofiyolitik melanja ait çakıl taneleri (e).



Şekil 4.6. Van Formasyonunun geçiş ortamında çökelimini işaret eden kırmızı ve yeşil renk tonlarındaki seviyelerine ait bir görüntü.

4.1.2. Kurtdeliği Formasyonu

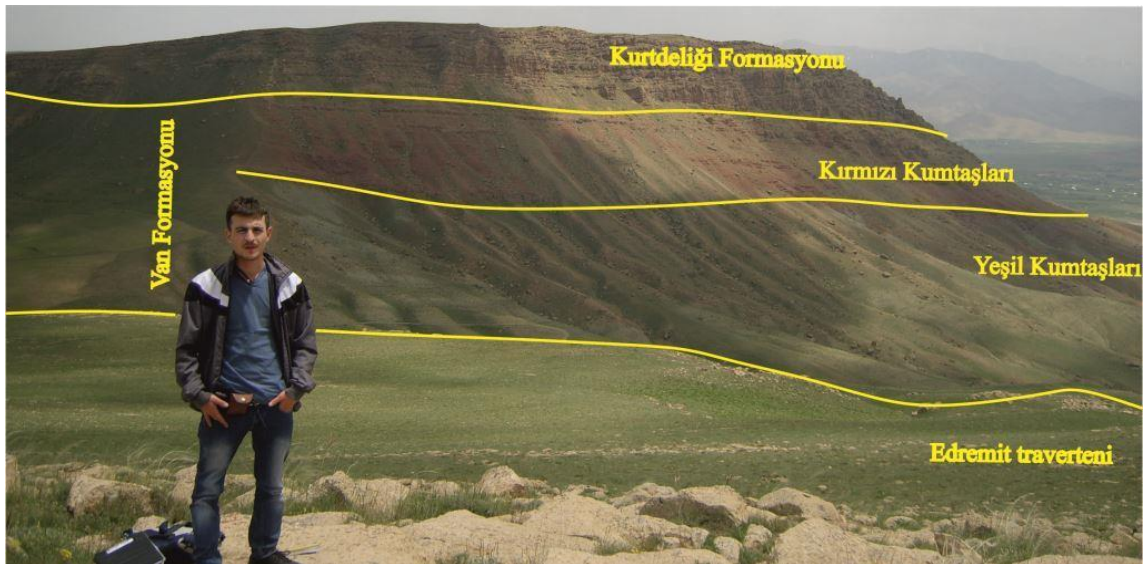
Çalışma alanında Haramigedik vadisinin doğusunda, Köroğlu tepe mevkiinden Kırmızı tepe mevkiine doğru vadinin en üst kotu boyunca uzanan yaklaşık 30-40 metre kalınlıktaki birim, sarımsı, grimsi renk tonlarında gözlenmektedir. Karasal çökelimin ürünü olan birim, yer yer kolay dağılan bir yapı sunmaktadır. Birim çalışma alanında, Van Formasyonunun kırmızı renkli kumtaşı seviyesinin üzerinde (Şekil 4.7 - 4.8), genelde 100 cm'yi aşan kalınlıklara sahip, çok kalın tabakalı olarak gözlenmektedir. Tabakaların genel eğim yönü 25-30° arasındaki eğim açıları ile doğuya doğrudur.

Birim, Acarlar ve ark. (1991), tarafından Kurtdeliği Formasyonu olarak adlandırılmıştır ve stratigrafik konumuna göre birime Üst Miyosen yaşı verilmiştir. Bu çalışma kapsamında da Kurtdeliği Formasyonu adı kullanılmış ve Üst Miyosen yaşı olarak kabul edilmiştir. Aynı çalışmada, Acarlar ve ark. (1991), birimin tipik bir alüvyon yelpazesi çökeli olduğunu ve içerdiği jipslerin ise evaporitik göl çökeli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma alanında birim içerisinde gözlenen oldukça farklı

boyutlardaki taneler birimin bir yelpaze çökeli özelliğine sahip olabileceğini doğrulamaktadır.



Şekil 4.7. Kurtdeliği Formasyonu ile Van Formasyonu sınırı (Haramigedik Vadisi mevkii, bakış yönü güneydoğu).



Şekil 4.8. Çalışma alanında bulunan formasyonların sınır ilişkilerine ait bir görüntü (Haramigedik vadi, bakış yönü güneydoğu).

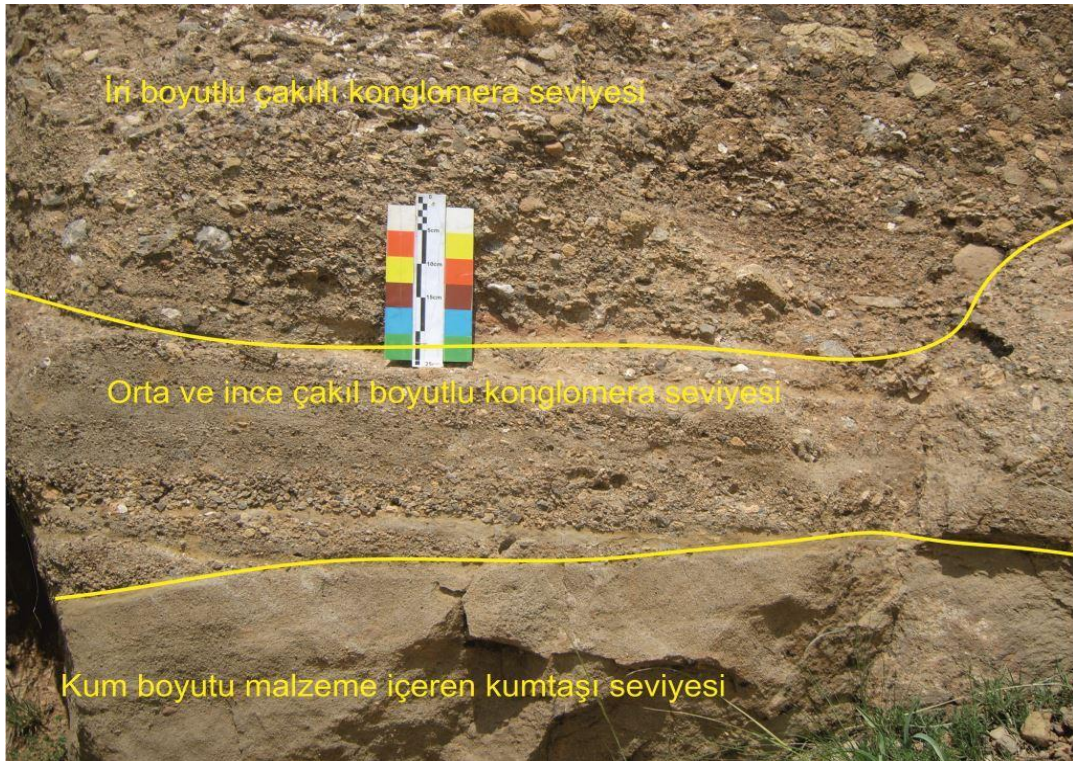
Çalışma alanında birimin genel olarak kalın – çok kalın tabakalı, çakıltası, kumlu çakıltası ve yer yer de kumtaşı seviyelerini içerdiği gözlenmiştir (Şekil 4.9). Birimin, kum boyundan, 25-30 cm’yi bulan boylara sahip çakıla kadar değişen taneler içerdiği, kötü boylanmış olduğu ve birim içerisinde bazı seviyelerde tabandan tavana doğru artan bir tane boyuna sahip tabakalanmanın varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.10). Birim içerisinde gözlenen çakıllar farklı türden kayalardan oluşmakla birlikte, bölgede yer alan ofiyolitik melanjin parçaları birim içerisinde ağırlıklı olarak gözlenmektedir (4.11).



Şekil 4.9. Çok kalın tabakalı Kurtdeği Formasyonuna ait genel ve yakın (a, b) görüntüler.



Şekil 4.10. Kurtdeliği Formasyonuna ait çakıltaşı tabakalarına ait bir görüntü.



Şekil 4.11. Kurtdeliği Formasyonunun bazı seviyelerinde gözlenen dereceli tabakalanmaya ait bir görüntü.

4.1.3. Edremit travertenleri

Çalışma alanının büyük bir bölümünü Edremit Travertenleri kaplamaktadır. Traverten, Haramigedik vadisinin batı kısmında ve vadinin üst kesimlerinden başlayarak, kuzeyde Ayazpınar köyü, güneyde Doğanlar köyü ve Çiçekli köyü ile batıda ise Van Gölüne kadar olan geniş bir alana yayılmıştır.

Birim, Acarlar ve ark. (1991), tarafından bu isim ile tanımlanmış olup kalınlığının en az 50-100 metre arasında olduğu belirtilmiştir. Degens ve ark., (1978), tarafından bölgede oluşan travertenlerin Pleyistosen volkanizmasına bağımlı geliştiği ve çözülmüş karbonatlarca zengin suların yüzeye çıkmasıyla oluştuğu ve yaşı en az 40000 yıl en fazla 100000 yıl olduğu belirtilmiştir.

Birim çalışma alanının doğu kesimlerde Van Formasyonunun üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmiştir. Edremit Travertenleri ile Van Formasyonunun özellikle kuzeydoğu kesimlerindeki sınır hattı boyunca iki birim iç içe girmiş, karışık olarak gözlenmektedir. Bu alanlarda Van Formasyonu içerisinde traverten blokları gözlenmektedir. Özellikle, Ayazpınar köyü mevkiinde bu oluşumların geniş bir alanı kapladığı belirlenmiştir (Şekil 4.12).

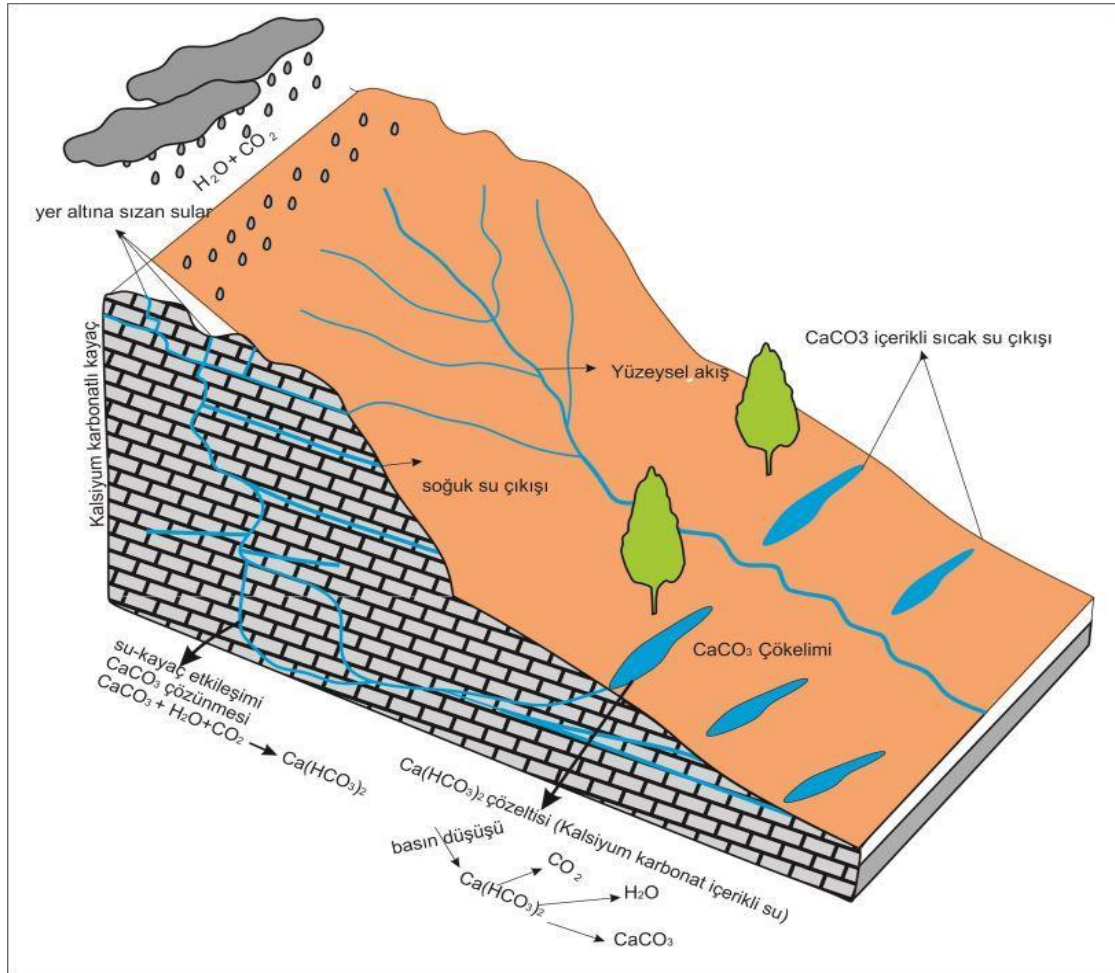
İnan ve ark. (1985), Aydın (1996), Şen (2006), Kaplan (2010), Pedley (2009) gibi araştırmacıların farklı travertenler üzerinde yaptıkları çalışmalar ve tanımlamaları göz önüne alındığında, Edremit Traverteninin oluşumunun tamamen sedimanter süreçlerle ilgili olarak geliştiği düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışma alanı çevresinde bulunan hidrotermal yer altı sularının kayalar içerisindeki dolaşımı esnasında, özellikle suda çözünme oranı yüksek olan CaCO_3 içerikli kayalarla etkileşimi sonucu bu kayalardan çözdükleri sedimanları bünyesine alır. Bu sular herhangi bir kırık, çatlak veya fay hattı boyunca bu suların yüzeye çıkmasıyla birlikte basıncın azalmasına bağlı olarak çökeltme ve depolama evresinin başlamış olabileceği düşünülmektedir. Yüzeye ulaşarak yüzeysel akışa geçen bu hidrotermal sular bünyelerindeki mineralleri yüzeyde biriktirmekte ve bu birikim sonucu Edremit Travertenini oluşturmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.12. (a) Van Formasyonu ve Edremit Traverteni sınırı, (b) Van Formasyonu içerisinde gözlenen traverten blokları; Köprülüler köyü kuzeyi, (c) Edremit mevkii.

Ayaz (2002)'deki tanımlamaya göre, morfolojik görünüşü bakımından Edremit Traverteni tabaka tip travertenler sınıfına girmektedir. Bölge genel olarak Van Gölüne doğru eğimli bir yapı sunmaktadır. Travertenin, yer altı suyunun çıkış noktasından itibaren eğimli yüzey boyunca akarak tabakalı bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. CaCO_3 'ca zengin su çıkışlarının art arda devam etmesiyle travertenin bugünkü yayılım ve kalınlığa ulaştığı tahmin edilmektedir. Bu birikimler sonucu oluşan tabakalanma topografyanın eğimiyle paralel olarak gelişmiştir ve bu nedenle çalışma alanında traverten tabakalarının yönelimi farklılık göstermektedir. Bu durumun temel sebebi

CaCO_3 birikiminin geliştiği topografyanın eğimli olmasındandır ve CaCO_3 birikimi o anki topografik eğime paralel olarak gelişmekte, doğal eğim kazanan traverten tabakalarının da bu şekilde oluştuğu düşünülmektedir. Tabakalardaki genel yönelimler 5° - 10° KB ve GB yönündedir. Çalışma alanı boyunca çok farklı derecelerde eğim açıları ölçülmüştür. Bu durumun temel sebebinin gelişen tektonik aktivitelerden ziyade topoğrafyanın eğimiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Topoğrafyanın eğimine paralel olarak uzanan traverten tabakaları çalışma alanı boyunca yatay ve yataya yakın konumlarda yoğun olarak gözlenmekle birlikte özellikle çalışma alanının güney kesimlerinde topoğrafya eğiminin dikleştiği alanlarda 25 - 30° derecelik açıları bulan eğimlerde de gözlenmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Edremit Traverteninin oluşumu için düşünülen süreçlere ilgili temsili şematik şekil.



Şekil 4.14. Çalışma alanı Ayazpınar köyünde gözlenen traverten tabakalarına ait bir görüntü (bakış yönü güneydoğu).

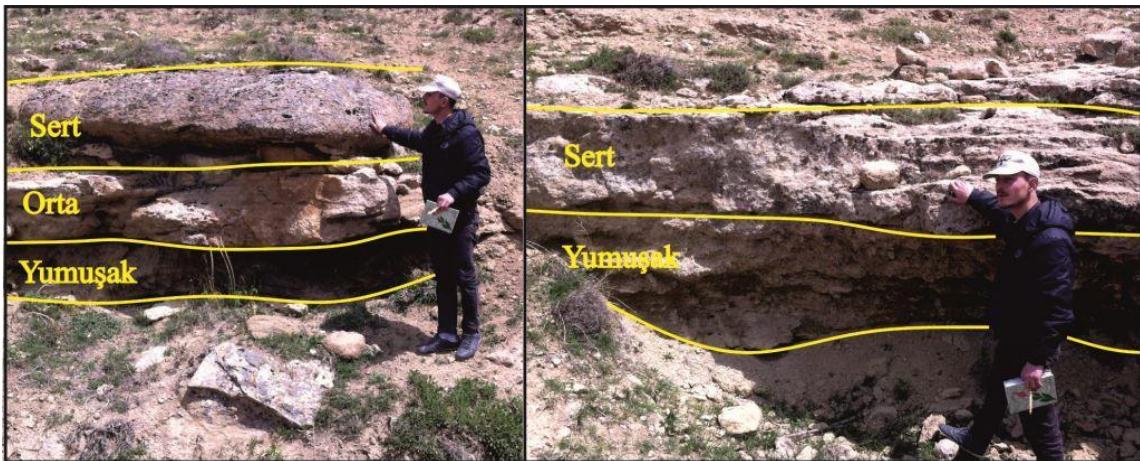
Bölgede yapılan çalışmalarda gölsel alanlarda meydana gelen CaCO_3 birikimleri neticesinde düzgün laminalı traverten oluşumları da gözlenmiştir. Gölsel alanlara ulaşan hidrotermal suda CO_2 kaçıışının yavaş olması nedeniyle yavaş bir CaCO_3 birikimi gerçekleşmekte ve bu durum düzgün laminalı bir traverten oluşumuna neden olmaktadır (Aksoy ve ark., 2001). Çalışma alanında yükseltinin bugünkü göl seviyesine yakın olduğu alanlarda bu tür düzgün laminalı traverten oluşumlarına rastlanmıştır (Şekil 4.15). Çalışma alanının Çiçekli Beldesi doğusunda mostra veren bu seviyeler, çok dar bir alanda bloklar halinde gözlenmektedir.



Şekil 4.15. Çalışma alanında yer alan laminalı traverten bloklarına ait bir görüntü.

Çalışma alanında yapılan incelemelerde renk, sağlamlık ve boşluk oranı gibi fiziksel özellikleri açısından farklılık sunan üç farklı tip traverten oluşumuna rastlanmıştır. Bu oluşumlardan birincisi, az boşluklu, yüksek dayanımlı ve bej renk tonlarına sahip kristalize masif özelliktedir. İkinci tür ise, boşluklu, yer yer bitki fosili içerikli, orta dayanımlı, bej renk tonlarında gözlenen kamış ve çalı tipi traverten ve üçüncüsü tip ise, boşluklu, bitki fosili içeriği yüksek, düşük dayanımlı, kırmızımsı ve kahvemsı renk tonlarına sahip ve genelde toprak yapısına sahip özelliklerdedir. Bu seviyeler yer yer üst üste, yer yer de biri birine yanal geçişli hallerde bulunabilmektedirler (Şekil 4.16).

Çalışma alanının doğu kesimlerinde genelde kristalize özelliğe sahip traverten seviyesi bulunmaktadır. Çalışma alanının batı kesimlerde bu az boşluklu yüksek dayanımlı travertenin yerini, yer yer bitki fosili içerikli ve boşluklu, bej renk tonlarında gözlenen traverten seviyeleri almaktadır. Özellikle, Van Gölüne yakın ve yükseltinin daha düşük olduğu alanlarda bu iki traverten oluşumundan oldukça farklı özellikler sunan kamış ve çalı tipi travertenin hakim olduğu ve genellikle toprağımsı yapıları seviyeleri gözlenmektedir. Kılıç ve Yavuz (1994), yapmış oldukları çalışmalarda bu tür çok gözenekli süngerimsi travertenlerin aslında tufa olduğunu belirtmişlerdir. Fakat bu ayrımın net bir şekilde ortaya konulabilmesi için bu tez çalışmasının kapsamı dışında kalan ayrıntılı fasiyes analizinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.16. Çalışma alanında gözlenen farklı yapısal özelliğe sahip traverten oluşumları (Tarla tepe mevki).

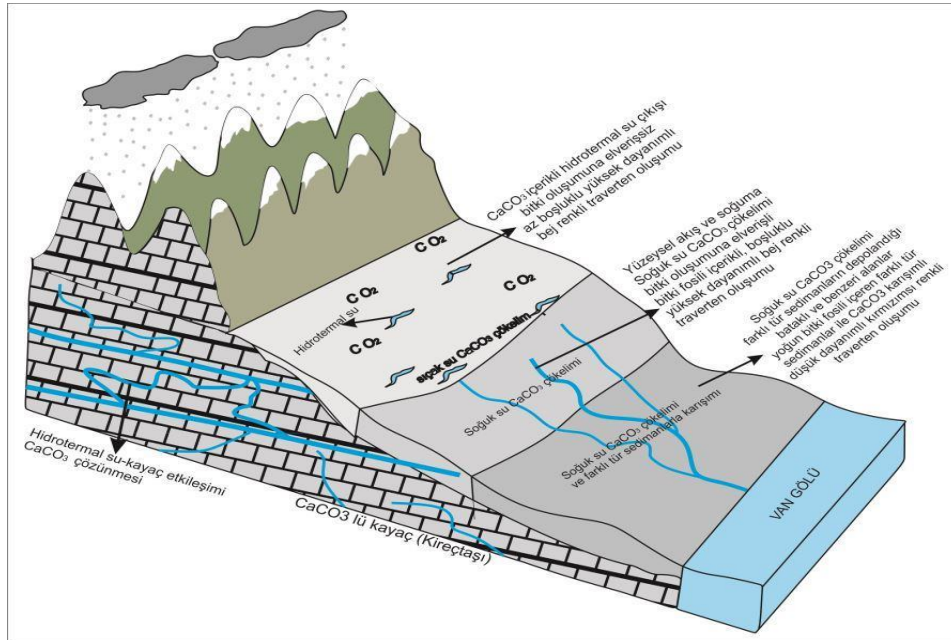
Şen (2006) ve Kaplan (2010) yaptıkları çalışmalarda traverten yapısındaki farklılıkların su sıcaklığı ile ilgili olduğunu, sıcak sulara bağlı çökelen CaCO_3 ile soğuk sulara bağlı çökelen CaCO_3 çökelimleri neticesinde oluşan travertenlerin farklı yapısal ve dokusal özellikler sergilediğini belirtmişlerdir. Bu kapsamda, Edremit Traverteninde gözlenen bu yapısal farklılıklarında hidrotermal su sıcaklığının ve çökeltme ortamı farklılığından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. CaCO_3 taşıyıcısı olan hidrotermal su yüzeye çıktığı andan itibaren basınç azalmasının etkisiyle taşıdığı sedimanları çöktirmeye başlar. Su yüzeye çıktığı anda yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu için bu bölgelerde bitki ve kamış oluşumu gibi biyolojik unsurların yaşamasına imkan vermez ve diyajenez sürecinde bünyesinde bu tür bitki boşlukları yer almaz ve yalnızca yer yer gaz boşlukları gözlenen travertenler oluşur (Şen, 2006). Bilindiği üzere genellikle sıcaklık artışı suyun çözünürlüğünü artırır, fakat ekzotermik reaksiyonlarda bunun tam tersi bir durum söz konusudur. CaCO_3 'ın da sıcaklıkla birlikte çözünürlüğü azalır ve çökler. Şen (2006), sıcak su çıkışının olduğu alanlarda daha yoğun bir CaCO_3 çökelişi geliştiğini belirtmektedir. Çalışma alanının doğu kesimlerinde yer alan traverten oluşumlarının da bu şekilde sıcak sudan itibaren çökelererek CaCO_3 bileşimi yüksek, yüksek dayanımlı travertenleri oluşturduğu düşünülmektedir.

Şen (2006) ayrıca, soğuk su travertenlerinin boşluklu, organik madde içeriğinin fazla ve koyu renkli olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanının batı kesimlerinde gözlenen boşluklu, bitki fosili içerikli, bej renk tonlarında gözlenen travertenin de su sıcaklığının atmosferik etkenlerle düşmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Yüzeye çıkan hidrotermal sular çıktıkları noktadan itibaren topografik eğim doğrultusunda yüzeysel akışa geçtiği ve bünyelerinde bulunan CaCO_3 ile birlikte taşındığı ön görülmekte ve bu hidrotermal su yüzeyde atmosferik koşullar altında kısmen soğuyarak bu soğuma esnasında ve ya sonrasında da içeriklerini çöktirmeye devam edeceği düşünülmektedir..

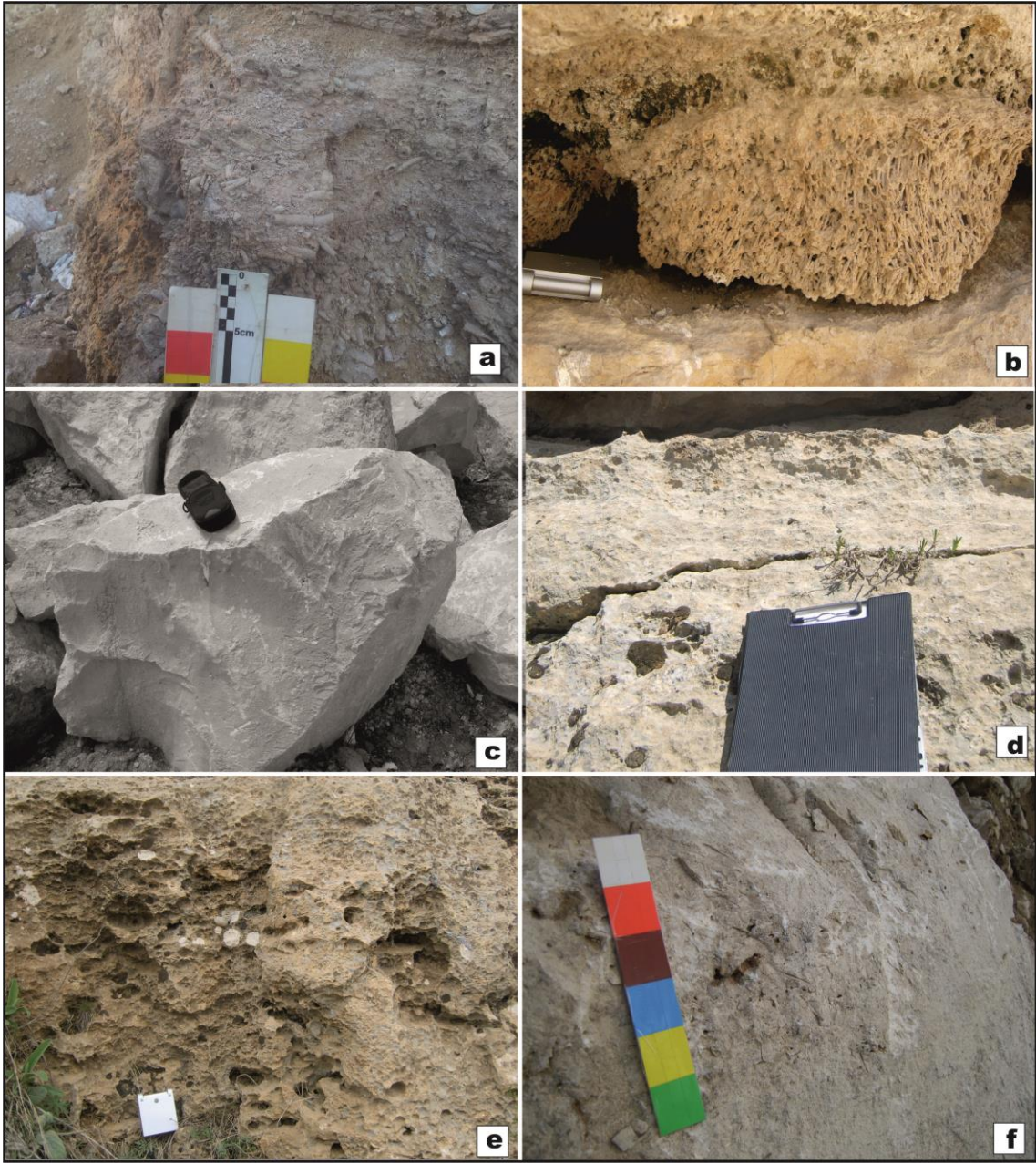
Şen (2006), soğuk su travertenlerinin düşük sıcaklık ve az miktarda çözünmüş madde oranının ot, bitki, yosun ve çalılarının gelişmesine neden olduğunu ve soğuk su travertenlerinin boşluklu ve organik madde içeriğinin fazla olduğunu belirterek bu tür travertenlere kalker tüfü adı verildiğini belirtmiştir. Bu tanıma göre, bölgede gözlenen bir diğer oluşum şekli olan kırmızımsı renkli, yoğun bitki fosili içerikli, süngerimsi ve düşük dayanımlı travertenlerin soğuk su çökelişi neticesinde oluştuğu

düşünülmektedir. Bu oluşum modelinin ise; yüzeye ulaşan hidrotermal suyun yüzeysel akışla bataklık, göl, vadi gibi bir boşalım alanına ulaşınca kadar devam edeceği bu akış esnasında hidrotermal suda atmosferik etkenlerle kısmen veya tamamen bir soğuma meydana geleceği ön görülmektedir. Bu soğuyan sudan itibaren meydana gelen CaCO_3 çökeliminin bu tür boşluklu, düşük dayanımlı, bol bitki fosili içerikli travertenleri oluşturduğu düşünülmektedir.

Kaplan (2010), bazen traverten dokularının suyun tekrar soğuduğu alanlarda tufa dokusuna geçebildiğini, bu tufaları düşük Mg – karbonat içerikli soğuk tatlı suların oluşturduğunu, makro ve mikro ölçekte hayvan ve bitki kalıntısı içerdiklerini belirtmektedir. Travertenler sıkı dokulu, laminalı ve tabakalı yapıya sahipken, tufaların süngerimsi, gözenekli, gevşek bir yapıya sahip oldukları ve travertenlerin tufalara göre daha sert ve yüksek dayanımlı oldukları bilinmektedir (Kaplan, 2010). Bu bağlamda bölgede yer alan farklı yapısal özellikler gösteren traverten türlerinin de bu şekilde bir oluşum mekanizması neticesinde meydana geldiği düşünülmektedir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18). Travertenin bünyesinde yer alan kamış ve bitki fosillerinin varlığı da gölsel alanlara ve bataklık ortamlarına işaret etmektedir.



Şekil 4.17. Çalışma alanında gözlenen travertenlerin yapısal ve fiziksel farklılıklarını meydana getirdiği düşünülen oluşum mekanizmasını gösteren temsili şekil.



Şekil 4.18. Çalışma alanında gözlenen farklı yapısal ve fiziksel özelliklere sahip traverten oluşumları. (a, b) Trv3 türü travertenler, (c, d) Trv1 türü travertenler, (e, f) Trv2 türü travertenler.

Çalışma alanında gözlenen farklı tip travertenler birbiriyle oldukça geçişli ve karmaşık bir yapı sunmaktadır. Aynı lokasyonda bu üç farklı oluşumu gözlemlemek mümkündür. Özellikle çalışma alanının Van Gölüne yakın kesimlerinde düşük dayanımlı traverten oluşumları ile orta dayanımlı boşluklu traverten oluşumları oldukça geçişli bir yapı sunmakta ve bu nedenle inceleme alanındaki farklı tür travertenlerin

sınır ayrımının net bir şekilde yapılmasını mümkün kılmamaktadır. Bu durum bölgede yapılan bir karotlu sondaj çalışmalarında da gözlenmektedir. Sondaj esnasında ilk 1.5 metreden karot numune alınamamış olup kuyudan çıkan su incelendiğinde çıkan malzemenin sondaj ilerlemesi sırasında elmas uç ve su etkisiyle dağılan düşük dayanımlı, toprağımsı yapıya sahip traverten seviyesine ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.19). İlk 1.5 metreden sonra düşük verimle de olsa karot alınmaya başlanmış olup alınan karotların yine düşük dayanımlı, boşluklu, kırmızımsı renkli traverten olduğu gözlenmiştir (Trv3). Sondaj ilerleme mesafesi olan 12 metre boyunca genel olarak kırmızı renkli düşük dayanımlı travertende ilerleme olmuş ancak ara ara düşük RQD'ye sahip (%20-25) az boşluklu bej traverten seviyesi de (Trv2) kesilmiştir. Bazı kesimlerde yapılan sondajlı çalışmalarda yer yer karstik boşluklara da rastlanmıştır (EK-1).



Şekil 4.19. Düşük dayanımlı kırmızı renkli travertende yapılan sondaj ilerlemesine ait bir görüntü.

Çalışma alanında bulunan farklı türden sedimanlar ile yoğun bitki fosillerini içeren kırmızımsı renkli düşük dayanımlı traverten seviyelerinin bazı kesimlerde

bozunarak zemin özelliği kazandığı, bozunma neticesinde bu travertenlerin kolayca ufalanabilen kumlu, siltli zeminler halini aldığı belirlenmiştir. Bu durum atmosferik etkiye daha çok maruz kalan yüzeye yakın kesimlerde gözlenmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Çalışma alanında yer alan düşük dayanımlı travertenlerin bozunmasıyla oluşan seviyeler (Çimento fabrikası ocağı mevki).

4.1.4. Van Gölü Formasyonu

Van Gölü Formasyonu çalışma alanının güney kesimlerinde Gürpınar ovası boyunca Van Gölü'ne kadar uzanan geniş bir alanda yayılım sunmaktadır. Birim az pekişmiş, oldukça gevşek tutturulmuş gri ve açık kahverengi tonlarda gözlenmektedir. Çalışma alanında yer yer kil ve silt boyutunda, iyi boylanmış şekillerde, yer yer ise silt boyutundan çakıl boyutuna kadar değişen taneler içeren kötü boylanmalı seviyeler halinde gözlenmektedir (Şekil 4.21). Birim, Edremit Traverteni üzerinde yer almaktadır.

Birimin, Van Gölü'nün 16000 yıl önce taşarak en yüksek düzeyine ulaştığı ve 10000 yıl önce çekildiği Van Gölü seviye değişimlerine bağlı olarak oluştuğu belirtilmektedir (Degens ve ark., 1978). Birim, göl ve akarsuların getirmiş olduğu farklı boyutlardaki malzemenin ardalanmasından oluşmaktadır (Acarlar ve ark., 1991).

