

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**BAZIK VOLKANİK KAYAÇLARDA AYRIŞMAYA BAĞLI OLARAK OLUŞAN  
REGOLİTİK ZEMİNLERİN KARAKTERİZASYONU VE SINIFLANDIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Jeoloji Yük. Müh. Bilgehan KUL YAHŞI**

**TEMMUZ 2018  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAZIK VOLKANİK KAYAÇLARDA AYRIŞMAYA BAĞLI OLARAK OLUŞAN  
REGOLİTİK ZEMİNLERİN KARAKTERİZASYONU VE SINIFLANDIRILMASI**

**Jeoloji Yüksek Mühendisi Bilgehan KUL YAŞI**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"DOKTOR (JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ)"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 05 / 2018**

**Tezin Savunma Tarihi : 04 / 07 / 2018**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hakan ERSOY**

**Trabzon 2018**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

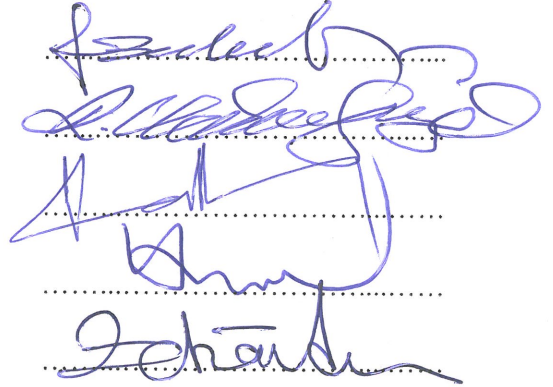
**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Bilgehan KUL YAHŞI Tarafından Hazırlanan**

**BAZİK VOLKANİK KAYAÇLARDA AYRIŞMAYA BAĞLI OLARAK OLUŞAN  
REGOLİTİK ZEMİNLERİN KARAKTERİZASYONU VE SINIFLANDIRILMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 19/06/2018 gün ve 1758 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
DOKTORA TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT**  
**Üye : Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL**  
**Üye : Prof. Dr. Ekrem KALKAN**  
**Üye : Doç. Dr. Hakan ERSOY**  
**Üye : 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 Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez K.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (proje no: FDK-2016-5628) desteklenmektedir.

Doktora tezi “Evlat’tır” demişti sevgili hocam. Evladımı (Doktora tezimi) büyütürken her bir satırını ilmek ilmek işleyen, bu çalışmayı yöneten, her safhasında desteğini, bilgisini, tecrübesini ve yardımını esirgemeyen çok değerli hocam Doç. Dr. Hakan ERSOY’a şükranlarımı sunarım.

Doktora tezi çalışmalarım sırasında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde kaldığım süre boyunca bana tez çalışmamda yardımcı dokunan İ.T.Ü. Öğretim Üyesi Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL'e saygılarımı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmasının her aşamasına bilgi, eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY'a, Doç. Dr. İrfan TEMİZEL'e ve Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında jeofizik yöntemlerdeki yardımları için Dok. Öğ. Üyesi Ali Erden BABACAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında yardımları dokunan Arş. Gör. Murat KARAHAN ve Arş. Gör. M. Oğuz SÜNNETCİ'ye, laboratuvar çalışmalarında yardımları olan bölümümüz Öğr. Gör. Erdoğan TİMURKAYNAK, bölümümüz mezun öğrencilerinden Jeo. Müh. Alper BAYRAM ve Jeo. Müh. Satı ALÇIN'a teşekkür ederim. Ayrıca meslektaşım ve dostum Arş. Gör. Tuğba EROĞLU GÜMRÜK'e teşekkür ederim.

Her evlat için ailesi çok kıymetlidir. Her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen kıymetli can aileme “anneme, babama ve kardeşime” en içten teşekkürlerimi sunar ve hayattaki en büyük destekçim olan “Annem'e” ayrıca teşekkürü bir borç bilirim. Tezin her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Jeo. Müh. İrfan YAHŞI'ye teşekkür ederim.

Hayatımın bu zorlu aşamasında hem akademisyen hem de bir anne olarak bazı zamanlar da yorulup umutsuzluğa kapıldığım anda bir gülüşüyle beni dünyanın en mutlu insanı yapan canım oğlum Göktürk YAHŞI iyi ki varsın.

Bilgehan KUL YAHŞI

Trabzon, 2018

## ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Bazik Volkanik Kayaçlarda Ayrışmaya Bağlı Olarak Oluşan Regolitik Zeminlerin Karakterizasyonu ve Sınıflandırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda 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. 04/07/2018

Bilgehan KUL YAHŞI

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri .....	4
1.4. Önceki Çalışmalar .....	7
2. MATERYAL VE METOD.....	9
3. BULGULAR.....	11
3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi.....	11
3.1.1. Kabaköy Formasyonu .....	11
3.1.2. Regolitik Zeminler.....	12
3.2. Ayırışma.....	14
3.2.1. Fiziksel Ayırışma .....	15
3.2.2. Kimyasal Ayırışma .....	15
3.3. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları .....	15
3.3.1. Sismik Kırılma Yöntemi.....	16
3.3.1.1. YüzeY Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi (MASW).....	16
3.3.2. Temel Araştırma Sondajları.....	19
3.3.3. Örselenmemiş Örnek Alımı .....	27
3.3.4. Konik Penetrasyon Deneyi .....	30
3.3.5. Zeminlerin İndeks Özelliklerinin Belirlenmesi .....	39

3.3.5.1.	Dane Boyutu Dağılımının İncelenmesi .....	39
3.3.5.2.	Birim Hacim Ağırlık Deneyi .....	45
3.3.5.3.	Piknometre Deneyi .....	45
3.3.6.	Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Belirlenmesi .....	46
3.3.7.	Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi .....	52
3.4.	Mineralojik ve Tüm Kayaç Analizleri .....	53
3.4.1.	X-Işınları Difraksiyonu İncelemeleri .....	53
3.4.2.	Tüm Kayaç Analizi .....	54
3.4.3.	Mikroskopik Tayinler .....	58
4.	İRDELEME .....	60
4.1.	Sismik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	60
4.2.	Tüm Kayaç Analizi Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	62
4.3.	Koni Penetrasyon Deneyi Verilerinin Değerlendirilmesi .....	65
4.4.	İndeks ve Dayanım Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	80
4.4.1.	Regolitik Zeminlerin İndeks Özelliklerinin Derinlikle Değişimi .....	80
4.4.2.	Regolitik Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Derinlikle Değişimi .....	85
4.4.3.	Regolitik Zeminlerin Dayanım Özelliklerinin Derinlikle Değişimi .....	89
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	93
6.	KAYNAKLAR .....	99
7.	EKLER .....	106

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

BAZİK VOLKANİK KAYAÇLARDA AYRIŞMAYA BAĞLI OLARAK OLUŞAN  
REGOLİTİK ZEMİNLERİN KARAKTERİZASYONU VE SINIFLANDIRILMASI

Bilgehan KUL YAHŞI

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Hakan ERSOY  
2018, 185 Sayfa, 64 Sayfa Ek

Mühendislik projelerinin birçoğunda yerinde oluşmuş rezidüel zeminler homojen kabul edilir ve bu zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin derinlikle değişmediği varsayılır. Halbu ki, ayrışma derecesine bağlı olarak rezidüel zeminlerin jeokimyasal özelliklerinin derinlikle değiştiği bilinmektedir. Mineralojik olarak farklılıklar gösteren zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin değişmesi de olağandır. Bu nedenle, tez kapsamında Trabzon ilinde bulunan bazik volkanik kayaların ayrışma ürünü regolitik zeminlerin indeks, dayanım ve mineralojik özelliklerinin derinlikle değişimi araştırılmış, 6 adet temel araştırma sondaj açılmış, özel örnek alıcılarla 50 cm'de bir örselenmemiş örnek temin edilmiştir. Sismik ölçümler yapılarak enine dalga hızının derinlikle değişimi araştırılmış, koni(k) penetrasyon deneyleriyle uç ve sürtünme dirençleri ölçülmüştür. Tüm parametreler değerlendirildiğinde regolitik zeminler 3 ayrı zona ayrılmış, yüzeyden derine doğru tanımlanan A, B ve C zonlarının kalınlıklarının 1-2 m, 2-6 m ve 5-9 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Jeokimyasal olarak derinlikle silis içeriğinin azaldığı alüminyum içeriğinin arttığı, demir içeriğinin ise B zonunda en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Zeminlerin indeks özellikleri dikkate alındığında, ince dane oranının, likit limit ve kohezyon değerinin derinlikle arttığı ancak B zonundan sonra ani bir azalış gösterdiği anlaşılmıştır. Konik penetrasyon verileri incelendiğinde konik uç direnci ve sürtünme oranı değerlerinin derinliğe bağlı bir artış sunduğu görülmektedir. Elde edilen veriler değerlendirilerek Trabzon ili ve çevresinde bazik volkanik kayalardan oluşan regolitlerin karakterizasyonu ortaya koyulmuş, pratikte farklı derinliklerden elde edilen verilerden yararlanarak diğer derinliklerde bulunan zeminlerin özelliklerinin tahminine yönelik bir sınıflandırma geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Regolitik zeminler, CPT, Ayrışma zonları, fiziko-mekanik özellikler



PhD. Thesis

SUMMARY

CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF REGOLITIC SOILS  
ORIGINATED FROM BASIC VOLCANIC ROCKS DUE TO WEATHERING

Bilgehan KUL YAHŞI

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering  
Supervisor: Assoc. Prof. Hakan ERSOY  
2018, 185 Pages, 64 Pages Appendix

In most of the engineering projects residual soils are assumed to be homogenous, and their geotechnical properties don't change with depth. Yet, it is known that their geochemical properties change with depth depending on the degree of weathering. Soils with mineralogical differences likely have different geotechnical characteristics. Thus, undisturbed soil samples were gathered at every 50 cm depth of 6 boreholes in a regolith in Trabzon city, which is formed by the weathering of basic volcanic rocks, and changes in index, strength and mineralogical properties of the soil in relation to sample depths were investigated. Change of shear wave velocities were investigated by seismic measurements, and cone penetration tests were conducted to determine tip friction ratios. After the evaluation of all parameters, the regolith soil is divided into three zones as A, B and C zones from the surface to below, and their thicknesses were determined to be ranging between 1-2 m, 2-6 m and 5-9 m, respectively. It was seen that geochemically silica content decrease with increasing depth while aluminum content increases, and iron content is highest in B zone. Considering the index characteristics of the soils, it was observed that fine grain percent, liquid limit and cohesion values increase with increasing depth until B zone, beyond which the values depict a sharp decrease. When cone penetration data is evaluated, it was seen that cone tip strength and friction ratio values increase in relation to depth. The characterization of the regolithic soils originated from the basic volcanic rocks around Trabzon city were determined by evaluating the obtained data, and a practical classification on prediction of soil parameters in different zones using the obtained data from different depth was evaluated.

**Key Words:** Regolithic soil, CPT, Weathering zones, Physico-mechanical properties

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1.	Çalışma alanı yer bulduru haritası..... 4
Şekil 1.2.	Trabzon ili yıllara göre alansal yağış dağılımı (URL-2, 2017)..... 6
Şekil 1.3.	Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış verilerine göre ayrışma derecesi (Peltier ve Wu, 1982)..... 6
Şekil 3.1.	Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Güven 1998'den değiştirilerek) ..... 12
Şekil 3.2.	Eosen sonrası oluşan bazik volkanik kayaların ayrışması sonucu oluşmuş yaklaşık 10 metre kalınlığındaki bir regolit profili (SK-1, Bostancı Mahallesi, Trabzon)..... 14
Şekil 3.3.	Çalışma alanında uygulanan sismik yöntem, konik penetrasyon deneyi ve sondaj noktaları..... 16
Şekil 3.4.	MASW yönteminin arazide uygulanışı..... 18
Şekil 3.5.	MASW yönteminden elde edilen faz hızı frekans eğrileri..... 18
Şekil 3.6.	MASW yönteminden elde edilen dispersiyon eğrileri..... 19
Şekil 3.7.	SK-1 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 20
Şekil 3.8.	SK-2 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 21
Şekil 3.9.	SK-3 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 22
Şekil 3.10.	SK-4 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 23
Şekil 3.11.	SK-6 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 24
Şekil 3.12.	SK-7 regolitik zeminlerdeki sondaj logu..... 25
Şekil 3.13.	SK-1 (a-b-c-d-e), SK-2 (f-g) ve SK-3 (h-ı-i) numaralı sondaj kuyuları..... 26
Şekil 3.14.	SK-4 (a-b-c), SK-6 (d-e-f) ve SK-7 (g-h) numaralı sondaj kuyuları.. 27
Şekil 3.15.	Çalışmada kullanılan 86 mm çaplı karot örneği (a) ve 6x6x3 cm <sup>3</sup> ebatlı kare prizma örnek alıcı (b) ..... 29
Şekil 3.16.	86 mm çaplı, 50 cm uzunluğundaki karotiyerler (a), parafinlenme işlemi (b) ve parafinlenen örneklerin kurumaya bırakılması (c) ve (d)..... 30
Şekil 3.17.	Koni Penetrasyon deneyinin farklı kuyulardaki uygulanışı (CPT-1-7) ..... 32
Şekil 3.18.	Çalışma alanında CPT-1 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) ..... 34

Şekil 3.19.	Çalışma alanında CPT-2 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) .....	34
Şekil 3.20.	Çalışma alanında CPT-3 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) .....	35
Şekil 3.21.	Çalışma alanında CPT-4 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) .....	35
Şekil 3.22.	Çalışma alanında CPT-6 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) .....	36
Şekil 3.23.	Çalışma alanında CPT-7 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır) .....	36
Şekil 3.24.	Her bir sondaj için oluşturulan elek analizi grafikleri.....	41
Şekil 3.25.	SK-1 ve SK-2 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri.....	42
Şekil 3.26.	SK-3 ve SK-4 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri.....	43
Şekil 3.27.	SK-6 ve SK-7 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri.....	44
Şekil 3.28.	XRD analizine göre kil cins tayini sonuçları.....	53
Şekil 3.29.	Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(b, TN) klinopiroksen (kpir), opak mineral (op) ve plajiyoklas (pl) .....	59
Şekil 3.30.	Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(c, TN) klinopiroksen (kpir), analsim (anl) ve plajiyoklas (pl) (SK-1), (a breş çakıllarının görünümü-b bağlayıcının görünümü)....	59
Şekil 3.31.	Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(b, TN) klinopiroksen (kpir) ve opak mineral (op) (SK-1), karbonatlaşma ve demir boyamaları.....	59
Şekil 4.1.	Hesaplanan 1-boyutlu enine dalga hızı derinlik modeli.....	61
Şekil 4.2.	Regolitik zemin profilindeki major oksitlerin değişimi (Akçay, 2002) .....	62
Şekil 4.3.	Her bir sondaja ait major oksitlerin derinlikle değişimi.....	63
Şekil 4.4.	Her bir sondaja ait iyonların derinlikle değişimi.....	63
Şekil 4.5.	Çalışma alanı regolitik zeminlerdeki major oksitlerin değişimi.....	64
Şekil 4.6.	CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre).....	66
Şekil 4.7.	CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre) .....	67
Şekil 4.8.	CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre) .....	68

Şekil 4.9.	CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılmaksızın sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre) .....	69
Şekil 4.10.	CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre).....	70
Şekil 4.11.	CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre).....	71
Şekil 4.12.	CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre).....	72
Şekil 4.13.	CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılmaksızın sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre).....	73
Şekil 4.14.	CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre).....	74
Şekil 4.15.	CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre).....	75
Şekil 4.16.	CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre).....	76
Şekil 4.17.	CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılmaksızın sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre)...	77
Şekil 4.18.	Kohezyon ve içsel sürtünme açısının derinlik boyunca her bir kuyudaki değişimi.....	92
Ek Şekil 3.1.	Regolitik zemin profili boyunca alınan örnekler üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonucu oluşturulan grafikler.....	106
Ek Şekil 3.2.	Hidrometre deneyi sonucu oluşturulan grafikler.....	120
Ek Şekil 3.3.	Likit limit deneyi sonucu oluşturulan grafikler.....	139
Ek Şekil 3.4.	Kesme kutusu deney sonucunda oluşturulan grafikler.....	148

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1. Trabzon ili 1929-2017 yılları arası sıcaklıkların istatistiksel değişimi (URL-1, 2017).....	5
Tablo 2.1. Çalışma alanının da uygulanan program, elde edilen veriler ve ilgili standartlar.....	10
Tablo 3.1. Zemin örneklerinin örselenme derecelerine göre sınıflandırılması (Ulusay 2010) .....	29
Tablo 3.2. Zemin türü, örnekleme yöntemi ve örnek kalitesi arasındaki ilişkiler (Joyce, 1982) .....	29
Tablo 3.3. Robertson 1990'a göre zemin cinsleri ve $I_c$ aralıkları.....	33
Tablo 3.4. Eslami ve Fellenius (1997)'ye göre zemin cinsleri.....	37
Tablo 3.5. Jefferies ve Been (2006)'ya göre zemin cinsleri.....	38
Tablo 3.6. Regolitik zeminlerde derinlikten bağımsız dane dağılım oranları....	45
Tablo 3.7. Regolitik zeminlerin derinlikten bağımsız bazı indeks özellikleri....	46
Tablo 3.8. Likit limit ve plastik limit deneyi sonucunda her bir kuyudaki mak., min. ve ort. değerler.....	48
Tablo 3.9. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi (USCS).....	49
Tablo 3.10. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca USCS'ye göre sınıflandırılması (SK-1, SK-2 ve SK-3) .....	50
Tablo 3.11. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca USCS'ye göre sınıflandırılması (SK-4, SK-6 ve SK-7) .....	51
Tablo 3.12. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin mak., min. ve ort. değerleri .....	52
Tablo 3.13. XRD sonuçlarının değerlendirilmesi .....	54
Tablo 3.14. SK-1 ve SK-2'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları .....	55
Tablo 3.15. SK-3 ve SK-4'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları	56
Tablo 3.16. SK-6 ve SK-7'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları .....	57
Tablo 3.17. Anakaya örneklerine ait tüm kayaç analiz sonuçları .....	58
Tablo 4.1. NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code'da $V_{s30}$ 'a göre zemin sınıflaması .....	60
Tablo 4.2. Sismik analiz sonucu regolitik profillerin zonlara göre değişimi.....	60
Tablo 4.3. Regolitik zemin profilinde major oksit değerleri baz alınarak belirlenen zonlar.....	65

Tablo 4.4.	Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS'ye göre sınıflandırılması (CPT-1 ve CPT-2).....	78
Tablo 4.5.	Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS'ye göre sınıflandırılması (CPT-3, CPT-4 ve CPT-6).....	79
Tablo 4.6.	Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS'ye göre sınıflandırılması (CPT-7).....	80
Tablo 4.7.	SK-1, SK-2 ve SK-3'te derinliğe bağlı dane dağılımları.....	81
Tablo 4.8.	SK-4, SK-6 ve SK-7 derinliğe bağlı dane dağılımları.....	82
Tablo 4.9.	SK-1, SK-2 ve SK-4' den alınan örneklerin derinliğe bağlı indeks özellikleri .....	83
Tablo 4.10.	SK-3, SK-6 ve SK-7'den alınan örneklerin derinliğe bağlı özellikleri .....	84
Tablo 4.11.	SK-1 ve SK-4 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri .....	85
Tablo 4.12.	SK-2, SK-3 ve SK-6 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri .....	86
Tablo 4.13.	SK-7 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri .....	87
Tablo 4.14.	İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001) .....	87
Tablo 4.15.	Regolitik zeminlerin zonlara göre kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması .....	88
Tablo 4.16.	İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001) .....	88
Tablo 4.17.	Regolitik zeminlerin zonlara göre likitlik indisine göre sınıflandırılması .....	88
Tablo 4.18.	Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001)..	88
Tablo 4.19.	Regolitik zeminlerin zonlara ayrılarak aktivite değerine göre sınıflandırılması .....	89
Tablo 4.20.	SK-1, SK-2 ve SK-4'den alınan örneklerin derinlik boyunca kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri .....	90
Tablo 4.21.	SK-3, SK-6 ve SK-7'den alınan örneklerin derinlik boyunca kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri .....	91
Tablo 5.1.	Regolitik zeminlere ait özelliklerin zonlara göre mak., min. ve ort. değerleri .....	98
Tablo 5.2.	Farklı zonlar için zemin özelliklerine bağlı ayırt edici değerler .....	98
Ek Tablo 3.1.	Piknometre deney sonuçları .....	134
Ek Tablo 3.2.	Regolitik zeminler de derinlik boyunca yapılan tüm kayaç analizi sonuçları ve anakaya Tüm Kayaç Analizi sonuçları .....	167

## SEMBOLLER DİZİNİ

Ac	: Aktivite
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Alüminyum oksit
Ba	: Baryum
B <sub>q</sub>	: Gözenek basıncı oranı
c	: Kohezyom
CaO	: Kalsiyum oksit
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Krom oksit
e	: Boşluk oranı
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Demir oksit
F <sub>r</sub>	: Düzeltilmiş sürtünme oranı
f <sub>s</sub>	: Çeper sürtünmesi
I <sub>c</sub>	: Zemin davranış model indisi
I <sub>L</sub>	: Likitlik indisi
K <sub>2</sub> O	: Potasyum oksit
LL	: Likit limit
LOI	: Ateşte kayıp
MgO	: Magnezyum oksit
MnO	: Mangan oksit
n	: Porozite
Na <sub>2</sub> O	: Sodyum oksit
Nb	: Niobium
Ni	: Nikel
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: Fosfor pentaoksit
PI	: Plastisite indisi
PL	: Plastik limit
R <sub>f</sub>	: Sürtünme oranı
Sc	: Scandium
SiO <sub>2</sub>	: Silisyum dioksit
S	: Doygunluk derecesi
Sr	: Stronsiyum

- $q_c$  : Konik uç direnci  
 $q_E$  : Efektif koni uç direnci  
 $Q_t$  : Düzeltilmiş koni penetrasyon direnci  
 $q_t$  : Koni arkasında ölçülen boşuk suyu basıncına göre düzeltilmiş koni uç direnci  
 $TiO_2$  : Titan oksit  
 $u_2$  : Koni arkasında ölçülen boşuk suyu basıncı  
 $W_n$  : Doğal su muhtevası  
 $Y$  : Yttrium  
 $Zr$  : Zirkon  
 $\gamma_n$  : Doğal birim hacim ağırlık  
 $\gamma_k$  : Kuru birim hacim ağırlık  
 $\emptyset$  : İçsel sürtünme açısı  
 $\sigma_{vo}$  : Toplam düşey gerilme  
 $\sigma'_{vo}$  : Efektif gerilme



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yer yüzeyindeki veya yer yüzeyinin yakın kısımlarındaki kayalar su, hava ve sıcaklık değişimlerinden sürekli olarak etkilenmektedir. Yer değişme olmaksızın kayaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştiren bu yıkıcı süreçler ayrışma olarak tanımlanır. Kayaların özellikle kimyasal ayrışması ile yerinde oluşan zeminler regolit olarak adlandırılır.

Regolit terimi ilk olarak Merrill (1897) tarafından ana kayayı örten jeolojik malzemeler için kullanılmıştır. Bu tanım Eggleton (2001) tarafından yenilenmiş, kırıklı ve ayrışmış kaya kütleleri, ana kaya blokları içeren saprolitler, zayıf çimentolu volkanik kayalar ve tüfler, alüvyonlar ve yamaç molozları gibi ayrışma, erozyon, taşınma, depolanma süreçlerinin biri veya birkaçı sonucunda oluşan ve yerli kaya üzerinde depolanan örtü malzemeleri bu tanım içine dahil edilmiştir. Dolayısıyla jeolojik olarak sağlam kaya ile hava arasında bulunan her türlü malzeme regolit olarak tanımlanmaktadır.

Zeminler, yüzeyden ana kayaya kadar olan kesimde fiziksel ve jeokimyasal olarak farklı özellik sunan belirgin zonlara ayrılır. Bu zonların kalınlığı bölgenin topografik, jeolojik ve iklim özelliklerine göre değişiklik gösterir.

Derinlik boyunca mineralojik farklılıklara göre yapılan ve zeminleri kendi içlerinde benzer özellikler gösteren zonlara ayırarak değişik zemin sınıflarını tanımlayan jeokimyasal sınıflama sistemleri hakkında çalışmalar bilimsel literatürde geniş yer tutmaktadır (Jackson ve Sherman, 1953; Ollier, 1959; Rose vd., 1979; Levinson 1980, Sposito, 1985; Ollier ve Galloway, 1990; Butt vd. 2000; Taylor ve Eggleton, 2001; Dubbin, 2001; Gilkes ve Kew, 2006; Shafique, 2011). Farklı fiziksel ve kimyasal özellik gösteren zonlarda derinlikle birlikte malzemenin mühendislik davranışının değiştiği bilinmesine karşın (Taylor ve Eggleton, 2001), bu değişimlerin ayrışma derecesi/derinliği ve ana kayaya uzaklık gibi faktörler ile ilişkilendiren fiziko-mekanik çalışmalar ise son derece kısıtlıdır (Little, 1971; Netterberg ve Caiger, 1983; Cord vd., 2003). Bu tür zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerini konu alan çalışmalar ise birkaç araştırma ile sınırlıdır (Semerci, 1990; Akgün ve Bulut, 2001; Dağ, 2003; Baykan, 2012; Ersoy vd. 2013; Kul Yahşi ve Ersoy, 2017). Oysaki birçok mühendislik yapısı sığ sayılabilecek derinliklerde, genellikle kısmen ve/veya tamamen

ayrışmış kaya kütleleri üzerinde inşa edilmektedir. Bu nedenle ayrışmamış ana kayadan çok farklı mühendislik özelliklerine sahip olan ayrışmış kaya ve kalıntı zeminlerin (regolitler) mühendislik özelliklerinin belirlenmesi fiziko-mekanik uygulamalarda büyük önem taşır. Fiziko-mekanik projelerde, genel olarak yamaç molozları, gölgesel ve sığ denizel çökeller gibi jeolojik ortamlar, yanal ve düşey yöndeki devamsızlıklarından dolayı heterojen olarak kabul edilirken, yerinde oluşan regolitik zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin genellikle değişmediği varsayılır. Ancak regolitik zeminlerde, ayrışma derecesine ve derinliğine bağlı olarak ortam farklı fiziksel ve mineralojik özellik gösterir (Taylor ve Eggleton, 2001). Bu durum doğrudan mekanik özelliklere de yansır. Bu nedenle belirli bir derinlik için belirlenmiş olan zemin parametrelerinin farklı derinlikler için yapılan çalışmalarda kullanılması fiziko-mekanik projelerin uygulama aşamasında büyük sorunlara neden olur. Özellikle bu tür ortamlarda projelendirilen şevlerin stabilite analizlerinde ortam tek bir veriyle karakterize edilmekte ve bu durum tehlikeli sonuçları da beraberinde getirmektedir.

Jeokimyasal çalışmaların aksine, fiziko-mekanik çalışmalarda zeminler sadece laboratuvar veya arazi deneylerinde elde edilen sayısal veri aralıklarına göre sınıflandırılmaktadır (Terzaghi 1929-AASHTO; Casagrande, 1948-USCS; Lambe ve Whitman, 1969; ASTM, 1985). Bu sınıflamaların başlıca amaçları; (1) farklı özellikteki zemin sınıflarının karakteristiklerini belirlemek, (2) mühendisler arasında ortak bir temele dayalı bilimsel ve teknik iletişim sağlamak ve (3) mühendislik tasarımı için sayısal veri ve kılavuz elde etmek şeklinde sıralanabilir. Ancak, bu sınıflamalarda fiziko-mekanik özelliklerin derinlik profili boyunca değişimine etki eden fiziksel ve özellikle mineralojik parametreler ele alınmamış, arazi ortamında zemin özelliklerindeki değişimler sınıflamalara dahil edilmemiştir. Oysaki kaya kütleleri ve süreksizlikler için arazi tanımlamalarına göre yapılan bozunma derecesi ve dayanım sınıflamaları (ISRM, 2007) mühendislik jeolojisi projelerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu nedenle özellikle regolitik zeminlerin mühendislik özelliklerinin derinlikle değişimi dikkate alınarak yapılan mühendislik sınıflamalarına ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.

## **1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Yapı-temel-zemin etkileşimi ile ilgili projelerin hemen hemen tümünde, yerinde oluşmuş regolitik zeminlerin homojen olduğu kabul edilmekte ve ayrışma derecesinin derinlikle değişimi ihmal edilmektedir. Bu tür kalıntı zeminlerde uygulanan inşaat

projelerinde, taşıma gücü, oturma ve stabilite analizlerinde kullanılan zemin parametreleri sabit kabul edilmekte ve bu ihmal bazı durumlarda yapılarda onarımı güç hasarlar meydana getirmektedir.

Bu nedenle çalışma kapsamında, Trabzon ili ve çevresinde geniş yayılımlar gösteren Eosen sonrası volkanik kayaların yerinde ayrışması ile oluşmuş regolitik zeminlerin yanal ve düşey yöndeki fiziko-mekanik özellikleri, (1) yerinde arazi ve laboratuvar deneyleri ile belirlenmiş, (2) ayrışma derinliği ve derecesinin dolayısı ile mineralojik özelliklerin fiziko-mekanik özellikler üzerindeki etkisi araştırılmış, (3) fiziko-mekanik özelliklerdeki değişime göre derinliğe bağlı regolitik zemin profili ortaya çıkarılmış, (4) bu tür zeminlerin homojen olarak kabul edildiği, geleneksel metodların yetersizliği test edilerek bilimsel literatüre katkı sağlanmış ve (5) sonuç olarak il çevresinde son yıllarda baraj, gölet ve karayolu gibi büyük çaplı mühendislik projeleri için saha karakterizasyonu ve tanımlanmasına yönelik örnek ve öncülük teşkil edecek bir araştırma yapılmıştır.

Belirtilen amaca ulaşmak için aşağıda maddeler halinde sıralanan çalışmalar planlanmıştır.

(1) Bazik volkanik kayaların yerinde ayrışması ile oluşmuş regolitik zeminlerin dağılımı belirlenmiş ve özellikle jeofizik ölçümlerle kalınlığı 5 metreden fazla olan bölgeler çalışma programına dahil edilmiş,

(2) Her lokasyonda regolitlerin derinlik profilinin çıkarılması amacıyla sondaj yapılmış, sondajlarda geniş çaplı özel sondaj tekniklerinden yararlanılarak laboratuvarda fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla 50 cm de bir örnek alımı gerçekleştirilmiş,

(3) Her araştırma sondajlarından 50 cm'de bir alınan örneklerin element ve jeokimyasal içerikleri tüm kayaç ve XRD analizleri ile belirlenmiş,

(4) Aynı alanlarda yerinde arazi deneyleri (CPT) yapılarak zeminlerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiş ve zemin profili derinlik boyunca farklı zonlara ayrılmış,

(5) Zeminlerin fiziksel ve mineralojik özelliklerinin ayrışma derecesi ve derinliğe bağlı olarak değişimi ve bu değişimin kayma direnci parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.



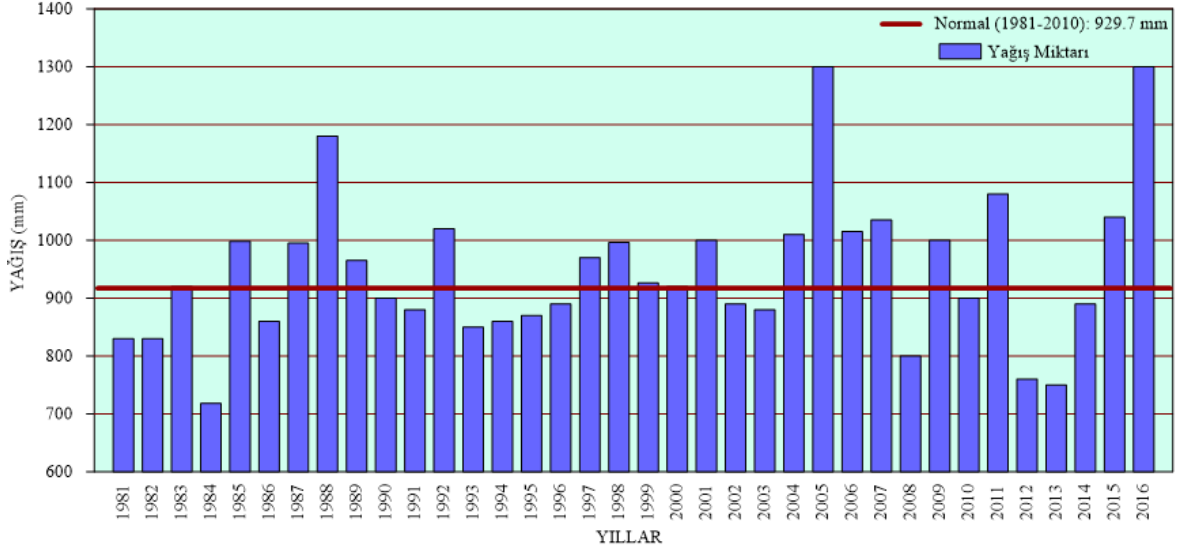
Trabzon ilinde deniz etkisinde kalan ılıman iklim tipi hakim olup yazlar genellikle orta sıcaklıkta, kışlar ise ılık geçmektedir. Konumu nedeniyle Trabzon kışın Türkiye’de ki diğer illerden ayrı bir özellik sunar. Kafkas Dağları Trabzon’u güneyden çevreleyerek kuzeybatının soğuk rüzgarlarına kapatır. Ayrıca Sibirya’nın soğuk havası ile Kuzey Doğu Anadolu platolarında soğuyan havanın bölgeye girmesini engeller. Aylık ortalama yağış miktarlarına bakıldığı zaman Temmuz ve Ağustos aylarının kurak geçtiği görülmektedir (Tablo 1.1). Sıcaklık değişimi denizin denetimindedir ve bu nedenle sıcaklık farkları azdır. Trabzon ilin de, toplam arazinin %10’u düz ve düze yakın, %30’u dağlık, %60’ı da kıydan içeriye doğru gidildikçe yükselen ve değişen eğimler gösteren arazilerdir.

Tablo 1.1. Trabzon ili 1929-2017 yılları arası sıcaklıkların istatistiksel değişimi (URL-1, 2017)

TRABZON	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyoduna (2009-2017)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.3	7.2	8.3	11.7	15.9	20.3	23.1	23.4	20.3	16.6	12.8	9.5	15
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.7	10.7	11.8	15.5	19.1	23.1	25.8	26.5	23.6	20.0	16.4	12.9	18
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.5	4.3	5.3	8.6	12.8	16.9	19.8	20.3	17.3	13.6	9.9	6.6	12
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	3.2	3.4	4.2	5.5	7.0	5.9	5.6	4.9	4.5	3.6	2.7	53
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.5	11.8	12.6	12.4	12.1	10.3	7.5	8.3	10.6	11.9	11.4	12.1	133
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	82	63.8	58.1	57.2	51.6	50.4	35.5	45.1	78.5	115	99.1	83.3	820
Son İklim Periyoduna (2009-2017)													
Nemlilik (%)	73	71	73	79	80	78	75	74	74	75	71	70	74.4

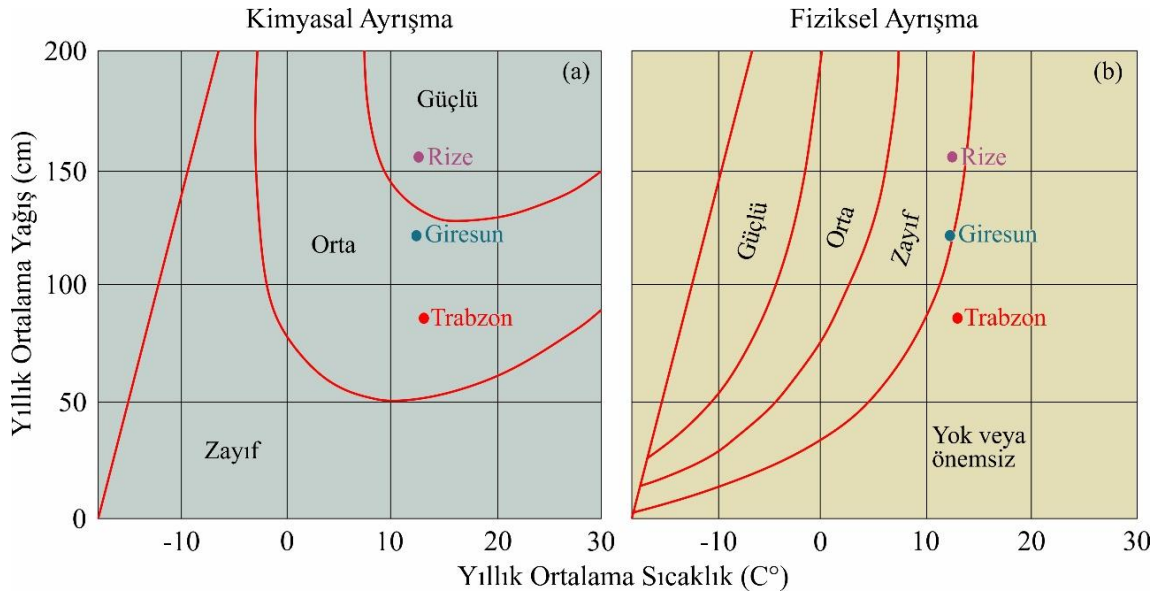
Tablo 1.1’e göre 1929-2017 yılları arası aylık toplam yağış miktarı ortalaması 820 mm’dir. 1981-2010 yılları arası yapılan alansal yağış grafiğine göre 929.7 mm normal olarak alınmıştır. 2016 yılındaki toplam ortalama yağış miktarı normale göre %15 oranında ve 2017 yılındaki toplam ortalama yağış miktarı normale göre %13 oranında artış göstermiştir. Trabzon yıllara göre alansal yağış dağılım grafiği Şekil 1.2’de verilmiştir.

Özellikle ortalamadan yüksek yağış, nem miktarı ve ılıman iklim nedeniyle kayalarındaki kimyasal ayrışma oranı genel olarak bazı bölgelerde yüksektir. İl merkezinde ki bazı alanlarda ayrışma derinliği 15 m’ yi aşmaktadır.



Şekil 1.2. Trabzon ili yıllara göre alansal yağış dağılımı (URL-2, 2017)

Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak Peltier ve Wu tarafından oluşturulan fiziksel ve kimyasal ayrışma abağına Trabzon, Rize ve Giresun illerinde ki yağış ve sıcaklık verileri yerleştirilmiştir. Buna bağlı olarak Trabzon ve Giresun da orta derecede kimyasal ayrışma, Rize de güçlü kimyasal ayrışma söz konusudur. Rize ve Giresun da zayıf fiziksel ayrışma görülürken, Trabzon da yok veya önemsiz fiziksel ayrışma mevcuttur (Şekil 1.3). Bu sonuçlara bakılarak Trabzon da ki ayrışmanın fiziksel ayrışmadan ziyade kimyasal ayrışma olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.3. Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış verilerine göre ayrışma derecesi (Peltier and Wu 1982)

#### 1.4. Önceki Çalışmalar

Regolitik zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin derinliğe bağlı değişimine yönelik yapılan çalışmalar kısıtlı sayıdadır. Yapılan çalışmalar genellikle zeminlerin ayrışma derinliğinin arazi deneyleri ile belirlenmesine yönelik olmakla birlikte, bu verilerin laboratuvar verileriyle karşılaştırılması ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar çok azdır. Bir diğer çalışma şekli ise zeminler de yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen fiziko-mekanik verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesine yöneliktir.

Akgün, A. ve Bulut, F. 2001, “Trabzon Güney Otoyolunun Arsin-Trabzon Kesimine İlişkin Mühendislik Jeolojisi” başlıklı çalışmada alanın 1/10000 ölçekli fiziko-mekanik birim haritası oluşturulmuş ve sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan haritada birimlerin litolojik özelliklerin yanı sıra ayrışma dereceleri açısından da değerlendirilmiştir.

Dağ, S., Bulut, F. ve Akgün, A., 2007, İki değişkenli istatistik analiz yöntemi ile Rize Çayeli ve çevresindeki heyelanların incelenmesi ve değerlendirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Sal, Z., 2010, SCPT testinde derinliğe bağlı olarak elde edilen makaslama dalga hızı (Vs) değerlerini kullanılarak zemin türüne göre fiziko-mekanik parametreler arasındaki ilişkileri belirlemiştir. Yapılan çalışma sonucunda doğrusal, üstel ve logaritmik regresyon modellerine göre elde edilen fonksiyonlar kullanılarak ilişkiler oluşturulmuş, ilişki katsayıları elde edilmiştir.

Baykan, İ., 2011, Trabzon ili kırmızı killerin fiziko-mekanik özelliklerinin araştırılması adlı Yüksek lisans tezinde, Eosen-Neojen yaşlı Kabaköy Formasyonundaki regolitik zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerini araştırmış ve Atterberg limitleri ile dayanım deneylerinden elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri arasında istatistiksel ilişkiler kurmuştur.

Kul, B., 2012, Yeşilyurt (Trabzon) Heyelanı'nın fiziko-mekanik özelliklerinin araştırılması ve geriye dönük analizlerle şev destek dizaynı adlı Yüksek lisans tezinde Yeşilyurt heyelanını araştırmış ve heyelanı önlemek için önerilerde bulunmuştur.

Wilford, J., ve Thomas, M., 2013, Güney Avustralya'da ki merkez Mt.Lofty Ranges'ta ayrışma sonucu oluşan regolit kalınlığının tahminini digital zemin haritalama yaklaşımı ile parçalı lineer regresyon yaparak bir makale yayınlamıştır.

Ersoy, H., ve diğ., 2013, tarafından yapılan çalışmada Trabzon yöresi içinde Tersiyer alkali volkanik regolitlerinden alınan 41 adet örselenmiş ve örselenmemiş zemin numunesi

üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen veri setleri, analitik hiyerarşi yöntemi ve çoklu regresyon analizlerinde kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma Tersiyer volkanik regolitlerinin zemin mukavemeti parametrelerinin tahmini yapılmış ve temel tasarım projeleri gibi mühendislik uygulamalarında zaman alıcı laboratuvar deneylerine ihtiyaç duymayı önleyerek, kantitatif tahminin zemin dayanımı parametrelerine uygun bir alternatif olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yücel, C., vd., 2013, Doğu Pontidlerin kuzey kesimlerindeki Tersiyer volkanitlerinin volkanik fasiyesleri ve mineral kimyası, kuzeydoğu Türkiye: Önceden erimiş kristalleşme koşulları ve magma odası süreçleri üzerine etkileri başlıklı makalesinde çalışma konusu regolitlerin oluştuğu volkanik kayaçlar ve bu kayaçların jeolojik evrimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır.

Kul Yahşi, B. ve Ersoy, H., 2018, tarafından yapılan çalışmada Trabzon ili Yeşilyurt köyündeki kütle hareketi incelenmiş, kütle hareketinin olduğu zeminin regolitik bir zemin olduğunu ortaya koymuşlardır.



## 2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın ilk aşamasında regolitik zemin kalınlığının 5 metreden fazla olduğu alanların belirlenmesi amacıyla jeofizik (sismik) ölçümlerden yararlanılmıştır. Örselenmemiş örnek almak ve zemin profilini ortaya çıkarmak amacıyla regoitik zeminlerin bulunduğu alanların her birinde mekanik araştırma sondajı yapılmış, aynı lokasyonlarda koni(k) penetrasyon deneyi uygulanmıştır. Örnek alma işlemi her 50 cm'de tekrarlanmıştır. Regolitik zeminlerin mühendislik özelliklerinin derinliğe bağlı değişimini belirlemek amacıyla; araştırma kuyularında kuyu içi deneyler yapılmış ve 50 cm'de bir örselenmemiş örnekler alınmıştır.

Kuyu içi deney bulguları ve laboratuvar deneyleri sonuçlarından yararlanılarak zemin katmanlarının karakterizasyonu yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

- (1) Mineralojik özellikler (XRD, kil türü ve organik madde miktarı)
- (2) Tüm kayaç analizleri yardımıyla element içeriği (Zeminler için 93 adet tüm kayaç analizi, anakaya örneği için 2 adet tüm kayaç analizi yapılmıştır)
- (3) Dane boyutu dağılımı, kıvam limitleri, su içeriği, birim hacim ağırlık (93 adet zemin örneği için elek analizi deneyi, hidrometre deneyi, birim hacim ağırlık deneyi yapılmış, kıvam limitlerini bulmak için plastik limit deneyinden 279 adet, düşen koni yöntemi için 440 adet deney yapılmıştır)
- (4) Kayma direnci parametreleri (93 adet örselenmemiş örnek üzerinde toplamda 330 adet kesme kutusu deneyi yapılmıştır)
- (5) Enine dalga hızı (Her bir sondajın olduğu alanda 1 adet toplamda 6 adet sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır)
- (6) Konik uç direnci ve sürtünme oranı (Her sondaj için anakayaya kadar konik uç direnci ve sürtünme oranı bulunmuştur)

Yukarıda sıralanmış özelliklerin belirlenmesi için uygulanan yöntemler aşağıda maddeler halinde detaylı olarak açıklanmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Çalışma alanının da uygulanan program, elde edilen veriler ve ilgili standartlar

Amaç	Metodoloji	Elde edilen parametreler	Standart
Zemin profilin yatay ve düşey değişimlerinin belirlenmesi	6 profilde sismik kırılma yönteminin uygulanması	Çalışma alanı zeminlerin derinlikle değişimi	IAEG (1976)
	6 adet sondaj yapımı (sırasıyla 9.3 m, 7.2 m, 9.15 m, 5.0 m, 7.9 m, 7.1 m)		
Mühendislik özelliklerinin belirlenmesi	6 adet Konik Penetrasyon testinin uygulanması	Konik uç direnci ve sürtünme oranının bulunması	ASTM D3441
	6 profilde sismik kırılma yönteminin uygulanması	S dalga hızının bulunması	-
	Sondajlardan 50 cm'de bir alınan 93 adet örselenmiş örneğin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi	Birim hacim ağırlık (toplamda 93 adet deney yapılmıştır.)	ASTM D4718
		Kıvam limitleri (plastik limit için 279 adet deney ve likit limit için 440 adet deney yapılmıştır.)	ASTM D4318
	Tane boyu dağılımı (93 adet elek analizi, 93 adet hidrometre deneyi yapılmıştır.)	ASTM D422	
	Sondajlardan 50 cm'de bir alınan 93 adet örselenmemiş örneğin mekanik özelliklerinin belirlenmesi (Her bir örnek için 3 tane toplamda 279 tane UU kesme kutusu deneyi yapılmıştır.)	Makaslama dayanımı parametreleri (c, Ø)	ASTM D3080
Mineralojik özelliklerinin belirlenmesi	Tüm kayaç analizi yapımı (93 adet zemin örneği için ve 2 adet kaya örneği için yapılmıştır.)	Zemin ve kaya örneklerinin mineralojik bileşimi	-
	XRD analizi	Kil cins tayini	

### **3.BULGULAR**

#### **3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi**

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Liyas'tan Eosen'e kadar belli zaman aralıklarında gelişimini sürdüren magmatik faaliyetlerin ürünleri olan magmatik kayalar ve magmatik faaliyetlerin durduğu dönemlerde çökelen tortul istifler yaygındır (Kul, 2012). Birçok araştırmacı tarafından tektonik, magmatik ve sedimentolojik özelliklerine göre ayrılan Doğu Pontidler (Arslan vd., 1997; Şen vd., 1998; Arslan vd., 2002; Şen, 2007), Okay ve Tüysüz (1999) tarafından belirlenen Sakarya Zonu içerisinde yer almaktadır. Doğu Pontidler Özsayar vd. (1981) tarafından Kuzey ve Güney Zon olarak ikiye ayrılırken, Bektaş vd. (1995) ve Eyüboğlu vd. (2006, 2007) tarafından Kuzey, Güney ve Eksen Zonu olarak üçe ayrılmıştır. Kuzey Zon volkanik kayalar ve granitik intrüzyonlar, Eksen Zonu ultramafik kayalar, peridotit ve metamorfikler ve Güney Zon granitik kayalar, metamorfik masifler ve sedimenter kayalar ile karakterize edilir.

Doğu Pontidler'in Kuzey Zon'unda yer alan Trabzon ve çevresinin en yaşlı kayaları, Güven (1993) tarafından tanımlanan Üst Kretase-Paleosen yaşlı formasyonlar oluşturur. Bu birimlerin en altında içerisinde tortul seviyeler bulunan bazalt-andezit ve piroklastitleri bulunmaktadır. Tabandaki bu volkanik istif uyumlu olarak riyolit-riyodasit ve piroklastitleri tarafından örtülmektedir. Asidik volkanitler ise marn, şeyl, killi kireçtaşı tuf aralanmasından oluşan birimler tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası Şekil 3.1'de verilmiştir.

##### **3.1.1. Kabaköy Formasyonu**

İl merkezi ve yakın çevresinde yüzeyleyen Senozoyik yaşlı volkano-tortul istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Tortul ara katkılı bazik volkanitler ve piroklastitlerinden oluşan bu birimler ilk çalışmalarda Paleosen-Eosen yaşlı olarak kabul edilmiştir. Aydın vd. (2008) ve Yücel (2013) tarafından yapılan çalışmalarda ise tabanda Eosen yaşlı tuf ve breşlerle başlayan birimlerin üzerinde uyumsuz olarak Miyosen yaşlı volkanitlerin bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Güven 1998'den değiştirilerek)

Çalışma konusu alanda yerinde oluşmuş regolitik zeminler Miyosen yaşlı volkanik kayaların ayrışması ile oluşan zeminlerdir. Sedimenter arakatkılı andezit, bazalt, trakibazalt ve piroklastitlerden oluşan birim Kabaköy Formasyonu ile benzer litolojik ve stratigrafik özellikler gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır. İnceleme alanının tamamında yayılım gösteren ve Geç Kretase yaşlı birimler üzerine bir taban konglomerası ile açılmal uyumsuzlukla gelen formasyon, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara tabakaları içeren andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Formasyonun taban kesiminde bulunan tortul kayalar killi, karbonatlı bir matriks içindeki yuvarlak şekilli volkanik kayaç çakıllarından ve killi kireçtaşı, marn bloklarından oluşmaktadır.

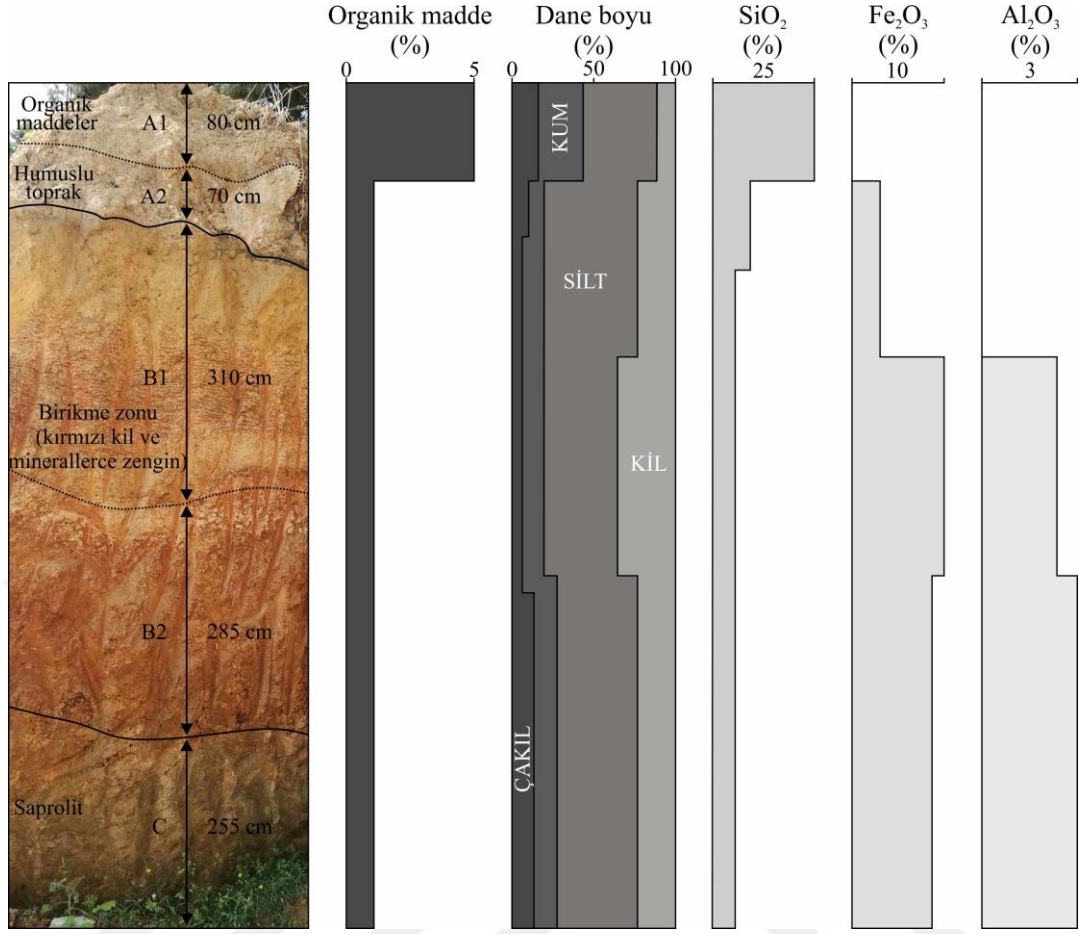
### 3.1.2. Regolitik Zeminler

Çalışma alanında yüzeylenen regolitik zeminler, Eosen sonrası volkaniklerinin üst seviyelerinde gözükmemektedir. Özellikle temeldeki volkanik kayaların ayrışması sonucu oluşan regolitler, derine doğru ayrışmamış volkanik kayalara geçiş gösterir. İnceleme alanında tabakalı yapı göstermeyen regolitlerin, fosil faunası içermemesi nedeni ile karasal kökenli olduğu düşünülmektedir. Regolitler içinde volkanik çakılların varlığı, bunların kaynağının Eosen sonrası volkanik kayalar olduğunu göstermektedir.

Bir regolit profili incelendiğinde yüzeyden alta doğru fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişiklik gösterdiği görülür ve zemindeki bu değişmelere göre regolitler zonlara ayrılarak sınıflandırılır.

Genelleştirilmiş regolit profilinde üstten alta doğru A, B, C olarak adlandırılan üç zon görülür. En üst zon olan A zonu organik malzeme (humus) içeren koyu renkli yıkanma zonuna karşılık gelir. Bu yıkanma zonunda eriyebilir maddeler eriyik halde, eriyemeyen maddeler ise mekanik yolla tabana doğru B zonuna aktarılır. B zonu birikim zonudur. Üst kısımda erimiş ve katı halde gelen malzeme bu kesimde çöker. B zonu açık renklidir. B zonu sadece A zonundaki organik parçalanmadan değil daha alt kesimlerden (C zonundan) gelen çözeltilerden de bazı elementleri bünyesine alır. B zonu kil mineralleri, Fe, Mn ve Al oksitler bakımından zengindir. Toprak profilindeki C zonu B zonunun altında ve B zonuna göre kil ve organik madde bakımından daha fakir zondur. Bu zon ana kayaya geçiş zonudur. Anakayaya doğru yaklaşıldıkça kayaç parçalarında dereceli olarak artış gözlenir. C zonu ayrılmış ana kayayı temsil eder ve saprolit olarak adlandırılır.

Yapılan incelemelerde, çalışma konusu regolitik zeminlerde bu zonlar tespit edilerek, zeminlerin organik madde içerikleri ile dane boyutu dağılımları belirlenmiştir (Baykan, 2011; Kul, 2012; Ersoy vd., 2013; Kul Yahşi ve Ersoy, 2018). En üst seviye olan A zonu yaklaşık 150 cm kalınlıktadır. Organik maddeler nedeniyle rengi koyu kahverengiye yakın olan bu zonda yıkanmaya bağlı olarak humus ve kil gibi maddelerin bir kısmı taşınmıştır. A1 zonunda organik madde oranı %5'ten, kum ve silt oranı %80'den fazladır. A2 zonunda ise organik madde oranı %1'in altına düşerken silt oranı %50'ye yükselmiştir. Çalışma alanında B zonu yaklaşık 6 m kalınlıktadır. Ayrışmanın devam ettiği B zonunda A zonundan sızan suların taşıdığı kil, demir, tuz gibi maddeler birikmiştir. Yaklaşık 3.1 m kalınlığa sahip B1 zonunda organik madde oranı yaklaşık %2'dir. Bu alanda kil oranı %50'ye ulaşmıştır. 2.85 m kalınlığı sahip B2 zonunda kil oranı %20'ye düşerken silt oranı %40'a kadar yükselmiştir. Saprolitlerden oluşan ve yaklaşık 2.5 m kalınlığa sahip C zonunda ana kayayı oluşturan bloklara rastlanmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Eosen sonrası oluşan bazik volkanik kayaçların ayrışması sonucu oluşmuş yaklaşık 10 metre kalınlığındaki bir regolit profili (SK-1, Bostancı Mahallesi, Trabzon)

### 3.2. Ayrışma

Yüzeyden itibaren başlayarak anakayaya kadar uzanan dereceli değişim ayrışma ile oluşmaktadır (Hunt, 1972; Birkeland, 1984). Buna göre ayrışma anakayanın fiziksel ve kimyasal olarak parçalanması ve bileşiminin değişimidir. Yeryüzündeki tüm kayalar, jeolojik geçmişlerinde büyük ısı ve basınca maruz kalmışlardır. Yüzeyde veya yüzeye yakın yerdeki ortam, fiziksel ve kimyasal olarak derindekinden çok farklı olduğu için kayalar bu yeni koşullar karşısında değişime uğrarlar (Rahn, 1986). Genellikle kayaçlar üzerindeki ayrışma atmosfere maruz kaldığında minerallerin fiziksel ve kimyasal parçalanması gerçekleştiği zaman başlar. Ayrışma fiziksel ayrışma ve kimyasal ayrışma olarak ikiye ayrılmaktadır.

### 3.2.1. Fiziksel Ayırışma

Kayaçların fiziksel olarak çatlaması, parçalanması ve ufalanması olup, kayayı kırmaya çalışan sıcaklık ve basınç değişimini de içerir. Yük kalkması ve tektonizma, ıslanma-kuruma, donma-çözünme ve bitki kökleri fiziksel ayırışmayı oluşturan etkenler arasında yer almaktadır.

### 3.2.2. Kimyasal Ayırışma

Kimyasal ayırışma kayaçların içindeki minerallerin ayrışarak kimyasal açıdan değiştii süreçleri kapsar. Fiziksel ayırışmanın tersine kimyasal ayırışma, ayrışan malzemelerin bileşimini değiştirir. Hidrasyon, hidroliz, çözünme ve oksidasyon kimyasal ayırışma süreçleridir.

Hidrasyon kayanın bünyesine su alarak mineral ve elementlerin su ile birleşmesi sonucunda meydana gelen kimyasal olaydır. Dehidrasyona gelince, hidrasyonla meydana gelen ayırışma ürünleri kuruduklarında bünyelerindeki suyu kaybederek dehidrasyona uğramaktadırlar.

Hidroliz suyun  $H^+$  ve  $OH^-$  iyonları iyonlarıyla kayaç ve minerallerin bileşiminde bulunan elementler ve iyonlar arasındaki reaksiyonlardır.

Çözünme kayacı oluşturan iyonların anyonlarına veya katyonlarına ayrılması ve katı madde erimesi aşmasını içerir.

Oksidasyon çözünen madde ile element halindeki  $O_2$ 'nin birleşmesiyle oluşur. Elektronlarını kaybeden bir madde oksitlenmiş demektir.

### 3.3. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında sondaj uygulamaları, konik penetrasyon deneyi ve sismik ölçümler gibi arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde zeminlerin indeks, kıvam ve dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ilgili standartlara göre deneyler yapılmıştır.



Şekil 3.3. Çalışma alanında uygulanan sismik yöntem, konik penetrasyon deneyi ve sondaj noktaları

### 3.3.1. Sismik Kırılma Yöntemi

Günümüzde jeoteknik projelerde arazi deney programı ile planlanacak araştırma programının içeriği henüz standartlara bağlanmamıştır. Bu nedenle çalışmanın ilk aşamasında, Eosen sonrası bazik volkanik kayaların ayrışması ile oluşmuş rezidüel regolitlerin yayılımı belirlenmiş, sismik ölçümlerle kalınlığı 5 metreden fazla olan bölgeler ayırtlanmış ve bunların içinde en uygun bölge çalışma programına alınmıştır (Şekil 3.3). Sismik kırılma yöntemi, verinin toplanması ve değerlendirilmesi nedeniyle kolay, hızlı ve maliyeti az olan bir yöntemdir. Diğer önemli bir özelliği ise dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlar.

Yapılan çalışmada sismik yöntemlerinden biri olan yüzey dalgalarının çok kanallı analiz yöntemi ile yeraltı yapısı ve enine dalga (S) hızları belirlenmiştir.

#### 3.3.1.1. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi (MASW)

MASW yöntemi Park vd. 1999 tarafından geliştirilmiş ve amacı faz hızının frekansla değiştiği Rayleigh dalgası dispersiyonunu elde etmek ve ters çözüm tekniği ile bunu S-



dalgası hızı ve tabaka derinliğine dönüştürmektir. Buna bağlı olarak MASW yöntemi sırasıyla veri toplama, dispersiyon eğrisinin elde edilmesi ve ters çözümleme işlemleri olarak 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Yüzeysel dalgası verisinin analizlerinin hemen hemen hepsinde dalga alanı dönüşüm teknikleri uygulanır. Fourier dönüşüm yöntemi kullanılarak zaman uzaklık ortamında kaydedilen veri frekans ortamına aktarılır (McMechan ve Yeldin, 1981). Aktarılan bu veriye integral dönüşümü uygulayarak faz hızı-frekans eğrisi elde edilir (Park vd., 1999a,1999b). Faz hızı-frekans ortamındaki eğrinin, her bir frekansa karşılık gelen maksimum genlik noktalarının işaretlenmesiyle dispersiyon eğrisi oluşturulur. Son olarak elde edilen dispersiyon eğrisine en küçük kareler yöntemi veya doğrusal olmayan ters çözüm yaklaşımlarından birini temel alan ters çözüm tekniklerinin uygulanmasıyla derinliğe bağlı olarak enine dalga hızı yapısı bulunur.

Bu yöntem ile yeraltındaki formasyonların derinlikleri, tabakaların kalınlıkları, eğimi, kırık, fay, süreksizlik zonları, tabaka hızları ve elde edilen bu bilgilerden yer altı yapısının dinamik ve elastik parametrelerini bulmak mümkündür.

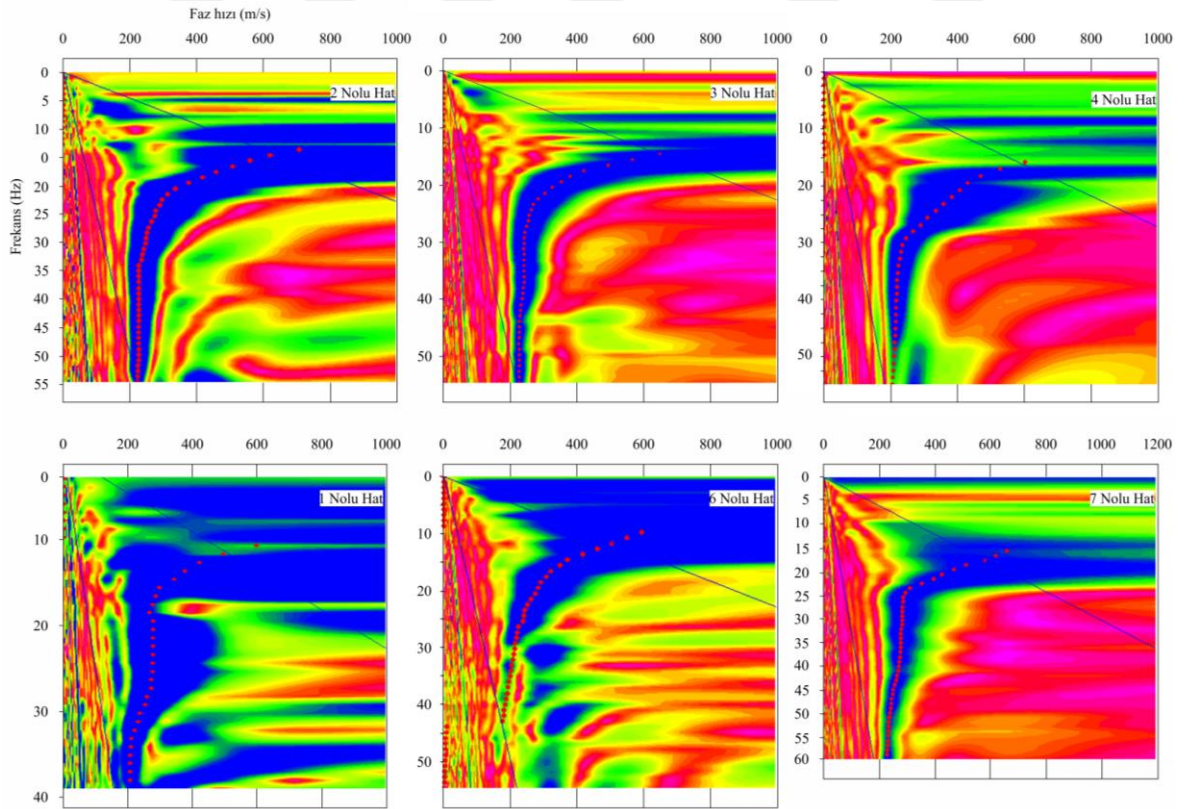
MASW ölçülerinin alımında 12 kanallı, Geometrics marka ve ES3000 model araştırma sismografi kullanılmıştır. Kaynak olarak zemin üzerine yerleştirilmiş çelik levhaya balyozla vurulmuştur (Şekil 3.4).

Tüm sondaj kuyularının bulunduğu güzergahta MASW tekniği uygulanmış ve MASW tekniği ile elde edilen verilerin çözümünden tabaka hızları ve kalınlıkları bulunmuştur. Ayrıca elde edilen dispersiyon eğrisine en küçük kareler yöntemi veya doğrusal olmayan ters çözüm yaklaşımlarından birini temel alan ters çözüm tekniklerinin uygulanmasıyla derinliğe bağlı olarak enine dalga hızı yapısı elde edilmiştir.

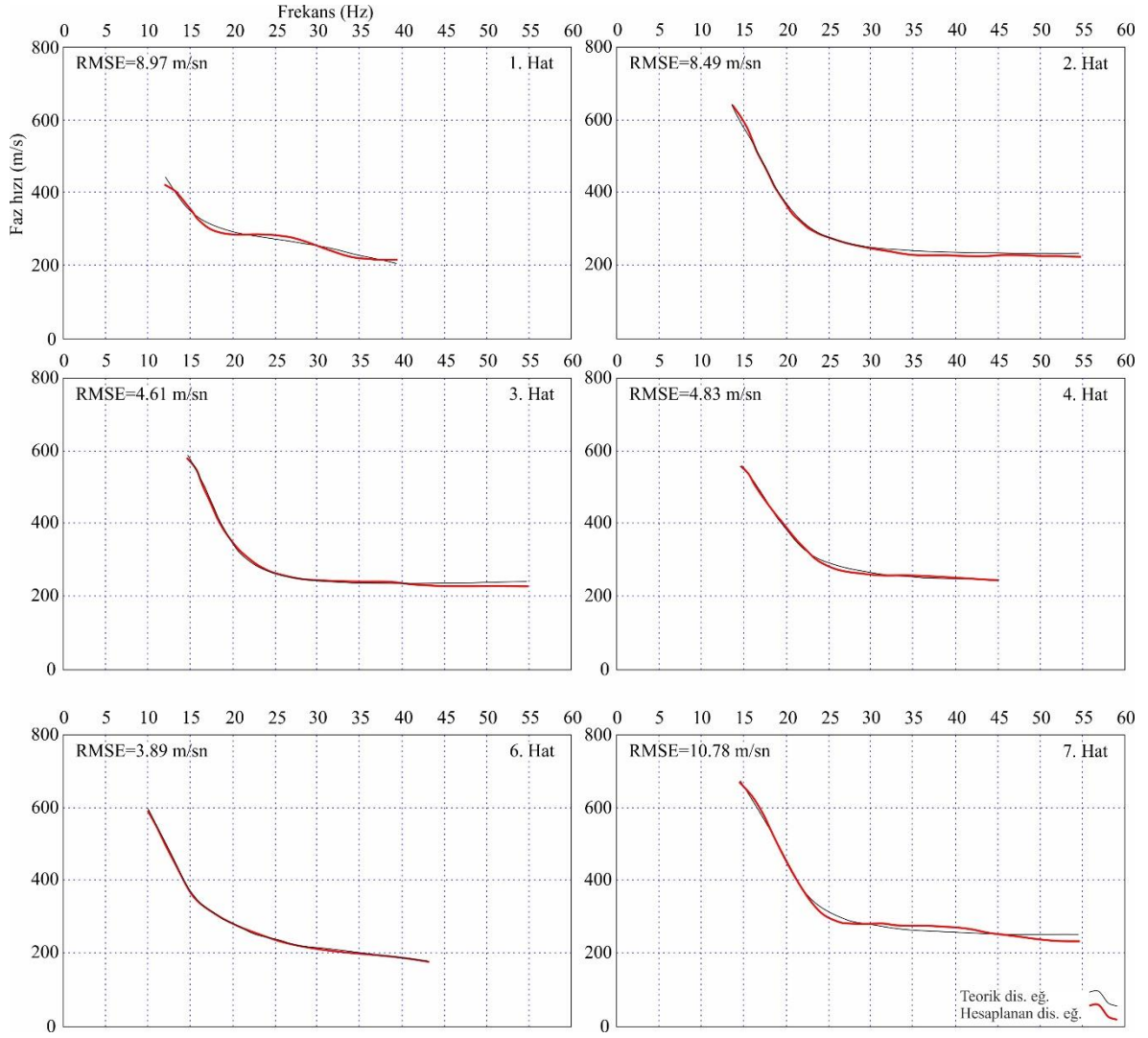
Şekil 3.5’de MASW yönteminden elde edilen faz hızı frekans eğrileri ve Şekil 3.6’da MASW ölçümlerine göre dispersiyon eğrileri yer almaktadır.



