



**Erenler (Afyonkarahisar) Bölgesi Killerinin Jeomühendislik Özelliklerinin
İncelenmesi**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sami Serkan İŞOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

İkinci Danışman

Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2021

Bu tez çalışması 20.FENBİL.08 numaralı proje ile AKÜ-BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erenler (Afyonkarahisar) Bölgesi Killerinin Jeomühendislik
Özelliklerinin İncelenmesi

Sami Serkan İŞOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

İkinci Danışman

Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2021

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Erenler (Afyonkarahisar) Bölgesi Killerinin Jeomühendislik Özelliklerinin İncelenmesi

Sami Serkan İŞOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

İkinci Danışman: Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Afyonkarahisar ili Erenler Bölgesi'nde yapılan bu çalışmada, Kuvaterner yaşlı güncel çökellere ait killi seviyelerin jeomühendislik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada, bölgede yapılan imara esas çalışmalara ilave olarak arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları ile bölgede yer alan birimlerin yatay ve düşey devamlılıkları, mühendislik özelliklerinin değişimi ile olası mühendislik problemlerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışma alanının temelinde yer alan Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfikleri yer almaktadır. Afyon Metamorfiklerinin üzerine uyumsuzluk ile Orta-Üst Miyosen yaşlı Ömer-Gecek Formasyonu gelmektedir. Üst Miyosen yaşlı Erken volkanitleri ise bölgede meydana gelen volkanizmanın son ürünüdür. Kuvaterner yaşlı alüvyon ise kendinden önceki bütün birimleri aşıl uyumsuzlukla örter.

İmara esas çalışmalara ilave olarak zemin özelliklerini inceleme amaçlı derinlikleri 2,5 m olan 57 adet ilave sondaj yapılmış ve 275 adet örselenmiş numune alınmıştır. Alınan örneklerden laboratuvar çalışmaları kapsamında dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, X-ışınları kırınımı (XRD) ve üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Sonuç olarak; inceleme alanındaki Kuvaterner dolgunun 20 m'lik kesiminin tabandan tavana doğru, iyi-kötü derecelenmiş kahverengi killi kum, yeşil renkli killi kum, koyu kahverengi kumlu siltli kil, sarı renkli kumlu siltli kil ve dolgu birimlerinden oluştuğu belirlenmiştir. İlave yapılan çalışmalar ile temel zeminin tabandan tavana doğru, koyu

kahverengi kil, açık kahverengi kil, kahverengi kil, açık sarı renkli kumlu siltli kil ve sarı renkli kumlu siltli killlerinden oluştuğu anlaşılmıştır. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre çakıl %0 ile %8 arasında silt+kil boyutunda ince tane malzeme oranı %11 ile %98 arasında, zemin sınıfları genel olarak CH ve CL, yer yer SC, SW-SP, ML ve MH zemin sınıflarındadır. X-ışını kırınımı (XRD) yöntemiyle gerçekleştirilen mineralojik analizlerde hakim kil türlerinin klorit ve illit-mika olduğu tespit edilmiştir. Yeraltı su seviyesinin sığ derinliklerde olması, özellikle şişme potansiyeli yüksek olan kil minerallerinin yoğunluğu, bölgede şişme/oturma ve duraylılık sorunları ile karşılaşılabilceğini göstermektedir.

2021, xiii + 217 sayfa

Anahtar Kelimeler: Afyonkarahisar, Mühendislik Jeolojisi, Kıvam Limitleri, Jeomühendislik Özellikler, X-Işını Kırınımı

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Investigation of Geoengineering Properties of Clays of Erenler (Afyonkarahisar) Region

Sami Serkan İŞOĞLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Ahmet YILDIZ

Co-Supervisor: Prof. Mahmut MUTLUTÜRK

In this study, carried out in the Erenler Region of Afyonkarahisar province, the geoengineering properties of the clayey levels of the Quaternary aged contemporary sediments were investigated. The study, it was aimed to reveal the possible engineering problems with the horizontal and vertical continuity of the units in the region, the change of engineering properties, with the field, laboratory, and office studies, in addition to the construction works in the region. Paleozoic aged Afyon Metamorphites are located at the base of the study area. The Middle-Upper Miocene aged Ömer-Gecek Formation unconformably overlies the Afyon Metamorphics. The Upper Miocene aged Erkmen volcanics are the end product of the volcanism that occurred in the region. Quaternary alluvium overlies all previous units with angular unconformity.

In addition to the construction works, 57 additional drillings with a depth of 2.5 m were made to examine the soil properties, and 275 disturbed samples were taken. Within the scope of laboratory studies, particle size distribution, consistency limits, X-ray diffraction (XRD), and triaxial compressive strength tests were carried out from the samples taken.