Aksoy (1988), birimin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmiş ve aynı birime Van Gölü Formasyonu adını önermiştir. Bu çalışma kapsamında da birimin yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiş ve Van Gölü Formasyonu adı kullanılmıştır. Özkaymak (2003), Üst Pleyistosen çökelleri olarak tanımladığı birimin eski göl çökelleri, eski göl-akarsu çökelleri ve eski yelpaze çökellerini içerdiğini ve bu Üst

Pleyistosen oluşuklarının daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örttüğünü, aynı zamanda birimin Edremit Traverteni üzerinde yer aldığını belirtmiştir. Birimin, Nemrut ve Süphan volkanlarına ait Kuvaterner yaşlı volkaniklerle eş yaşlı olduğu ve Geç Kuvaterner yaşlı travertenler ile pekişmemiş güncel akarsu sedimanlarının bu birimlerden sonra oluştuğu belirtilse de (Üner ve ark., 2010) birimin travertenlerin üzerinde olduğu arazi çalışmalarında belirlenmiştir. Birim çalışma alanında genel olarak travertene göre daha düşük kotlarda düzlüklerde ve göl seviyesine yakın bölgelerde gözlenmektedir. Birim içerisinde yoğun bir şekilde su kaçış yapıları, bükümlü yapılar ve yük yapıları da bulunmaktadır (Şekil 4.21). Bu yapıların geçmiş dönemlere ait depremlerin izleri olabileceği düşünülmektedir (Üner ve ark., 2010).



Şekil 4.21. (a) Edremit Traverteni ile Van Gölü Formasyonunun sınırı (Çayırbaşı köyü mevki), (b–c) Van Gölü Formasyonuna silt ve kum seviyeleri,

4.1.5. Güncel Göl-Akarsu Çökelleri

Çalışma alanının kuzey kesiminde Van Gölü kıyı bölümündeki düzlük alanlarda ve çalışma alanının güney kesimlerinde Engil Çayı güzergâhı boyunca güncel göl-akarsu çökelleri yer almaktadır. Bu çökeller, suya doymun, gevşek özellikte, tutturulmamış kil, silt, kum ve ince çakıl boyutunda tanelerden oluşmaktadır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Çalışma alanında yer alan güncel göl-akarsu çökellerine ait bir görüntü (Andaç köyü mevki, bakış yönü güneydoğu)

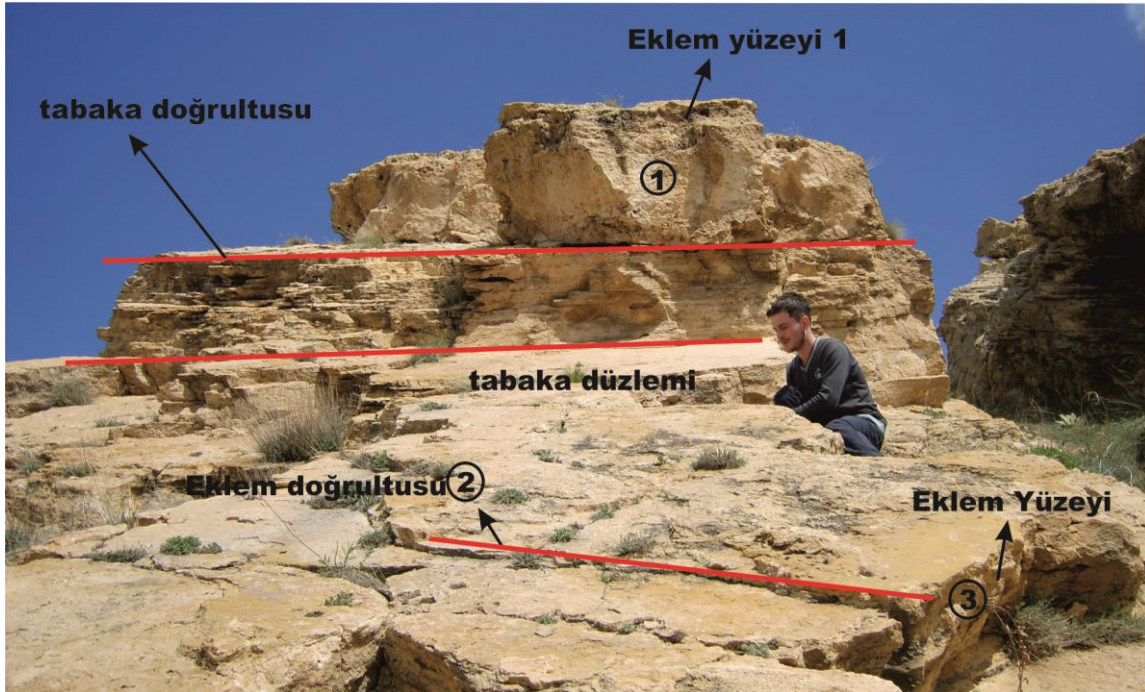
4.2. Yapısal Jeoloji

Arazi çalışmaları sırasında Edremit Traverteninin eklem ve tabaka yönelimi özellikleri gibi yapısal unsurları, eklem ve tabaka yönelimlerine dayalı olarak bölgedeki etkin gerilme yönlerinin belirlenmesine yönelik olarak çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca

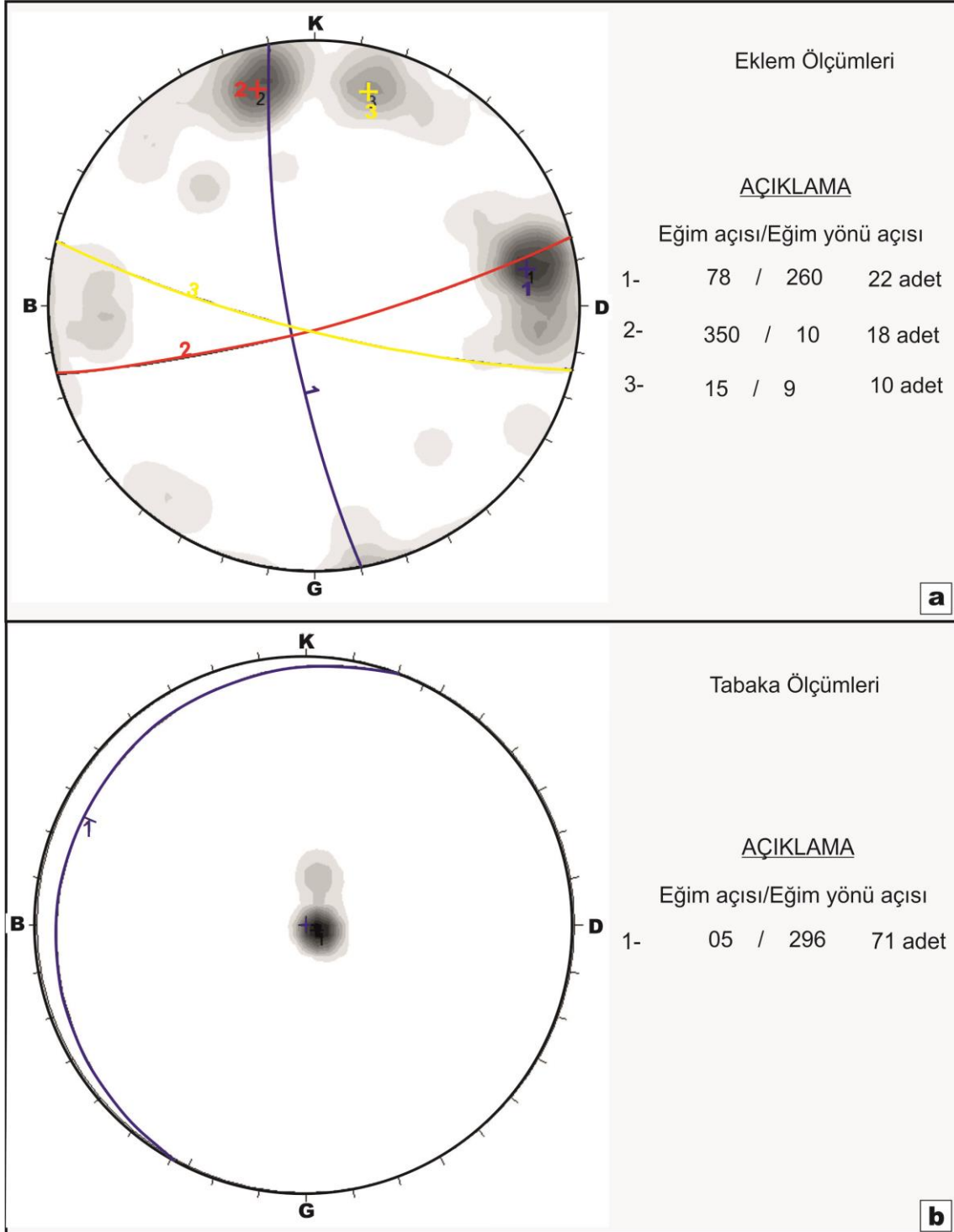
bölgede gözlenen ve literatürde yer alan faylar incelenmiştir. Elde edilen bulgular bu başlık kapsamında ele alınmıştır.

4.2.1. Tabaka ve eklem sistemlerinin genel özellikleri

Çalışma alanında yer alan birimlere ait eklemlerin ve tabakaların doğrultuları, eğim yönleri ve eğim açıları belirlenmiştir. Özellikle travertenin yayılım sunduğu geniş bir alandan tabaka ve eklemlerin yönelimi ve özelliklerine ilişkin ölçümler alınmıştır. Traverten tabakalarının genel eğim yönünün Van Gölüne doğru (kuzey batı), güney kesimlerinde ise GB yönlü olduğu belirlenmiştir. Traverten tabakalarında ölçülen düzlemsel yapıların genel eğim açısının ise $10-40^{\circ}$ arasındadır (Şekil 4.23). Travertende özellikle kuzey ve güney kesimlerdeki eğim yönü farklılıklarının ise tektonizma neticesinde kazanılmış bir eğimden ziyade daha çok oluşumu sırasındaki topografyanın etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bölgede hakim üç eklem takımı setinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4.24).

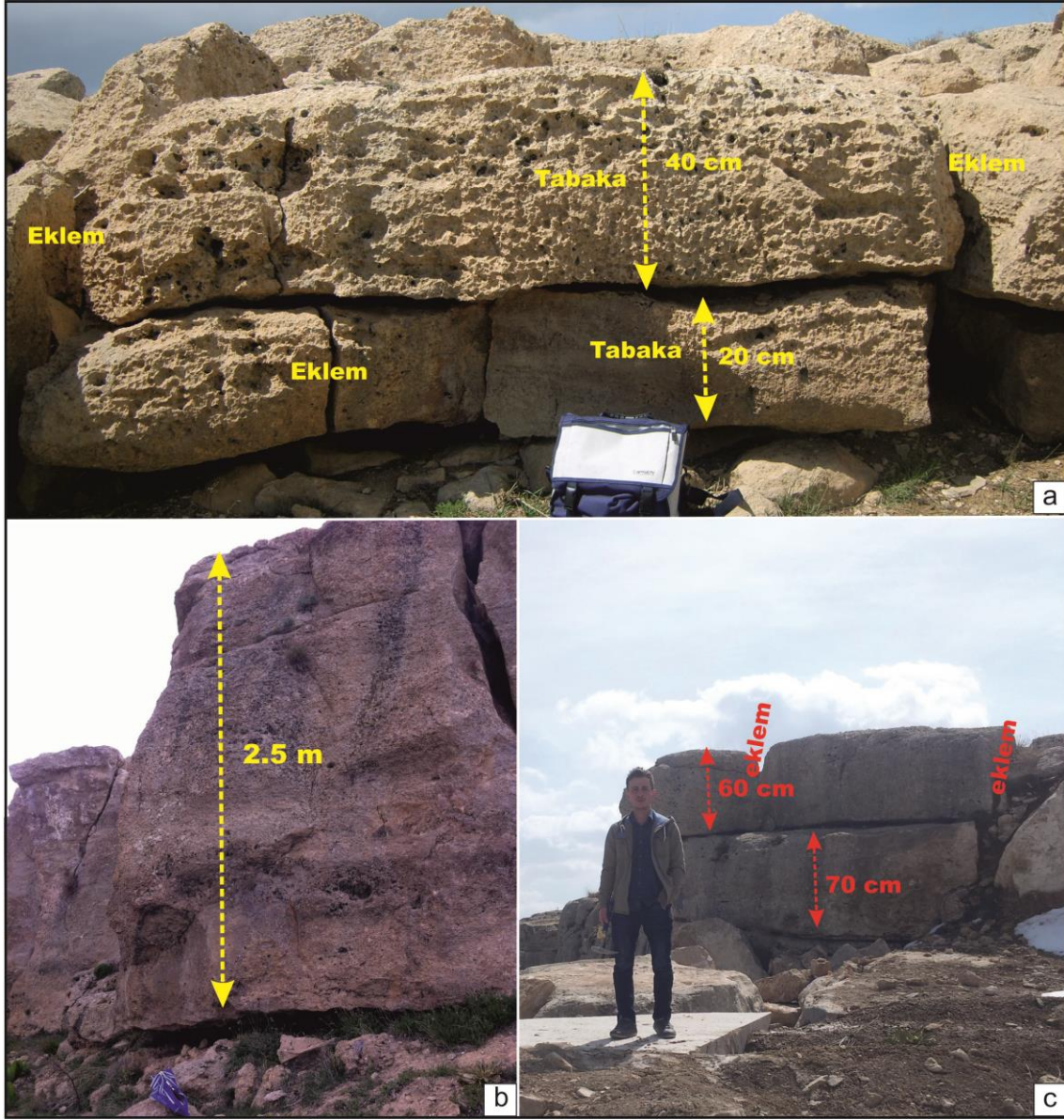


Şekil 4.23. Edremit Travertenlerindeki tabakalanma ve eklem sistemleri (Çayırbaşı köyü mevki, Bakış yönü kuzey).



Şekil 4.24 Çalışma alanındaki hakim eklem ve tabaka yönelim analizleri. (a): çalışma alanındaki eklem seti analizleri, (b) çalışma alanındaki tabakalanma analizleri.

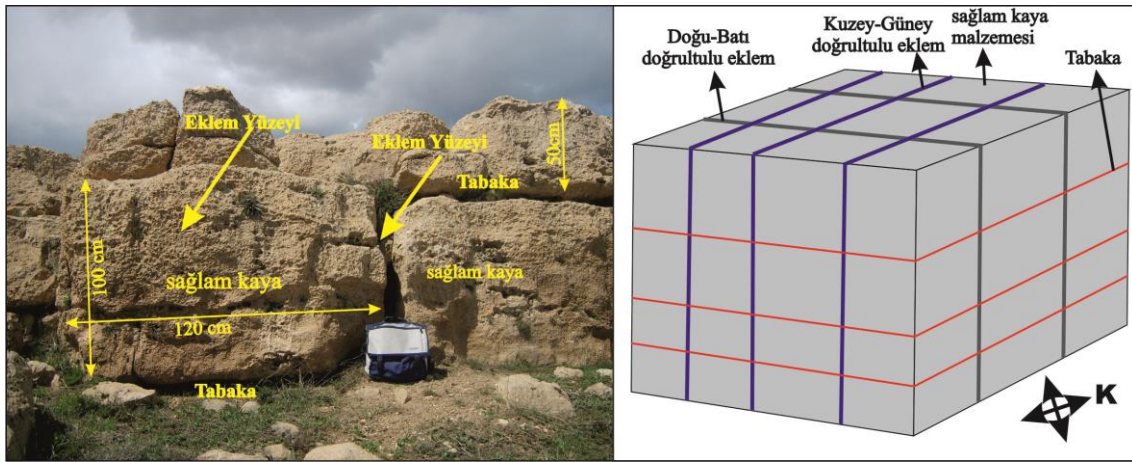
Travertenlerde gözlenen tabakalanmaların kalınlıkları farklılıklar sunmaktadır. Travertende yer yer 40-50 cm kalınlığında tabakalar gözlenirken yer yer ise tabaka kalınlığı 2-3 metreyi bulmaktadır (Şekil 4.25).



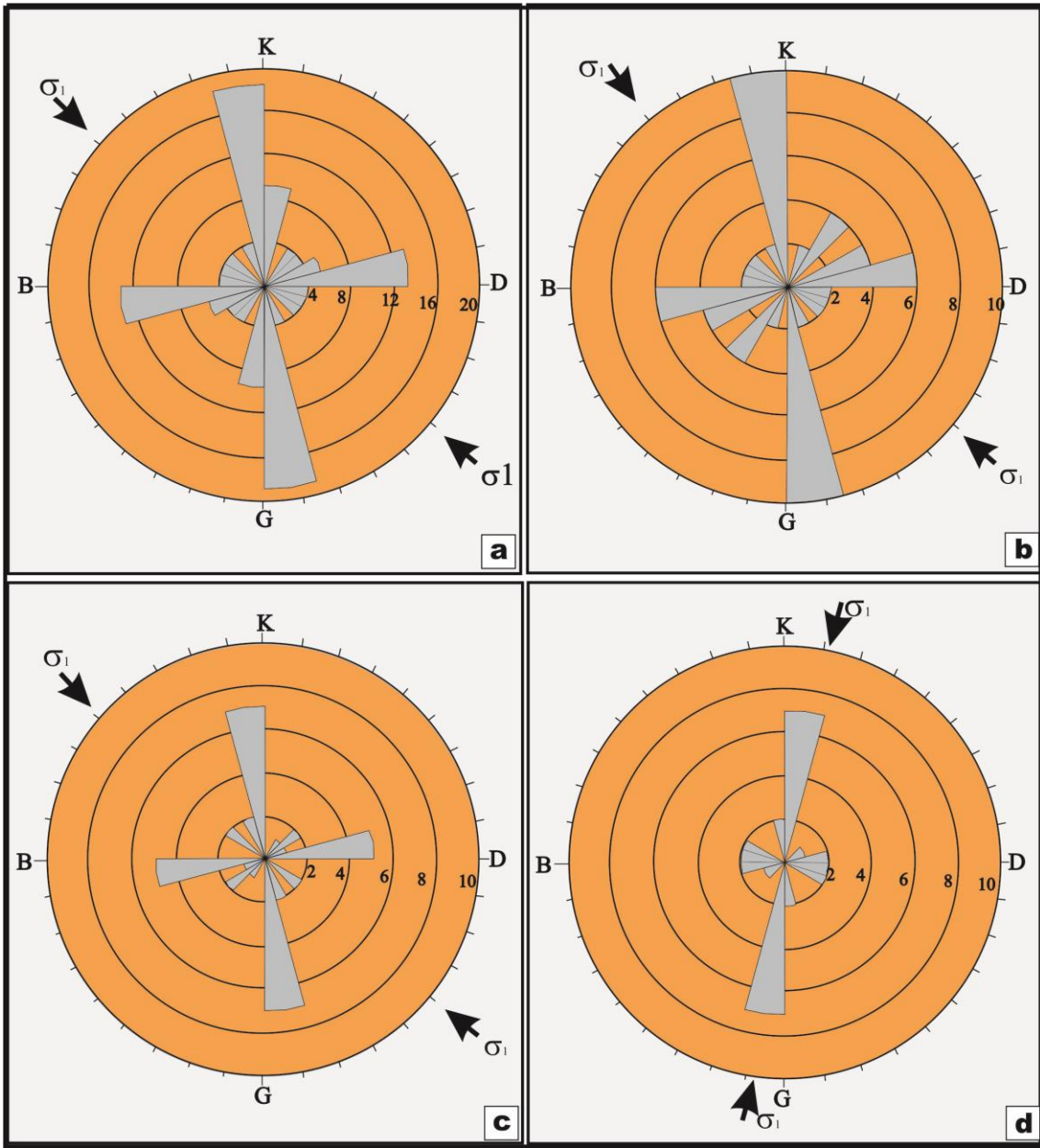
Şekil 4.25. Çalışma alanındaki travertenlerde gözlenen tabaka kalınlıklarına ait bir görüntü (a: Büyükgüney Tepe mevki, bakış yönü batı, b: Büyükgüney Tepe mevki, bakış yönü kuzeybatı, c: Eski TOKİ mevki mermer ocağı, bakış yönü kuzeydoğu,)

4.2.1.1. Eklemler

Yapılan gözlem ve alınan ölçümler doğrultusunda travertende genel olarak 3 eklem seti ile yer yer bu eklemleri gelişi güzel kesen eklem yüzeyleri tespit edilmiştir. Bu eklemlerden birincisi; yaklaşık $K10^{\circ}B$ doğrultulu ortalama 100-300 cm aralıklarla birbirini izleyen eklem seti takımı, ikincisi yaklaşık $K80^{\circ}D$ ve birincisine oranla daha geniş aralıklı eklem seti takımı, üçüncü eklem seti ise çalışma alanında özellikle güneydeki travertenlerde gözlenen $D10^{\circ}B$ uzanımlı eklem setine simetrik olarak uzanan $K10^{\circ}D$ uzanımlı eklem setidir. Ancak birbirini dik kesen birinci ve ikinci eklem yönelimleri arazinin genelinde gözlenmekle birlikte, kaya yenilmelerin olduğu alanlarda da düşen blokların dikdörtgen ve küp prizma şeklinde gözlenmesi bu durumu doğrulamaktadır (Şekil 4.26). Bunların yanı sıra bölgede birçok farklı yönelimli eklemlerin varlığı da belirlenmiştir. 69 adet düzlem üzerinde ölçülen eklem duruşlarına göre hazırlanan gül diyagramları ile çalışma alanının etkin gerilme yönleri belirlenmiştir. Çalışma alanının doğu, batı, güney kesimleri gül diyagramlarında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ayrıca bu ölçümlerin tamamı kullanılarak çalışma alanının genel sıkışma yönleri de belirlenmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.26. Çalışma alanındaki birbirini dik kesen eklem seti takımları ve bu durumu gösteren şematik şekil.



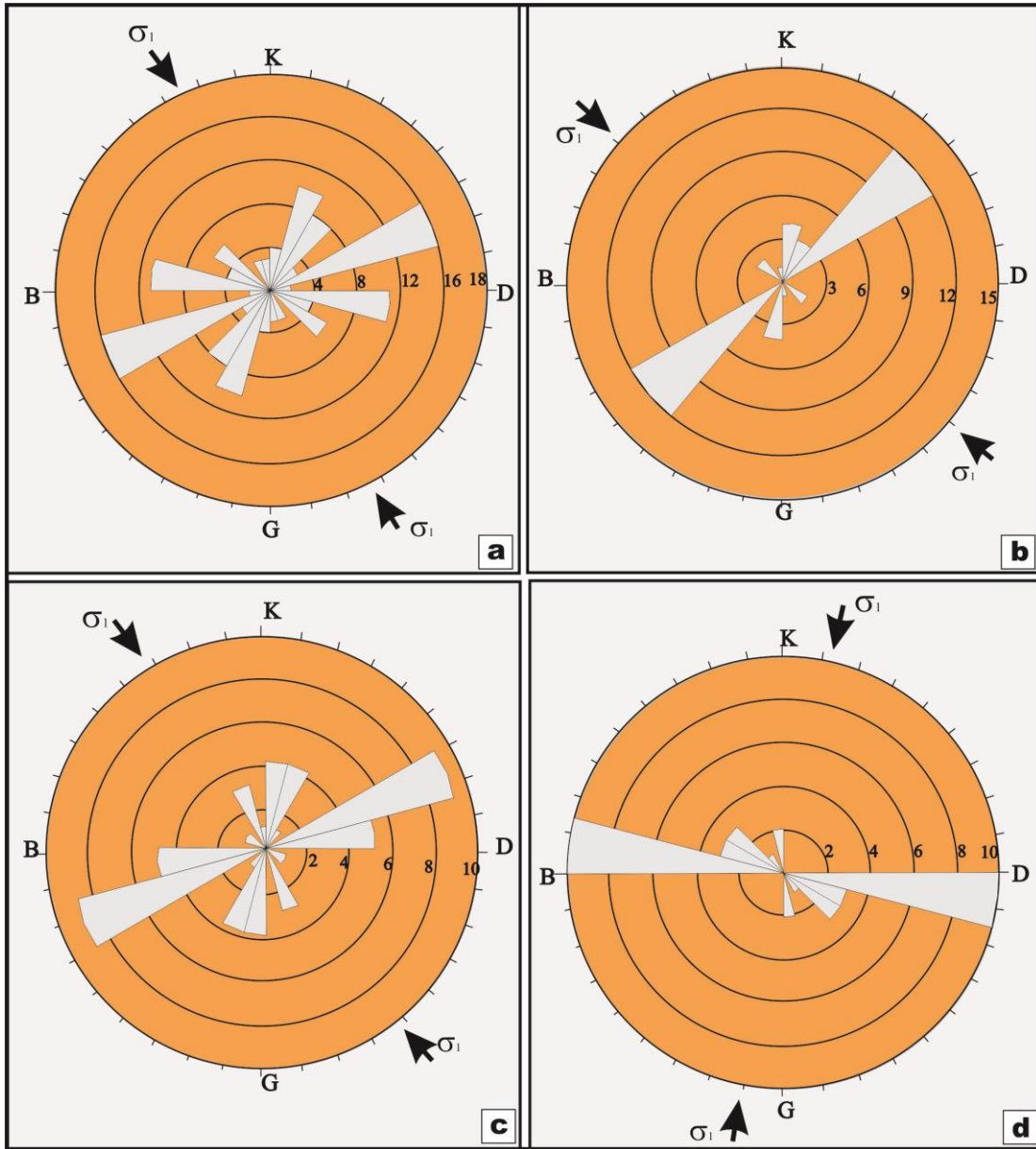
Şekil 4.27. Eklem ölçümlerine dayalı gül diyagramı ve bölgenin aktif sıkışma yönleri. (a) Alınan tüm eklem ölçülerine dayalı diyagram, Çalışma alanının (b) doğusuna (c) batısına ve (d) güneyine ait gül diyagramları.

Şekil 4.27. (a)'da çalışma alanının geneline ait gül diyagramına göre makaslama düzlemlerinin yaklaşık K50°B yönelimli bir sıkışmanın sonucunda olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.27 (b)'de verilen çalışma alanının doğusu ve Şekil 4.27 (c)'de verilen çalışma alanının batısında yapılan gül diyagramlarına bakıldığında, ana doğrultular çalışma alanının genel sıkışma yönleriyle uyumluyken; Şekil 4.27 (d)'de

verilen güney kesimlerde yönelimin K10°D yönünde geliştiği ve genel yönelimle farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Etkin sıkışma yönünün yaklaşık K50°B doğrultusunda olduğu bilindiğine göre bu yönelimlerin bölgesel tektoniğe uyumlu olmadığı anlaşılmaktadır. Bu farklılığın lokal olarak travertenin oluşum süreci ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu farklılığın topografyadan kaynaklandığı, güney yamaçta travertenin üzerine çökeldiği Van Formasyonu üyelerinin yüksek eğimli yerlerdeki aşınma sonucu travertenin altını boşaltması ve traverten istifinde meydana gelen çökmeler, oturmalar neticesinde hem traverten tabakalarının, hem de eklemlerin ikincil bir yönelim kazanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.2.1.2. Tabakalar

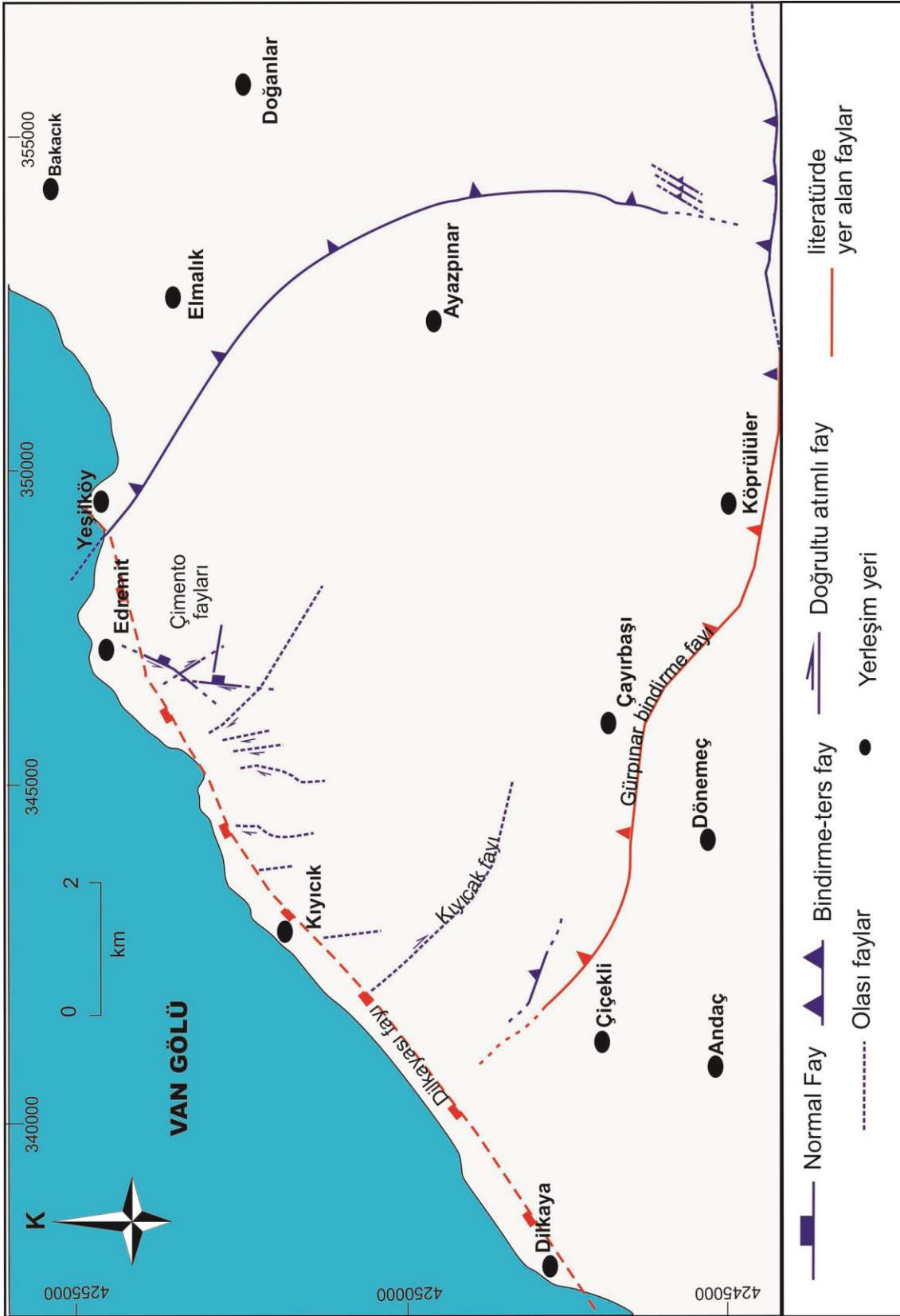
Bölgede toplamda 71 tabaka düzleminde ölçüm alınmıştır. Alınan bu tabaka ölçümleri çalışma alanının doğusu, güneyi, batısı ve tamamı için ayrı ayrı değerlendirilerek etkin gerilme yönleri yorumlanmıştır (Şekil 4.28). Çalışma alanında yapılan incelemelerde traverten tabakalarının genel olarak 10° ile 50° arasında değişen açılarda ve genelde K40-70°D doğrultulu, eğim yönlerinin ise genelde KB yönünde olduğu belirlenmiştir. Fakat travertenin oluşum süreçleri nedeniyle farklı doğrultulu ve açılı traverten tabakalarının varlığı da gözlenmektedir. Özellikle çalışma alanının güney kesimlerinde topografik eğim nedeniyle tabakalanmanın oldukça farklı bir eğim yönü ve açısına sahip olduğu belirlenmiştir. Güney kesimlerde tabaka doğrultularının genel olarak yaklaşık K80°B doğrultulu olduğu ve eğim açılarının da 5-30° arasında değişen açılarla GB yönünde olduğu ölçülmüştür. Güney yamaçlardaki bu farklılığın eklemler başlığı altında açıklanan hususlar ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma alanının güney kesiminden geçen Pliyosen yaşlı çakıllı birimin Engil çayı tarafından aşındırılması ve travertenin altının yumuşaması nedeniyle traverten tabakalarının güneye doğru tiltlenmesi de bu düzlemlerin yönelimlerinin değişmesine neden olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.28. Çalışma alanındaki tabaka yönelimlerinden hazırlanan Gül diyagramları (a) çalışma alanı genel tabaka yönelimi ve gerilme yönleri. Çalışma alanının (b) doğu, (c) batı, (d) güney kesimlerindeki tabaka düzlemlerine ait doğrultu gül diyagramı.

4.2.2. Faylar

Çalışma alanında yapılan incelemelerde birçok fay türüne rastlanmıştır. Bu fayların türleri, konumları arazi çalışmaları ve sayısal arazi modelleri ile saptanarak EK-2 de yer alan jeoloji/jeoteknik haritasında işlenmiştir (Şekil 4.29).



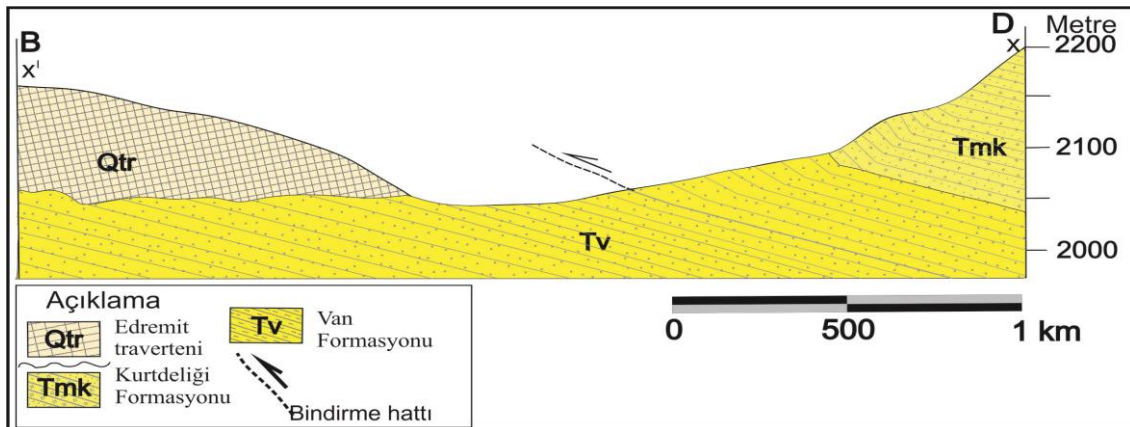
Şekil 4.29. Çalışma alanındaki belirlenen faylar.