Şekil 3.4. MASW yönteminin arazide uygulanışı



Şekil 3.5. MASW yönteminden elde edilen faz hızı frekans eğrileri



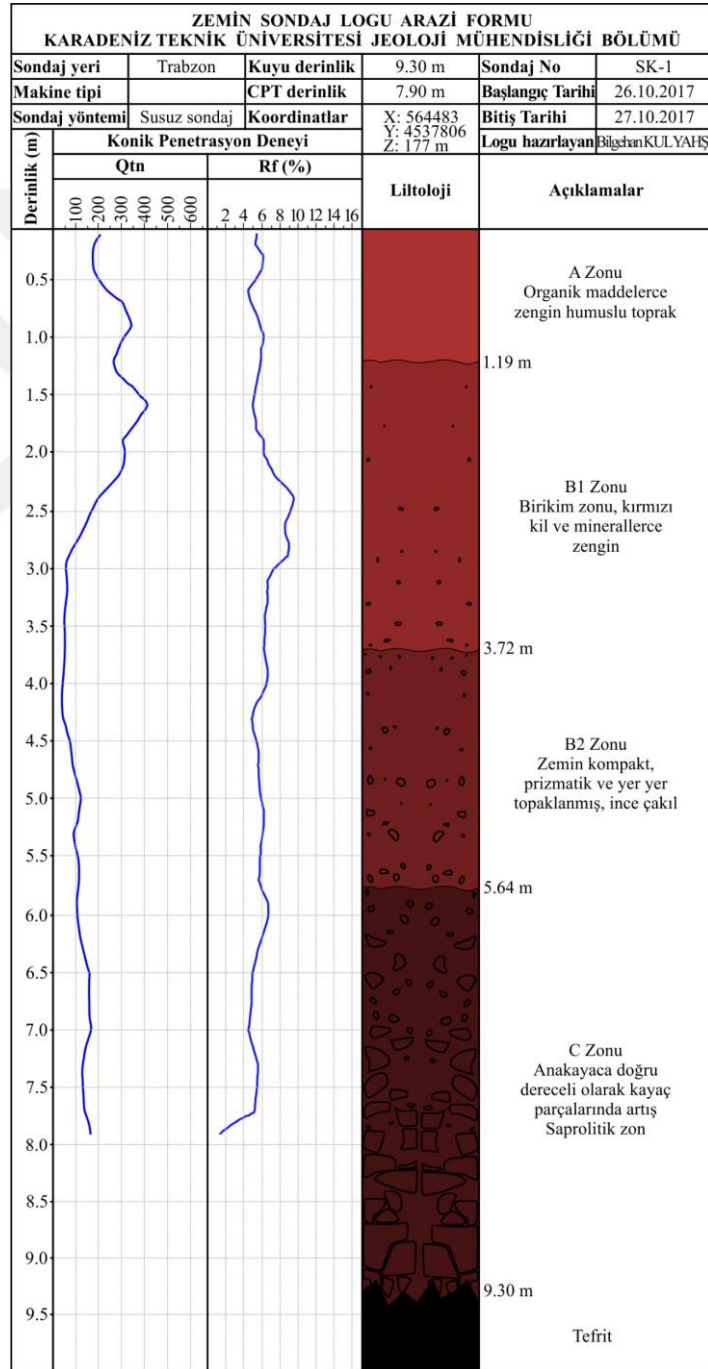
Şekil 3.6. MASW yönteminden elde edilen dispersiyon eğrileri

MASW yönteminde dispersiyon analiz sonucuna göre hesaplanarak elde edilen dispersiyon eğrisi ile teorik dispersiyon eğrisi üst üste çakışmaktadır. Bu durum yapılan işin hassas olduğunun bir göstergesi ve doğruluğunu yansıtmaktadır.

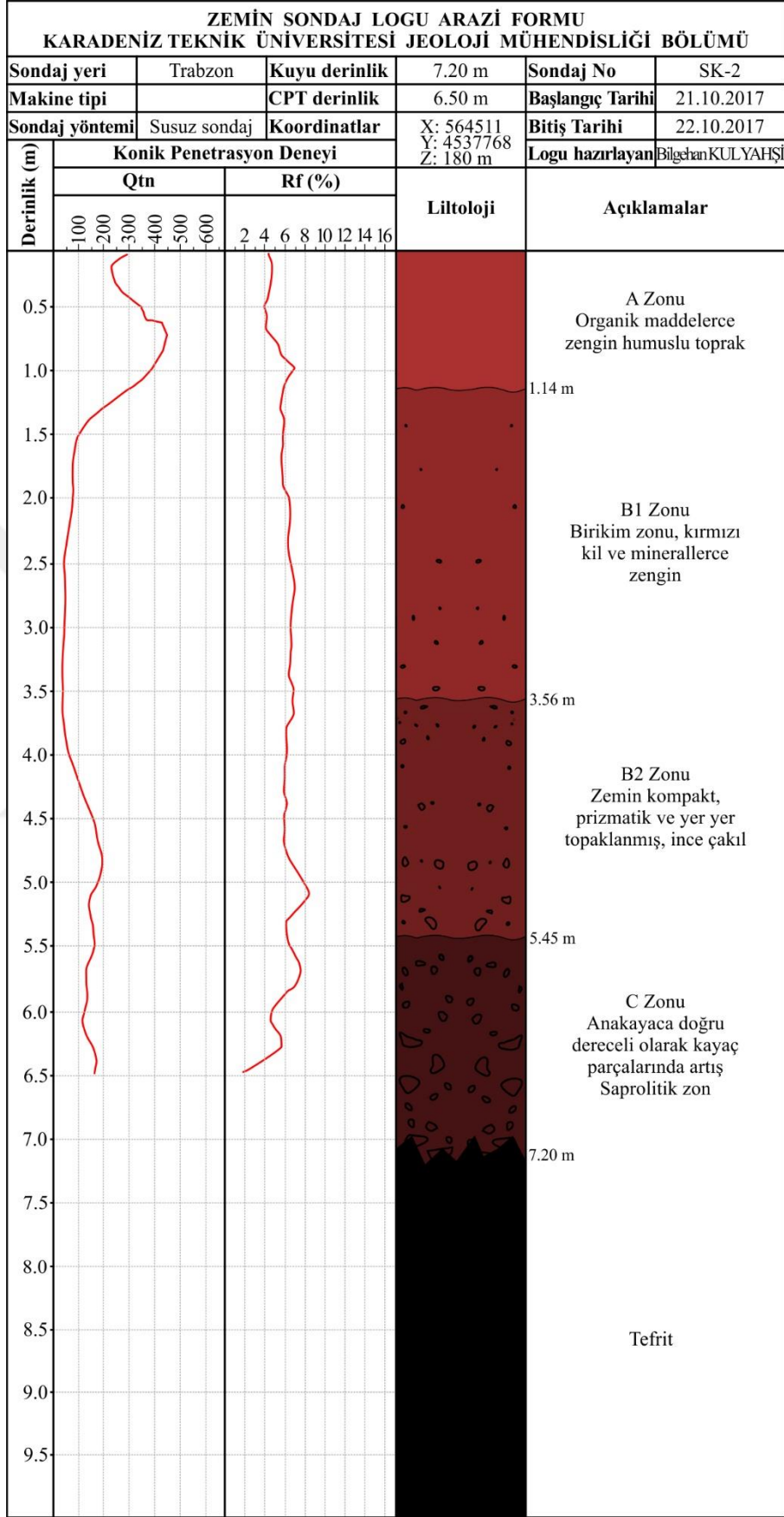
### 3.3.2. Temel Araştırma Sondajları

Arazi gözlemleri ve daha önceden yapılmış olan jeofiziksel çalışmalar neticesinde çalışma alanı belirlenmiştir. Belirlenen alanda 6 adet sondaj yapılmış ve zemin profili net bir şekilde belirlenmesi için anakayaya kadar inilmiş (Şekil 3.7-12) ve buna bağlı olarak ta; sondajlar da sırasıyla 9.3 m, 7.2 m, 9.15 m, 5.0 m, 7.9 m ve 7.1 m’de ana kayaya ulaşılmıştır.

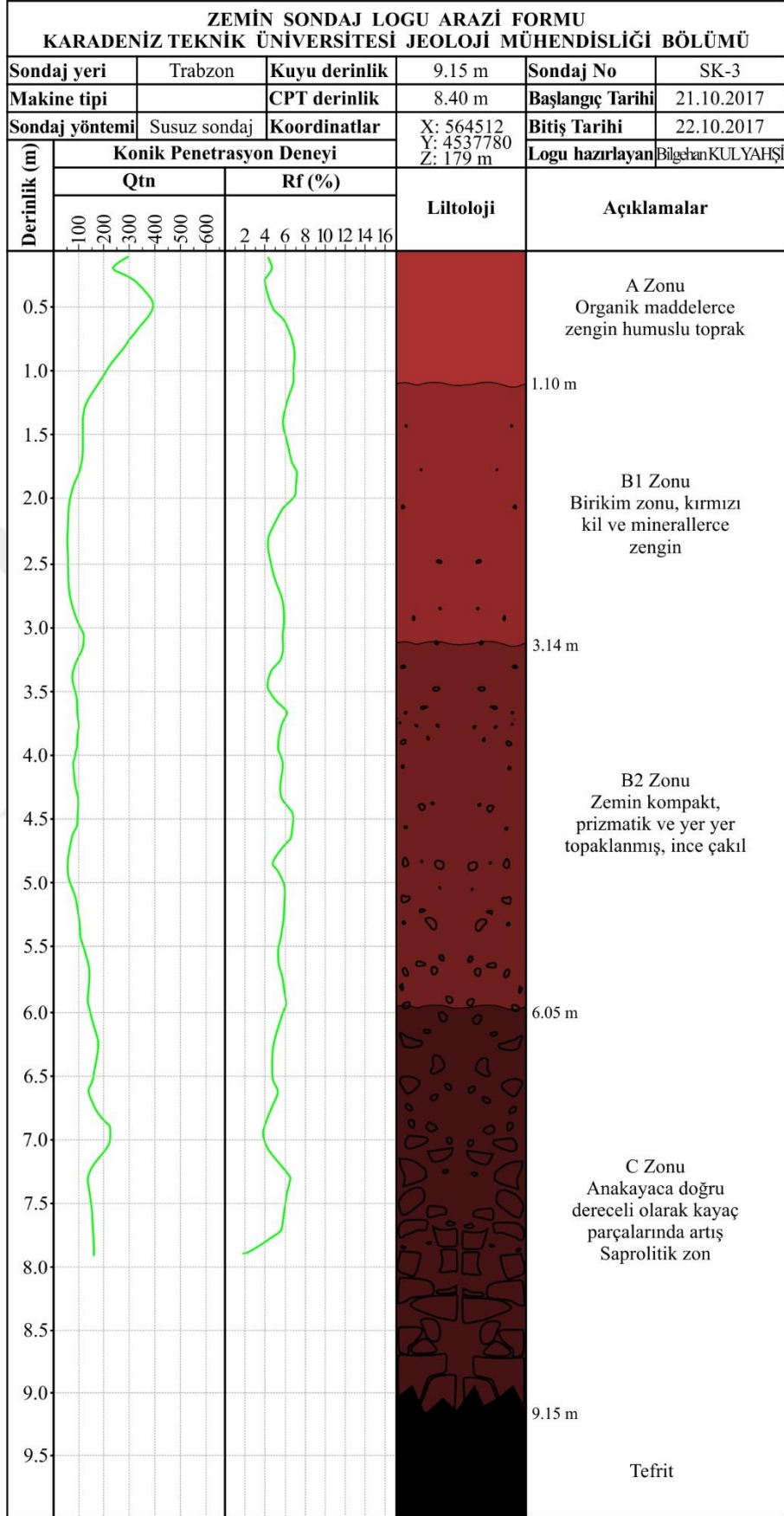
Sondajlar da her 50 cm de bir örselenmemiş örnek temin edilmiştir. Örnekler alınırken örselenmenin minimuma indirgenmesi açısından ve alınan örselenmemiş numunenin kesme kutusu deneyinde de kullanılabilmesi için 86 mm çapında 50 cm lik özel tüpler kullanılmış, sondaj susuz ve sadece baskı ile (dönme olmaksızın) gerçekleştirilmiştir. Sondaj yapımı sırasında karotiyerin 50 cm ilerlemesine dikkat edilmiş, herhangi bir hata olmaması için tijler 50 cm ara ile çizilmiştir (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14).



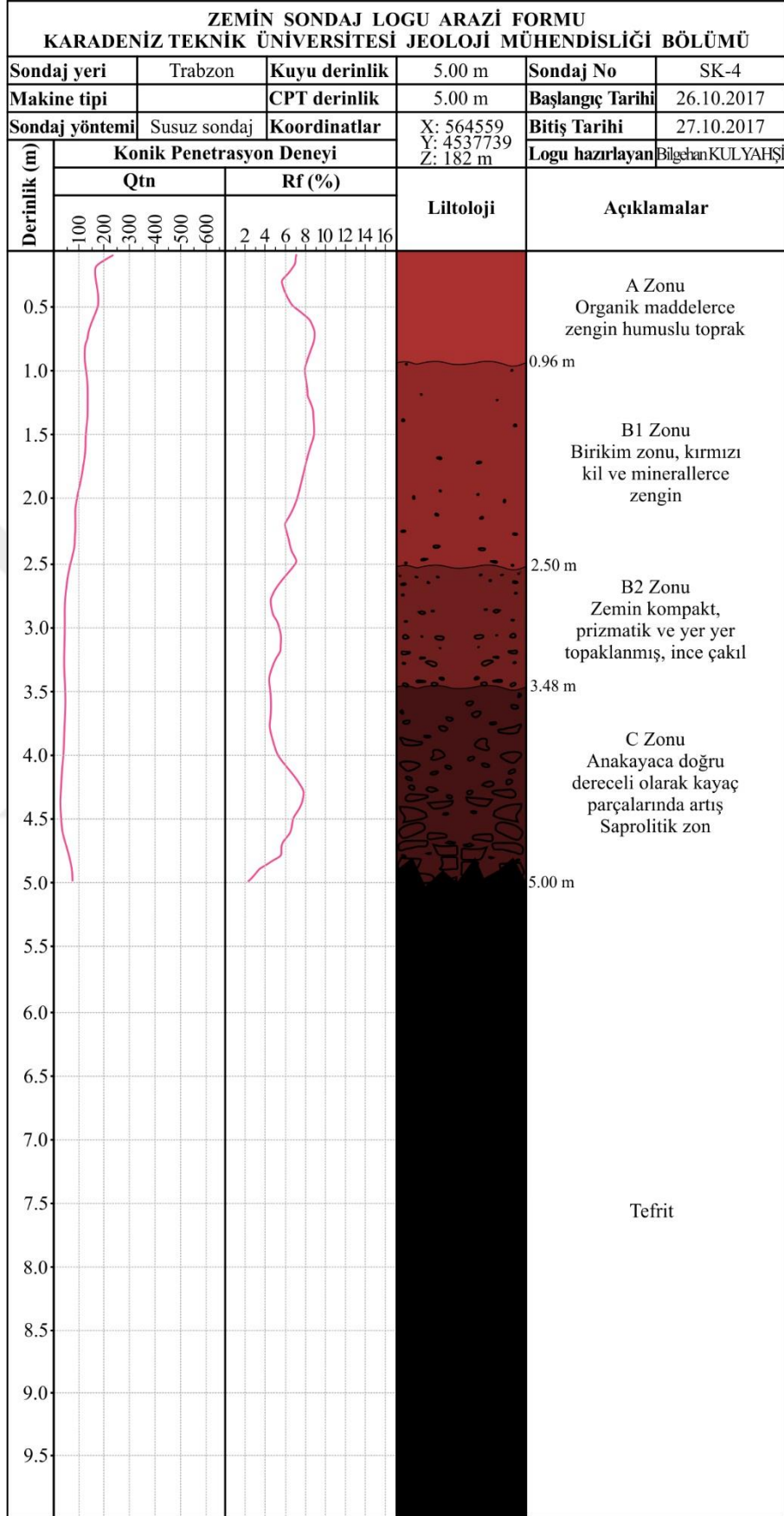
Şekil 3.7. SK-1 regolitik zeminlerdeki sondaj logu



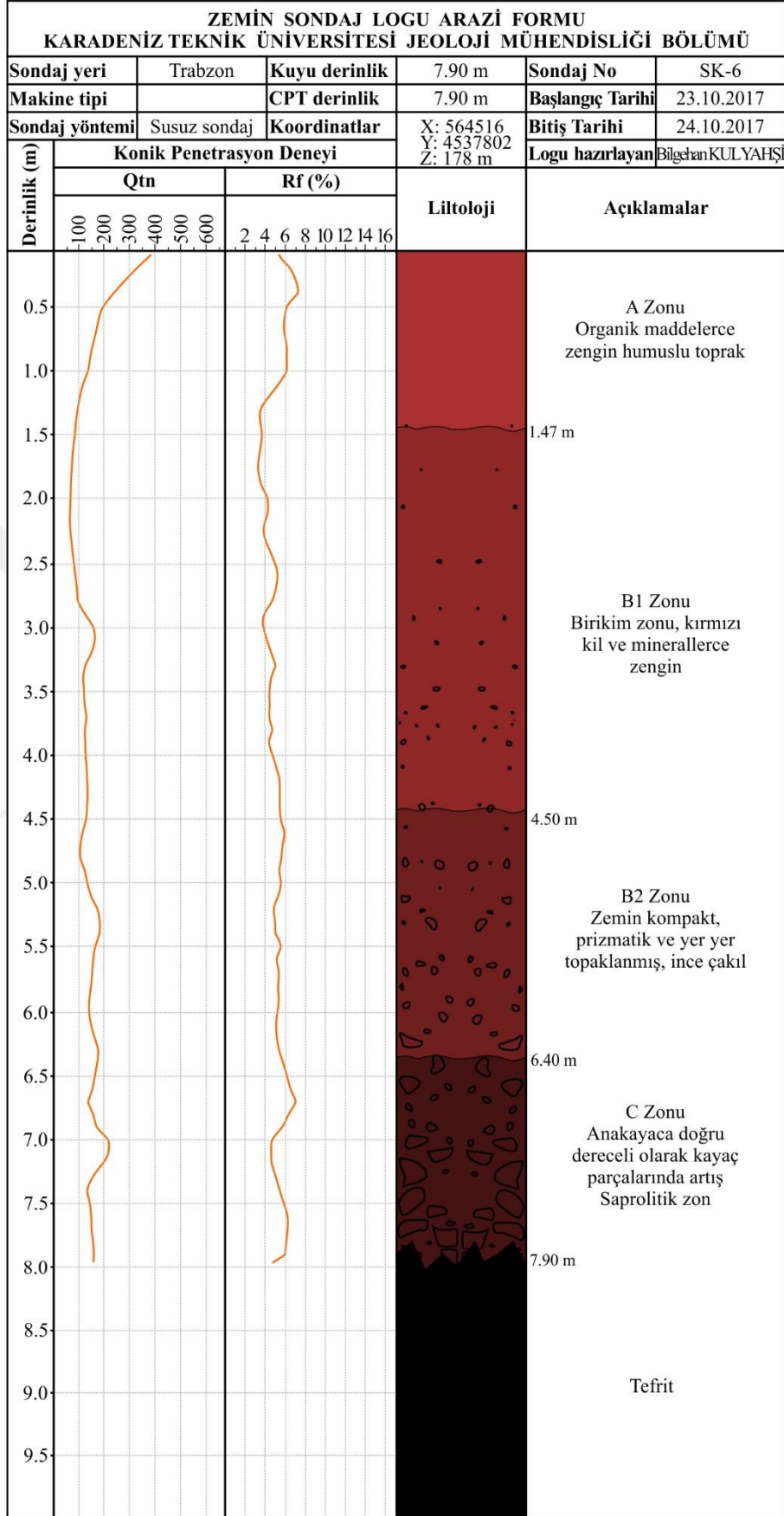
Şekil 3.8. SK-2 regolitik zeminlerdeki sondaj logu



Şekil 3.9. SK-3 regolitik zeminlerdeki sondaj logu

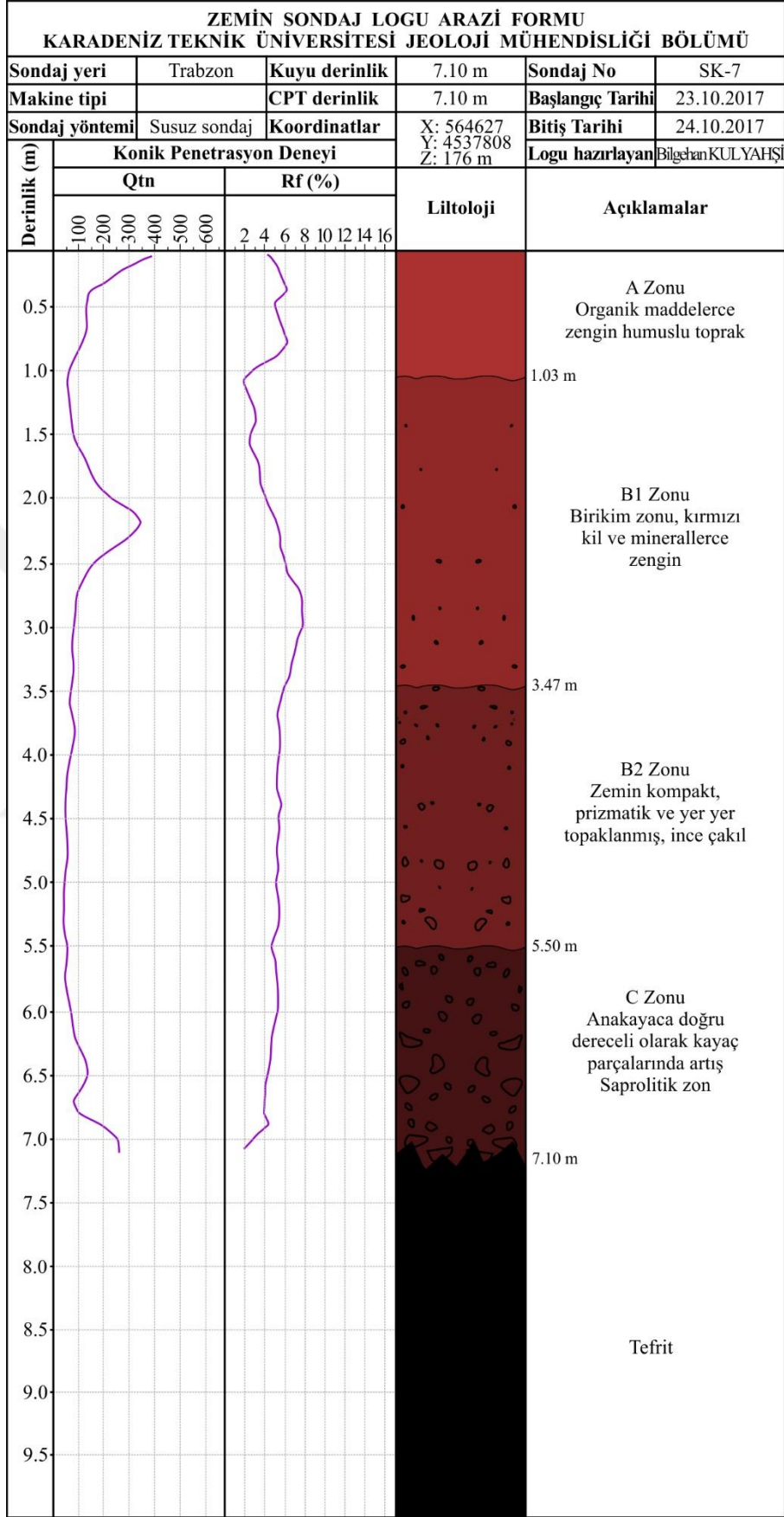


Şekil 3.10. SK-4 regolitik zeminlerdeki sondaj logu



Şekil 3.11. SK-6 regolitik zeminlerdeki sondaj logu





Şekil 3.12. SK-7 regolitik zeminlerdeki sondaj logu



Şekil 3.13. SK-1 (a-b-c-d-e), SK-2 (f-g) ve SK-3 (h-i-i) numaralı sondaj kuyuları



Şekil 3.14. SK-4 (a-b-c), SK-6 (d-e-f) ve SK-7 (g-h) numaralı sondaj kuyuları

### 3.3.3. Örselenmemiş Örnek Alımı

Jeoteknik projelerde tercih edilen zemin araştırma sondajları genellikle 30 m derinliğe kadar uygulanan sığ ve dar çaplı döner sondajlardır. Farklı jeolojik ortamlarda farklı sondaj ve örnek alım teknikleri uygulanmaktadır.

Aşağıda örselenmemiş örnek alımında yaygın kullanılan yöntemler ve/veya gereçler verilmiştir (Ulusay 2010):

A.Deney veya gözlem çukurlarından blok örnek alımı

B.Zemin içine itilen

C.Örnek alıcılar

(a).Ucu açık tüpler

(i).Kalın çeperli tüpler ( $U_{100}$  tüpleri)

(ii) İnce çeperli tüpler (Shelby tüpleri)

(b) Pistonlu örnek alıcılar

(i) Serbest pistonlu örnek alıcılar

(ii) Geriye çekilebilir pistonlu örnek alıcılar

(iii) Sabit pistonlu örnek alıcılar

D.Dönel sondajlarda kullanılan örnek alıcılar

(a) Karotiyerler

(b) Denison karotiyeri

E.Kumlardan örnek alıcılar

(a) Bishop kum örnekleyicisi

(b) Delft örnek alıcısı

Zeminlerde kullanılan farklı örnekleme tekniklerine göre örselenme derecesi sınıfları Tablo 3.1’de verilmiştir. Zemin türü, örnekleme yöntemi ve örnek kalitesi arasındaki ilişkiler de Tablo 3.2’de verilmiştir. Çalışmada zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sondajlardan örnekler temin edilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen lokasyon da özel sondaj teknikleri uygulanmış, delgi işlemi kuru olarak gerçekleştirilmiş, sadece baskı uygulanarak dönme olmaksızın yapılmış ve her bir kuyu da anakayaya ulaşana kadar regolitik zemin profili boyunca 50 cm de bir örnek alınmıştır. Örselenmemiş örnek temin etmek ve örselenmemiş örnekten kesme kutusu deneyi için örnek alabilmek amacıyla çapı 86 mm, uzunluğu 50 cm (bağlantı yeri dahil toplam uzunluk) olan karotiyerler (örnek alıcı) (Şekil 3.15, Şekil 3.16) kullanılmıştır. Örnekleme işlemi yapıldıktan sonra karotiyerin alt ve üst kısmı parafinlenmiştir. Örselenmemiş örnekler tüpten Motorlu Hidrolik Numune Çıkarıcı (ASTM D698) ile çıkarılmış streç filmlerle sarılarak hava ile teması kesilmiş (örnek içindeki mevcut suyunu kaybetmemesi için) ve muhafaza edilmiştir.

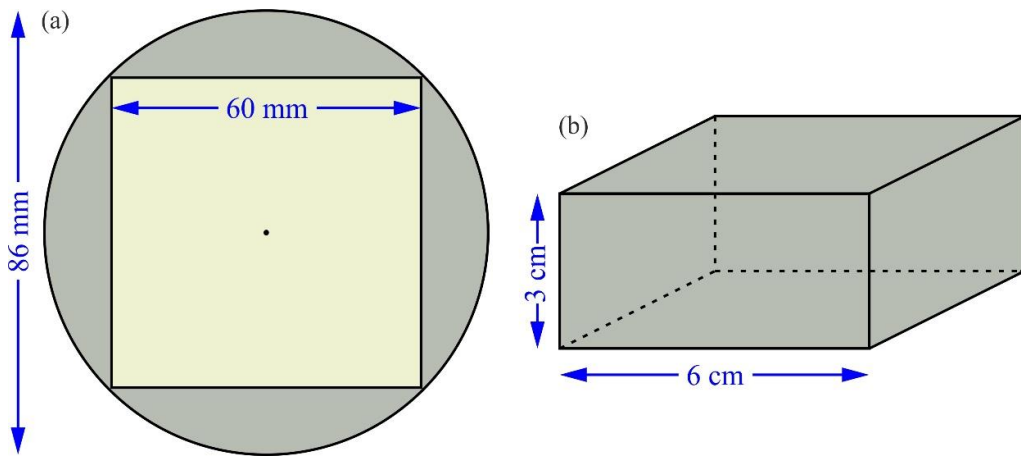
Tablo 3.1. Zemin örneklerinin örselenme derecelerine göre sınıflandırılması (Ulusay 2010)

Sınıf	Tanım	Tayin Edilebilecek Bazı Özellikler	Örnekleme Yöntemi
1	Örselenmemiş (blok)	Sınıflama deneyleri, elek analizi, dayanım, deformasyon özellikleri, konsolidasyon vb.	-Blok örnek (duyarlı olmayan killeri) -Pistonlu ince çeperli tüpler (duyarlı ve gevşek siltler) suyla dengelenmeli
2	Örselenmemiş (baskı ile)	Su içeriği sınıflama deneyleri, yoğunluk	Baskı ile sürülen ince ve kalın çeperli tüp, suyla dengelenerek
3	Örselenmiş	Sınıflama deneyleri, su içeriği	Baskı ile sürülen kalın çeperli tüp, burgu veya kil kesicisi, suyla dengelenme yapılmadan
4	Örselenmiş	Sadece sınıflama deneyleri	Kavanoz torba veya kutu örnekleri
5	Örselenmiş	Sadece istifin tanımlanması	Yıkılarak örnek alımı

Tablo 3.2. Zemin türü, örnekleme yöntemi ve örnek kalitesi arasındaki ilişkiler (Joyce, 1982)

Zemin türü	U <sub>100</sub> tüpü	Pistonlu tüp	Bishop kum örnekleycisi	SPT örneği	Blok örnek	Örselenmiş örnek	Dönel sondajdan karot örneği
Duyarlı (hassas) kil	2. sınıf	1. sınıf	-	-	-	3. sınıf	-
Duyarsız kil	1/2. sınıf	2. sınıf	-	-	1. sınıf	3. sınıf	-
Sıkı kil	2/3. sınıf	-	-	-	2. sınıf	3. sınıf	2/3. sınıf
Gevşek kil	3. sınıf	1. sınıf	2. sınıf	3/4. sınıf	-	3/4. sınıf	-
Sıkı silt	2. sınıf	2. sınıf	2/3. sınıf	3/4. sınıf	-	3/4. sınıf	-
Gevşek kum	-	-	2/3. sınıf	3/4. sınıf	-	3/4. sınıf	-
İnce çakıl	-	-	2/3. sınıf	3/4. sınıf	-	3/4. sınıf	-
Orta/iri çakıl	-	-	-	3/4. sınıf	-	3/4. sınıf	-
Yumuşak kaya	3. sınıf	-	-	3/4. sınıf	2. sınıf	4/5. sınıf	1/2. sınıf
Sert kaya	-	-	-	-	-	4/5. sınıf	1. sınıf

(-) işareti, örnekleme işleminin mümkün veya uygun olmadığını ifade etmektedir. Yukarıda verilen sınıflar, Tablo 3.1'deki sınıflamaya göre dir.



Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan 86 mm çaplı karot örneği (a) ve 6x6x3 cm<sup>3</sup> ebatlı kare prizma örnek alıcı (b)



Şekil 3.16. 86 mm çaplı, 50 cm uzunluğundaki karotiyerler (a), parafinlenme işlemi (b) ve parafinlenen örneklerin kurumaya bırakılması (c) ve (d)

### 3.3.4. Konik Penetrasyon Deneyi

Bilindiği üzere mühendislik jeolojisi çalışmalarında yerinde arazi deneyleri önemli bir yer tutmaktadır. Zemin özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılan arazi deneylerinden elde edilen sonuçların laboratuvar deneyleri ile elde edilen verilerle karşılaştırılması ve aralarındaki ilişkilerin incelenmesi, projelerin ön tasarım aşamasında fikir vermesi açısından oldukça önemli bir konudur (Özçelik, 2013). Fiziko-mekanik Mühendisliği uygulamalarında, zemin numunelerinin alınmasında, numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmesindeki güçlükler, bu işlemlerin maliyetinin yüksek olması ve fazla zaman gerektirmesi nedenleri ile sınırlı sayıda bilgi ile çözüme gidilme yolu tercih edilmektedir (Toğrol ve Sivrikaya, 2009). Böylelikle, arazi deneyleri sonuçlarından elde edilen verilerin önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılacak olan çalışmaların çeşitli aşamalarında bu ilişkiler sayesinde arazi deneyleri verileri kullanılarak zeminlerin çeşitli özellikleri hakkında tahminde bulunmak mümkün olmaktadır (Özçelik, 2013). Bu nedenle, çalışmada laboratuvar deneylerine ek olarak yerinde arazi deneylerinden Konik Penetrasyon Deneyi

uygulanmış ve elde edilen verilerle laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Regolitlerin derinlik profilinin çıkarılması amacıyla sondaj uygulamalarından yararlanılmıştır. Laboratuvarda fiziksel, mekanik ve mineralojik özelliklerin belirlenmesi aşamasında kullanılmak üzere 50 cm de bir örselenmemiş örnekler temin edilmiştir. Bu çalışmaları takiben uygun arazi deneyleri ile regolitler ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Çalışmada elde edilen ilk bulgular sayesinde, ortamın killi, siltli ve kumlu olarak belirlenmesi nedeniyle farklı arazi deneylerinin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları ortaya koyulmuş ve en uygun arazi deneylerinin CPT olduğuna karar verilmiştir. Detaylı ve kesin verilerin elde edildiği bir deney olan koni(k) penetrasyon deneyi (CPT) yumuşak kil, silt, kum ve ince çakıl gibi zeminlerde başarıyla uygulanabilmektedir. Deneyin en büyük avantajı ise derinlik profili boyunca sürekli veri alınabilmesidir. Deney; kısa sürede istenilen sayıda yapılabilmekte, zemin özellikleri numune alınmasına ve laboratuvar çalışmasına gerek duyulmadan elde edilebilmektedir. Ayrıca CPT deneyin yapılmasının ve sonuçların yorumlanmasının diğer yöntemlere göre daha az zaman alması iş gücü ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda tanımlanan arazi ve laboratuvar programı ile çalışmanın amacına yönelik veriler bütün detayları ile belirlenmiştir. CPT ekipmanı orjinal Hollanda yapımı olup elektronik veri toplama sistemine sahiptir. ASTM D3441-05 ile standartlaştırılan deney prosedürü aşağıda açıklanmıştır;

Deneyde tepe açısı  $60^\circ$ , plandaki izdüşüm alanı  $10 \text{ cm}^2$  ve yüzey alanı  $150 \text{ cm}^2$  olan bir metal konik ucun (silindir) 20 ton kapasiteli bir hidrolik baskı yoluyla  $2 \text{ cm/sn}$  sabit hızla zemine itilmiştir (URL-3, 2017). Bu itilme (penetrasyon) sırasında 20 cm ara ile ölçülen uç (qc) ve çevre direnci verileri elektronik alıcı aracılığı ile bilgisayara kaydedilmiş, Konik uç direnci (qc) koniye uygulanan toplam kuvvetin plandaki koni kesit alanına ( $10 \text{ cm}^2$ ) bölünmesiyle elde edilmiştir. Çeper sürtünmesi (fs) sürtünme çeperi üzerine etkiyen toplam kuvvetin silindirin yüzey alanına ( $150 \text{ cm}^2$ ) bölünmesiyle belirlenip yüzey sürtünmesi ise sürtünme oranı ( $R_f=100 \times f_{sc}/qc$ ) cinsinden yüzde olarak ifade edilmiştir. Koni penetrasyon deneyi sırasında ana kayaya yaklaştıkça blok ve çakıl oranının arttığı saprolitik zonlarla karşılaşılabilir. Bu durumda CPT ile ölçüm alınması imkansızdır. Şekil 3.17'de Konik Penetrasyon Deneyi'nin uygulanışı yer almaktadır.



Şekil 3.17. Koni Penetrasyon deneyinin farklı kuyulardaki uygulanişı (CPT-1-7)

Derinlikle efektif örtü yükü gerilmesi arttığı için hem koni penetrasyon direnci hem de sürtünme oranı artar (Robertson, 1990). Çok sığ ve/veya çok derin sondajlardaki örtü yükü nedeniyle CPT verilerinin normalize edilmesi (düzeltmesi) gerekmektedir (Robertson, 1990). Düzeltilmiş CPT verilerine dayanan zemin davranış çizelgesi ilk olarak Robertson (1990) tarafından önerilmiştir. Robertson (1990) zemin türlerini gösteren bölgeleri zemin davranış modeli indisi  $I_c$  olarak tanımladığı bir parametre ile ilişkilendirmiştir.

Buna bağlı olarak  $I_c$ ;

$$I_c = [(3.47 - \log Q_t)^2 + (\log F_r + 1.22)^2]^{0.5} \quad (3.1)$$

$I_c$  = Zemin davranış modeli indisi



$Q_t$  = Düzeltilmiş koni penetrasyon direnci

$F_r$  = Düzeltilmiş sürtünme oranı

$$Q_t = (q_t - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo} \quad (3.2)$$

$q_t$  = Koni uç direnci

$\sigma_{vo}$  = Yatay gerilme

$\sigma'_{vo}$  = Efektif gerilme

$$F_r = (f_s / (q_t - \sigma_{vo})) \times 100 \quad (3.3)$$

$f_s$  = sürtünme oranı

$q_t$  = Koni uç direnci

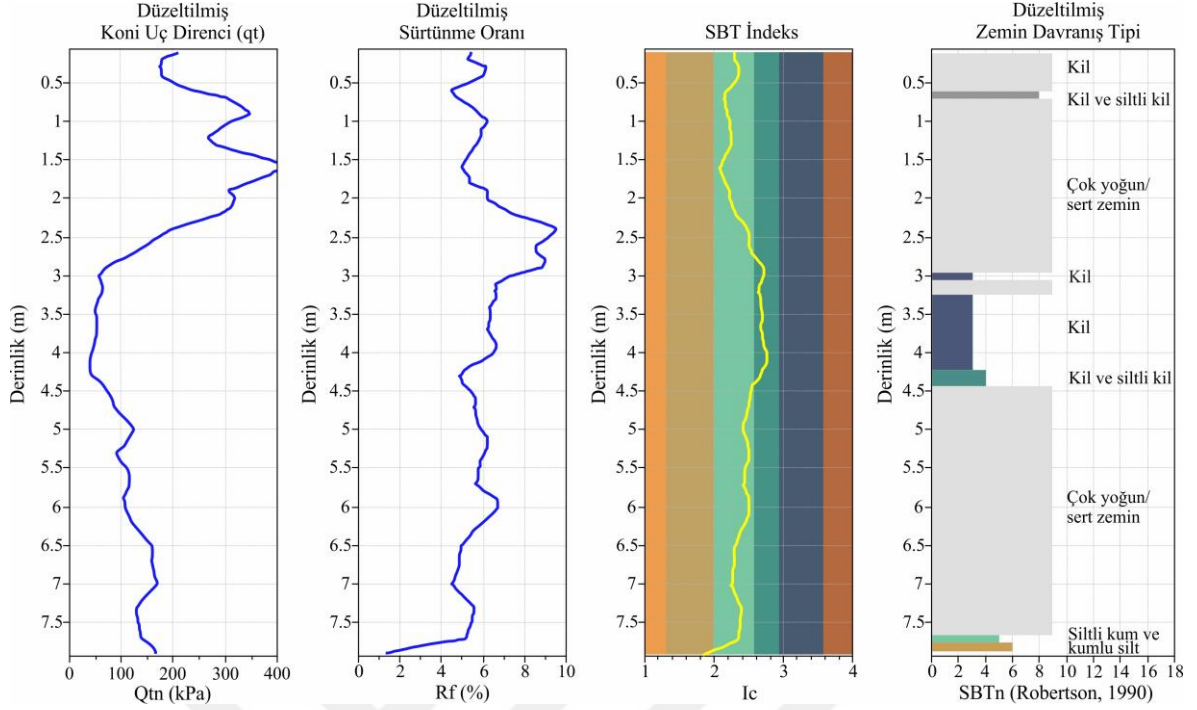
$\sigma_{vo}$  = Yatay gerilme

Farklı zemin türleri için  $I_c$  aralıkları (Robertson, 1990) aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 3.3).

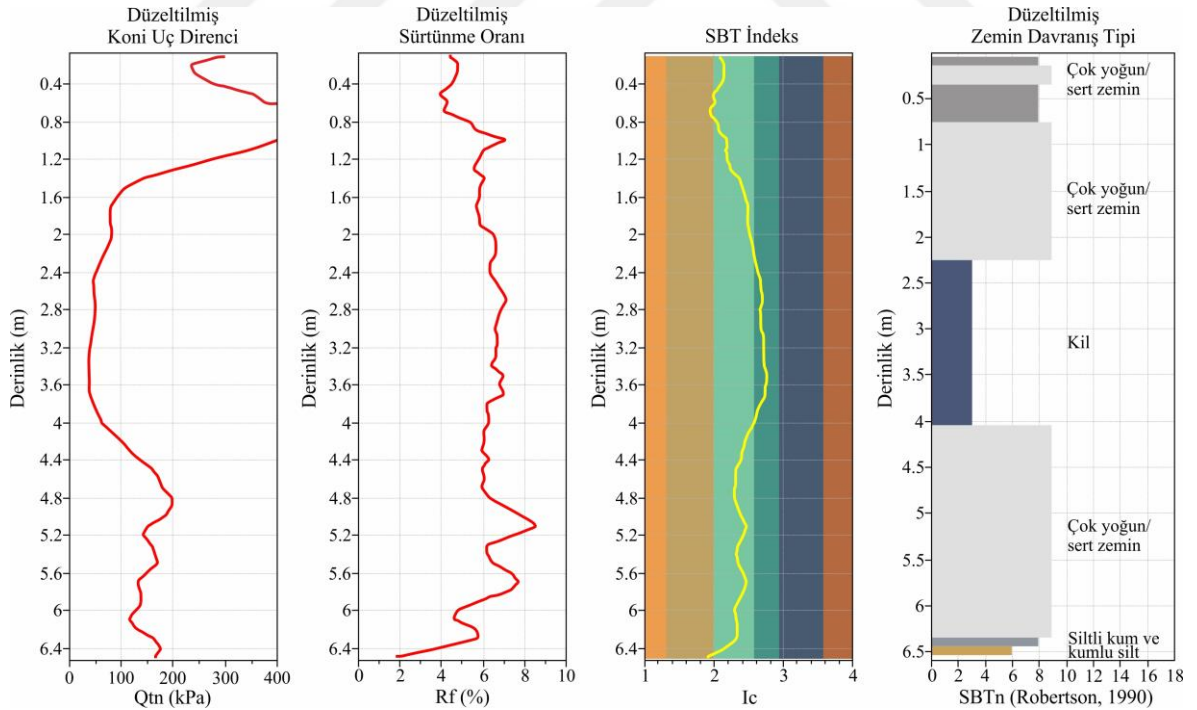
Tablo 3.3. Robertson 1990'a göre zemin cinsleri ve  $I_c$  aralıkları

Bölge	Zemin Cinsi	$I_c$
1	Hassas ince daneli	-
2	Organik zemin-turba	>3.6
3	Killer, kil-siltli kil	2.95-3.6
4	Siltli karışımlar, killi silt-siltli kil	2.6-2.95
5	Kumlu karışımlar, siltli kum-kumlu silt	2.05-2.6
6	Kumlar, temiz kum-siltli kum	1.31-2.05
7	Çakıllı kum-kum	<1.31
8	Çok sıkı kum-killi kum	-
9	Çok sert ince daneli	-

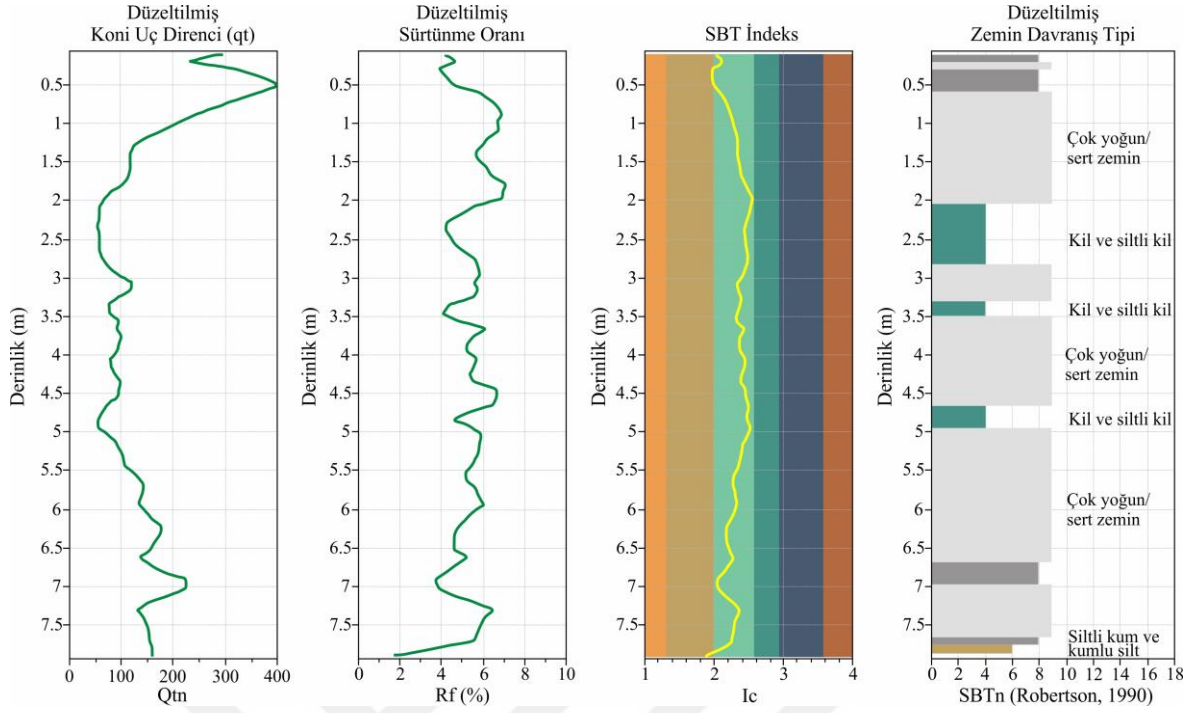
Koni penetrasyon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre, her bir kuyu için düzeltilmiş koni direncinin ( $q_c$ )-derinlikle değişimi, düzeltilmiş sürtünme oranının-derinlikle değişimi, düzeltilmiş zemin davranış indeksi ve düzeltilmiş zemin davranış tipi (Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23) grafikleri çizilmiştir. Buna bağlı olarak derinlik boyunca zemin türleri belirlenmiştir.



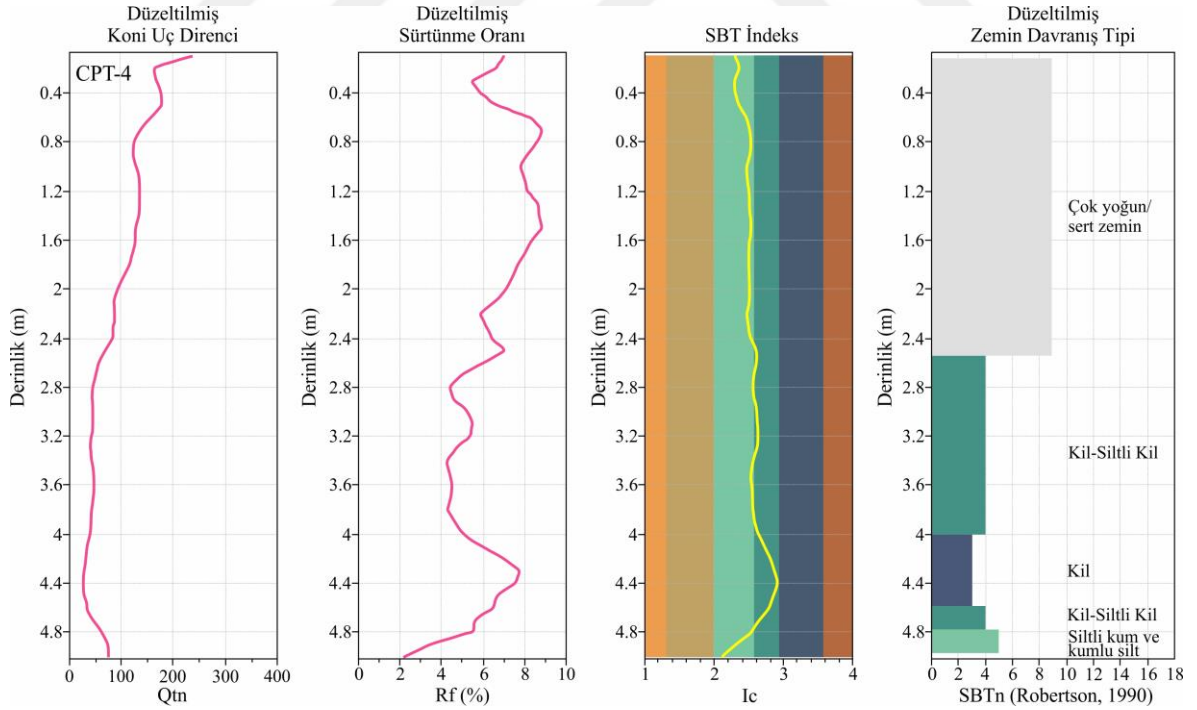
Şekil 3.18. Çalışma alanında CPT-1 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)



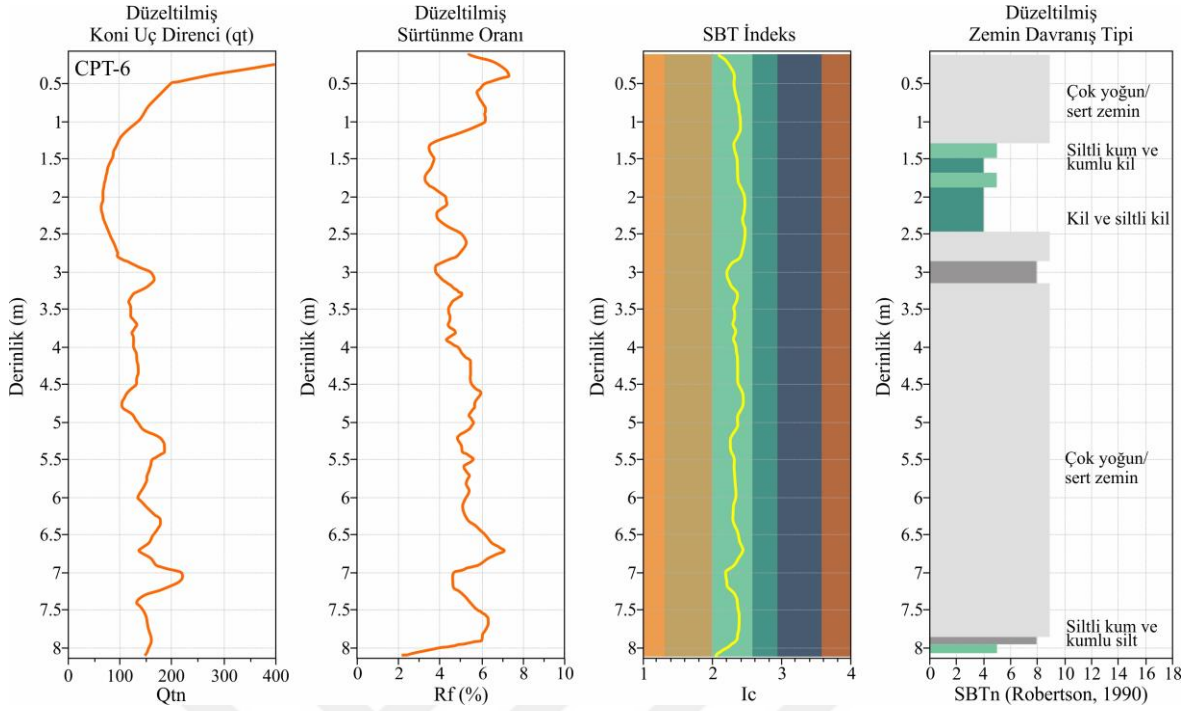
Şekil 3.19. Çalışma alanında CPT-2 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)



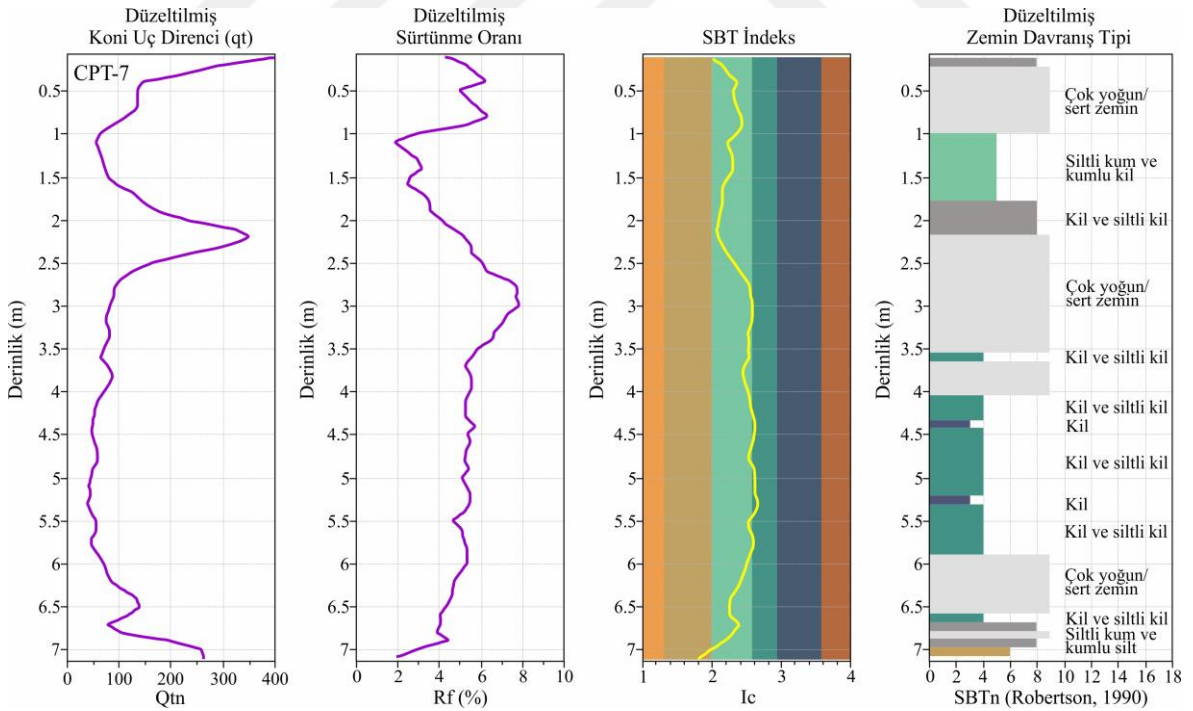
Şekil 3.20. Çalışma alanında CPT-3 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)



Şekil 3.21. Çalışma alanında CPT-4 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)



Şekil 3.22. Çalışma alanında CPT-6 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)



Şekil 3.23. Çalışma alanında CPT-7 için oluşturulan loglar (Robertson 1990' a göre yapılmıştır)

Eslami ve Fellenius (1997), kazık dizaynları için koni penetrometre verilerinin kullanımını araştırırken bir toprak profillemeye yöntemi geliştirmiştir. 5 ülkede 20 siteden veri toplayan 18 kaynaktan gelen sondaj, örnekleme, laboratuvar testleri ve rutin toprak karakterizasyonu çalışmalarından elde edilen CPT ve CPTU verilerini içeren bir veri tabanı oluşturdular. Verilerin yaklaşık yarısı piyezokoni (CPTU) olarak gerçekleştirilmiş ve boşluk suyu basıncı ( $u_2$ ) ölçümleri bulunmaktadır. CPTU olmayan verilerin kum olan kısımlarında  $u_2$  değerleri doğal boşluk suyu ( $u_0$ ) basıncına eşittir kabulü yapılmıştır. Oluşturulan abakta efektif koni direncine karşılık gelen sürtünme oranı değerleri kullanılmıştır.

Buna bağlı olarak;

$$q_E = (q_t - u_2) \quad (3.4)$$

$q_E$  = “efektif” koni uç direnci

$q_t$  = Koni arkasında ölçülen boşluk suyu basıncına göre düzeltilmiş koni uç direnci

$u_2$  = Koni arkasında ölçülen boşluk suyu basıncı

CPTU olmayan testler, kumlu topraklardan elde edildi ve her bir  $u_2$  değerinin, nötr gözenek basıncına ( $u_0$ ) yaklaşık olarak eşit olduğu varsayımıyla kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda zemin beş ana toprak tipi kategorisine ayrılmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Eslami ve Fellenius (1997)’ye göre zemin cinsleri

Bölge	Zemin Cinsi
1	Hassas ve Kil ve/veya Silt
2	Kil ve/veya Silt
3	Siltli Kil ve/veya Killi Silt
4	Kumlu Silt ve/veya Siltli Kum
5	Kum ve/veya Kumlu Çakıl

Jefferies ve Davies (1993), SBT indeksinin ( $I_c$ ) toprak tipine göre değişen ampirik korelasyonları modifiye etmek için kullanılabileceğini ve  $Q_t(1 - B_q)$  kullanılarak modifiye edilmiş düzeltilmiş koni direncine doğrudan gözenek basıncını dahil eden bir normalizasyon önerisinde bulunabileceğini denklemin de önermişlerdir.

$$I_c = \sqrt{[(3 - \log(Q_t(1 - B_q)))^2 + (1.5 + 1.3 \log F_r)^2]} \quad (3.5)$$

$Q_t$  = Koni arkasında ölçülen boşuk suyu basıncına göre düzeltilmiş koni uç direnci

$F_r$  = Düzeltilmiş sürtünme oranı

$B_q$  = Gözenek basıncı

Daha sonra Jefferies ve Been (2006)'da, Jefferies ve Davies (1993)'te oluşturdukları çizelgeyi  $Q_t(1-B_q)+1$  parametresini kullanarak yumuşak hassas zeminlerdeki problemlerin de çözülmesi için güncellemişlerdir ( $B_q > 1$  durumu için).

$Q_t(1-B_q)+1$  parametresi basitçe aşağıdakiler tarafından verilen efektif koni direncidir.

$$Q_t(1 - B_q) + 1 = \frac{q_t - u_2}{\sigma'_{v0}} \quad (3.6)$$

$q_t$  = Koni uç direnci

$u_2$  = Koni arkasında ölçülen boşuk suyu basıncı

$\sigma'_{v0}$  = Efektif gerilme

$B_q$  = Gözenek basıncı

Daha sonra Jefferies ve Been (2006)'ya göre oluşturulmuş zemin cinsleri Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Jefferies ve Been (2006)'ya göre zemin cinsleri

Bölge	Zemin Cinsi
1	Organik Zemin
2	Siltli Kil
3	Killi Silt
4	Siltli Kum/Kumlu Silt
5	Kum, biraz silt
6	Çakıllı kum

### 3.3.5. Zeminlerin İndeks Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, regolitik zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla çalışma alanındaki toplam 6 ayrı noktada sondajlar yapılmış ve 86 mm çaplı, 60 cm'lik özel tüplerle her bir kuyu içinden 50 cm'de bir örselenmemiş numuneler alınmıştır. Örnek alınmadan önce zemin yüzeyinin 30 cm'lik kısmı kazılmıştır. Örnek alımı yapıldıktan sonra tüpün alt ve üst kısmı parafinlenmiş ve streç filmle iyice sarılarak hava ile teması kesilmiştir. Doğal özelliği muhafaza edilen zemin örnekleri laboratuvara getirilerek zemin sınıflamasına ve indeks parametrelerin tayinine yönelik deneyler yapılmıştır. Örselenmiş numunelerden yapılan deneyler sonucunda, numunelerin özgül ağırlıkları, kıvam limitleri ve buna bağlı olarak aktivasyon katsayıları, yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi sonucunda ise numunelerin granülometri eğrileri ve zemin sınıflaması yapılmıştır. Örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan deneylerde numunelerin kohezyonları, içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları ve su içeriği bulunmuştur.

#### 3.3.5.1. Dane Boyutu Dağılımının İncelenmesi

Zemin sınıflaması, zemin malzemesinin plastik davranışını anlamak açısından oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Zeminler genellikle değişik boyut ve şekillerde malzeme içerdiklerinden bunların tane boyutuna göre sınıflandırılması oldukça yaygındır. Bu çalışmada ASTM D422-63 standardına uygun olarak elek analizi ve hidrometre deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Zeminler farklı geometri ve boyutlardaki danelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. Zeminleri oluşturan bu danelerin zemin içerisindeki dağılımları zeminlerin mühendislik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle zeminleri sınıflandırırken zemini oluşturan danelerin dağılımı da etken olmaktadır (Akkaya, 2011).

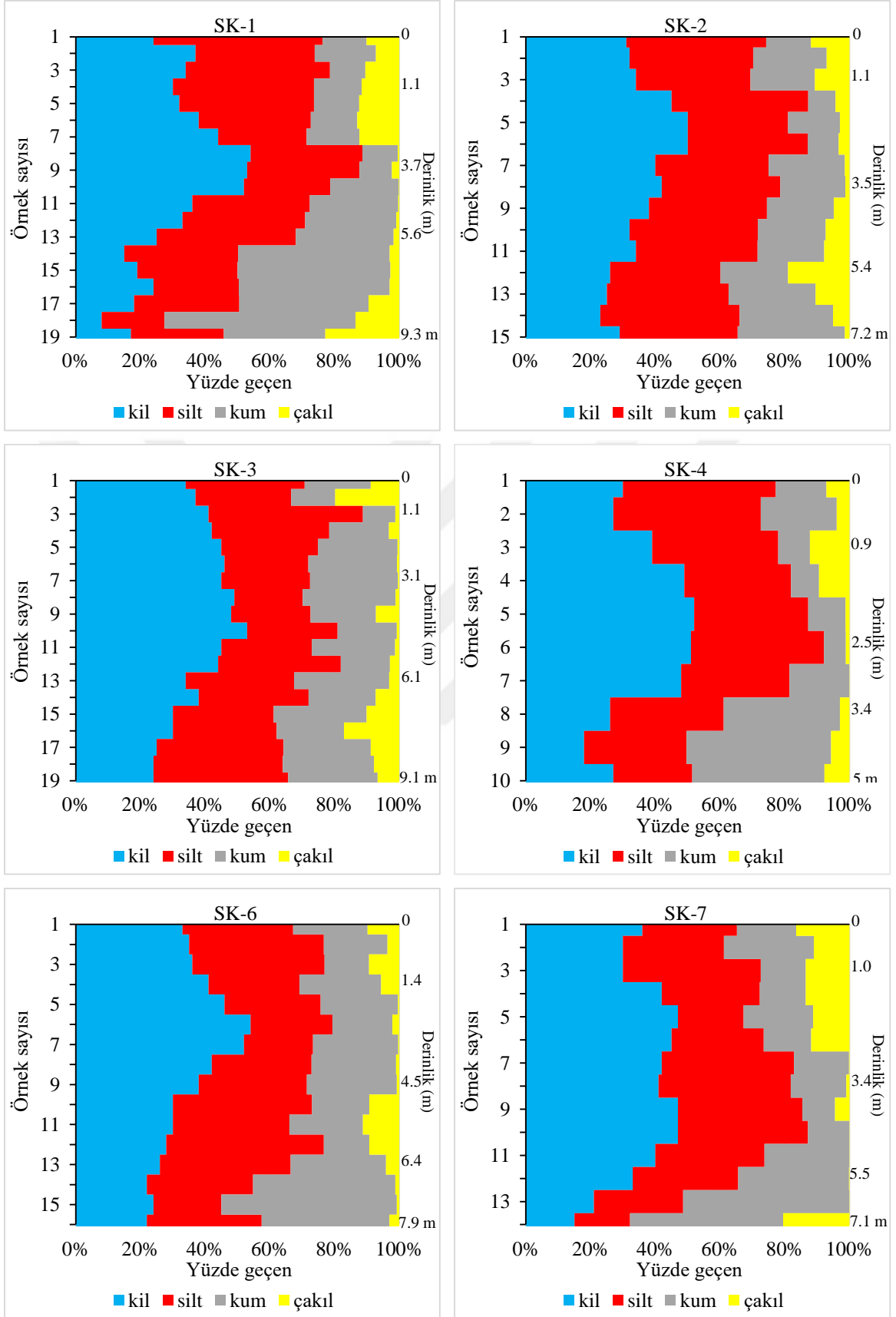
Elek analizi deneyi ile zeminleri oluşturan danelerin zemin içerisindeki dağılım oranları tespit edilir. Bu deney ile zemin içerisindeki ince kum boyutunda ve daha iri tanelerin dane çapı dağılımları elde edilmiş ve ayrıca zemin içerisindeki kil ve siltin toplam miktarı da bulunmuştur. 105° C'de 24 saat kurutulmuş zemin örneğinden 500 gr alınır ve üzerine 2 gr sodyum hegzametafosfat ve 1 lt saf su eklenerek 24 saat beklenir. Oluşan karışım elek setine aktarılır ve numune alttan temiz su akıncaya kadar saf su ile yıkanır. Yıkanan bu numune saf su kullanılarak bir kurutma kabına aktarılır ve etüvde 105° C'de 24

saat kurutulur. Kurutma işlemi bitince her eleğin üzerinde kalan numune tartılır ve elek numarası ve açıklığı ile birlikte kaydedilir. Geçen yüzdeler bulunarak elek analizi için granülometri eğrisi (tane boyu eğrisi) (Şekil 3.24) çizilir. Her bir sondaj kuyusundan regolitik zemin profili boyunca alınan örnekler üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonucu grafikler oluşturulmuştur (Ek Şekil 3.1).

Hidrometre deneyi için de, killi zeminler için etüvde kurutulmuş 50 gr numune alınır. Numunenin üstünü örtecek kadar saf su eklenir, karıştırılır ve numune bu şekilde 24 saat bekletilir. Numune karıştırıcı kaba aktarılır, sodyum hegzametaphosfat eklenir ve 10 dk. süre ile karıştırılır. Karışım saf su kullanılarak mezüreye aktarılır ve mezürün 1000 ml çizgisine kadar saf su eklenir. Okumalara başlamadan önce, süspansiyonun bulunduğu mezürün açık ağzı avuç içiyle kapatılarak birkaç kez baş aşağı getirilir. Böylece karışımın homojen duruma gelmesi sağlanır (Erdeve, 2006). Sırasıyla 15. sn, 30. sn., 1. dk, 2. dk, 5. dk, 10. dk, 15. dk, 30. dk, 60. dk, 240. dk, 1440. dk, 2880. dk, 5760. dk. ve 10080. dk'da hidrometre ile okumalar yapılır ve ayrıca karışımın sıcaklığı ölçülür. Alınan okumalar, oluşturulan hidrometre abağına yerleştirilerek %P değerleri hesaplanır.

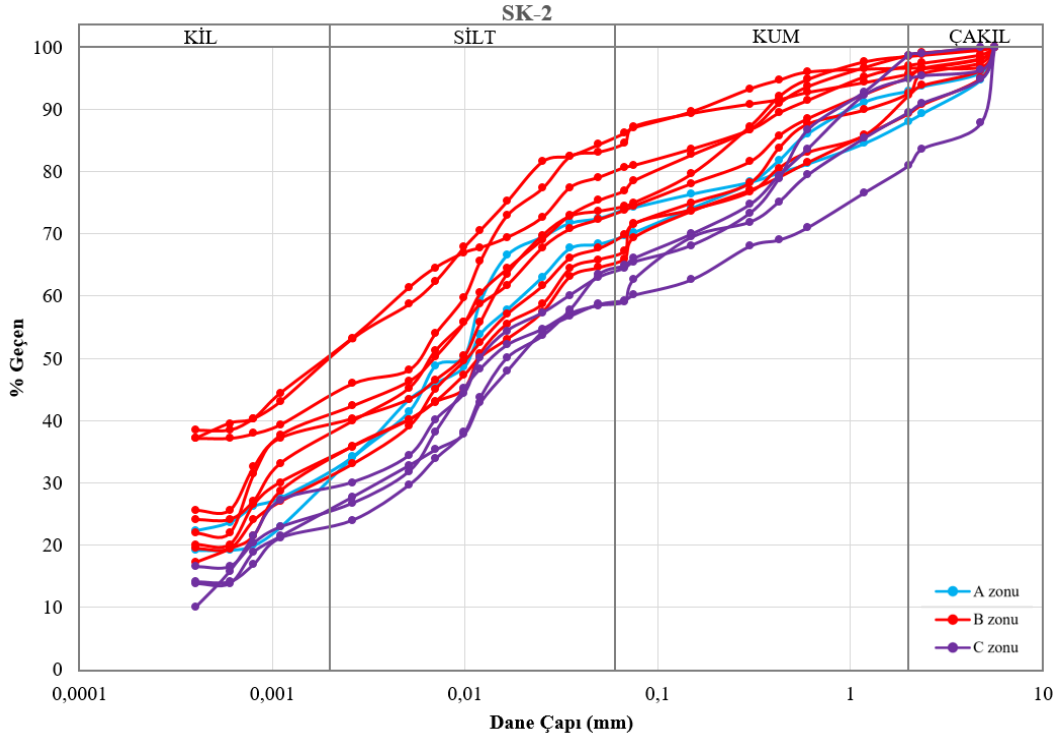
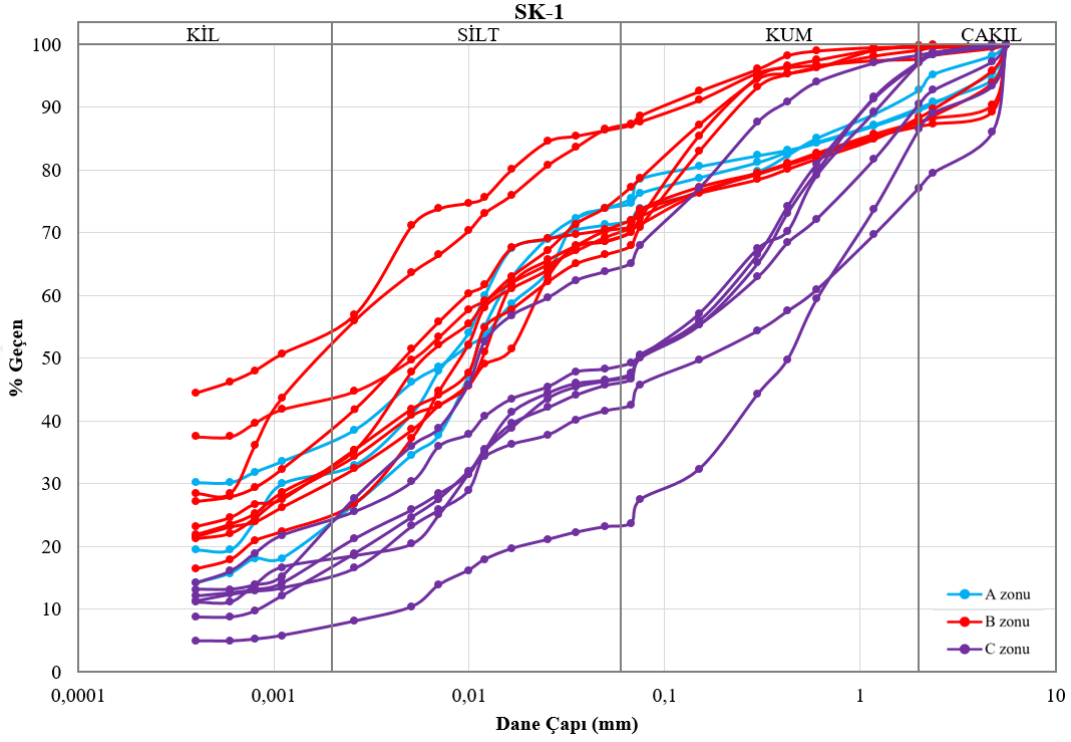
Yapılan hesaplamalar sonucunda her bir sondaj kuyusu için regolitik zemin profili boyunca alınan örnekler için grafikler oluşturulur (Ek Şekil 3.2).



