

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TRABZON İLİ KIRMIZI KİLLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeo. Müh. İdris BAYKAN

**HAZİRAN 2011
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRABZON İLİ KIRMIZI KİLLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Jeoloji Mühendisi İdris BAYKAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 28.06.2011**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

Trabzon 2011

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
İdris BAYKAN tarafından hazırlanan**

**TRABZON İLİ KIRMIZI KİLLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Başlıklı bu çalışma Enstitü Yönetim Kurulunun 07 / 06 / 2011 gün ve 1408 sayılı kararıyla
oluşturulan jüri tarafından 28 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY'a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasına bilgi, eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan Sayın Yrd. Doç. Arzu FIRAT ERSOY'a ve Uzman Dr. İrfan TEMİZEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarından Murat KAYIKÇI ve Erdoğan TİMURKAYNAK'a teşekkür ederim.

Bununla birlikte çalışmanın birçok aşamasında yardımlarını esirgemeyen Kaya Mühendislik Zemin-Beton Laboratuvar Hizmetleri çalışanlarına, özellikle Jeoloji Yüksek Mühendisi Günay SÖNMEZ'e ve şirket sahibi Jeoloji Mühendisi Turan SİVRİKAYA'ya Sağlık-Sen Trabzon Şubesi yönetim kurulu üyesi İdris AYDIN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakarlığı için desteklerini benden esirgemeyen eşime, anneme, babama ve çocuklarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İdris BAYKAN

Trabzon, 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Trabzon İli Kırmızı Killerinin Jeoteknik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.
20.05.2011

İdris BAYKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

| | |
|---|------|
| ÖNSÖZ | III |
| TEZ BEYANNAMESİ..... | IV |
| İÇİNDEKİLER..... | V |
| ÖZET | VII |
| SUMMARY | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | IX |
| TABLolar DİZİNİ..... | XI |
| SEMBOLLER DİZİNİ..... | XII |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş..... | 1 |
| 1.2. Çalışmanın Amacı..... | 2 |
| 1.3. Çalışmanın Alanının Genel Özellikleri..... | 2 |
| 1.3.1. Coğrafi Durum ve Arazi Kullanımı..... | 2 |
| 1.3.2. Yerleşim ve Ulaşım..... | 4 |
| 1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü..... | 4 |
| 1.4. Bölgesel Jeoloji..... | 5 |
| 1.5. Literatür Özeti..... | 9 |
| 1.5.1. Bölgesel Çalışmalar..... | 9 |
| 1.5.2. Zemin Mekaniği Çalışmaları..... | 11 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR..... | 12 |
| 2.1. Genel Jeolojik ve Stratigrafik Çalışmalar..... | 12 |
| 2.2. Mikroskobik Tayinler..... | 12 |
| 2.3. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları..... | 12 |
| 2.3.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi..... | 13 |
| 2.3.2. Dane Dağılımı..... | 15 |
| 2.3.2. Atterberg (Kıvam) Limitleri..... | 18 |
| 3. BULGULAR..... | 22 |
| 3.1. Genel Jeolojisi | 22 |
| 3.1.1. Kabaköy Formasyonu..... | 24 |
| 3.1.2. Beşirli Formasyonu..... | 27 |
| 3.1.3. Taraça ve Alüvyonlar..... | 28 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1.4. | Regolitler..... | 29 |
| 3.2. | Yapısal Jeoloji..... | 30 |
| 3.2.1. | Tabakalı ve Kırıklı Yapılar..... | 30 |
| 3.2.2. | Çalışma Alanı ve Çevresinin Depremselliği..... | 32 |
| 3.3. | Regolitik Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri..... | 33 |
| 3.3.1. | Zeminlerin İndeks Özellikleri..... | 33 |
| 3.3.2. | Zeminlerin Plastisite Özellikleri..... | 35 |
| 3.3.3. | Zeminlerin Sınıflandırılması..... | 36 |
| 3.3.4. | Zeminlerin Şişme Özellikleri..... | 38 |
| 3.3.5. | Zeminlerin Dayanım Özellikleri..... | 41 |
| 3.4. | Zeminlerin İndeks Özellikleri ile Dayanım Parametreleri arasındaki İstatistiksel İlişkiler..... | 41 |
| 4. | SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 47 |
| 5. | KAYNAKLAR..... | 50 |

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

TRABZON İLİ KIRMIZI KİLLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İdris BAYKAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY
2011, 53 (Tez Sayfa), 15 (Ek Sayfalar)

Bu çalışmada, Trabzon ilindeki regolitik zeminlerin dayanım parametrelerinin zeminlerin indeks özelliklerinin bir fonksiyonu olarak tahmini için ampirik bağıntılar önerilmiştir. Çalışma arazi gözlemleri ve laboratuvar deneyleri olmak üzere iki farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında Eosen-Neojen yaşlı bazaltik ve andezik kayalar yüzeyleme vermektedir. Volkanik kayalar üzerinde bulunan Pliyo-Kuvaterner yaşlı regolitler ise zemin ve ayrılmış kayalardan oluşmuş saprolitlerden ibarettir. Zeminler ve saprolitlerden oluşmuş regolitlerin kalınlıkları 5-10 m arasında değişmektedir. Çalışmada dayanım parametreleri ile indeks özellikler arasında istatistiksel ilişkiler kurmak için, Trabzon ilinde yüzeyleme veren regolitlerden 45 zemin örneği temin edilmiştir. Zeminlerin indeks özellikleri, plastisite özellikleri ve dane boyu dağılımları ASTM (1991) standartlarına uygun bir şekilde belirlenmiştir. Dane boyutu analizleri sonucunda zeminlerin % 1-3 çakıl, % 11-20 kum, % 20-30 silt ve % 35-50 kil boyutlu malzemelerden oluştuğu anlaşılmıştır. Çalışma konusu zeminlerin özgül ağırlıkları ise 2.36 ile 2.61 arasında değişmektedir. Likit limit % 33 ile 90 arasında değişirken plastisite indeksi % 10 ile 40 arasında değişmektedir. Bu özelliklerden yola çıkarak kil boyutlu malzemelerin genel olarak illit ve kaolinitten oluştuğu belirlenmiştir. Konsolidasyonsuz-drenajsız kesme kutusu deneyleri sonucunda ise zeminlerin kohezyonunu 10-51 kPa arasında, içsel sürtünme açılarının ise 7 ile 40 derece arasında değiştiği hesaplanmıştır. Killi zeminlerin fiziksel ve dayanım özellikleri arasında istatistiksel ilişkilerin belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizleri uygulanmış, analizler sonucunda içsel sürtünme açısı ile plastisite indeksi (PI)/likit limit (LL) arasında 0.8 lik regresyon katsayı ile karakterize edilen negatif ilişkiler, kohezyon ile plastisite indeksi (PI)/likit limit (LL) arasında ise 0.8 lik regresyon katsayı ile karakterize edilen pozitif logaritmik ilişkiler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İndeks özellikler, dayanım parametreleri, ampirik ilişki, regresyon

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF RED CLAYS IN TRABZON CITY

İdris BAYKAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geology Graduate Program

Supervisor: Assis. Prof. Dr. Hakan ERSOY
2011, 53 Pages, 15 Appendix

In this study, the empirical equations were proposed for prediction of strength parameters as a function of index properties of regolithic soils in Trabzon City. The dominant lithology in the studied area is Eocene-Neogene aged basaltic, andesitic volcanic rocks. Plio-Quaternary aged altered regolith horizon overlying the volcanic rocks contains the unconsolidated mantle of weathered volcanic rocks (saprolite) and soil material. Thickness of regoliths including both of the soil itself and saprolite is about 5-10 meter in the region. In order to establish some relations between strength parameters and index properties, 45 soil samples were collected in Plio-Quaternary aged regolith in Trabzon city. In the study index properties, atterberg limits and grain size distribution of clayey soils were determined in accordance with ASTM (1991). Coarse sieve and fine sieve methods were used for grain size analysis. These analysis shows that samples are composed of 1-3 % gravel, 11-20 % sand, 20-30 % silt and 35-50 % clay size materials. Specific gravity of the samples was determined between 2.36-2.61. Liquid limits are between 33 % and 90 %. The plasticity index extended from 10 % to 40 %. The value of activity was recorded as between 0.50 and 1.30. Clay materials were classified according to their plasticity index and liquid limit values and according to these properties the most of samples contain illite and kaolinite typed clay minerals. Result of the unconsolidated-undrained direct shear, cohesion of the soils was determined as between 10 and 51 kPa. Thus, the tests show those friction angles are between 7 and 40. To determine the statistical relations between strength parameters and physical properties of clayey soils, multiple regression analysis was carried out. According to the multiple regression analysis results, the negative correlations characterized by the regression coefficient of 0.80 were determined between friction angle and PI/LL. However, the positive logarithmic relations between cohesion and PI/LL are determined. This relation is characterized by a regression coefficient of between 0.80.

Key words: Index properties, strength properties, empirical relation, regression

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|------------------------|
| Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası..... | 3 |
| Şekil 1.2. Ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı..... | 5 |
| Şekil 1.3. Ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı..... | 5 |
| Şekil 1.4. Doğu Karadeniz Bölümü'nün jeoloji haritası..... | 7 |
| Şekil 2.1. Zemin prizması..... | 13 |
| Şekil 2.2. Piknometre deney düzeneği..... | 14 |
| Şekil 2.3. Elek takımı ve elek sarsıcı..... | 16 |
| Şekil 2.4. Hidrometre deneyinin yapılması..... | 17 |
| Şekil 2.5. Zeminlerde su içeriği-hacim değişimi ve kıvam limitlerinin tanımlanması..... | 18 |
| Şekil 2.6. Casagrande aleti ve deneyde kullanılan malzemeler..... | 19 |
| Şekil 2.7. Plastik limit deney düzeneği ve deneyin yapılışı..... | 20 |
| Şekil 2.8. Direk kesme kutusu deneyi..... | 21 |
| Şekil 2.9. Coulomb kırılma zarfı..... | 21 |
| Şekil 3.1. Doğu Pontidlerin kuzey ve güney zon ayrımı..... | 22 |
| Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası..... | 23 |
| Şekil 3.3. Andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşan Kabaköy Formasyonu'nun görünümü | 25 |
| Şekil 3.4. Kabaköy Formasyonu'ndaki bazaltlara ait ince kesit görünümü | 26 |
| Şekil 3.5. Konglomera, kumtaşı ve tuf ardalanmasından oluşan Beşirli Formasyonu..... | 27 |
| Şekil 3.6. Beşirli Formasyonu'ndaki konglomeralardaki bazaltik bloklara ait ince kesit görünümü | 28 |
| Şekil 3.7. Alttaki bazik volkaniklerin ayrışması sonucu oluşmuş yaklaşık metre kalınlığındaki regolitik toprak profili | 30 |
| Şekil 3.8. Kabaköy Formasyonu içerisindeki kireçtaşı, kumtaşı ve marn arakatkılı tortul birimler | 31 |
| Şekil 3.9. Kabaköy Formasyonu volkaniklerine ait çatlak kontur diyagramı..... | 32 |
| Şekil 3.10. Çalışma alanının, T.C Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında hazırlanan 1/1000000 ölçekli Türkiye Deprem Bölgesi Haritası'ndaki konumu..... | 33 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 3.11. | Çalışma konusu zeminlerin dane dağılım eğrileri..... | 34 |
| Şekil 3.12. | Casagrande kartında çalışma konusu zeminlerin gösterimi..... | 36 |
| Şekil 3.13. | Şişme potansiyeli için sınıflama grafiği..... | 39 |
| Şekil 3.14. | Doğal su içeriği, LL ve serbest şişme yüzdesi ilişkisi..... | 40 |
| Şekil 3.15. | Çalışma konusu zeminlere kıvam limitleri değerleriyle içsel sürtünme açısı değerleri arasındaki istatistiksel ilişki..... | 43 |
| Şekil 3.16. | Çalışma konusu zeminlere kıvam limitleri değerleriyle kohezyon değerleri arasındaki istatistiksel ilişki..... | 43 |
| Şekil 3.17. | İçsel sürtünme açısına ait ölçülen veri hesaplanan veri grafiği..... | 44 |
| Şekil 3.18. | Kohezyon değerlerine ait ölçülen veri hesaplanan veri grafiği..... | 45 |
| Şekil 3.19. | Kohezyon değerlerine ait ölçülen - hesaplanan veri histogramı..... | 45 |
| Şekil 3.20. | İçsel sürtünme açısı değerlerine ait ölçülen - hesaplanan veri histogramı | 46 |

TABLolar DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| Tablo 1.1. Trabzon İli'ne ait meteorolojik veriler..... | 4 |
| Tablo 2.1. Dane çapına göre zeminlerin sınıflandırılması | 17 |
| Tablo 3.1. Çalışma konusu zeminlerin su içeriği, özgül ağırlığı ve birim hacim ağırlık değerleri..... | 34 |
| Tablo 3.2. Çalışma konusu zeminlerin Atterberg limitleri..... | 35 |
| Tablo 3.3. IAEG (1976)'nin likit limit değerlerine göre yaptığı zemin Sınıflaması..... | 37 |
| Tablo 3.4. Burmister (1951) plastisite sınıflaması..... | 37 |
| Tablo 3.5. Leonards (1962) plastisite sınıflaması..... | 37 |
| Tablo 3.6. IAEG (1976) plastisite sınıflaması..... | 38 |
| Tablo 3.7. Şişme potansiyeline bağlı olarak zeminlerin sınıflandırılması ve çalışma konusu zeminlerin plastisite derecelerinin tanımlanması..... | 39 |
| Tablo 3.8. Çalışma konusu zeminlerin kayma dayanımı parametreleri | 41 |
| Tablo 3.9. Çoklu regresyon analizleri sonucunda elde edilen eşitlikler ve regresyon katsayısı değerleri..... | 44 |

SEMBOLLER DİZİNİ

- a: Zeminin özgül yoğunluğunun Gs sabitine oranı
Af: Kırılma anındaki en kesit alanı (cm²)
A₀ : İlk kesit alanı (cm²)
c: Kohezyon (kg/ cm²)
c': Efektif gerilmelere göre kohezyon
D. Dane çapı (mm)
Gs: Zeminin özgül ağırlığı
GWT: T sıcaklığındaki damıtık suyun özgül ağırlığı
e : Boşluk oranı (%)
H: İlk boy (cm)
Ip: Likitlik indisi
Ic: Kıvamlılık indisi
L: Efektif derinlik
LL,WL: Likit limit
MBWS: T sıcaklığındaki piknometre ve damıtık suyun kütlesi
MBW: T sıcaklığında su , zemin ve piknometre kütlesi
Ms: Katı parçacıkların kütlesi
MT: Dara
Mtw: Dara + ıslak zemin
Mtds: Dara + kuru zemin
Mw: Su kütlesi
n:porozite
N: Normal kuvvet
P: Elekten geçen malzeme yüzdesi (%)
PL: Plastik limit
PI: Plastisite indisi
Pmax: Kırılma anındaki yük (kg)
qu : Serbest basınç mukavemeti (kg/ cm²)
T: Kayma kuvveti
U: Boşluk suyu basıncı
V: Zemin hacmi
Vb: Boşluk hacmi

Vh: Havanın hacmi
Vs: Dane hacmi
Vw: Su hacmi
W: Su içeriği, dilim ağırlığı, zemin kütlesi
Wk: Kuru zemin kütlesi
Wn: Zeminin doğal su içeriği
Wp: Zeminin plastik limiti
WL: Zeminin likit limiti
 ΔH : Toplam boy kısalması (cm)
 τ : Kayma esnasında kayma düzlemi üzerindeki kayma gerilmesi
 Φ : İçsel sürtünme açısı
 Φ' : Efektif gerilmelere göre içsel sürtünme açısı
 σ : toplam normal gerilme
 μ : Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi
 γ' : Batık birim hacim ağırlık
 γ^n : Doğal birim hacim ağırlık
 γ_k : Kuru birim hacim ağırlık
 γ_{doy} : Doygun birim hacim ağırlık
 γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Zemin (ayrışmış kaya) insanlığın en eski ve belki de en karmaşık mühendislik malzemesidir. Doğanın denge durumundaki yapısına müdahale edildiği zaman, diğer deyişle zeminin ilave yük altına girmesi ya da kazılması durumunda, bu malzemelerin mühendislik davranışının belirlenmesi gereklidir. Zeminlerin fiziksel ve indeks özellikleri, gerilme-deformasyon ilişkileri, geçirimsizlik özelliği, direnç parametreleri, taşıma gücü, stabilitesi ve jeolojik özellikleri mühendislik amaçlı çalışmalarda büyük önem taşımaktadır. Kayaçların ayrışması sonucunda oluşan ayrık taneli malzemelere zemin denir. Zeminler genel anlamda kohezyonlu ve kohezyonsuz olmak üzere iki farklı şekilde nitelendirilebilir. Kohezyonsuz zeminlerin en önemli özellikleri dane boyutları ve granülometreleridir. Bununla birlikte bu tür zeminler kohezyonlu zeminlere göre çok daha fazla geçirgendirler. Eğer iyi derecelenmiş ve relatif sıkılıkları yüksek ise kohezyonsuz zeminler, kayma dirençlerinin yüksekliği ve sıkışma özelliklerinin küçüklüğü nedeniyle duraylılık yönünden sağlam bir yapı gösterirler. Kohezyonlu zeminlerin geçirgenliklerinin düşük, şişme ve oturma potansiyellerinin yüksek olması bu tür zeminleri mühendislik problemleri açısından sorunlu zeminler sınıfına sokmaktadır.

Zeminlerin mühendislik amacıyla sınıflandırılması ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, zemin mekaniği biliminin ve bununla ilgili tasarım uygulamalarının ayrılmaz ve önemli bir parçasıdır. Zeminlerin mühendislik sınıflaması açısından tanımlamaya yönelik özellikler, indeks özellikler olup, bu tür veriler mühendislik tasarımlarında doğrudan kullanılmaktadır. Zeminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi dayanım özellikleri ise mühendislik tasarımlarında dikkate alınan girdi parametreleri olup, bunların tasarım deneyleri olarak gruplandırılan deneylerle tayin edilmesi gerekmektedir.

Mühendislik jeolojisinde, zemin numunelerini çeşitli şekillerde almak mümkündür. İnce daneli zeminlerde, gerilme durumunun değişmesi yüzünden numune örseleneceğinden ve numune alma işlemi sırasında numune fiziksel etkiye maruz kalacağından, alınan numunelerin tamamen örselenmemiş olmadığı bilinmektedir. Ayrık daneli zeminlerde ise örselenmemiş numune alma oldukça zor ve pahalı bir işlemdir. Bu nedenlerden dolayı, zemin özelliklerinin yerinde arazi deneyleri ile belirlenmesi tercih edilir. Bununla birlikte,

zeminlerin taşıma gücü, sıvılaşma özellikleri, sınıflandırılması, şişme potansiyeli gibi bir çok özelliği zeminlerden alınmış örnekler üzerinde yapılan bir dizi laboratuvar deneyi ile tespit edilebilmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Uygulaması kolay ve düşük maliyetli zemin mekaniği deneylerinden elde edilen veriler yardımıyla, zaman alıcı ve maliyeti yüksek olan deneylerden elde edilen dayanım parametrelerinin tahmin edilmesi birçok araştırmacı tarafından uygulanmaktadır.

Bununla birlikte bu çalışmanın amacı, Trabzon ilinde bulunan ve volkanik birimlerin ayrışması sonucunda oluşmuş kırmızı killerin yayılımlarının ve jeoteknik özelliklerinin belirlemek, basit deney yöntemlerini olan Atterberg limitleri ile dayanım deneylerinden elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri arasında istatistiksel ilişkiler kurmaktır.

Zemin örnekleri üzerinde, su içeriği, birim hacim ağırlık, kıvam limitleri deneyleri ile dayanım parametrelerini tespit etmeye yönelik kesme kutusu deneyleri ASTM (1981) yöntemlerine göre yapılmıştır. Bu sonuçlar kullanılarak basit doğrusal regresyon, üstel regresyon ve çoklu regresyon gibi istatistiksel analizler yardımıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin tahmininde kullanılacak eşitlikler elde edilmiştir. Elde edilen ilişkilerle diğer araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerle karşılaştırılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

1.3.1. Coğrafik Durum ve Arazi Kullanımı

Trabzon İli, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde ve 1/100000 ölçekli Akçaabat F42 ve F43, Trabzon G42, G43 ve G44 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma konusu kırmızı killer ise 1/25000 ölçekli G43a1 ve G43a2 paftaları içerisinde yüzeylenmektedir.

İlde deniz kıyısına paralel yüksek sıradağlar hakimdir. Doğu-Batı doğrultusundaki bu dağlar, Karadeniz kıyısının hemen gerisinde uzanmaktadır. Bu nedenle kıyı bölgelerde düz alanlar kısıtlıdır. Nüfusun çoğu dağlar ve kıyı şeridi arasında kalan dar ve düzlük alanlarda

bulunmaktadır. Bununla birlikte sahile dik vadiler boyunca da yerleşim görülmektedir. Belli alanlardaki kısıtlı tarım uygulamalarına karşın biyolojik çeşitlilik açısından zengin ve değerli orman kaynakları bu doğal yapının bir sonucudur.

Doğu Karadeniz Bölümü'nün toplam alanı içerisinde tarım alanının payı 1996 yılı verilerine göre yaklaşık %15'dir (Nippon Koei Co., Ltd., Recs International Inc., 2000). Bölge geneli bu değerle % 35'lik ülke ortalamasının çok altındadır. Ancak bu pay kıyı illerinde % 35, Trabzon İli'nde de yaklaşık % 34 civarındadır. İlde tarım arazisi payının düşük olmasının sebebi coğrafik koşulların uygun olmayışdır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Bölgedeki araziler, tarımsal verimlilik açısından 8 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 1.3). Bu sınıflar, erozyon tehlikesi, toprağın nemliliği ve fizyolojik özelliklere göre belirlenmiştir. Birinci sınıfta yer alan topraklar tarım için en uygun arazilerdir. Buna karşın 8. sınıfta yer alan arazilerde ise herhangi bir ürün yetiştirmek mümkün değildir Trabzon İli'nde, toprağın ve arazinin olumsuz özelliklerinden dolayı genel olarak tarım yapılamayan 7. sınıf arazilerin hakim olduğu görülmektedir. Bu araziler ilin yaklaşık % 63'ünü kaplamaktadır.

1.3.2. Yerleşim ve Ulaşım

Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki şehir merkezlerinin çoğu kıyı şeridinde yer almaktadır ve kırsal yerleşmeler büyük alanlara dağılmıştır. Bölgede 2714 adet köy bulunmaktadır. Yaklaşık 1.5 milyon olan kırsal nüfus, köy sayısına bölünerek, ortalama köy nüfusu 550 olarak tespit edilmiştir. Bu dağınık yerleşim yapısı, sosyal hizmetlerin ulaştırılmasının pahalı olmasına ve yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Trabzon İli'nde, bölgenin tipik yerleşim ve ulaşım yapısını yansıtmaktadır.

İlde tek ulaşım hattı doğu-batı doğrultusunda uzanan devlet karayoludur. Kuzey-güney istikametinde geçiş kapasitesi ise sınırlıdır. Birçok dar dağ yolu ana sahil yolundan güneye doğru uzanmaktadır. Bu yollar köyleri sahildeki şehir ve ilçelere bağlamaktadır. Bu durum, doğu-batı yönündeki yüksek dağ sıralarının şekillendirdiği sert topografyanın bir sonucudur.

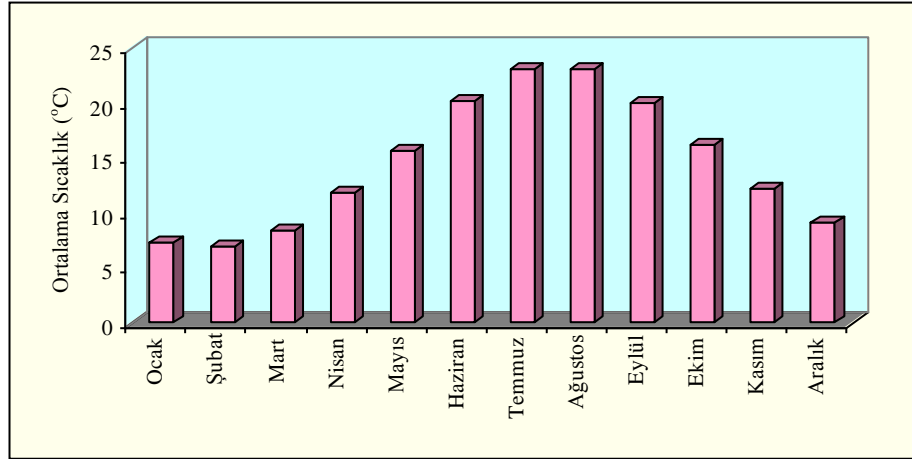
1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık ve her mevsim yağışlı bir iklim hakimdir. Aylık ortalama sıcaklık kıyı bölgesindeki illerde hemen hemen aynıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.7 °C ile 14.5 °C arasında değişmektedir. Yıllık yağış miktarı ise bölge içinde farklılıklar göstermektedir. Batıda yıllık yağış yaklaşık 1000 mm iken, doğuda bu değer 2000 mm'nin üzerindedir.

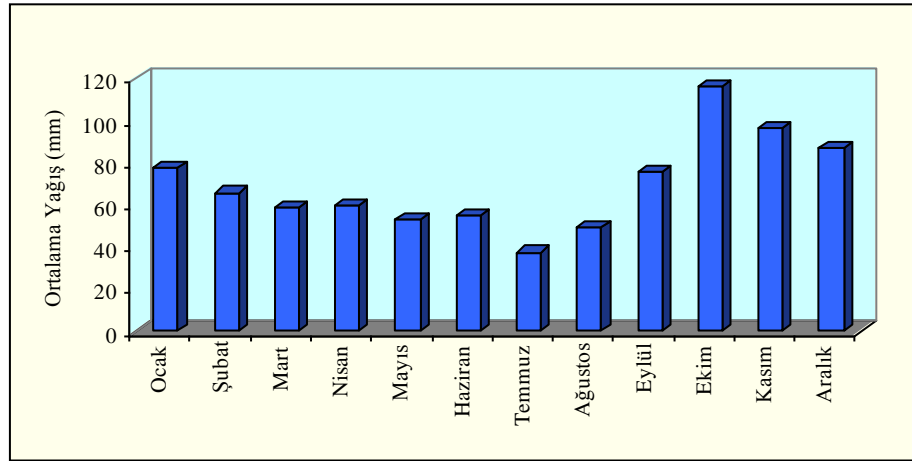
Bölgede, kıyı kesimlerdeki nem oranı iç kesimlere göre fazladır ve iç kesimlerin aksine yazın yüksek kışın düşüktür. Trabzon İli ise 14.5 °C derecelik ortalama sıcaklığı ve 803.1 mm'lik yıllık ortalama yağış ve % 71 oranındaki nem değeriyle Doğu Karadeniz kıyı illerinin en sıcak, en az yağış alan ve en düşük nem yüzdesine sahip ilidir (Tablo 1.1, Şekil 1.2 ve 1.3).