4.2.2.1. Bindirme fayları

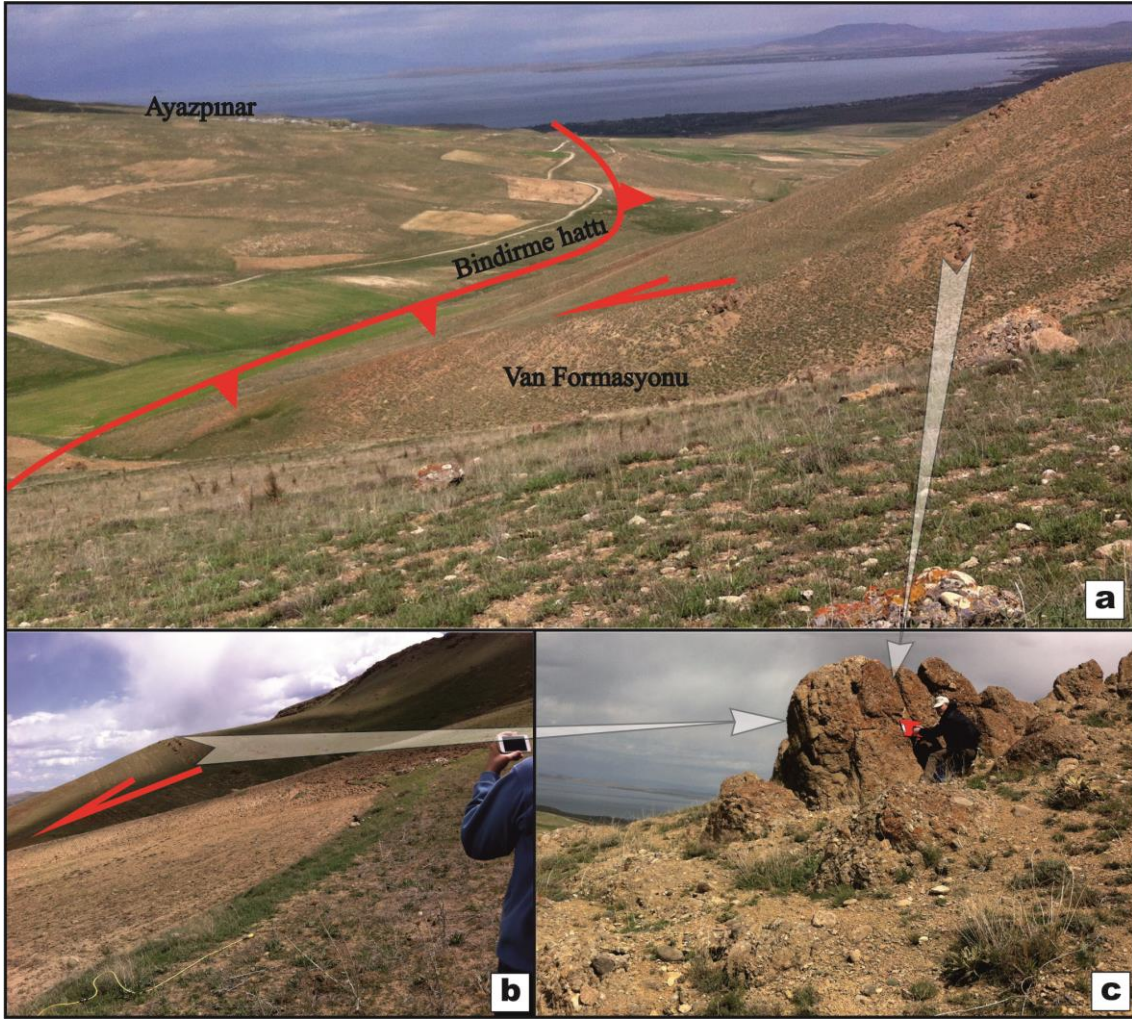
Çalışma alanında özellikle Edremit Traverteninin sınır hattı boyunca iki farklı bindirme fayı tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi, travertenin doğusunda yer alan Haramigedik vadisinden başlayarak Elmalı köyünün güneyinden Van Gölüne doğru uzanan Elmalı Bindirme Fayı, diğeri ise travertenin güney sınırı boyunca yaklaşık D-B doğrultulu olarak uzanan Gürpınar Bindirme Fayıdır.

4.2.2.1.1. Elmalı bindirme fayı

Haramigedik vadisinin güney ucunda başlayarak yaklaşık K-G doğrultulu olarak uzanan bu kuşak vadinin kuzey ucundan itibaren KB doğrultulu bir düzleme dönüşmektedir. Bu hat boyunca Van Formasyonu Edremit Travertenine doğru sürüklenmektedir. Bu sürüklenme etkisiyle formasyonun bazı tabakalarında kıvrılma ve dikleşmeler meydana gelmiştir. Ayrıca bindirme hattının oluşturduğu zayıf zon boyunca birimlerde heyelan ve kaya düşmesi türü yenilmeler gözlemlenmiştir. Normal yönelimleri K10B/27KD olan formasyon yönelimi 354380D/4246926K noktasında K20D/67GD olarak ölçülmüştür. Bölgede Van Formasyonunun yaklaşık KD yönünden GB ya doğru yapmış olduğu bindirme etkisiyle özellikle bindirme hattında tabakaların uç bölümlerinde bu tarz bükülmelerin ve dikleşmelerin olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.30-4.31).

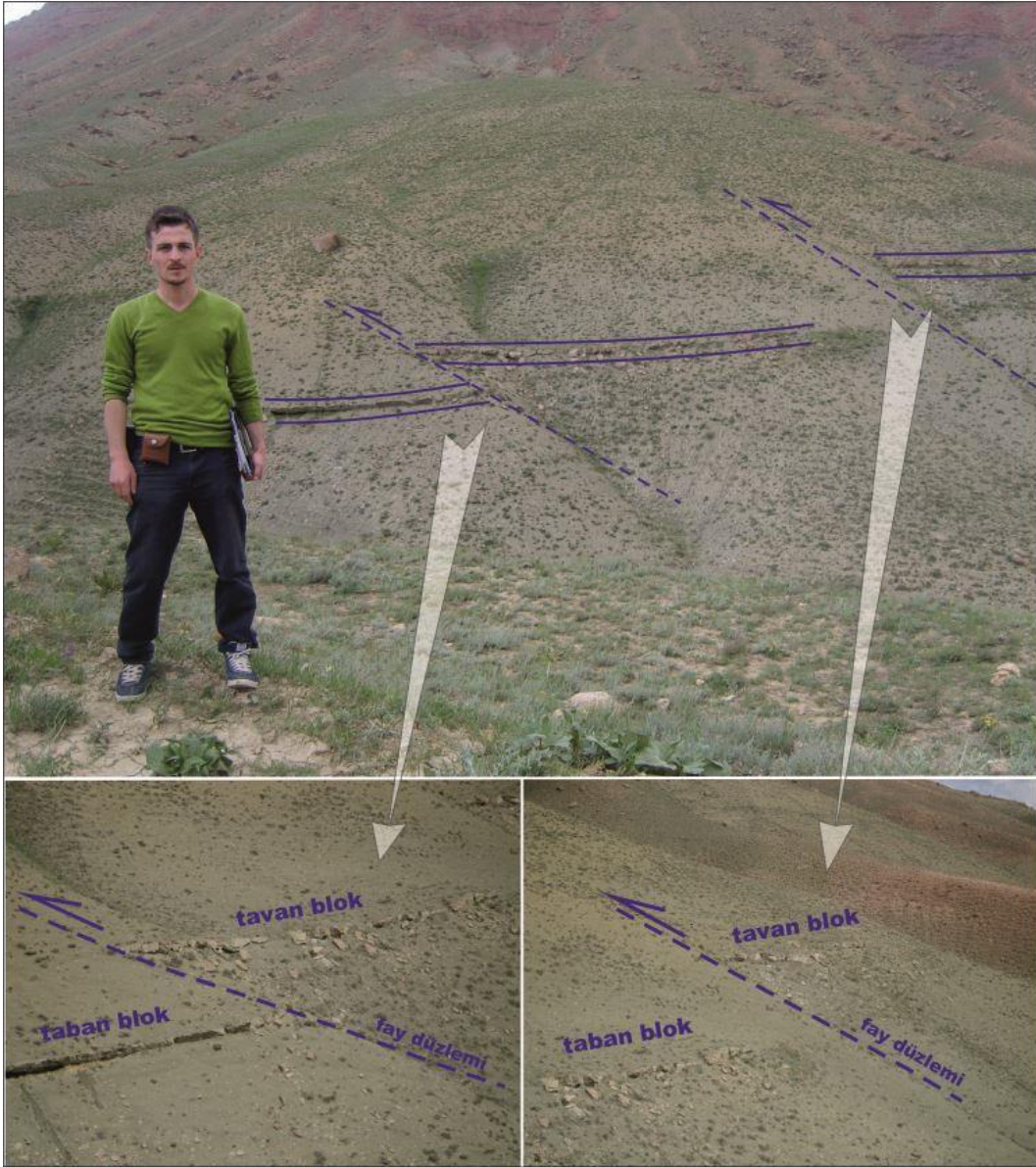


Şekil 4.30. Haramigedik vadisi boyunca alınan enine jeolojik kesit.



Şekil 4.31. Elmalı Bindirme Fayı (Haramigedik vadisi kuzeyi). (a) Travertene doğru sürüklenen Van Formasyonu (bakış yönü KB), (b) ve (c) Bindirme etkisiyle tabakalarda meydana gelen dikleşme (bakış yönü kuzey).

Haramigedik vadisi içinde (354110D/4245320K) Van Formasyonuna ait kumtaşı tabakalarında ters faylar da gözlemlenmiştir. Ters fayların sözkonusu bindirme etkisiyle oluştuğu düşünülmektedir. Bu ters fayların yönelimleri K30D/35GD dur (Şekil 4.32).

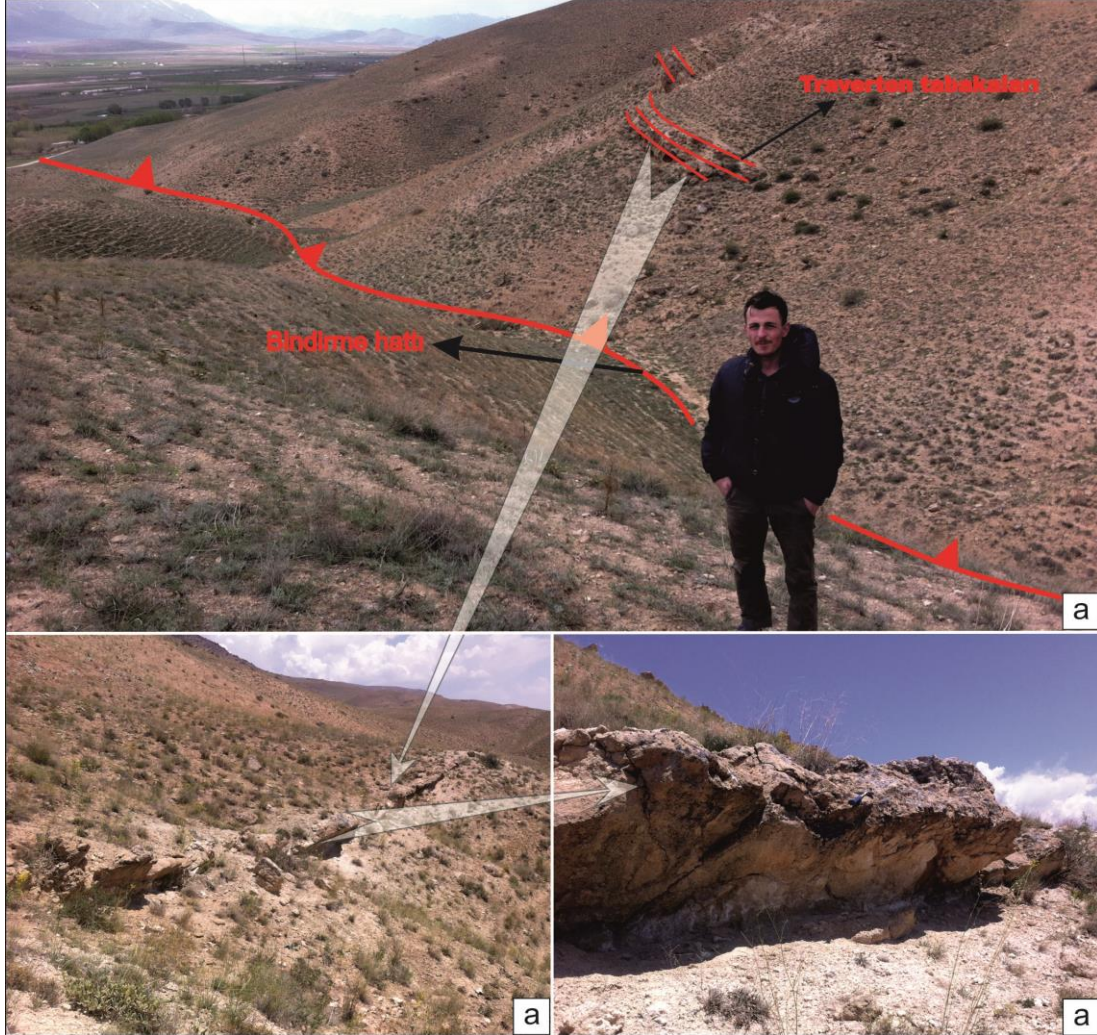


Şekil 4.32. Kuzeydoğu yönündeki bindirme etkisine bağlı olarak kumtaşı tabakalarında meydana gelen ters faylar (bakış yönü doğu).

4.2.2.1.2. Gürpınar Bindirme Fayı

Çalışma alanının güney kesiminde Traverten ile Van Gölü Formasyonu sınır hattı boyunca yaklaşık D-B uzanıma sahip olan fay, kuzeyden güneye doğru meydana gelen sürüklenmenin etkisi ile oluşmuştur (Koçyiğit, 2013) ve bu sürüklenmenin etkisi arazide de gözlenmektedir (Şekil 4.35). Bu durum hat boyunca hattın kuzeyinde yer alan birimlerin güneye doğru itildiğini göstermektedir. Traverten biriminin güney

kesimlerinde gözlenen K60B/25GB duruşlu tabakaların 353210D/4244685K noktasında K70D/54KB olarak değiştiği ölçülmüştür (Şekil 4.33).



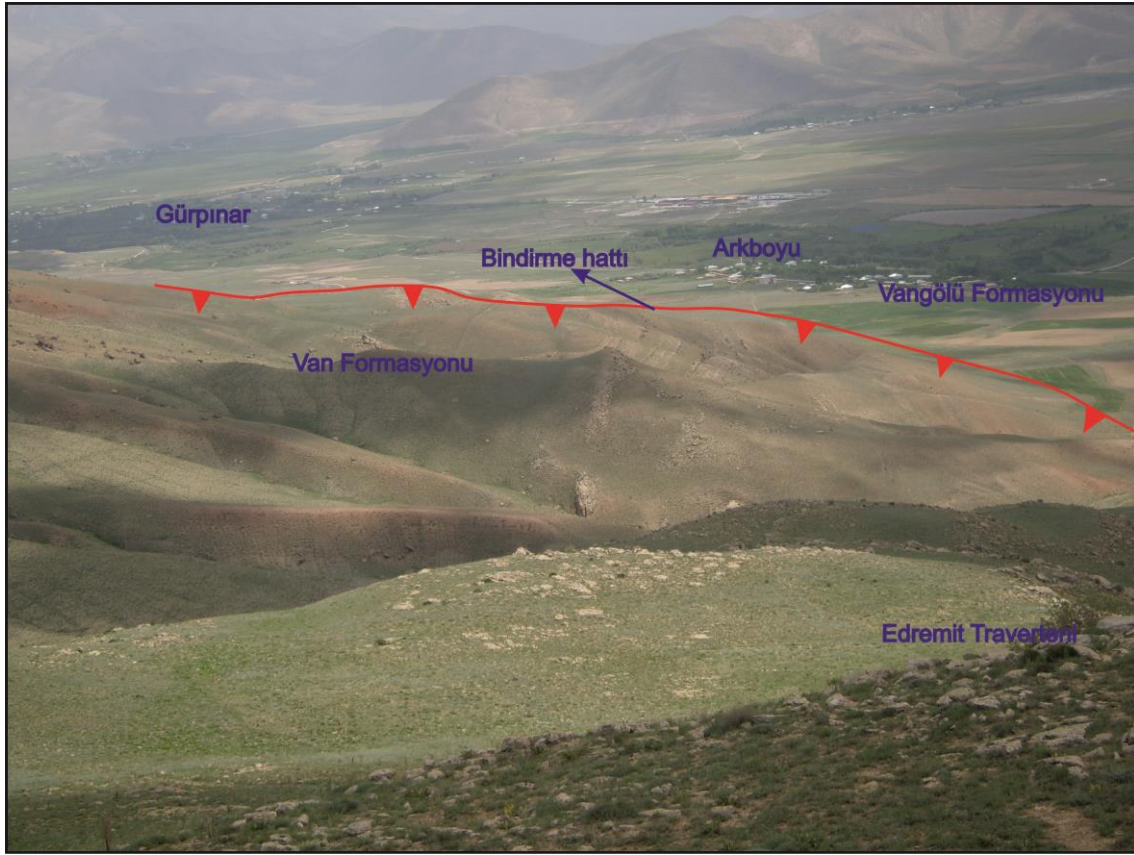
Şekil 4.33. Gürpınar Bindirme Fayı Etkisiyle traverten tabakalarında meydana gelen dikleşmeye ait genel ve yakın görüntüler (Haramigedik vadi güney mevki).

Bu bindirme etkisi çalışma alanının doğu-güneydoğu kesimlerinde Van Formasyonunda da gözlemlenmiştir. Haramigedik vadisinin güney ucunda normal yönelimleri yaklaşık K10B/27KD olan Van Formasyonu kumtaşı tabakalarının bu sürüklenme etkisiyle yaklaşık K80B/85KD yönelim kazandığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.34 – 4.35).



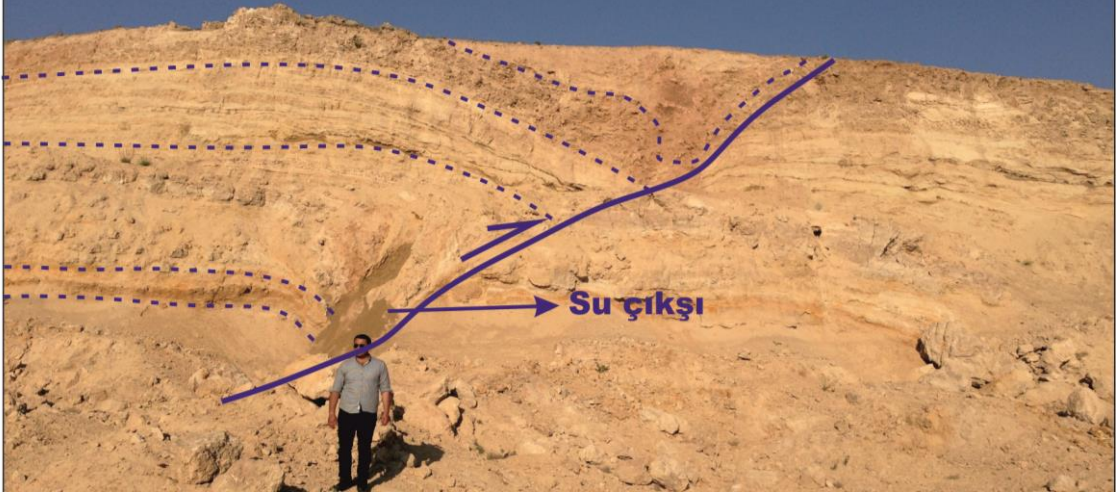
Şekil 4.34. Çalışma alanının güneyinde Van Formasyonunun güneye doğru itilmesi sonucu kumtaşı tabakalarında meydana gelen dikleşme (Haramigedik vadi mevki). (a) yaklaşık D-B uzanımlı bindirme hattı (bakış yönü KD). (b,c) dike yakın eğime sahip kumtaşları (bakış yönü batı).

Bu eğim değişimlerinin hem Kuvaterner yaşlı Edremit Traverteninde, hem de Alt-Orta Miyosen yaşlı Van Formasyonunda görülmesi ve kumtaşı tabakalarında bindirme etkisiyle meydana gelen dikleşmenin traverten tabakalarında meydana gelen dikleşmeden daha fazla olması sürüklenmenin Miyosenden başlayarak Kuvaterner sürecinde de devam etmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu kesimde detaylı paleosismoloji çalışmaları yapılmalıdır.



Şekil 4.35. Haramigedik vadi güneyi Van Formasyonunun güneye doğru itilmesi sonucu oluşan bindirme hattı (bakış yönü güneydoğu).

Çalışma alanında Çiçekli köyünün kuzeyinde 342266/4248069 lokasyonunda K70B/52KD yönelimli bir bindirme daha belirlenmiştir. Fay düzlemi boyunca su çıkışları gözlenmektedir. Bu bindirme Gürpınar Bindirme hattının kuzey kesiminde ve bu bindirmeyle yaklaşık aynı doğrultudadır. Bu düzlemin, Gürpınar Bindirme Hattı etkisiyle meydana gelen lokal bir bindirme olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.36).

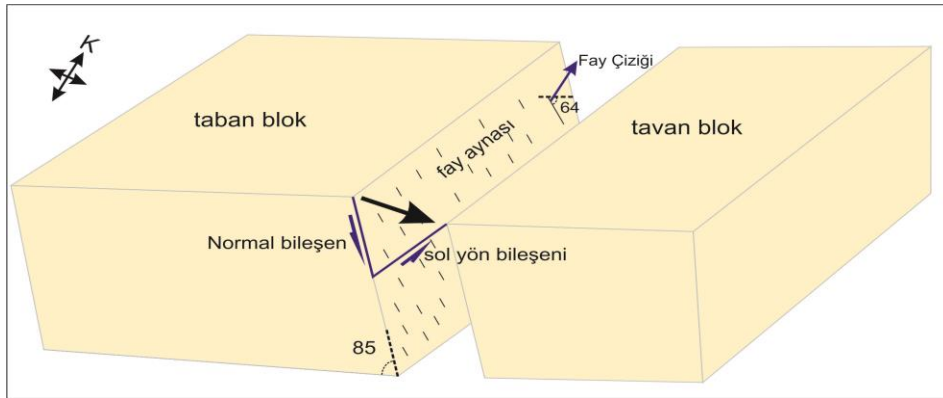


Şekil 4.36. Çiçekli mevkiinde yer alan bindirme fayına ait görüntü (bakış yönü doğu).

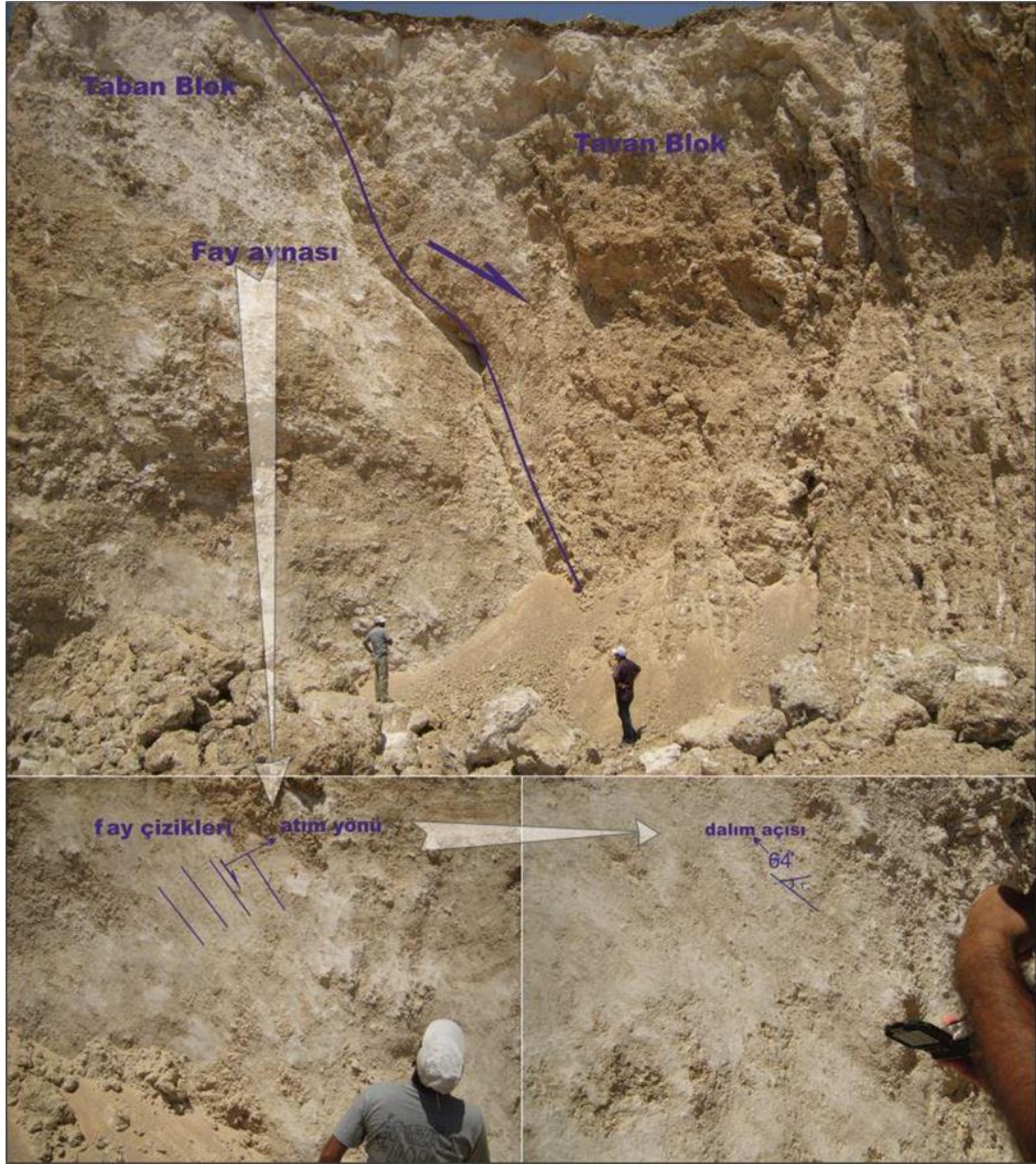
4.2.2.2. Doğrultu atımlı ve normal faylar

Çalışma alanında yapılan incelemelerde özellikle Edremit Traverteni içerisinde, birçok araştırmacının da vurguladığı gibi bölgesel ölçekte K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak oluştuğu düşünülen doğrultu atımlı faylar ve normal faylar gözlemlenmiştir (Özkaymak, 2003; Koçyiğit, 2013).

Çalışma alanında yer alan Çimento Fabrikasının doğu kesimlerindeki ocaklarda ve TOKİ civarında açılan yarmalarda birçok düzlemsel bileşene rastlanmıştır. 346750D/4253310K noktasında K20D/85GD duruşlu, sol yön bileşenli normal fay gözlemlenmiştir (Şekil 4.37 – 4.38).



Şekil 4.37. Çimento ocağında gözlenen normal fayın temsili blok diyagramı.



Şekil 4.38. TOKİ civarındaki bir yarmada gözlenen sol yön bileşenli normal fay (bakış yönü yaklaşık kuzey).

Çalışma alanındaki çimento ocağında açılan farklı bir yarmada da 346615D/4253005K noktasında K10D/82KB yönelimli normal bileşenli sağ yönlü bir fay gözlemlenmiştir. Düşük dayanımlı, ayrılmış traverten seviyelerinde gözlenen bu fayda traverten tabakalarında yaklaşık 30-40 cm'yi bulan atımlar gözlenmiştir. Fay aynası yarma içerisinde kaldığı için fay çizgisi ve benzeri veriler bulunamamıştır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Çimento fabrikası ocağında gözlenen K10D/82KB yönelimli normal bileşenli sağ yönlü fay, yaklaşık 35 cm lik bir düşüm mevcut (bakış yönü kuzeydoğu).

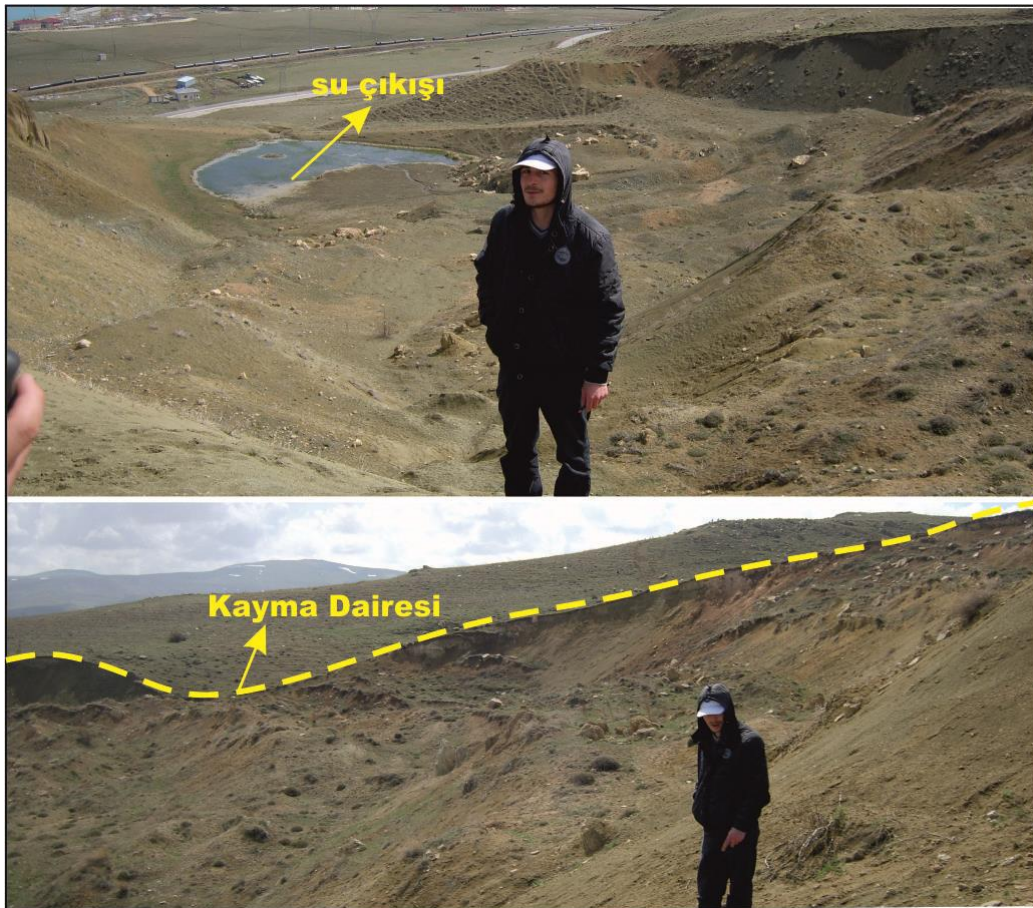
Çalışma alanında bir temel kazısında açılan yarmada 346795D/4252930K noktasında K80B/85KD yönelimli fay zonu gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelerde fayda herhangi bir atım bileşenine rastlanamamış ancak fay zonunda fay breşleri gözlemlenmiştir. Bu nedenle doğrultu atımlı bir fay olduğu düşünülmektedir. Bu ezik zonun genişliği 20 -50 cm arasında değişmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. TOKİ konutları mevkiî temel kazısında açılan yarmada gözlenen ezik zon (bakış yönü Kuzey).

4.3. Çalışma Alanında Gözlenen Kütle Hareketleri

Yapılan arazi incelemeleri sırasında çalışma alanında heyelan ve kaya düşmesi gibi birçok kütle hareketinin olduğu gözlenmiştir (EK-1). Bu tür yenilmelerin olduğu alanlar tespit edilerek EK-1’de yer alan jeoloji haritasına işlenmiştir. Bölgede aşırı çatlaklı veya pekişmemiş özellikteki kil içerikli zeminlerde dairesel kayma türü yenilmeler gözlenmiştir. Bu yenilmeler özellikle çalışma alanının kuzeyinde Edremit eski TOKİ mevkiinde gözlenmiş ve haritaya işlenmiştir (Şekil 4.41–4.42). Bu kesimdeki heyelanın, Van Formasyonu içerisindeki yer altı suyu, kil ve süreksizlik varlığı neticesinde, akışkan hale gelen zeminin bir kayma dairesi yüzeyi boyunca, gerçekleştiği düşünülmektedir.



Şekil 4.41. Çalışma alanında gözlenen dairesel tip yenilmeler (Edremit Eski TOKİ mevki).



Şekil 4.42. Edremit Eski Toki mevkindeki heyelana ait uydu görüntüsü (ölçeksiz Google Earth görüntüsü).

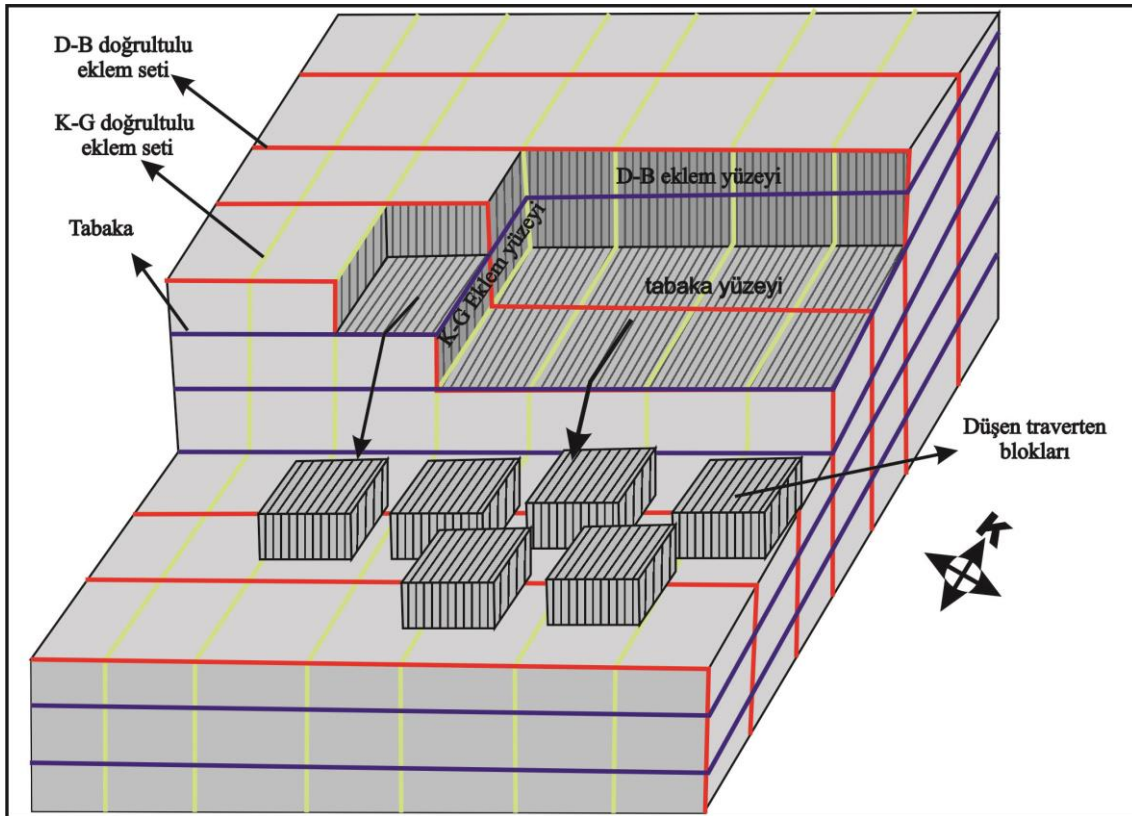
Diğer bir dairesel yenilme ise çalışma alanının güneyinde Çayırbaşı Köyü mevkiinde gözlenmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Çayırbaşı köyü mevkindeki heyelana ait uydu görüntüsü (ölçeksiz Google Earth görüntüsü).