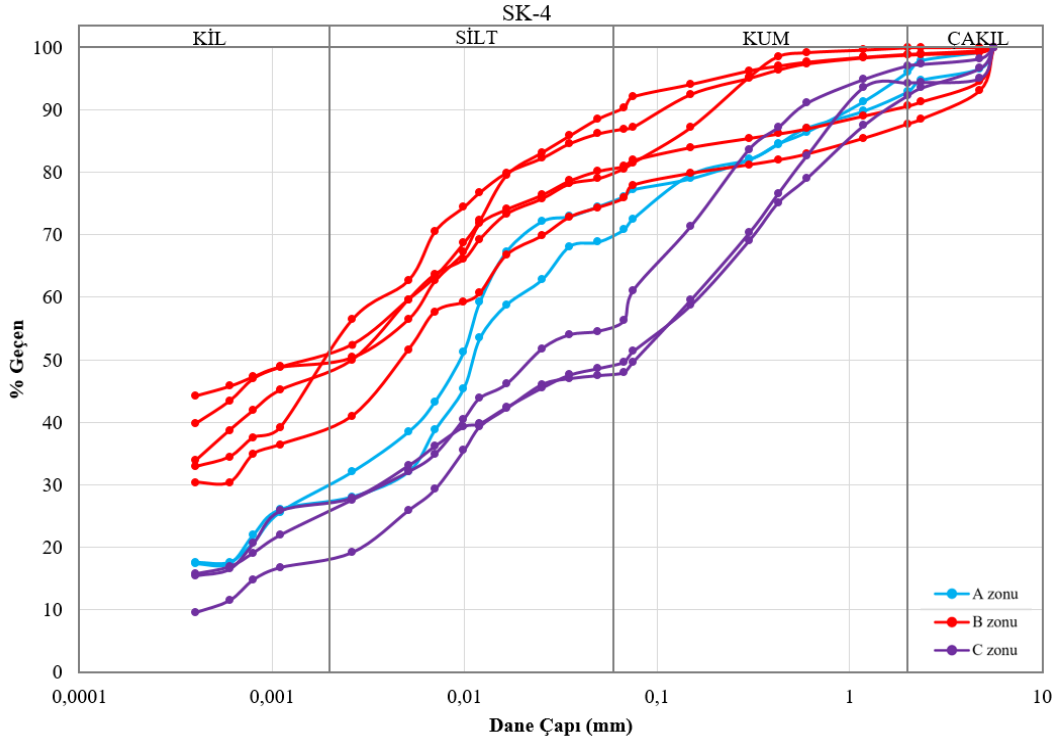
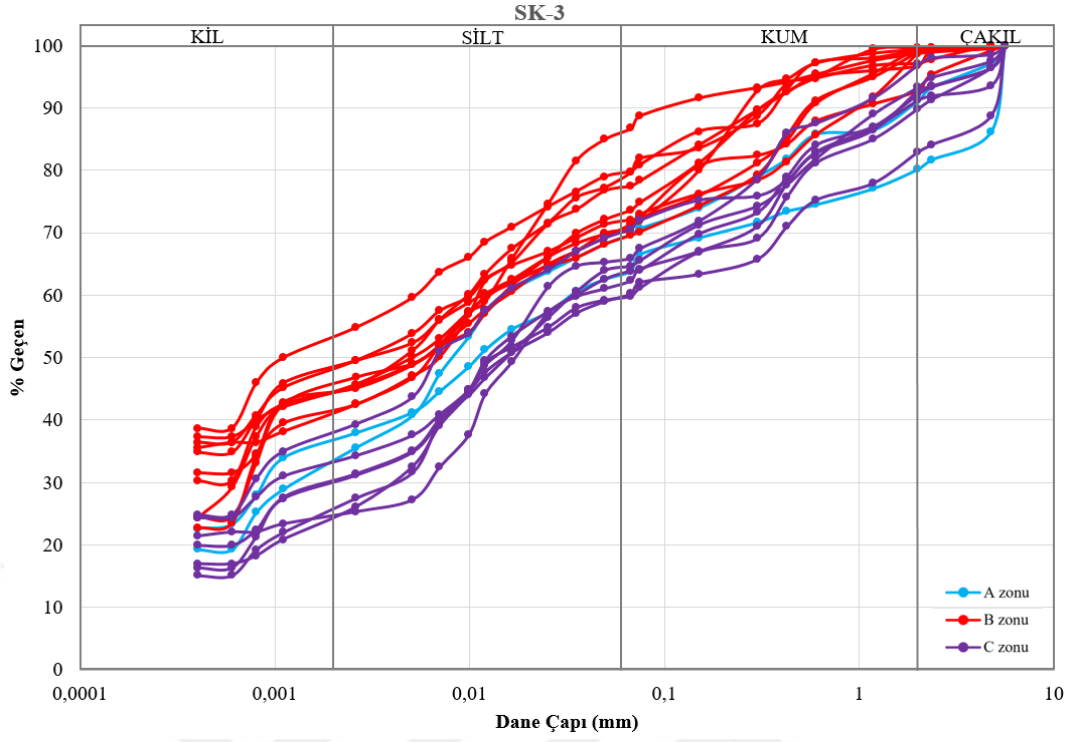


Şekil 3.24. Her bir sondaj için oluşturulan elek analizi grafikleri

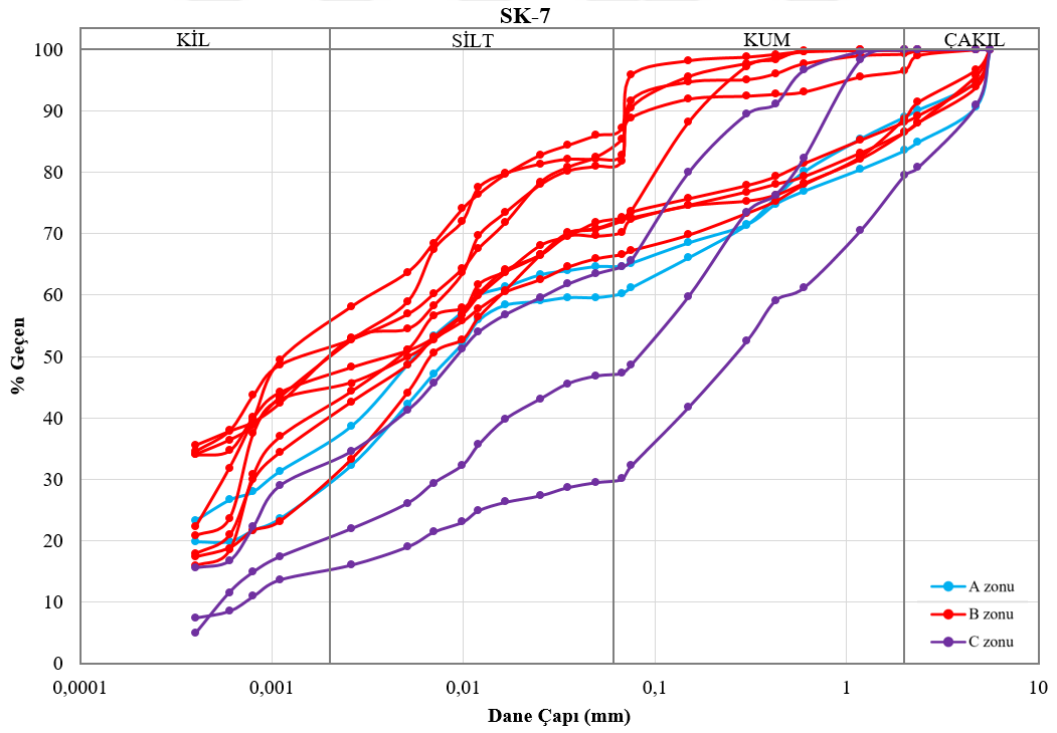
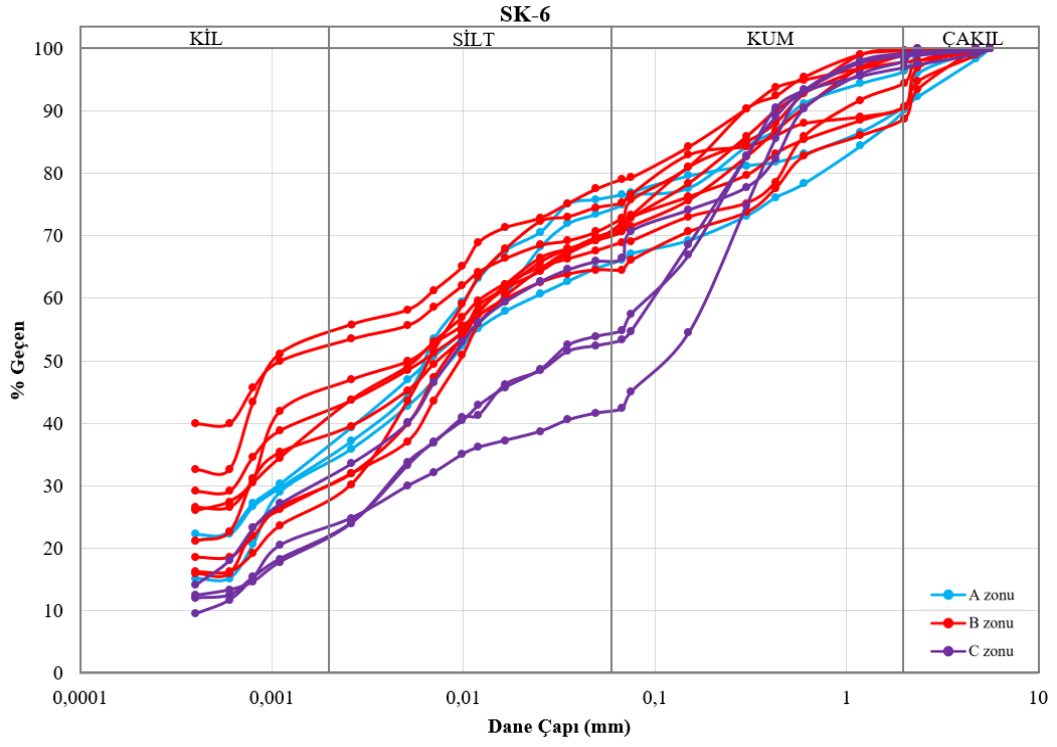
Elek analizi deney sonuçları ve hidrometre deneyi sonucunda elde edilen veriler birleştirilmiş ve bunun sonucunda her bir sondaj kuyusu için derinlik boyunca regolitik zemin profiline ait granülometri eğrileri çizilmiştir (Şekil 3.25, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27).



Şekil 3.25. SK-1 ve SK-2 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri



Şekil 3.26. SK-3 ve SK-4 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri



Şekil 3.27. SK-6 ve SK-7 için derinlik boyunca oluşturulan granülometri eğrileri

Çizilen granülometri eğrilerine bağlı olarak sondaj kuyularında regolitik zemin profili boyunca % çakıl, % kum, % silt ve % kil oranlarının maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Regolitik zeminlerde derinlikten bağımsız dane dağılım oranları

	Çakıl %			Kum %			Silt %			Kil %		
	mak	min	ort	mak	min	ort	mak	min	ort	mak	min	ort
SK-1	22,9	0,1	7,2	59,0	10,0	26,4	52,3	19,4	35,1	54,0	8,0	31,2
SK-2	19,0	1,3	6,6	33,2	8,4	20,4	43,3	31,0	37,6	50,0	23,0	35,4
SK-3	19,8	0,4	5,7	29,4	10,0	22,8	47,7	21,1	32,9	53,0	24,0	38,6
SK-4	12,3	0,0	5,1	44,6	6,8	21,6	47,2	24,4	36,6	52,0	18,0	36,7
SK-6	11,2	0,3	4,5	54,2	13,8	26,6	48,7	21,0	33,9	54,0	22,0	34,9
SK-7	20,5	0,1	7,4	51,3	10,1	23,3	42,6	17,2	32,4	47,0	15,0	36,9

### 3.3.5.2. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Zemin numunelerine ait birim hacim ağırlık ve kuru birim hacim ağırlık değerlerinin belirlenmesi için ASTM D4718 standartına göre 6\*6\*2 ebatındaki kare şeklindeki örnek alıcılar ile alınan örselenmemiş örnekler tartılarak doğal ağırlığı bulunur. Daha sonra örnekler etüvde 24 saat kurutulur ve kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlığı tespit edilir. Bulunan doğal ağırlık ve kuru ağırlık değerleri toplam hacime bölünerek doğal birim hacim ağırlık ve kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilir.

Yapılan deneylerden yola çıkarak, zeminlerin doğal birim hacim ağırlıklarının 11.17 kN/m<sup>3</sup> ile 17.26 kN/m<sup>3</sup>, porozitenin 0.44 ile 0.72 ve özgül ağırlık değerlerinin 2.15 ile 2.90 arasında değiştiği görülmektedir.

### 3.3.5.3. Piknometre Deneyi

Zemin numunelerinin özgül ağırlığının belirlenmesi için ASTM D854-14 standartına göre etüvde kurutulmuş kohezyonlu zeminden 20-75 gr alınarak piknometreye aktarılır ve piknometre kabının yarısına kadar su eklenir. Karışım içerisinde bulunan havayı çıkartmak için piknometreye vakum uygulanır. Vakumlama işlemi bitince piknometreye saf su eklenir ve ardından tartılır. Yapılan hesaplamalar sonucunda özgül ağırlık değeri elde edilir.

Piknometre deneyi sonucu tablolar oluşturulmuştur (Ek Tablo 3.1). Regolitik zemin profilinin bazı indeks özelliklerinin mak., min. ve ort. değerleri Tablo 3.7’de yer almaktadır.

Tablo 3.7. Regolitik zeminlerin derinlikten bağımsız bazı indeks özellikleri

		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-6	SK-7
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	mak	16.96	17.59	16.02	16.02	15.65	16.81
	min	12.80	12.41	10.82	12.14	10.86	11.39
	ort	14.59	14.39	13.19	13.75	13.68	13.80
$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	mak	2.94	2.90	2.78	2.67	2.67	2.69
	min	2.43	2.48	2.57	2.38	2.15	2.21
	ort	2.72	2.70	2.66	2.53	2.50	2.47
Sr (%)	mak	74.71	74.71	70.09	71.78	84.75	87.86
	min	37.03	91.31	38.44	40.34	41.69	37.80
	ort	60.68	64.85	55.32	58.93	61.40	62.40
e	mak	2.25	2.54	2.92	21.12	2.24	2.54
	min	0.88	0.96	1.12	1.11	0.92	0.78
	ort	1.55	1.74	1.98	1.58	1.57	1.60
n	mak	0.67	0.72	0.74	0.68	0.69	0.72
	min	0.47	0.49	0.53	0.53	0.48	0.44
	ort	0.60	0.62	0.66	0.61	0.60	0.59

### 3.3.6. Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Belirlenmesi

Çalışma alanından alınan regolitik zemin örneklerinin plastik özellikleri ASTM D 4318-17 standardına göre yapılan likit limit ve plastik limit deneyleriyle bulunmuştur.

Likit limiti deneyi, 40 No’lu elekten geçen 200 g numune cam plaka üzerine konular ve spatula yardımı ile saf su eklenerek çamur haline getirilir. Hazırlanan homojen malzeme metal deney kabının içine yerleştirilir ve yüzeyi düzeltildikten sonra penetrometre tabanına yerleştirilir. Koninin zemine batması için 5 sn süreyle koni serbest düşmeye bırakılır ve bu süre sonunda batma miktarı ölçülür. Batan koni çevresinden örnek alınarak zeminin su içeriği belirlenir. Bu işlem artan su içerikleri için 4 kez tekrarlanır. 4 deney için batmaya karşı su içeriği grafiği oluşturulur ve 4 noktanın doğrusal eğilim çizgisi çizilir. Bu eğilim çizgisinde 20 mm batmaya karşılık gelen su içeriği zeminin likit limiti olarak kabul edilir. Her bir denemede çamurun su içeriği, penetrasyon değerlerinin 15 ile 25 mm arasında olacağı biçimde ayarlanmalı ve deney kurudan ıslak karışıma doğru yürütülmelidir (Dipova, 2011).

Plastik limit deneyi yapılması için 40 no'lu elekten geçen malzemeden yaklaşık 20 gr numune alınıp bir kap içerisine konur. Daha sonra üzerine saf su eklenir ve homojen duruma gelene ve plastik olana kadar karıştırılır. Numune cam üzerine alınarak avuç içi ile 3 mm çapında silindirik parçalar elde edilinceye kadar yuvarlanır. Bu yoğurma ve 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 ve terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir. Etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su muhtevası (içeriği) ( $W_n$ ) saptanır. Bütün bu işlemler üç defa daha yapılarak su içeriği değerleri bulunur ve bu değerlerin ortalaması alınarak plastik limit (PL) değeri belirlenir (Erdeve 2006).

Her bir sondaj da derinlik boyunca likit limit grafikler oluşturulmuştur (Ek Şekil 3.3). Likit limit (LL), plastik limit (PL), doğal su muhtevası ( $W_n$ ) ve yüzde kil boyutu değerlerinden faydalanılarak zeminin plastisite indisi (PI), kıvamlılık indisi ( $I_c$ ), likitlik indisi ( $I_L$ ) ve aktivitesi ( $A_c$ ) değerleri hesaplanmış olup, her bir sondaj da derinlik boyunca zonlar arasında zemin sınıflandırmaları yapılmıştır.

$$PI=LL-PL \quad (3.7)$$

$$I_c=(LL-W_n)/PI \quad (3.8)$$

$$A_c=PI/(\text{kil } \%) \quad (3.9)$$

$$I_L=(W_n-PL)/(LL-PL) \quad (3.10)$$

Likit limit ve plastik limit deneyi sonucunda elde edilen verilerden (LL, PL, PI,  $I_L$ ,  $I_c$ ,  $A_c$  değerlerine göre) her bir kuyudaki mak., min. ve ort. değerler hesaplanmıştır (Tablo 3.8). Regolitik zeminlerin derinlik boyunca sınıflandırılması Tablo 3.9'da ki Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre yapılmış ve zemin türleri her bir sondaj kuyusu için Tablo 3.10 ve Tablo 3.11' de verilmiştir.

Tablo 3.8. Likit limit ve plastik limit deneyi sonucunda her bir kuyudaki mak., min. ve ort. değerler

		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-6	SK-7
LL	mak	58,9	57	61,1	62	51	63
	min	38,4	34	34,7	44	25	22
	ort	48,6	45	48,8	52	45	50
PL	mak	40,3	38	44	44	42	46
	min	25,8	27	20	36	22	17
	ort	32,8	33	34,8	39	33	34
PI	mak	19,2	19	18,6	19	17	19
	min	7,5	6,1	7,01	6,2	2,9	5
	ort	15,8	11	14	13	12	15
I <sub>L</sub>	mak	1,4	13	2,14	0,7	1,8	2
	min	-1,5	-1,4	-0,3	-1,1	-1,1	-1
	ort	0,1	1,4	0,31	-0,2	0,2	0,4
I <sub>c</sub>	mak	2,5	2,4	1,32	2,1	2,1	2
	min	-0,4	-12	-1,1	0,3	-0,8	-1
	ort	0,9	-0,4	0,69	1,2	0,8	1
A <sub>c</sub>	mak	1,2	0,6	0,67	0,9	0,8	1
	min	0,3	0,2	0,23	0,2	0,1	0,2
	ort	0,6	0,3	0,38	0,4	0,4	0,4





Tablo 3.10. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca USCS'ye göre sınıflandırılması (SK-1, SK-2 ve SK-3)

SK-1	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-50	45.9	17.4	ML-OL
2	50-66	46.7	19.0	ML-OL
3	66-119	45.0	19.2	ML-OL
4	119-157	49.2	17.7	ML-OL
5	157-202	51.3	12.2	MH-OH
6	220-270	57.0	17.9	MH-OH
7	270-320	53.7	14.2	MH-OH
8	310-372	58.9	18.6	MH-OH
9	372-416	49.6	16.3	ML-OL
10	416-463	46.4	16.2	ML-OL
11	463-516	45.8	15.6	ML-OL
12	516-564	49.0	18.9	ML-OL
13	564-620	49.1	18.2	ML-OL
14	620-665	50.0	17.9	MH-OH
15	665-715	50.1	18.0	MH-OH
16	715-760	48.5	15.9	ML-OL
17	760-807	44.8	7.5	SM-SP
18	807-880	43.4	9.6	SM-SP
19	880-930	38.4	9.9	ML-OL

SK-2	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-50	36.8	7.4	ML-OL
2	50-114	38.8	8.9	ML-OL
3	114-168	37.8	8.5	ML-OL
4	168-218	42.1	7.4	ML-OL
5	218-265	45.8	10.2	ML-OL
6	265-314	53.4	16.8	MH-OH
7	314-356	54.8	17.7	MH-OH
8	356-418	56.5	19.4	MH-OH
9	418-470	50.5	12.9	MH-OH
10	470-500	47.1	10.7	ML-OL
11	500-545	46.4	12.4	ML-OL
12	545-575	34.4	7.1	ML-OL
13	575-625	41.8	6.1	ML-OL
14	625-675	45.4	14.6	ML-OL
15	675-720	38.4	9.6	ML-OL

SK-3	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-50	34.7	8.4	ML-OL
2	50-110	44.9	16.7	ML-OL
3	110-160	44.8	14.5	ML-OL
4	160-210	58.8	17.1	MH-OH
5	210-260	60.0	18.2	MH-OH
6	260-314	60.9	18.6	MH-OH
7	314-365	61.1	17.1	MH-OH
8	365-414	56.4	14.8	MH-OH
9	414-466	56.1	15.1	MH-OH
10	466-505	58.7	17.8	MH-OH
11	505-555	48.0	11.2	ML-OL
12	555-605	43.4	13.1	ML-OL
13	605-655	42.1	9.3	ML-OL
14	655-708	40.5	10.0	ML-OL
15	708-725	42.0	7.0	ML-OL
16	725-775	46.2	13.6	ML-OL
17	775-825	46.8	16.1	ML-OL
18	825-840	46.0	10.9	ML-OL
19	840-915	36.0	16.0	ML-OL

Tablo 3.11. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca USCS'ye göre sınıflandırılması (SK-4, SK-6 ve SK-7)

SK-4	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-50	46.4	9.5	ML-OL
2	50-96	47.0	9.6	ML-OL
3	96-150	46.7	11.0	ML-OL
4	150-196	59.3	18.7	MH-OH
5	196-250	57.7	15.5	MH-OH
6	250-300	62.3	18.1	MH-OH
7	300-348	53.3	12.8	MH-OH
8	348-398	44.4	6.2	ML-OL
9	398-450	53.2	16.8	SM-SP
10	450-500	45.4	8.0	ML-OL

SK-6	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-50	34.9	9.0	ML-OL
2	50-100	24.8	2.9	ML-OL
3	100-147	36.6	14.5	ML-OL
4	147-240	45.1	14.5	ML-OL
5	240-290	48.8	11.4	ML-OL
6	290-350	46.4	8.2	ML-OL
7	350-390	48.5	8.9	ML-OL
8	390-450	51.0	11.3	MH-OH
9	450-500	51.0	11.6	MH-OH
10	500-548	51.1	9.3	MH-OH
11	548-590	48.7	12.3	ML-OL
12	590-640	45.8	12.0	ML-OL
13	640-695	45.6	16.7	ML-OL
14	695-736	48.4	17.2	ML-OL
15	736-763	44.3	14.5	SM-SP
16	763-790	49.1	17.2	ML-OL

SK-7	Derinlik (cm)	LL (%)	PI (%)	Sınıfı
1	0-45	42.2	17.0	ML-OL
2	45-103	21.9	5.0	CL-ML
3	103-154	38.0	17.5	ML-OL
4	154-199	39.2	15.9	ML-OL
5	199-250	45.5	14.1	ML-OL
6	250-298	55.3	15.6	MH-OH
7	298-347	63.0	16.5	MH-OH
8	347-398	62.0	19.0	MH-OH
9	398-450	59.3	19.1	MH-OH
10	450-501	60.0	14.9	MH-OH
11	501-550	53.9	15.6	MH-OH
12	550-630	58.2	18.1	MH-OH
13	630-700	50.6	14.2	SM-SP
14	700-710	44.4	10.6	SM-SP

### 3.3.7. Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi

Kayma direnci parametrelerinin tespiti için, konsolidasyonsuz-drenajsız direkt kesme deneyi uygulanmış ve deneyde ASTM D 3080 standartları kullanılmıştır. Deneyde, numune 6x6 cm boyutlarında ki kare kutu içerisine yerleştirilen zemin örneği düzgün yüzeyli bir cisimle üstü düzeltilmiş ve kutu deney düzeneği içerisine yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinde yük ve deformasyonların okunabildiği saatler bulunmaktadır. Bu düzenekler vasıtasıyla, uygulanan sabit düşey yükler ile her yük için örneğin kesildiği kayma gerilmesi okunmuş ve sonuç olarak zemin örneğine ait kayma direnci parametreleri (c ve  $\phi$ ) hesaplanmıştır.

Tablo 3.12’de her bir sondaja ait kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri mak., min. ve ort. değerleri yer almaktadır. Her bir sondaj kuyusundan alınan örnekler üzerinde yapılan kesme kutusu deney sonucunda grafikler oluşturulmuştur (Ek Şekil 3.4).

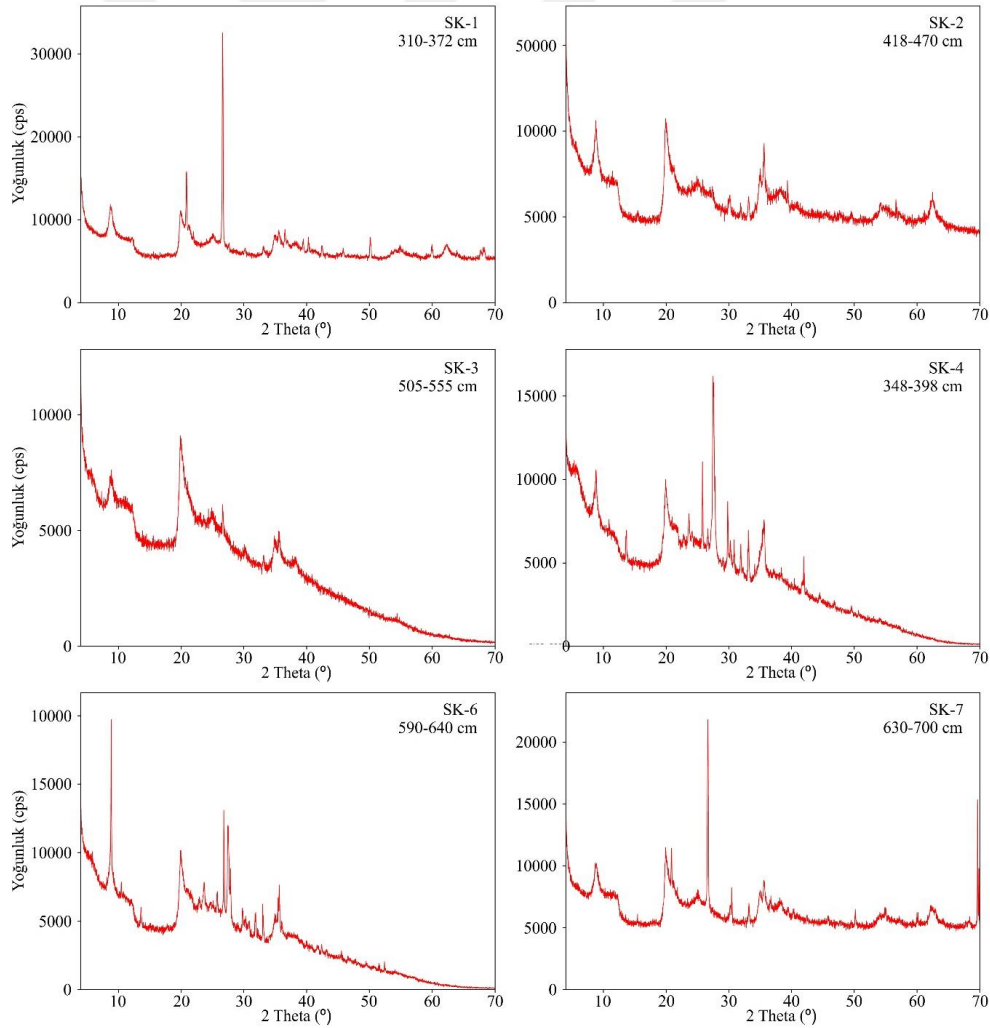
Tablo 3.12. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin mak., min. ve ort. değerleri

		Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
SK-1	Mak	106	36
	Min	11	4
	Ort	45	23
SK-2	Mak	70	38
	Min	7	6
	Ort	34	22
SK-3	Mak	80	44
	Min	6	14
	Ort	29	31
SK-4	Mak	106	49
	Min	9	14
	Ort	43	27
SK-6	Mak	115	41
	Min	4	8
	Ort	34	24
SK-7	Mak	62	48
	Min	3	7
	Ort	30	24

### 3.4. Mineralojik ve Tüm Kayaç Analizleri

#### 3.4.1. X-Işınlari Difraksiyonu İncelemeleri

Çalışma alanında yapılan sondajlardan alınan örneklere ait kil numunelerinin XRD incelemeleri Rize R.T.E. Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Kullanılan örnekler yaklaşık bir ay oda sıcaklığında kurutulduktan sonra plastik çekiç yardımıyla 3-5 cm'lik parçalara bölünmüş ve bu parçalar ahşap plakalar arasında ezilerek ufalanmıştır. Kil fraksiyonunun tüm kayaç içerisindeki diğer minerallerden ayrılmasını sağlamak amacıyla kimyasal çözme işlemleri uygulanmış ve laboratuvarında XRD çekimleri yapılmıştır. Yapılan XRD çekimi sonucunda analiz sonuçları değerlendirilmiş, zemin örneklerin grafikleri çizilmiş (Şekil 3.28), kil cinsi ve yüzde kil miktarı bulunmuştur (Tablo 3.13).



Şekil 3.28. XRD analizine göre kil cins tayini sonuçları

Tablo 3.13. XRD sonuçlarının değerlendirilmesi

	İllit-Mika (%)	Klorit veya Kaolinit (%)	Kuvars (%)	Simektit (%)
SK-1	50-60	10-20	20-25	-
SK-2	60-70	15-20	5-10	<5
SK-3	70-80	10-30	<10	5-10
SK-4	50-60	10-20	20-25	-
SK-6	60-70	15-20	5-10	<5
SK-7	70-80	10-15	<10	<5

### 3.4.2. Tüm Kayaç Analizi

Zeminlerin jeokimyasal özelliklerinin derinlikle değişiminin araştırılması amacıyla sondajlardan alınan örneklere ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç analizleri için; K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında 250-300 gr ağırlığındaki regolitik zemin örnekleri ve ana kayadan alınan örnekler önce çeneli daha sonrada halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh tane boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örnekler, ana, iz ve nadir toprak element analizleri için ACME Analiz Laboratuvarı (Kanada)'na gönderilmiştir. Ana ve iz elementler ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry), nadir toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) aletleri kullanılarak analizler yapılmıştır.

Acme Analiz Laboratuvarına gönderilen zemin örnekleri ve anakayadan alınan örnekler LF300 paket araştırma programı ile incelenmiş ve örneklerin içerdiği major oksitler yüzde (%) olarak ve element içeriği ppm olarak hesaplanmıştır. Her bir sondaj kuyusunda derinliğe bağlı olarak elde edilen veriler de element içeriği ppm'den yüzdeye (%) çevrilmiş, bunun sonucunda da hem elementler hem de major oksitler 100'e tamamlanmıştır. Zemin örneklerinde yapılan tüm kayaç analizi sonucunda elde edilen mineralojik değişimle regolitik zeminlerin jeokimyasal olarak sınıflandırılması yapılmıştır (Tablo 3.14, Tablo 3.15 ve Tablo 3.16). Anakayadan alınan örnekler üzerinde yapılan tüm kayaç analizi sonucunda (Tablo 3.17) regolitik zeminlerin nasıl bir anakayadan türediği bulunmuştur. Regolitik zeminler de derinlik boyunca yapılan tüm kayaç analizi sonuçları ve anakaya tüm kayaç analizi sonuçlarının tabloları yapılmıştır (Ek Tablo 3.2).

Tablo 3.14. SK-1 ve SK-2'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları

SK-1											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-50	63.33	14.54	9.58	0.65	0.47	0.09	0.032	0.002	0.002	8.70	100
50-66	69.89	11.54	8.15	0.53	0.49	0.08	0.036	0.003	0.003	6.60	100
66-119	60.42	12.31	16.38	0.43	0.20	0.04	0.028	0.002	0.002	7.91	100
119-157	64.64	12.45	12.33	0.39	0.16	0.04	0.031	0.002	0.002	7.51	100
157-202	64.46	13.92	11.31	0.38	0.09	0.03	0.021	0.002	0.001	7.70	100
220-270	55.45	19.70	11.60	0.49	0.07	0.04	0.018	0.002	0.001	10.70	100
270-320	54.97	21.87	9.14	0.82	0.08	0.03	0.020	0.002	0.001	11.51	100
310-372	43.13	25.92	12.93	0.56	0.17	0.04	0.028	0.001	0.004	14.72	100
372-416	40.04	26.44	13.04	0.86	0.37	0.08	0.031	0.002	0.006	16.13	100
416-463	35.38	27.20	15.32	0.92	0.13	0.02	0.036	0.002	0.006	17.23	100
463-516	37.65	25.52	13.83	0.91	0.74	0.05	0.031	0.004	0.006	17.24	100
516-564	34.34	24.63	13.54	0.87	3.15	0.09	0.038	0.005	0.007	16.95	100
564-620	36.59	26.65	11.71	1.08	1.91	0.10	0.029	0.003	0.005	17.63	100
620-665	36.84	24.81	13.04	0.92	2.16	0.17	0.027	0.003	0.005	17.64	100
665-715	35.25	24.26	14.15	1.35	3.31	0.12	0.029	0.002	0.005	17.04	100
715-760	38.07	24.74	13.45	0.98	1.81	0.11	0.027	0.003	0.005	16.83	100
760-807	38.89	24.67	10.68	1.28	2.89	0.46	0.026	0.003	0.005	16.53	100
807-880	38.10	22.92	11.48	1.70	3.85	0.45	0.026	0.003	0.006	16.84	100
880-930	41.44	22.15	11.05	1.95	4.61	1.10	0.024	0.003	0.005	13.03	100

SK-2											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-50	68.44	10.24	10.61	0.46	0.26	0.12	0.035	0.002	0.003	7.41	100
50-114	63.10	11.57	12.58	0.63	0.44	0.16	0.031	0.002	0.002	9.20	100
114-168	66.72	10.84	11.87	0.35	0.16	0.05	0.029	0.002	0.002	7.61	100
168-218	54.90	20.40	10.62	0.51	0.14	0.03	0.015	0.001	0.001	11.71	100
218-265	58.06	21.99	6.44	0.61	0.13	0.06	0.013	0.002	0.002	10.30	100
265-314	36.09	26.97	16.47	0.60	0.20	0.03	0.035	0.001	0.006	17.22	100
314-356	36.16	25.95	16.66	1.01	0.25	0.03	0.030	0.001	0.005	17.32	100
356-418	37.43	26.68	14.14	0.81	0.21	0.04	0.032	0.002	0.005	17.64	100
418-470	37.34	26.75	12.04	0.93	1.12	0.11	0.028	0.005	0.005	17.94	100
470-500	38.52	24.78	11.95	1.48	1.86	0.24	0.029	0.006	0.005	16.73	100
500-545	39.12	23.34	12.74	1.57	3.26	0.47	0.027	0.005	0.005	14.73	100
545-575	50.35	23.58	9.57	0.68	0.30	0.05	0.017	0.002	0.002	13.50	100
575-625	40.25	22.67	11.75	2.00	4.43	0.70	0.024	0.004	0.005	13.42	100
625-675	40.38	20.67	12.19	2.68	5.78	0.73	0.024	0.004	0.006	13.33	100
675-720	40.40	20.65	12.25	2.80	5.976	0.741	0.023	0.004	0.006	12.96	100

Tablo 3.15. SK-3 ve SK-4'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları

SK-3											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-50	64.80	10.74	8.20	1.79	2.77	0.66	0.030	0.002	0.002	8.01	100
50-110	58.22	15.53	10.91	0.83	1.19	0.18	0.024	0.002	0.002	10.41	100
110-160	50.21	24.22	9.98	0.70	0.31	0.04	0.017	0.001	0.001	12.51	100
160-210	37.25	28.73	15.32	0.61	0.27	0.02	0.030	0.000	0.005	15.22	100
210-260	37.05	27.74	15.09	0.78	0.20	0.03	0.029	0.004	0.005	15.64	100
260-314	38.87	27.39	13.24	0.83	0.24	0.04	0.030	0.003	0.005	16.23	100
314-365	38.11	27.39	13.75	0.88	0.16	0.04	0.033	0.003	0.005	16.43	100
365-414	36.09	26.55	14.88	1.25	1.09	0.06	0.026	0.004	0.005	15.43	100
414-466	36.75	24.65	13.07	1.04	2.63	0.03	0.029	0.003	0.008	17.03	100
466-505	38.55	24.44	12.58	0.90	1.93	0.28	0.029	0.006	0.006	17.04	100
505-555	38.48	26.48	11.30	0.75	0.91	0.14	0.028	0.003	0.005	18.32	100
555-605	44.48	21.73	13.75	0.89	0.37	0.09	0.026	0.002	0.004	15.52	100
605-655	39.28	24.74	12.19	1.16	2.45	0.58	0.026	0.003	0.005	14.73	100
655-708	40.06	24.99	12.17	1.10	1.39	0.16	0.028	0.003	0.005	16.23	100
708-725	43.62	20.07	11.35	2.87	5.19	1.31	0.020	0.002	0.005	10.23	100
725-775	48.01	21.99	8.13	1.44	3.45	2.37	0.022	0.003	0.005	9.12	100
775-825	39.15	23.94	13.58	1.64	2.90	0.39	0.027	0.003	0.006	13.73	100
825-840	40.55	20.25	12.30	2.85	5.87	0.92	0.023	0.003	0.005	12.53	100
840-915	40.56	20.24	12.18	3.20	5.90	0.97	0.021	0.003	0.005	12.40	100

SK-4											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-50	61.60	15.67	9.98	0.55	0.19	0.07	0.024	0.002	0.003	9.91	100
50-96	54.90	17.20	13.44	0.66	0.23	0.08	0.023	0.002	0.002	11.60	100
96-150	62.48	12.52	12.36	0.47	0.30	0.13	0.028	0.002	0.003	9.60	100
150-196	55.88	20.35	9.59	0.59	0.09	0.05	0.018	0.001	0.002	11.71	100
196-250	56.88	21.10	8.45	0.54	0.16	0.05	0.015	0.001	0.001	11.21	100
250-300	52.19	23.33	9.54	0.52	0.18	0.05	0.020	0.001	0.002	12.51	100
300-348	39.02	28.39	12.51	0.76	0.22	0.05	0.024	0.003	0.006	16.15	100
348-398	42.83	23.33	11.44	1.55	2.71	0.95	0.023	0.012	0.005	12.73	100
398-450	43.19	23.29	12.58	1.26	1.37	1.10	0.025	0.006	0.006	12.73	100
450-500	45.39	21.37	11.06	1.92	3.24	1.51	0.024	0.010	0.005	10.83	100



Tablo 3.16. SK-6 ve SK-7'den alınan regolitik zeminlerin derinlik boyunca tüm kayaç analiz sonuçları

SK-6											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-50	61.83	14.12	10.49	0.56	0.33	0.16	0.031	0.002	0.003	9.58	100
50-100	61.93	13.98	10.45	0.57	0.34	0.15	0.031	0.002	0.003	9.63	100
100-147	62.76	13.70	10.47	0.58	0.36	0.15	0.031	0.002	0.003	9.01	100
147-240	54.14	18.88	11.47	0.62	0.32	0.09	0.028	0.002	0.004	11.52	100
240-290	40.69	24.93	15.14	0.93	0.24	0.06	0.029	0.003	0.004	14.93	100
290-350	41.85	24.24	12.92	1.67	0.38	0.08	0.026	0.004	0.004	15.22	100
350-390	36.53	24.72	15.72	1.54	1.58	0.09	0.030	0.005	0.006	15.53	100
390-450	37.90	25.34	14.74	1.36	1.25	0.10	0.028	0.004	0.005	15.34	100
450-500	36.29	24.95	15.64	1.50	2.34	0.18	0.026	0.004	0.006	14.53	100
500-548	38.11	23.98	14.73	1.62	2.56	0.32	0.026	0.004	0.005	14.03	100
590-640	41.25	24.15	14.34	1.12	0.95	0.12	0.028	0.003	0.005	14.62	100
640-695	43.10	20.84	12.65	2.18	4.22	0.97	0.024	0.003	0.005	11.12	100
695-736	43.25	20.81	12.81	1.74	3.43	0.75	0.026	0.003	0.005	12.54	100
736-763	39.28	21.61	13.69	2.29	4.40	0.36	0.027	0.004	0.005	13.83	100
763-790	53.82	15.70	12.37	1.46	2.46	0.25	0.030	0.003	0.004	10.41	100

SK-7											
Derinlik (cm)	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
0-45	59.35	13.64	12.52	0.80	0.83	0.27	0.030	0.002	0.003	9.81	100
45-103	61.41	11.69	9.48	2.15	2.93	0.81	0.024	0.002	0.002	8.52	100
103-154	67.55	10.29	9.99	0.81	0.88	0.34	0.033	0.002	0.003	7.41	100
154-199	66.48	10.52	11.72	0.45	0.24	0.13	0.034	0.002	0.003	7.80	100
199-250	50.66	12.15	23.96	0.38	0.16	0.06	0.023	0.002	0.003	10.21	100
250-298	55.21	14.98	15.42	0.79	0.76	0.22	0.026	0.002	0.003	10.11	100
298-347	39.90	26.64	14.50	0.83	0.22	0.04	0.026	0.002	0.005	15.04	100
347-398	38.62	26.24	15.60	0.89	0.31	0.05	0.026	0.001	0.005	15.13	100
398-450	39.36	27.39	13.99	1.02	0.29	0.05	0.027	0.002	0.005	14.92	100
450-501	39.41	27.03	14.40	0.97	0.27	0.04	0.027	0.002	0.005	14.83	100
501-550	37.40	26.18	17.21	1.07	0.26	0.03	0.027	0.003	0.005	14.74	100
550-630	38.44	26.28	13.78	1.36	1.64	0.05	0.028	0.003	0.006	14.43	100
630-700	41.70	24.09	12.22	1.51	3.09	0.77	0.025	0.003	0.005	11.93	100
700-710	44.53	21.28	10.41	1.87	5.06	1.43	0.022	0.003	0.004	10.43	100

Tablo 3.17. Anakaya örneklerine ait tüm kayaç analiz sonuçları

	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	Zr %	Y %	Nb %	LOI %	Sum
SK-1	41.80	14.05	7.27	4.60	15.48	2.60	0.017	0.002	0.004	9.31	100
SK-2	40.04	13.05	9.91	7.79	15.36	0.35	0.020	0.002	0.005	8.22	100

### 3.4.3. 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 mikro fotoğraflar çekilmiştir (Şekil 3.29, Şekil 3.30 ve Şekil 3.31). Anakaya da yapılan sondajlar ile alınan örneklerin mikroskobik incelemesi sonucunda belirlenen kayaç türü foidli breşik tefrit olduğu sonucuna varılmıştır. Karbonatlaşma, yer yer demir boyamaları ve killeşme görülmektedir.

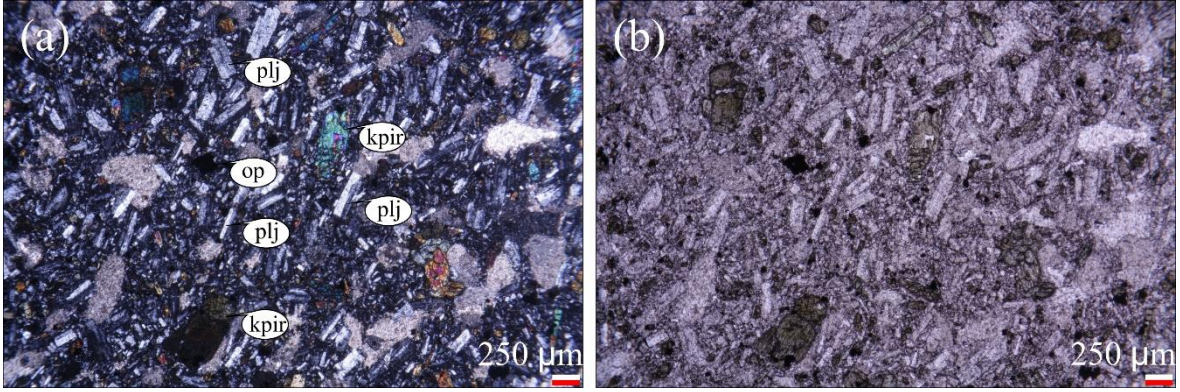
İnce kesitte foidli breşik lavlar genellikle hyalo-mikrolitik porfirik, mikrolitik porfirik ve yer yer amigdaloidal dokular gösterirler. Kayaçların mineralojik bileşiminde klinoproksen, analsim, plajiyoklas ve opak mineraller yer almaktadır.

Klinoproksenler, genellikle öz şekilli ve yarı özşekilli fenokristaller halinde bulunur. Tek nikelde açık yeşil, çapraz nikelde II. sıranın canlı renklerinde görülür.

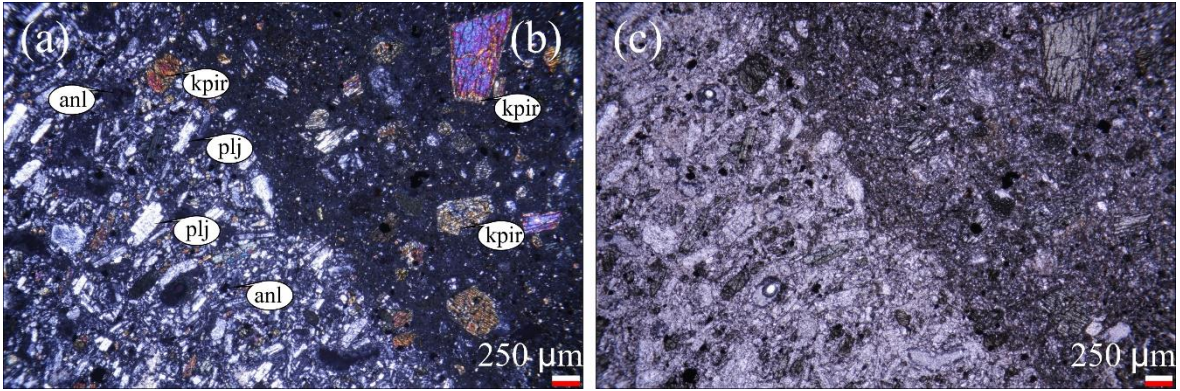
Analsim genellikle özşekilsiz veya psödomorflar halinde, ender olarak sekiz köşeliden yuvarlağa kadar değişen fenokristaller halinde bulunur. Tek nikelde grimsi renklerde, çapraz nikelde izotrop özellik gösterirler.

Plajiyoklaslar genel olarak yarı özşekilli ve özşekilli fenokristaller halinde, nadiren özşekilli mikrofenokristaller halinde gözlenmektedirler. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri ve beyaz renklerde gözlenmektedir.

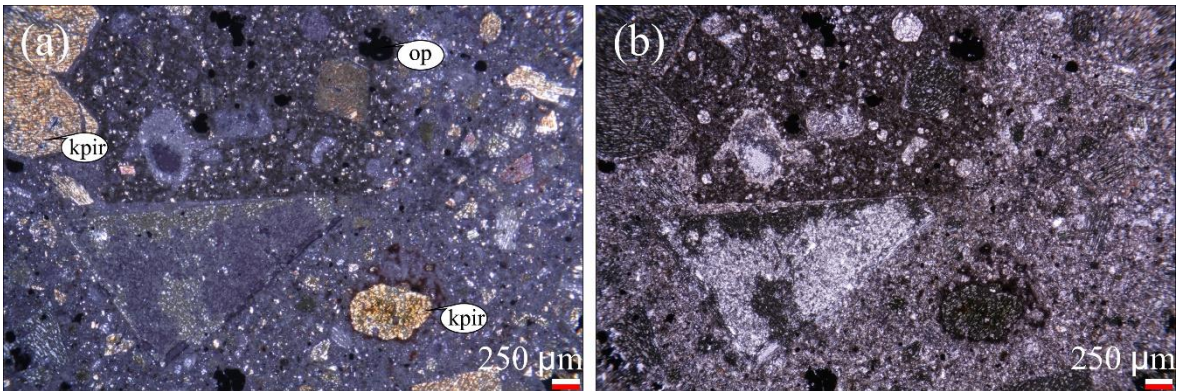
Opak mineraller genel olarak hamur içerisinde çok ince ve küçük taneler halinde gözlenmektedirler.



Şekil 3.29. Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(b, TN) klinopiroksen (kpir), opak mineral (op) ve plajiyoklas (pl)



Şekil 3.30. Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(c, TN) klinopiroksen (kpir), analsim (anl) ve plajiyoklas (pl) (SK-1), (a breş çakıllarının görünümü-b bağlayıcının görünümü)



Şekil 3.31. Miyosen yaşlı foidli breşik tefritlerin mikroskobik görünümü; (a, ÇN)-(b, TN) klinopiroksen (kpir) ve opak mineral (op) (SK-1), karbonatlaşma ve demir boyamaları

## 4. İRDELEME

### 4.1. Sismik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın ilk aşamasında, Eosen sonrası bazik volkanik kayaların ayrışması ile oluşmuş rezidüel regolitler ve bu regolitlerin profil kalınlığı sismik ölçümlerle yaklaşık olarak belirlenmiştir. MASW yönteminde öncelikle yüzey dalgaları elde edilir, dispersiyon analizi yapılır ve ters çözüm ile  $V_s$  (enine dalga hızı) derinlik modeli (Şekil 4.1) oluşturulur.

Sismik analiz sonucunda  $V_{S30}$  404.0 m/s ile 583.6 m/s arasında değişmektedir ve regolitik zeminler NEHRP (National earthquake hazards reduction program) zemin sınıflamasına göre C sınıfı yoğun toprak-yumuşak kaya alanına düşmektedir. Tablo 4.1’de  $V_{S30}$ ’a göre zemin sınıflaması yer almaktadır.

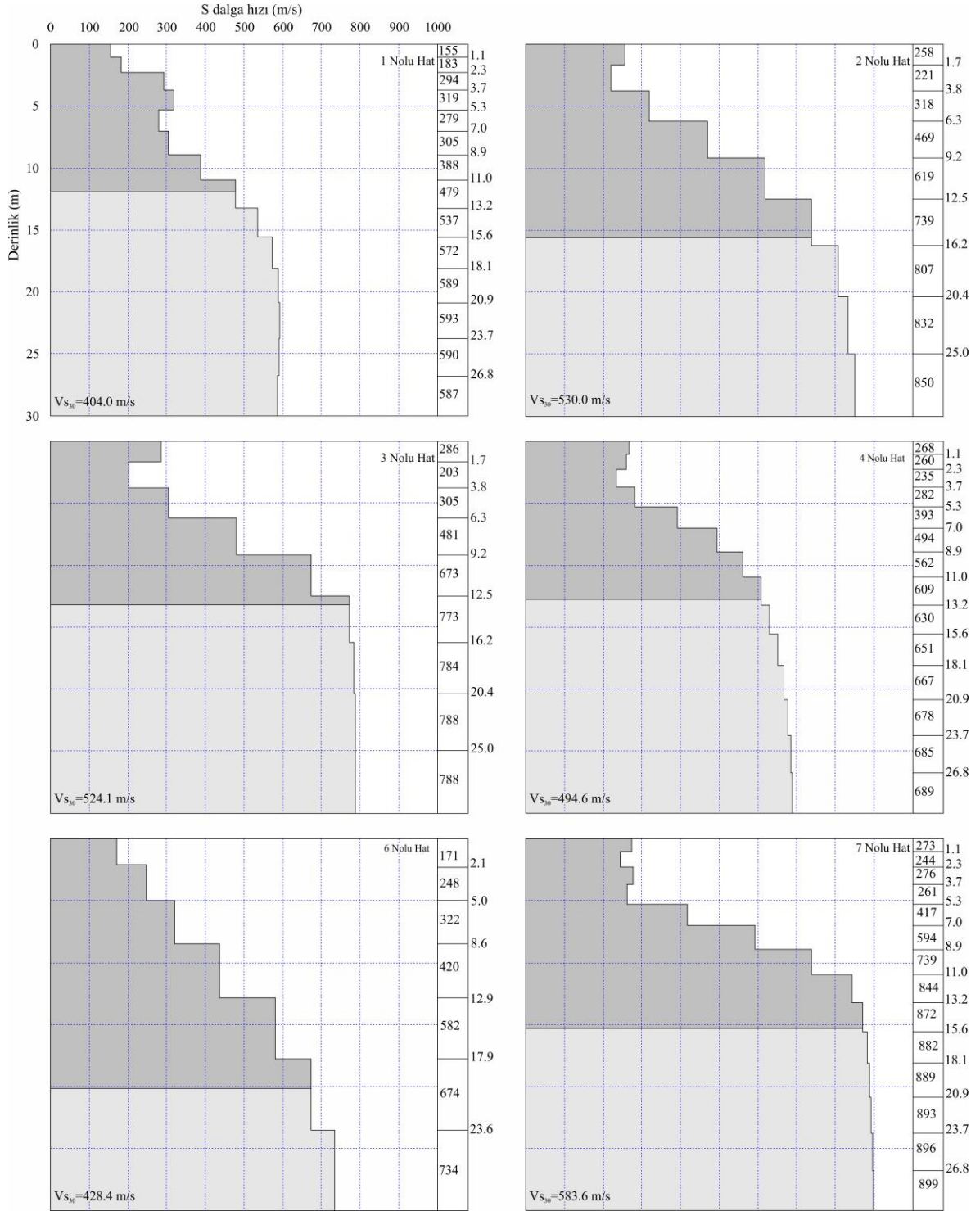
Tablo 4.1. NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code’da  $V_{S30}$ ’a göre zemin sınıflaması

NEHRP Zemin Sınıfı	Tanımlama	30 m derinliğe kadar ortalama S-dalga hızı	Hat
A	Sert anakaya	>1500 m/sn	
B	Sağlam, dayanıklı ile sert kaya	760-1500 m/sn	
C	Yoğun toprak, yumuşak kaya	360-760 m/sn	1-2-3-4-6-7 Nolu Hatlar
D	Sert toprak	180-360 m/sn	
E	Yumuşak killer	<180 m/sn	
F	Özel çalışma gerektiren zeminler		

Hesaplanan 1 boyutlu enine dalga hızı derinlik modelinden  $V_{S30}$  hızındaki değişimlere bakarak her bir regolitik zemin profiline ait zonlar hız değişiminin olduğu (arttığı ve azaldığı) alanlardan yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Elde edilen sonuçlar kesin değerleri vermemektedir. Buna göre regolitik zemin profilinin yaklaşık anakaya derinliği ve zonların geçişleri Tablo 4.2’de yer almaktadır.

Tablo 4.2. Sismik analiz sonucu regolitik profillerin zonlara göre değişimi

	1 No’lu hat	2 No’lu hat	3 No’lu hat	4 No’lu hat	6 No’lu hat	7 No’lu hat
A zonu	0-1.7 m	0-1.7 m	0-1.7 m	0-1.1 m	0-2.1 m	0-1.1 m
B1 zonu	1.7-5.3 m	1.7-4 m	1.7-3.8 m	1.1-2.7 m	2.1-5.0 m	1.1-3.7 m
B2 zonu	5.3-7.0 m	4-6.3 m	3.8-6.3 m	2.7-5.3 m	5.0-7.0 m	3.7-5.3 m
C zonu	7.0-11.0m	6.3-12.5 m	6.3-12.5 m	5.3-7.0 m	7.0-9.0 m	5.3-11.0 m

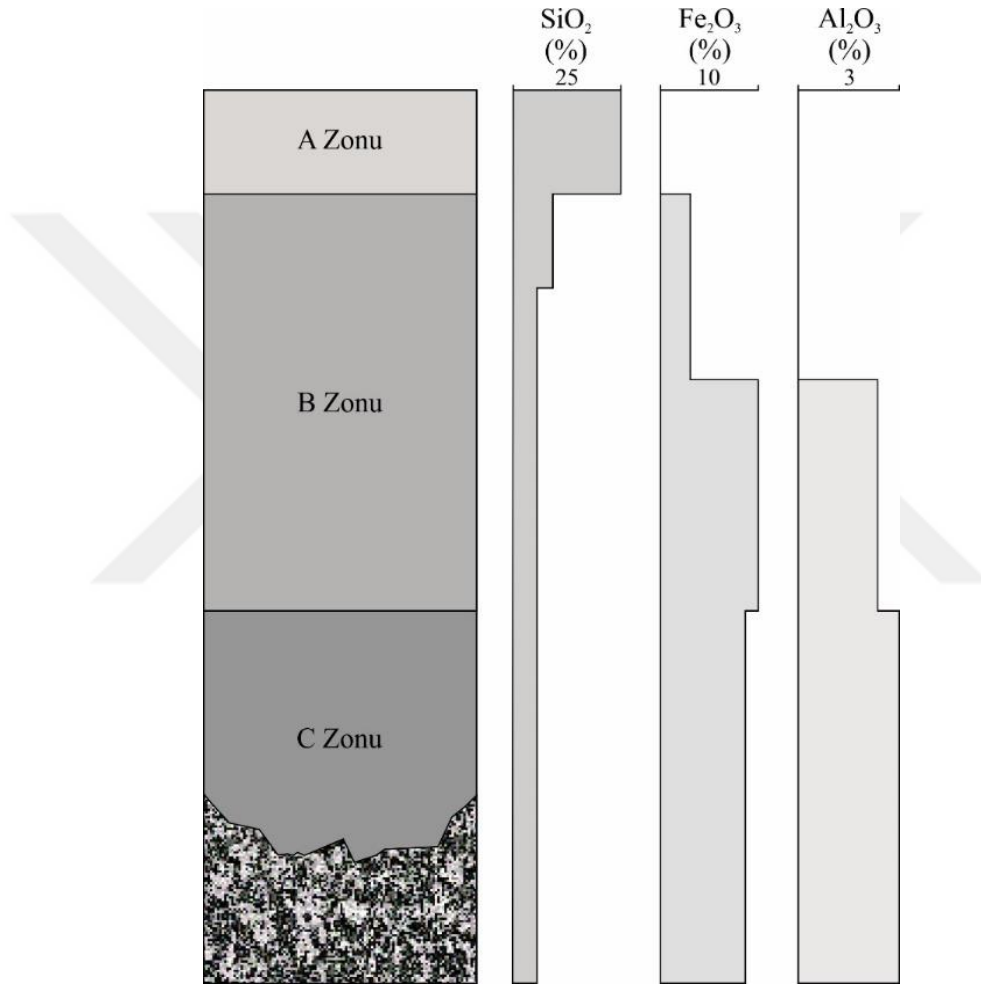


Şekil 4.1. Hesaplanan 1-boyutlu enine dalgı hızı derinlik modeli

$V_{s30}$  hızındaki değişim regolitik zemin profilindeki ince taneli malzemenin (kil+silt) artmasıyla azalır, ince taneli malzemenin azalmasıyla da artış göstermektedir. Ancak bu değişim de tam bir netlik söz konusu değildir.

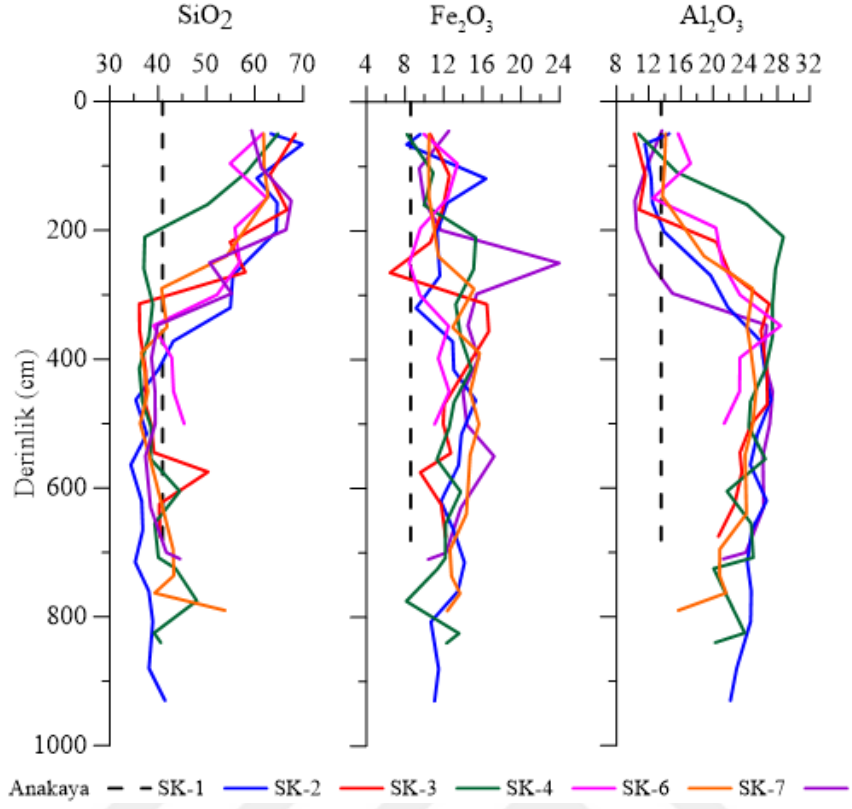
#### 4.2. Tüm Kayaç Analizi Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir regolitik zemin profili jeokimyasal olarak incelendiğinde  $\text{SiO}_2$  değerinin A zonunda ~%25, B zonunda ~%10-5 ve C zonunda ~%5 olduğu,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  değerinin A zonunda ~%0-1, B zonunda ~%1-3 ve C zonunda ~%3 ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  değerinin A zonunda ~%0-1, B zonunda ~%1-10 ve C zonunda ~%8-10 olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

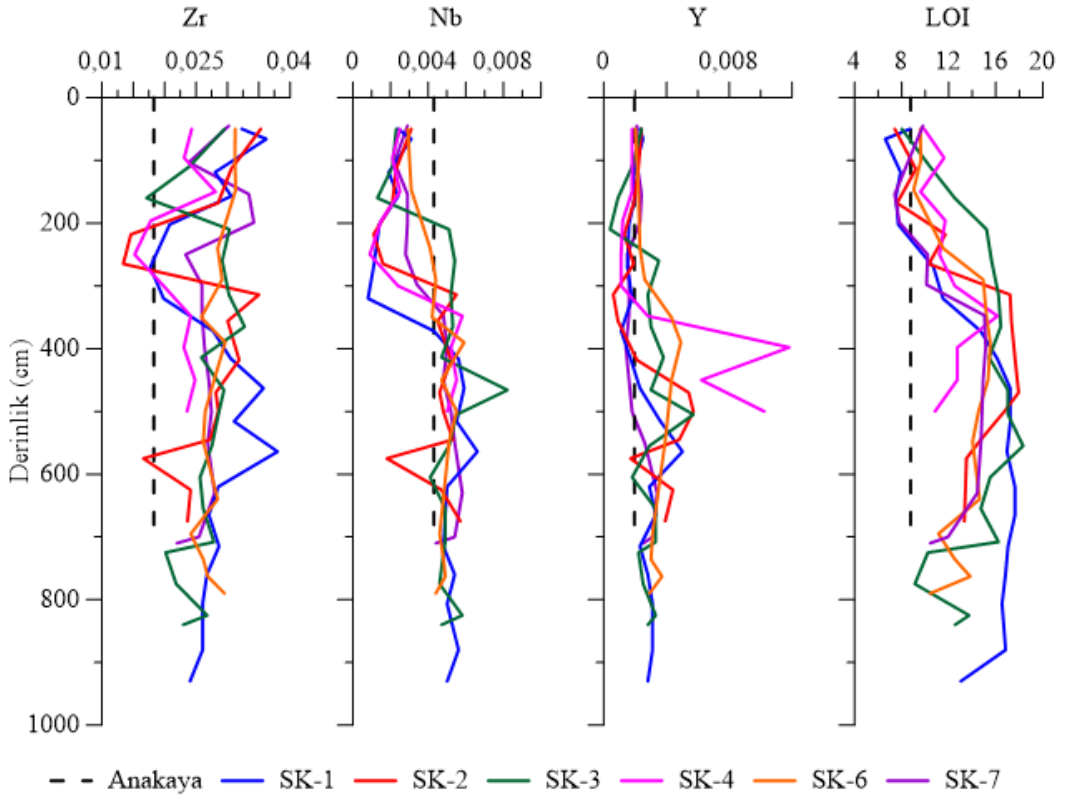


Şekil 4.2. Regolitik zemin profilindeki major oksitlerin değişimi (Akçay, 2002)

Regolitlerin jeokimyasal sınıflamasına bağlı olarak çalışma alanında yapılan tüm kayaç analizi sonuçlarına göre major oksitlerin (Şekil 4.3) ve iyonların (Şekil 4.4) derinlikle değişim grafiği çizilmiştir.



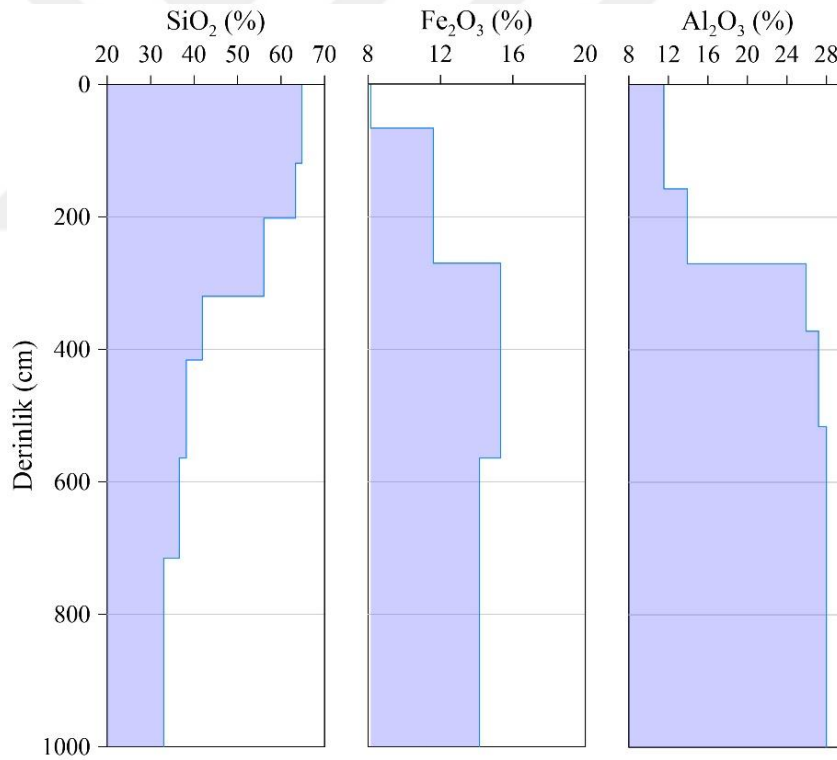
Şekil 4.3. Her bir sondaja ait major oksitlerin derinlikle değişimi



Şekil 4.4. Her bir sondaja ait iyonların derinlikle değişimi

Zr'un derinlikle değişimi incelendiğinde A zonunda artan ve B-C zonunda azalan bir yapı sunduğu, Nb'un A zonunda az, B zonunda artan ve C zonuna doğru azalan bir eğilim gosterdiği, Y'un A zonunda az, B zonunda hafif bir artış gosterdiği ve C zonunda azalan ve sabit seviyeye ulaştığı ve LOI değerinin A zonunda az, B zonundan C zonuna doğru bir artış ve anakayaya doğru sabitlendiği gorumektedir.

Her bir sondaj kuyusundan derinlik boyunca alınan örnekler üzerinde yapılan tüm kayaç analizinden elde edilen  $\text{SiO}_2$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda yüksek, B zonunda azalan bir değişim gosterirken C zonunda sabit olarak ilerlemektedir.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda az, B zonunda artan bir değişim gosterirken C zonunda azalarak anakaya geçişine kadar sabit kalmaktadır.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında ise, A zonunda az, B zonunda artan bir değişim gosterirken C zonunda artarak anakaya geçişine kadar sabit kalmaktadır (şekil 4.5).



şekil 4.5. Çalışma alanı regolitik zeminlerdeki major oksitlerin değişimi

Yapılan alışma da  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  major oksitlerin derinlikle değişiminin regolitik zemin profilindeki değişimle benzer özellikler gosterdiği net bir şekilde gorumektedir. Sonuç olarak yapılan tüm kayaç analizi deney sonuçlarına göre söz konusu çalışma alanındaki zeminler rezidüel regolitik zemin olduğu kesinleşmiştir.



Bunun neticesinde tüm kayaç analizi sonuçlarına dayanarak zemin profili derinlik boyunca jeokimyasal olarak zonlara ayrılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Regolitik zemin profilinde major oksit değerleri baz alınarak belirlenen zonlar

	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-6	SK-7
A zonu	0-119 cm	0-114 cm	0-110 cm	0-96 cm	0-147 cm	0-103 cm
B1 zonu	119-372 cm	114-356 cm	110-314 cm	96-250 cm	147-450 cm	103-347 cm
B2 zonu	372-564 cm	356-545 cm	314-605 cm	250-348 cm	450-640 cm	347-550 cm
C zonu	564-930 cm	545-720 cm	605-915 cm	348-500 cm	640-790 cm	550-710 cm

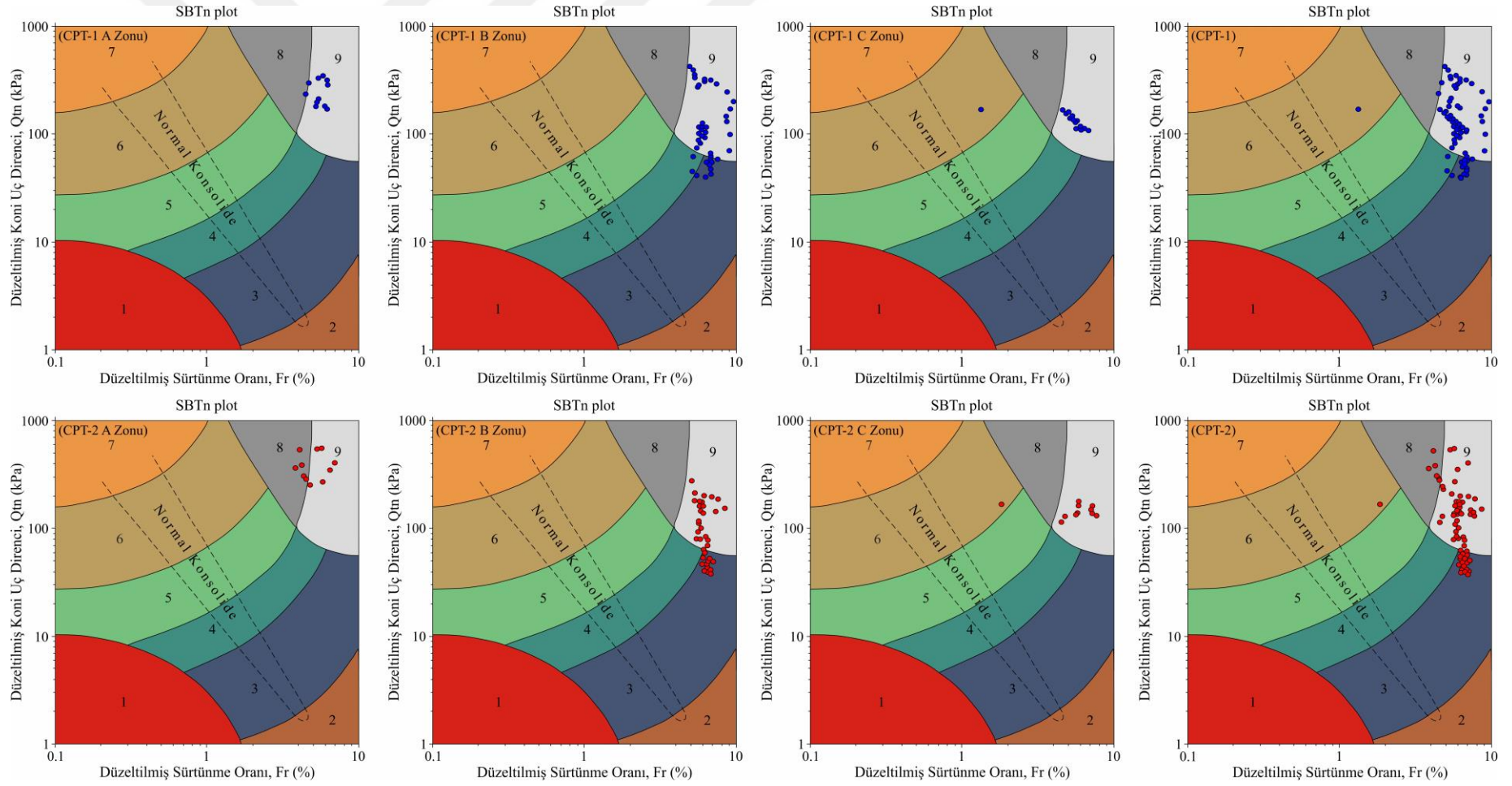
### 4.3. Koni Penetrasyon Deneyi Verilerinin Değerlendirilmesi

Koni penetrasyon deney sonuçlarına göre ( $Q_m$  ve  $F_r$ ) regolitik zeminler zonlara ayrılarak Robertson, 1990'a göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Buna göre A zonunda ki veriler genellikle 3-4 numaralı alanlara, B zonunda ki veriler genel olarak 3-4-5-8-9 numaralı alanlara ve C zonunda ki veriler de genel olarak 3-4-5-6-8-9 numaralı alanlara düşmektedir.