Tablo 1.1. Trabzon İli'ne ait meteorolojik veriler (DMİGM, 2005; 1975-2004 yılları arası).

| AYLAR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Yıllık |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------------|
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 7.3 | 6.9 | 8.4 | 11.9 | 15.7 | 20.2 | 23.1 | 23.1 | 20.0 | 16.2 | 12.3 | 9.2 | 14.5 (ort.) |
| Ortalama Yağış (mm) | 77.5 | 65.7 | 58.6 | 59.5 | 52.9 | 55.1 | 37.3 | 49.0 | 75.3 | 116.5 | 96.2 | 86.5 | 830.1 |
| Buharlaşma (mm) | 35.9 | 37.7 | 51.2 | 63.3 | 80.6 | 105.5 | 116.5 | 107.8 | 82.5 | 60.3 | 46.2 | 41.1 | 828.6 |



Şekil.1.2. Ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı



Şekil 1.3. Ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı

1.4. Bölgesel Jeoloji

Pontid volkanik yayı olarak da bilinen Pontidlerin doğu kesimi gerek jeotektonik konumu ve gerekse içerdiği ekonomik değerler (polijenetik maden yatakları) nedeniyle pekçok araştırmaya konu olmuştur. Bunlardan bazıları şunlardır: Tokel, 1972; Gedikoğlu ve diğ., 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Pelin ve diğ., 1981; Bektaş 1984, 1986; Taslı, 1984; Bergougnan, 1987; Güven, 1993; Korkmaz ve Baki,1984; Bektaş ve diğ., 1995, 1999 ; Robinson ve diğ., 1995; Gedik ve diğ., 1995; Yılmaz ve diğ., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve Korkmaz, 1999; Yılmaz ve diğ., 2003; Kandemir, 2004).

Türkiye'nin tektonik ve jeolojik birlikteliklerinden biri olan Doğu Pontidler, yapısal ve litolojik özellikler göz önünde bulundurularak Kuzey ve Güney Zon olarak tanımlanan

iki ayrı bölgeye ayrılmıştır (Ketin 1966; Gedikoğlu vd., 1979; Bektaş vd., 1999). Kuzey Zon Üst Kretase ve Orta Miyosen volkanik ve piroklastik kayalarla karakteristik iken, Güney Zon ise Üst Kretase öncesi tortul birimler ile karakteristiktir (Şekil 1.4).

Bölgesel olarak, Paleozoyik, metamorfik kayalarla temsil edilmektedir ve bunlar temel kayaları oluşturmaktadır. Birim genellikle, gnays, mikaşist, kuvars-klorit şist ve metabazaltlardan oluşmaktadır (Ketin, 1951). Lias yaşlı volkano-tortul seri tarafından açısal uyumsuzlukla üstlenen temel kayaların yaşı, bölgesel metamorfizmanın yaşı ve stratigrafik konumu göz önünde bulundurularak Paleozoyik olarak kabul edilmiştir. Birim, Paleozoyik yaşlı granitler tarafından kesilmiştir (Yılmaz, 1972).

Çalışma alanı ve çevresinde Mesozoyik, Lias, Geç Jura-Erken Kretase ve Geç Kretase yaşlı birimler yüzeylenmektedir. Lias'ın volkanik, Üst Jura-Alt Kretase'nin platform karbonatlarıyla temsil edildiği bölgede Üst Kretase dönemi farklı ortam koşullarında gelişmiş birimler ile karakteristiktir. Magmatik aktivitelerin yoğun olduğu Kuzey Zon'da kalın volkanik ve volkano-tortul istifler gelişirken, Güney Zon'da karbonatlı kayalar ve fliş karakterli tortul seriler çökelmiştir. Mesozoyik'in en alt seviyesinde her iki zonda da yüzeylenen volkano-tortul seri (Ağar, 1977) genellikle, bazalt, andezit, dasit ve bunların piroklastitlerinden oluşmuştur ve birimin kalınlığı 500 metrenin üzerindedir. Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları tarafından uyumlu olarak üstlenen birimin yaşı, stratigrafik konuma, bölgesel deneştirme sonuçlarına ve fosil bulgulara dayandırılarak Lias olarak kabul edilmiştir (Ketin, 1951; Baykal, 1952; Ağar, 1977).

Bölgede, volkanik birimler arasında yer alan platform karbonatlarının kalınlığı 100-200 metre arasında değişmektedir ve bu seri her iki zonda da yüzeylenmektedir. Birim Kuzey Zon'da daha masif yapıları killi, çörtlü ve kumlu kireçtaşları ile temsil edilirken, Güney Zon'da ise orta-kalın tabakalı çökellerle karakteristiktir. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda Geç Kretase yaşlı flişlere geçiş yapan kireçtaşları, Kuzey Zon'da yine Geç Kretase yaşlı volkano-tortul bir istif tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Birimin yaşı, bölgesel korelasyona ve paleontolojik bulgulara dayandırılarak Üst Jura-Senomaniyen olarak kabul edilmiştir (Güven, 1993, 1998).

Doğu Pontidler'in Güney Zonu içinde yüzeylenen flişler kuzey Zon'daki 5 formasyonun yanal karşılığı olarak kabul edilmektedir ve bu birimin kalınlığı 600-800 metre arasında değişmektedir. Üst Kretase boyunca Doğu Pontidler'de gelişen volkanik aktivitenin etkisi dışında kalan ve derin deniz ortamında çökelmiş olan birim, Eosen yaşlı volkano-tortul seri tarafından açısal uyumsuzlukla örtülmektedir.

Üst Kretase dönemi boyunca Doğu Pontid'lerin Kuzey zonu'nda gelişen volkanizma sonucu kalın bir volkanik istif gelişmiştir. Bu istifin ilk evreleri bazik ve asidik bileşimli volkanik kayalardan oluşmaktadır. Bazik karakterli genellikle kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kireçtaşı arakatkılı, bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan yaklaşık 900 metre kalınlığındaki serinin yaşı fosil tanımlamalarına göre Türoniyen-Kampaniyen-Santoniyen olarak kabul edilmiştir. Asidik karakterli riyodasit, dasit ve proklastitlerden oluşan birim ise yer yer tuf, aglomera ve breş arakatkıları içermektedir. Yaklaşık 150-200 metre kalınlığında olan birim, Türoniyen-Kampaniyen-Santoniyen yaşlı birincil evre bazik nitelikli seri üzerine uyumlu olarak geldiği için, Santoniyen yaşlı kabul edilmiştir. İkinci evreli bazik ve asidik volkanik kayalar bu birimlerden sonra oluşmuştur. Kumtaşı, marn ve kırmızı renkli kireçtaşı ara katkılı, bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan ikincil evreli bazik kayalar yaklaşık 800 metre kalınlığındadır. Kırmızı renkli kireçtaşları içinde bulunan fosillerden yararlanarak birimin yaşı, Kampaniyen-Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir (Güven, 1993; Güven, 1998). Bazik karakterli volkano-tortul seri üzerine uyumlu olarak gelen ikincil evreli asidik kayalar, riyodasit, dasit, trakiandezit ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. 100-200 metre kalınlığında olan birimin yaşı, stratigrafik konumuna göre Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir.

Bunları uyumlu olarak üzerleyen seri ise tortul kayalardan oluşmaktadır (Güven, 1993). Bu birim genel olarak killi, kumlu kireçtaşı, marn, şeyl ve kumtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Kalınlığı 200-250 metre arasında olan birimin yaşı, fosil bulgularından yararlanılarak, Maastrichtiyen-Erken Paleosen olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanında sadece Kuzey Zon'da yüzeylenen resifal kireçtaşları (Güven, 1993) 150-200 metre kalınlığındadır ve Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı birimler ile yanal geçişlidir ve Eosen yaşlı volkano-tortul seri tarafından aşılma uyumsuzlukla örtülmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'nün doğu kesimlerinde yer alan Kaçkar Dağları, Doğu Pontid Kuzey Zonu içerisindeki granitoidlerin en fazla yüzeylendiği bölgedir. Bu bölgede, genellikle Eosen yaşlı birimlerin içine sokulan intrüzif kayalar, Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoidleri olarak tanımlanmıştır. Üst Kretase boyunca gelişimini sürdüren ve büyük ölçüde Paleosen sonunda yerleşimini tamamlayan granitoidler ile Eosen yaşlı birimler arasında bir aşınma düzlemi bulunmaktadır. Eosen döneminde yenilenen granitoid intrüzyonları ise Eosen yaşlı kayalarda kontakt etkiler yapmıştır.

Çalışma alanı ve çevresinde Senozoyik, genellikle kırıntılı çökellerle başlar ve üst bölümlere doğru volkano-tortul seviyeye geçiş gösterir (Güven, 1993). Geç Kretase yaşlı

birimler üzerine taban konglomerası ve açısız uyumsuzlukla gelen birimler, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara katkılı andezit, bazalt ve bunların proklastitlerinin oluşturduğu volkano-tortul bir seridir. Yaklaşık 700 metre kalınlığındaki birim, kumlu ve killi seviyelerde taşınmış Miyosen yaşlı fosil parçaları içeren ve Pliyosen yaşlı olarak kabul edilen bir birim tarafından açısız uyumsuzlukla üstlenmektedir (Güven, 1993).

1.5. Literatür Özeti

1.5.1. Bölgesel Çalışmalar

Ketin (1948, 1950 ve 1951), Aşkale, Bayburt ve Gümüşhane bölgelerinin jeolojisini çalışarak, bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaçların volkano-tortul karakterde olduğunu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu belirlemiştir.

Baykal (1952), Kelkit-Şiran yörelerindeki incelemelerde, Paleozoyik yaşlı metamorfik ve granitik temel kayaçlarıyla, Jura-Kretase, Eosen ve Neojen yaşlı tortul kayaçların ayılım ve litolojik özelliklerini ortaya koymuştur.

Erguvanlı (1952), Trabzon- Gümüşhane arasının 1/10000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Pontitler'de Senoniyen ve Lütésiyen yaşında iki kompleksin varlığından söz etmiştir.

Tokel (1974), Gümüşhane yöresinde stratigrafik çalışmalarda bulunmuştur. Ayrıca bölgede bulunan volkanik kayaçları petrokimyasal yönden incelemiş, Gümüşhane Granitoid'ini üç farklı fasiyese ayırmıştır.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Granitoidi'nin yerleşimini ve birleşimini araştırmış, yaptığı petrografik incelemeler sonucunda, granitin dört farklı fasiyesten oluştuğunu ortaya koymuştur.

Adamia vd. (1977) ile Tokel (1981), Orta Anadolu sutur zonunu Paleotetis'in kalıntısı olarak benimsemisler ve Doğu Pontidler'de yitim etkinliğinin Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar güneyden kuzeye doğru olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk ada yayının Karbonifer'de su yüzüne çıktığını ve Gec Kretase' de ada yayının olgunlaştığını belirtmişler ve Eosen sonlarından itibaren de Kuzey Anadolu Tetisi'nin kapandığını söylemişlerdir. Bu görüşe göre Karadeniz, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Gec Kretase süresince açılan yay gerisi bir havzanın kalıntısıdır.

Özsayar ve diğerleri (1981), Doğu Pontitlerde yapmış oldukları çalışmada Üst Kretase'yi kuzey ve güney zon olarak ikiye ayırmış, güney sınırı Çorum-Amasya-Sivas-Erzurum, iki zon arasındaki sınırı Niksar-İspir-Ardanuç olarak belirlemişlerdir.

Gülibrahimoğlu ve diğerleri (1985), Trabzon- Maçka güneyini içine alan bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlayarak, stratigrafi ve cevherleşmeler ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Bektas (1987), Doğu Pontid yay ve yay gerisi bolgelerinde paleostres dağılımlarını irdeleyerek Liyas, Ust Kretase ve Eosen donemlerinde hakim olan gerilmeli yay sisteminde en büyük basınc gerilmelerinin güneye doğru gerceli olarak azaldığını buna bağlı olarak da yay bolgelerinde doğrultu-atım, yay gerisi bolgelerinde ise doğrultu-normal atımlı fay tektoniğinin hukum surduğunu belirtmiş, Alt-Ust Kretase gecisi, Ust Kretase ve Eosen sonlarında ise sıkısmalı yay sistemine bağlı olarak tum Pontidler'de doğrultu-atımlı ve ters fayların geliştğini savunmuştur.

Güven (1993), 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi adlı çalışmasında, Doğu Pontidler'e ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve Doğu jeotektonik ünitesini litostratigrafik özellikler bakımından kuzey ve güney zon olmak üzere iki farklı zonda incelemiştir.

Gedik ve diğerleri (1996), Doğu Pontitler' in en yaşlı biriminin Permo-Karbonifer öncesi kabul edilen metamorfiklerin olduğunu, bu birimin Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoyidi tarafından kesildiğini ve Doğu Pontitler'deki Liyas havzalarının uzaklaşan bir transform fay sisteminin ürünü olduğunu belirlemişlerdir.

Bektas ve Capkinoğlu (1997), Doğu Pontidler'de uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına dayandırılarak yaptıkları çalışmada, fotolineasyonların bu bolgedeki KD-GB, KB-GD ve D-B doğrultulu olan faylarla uyumlu, Neotektonik rejimle (Miyosen sonrası) ilişkili olduklarını ve Miyosen oncesinde gelişmiş olanların bir kısmının yeniden aktif hale geçerek diri fay özelliği kazandıklarını vurgulamışlardır.

Yılmaz (1997), Gümüşhane bölgesinde yaptığı çalışmada, Kretase yaşlı havza gelişiminde sedimantolojik kayıtlar adlı çalışmasında Kermutdere Formasyonunun riftleşme sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Aydın (2003), Değirmendere Vadisi'nde (Trabzon-Esiroğlu) yuzeyleyen özellikle (?) Neojen yaşlı volkanik kayaların bolgesel dağılımlarını, petrografik, mineralojik ve jeokronolojik olarak irdelemiş, bu kayaların inceleme alanı ve güneyindeki Ust Kretase

yaslı volkano-tortul istifli olan zamansal, kokensel ve ortamsal ilişkilerini ortaya koymuştur.

Arslan ve diğerleri (2005), Gümüşhane ve Bayburt'ta bulunan traverten ve oniks mermerlerinin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koyarak, bu mermerlerin oluşum koşulları ve kökenleri hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır.

1.5.2. Zemin Mekaniği Çalışmaları

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin, özellikle dayanım parametrelerinin, tespiti jeoteknik çalışmaların vazgeçilmez bir unsurudur. Zeminlerin en temel jeoteknik özelliklerinden olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı direk kesme ve üç eksenli basınç deneyi gibi ancak pahalı ve zaman alıcı deneyler sonucunda belirlenebilir. Bununla birlikte zeminlerin plastik özellikleri ile dayanım parametreleri arasında bir çok araştırmacı tarafından istatistiksel ilişkiler aranmıştır (Gibson, 1953; Kenney, 1959; Kenney, 1967; Deere and Patton, 1971; Voight, 1973; De and Furdas, 1973; Mitchell, 1976, Holtz and Kovacs, 1985; Skempton, 1985; Escario and Juca, 1989; Gan et al. 1988; Oberg and Sallfors 1997; Khalili and Khabbaz 1998; Wilbourn et al., 2007; Miao et al. 2002; Lee et al. 2003).

Ayrıca zeminlerin ultrasonic hız değerleri ile zemin plastisitesi arasında istatistiksel ilişkiler belirlemek için bir çok araştırmacı çalışmalarda bulunmuştur (Luna and Jadi, 2000; Wesley, 2004; Fener et. al. 2005, Savangsuriya and Fratta, 2006; Kurtuluş et. al. 2009).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Genel Jeolojik, Stratigrafik Çalışmalar

Çalışma Doğu Karadeniz Bölümü'nün en büyük ili olan Trabzon'un merkez ilçe sınırlarını kapsamaktadır. Çalışma alanı ve 1/25000 ölçekli Akçaabat F43-d3, Trabzon G43-a2 ve G43b1 paftaları içerisinde yer almaktadır.

Trabzon ili merkez ilçe sınırları ve çevresini kapsayan yaklaşık 100 km²'lik alanın jeoloji haritası hazırlanırken, farklı stratigrafik özelliğe sahip litolojik birimler ve bu birimlerin birbirleriyle yaptığı dokanaklar belirlenmiştir. Sonuç olarak, çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Genel jeoloji çalışmalarında, Taslı (1984), Gülibrahimoğlu (1985), Dokuz (1990), Yalçınalp (1992), Güven (1993), Aydın (2003), Arslan ve Aslan (2006) ve Kırmacı ve Akdağ (2005) ve Ersoy (2007) tarafından yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmıştır.

2.2. Mikroskobik Tayinler

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında yaptırılan ince kesitler, James Swift (Model MP3500MBL) marka polarize mikroskopta incelenerek kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri incelenmiş ve kayaç adlamaları yapılmıştır.

Bunun yanı sıra kayaçlardaki önemli mineralojik özelliklerin gösterilmesi amacıyla mikroskobik ölçekte fotoğraflar çekilmiştir.

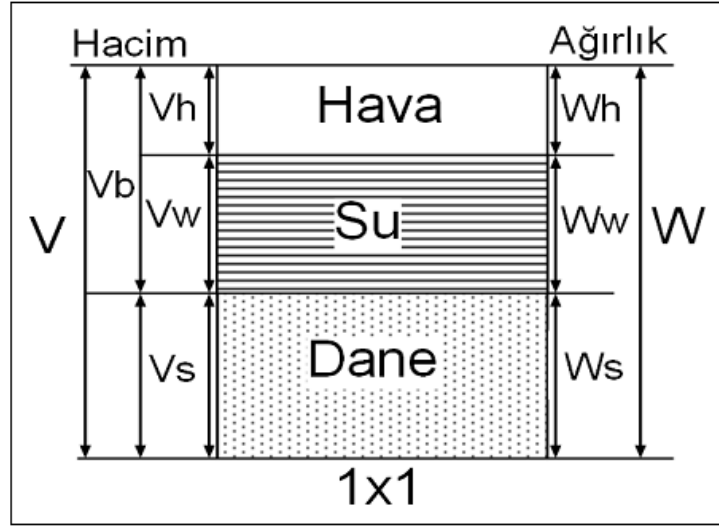
2.3. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Mühendislik jeolojisi çalışmaları iki kademedeyi gerçekleştirilmiştir. Arazi gözlemleri ve saprolitik zeminlerin yayılımlarının belirlenmesi çalışmanın ilk aşamasını oluştururken, laboratuvar deneyleri (zeminlerin indeks ve dayanım özelliklerinin ölçümü) ikinci aşamayı oluşturmaktadır. Çalışma alanından alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler

üzerinde zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek için, kesme kutusu, özgül ağırlık, kıvam limitleri, yıkamalı elek ve hidrometre analizi yapılmıştır.

2.3.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Zeminden çıkarılmış bir prizma içindeki su, hava ve danenin ağırlık ve hacimleri aynı kalmak üzere yukarıdan aşağıya doğru sıralandıklarını düşünelim (Şekil 2.1). Bu zemin prizmasına göre zeminin fiziksel özelliklerini açıklarsa;



Şekil 2.1. Zemin prizması

$$V_b = V_h + V_w \quad (1)$$

Su içeriği (w), su ağırlığının dane ağırlığına oranının yüzde cinsinden ifadesidir. Doğal zeminden bir parça alınır, ağırlıkları bilenen cam kaplara konulup, tartılır sonra etüvde 105°C 'de 24 saat süreyle tutulur, tekrar tartılır ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$M_w = M_{tws} - M_{tds} \quad (2)$$

$$M_s = M_{tds} - M_t \quad (3)$$

$$\% w = 100 \times (M_w/M_s) \quad (4)$$

Burada, Mw: su kütlesi, Mtws: dara + ıslak zemin, Mtds: dara + kuru zemin, Ms: katı parçacıkların kütlesi ve Mt: dara ağırlığıdır

Özgül ağırlık (Gs), zemin danelerinin yoğunluklarının suyun yoğunluğu ile karşılaştırılması, zemin danelerinin yoğunluğunun suyun yoğunluğuna oranı biçimindedir. Bu oran zemin danelerinin özgül ağırlığı denir.

Zemin örnekleri 105 °C'de 24 saat kurutulur, yarılama metoduyla 8-10 gr alınarak piknometreye konulur ve örneğin üzerini örtecek kadar saf su ilave edilir. Vakum desikatörüne konulan örnek ve su karışımı malzemenin havası alınmış ardından piknometre içine hava kabarcığı oluşmayacak ve piknometreyi tam dolduracak şekilde saf su ilave edilmelidir. Tekrar vakumlama işlemi yapıldıktan sonra piknometre üzerindeki su partikülleri kurulanmalıdır. Deney sırasında piknometre, piknometre+örnek, piknometre+su ve piknometre+örnek+su ayrı ayrı tartılır ve özgül ağırlık değerleri aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$\text{Özgül ağırlık} = \frac{wn}{wn + (wa - wb)} \quad (5)$$

Burada, wn: fırında kurutulmuş numune ağırlığı, wa: suyla dolu piknometre ağırlığı ve wb: zemin ve su dolu piknometre ağırlığıdır. Şekil 2.2'de özgül ağırlık deney düzeneği verilmiştir.



Şekil 2.2. Piknometre deney düzeneği

Burada tanıtılan yöntemle belirtilen özgül yoğunluk, GS değeri zemin içerisinde doğal olarak oluşmuş, organik maddeler gibi su içinde çözünmeyen malzeme içermeyen katı parçacıkların ortalama değeridir (ASTM D854).

Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n), zeminin doğal kütesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_n = W/V \quad (6)$$

Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k), kuru zemin kütesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_k = W_k/V \quad (7)$$

Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_{doy}), zemin boşluklarının tamamının su ile dolu olduğu durumdaki kütesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_d = W_k/V \quad (8)$$

2.3.2. Dane Dağılımı

Zemin numunelerinin dane dağılımını ASTM D 422 standartlarına göre belirlenmiştir. Bunun için yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi yapılmıştır. Yıkamalı elek analizinde, 500gr örnek, 1lt saf su ve 2 gr sodyum hegzametaphosfat ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$) ile hazırlanan çözeltide 24 saat bekletilir ve sırasıyla 3, 4, 10, 25, 40, 60, 100 ve 200 nolu eleklerden yıkanarak elenir (Şekil 2.3). Eleme işleminden sonra her elek üzerinde kalan malzeme ağırlıkları belirlenir, cam kaplara konulup tartılır ve etüvde 24 saat ve 105 °C sıcaklıkta kurulusu tekrar tartılır ve böylece her elek üzerinde kalan miktar belirlenir.

Her elekten geçen yüzde (%P), aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\% P = 100 \times (\text{elekten geçen malzeme miktarı} / \text{toplam malzeme miktarı}) \quad (9)$$



Şekil 2.3. Elek takımı ve elek sarsıcı

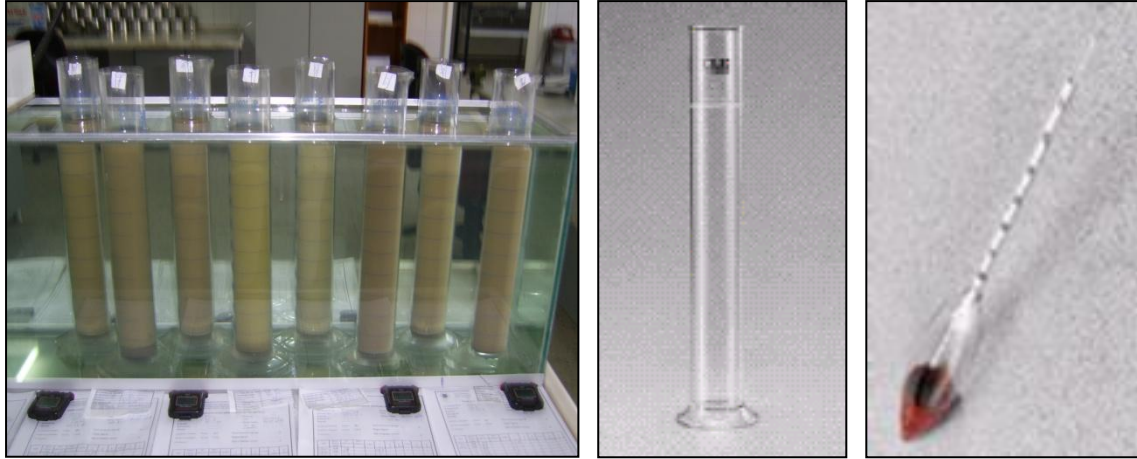
200 nolu elekten geçen ince daneli malzemenin dane dağılımı hidrometre analizi ile bulunur. Bunun için 50 gr'lık kuru numune, 250 ml'lik cam kap içerisine yerleştirilir üzerine 40 gr sodyum hegzametapofosfat ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$) ve 1lt saf su ile hazırlanan çözeltiden 125 ml eklenerek karışım oluşturulur ve 24 saat bekletilerek karıştırıcı ile (mikser) karıştırılır. Daha sonra bu karışım mezüra aktarılarak üzerine 1000 ml' ye kadar saf su ilave edilir. Mezürün ağzı avuç içi ile kapatılarak birkaç kez baş aşağı getirilir böylece karışımın homojen duruma gelmesi sağlanır (Şekil 2.4). Hidrometre karışım içine bırakılarak belirli zaman aralıklarında okumalar alınır. 152 H tipi hidrometre için dane çapları ve yüzde geçenler aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır;

$$D = \sqrt{\frac{30 \times \mu}{980 \times (G_s - G_w)}} \times \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (10)$$

$$\% P' = \frac{aR}{M_s} \times 100 \quad (11)$$

$$a = \frac{G_s}{2,65} \quad (12)$$

Burada, L: efektif derinlik, t: bekleme süresi, a: zeminin özgül yoğunluğunun G_s sabitine oranı, R: hidrometre okuması ve μ = deney sıcaklığındaki suyun viskozitesidir.



Şekil 2.4. Hidrometre deneyinin yapılması, cam silindir, hidrometre.

Yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi ile elde edilen granülometri eğrilerinde süreklilik sağlamak için hidrometre analizinden bulunan geçen yüzdesi %P' aşağıdaki eşitlikte yerine konularak % P yıkamalı elek analizindeki geçen yüzdesi olarak hesaplanır.

$$\% P = \% P' \times \frac{200 \text{ nolu Elekten Geçen Malzeme Miktarı}}{\text{Elemeye Tabi Tutulan Malzeme Miktarı}} \times 100 \quad (13)$$

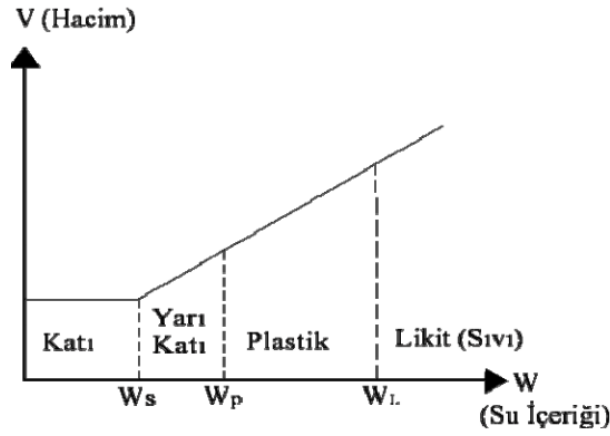
Bu iki analiz sonuçlarının birleştirilmesiyle elde edilen granülometri (dane dağılım) eğrisi kullanılarak, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından oluşturulan sınıflama (Tablo 2.1) sınıf değerlerine göre zemin grupları belirlenir.