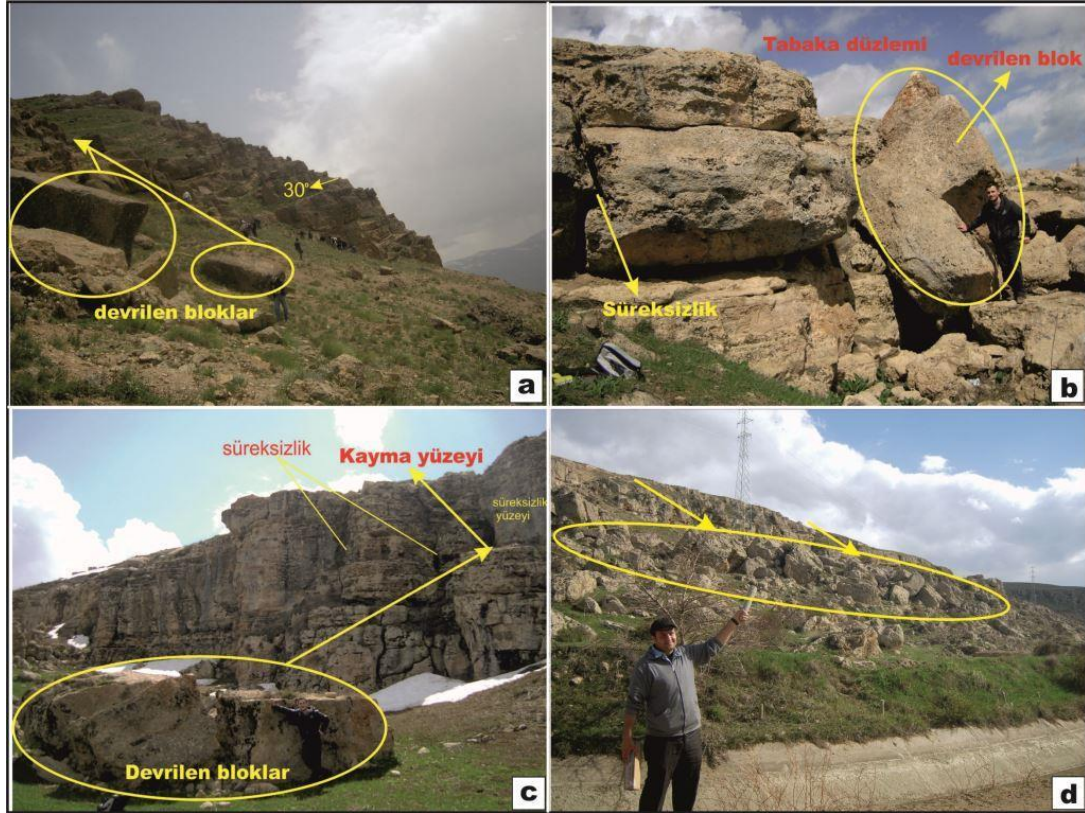
Bölgede gözlenen dairesel kayma türü yenilmeler genel olarak Edremit Travertenini ile Van Formasyonu sınırında, Van Formasyonuna ait kilitaşları içerisinde gözlemlenmiştir. Travertenin altında uyumsuz olarak yer alan Van Formasyonunun kilitaş seviyelerinin yüzey sularının da etkisiyle kolayca aşındığı ve üzerindeki traverten ile birlikte kaydığı düşünülmektedir. Dairesel yenilmeye uğrayan seviyelerin içinde gözlenen traverten bloklarının sebebinin de bu durum olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanında kuzey, güney ve doğu bölgelerinde Traverten ile Van Formasyonu sınır hattı boyunca Van Formasyonu içerisinde yoğun traverten blokları gözlenmektedir.

Çalışma alanında birçok bölgede özellikle topografya eğiminin arttığı bölgelerde süreksizlik kontrollü yer yer devrilme türü yer yer düzlemsel kayma türü yenilmeler de gözlenmiştir. Devrilen ve düşen blokların genel olarak düzgün şekilli dikdörtgen ve küp şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu tür yenilmelerin K-G ve D-B uzanımlı eklemler boyunca gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 4.44)

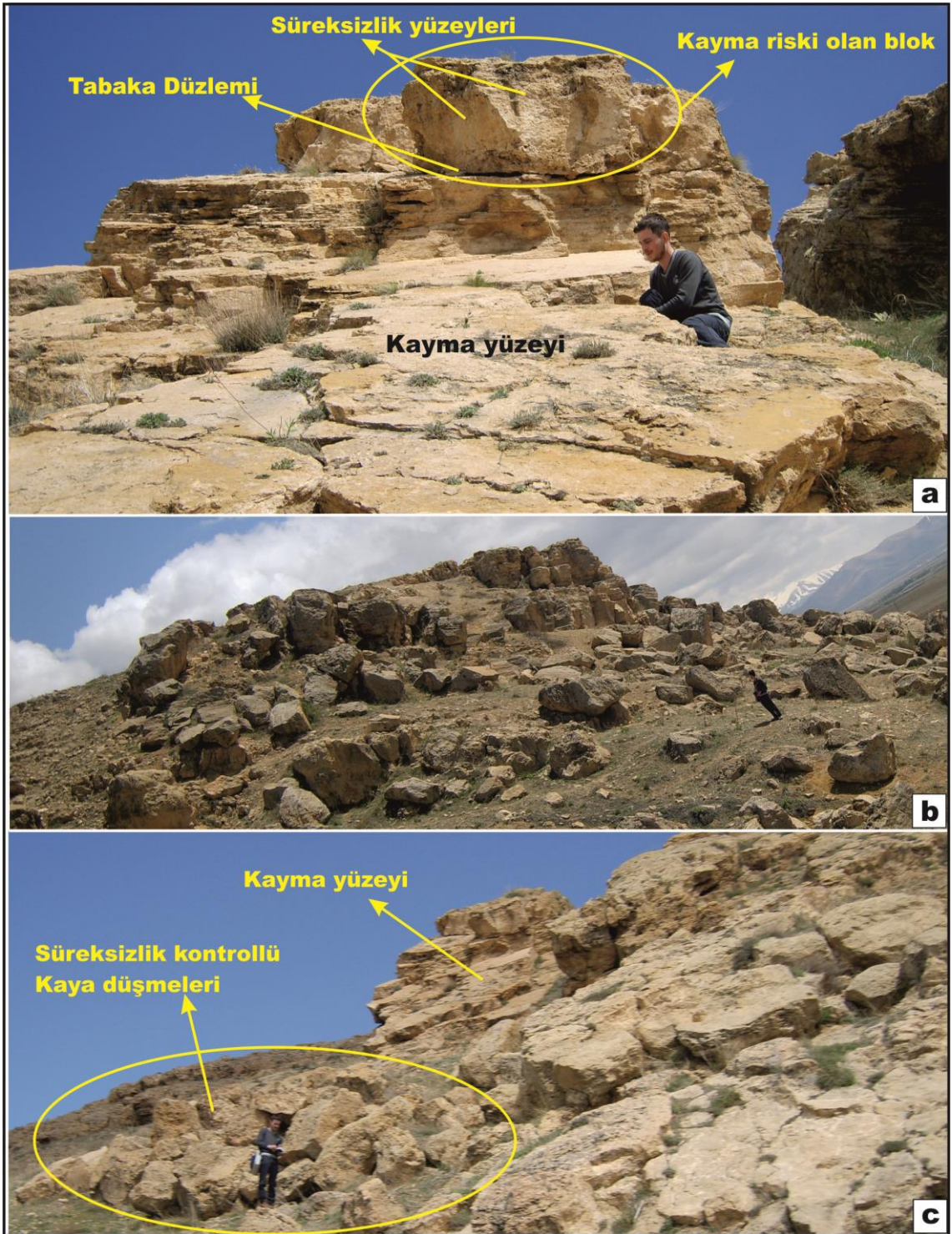


Şekil 4.44. Çalışma alanındaki kaya düşmelerini gösteren temsili şematik şekil.

Arazinin güney kesimlerinde topoğrafya eğimine bağlı olarak yaklaşık 20° - 30° 'lık tabaka açılarıyla duran travertenlerde tektonik etkiler sonucunda tabaka doğrultusu boyunca düzlemsel kaymalar meydana gelmiştir. Bölgede yer alan vadilerde ise tabakaların eğimi düşük olsa da tabaka düzlemi boyunca sızan suların etkisi ve tektonizmanın etkisi ile düzlemsel kaymaların geliştiği gözlenmiştir. Düzlemsel kayma ile ilgili tahminler düzlemin konumu ve açısına bağlı olarak yorumlanmış olup, düşük açılarda gelişen yenilmelerin tektonik etki ile oluştuğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, Haramigedik vadisinin batı yamacında travertenlerde, doğu yamacında ise Pliyosen yaşlı çakıltaşlarında vadi içine doğru dik eğim nedeniyle devrilme türü yenilmeler meydana gelmiştir (Şekil 4.45 ve 4.46).



Şekil 4.45. Çalışma alanında gözlenen devrilmeler ve kaya düşmelerine ait görüntüler. (a) Haramigedik vadisindeki konglomeralarda gözlenen devrilme türü yenilmeler, (b-c) Ayazpınar mevkinde travertenlerde gözlenen devrilme türü yenilmeler, (d) çimento fabrikası mevkinde vadi boyunca gözlenen devrilme türü yenilmeler.



Şekil 4.46. Çalışma alanının güneyinde gözlenen düzlemsel kayma türü yenilmeler (Çiçekli köyü mevki). (a) Eğimli tabaka düzlemi boyunca kayma riski olan bloklar, (b) geniş bir alan boyunca gözlenen süreksizlik kontrollü yenilmeler, (c) tabaka düzlemi boyunca meydana gelen süreksizlik kontrollü düzlemsel yenilmeler.

Edremit Travertenini ile Van Formasyonunun sınır hattı boyunca kaya düşmesi türü kütleli hareketlere oldukça yoğun bir şekilde rastlanmaktadır. Bunun temel sebebinin travertenin altında bulunan Van Formasyonu üyelerinin atmosfer etkileri nedeniyle kolay bir şekilde aşınarak taşınması ve bu taşınma neticesinde travertenin altında meydana gelen oyulmalar sonucu meydana geldiği düşünülmektedir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Köprülüler Köyü kuzey mevkisindeki Edremit Traverten ile Van Formasyonu sınırında gözlenen kaya düşmeleri.

4.4. Edremit Traverteninin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Edremit Traverteninin fiziksel ve mekanik özellikleri, yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmiştir. Bu deneylere ilişkin bilgiler ve elde edilen bulgular bu bölüm kapsamında ayrı ayrı ele alınmıştır. Edremit Travertenini yapısal ve dayanım özellikleri bakımından üç sınıfa ayrılmış ve her birime ait fiziko-mekanik

özellikler belirlenmiştir. Edremit Traverteninin boşluksuz/az boşluklu bej renk tonlarında gözlenen kristalin kabuk seviyeleri Trv1, dal ve kamış türü, boşluklu ve bej renk tonlarında gözlenen seviyeleri Trv2, çalı ve genelde ileri derecede altere olmuş ve topraklaşmış, boşluklu, bitki fosili içerikli, kırmızımsı renk tonlarında gözlenen seviyeleri Trv3 adlandırılmıştır. Çizelge ve şekillerin içerikleriyle açıklama bölümleri ve metin içerisinde anlam bütünlüğünü sağlamlaştırmak, anlaşılabilirliği ve açıklığı arttırmak maksadıyla bu kısaltma isimleri kullanılmıştır.

4.4.1. Edremit Travertenin fiziksel özellikleri

Çalışma alanındaki traverten seviyelerinin bazı fiziko-mekanik ve yapay bozunma özelliklerini belirlemeye yönelik olarak alınan 60 adet küp (Trv1 grubu travertenlerden), 25 adet silindirik (Trv1, Trv2 ve Trv3 grubu travertenlerden) ve 165 adet düzensiz şekilli (Trv1 ve Trv2 grubu travertenlerden) örnekler üzerinde çalışmanın ilk aşamasında, travertenin kuru (KBHA) ve doygun (DBHA) birim hacim ağırlık, kütlece su emme (KSE), görünür porozite (n) değerleri ISRM (2007) ve TS 699 (2009)'ye göre belirlenmiştir (Çizelge 4.1 – 4.2 – 4.3).

Çizelge 4.1. Düzensiz şekilli 165 adet örneğe ait fiziksel özellikler

Değişkenler	Örnek sayısı	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
K.B.H.A (kN/m³)	165	17.12	26.20	22.41
D.B.H.A (kN/m³)	165	18.84	26.84	22.91
K.S.E (%)	165	1.31	9.95	2.46
Görünür Porozite, n (%)	165	2.06	6.59	4.41

Çizelge 4.2. 7x7x7cm boyutlarındaki Trv1'in masif kısmına ait 60 adet küp örneğe ait fiziksel özellikler

Değişkenler	Örnek sayısı	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
K.B.H.A (kN/m³)	60	22.25	25.25	24.13
D.B.H.A (kN/m³)	60	22.53	25.46	24.49
K.S.E (%)	60	0.68	3.37	1.49
Görünür Porozite, n (%)	60	1	3.48	1.81

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki sondajlar ve bloklardan elde edilen 25 adet silindirik örneğe ait fiziksel özellikler

Örnek Türü	Değişkenler	Örnek sayısı	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Trv1	K.B.H.A (kN/m ³)	10	21.92	24.71	23.36
	D.B.H.A (kN/m ³)	10	22.25	25.48	24.73
	K.S.E (%)	10	0.89	2.52	1.69
	Görünür Porozite, n (%)	10	1.72	3.43	2.23
Trv2	K.B.H.A (kN/m ³)	9	20.46	22.76	22.19
	D.B.H.A (kN/m ³)	9	21.74	23.4	22.8
	K.S.E (%)	9	1.81	5.24	2.79
	Görünür Porozite, n (%)	9	2.01	6.83	4.45
Trv3	K.B.H.A (kN/m ³)	6	18.08	23.19	20.53
	D.B.H.A (kN/m ³)	6	19.63	23.76	21.61
	K.S.E (%)	6	2.12	8.59	5.51
	Görünür Porozite, n (%)	6	4.03	14.18	9.48
Genel Ortalama	K.B.H.A (kN/m ³)	25	18.08	24.71	22.15
	D.B.H.A (kN/m ³)	25	19.63	25.48	22.81
	K.S.E (%)	25	0.89	8.59	3.08
	Görünür Porozite, n (%)	25	1.72	14.18	5.20

Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi Trv3 grubu travertenlerin kuru birim hacim ağırlık ve doymun birim hacim ağırlık değerleri Trv1 ve Trv2 grubu travertenlerden

düşük, görünür porozite ve kütlece su emme değerlerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Trv1 grubu travertenlerde kuru birim hacim ağırlık değerleri ortalama 23.36 kN/m^3 , Trv2 grubu travertenlerde 22.19 kN/m^3 , Trv3 grubu travertenlerde ortalama 20.53 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde doygun birim hacim ağırlık değerlerinin de benzer oranda düştüğü belirlenmiştir. Kütlece su emme değerlerinin Trv1 grubu travertenlerde ortalama %1.69, Trv2 grubu travertenlerde %2.79, Trv3 grubu travertenlerde ise bu iki traverten türüne oranla 2-3 kat daha fazla ortalama %5.51 civarında olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde porozite değerlerinde de Trv1 ile Trv2 ve Trv3 arasında 3-4 katlık artışların olduğu deneyler sonucunda bulunmuştur. Trv1 grubu travertenlerde en yüksek porozite değeri ortalama %3.43, Trv2 grubu travertenlerde %6.83 iken Trv3 grubu travertenlerde bu oranın ortalama %14'e ulaştığı görülmektedir. Bu bakımdan Trv3 grubu travertenlerin diğer travertenlere oranla 2-3 kat daha fazla boşluk hacmine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.4'de kayaların poroziteye göre sınıflandırılmasına bakıldığında Trv1 grubu travertenlerin 2.23 ortalama ile az boşluklu kaya grubunda, Trv2 grubu travertenlerin 4.45 ortalama ile orta boşluklu kaya grubunda, Trv3 grubu travertenlerin ise 9.48 ortalama ile oldukça boşluklu kaya grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite %
Çok Kompakt	<1
Az Boşluklu	1-2.5
Orta Boşluklu	2.5-5
Oldukça Boşluklu	5-10
Çok Boşluklu	10-15
Çok Fazla Boşluklu	>15

Düzensiz, küp ve silindir numuneler üzerinde belirlenen fiziksel özellik değerleri karşılaştırıldığında küp şekilli örneklerin fiziksel özellik değerlerinin diğer şekilli örneklerden ve genel ortalamadan daha farklı olduğu belirlenmiştir. Küp şekilli örnekler, travertenin en masif kısmı olan kristalen kabuk kısmından alınan bloklar

üzerinden elde edildiğinden dolayı bu seviyedeki örneklerin Trv1 örnek türünün en dayanımlı seviyelerine ait olduğu söylenebilir. Bu nedenle karşılaştırmalarda da yalnızca sağlam dayanımlı silindirik örneklerden elde edilen değerler kullanılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Farklı şekillerdeki traverten örneklerinin ortalama fiziksel özellik değerlerinin karşılaştırılması

Örnek Türü	Örnek Sayısı	K.B.H.A (kN/m ³)	D.B.H.A (kN/m ³)	Görünür	
				Porozite (%)	(n) K.S.E. %
Düzensiz şekilli örnekler	165	22.40	22.90	4.41	2.46
Küp örnekler	60	24.13	24.49	1.81	1.49
Silindirik örnekler	25	22.72	23.23	3.69	2.23
Genel ortalama	250	23.08	23.54	3.30	2.06

4.4.2. Edremit Traverteninin mekanik özellikleri

4.4.2.1. Edremit Traverteninin Schmidt çekici ile yüzey dayanımının belirlenmesi

Çalışma alanındaki farklı traverten seviyelerinin tek eksenli basma dayanımı değerlerini dolaylı yoldan elde etmek amacıyla 57 farklı noktadan Schmidt çekici ile travertenin yüzey dayanımı belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.12). Her noktadan ortalama sonuç elde etmek için en az 10 adet ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Üç farklı tip traverten için (Bkz. Çizelge 4.3) ortalama kuru birim hacim ağırlık ve Schmidt çekici geri sıçrama değerine karşılık gelen tek eksenli basınç dayanım değerleri, Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen grafik kullanılarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.5). Schmidt çekici ile yüzey dayanımı ölçümünün yapıldığı Trv1, Trv2 ve Trv3 grubu traverten seviyeleri ayrı ayrı değerlendirilerek dolaylı yoldan tek eksenli basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Schmidt çekici geri sıçrama değerlerinin travertenin zayıf seviyelerinden dayanımlı seviyelerine doğru 10-48 arasında değiştiği ve genel ortalamanın ise 26 olduğu ölçülmüştür. Bu değerlerden

elde edilen tek eksenli basma dayanımı (UCS) değerlerinin de 15-78 MPa arasında değiştiği ve genel ortalamanın 40.6 MPa olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Çalışma alanında ölçülen Schmidt çekici geri sıçrama değerleri ve bu değerlere göre hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değeri

Traverten Türü	Ölçüm Noktası	Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Trv1	11	Schmidt değeri	37	48	45.63
		UCS (MPa)	49	78	57.30
Trv2	22	Schmidt değeri	23	34	30.17
		UCS (MPa)	30	45	41.18
Trv3	24	Schmidt değeri	10	18	13.71
		UCS (MPa)	15	24	18.58
Genel	57	Schmidt değeri	10	48	26.16
		UCS (MPa)	15	78	40.66

Schmidt çekici geri sıçrama değerleri arasındaki farklılığın bölgede yer alan farklı tür travertenlerin yüzey dayanımları arasındaki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir. Genel olarak, Trv1 grubu travertenlerin Schmidt çekici değerine göre hesaplanan tek eksenli basma dayanımı değeri 49-78 MPa arasında, Trv2 grubu travertenlerin 25-35 MPa arasında, Trv3 grubu travertenlerin ise 10-25 MPa arasında tek eksenli basma dayanımı değerine sahip olduğu belirlenmiştir. ISRM (2007)'nin önerdiği Schmidt çekici kaya sertliği sınıflamasına göre (Çizelge 4.7), 37-48 arasında ölçülen sahip Trv1 grubu travertenlerin ortalama 45.63 ile sert kaya grubunda, 23-34 arasında ölçülen Trv2 grubu travertenlerin ortalama 30.17 ile az sert kaya grubu içerisinde, 10-18 arasındaki değerlerde ölçülen Trv3 grubu travertenler 13.71 ortalama ile az yumuşak kaya grubu içerisinde yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması (ISRM, 2007)

Schmidt Çekici Sertlik Değeri	Sınıflandırılması
0–10	Yumuşak
10–20	Az Yumuşak
20–40	Az Sert
40–50	Sert
50–60	Oldukça Sert
> 60	Çok Sert

4.4.2.2. Edremit Traverteninin nokta yükü dayanımı

Tek eksenli basma dayanımı değerlerinin belirlenmesinde kullanılan dolaylı yöntemlerden biri de nokta yükü deneyidir. Kayaların basma dayanımı değerleri kayaların türüne göre değiştiği gibi farklı araştırmacılar bu konuda farklı ampirik yaklaşımlarda da bulunmuşlardır (Protodyakonov, M. M. (1962); D’Andrea, D. V. Ve ark., (1964); Hobbs, D. W. (1964); Deere, D. U., Miller, R. P. (1966); Evans, I., Pomeroy, C. D. (1966); Reichmuth, D. R. (1968); Paone J. ve ark., (1969); Broch, E., Franklin, J. A. (1972); Aufmuth, R. E. (1973); Tandanand, S., Unger, H. F. (1975); Bieniawski, Z. T. (1975); Brierly, G. S. (1979); Hassani, F. P. ve ark., (1980); Kidybinski, A. (1980); Rabia, H., Brook, W. (1980); Read, J. R. L. Ve ark., (1980); ISRM (1981); Singh, D. P. (1981); Forster, I. R. (1983); Sheorey, P. R. Ve ark., (1984); ASTM (1984); Gunsallus, K. L. Ve Kulhawy, F. H., (1984); ISRM (1985); Haramy, K. Y. ve DeMarco, M. J. (1985); Ghose, A. K., Chakraborti, S. (1986); Goktan, R. M. (1988); Vallejo, L. E. ve ark., M. K. (1989); Cargill, J. S., Shakoor, A. (1990); Sachpazis, C. I. (1990); Xu, S. ve ark., (1990); Ghosh, D. K., Srivastava, M. (1991); Tsidzi, K. E. N. (1991); Grasso, P. ve ark., (1992); Chou, K. T. ve Wong, R. H. C. (1996); Smith, H. J. (1997); Katz, O. ve ark., (2000); Kahraman, S. (2001); Yilmaz, I., Sendir, H. (2002); Quane, S. L. ve Russel, J. K. (2003); Palchik, V. ve Hatzor, Y. H. (2004); Tsiambaos, G., Sabatakakis, N. (2004); Yasar, E. ve Erdogan, Y. (2004)). Bu çalışmalarda önerilen yöntemlerden ISRM (1985)’de önerilen $UCS=Is_{50} \times 22$ bağıntısından nokta yükü değerlerine bağlı olarak tek eksenli basma dayanımı değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Çalışma alanında karot örnek almanın mümkün olmadığı

alanlarda travertenin basma dayanımını belirlemeye yönelik olarak her noktadan 5'er adet olmak üzere toplam 33 noktadan (Bkz. Şekil 3.12) yaklaşık 50 ± 35 mm boyutunda düzensiz şekilli 165 adet el örneği alınmıştır. Bu örnekler üzerinde ISRM (2007) standartlarına uygun olarak deneyler yapılmıştır. Nokta yükü dayanım deneyi için çalışma alanındaki travertenlerden Trv1 ve Trv2 türü travertenlerden örnekler alınmıştır. Zira Trv3 türü travertenlerin dayanımlarının düşük olması nedeniyle deney standartlarına göre doğru sonuçlar vermeyeceği için bu alanlardan örnekleme yapılmamıştır.

Çizelge 4.8. Edremit Traverteninin nokta yükü dayanımı ve bu değerlerden hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Örnek Türü	Örnek Sayısı	Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Trv1	14x5	Nokta Yükü (MPa)	1.50	2.96	2.12
		UCS (MPa)	42.06	62.48	51.22
Trv2	19x5	Nokta Yükü (MPa)	0.70	1.40	1.14
		UCS (MPa)	15.48	39.82	29.69
Genel	33x5	Nokta Yükü (MPa)	0.70	2.96	1.76
		UCS (MPa)	15.48	62.48	38.82

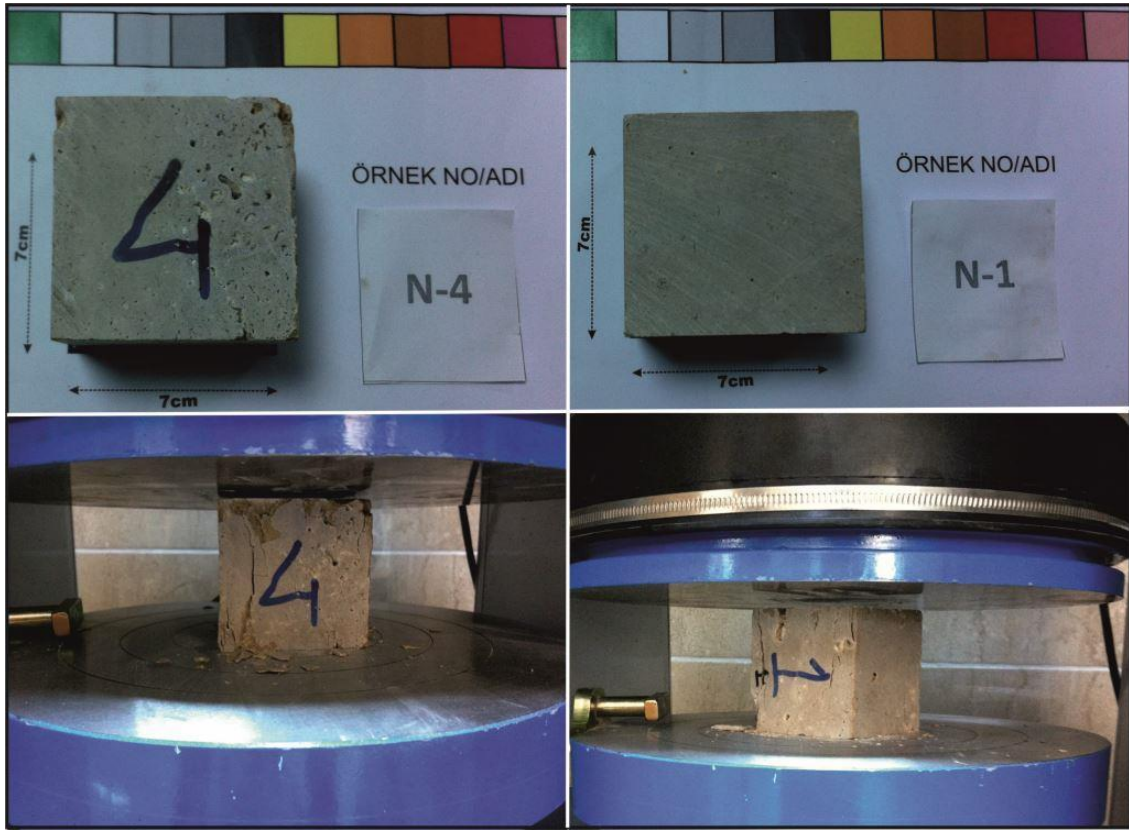
Edremit Traverteninin nokta yükü dayanımdan elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre traverten Trv2 grubu düşük dayanımlı kaya grubu, Trv1 grubu orta dayanımlı kaya grubu içerisinde yer almaktadır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Tek eksenli basınç dayanımına göre kaya dayanım sınıflaması (Deere ve Miller, 1966)

Sınıfı	Niteliği	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Nokta Yükü Dayanımı (MPa)
A	Çok yüksek dayanımlı	<200	>8
B	Yüksek dayanımlı	100-200	4-8
C	Orta dayanımlı	50-100	2-4
D	Düşük dayanımlı	25-50	1-2
E	Çok düşük dayanımlı	>25	>1

4.4.2.3. Edremit Traverteninin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Edremit Traverteninin tek eksenli basınç dayanımı değerleri çalışma alanındaki sondajlar ve blok örneklerden elde edilen silindirik numuneler ile küp örnekler (Şekil 4.48) üzerinden doğrudan yöntem ile de belirlenmiştir. Bu deneyler esnasında hem küp örneklerin hem de silindirik örneklerin basınç deformasyon grafikleri elde edilmiştir ve bu grafikler vasıtasıyla travertenin elastisite modülü de belirlenmiştir (Çizelge 4.10 – 4.11).



Şekil 4.48. Küp örnekler üzerinde uygulanan tek eksenli basınç dayanımı deneylerine ait deney öncesi ve deney sonrasına ait görüntüler.

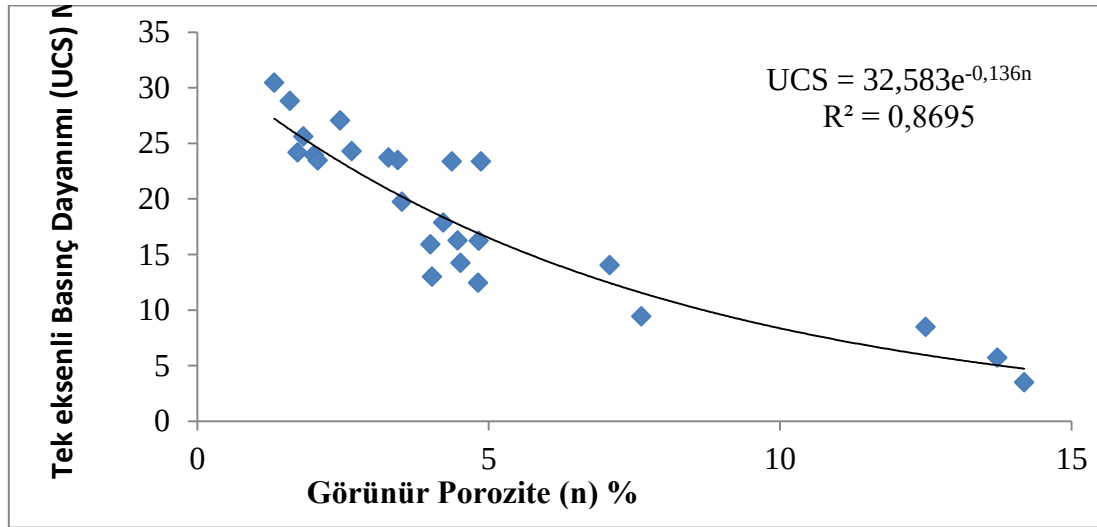
Çizelge 4.10. 7x7x7cm boyutlarındaki küp numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleri

Örnek Sayısı	Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
15	UCS (MPa)	47.33	93.69	71.63
	Elastisite (GPa)	8.65	13.22	11.41

Çizelge 4.11. Silindirik şekilli numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Traverten Türü	Deney Sayısı	Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Trv1	10	UCS (MPa)	23.38	30.45	25.45
		Elastisite (GPa)	4.78	13.18	8.85
Trv2	9	UCS (MPa)	9.43	23.36	17.44
		Elastisite (GPa)	1.66	9.18	6.46
Trv3	6	UCS (MPa)	3.49	14.02	9.52
		Elastisite (GPa)	0.14	8.33	3.50
Genel	25	UCS (MPa)	3.49	30.45	18.74
		Elastisite (GPa)	0.14	13.18	6.71

Trv2 ve Trv3 türü travertenlerin belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin Deere ve Miller (1966)'ya göre (Bkz. Çizelge 4.9) “çok düşük”, Trv1 türü travertenlerde ise basınç dayanımı değerlerinin “düşük” olduğu ve travertenlerde basınç dayanımının porozite ile ilişkili olduğu ve porozitesi yüksek olan travertenlerin basınç dayanımının orantılı olarak düştüğünü belirlenmiştir (Şekil 4.49 – 4.50).



Şekil 4.49. Silindir şekilli travertenlerde porozite ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 4.50. Silindir şekilli numunelerin tek eksenli basınç dayanımı deneylerine ait görüntüler. (a)Trv1 türü (b) Trv3 türü ve (c) Trv2 türü traverten örneklerinin deney öncesi ve sonrasına ait görüntüler.