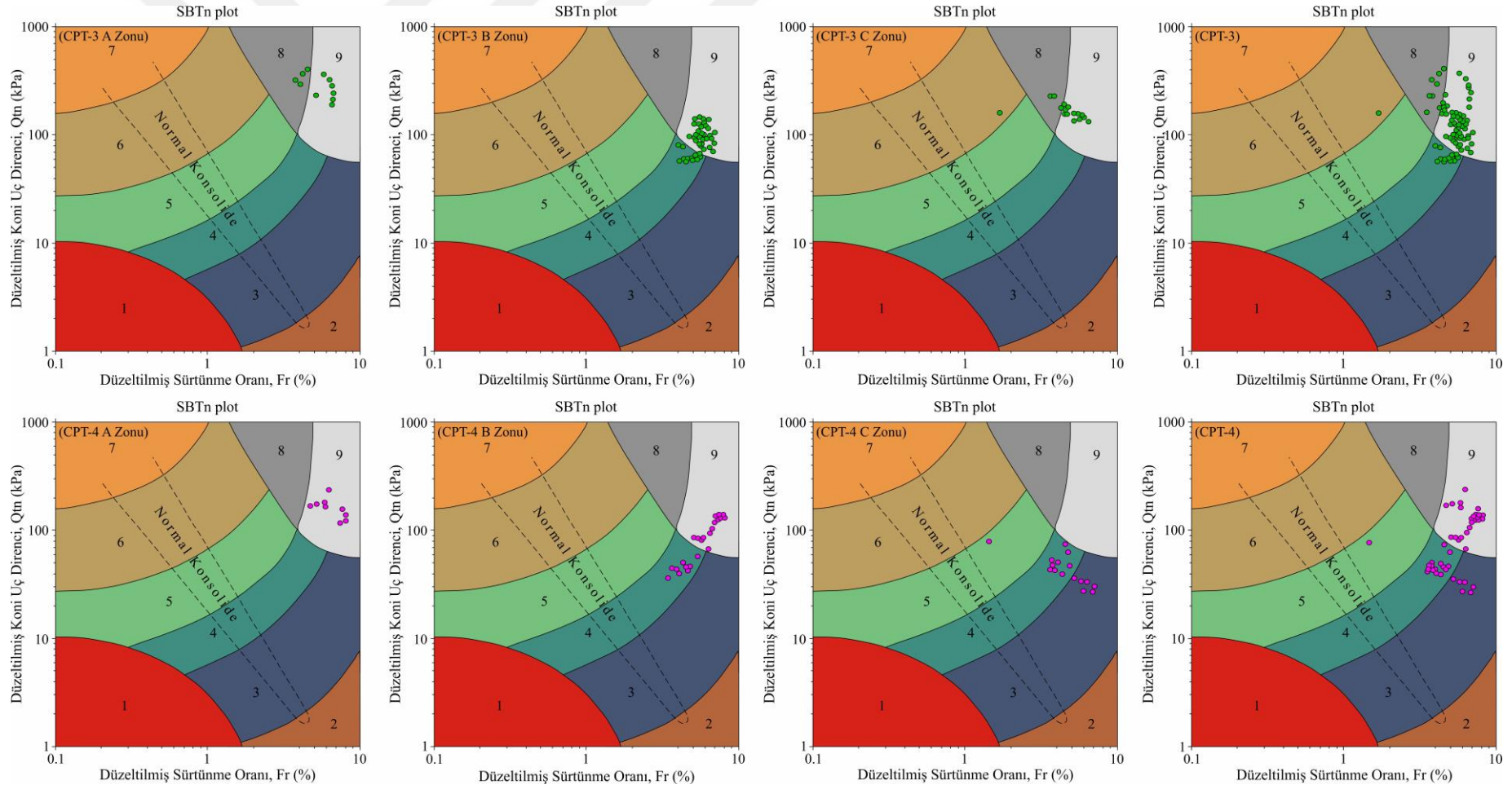
Robertson (1986) zemin sınıflama abağına göre çalışma alanındaki regolitik zemin türü Kil olarak belirlenmiştir. Robertson (1990) zemin davranış türüne göre de zeminlerin derinlik boyunca Killer (kil-siltli kil), Siltli karışımlar (killi silt-siltli kil), Kumlu karışımlar (siltli kum-kumlu silt), Kumlar (temiz kum-siltli kum), Çok sıkı kum-killi kum ve Çok sert ince daneli zemin olarak davrandığı görülmektedir.

CPT deneyi sonucunda elde edilen veriler (efektif koni direnci ve sürtünme oranı) Eslami ve Fellenius (1997) tarafından oluşturulan abağa yerleştirildiğinde A zonu genel olarak Kil-silt, Siltli kil, Killi silt ve Siltli kum, B zonu genel olarak Kil-silt, Siltli kil, Killi silt ve Siltli kum ve C zonu Killi silt, Siltli kil ve Siltli kum olduğu görülmektedir. CPT deneyi sonucunda elde edilen veriler neticesinde Eslami ve Fellenius (1997)'ye göre oluşturulan abaklar Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de yer almaktadır.

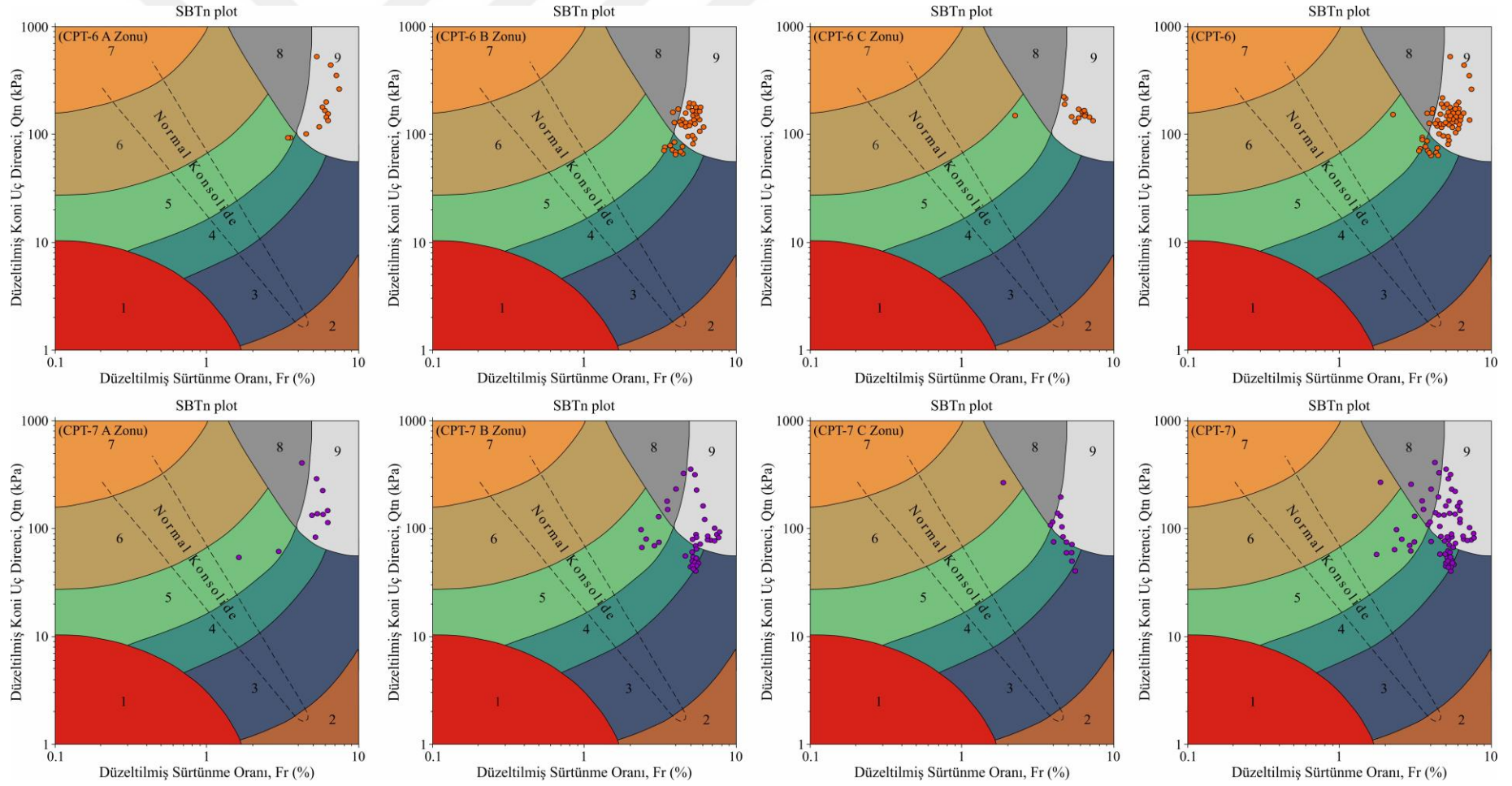
CPT deneyi sonucunda elde edilen veriler [ $Q_i(1-Bq)+1$  ve sürtünme oranı] Jefferies ve Been (2006) tarafından oluşturulan abağa yerleştirildiğinde A zonu genel olarak Killi-silt, Siltli kil, Siltli kum-Kumlu silt, B zonu genel olarak Killi-silt, Siltli kil ve C zonu Killi silt ve Siltli kil olduğu görülmektedir. CPT deneyi sonucunda elde edilen veriler neticesinde Jefferies ve Been (2006)'ya göre oluşturulan abaklar Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de yer almaktadır.



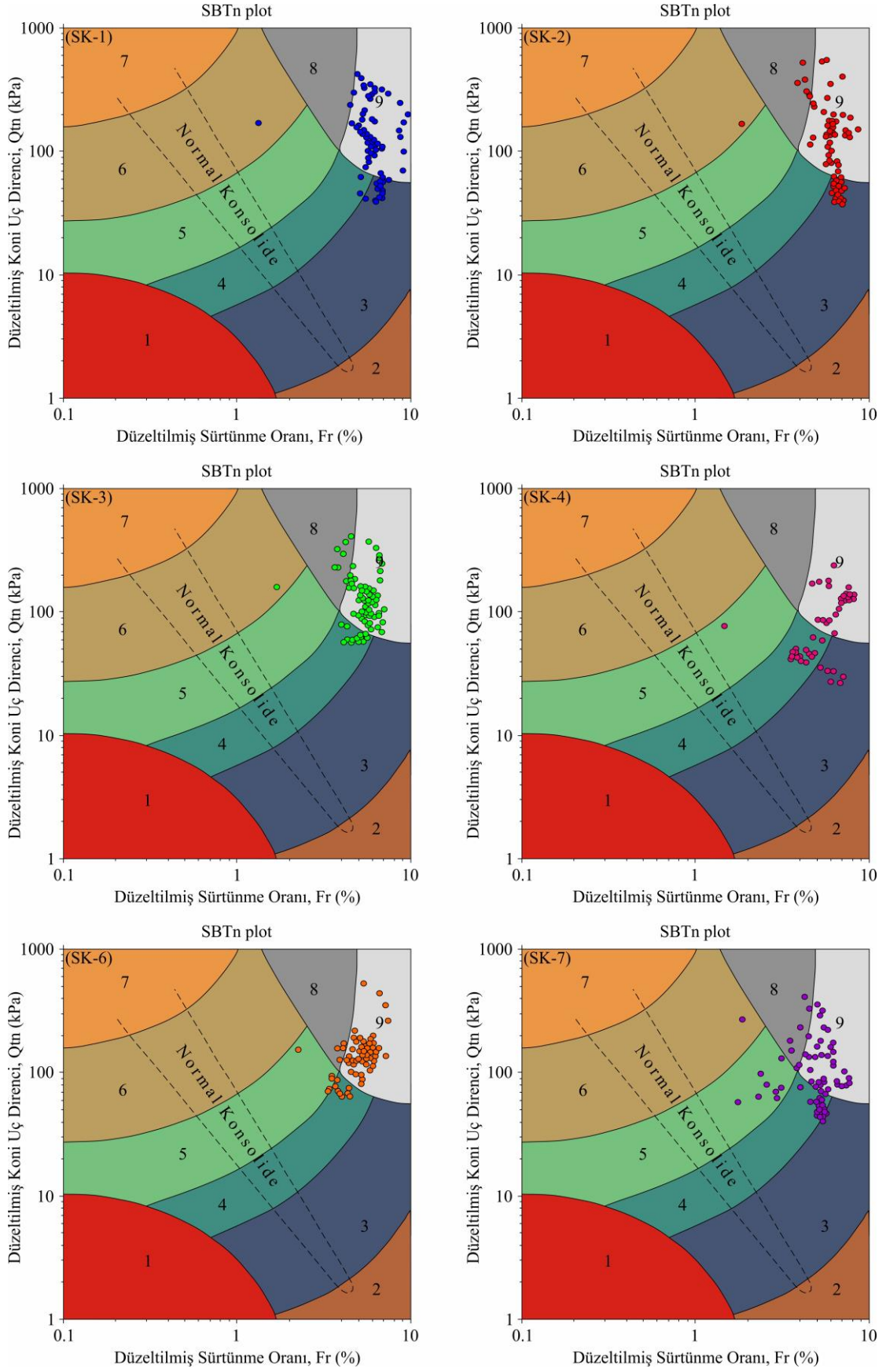
Şekil 4.6. CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre)



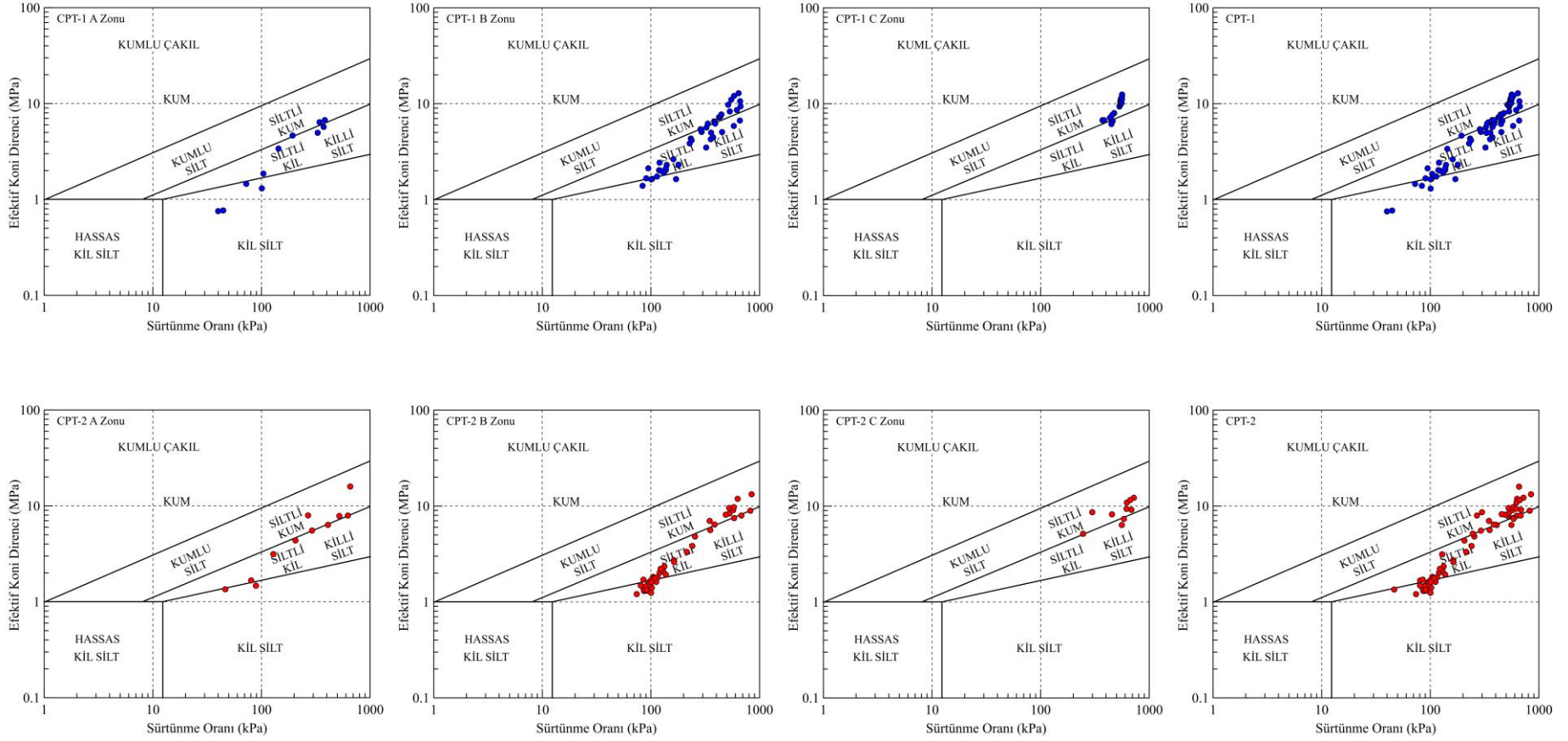
Şekil 4.7. CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre)



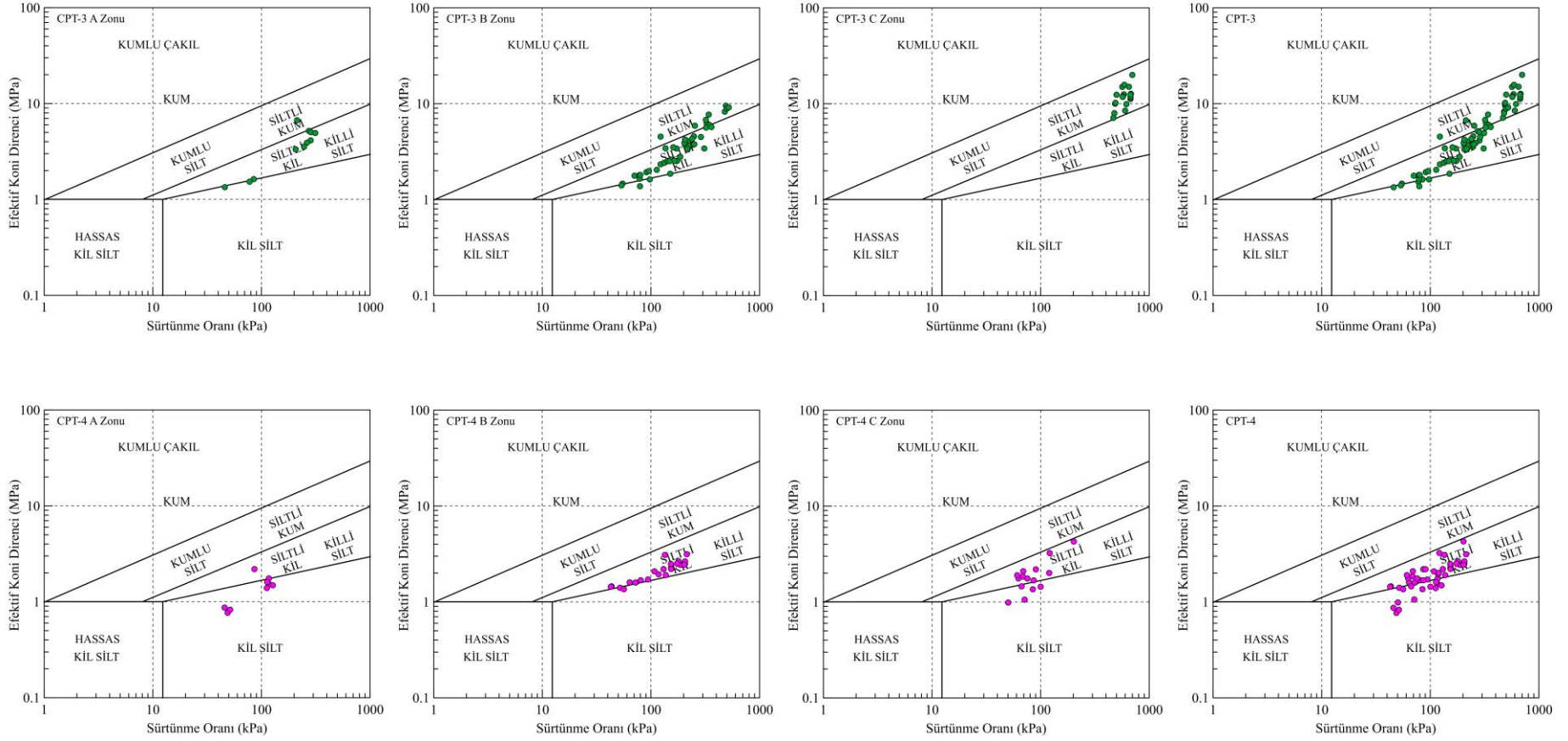
Şekil 4.8. CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre)



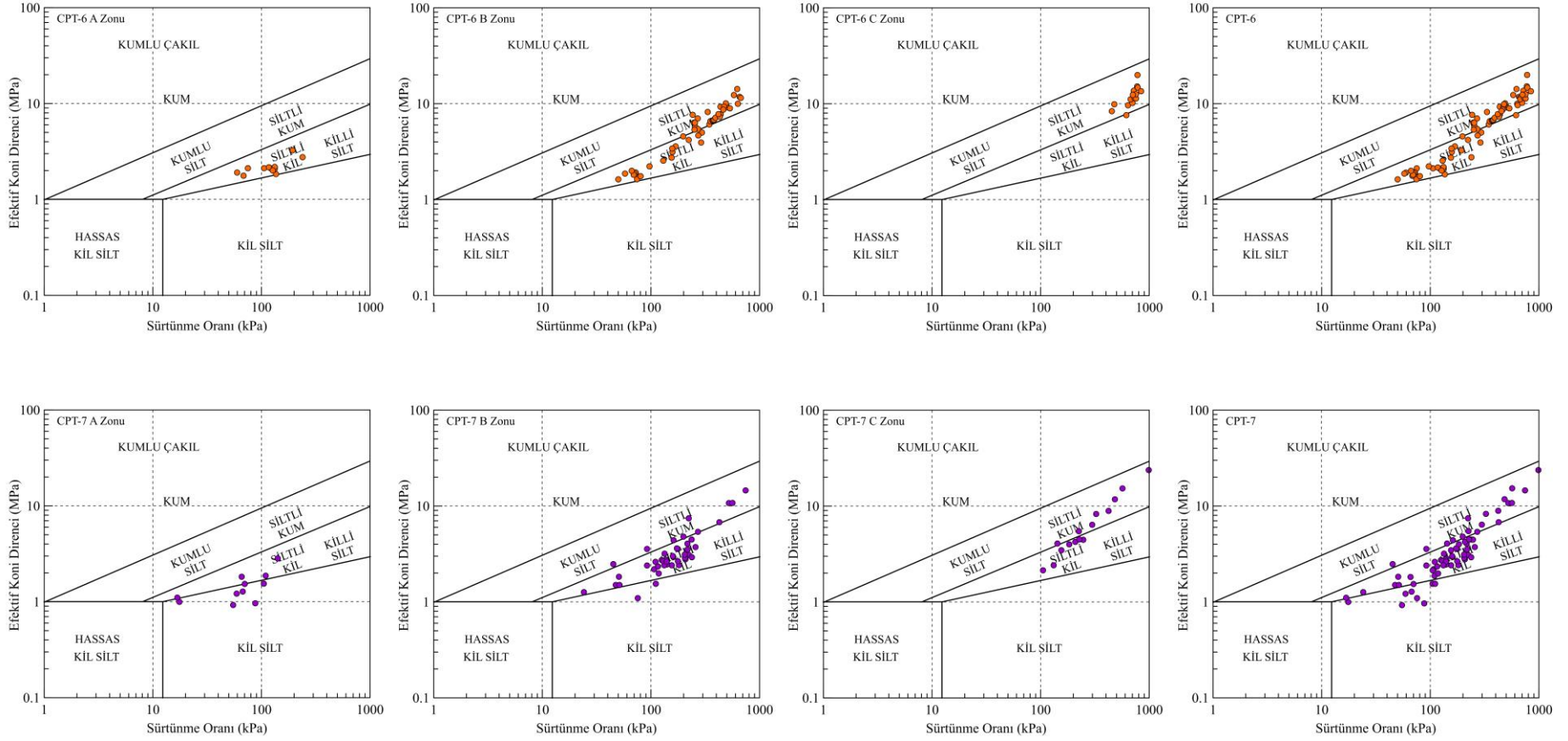
Şekil 4.9. CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılmaksızın sınıflandırılması (Robertson, 1990'a göre)



Şekil 4.10. CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre)

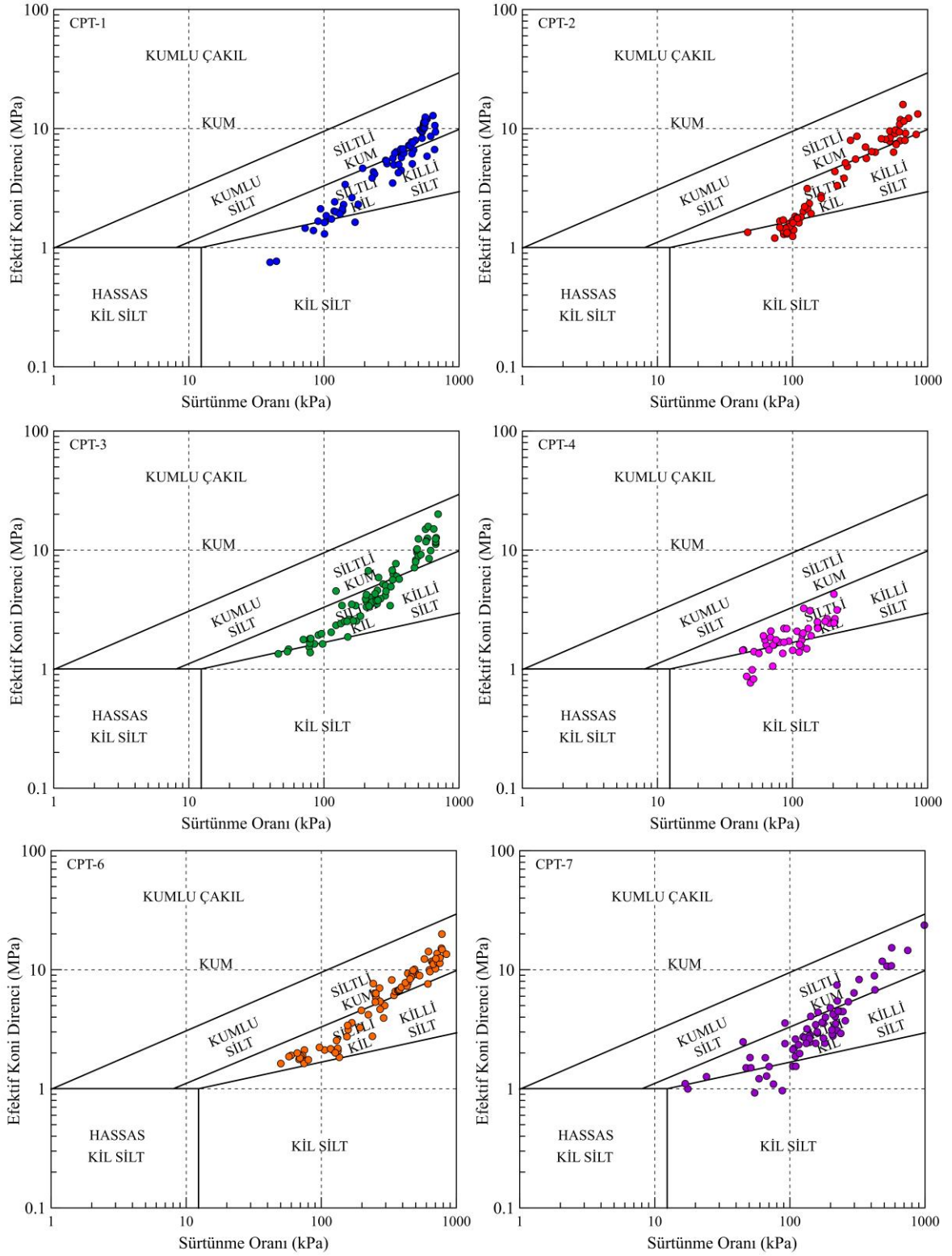


Şekil 4.11. CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre)

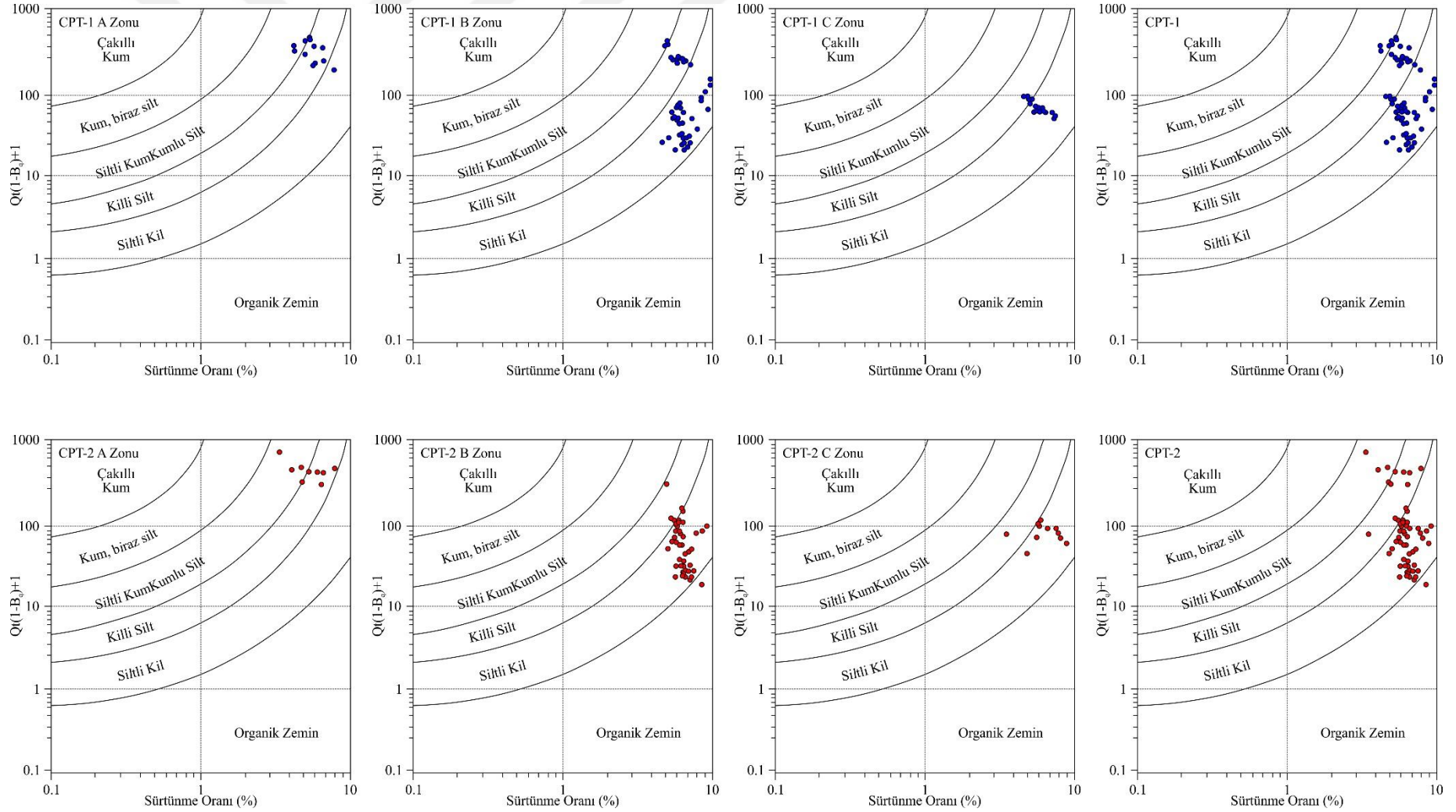


Şekil 4.12. CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre)

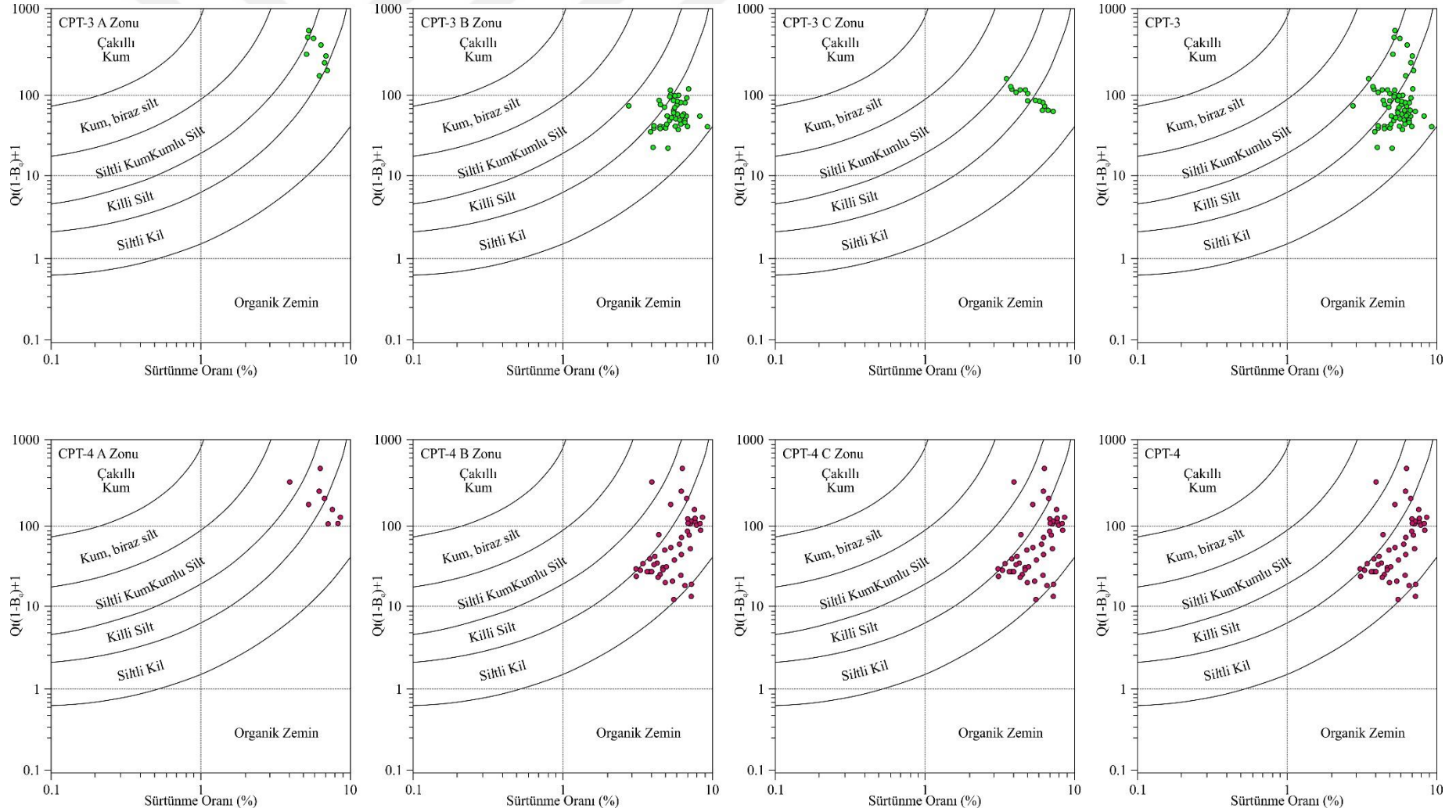




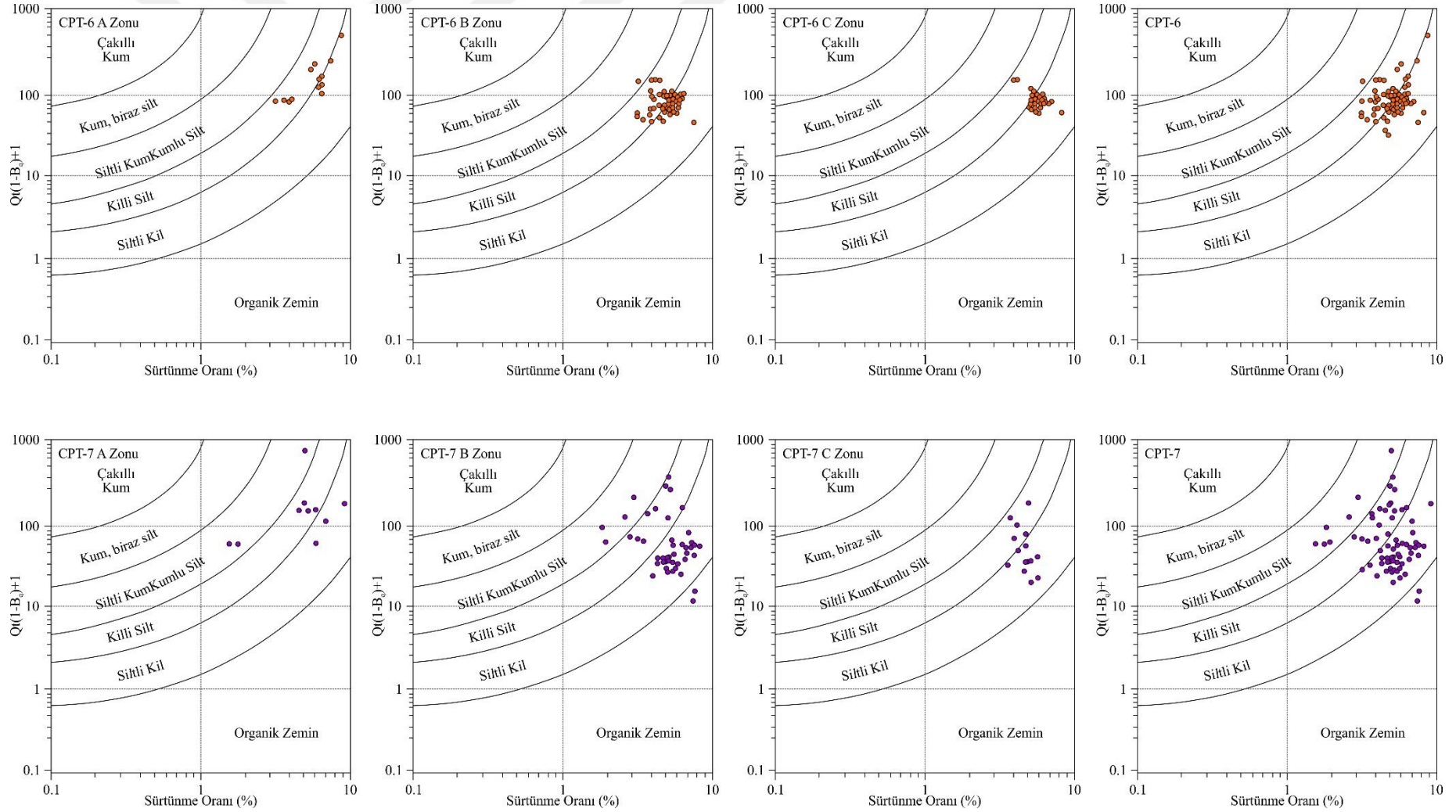
Şekil 4.13. CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılmaksızın sınıflandırılması (Eslami ve Fellenius, 1997'ye göre)



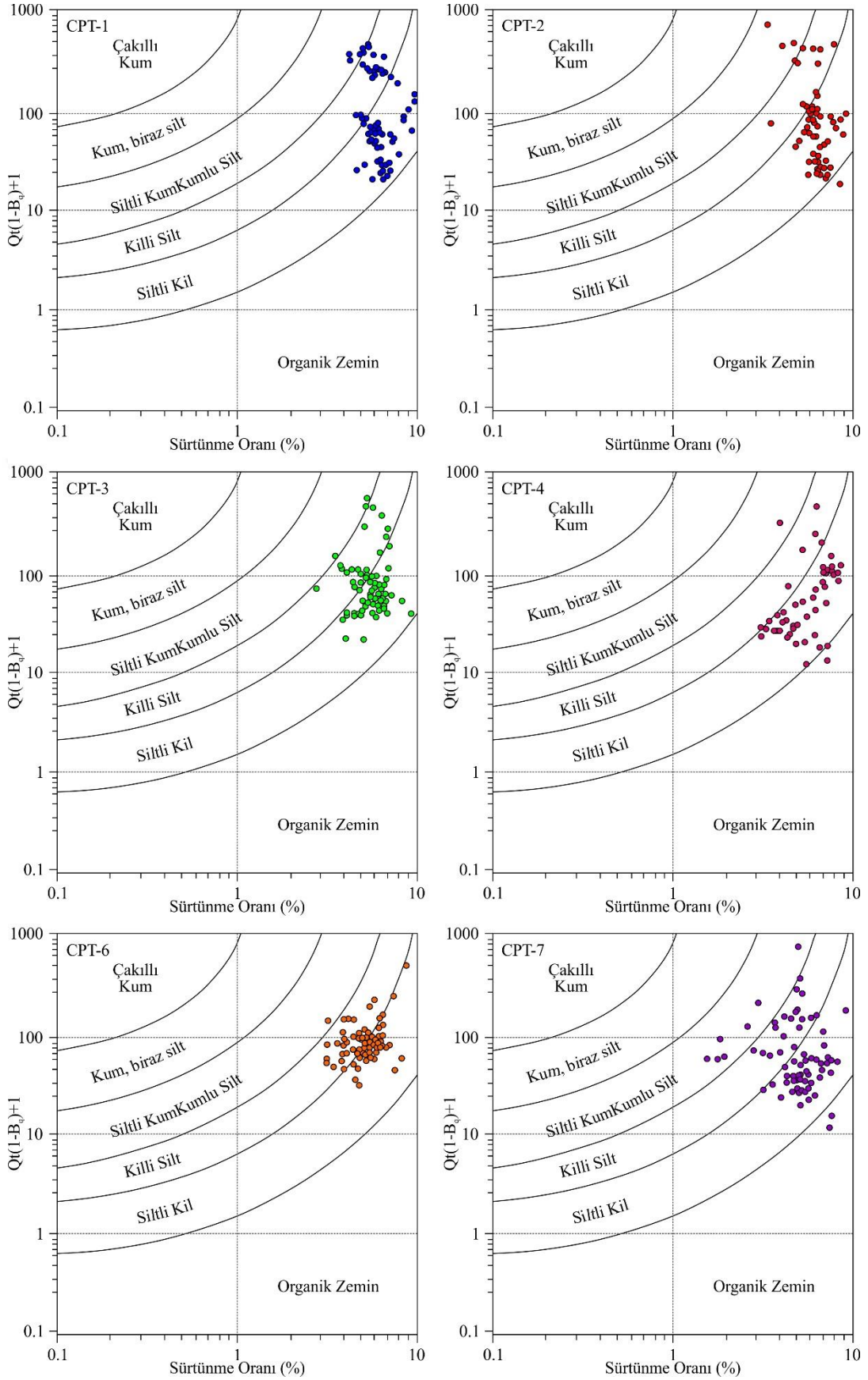
Şekil 4.14. CPT-1 ve CPT-2 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre)



Şekil 4.15. CPT-3 ve CPT-4 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre)



Şekil 4.16. CPT-6 ve CPT-7 deney sonuçlarına göre zeminlerin zonlara ayrılarak sınıflandırılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre)



Şekil 4.17. CPT deney sonuçlarına göre regolitik zeminlerin zonlara ayrılması (Jefferies ve Been, 2006'ya göre)

Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da regolitik zeminlere ait derinlik boyunca alınan örneklerin CPT deney sonucuna göre ve laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre sınıflandırılmalarına ait tablolar yer almaktadır.

Tablo 4.4. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS’ye göre sınıflandırılması (CPT-1 ve CPT-2)

CPT-1	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A Zonu	0-50	Kil	Siltli kum	Siltli karışım	ML-OL
2		50-66	Kumlu zemin	Kil Silt	Killi silt	ML-OL
3		66-119	Clay soil	Killi silt	Killi silt	ML-OL
4	B1 Zonu	119-157	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Siltli karışım	ML-OL
5		157-202	Çok yoğun sert zemin	Killi silt	Siltli karışım	MH-OH
6		220-270	Kil	Killi silt	Kil	MH-OH
7		270-320	Kil	Kil silt	Kil	MH-OH
8		310-372	Kil	Kil silt	Kil	MH-OH
9	B2 Zonu	372-416	Kil	Kil silt	Kil	ML-OL
10		416-463	Kil	Kil silt	Kil	ML-OL
11		463-516	Kil ve Siltli kil	Siltli kum	Kil	ML-OL
12		516-564	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	ML-OL
13	C Zonu	564-620	Kil	Siltli kum	Killi silt	ML-OL
14		620-665	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	MH-OH
15		665-715	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	MH-OH
16		715-760	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
17		760-807	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	SM-SP
18		807-880	-	-	-	SM-SP
19		880-930	-	-	-	ML-OL

CPT-2	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A Zonu	0-50	Kil	Siltli kum	Siltli karışım	ML-OL
2		50-114	Kil ve Siltli kil	Kil Silt	Killi silt	ML-OL
3	B1 Zonu	114-168	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Siltli karışım	ML-OL
4		168-218	Kil	Killi silt	Kil	ML-OL
5		218-265	Kil	Killi silt	Kil	ML-OL
6		265-314	Kil	Kil silt	Kil	MH-OH
7		314-356	Kil	Kil silt	Kil	MH-OH
8	B2 Zonu	356-418	Kil	Kil silt	Kil	MH-OH
9		418-470	Kil ve Siltli kil	Kil silt	Kil	MH-OH
10		470-500	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	ML-OL
11		500-545	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	ML-OL
12	C Zonu	545-575	Çok yoğun sert zemin	Killi silt	Killi silt	ML-OL
13		575-625	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
14		625-675	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
15		675-720	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL

Tablo 4.5. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS'ye göre sınıflandırılması (CPT-3, CPT-4 ve CPT-6)

CPT-3	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A Zonu	0-50	Kil	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
2		50-110	Kil ve Siltli kil	Kil Silt	Killi silt	ML-OL
3	B1 Zonu	110-160	Kil	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
4		160-210	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
5		210-260	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
6		260-314	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
7	B2 Zonu	314-365	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
8		365-414	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
9		414-466	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
10		466-505	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
11		505-555	Kil ve Siltli kil	Kumlu silt	Kil	ML-OL
12		555-605	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Silt karışımı	ML-OL
13	C Zonu	605-655	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
14		655-708	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
15		708-725	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
16		725-775	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
17		775-825	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
18		825-840	-	-	-	ML-OL
19		840-915	-	-	-	ML-OL

CPT-4	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A Zonu	0-50	Kil	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
2		50-96	Kil ve Siltli kil	Kil Silt	Kil	ML-OL
3	B1 Zonu	96-150	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
4		150-196	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
5		196-250	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
6	B2 Zonu	250-300	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
7		300-348	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Kil	MH-OH
8	C Zonu	348-398	Çok yoğun sert zemin	Kil silt	Siltli kil	ML-OL
9		398-450	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Siltli kil	SM-SP
10		450-500	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Siltli kil	ML-OL

CPT-6	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A Zonu	0-50	Clay	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
2		50-100	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
3		100-147	Kil ve Siltli kil	Kil Silt	Kil	ML-OL
4	B1 Zonu	147-240	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
5		240-290	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
6		290-350	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
7		350-390	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
8		390-450	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
9		450-500	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
10	B2 Zonu	500-548	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
11		548-590	Kil ve Siltli kil	Kumlu silt	Kil	ML-OL
12		590-640	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	ML-OL
13	C Zonu	640-695	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Kil	ML-OL
14		695-736	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL
15		736-763	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	SM-SP
16		763-790	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	ML-OL

Tablo 4.6. Regolitik zeminlerin derinlik boyunca CPT deney sonuçlarına ve USCS'ye göre sınıflandırılması (CPT-7)

CPT-7	Zonlar	Derinlik (cm)	Robertson 1990	Eslami ve Fellenius, 1997	Jefferies ve Been, 2006	USCS
1	A	0-45	Kil	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
2	Zonu	45-103	Kil ve Siltli kil	Kil Silt	Kil	CL-ML
3		103-154	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Silt karışımı	ML-OL
4	B1	154-199	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
5	Zonu	199-250	Kil	Siltli kil	Kil	ML-OL
6		250-298	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
7		298-347	Kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
8		347-398	Kil	Kumlu silt	Kil	MH-OH
9	B2	398-450	Kil ve Siltli kil	Siltli kil	Kil	MH-OH
10	Zonu	450-501	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	MH-OH
11		501-550	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Kil	MH-OH
12	C	550-630	Çok yoğun sert zemin	Siltli kil	Siltli kil	MH-OH
13	Zonu	630-700	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	SM-SP
14		700-710	Çok yoğun sert zemin	Siltli kum	Siltli kil	SM-SP

CPT deneylerinden elde edilen verilere göre yapılan zemin sınıflama sistemleri ile USCS'ye göre yapılan sınıflamalar birlikte değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda zeminler üç ayrı profile ayrılmıştır.

#### 4.4. İndeks ve Dayanım Özelliklerinin Değerlendirilmesi

##### 4.4.1. Regolitik Zeminlerin İndeks Özelliklerinin Derinlikle Değişimi

Zeminleri oluşturan danelerin zemin içerisindeki dağılımları zeminlerin mühendislik özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle zeminleri sınıflandırırken zemini oluşturan danelerin dağılımı da etken olmaktadır. Yapılan ıslak elek analizi deneyi ve hidrometre deneyi sonuçları birleştirilerek oluşturulan granülometri eğrisinden zemine ait kil, silt, kum ve çakıl yüzdeleri hesaplanmıştır. Bunun neticesinde derinliğe göre her bir sondaj kuyusu için zonlara ayrılan regolitik zemin profilindeki dane dağılım tabloları oluşturulmuştur (Tablo 4.7, Tablo 4.8).



Tablo 4.7. SK-1, SK-2 ve SK-3'te derinliğe bağlı dane dağılımları

SK-1	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1		0-50	10.1	13.6	52.3	24.0
2	A Zonu	50-66	7.2	18.9	36.9	37.0
3		66-119	10.5	11.0	44.6	34.0
4		119-157	11.6	14.7	43.6	30.0
5	B1 Zonu	157-202	12.4	13.9	41.7	32.0
6		220-270	13.0	14.3	34.6	38.0
7		270-320	12.3	16.4	27.4	44.0
8		310-372	0.4	10.9	34.6	54.0
9	B2 Zonu	372-416	2.3	10.0	34.7	53.0
10		416-463	0.1	21.2	26.7	52.0
11		463-516	0.3	27.4	36.3	36.0
12		516-564	0.9	28.2	37.9	33.0
13	C Zonu	564-620	1.7	30.2	43.0	25.0
14		620-665	3.0	46.8	35.2	15.0
15		665-715	2.7	47.2	31.0	19.0
16		715-760	3.0	46.6	26.4	24.0
17		760-807	9.5	39.9	32.5	18.0
18		807-880	13.6	59.0	19.4	8.0
19		880-930	22.9	31.4	28.8	17.0

SK-2	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1	A Zonu	0-50	11.9	13.8	43.3	31.0
2		50-114	7.0	22.7	38.2	32.0
3	B1 Zonu	114-168	10.7	19.9	35.4	34.0
4		168-218	4.3	8.4	42.3	45.0
5		218-265	3.0	16.0	31.0	50.0
6		265-314	3.3	9.6	37.1	50.0
7	B2 Zonu	314-356	1.5	23.5	35.0	40.0
8		356-418	1.3	20.2	36.6	42.0
9		418-470	4.8	20.7	36.5	38.0
10		470-500	7.4	20.9	39.7	32.0
11	C Zonu	500-545	7.8	20.6	37.6	34.0
12		545-575	19.0	20.8	34.2	26.0
13		575-625	10.5	26.9	37.7	25.0
14		625-675	5.1	28.8	43.1	23.0
15		675-720	1.4	33.2	36.4	29.0

SK-3	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1	A Zonu	0-50	8.8	20.4	36.7	34.0
2		50-110	19.8	13.6	29.6	37.0
3	B1 Zonu	110-160	1.3	10.0	47.7	41.0
4		160-210	3.2	18.4	36.4	42.0
5		210-260	0.5	24.6	29.9	45.0
6		260-314	0.7	27.5	25.9	46.0
7	B2 Zonu	314-365	0.4	27.2	27.4	45.0
8		365-414	1.2	28.7	21.1	49.0
9		414-466	7.2	20.3	24.5	48.0
10		466-505	0.8	18.3	27.9	53.0
11		505-555	1.3	25.8	27.9	45.0
12		555-605	2.9	15.2	37.9	44.0
13	C Zonu	605-655	3.1	29.4	33.5	34.0
14		655-708	7.3	20.7	34.0	38.0
15		708-725	10.1	28.7	31.2	30.0
16		725-775	17.1	20.9	32.1	30.0
17		775-825	8.8	27.0	39.2	25.0
18		825-840	7.9	28.1	40.0	24.0
19		840-915	6.7	27.7	41.6	24.0

Tablo 4.8. SK-4, SK-6 ve SK-7 derinliğe bağlı dane dağılımları

SK-4	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1	A Zonu	0-50	7.1	15.7	47.2	30.0
2		50-96	4.0	23.5	45.6	27.0
3	B1 Zonu	96-150	12.3	9.8	39.0	39.0
4		150-196	9.4	8.7	32.9	49.0
5		196-250	1.2	11.6	35.2	52.0
6	B2 Zonu	250-300	1.1	6.8	41.1	51.0
7		300-348	0.0	18.5	33.5	48.0
8	C Zonu	348-398	2.9	36.0	35.1	26.0
9		398-450	5.7	44.6	31.7	18.0
10		450-500	7.7	40.9	24.4	27.0

SK-6	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1	A Zonu	0-50	9.8	23.0	34.2	33.0
2		50-100	3.7	19.7	41.6	35.0
3		100-147	9.3	13.8	40.9	36.0
4	B1 Zonu	147-240	5.6	25.3	28.1	41.0
5		240-290	0.4	23.9	29.7	46.0
6		290-350	2.2	18.5	25.3	54.0
7		350-390	0.3	26.4	21.3	52.0
8		390-450	1.0	26.1	30.9	42.0
9	B2 Zonu	450-500	0.7	27.8	33.4	38.0
10		500-548	9.3	17.7	43.0	30.0
11		548-590	11.2	22.7	36.1	30.0
12		590-640	9.3	14.0	48.7	28.0
13	C Zonu	640-695	4.1	29.5	40.4	26.0
14		695-736	1.2	44.0	32.8	22.0
15		736-763	0.8	54.2	21.0	24.0
16		763-790	3.0	39.5	35.5	22.0

SK-7	Zonlar	Derinlik (cm)	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %
1	A Zonu	0-45	16.5	18.3	29.2	36.0
2		45-103	11.0	27.8	31.2	30.0
3	B1 Zonu	103-154	13.5	13.9	42.6	30.0
4		154-199	13.5	14.2	30.3	42.0
5		199-250	11.3	21.5	20.3	47.0
6		250-298	11.9	14.6	28.5	45.0
7		298-347	0.2	17.0	40.8	42.0
8	B2 Zonu	347-398	1.0	17.1	40.9	41.0
9		398-450	4.5	10.1	38.4	47.0
10		450-501	0.1	12.7	40.2	47.0
11	C Zonu	501-550	0.1	26.2	33.7	40.0
12		550-630	0.1	34.3	32.6	33.0
13		630-700	0.1	51.3	27.6	21.0
14		700-710	20.5	47.3	17.2	15.0

Regolitik zeminlerin hacim ve kütle-ağırlık parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin her bir sondaj kuyusunda derinlik boyunca değişimi bulunmuştur (Tablo 4.9 ve Tablo 4.10).

Tablo 4.9. SK-1, SK-2 ve SK-4' den alınan örneklerin derinliğe bağlı indeks özellikleri

SK-1	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1		0-50	15.33	62.69	1.25	0.56	2.73
2	A Zonu	50-66	14.14	37.03	1.16	0.54	2.68
3		66-119	15.86	54.45	1.13	0.53	2.83
4		119-157	16.96	53.21	0.88	0.47	2.78
5		157-202	16.20	53.51	1.15	0.54	2.94
6	B1 Zonu	220-270	15.32	71.60	1.32	0.57	2.68
7		270-320	14.59	69.19	1.50	0.60	2.68
8		310-372	13.16	49.74	1.56	0.61	2.66
9		372-416	13.31	55.25	1.88	0.65	2.87
10	B2 Zonu	416-463	13.01	65.72	2.25	0.69	2.83
11		463-516	13.95	69.91	1.81	0.64	2.73
12		516-564	12.92	62.60	2.00	0.67	2.70
13		564-620	12.80	62.92	2.06	0.67	2.70
14		620-665	14.65	69.89	1.56	0.61	2.73
15		665-715	13.04	66.05	2.04	0.67	2.69
16	C Zonu	715-760	13.06	65.55	1.71	0.63	2.49
17		760-807	14.53	74.71	1.29	0.56	2.43
18		807-880	14.53	61.60	1.51	0.60	2.79
19		880-930	14.55	47.19	1.30	0.56	2.80

SK-2	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1		0-50	16.85	60.84	0.83	0.45	2.64
2	A Zonu	50-114	14.81	49.22	0.96	0.49	2.48
3		114-168	12.41	50.24	1.94	0.66	2.74
4		168-218	14.20	69.83	1.62	0.62	2.66
5	B1 Zonu	218-265	15.40	66.50	1.18	0.54	2.64
6		265-314	15.08	64.40	1.27	0.56	2.68
7		314-356	12.29	70.50	2.54	0.72	2.64
8		356-418	12.65	70.95	2.34	0.70	2.65
9	B2 Zonu	418-470	15.04	69.77	1.37	0.58	2.68
10		470-500	13.15	56.90	1.87	0.65	2.78
11		500-545	13.18	56.07	1.67	0.63	2.65
12		545-575	14.18	55.84	1.50	0.60	2.78
13	C Zonu	575-625	12.37	64.88	2.34	0.70	2.69
14		625-675	17.26	91.31	1.26	0.56	2.83
15		675-720	13.17	71.45	2.48	0.71	2.90

SK-4	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1		0-50	15.71	63.91	1.19	0.54	2.75
2	A Zonu	50-96	15.04	71.78	1.11	0.53	2.44
3		96-150	14.72	64.55	1.26	0.56	2.58
4	B1 Zonu	150-196	12.96	40.34	1.25	0.56	2.47
5		196-250	13.74	64.87	1.31	0.57	2.38
6	B2 Zonu	250-300	12.33	51.48	1.82	0.65	2.60
7		300-348	12.84	59.77	1.84	0.65	2.62
8		348-398	13.16	65.07	1.59	0.61	2.44
9	C Zonu	398-450	12.50	59.76	1.90	0.66	2.56
10		450-500	11.91	52.73	2.12	0.68	2.67

Tablo 4.10. SK-3, SK-6 ve SK-7'den alınan örneklerin derinliğe bağlı özellikleri

SK-3	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1	A Zonu	0-50	15.71	57.19	1.15	0.53	2.78
2		50-110	15.40	60.18	1.12	0.53	2.65
3	B1 Zonu	110-160	14.28	69.54	1.49	0.60	2.59
4		160-210	12.64	63.95	1.97	0.66	2.57
5		210-260	12.26	63.28	2.28	0.70	2.66
6		260-314	12.72	67.84	2.20	0.69	2.66
7	B2 Zonu	314-365	13.42	65.96	1.80	0.64	2.64
8		365-414	13.62	64.98	1.79	0.64	2.71
9		414-466	13.76	64.37	1.65	0.62	2.66
10		466-505	12.07	58.47	2.19	0.69	2.64
11		505-555	10.61	54.88	2.92	0.74	2.64
12		555-605	13.98	70.09	1.67	0.63	2.63
13	C Zonu	605-655	11.81	43.21	1.80	0.64	2.59
14		655-708	10.90	40.35	2.21	0.69	2.68
15		708-725	10.63	38.44	2.32	0.70	2.70
16		725-775	11.35	41.33	2.05	0.67	2.68
17		775-825	12.26	42.36	1.73	0.63	2.68
18		825-840	11.81	44.66	1.97	0.66	2.70
19		840-915	10.90	41.89	2.42	0.71	2.78

SK-6	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1	A Zonu	0-50	13.90	39.61	1.28	0.56	2.72
2		50-100	15.15	49.31	0.98	0.49	2.57
3		100-147	14.58	48.25	1.12	0.53	2.61
4	B1 Zonu	147-240	13.18	57.54	1.56	0.61	2.54
5		240-290	14.54	61.10	1.21	0.55	2.53
6		290-350	12.72	51.83	1.67	0.63	2.59
7		350-390	10.65	41.69	2.23	0.69	2.58
8	B2 Zonu	390-450	12.91	65.80	1.83	0.65	2.52
9		450-500	12.22	58.51	2.09	0.68	2.62
10		500-548	13.60	58.07	1.56	0.61	2.64
11		548-590	12.81	69.62	2.24	0.69	2.67
12	C Zonu	590-640	12.26	63.99	2.13	0.68	2.55
13		640-695	14.05	58.70	1.36	0.58	2.58
14		695-736	13.23	83.99	1.58	0.61	2.15
15		736-763	13.64	67.86	1.06	0.52	2.15
16		763-790	15.35	84.75	0.92	0.48	2.22

SK-7	Zonlar	Derinlik (cm)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	e	n	Gs
1	A Zonu	0-45	14.32	37.61	1.16	0.54	2.71
2		45-103	15.44	59.16	1.14	0.53	2.69
3	B1 Zonu	103-154	16.49	54.60	0.84	0.46	2.64
4		154-199	14.70	51.76	0.78	0.44	2.26
5		199-250	13.83	37.80	1.24	0.55	2.68
6		250-298	15.12	62.60	1.05	0.51	2.50
7	B2 Zonu	298-347	11.17	43.17	1.89	0.65	2.48
8		347-398	13.08	75.39	1.93	0.66	2.45
9		398-450	11.87	63.92	2.36	0.70	2.56
10		450-501	12.39	75.00	2.26	0.69	2.42
11	C Zonu	501-550	12.22	67.71	2.54	0.72	2.69
12		550-630	11.68	66.56	2.03	0.67	2.25
13		630-700	12.63	65.62	1.54	0.61	2.26
14		700-710	14.65	87.86	1.17	0.54	2.21

Elde edilen sonuçlar neticesinde bir genelleme yapmak gerekirse ince tane oranının B zonunda, kaba tane oranının C zonunda ve birim hacim ağırlık değerinin B zonunda artış gösterdiği anlaşılmaktadır.

#### 4.4.2.Regolitik Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Derinlikle Değişimi

Kıvam limitleri, ince daneli zeminleri tanımlamak için kullanılan en önemli parametrelerden biridir. İnce daneli zeminlere ait birçok özellik bu parametrelere bağlanarak ifade edilmektedir.

Çalışma konusu regolitik zeminlerde yapılan likit limit ve plastik limit deney sonuçlarına göre zeminlerin derinlik boyunca plastik özellikleri Tablo 4.11, Tablo 4.12 ve Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4. 11. SK-1 ve SK-4 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri

SK-1	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	Ic	Ac
1	A Zonu	0-50	45.9	28.5	17.4	0.0	1.0	0.7
2		50-66	46.7	27.7	19.0	-0.6	1.6	0.5
3		66-119	45.0	25.8	19.2	-0.2	1.2	0.6
4	B1 Zonu	119-157	49.2	31.5	17.7	-0.8	1.8	0.6
5		157-202	51.3	39.1	12.2	-1.5	2.5	0.4
6		220-270	57.0	39.1	17.9	-0.2	1.2	0.5
7		270-320	53.7	39.5	14.2	-0.1	1.1	0.3
8	B2 Zonu	310-372	58.9	40.3	18.6	-0.6	1.6	0.3
9		372-416	49.6	33.3	16.3	0.2	0.8	0.3
10		416-463	46.4	30.2	16.2	1.4	-0.4	0.3
11		463-516	45.8	30.2	15.6	1.0	0.0	0.4
12		516-564	49.0	30.1	18.9	0.9	0.1	0.6
13	C Zonu	564-620	49.1	30.9	18.2	0.9	0.1	0.7
14		620-665	50.0	32.1	17.9	0.4	0.6	1.2
15		665-715	50.1	32.1	18.0	1.0	0.0	0.9
16		715-760	48.5	32.6	15.9	0.8	0.2	0.7
17		760-807	44.8	37.3	7.5	0.3	0.7	0.4
18		807-880	43.4	33.8	9.6	0.0	1.0	1.2
19		880-930	38.4	28.5	9.9	-0.7	1.7	0.6

SK-4	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	Ic	Ac
1	A Zonu	0-50	46.4	36.9	9.5	-1.0	2.0	0.3
2		50-96	47.0	37.4	9.6	-0.5	1.5	0.4
3	B1 Zonu	96-150	46.7	35.7	11.0	-0.4	1.4	0.3
4		150-196	59.3	40.6	18.7	-1.1	2.1	0.4
5	B2 Zonu	196-250	57.7	42.2	15.5	-0.4	1.4	0.3
6		250-300	62.3	44.2	18.1	-0.5	1.5	0.4
7	C Zonu	300-348	53.3	40.5	12.8	0.1	0.9	0.3
8		348-398	44.4	38.2	6.2	0.7	0.3	0.2
9		398-450	53.2	36.4	16.8	0.5	0.5	0.9
10		450-500	45.4	37.4	8.0	0.6	0.4	0.3

Tablo 4.12. SK-2, SK-3 ve SK-6 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri

SK-2	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	Ic	Ac
1	A Zonu	0-50	36.80	29.33	7.47	-1.4	2.4	0.2
2		50-114	38.80	29.89	8.91	-1.2	2.2	0.3
3	B1 Zonu	114-168	37.80	29.27	8.53	1.6	1.6	0.3
4		168-218	42.10	34.70	7.40	1.1	-0.1	0.2
5		218-265	45.80	35.58	10.22	-0.6	1.6	0.2
6		265-314	53.40	36.59	16.81	-0.4	1.4	0.3
7		314-356	54.80	37.07	17.73	1.7	-0.7	0.4
8	B2 Zonu	356-418	56.50	37.07	19.43	1.3	-0.3	0.5
9		418-470	50.50	37.54	12.96	-0.1	1.1	0.3
10		470-500	47.10	36.36	10.74	0.2	0.8	0.3
11		500-545	46.40	33.92	12.48	0.1	0.9	0.4
12	C Zonu	545-575	34.40	27.22	7.18	0.4	0.6	0.3
13		575-625	41.80	35.70	6.10	3.4	-2.4	0.2
14		625-675	45.40	30.74	14.66	0.7	0.3	0.6
15		675-720	38.40	28.77	9.63	3.4	-2.4	0.3

SK-3	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	Ic	Ac
1	A Zonu	0-50	34.7	26.3	8.4	-0.3	1.3	0.2
2		50-110	44.9	28.2	16.7	-0.2	1.2	0.5
3	B1 Zonu	110-160	44.8	30.3	14.5	0.7	0.3	0.4
4		160-210	58.8	41.7	17.1	0.4	0.6	0.4
5		210-260	60.0	41.8	18.2	0.7	0.3	0.4
6		260-314	60.9	42.3	18.6	0.7	0.3	0.4
7	B2 Zonu	314-365	61.1	44.0	17.1	0.1	0.9	0.4
8		365-414	56.4	41.6	14.8	0.1	0.9	0.3
9		414-466	56.1	41.0	15.1	-0.1	1.1	0.3
10		466-505	58.7	40.9	17.8	0.4	0.6	0.3
11		505-555	48.0	36.8	11.2	2.1	-1.1	0.2
12		555-605	43.4	30.3	13.1	1.1	-0.1	0.3
13	C Zonu	605-655	42.1	32.8	9.3	-0.3	1.3	0.3
14		655-708	40.5	30.5	10.0	0.3	0.7	0.3
15		708-725	42.0	35.0	7.0	-0.3	1.3	0.2
16		725-775	46.2	32.6	13.6	-0.1	1.1	0.5
17		775-825	46.8	30.7	16.1	-0.2	1.2	0.6
18		825-840	46.0	35.1	10.9	-0.2	1.2	0.5
19		840-915	36.0	20.0	16.0	1.0	0.0	0.7

SK-6	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	Ic	Ac
1	A Zonu	0-50	34.90	25.88	9.02	-0.8	1.8	0.3
2		50-100	24.80	21.88	2.92	-1.1	2.1	0.1
3		100-147	36.60	22.12	14.48	-0.1	1.1	0.4
4	B1 Zonu	147-240	45.10	30.58	14.52	0.3	0.7	0.4
5		240-290	48.80	37.40	11.40	-0.7	1.7	0.2
6		290-350	46.40	38.25	8.15	-0.6	1.6	0.2
7		350-390	48.50	39.63	8.87	-0.4	1.4	0.2
8		390-450	51.00	39.66	11.34	0.7	0.3	0.3
9	B2 Zonu	450-500	51.00	39.43	11.57	0.6	0.4	0.3
10		500-548	51.10	41.84	9.26	-0.8	1.8	0.3
11		548-590	48.70	36.43	12.27	1.8	-0.8	0.4
12		590-640	45.80	33.79	12.01	1.6	-0.6	0.4
13	C Zonu	640-695	45.60	28.91	16.69	0.1	0.9	0.6
14		695-736	48.40	31.23	17.17	1.8	-0.8	0.8
15		736-763	44.30	29.83	14.47	0.3	0.7	0.6
16		763-790	49.10	31.90	17.20	0.2	0.8	0.8

Tablo 4.13. SK-7 zeminlerinden alınan örneklerin derinlik boyunca plastik özellikleri

SK-7	Zonlar	Derinlik (cm)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	I <sub>L</sub>	I <sub>c</sub>	Ac
1	A Zonu	0-45	42.20	25.25	16.95	-0.5	1.5	0.5
2		45-103	21.90	16.91	4.99	1.6	-0.6	0.2
3		103-154	38.00	20.48	17.52	-0.2	1.2	0.6
4	B1 Zonu	154-199	39.20	23.26	15.94	-0.3	1.3	0.4
5		199-250	45.50	31.44	14.06	-1.0	2.0	0.3
6		250-298	55.30	39.75	15.55	-0.9	1.9	0.3
7		298-347	63.00	46.50	16.50	-0.8	1.8	0.4
8	B2 Zonu	347-398	62.00	42.97	19.03	0.9	0.1	0.5
9		398-450	59.30	40.22	19.08	1.0	0.0	0.4
10		450-501	60.00	45.08	14.92	1.7	-0.7	0.3
11		501-550	53.90	38.29	15.61	1.6	-0.6	0.4
12	C Zonu	550-630	58.20	40.11	18.09	1.1	-0.1	0.5
13		630-700	50.60	36.36	14.24	0.6	0.4	0.7
14		700-710	44.40	33.77	10.63	1.2	-0.2	0.7

Aktivite değeri C zonunda, A ve B zonuna göre yüksektir. Bunun nedeni PI değerinin değişimi çok az iken % kil oranının C zonunda A ve B zonuna göre az olmasıdır.