Tablo 2.1. Dane çapına göre zeminlerin sınıflandırılması

| Zemin Sınıfı | | Dane Çapı, D, (mm) |
|--------------|------------|--------------------|
| BLOK | | 200-60 |
| ÇAKIL | İri Çakıl | 60-20 |
| | Orta Çakıl | 20-6 |
| | İnce Çakıl | 6-2 |
| KUM | İri Kum | 2-0,60 |
| | Orta Kum | 0,60-0,20 |
| | İnce Kum | 0,20-0,06 |
| SİLT | İri Silt | 0,06-0,02 |
| | Orta Silt | 0,02-0,006 |
| | İnce Silt | 0,006-0,002 |
| KİL | Kil | 0,002'den küçük |

2.3.3. Atterberg (Kıvam) Limitleri

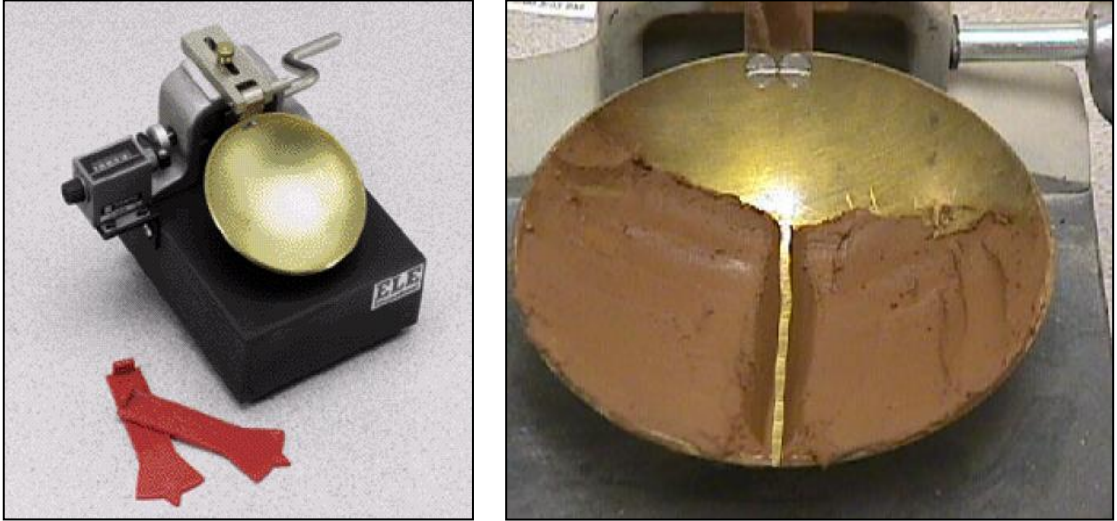
Atterberg (kıvam) limitleri; zemin tanecikleri ile su arasındaki ilişkileri ve değişen su içeriklerine göre zemindeki değişimin tanımlanmasını sağlar. Bir zemin hacmi dane (katı) hacmi ve boşluk (sıvı ve gaz hacmi toplamı) hacminden oluşur. Kurak mevsimlerde özellikle killi zeminler düşük su içeriğinden dolayı yüksek dayanıma sahip olurken yağışlı mevsimlerde su içeriği artacağından likit hale gelerek dayanımı azalır. Bu durum zeminin boşluklarında bulunan suyun ortamın şartlarına göre buharlaşması veya boşlukları doldurmasıyla değişmektedir. Su içeriğine bağlı olarak zeminin hacminde meydana gelen değişimlerin kıvam limitleriyle ilişkisi Şekil 2.5’de gösterilmiştir



Şekil 2.5. Zeminlerde su içeriği-hacim değişimi ve kıvam limitlerinin tanımlanması

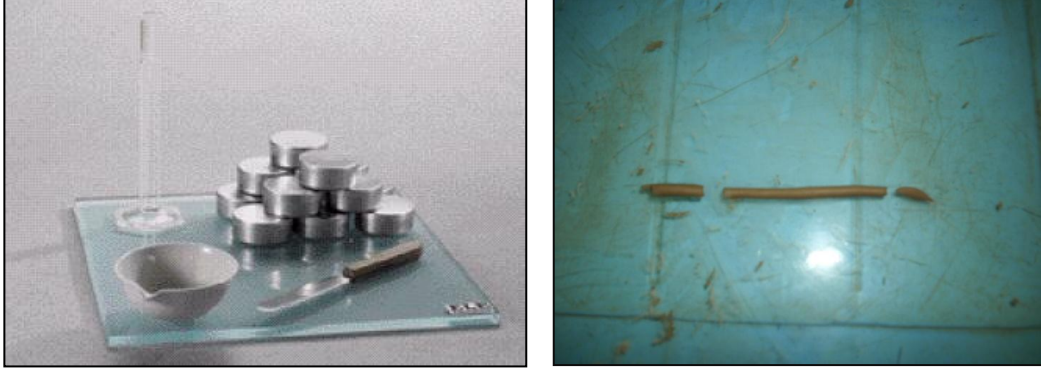
Viskozitesi yüksek bir sıvı gibi akıcı durumdaki zeminin plastik duruma dönüştüğü andaki su muhtevasına likit limit denir. Likit limiti belirlemek için ASTM D 4318 standartlarına göre likit limit deneyi yapılmıştır (Şekil 2.6). Örselenmiş örneklerden alınan numune açık havada kurutulur daha sonra 40 nolu elekten elenir ve yaklaşık 250-300 gr. numune alınır. Porselen bir kab içersine konur üzerine damıtık su ilavesiyle homojen bir hamur durumuna gelene kadar palet bıçağıyla iyice karıştırılır ve desikatör içerisinde 24 saat süreyle bekletilir. Numune desikatörden çıkarılır en az 10 dakika süreyle yeniden karıştırılır. Hazırlanan bu numuneden bir miktar alınarak Casagrande (likit limit aleti) aletindeki pirinç kap içine yüzeyi tabana paralel olacak şekilde konur. Oluk açma bıçağı kullanılarak zemin belirgin bir şekilde iki eşit kısma bölünür (Şekil 2.6). Bu işlem yapılırken oluk açma bıçağı pirinç kap yüzeyine dik olarak tutulmalıdır. Alet çalıştırılır, zeminin iki parçasının oluk tabanında 1 cm boyunca birleşmesini sağlayacak darbe sayısı

saptanır. Su içeriğinin belirlenmesi için, birleşen kısımdan kuru ve temiz spatula ile bir miktar (yaklaşık 10 gr) yaş numune alınıp ağırlığı bilinen bir numune kabına konulur. 0,01 gr duyarlılık bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir. 24 saat sonunda etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su içeriği hesaplanır. Bu işlem aynı zemin üzerinde değişen su içeriğine göre en az 4 darbe sayısı elde edene kadar tekrarlanır. Elde edilen su içeriğine karşı darbe sayısı yarı logaritmik kâğıda su içeriği değerleri düşey eksen boyunca, darbe sayısı yatay eksen boyunca işaretlenir ve bir akma eğrisi elde edilir. 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri likit limit olarak belirlenir.



Şekil 2.6. Casagrande aleti ve deneyde kullanılan malzemeler

Plastik limit ıslak zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği su içeriği olarak tanımlanır. Plastik limiti belirlemek için ASTM D 4318 standartlarına göre plastik limit deneyi yapılmıştır (Şekil 2.7). Likit limit deneyi için hazırlanmış numuneden bir miktar alınır, cam levha üzerine konulup, avuç içi ile yuvarlamak suretiyle zemin 3 mm. Çapında iplikçikler haline getirilir. Bu yuvarlama işlemine 3 mm. çapındaki zemin yüzeyinde çatlama ve kopmalar meydana gelinceye kadar devam edilir. Zemin istenilen özelliklere ulaştığında en az 5 gr'lık numune bir kaba konur. 0,01 gr duyarlılık bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir. 24 saat sonunda etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su içeriği saptanır. Aynı zemin için deney en az 3 defa tekrarlanır ve elde edilen değerlerin ortalaması alınır.



Şekil 2.7. Plastik limit deney düzeneği ve deneyin yapılışı

Likit limit ve plastik limit arasındaki fark ile plastisite indisi belirlenir.

$$I_p = W_L - W_p \quad (14)$$

Burada, I_p = zeminin plastisite indisi, W_L = zeminin likit limiti ve W_p = zeminin plastik limitidir.

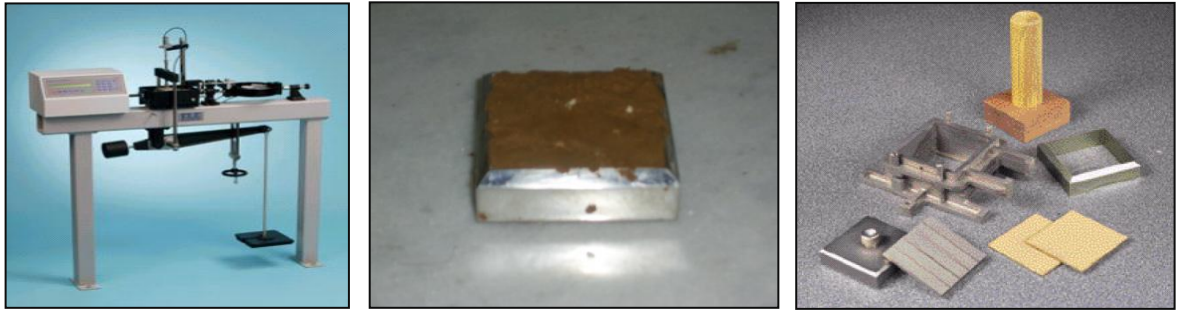
2.3.4. Zeminlerin Kayma Direnci

Zeminlerin üzerine yapılan yükleme sonucunda dengenin (stabilite) korunması ve kırılmanın (göçme) olmaması istenir. Bunun sonucunda zemin üzerine yapılacak yüklemelerde iki şartın aynı anda sağlanması istenir, bunlar denge ve yer değiştirme (deformasyon) şartlarıdır. Her iki şartın incelenmesinde zemine ait kayma direnci ve parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreleri kesme kutusu ve serbest basınç deneyi yapılarak bulunur.

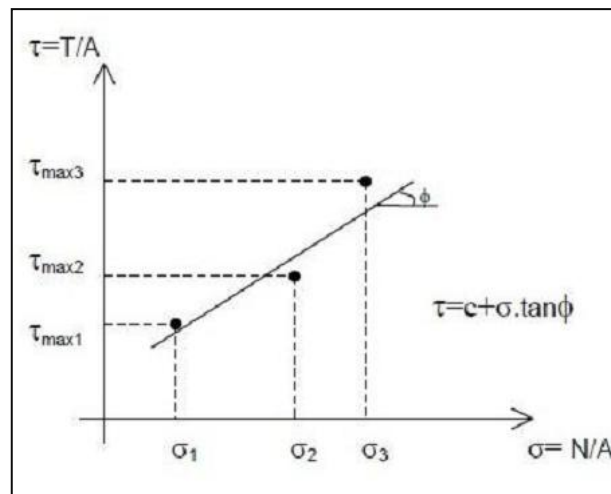
Zeminlerin kayma direnci, zemine uygulanan sürekli yükler altında zemin danelerinin birbirine göre rölatif hareketlerine karşı gösterdikleri dirençtir ve şevlerin denge analizinde, taşıma gücü hesaplarında önemli bir parametredir. Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin kesilme süreleri birbirinden farklıdır. Bunun nedeni boşluk suyudur. Kohezyonlu zeminlerin kapiller sisteminin daha gelişmiş olması kohezyon miktarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca kohezyonlu zeminlerin sürtünme dirençleri kohezyonsuz zeminlerden daha azdır, bunu nedeni kolay deforme olmalarıdır.

Çalışmada, ASTM D 3080 standartlarına uygun olarak kesme kutusu deneyi yapılmıştır (Şekil 2.8). Zemin numunesi kare kesitli iki parçadan oluşan kutu içersine yerleştirilir, sabit normal gerilme ve artan kesme kuvveti uygulanır. Kutunun üst parçası sabit dururken alt parça yatay düzlem üzerinde hareket ettirilir. Böylece numunenin ortasından geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanır. Kesme kuvveti kuvvet halkası (ring) ile ölçülür. Numunenin kesildiği, T kuvvetinin sabit kalırken deformasyonların hızla artması ile anlaşılır. Zemine ait kayma mukavemeti parametrelerini bulmak için aynı zeminden alınmış üç ayrı numune üzerinde farklı düşey gerilmeler altında deney tekrarlanmalıdır.

Aynı zemin üzerinde üç adet deney yapılarak; $(\sigma_1 - \tau_{\max 1})$, $(\sigma_2 - \tau_{\max 2})$ ve $(\sigma_3 - \tau_{\max 3})$ değerleri bulunur ve Coulomb kırılma zarfı çizilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.8. Direkt kesme kutusu, numune doldurulmuş direkt kesme ringi ve direkt kesme deneyinde kullanılan bazı aletler.



Şekil 2.9. Coulomb kırılma zarfı

3. BULGULAR

3.1. Genel Jeolojisi

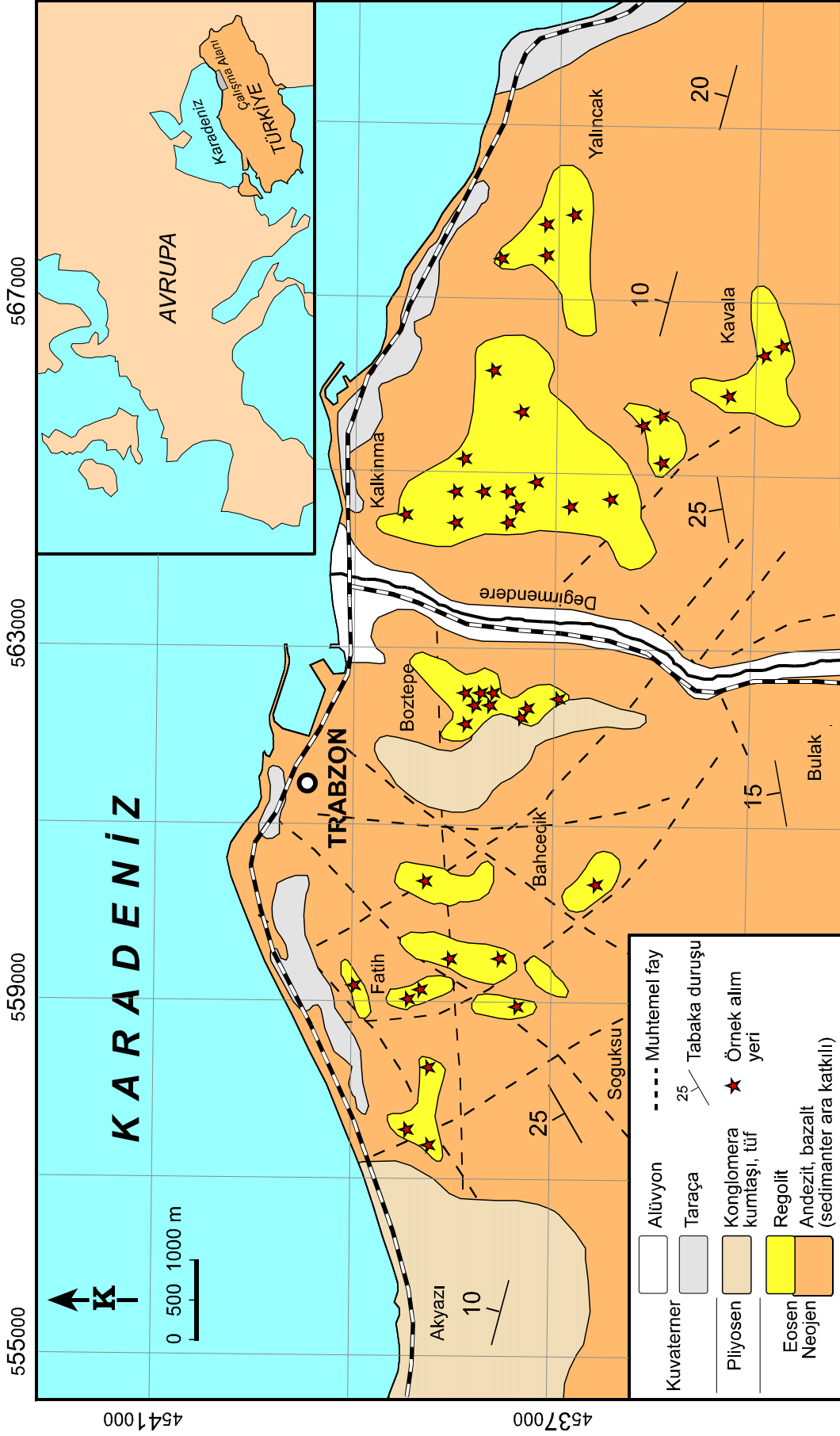
Türkiye'nin tektonik ve jeolojik birlikteliklerinden biri olan Doğu Pontidler, yapısal ve litolojik özellikler göz önünde bulundurularak Kuzey ve Güney Zon olarak tanımlanan iki ayrı bölgeye ayrılmıştır (Ketin 1966; Gedikoğlu vd., 1979; Bektaş vd., 1999).



Şekil 3.1. Doğu Pontidlerin kuzey ve güney zon ayrımı (Özsayar ve diğ., 1981)

Kuzey Zon Üst Kretase ve Orta Miyosen volkanik ve piroklastik kayalarla karakteristik iken, Güney Zon ise Üst Kretase öncesi tortul birimler ile karakteristiktir. Trabzon ilini kapsayan çalışma alanı ise Doğu Pontid'lerin Kuzey Zonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1).

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayalar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Eosen-Neojen yaşlı Kabaköy Formasyonu, Pliyosen yaşlı Beşirli Formasyonu, Kuvaterner yaşlı taraçalar ve alüvyonların yüzeylenme verdiği belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi haritası (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

3.1.1. Kabaköy Formasyonu

Tipik olarak Kabaköy (Gümüşhane) yöresinde yüzeyleme veren ve genellikle kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru volkanik karakterde olan volkanotortul istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanının tamamına yakın kesimlerinde geniş yayılımlar gösteren ve sedimanter arakatlı andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşan birim Kabaköy Formasyonu ile benzer litolojik ve stratigrafik özellikler gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır.

Geç Kretase yaşlı birimler üzerine bir taban konglomerası ile açısal uyumsuz olarak gelen formasyon, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn aratabakaları içeren andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşmaktadır.

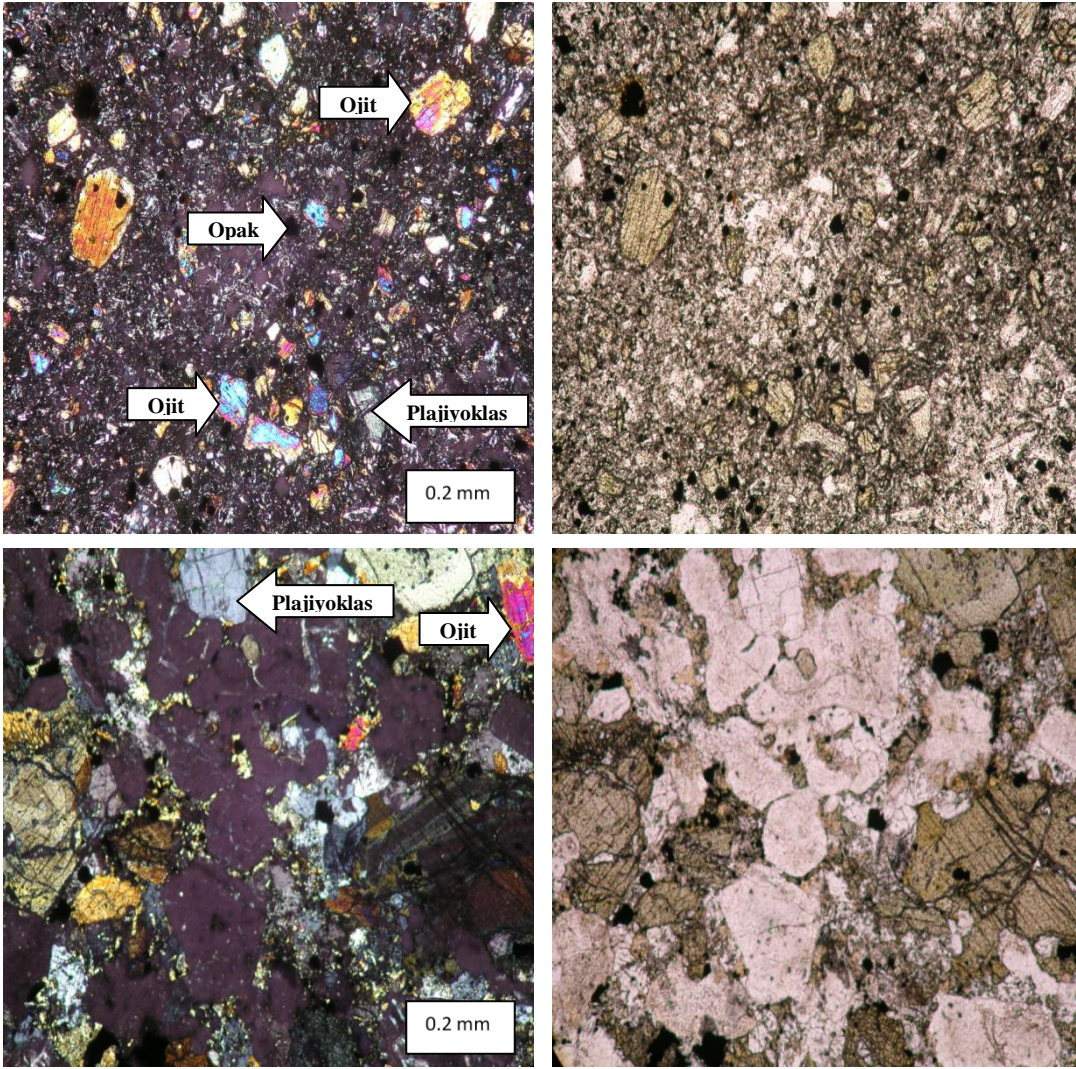
Formasyona ait volkanik birimler Bahçecik, Soğuksu, Kalkınma ve Yalınca Mahalleleri'nde geniş yüzeylemeler vermekte (Şekil 3.3), tortul birimler ise çalışma alanı sınırlarında haritalanamayacak küçüklükte mostralara vermekte, genellikle Değirmendere vadisi boyunca, İncesu Mevkii'nde geniş yüzeylemeler vermektedir.

Mikroskobik incelemelerde, Kabaköy Formasyonu içerisinde bulunan volkanik kayaların, genelde porfirik, mikrolitik ve mikrolitik porfirik dokuda olduğu görülmüştür (Şekil 3.4)

Küçük mikrolitler halinde görülen plajiyoklaslar, daha az oranda fenokristaller halinde de bulunmaktadır. Genellikle yarı özşekilli ve özşekilli olan plajiyoklas fenokristalleri çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Klinopiroksenler mikro fenokristaller ve mikrolitler halinde bulunmaktadır. Çoğunlukla yarı özşekilli ve özşekilli kristaller halinde bulunan ojitlerde zonlanma mevcuttur. Bol çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahip olan piroksenlerde yer yer opak mineral ve plajiyoklas inklüzyonları görülmektedir. Amfiboller ve biyotitler çok küçük mikro fenokristaller halinde ve az miktarda bulunmaktadır. Amfiboller genellikle mızrak şekilli küçük latalar şeklinde gözlenmiştir. Opak mineraller çoğunlukla iri ve çok iri fenokristaller halinde bulunmaktadır ve genellikle ojit ve plajiyoklaslar içinde inklüzyonlar şeklindedir.



Şekil 3.3. Andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşan Kabaköy Formasyonu'nun görünümü (a: Bulak Mahallesi; b: Kalkınma Mahallesi)



Şekil 3.4. Kabaköy Formasyonu'ndaki bazaltlara ait ince kesit görünümü (Çift Nikol ve Tek Nikol)

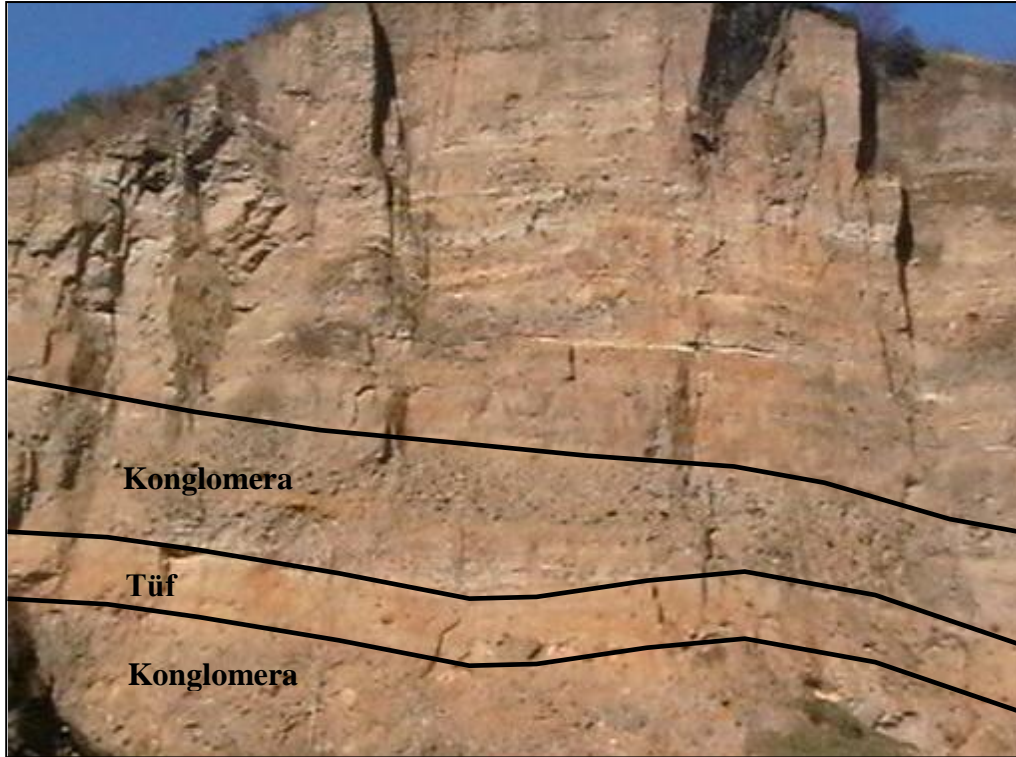
Genellikle koyu renkli olan volkanitlerin tabanında yer alan sarımsı renkli bol fosilli tortul kayaçlar bir kılavuz seviye niteliğindedir. Bu seviye içerisindeki tortul kayaçlarda bulunan *Nummulites cf. globulus* (Leymerie), *Assilina cf. Exponens* (Sowerby), *Assilina cf. Spira*, *Nummulite sp.*, *Discocyclina sp.*, *Asterocyclina sp.*, *Actinocyclina sp.* ve *Alveolina sp.* fosilleri formasyonun yaşının Erken-Orta Eosen olduğunu göstermektedir (Güven, 1993). Bununla birlikte, Trabzon ve çevresinde yüzeylenme veren volkanitlerin yaşının Gümüşhane ve çevresinde yüzeylenen volkanitlere göre daha genç olduğu (Orta Eosen-Neojen) radyometrik yaş tayinleriyle belirlenmiştir (Aydın, 2003; Arslan ve Aslan, 2006).

3.1.2. Beşirli Formasyonu

Tipik olarak Beşirli (Trabzon) ve çevresinde yüzeylenme veren ve kaba taneli kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru tüflerle temsil edilen istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Beşirli Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanının kuzeybatı kesimlerinde yayılım gösteren ve çakıltaşı, kumtaşı ve tüflerden oluşan birim Beşirli Formasyonu Kabaköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Genellikle gevşek çimentolu, iri taneli konglomera, daha az kumtaşı ve kiltası seviyelerinde oluşur (Şekil 3.5). Beşirli Formasyonu malzemesi tümüyle Kabaköy Formasyonu'ndan türemiştir. Konglomeralar, yer yer iri andezit veya bazalt çakıl ve blokların ile onları bağlayan çimentodan oluşmuştur.