Çizelge 4.12’de inceleme alanındaki üç tip traverten için farklı yöntemlerle elde edilen tek eksenli basma dayanımı değerleri verilmiştir. Bir kaya için basma dayanımını belirlemenin en doğru yolu doğrudan yöntem olan tek eksenli basma dayanımı yöntemidir. Nokta yük ve Schmidt çekici dolaylı yoldan tek eksenli basma

dayanımı değerine ulaşmada pratik fakat kesin sonuçlar vermeyen ve kaya türüne göre birçok farklı yaklaşımlar sunan yöntemlerdir. Schmidt ve nokta yükünden elde edilen UCS değerlerine göre Deere ve Miller (1966), kaya sınıfında Trv1 türü travertenler orta, Trv2 türü travertenler düşük dayanımlı kaya grubunda yer alırken, doğrudan yöntemle hesaplanan sonuçlara göre Trv1 grubu travertenler düşük, Trv2 grubu travertenler ise çok düşük dayanımlı kaya grubunda yer almaktadır. Trv1, Trv2 türü silindirik örneklerin ortalama tek eksenli basma dayanımına oranla nokta yük dayanımından elde edilen sonuçlar iki katı civarında bir sonuç verdiği görülmektedir. Nokta yükü deneyi için yüzeyden derlenen ve deney standartları açısından düzgün yüzeyli, sağlam el örnekleri seçilmiştir. Bu örneklerin travertenin genel iyapısından çok yüksek dayanımlı yüzey seviyelerini temsil etmesi dayanım değerlerinde yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Schmidt çekici ile elde edilen değerlerin dönüştürülmesi ile Trv1, Trv2 ve Trv3 türü travertenlerde hesaplanan ortalama tek eksenli basma dayanımı değerleri de doğrudan yönteme göre yaklaşık iki kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yüksek farklılığın kaya içerisindeki boşluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Doğrudan yöntemde kaya içerisindeki boşluklar dayanım üzerinde doğrudan etkiliyken, Schmidt çekicinin boşluksuz, kayanın düzgün ve sağlam duvarlarına uygulanması ve kayanın i yapısından fazla etkilenmemesi nedeniyle dayanım değerlerinin olduğundan yüksek çıktığı düşünülmektedir (Karaman ve ark., 2011; Akın, 2008). Schmidt çekici ve nokta yükü dayanımından dolayı yoldan elde edilen değerler bir birine paralellik göstermektedir. Hem nokta yükü örneklerinin hemde Schmidt çekici ölçümlerinin travertenin daha çok yüzey dayanımını temsil etmesi basınç dayanımı değerlerinin birine yakın sonuçlar vermesini sağladığı düşünülmektedir.

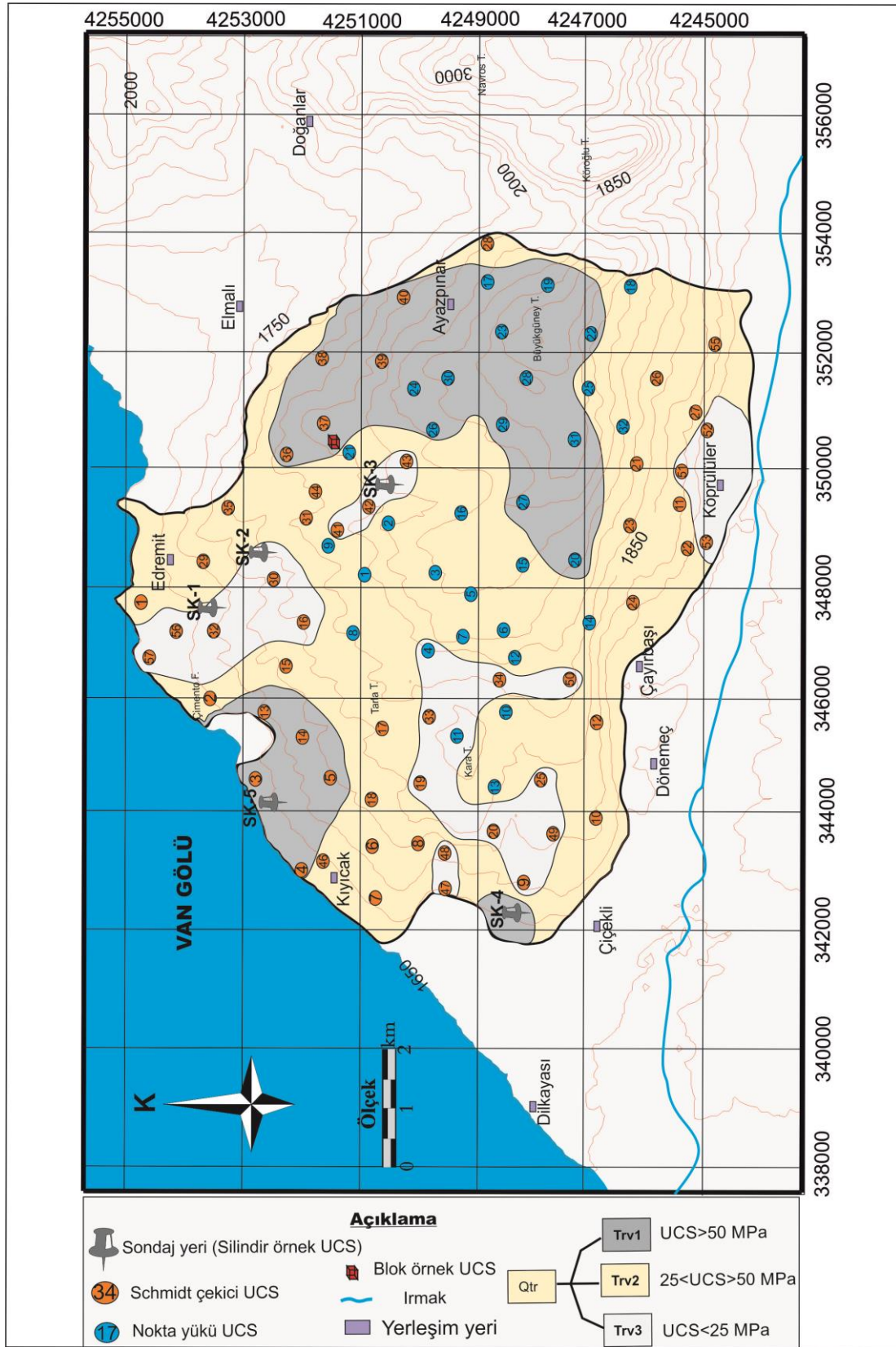
Trv1 türü küp ve silindirik numunelerden elde edilen tek eksenli basınç değerleri karşılaştırıldığında, küp numunelerin basma dayanımı değerlerinin silindir şekilli numunelere oranla daha yüksek çıktığı ve kayanın “orta dayanım” kaya sınıfına girdiği belirlenmiştir. Boy/ap oranı 2 olan silindir numuneler baskı altında tutulduğunda alt ve st yüzeylerine yakın yerler daha yüksek kayma kuvveti etkisi altında kalırken numunenin orta kesimine doğru kayma kuvvetlerinin ortadan kalkar. Kp örneklerde ise boy/genişlik oranı eşit olduğu için kayma kuvvetlerinin etkisinin hemen ortadan kalkmaması ve uygulanan gerilmenin küpün köşelerinde birikmesi

nedeniyle bu farklılığın ortaya çıktığı ve bu nedenle küp travertenlerden elde edilen sonuçlara göre bir sınıflama yapmanın doğru olmayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 4.12. Edremit traverteninin farklı yöntemlerle elde edilen ortalama tek eksenli basınç dayanımı (UCS) değerlerinin karşılaştırılması

Traverten Türü	Silindir Örnek UCS (MPa)	Schmidt UCS (MPa)	Nokta Yük UCS (MPa)	Küp Örnek UCS (MPa)
Trv1	25.45	57.32	51.22	71.60
Trv2	17.44	41.18	29.69	-
Trv3	9.52	18.58	-	-

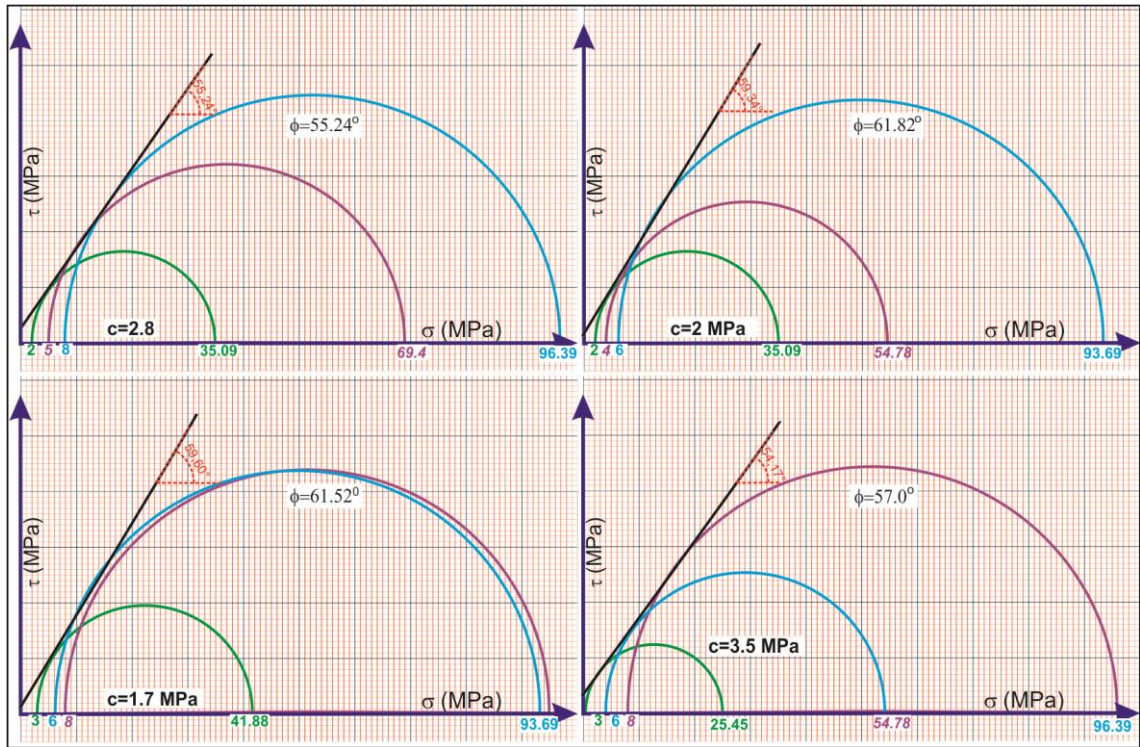
Trv1, Trv2 ve Trv3 türü traverten seviyelerinde yapılan Schmidt çekici ölçümleri ve nokta yükü verilerinden elde edilen UCS değerleri kullanılarak travertenler yüzey dayanım özelliği açısından değerlendirilmiş. Tabaka türü travertenden oluşan çalışma alanı Deere ve Miller (1966), dayanım sınıfına göre Neighbor Nodes yöntemi kullanılarak üç farklı zona ayrılmıştır (Şekil 4.51). Bu zon haritası travertenin yüzey dayanımını göstermektedir ve düşey yönde bu dayanımlar değişebilmektedir. Buna göre çalışma alanının büyük bir kesimi Trv2 tip travertenlerden oluşmaktadır.



Şekil 4.51. Edremit Travertenine ait dayanım haritası.

4.4.2.4. Edremit Travertenini üç eksenli basınç dayanımı değerleri

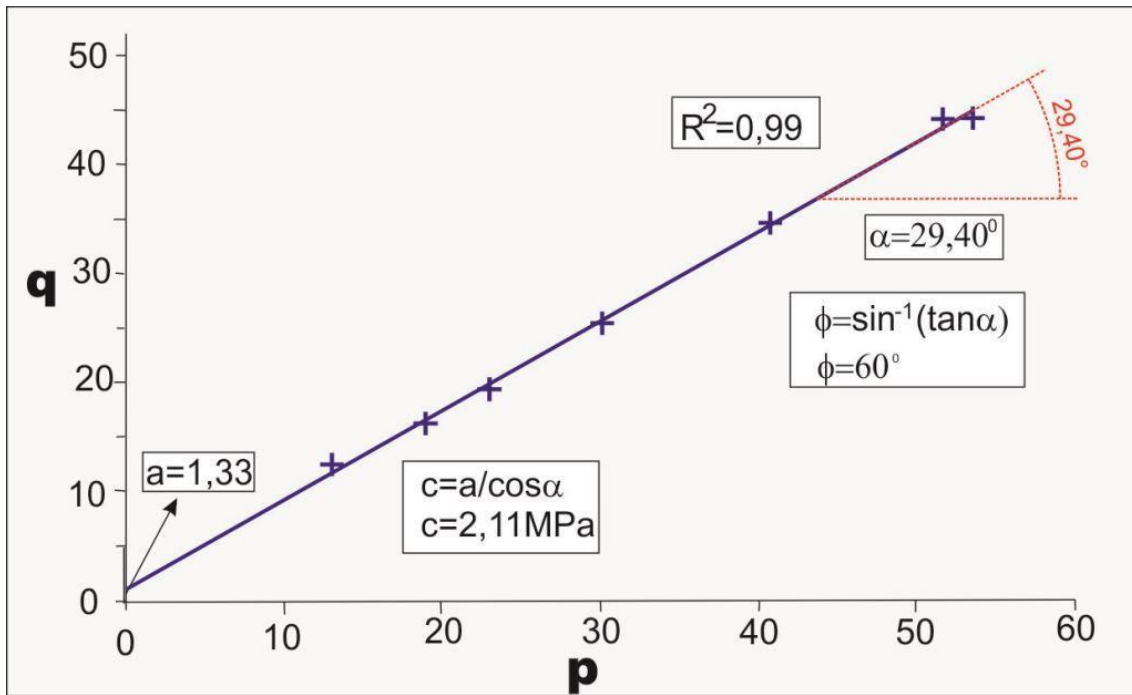
Edremit Traverteninin Trv1 türü silindir şekilli numuneleri üzerinde ISRM (2007) standartlarına göre üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Bu silindirik numuneler çalışma alanında bulunan bir mermer ocağından alınan blok örneklerden hazırlanmıştır. Trv2 ve Trv3 grubu traverten seviyelerinden blok örnek temini mümkün olmadığı için bu gruplarda üç eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanamamıştır. Bu deney neticesinde alınan sonuçlar Mohr-Coulomb yenilme zarfı yöntemi ile analiz edilerek Trv1 türü travertenin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.52, Çizelge 4.13). Ayrıca bulunan değerler, TS-699 standartlarında önerilen bir diğer hesaplama yöntemi olan p ve q grafiği yöntemi kullanılarak da analiz edilmiş ve ortalama kohezyon ile içsel sürtünme açısı değerleri önerilen bu yöntemle göre de hesaplanmıştır (Şekil 4.53), (Çizelge 4.14).



Şekil 4.52. Edremit Traverteninin Trv1 seviyesine ait örneklerin, Mohr-Coulomb yenilme zarfı yönteminden elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri.

Çizelge 4.13. Trv1 grubu travertene ait örneklerin ISRM (2007)'ye göre içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri

Örnek No	Yanal σ_3 (MPa)	Basınç Dayanım σ_1 (MPa)	Kohezyon (MPa)	(c) İçsel Sürtünme Açısı (ϕ , derece)
1	2	35.09	2.8	55.24
4	5	69.40		
6	8	96.38		
1	1	35.09	2.0	61.82
3	4	54.78		
5	6	93.69		
2	3	41.88	1.7	61.52
5	6	93.69		
6	8	96.38		
7	0	25.45	3.5	57.00
3	4	54.78		
6	8	96.38		
Ortalama			2.5	58.89



Şekil 4.53. Edremit Traverteninin Trv1 seviyesine ait örneklerin p ve q değerlerinden oluşturulan grafiğe göre ortalama içsel sürtünme açısı ve kohezyon değeri.

Çizelge 4.14. Travertenin Trv1 seviyesinin TS 699'a göre üç eksenli basınç dayanımı deneyinden elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri

Örnek No	Yanal Yük (Mpa) σ_3	Dayanım (Mpa) σ_1	p $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$	q $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$	Kohezyon (c) (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (ϕ , derece)
1	2	35.09	18.54	16.54		
2	3	41.88	22.44	19.44		
3	4	54.78	29.39	25.39		
4	5	74.38	39.69	34.69	2.11	60°
5	6	94.33	50.16	44.16		
7	8	96.39	52.19	44.19		
8	0	25.45	12.72	12.72		

Bu hesaplamalara göre Trv1 türü traverten örneklerinin, ortalama kohezyon değeri 2.5MPa, içsel sürtünme açısı (ϕ) değeri de ortalama 59° olarak, çalışma alanında yapılacak olan taşıma gücü ve diğer mühendislik projeleri için seçilebilir. Bu tip travertenler çalışma sahası içerisinde genellikle Büyükgüney Tepe mevki edremitin kuzeydoğu ve güneybatı kesimlerinde kuzeydoğu kesimlerinde gözlenmektedir (Bkz Şekil 4.51). Bu kesimlerde yapılacak mühendislik tasarımlarında zemin özelliklerinin parametreleri uygun olsa da travertenin karstik boşluklar içerebilmesi nedeniyle yer altında bulunan olası boşlukların jeofizik yöntemlerle belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde verilen dayanım parametreleri düşey ve yanal yönde değişim gösterebildiğinden mühendislik projelerinde alansal detay değerlendirme ve parametre üretimi mutlaka yapılmalıdır.

4.5. Edremit Traverteninin Kaya Kütlesi Değerlendirmesi (RMR)

Çalışma alanında yapılan eklem ve tabakaların yönelim ölçümleri esnasında süreksizliklere ait açıklık, aralık, dolgu, pürüzlülük ve su durumu gibi özelliklerine ilişkin ölçümler ve gözlemler de yapılmıştır. Edremit Traverteninin kapladığı alan

içerisinde üç farklı traverten türü için Bieniawski (1989) tarafından önerilen kaya kütle değerlendirme sistemine (RMR) göre travertenin kütle özellikleri yorumlanmıştır. Çalışma alanında travertenin yayılım alanının tamamını karakterize edecek şekilde alınan ölçümlerle 3 farklı türdeki travertenin RMR kaya kalitesi değeri belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. RMR değerlerine göre kaya kütle sınıfı (Bieniawski, 1989)

RMR Değeri	Kaya Kütle Sınıfı
81-100	Çok iyi kaya
61-80	İyi kaya
41-60	Orta kaya
21-40	Zayıf kaya
RMR<20	Çok zayıf kaya

Bu hesaplamalarda silindirik numuneler üzerinde uygulanan tek eksenli basınç deneyi ile üç farklı tür traverten seviyesi için ayrı ayrı hesaplanan RQD değerleri kullanılmıştır. RQD değerleri hesaplanırken bölgede yapılan 5 adet sondaja verileri ve ocaklardaki açık duvarlardan alınan hacimsel eklem sayısı (Jv) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda, Trv3 türü travertenlere ilişkin 5, Trv2 türü travertenlere ilişkin 5 ve Trv1 türü travertene ilişkin 5 lokasyondan ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler alınırken, genel bir değerlendirme yapabilmek amacıyla üç tür travertenin çalışma alanındaki genel özelliklerini yansıtan alanlardan ölçümler alınmıştır. Sonuç olarak elde edilen RMR puanlarının ortalaması kullanılarak kaya kalitesi sınıfı oluşturulmuştur (Çizelge 4.16). Değerlendirme aşamasında süreksizlik koşulu özellikleri değişkenlik gösterse de genel olarak Trv1 ve Trv2 türü traverten seviyeleri az ayrılmış ve pürüzlü bir yüzeye sahiptir. Sadece Trv3 türü traverten seviyesinde ayrılmış, dalgalı bir süreksizlik yüzeyi özelliği gözlenmektedir. Yeraltı suyu durumu ise mevsim ve yeraltı suyu seviyesine göre değişkenlik gösterebildiğinden tüm traverten seviyeleri için “nemli” olarak seçilmiştir. RMR sınıflama parametreleri ve derece ölçütleri kullanılarak belirlenen puanlara göre, Trv1 türü traverten seviyesi “iyi kaya”, Trv2 seviyesi “orta kaya”, ve Trv3 türü traverten seviyeleri ise “çok zayıf” kaya kütle özelliğindedir.

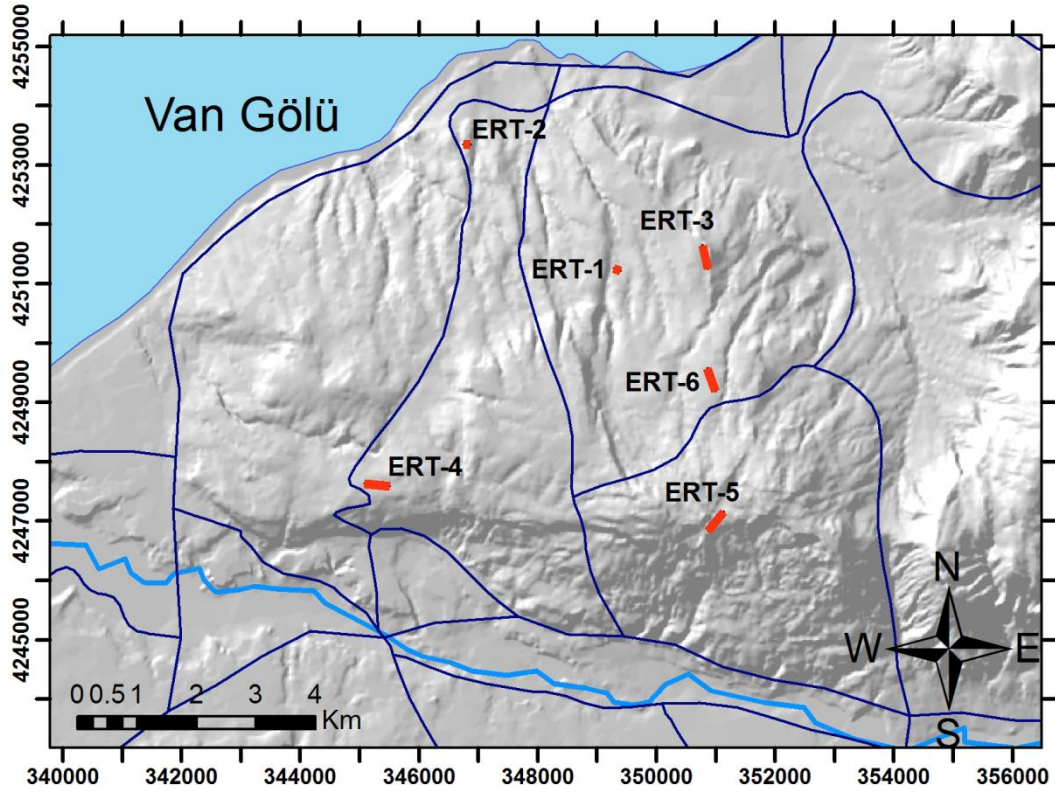
İleride bu bölgede yapılması muhtemel kaya içi mühendislik projelerinde süreksizlik eğim ve eğim yönü etkisi ile proje türüne göre yapılacak düzeltmeler ile nihai RMR puanı belirlenerek projelerde kullanılmalıdır. Genel özelliği itibariyle, Trv1 türü traverten seviyesinin, kütle özelliklerine göre mermer için blok verebilecek özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Çalışma alanında yer alan üç farklı tür travertenin kaya kütle sınıflama parametreleri, RMR puanları ve kaya sınıfı

Traverten Türü		UCS (MPa)	RQD (%)	Süreksizlik aralığı (cm)	Süreksizlik durumu	Yeraltı suyu	RMR Puanı	RMR Kaya Sınıfı
Trv 1	En Yüksek	30.45	70	20-40	Az ayrılmış pürüzlü yüzey	Nemli	80	İyi kaya
	En Düşük	23.49	35	400-500			45	
	Ortalama	25.45	55	200-250			62	
Trv2	En Yüksek	23.96	55	20-40	Az ayrılmış pürüzlü yüzeyler	Nemli	55	Orta Kaya
	En Düşük	9.43	25	400-500			30	
	Ortalama	17.44	45	150-200			35	
Trv3	En Yüksek	14.02	70	20-40	Ayrılmış pürüzlü ve dalgali yüzey	Nemli	50	Çok Zayıf Kaya
	En Düşük	3.49	20	250-300			5	
	Ortalama	9.52	0	50-100			22	

4.6. Elektrik Özdirenç/Rezistivite Tomografi Bulgular

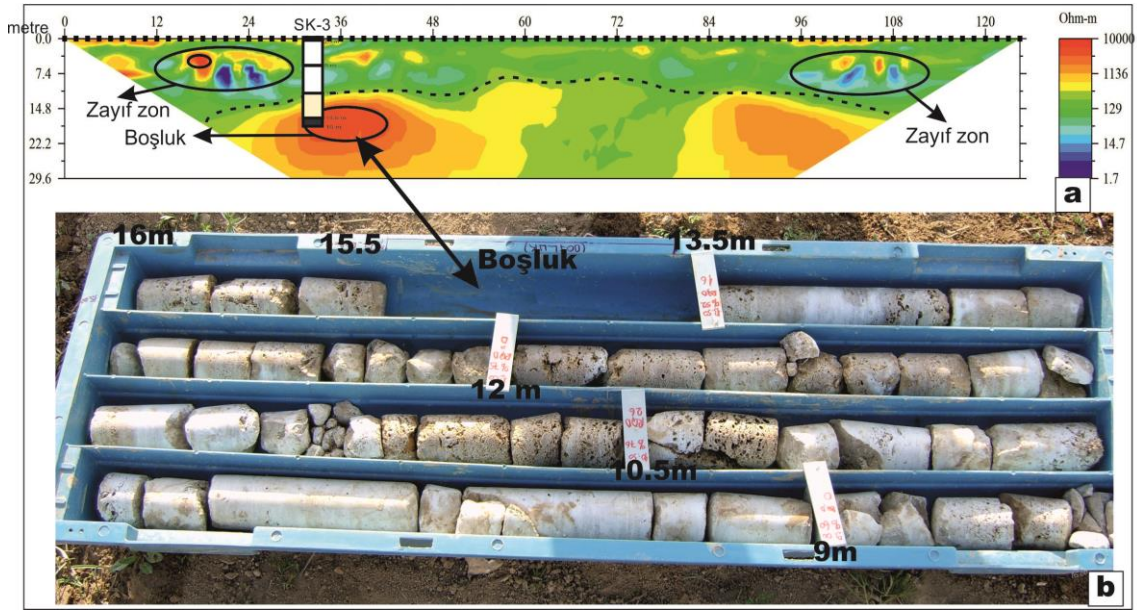
İnceleme alanında Bkz. Çizelge 3.2’de verilen ve koordinatları belirtilen alanlarda 6 profil boyunca (Şekil 4.54) 84 elektrotlu SuperSting WiFi R8/IP/SP cihazı ile elektrik özdirenç tomografi (ERT) ölçümleri alınmıştır. Arazi çalışmaları esnasında Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak yanal ve düşey yönde travertene ait özellikler belirlenmiştir. Elde edilen kesitler ve sonuçlar bu bölüm kapsamında yer almaktadır.



Şekil 4.54. İnceleme alanında ERT ölçümü yapılan lokasyonlar.

4.6.1. ERT-1 profili

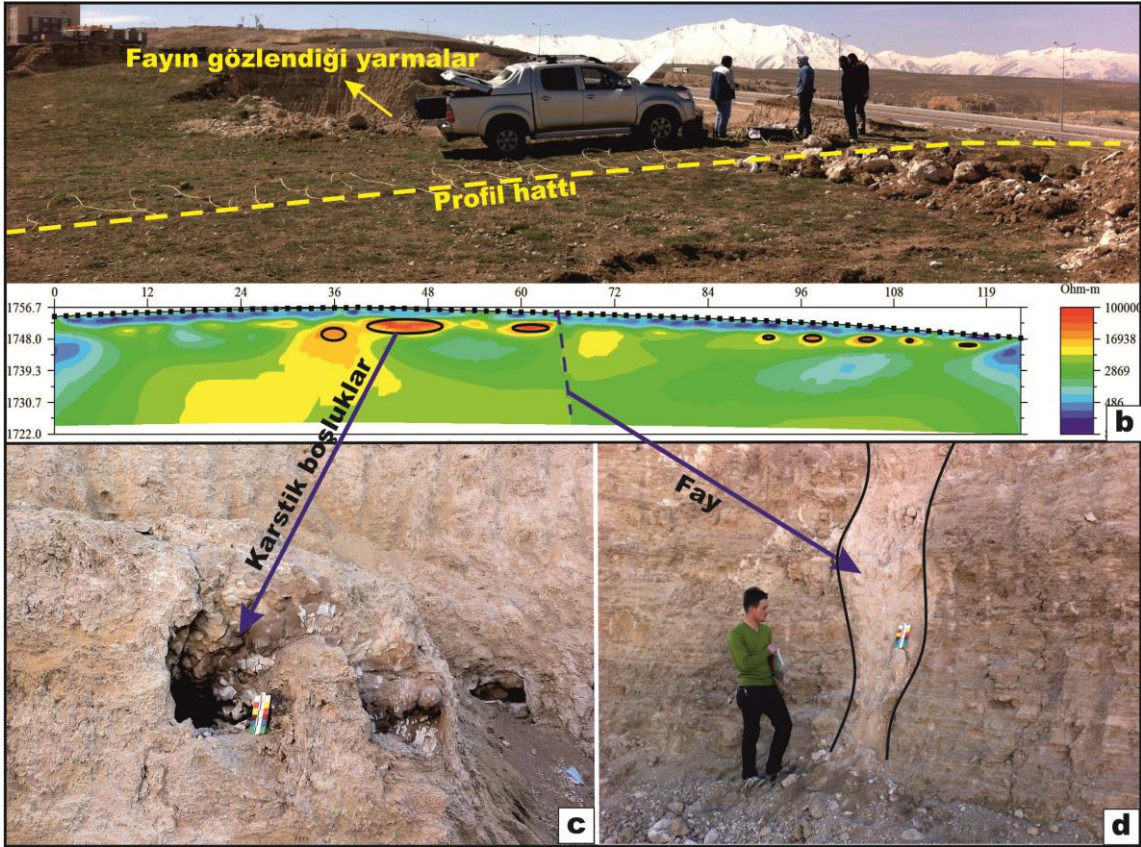
Bu hat, çalışma alanında eski TOKİ mevkinin doğusunda Edremit çevre yolu projesi köprülülük kavşak mevkiinde yapılmıştır. 1.5m aralıklı 84 elektrot kullanılarak yapılan ve profil boyu 126m olan serimde (ERT-1) Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır. ERT-1 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte yüzeyden yaklaşık 5m derinliğe kadar yol dolgusu, onun altında yer yer boşluk ve zayıf dayanımlı traverten, en altta ise yüksek öz dirençli, dayanımı üst seviyelere göre daha yüksek olan sağlam-masif traverten seviyesi gözlenmiştir. Yaklaşık 15.0 - 22.5m'leri arasında yüksek öz direnç değerli, büyük bir boşlukta tespit edilmiştir. Aynı lokasyonda yapılan SK-3 nolu sondajda da (EK-1, SK-3 e ait sondaj logu) aynı derinlikte bu boşluk belirlenmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. ERT-1 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a) Profile ait ters çözüm elektrik kesit, (b) bölgede yapılan sondaja ait boşluğu gösteren karot sandığı

4.6.2. ERT-2 Profili

Van Çimento fabrikasının kuzeydoğusunda, yeni TOKİ mevkiinde yapılan ölçümlerde 1.5m aralıklarla serilen 84 elektrot kullanılmıştır (ERT-2). Toplam profil boyu 126m olan serimde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır. ERT-2 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte yüzeyden itibaren yaklaşık 10m'ye kadar yer yer boşlukların olduğu, zayıf dayanımlı traverten birim tespit edilmiştir. Bu boşluklar bölgede yer alan çimento fabrikasına ait ocakların yarmalarında da yer yer gözlenmiştir. Derine doğru (yaklaşık 35m) öz direncin arttığı, daha yüksek dayanımlı traverten seviyeleri belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında bir temel yarmasında K80B/85KD duruşlu olarak ölçülen fay (Bkz Şekil 4.40) profilden elde edilen elektrik kesitte de tespit edilmiştir (Şekil 4.56).

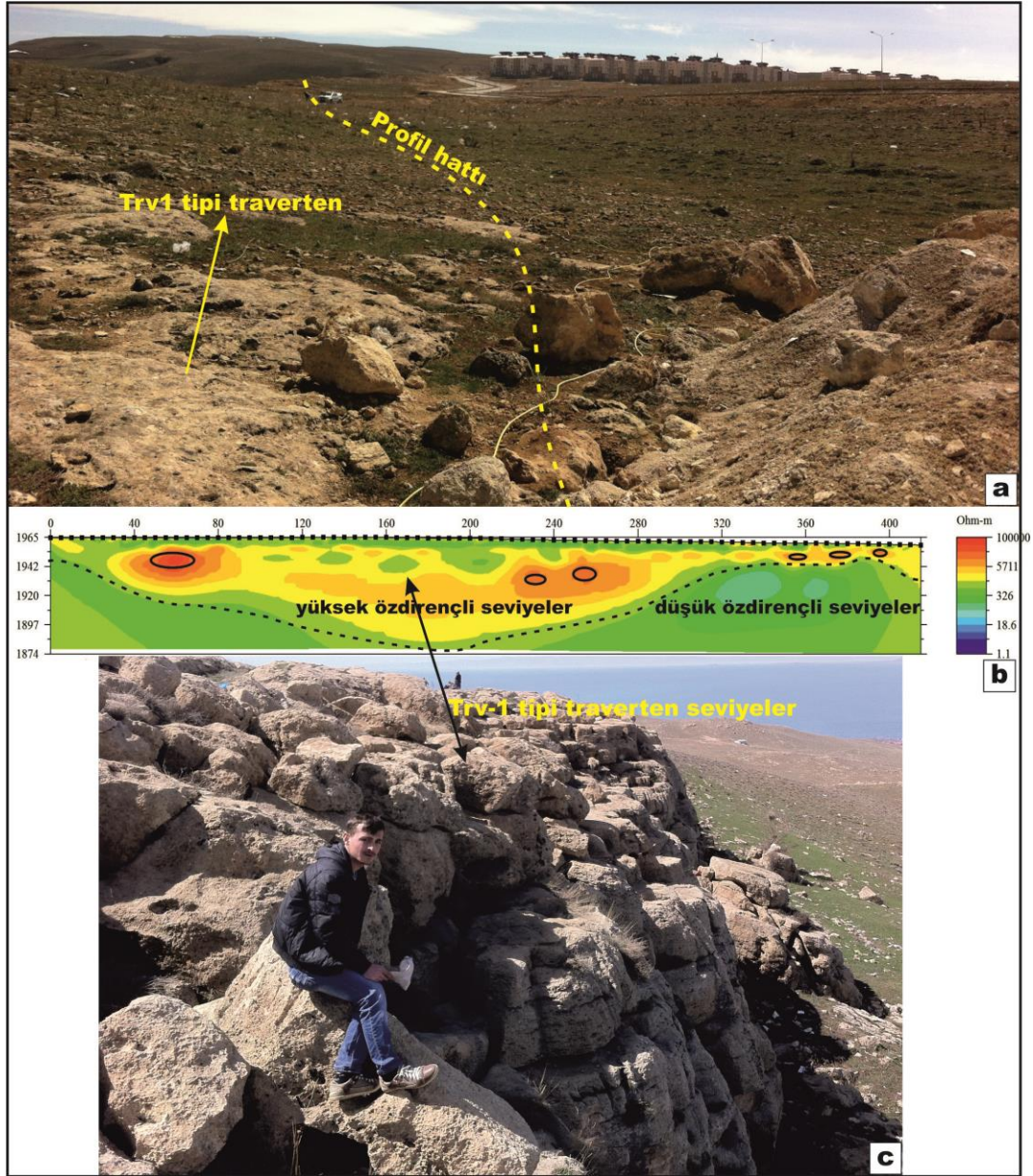


Şekil 4.56. ERT-2 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait yer elektrik kesit, (c) bölgede gözlenen ve kesitte de tespit edilen boşluklar, (d) kesitte ve temel yarmasında gözlenen fay.