Kohezyonlu zeminlerin kıvamlılığı, o zeminin dayanımına kabaca bir yaklaşımda bulunulabilmesi açısından oldukça önemli bir özelliktir. Zeminler doğal durumda çeşitli etkilerle farklı su içeriklerinde olurlar. Su içeriğinin plastiste cetvelinin neresinde olduğunun saptanması zeminin bazı özellikleri hakkında bilgi sağlar. Aktivite var olan kilin hangi tür olduğu hakkında dolayısıyla zemindeki olası hacim değişmesi hakkında yararlı bilgi sağlar.

Elde edilen plastik özelliklere göre Tablo 4.14'te ki ince taneli zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001) aşağından yararlanarak Tablo 4.15 oluşturulmuştur.

Tablo 4.14. İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001)

Kıvamlılık İndisi (I <sub>c</sub> )	Sınıflama
<0	Akışkan (Çamur)
0-0.25	Çok yumuşak
0.25-0.50	Yumuşak
0.50-0.75	Yarı Sert (Sıkı)
0.75-1.00	Sert
>1.00	Yarı Katı (Çok Sert)

Elde edilen plastik özelliklere göre Tablo 4.16’da ki ince taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001) abağından yararlanılarak Tablo 4.17 oluşturulmuştur.

Tablo 4.15. Regolitik zeminlerin zonlara göre kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması

<b>Kıvamlılık İndisi (I<sub>c</sub>)</b>						
	A zonu	Sınıflama	B zonu	Sınıflama	C zonu	Sınıflama
SK-1	1-1.6	Çok sert	-0.4-2.5	Akışkan-çok sert	-0.4-1.7	Akışkan-çok sert
SK-2	2.2-2.4	Çok sert	-0.7-1.6	Akışkan-çok sert	-2.4-0.6	Akışkan-sert
SK-3	1.2-1.3	Çok sert	-1.1-1.1	Akışkan-çok sert	0-1.3	Çok yumuşak-çok sert
SK-4	1.5-2	Çok sert	0.9-2.1	Sert-çok sert	0.3-0.5	Yumuşak
SK-6	1.1-2.1	Çok sert	-0.8-1.8	Akışkan-çok sert	-0.8-0.9	Akışkan-sert
SK-7	-0.6-1.5	Çok sert	-0.7-2	Akışkan-çok sert	-0.2-0.4	Akışkan-yumuşak

Tablo 4.16. İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001)

<b>Likitlik İndisi (I<sub>L</sub>)</b>	<b>Sınıflama</b>
<0	Yarı Katı veya Katı
0-1.00	Plastik
>1.00	Likit

Tablo 4.17. Regolitik zeminlerin zonlara göre likitlik indisine göre sınıflandırılması

<b>Likitlik İndisi (I<sub>L</sub>)</b>						
	A zonu	Sınıflama	B zonu	Sınıflama	C zonu	Sınıflama
SK-1	-0.6-0	Yarı katı-Plastik	-1.5-1.4	Yarı katı-Likit	-0.7-1	Yarı katı-Likit
SK-2	-1.2-(-1.4)	Yarı katı	-0.6-1.6	Yarı katı-Likit	0.4-3.4	Plastik-Likit
SK-3	-0.2-(-0.3)	Yarı katı	-0.1-2.1	Yarı katı-Likit	-0.3-1	Yarı katı-Likit
SK-4	-0.5-(-1)	Yarı katı	-1.1-0.1	Yarı katı-Plastik	0.5-0.7	Plastik
SK-6	-1.1-(-0.1)	Yarı katı	-0.8-1.8	Yarı katı-Likit	0.1-1.8	Plastik-Likit
SK-7	-0.5-1.6	Yarı katı-Likit	-1-1.7	Yarı katı-Likit	0.6-1.2	Plastik-Likit

Elde edilen plastik özelliklere göre Tablo 4.18’de ki killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001) abağından yararlanılarak Tablo 4.19 oluşturulmuştur.

Tablo 4.18. Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001)

<b>Aktivite (A<sub>c</sub>)</b>	<b>Sınıflama</b>
<0.75	Aktif olmayan killer
0.75-1.25	Normal killer
>1.25	Aktif killer



Tablo 4.19. Regolitik zeminlerin zonlara göre aktivite değerine göre sınıflandırılması

Aktivite (Ac)						
	A zonu	Sınıflama	B zonu	Sınıflama	C zonu	Sınıflama
SK-1	0.5-0.7	Aktif olmayan killer	0.3-0.6	Aktif olmayan killer	0.4-1.2	Aktif olmayan killer-Normal killer
SK-2	0.2-0.3	Aktif olmayan killer	0.2-0.5	Aktif olmayan killer	0.2-0.6	Aktif olmayan killer
SK-3	0.2-0.5	Aktif olmayan killer	0.2-0.4	Aktif olmayan killer	0.2-0.7	Aktif olmayan killer
SK-4	0.3-0.4	Aktif olmayan killer	0.3-0.4	Aktif olmayan killer	0.2-0.9	Normal killer
SK-6	0.1-0.4	Aktif olmayan killer	0.2-0.4	Aktif olmayan killer	0.6-0.8	Aktif olmayan killer-Normal killer
SK-7	0.2-0.5	Aktif olmayan killer	0.3-0.6	Aktif olmayan killer	0.5-0.7	Aktif olmayan killer

#### 4.4.3. Regolitik Zeminlerin Dayanım Özelliklerinin Derinlikle Değişimi

Kayma mukavemeti, zeminin kırılmadan dayanabileceği ve karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesidir. Zeminin kayma mukavemeti kohezyon ve içsel sürtünme açısıyla belirlenir. Regolitik zeminlerin kayma dayanımı parametreleri konsolidasyonsuz-drenajsız kesme kutusu deneyi ile belirlenmiştir. Tablo 4.20 ve Tablo 4.21’de her bir sondaja ait derinlik boyunca kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri yer almaktadır.

Yapılan kesme kutusu deney sonuçlarına göre elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerinin her bir kuyu için derinliğe göre değişim grafiği Şekil 4.18’de yer almaktadır. Kohezyon değerinin derinlikle değişimi incelendiğinde A zonundan B zonuna doğru artan, B zonundan C zonuna doğru azalan bir grafik sergilemektedir.

Ancak içsel sürtünme açısının derinlikle değişimine bakıldığında ise A zonundan B zonuna doğru azalan, B ve C zonu içerisinde artış ve azalışlar gösteren bir grafik göstermektedir.

Regolitik zemin profilinde kohezyonun ve kil oranının derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda az, B zonunda yüksek ve C zonuna doğru azalarak sabit şekilde kalması, kil oranının artmasıyla kohezyon değerinin arttığını göstermektedir. Bu durum da kil oranının kohezyon ile doğru orantılı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.20. SK-1, SK-2 ve SK-4'den alınan örneklerin derinlik boyunca kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri

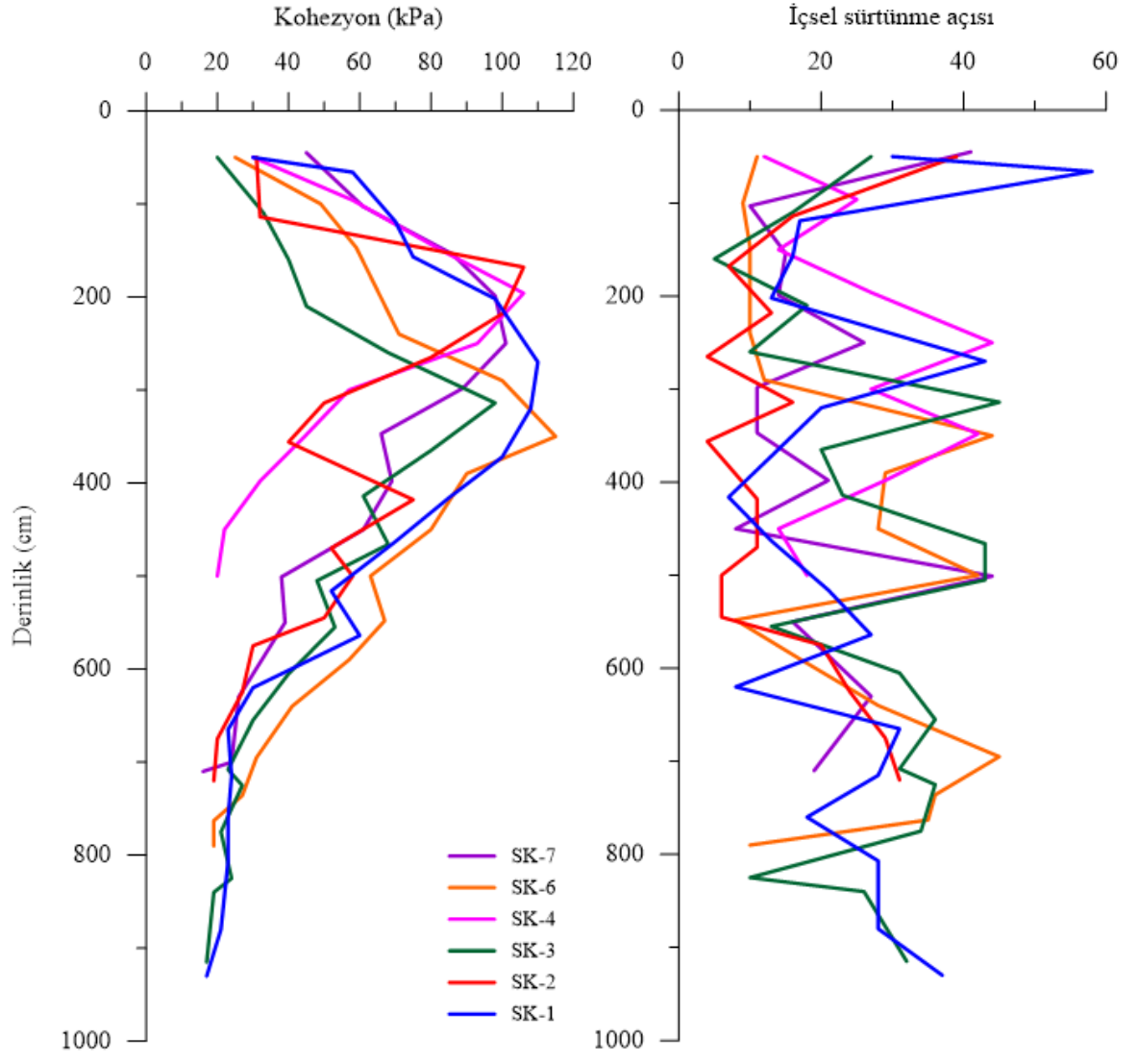
SK-1	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-50		30	30
2	50-66	A Zonu	58	58
3	66-119		70	17
4	119-157		75	16
5	157-220		98	13
6	220-270	B1 Zonu	110	43
7	270-310		108	20
8	310-372		100	13
9	372-416		85	7
10	416-463	B2 Zonu	70	13
11	463-516		52	21
12	516-564		60	27
13	564-620		30	8
14	620-665		23	31
15	665-715		24	28
16	715-760	C Zonu	23	18
17	760-807		23	28
18	807-880		21	28
19	880-930		17	37

SK-2	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-50		31	39
2	50-114	A Zonu	32	16
3	114-168		106	7
4	168-218		100	13
5	218-265	B1 Zonu	80	4
6	265-314		50	16
7	314-356		40	4
8	356-418		75	11
9	418-470		52	11
10	470-500	B2 Zonu	58	6
11	500-545		50	6
12	545-575		30	20
13	575-625		27	24
14	625-675	C Zonu	20	29
15	675-720		19	31

SK-4	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-50		30	12
2	50-96	A Zonu	58	25
3	96-150		83	14
4	150-196	B1 Zonu	106	27
5	196-250		93	44
6	250-300		57	27
7	300-348	B2 Zonu	45	42
8	348-398		32	29
9	398-450	C Zonu	22	14
10	450-500		20	18

Tablo 4.21. SK-3, SK-6 ve SK-7'den alınan örneklerin derinlik boyunca kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri

SK-3	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-50	A Zonu	20	27
2	50-110		33	16
3	110-160	B1 Zonu	40	5
4	160-210		45	18
5	210-260		68	10
6	260-314		98	45
7	314-365	B2 Zonu	80	20
8	365-414		61	23
9	414-466		68	43
10	466-505		48	43
11	505-555		53	13
12	555-605		40	31
13	605-655	C Zonu	30	36
14	655-708		23	31
15	708-725		27	36
16	725-775		21	34
17	775-825		14	10
18	825-840		19	26
19	840-915		17	32
SK-6	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-50	A Zonu	25	11
2	50-100		49	9
3	100-147	B1 Zonu	59	10
4	147-240		71	10
5	240-290		100	12
6	290-350		115	44
7	350-390	B2 Zonu	90	29
8	390-450		80	28
9	450-500		63	42
10	500-548		67	8
11	548-590	C Zonu	57	17
12	590-640		41	28
13	640-695		31	45
14	695-736		27	36
15	736-763	C Zonu	19	35
16	763-790		19	10
SK-7	Derinlik (cm)	Toprak Profili	Kohezyon (c, kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\phi$ , °)
1	0-45	A Zonu	45	41
2	45-103		61	10
3	103-154	B1 Zonu	86	15
4	154-199		98	14
5	199-250		101	26
6	250-298		89	11
7	298-347	B2 Zonu	66	11
8	347-398		69	21
9	398-450		61	8
10	450-501		38	44
11	501-550	C Zonu	39	16
12	550-630		26	27
13	630-700		24	20
14	700-710		16	19



Şekil 4.18. Kohezyon ve içsel sürtünme açısının derinlik boyunca her bir kuyudaki değişimi

## 5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı-temel-zemin etkileşimi ile ilgili projelerin hemen hemen tümünde, yerinde oluşmuş regolitik zeminlerin homojen olduğu kabul edilmekte ve ayrışma derecesinin derinlikle değişimi ihmal edilmektedir. Bu tür kalıntı zeminlerde uygulanan inşaat projelerinde, taşıma gücü, oturma ve stabilite analizlerinde kullanılan zemin parametreleri sabit tutulmakta ve bu ihmal bazı durumlarda yapılarda onarımı güç hasarlar meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında, Trabzon ili ve çevresinde geniş yayılımlar gösteren Eosen sonrası volkanik kayaların yerinde ayrışması ile oluşmuş regolitik zeminlerin yanal ve düşey yöndeki fiziko-mekanik özellikleri, (1) yerinde arazi ve laboratuvar deneyleri ile belirlenmiş, (2) ayrışma derinliği ve derecesinin dolayısı ile jeokimyasal özelliklerin fiziko-mekanik özellikler üzerindeki etkisi araştırılmış, (3) fiziko-mekanik özelliklerdeki değişime göre derinliğe bağlı regolitik zemin profili ortaya çıkarılmış, (4) bu tür zeminlerin homojen olarak kabul edildiği, geleneksel metodların yetersizliğini test edilerek bilimsel literatüre katkı sağlanmış ve (5) sonuç olarak il çevresinde son yıllarda baraj, gölet ve karayolu gibi büyük çaplı mühendislik projeleri için saha karakterizasyonu ve tanımlanmasına yönelik örnek ve öncülük teşkil edecek bir araştırma yapılmıştır.

Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Trabzon ili merkez Ortahisar ilçesi sınırları içerisinde bulunmakta ve 1/25.000 ölçekli Trabzon G43b1 paftasında yer almaktadır.

Çalışma alanında yerinde oluşmuş regolitik zeminler Eosen-Neojen yaşlı volkanik kayaların ayrışması ile oluşan zeminlerdir. Sedimanter arakatkılı andezit, bazalt, trakibazalt ve piroklastitlerden oluşan birim Kabaköy Formasyonu içerisinde yer almaktadır.

Anakayanın ayrışması sonucu oluşan regolitik zeminler de fiziksel ve kimyasal ayrışmanın önemi büyüktür. Buna bağlı olarak Peltier ve Wu (1982) abağı kullanılarak Trabzon ve Giresun da orta derecede kimyasal ayrışma, Rize de güçlü kimyasal ayrışma olduğu, Rize ve Giresun da zayıf fiziksel ayrışma görülürken, Trabzon da yok veya önemsiz fiziksel ayrışma olduğu görülmektedir.

Regolit terimi ilk olarak Merrill (1897) tarafından tanımlanmış ve Eggleton (2001) tarafından yenilenerek, kırıklı ve ayrışmış kaya kütleleri, ana kaya blokları içeren saprolitler,

zayıf çimentolu volkanik kayalar ve tüfler, alüvyonlar ve yamaç molozları gibi ayrışma, erozyon, taşınma, depolanma süreçlerinin biri veya birkaçı sonucunda oluşan ve yerli kaya üzerinde depolanan örtü malzemeleri bu tanım içine dahil edilmiştir. Dolayısıyla jeolojik olarak sağlam kaya ile hava arasında bulunan her türlü ortam regolit olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu çalışma alanında ise Eosen sonrası bazı volkanik kayaların ayrışması ile yerinde oluşmuş (taşınma yok) regolitik zeminler mevcuttur. Bu zeminler, yüzeyden itibaren ana kayaya kadar fiziksel ve jeokimyasal olarak farklı özellik sunan belirgin zonlara ayrılır. Bu zonların kalınlığı bölgenin topografik, jeolojik ve iklim özelliklerine göre değişiklik gösterir.

Çalışmanın ilk aşamasında regolitik zemin kalınlığının 5 metreden fazla olduğu alanlar sismik kırılma yöntemlerinden MASW yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bunun neticesinde belirlenen çalışma alanında 6 hat boyunca sismik, 6 adet sondaj ve 6 adet CPT deneyi yapılmıştır. Çalışma alanlarında sondajlar susuz ve sadece baskı yöntemiyle uygulanmış, her 50 cm'de bir 86 mm çaplı 60 cm uzunluğunda özel karotiyerler kullanılarak örselenmemiş örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin mineralojik, jeokimyasal ve mühendislik özellikleri yerinde ve laboratuvar ortamında yapılan deneyler ile belirlenmiştir. Zemin profilindeki kil türünün belirlenmesi için XRD yöntemi kullanılmış, tüm kayalar analizleri yardımıyla element içeriği (Zeminler için 93 adet tüm kayalar analizi, anakaya örneği için 2 adet tüm kayalar analizi yapılmıştır) belirlenmiş, dane boyutu dağılımı, kıvam limitleri, su içeriği, birim hacim ağırlık (93 adet zemin örneği için elek analizi deneyi, hidrometre deneyi, birim hacim ağırlık deneyi yapılmış, kıvam limitlerini bulmak için plastik limit deneyinden 279 adet, düşen koni yöntemi için 440 adet) deneyleri yapılmış, kayma direnci parametreleri (93 adet örselenmemiş örnek üzerinde toplamda 330 adet kesme kutusu deneyi) bulunmuş ve aynı lokasyonlarda koni(k) penetrasyon deneyi uygulanarak konik uç direnci ve sürtünme oranı bulunmuştur.

Sismik kırılma yöntemlerinden Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi (MASW) uygulanmış, elde edilen enine dalga hızı derinlik modelinden tahmini anakaya derinliği her bir sismik hattı için sırasıyla 11 m, 12.5 m, 12.5 m, 7 m, 9 m ve 11 m olarak bulunmuştur. Aynı zaman da derinlik boyunca oluşan dalga hızı değişimlerinden yararlanarak ta regolitik zemin profili yaklaşık olarak zonlara ayrılmıştır. Sismik analiz sonucunda  $V_{s30}$  404.0 m/sn ile 583.6 m/sn arasında değişmekte ve  $V_{s30}$  zemin sınıflama sistemine göre yoğun toprak yumuşak kaya olarak adlandırılmaktadır.

Yapılan sondajlar sonucunda anakaya derinliği sırasıyla 9.30 m, 7.20 m, 9.15 m, 5.00 m, 7.90 m ve 7.10 m olarak bulunmuştur. Sondajlardan her 50 cm'de bir alınan örselenmemiş örnekler üzerinde kesme kutusu deneyi, birim hacim ağırlık deneyi ve örselenmiş örnekler üzerinde ıslak elek analizi, hidrometre deneyi, kıvam limitleri deneyleri, ve özgül ağırlık deneyi gibi laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Ayrıca bu örnekler tüm kayaç analizi ve XRD analizi için laboratuvarlara gönderilmiştir.

Sismik kırılma yöntemi ve sondaj yoluyla belirlenen anakaya derinlikleri arasındaki fark regolitik zeminlerin tabanında yer alan saprolitler sismik ölçümlerde zemin gibi görmesi, sondajlar da ise bloklu kesime geçildiği için sondajın bitirilmesidir.

İnceleme alanındaki zeminlerde derinlik boyunca alınan örnekler ve anakayadan alınan örnekler üzerinde tüm kayaç analizi yapılmış ve yapılan analiz sonuçları ( $\text{SiO}_2$ -derinlik değişimi,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -derinlik değişimi ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -derinlik değişimi) ile bir regolitik zemin profiline ait sonuçlar kıyaslandığında benzer özellik gösterdiği ve çalışma konusu zeminlerin jeokimyasal olarak regolitik zemin olduğu kesinlik kazanmıştır. Bunun neticesinde tüm kayaç analizi sonuçlarına dayanarak zemin profili derinlik boyunca jeokimyasal olarak zonlara ayrılmıştır.

$\text{SiO}_2$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda yüksek, B zonunda azalan bir değişim gösterirken C zonunda sabit olarak ilerlemektedir.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda az, B zonunda artan bir değişim gösterirken C zonunda azalarak anakaya geçişine kadar sabit kalmaktadır. B zonunda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'in yüksek değer göstermesi kimyasal ayrışmanın göstergesidir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'nin derinlikle değişimine bakıldığında ise, A zonunda az, B zonunda artan bir değişim gösterirken C zonunda artarak anakaya geçişine kadar sabit kalmaktadır.

XRD analizi sonucuna göre zemin örneklerinin İllit-Mika türü kil grubunda olduğu sonucuna varılmıştır.

Mühendislik çalışmalarında önemli bir yer tutan yerinde arazi deneylerin den Konik penetrasyon deneyi zeminin derinlik boyunca özelliklerinin belirlenmesi için oldukça kullanışlıdır. Koni penetrasyon deney sonuçlarına göre ( $Q_{tn}$  ve  $F_r$ ) regolitik zeminler zonlara ayrılarak Robertson, 1990'a göre sınıflandırılmış ve buna göre A zonunda ki veriler genellikle 3-4 numaralı alanlara, B zonunda ki veriler genel olarak 3-4-5-8-9 numaralı alanlara ve C zonunda ki veriler de genel olarak 3-4-5-6-8-9 numaralı alanlara düşmektedir.

Robertson 1986 zemin sınıflama abağına göre çalışma alanındaki regolitik zemin türü Kil olarak belirlenmiştir. Robertson 1990 zemin davranış türüne göre de zeminlerin

derinlik boyunca Killer (kil-siltli kil), Siltli karışımlar (killi silt-siltli kil), Kumlu karışımlar (siltli kum-kumlu silt), Kumlar (temiz kum-siltli kum), Çok sıkı kum-killi kum ve Çok sert ince daneli zemin olarak davrandığı görülmektedir.

CPT deneyi sonucunda Eslami ve Fellenius (1997) tarafından oluşturulan abağa yerleştirilen veriler (efektif koni direnci ve sürtünme oranı) sonucunda A zonu genel olarak Kil-silt, Siltli kil, Killi silt ve Siltli kum, B zonu genel olarak Kil-silt, Siltli kil, Killi silt ve Siltli kum ve C zonu Killi silt, Siltli kil ve Siltli kum olduğu görülmektedir.

CPT deneyi sonucunda elde edilen veriler ( $Q_t(1-B)+1$  ve sürtünme oranı) Jefferies ve Been (2006) tarafından oluşturulan abağa yerleştirildiğinde A zonu genel olarak Killi-silt, Siltli kil, Siltli kum-Kumlu silt, B zonu genel olarak Killi-silt, Siltli kil ve C zonu Killi silt ve Siltli kil olduğu görülmektedir.

Zeminlerin dane dağılımındaki değişimlerinin incelenmesi için ıslak elek analizi ve hidrometre deneyi yapılmış, alınan sonuçlar birleştirilerek granülometri eğrisi çizilmiş ve her bir sondaj kuyusu için derinlik boyunca dane dağılım yüzdeleri (%) bulunmuştur. Buna göre derinlik boyunca % çakıl oranı A zonunda ve C zonunda yüksek iken B zonunda azdır, % kum oranı A zonunda az, B zonundan C zonuna doğru artmaktadır, % silt oranı A zonundan B zonuna doğru azalmakta iken % kil oranı A ve C zonunda az, B zonunda yüksek değerlere sahiptir.

Regolitik zeminlerin hacim ve kütle-ağırlık parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler sonucunda her bir sondaj kuyusu için elde edilen veriler değerlendirilmiş, birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, özgül ağırlık ve doyumluk dereceleri hesaplanmıştır. Ancak alınan sonuçlar neticesinde değerlerin her bir zon içerisinde artış ve azalış gösterdiği regolitik zeminlerin özelliklerini belirlemede etkili olmayacağı kanısına varılmıştır.

Çalışılan zeminler de likit limit ve plastik limit deneyleri yapılmış, her biri için derinlik boyuna tablolar oluşturulmuştur. Likit limit, plastik limit ve plastisite indeksi değerlerinden yararlanarak kıvamlılık indisi, likitlik indisi ve aktivite değeri hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak A zonundaki zeminlerin çok sert, B ve C zonundaki zeminlerin akışkan–çok sert olduğu görülmektedir. Likitlik indisine göre A zonunda yarı katı- plastik, B zonunda yarı katı-likit ve C zonunda yarı katı-likit olduğu bulunmuştur. Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılmasında A ve B zonunda aktif olmayan killer, C zonunda ise aktif olmayan killer-normal killer olduğu tespit edilmiştir.



Regolitik zeminlerin dayanım özelliklerinin derinlikle değişimini incelemek için sondajlardan alınan örselenmemiş örneklerde konsolidasyonsuz-drenajsız direkt kesme kutusu deneyi yapılmış ve dayanım parametreleri (içsel sürtünme açısı ve kohezyon) bulunmuştur. Her bir sondaj kuyusunda derinlik boyunca elde edilen kohezyon değerinin derinlikle değişimi incelendiğinde A zonundan B zonuna doğru artan, B zonundan C zonuna doğru azalan bir grafik sergilemektedir. Ancak içsel sürtünme açısının derinlikle değişimine bakıldığında ise A zonundan B zonuna doğru azalan, B ve C zonu içerisinde artış ve azalışlar gösteren bir grafik göstermektedir.

Regolitik zemin profilinde kohezyonun ve kil oranının derinlikle değişimine bakıldığında A zonunda az B zonunda yüksek ve C zonuna doğru azalarak sabit şekilde kalması, kil oranının artmasıyla kohezyon değerinin arttığını göstermektedir. Bu durum da kil oranının kohezyon ile doğru orantılı olduğu söylenebilir.

Yapılan birçok çalışmada kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri arasında bir ilişki oluşturulmuştur. Bu ilişkiler çoğunlukla ya killi zeminler (Aas vd., 1986; Lunne ve Kleven, 1981; Bjerrum, 1972; Lunne, 1976; Bowles, 1996) için ya da kumlu zeminler (Robertson ve Campanelle, 1983; Schmertman, 1978; Kleven vd., 1986; Kulhawy ve Mayne, 1990; Mitchell ve Keaveny, 1986; Durgunoğlu ve Mitchell, 1975; Janbu ve Senneset, 1974) için uygulanmaktadır. Ancak bir karışım profili olan regolitik zeminler için böyle bir çalışma yoktur. Derinlik boyunca özellikleri değişen regolitik zeminlerin indeks ve dayanım özellikleri arasında istatistiksel ilişkilerle sonuca gitmek yanıltıcı olabilir. Çalışma da toplamda 93 adet kesme kutusu deneyi (her bir örnek için 93\*3), 93 adet likit limit deneyi (her bir örnek için 93\*4), 93 adet plastik limit deneyi (her bir örnek için 93\*3), 93 adet ıslak elek analizi, 93 adet hidrometre deneyi ve derinlik boyunca da konik penetrasyon deneyi yapılmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler yakalanmış ancak T-testi ile yapılan ortalamaların ilişkili olmadığı görülmüştür. Bu sebeple maksimum ve minimum değerlerden faydalanarak (Tablo 5.1) basit kullanışlı bir tablo önerilmektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.1. Regolitik zeminlere ait özelliklerin zonlara göre mak., min. ve ort. değerleri

		Kohezyon (c, kPa)	İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ , °)	Kaba tane ortalaması	İnce tane ortalaması	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Koni uç direnci (qt, kPa)	Sürtünme oranı (fs, Mpa)
A zonu	mak	70	54	39	79	47	37	19	8,59	7,63
	min.	29	8	21	61	22	17	3	1,23	4,12
	ort.	44	24	28	72	39	27	12	3,02	5,52
B zonu	mak	115	45	34	92	63	46	19	14,53	9,71
	min.	38	4	8	66	38	20	7	1,10	1,50
	ort.	72	22	23	77	52	37	15	4,31	5,57
C zonu	mak	30	42	73	72	58	40	18	23,70	7,91
	min.	16	18	28	27	34	20	6	0,99	3,20
	ort.	23	30	43	57	45	33	13	9,19	5,63

Tablo 5.2. Farklı zonlar için zemin özelliklerine bağlı ayırt edici değerler

Kohezyon(c, kPa)	$c < 30$	C zonu
	$30 < c < 70$	A-B zonu
	$c > 70$	B zonu
İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ , °)	$\phi > 30$	C zonu
	$\phi < 30$	A-B zonu
Kaba tane (Çakıl+Kum) (%)	Kaba tane $> 35$	C zonu
	$24 < \text{Kaba tane} < 35$	A-B zonu
	Kaba tane $< 24$	B zonu
İnce tane (Silt+Kil) (%)	İnce tane $< 65$	C zonu
	$65 < \text{İnce tane} < 75$	A-B zonu
	İnce tane $> 75$	B zonu
Likit limit (%)	LL $> 45$	B zonu

Bu tablo, proje öncesi yapılacak değerlendirmelerde zemin hakkında fikir sahibi olmak açısından son derece basit ve kullanışlıdır. Verilen değerle, proje öncesi yapılan deneylerden elde edilen veriler karşılaştırılarak, örneğin hangi zondan alındığını tespit etmek ve diğer zonların özelliklerini kolayca tahmin etme mümkün olabilecektir.

## 6.KAYNAKLAR

- Aas, G., Lacasse, S., Lunne, I. and Hoeg, K., 1986. Use of In situ Tests for Foundation Design in Clay, Proceedings, In Situ 86, American Society of Civil Engineers, 30.
- Akçay M., 2002. Jeokimya: Temel Kavramlar Ve Uygulamaya Aktarımları. KTÜ Matbaası, KTÜ Matbaası, Trabzon, 368.
- Akgün, A. ve Bulut, F., 2001. Engineering geology of the Arsin-Trabzon section of Trabzon South Expressway possible route, Fouth International Turkish Geology Symposium.
- Akgün, A., Dağ, S. and Bulut, F., 2007. Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Findikli, NE of Turkey) by likelihood-frequency ratio and weighted linear combination models. Environmental Geology.
- Akkaya, A. B., 2011. Bir Mikrotünel Makinesinin Farklı Jeolojik Ortamlarda Kazı Performansının Araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. and Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the eastern Pontide volcanic rocks, northeast Turkey, Chemie Der Erde-Geochemistry, 57, 157-187.
- Arslan, M., Temizel, İ. and Abdioğlu, E., 2002. Subduction input versus source enrichment and role of crustal thickening in the generation of Tertiary magmatic in the Pontid Paleo-Arc setting, NE Turkey, Workshop-Short Course on Volcanic Systems, Geochemical and Geophysical Monitoring, Melt inclusions: Methods, applications and problems, Napoli, Italya, Eylül, Bildiriler kitabı, 13-16.
- Arslan, M., Kadir, S., Abdioğlu, E. ve Kolaylı, H., 2006. Origin and formation of kaolin minerals in saprolite of Tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey, 41, 597-617.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztug, D., et al., 2013. Ar-40-Ar-39 dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113-142.
- ASTM D2487-83, 1985. Classification of Soils for Engineering Purposes (Withdrawn 1985), ASTM International, West Conshohocken, PA, 1985, www.astm.org.
- ASTM D3080 / D3080M-11, 2011. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.

- ASTM D3441-05, 2005. Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil (Withdrawn 2014), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM D422-63, 1994. Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 4.08, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D4318-17e1, 2017. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM D4718 / D4718M-15, 2015. Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM D698-12e2, 2012. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>)), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM D854-14, 2014. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- Aydın, F., Karslı, O. and Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos*, 104, 249–266.
- Baykan, İ., 2011. Trabzon İli Kırmızı Killerinin Jeoteknik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. and Özgür, S., 1995. Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57, 1–2, 233–244.
- Birkeland, P. W., 1984. *Soils and geomorphology*. Oxford, New York.
- Bjerrum, L., 1972. Embankments on Soft Ground, Proceedings of the Specialty Conference, American Society of Civil Engineers, 2, 1-54.
- Bowles, J. E., 1996. *Foundation Analysis and Design*, 5th ed., The McGraw-Hill Companies.
- Butt, C. R. M., Lintern, M. J. ve Anand, R. R., 2000. Evolution of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain-implications for geochemical exploration, Ore Geology Reviews, 16, 167-183.
- Casagrande, A., 1948. Classification and Identification of Soils, Transaction, ASCE, 113, 901-930.

- Cord, A. M, Pinet, P. C, Daydou, Y. and Chevrel, S. D., 2003. Planetary regolith surface analogs: optimized determination of Hapke parameters using multi-angular spectro-imaging laboratory data. Icarus, 165, 414–427.
- Dağ, S., Yalçın, A., Dağ, N. ve Bulut, F., 2003. Yol Güzergahlarında Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları Trabzon Örneği, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu.
- Dipova, N., 2011. Zeminlerin Likit Limitinin Tek Nokta Koni Batma Yöntemiyle Belirlenmesi, Jeoloji Mühendisleri Dergisi, 35, 1, 27-42.
- Dubbin, W., 2001. Soils, Natural History Museum Press, 110.
- Durgunoglu, H. T. and Mitchell, J. K., 1973. Static Penetration Resistance of Soils. Research Report Prepared for NASA Headquarters, Washington, D.C., Univ. of California, Berkeley.
- Eggleton, R. A., 2001. The Regolith Glossary, Cooperative Research Centre for Landscape Evolution & Mineral Exploration, 144.
- Erdeve, E., 2006. 100. Yıl Heyelanı (Adana) Jeolojik – Jeoteknik İncelemesi, Yüksek Lisan Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ersoy, H., Karşlı, M. B., Çellek, S., Kul, B., Baykan, İ., ve Parsons, R. L., 2013. Estimation of the soil strength parameters in Tertiary volcanic regolith (NE Turkey) using analytical hierarchy process, Journal Of Earth System Science, 122, 1545-1555.
- Eslami, A. and Fellenius, B. H., 1997. Pile capacity by direct CPT and CPTu methods applied to 102 case histories. Can. Geotech. J., 34, 6, 880–898.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W. R. and Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geologica Carpathica, 57, 5, 337–346.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. and Pul, D., 2007. Mid Cretaceous olistostromal ophiolitic melange developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey). International Geology Review, 49, 12, 1103–1126.
- Güven, D. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250 000 ölçekli kompilasyonu, MTA, Ankara.
- Güven, D. H., 1998 Trabzon-C30 ve D30 Paftaları. 1/100,000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları 59, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hunt, C. B., 1972. Geology of soils. W. H. freeman, San Francisco.
- IAEG (International Association of Engineering Geology) 1976. Engineering geological maps: A guide to their preparation; The Unesco Press, Paris, 1–79.

- ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Eds: Ulusay and Hudson. Ankara, Turkey.
- Jackson, M. L. and Sherman, G. D., 1953. Chemical weathering of minerals in soils, *Agron*, 5, 219–318.
- Janbu, N. and Senneset, K., 1974. Effective stress interpretation of in situ static penetration tests. Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing, ESOPT, Stockholm. 22, 81-93.
- Jefferies, M. G. and Davies, M. P., 1993. Use of CPTU to estimate equivalent SPT N60. *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, 16, 4, 458-468.
- Jefferies, M. G. and Been, K., 2006. *Soil Liquefaction: A critical state approach*, Taylor and Francis, Abingdon, ISBN.
- Joyce, M. D., 1982. *Site Investigation Practice*. E. and F. N. SPON, London, New York, 396.
- Keskin, S., 2007. Güney Doğu (GD) Karadeniz Sahil Kesminin (Trabzon Yöresi) Taraçaları ve Aktif Tektoniği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 111.
- Kew, G. and Gilkes, R., 2006. Classification, strength and water retention characteristics of lateritic regolith, *Geoderma*, 136, 184-198.
- Kleven, A., Lacasse, S. and Andersen, K. H., 1986. Foundation engineering criteria for gravity platforms, *Soil Parameters for Offshore Foundation Design*. Part II, NGI Report 40013-34, April.
- Kul, B., 2012. Yeşilyurt (Trabzon) Heyelanı'nın Jeoteknik Özelliklerinin Araştırılması ve Geriye Dönük Analizlerle Şev Destek Dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kul Yahşi, B. and Ersoy, H., 2017. Environmental Problems Caused By Landslides and Floods In Trabzon Province: Düzköy Landslide, ISS2017 2nd International Science Symposium "Science Festival", Tiflis, Gürcistan, Eylül, 24.
- Kul Yahşi, B. and Ersoy, H., 2018. Site characterization and evaluation of the stability of the Yeşilyurt Landslide (Trabzon, NE Turkey) using back analysis method, *Journal of Geophysics and Engineering*, 15, 927-937.
- Kulhawy, F. H. and Mayne, P. W., 1990. *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California.
- Lambe, T. W. ve Whitman, R. V., 1969. *Soil Mechanics*, John Wiley and Sons, Newyork.
- Levinson, A. A., 1980. *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Pub. Co., Calgary, 612.

- Little, A. L., 1971. The engineering classification of residual torpical soils, *Soil Mech. & Fdn. Eng. Conf. Proc.*, Mexico, 1, 1-10.
- Lunne, T., de Ruiter, J. and Eide, O., 1976. Correlation between resistance and vane shear strength in some Scandinavian soft to medium stiff clays. *Canadian Geotechnical Journal*, 13, 430-441
- Lunne, T. and Kleven, A., 1981. Role of CPT in North Sea Foundation Engineering, In: *Symposium on Cone Penetration Engineering Division, ASCE*, 49–75.
- McMechan, G. A. and Yedlin, M. J., 1981. Analysis of dispersive waves by wave-field transformation, *Geophysics*, 46, 869–874.
- Merrill, G. P., 1897. *A treatise on rocks, rock-weathering and soils*, MacMillan Company, New York, 411.
- Mitchell, J. K. and Keaveny, J. M., 1986. Determining Sand Strength by Cone Penetrometer. In *Situ '86, Proc. Spec. Conf. GED ASCE, Virginia Tech., Blacksburg*.
- Netterberg, F. and Caiger, J. H., 1983. A Geotechnical classification of calcretes and other pedocretes, *The Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 25, 143-157.
- NEHRP, 2003. *Recommended Provisions For New Buildings And Other Structures, FEMA-450*, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- Ollier, C. D., 1959. A two-cycle theory of tropical pedology, *Journal of Soil Science*. 10, 137-148.
- Okay, A. I. and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen” (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), *Geological Society, London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Ollier, C. D. and Galloway, R. W., 1990. The laterite profile, ferricrete and unconformity, *Catena*, 17, 97-109.
- Özçelik, K., 2013. *Zemin İncelemelerinde Standart Penetrasyon ve Koni Penetrasyon Deneylemi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler’de Kretase. *KTÜ Yer Bilimleri Dergisi*, 1, 65–114.
- Park, C. B., Miller, R. D. and Xia, J., 1999a. Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW), *Geophysics*, 64, 3, 800-808.
- Park, C. B., Miller, R. D., Xia, J., Hunter, J. A. and Harris, J. B., 1999b. Higher Mode Observation y the MASW Method, *SEG*, 524-527.

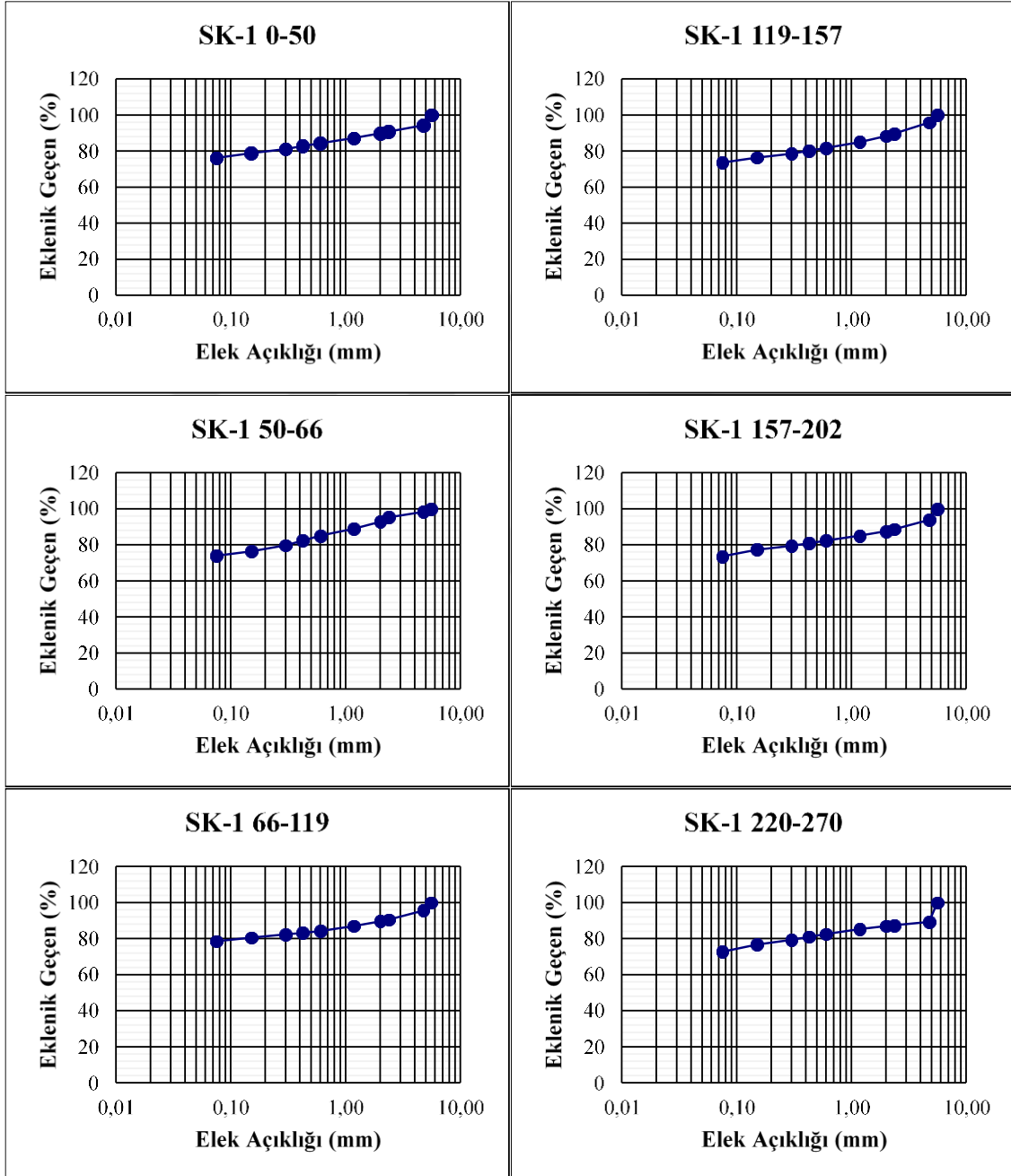
- Peltier, W. R. and Wu, P., 1982. Comments on (Sabadini et al.,1982b), *Geophys.Res.*
- Rahn, P. H., 1986. *Engineering geology, an environmental approach.* Elsevier Science Publ. Co. New York. 36.
- Robertson, P. K. and Campanella, R. G., 1983. Interpretation of Cone Penetration Tests Part I: Sand, *Canadian Geotechnical Journal*, 20, 4, 718-733.
- Robertson, P. K., Campanella, R. G., Gillespie, D. and Greig, J., 1986. Use of Piezometer Cone data. In-Situ'86 Use of In-situ testing in Geotechnical Engineering, GSP 6, ASCE, Reston, VA, Specialty Publication, 1263-1280.
- Robertson, P. K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 1, 151-158.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E. and Webb, J. S., 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration.* Acedemic Press, New York, 657.
- Sal, Z., 2010. Makaslama Dalga Hızı İle Konik Penetrasyon Testi Sonucu Hesaplanan Geoteknik Parametreler Arasındaki İlişkiler, Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Schmertmann, J. H., Hartmann, J. P. and Brown, P. R., 1978. Improved strain influence factor diagrams, *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 104, 1131-1135.
- Semerci, A., 1990. Trabzon ili yerleşim alanının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 115.
- Shafique, M., Meijde, M. ve Rossiter, D. G., 2011. Geophysical and remote sensing-based approach to model regolith thickness in a data-sparse environment, *Catena*, 87, 11-19.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol E., 2009. *Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları,* Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Sposito, G., 1985. Chemical models of weathering in soils, *The Chemistry of Weathering*, 1-18.
- Şen, C., Arslan M. and Van A., 1998. Geochemical and petrological characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) alkaline volcanic province, NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 231-239.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism In The Eastern Pontides: Is It Rift Related Or Subduction Related?, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 523-539.
- Taylor, G. M. and Eggleton, R. A., 2001. *Regolith Geology and Geomorphology,* John Wiley & Sons. Ltd. 375.



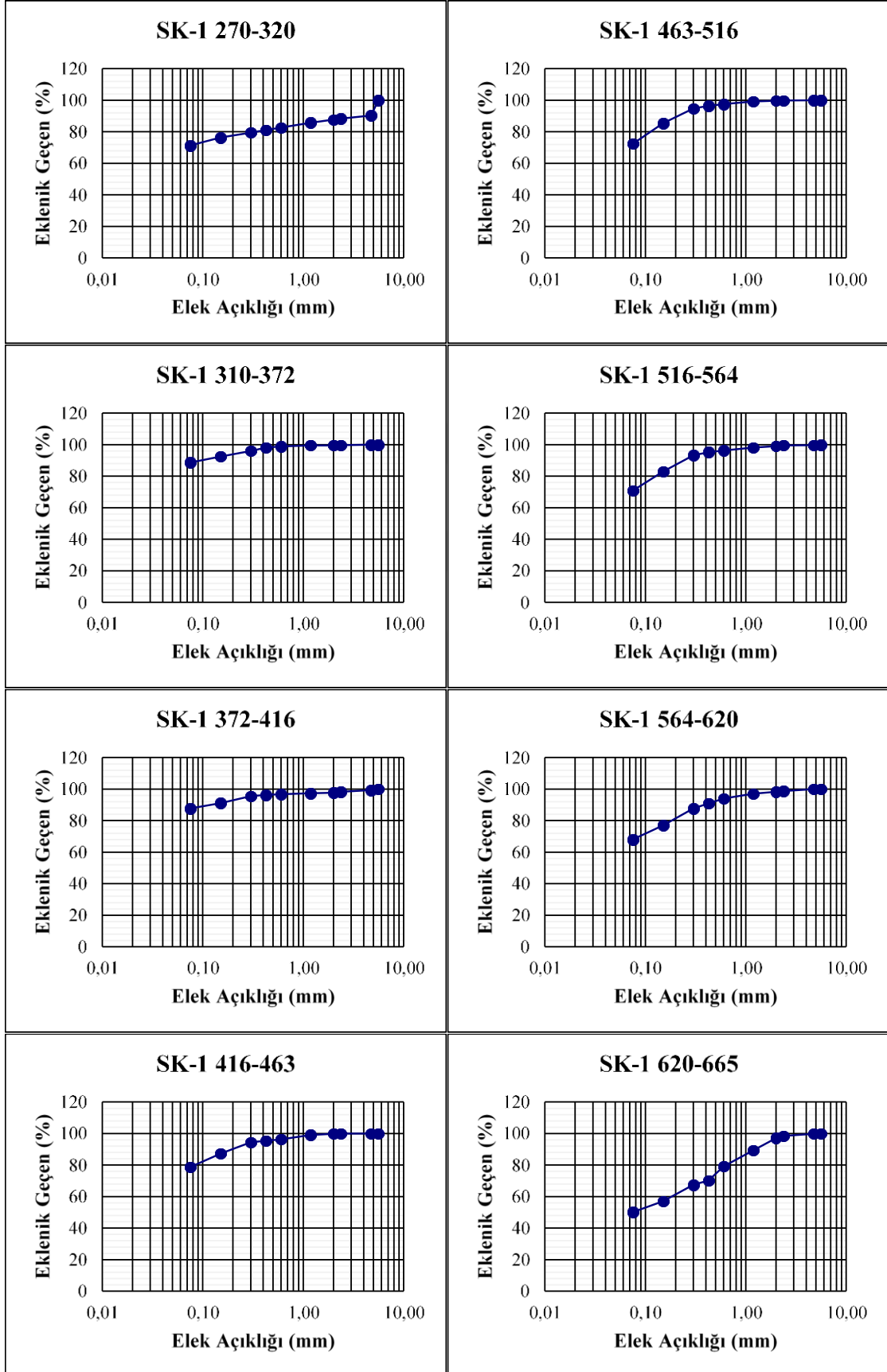
- Taylor, G. M. and Eggleton, R. A., 2001. Regolith Geology and Geomorphology: Nature and Process, John Wiley & Sons. Ltd. 384.
- Terzaghi, K., 1929. Interrelationship of load, road and subgrade. *Public Roads*, 37–64.
- Ulusay, R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler (Practical Information for Geotechnical Applications (Updated-Expanded 5th Edition). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı, Yayın No., 38, 458.
- URL-1, [www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON). Trabzon ili mevsim normalleri. 5 Nisan 2017.
- URL-2, [www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=trabzon#B](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=trabzon#B). Trabzon yıllık yağış verileri. 5 Nisan 2017.
- URL-3, [www.zeminetudtasarim.com.tr](http://www.zeminetudtasarim.com.tr). Zemin etüd ön çalışması. 3 Eylül 2017.
- Wilford, J. and Thomas, M., 2013. Predicting regolith thickness in the complex weathering setting of the central Mt Lofty Ranges, South Australia. *Geoderma*. 206, 1–13.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun Arasındaki Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar Jeokronolojisi, Petrokimyası, Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi, Doktora tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 368.

## 7.EKLER

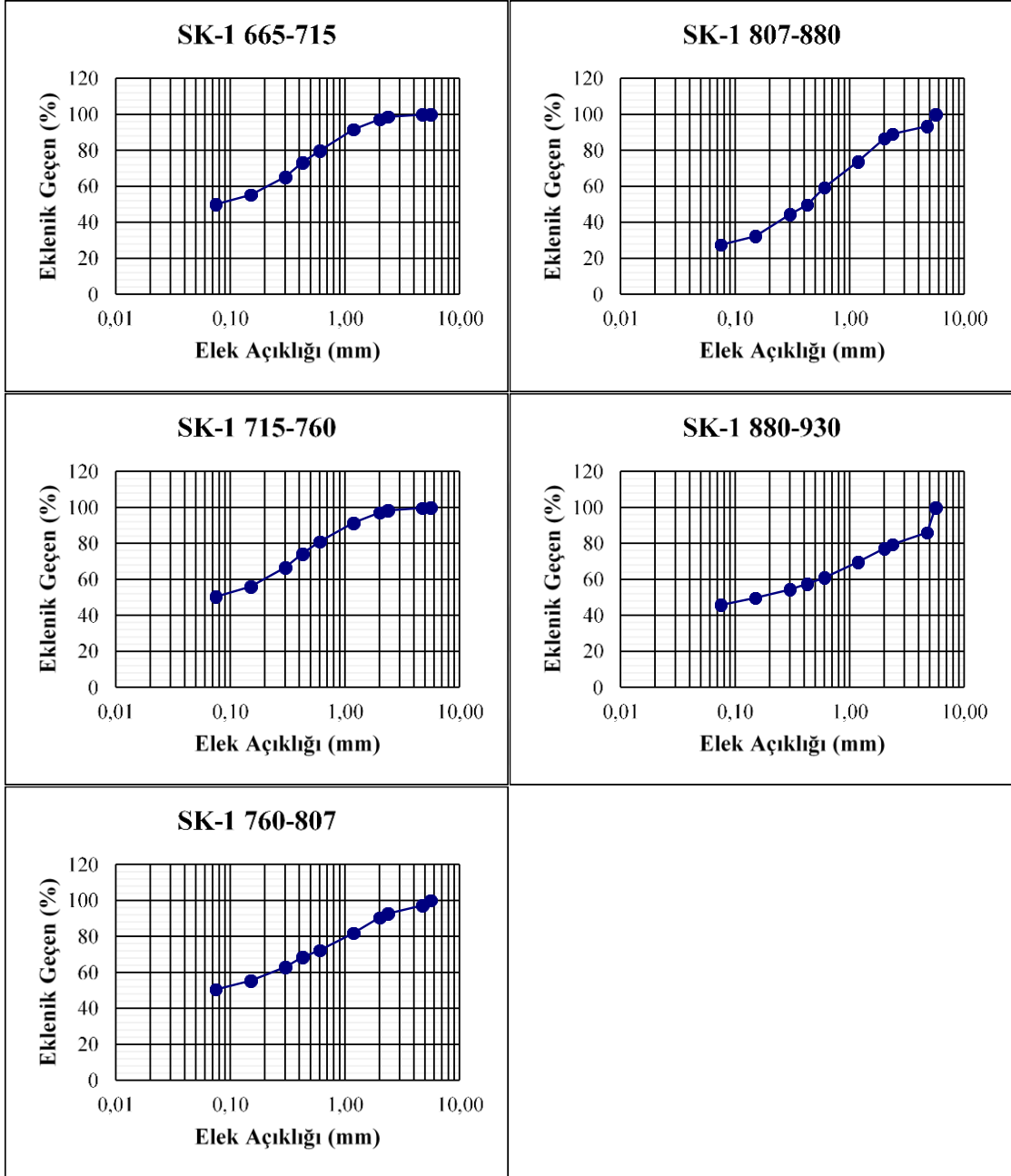
**Ek Şekil 3.1.** Regolitik zemin profili boyunca alınan örnekler üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonucu oluşturulan grafikler