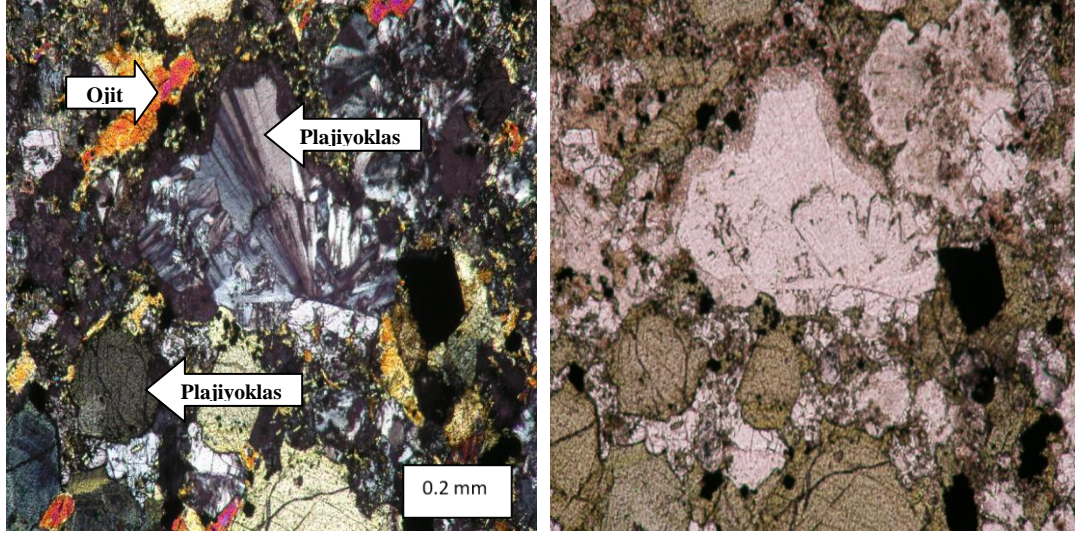
Bazen iyi derecelenme ve çapraz tabakalanma yapıları gözlenirse de genelde etkin aşınma ve kısa mesafeli taşınma sonucu hızlı çökelmiş bir malzeme yığılması şeklindedir.



Şekil 3.5. Konglomera, kumtaşı ve tüf ardalanmasından oluşan Beşirli Formasyonu

Yapılan mikroskobik incelemelerde ojitler, kayaç içerisinde çoğunlukla mikro fenokristaller ve çok daha az oranda da fenokristaller halinde görülür. Genelde yarı öz şekilli ve öz şekilsizdirler. Yarı öz şekilli olanların çoğu bol kırıklı ve çatlaklıdır. Plajiyoklaslar, kayaç içerisinde küçük mikrolitler halinde yer almaktadırlar. Opak

mineraller ise çok küçük taneler halinde yer yer ojitlerin içerisinde inklüzyonlar halinde ve hamur içinde yer alırlar (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Beşirli Formasyonu'ndaki konglomeralardaki bazaltik bloklara ait ince kesit görünümü (Çift ve Tek Nikol)

Beşirli Formasyonunun yaşını tayin edebilecek herhangi bir paleontolojik veri olmadığı için formasyona net olarak yaş verilmemiştir. Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen ve kumlu killi seviyelerde Beşirli Formasyonu için Pliyosen yaşında olduğu kabul edilmiştir.

3.1.3. Taraça ve Alüvyonlar

İnceleme alanının kuzey kesimlerinde yüzeylenme veren Kuvaterner yaşlı taraçalar genellikle blok, çakıl, kum, silt, kil gibi malzemelerden oluşmaktadır. Volkanik ve sedimanter kayaç parçalarından oluşan blok ve çakılların boyutları 0.5 cm ile 40 cm arasında değişmektedir. Taraçaların içerdiği fosil topluluğu genellikle, molluska kavkılarında oluşmaktadır. Ayrıca, gastropoda, bivalves ve mollusk fosilleri de gözlenmiştir. Fosil kabukları oldukça parçalanmış ve yuvarlaklaşmışlardır. Plaj kesiminde genellikle kum, kil, silt boyutu malzeme içeren taraçalar, iç kesimlere doğru gidildikçe çakıl, blok gibi daha iri taneli malzemelere geçiş göstermektedir. Birimin en iyi görüldüğü yer Fatih Mahallesi kuzey kesimleridir. Birimin kalınlığı yer yer 6 metreye ulaşmaktadır.

Çalışma alanında özellikle güneyden kuzeye doğru akan Değirmendere boyunca gözüken alüvyonlar blok, çakıl, kum, kil ve silt gibi malzemelerden oluşmaktadır.

3.1.4. Regolitler

Çalışma alanında, Kalkınma, Yalınca, Boztepe ve Pelitli civarlarında yüzeyleyen kırmızı renkli killler, Eosen-Neojen (?) yaşlı Kabaköy Formasyonu'nun en üst seviyelerinde gözükmektedir. Özellikle temeldeki volkanik kayaların ayrışması sonucu oluşan kırmızı killler, derine doğru ayrışmamış volkanik kayalara geçiş gösterir. İnceleme alanında tabakalı yapı göstermeyen kırmızı killler, fosil faunası içermemesi nedeni ile karasal kökenli olduğu düşünülmektedir. Killler içindeki volkanik çakılların varlığı, killerin kaynağının Eosen-Neojen (?) yaşlı Kabaköy Formasyonu olduğunu göstermektedir. Şekil 3.7'de volkanik birimlerin ayrışmasından oluşan regolitler görülmektedir.

Regolit, ana kayanın parçalanması ve içindeki minerallerin bozunması neticesinde teşekkül eder. Isınıp soğuma, donma çözülme ve ıslanma kuruma çevrimlerinin doğurduğu genleşme ve büzülme, kayaların küçük parçalara ayrılmasına sebep olur. Bileşimlerindeki minerallerin, atmosferin oksijeni ve suyu ve biyolojik menşeli de olabilen karbonik, nitrik ve sülfürik asitle tepkimeye girerek kimyevî bozunma meydana gelir. Bu bozunmalar regolitte toprak oluşmasına neden olur. Bölgenin sulak, yağışlı veya kuraklığına bağlı olarak toprağın bileşenleri alttaki veya üstteki zonlara taşınırlar. Böylece zonlar arasında renk, kimyevî bileşim tane boyutu gibi karakteristikleri bakımından farklar zamanla artar.

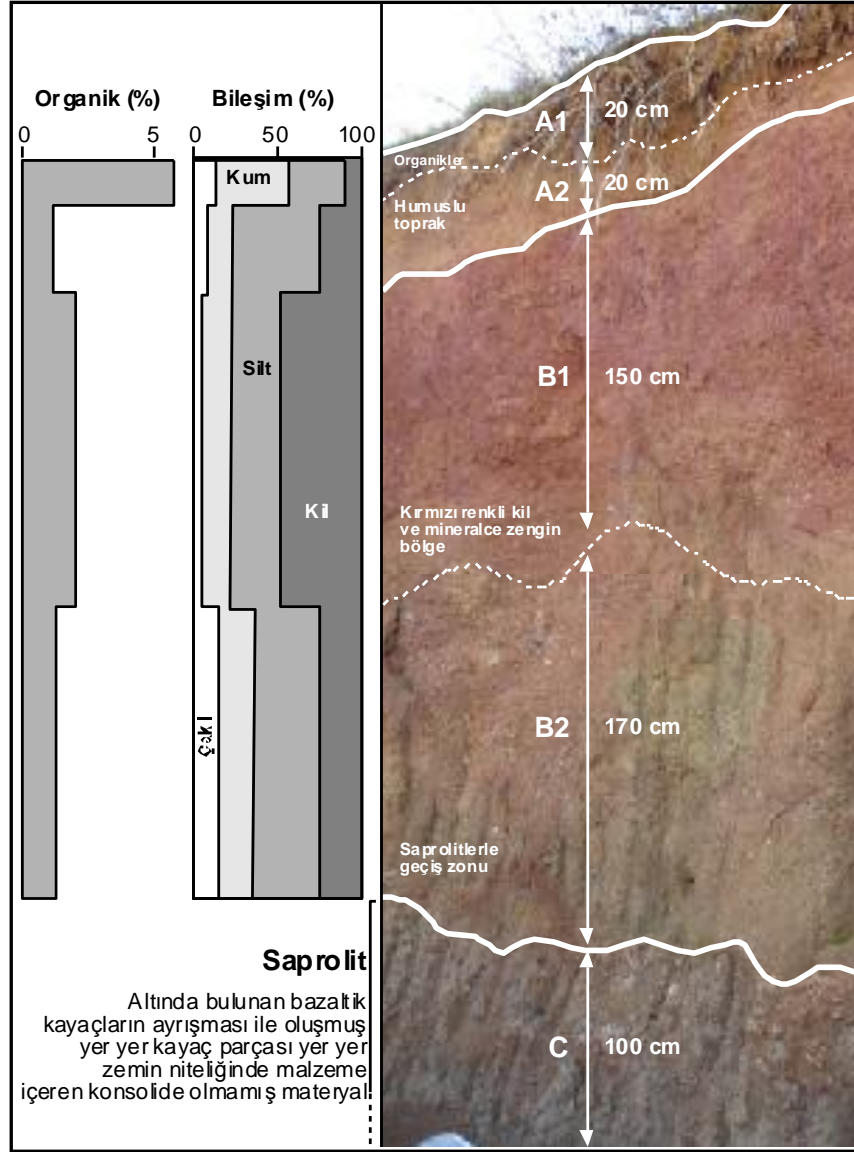
Bir toprak profili incelendiğinde yüzeyden alta doğru fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişiklik gösterdiği görülür, topraktaki bu değişmelere göre topraklar ayırt edilir ve sınıflandırılır. Yüzeyden itibaren zonlar A, B, C, olarak ve alt zonlar A1, A2, B4, C3 şeklinde isimlendirilir.

A Horizonu: Organik maddelerin karışması nedeniyle renginin genellikle koyu olduğu ve yıkanmanın gerçekleştiği horizondur. Yıkanmaya bağlı olarak bu katmandaki humus ve kil gibi maddelerin bir kısmı taşınmıştır. Buradaki çözülme ve ayrışma olayları sonucunda toprak oluşum sürecini tamamlamıştır. Bu katman mikroorganizma, solucan, karınca v.b canlıların yaşadığı katmandır. Bitki kalıntılarının toprağa karışması nedeniyle humusça zengindir. Tarımı yapılan ürünler bu katta yetiştirilir. (Humus: Toprağa verimlilik katan, çürümüş organik atıklardan oluşan madde.)

B Horizonu: Bu katta toprak oluşumu devam etmektedir. A katından sızan suların taşıdığı kil, demir, tuz gibi maddeler bu katta birikir.

C Horizonu: Ana kayayı oluşturan taşların küçük bloklar halinde bulunduğu kattır.

D Horizonu: En altta ana kayadan oluşan katmandır.



Şekil 3.7. Altındaki bazaltik volkaniklerin ayrışması sonucu oluşmuş yaklaşık 4 metre kalınlığındaki regolitik toprak profili (Kalkınma Mahallesi) (Ersoy, 2011)

3.2. Yapısal Jeoloji

3.2.1. Tabakalı ve Kırıklı Yapılar

İnceleme alanı içerisinde yapısal özellikler tabakalanma, çatlak ve fay şeklinde olup kıvrımlanma görülmemiştir. Doğu Pontid Kuzey zonu'nda yer alan inceleme alanı magmatik aktivitenin yoğun olması nedeniyle oldukça kırıklı yapıya sahiptir.

Çalışma alanı ve çevresinin büyük bir bölümünde tortul arakatlı volkanik kayalardan oluşan Kabaköy Formasyonu hakimdir. Kabaköy Formasyonu volkanitleri

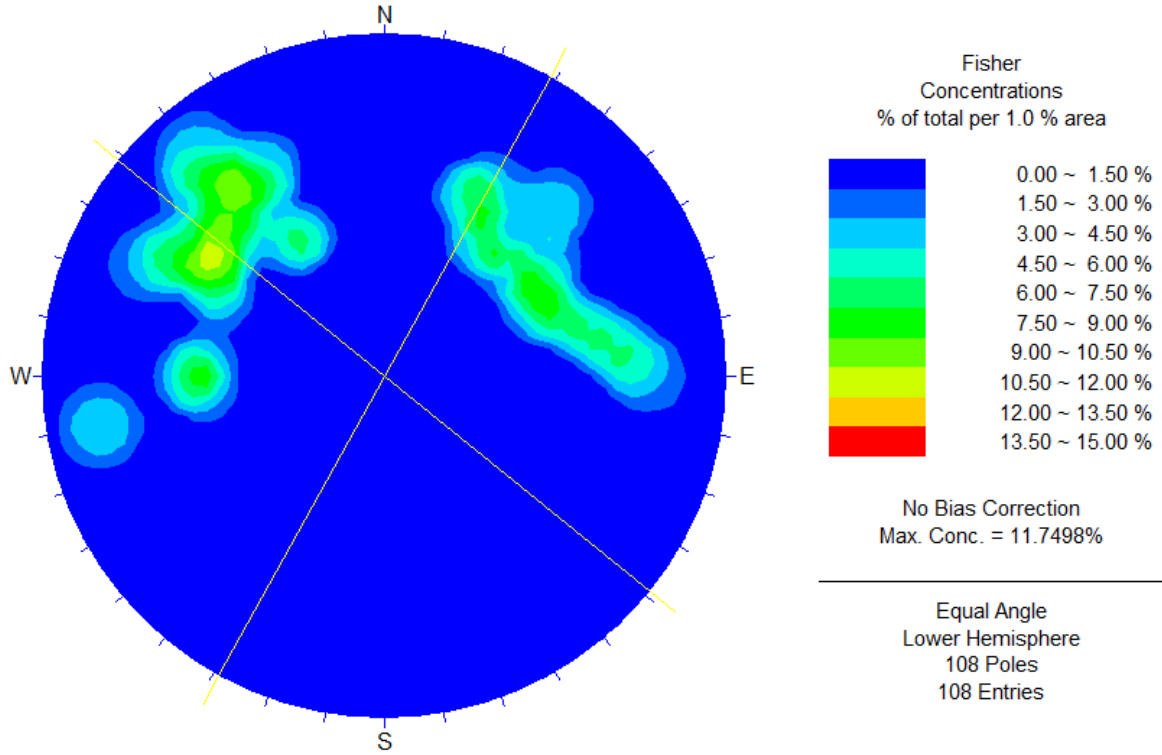
arasında ara katkı olarak bulunan kireçtaşları, marnlar, kumtaşları, belirgin tabakalanma göstermekte olup (Şekil 3.8) tabaka kalınlığı 5-150 cm arasında değişmektedir. Tabakalar genellikle K20B/20 KD ve K20D/20 KB duruşludur.



Şekil 3.8. Kabaköy Formasyonu içerisindeki kireçtaşı, kumtaşı ve marn arakatkılı tortul birimler (Değirmendere vadisi)

Çalışma alanını kuzeybatı kesimlerinde yüzeylenme veren Beşirli Formasyonu'nda bulunan konglomeralar tabakalı yapı göstermezken, formasyon içerisindeki tüfler genel olarak tabakalı yapı göstermektedir (Şekil 3.5). Tabaka duruşları DB/5 K olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında yer alan volkanik birimlerde çatlaklar belirgin olarak izlenmektedir. Çatlaklar genelde açık ve dolguludur. Dolgu malzemesi olarak genellikle kil tespit edilmiştir. Çatlak açıklıkları değişken olmakla beraber 0,1 mm ile 5 cm arasında değişmektedir. Hakim çatlak yönlerini belirlemek için eşit alanlı projeksiyon ağı kullanılarak Eosen-Neojen yaşlı Kabaköy Formasyonu için kontur diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 3.9). Kontur diyagramları incelendiğinde hakim çatlak konumlarının 220/65 ve 120/70 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.9. Kabaköy Formasyonu volkaniklerine ait çatlak kontur diyagramı

3.2.2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Depremselliği

Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alan ülkemizde olan depremler, Atlantik Okyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak Afrika-Arabistan levhalarının kuzeykuzeydoğuya doğru hareket etmeleriyle ilişkilidir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF), Alp-Himalaya kuşağının en aktif bölümlerinden biridir. D-B doğrultulu ve buna dik bazı kırık sistemlerine sahip olan KAF, doğrultu atımlı sağ yönlü bir fay olup, yer yer 500-1000 m bir genişliğe sahiptir. KAF sistemi, Anadolu Bloğu'nun, güneyde Arap Plakası (yılda 2.5 cm'yi bulan hızlı sıkıştırma hareketi ile) ve kuzeyde (neredeyse hiç hareket etmeyen) Avrasya Plakası'nın arasında kalması ve bu sebeple batıya doğru açılma şeklinde hızla hareket etmesi sebebiyle yüksek sismik aktivite göstermektedir.

Trabzon ili, T.C Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında tamamen aktif fay zonlarının (Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları) konumlarına göre hazırlanan 1/1000000 ölçekli Türkiye Deprem Bölgesi Haritasına göre dördüncü (4.) derece deprem bölgesi içine girmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çalışma alanının, T.C Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında hazırlanan 1/1000000 ölçekli Türkiye Deprem Bölgesi Haritası'ndaki konumu

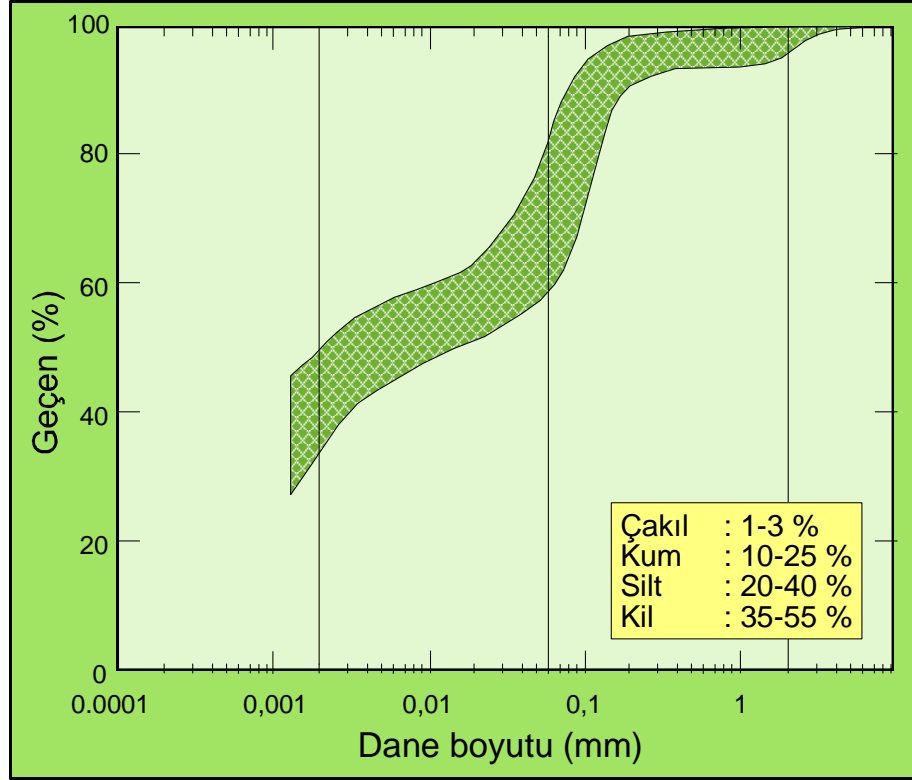
3.3. Regolitik Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanındaki volkanik kayaların ayrışması sonucunda yer yer birkaç metre kalınlığında, bazı bölgelerde ise 10 metreden daha fazla kalınlığa sahip regolitik zeminler oluşmuşlardır. Arazi çalışmaları sırasında inceleme alanını temsil eden 45 ayrı noktadan örnek alınmıştır. Alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri tespit edilmiştir. Bunlardan örselenmiş örnekler ile yapılan deneyler sonucunda, örneklerin kıvam limitleri ve buna bağlı olarak aktivasyon katsayıları, özgül ağırlıkları, ıslak elek analizi ve hidrometre deneylerinden dane dağılım eğrileri elde edilmiştir. Örselenmemiş örneklere üzerinde yapılan deneylerde ise örneklerin kohezyonları, içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları, su muhtevaları ve birim hacim ağırlıkları bulunmuştur.

3.3.1. Zeminlerin İndeks Özellikleri

Kayaçların ayrışması sonucu oluşan zeminler, doğal oldukları için heterojendir. Zeminlerin davranışlarının belirlenmesinde klasik mekanik kanunlarına yeterli olmamaktadır. Ayrıca çok fazlı bir ortam şeklinde bulunmaları sonucu genelde boşluklarında hava ve su, doygun ise yalnızca su bulunur. Bu durum, klasik mekanik problemlerine ilave olarak bir boşluk suyu basıncı kavramını ve diğer inşaat malzemelerinin davranışına kıyasla çok farklı bir davranışı gündeme getirir.

Bu nedenle bu çalışmada ilk olarak zemin numunelerinin dane dağılımları, su muhtevası, özgül ağırlığı ve doğal birim hacim ağırlığı belirlenmiş ve elde edilen değerler Şekil 3.11 ve Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Çalışma konusu zeminlerin dane dağılım eğrileri

Tablo 3.1. Çalışma konusu zeminlerin su içeriği, özgül ağırlığı ve birim hacim ağırlık değerleri

| | Su İçeriği (%) | Özgül Ağırlık | Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³) |
|----------------|----------------|---------------|--|
| Maksimum | 55 | 2,61 | 19 |
| Minimum | 29 | 2,36 | 16 |
| Ortalama | 30 | 2.53 | 17.5 |
| Standart Sapma | 11 | 0.09 | 1.65 |

Zeminlerin su muhtevalarının % 29 ile % 55, özgül ağırlık değerlerinin 2.36 ile 2.61, doğal birim hacim ağırlıklarının ise 16 kN/m³ ile 19 kN/m³ arasında değiştiği görülmektedir. Bununla birlikte zemin içerisindeki çakıl oranının % 3’ü geçmediği, kum oranının % 11 ile % 20, silt oranının % 20 ile 30 ve kil oranının % 35 ile 50 arasında olduğu belirlenmiştir.

3.3.2. Zeminlerin Plastisite Özellikleri

İnce daneli zeminlerin mühendislik davranışının büyük oranda içerdikleri su miktarına (su muhtevasına) bağlı olarak değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Killi bir zeminin kıvamı, yalnızca içindeki su miktarı artırılarak, çok katı bir kıvamdan viskoz bir sıvı kıvamına kadar çok geniş bir aralık içinde değiştirebilmektedir. Buna bağlı olarak da, mukavemet, yük altında şekil değiştirme ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde büyük farklılıklar meydana gelebilmektedir.

İnce daneli zeminlerin mühendislik özelliklerinde su muhtevasına bağlı olarak meydana gelen değişiklikler, esas olarak daneleri oluşturan minerallerin kristal yapısına, zeminin arazideki çökelme koşullarına ve boşluktaki zemin suyunun kimyasal özelliklerine bağlı olmaktadır. Bu açıdan, tabii zeminlerin kıvamında ve mühendislik özelliklerinde su muhtevasına bağlı olarak gözlenen değişimler büyük farklılıklar gösterebilmektedir.

Zeminlerin farklı su içeriklerindeki davranışları da farklılık arz eder. Zeminlerde danelerin oluşturduğu hacim katı hacmi, sıvı ve gaz hacimlerinin toplamı ise boşluk hacmini oluşturmaktadır. Kurak mevsimlerde özellikle killi zeminler kuru halde yüksek bir dayanıma sahipken yağışlı mevsimlerde suyu emmesi ile akıcı hale gelerek dayanımı azalmaktadır. Bu durum boşluklarda bulunan suyun şartlara bağlı olarak buharlaşması veya boşlukları doldurması ile değişmektedir ve aynı zeminin farklı yüklemeler altında farklı davranışlar göstermesine neden olmaktadır. Bu özelliklerin tümü zeminlerin plastik özellikleri olarak bilinir.

Çalışmada zeminlerin plastik özellikleri belirlenmiş sonuçlar Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışma konusu zeminlerin Atterberg limitleri

| | Atterberg Limitleri (%) | | |
|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | Likit limit (LL) | Plastik limit (PL) | Plastisite indisi (PI) |
| Maksimum | 90 | 51 | 40 |
| Minimum | 33 | 18 | 10 |
| Ortalama | 58 | 35 | 23 |
| Standart sapma | 14 | 12 | 9 |

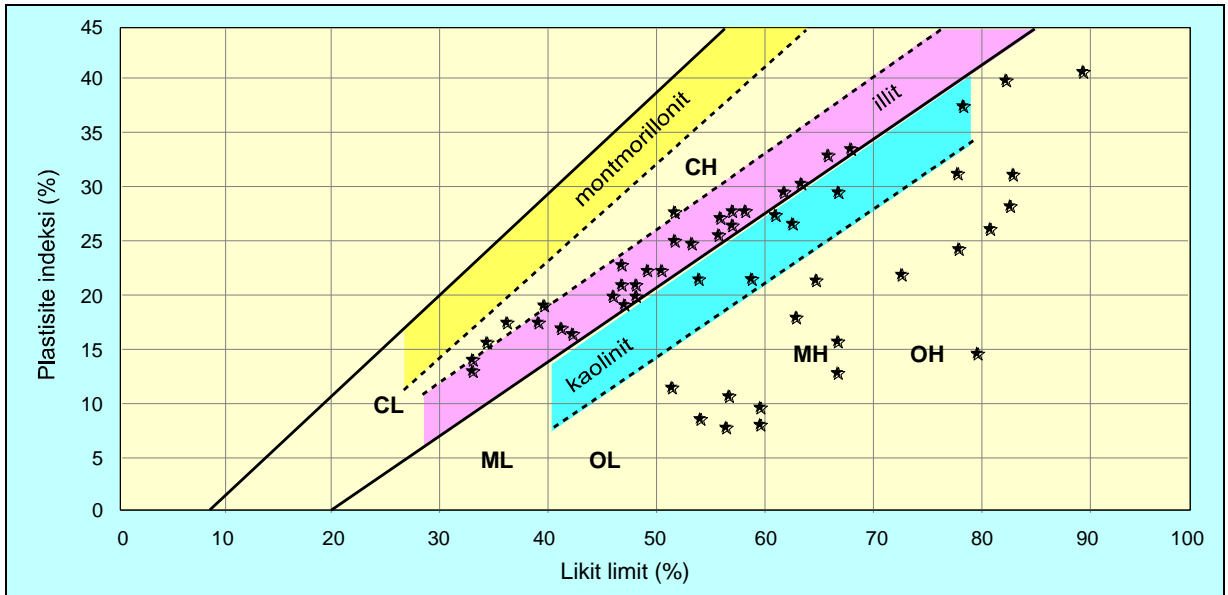
Deneyler sonucunda numunelerin, likit limitlerinin % 33 ile % 90, plastik limitlerinin % 18 ile % 51 ve plastisite indisinin ise % 10 ile % 40 arasında olduğu görülmüştür.

3.3.3. Zeminlerin Sınıflandırılması

Zeminlerin sınıflandırılması mühendisler arasında kullanılan ortak bir dil olarak düşünülebilir. Bir zemine atanabilecek birkaç harf veya sayı mühendise zeminin olası fiziksel özellikleri hatta mekanik davranışları hakkında çok hızlı bir fikir sağlamaktadır.

Zeminler dane çapına ve fiziksel özelliklerine göre değişik sistemlerde sınıflandırılabilen olup en önemlileri Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS-Unified Soil Classification System), Amerikan Karayolları Sınıflandırma Sistemi (ASTHO), Üçgen Sınıflandırma ve MIT Yöntemi (Massachusetts Institute of Technology).