4.6.3. ERT-3 profili

Eski TOKİ'nin doğusunda, mevcut mermer ocağı civarında, 5m aralıklarla, toplam 84 elektrot kullanılarak yapılan ve toplam profil boyu 420m olan serimde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır (ERT-3). ERT-3 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte yüzeyden itibaren gözlenen yüksek öz dirençli ve yüksek dayanımlı traverten (Trv1), profilin başlangıç kesimlerinde yaklaşık 40-45m kalınlıkta, profilin orta kesimlerinde yaklaşık 90m kalınlıkta ve profilin sonlarında ise yaklaşık 20-25m kalınlığa sahiptir. Bu yüksek dayanımlı travertenin altında ise düşük öz dirençli daha zayıf dayanımlı birim yer almaktadır. Üst seviyedeki yüksek öz dirençli kesimlerin içerisinde yine çok yüksek öz direnç değerli

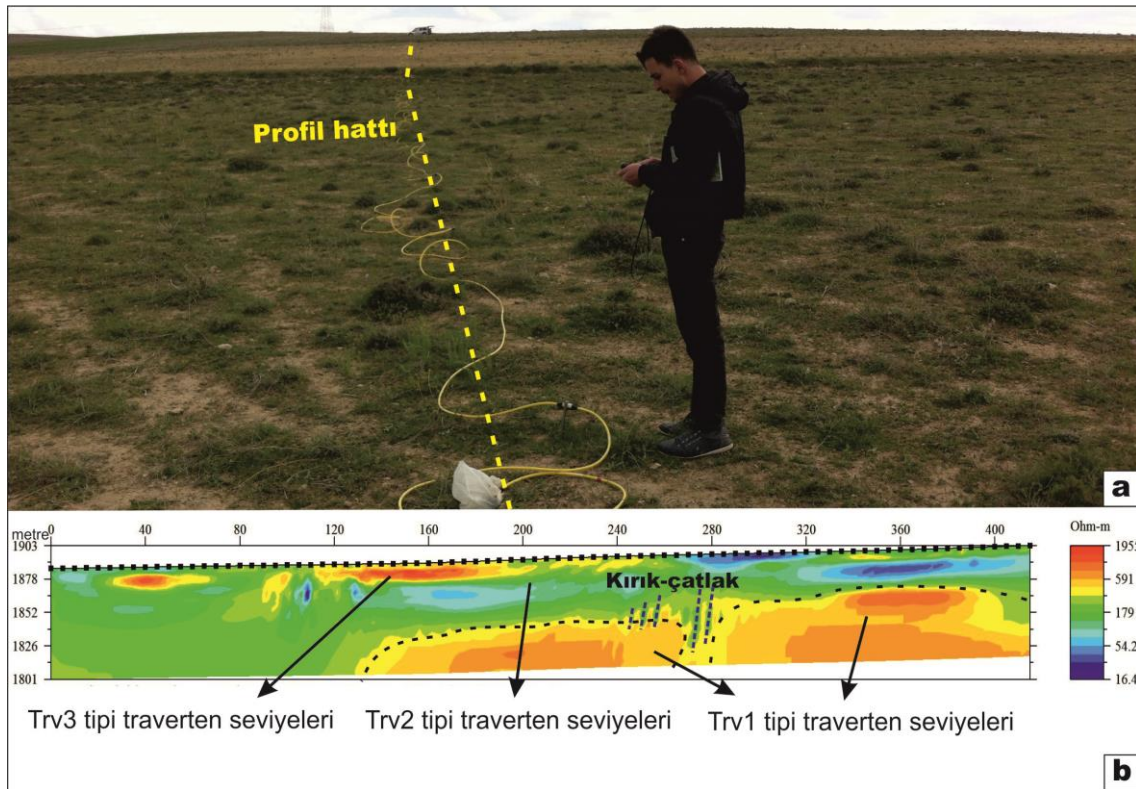
boşluklar tespit edilmiştir. Bu kesimin mermer olarak işletilebilir rezerve sahip olduğu düşünülerek bu kesimden blok örnekler alınmış ve örnekler üzerinde bozunma dayanımı ve fiziko-mekanik özelliklere bakılmıştır. Deney sonuçları 4.8. bölüm başlığı altında verilmiştir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. ERT-3 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a); Profilin genel görünümü, (b); Profile ait yer elektrik kesiti, (c); bölgede gözlenen 30 metre kalınlıkta mostra veren Trv1 türü travertenlere ait görünüm).

4.6.4. ERT-4 profili

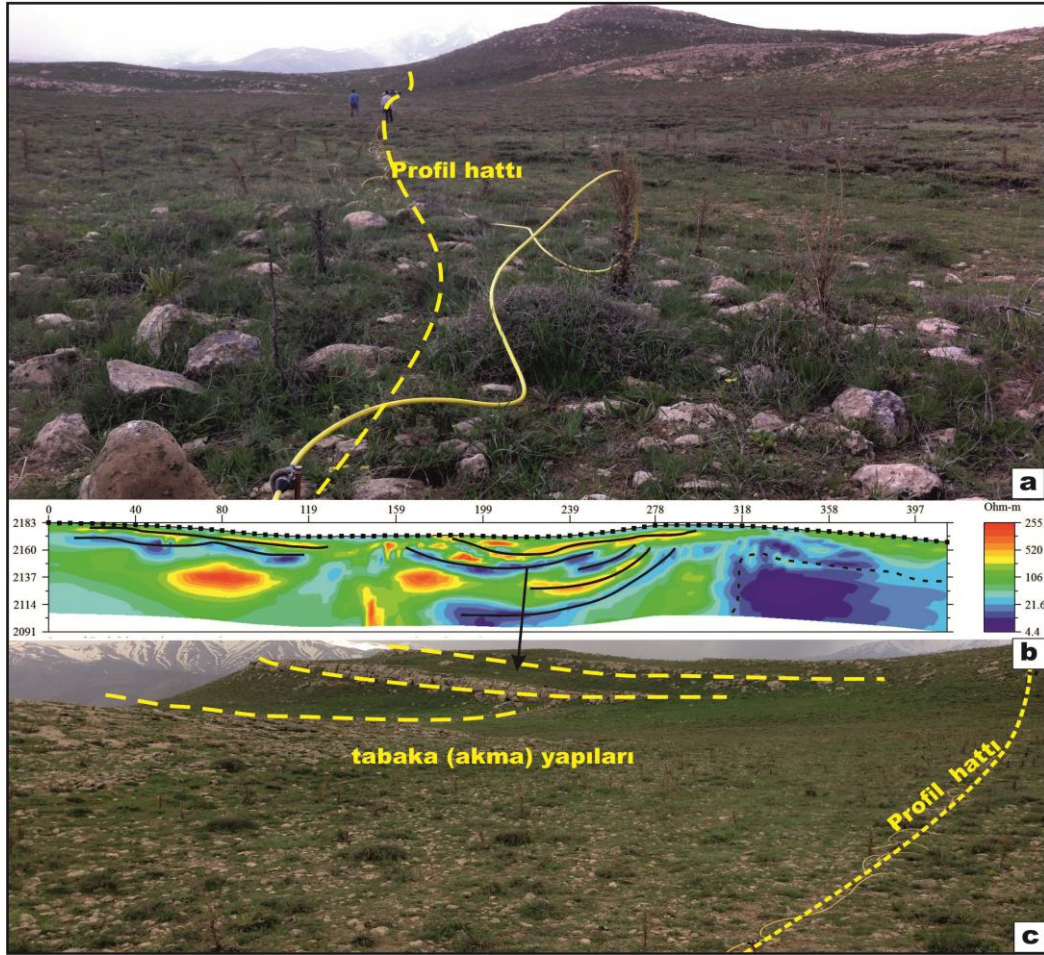
Çiçekli köyünün kuzeyinde, Karatepe mevkiinde, 5m aralıklarla, 84 elektrot kullanarak yapılan ve toplam profil boyu 420m olan serimde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanarak ölçüm alınmıştır (ERT-4). ERT-4 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte yüzeye yakın kesimlerde yer yer yüksek-orta özdirençli (Trv2) yer yerde düşük özdirençli genel itibariyle zayıf dayanımlı (Trv3) traverten birimin yer aldığı belirlenmiştir. Bu kesimde özdirenç değerleri kuzeydeki (ERT-3) traverten tipine göre daha düşüktür. Yüksek-orta özdirenç seviyelerine sahip kesimin altından itibaren profilin ortalarından başlayan daha yüksek özdirençli, dayanımında daha fazla olduğu traverten birim yer almaktadır. Bu profilden elde edilen kesitte yer yer yüzeye ulaşmayan kırık-çatlak seviyeleri belirlenmiştir (Şekil 4.58).



Şekil 4.58. ERT-1 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait yer elektrik kesiti.

4.6.5. ERT-5 profili

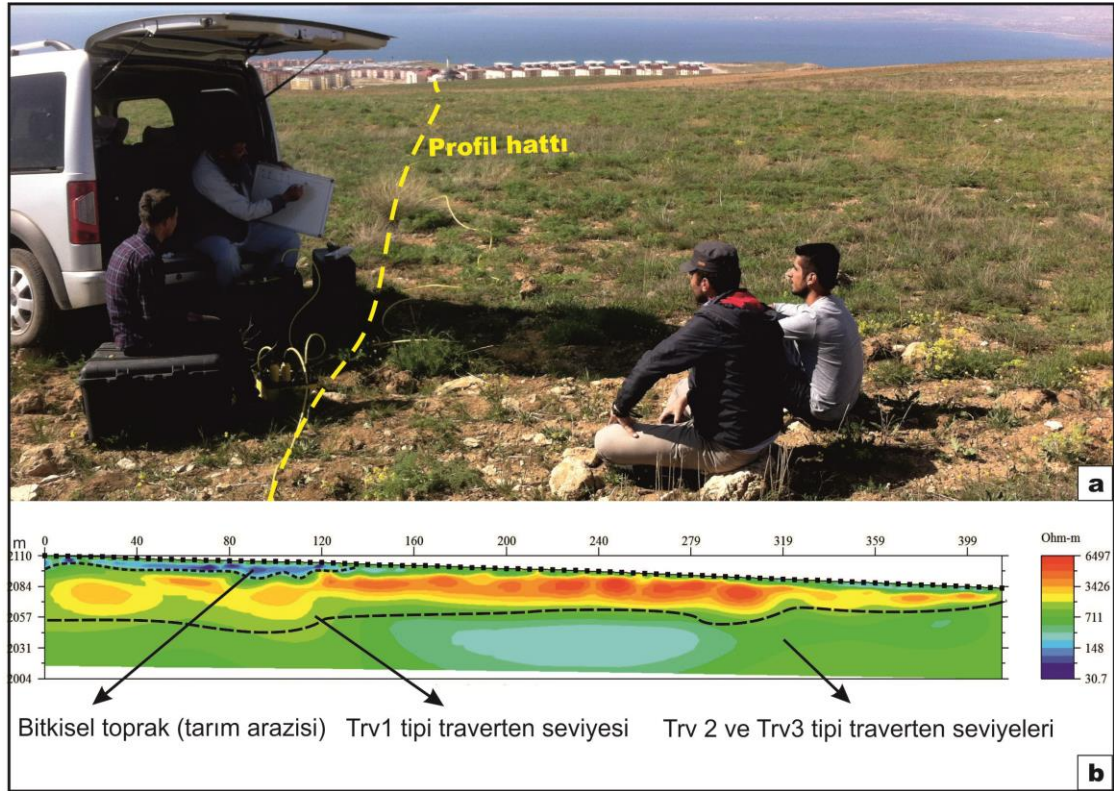
İnceleme alanında Büyükgüney tepe mevkiinde, 5m aralıklı ve 84 elektrot kullanarak, toplam profil boyu 420m olan serimde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır (ERT-5). ERT-5 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte nispeten düşük öz dirençli ve orta dayanımlı traverten birim (Trv2) ve bu birimin yüzeyde de gözlenen, üst üste biriktirmesi sonucu oluşan, basamak biçimindeki tabaka (akma) şekilleri belirlenmiştir. Profilin sonunda yüzeyden yaklaşık 40-45m derinlikte elde edilen çok düşük öz direnç değerleri, travertenden çıkılıp killi birimlere (Van Formasyonu) geçildiğinin göstergesi olarak yorumlanmıştır (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. ERT-1 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait yer elektrik kesit, (c) bölgede gözlenen tabaka akma yapılarının görünümü.

4.6.6. ERT-6 Profili

Eski TOKİ'nin yaklaşık 2km güneydoğusunda, 5m aralıklarla dizilen, 84 elektrot ve toplam profil boyu 420m olan serimde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır (ERT-6). ERT-6 profiline ait ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesitte profilin başlangıcından 120m ye kadar alanda yaklaşık 2-3m kalınlıkta düşük öz dirençli, tarım amaçlı kullanılan toprak seviye yer almaktadır. Bunun altında yüksek öz dirençli ve yüksek dayanımlı traverten (Trv1) birim yer almaktadır. Bu seviyenin altında ise daha düşük öz dirençli yer yer orta yer yer de düşük dayanımlı Trv2 ve Trv3 traverten seviyeleri gözlenmektedir (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. ERT-1 profilinin ters çözüm sonucu elde edilen yer elektrik kesit. (a) Profilin genel görünümü, (b) profile ait yer elektrik kesit.

4.7. Edremit Traverteninin Yapay Bozunma Deney Bulguları

Edremit Travertenini üzerinde yapılan fiziksel, mekanik ve kaya kütle değerlendirme sistemi parametrelerine göre travertenin boşluksuz, bej renkli ve bölgedeki travertenin kristalen kabuk seviyesini oluşturan Trv1 seviyesi için yapay bozunma deneyleri yapılmış ve tüm deney sonuçları yorumlanarak malzemenin mermer olarak endüstriyel potansiyeli ortaya çıkarılmıştır.

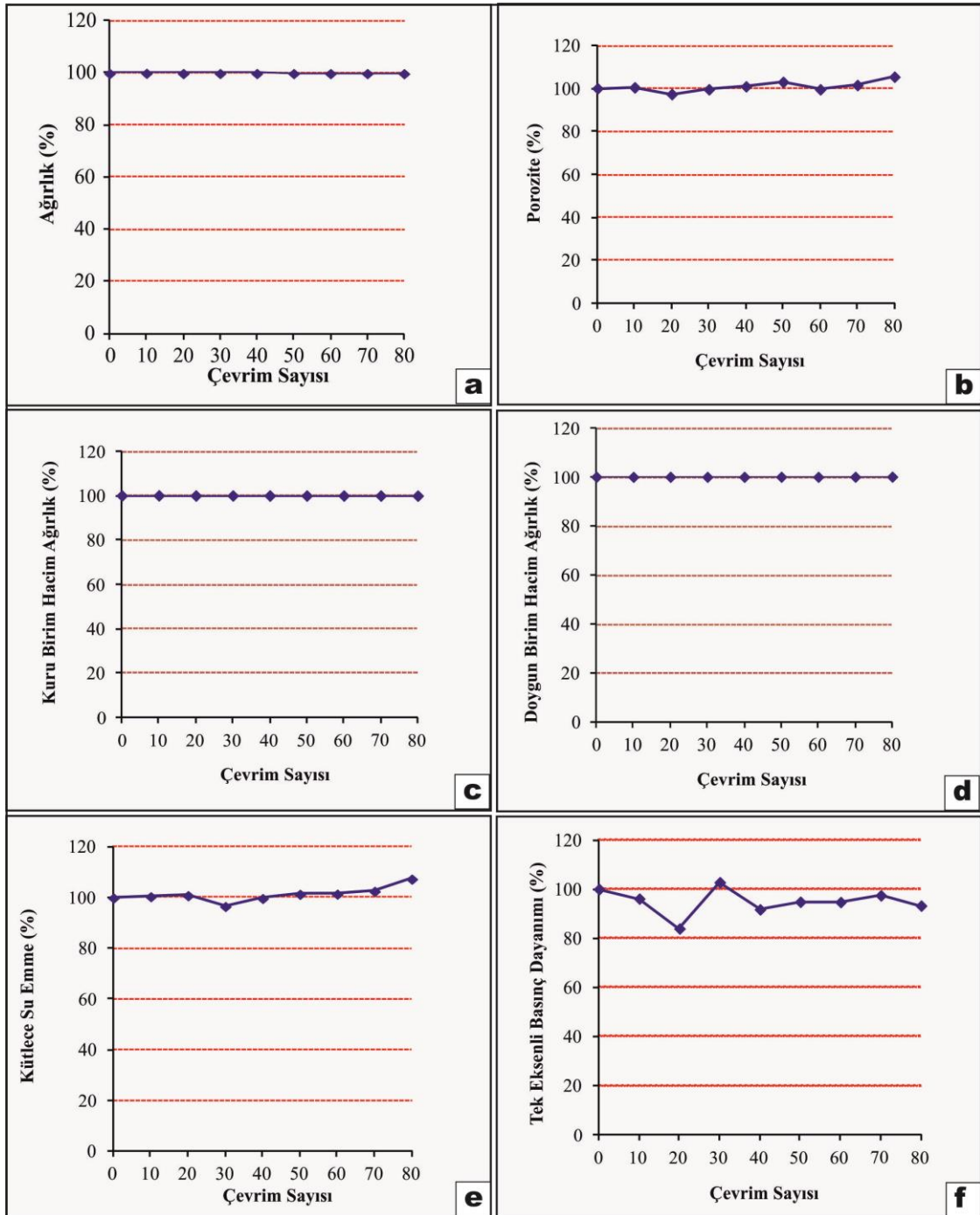
4.7.1. Islanma kuruma deneyi

Edremit Travertenin Trv1 türü seviyeleri üzerinde yapılan ıslanma-kuruma deneyinde ASTM D5313 (1992) standardına göre yapılan 80 çevrim sonucunda travertenlerin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim oranları yüzde olarak belirlenmiş (Çizelge 4.17) ve parametreler arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır

Çizelge 4.17. Islanma-kuruma deney sonucu fiziksel özelliklerde görülen değişim yüzdeleri

Çevrim sayısı	Ağırlık (%)	K.B.H.A. (%)	D.B.H.A. (%)	K.S.E. (%)	Görünür Porozite (%)	UCS (%)
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	100.06	100.06	99.98	100.51	100.44	96.12
20	99.98	99.98	99.99	100.92	97.30	83.92
30	100.00	100.00	99.97	96.65	99.54	102.78
40	99.98	99.98	99.98	99.81	100.90	91.74
50	99.97	99.97	100.00	101.45	102.97	94.85
60	99.96	99.96	99.98	101.53	99.53	94.74
70	99.97	99.97	100.01	102.63	101.49	97.46
80	99.93	99.93	100.04	107.44	105.39	98.28

80 çevrim sonunda travertende genel olarak fiziksel ve mekanik özellikler bakımından net bir değişimin olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Travertenin ağırlık değişimine bakıldığında deney sonucunda ortalama %0.1'lik bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.61 (a)). Kuru ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri ele alındığında kuru birim hacim ağırlığında %0.1'lik bir düşüş gözlenirken (Şekil 4.61 (c)), doymuş birim hacim ağırlığında ise % 0.04 oranında bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.61 (d)). Travertende ıslanma-kuruma deneyi sırasında gözeneklerinden itibaren bir ayrışma oluştuğunu, bu ayrışma neticesinde kütle kaybına uğramasına karşın gözenek hacmindeki artışa bağlı olarak porozitede %5 civarında (Şekil 4.61 (b)) ve kütlece su emme oranında %7 civarında (Şekil 4.61 (e)) bir artışın olduğu belirlenmiştir. Değerler arasında, çevrim sayısı artıkça beklenen doğrusal değişimler net olarak, traverten örneklerinin heterojen yapısı nedeniyle gözlenmemektedir. Islanma-kuruma deneyi sonucunda dikkate değer bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Deney öncesinde ve sonrasında tek eksenli basınç deneyine tabi tutulan örnekler de heterojen yapıda olduğu için düşük seviyelerde artışların ve azalmaların gözlenmesi normal olarak kabul edilmiştir (Şekil. 4.61 (f)).



Şekil 4.61. Trv1 seviyesinin ıslanma-kuruma deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.

Deneyler sonucunda Trv1 seviyesine ait örneklerin bütünlüklerini korudukları ve fiziksel anlamda her hangi bir ayrışma veya deformasyona uğramadıkları gözlemlenmiştir (Şekil. 4.62).



Şekil 4.62. Islanma-kuruma deneyi öncesi ve sonrasına ait Trv1 türü numunelerin görünümü.

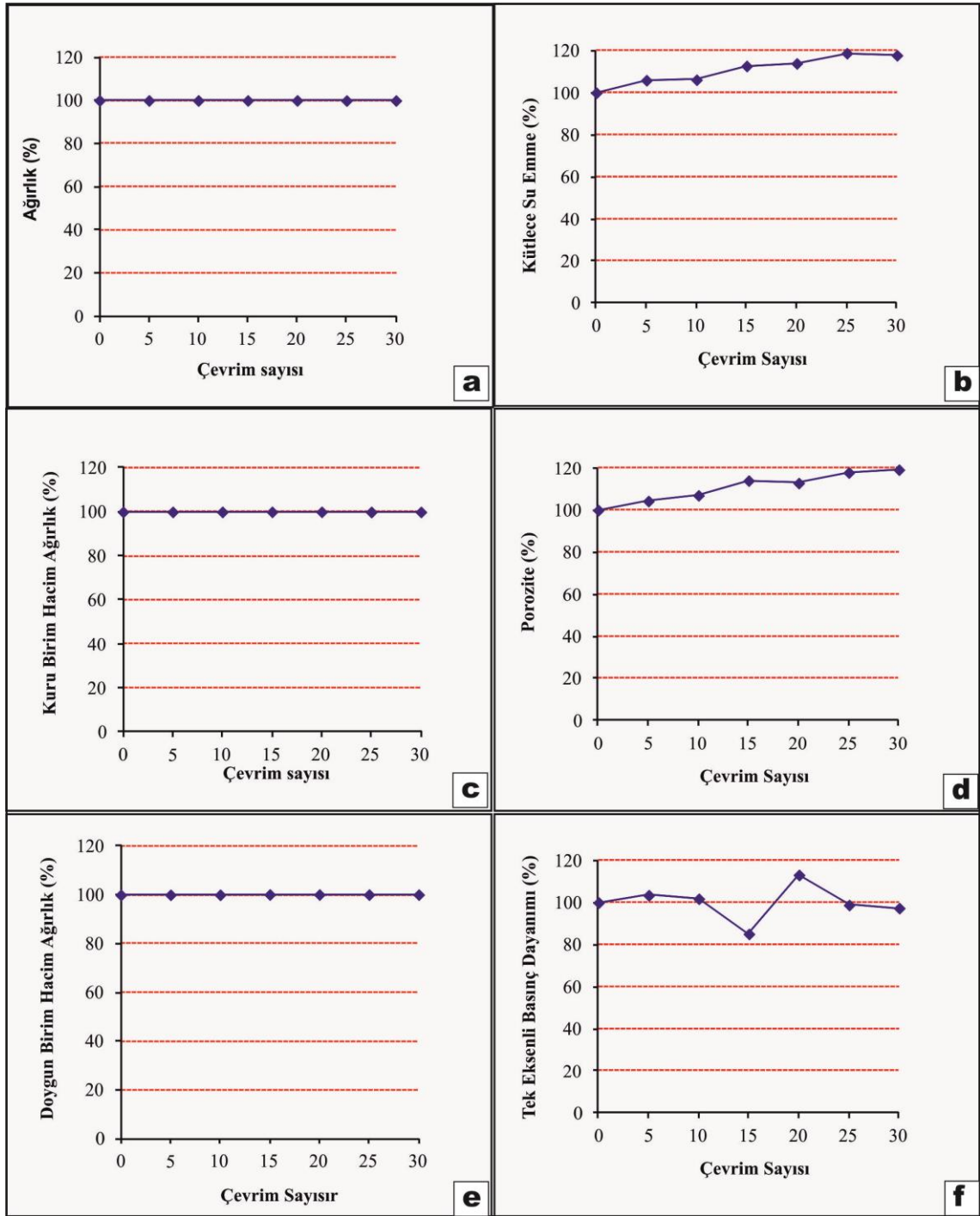
4.7.2. Donma-çözülme deneyi

Trv1 türü örnekler üzerinde TS EN 12371 (2002) standardına göre 30 çevrim uygulanan donma-çözülme deneyi sonucunda Trv1 türü travertenlerin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki yüzde değişim oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Donma-çözülme deney sonucu Trv1 türü travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim yüzdeleri

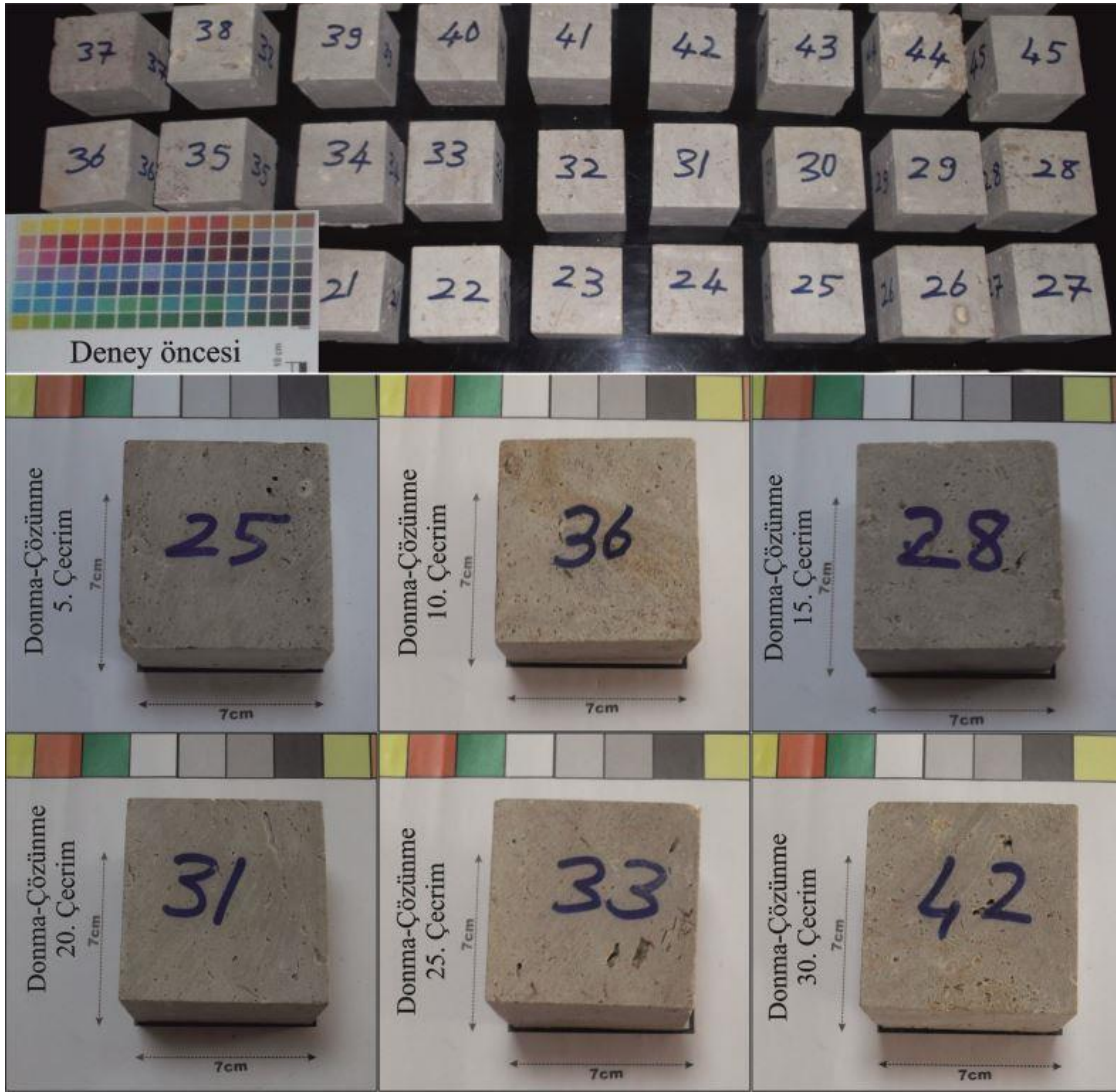
Çevrim sayısı	Ağırlık (%)	K.B.H.A. (%)	D.B.H.A. (%)	K.S.E. (%)	Görünür Porozite (%)	UCS (%)
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	99.99	99.99	100.05	105.96	104.31	103.49
10	99.99	99.99	100.06	106.19	107.02	101.83
15	100.02	100.02	100.19	112.72	114.03	85.12
20	100.01	100.01	100.17	113.95	112.86	113.14
25	99.95	99.95	100.13	118.78	117.85	98.86
30	99.97	99.97	100.13	117.79	119.20	97.87

30 çevrim sürdürülen donma-çözülme deney neticesinde Trv1 türü travertende ağırlık değişimine bakıldığında deney sonucunda ortalama %0.1 oranında bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.63 (a)). Kuru ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri ele alındığında, kuru birim hacim ağırlığında %0.1’lik bir düşüş gözlenirken (Şekil 4.63 (c)), doymuş birim hacim ağırlığında ise % 0.13 civarında bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.63 (e)). Donma-çözülme deneyinde çevrimler boyunca porozite değerlerinde de artışların olduğu ve 30 çevrim sonunda bu artış %19.2’ye ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.63 (d)). Aynı şekilde, kütlece su emme değerinde de çevrimler ilerledikçe poroziteyle paralel artışların olduğu ve aralarında doğrusal bir ilişki olduğu ve 30 çevrim sonunda kütlece su emme oranında %17.7’lik artışın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.63 (b)). Trv1 türü travertenin tek eksenli basınç dayanımının 30 çevrim sonunda donma-çözülme deneyinden de çok fazla etkilenmediği ve %3 civarında çok az bir düşüş olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.63 (f)). Deneye tabi tutulan örneklerin homojen olmaması nedeniyle tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde çevrim ilerlemesine paralel olarak doğrusal değişimlerin gözlenmemesi normal olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.63. Trv1 türü travertenin donma-çözülme deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.

Donma-çözülme deneyleri sonucunda Trv1 türü travertenin görünümünde ve yapısında herhangi bir fiziksel değişikliğin meydana gelmediği tespit edilmiştir (Şekil 4.64).



Şekil 4.64. Donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasına ait Trv1 türü travertenlerin görünümü.

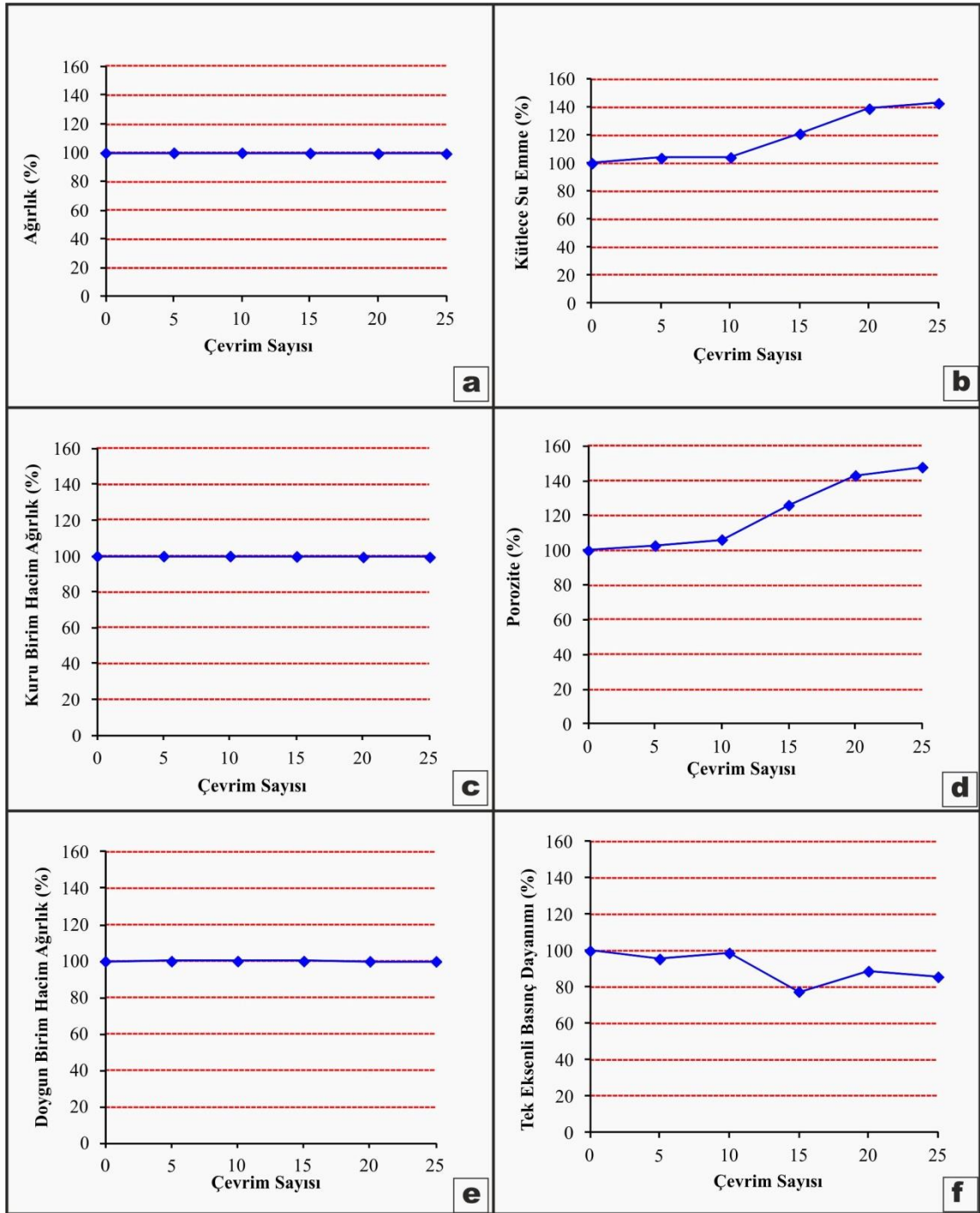
4.7.3. Tuz kristallenmesi deneyi

Trv1 türü travertenlerde, $MgSO_4$ çözeltisi ile tuz kristallenmesi deneyi RILEM (1980) standardına göre 25 çevrim olarak yapılmış ve travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki yüzde değişim oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Tuz kristallenmesi deney ile Trv1 türü travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim yüzdeleri

Çevrim sayısı	Ağırlık (%)	K.B.H.A. (%)	D.B.H.A. (%)	K.S.E. (%)	Görünür Porozite (%)	UCS (%)
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	100.01	100.01	100.04	103.68	102.81	95.52
10	100.04	100.04	100.09	104.10	106.30	98.81
15	99.84	99.84	100.08	120.94	126.10	77.59
20	99.53	99.53	99.94	138.85	143.18	88.81
25	99.49	99.49	99.93	142.72	148.01	85.69

Trv1 türü traverten seviyesine ait örnekler üzerinde $MgSO_4$ kullanılarak yapılan tuz kristallenmesi deneyi sonucundaki bozunmanın, donma-çözülme ve ıslanma-kurumaya göre çok daha etkili olduğu belirlenmiştir. 25 çevrim süren deney sonucunda travertenin ağırlığında %0.51'e varan bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.65 (a)). Kuru ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri ele alındığında kuru birim hacim ağırlığında ağırlık kaybına paralel olarak %0.51'lik (Şekil 4.65 (c)), doymuş birim hacim ağırlığında da %0.1 civarında bir düşüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.65 (e)). Deney sonucunda Trv1 türü travertenin porozite ve kütlece su emme değerlerinde büyük oranlarda artış olduğu gözlenmiştir. 25inci çevrim sonunda travertenin porozitesi %48 (Şekil 4.65 (d)), kütlece su emme değerinin de %42 civarında arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.65 (b)). Tuz kristallenmesi deneyi sonucunda, Trv1 türü travertenin tek eksenli basınç dayanımı değişiminde ıslanma-kuruma ve donma-çözölmeye oranla çok daha fazla düşüş olduğu gözlenmiştir. Trv1 türü travertenin tek eksenli basınç dayanım değerleri de tuz kristallenmesi deneyi sonucunda %15 oranında azalmıştır (Şekil 4.65 (f)).