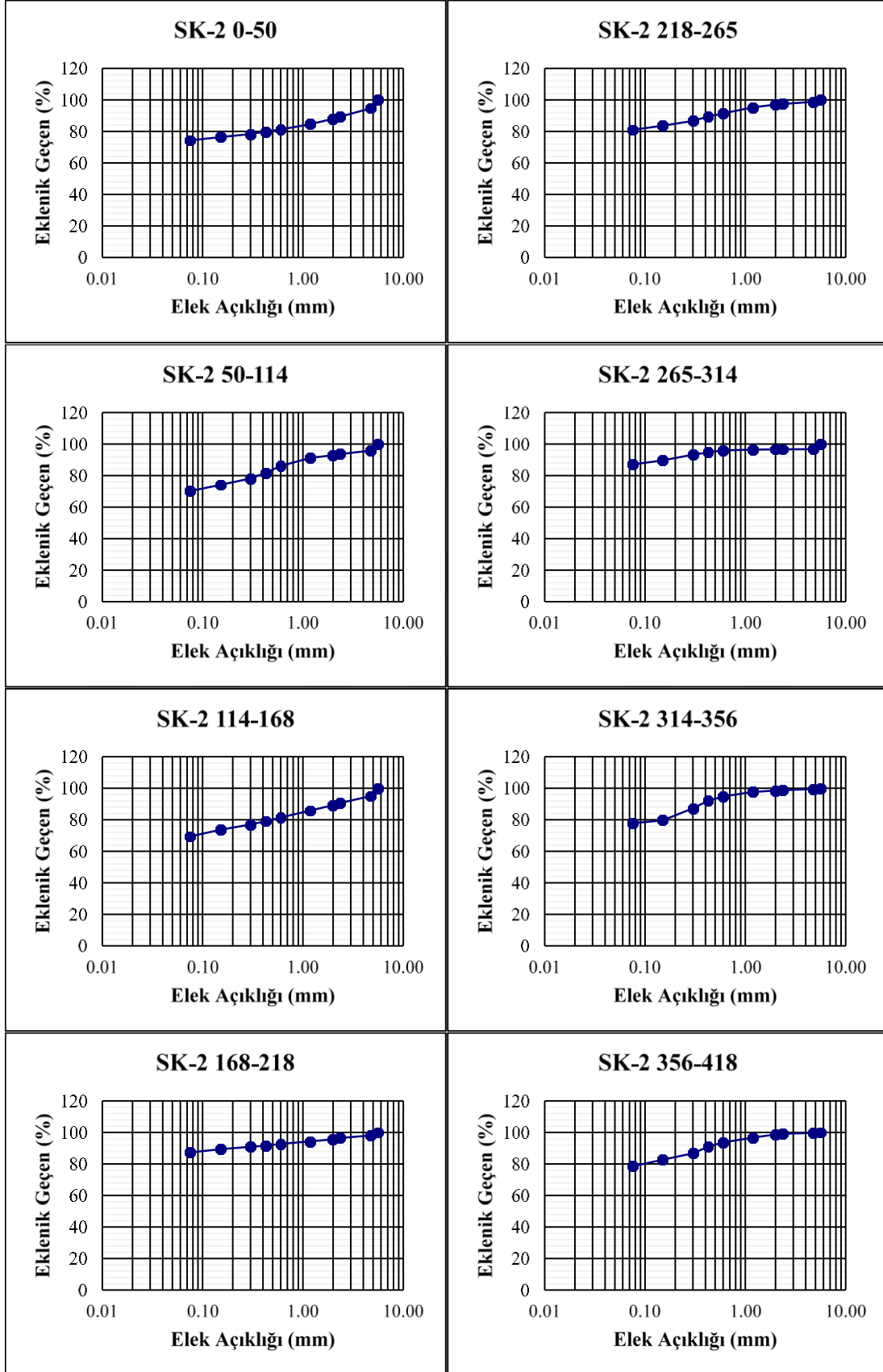
Ek Şekil 3.1'in devamı



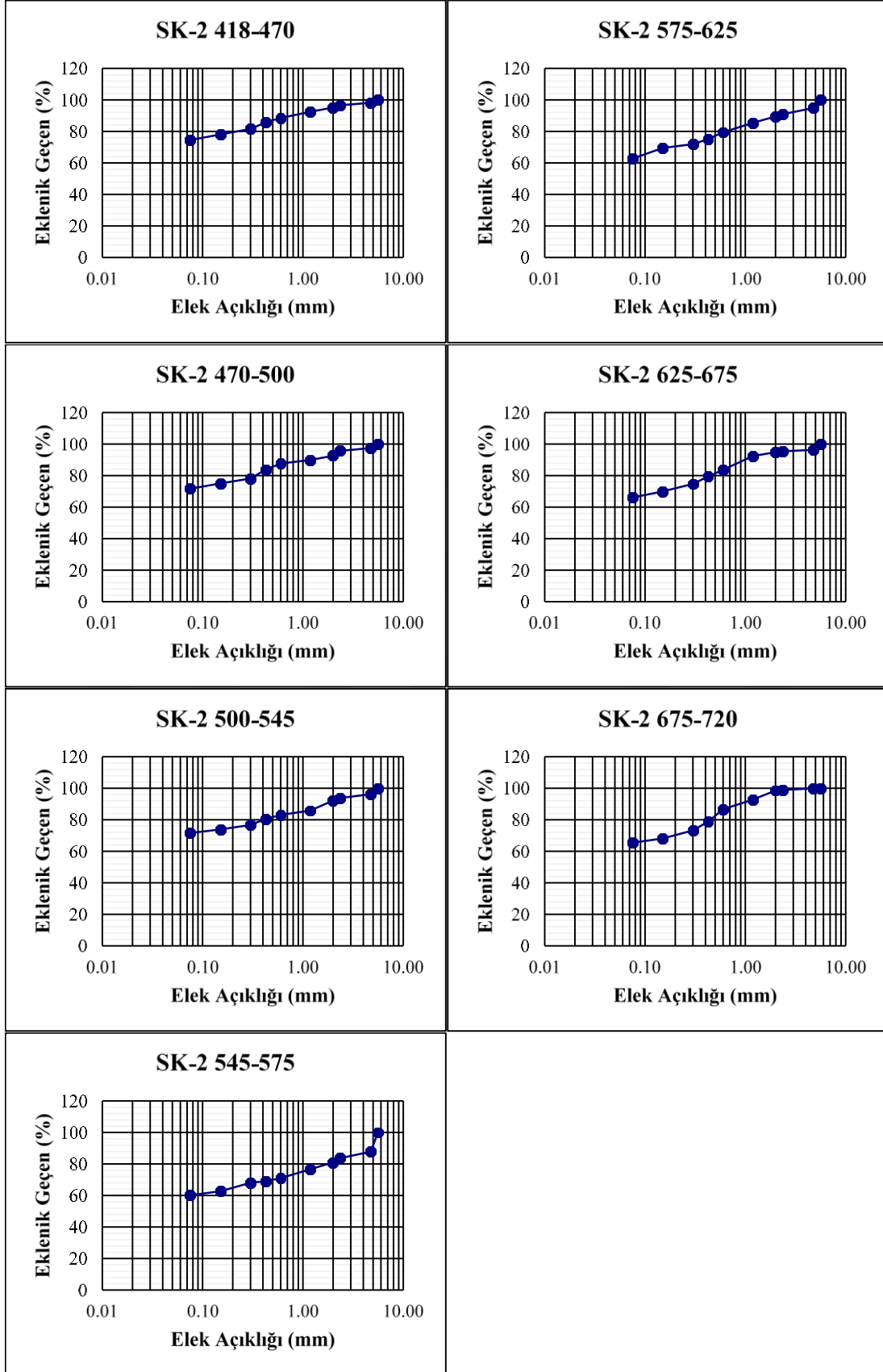
Ek Şekil 3.1'in devamı



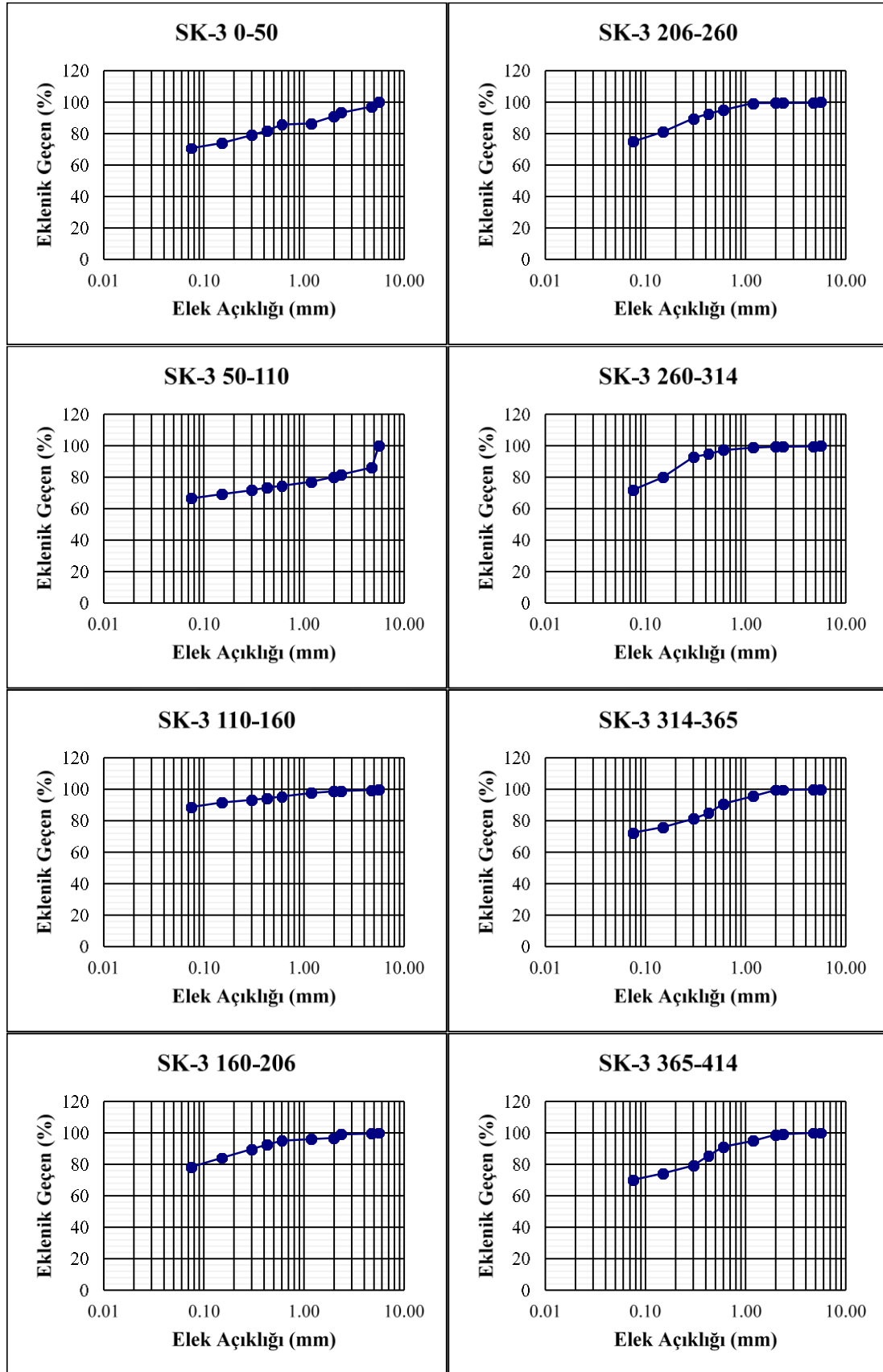
Ek Şekil 3.1'in devamı



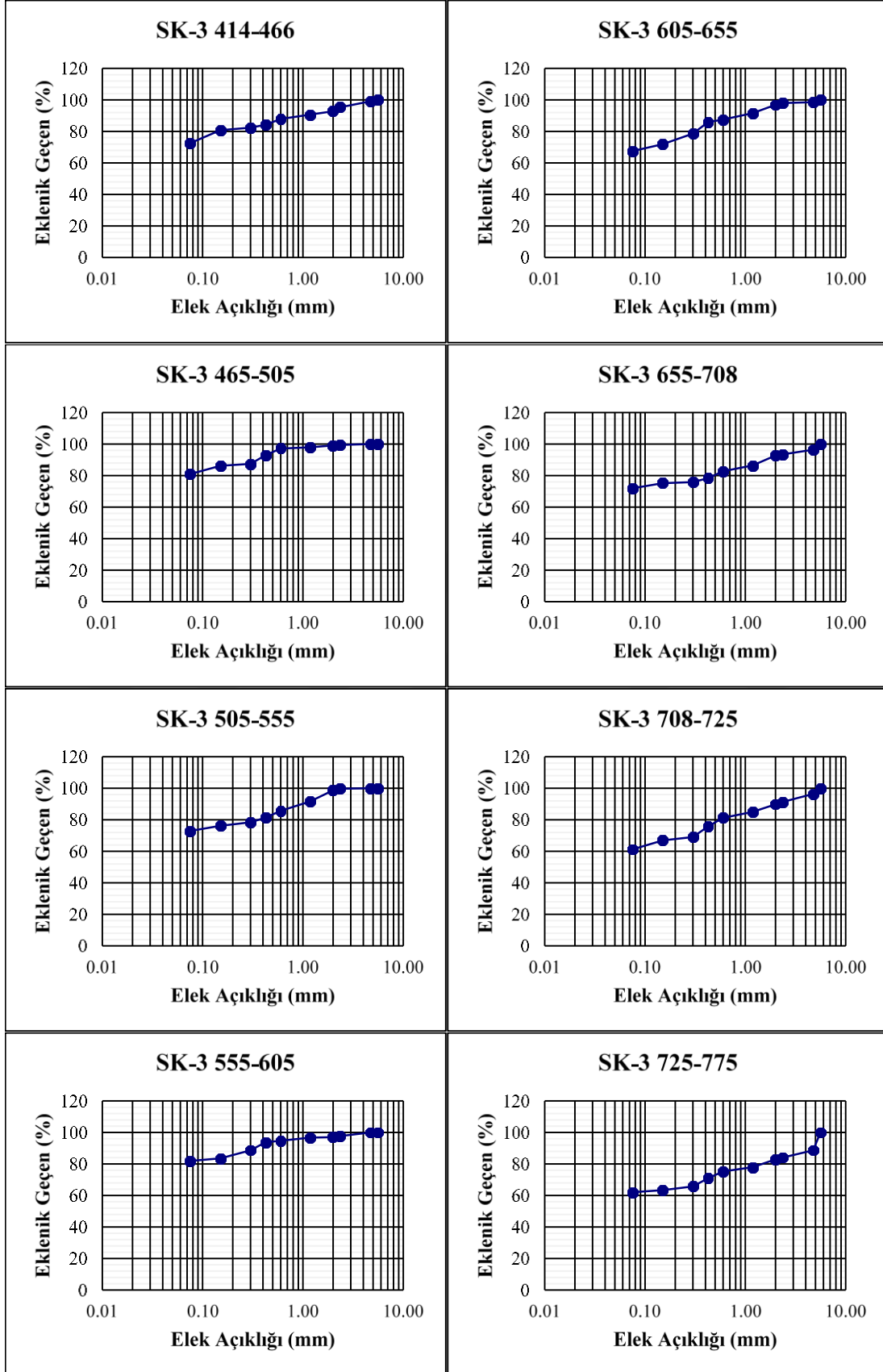
Ek Şekil 3.1'in devamı



Ek Şekil 3.1'in devamı

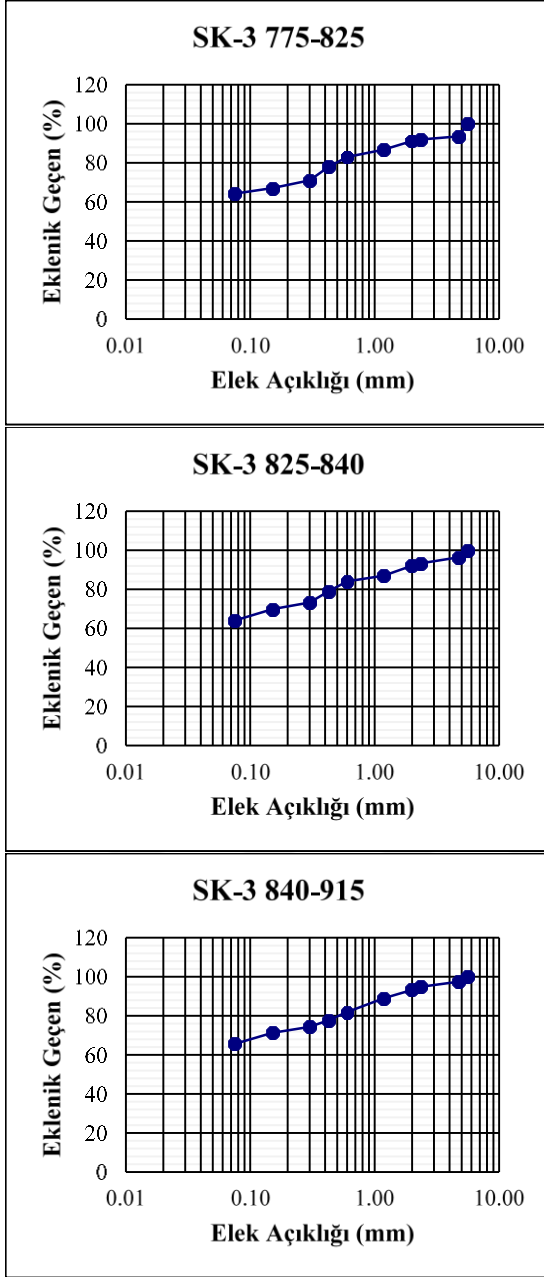


Ek Şekil 3.1'in devamı

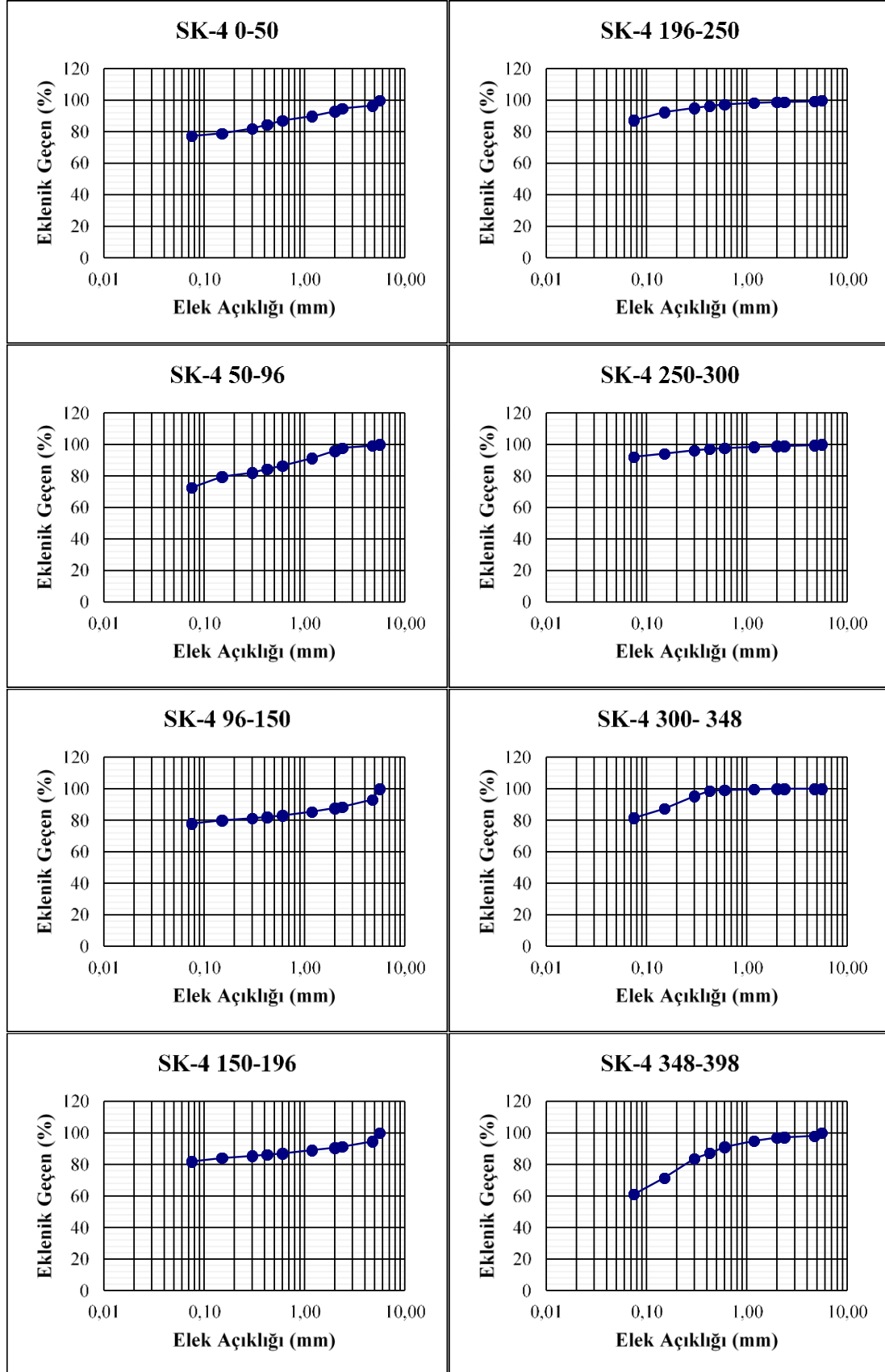




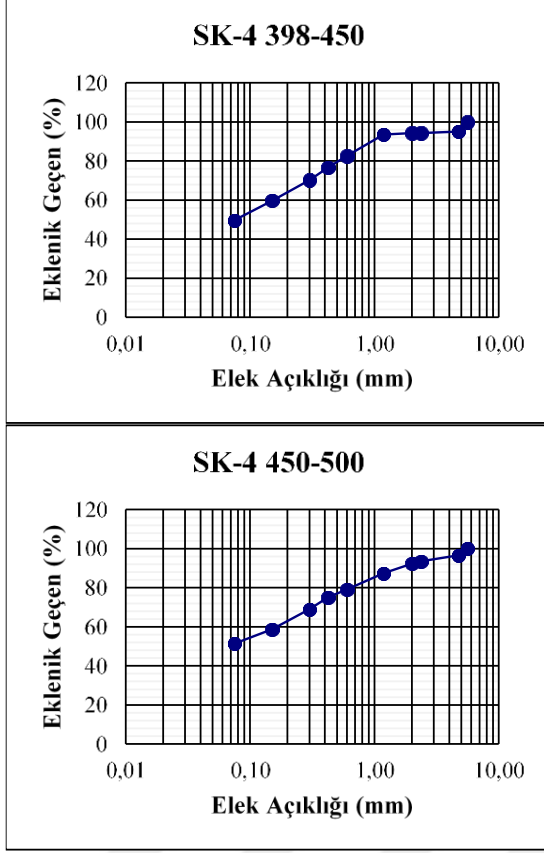
Ek Şekil 3.1'in devamı



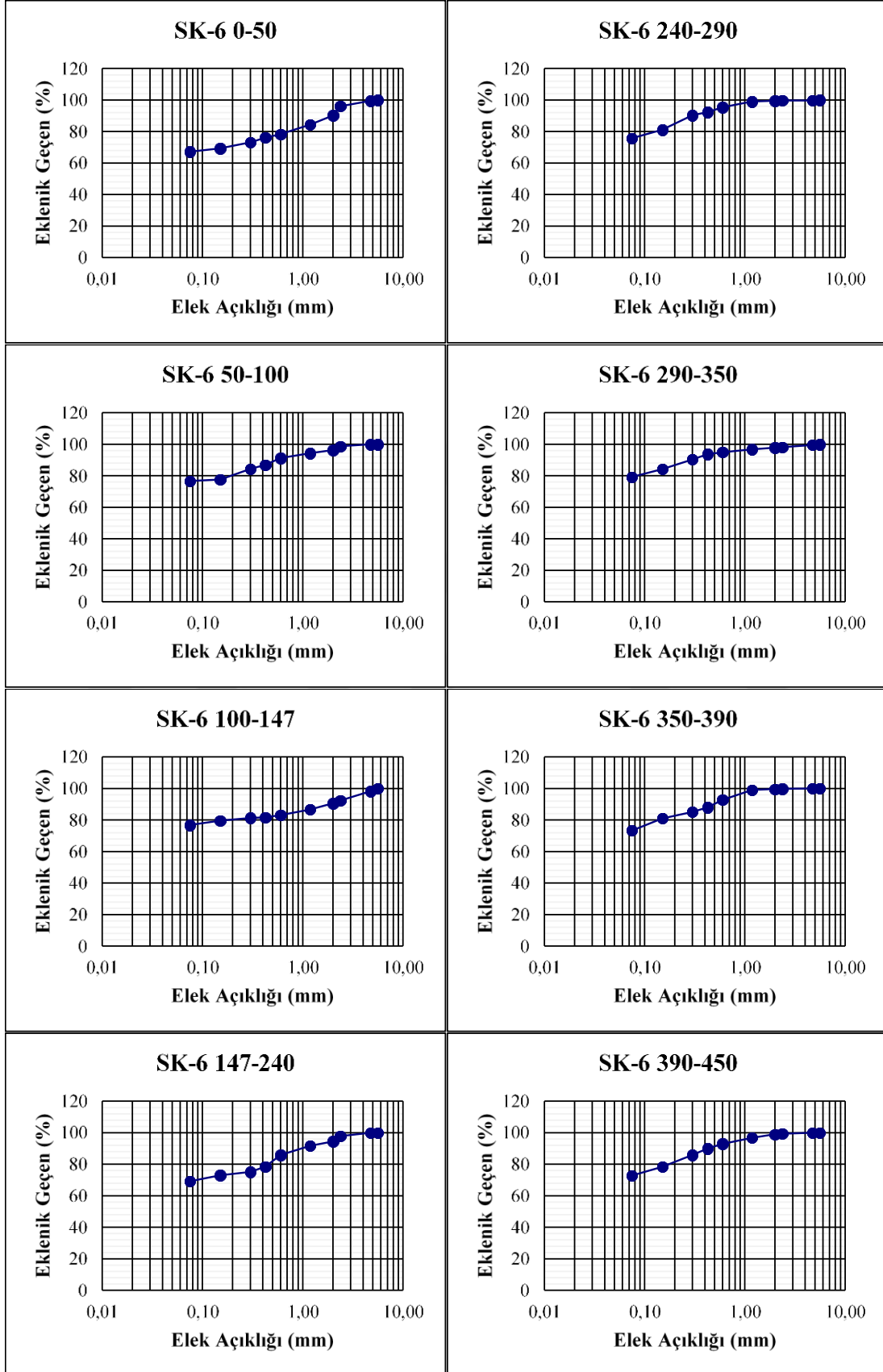
Ek Şekil 3.1'in devamı



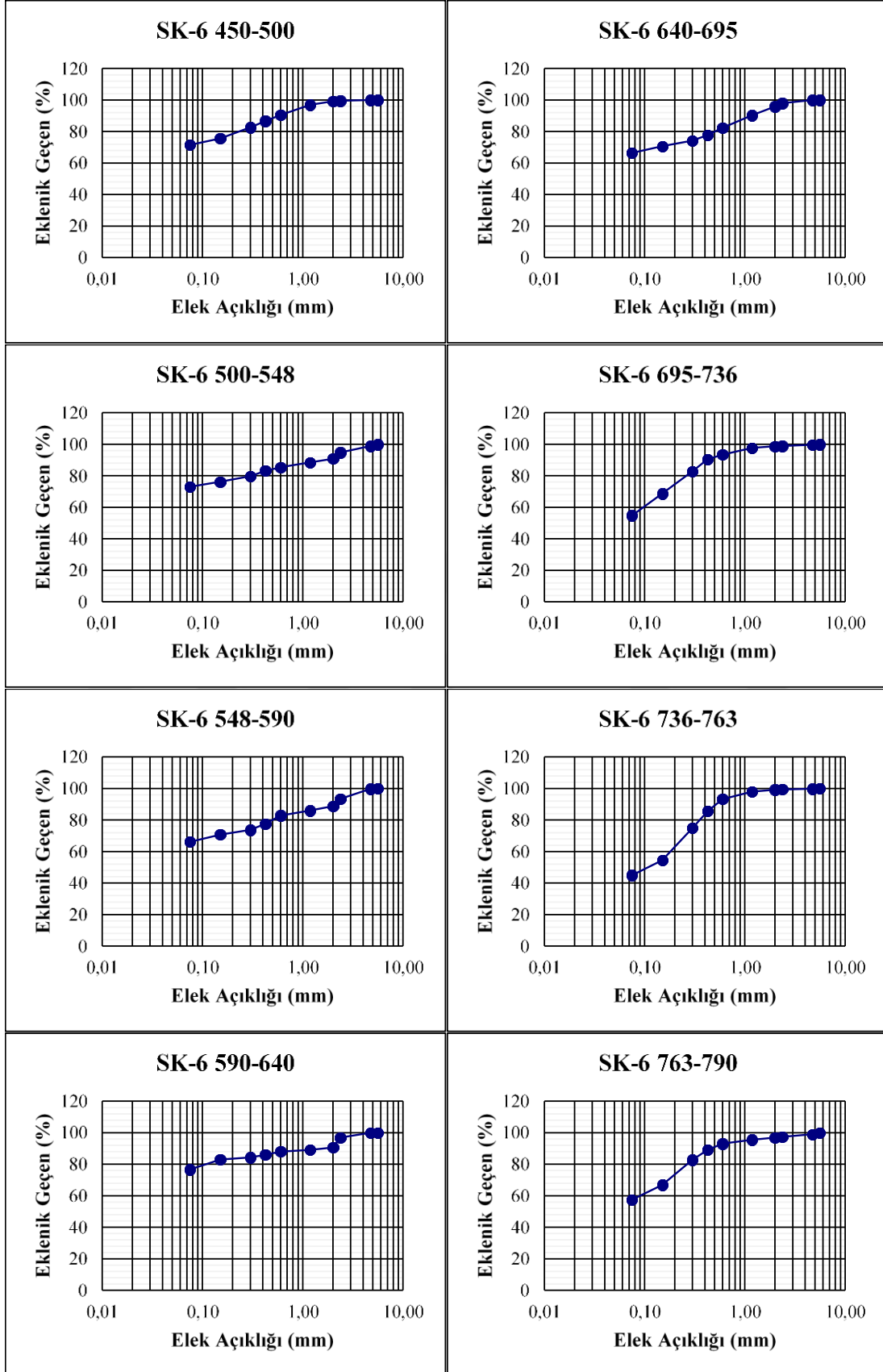
Ek Şekil 3.1'in devamı



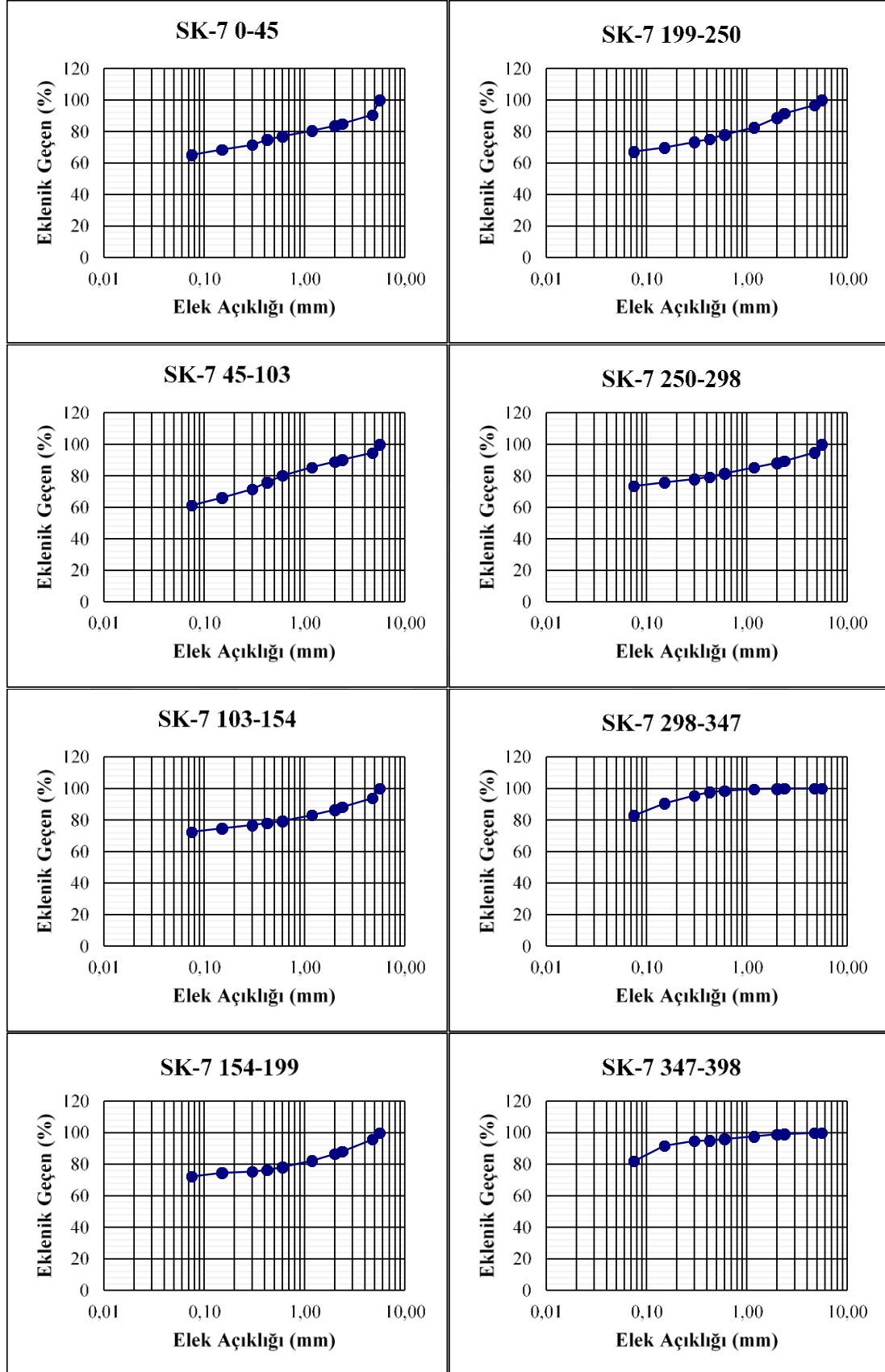
Ek Şekil 3.1'in devamı



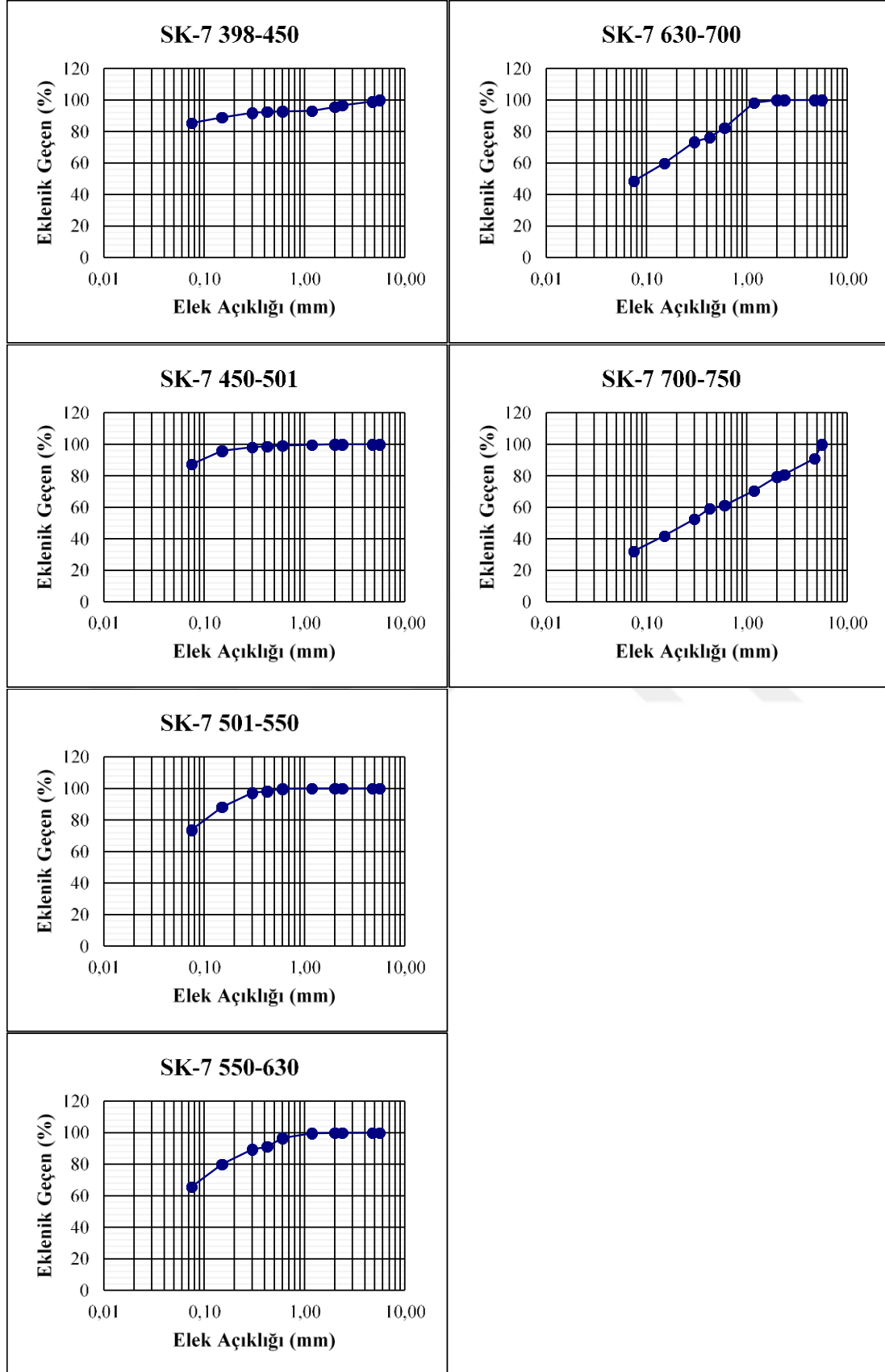
Ek Şekil 3.1'in devamı



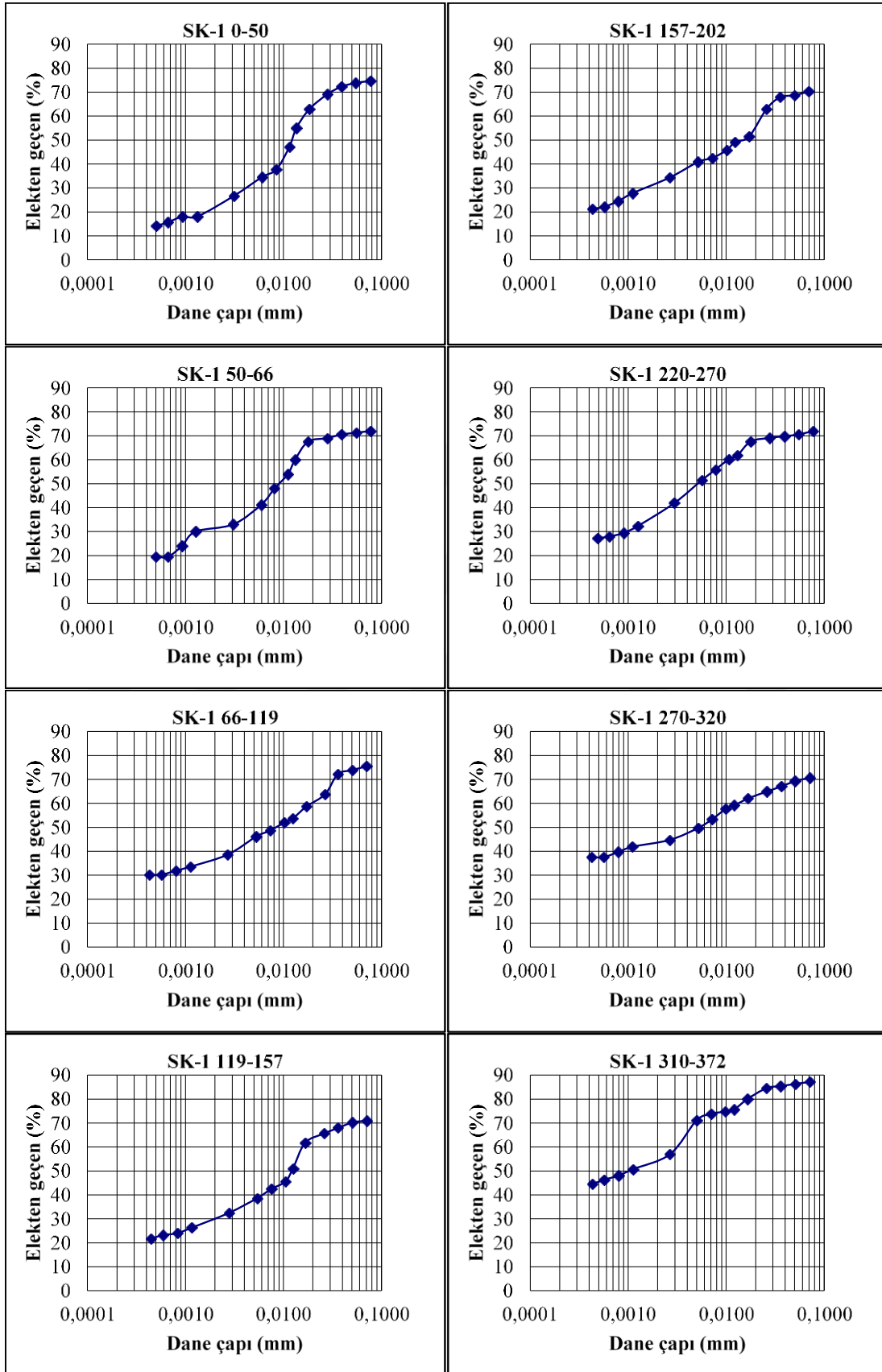
Ek Şekil 3.1'in devamı



Ek Şekil 3.1'in devamı

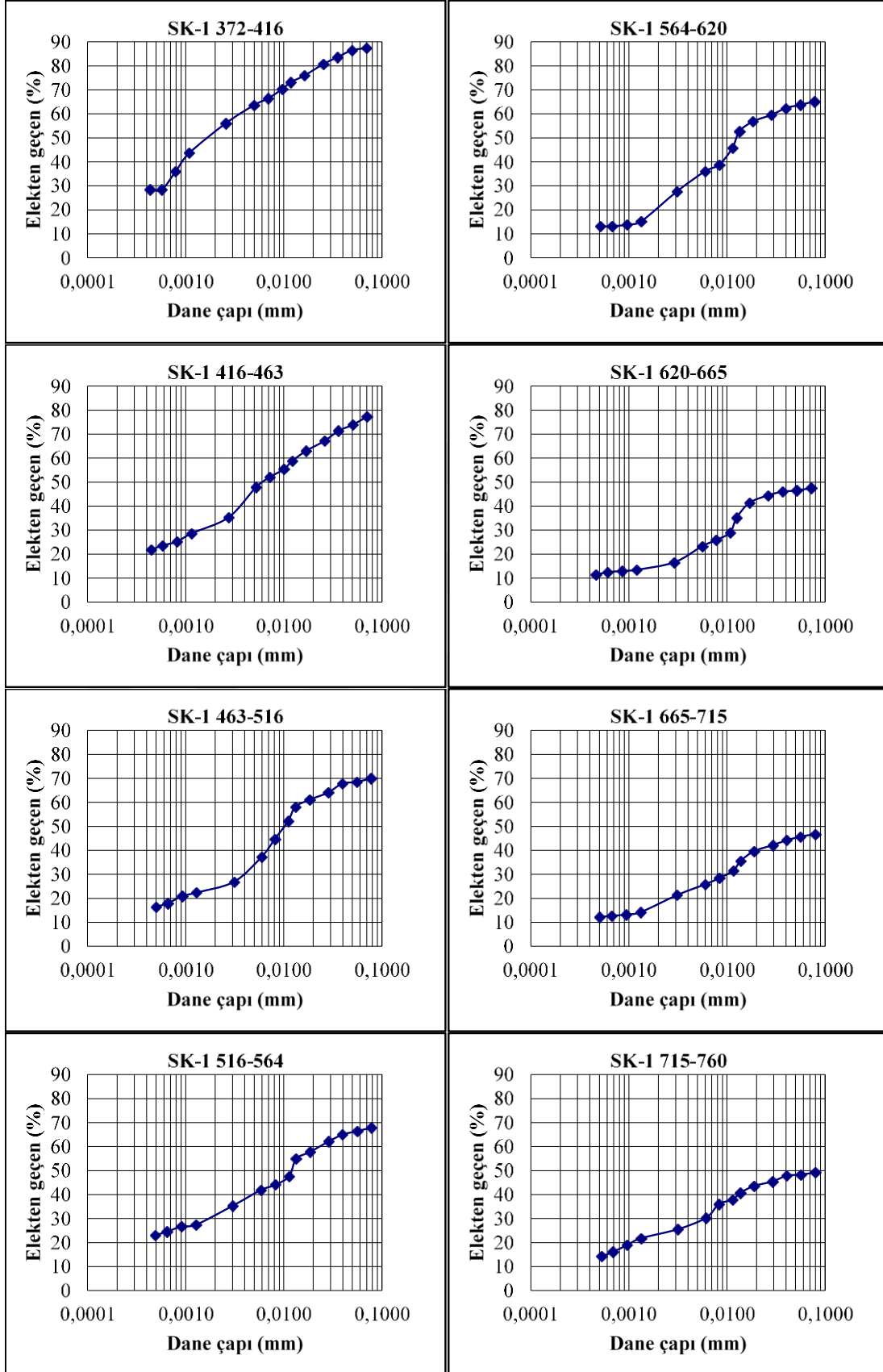


Ek Şekil 3.2. Hidrometre deneyi sonucu oluşturulan grafikler

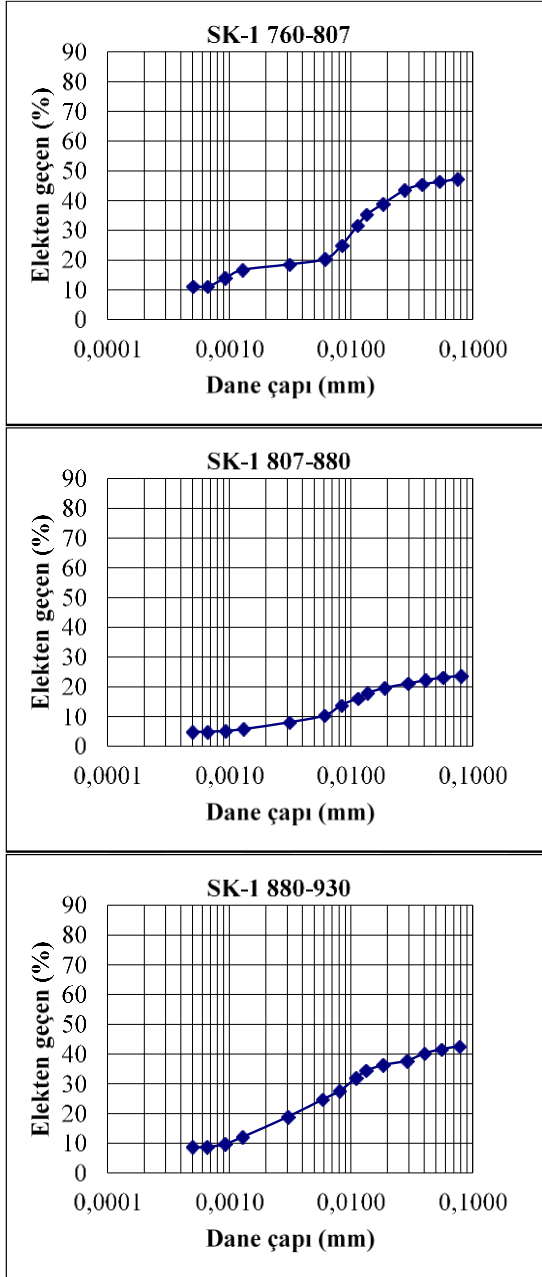




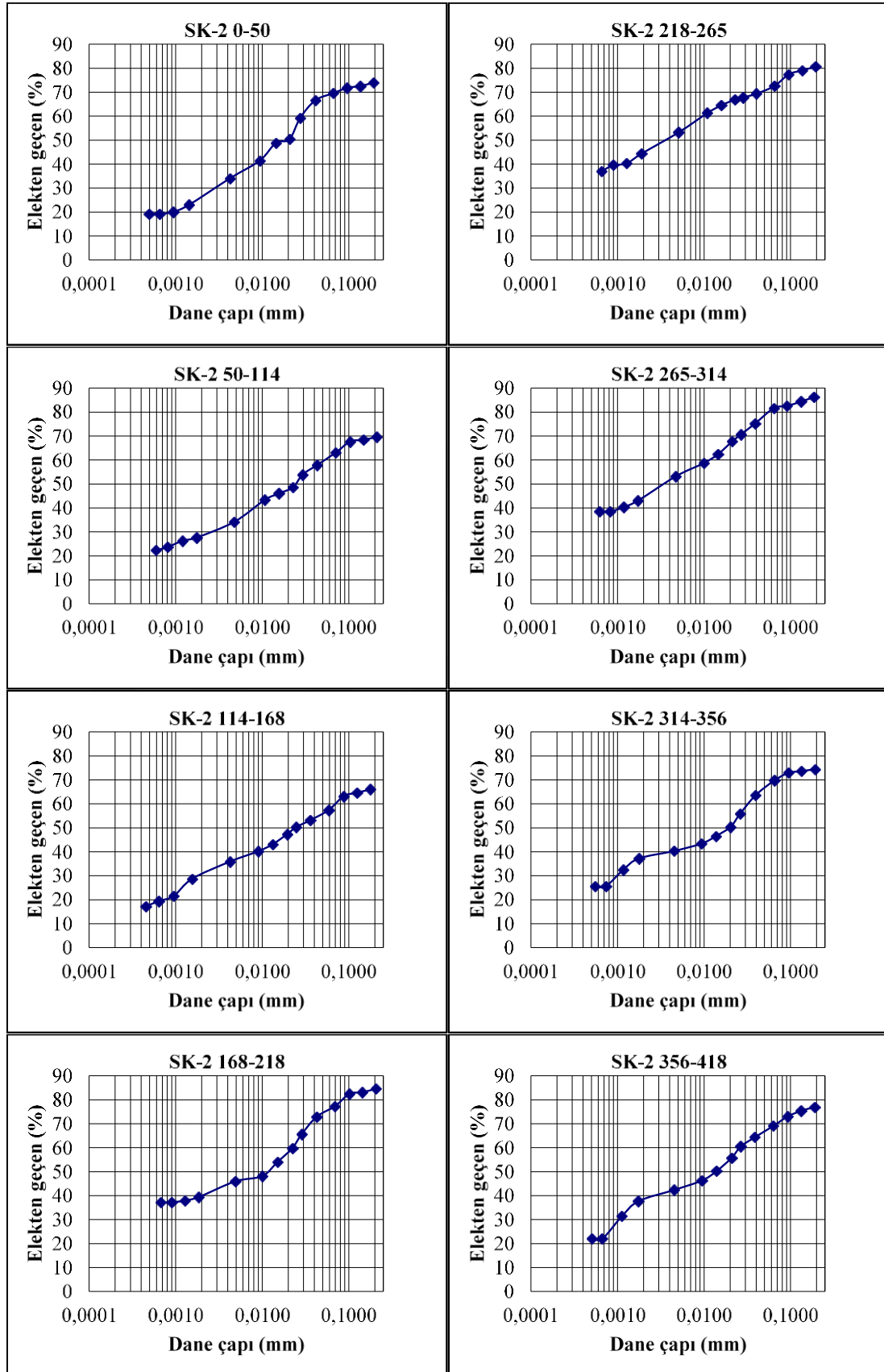
Ek Şekil 3.2'nin devamı



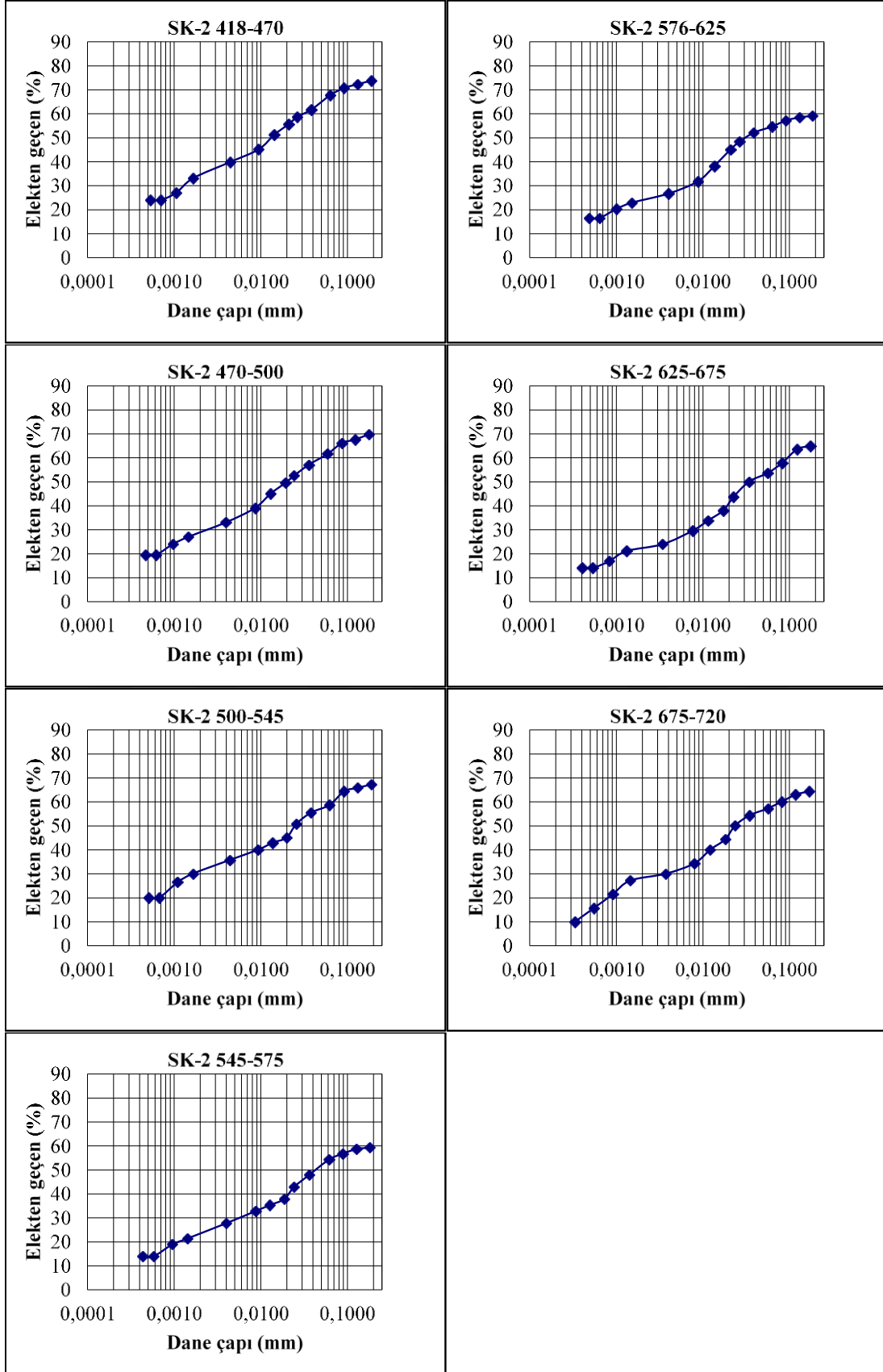
Ek Şekil 3.2'nin devamı



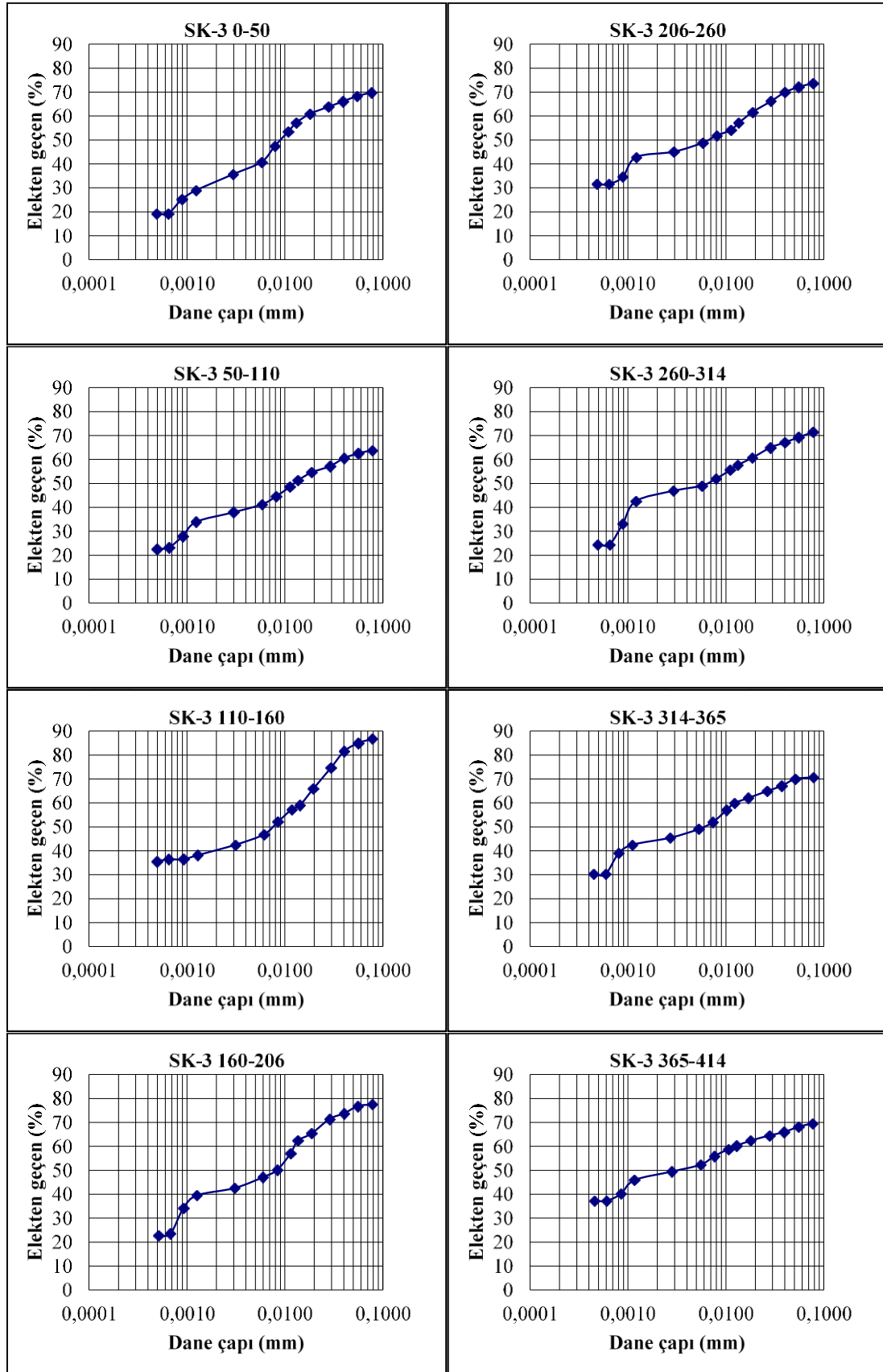
Ek Şekil 3.2'nin devamı



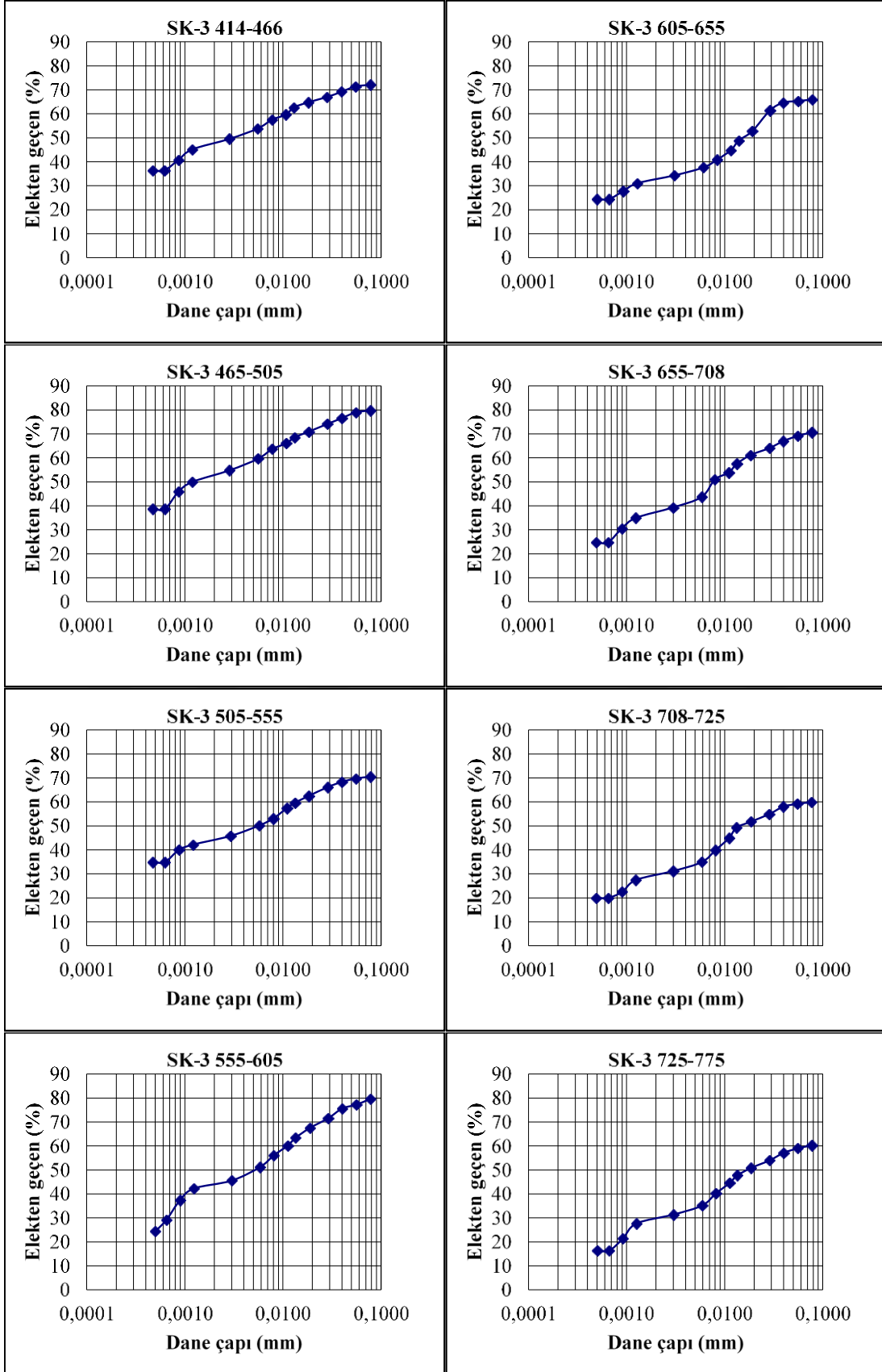
Ek Şekil 3.2'nin devamı



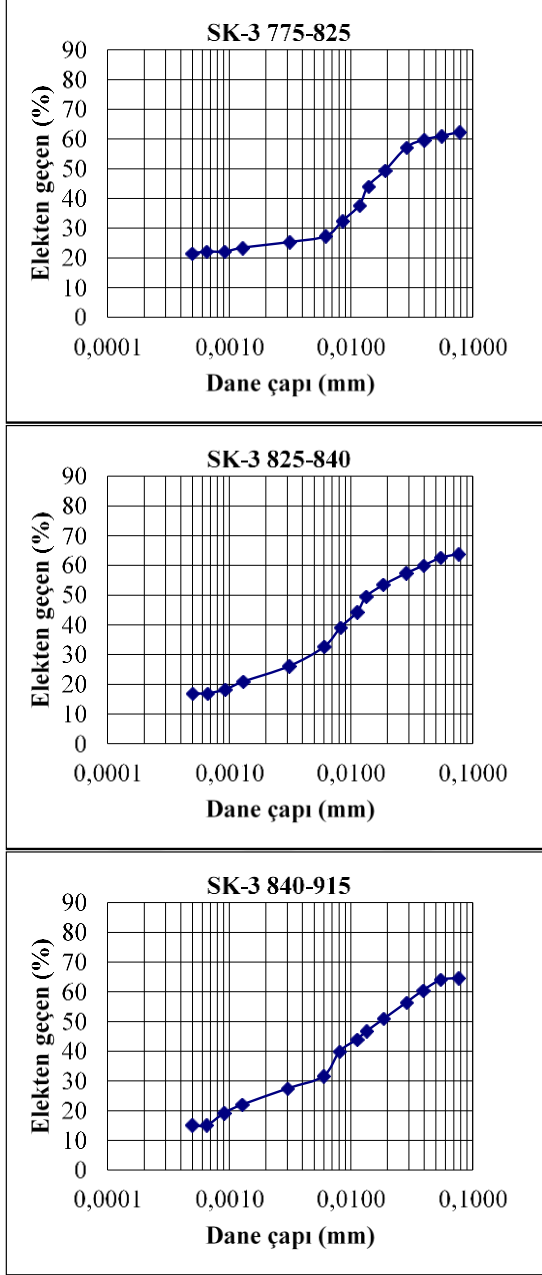
Ek Şekil 3.2'nin devamı



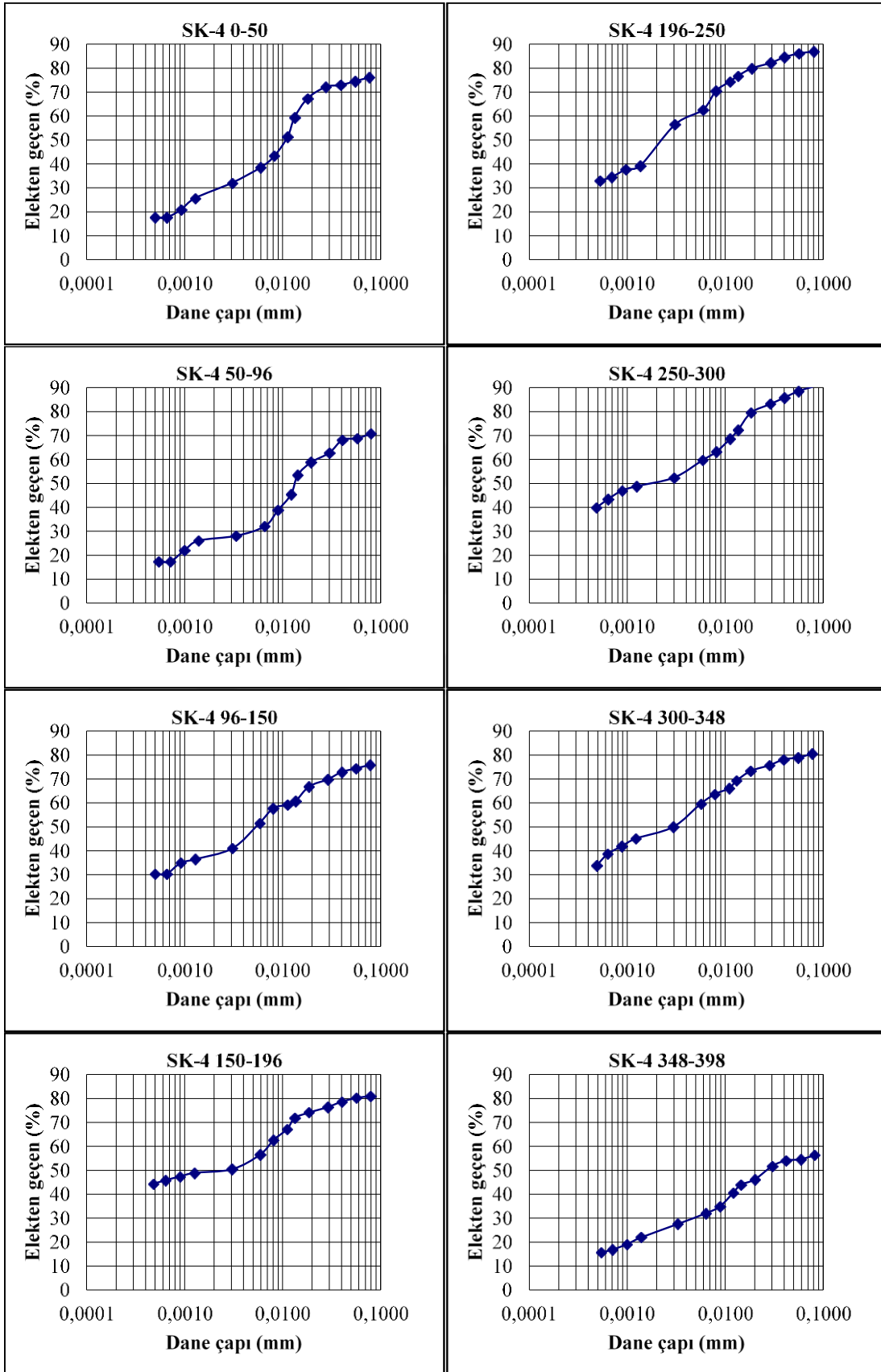
Ek Şekil 3.2'nin devamı



Ek Şekil 3.2'nin devamı

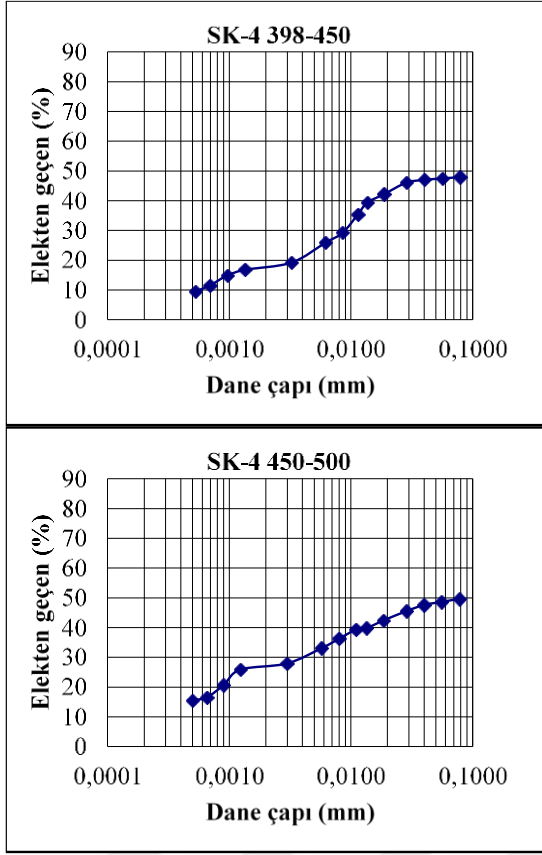


Ek Şekil 3.2'nin devamı

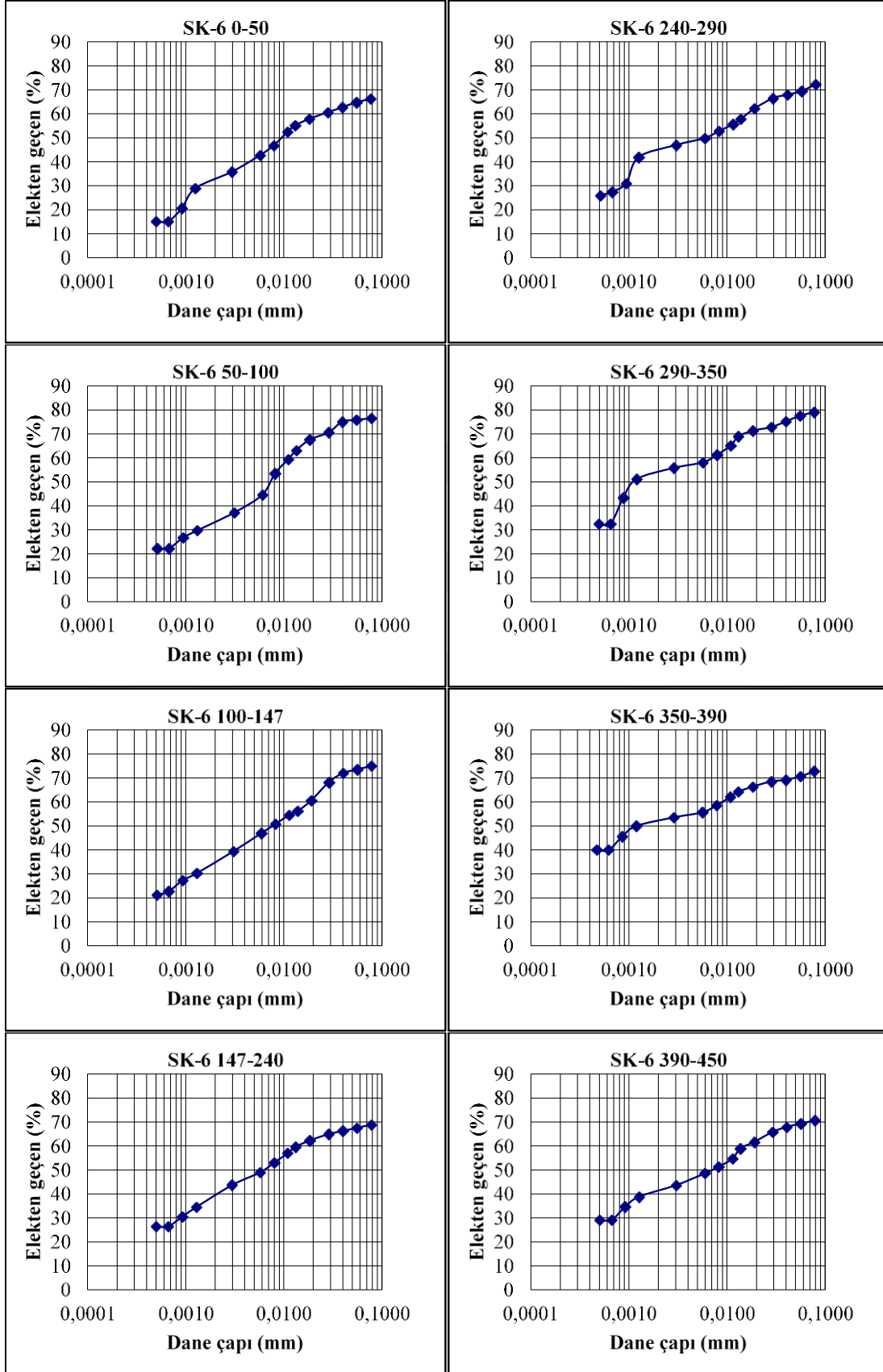




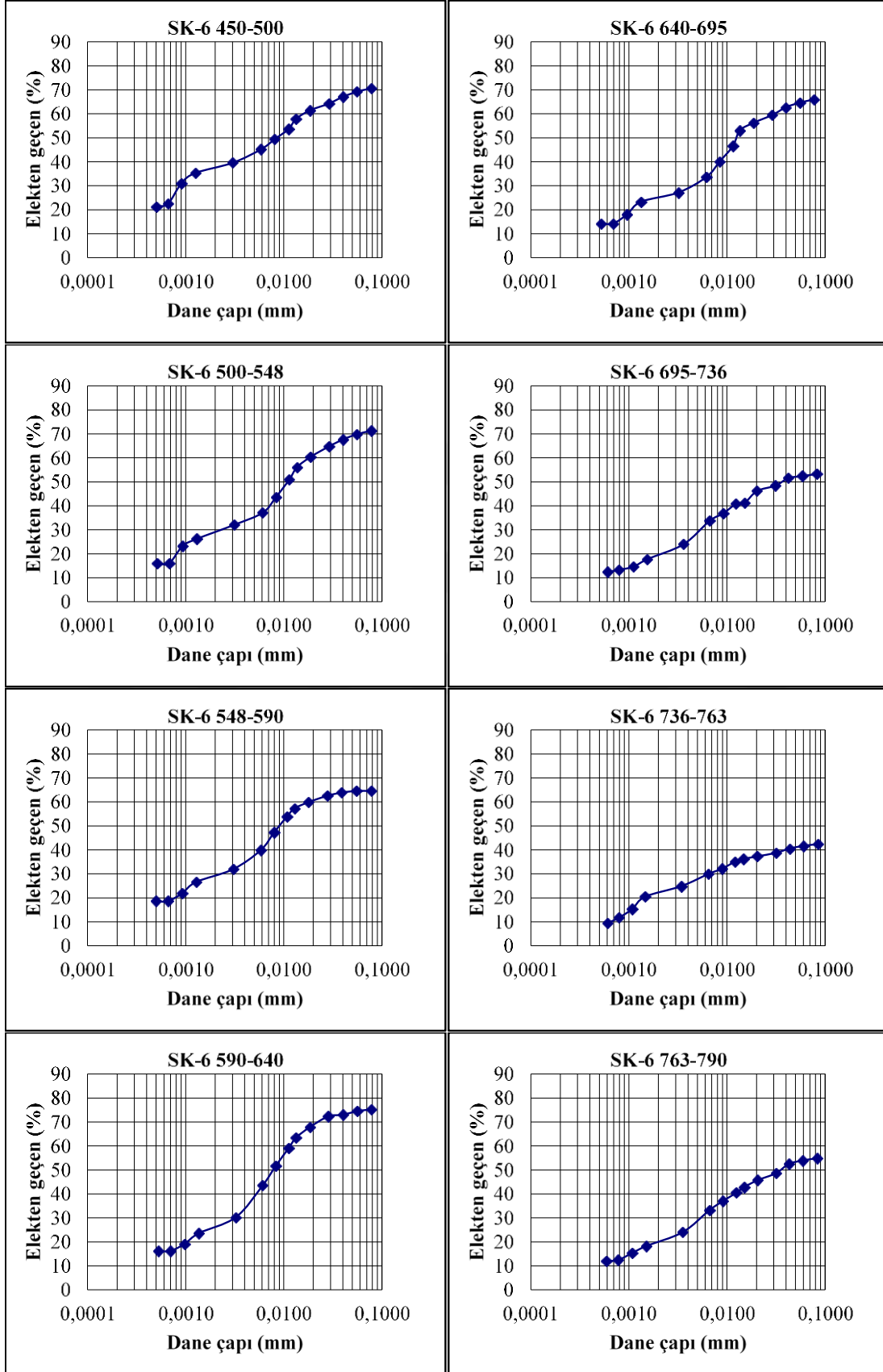
Ek Şekil 3.2'nin devamı



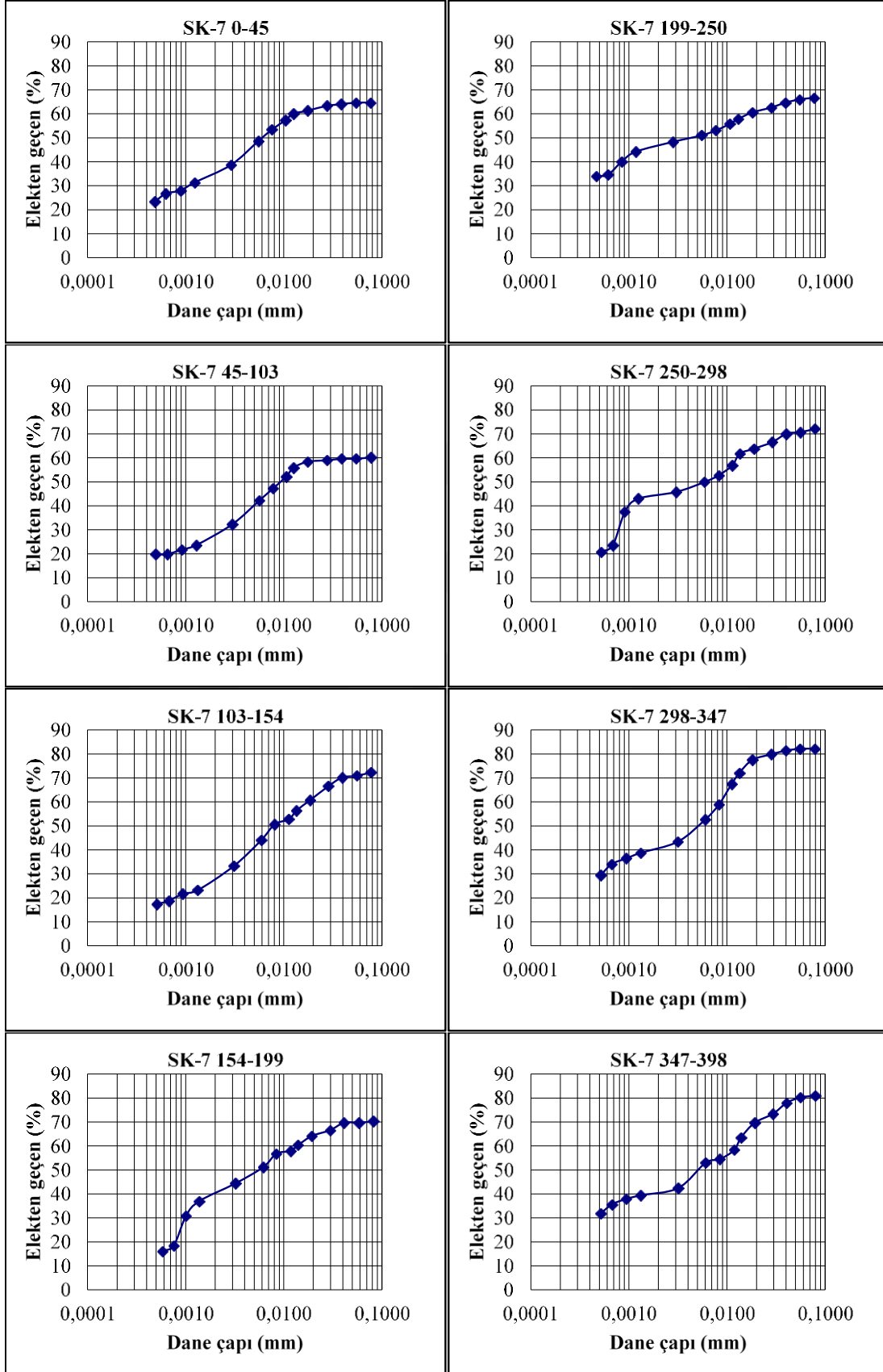
Ek Şekil 3.2'nin devamı



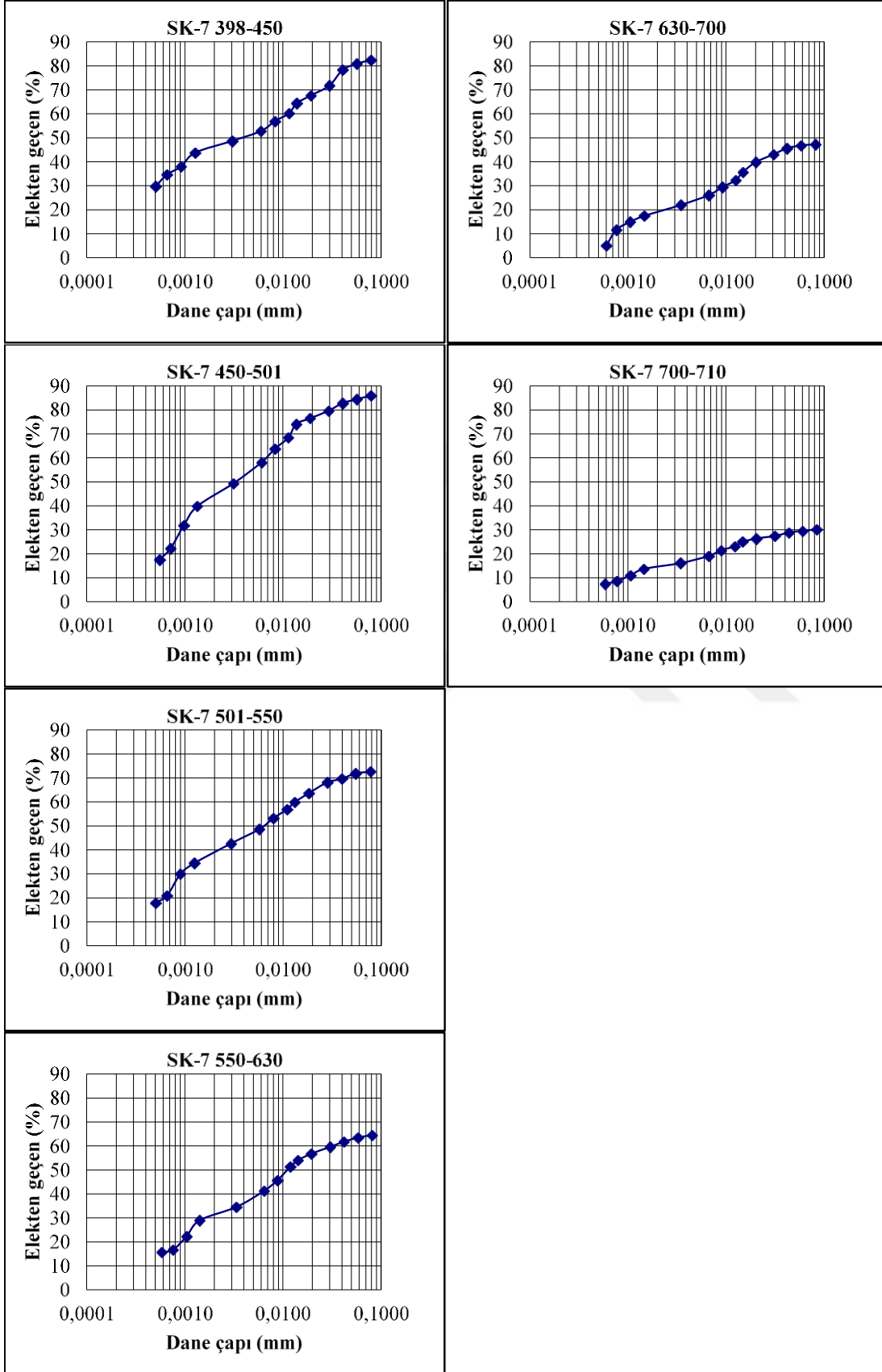
Ek Şekil 3.2'nin devamı



Ek Şekil 3.2'nin devamı



Ek Şekil 3.2'nin devamı



**Ek Tablo 3.1. Piknometre deney sonuçları**

	SK-1 0-50			SK-1 50 66			SK-1 66-119			SK-1 119-157			SK-1 157-202			SK-1 220-270		
Piknometre Ağırlığı (gr)	30.50	30.19	30.69	30.46	30.52	30.36	48.42	48.64	48.53	48.88	48.65	48.53	30.50	30.19	30.69	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	38.74	38.44	38.91	38.72	38.77	38.64	56.65	56.90	56.85	57.12	56.89	56.77	38.74	38.44	38.92	56.67	56.88	56.76
Piknometre+Zemin+Su (gr)	86.26	85.90	86.16	86.16	86.01	86.32	153.54	154.70	153.50	154.61	154.34	155.70	86.46	86.10	86.40	153.40	154.49	153.31
Piknometre+Su (gr)	81.02	80.67	80.96	80.97	80.84	81.12	148.23	149.34	148.13	149.33	149.05	150.43	81.02	80.67	80.96	148.23	149.34	148.13
Özgül Ağırlık	2.75	2.73	2.72	2.69	2.68	2.69	2.82	2.85	2.82	2.78	2.79	2.77	2.94	2.93	2.95	2.68	2.67	2.70
Ortalama Özgül Ağırlık	2.73			2.69			2.83			2.78			2.94			2.68		