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi ilk kez Aathur Casagrande tarafından 1942 yılında havaalanı inşaatları için geliştirilmiştir. Bu sistemde zeminlerin sınıflandırılması için dane büyüklüğüne ve kıvam limitlerine ihtiyaç vardır. Zeminlerin çoğu iki harf kullanılarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde 1952’de havaalanı inşaatlarının yanında baraj ve diğer inşaatlarda da kullanılabilmesi için küçük değişiklikler yapılmış, son olarak 1984 de ASTM tarafından yeniden düzenlenmiş ve ‘Grup Sembolü’ ne ilave olarak ‘Grup Adı’ da ilave edilmiştir. İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için kıvam limitleri ve plastisite grafiği kullanılmaktadır. Çalışmada zeminler Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi’ne göre sınıflandırılmış ve bunun sonucunda zeminlerin MH, OH ve CH sınıflarında olduğu görülmüştür (elastik silt, organik kil, yağlı kil).



Şekil 3.12. Casagrande kartında çalışma konusu zeminlerin gösterimi

Bununla birlikte zemin numunelerin Casagrande grafiği üzerindeki yerleri Şekil 3.12’de verilmiştir. Buradan yola çıkarak zeminlerin CH, MH ve OH sınıflarında olduğu belirlenmiştir. Zeminlerde bulunan killerin türü XRF çözümlenmeleriyle bulunabileceği gibi, plastisite özelliklerinden yararlanılarak ta belirlenebilir. Bu amaçla plastisite kartından yararlanılmış genel olarak zeminlerde bulunan killerin kaolinit ve illit olduğu belirlenmiştir. Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) likit limit değerleri kullanılarak yaptığı sınıflama, ince taneli zeminlerde, plastisite indisine göre Burmister (1951), Leonards (1962) ve Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) tarafından önerilen sınıflamalar ve çalışma konusu zeminlerin bu sınıflamalardaki yeri Tablo 3.3 - Tablo 3.6’da görülmektedir.

Tablo 3.3. IAEG (1976)'nin likit limit değerlerine göre yaptığı zemin sınıflaması

| Plastisite Özelliği | Likit Limit (%) | Çalışma Konusu Zeminler |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Düşük plastisiteli | <35 | - |
| Orta plastisiteli | 35-50 | % 30 |
| Yüksek plastisiteli | 50-70 | % 50 |
| Çok yüksek plastisiteli | 70-90 | % 20 |
| Çok daha yüksek plastisiteli | >90 | - |

Tablo 3.4. Burmister (1951) plastisite sınıflaması

| Plastisite İndisi (%) | Plastisite Derecesi | Tanım | Çalışma Konusu Zeminler |
|------------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------------|
| 0 | Plastik değil | SİLT | |
| 0-5 | Önemsiz derecede | KİLLİ SİLT | |
| 5-10 | Düşük | SİLT VE KİL | % 5 |
| 10-20 | Orta | KİL VE SİLT | % 23 |
| 20-40 | Yüksek | SİTLİ KİL | % 70 |
| >40 | Çok yüksek plastisiteli | KİL | % 2 |

Tablo 3.5. Leonards (1962) plastisite sınıflaması

| Plastisite İndisi (%) | Plastisite Derecesi | Çalışma Konusu Zeminler |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 0 | Plastik değil | |
| 5 -15 | Az plastik | % 20 |
| 15 - 40 | Plastik | % 78 |
| >40 | Çok plastik | % 2 |

Tablo 3.6. IAEG (1976) plastisite sınıflaması

| Plastisite Özelliği | Plastisite İndisi (%) | Çalışma Konusu Zeminler |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Plastik olmayan | <1 | |
| Az plastisiteli | 1-7 | |
| Orta plastisiteli | 7-17 | % 17 |
| Yüksek plastisiteli | 17-35 | % 77 |
| Çok yüksek plastisiteli | >35 | % 6 |

Tablolardan görüldüğü gibi çalışma konusu zeminlerden alınan örneklerin yaklaşık % 5'inin çok yüksek plastisiteli, % 70'inin yüksek plastisiteli, % 20'sinin orta plastisiteli, % 5'inin düşük plastisiteli zeminler sınıfına girdiği görülmektedir.

3.3.4. Killerin Şişme Özellikleri

Zeminlerdeki killerin şişme özelliklerine bağlı olarak, mühendislik yapılarında deformasyon sorunlarıyla karşılaşılması muhtemeldir. Şişme potansiyeli yüksek zeminler üzerinde inşa edilen mühendislik yapıları üzerinde özellikle de hafif yapılarda, zemin kabarmaları sonucunda deformasyonlar meydana gelebilmekte, hatta bu yapıların bir kısmı kullanılmaz hale gelebilmektedirler. Bu nedenle, zeminlerin şişme özelliklerinin ve mekanizmalarının çok iyi belirlenmesi, zemin davranışlarının açıklanabilmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

Kil içeriği yüksek olan kayaçların bünyelerine su almaları durumunda şişme davranışlarını önceden tahmin edebilmek için şişme potansiyeli açısından değerlendirilmesinde büyük yarar vardır. Kıvam limitleri ve killerin aktivitesi, şişme potansiyelinin, aktiflik-pasiflik özelliklerinin belirlenmesinde ve mineral türü tayininde sıkça kullanılan mühendislik parametreleridir (Skempton, 1953).

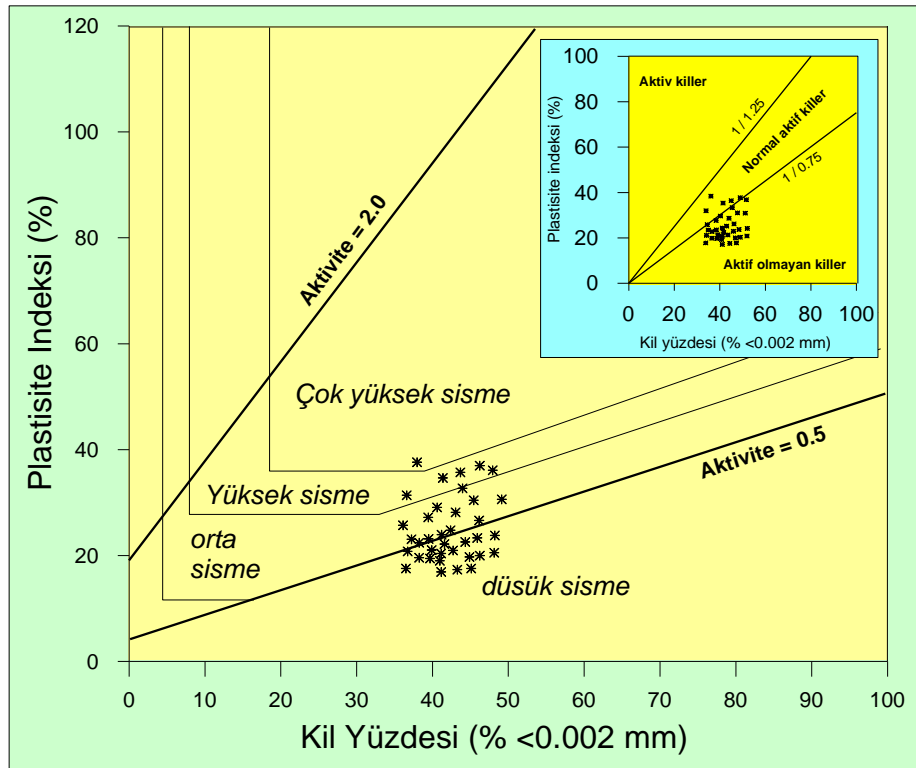
Bununla birlikte ince daneli zeminlerin plastisite indisinin kil yüzdesine (0.002 mm.den küçük daneler miktarı) oranı ise zeminin aktivite katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Aktivite katsayısı zemin içindeki kil minerallerinin cinsi hakkında fikir vermekte ve zeminin şişme potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Çalışmada volkanik kayaçların ayrışma ürünü olan regolitik zeminlerin şişme potansiyellerini plastisite özellikleri ve aktivite değerlerinden yararlanarak belirlenmiştir. Kıvam limitleri kullanılarak şişme potansiyelinin belirlenmesinde O'Neill ve Poormoayed (1980) tarafından önerilen sınıflama tablosu (Tablo 3.7), plastisite indeksi-kil fraksiyonu ve aktivite-kil fraksiyonu değerleri kullanılarak şişme potansiyelinin belirlenmesinde Van

Der Merve (1964) tarafından önerilen şişme potansiyeli sınıflama abakları kullanılmıştır (Şekil 3.13).

Tablo 3.7. Şişme potansiyeline bağlı olarak zeminlerin sınıflandırılması ve çalışma konusu zeminlerin plastisite derecelerinin tanımlanması (O'Neill ve Poormoayed, 1980).

| Şişme potansiyeli tanımlama ölçütleri (O'Neill ve Poormoayed, 1980) | | | | Çalışma konusu zeminler |
|--|------------------------|-------------------|-----------|---|
| Likit Limit (%) | Plastisite İndeksi (%) | Şişme Potansiyeli | Sınıflama | Şişme potansiyeli frekans değerleri (%) |
| < 50 | < 25 | < 0.5 | Düşük | 30 |
| 50-60 | 25-35 | 0.5-1.5 | Orta | 30 |
| > 60 | > 35 | > 1.5 | Yüksek | 40 |



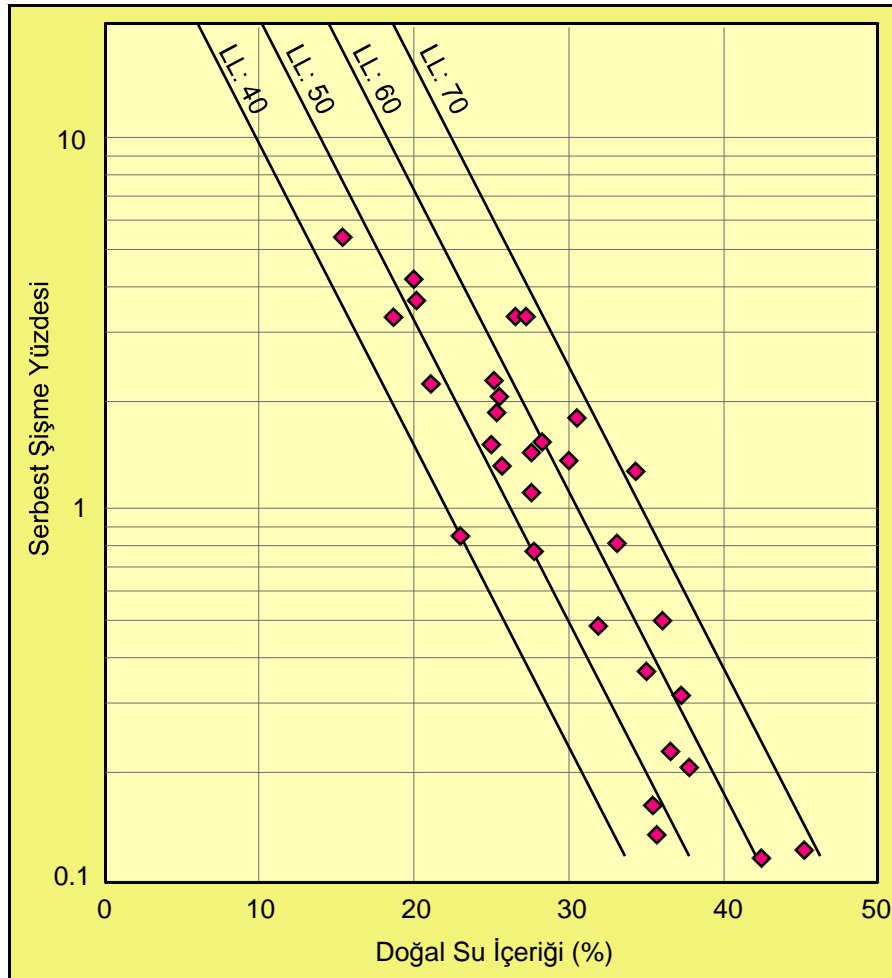
Şekil 3.13. Şişme potansiyeli için sınıflama grafiği (Van Der Merve, 1964).

Tablo 3.7, Şekil 3.13'de görüldüğü zeminlerin içerisindeki kil örneklerinin yüksek şişme potansiyelinden düşük şişme potansiyeline kadar değişen tanımlamalar almaktadır.

Aktivite katsayısı zemin içindeki kil minerallerinin cinsi ve şişme özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Değişik killerin aktivite katsayı değerleri Tablo 5-2’ gösterilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma konusu zeminlerin aktivite katsayısı değerlerinin 0.5 ile 1.30 arasında değiştiği, zemin örneklerinin % 80’inin ise aktivite katsayısı değerinin 1 den küçük olduğu görülmüştür. Aktivite katsayısı 0.75’den küçük olan killere aktif olmayan killere, 0.75-1.25 arasında olanlar normal killere, 1.25’den büyük olan ise aktif killere olarak kabul edilmektedir.

Zeminlere ait aktivite değerlerinden ve Şekil 3.13’de görüldüğü gibi zemin örneklerinin % 80’inden fazlası orta-düşük şişme özelliği gösterdiği söylenebilir.

Çalışma konusu zeminlerin şişme yüzdeleri ise Şekil 3.14’te likit limit ve doğal su içeriğine bağlı olarak geliştirilmiş grafikten belirlenmiş ve genel olarak zeminlerin serbest şişme yüzdelerinin % 5’i geçmediği belirlenmiştir.



Şekil 3.14. Doğal su içeriği, LL ve serbest şişme yüzdesi ilişkisi (Das, 1999)

3.3.5. Zeminlerin Dayanım Özellikleri

Zeminin kayma dayanımı parametreleri olan içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlemek amacıyla kesme kutusu deneyi yapılmıştır. Kesme kutusu deneyinde, zemin numunesi dikdörtgen kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir. Uygulanan bir kesme kuvveti altında, kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilmekte ve böylece numunenin ortasından geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanmaktadır. Numune üzerine normal gerilme uygulayarak kesme sırasında normal gerilmelerin kontrol altında tutulması mümkün olmaktadır.

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Çalışma konusu zeminlerin kayma dayanımı parametreleri

| | Kohezyon (kPa) | İçsel Sürtünme Açısı |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Maksimum | 51 | 40 |
| Minimum | 10 | 7 |
| Ortalama | 31 | 23 |
| Standart sapma | 16 | 11 |

Tablo 3.8’den de görüldüğü gibi çalışma konusu zeminlerin kohezyonlarının 10 kPa ile 51 kPa, içsel sürtünme açılarının ise 7 ile 40 derece arasında değiştiği belirlenmiştir.

3.4. Zeminlerin İndeks Özellikleri ile Dayanım Parametreleri Arasındaki İstatistiksel İlişkiler

Kayma direnci, araziden numune alınarak laboratuarlarda yapılan deneyler sonucunda belirlenebilir. Ancak, araziden örselenmemiş numune almak oldukça zordur hatta imkânsızdır. Ayrıca alınan örnek numune laboratuara götürülürken bozunmaya uğrar, bu da deney sonunda zeminin gerçek mekanik özelliğini yansıtmayabilir. Bununla birlikte dayanım parametrelerinin bulunmasına yönelik sıkça uygulanan direk kesme ve üç eksenli basınç deney düzenekleri oldukça pahalıdır ve deneyler zaman alıcıdır. Bu nedenle bu çalışmada zeminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısının saptanmasında daha hızlı ve daha pratik çözümlere ulaşmak için zeminlerin fiziksel ve plastik özelliklerinden

yararlanılmış, bu özellikler arasında istatistiksel ilişkiler aranmış, bu aşamada regresyon analizlerinden yararlanılmıştır.

İki ya da daha çok değişken arasında ilişki olup olmadığını, ilişki varsa yönünü ve gücünü inceleyen analiz “korelasyon analizi”, değişkenlerden birisi belirli bir birim değiştiğinde diğerinin nasıl bir değişim gösterdiğini inceleyen analize de “regresyon analizi” adı verilir (Draper ve Smith, 1981). Regresyon, bağımlı ve bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi ve doğrusal eğri kavramını kullanarak, bir tahmin eşitliği geliştirir.

Regresyon katsayısı ise, doğrusal modelin uyum iyiliğinin en iyi ölçüsüdür. Söz konusu katsayı, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişken(ler) tarafından açıklandığını ifade eder.

Regresyon analizi, aralarında ilişki olan iki ya da daha fazla değişkenden birinin bağımlı değişken, diğerlerinin bağımsız değişkenler olarak ayrımı ile aralarındaki ilişkinin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması sürecini anlatır. Regresyon analizinde;

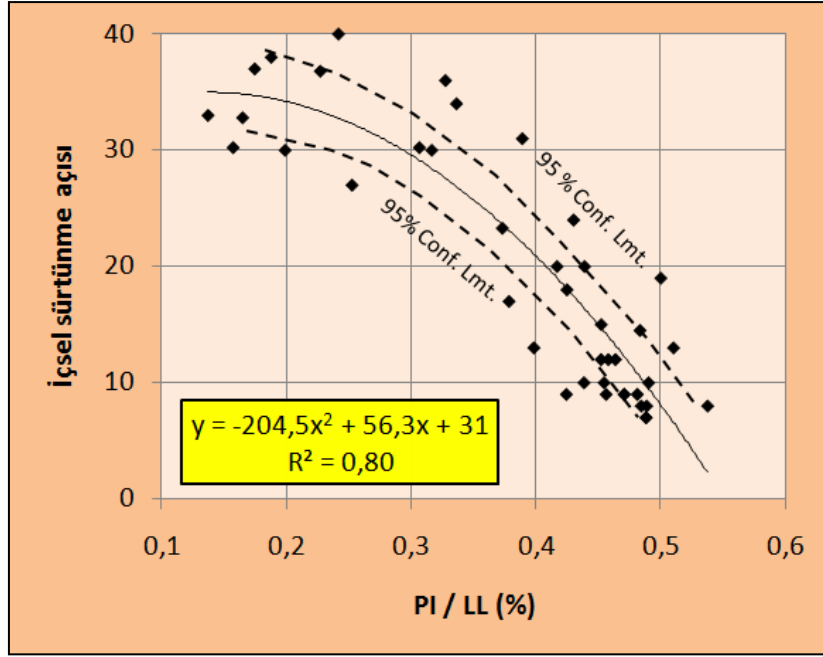
- Bağımlı değişken bir, bağımsız değişken bir ise, yöntemine Basit Regresyon Analizi,
- Bağımlı değişken bir, bağımsız değişken iki ya da daha fazla ise Çoklu Regresyon Analizi,
- Bağımlı değişken iki ya da daha fazla ise Çok Değişkenli Regresyon Analizi denir.

Regresyon analizi değişkenler arasındaki ilişki doğrusal ise, Doğrusal Regresyon Analizi, değil ise Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi olarak isimlendirilir.

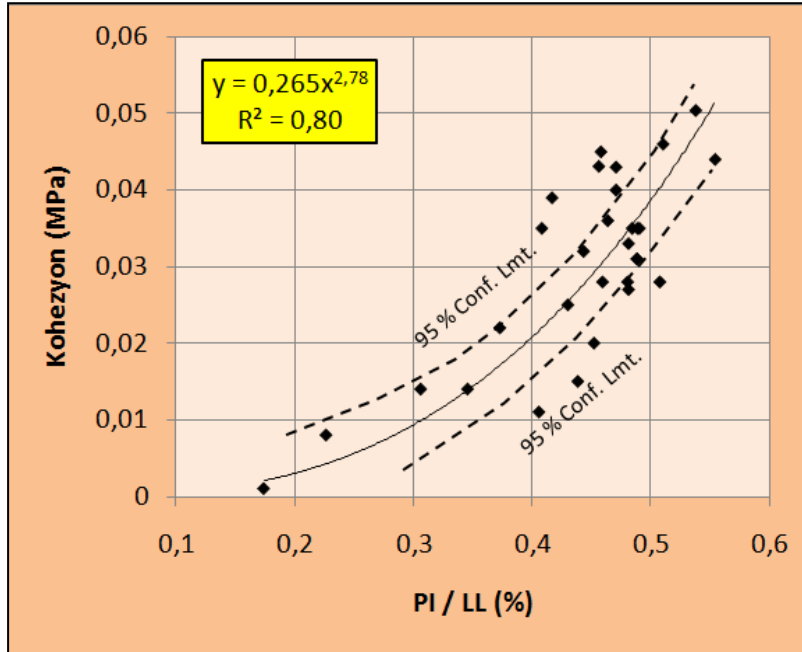
Bu çalışmada da, SPSS 11. İstatistik Programı (Statistics Package for Society Science) kullanılmış, çoklu regresyon analizler ile zeminlerin dayanım parametrelerinin tahmininde kullanılabilecek çeşitli eşitlikler elde edilmiştir (Şekil 3.15 ve 3.16).

Zemin numunelerine ait verilerin çoklu regresyon testi sonucunda içsel sürtünme açısı ile plastisite indisi/likit limit (PI/LL) değerleri arasında negatif polinomal korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte kohezyon değerleri ile plastisite indisi/likit limit (PI/LL) değerleri arasında ise pozitif üstel korelasyon tespit edilmiştir. Regresyon katsayıları (R^2) sırasıyla 0.81 ve 0.81 olarak hesaplanmıştır.

Çoklu regresyon analiz sonuçlarının yorumlanması sonucunda Tablo 3.9'daki eşitlikler elde edilmiştir.



Şekil 3.15. Çalışma konusu zeminlere kıvam limitleri değerleriyle içsel sürtünme açısı değerleri arasındaki istatistiksel ilişki



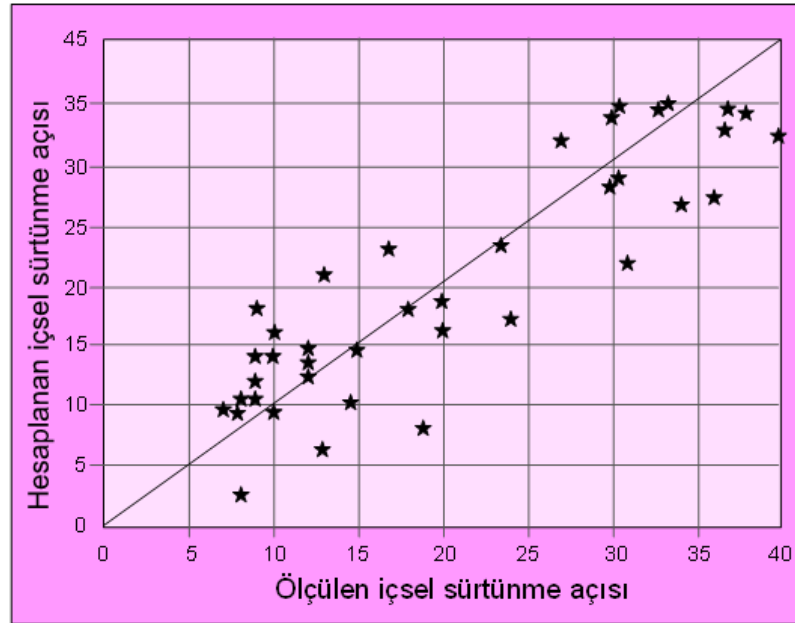
Şekil 3.16. Çalışma konusu zeminlere kıvam limitleri değerleriyle kohezyon değerleri arasındaki istatistiksel ilişki

Tablo 3.9 Çoklu regresyon analizleri sonucunda elde edilen eşitlikler ve regresyon katsayısı değerleri

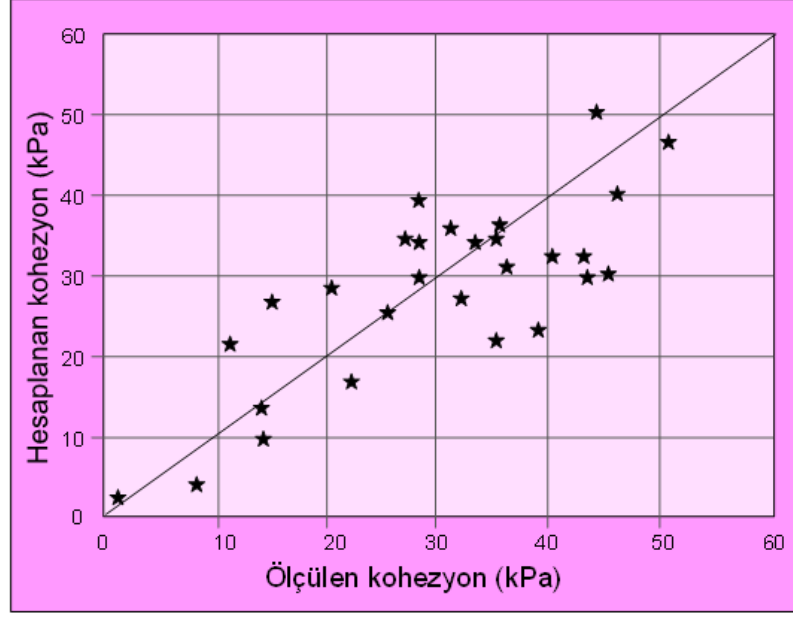
| Eşitlikler | R ² |
|---|----------------|
| $\phi = -204.5 (PI/LL)^2 + 56.3 (PI/LL) + 31$ | 0.80 |
| $c: 0.265 (PI/LL)^{2.78}$ | 0.80 |
| <i>c: kohezyon (MPa), ϕ: içsel sürtünme açısı</i> | |

Zeminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açılarının tahmininde plastisite indeksinin likit limit değerine oranının bağımsız değişken olarak alınması durumunda çok yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir.

Regresyon analizinde belirlenen eşitliklerin doğruluğunu test etmek için gözlenen değer-hesaplanan değer grafikleri hazırlanmış ve regresyon katsayısının 1 olduğu doğruyla analiz sonucunda elde edilen doğru karşılaştırılmıştır (Şekil 3.17 ve 3.18).

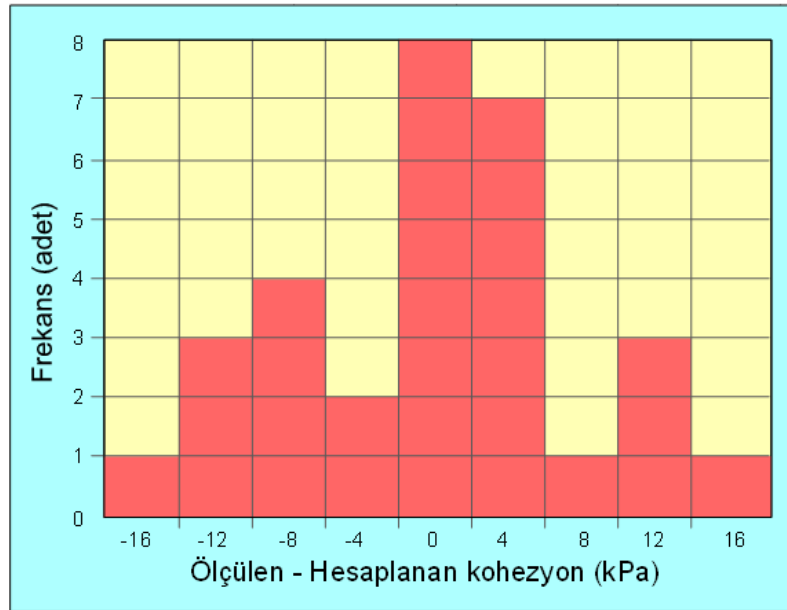


Şekil 3.17. İçsel sürtünme açısına ait ölçülen veri hesaplanan veri grafiği

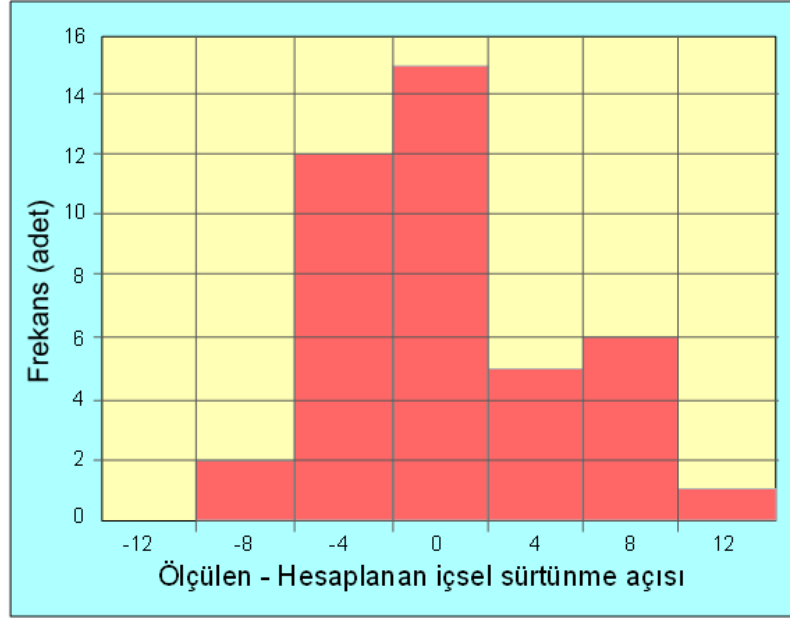


Şekil 3.17. Kohezyon değerlerine ait ölçülen veri hesaplanan veri grafiği

Çalışmada çizilmiş grafikler (Şekil 3.17 ve 3.18) yorumlandığında analizler sonucunda çizilmiş doğruların regresyon katsayısı bir olan doğruya yaklaşık olarak paralel olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, gözlenen (ölçülen) değer hesaplanan değer farklarından yüzde dağılım frekans histogramları çizilmiş (Şekil 3.19 ve 3.20) ve verilerin normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Tüm bu veriler üretilen modelin doğruluğu ve kullanılabilir nitelikte olduğunu yansıtmaktadır.