Şekil 4.65. Trv1 türü travertenin tuz kristallenmesi deney sonucu gözlenen fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim değerleri.

Tuz kristallenmesi deneyi sonucunda Trv1 türü travertende fiziksel bazı değişimler de gözlenmiştir. Deney esnasında örneklerde meydana gelen aşınmalar neticesinde $MgSO_4$ çözeltisinde renk değişimi ve bulanıklaşma gözlenmiştir. Deneyinin

özellikle ilerleyen evrelerinde 20nci ve 25inci çevrimlerde küp örneklerde yer yer kılcal çatlamların oluştuğu gözlenmiştir. Deney etkisi ile deney öncesi bej ve açık renk tonlarında gözlenen traverten küplerinin bazı kesimlerinin kırmızımsı, kahvemsii renk tonlarına dönüştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66. Tuz kristallenmesi etkisi ile traverten örneklerinde meydana gelen bozunmalar.

4.7.4. Yapay Bozunma deney bulgularının yorumlanması

Islanma-kuruma deneyinde genel olarak Edremit Travertenin fiziksel özellikleri üzerinde önemli bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. Genel olarak çok düşük oranlarda bir kütle kaybı ve buna bağlı olarak birim hacim ağırlık değerlerinde bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum ıslanma-kuruma deneyi etkisiyle travertenin yapısında çok düşük de olsa bir kütle kaybının olduğuna işaret etmektedir. Porozite ve ağırlıkça su emme değerlerinde de düşük oranlarda bir artış olduğu gözlenmiştir. Islanma-kuruma deneyinde gözeneklere dolan suyun etkisiyle oluşan aşınmaya bağlı olarak gözenek hacminde düşük oranlarda bir artışın olduğu, tek eksenli basınç dayanımı değerinde gözlenen düşüşlerin de çok küçük değerlerde kaldığı belirlenmiştir. Donma-çözülme deneyine oranla bu düşüşün fazla olmasının nedeni olarak örneklerin ilksel fiziksel özelliklerinin etkili olması gösterilebilir (Bkz Şekil 4.61).

Donma-çözülme deneyi esnasında Trv1 türü travertenin kütlesi ve buna bağlı olarak kuru birim hacim ağırlık değerinde çok düşük bir oranda değişim gözlenmiştir ve genel olarak bu değişimin negatif yönde olduğu belirlenmiştir. 30 çevrim uygulanan deneyde özellikle 20nci çevrimden itibaren numunelerin ağırlık kaybının arttığı gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.63 (a), (c)). Travertenin gözeneklerinde biriken suyun donmasıyla oluşan hacim artışına bağlı olarak travertenin gözeneklerine uygulanan basınç bir miktarda olsa artmakta ve travertende oluşan aşınmaya bağlı olarak kütle kayıpları oluşmaktadır. Başlangıçta su akış hızının yavaş olması nedeniyle aşınma sonucu oluşan taneler dışarı atılmadığından kütle değişimi düşük oranlarda çıkmaktadır. İlerleyen çevrimlerde basınç artışına bağlı olarak gözenek ve kılcal çatlaklardaki artış, su akış hızının artmasına ve tanelerin dışarı taşınmasına olanak sağlamaktadır. Bunun sonucunda da travertende kütle kayıpları meydana gelmektedir. Trv1 türü travertenin doymun birim hacim ağırlığı, donma-çözülme deneyinin başlangıcında pozitif yönde bir eğilim göstermektedir. Ancak, 20nci çevrimden itibaren bu artışın durduğu ve azalan yönde bir eğilim kazandığı gözlenmektedir (Bkz. Şekil 4.63 (e)). Donma-çözülme etkisiyle travertendeki gözenek artışının ve gözeneklerden aşınan tanelerin dışarıya taşınamamasına bağlı olarak travertenin bünyesinde tuttuğu su miktarı da artmaktadır. Bu durumun travertenin doymun birim hacim ağırlık değişimine

pozitif bir eğilim kazandırdığı düşünülmektedir. Porozite ve ağırlıkça su emme değerlerinin değişimine bakıldığında donma-çözülme deneyinin ıslanma-kuruma deneyine oranla daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir (Bkz. Şekil 4.63 (b), (c)). Bell (1993), kayalardaki gözenek suyunun donması sonucu oluşan basınçların kayaya zarar verebilmesi için gözeneklerin %90 oranında suya doymun olması gerektiğini belirtmiştir. Bazı iri gözenekli kayalarda gözenek yapısına bağlı olarak su akış hızının fazla olması nedeniyle gözeneklerin su ile doymun hale gelmesi mümkün olmamaktadır (Akın 2008). Yapay bozunma deneyinde kullanılan Trv1 türü travertenin gözenek oranının düşük olması nedeniyle su akış hızı başlangıçta düşük olmakta ve gözeneklerin doluluk oranı da donma-çözülme deneyinden etkilenebilecek düzeyde olmaktadır. Donma-çözülme deney etkisiyle gözeneklerdeki basınç artışı, gözenek duvarlarında aşınma sonucu büyümeye ve ikincil kılcal çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Bu artış hem porozite hem de su emme oranlarında artışa neden olmaktadır. Donma-çözülme deney etkisiyle travertenin tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde beklenenin aksine çok düşük oranda bir düşüş olduğu, traverten de oluşan kılcal çatlakların ve gözeneklilik artışının basınç dayanımını etkileyecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Yapay bozunma deneylerinin tümü ele alındığında Trv1 türü travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler tuz kristallenmesi deneyinde daha yoğun bir şekilde gözlenirken ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deneylerinin traverten üzerindeki etkisinin çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tuz kristallenmesi deneyi ele alındığında Trv1 türü travertenin ağırlığı ve kuru birim hacim ağırlık değerlerinde 10uncu çevrime kadar çok düşük bir artış olduğu görülmüştür (Bkz. Şekil 4.65 (a), (c)). Tuz çözeltisi deneyinde bekletilen örneklerin gözenekleri bu çözelti ile dolmakta ve örnekler etüvde kurutulduğunda çözeltideki su buharlaşmaktadır. Buharlaşmadan sonra kalan tuz kristalleri, numunelerin gözeneklerini doldurmakta ve bunun neticesinde de travertenin ağırlığını arttırmaktadır (Akın, 2008). Deneylerin uygulandığı traverten numuneleri çok düşük gözenekli olduğu için travertenin gözeneklerinde biriken tuz miktarı da aynı oranda düşüktür ve bu durum kütle artışının çok düşük oranlarda kalmasını sağlamaktadır. 10uncu çevrimden sonra ise travertenin ağırlık ve kuru birim hacim ağırlık değerinin düşmeye başladığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.65 (a), (c)). Bu

durum travertende özellikle gözeneklerinden itibaren bir aşınmanın başladığını göstermektedir. Tuz çözeltisinde bekletilen numunelerin gözenekleri bu çözelti ile dolduğundan numunelerin etüvde kurutulması aşamasından sonra buharlaşan su ortamdan uzaklaşırken tuz kristalleşerek gözeneklerde birikmektedir. Bu kristallenme esnasındaki hacim artışı nedeniyle gözenek duvarları bir miktar basınca maruz kalmaktadır. Çevrimler devam ettikçe öncelikle kılcal çatlaklar oluşmakta ve ilerleyen aşamalarda gözeneklerden itibaren aşınmalar ve bütünlük kayıpları oluşmaktadır. Bu durum aynı zamanda kaya içerisindeki çözelti akış hızını da arttırmakta ve kaya içerisinde çözünen taneler su ile birlikte dışarı taşınarak travertende kütle kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır (Akın, 2008). Tuz kristallenmesi deneyinde, doymuş birim hacim ağırlık değeri başlangıçta artış göstermektedir. Fakat 10uncu ve 15inci çevrimlerden sonra doymuş birim hacim ağırlık değerlerinde kütle kaybına bağlı olarak düşüşler gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.65 (e)). Travertenin gözeneklerindeki aşınmaya bağlı olarak artan porozite ve buna bağlı olarak su emme oranı artsa da suyun birim hacim ağırlığının aşınan kısımların birim hacim ağırlık değerlerinden düşük olması nedeniyle doymuş birim hacim ağırlık değerinde de düşüşler oluşmuştur.

Tuz kristallenmesi deneyinde travertenin porozite değerlerinde 10uncu çevrime kadar oldukça düşük oranlarda bir artış gözlenirken 10uncu çevrimden sonra artış oranları artmaktadır. (Bkz. Şekil 4.65 (b), (d)). Numune gözeneklerinde biriken tuz kristallerinin etkisiyle özellikle 10uncu çevrimin ardından gözenek duvarlarındaki aşınmaya ve oluşan kılcal çatlaklardaki genişlik artışına bağlı olarak ikincil gözeneklilik oluşmuş ve bu nedenle gözenek hacimlerinde artışlar oluşmaya başlamıştır. Bu artışlara paralel olarak porozite ve su emme değerlerinde de artışlar oluşmaktadır. 20inci çevrime kadar bu artış fazla iken 20inci çevrimden sonra travertendeki çatlakların genişlemesine paralel olarak su akış hızı da artmıştır. Bu durum, aynı tür kayalarda suyun kaya içindeki tutulma oranını azaltmakta ve gözenek artışının yavaşlamasına neden olmaktadır (Akın 2008). Tuz kristallenmesi deneyi sonucunda mekanik özellikler bakımından travertende oluşan kılcal çatlaklar ve gözenek artışına bağlı olarak tek eksenli basınç dayanım değerlerinde de belirgin bir şekilde düşüş belirlenmiştir (Bkz. Şekil 4.65 (f)).

4.8. Edremit Traverteninin yapı taşı olarak kullanılabilirliği

Aşma (2006) ve Efe (2011) Edremit Travertenini üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında Edremit Traverteninin CaCO_3 içeriğinin klinker üretimine uygun olması nedeniyle çimento hammaddesi olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Bu kapsamda bölgede yer alan çimento fabrikasında, açık işletme yöntemi ile özellikle Trv3 türü traverten seviyeleri çimento hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Trv3 türü traverten seviyelerinin dayanım değerleri düşük olduğundan ve kolay dağılabilen bir yapı sunduklarından dolayı çimento üretiminde öğütme işleminde kolaylık sağlamakta ve üretimde hammadde olarak bu seviyeler tercih edilmektedir. Trv1 ve Trv2 türü traverten seviyeleri çimento üretimindeki kırma, eleme ve öğütme işlemlerinde dayanım özellikleri nedeniyle daha yüksek ekonomik maliyetler getireceğinden bu seviyelerin klinker üretiminde kullanımı daha düşük seviyelerde kalmaktadır.

Endüstriyel olarak traverten, görünüş ve desen özellikleri bakımından dekorasyon ve süsleme taşı olarak bölgedeki ve dünyadaki birçok yapıda kullanılmaktadır. Bu iki kullanım alanı dışında travertenler özellikle kaplama ve döşeme taşı olarak mermercilik sektöründe oldukça fazla rağbet gören doğal taşlar sınıfındadır. Birçok mermer fabrikası ve işletmede travertenler olmazsa olmaz bir hammadde kaynağı teşkil etmektedir. Bu neden, Edremit Traverteninin özellikle Trv1 türünün yüksek dayanımlı seviyelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin mermer olarak değerlendirilebilmesi anlamında standartlara uygun olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda özellikle kaya kütlesi tanımı (RMR) “iyi” olarak belirlenen Trv1 türü traverten seviyelerinin süreksizlik özellikleri ve blok boyutları açısından ekonomik anlamda mermer hammaddesinde kullanılmak üzere blok üretiminin yapılabilmesi düşünülmektedir. Çalışma alanı içerisinde dağ kesim ve sayalama yoluyla yeni işletilmeye başlanan bir mermer ocağı da bulunmaktadır (Şekil 4.67). Bu ocaktan alınan bloklardan kesilerek hazırlanan 7x7x7cm boyutlarındaki traverten numunelerinin fiziksel ve mekanik deney sonuçları bazı standartların sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır ve potansiyel kullanım alanları yorumlanmıştır.



Şekil 4.67. Çalışma alanı içerisinde yer alan traverten ocağına ait bir görüntü.

Doğal taşların kaplama ve döşemelerde yapı taşı olarak kullanımına ilişkin olarak bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin sınır değerlerini ifade eden birçok standart bulunmaktadır (TS 2513, 1977; TS 1910, 1977; TS 10449, 1992; TS 6234, 1988; TS 11143, 1993; ASTM C 616, 1989; ASTM C 568, 1990; ASTM C 615, 1992; ASTM C 503, 1989; ASTM C 97, 1996; ASTM C 170, 1990; ASTM C 99, 1987; ASTM C 241, 1990). Bu standartlardan, fiziksel ve mekanik deneylere bağlı sınır değerler kullanılarak travertenin yapı taşı olarak kullanılabilirliği TS 11143'e göre değerlendirilmiştir. Trv1 traverten seviyesinin parametreleri mermer olarak kullanılabilirlik bakımından ASTM (C97, 1996; C170, 1990; C99, 1987; C241, 1990) standartının sınır değerleriyle de ayrıca karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Trv1 türü traverten seviyelerinin yapı taşı olarak kullanılabilirlik sınır değerleri ile karşılaştırılması

Örnek Türü	Uygulanan Deney	Ort. Trv1	TS 11143	ASTM C
Trv1 Grubu Traverten	Birim Hacim Ağırlık g/cm ³	2.41	>2,3	>2.55
	Kütlece Su Emme (%)	1.49	<3	
	Porozite (%)	1.81	<2	
	Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	0.13	<5	
	Tek Basınç Dayanımı (Mp)	71.63	>50	>50
	Don Sonrası Basınç Dayanımı (Mp)	69.48	>30	
	Eğilme Dayanımı	Yapılamadı	>2.9	>7
	Aşınma Dayanımı	Yapılamadı	<1.5	<10

Çizelge 4.20’de görüldüğü üzere Edremit Traverteninin Trv1 türü seviyeleri K.B.H.A., K.S.E., porozite, don sonrası ağırlık kaybı, tek eksenli basınç dayanımı ve don sonrası tek eksenli basınç dayanımı değerleri TS 11143 (1993), standardına göre, mermer sektöründe kaplama ve döşeme taşı olarak kullanılabilir özelliktedir. ASTM C standartlarına göre ise K.S.E. oranı sınır değerinin altında, UCS ve K.B.H.A. değerleri sınır değerinin üzerindedir. Bu deney sonuçları göz önüne alındığında Edremit Traverteninin Trv1 türü seviyelerinin TS 11143 standardına göre mermer üretiminde kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir. Fakat işletme öncesi, bu çalışmada sonuçları belirlenemeyen, eğilme direnci, aşınma dayanımı ve darbe dayanımı değerlerine de bakılması ve nihai kararın bu sonuçlara göre verilmesi uygun olacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Edremit Traverteninin ayrıntılı jeoloji, tektonik ve jeoteknik haritası, arazi çalışmaları ve laboratuvar ortamında yapılan fiziksel ve mekanik deneyler ile belirlenmiştir. Ayrıca travertenin kalınlığı ve yer altı koşulları ile sağlam kesimlerinin mermer olarak kullanılabilirliği tespit edilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. Bu kapsamda rezistivite ölçümleri yapılarak yeraltı özellikleri yorumlanmıştır. Ayrıca travertenin az boşluklu, sağlam kesiminden hazırlanan küp örnekler üzerinde yapay bozunma ve fiziko-mekanik deneyler yapılarak malzemenin yapıtaşı olarak kullanılabilirliği yorumlanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Edremit Traverteninin tabaka türü traverten sınıfında olduğu ve boşluk içeriği, dayanım ve ayrışma koşullarına göre üç farklı sınıfa ayrılabilceği belirlenmiştir. Buna göre birinci tip kristalen kabuk yapısında, boşluksuz/az boşluklu, bej renkli, yüksek dayanımlı traverten seviyesi olup Trv1 simgesi ile haritalanmıştır. İkinci traverten sınıfı dal ve kemiş türü, boşluklu ve bej renkli, orta dayanımlı Trv2 simgesi ile haritalanan traverten seviyesidir. Üçüncü ve son traverten seviyesi ise boşluklu, bitki fosili içerikli, kırmızımsı renk tonlarında gözlenen, ayrışmış ve yer yer toprağa dönüşmüş Trv3 simgesi ile tanımlanan seviyedir. Bu boşluklu ve fosil içerikli travertenlerin hidrotermal suyun soğuması sonucu gelişen CaCO_3 çökelişi ile oluşan ve genel olarak bataklık ortamlarını karakterize eden tufalar olduğu düşünülmektedir. Bu ayrımların net bir şekilde ortaya konabilmesi için traverten üzerinde ayrıntılı litofasiyes ayrımlarının yapılması önerilmektedir. Bu seviyelerin jeolojisi, oluşumu, yayılım alanı, çalışma alanı içerisinde bu birimlerin birbirleriyle olan sınır ilişkileri tespit edilerek bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoteknik haritası ve kesitleri oluşturulmuştur (EK-2). Bu harita ve ayrımlar ileride bölgede yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.
2. İnceden kalına kadar değişen tabakalı bir yapı sunan travertenin tabaka yönelimlerinin genel olarak K25D/5KB olarak Van Gölü'ne doğru olduğu ölçülmüştür. Fakat travertenin oluşumu esnasında yüzeye çıkan suyun ve

çökeliimin de topografyaya paralel olarak gelişmesi neticesinde bu genel yönelimden farklı yönelim ve eğime sahip tabakaların özellikle kuzey ve güney yamaçlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu farklı yön ve eğim açılarının Van Formasyonundaki aşınmaların traverten üzerindeki etkisinden de olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bölgede yaklaşık olarak K10B, K80D yönelimli bir birini dik kesen iki ana süreksizlik takımı ve özellikle güney kesimlerde K75B yönelimli olan 3 farklı eklem takımı setinin varlığı tespit edilmiştir. Özellikle bir birini dik yönde kesen eklem taakımı setlerinin büyük oranda bölgedeki kaya düşmelerinin mekanizmasını oluşturduğu tespit edilmiştir.

3. Yapılan jeofizik çalışmaları neticesinde Edremit Traverteninin bölgede farklı kalınlık seviyelerde ve geniş bir alanda yayılım sunduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki traverten kalınlığı özellikle Trv1 türü traverten seviyelerinde yer yer 100 metrenin üzerine çıktığı, yer yerde 20-30 metre kalınlıkla sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Travertenin kısa mesafeler içerisinde yanal ve düşeyde farklı öz dirençlere sahip olduğu, yer yer kırıklı çatlaklı olduğu, bazı kesimlerinde ezik/zayıf zonların olduğu ve yer yer karstik boşluklar içerdiği ölçülen öz direnç değerlerinin yorumlanması sonucunda belirlenmiştir. Bu karstik yapılar özellikle yerleşim alanlarının belirlenmesi aşamasında parsel bazlı olarak bina alanı içerisinde birkaç noktada yapılacak ölçümlerle varsa olası zemin problemleri ve boşluklar ortaya çıkarılmalıdır. Aksi takdirde düşey yönde oluşacak yüke bağlı olarak bina, köprü, yol gibi yapılarda çökmeler gerçekleşebilir.
4. Çalışma alanı içerisinde özellikle Van Formasyonu ile Edremit Traverteninin sınır hattı boyunca Van Formasyonu içerisinde heyelanlara ve travertenler içerisinde kaya düşmesine, yer yer de travertenlerde tektonizmaya bağlı gelişen düzlemsel kaymalara rastlanmıştır. Bu nedenle, bölgedeki mühendislik yapıları için parsel bazlı çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.
5. Çalışma alanı Doğu Anadolu bölgesi tektonik rejimi etkisinde olup, aktif gerilme yönlerinin yaklaşık K50°B yönlü olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde bu rejimin etkisiyle yaklaşık D-B uzanımlı bindirme fayları, yaklaşık K-G uzanımlı doğrultu atımlı ve normal fayların geliştiği belirlenmiştir. Bölge tektonizmasının etkisi çalışma alanında net olarak gözlenmektedir. Bölgede bu

çalışma ile belirlenen düzlemler üzerinde paleosismolojik çalışmalar yapılmalıdır. Bahsi geçen çalışmanın başlı başına bir inceleme olduğu düşünülmekte olup, faylar ayrıntılı bir şekilde çalışılmalı ve özellikleri belirlenmelidir.

6. Edremit traverteninin fiziksel özellikleri incelendiğinde, Trv1 türü travertenlerin Trv2 ve Trv3 türü travertenlere oranla birim hacim ağırlık değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca travertenin porozite oranlarında sırasıyla % 2.23, %4.45, %9.48 olduğu belirlenmiştir. Bu oranlara göre tarhan, (1989) porozite sınıflamasına göre Trv1 grubu travertenlerin az boşluklu, Trv2 türünün orta boşluklu, Trv3 türünün ise oldukça boşluklu kaya sınıfına girdiği tespit edilmiştir.
7. Traverten seviyelerinin tek eksenli basınç dayanımı değerinin silindirik şekilli örneklerde üç farklı tür traverten içinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir ve Trv3 seviyesinin sağlam kesimlerinde 9.52 MPa olduğu, Trv2 seviyelerinde 17.44 MPa olduğu ve Trv1 seviyelerinde ise 25.45 MPa olduğu belirlenmiştir. Traverteninin basınç dayanımı değerleri gözeneklilikle doğrusal bir ilişkisi içerisindedir. Deere ve Miller (1966)'ya göre kaya dayanım sınıflamasına göre Trv2 ve Trv3 traverten seviyelerinin çok düşük dayanımlı kaya sınıfında, Trv1 sınıfındaki travertenlerin ise düşük dayanımlı kaya sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.
8. Çalışma alanındaki farklı alanlardan derlenen düzensiz şekilli numunelerde yapılan nokta yükü dayanım değerleri Trv1 ve Trv2 türü travertenler için tespit edilmiştir. Trv1 türü travertenlerde 2.12 MPa, Trv2 türü Travertenlerde 1.14 MPa olduğu tespit edilmiştir. ISRM (2007) ye göre bu değerlerden dolayı yoldan elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin Trv1 grubu travertenlerde 51.22 MPa, Trv2 grubu travertenlerin ise 29.69 MPa olduğu tespit edilmiştir. Deere ve Miller (1966) kaya sınıflamasına göre Trv1 grubu travertenler nokta yükü dayanımı değerine göre orta dayanımlı, Trv2 grubu travertenler ise düşük dayanımlı kaya grubunda yer almaktadır.
9. Edremit Traverteninin yüzey dayanım değerlerinin Schmidt Çekici sertliğine göre belirlenmiş ve ISRM (2007) sınıflamasında Trv3 seviyesinin az yumuşak,

- Trv2 seviyesinin az sert ve Trv1 seviyesinin ise sert kaya grubu içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. bu değerlerden dolayı yoldan elde edilen UCS değerlerine göre Deree ve Miller (1966), kaya sınıfında Trv1 türü travertenler orta, Trv2 türü düşük, Trv3 türü ise çok düşük dayanımlı kaya gurubu içinde yer aldığı belirlenmiştir. Deree ve Miller (1966), nokta yükü dayanımından elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile Schmidt ölçümlerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile kaya sınıfları paralellik göstermektedir. Travertenin yayılım alanı boyunca bu yüzey sertliği parametrelerine göre bölgenin dayanım zon haritası oluşturulmuştur (Bkz. Şekil 4.51). Çalışma alanının büyük bir bölümü Trv2 tip travertenlerden oluşmaktadır.
10. Traverten üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deney sonucu elde edilen parametrelere göre Trv1 türü travertenlerin içsel sürtünme açısı (ϕ) 59.45°, kohezyonu (c) 2.33 MPa olarak tespit edilmiştir. Bölgede yapılacak olan mühendislik projelerinde taşıma gücü ve benzeri hesaplamalarda bu değerler baz alınabilir.
 11. Edremit Traverteninde yapılan çalışmalarda elde edilen bazı parametreler kullanılarak travertenin RMR kaya kütlesi değerleri belirlenmiştir. RMR sınıflama sistemine göre Trv1 seviyelerinin genel olarak iyi kaya kütlesi, Trv2 seviyelerinin orta kaya kütlesi, Trv3 seviyelerinin ise çok zayıf kaya kütlesi, içerisinde yer almaktadır. Bu değerlere göre mermer işletmeciliği bakımından Trv1 seviyeleri blok verebilir özelliktedir.
 12. Trv1 seviyesindeki örnekler üzerinde yapılan yapay bozunma deneyleri sonucunda, ıslanma–kuruma deneyinin travertenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliği açısından olumsuz yönde bir değişime neden olmadığı anlaşılmıştır. Donma–çözülme deneyine göre ise Edremit traverteninin az boşluklu olan yapısından kaynaklı olarak ıslanma kurumaya oranla daha çok etkilendiği, donma–çözülme çevrimleri sürecinde gözeneklerden itibaren aşınmaların meydana geldiği ve gözenek hacimlerinin nisbeten daha çok arttığı tespit edilmiştir. Gözenek hacimlerindeki bu artışa rağmen travertenin dayanımında çok düşük oranda bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Yapay bozunma deneyleri içerisinde tuz kristallenmesi deneyi

sonucunda traverten hem fiziksel hem de mekanik anlamda diğer deneylere oranla daha fazla etkilenmiştir. Bunun yanı sıra deneylerin tümü ele alındığında travertenlerin deneyler sonucunda bütünlüklerini kaybetmedikleri gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre travertenler özellikle don oranının fazla olmadığı bölgelerde atmosferik koşullardan çok fazla etkilenmemektedir, dış kaplamalarda ve dekorasyonlarda kesilip parlatılarak kullanılabilir özelliklerdedir.

13. Farklı tip travertenler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda sağlam kaya fiziksel ve mekanik özellikleri ile traverten türlerinin kaya kütlesi özelliklerinin Trv1, Trv2 ve Trv3 türü travertenlerin hepsinde oldukça farklı olduğu tespit edilmiştir. Tek tip traverten örneklerinden elde edilen veri ve sonuçların bütün alan için kullanılması özellikle mühendislik projelerinde problemlere neden olacaktır. Bu bağlamda bölgede yapılacak olan mühendislik projelerinde projenin uygulanacağı alanda yer alan traverten türünün belirlenen fiziksel, mekanik ve kaya kütle özellikleri dikkate alınarak projelere yön verilmelidir. Bu nedenle de parsel bazlı jeolojik, jeoteknik etütlerin yapılması ve proje alanında yer alan traverten türünün fiziko-mekanik özellikleri ile kaya kütlesi özelliklerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.
14. Edremit Traverteninin Trv1 seviyesi, fiziko-mekanik ve bozunma deneyleri sonucunda, K.B.H.A., K.S.E., porozite, don sonrası ağırlık kaybı, tek eksenli basınç dayanımı ve don sonrası tek eksenli basınç dayanımı değerleri, TS 11143 standardına göre, mermer sektöründe kaplama ve döşeme taşı olarak, kullanılabilir özelliktedir. Bir kayanın mermer olarak kullanılabilirliği bu deneyler ile birlikte doluluk oranı, eğilme direnci, Böhme yüzeysel aşınma dayanımı ve darbe dayanımı değerleri ile de belirlenmektedir. Bu çalışmada yapılamayan deneylerin bu örneğin işletmesi durumunda yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin A.Z., Elibol E., Erkan, T., Güner, E., Hakyemez, Y., Sen, A.M., Uguz, M.F., Umut, M., 1991. *Van Gölü Doğusu ve Kuzeyinin Jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüd Dairesi Yayını. Rapor No: 9469. 94 s. Ankara.
- Akın, M., 2008. *Eskipazar Karabük Travertenlerinin Bozunmasının Araştırılması*.(doktora tezi)AU. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Aksoy, E., 1988. *Van İli Doğu-Kuzeydoğu Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği* Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Aksoy, N., Demirkıran Z., Şimşek C., 2001.*Sındırgı-Hisaralan (Balıkesir) Jeotermal sahasının Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi*. Jeotermal Enerji Semineri.
- Altaş, Z., 2006. *Üçtepe (Bünyamin-Kayseri) Traverten Ocağının İncelenmesi*.(yüksek lisans tezi). ÇU. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Altunel, E., 1996. *Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri Yaşları ve Neotektonik Önemleri*.MTA 118. P.47-64.
- Anıl, M., Çetin, H., Ural, S., Kılıç, A., 1996. *Köprücüoğlu Traverten-Mermerlerinin Jeolojik-Jeomekanik ve Teknolojik Özellikleri*. ÇÜ. Müh. MimarlıkFak. Döner Sermaye İşl. Raporu. Adana.
- ASTM, 1984. *Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens. Soil and rock. building stones*: Annual book of ASTM standards 4.08. ASTM. Philadelphia. Pennsylvania.
- ASTM C 99, 1987. *Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone*, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 616, 1989. *Standard Specification for Quartz-Based Dimension Stone*, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 503, 1989. *Standard Specification for Marble Dimension Stone*, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 170, 1990. *Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone*, Annual Book of ASTM Standards.

- ASTM C 241, 1990. **Standard Test Method for Abrasion Resistance of Stone Subjected to Foot Traffic**, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 568, 1990. **Standard Specification for Limestone Dimension Stone**, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM, 1992. **Standard Test Method For Evaluation Of Durability Of Rock For Erosion Control Under Wetting And Drying Conditions**. D5313. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. pp. 1347-1348. West Conshocken. PA.
- ASTM C 615, 1992. **Standard Specification for Granite Dimension Stone**, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 97, 1996. **Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone**, Annual Book of ASTM Standards.
- Aşma, F., 2006. **Edremit Traverteninin Ekonomik Potansiyeli**. (yüksek lisans tezi). YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Atabey, E., 2002. **Çatlak Sırt Tipi Laminallı Traverten-Tufa Çökellerinin Oluşumu. Mikroskopik Özellikleri ve Diyajenezi**. MTA Dergisi 123-124. 59-65. Kırşehir.
- Atabey, E., 2003. **Tufa ve traverten**. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 75, 106 s., Ankara.
- Aufmuth, R. E., 1973. **A systematic determination of engineering criteria for rocks**. Bull. Assoc. Eng. Geol. 11. 235–245.
- 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. Sivas.
- Ayaz, E., Karacan, E., 2000. **Sivas Batısındaki Traverten Oluşumlarının Yapı ve Yüzey Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi** Jeoloji Mühendisliği. 23-24. S.1. 87-99. Sivas.
- Aydın, H., 1996. **Pamukkale Sıcak Su Kaynaklarının Traverten Çökeltme Kinetiği**, (lisans tezi, basılmamış) Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği. Denizli.
- Bell, F.G. 1993. **Blackwell**. Engineering geology. 359 pp., Oxford.

- Benavente, D., Del Cura, M.A.G., Fort, R., Ordóñez, S., 2004. ***Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength***. Engineering Geology. Volume 74. pp. 113-127.
- Bieniawski, Z.T., 1975. ***Point load test in geotechnical practice***. Eng. Geol. 9(1). 1–11.
- Brierly, G. S., Schoenwolf, D. A., Brierly, G. S., 1979. ***Correlations of rock index values with engineering properties and the classification of intact rock***.
- Binal, A., Kasapoğlu, K.E., Gökçeoğlu, C., 1997. ***The surficial physical deterioration behaviour of Neogene volcano-sedimentary rocks of Eskişehir-Yazılıkaya***. NW Turkey. Proc. Int. Symp. on Engineering Geology and Environment. Athens. Greece. A.A. Balkema. V3. pp. 3065-3069. Rotterdam.
- Broch, E., Franklin, J.A., 1972. ***Point-load strength test***. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 9(6).669–697.
- Candansayar, M.E., 2005. ***Doğru akım öz direnc yöntemi ile yeraltı suyu aramaları, Mühendislik Jeofiziği ve Uygulamaları Semineri Notları***, Jeofizik Mühendisleri Odası,- 52-114
- Cargill, J.S., Shakoor A. 1990. ***Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock***. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 27(6). 495–503.
- Chou, K.T., Wong, R.H.C., 1996. ***Uniaxial compressive strength and point load strength***. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 33. 183–188.
- Cooke, R.U. 1994., ***Salt weathering and the urban water table in deserts***. Rock Weathering and Landform Evolution. Robinson. D.A. and Williams. R.B.G. (eds.). Chp. 12. pp. 193-205.
- D’Andrea, D.V., Fisher, R.L., Fogelson, D.E., 1964. Prediction of compression strength from other rock properties. Colorado School of Mines Quarterly 59(4b). 623–640.
- Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. ***Engineering classification and index properties for intact rock***. Air Force Weapons Lab. Tech. Report. AFWL-TR 65–116. Kirtland Base. New Mexico.
- Degens, E.T., Wong, H.K., Kurtman, F., Finckh, P., 1978. ***Geological Development of Lake Van: A Summary***. In: The Geology of Lake Van. (editors: Degens. E.T., Kurtman. F.). The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA).