	SK-1 270-320			SK-1 310-372			SK-1 372-416			SK-1 416-463			SK-1 463-516			SK-1 516-564		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	30.46	30.52	30.36	48.42	48.64	48.53	48.88	48.65	49.09	48.42	48.64	48.53	30.50	30.19	30.69
Piknometre+Zemin (gr)	57.32	57.11	56.89	38.69	38.77	38.60	56.66	56.89	56.78	57.14	56.91	57.35	56.66	56.88	56.77	38.74	38.43	38.93
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.5	154.5	154.19	86.10	86.00	86.26	153.6	154.7	153.51	154.6	154.4	155.75	153.4	154.5	153.3	86.18	85.86	86.18
Piknometre+Su (gr)	150.4	149.3	149.05	80.97	80.84	81.12	148.2	149.3	148.13	149.3	149.0	150.43	148.2	149.3	148.1	81.02	80.67	80.96
Özgül Ağırlık	2.66	2.71	2.66	2.65	2.67	2.66	2.87	2.86	2.87	2.84	2.85	2.81	2.72	2.75	2.73	2.68	2.70	2.73
Ortalama Özgül Ağırlık	2.68			2.66			2.87			2.83			2.73			2.70		

	SK-1 620-665			SK-1 665-715			SK-1 715-760			SK-1 760-807			SK-1 807-880			SK-1 880-930		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.88	48.65	49.09	48.42	48.64	48.53	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	30.50	30.19	30.69	30.46	30.52	30.36
Piknometre+Zemin (gr)	57.12	56.91	57.29	56.65	56.89	56.75	56.79	57.08	57.62	58.05	57.30	57.03	38.74	38.44	38.94	38.69	38.76	38.60
Piknometre+Zemin+Su (gr)	154.57	154.27	155.62	153.42	154.53	153.2	153.25	154.34	153.60	155.6	154.2	153.98	86.28	85.99	86.24	86.26	86.14	86.40
Piknometre+Su (gr)	149.33	149.05	150.43	148.23	149.34	148.1	148.23	149.34	148.13	150.4	149.3	149.05	81.02	80.67	80.96	80.97	80.84	81.12
Özgül Ağırlık	2.75	2.72	2.72	2.71	2.70	2.68	2.50	2.45	2.51	2.42	2.43	2.43	2.77	2.82	2.78	2.80	2.80	2.78
Ortalama Özgül Ağırlık	2.73			2.69			2.49			2.43			2.79			2.80		

	SK-2 0-50			SK-2 50-114			SK-2 114-168			SK-2 168-218			SK-2 218-265			SK-2 265-314		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	30.46	48.64	48.53	48.88	48.65	48.53	30.50	30.19	30.69	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	56.66	56.87	56.77	57.32	57.11	56.89	38.69	56.90	56.85	57.12	56.89	56.77	38.74	38.44	38.92	56.67	56.88	56.76
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.39	154.41	153.25	155.36	154.23	153.97	86.21	154.70	153.50	154.61	154.34	155.70	86.46	86.10	86.40	153.40	154.49	153.31
Piknometre+Su (gr)	148.23	149.34	148.13	150.43	149.33	149.05	80.97	149.34	148.13	149.33	149.05	150.43	81.02	80.67	80.96	148.23	149.34	148.13
Özgül Ağırlık	2.68	2.60	2.64	2.49	2.47	2.48	2.75	2.85	2.82	2.78	2.79	2.77	2.94	2.93	2.95	2.68	2.67	2.70
Ortalama Özgül Ağırlık	2.64			2.48			2.74			2.66			2.64			2.68		

Ek Tablo 3.1'in devamı

	SK-2 314-356			SK-2 356-418			SK-2 418-470			SK-2 470-500			SK-2 500-545			SK-2 545-575		
Piknometre Ağırlığı (gr)	30.50	30.19	30.69	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	30.46	30.52	30.36	30.50	30.19	30.69
Piknometre+Zemin (gr)	38.73	38.42	38.92	56.66	56.87	56.76	57.32	57.11	56.88	56.72	56.96	56.85	38.69	38.76	38.60	38.73	38.44	38.92
Piknometre+Zemin+Su (gr)	86.08	85.80	86.11	153.38	154.42	153.27	155.5	154.5	154.17	153.56	154.65	153.47	86.07	86.00	86.25	86.30	85.94	86.22
Piknometre+Su (gr)	81.02	80.67	80.96	148.23	149.34	148.13	150.4	149.3	149.05	148.23	149.34	148.13	80.97	80.84	81.12	81.02	80.67	80.96
Özgül Ağırlık	2.60	2.65	2.67	2.67	2.61	2.66	2.67	2.71	2.65	2.79	2.76	2.79	2.63	2.68	2.65	2.79	2.77	2.77
Ortalama Özgül Ağırlık	2.64			2.65			2.68			2.78			2.65			2.78		

	SK-2 575-625			SK-2 625-675			SK-2 575-625		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	30.46	30.53	30.36
Piknometre+Zemin (gr)	56.65	56.87	56.77	57.32	57.11	56.89	38.70	38.77	38.60
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.39	154.49	153.35	155.75	154.62	154.40	86.39	86.22	86.52
Piknometre+Su (gr)	148.23	149.34	148.13	150.43	149.33	149.05	80.97	80.84	81.12
Özgül Ağırlık	2.68	2.67	2.73	2.83	2.80	2.85	2.92	2.88	2.90
Ortalama Özgül Ağırlık	2.69			2.83			2.90		

	SK-3 0-50			SK-3 50-110			SK-3 110-160			SK-3 160-210			SK-3 210-260			SK-3 260-314		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	30.50	30.19	30.69	30.46	30.52	30.36	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	56.72	56.96	56.85	38.73	38.42	38.93	38.69	38.75	38.59	56.64	56.88	56.77	57.32	57.11	56.87	57.32	57.11	56.88
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.56	154.65	153.47	86.11	85.81	86.12	86.04	85.88	86.15	153.24	154.35	153.19	155.55	154.46	154.20	155.55	154.47	154.19
Piknometre+Su (gr)	148.23	149.34	148.13	81.02	80.67	80.96	80.97	80.84	81.12	148.23	149.34	148.13	150.43	149.33	149.05	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.79	2.76	2.79	2.62	2.66	2.68	2.60	2.58	2.57	2.56	2.55	2.59	2.65	2.65	2.68	2.65	2.66	2.66
Ortalama Özgül Ağırlık	2.78			2.65			2.59			2.57			2.66			2.66		

	SK-3 314-365			SK-3 365-414			SK-3 414-466			SK-3 466-505			SK-3 505-555			SK-3 555-605		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	30.46	30.52	30.69	30.50	48.64	30.69	30.50	30.19	48.53	30.46	30.52	30.69	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	56.65	56.87	56.76	38.69	38.75	38.92	38.74	56.87	38.92	38.73	38.42	56.77	38.70	38.75	38.92	57.32	57.12	56.89
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.37	154.42	153.26	86.16	86.01	86.17	86.10	85.80	86.10	86.07	85.79	86.10	86.05	85.95	86.10	155.52	154.47	154.15
Piknometre+Su (gr)	148.23	149.34	148.13	80.97	80.84	80.96	80.97	80.67	80.96	80.97	80.67	80.96	80.97	80.84	80.96	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.66	2.61	2.65	2.71	2.69	2.73	2.65	2.65	2.66	2.63	2.65	2.66	2.61	2.64	2.66	2.62	2.66	2.62
Ortalama Özgül Ağırlık	2.64			2.71			2.66			2.64			2.64			2.63		

Ek Tablo 3.1'in devamı

	SK-3 605-655			SK-3 655-708			SK-3 708-725			SK-3 725-775			SK-3 775-825			SK-3 825-840		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	30.46	30.52	30.69	30.50	30.19	30.69	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	30.46	30.52	30.36
Piknometre+Zemin (gr)	56.66	56.88	56.76	38.68	38.75	38.93	38.73	38.43	38.92	56.66	56.87	56.76	57.31	57.12	56.88	38.69	38.76	38.59
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.28	154.40	153.20	86.13	86.00	86.10	86.19	85.88	86.14	153.44	154.48	153.27	155.60	154.52	154.17	86.14	86.01	86.32
Piknometre+Su (gr)	148.23	149.34	148.13	80.97	80.84	80.96	81.02	80.67	80.96	148.23	149.34	148.13	150.43	149.33	149.05	80.97	80.84	81.12
Özgül Ağırlık	2.58	2.59	2.60	2.69	2.68	2.66	2.69	2.72	2.70	2.72	2.66	2.66	2.70	2.70	2.65	2.69	2.68	2.72
Ortalama Özgül Ağırlık	2.59			2.68			2.70			2.68			2.68			2.70		

	SK-3 840-915		
Piknometre Ağırlığı (gr)	30.50	30.19	30.69
Piknometre+Zemin (gr)	38.73	38.43	38.91
Piknometre+Zemin+Su (gr)	86.32	85.94	86.21
Piknometre+Su (gr)	81.02	80.67	80.96
Özgül Ağırlık	2.81	2.77	2.77
Ortalama Özgül Ağırlık	2.78		

	SK-4 0-50			SK-4 50-96			SK-4 96-150			SK-4 150-196			SK-4 196-250			SK-4 250-300		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.65	49.09	48.88	48.53	48.64	48.42	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	56.81	57.13	56.91	56.51	56.57	56.45	57.04	56.82	56.61	56.39	56.57	56.56	57.12	56.85	56.72	56.42	56.69	56.60
Piknometre+Zemin+Su (gr)	154.25	155.57	154.40	152.83	154.00	152.99	155.30	154.20	153.90	152.86	154.10	152.99	155.04	153.98	153.76	153.06	154.30	153.20
Piknometre+Su (gr)	149.05	150.43	149.33	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23
Özgül Ağırlık	2.76	2.77	2.71	2.43	2.43	2.46	2.58	2.59	2.56	2.46	2.50	2.46	2.35	2.40	2.40	2.61	2.61	2.60
Ortalama Özgül Ağırlık	2.75			2.44			2.58			2.47			2.38			2.60		

	SK-4 300-348			SK-4 348-398			SK-4 398-450			SK-4 450-500		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	57.10	56.90	56.68	56.43	56.69	56.60	57.15	56.90	56.70	56.45	56.63	56.58
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.40	154.28	153.99	152.80	154.10	153.03	155.30	154.21	154.00	153.15	154.32	153.29
Piknometre+Su (gr)	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23
Özgül Ağırlık	2.63	2.61	2.60	2.40	2.45	2.47	2.53	2.55	2.60	2.67	2.65	2.69
Ortalama Özgül Ağırlık	2.62			2.44			2.56			2.67		



Ek Tablo 3.1'in devamı

	SK-6 0-50			SK-6 50-100			SK-6 100-147			SK-6 147-240			SK-6 240-290			6 SK-6 290-350		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	57.09	56.89	56.64	56.22	56.43	56.33	57.15	56.94	56.71	56.46	56.73	56.58	57.11	56.90	56.65	56.47	56.66	56.59
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.47	154.40	154.12	152.89	154.10	153.00	155.40	154.31	154.00	153.00	154.26	153.10	155.27	154.20	153.89	153.11	154.26	153.16
Piknometre+Su (gr)	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23
Özgül Ağırlık	2.70	2.72	2.74	2.57	2.57	2.57	2.61	2.62	2.59	2.54	2.55	2.53	2.52	2.55	2.53	2.62	2.59	2.58
Ortalama Özgül Ağırlık	2.72			2.57			2.61			2.54			2.53			2.59		

	SK-6 350-390			SK-6 390-450			SK-6 450-500			SK-6 500-548			SK-6 548-590			SK-6 590-640		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	57.12	56.91	56.70	56.48	56.69	56.58	57.10	56.94	56.69	56.44	56.70	56.57	57.09	56.89	56.66	57.12	56.92	56.72
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.34	154.21	154.01	153.03	154.19	153.05	155.36	154.28	154.09	153.11	154.38	153.21	155.45	154.32	154.07	155.32	154.18	153.97
Piknometre+Su (gr)	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.57	2.55	2.61	2.55	2.52	2.49	2.60	2.59	2.68	2.64	2.67	2.63	2.68	2.65	2.68	2.56	2.52	2.56
Ortalama Özgül Ağırlık	2.58			2.52			2.62			2.64			2.67			2.55		

	SK-6 640-695			SK-6 695-736			SK-6 736-763			SK-6 763-790		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	56.43	56.65	56.58	57.17	56.92	56.69	56.45	56.65	56.55	57.10	56.93	56.65
Piknometre+Zemin+Su (gr)	153.03	154.24	153.16	154.73	153.61	153.40	152.49	153.61	152.45	154.83	153.76	153.45
Piknometre+Su (gr)	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.58	2.58	2.58	2.14	2.14	2.18	2.19	2.14	2.11	2.22	2.22	2.22
Ortalama Özgül Ağırlık	2.58			2.15			2.15			2.22		

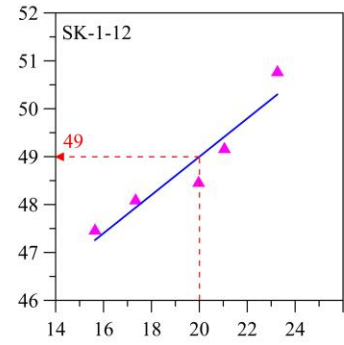
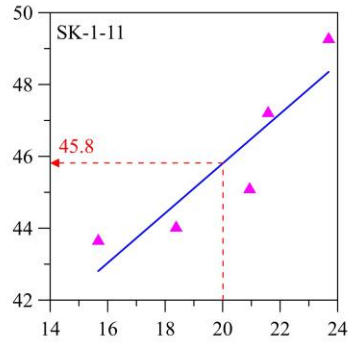
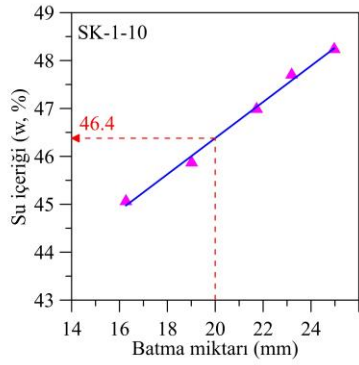
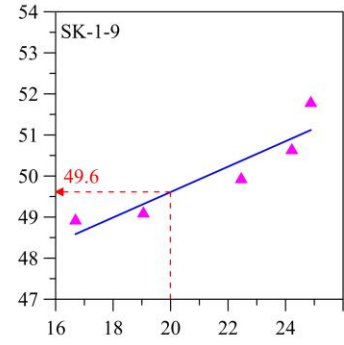
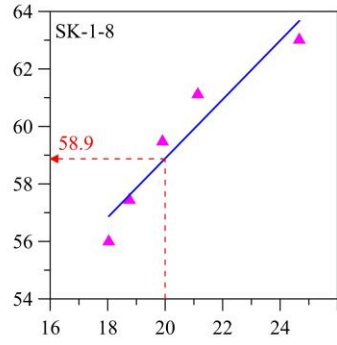
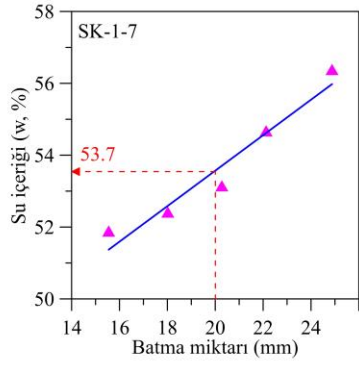
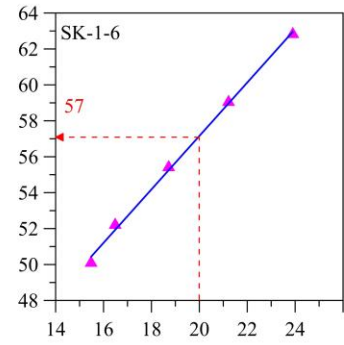
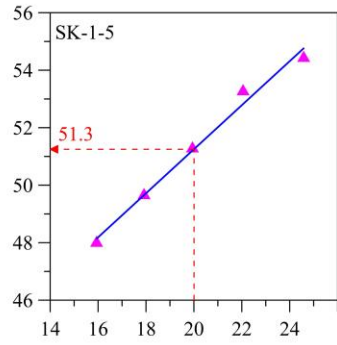
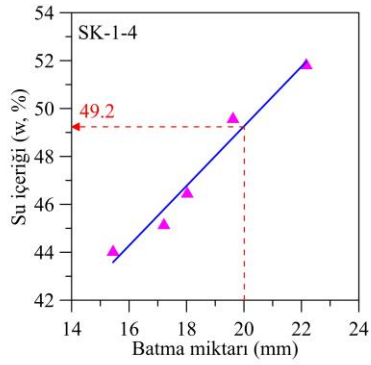
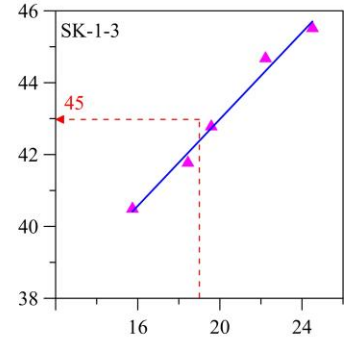
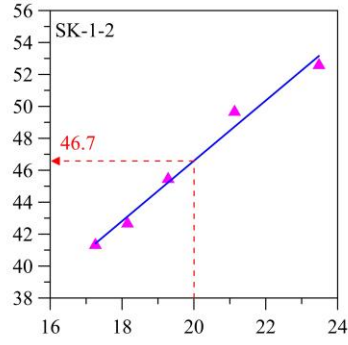
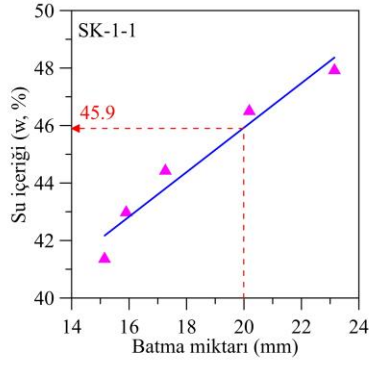
Ek Tablo 3.1'in devamı

	SK-7 0-45			SK-7 45-103			SK-7 103-154			SK-7 154-199			SK-7 199-250			SK-7 250-298		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53
Piknometre+Zemin (gr)	57.11	56.88	56.71	56.47	56.68	56.58	57.14	56.91	56.68	56.40	56.67	56.56	57.15	56.85	56.70	56.51	56.70	56.58
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.50	154.37	154.15	153.22	154.36	153.29	155.44	154.32	154.02	152.63	153.79	152.69	155.47	154.35	154.10	153.02	154.12	153.09
Piknometre+Su (gr)	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23
Özgül Ağırlık	2.72	2.70	2.72	2.72	2.66	2.69	2.65	2.64	2.62	2.29	2.24	2.25	2.67	2.70	2.68	2.53	2.46	2.52
Ortalama Özgül Ağırlık	2.71			2.69			2.64			2.26			2.68			2.50		

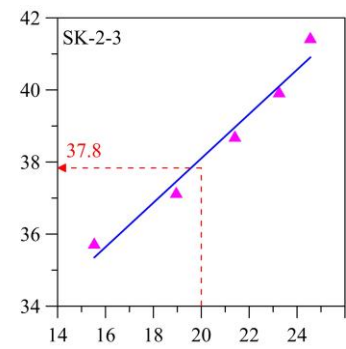
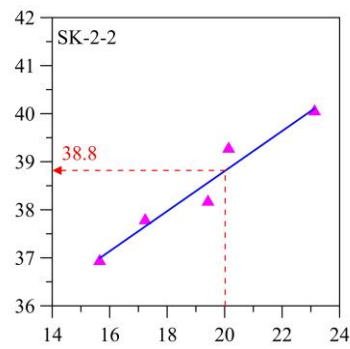
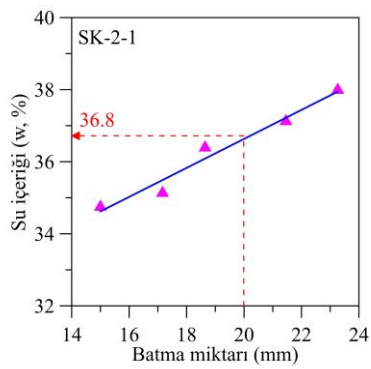
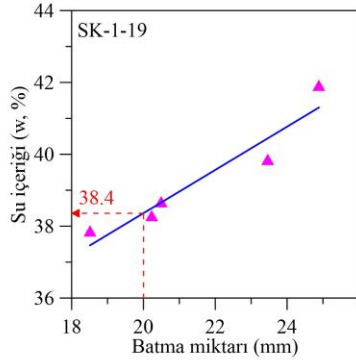
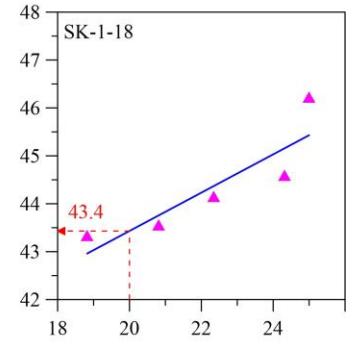
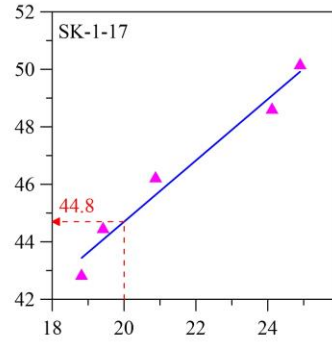
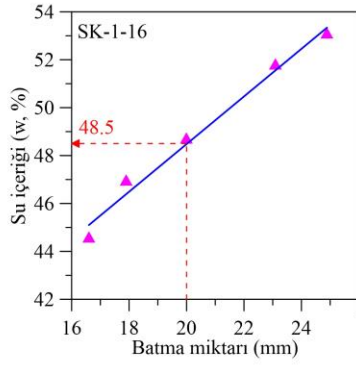
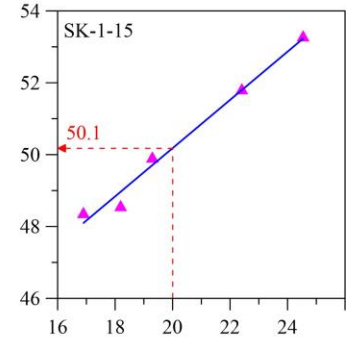
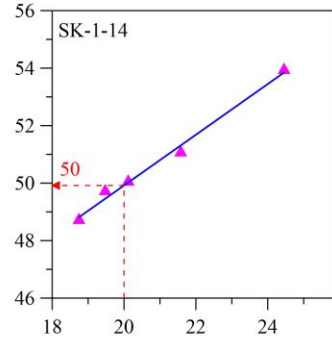
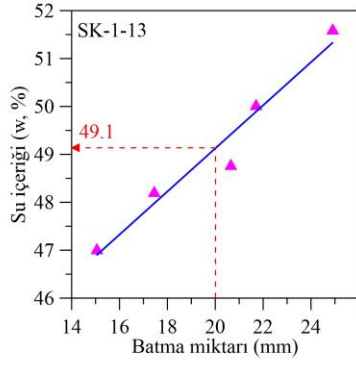
	SK-7 298-347			SK-7 347-398			SK-7 398-450			SK-7 450-501			SK-7 501-550			SK-7 550-630		
Piknometre Ağırlığı (gr)	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65	48.42	48.64	48.53	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	57.11	56.91	56.70	56.43	56.68	56.57	57.14	56.96	56.65	56.46	56.69	56.54	56.42	56.67	56.54	57.14	56.96	56.65
Piknometre+Zemin+Su (gr)	155.24	154.11	153.83	152.89	154.10	152.97	155.31	154.30	153.89	152.88	154.07	152.89	153.16	154.37	153.26	154.93	153.77	153.53
Piknometre+Su (gr)	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05	148.13	149.34	148.23	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.50	2.47	2.46	2.46	2.45	2.44	2.54	2.60	2.53	2.44	2.42	2.39	2.69	2.68	2.69	2.27	2.22	2.27
Ortalama Özgül Ağırlık	2.48			2.45			2.56			2.42			2.69			2.25		

	SK-7 630-700			SK-7 700-710		
Piknometre Ağırlığı (gr)	48.42	48.64	48.53	49.09	48.88	48.65
Piknometre+Zemin (gr)	56.44	56.71	56.58	57.11	56.94	56.66
Piknometre+Zemin+Su (gr)	152.62	153.85	152.69	154.85	153.72	153.45
Piknometre+Su (gr)	148.13	149.34	148.23	150.43	149.33	149.05
Özgül Ağırlık	2.27	2.27	2.24	2.23	2.20	2.22
Ortalama Özgül Ağırlık	2.26			2.21		

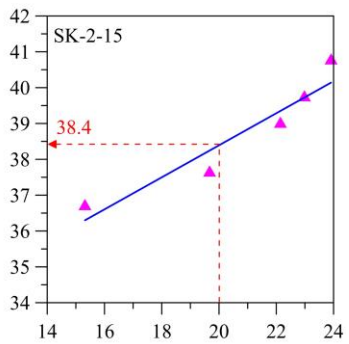
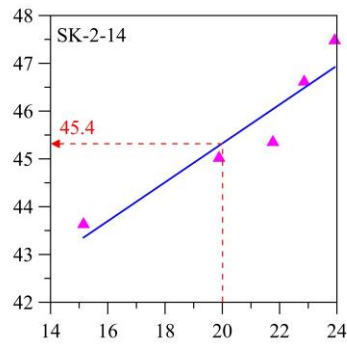
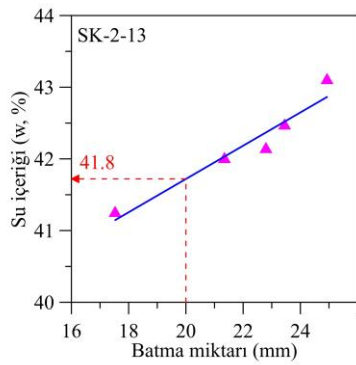
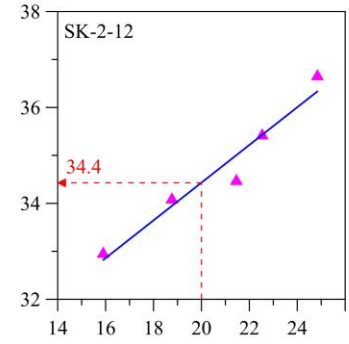
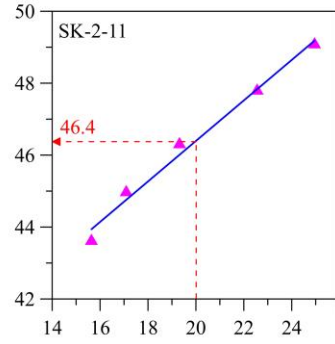
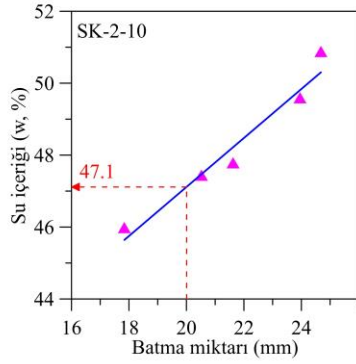
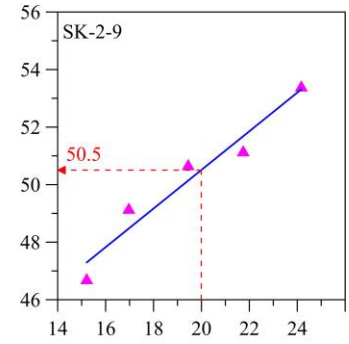
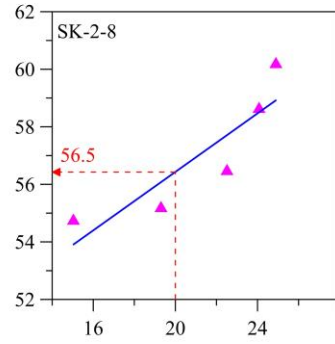
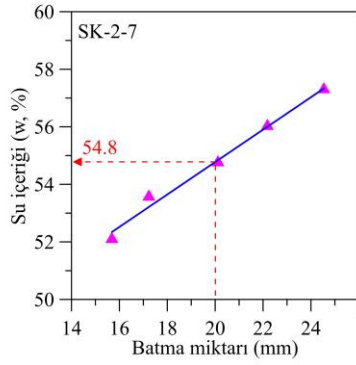
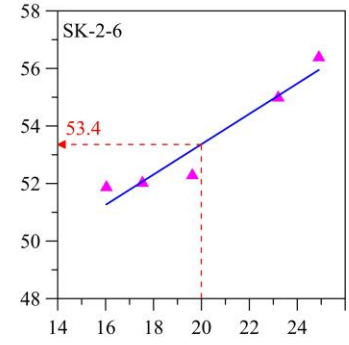
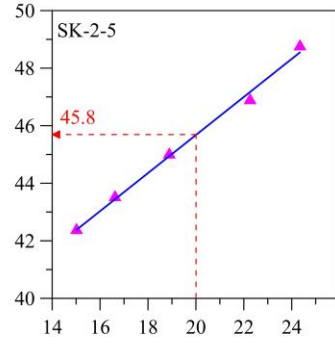
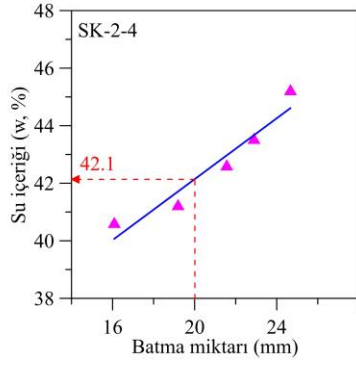
Ek Şekil 3.3. Likit limit deneyi sonucu oluşturulan grafikler



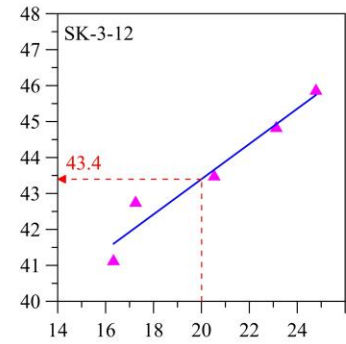
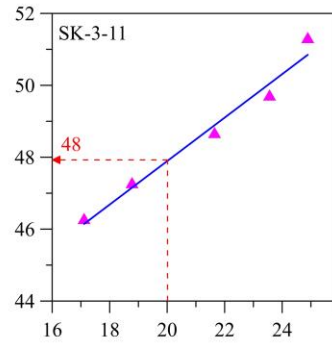
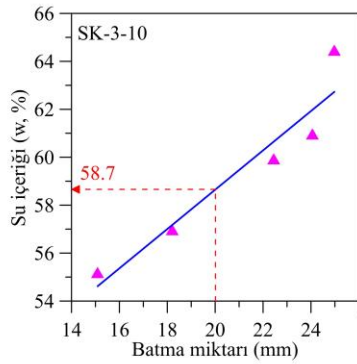
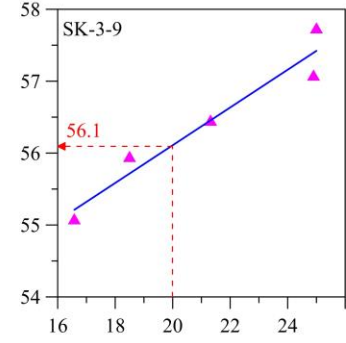
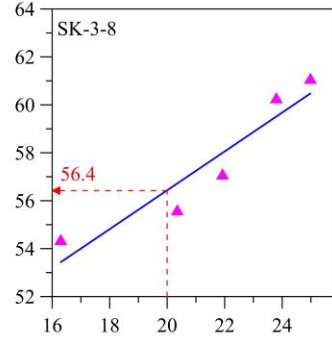
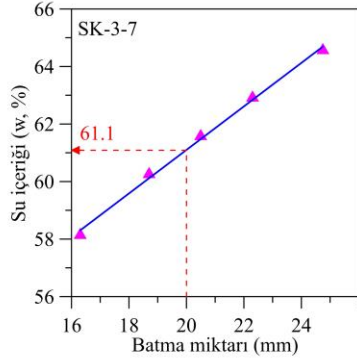
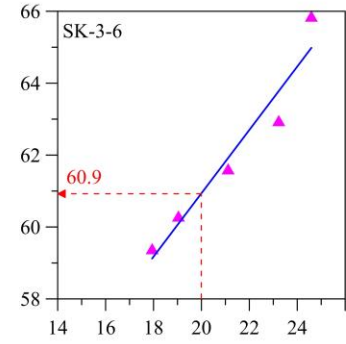
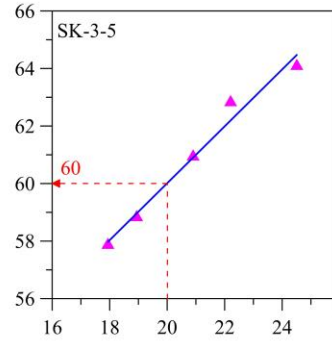
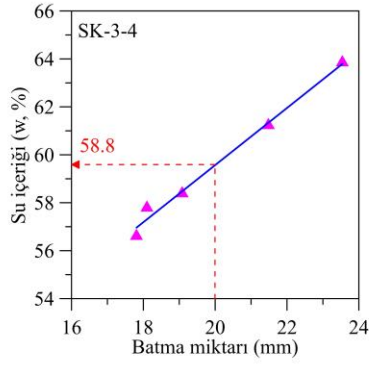
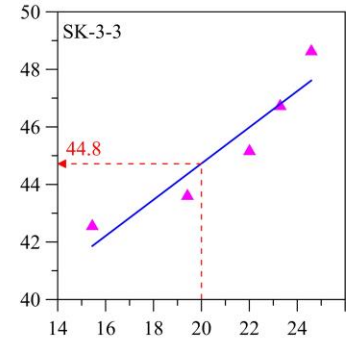
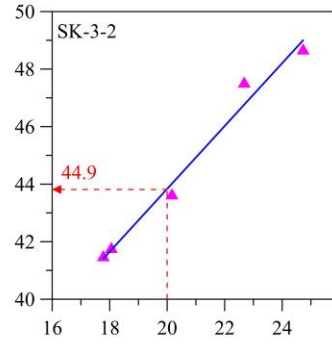
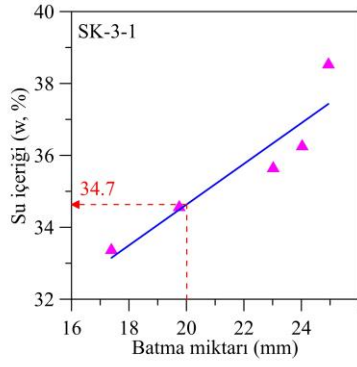
Ek Şekil 3.3'ün devamı



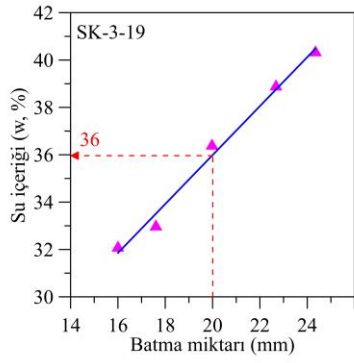
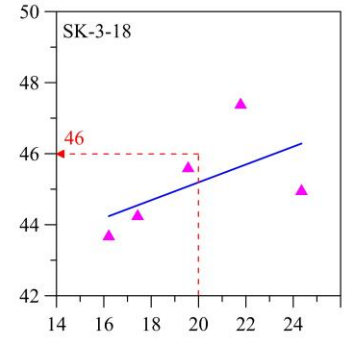
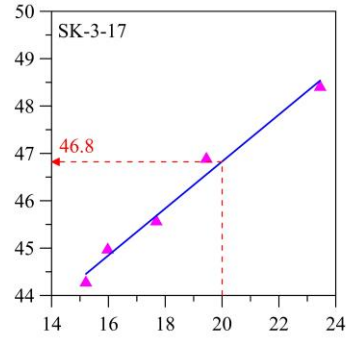
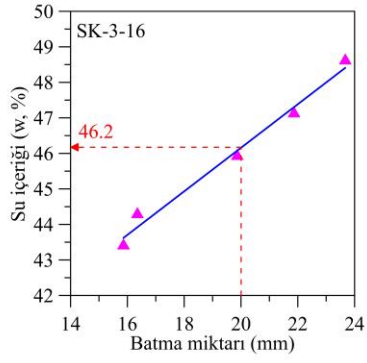
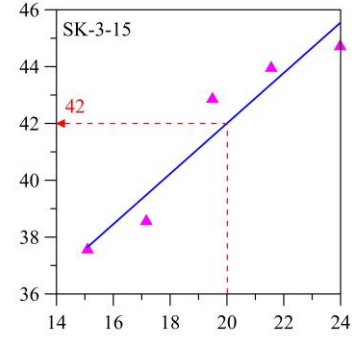
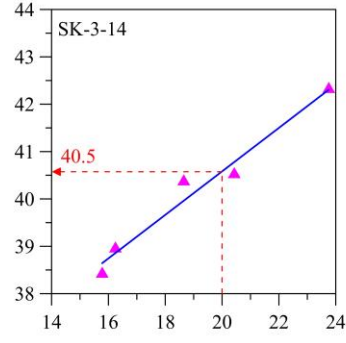
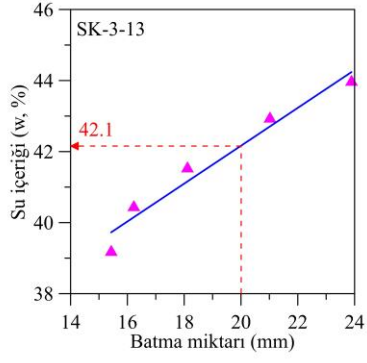
Ek Şekil 3.3'ün devamı



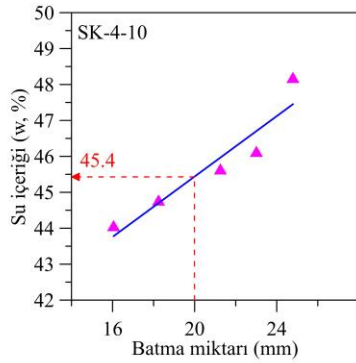
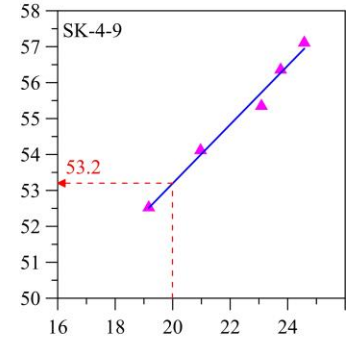
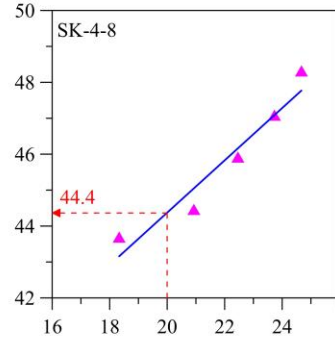
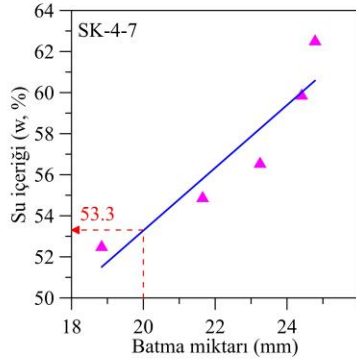
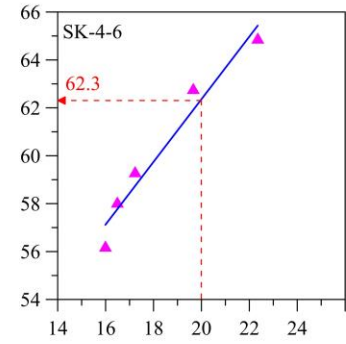
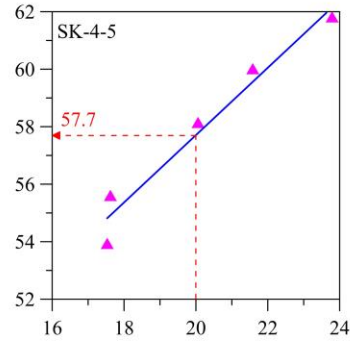
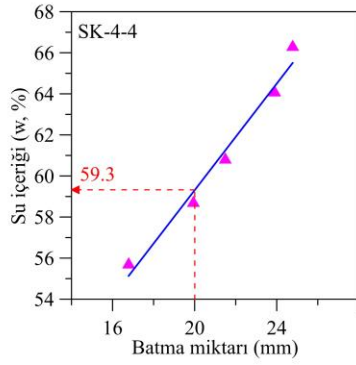
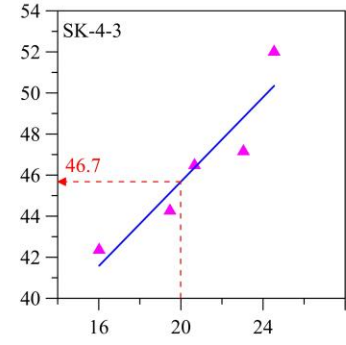
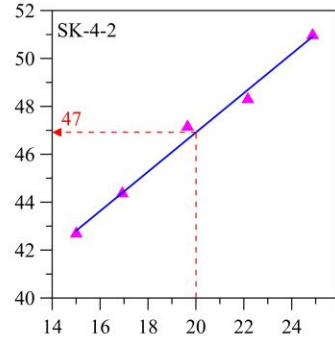
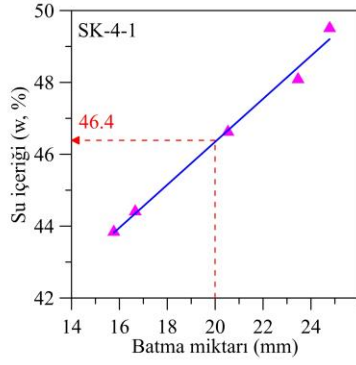
Ek Şekil 3.3'ün devamı



Ek Şekil 3.3'ün devamı

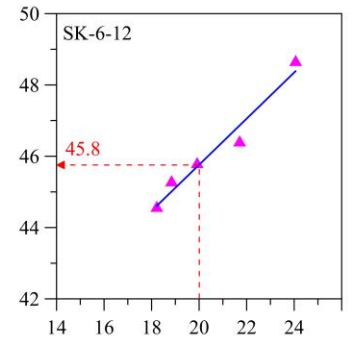
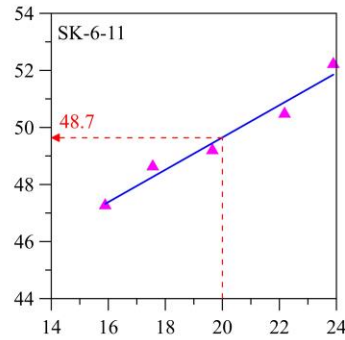
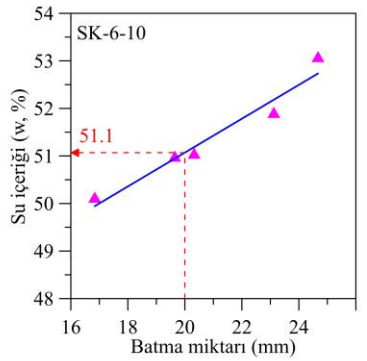
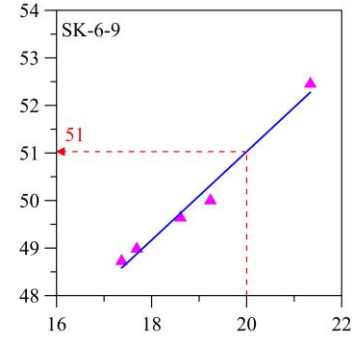
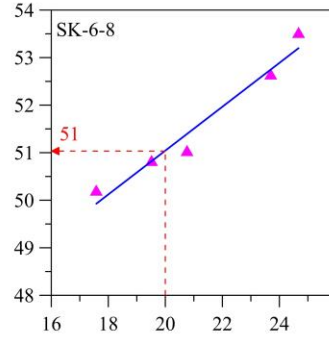
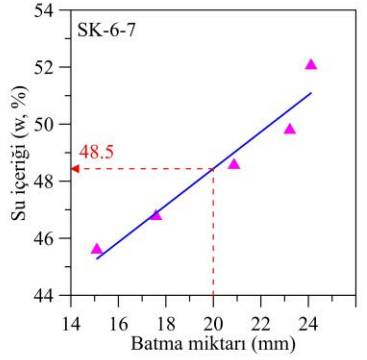
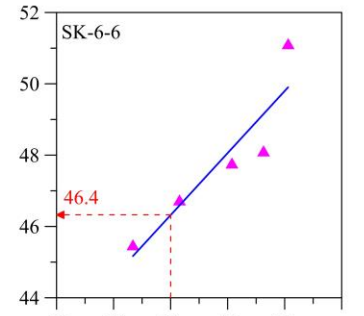
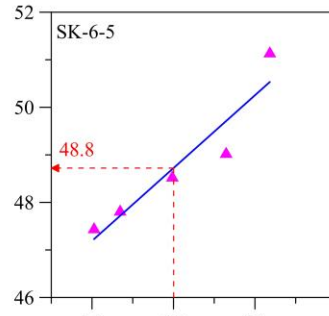
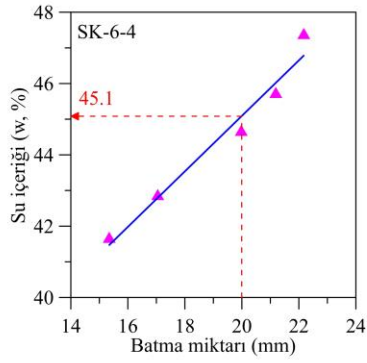
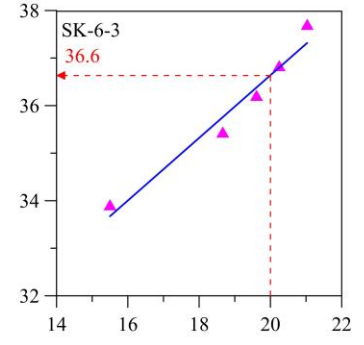
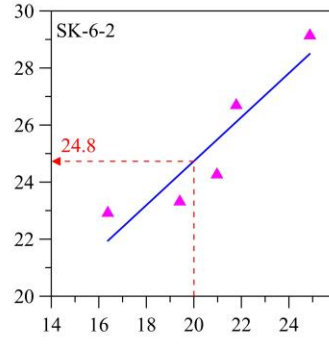
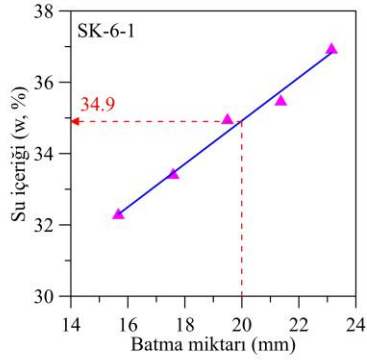


Ek Şekil 3.3'ün devamı

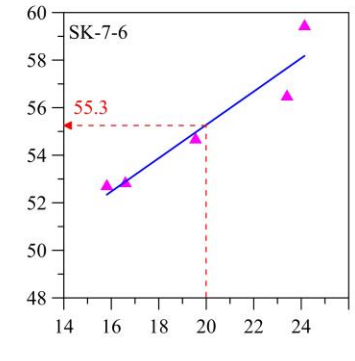
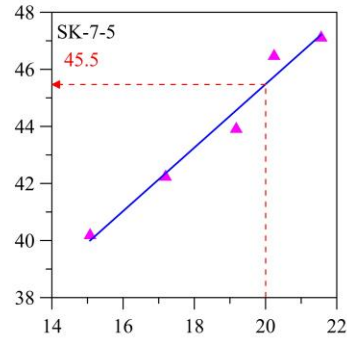
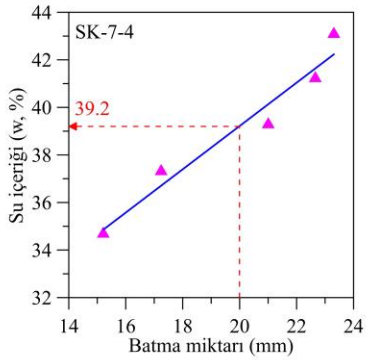
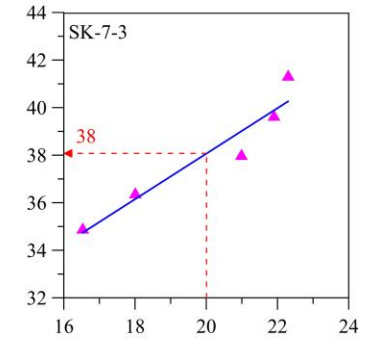
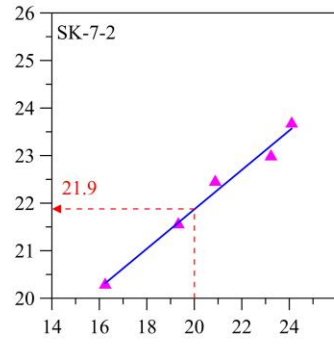
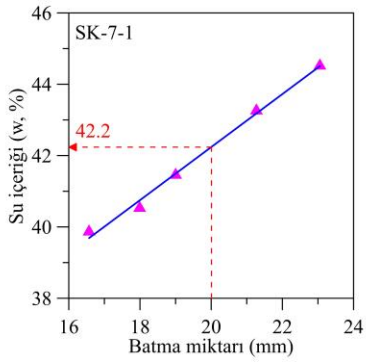
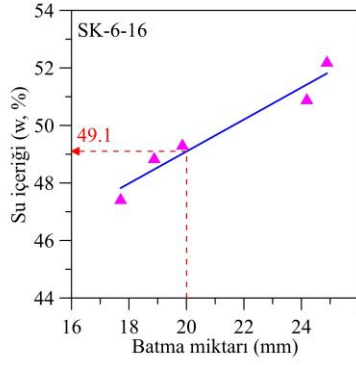
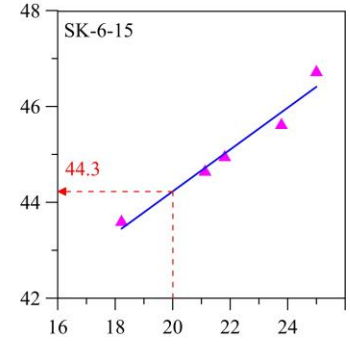
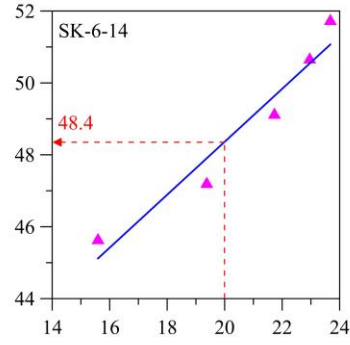
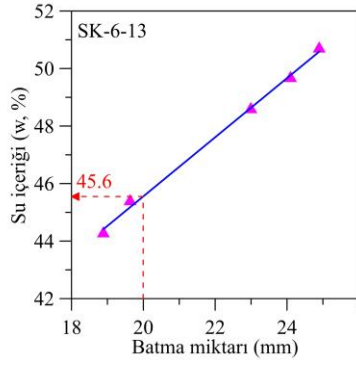




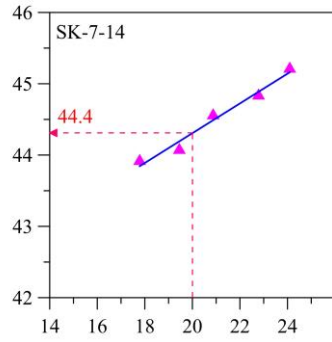
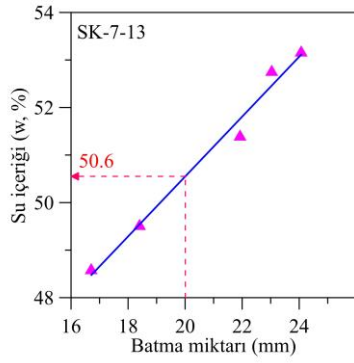
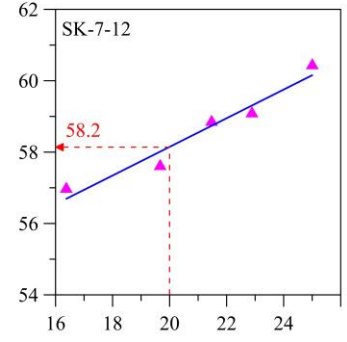
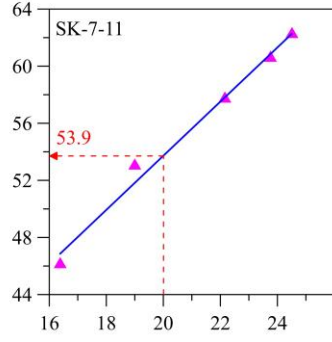
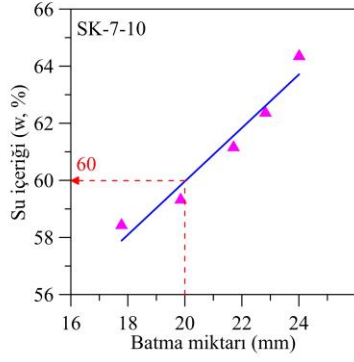
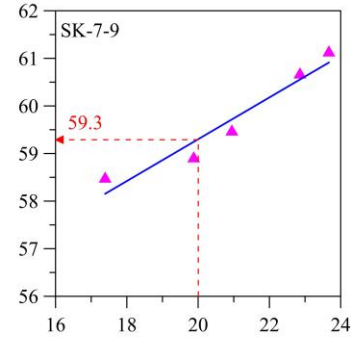
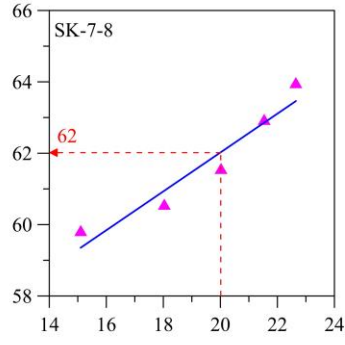
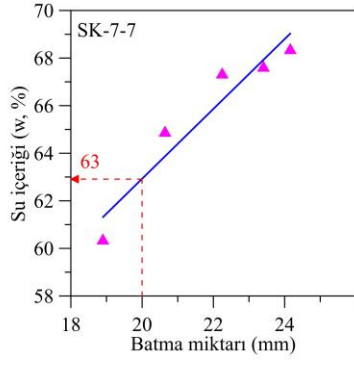
Ek Şekil 3.3'ün devamı



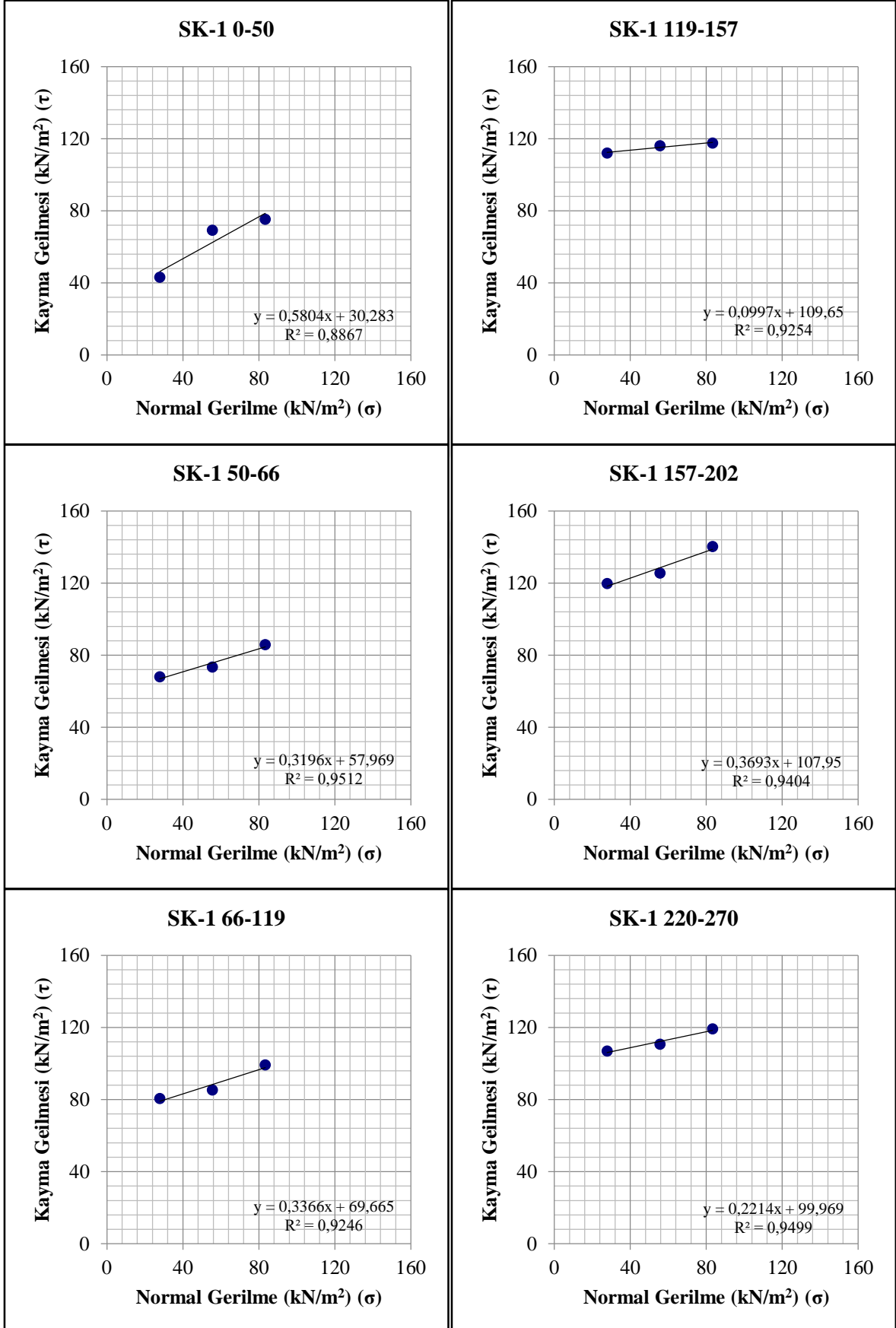
Ek Şekil 3.3'ün devamı



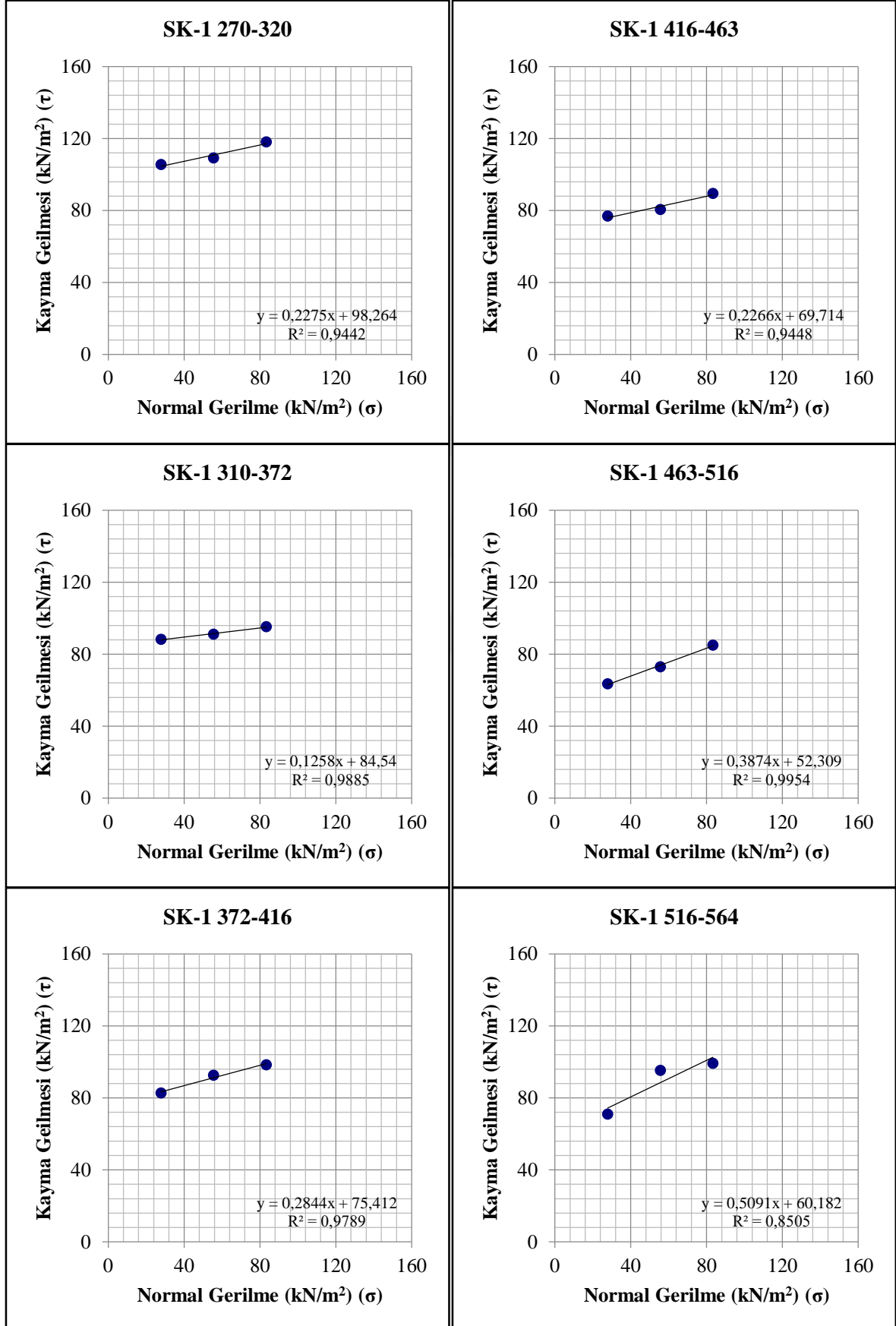
Ek Şekil 3.3'ün devamı



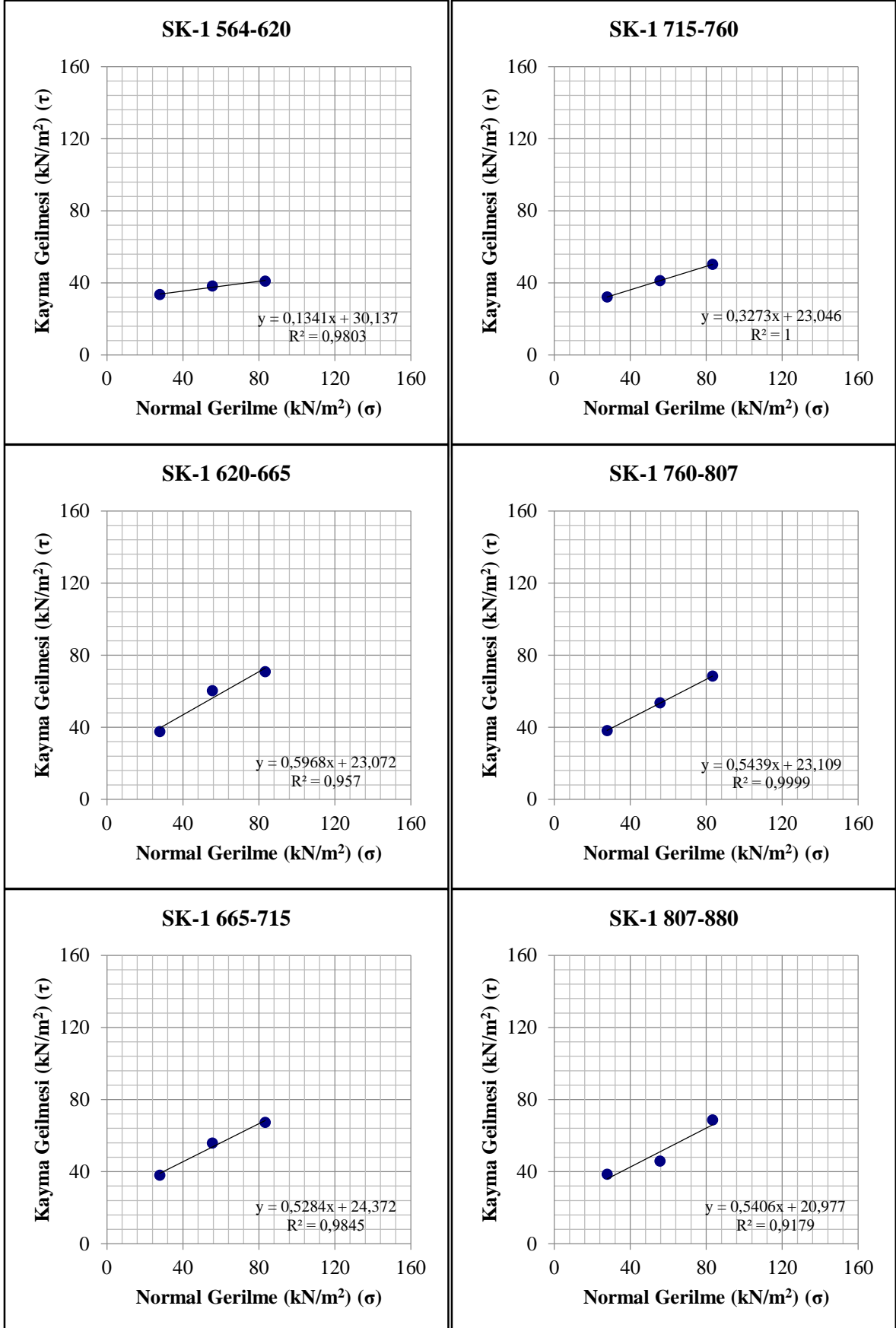
Ek Şekil 3.4. Kesme kutusu deney sonucunda oluşturulan grafikler