Şekil 3.19. Kohezyon değerlerine ait ölçülen - hesaplanan veri histogramı



Şekil 3.20. İçsel sürtünme açısı değerlerine ait ölçülen - hesaplanan veri histogramı

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Trabzon ilinde geniş yayılımlar gösteren ve Eosen-Neojen yaşlı bazik volkaniklerin ayrışması sonucu oluşmuş regolitik zeminlerin fiziksel ve dayanım özellikleri belirlenmiş, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi dayanım parametrelerinin basit indeks özellikler kullanılarak tahminine yönelik istatistiksel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar ile elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayalar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Eosen-Neojen yaşlı Kabaköy Formasyonu, Pliyosen yaşlı Beşirli Formasyonu, Kuvaterner yaşlı taraçalar ve alüvyonların yüzeylenme verdiği belirlenmiştir.

- İnceleme alanındaki volkanik kayaların ayrışması sonucunda yer yer 50 santimetre kalınlığında, bazı bölgelerde ise 10 metreden daha fazla kalınlığa sahip regolitik zeminler oluşmuşlardır. Çalışma alanında, Kalkınma, Yalıncağ, Boztepe ve Pelitli civarlarında yüzeylenen regolitler, Eosen-Neojen yaşlı Kabaköy Formasyonu'nun en üst seviyelerinde gözükmektedir. Özellikle temeldeki volkanik kayaların ayrışması sonucu oluşan regolitik zeminlerde, üst kısımlarda görülen kırmızı killer, derine doğru ayrışmamış volkanik kayalara geçiş gösterir.

- Arazi çalışmaları sırasında inceleme alanını temsil eden 45 ayrı noktadan zemin örneği alınmıştır. Alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri tespit edilmiştir. Bunlardan örselenmiş örnekler ile yapılan deneyler sonucunda, örneklerin kıvam limitleri ve buna bağlı olarak aktivasyon katsayıları, özgül ağırlıkları, ıslak elek analizi ve hidrometre deneylerinden dane dağılım eğrileri elde edilmiştir. Örselenmemiş örneklere üzerinde yapılan deneylerde ise örneklerin kohezyonları, içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları, su muhtevaları ve birim hacim ağırlıkları bulunmuştur.

- Zeminlerin su muhtevalarının % 29 ile % 55, özgül ağırlık değerlerinin 2.36 ile 2.61, doğal birim hacim ağırlıklarının ise 16 kN/m^3 ile 19 kN/m^3 arasında değiştiği görülmektedir. Bununla birlikte zemin içerisindeki çakıl oranının % 3'ü geçmediği, kum oranının % 11 ile % 20, silt oranının % 20 ile 30 ve kil oranının % 35 ile 50 arasında olduğu belirlenmiştir. Deneyler sonucunda numunelerin, likit limitlerinin % 33 ile % 90,

plastik limitlerinin % 18 ile % 51 ve plastisite indisinin ise % 10 ile % 40 arasında olduğu görülmüştür.

- Çalışmada zeminler Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre sınıflandırılmış ve bunun sonucunda zeminlerin MH, OH ve CH sınıflarında olduğu görülmüştür (elastik silt, organik kil, yağlı kil).

- Zeminlerde bulunan killerin türü XRF çözümlenmeleriyle bulunabileceği gibi, plastisite özelliklerinden yararlanılarak ta belirlenebilir. Bu amaçla plastisite kartından yararlanılmış genel olarak zeminlerde bulunan killerin kaolinit ve illit olduğu belirlenmiştir.

- Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) likit limit değerleri kullanılarak yaptığı sınıflama, ince taneli zeminlerde, plastisite indisine göre Burmister (1951), Leonards (1962) ve Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) tarafından önerilen sınıflamalar sonucu, çalışma konusu zeminlerden alınan örneklerin yaklaşık % 5'inin çok yüksek plastisiteli, % 70'inin yüksek plastisiteli, % 20'sinin orta plastisiteli, % 5'inin düşük plastisiteli zeminler sınıfına girdiği anlaşılmıştır.

- Çalışmada volkanik kayaların ayrışma ürünü olan regolitik zeminlerin şişme potansiyellerini plastisite özellikleri ve aktivite değerlerinden yararlanarak belirlenmiştir ve zeminlerin içerisindeki kil örneklerinin yüksek şişme potansiyelinden düşük şişme potansiyeline kadar değişen tanımlamalar aldığı belirlenmiştir.

- Yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma konusu zeminlerin aktivite katsayısı değerlerinin 0.5 ile 1.30 arasında değiştiği, zemin örneklerinin % 80'inin ise aktivite katsayısı değerinin 1 den küçük olduğu görülmüştür. Aktivite katsayısı 0.75'den küçük olan killer aktif olmayan killer. 0.75-1.25 arasında olanlar normal killer, 1.25'den büyük olan ise aktif killer olarak kabul edilmektedir. Buradan yola çıkarak zemin örneklerinin % 80'inden fazlası orta-düşük şişme özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

- Zeminin kayma dayanımı parametreleri olan içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlemek amacıyla kesme kutusu deneyi yapılmış ve çalışma konusu zeminlerin kohezyonlarının 10 kPa ile 51 kPa, içsel sürtünme açılarının ise 7 ile 40 derece arasında değiştiği belirlenmiştir.

- Kayma direnci, araziden numune alınarak laboratuarlarda yapılan deneyler sonucunda belirlenebilir. Ancak, araziden örselenmemiş numune almak oldukça zordur hatta imkânsızdır. Ayrıca alınan örnek numune laboratuara götürülürken bozunmaya uğrar, bu da deney sonunda zeminin gerçek mekanik özelliğini yansıtmayabilir. Bununla birlikte

dayanım parametrelerinin bulunmasına yönelik sıkça uygulanan direk kesme ve üç eksenli basınç deney düzenekleri oldukça pahalıdır ve deneyler zaman alıcıdır. Bu nedenle bu çalışmada zeminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısının saptanmasında daha hızlı ve daha pratik çözümlere ulaşmak için zeminlerin fiziksel ve plastik özelliklerinden yararlanılmış, bu özellikler arasında istatistiksel ilişkiler aranmış, bu aşamada regresyon analizlerinden yararlanılmıştır.

- Zemin numunelerine ait verilerin çoklu regresyon testi sonucunda içsel sürtünme açısı ile plastisite indisi/likit limit (PI/LL) değerleri arasında negatif polinomal korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte kohezyon değerleri ile plastisite indisi/likit limit (PI/LL) değerleri arasında ise pozitif üstel korelasyon tespit edilmiştir. Regresyon katsayıları (R^2) sırasıyla 0.81 ve 0.81 olarak hesaplanmıştır. Eşitlikler aşağıda özetlenmiştir.

$$\sigma = -204.5 (PI/LL)^2 + 56.3 (PI/LL) + 31 \quad R^2: 0.81$$

$$c: 0.265 (PI/LL)^{2.78} \quad R^2: 0.80$$

- Regresyon analizinde belirlenen eşitliklerin doğruluğunu test etmek için gözlenen değer-hesaplanan değer grafikleri hazırlanmış ve regresyon katsayısının 1 olduğu doğruyla analiz sonucunda elde edilen doğru karşılaştırılmıştır. Çalışmada çizilmiş grafikler yorumlandığında analizler sonucunda çizilmiş doğruların regresyon katsayısı bir olan doğruya yaklaşık olarak paralel olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, gözlenen (ölçülen) değer hesaplanan değer farklarından yüzde dağılım frekans histogramları çizilmiş ve verilerin normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Tüm bu veriler üretilen modelin doğruluğu ve kullanılabilir nitelikte olduğunu yansıtmaktadır.

- Çalışmada uygulanan yöntem ve elde edilen sonuçlar zeminlerin dayanım parametrelerinin tahmininde basit fiziksel parametrelerin kullanılması amaçlanmış, bununla birlikte elde edilen eşitliklerin, zamandan optimum şekilde yararlanıp maliyeti düşürmek suretiyle ön tasarım amaçlı çalışmalarda kullanılabileceğini göstermiştir.

5. KAYNAKLAR

- Arslan, M., Kadir S., Abdioğlu, E. and Kolaylı, H., 2006. Origin and Formation Of Kaolin Minerals In Saprolite Of Tertiary Alkaline Volcanic Rocks Eastern Pontides (NE Turkey), Clay Minerals, 41, 597-617
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1991. Annual Book of ASTM Standarts, 4, 08, Philadelphia
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1994. Annual Book of ASTM Standarts-Construction, Soil and Rock, ASTM Publication, Vol. 04.08, 978 pp.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1991. Annual Book of ASTM Standarts, D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, 18 p.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1991. Annual Book of ASTM Standarts, D4718-87 (Reapproved 2001) Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles, 3 p.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1991. Annual Book of ASTM Standarts, D 3080-03 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, 7 p.
- Das, B., 2007. Principles of Foundation Engineering (6th ed.), Cengage Publisher, New York
- Davis, J.C., 1986. Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley Press, USA
- Freedman, D.A, 2005. Statistical Models: Theory and Practice, Cambridge University Press; New York
- Deere, D.U. and Patton, F.D., 1971. Slope Stability Analysis In Residual Soils, Proceedings of the 4th Panamerican Conference on Soil Mechanics, San Juan, PR, 1, 144-45.
- De, P.K. and Furdas, B., 1973. Discussion of Correlation Between Atterberg Plasticity Limits and Residual Shear Strength of Soils, Geotechnique, 23, 600-601
- Escario, V. and Juca, N., 1989. Shear Strength and Deformation of Partly Saturated Soils, Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 2, 243-246
- Fener, M., Kahraman, S., Bay, Y. and Gunaydin, O., 2005. Correlations Between P-wave Velocity and Atterberg Limits of Cohesive Soils, Canadian Geotechnical Journal, 42, 2, 673-677.
- Gan, J.K.M. and Fredlund, D.G., 1988. Multistage Direct Shear Testing of Unsaturated Soils, American Society for Testing Materials, Geotechnical Testing Journal, 11, 2, 132-138.
- Gibson, R.E, 1953. Experimental Determination of True Cohesion and True Angle Of Internal Friction in Clays: Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (Zurich), 1-126.

- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara (in Turkish)
- Holtz, R.D. and Kovacs, W.D., 1985. An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, 545
- IAEG (International Association of Engineering Geology), 1976, Engineering Geological Maps. A Guide to Their Preparation, The Unesco Press, Paris, 79
- Kenney, T. C., 1959. Discussion of Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, ASCE, 85-SM3, 67-79.
- Kenney, T.C., 1967. The Influence of Mineral Composition On The Residual Strength of Natural Soils: Proceedings of Oslo Conference on Shear Strength Properties of Natural Soils and Rocks, 1, 123-129.
- Khallili, N. and Khabbaz, M.H., 1998. A Unique Relationship For The Determination of The Shear Strength of Unsaturated Soils, Geotechnique, 48, 5, 681-687
- Kurtuluş, C., Sertçelik, F.; Canbay, M. and Sertçelik, I., 2009, Estimation of Atterberg Limits and Bulk Mass Density Of Derince Expansive Soil From P-Wave Velocity Measurements, 5th Congress of Balkan Geophysical Society, Belgrade, Serbia
- Lee, J., Salgado, R. and Paik, K., 2003. Estimation of Load Capacity of Pipe Piles In Sand Based On Cpt Results, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129, 5, 391-403.
- Leonards, G.A., 1962. Foundation Engineering. Mc Graw Hill Book Company, New York, 1136
- Luna, R. and Jadi, H., 2000. Determination of Dynamic Soil Properties Using Geophysical Methods, the First International Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure, St. Louis
- Miao, L., Liu, S. and Lai, Y., 2002. Research of soil-water characteristics and shear strength feature of Nanyag expansive soil, Engineering Geology, 65, 261-267
- Mitchell, J.K., 1976. Fundamentals of Soil Behavior, John Wiley, New York, 422
- Oberg, A. and Sallfors, G., 1997. Determination of Shear Strength Parameters of Unsaturated Silts And Sands Based On The Water Retention Curve, Geotechnical Testing Journal, 20, 1, 40-48.
- Poulos, S.J. 1989. Liquefaction Related Phenomena, Jansen, R. B., ed., Advanced Dam Engineering For Design Construction And Rehabilitation, Van Nostrand Reinhold, 292-320.
- Sawangsurriya, A. and Fratta, D., 2006. Discussion of Correlations Between P-Wave Velocity And Atterberg Limits of Cohesive Soils, Canadian Geotechnical Journal, 43, 653-655.
- Skempton A.W, 1953. The Colloidal Activity of Clays, Proceedings, 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, 1, 47-61
- Skempton, A.W., 1985. Residual Strength of Clays In Landslides Folded Strata And The Laboratory, Geotechnique, 35, 1, 3-18.

- Terzaghi, K., 1943. Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York
- Van Der Merve D.H, 1964. The Prediction Of Heave From The Plasticity Index and The Percentage Clay Fraction, South African Institute Civil Engineering, 6, 103–107.
- Voight, B., 1973. Correlation Between Atterberg Plasticity Limits And Residual Strength of Natural Soils, Geotechnique, 23, 265-267.
- Wesley, L.D., 2003. Residual Strength of Clays and Correlation Using Atterberg Limits, Geotechnique, 53-7, 669-672.
- Wilbourn, K., Vembu, K. and Vipulanandan, C., 2007. Index Properties and Strength of Artificial Soil Using the Harvard Miniature Method, Final Report Department of Environmental and Civil Engineering University of Houston, USA

6. EKLER

Ek Tablo 1. Zeminlere ait doğal su içeriği deney sonuçları

| Kap Numarası | Ö-1 | Ö-2 | Ö-3 | Ö-4 | Ö-5 | Ö-6 | Ö-7 | Ö-8 | Ö-9 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 425.87 | 456.44 | 420.09 | 435.19 | 444.56 | 467.61 | 453.21 | 455.65 | 435.09 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 367.67 | 375.09 | 355.09 | 389.51 | 390.98 | 405.14 | 398.91 | 395.04 | 378.01 |
| Kap ağırlığı (gr) | 230 | 228.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 |
| Su ağırlığı (gr) | 58.2 | 81.35 | 65 | 45.68 | 53.58 | 62.47 | 54.3 | 60.61 | 57.08 |
| Su içeriği (%) | 42 | 55 | 50 | 29 | 34 | 35 | 32 | 38 | 37 |

| Kap Numarası | Ö-10 | Ö-11 | Ö-12 | Ö-13 | Ö-14 | Ö-15 | Ö-16 | Ö-17 | Ö-18 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 415.01 | 436.14 | 410.29 | 435.33 | 455.17 | 471.81 | 451.44 | 454.23 | 433.21 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 367.25 | 365.03 | 345.45 | 389.14 | 391.08 | 415.16 | 401.01 | 390.04 | 387.11 |
| Kap ağırlığı (gr) | 230 | 235.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 |
| Su ağırlığı (gr) | 47.76 | 71.11 | 64.84 | 46.19 | 64.09 | 56.65 | 50.43 | 64.19 | 46.1 |
| Su içeriği (%) | 35 | 55 | 54 | 29 | 41 | 30 | 29 | 41 | 29 |

| Kap Numarası | Ö-19 | Ö-20 | Ö-21 | Ö-22 | Ö-23 | Ö-24 | Ö-25 | Ö-26 | Ö-27 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 422.56 | 418.21 | 410.34 | 449.67 | 446.09 | 417.61 | 452.45 | 435.67 | 431.12 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 365.21 | 366.98 | 349.56 | 397.89 | 391.08 | 352.18 | 389.91 | 377.81 | 377.76 |
| Kap ağırlığı (gr) | 230 | 228.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 | 230 | 235.34 | 225.65 |
| Su ağırlığı (gr) | 57.35 | 51.23 | 60.78 | 51.78 | 55.01 | 65.43 | 62.54 | 57.86 | 53.36 |
| Su içeriği (%) | 42 | 37 | 49 | 31 | 35 | 52 | 39 | 41 | 35 |

| Kap Numarası | Ö-28 | Ö-29 | Ö-30 | Ö-31 | Ö-32 | Ö-33 | Ö-34 | Ö-35 | Ö-36 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 425,87 | 421,22 | 416,98 | 451,81 | 441,21 | 420,09 | 445,01 | 431,32 | 433,25 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 366,09 | 351,67 | 360,5 | 401,77 | 391,18 | 351,66 | 379,45 | 366,11 | 369,13 |
| Kap ağırlığı (gr) | 230 | 228,34 | 225,65 | 230 | 235,34 | 225,65 | 230 | 235,34 | 225,65 |
| Su ağırlığı (gr) | 59,78 | 69,55 | 56,48 | 50,04 | 50,03 | 68,43 | 65,56 | 65,21 | 64,12 |
| Su içeriği (%) | 44 | 56 | 42 | 29 | 32 | 54 | 44 | 50 | 45 |

Ek Tablo 2. Zeminlere ait plastik limit deney sonuçları

| Kap Numarası | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 40,24 | 39,56 | 40,01 | 41,02 | 41,23 | 39,98 | 42,12 | 41,98 | 40,08 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 38,67 | 38,24 | 38,01 | 39,01 | 39,17 | 38,65 | 40,14 | 40,08 | 38,51 |
| Kap ağırlığı (gr) | 35 | 33,5 | 33,9 | 35 | 33,5 | 33,9 | 35 | 33,5 | 33,9 |
| Su ağırlığı (gr) | 1,57 | 1,32 | 2 | 2,01 | 2,06 | 1,33 | 1,98 | 1,9 | 1,57 |
| Su içeriği (%) | 43 | 28 | 49 | 50 | 36 | 28 | 39 | 29 | 34 |

| Kap Numarası | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 41,45 | 45,55 | 43,23 | 43,67 | 41,05 | 45,94 | 40,76 | 39,09 | 39 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 39,6 | 42,35 | 40,89 | 41,65 | 39,18 | 44,05 | 39,19 | 37,65 | 37,65 |
| Kap ağırlığı (gr) | 35 | 33,5 | 33,9 | 35 | 33,5 | 33,9 | 35 | 33,5 | 33,9 |
| Su ağırlığı (gr) | 1,85 | 3,2 | 2,34 | 2,02 | 1,87 | 1,89 | 1,57 | 1,44 | 1,35 |
| Su içeriği (%) | 40 | 36 | 33 | 30 | 33 | 19 | 37 | 35 | 36 |

Ek Tablo 3. Zeminlere ait özgül ağırlık deney sonuçları

| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,48 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,60 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,65 | 56,82 | 56,73 | | 56,25 | 56,39 | 56,29 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,25 | 153,42 | 153,34 | | 153,23 | 153,42 | 153,36 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,33 | 148,56 | 148,45 | | 148,43 | 148,66 | 148,61 | |
| Özgül ağırlık | 2,50 | 2,47 | 2,49 | | 2,60 | 2,60 | 2,59 | |

| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,60 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,37 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,25 | 56,39 | 56,29 | | 57,25 | 57,65 | 57,53 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,23 | 153,42 | 153,36 | | 153,15 | 153,32 | 153,24 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,43 | 148,66 | 148,61 | | 148,05 | 148,11 | 148,07 | |
| Özgül ağırlık | 2,60 | 2,60 | 2,59 | | 2,38 | 2,37 | 2,36 | |

| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,56 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,51 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,24 | 56,44 | 56,33 | | 56,15 | 56,33 | 56,23 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 152,85 | 152,89 | 152,84 | | 153,15 | 153,39 | 153,28 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,11 | 148,13 | 148,10 | | 148,51 | 148,76 | 148,67 | |
| Özgül ağırlık | 2,55 | 2,57 | 2,56 | | 2,52 | 2,52 | 2,50 | |

| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,51 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,61 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,61 | 56,85 | 56,70 | | 56,26 | 56,37 | 56,26 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,21 | 153,49 | 153,38 | | 153,21 | 153,41 | 153,35 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,31 | 148,55 | 148,46 | | 148,42 | 148,63 | 148,59 | |
| Özgül ağırlık | 2,50 | 2,52 | 2,52 | | 2,59 | 2,63 | 2,61 | |

Ek Tablo 3'ün devamı

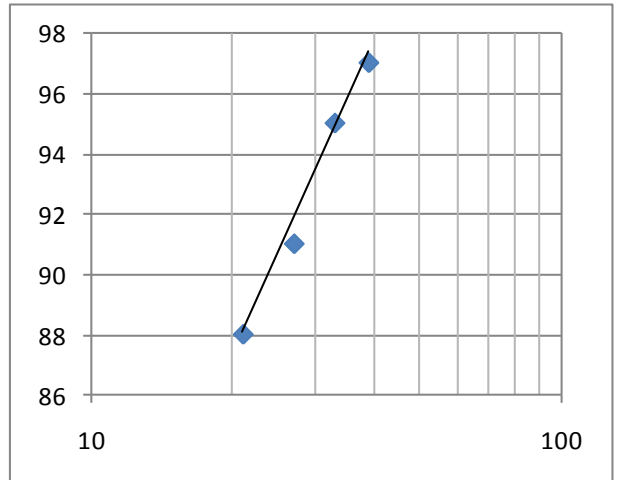
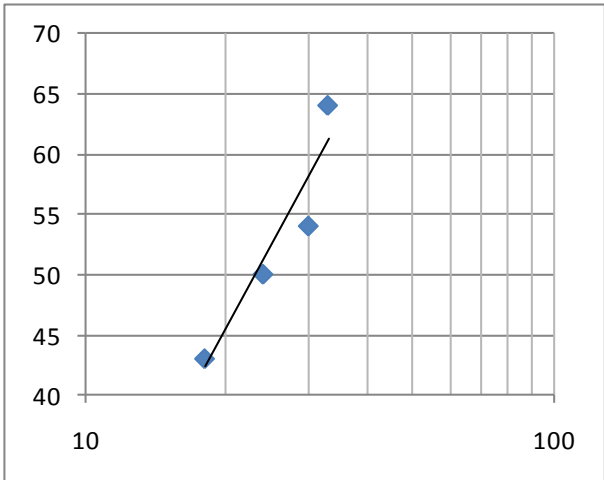
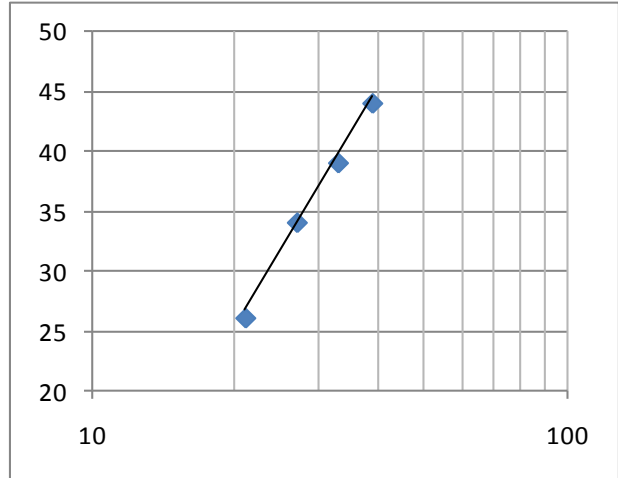
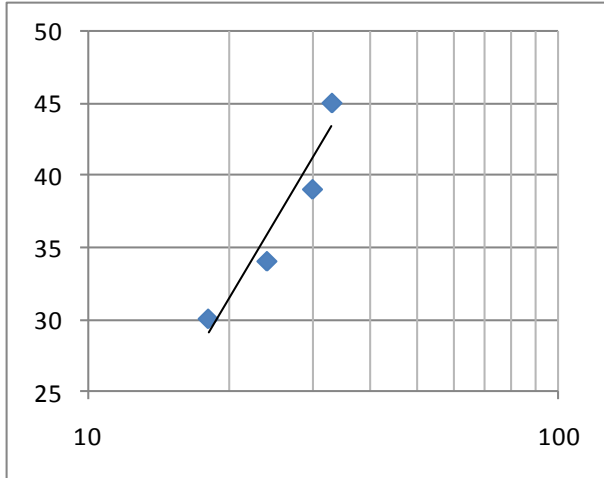
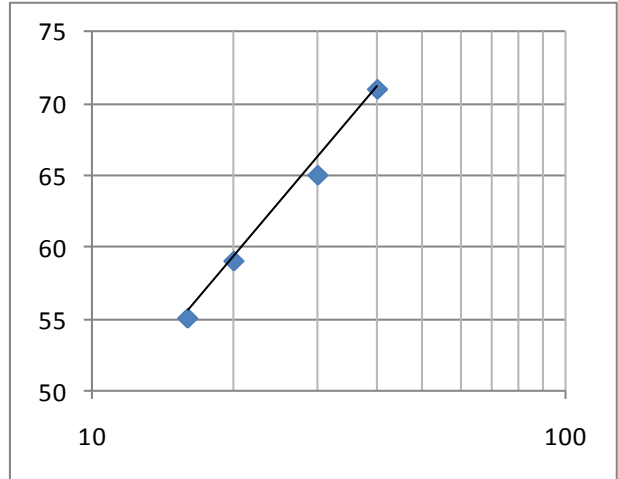
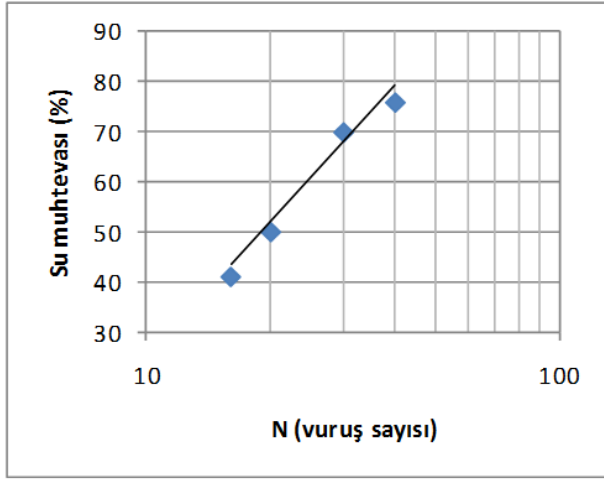
| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,38 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,51 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 57,15 | 57,54 | 57,48 | | 56,12 | 56,30 | 56,21 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,20 | 153,37 | 153,22 | | 153,11 | 153,38 | 153,27 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,15 | 148,21 | 148,05 | | 148,50 | 148,76 | 148,68 | |
| Özgül ağırlık | 2,38 | 2,38 | 2,37 | | 2,51 | 2,52 | 2,50 | |

| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,60 | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,51 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,12 | 56,33 | 56,31 | | 56,59 | 56,83 | 56,68 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 152,82 | 152,87 | 152,83 | | 153,19 | 153,51 | 153,39 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,10 | 148,11 | 148,09 | | 148,32 | 148,58 | 148,48 | |
| Özgül ağırlık | 2,60 | 2,63 | 2,57 | | 2,49 | 2,52 | 2,52 | |