Publication No:169. Ankara.

- Demirdağ, S., Gündüz, L., 2004. *Travertenlerde Gözenek Dolgu Uygulamalarının Kayacın Teknik Özelliklerine Etkisinin Sayısal İncelenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü. KAYAMEK'2004 Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu. Sivas.
- Efe, T., 2011. *Edremit Travertenleri ve Van Gölü Kuzeyinde Yüzeylenen Pomzaların Çimento Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. (yüksek lisans tezi). YYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Evans, I., Pomeroy, C.D., 1966. *The strength, fracture and workability of coal*. Pergamon Press. London.
- Forster, I.R., 1983. *The influence of core sample geometry on the axial point-load test*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 20(6). 291–295.
- Ghose, A.K., Chakraborti, S. 1986. *Empirical strength indices of Indian coals-an investigation*. Proc. 27th US Symp. Rock Mech.. Balkema. Rotterdam. 1986. 59–61.
- Ghosh, D.K., Srivastava, M. 1991. *Point-load strength: an index for classification of rock material*. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 44. 27–33.
- Goktan, R.M., 1988. *Theoretical and practical analysis of rock rippability*. PhD thesis. Istanbul Technical University (in Turkish).
- Grasso, P., Xu, S., Mahtab, A., 1992. *Problems and promises of index testing of rocks*. Proc. 33rd US Symp. Rock Mech.. Sante Fe. NM. Balkema. Rotterdam. 3–5 June 1992. 879–888.
- Gunsallus, K.L., Kulhawy, F.H., 1984. *A comparative evaluation of rock strength measures*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 21. 233–248.
- Haramy, K.Y., DeMarco, M.J., 1985. *Use of the Schmidt hammer for rock and coal testing*. In: 26th US Symp. on Rock Mech., Rapid City. 1985. 549–555.
- Hassani, F.P., Scoble, M.J.J., Whittaker, B.N., 1980. *Application of point-load index test to strength determination of rock and proposals for new size-correction chart*. In: Summers D. A. (ed.) Proc. 21st US Symp. Rock Mech. Rolla. Missouri. 1980. 543–553.
- Hobbs, D.W., 1964. *Rock compressive strength*. Colliery Engineering 41. 287–292.

- ISRM, 1978. ***Suggested Method For The Quantitative Description Of Discontinuities In Rock Mass. Geo. 10.*** Standard of Lab. and field test.. Int. Jour. Rock Mec. Min. Sct.Jeomec.. Abs.Tr.V.15. pp. 319-368.
- ISRM, 1981. ***Rock Characterization. Testing and Monitoring.*** International Society of Rock Mechanics Suggested Methods. Pergamon Press. 211 pp.. Oxford.
- ISRM, 1985. ***Suggested method for determining point load strength.*** Int. J. Rock Mech. Min. Sci.Geomech. Abstr. 22(2). 53–60.Evaluation of Indirect Methods to Estimate the UCS of Rock
- ISRM, 2007. ***The Complete ISRM Suggested Methods For Rock Characterization. Testing And Monitoring: 1974-2006.*** Eds. R.Ulusay and J.A. Hudson. ISRM Turkish National Group. Ankara.
- İnan, N., 1985. ***Antalya Travertenlerinin Oluşumu ve Özellikleri.*** Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Sivas.
- Kahraman, S., 2001. ***Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock.*** Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 38. 981–994.
- Kahraman, S., Günaydın, O., Fener, M., 2005.***Determination Of Some Physical Properties Of Travertines From Ultrasonic Measurement.*** Proceedings of 1st International Symposium on Travertine. Özkul. M.. Yağız. S. and Jones. B.(eds.). pp. 231-234. Denizli.
- Kaplan, İ., 2010. ***Budaklar Ve İmanlar Formasyonlarındaki Travertenlerin Mühendislik Özellikleri.*** (yüksek lisans tezi). AÜ. Fenbilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı. Ankara.
- Karaman, K., Erçıktı, B., Cihangir, F., Kesimal, A., 2011. ***Kayaçların Tek Eksenli Basınç Tahmininde Schmidt Çekici Yöntemlerinin İncelenmesi.*** Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
- Katz, O., Reches, Z., Roegiers, J.C., 2000. ***Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt hammer.*** Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 37. 723–728.
- Kaya, T., 2007. ***Ulumuhsin (Konya) Civarındaki Traverten Yataklarının Jeolojisi ve Fiziksel Özellikleri.*** (yüksek lisans tezi). SU. Fen Bilimleri Enstitüsü. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Konya.
- Kılıç, R., Ulaşı, K., Varol, B., Gökten, E., Koçbay, A., 2005. ***Geotechnical***

- Assessment Of The Travertine (Kırşehir. Turkey).* Proceedings of 1st International Symposium on Travertine. Özkul M., Yağız S., Jones B, (eds.). pp. 256- 262. Denizli.
- Kılıç, R., Yavuz, Ş., 1994. *Relationships between geotechnical properties of the Antalya travertine (Turkey).* Bull. of the Int. Ass. of Engineering Geology. No. 50. pp. 43-50.
- Kidybinski, A., 1980. *Bursting liability indices of coal.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 17. 157–161.
- Koçyiğit, A., Deveci, Ş., Kaplan, M., 2011. *23 Ekim. 30 Kasım 2011 Van Depremleri Raporu.* ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Laboratuvarı. İstanbul.
- Koçyiğit, A., 2013. *New Field And Seismic Data About The İntraplate Strike-Sli Deformation İn Van Region. East Anatolian Plateau. E. Turkey.* Middle East Technical University. Department of Geological Engineering. Active Tectonics and Earthquake Research Lab.. TR-06800 Ankara. Turkey.
- Köse, F., 2010. *Aydıncık'taki (İçel) Kuvaterner Yaşlı Tufa ve Travertenlerin Sedimentolojik Analizi.* (yüksek lisans tezi). SÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Konya.
- MTA., 2007. *Van İlinin Yerbilimi Verileri.* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Özkan, Y., 2009. *Bor-Niğde Yöresi Traverten Yataklarının Jeolojik Özellikleri.*(yüksek lisans tezi). NÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Niğde.
- Özkaymak, Ç., 2003. *Van Şehri Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri.*(yüksek lisans tezi). YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Van
- Özkul, M., Varol, B., Alçıçek, M.C., 2002. *Denizli Travertenlerinin Petrografik Özellikleri Ve Depolanma Ortamlar..* MTA Dergisi. 125. s. 13-29. Ankara
- Özpınar, Y., Heybeli, H., Semiz, B., Baran, H.A., Kocan, B., 2001. *Kocabaş (Denizli) Travertenlerinin Ve Kömürcüoğlu (Kocabaş) Travertenlerinin Jeolojik Ve Petrografik Olarak İncelenmesi Ve Bunların Teknolojik Açidan*

- Değerlendirilmesi.**PÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Türkiye 3. Mermer sempozyumu (Mersem'2001) Bildiriler Kitabı. Mayıs 2001. Afyon.
- Özvan, A., 2004. *Van Yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi.* (Yüksek lisans tezi) YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Van.
- Palchik, V., Hatzor, Y.H., 2004. *The influence of porosity on tensile and compressive strength of porous chalk.* Rock Mech. Rock Engng. 37(4). 331–341.
- Paone, J., Madson, D., Bruce, W. E., 1969. *Drillability studies – laboratory percussive drilling.* USBM RI 7300.
- Pedley, M., 2009. *Tufas And Travertines Of The Mediterranean Region: A Testing Ground For Freshwater Carbonate Concepts And Developments.* Department of Geography. University of Hull. Cottingham Road. Hull HU6 7RX. UK.
- Perincek, D., 1978. *The Geology of Hazro-Korudağ-Cungus-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area.* Guide Book. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını 33 s.
- Protodyakonov, M., 1962. *Mechanical properties and drillability of rocks.* Proc. 5th Symp. Rock Mech.. Macmillan. New York. 1962. 103–118.
- Quane, S.L., Russel, J.K., 2003. *Rock strength as a metric of welding intensity in pyroclastic deposits.* Eur. J. Mineral. 15. 855–864.
- Rabia, H., Brook, W., 1980. *An empirical equation for drill performance prediction.* Proc. 21st US Symp. Rock Mech.. Univ. Missouri-Rolla. 1980. 103–111.
- Read, J.R.L., Thornton P. N., Regan W. M., 1980. *A rational approach to the point load test.* Proc. 3rd Australian-New Zealand Geomechanics Conference. vol. 2. 1980. 35–39.
- Reichmuth, D. R., 1968. *Point load testing of brittle materials to determine tensile strength and relative brittleness.* Proc. 9th US Symp. Rock Mech.. Golden. 1968. 134–159.
- RILEM, 1980. *Recommended Tests To Measure The Deterioration Of Stone And To Assess The Effectiveness Of Treatment Methods. Commission 25-PEM.* Material and Structures. Vol. 13. pp. 175-253.
- Robinson, E.S., Coruh, C., 1988. *Basic exploration geophysics* Wiley, New York, 562p.

- Ruiz Agudo, E., Mees, F., Jacobs, P., Rodriguez Navarro, C., 2007. ***The role of saline solution properties on porous limestone salt weathering by magnesium and sodium sulfates.*** Environmental Geology. Vol. 52. pp. 305-317.
- Sachpazis, C.I., 1990. ***Correlating Schmidt hardness with compressive strength and young's modulus of carbonate rocks.*** Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 42. 75–84.
- Sağlam, A., 2003. ***Van Gölü Doğusu ve Güneydoğusunda Yüzeyleyen Van Formasyonunun Stratigrafisi, Paleontolojisi ve Çökelme Ortamları.*** (Yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Sheorey, P.R., Barat, D., Das, M.N., Mukherjee, K.P., Singh, B., 1984. ***Schmidt hammer rebound data for estimation of large-scale in situ coal strength.*** Int. J. Rock Mech. Min. Sci.21. 39–42.
- Singh, D.P., 1981. ***Determination of some engineering properties of weak rocks.*** Proc. Int.Symp. Weak Rock. Tokyo. 1981. 21–24.
- Singh, R.N., Hassani, F.P., Elkington, P.A.S., 1983. ***The application of strength and deformation index testing to the stability assessment of coal measure excavations.*** Proc. 24th US Symp. Rock Mech.. Texas: printed by Texas A&M University. 1983. 599–609.
- Şen, S., 2006. ***Baltaşı-Palu (Elazığ) Travertenlerinin Tekno-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.*** (yüksek lisans tezi). ÇÜ. Fenbilimleri Enstitüsü Maden mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.
- Smith, H.J., 1997. ***The point load test for weak rock in dredging applications.*** Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 34(3=4). 702.
- Tandanand, S., Unger, H.F., 1975. ***Drillability determination – A drillability index of percussive drills.*** USBM RI 8073.
- Tarhan, F., 1989. ***Mühendislik Jeolojisi Prensipleri,*** K.T.Ü. Basımevi, Trabzon
- TS 1910, 1977. ***Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar.*** Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- TS 2513, 1977. ***Doğal Yapı Taşları,*** TSE, Ankara
- TS 6234, 1988. ***Granit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan,*** TSE, Ankara.
- TS 11143, 1993. ***Traverten Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan,*** TSE, Ankara.

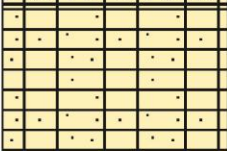
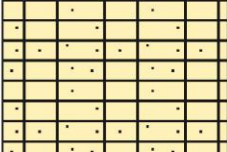
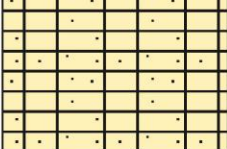
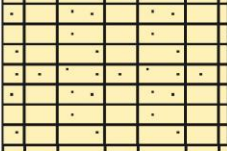
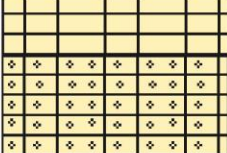
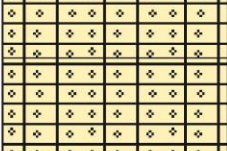
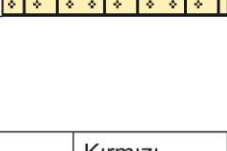
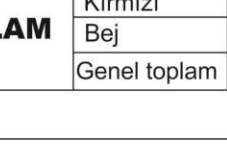
- TS 699, 2009. *DoğalYapı Taşları. İnceleme Ve Deney Metotları*. Türk Standartları Enstitüsü.ICS 91.100.01; 91.100.15. Ankara.
- TS 10449, 1992. *Mermer – Kalsiyum Karbonata Esaslı – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan*. Ankara.
- TS 6809, 1989. *Mohs Sertlik Cetveline Göre Sertlik Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- TS, 2004. *Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil*, TS 10449/T1, Ankara
- TS, 2004. *Granit-Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan Tadil* , TS 6234, Ankara
- TS 2513, 1977. *Doğal Yapı Taşları*. Türk Standartları Enstitüsü. 5 s. Ankara.
- TS 1900-1, 2006. *Zemin Laboratuvar Deneyleri. Fiziksel Özelliklerin Tayini*. ICS 93.020. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- TS 12371, 2002. *Doğal Taşlar - Deney Metotları - Dona Dayanım Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tsiambaos, G., Sabatakakis, N., 2004. *Considerations on strength of intact sedimentary rocks*. Eng. Geol. 72. 261–273.
- Tsidzi, K. E. N., 1991. *Point load-uniaxial compressive strength correlation*. Proc. 7th ISRM Congress. Aachen. Germany. vol. 1. 1991. 637–639.
- Uz B., Özdamar Ş., Ketenci F., Yıldırım H., 2005. *Geological, petrographical, and physical characteristics of Düzköy (Ulus, Bartın) travertine occurrences and their utilization in view of marbling*. Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Özkul, M., Yağız, S. and Jones, B. (eds.), pp. 197- 200, Denizli.
- Üner, S., 2003. *Van Gölü doğusu (Beyüzümü-Göllü dolayı) Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökellerin sedimantolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van (yayımlanmamış).
- Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Üner, T., 2010. *Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası. Doğu Anadolu. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi. Yerbilimleri. 31 (1). 53–66.*
- Uz B., Özdamar Ş., Ketenci F., Yıldırım H., 2005. *Geological, petrographical, and physical characteristics of Düzköy (Ulus, Bartın) travertine occurrences and*

- their utilization in view of marbling.*** Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Özkul, M., Yağız, S. and Jones, B. (eds.), pp. 197- 200, Denizli.
- Vallejo, L. E., Welsh, R. A., Robinson, M. K., 1989. ***Correlation between unconfined compressive and point load strength for Appalachian rocks.*** Proc. 30th US Symp. Rock Mech. Morgantown. 1989. 461–468.
- Wightman, W.E., Jalinoos, F., Sirles, P., Hanna, K., 2003. ***Application of geophysical methods to highway related problems***, Federal Highway Administration, 716 p.
- Xu, S., Grasso, P., Mahtab, A., 1990. ***Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock.*** Proc. 6th Int. Assoc. Eng. Geol. Congr.. Balkema. Rotterdam. 1990. 511–519.
- Yalçın, A., Özçelik, M., 2004. ***Kurna Deresi (Burdur) travertenlerinin fiziko-mekanik özellikleri ve yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri*** KAYAMEK 2004, Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, Türkiye.
- Yalçınalp, B., Ersoy, H., Fırat, A., Keke, C., 2008. ***Bahcecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Jeolojik, Jeoteknik Özellikleri.*** KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü. 61080 Trabzon.
- Yaşar, E., Erdogan, Y., 2004. ***Estimation of rock physicommechanical properties using hardness methods.*** Eng. Geol. 71. 281–288.
- Yilmaz, I., Sendir, H., 2002. ***Correlation of Schmidt hardness with unconfined compressive strength and Young's modulus in gypsum from Sivas (Turkey).*** Eng. Geol. 66. 211–219.

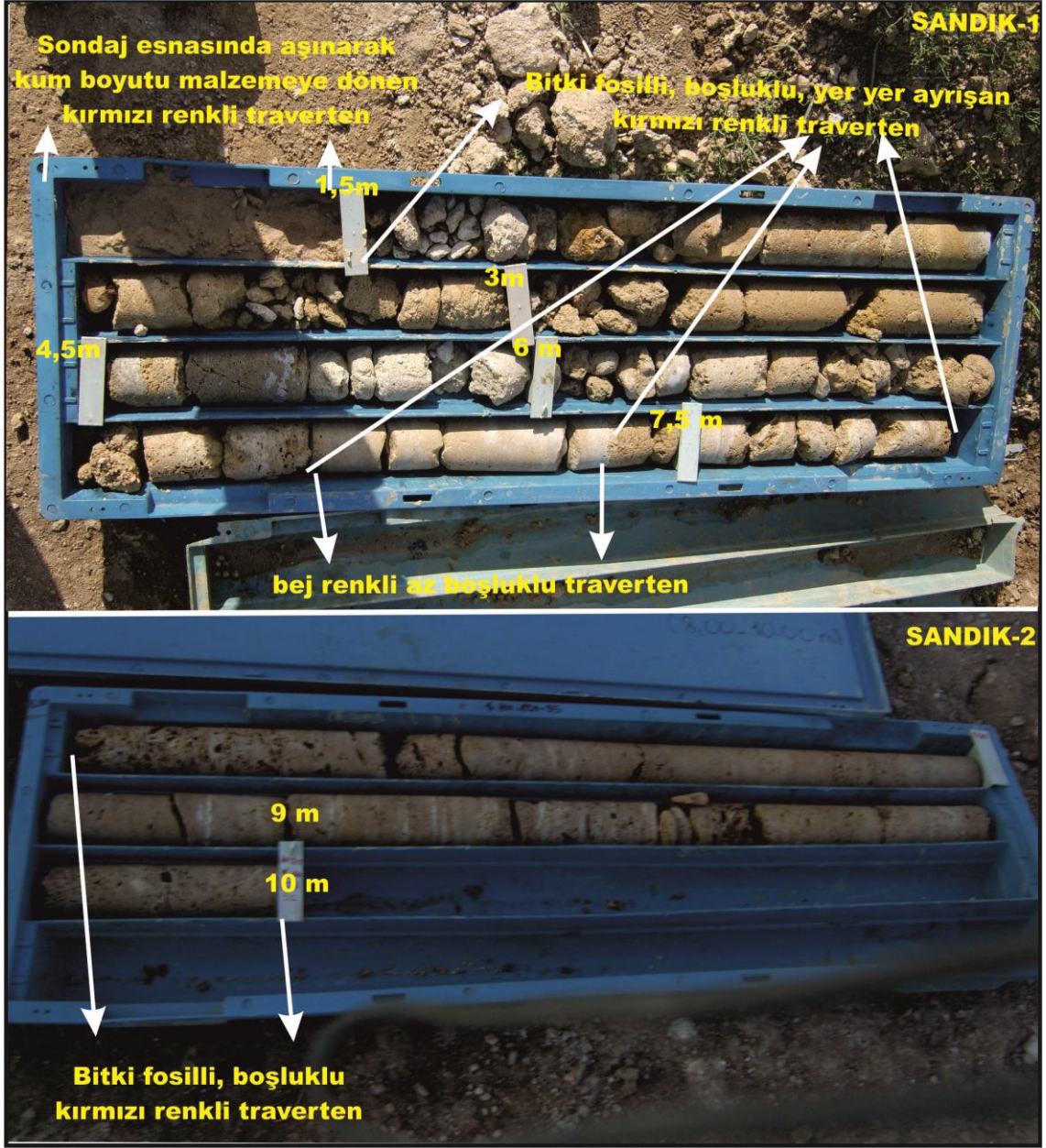
EKLER

EK-1. Çalışma alanında yapılan sondajlara ait sondaj kütükleri ve görüntüler

EK-1. (b). SK-2 nolu kuyu kütüğü

SK-2				Sondaj özellikleri			Tarih:	başlangıç	bitiş
				Yöntem	Karotiyer tipi	Çap		11.05.2013	12.05.2013
Sondaj yeri:	X	348516	Yükseklik	Döner (Rotary) Sondaj	tek tüplü karotiyer		Sondaj derinliği:10 m		
	Y	4252765							
Derinlik (metre)	Litoloji			Karot verimi			AÇIKLAMA	Uygulanan deney sonuçları UCS (MPa)	
				TKV	SKV	RQD			
1				-	-	-	Bitkisel toprak		
				-	-	-	Sondaj esnasında tamamen aşınarak kum boyutu malzemeye dönen bol bitki fosilli kırmızı renkli boşluklu traverten		
2				%76	%24	%20	Düşük karot verimli, sondaj esnasında yer yer ufalanarak kum boyutu malzemeye dönen, bitki fosili içerikli, kırmızı renkli, boşluklu traverten		
3									
4									
5									
6							%80	%55	%33
7							Boşluksuz Bej traverten		
8							%97	%89	%70
9							%100	%100	%78
10									
									

EK-1 (b). SK-2 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller



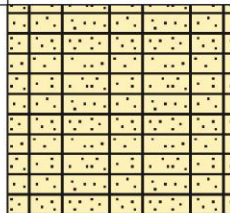
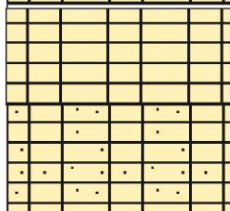
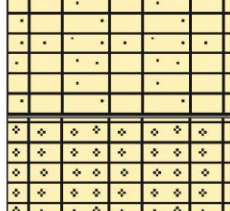
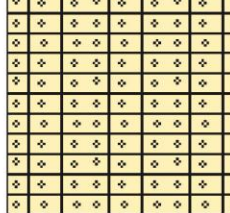
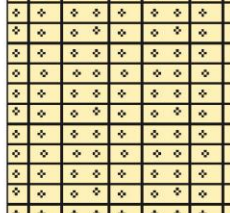
EK-1. (c). SK-3 nolu kuyu kütüğü

SK-3				Sondaj özellikleri			Tarih:	başlangıç	bitiş
				Yöntem	Karotiyer tipi	Çap		10.05.2013	11.05.2013
Sondaj yeri:	X	349275	Yükseklik	Döner (Rotary) Sondaj	tek tüplü karotiyer		Sondaj derinliği: 16 m		
	Y	4251125							
Derinlik (metre)	Litoloji		Karot verimi			AÇIKLAMA	Uygulanan deney sonuçları UCS (MPa)		
			TKV	SKV	RQD				
	1			-	-	-	Bitkisel toprak		
2			-	-	-	Sondaj esnasında tamamen aşınarak kum boyutu malzemeye dönen bol bitki fosilli kırmızı renkli boşluklu traverten			
3						Düşük karot verimli, yeryer çakıl boyutu numune alınabilen, sondaj esnasında aşınan bol bitki fosili içerikli, kırmızı renkli, boşluklu traverten			
4			%35	%15	-				
5			%75	%65	%45	yer yer bitki fosili içerikli, az boşluklu, bej renkli traverten. Yer yer kırmızımsı traverten seviyeleri içermektedir	27,05		
6			%67	%56	%35		23,72		
7						Ort TKV :%75	28,81		
8			%83	%75	%52	Ort SKV :%57	25,63		
9						Ort RQD:%43	19,75		
10			%78	%72	%42				
11			%70	%53	%15	Bitki fosili içerikli, boşluklu kırmızı renkli traverten	12,46		
12							12,99		
13			%66	%52	%22		15,92		
14	BOŞLUK					yaklaşık 2 metrelik boşluk			
15									
16			%50	%45	%17	Kırmızı renli boşluklu traverten	17,86		
TOPLAM	Kırmızı		%35	%11	%6	Ort Deney Değerleri	Kırmızı	14,8	
	Bej		%74	%66	%43		Bej	24,99	
	Genel toplam		%52	%47	%23		Genel ort	20,47	

EK-1 (c). SK-3 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller



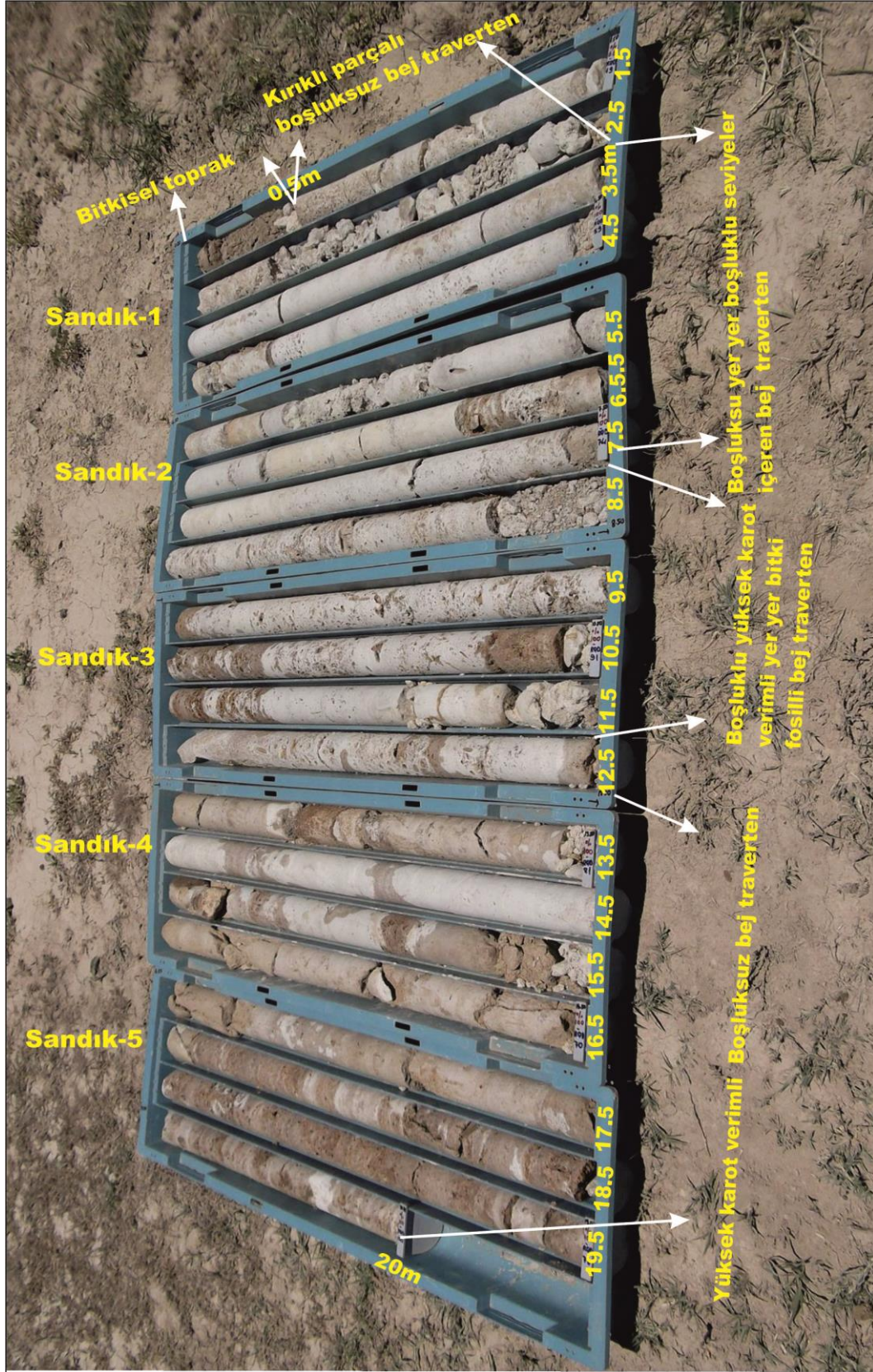
EK-1. (d). SK-4 nolu kuyu kütüğü

SK-4				Sondaj özellikleri			Tarih:	başlangıç	bitiş
				Yöntem	Karotiyer tipi	Çap		8.05.2013	8.05.2013
Sondaj yeri:		X 342336 Y 4248112	Yükseklik 1712 m	Döner (Rotary) Sondaj	tek tüplü karotiyer		Sondaj derinliği:5 m		
Derinlik (metre)	Litoloji			Karot verimi			AÇIKLAMA	Uygulanan deney sonuçları	
				TKV	SKV	RQD			
1				-	-	-	Sondaj esnasında tamamen aşınarak kum boyutu malzemeye dönen bol bitki fosilli kırmızı renkli boşluklu traverten		
				%78	%53	%35	Az boşluklu, yer yer bitki fosili içerikli bej traverten		
2				%48	%35	%18	Düşük karot verimli, sondaj esnasında yer yer ufalanarak kum boyutu malzemeye dönen, bitki fosili içerikli, kırmızı renkli, boşluklu traverten		
					%70	%65	%42		
3		%89	%85						
				4					
5									
TOPLAM		Kırmızı	%65	%52	%38	Ort Deney Değerleri			
		Bej	%78	%53	%35				
		Genel toplam	%66	%52	%38				

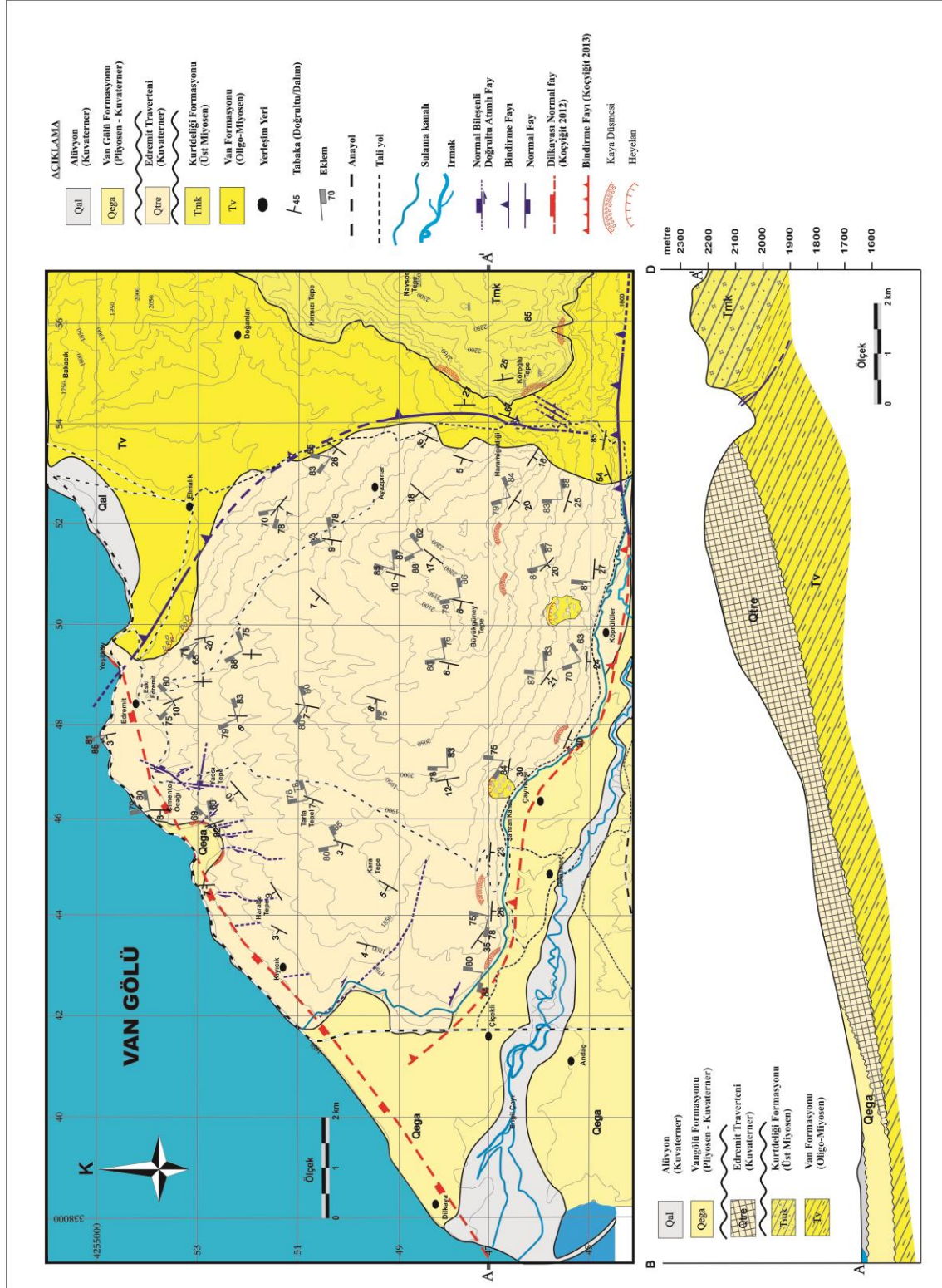
EK-1. (e). SK-5 nolu kuyu kütüğü

SK-5				Sondaj özellikleri			Tarih:	başlangıç	bitiş
				Yöntem	Karotiyer tipi	Çap		15.05.2013	18.05.2013
Sondaj yeri:		X 344128	Yükseklik	Döner (Rotary) Sondaj	tek tüplü karotiyer		Sondaj derinliği:20 m		
		Y 4252785	1736 m						
Derinlik (metre)	Litoloji	Karot verimi			AÇIKLAMA			Uygulanan deney sonuçları	
		TKV	SKV	RQD					
1		-	-	-	Bitkisel toprak				
2		%75	%40	%25	Kırıklı çatlaklı boşluksuz bej traverten				
3		%95	%90	%87	Boşluksuz yüksek karot verimli bej travertenler Ort TKV :%97 Ort SKV :%94 Ort RQD:%86				
4									
5		%98	%88	%80					
6		%100	%100	%95					
7		%92	%92	%92	Boşluklu yüksek karot verimli, yer yer bitki fosilli bej travertenler Ort TKV :%97 Ort SKV :%93 Ort RQD:%90				
8									
9		%98	%95	%95					
10		%100	%93	%85					
11		%100	%95	%95	Yüksek karot verimli, boşluksuz bej travertenler Ort TKV :%100 Ort SKV :%98 Ort RQD:%92				
12									
13		%100	%95	%95					
14									
15		%100	%100	%95					
16		%100	%93	%93					
17									
18		%100	%100	%83					
19		%100	%100	%95					
20									
TOPLAM		Boşluklu bej	%97	%93	%90				
		Boşluksuz bej	%99	%97	%91				
		Genel toplam	%98	%95	%90				

EK-1 (e). SK-5 nolu sondajdan elde edilen karot sandıklarına ait görseller



EK-2 Çalışma alanının Jeoloji/Jeoteknik haritası



ÖZ GEÇMİŞ

Nisan, 1989 yılında Gümüşhane’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Torul’da, lise öğrenimini Gümüşhane’de tamamladı. Lise öğrenimini tamamladıktan bir yıl sonra 2007 yılında lisans eğitimine başladığı Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl başladığı Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalındaki yüksekisans eğitime devam etmektedir. Şu an Gökçenay Group’a bağlı Van Mermer Madencilik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketinde Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.