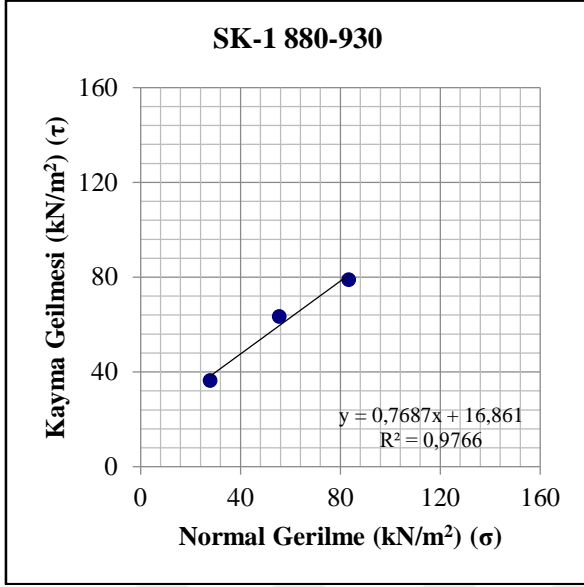
Ek Şekil 3.4'ün devamı



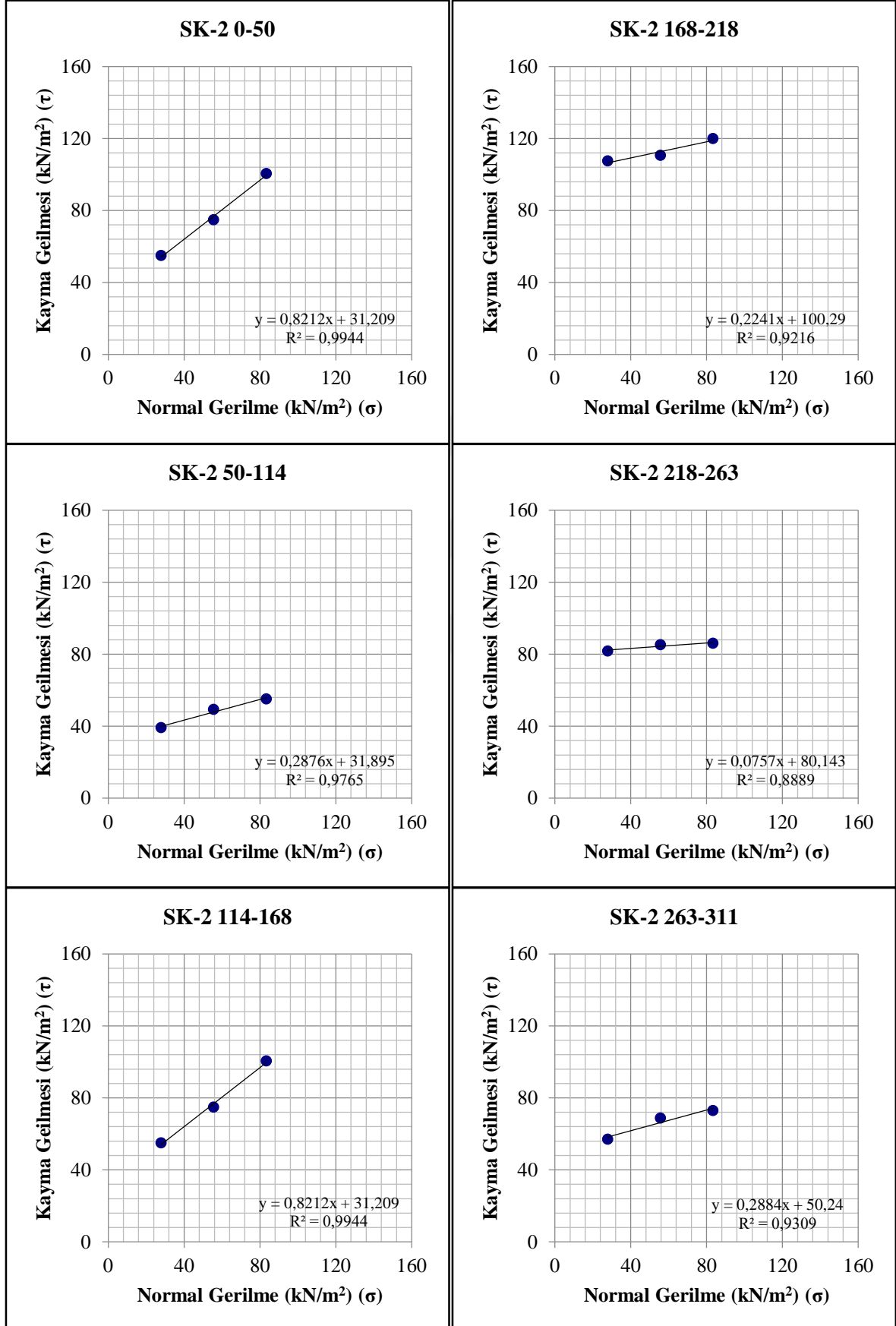
Ek Şekil 3.4'ün devamı



Ek Şekil 3.4'ün devamı

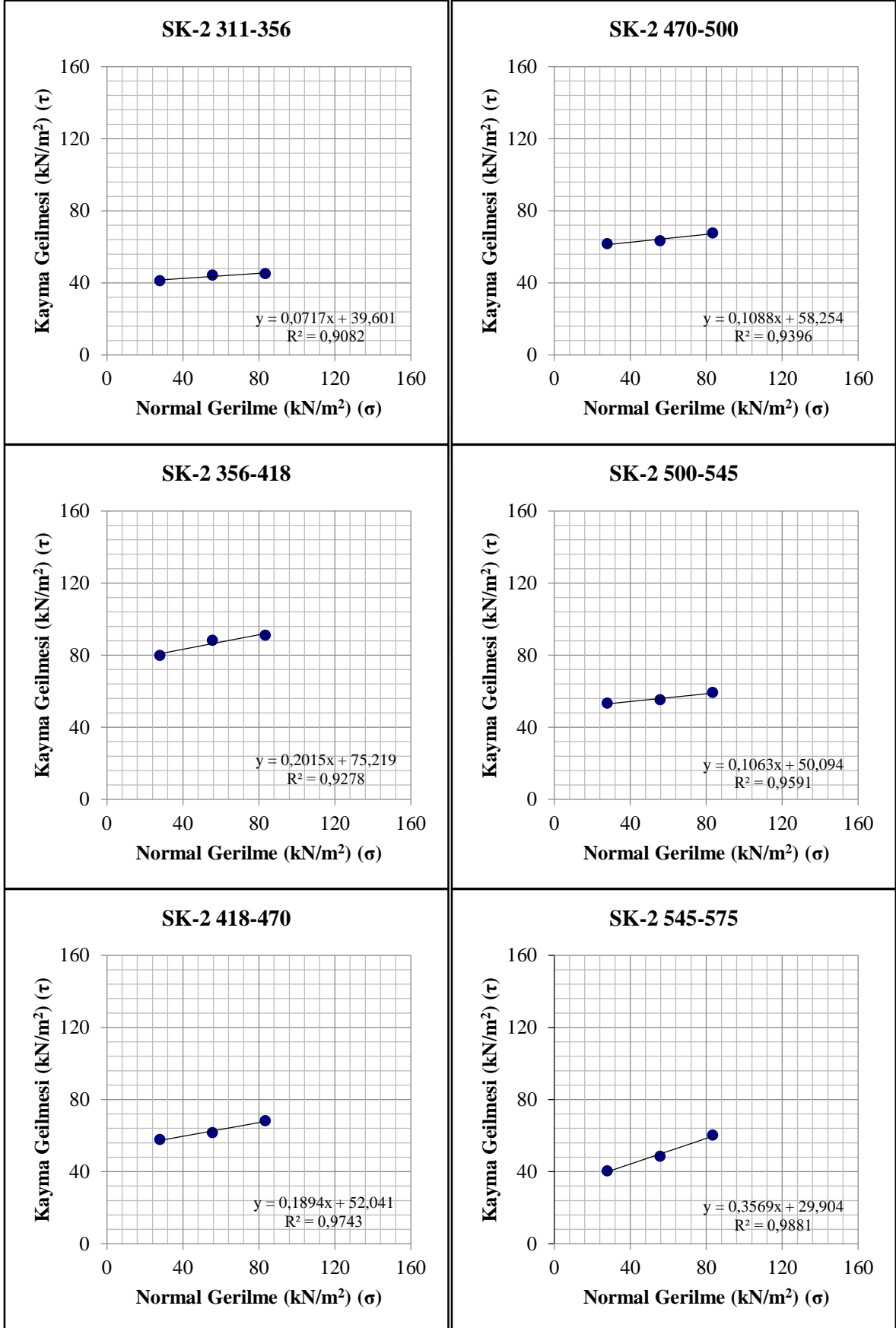


Ek Şekil 3.4'ün devamı

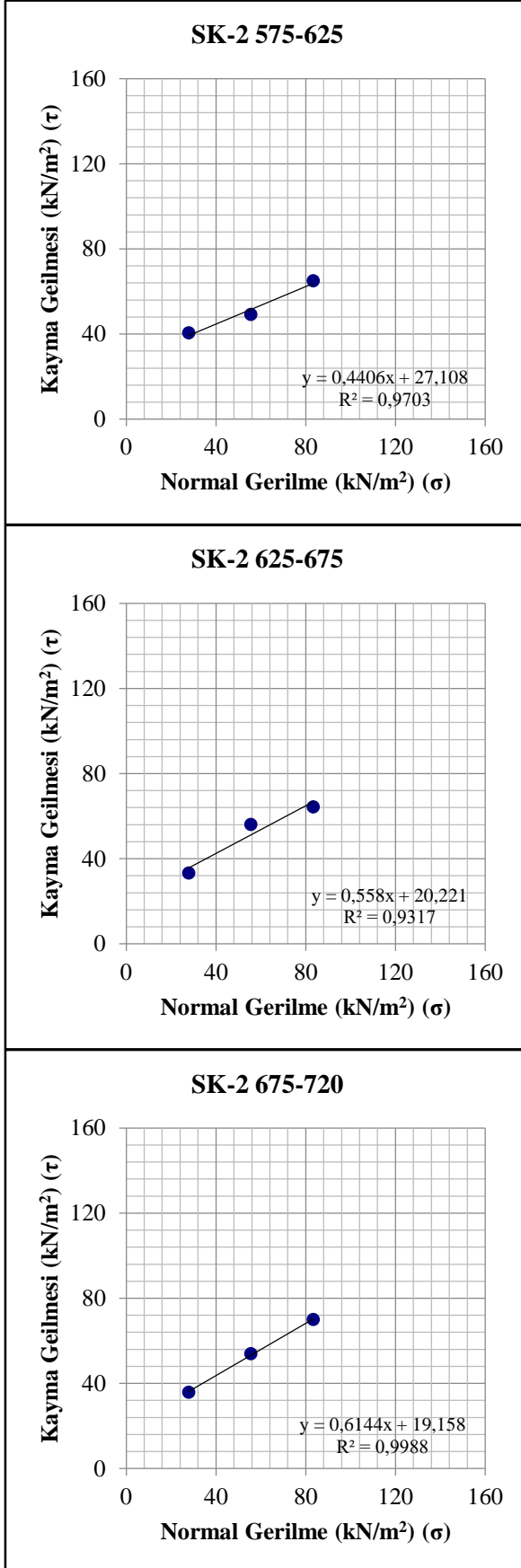




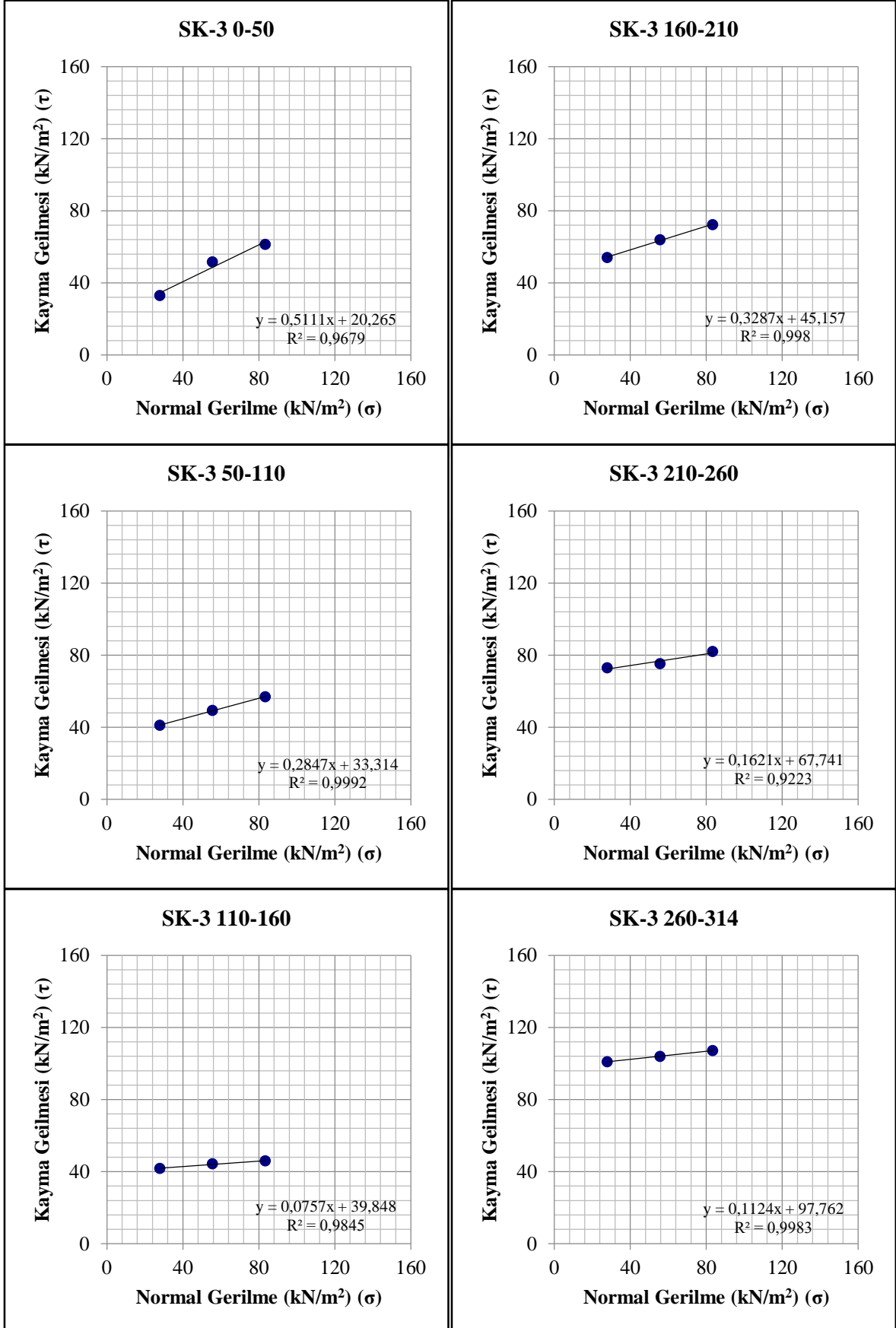
Ek Şekil 3.4'ün devamı



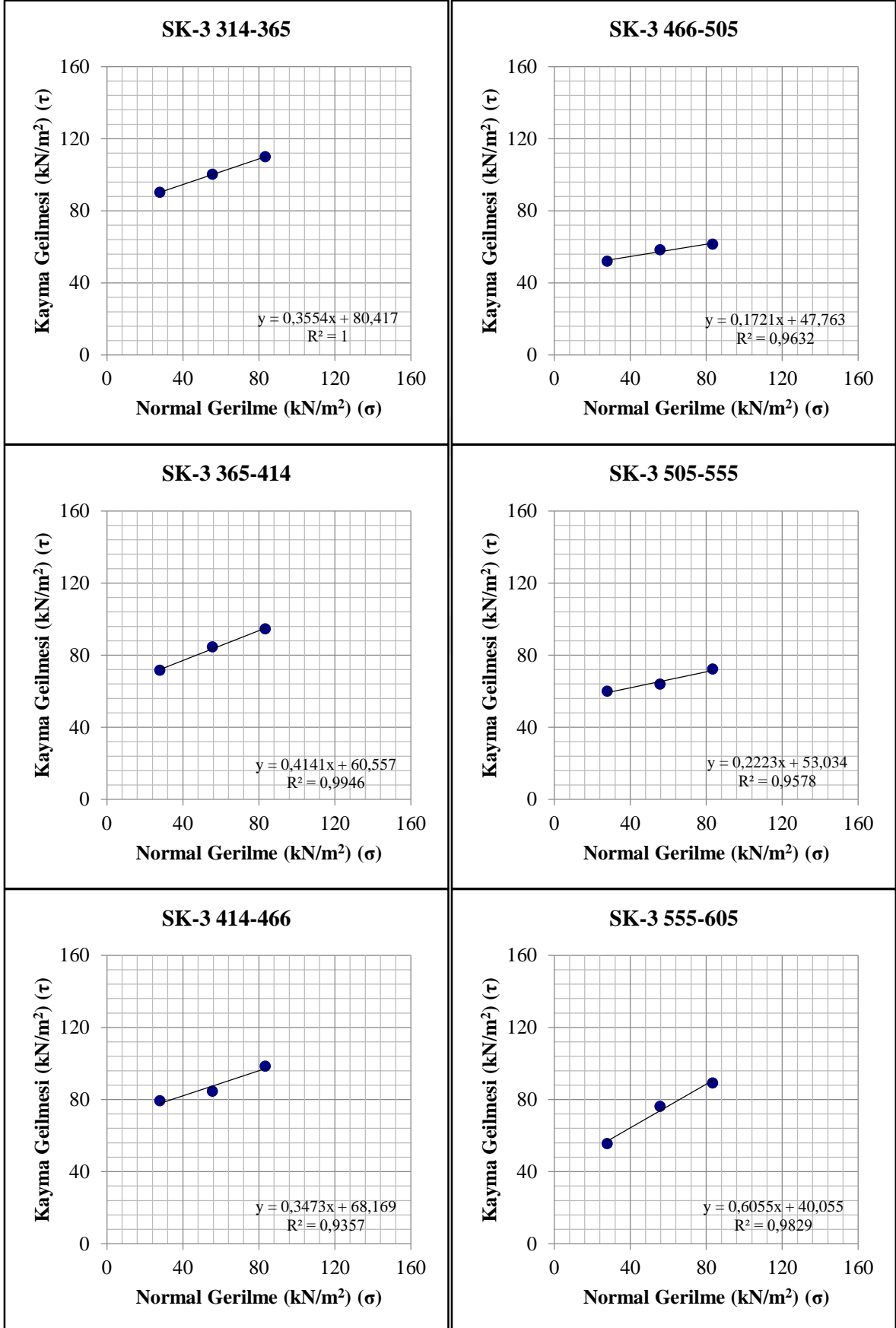
Ek Şekil 3.4'ün devamı



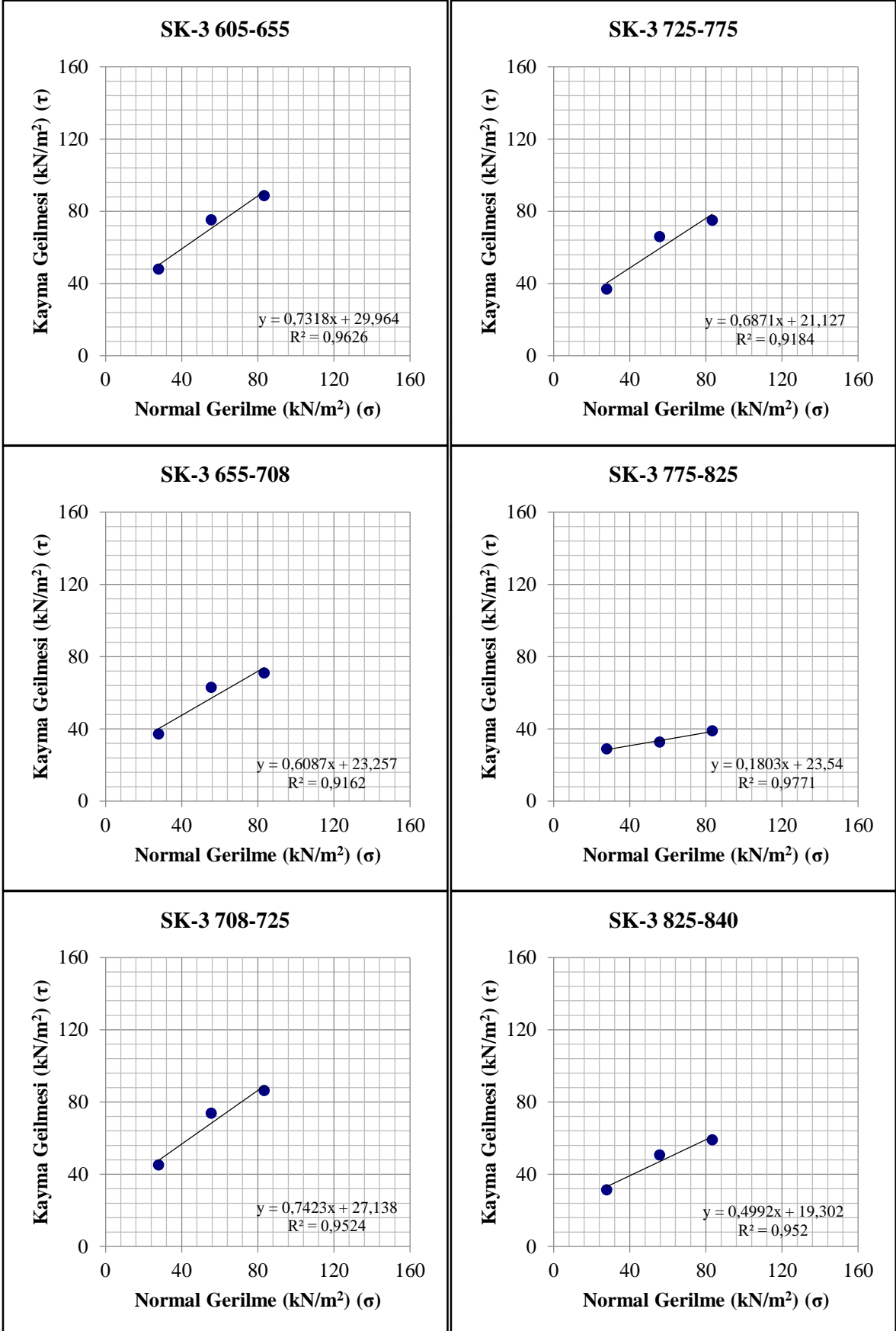
Ek Şekil 3.4'ün devamı



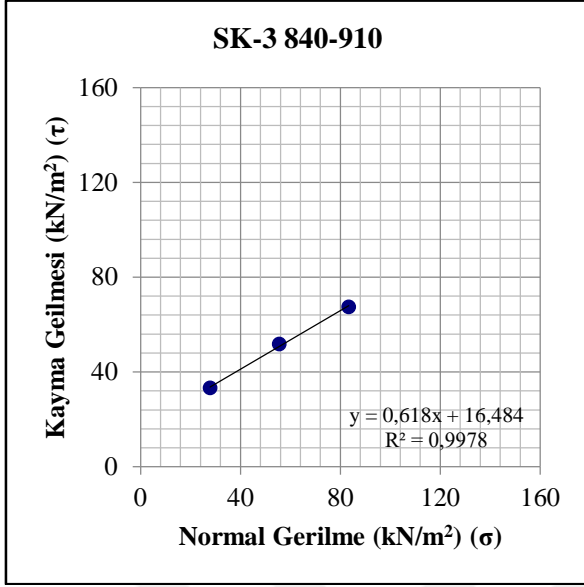
Ek Şekil 3.4'ün devamı



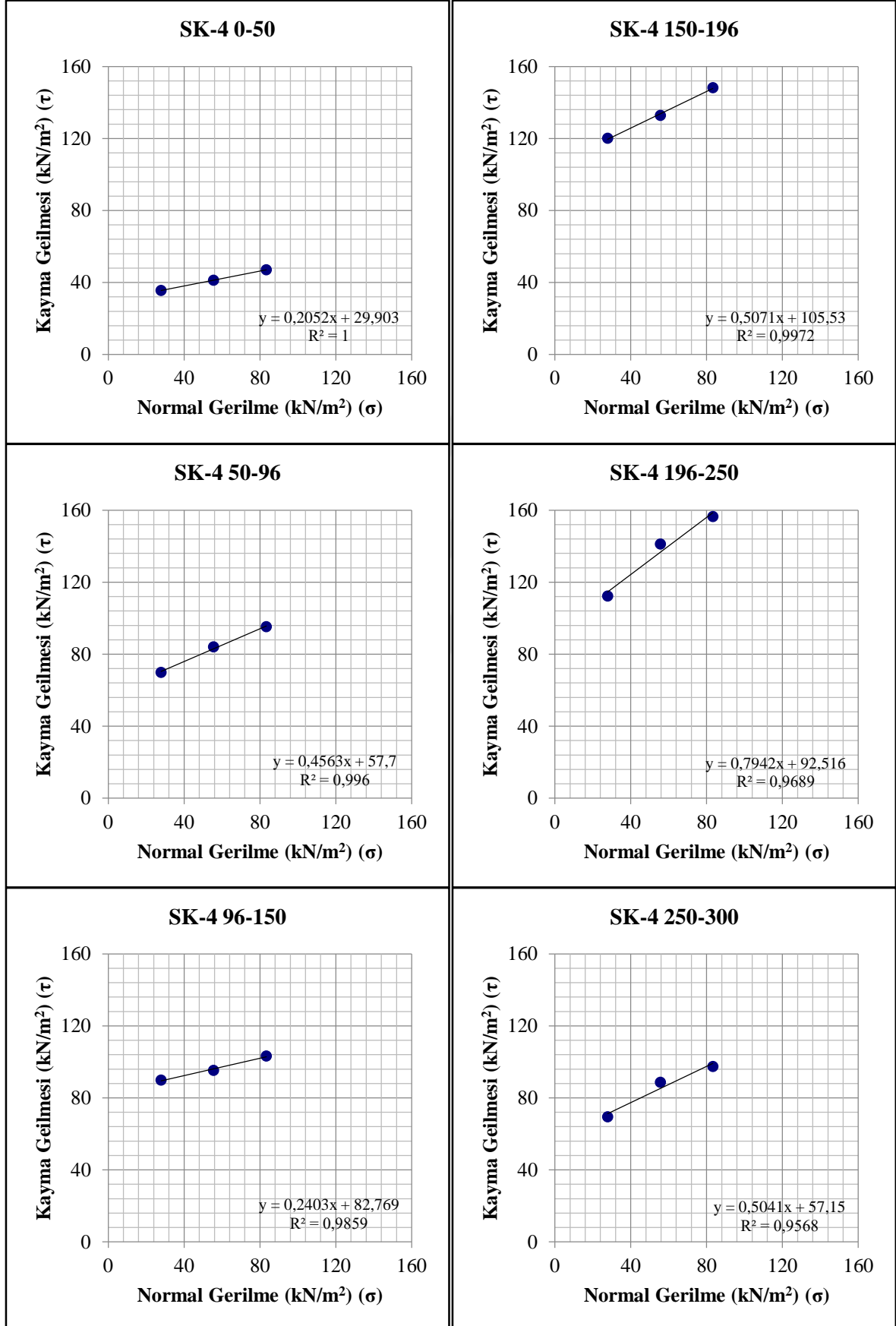
Ek Şekil 3.4'ün devamı



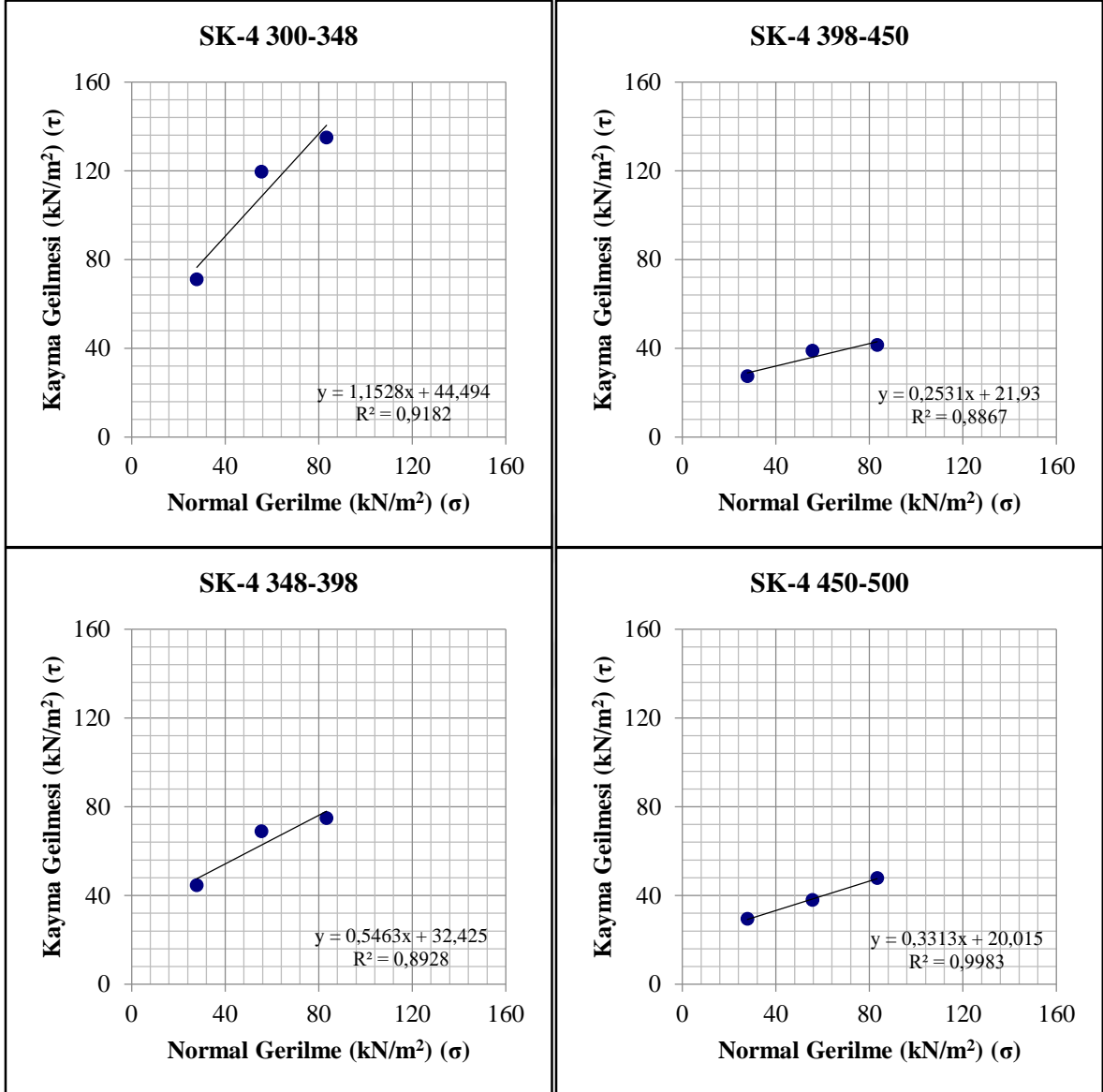
Ek Şekil 3.4'ün devamı



Ek Şekil 3.4'ün devamı

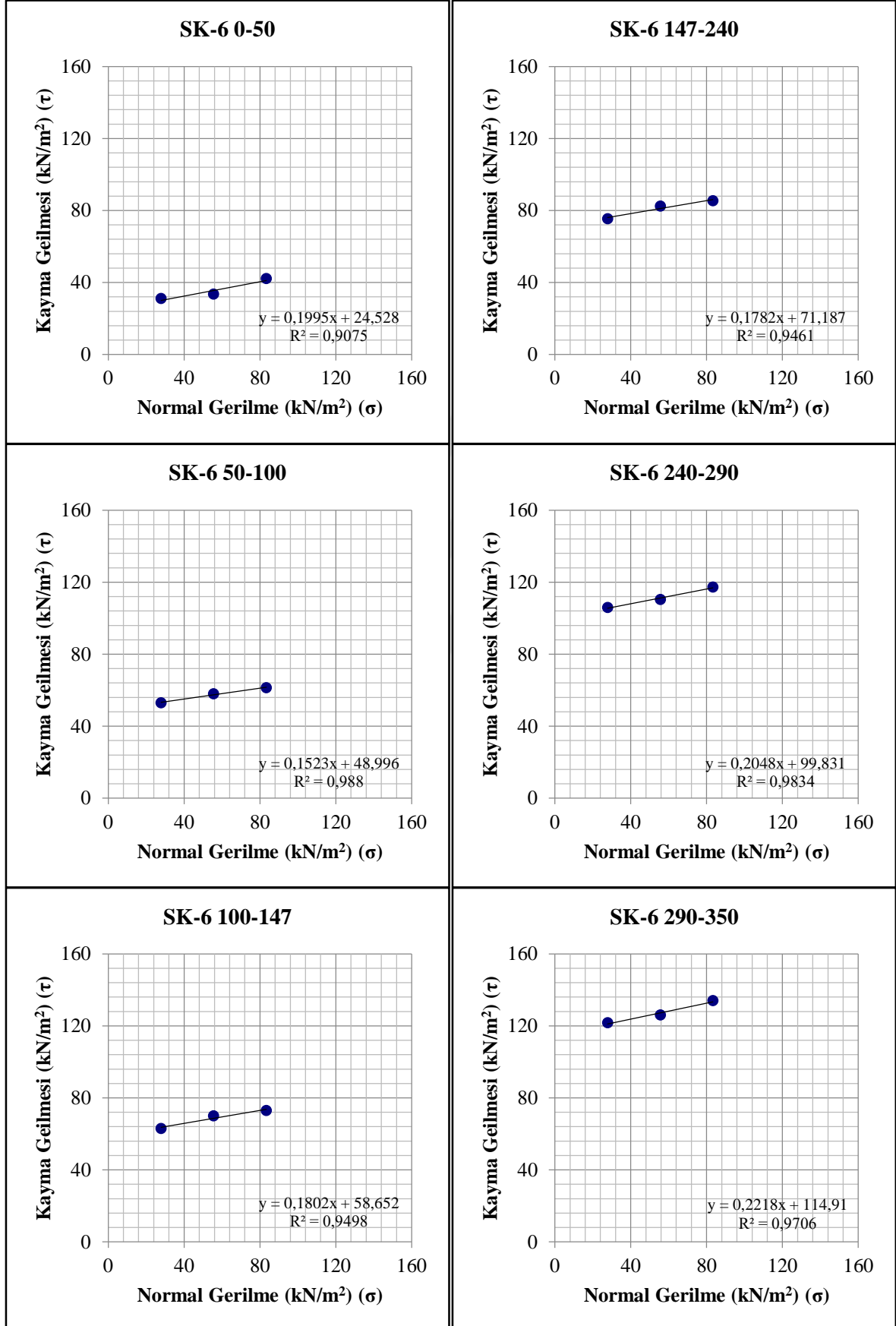


Ek Şekil 3.4'ün devamı

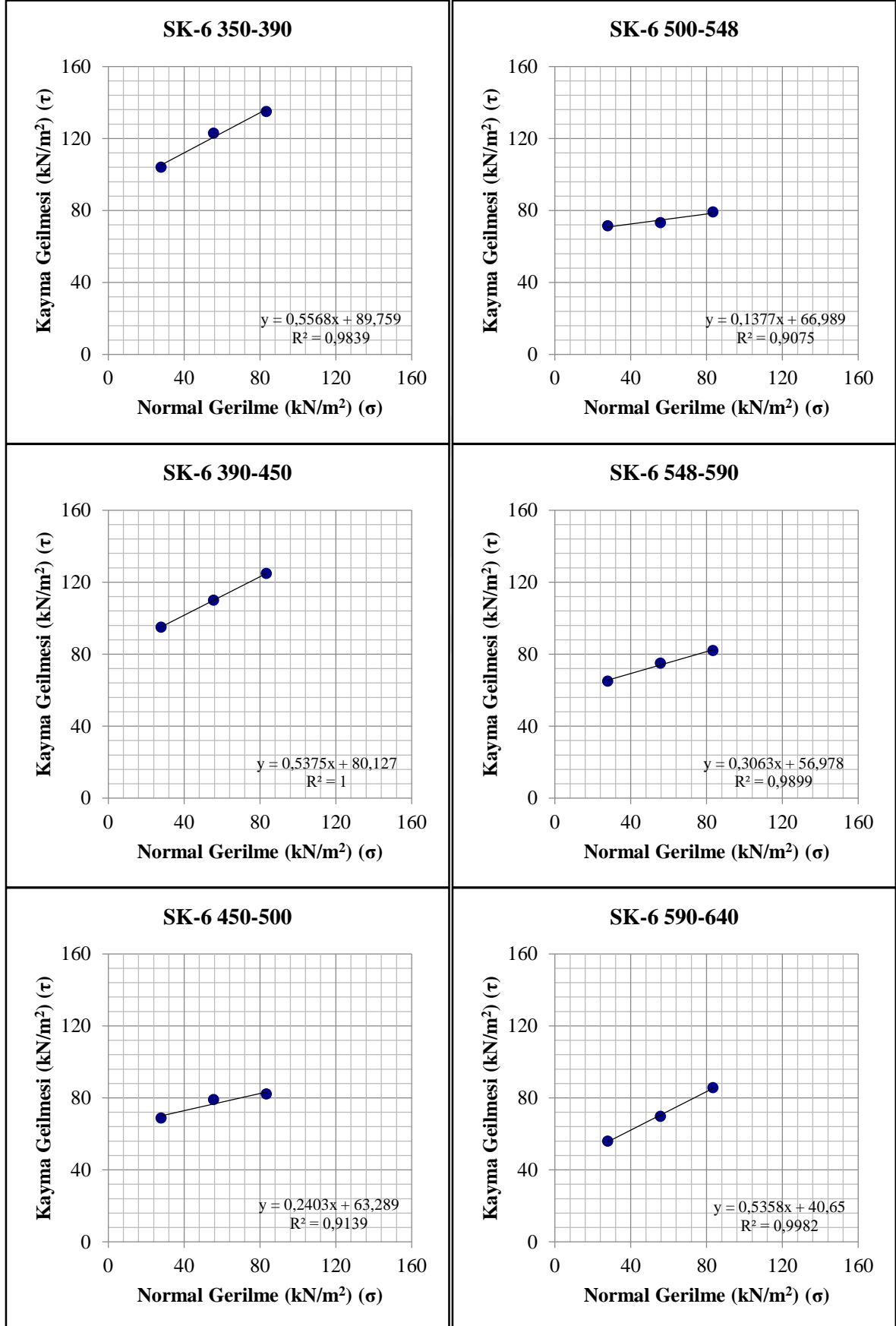




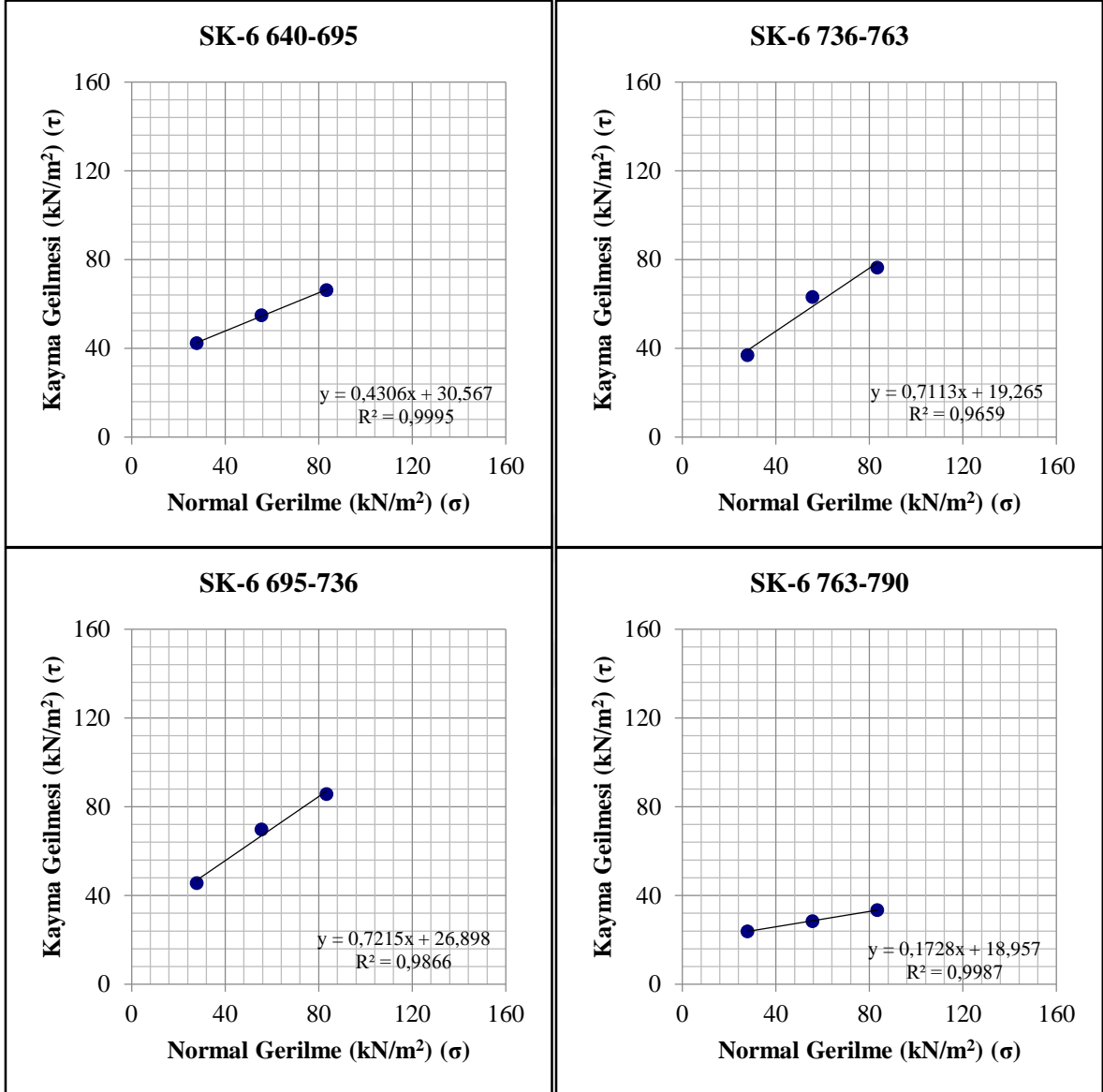
Ek Şekil 3.4'ün devamı



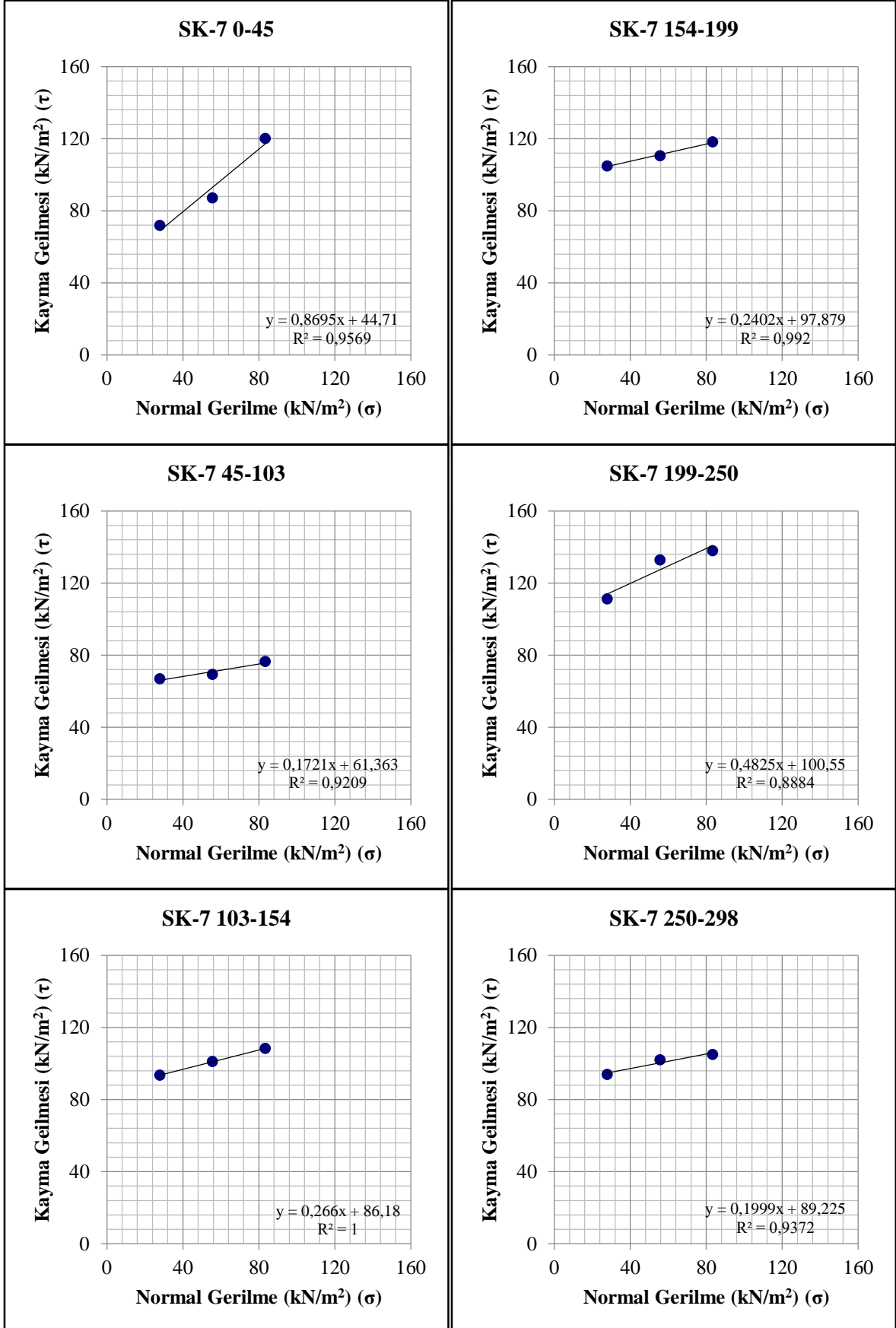
Ek Şekil 3.4'ün devamı



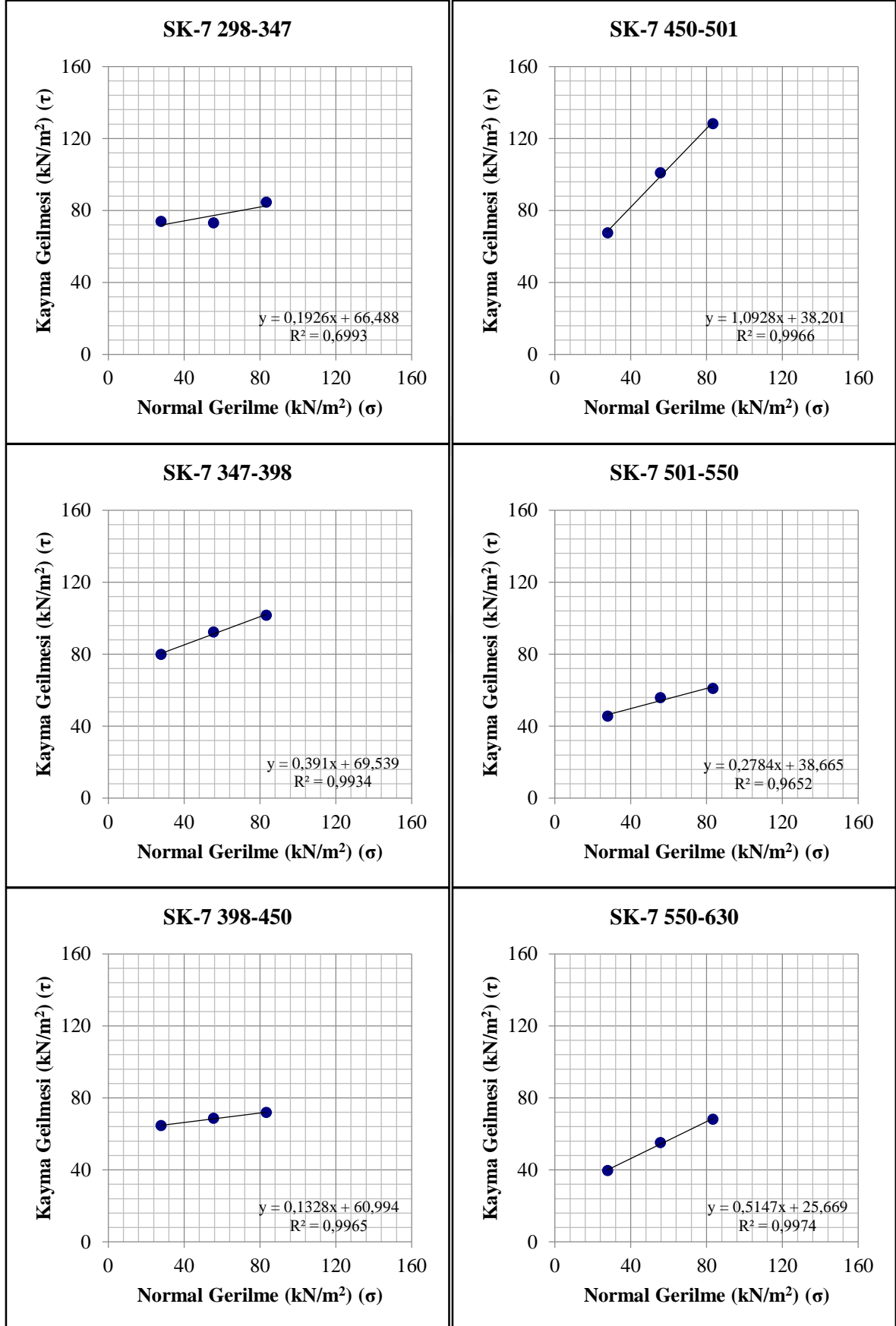
Ek Şekil 3.4'ün devamı



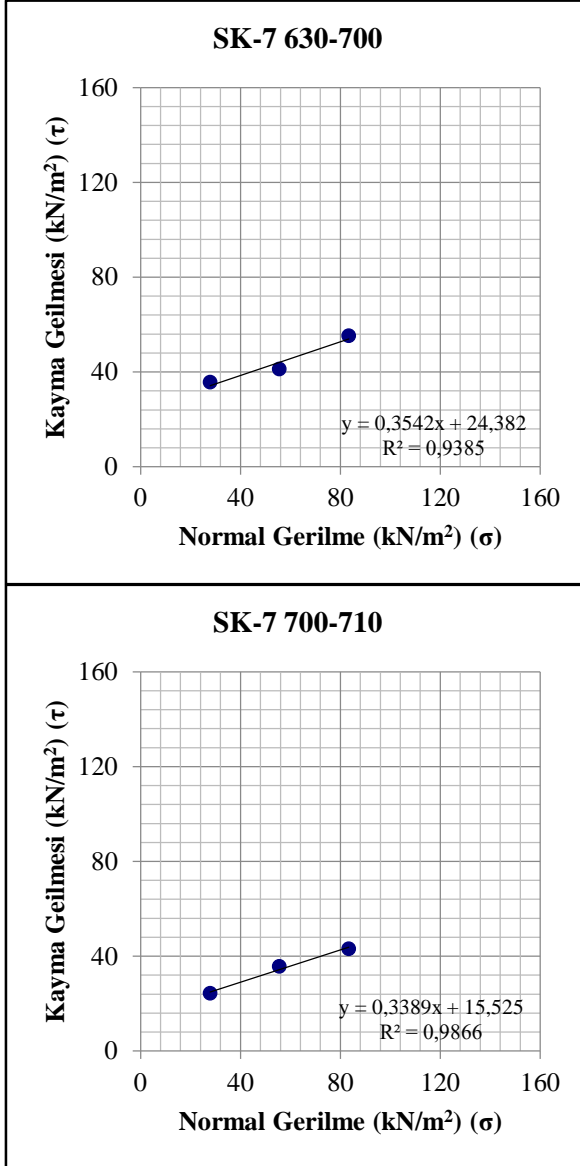
Ek Şekil 3.4'ün devamı



Ek Şekil 3.4'ün devamı



Ek Şekil 3.4'ün devamı



**Ek Tablo 3.2. Regolitik zeminler de derinlik boyunca yapılan tüm kayaç analizi sonuçları ve anakaya tüm kayaç analizi sonuçları**

SK-1	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	Sum	
MDL	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01	
0-50	63.3330	14.5430	9.5820	0.6501	0.4701	0.0900	0.8202	1.5503	0.1300	0.0300	0.0320	0.0156	0.0038	0.0092	0.0323	0.0023	0.0024	0.0019	8.70	100	
50-66	69.8861	11.5410	8.1507	0.5300	0.4900	0.0800	0.7501	1.7702	0.0700	0.0300	0.0310	0.0150	0.0035	0.0083	0.0362	0.0025	0.0031	0.0016	6.60	100	
66-119	60.4241	12.3110	16.3847	0.4304	0.2002	0.0400	0.7206	1.3512	0.0601	0.0801	0.0310	0.0170	0.0035	0.0057	0.0280	0.0019	0.0019	0.0014	7.90	100	
119-157	64.6359	12.4546	12.3345	0.3905	0.1602	0.0400	0.7108	1.4517	0.0801	0.1502	0.0200	0.0173	0.0037	0.0052	0.0306	0.0020	0.0024	0.0013	7.50	100	
157-202	64.4597	13.9164	11.3052	0.3802	0.0900	0.0300	0.9504	1.0305	0.0600	0.0200	0.0120	0.0111	0.0021	0.0035	0.0208	0.0016	0.0014	0.0015	7.70	100	
220-270	55.4504	19.6972	11.6043	0.4902	0.0700	0.0400	0.8203	0.9804	0.0700	0.0200	0.0090	0.0152	0.0035	0.0034	0.0177	0.0015	0.0011	0.0019	10.70	100	
270-320	54.9682	21.8712	9.1447	0.8204	0.0800	0.0300	0.6403	0.7804	0.0500	0.0500	0.0070	0.0196	0.0035	0.0040	0.0198	0.0018	0.0008	0.0022	11.50	100	
310-372	43.1268	25.9181	12.9340	0.5606	0.1702	0.0400	0.5706	1.4416	0.2703	0.1101	0.0080	0.0642	0.0086	0.0255	0.0277	0.0011	0.0043	0.0021	14.70	100	
372-416	40.0373	26.4445	13.0419	0.8614	0.3706	0.0801	0.6411	1.5326	0.4508	0.2003	0.0080	0.1105	0.0069	0.0469	0.0306	0.0017	0.0056	0.0020	16.10	100	
416-463	35.3796	27.1958	15.3158	0.9216	0.1302	0.0200	0.3005	2.1035	0.9917	0.1402	0.0050	0.1618	0.0055	0.0533	0.0358	0.0023	0.0059	0.0025	17.20	100	
463-516	37.6464	25.5186	13.8318	0.9121	0.7417	0.0501	0.4911	1.7139	1.3531	0.1904	0.0060	0.1624	0.0047	0.0959	0.0311	0.0036	0.0055	0.0019	17.20	100	
516-564	34.3420	24.6331	13.5402	0.8726	3.1494	0.0903	0.5215	1.9759	3.2998	0.1504	0.0030	0.2345	0.0048	0.1801	0.0380	0.0050	0.0066	0.0024	16.90	100	
564-620	36.5948	26.6499	11.7075	1.0816	1.9129	0.1002	0.6009	1.4321	1.7727	0.2103	0.0030	0.1618	0.0035	0.1040	0.0285	0.0029	0.0050	0.0019	17.60	100	
620-665	36.8370	24.8119	13.0373	0.9219	2.1645	0.1704	0.4610	1.4631	1.9942	0.1804	0.0040	0.1592	0.0050	0.1162	0.0271	0.0033	0.0049	0.0018	17.60	100	
665-715	35.2505	24.2554	14.1523	1.3531	3.3076	0.1203	0.3207	1.5836	2.1148	0.2907	0.0040	0.1114	0.0051	0.0535	0.0287	0.0023	0.0048	0.0022	17.00	100	
715-760	38.0676	24.7374	13.4504	0.9815	1.8127	0.1102	0.5208	1.5423	1.4722	0.2003	0.0050	0.1471	0.0052	0.0851	0.0267	0.0028	0.0054	0.0017	16.80	100	
760-807	38.8931	24.6663	10.6801	1.2824	2.8854	0.4609	0.9919	1.3125	1.7533	0.1904	0.0060	0.1790	0.0053	0.1268	0.0260	0.0031	0.0050	0.0014	16.50	100	
807-880	38.0996	22.9239	11.4770	1.7040	3.8490	0.4511	0.7417	1.4634	1.8644	0.2205	0.0110	0.1755	0.0073	0.1356	0.0261	0.0031	0.0056	0.0015	16.80	100	
880-930	40.0280	22.8775	11.4438	1.9592	4.6217	1.1052	1.2659	1.3765	1.7382	0.1708	0.0060	0.1388	0.0045	0.1694	0.0241	0.0028	0.0050	0.0013	13.00	100	

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

SK-2	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	Sum	
MDL	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01	
0-50	68.4382	10.2372	10.6075	0.4603	0.2602	0.1201	0.5804	1.5911	0.1001	0.0901	0.0390	0.0197	0.0031	0.0059	0.0353	0.0024	0.0031	0.0011	7.40	100	
50-114	63.1012	11.5721	12.5822	0.6301	0.4401	0.1600	0.5901	1.4403	0.0900	0.0900	0.0360	0.0198	0.0032	0.0068	0.0306	0.0022	0.0023	0.0013	9.20	100	
114-168	66.7171	10.8377	11.8684	0.3502	0.1601	0.0500	0.5304	1.3810	0.1001	0.3102	0.0230	0.0252	0.0026	0.0048	0.0285	0.0019	0.0021	0.0013	7.60	100	
168-218	54.9043	20.4027	10.6166	0.5103	0.1401	0.0300	0.7204	0.8105	0.0800	0.0200	0.0130	0.0179	0.0039	0.0034	0.0146	0.0013	0.0011	0.0024	11.70	100	
218-265	58.0573	21.9904	6.4430	0.6103	0.1301	0.0600	1.6708	0.5803	0.0600	0.0200	0.0120	0.0365	0.0028	0.0025	0.0134	0.0019	0.0016	0.0022	10.30	100	
265-314	36.0949	26.9661	16.4659	0.6006	0.2002	0.0300	0.1902	1.8818	0.0901	0.1001	0.0060	0.0799	0.0251	0.0079	0.0350	0.0006	0.0055	0.0034	17.20	100	
314-356	36.1575	25.9541	16.6619	1.0113	0.2503	0.0300	0.2403	1.8925	0.1902	0.1302	0.0080	0.0885	0.0093	0.0149	0.0300	0.0009	0.0045	0.0027	17.30	100	
356-418	37.4341	26.6771	14.1355	0.8120	0.2105	0.0401	0.3409	1.6943	0.5915	0.1905	0.0070	0.1150	0.0058	0.0592	0.0319	0.0021	0.0052	0.0029	17.60	100	
418-470	37.3397	26.7471	12.0357	0.9320	1.1224	0.1102	0.6013	1.3729	1.3028	0.1804	0.0040	0.1663	0.0048	0.1022	0.0282	0.0054	0.0046	0.0018	17.90	100	
470-500	38.5159	24.7788	11.9535	1.4829	1.8637	0.2405	1.0621	1.4729	1.3827	0.2104	0.0060	0.1555	0.0047	0.0962	0.0286	0.0057	0.0048	0.0021	16.70	100	
500-545	39.1244	23.3444	12.7442	1.5730	3.2562	0.4709	1.3526	1.3726	1.4528	0.2405	0.0070	0.1799	0.0049	0.1096	0.0273	0.0048	0.0053	0.0017	14.70	100	
545-575	50.3469	23.5779	9.5732	0.6802	0.3001	0.0500	0.6302	1.0103	0.1801	0.0600	0.0080	0.0372	0.0051	0.0136	0.0166	0.0017	0.0018	0.0024	13.50	100	
575-625	40.2494	22.6734	11.7473	2.0030	4.4265	0.7010	1.2318	1.3520	1.5623	0.2704	0.0060	0.1715	0.0034	0.1474	0.0241	0.0044	0.0047	0.0015	13.40	100	
625-675	40.3785	20.6702	12.1937	2.6752	5.7812	0.7314	0.9619	1.2124	1.4228	0.2906	0.0060	0.1890	0.0032	0.1236	0.0236	0.0039	0.0057	0.0011	13.30	100	
675-720	40.4000	20.6500	12.2500	2.8000	5.9760	0.7410	0.9580	1.2010	1.4124	0.2990	0.0060	0.1910	0.0031	0.1210	0.0231	0.0037	0.0058	0.0011	12.9578	100	

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

Ek Tablo 3.2'nin devamı

SK-3	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	MnO %	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Ba %	Ni %	Sr %	Zr %	Y %	Nb %	Sc %	LOI %	Sum %
MDL	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01
0-50	64.7990	10.7448	8.2013	1.7925	2.7738	0.6609	0.9513	1.3919	0.3104	0.2303	0.0340	0.0344	0.0040	0.0246	0.0295	0.0024	0.0023	0.0015	8.00	100
50-110	58.2185	15.5303	10.9072	0.8305	1.1908	0.1801	0.9106	1.2608	0.3302	0.1201	0.0190	0.0333	0.0045	0.0277	0.0239	0.0018	0.0021	0.0015	10.40	100
110-160	50.2077	24.2234	9.9755	0.7004	0.3102	0.0400	0.8505	1.0606	0.0400	0.0200	0.0090	0.0237	0.0047	0.0056	0.0171	0.0009	0.0013	0.0025	12.50	100
160-210	37.2497	28.7306	15.3163	0.6107	0.2703	0.0200	0.5005	1.7419	0.1401	0.0901	0.0070	0.0351	0.0196	0.0130	0.0303	0.0004	0.0051	0.0029	15.20	100
210-260	37.0493	27.7443	15.0904	0.7821	0.2005	0.0301	0.5214	1.6544	0.7620	0.1905	0.0060	0.1620	0.0081	0.1160	0.0292	0.0035	0.0054	0.0027	15.60	100
260-314	38.8741	27.3851	13.2418	0.8314	0.2404	0.0401	0.6411	1.5225	0.5910	0.1603	0.0070	0.1322	0.0065	0.0590	0.0302	0.0028	0.0052	0.0026	16.20	100
314-365	38.1147	27.3865	13.7533	0.8815	0.1603	0.0401	0.5409	1.5927	0.7413	0.1503	0.0060	0.1105	0.0052	0.0452	0.0328	0.0030	0.0053	0.0027	16.40	100
365-414	36.0944	26.5474	14.8765	1.2522	1.0919	0.0601	1.1320	1.5728	1.4326	0.2104	0.0060	0.1872	0.0075	0.0650	0.0258	0.0038	0.0047	0.0020	15.40	100
414-466	36.7477	24.6454	13.0741	1.0419	2.6349	0.0301	0.3707	1.6530	2.1039	0.3707	0.0020	0.1683	0.0041	0.0794	0.0295	0.0030	0.0082	0.0018	17.00	100
466-505	38.5460	24.4445	12.5780	0.9020	1.9343	0.2806	0.7617	1.4031	1.6136	0.2305	0.0050	0.1427	0.0048	0.0735	0.0286	0.0057	0.0055	0.0018	17.00	100
505-555	38.4835	26.4799	11.3028	0.7508	0.9110	0.1402	0.6307	1.3415	1.2214	0.1802	0.0070	0.1125	0.0081	0.0714	0.0275	0.0029	0.0051	0.0026	18.30	100
555-605	44.4778	21.7282	13.7479	0.8912	0.3705	0.0901	0.7009	1.4619	0.6709	0.1802	0.0120	0.0785	0.0089	0.0273	0.0256	0.0018	0.0041	0.0020	15.50	100
605-655	39.2818	24.7352	12.1923	1.1621	2.4545	0.5811	1.0920	1.3625	1.6029	0.5109	0.0030	0.1547	0.0046	0.0995	0.0261	0.0033	0.0049	0.0016	14.70	100
655-708	40.0552	24.9869	12.1729	1.1021	1.3926	0.1603	0.8215	1.4127	1.1522	0.2405	0.0080	0.1399	0.0056	0.0812	0.0279	0.0033	0.0049	0.0020	16.20	100
708-725	43.6190	20.0701	11.3483	2.8672	5.1930	1.3133	2.0752	1.1930	1.3935	0.2105	0.0160	0.2075	0.0058	0.2336	0.0202	0.0022	0.0048	0.0013	10.20	100
725-775	48.0080	21.9949	8.1266	1.4429	3.4470	2.3748	2.8458	1.0521	1.0822	0.1403	0.0050	0.1743	0.0032	0.1540	0.0218	0.0025	0.0046	0.0011	9.10	100
775-825	39.1491	23.9406	13.5844	1.6442	2.8973	0.3910	1.0527	1.5339	1.4938	0.2506	0.0070	0.1654	0.0066	0.1109	0.0268	0.0033	0.0058	0.0018	13.70	100
825-840	40.5530	20.2514	12.3012	2.8472	5.8749	0.9223	1.3635	1.3735	1.3935	0.2506	0.0100	0.1577	0.0056	0.1314	0.0230	0.0028	0.0047	0.0017	12.50	100
840-915	40.5612	20.2400	12.1800	3.2000	5.9000	0.9700	1.4010	1.2503	1.3106	0.2506	0.0110	0.1550	0.0055	0.1370	0.0210	0.0030	0.0050	0.0021	12.40	100

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

SK-4	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	MnO %	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Ba %	Ni %	Sr %	Zr %	Y %	Nb %	Sc %	LOI %	Sum %
MDL	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01
0-50	61.5951	15.6715	9.9773	0.5504	0.1901	0.0701	0.6205	1.3010	0.0300	0.0100	0.0230	0.0146	0.0039	0.0050	0.0243	0.0018	0.0025	0.0016	9.9	100
50-96	54.9020	17.1969	13.4354	0.6603	0.2301	0.0800	0.6002	1.1605	0.0300	0.0200	0.0250	0.0166	0.0042	0.0058	0.0231	0.0018	0.0021	0.0013	11.6	100
96-150	62.4826	12.5245	12.3645	0.4702	0.3001	0.1300	0.6102	1.2905	0.0800	0.0600	0.0260	0.0160	0.0028	0.0053	0.0281	0.0018	0.0025	0.0014	9.6	100
150-196	55.8845	20.3489	9.5942	0.5903	0.0900	0.0500	0.6903	0.9304	0.0400	0.0200	0.0110	0.0148	0.0037	0.0041	0.0178	0.0012	0.0015	0.0021	11.7	100
196-250	56.8762	21.1034	8.4454	0.5403	0.1601	0.0500	0.6604	0.8505	0.0400	0.0200	0.0080	0.0130	0.0030	0.0029	0.0152	0.0011	0.0009	0.0022	11.2	100
250-300	52.1908	23.3327	9.5393	0.5205	0.1802	0.0500	0.4504	1.0610	0.0601	0.0400	0.0080	0.0171	0.0055	0.0065	0.0198	0.0011	0.0024	0.0022	12.5	100
300-348	39.0223	28.3917	12.5060	0.7622	0.2206	0.0501	0.3109	1.3940	0.7522	0.1304	0.0050	0.1338	0.0077	0.1314	0.0242	0.0028	0.0058	0.0024	16.1	100
348-398	42.8325	23.3258	11.4374	1.5537	2.7065	0.9523	1.6038	1.2630	1.0425	0.2807	0.0050	0.1323	0.0080	0.0842	0.0231	0.0118	0.0052	0.0016	12.7	100
398-450	43.1857	23.2916	12.5779	1.2628	1.3730	1.1024	1.8441	1.3831	0.6815	0.2906	0.0060	0.1484	0.0091	0.0771	0.0249	0.0062	0.0055	0.0018	12.7	100
450-500	45.3855	21.3691	11.0606	1.9153	3.2390	1.5142	2.0356	1.2334	0.9125	0.1905	0.0080	0.1628	0.0060	0.0970	0.0236	0.0102	0.0050	0.0017	10.8	100

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.



Ek Tablo 3.2'nin devamı

SK-6	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	Sum
MDL	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01
0-50	59.9543	14.0698	12.1271	0.7511	0.8111	0.3004	0.5007	1.6123	0.1702	0.1702	0.0340	0.0279	0.0036	0.0178	0.0300	0.0020	0.0031	0.0010	9.4	100
50-100	60.2961	13.7940	10.7119	1.5962	1.0039	0.3815	1.1545	1.3352	0.1807	0.1907	0.0361	0.0302	0.0059	0.0181	0.0223	0.0020	0.0027	0.0016	9.2	100
100-147	62.7554	13.7043	10.4709	0.5806	0.3604	0.1502	0.8108	1.6017	0.2002	0.2302	0.0290	0.0381	0.0052	0.0156	0.0313	0.0022	0.0031	0.0013	9.0	100
147-240	54.1384	18.8808	11.4687	0.6210	0.3205	0.0901	0.7412	1.6527	0.2905	0.1102	0.0200	0.0674	0.0082	0.0351	0.0284	0.0023	0.0041	0.0014	11.5	100
240-290	40.6877	24.9276	15.1389	0.9318	0.2405	0.0601	0.5010	1.6632	0.5811	0.1302	0.0100	0.1122	0.0073	0.0415	0.0292	0.0026	0.0044	0.0023	14.9	100
290-350	41.8483	24.2379	12.9249	1.6719	0.3804	0.0801	1.2514	1.4016	0.6407	0.1302	0.0140	0.1065	0.0054	0.0525	0.0258	0.0043	0.0042	0.0022	15.2	100
350-390	36.5312	24.7182	15.7207	1.5430	1.5831	0.0902	0.5110	1.7133	1.4729	0.2605	0.0080	0.1852	0.0066	0.0832	0.0297	0.0049	0.0059	0.0022	15.5	100
390-450	37.8996	25.3433	14.7427	1.3639	1.2536	0.1003	0.5817	1.6347	1.2536	0.2006	0.0080	0.1537	0.0057	0.0748	0.0279	0.0043	0.0047	0.0023	15.3	100
450-500	36.2911	24.9457	15.6450	1.5034	2.3352	0.1804	0.6414	1.7038	1.6537	0.2806	0.0060	0.1559	0.0054	0.0816	0.0265	0.0041	0.0055	0.0022	14.5	100
500-548	38.1107	23.9845	14.7273	1.6230	2.5648	0.3206	1.0920	1.5328	1.4226	0.3106	0.0070	0.1541	0.0058	0.0810	0.0261	0.0039	0.0051	0.0020	14.0	100
590-640	41.2522	24.1464	14.3416	1.1217	0.9514	0.1202	0.5709	1.6024	0.8513	0.1803	0.0120	0.1253	0.0063	0.0571	0.0284	0.0034	0.0048	0.0022	14.6	100
640-695	43.0957	20.8363	12.6481	2.1849	4.2194	0.9722	1.5033	1.3831	1.4833	0.2606	0.0100	0.1468	0.0053	0.0928	0.0242	0.0031	0.0046	0.0018	11.1	100
695-736	43.2472	20.8112	12.8077	1.7351	3.4301	0.7522	1.2236	1.4442	1.4543	0.2307	0.0100	0.1800	0.0054	0.0957	0.0262	0.0030	0.0048	0.0016	12.5	100
736-763	39.2844	21.6119	13.6929	2.2855	4.4006	0.3609	0.6415	1.4936	1.7442	0.2406	0.0060	0.2550	0.0039	0.1088	0.0269	0.0037	0.0049	0.0016	13.8	100
763-790	53.8193	15.7002	12.3659	1.4619	2.4632	0.2503	0.6909	1.5420	0.8110	0.2603	0.0200	0.1073	0.0046	0.0514	0.0295	0.0029	0.0044	0.0014	10.4	100

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

SK-7	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	Sum
MDL	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01
0-45	59.3480	13.6433	12.5222	0.8008	0.8308	0.2703	0.8008	1.5215	0.1802	0.1602	0.0330	0.0270	0.0038	0.0117	0.0302	0.0021	0.0029	0.0015	9.8	100
45-103	61.4100	11.6943	9.4778	2.1463	2.9286	0.8124	1.2236	1.2838	0.1906	0.1805	0.0421	0.0304	0.0075	0.0170	0.0239	0.0021	0.0022	0.0020	8.5	100
103-154	67.5479	10.2888	9.9886	0.8107	0.8808	0.3403	0.6906	1.6014	0.1701	0.1601	0.0370	0.0235	0.0038	0.0100	0.0334	0.0024	0.0029	0.0013	7.4	100
154-199	66.4844	10.5154	11.7161	0.4502	0.2401	0.1301	0.6003	1.6008	0.1801	0.1701	0.0360	0.0210	0.0039	0.0068	0.0342	0.0023	0.0029	0.0011	7.8	100
199-250	50.6576	12.1538	23.9573	0.3804	0.1602	0.0601	0.5406	1.1413	0.1902	0.4505	0.0290	0.0288	0.0044	0.0051	0.0233	0.0015	0.0028	0.0013	10.2	100
250-298	55.2055	14.9750	15.4155	0.7908	0.7608	0.2202	0.7107	1.3113	0.1802	0.2202	0.0240	0.0289	0.0046	0.0098	0.0259	0.0016	0.0034	0.0013	10.1	100
298-347	39.9037	26.6426	14.5041	0.8320	0.2205	0.0401	0.6515	1.2930	0.4009	0.3007	0.0060	0.0783	0.0080	0.0494	0.0260	0.0016	0.0048	0.0015	15.0	100
347-398	38.6229	26.2363	15.6035	0.8919	0.3107	0.0501	0.9019	1.2427	0.4209	0.4209	0.0040	0.0850	0.0062	0.0365	0.0264	0.0014	0.0050	0.0012	15.1	100
398-450	39.3620	27.3862	13.9885	1.0213	0.2904	0.0501	1.0113	1.2517	0.4005	0.1702	0.0070	0.0675	0.0057	0.0331	0.0270	0.0016	0.0048	0.0013	14.9	100
450-501	39.4062	27.0291	14.4015	0.9721	0.2706	0.0401	0.9421	1.2828	0.4410	0.2205	0.0050	0.0778	0.0067	0.0365	0.0275	0.0018	0.0052	0.0012	14.8	100
501-550	37.4021	26.1845	17.2124	1.0726	0.2606	0.0301	0.9724	1.2531	0.6015	0.1403	0.0030	0.0614	0.0038	0.0299	0.0269	0.0026	0.0054	0.0011	14.7	100
550-630	38.4438	26.2773	13.7800	1.3630	1.6436	0.0501	1.1425	1.2928	1.2126	0.2004	0.0020	0.0736	0.0029	0.0458	0.0280	0.0034	0.0058	0.0010	14.4	100
630-700	41.6965	24.0915	12.2212	1.5139	3.0879	0.7720	1.7445	1.1730	1.1028	0.2005	0.0020	0.2624	0.0024	0.1641	0.0255	0.0031	0.0054	0.0009	11.9	100
700-710	44.5280	21.2764	10.4076	1.8750	5.0634	1.4338	1.8950	1.0027	0.9024	0.1404	0.0020	0.5493	0.0027	0.4642	0.0220	0.0025	0.0044	0.0008	10.4	100

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

Kayaç Örneği	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	Sum
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	5	20	2	5	3	5	1	-5.1	0.01
SK-1	41.8808	14.0806	7.2810	4.6133	15.5148	2.6075	2.1362	0.9227	0.9527	0.1705	0.0060	0.1046	0.0023	0.3764	0.0167	0.0019	0.0038	0.0012	9.33	100
SK-2	40.0841	13.0670	9.9157	7.7980	15.3753	0.3513	1.3147	1.4653	1.5556	0.1505	0.0251	0.1753	0.0105	0.4530	0.0199	0.0020	0.0048	0.0022	8.23	100

Not: değerler 100'e tamamlanmıştır.

## ÖZGEÇMİŞ

Bilgehan KUL YAHŞI, 05.04.1986 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini 1997 yılında Çarşıbaşı Gazi İlkokulu'nda, orta öğrenimini 2000 yılında Cudibey İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini 2003 yılında Trabzon Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne başladı. Bu bölümden 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim dalında Yüksek Lisans'ına başladı ve 2012 yılında Yüksek Lisans'ını tamamladı. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim dalında doktora başladı. 2017-2018 yılları arasında 3 ay İstanbul Teknik Üniversitesi'nde bulundu. 2014 yılından itibaren Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak görev almaktadır.