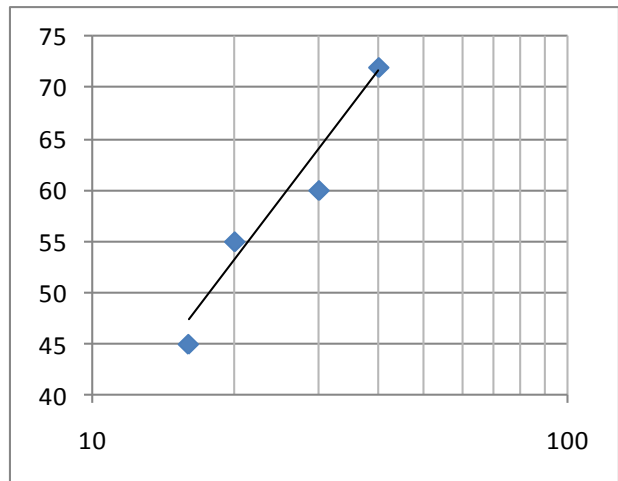
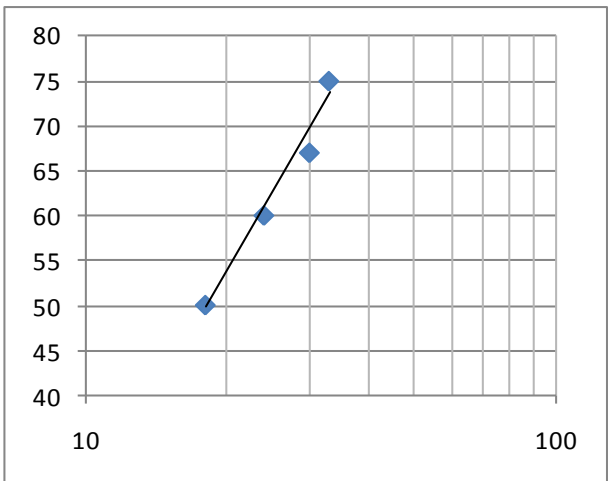
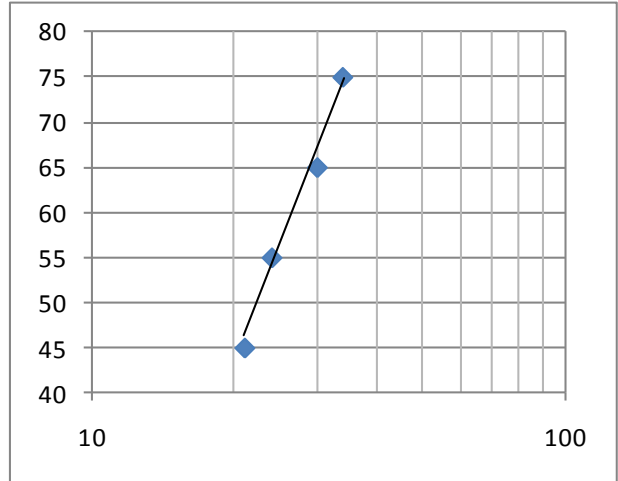
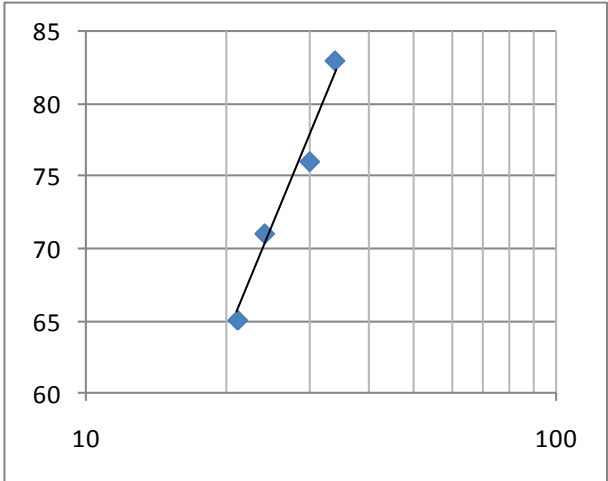
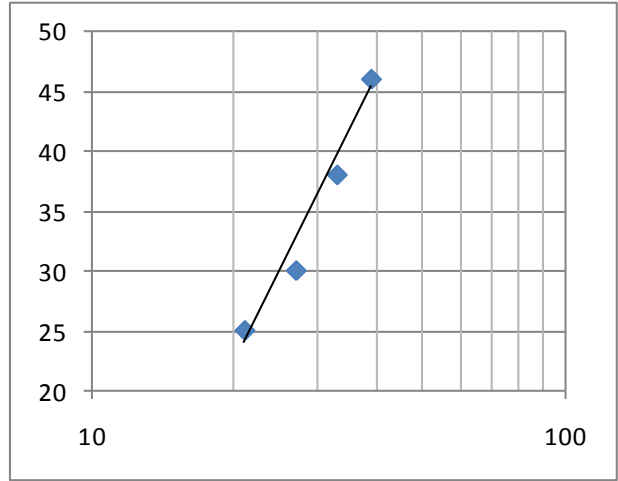
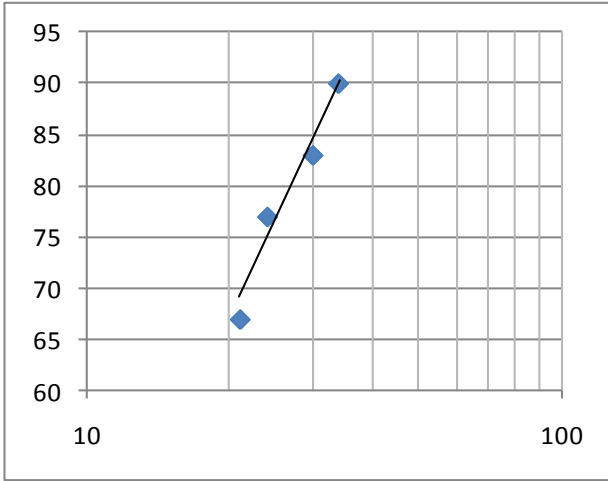
| Kap No | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,45 | 48,65 | 48,55 | 2,52 | 48,65 | 48,45 | 48,55 | 2,52 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,36 | 56,45 | 56,36 | | 56,45 | 56,12 | 56,68 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,11 | 153,31 | 153,25 | | 153,31 | 153,11 | 153,39 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,34 | 148,61 | 148,55 | | 148,61 | 148,50 | 148,48 | |
| Özgül ağırlık | 2,52 | 2,52 | 2,51 | | 2,52 | 2,51 | 2,52 | |

| Kap No | 1 | 2 | 3 | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Piknometre ağırlığı (gr) | 48,65 | 48,45 | 48,55 | 2,51 |
| Piknometre+zemin ağırlığı (gr) | 56,82 | 56,61 | 56,70 | |
| Piknometre+zemin+su ağırlığı (gr) | 153,42 | 153,21 | 153,38 | |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 148,56 | 148,31 | 148,46 | |
| Özgül ağırlık | 2,47 | 2,50 | 2,52 | |

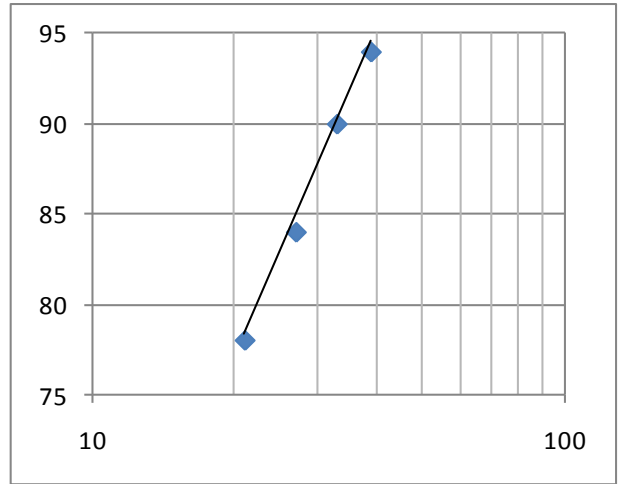
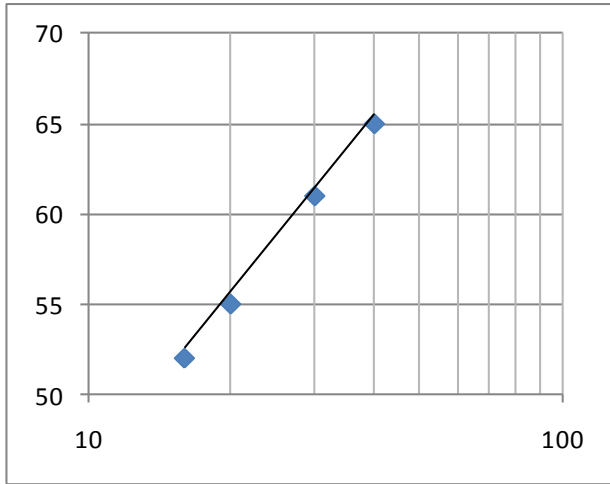
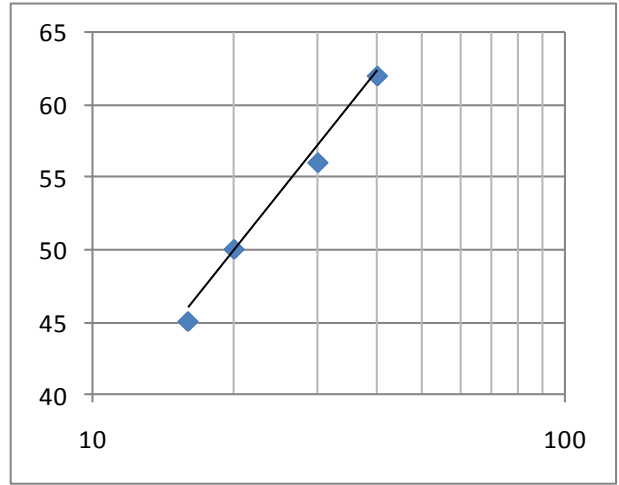
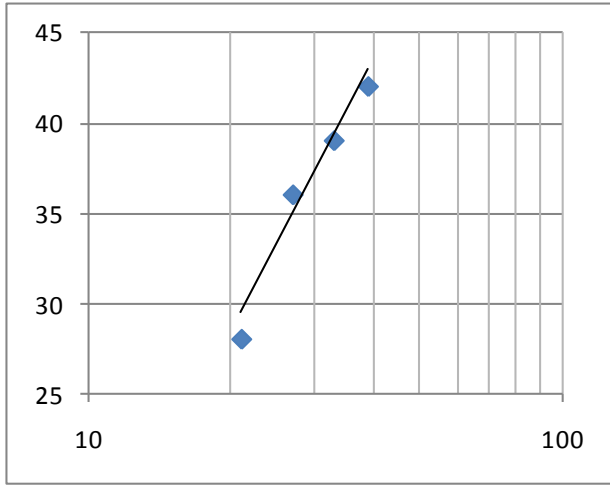
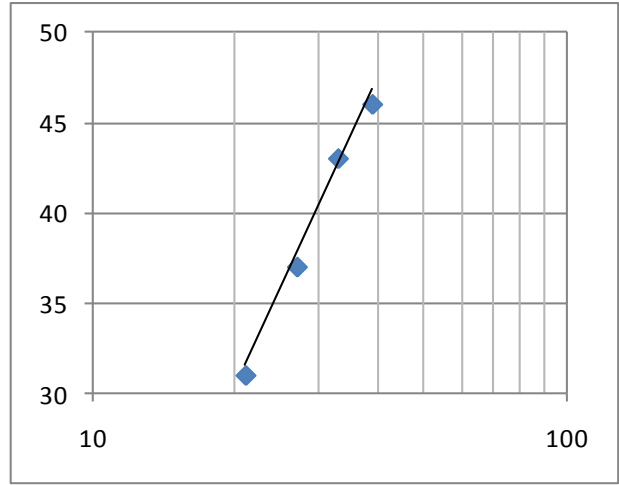
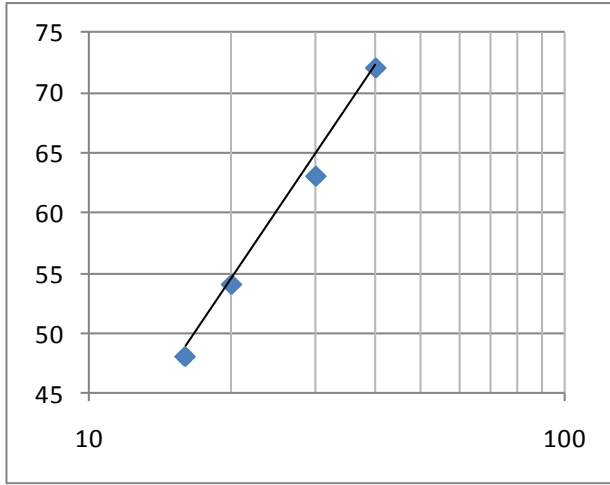
Ek Şekil 1. Zeminlere ait likit limit deney sonuçları



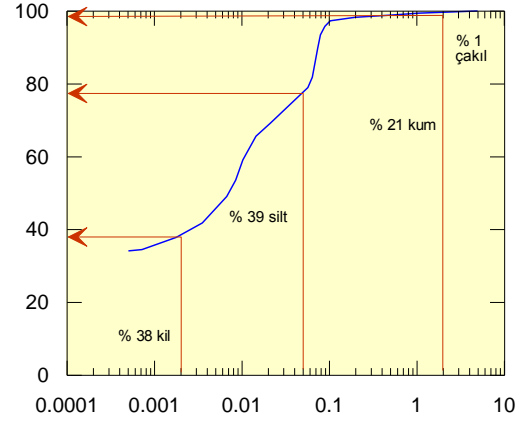
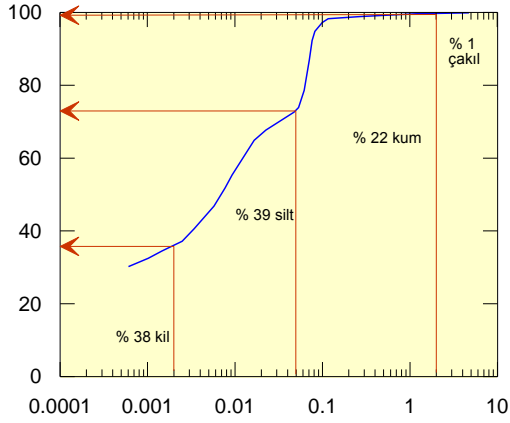
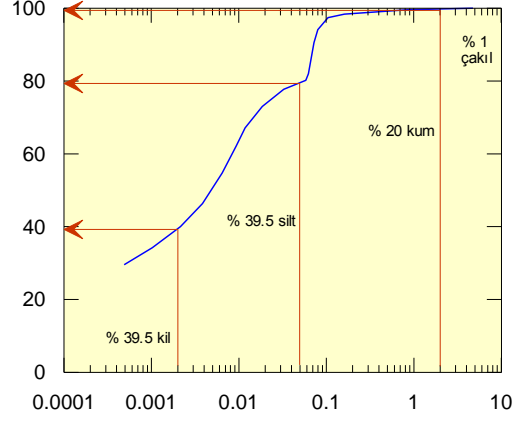
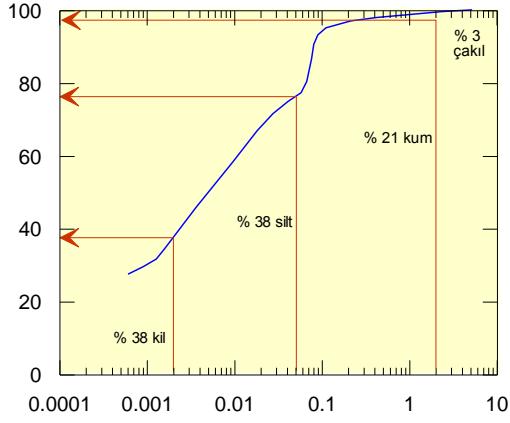
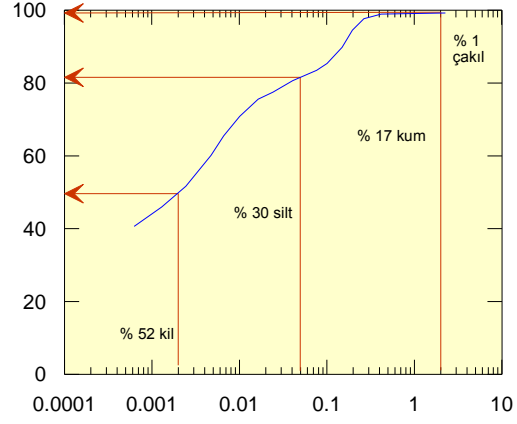
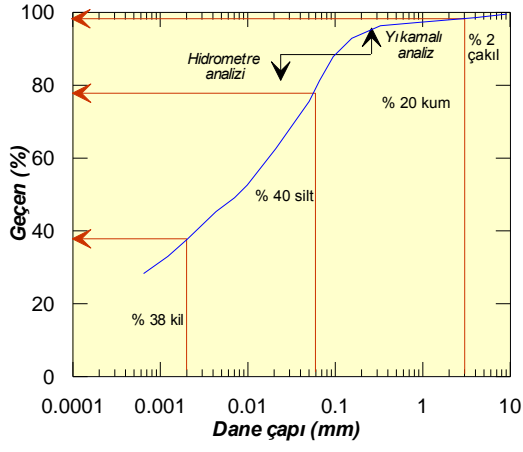
Ek Şekil 1'in devamı



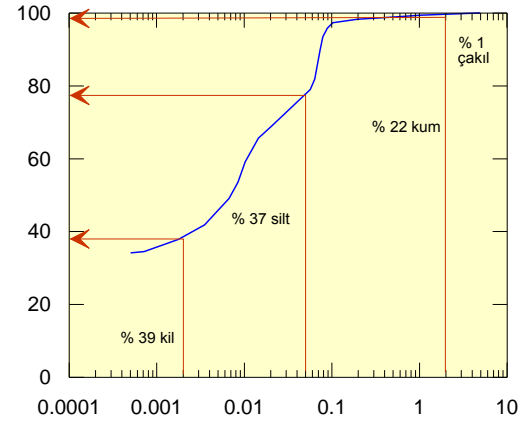
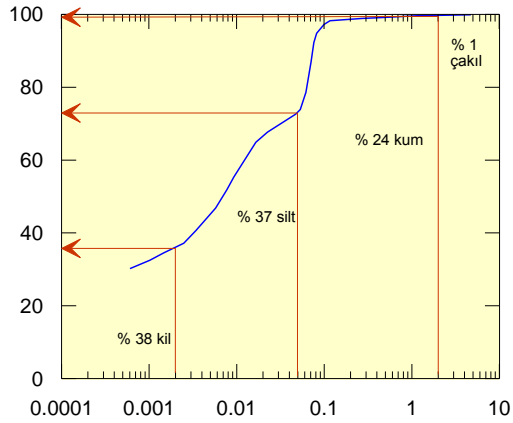
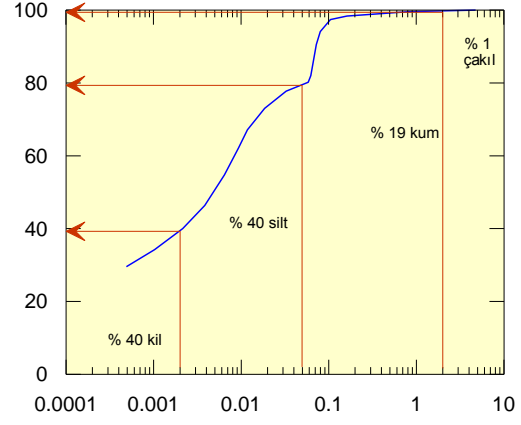
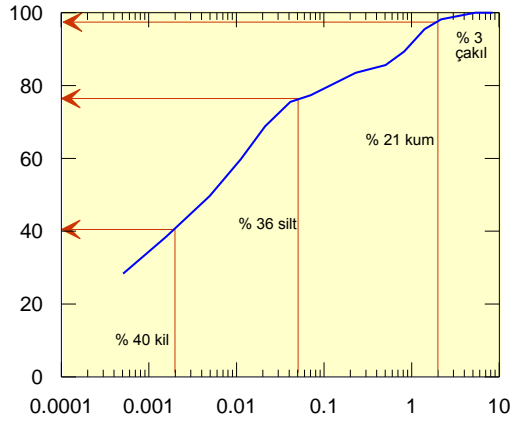
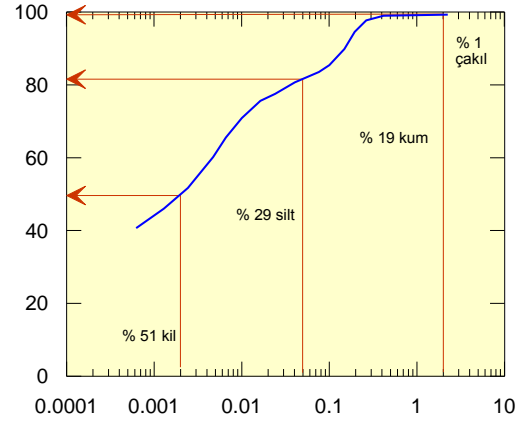
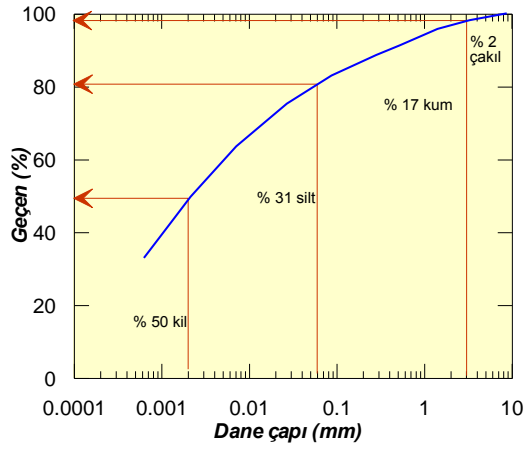
Ek Şekil 1'in devamı



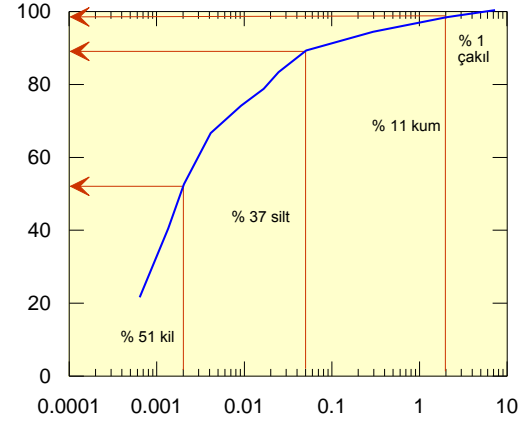
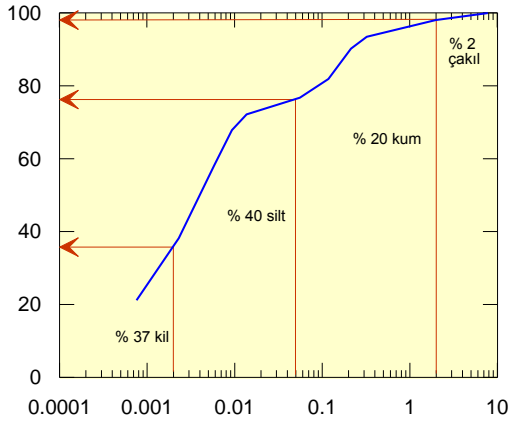
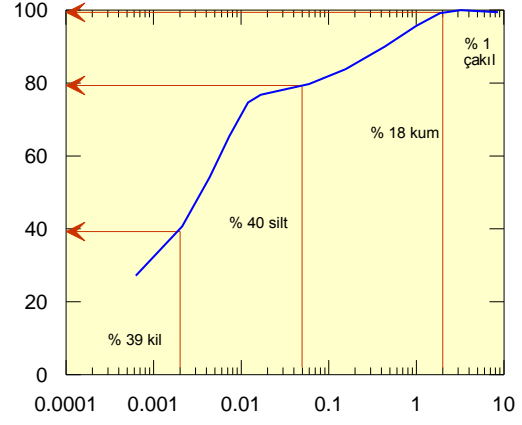
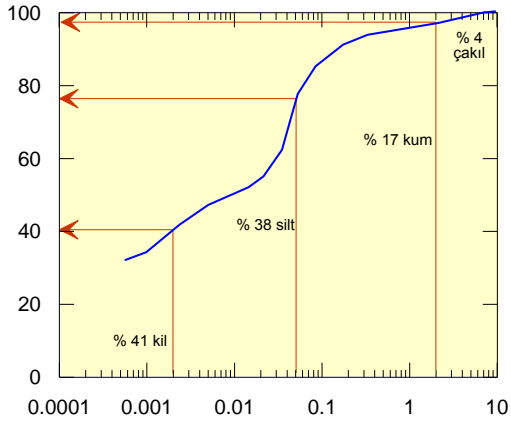
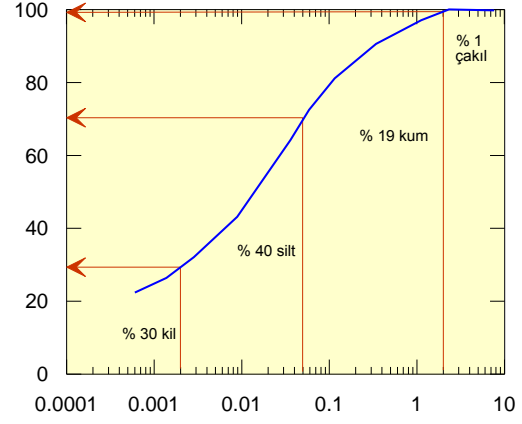
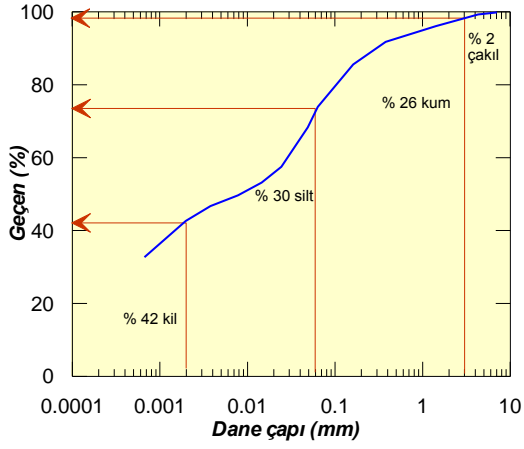
Ek Şekil 2. Zeminlere ait dane dağılım eğrileri



Ek Şekil 2'nin devamı

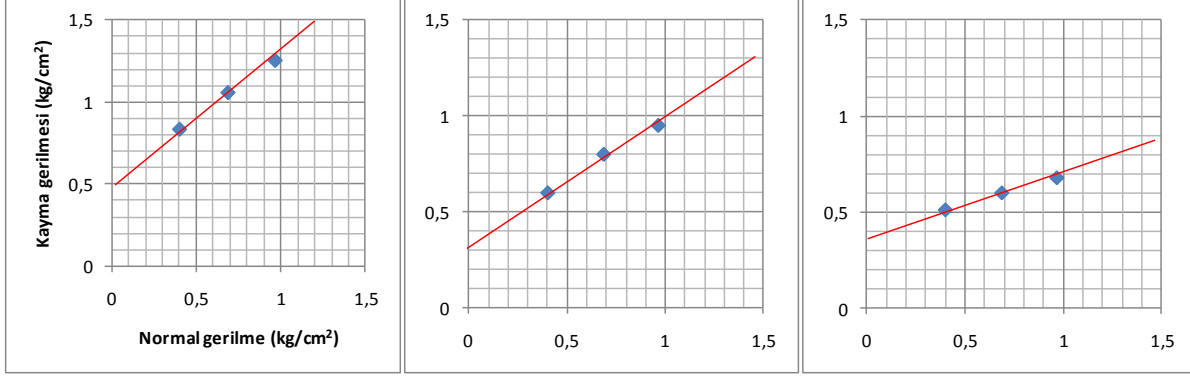


Ek Şekil 2'nin devamı

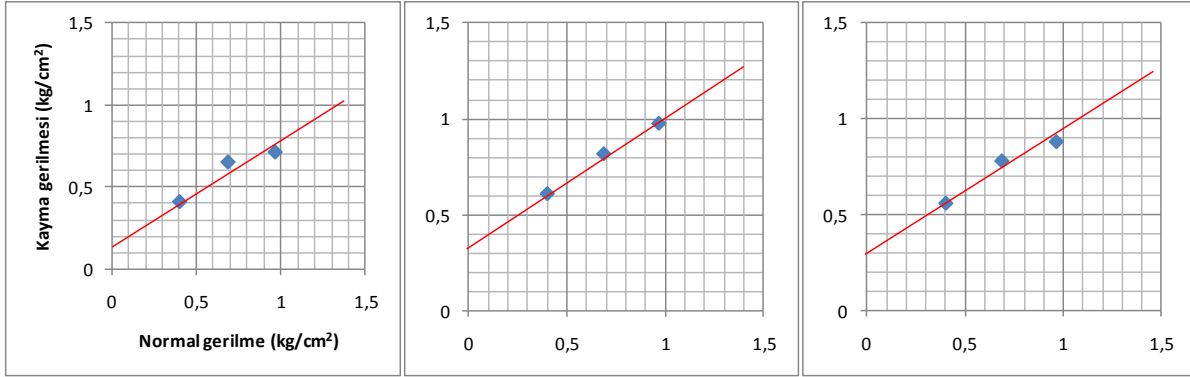


Ek Şekil 3. Kesme kutusu deney sonuçları ve normal gerilme-kesme gerilmesi grafikleri

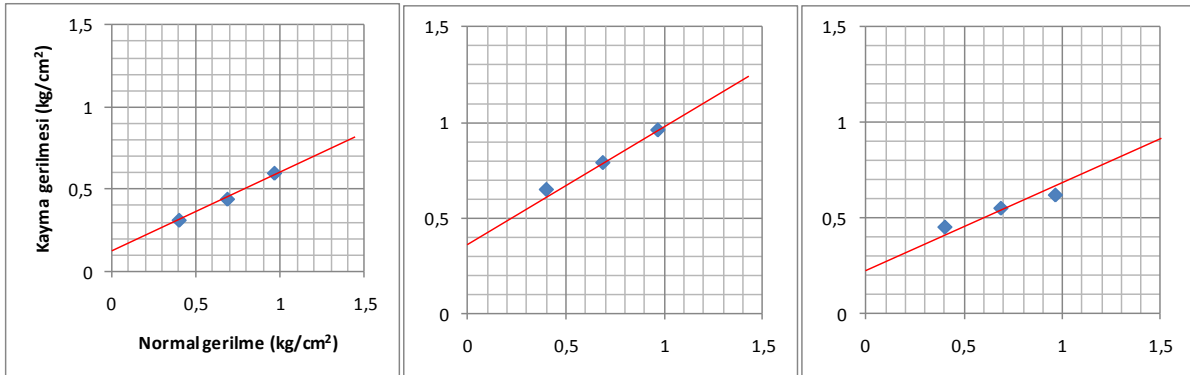
| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0.83 | 0.60 | 0.51 | 108 | 205,20 | 1,9 |
| 24.745 | 0.6874 | 1.06 | 0.80 | 0.60 | 108 | 203,04 | 1,88 |
| 34.745 | 0.9651 | 1.25 | 0.95 | 0.68 | 108 | 200,88 | 1,86 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,41 | 0,56 | 0,61 | 108 | 172,80 | 1,60 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,65 | 0,78 | 0,82 | 108 | 181,44 | 1,68 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,71 | 0,88 | 0,98 | 108 | 176,04 | 1,63 |

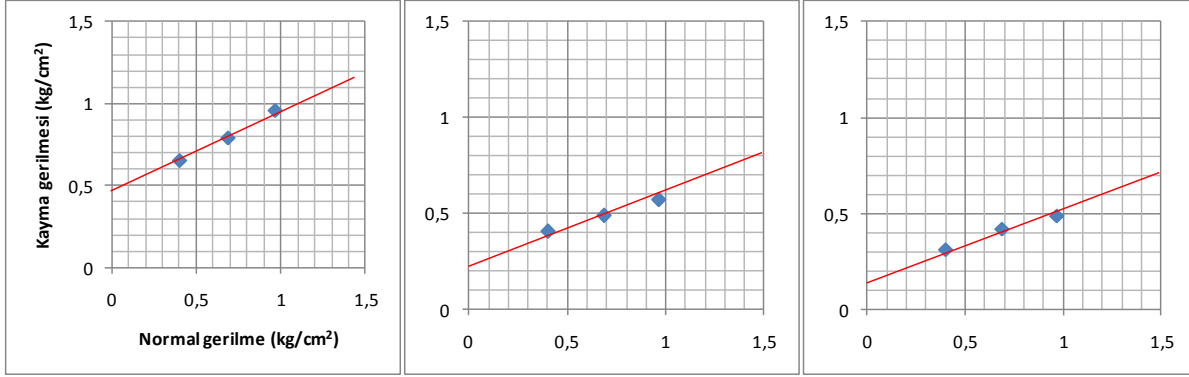


| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,41 | 0,56 | 0,61 | 108 | 191,16 | 1,77 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,65 | 0,78 | 0,82 | 108 | 195,48 | 1,81 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,71 | 0,88 | 0,98 | 108 | 185,76 | 1,72 |

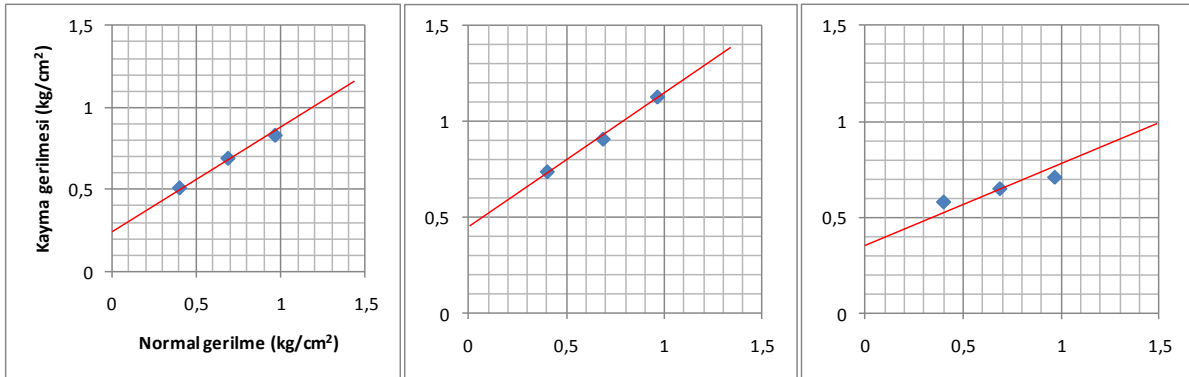


Ek Şekil 3'ün devamı

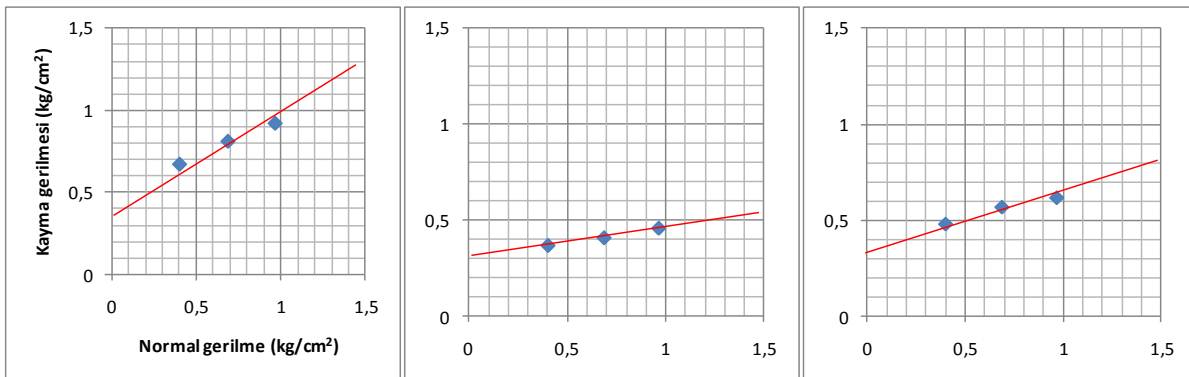
| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,65 | 0,41 | 0,31 | 108 | 184,68 | 1,71 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,79 | 0,49 | 0,42 | 108 | 182,52 | 1,69 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,96 | 0,57 | 0,49 | 108 | 187,92 | 1,74 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,51 | 0,34 | 0,58 | 108 | 200,88 | 1,86 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,69 | 0,51 | 0,65 | 108 | 196,56 | 1,82 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,83 | 0,62 | 0,71 | 108 | 199,80 | 1,85 |

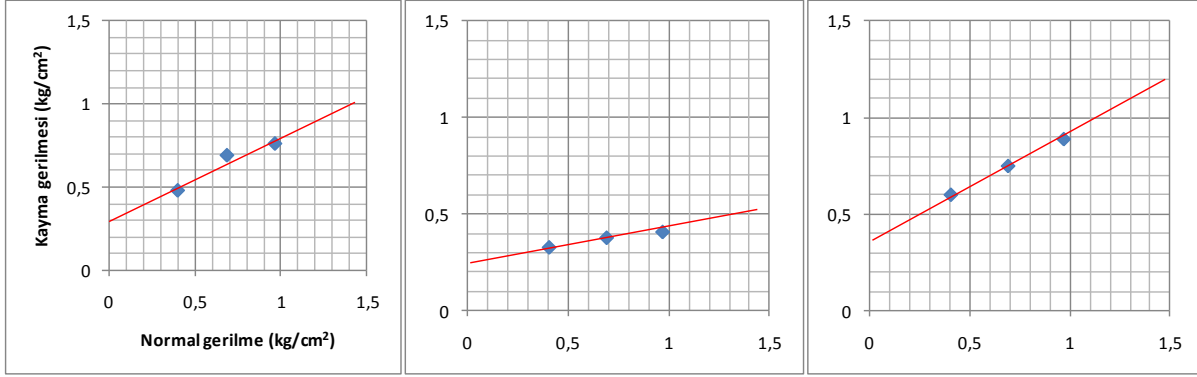


| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,67 | 0,37 | 0,48 | 108 | 195,48 | 1,81 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,81 | 0,41 | 0,57 | 108 | 196,56 | 1,82 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,92 | 0,46 | 0,62 | 108 | 200,88 | 1,86 |

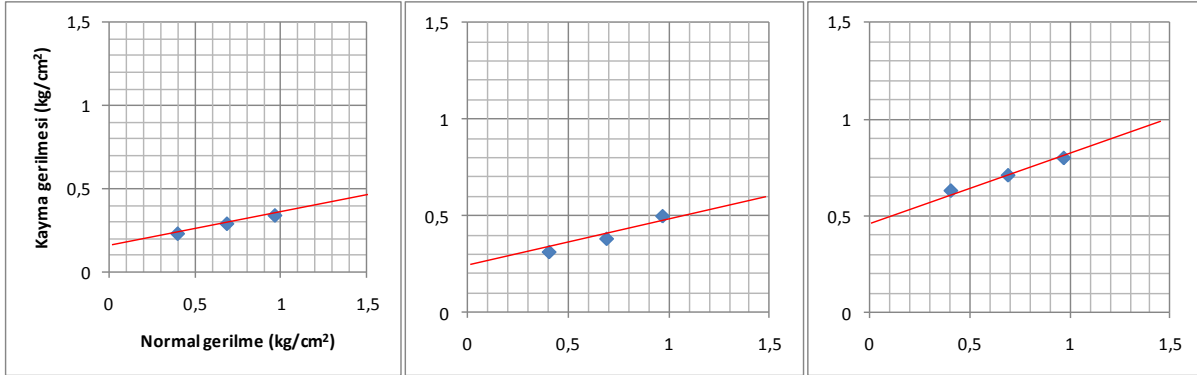


Ek Şekil 3'ün devamı

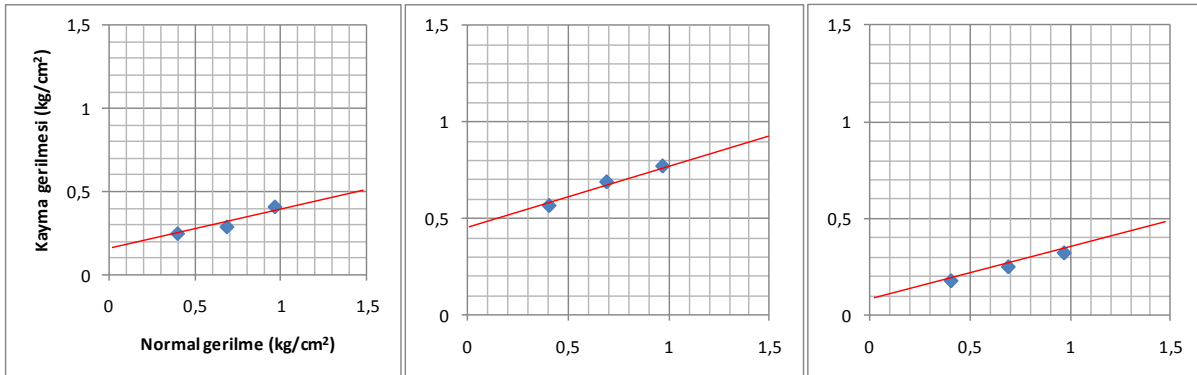
| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,48 | 0,33 | 0,6 | 108 | 189 | 1,75 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,69 | 0,38 | 0,75 | 108 | 190,08 | 1,76 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,76 | 0,41 | 0,89 | 108 | 186,84 | 1,73 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,23 | 0,31 | 0,63 | | | |
| 24.745 | 0.6874 | 0,29 | 0,38 | 0,71 | | | |
| 34.745 | 0.9651 | 0,34 | 0,5 | 0,8 | | | |

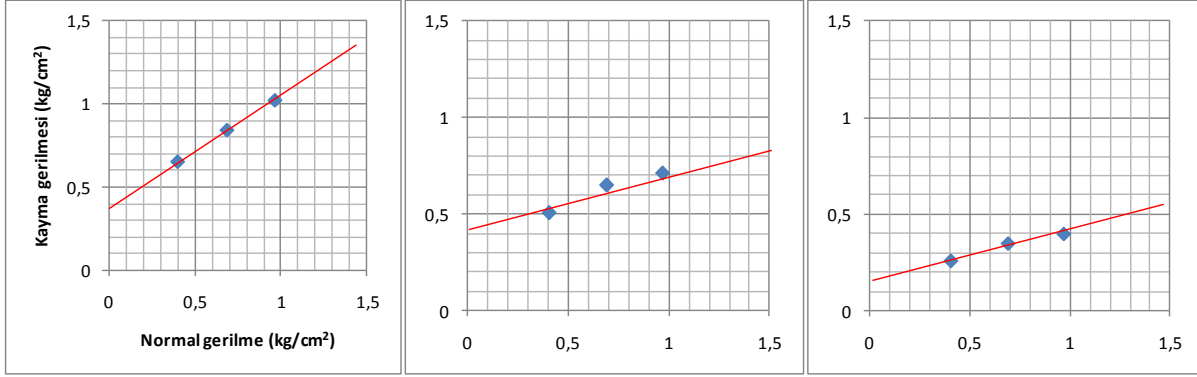


| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,25 | 0,57 | 0,18 | 108 | 173,88 | 1,61 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,29 | 0,69 | 0,25 | 108 | 180,36 | 1,67 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,41 | 0,77 | 0,32 | 108 | 181,44 | 1,68 |

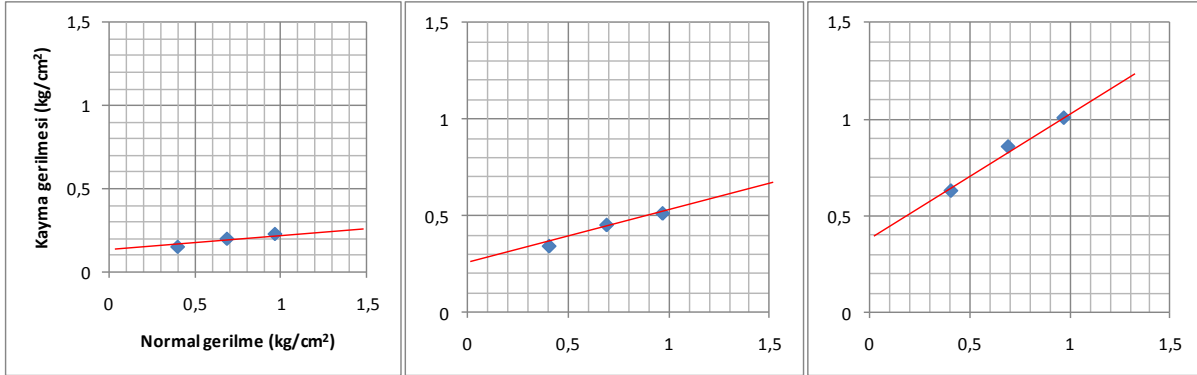


Ek Şekil 3'ün devamı

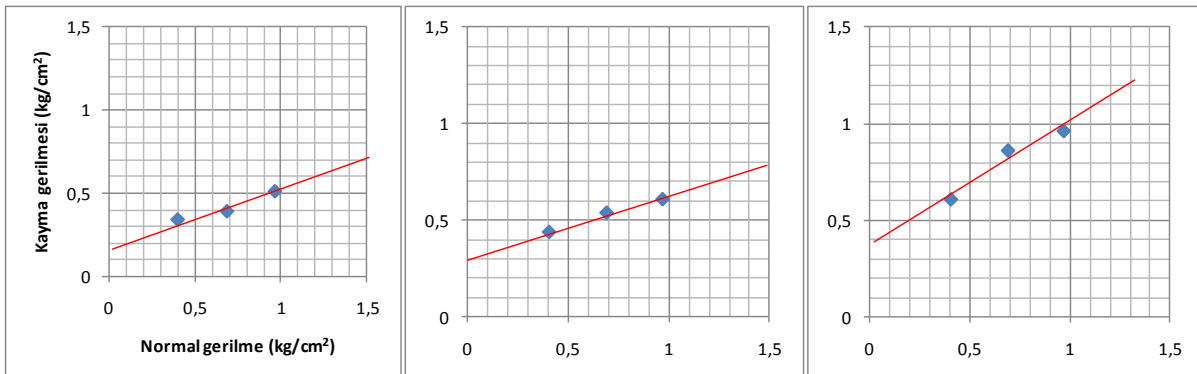
| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,65 | 0,51 | 0,26 | 108 | 172,8 | 1,6 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,84 | 0,65 | 0,35 | 108 | 178,2 | 1,65 |
| 34.745 | 0.9651 | 1,02 | 0,71 | 0,4 | 108 | 177,12 | 1,64 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,15 | 0,34 | 0,63 | 108 | 173,88 | 1,61 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,2 | 0,45 | 0,86 | 108 | 176,04 | 1,63 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,23 | 0,51 | 1,01 | 108 | 174,96 | 1,62 |

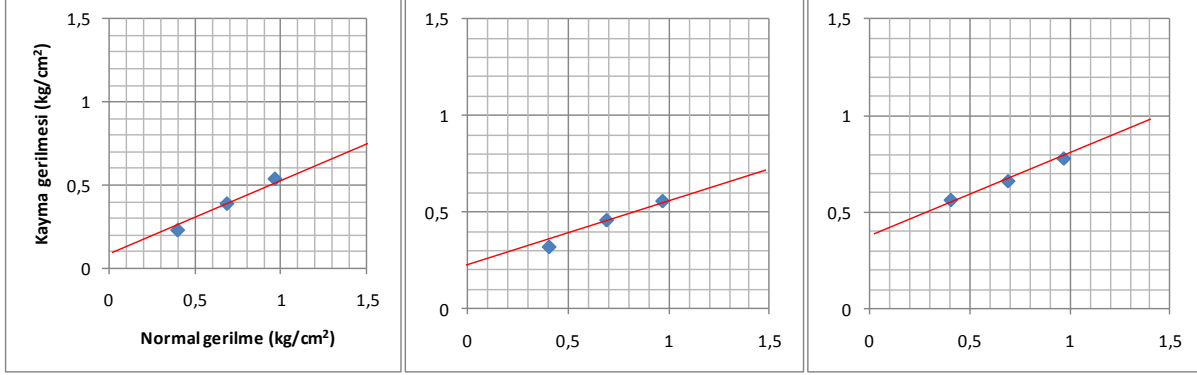


| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,34 | 0,44 | 0,61 | 108 | 199,8 | 1,85 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,39 | 0,54 | 0,86 | 108 | 205,2 | 1,9 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,51 | 0,61 | 0,96 | 108 | 201,96 | 1,87 |

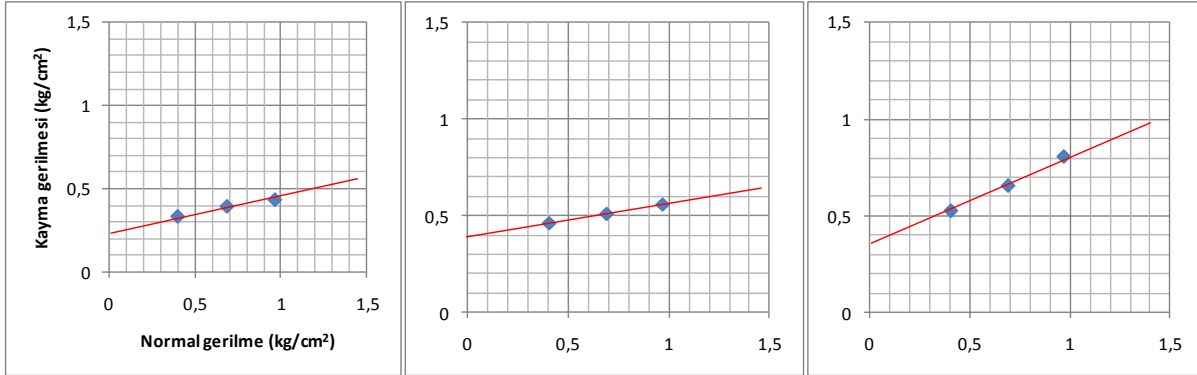


Ek Şekil 3'ün devamı

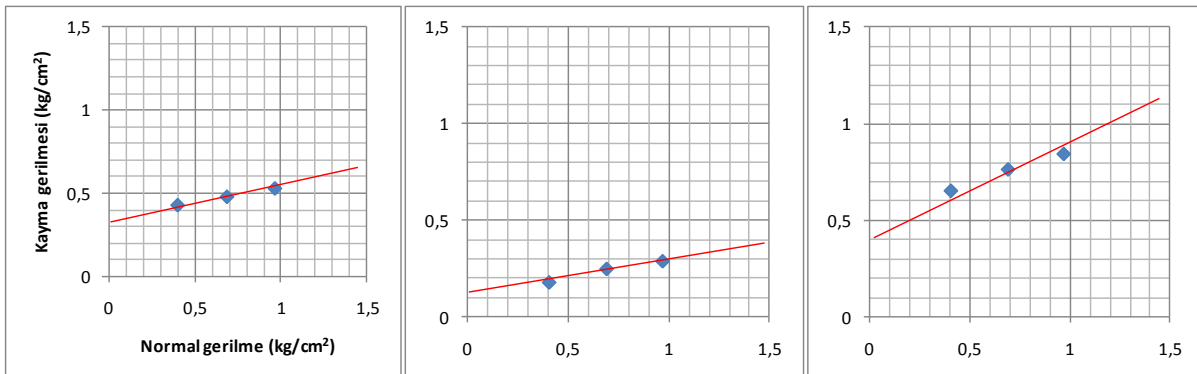
| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,23 | 0,32 | 0,56 | 108 | 186,84 | 1,73 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,39 | 0,46 | 0,66 | 108 | 192,24 | 1,78 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,54 | 0,56 | 0,78 | 108 | 183,6 | 1,7 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,33 | 0,46 | 0,53 | 108 | 176,04 | 1,63 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,39 | 0,51 | 0,66 | 108 | 180,36 | 1,67 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,43 | 0,56 | 0,81 | 108 | 178,2 | 1,65 |



| Düşey yük (kg) | Normal gerilme (kg/cm ²) | Kayma gerilmesi (kg/cm ²) | | | Hacim (cm ³) | Ağırlık (gr) | BHA (gr/cm ³) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 14.745 | 0.4021 | 0,43 | 0,18 | 0,65 | 108 | 197,64 | 1,83 |
| 24.745 | 0.6874 | 0,48 | 0,25 | 0,76 | 108 | 201,96 | 1,87 |
| 34.745 | 0.9651 | 0,53 | 0,29 | 0,84 | 108 | 199,8 | 1,85 |



ÖZGEÇMİŞ

İdris BAYKAN, 15.03.1979 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlkokulu Düzköy Cevizlik İlkokulunda, Ortaokulu Düzköy Lisesi Orta kısmında, Liseyi Düzköy Lisesinde tamamladı.1997 – 1998 öğretim yılında Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Laboratuar Bölümünde ön lisans öğrenimine başladı. 1999 Yılında Okul 2.si olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Patoloji laboratuarında laboratuar teknikeri olarak çalıştı. 2001 yılında Ordu Aybastı Devlet Hastanesinde Laboratuar teknisyeni olarak devlet memurluğuna başladı. 2002 yılında Trabzon Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi'ne laboratuar teknikeri olarak tayin edildi ve 2009 yılına kadar aynı hastanede görev yaptı. 2003 yılında Sermin Hanımla evlendi. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden bölüm 3.sü olarak mezun oldu. 2005-2006 Öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu'nda İngilizce hazırlık okudu. 2006 Aralık 2007 Haziran döneminde askerlik hizmetini tamamladı. 2008-2009 öğretim döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. 2009 yılında Trabzon Ahi Evren Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim Araştırma Hastanesi'ne laboratuar teknikeri olarak tayin oldu. Halen aynı hastanede Kan Transfüzyon Merkezi Sorumlusu olarak görev yapmaktadır. 2008 yılından itibaren Sağlık ve Sosyal Hizmet Çalışanları Sendikası Trabzon Şubesi yönetim kurulu üyeliği ve Jeoloji Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi yedek yönetim kurulu üyeliği yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk sahibidir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.