In conclusion; It has been determined that 20 m of the Quaternary fill in the study area consists of well-poorly graded brown clayey sand, green clayey sand, dark brown sandy silty clay, yellow sandy silty clay, and filling units from bottom to top. With the additional studies, it was understood that the foundation soil was composed of dark brown clay, light

brown clay, brown clay, light yellow sandy silty clay, and yellow sandy silty clay from bottom to ceiling. According to the results obtained from the laboratory studies, the ratio of gravel is between 0% and 8%; the silt+clay-sized fine-grained material ratio is between 11% and 98%, soil classes are generally CH and CL, occasionally SC, SW-SP, ML, and MH soil classes. In mineralogical analyzes performed by the X-ray diffraction (XRD) method, it was determined that the dominant clay types were chlorite and illite-mica. The fact that the groundwater level is at shallow depths, especially the density of clay minerals with high swelling potential, indicates that swelling/settlement and stability problems may be encountered in the region.

2021, xiii + 217 pages

Keywords: Afyonkarahisar, Engineering Geology, Consistency Limits, Geoengineering Properties, X-Ray Diffraction

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanlarım Prof. Dr. Ahmet YILDIZ'a ve Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e, arazi çalışmalarında numunelerin alınması kısmında yardımcı olan Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesinde görev Arş. Gör. Alper DÜLGER ve serbest çalışan Jeoloji Mühendisi Bekir KUZU'ya, tezin jeolojik haritası ve şekillerinin hazırlanmasına destek olan Maden Tetkik Arama Kurumunda görev yapan Jeoloji Mühendisi Yunus SÖNMEZ'e, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Afyon Kocatepe Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezinde çalışan Öğr. Gör. Süleyman GÜCEK'e teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarının yapılmasına en önemli katkıyı sağlama Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne ve çalışmaların yürütülmesinde 20 FENBİL. 08 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim. Tezin düzenlenmesinde desteği bulunan Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde görev yapan Dr. Öğr. Üyesi Can BAŞARAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmanın yapılmasına en önemli katkıyı sağlayan ve yapılan çalışmalarda desteğini esirgemeyen Yazıcılar Yapı Mühendislik sahibi Jeoloji Mühendisi İhsan YAZICI'ya teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, her koşulda yanımda olup beni destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sami Serkan İŞOĞLU

Afyonkarahisar 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç-Kapsam	1
1.2 Çalışma Alanı	3
1.2.1 İklim ve Bitki Örtüsü	4
1.2.2 Jeomorfoloji	6
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	7
2.1 Genel Jeoloji ile İlgili Çalışmalar	7
2.2 Mühendislik Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar.....	12
2.3 Hidrojeoloji ile İlgili Çalışmalar	14
2.4 İnceleme Alanının Jeolojisi	16
2.4.1 Stratigrafi.....	16
2.4.1.1. Afyon Metamorfitleri	17
2.4.1.2 Erkmen Volkanitleri	19
2.4.1.3 Alüvyon.....	19
2.4.2 Yapısal Jeoloji.....	19
2.4.3 Hidrojeoloji	22
3. ANALİTİK YÖNTEMLER	24
3.1 Arazi Çalışmaları	24
3.1.1 Yazıcılar Yapı Mühendislik Arazi Çalışmaları.....	24
3.1.2 Proje Kapsamında Yapılan Arazi Çalışmaları	24
3.1.1 Temel Sondaj Çalışmaları	25
3.1.2 İlave Sondaj.....	25

3.2 Laboratuvar Çalışmaları	26
3.2.1 Yazıcılar Yapı Mühendislik Laboratuvar Çalışmaları	26
3.2.2 Proje Kapsamında Yapılan Laboratuvar Çalışmaları.....	28
3.2.2.1 Mineralojik Analizler	28
3.2.2.2 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	30
3.2.2.3 Üç Eksenli Basınç Testi	38
3.3 Büro Çalışmaları.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULAR.....	42
4.3 Mineralojik İncelemeler.....	42
4.4 Mühendislik Jeolojisi.....	61
4.5 Temel Sondajlar	61
4.6 İlave Sondajlar	68
4.7 Zemin Özellikleri ve Değerlendirilmesi	68
4.7.1 Zemin Seviyeleri ve Özellikleri	68
4.7.2 Zemin Özelliklerinin Derinlikle Değişimi	78
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	89
6. KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	97
EKLER	98

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
C	Kohezyon
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
gr	Gram
kg	Kilogram
km	Kilometre
kN	Kilonewton
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
Mm	Milimetre
no	Numara
Φ	İçsel Sürtünme Açısı

Kısaltmalar

AAG	Afyon-Akşehir Grabeni
Afjet	Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş
AFZ	Akşehir Fay Zonu
AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
ASTM	American Society for Testing and Materials
B	Batı
BGB	Batı-Güneybatı
BKB	Batı-Kuzeybatı
D	Doğu
DES	Elektrik Öz direnç
DGD	Doğu-Güney-Doğu
DKD	Doğu-Kuzeydoğu
FFZ	Fethibey Fay Zonu
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GPS	Global Positioning System
HFZ	Hamidiye Fay Zonu
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
LL	Likit Limit
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MT	Mikrotremür
MTA	Maden Tetkik Arama

Kısaltmalar (Devam)

PI	Plastisite İndeksi
PL	Plastik Limit
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TUAM	Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
UD	Örselenmemiş Numune
vd.	Ve Diğerleri
XRD	X Işınları Kırınımı
YÖK	Yüksek Öğretim Kurumu



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2 Afyonkarahisar ili aylık sıcaklık grafiği (İnt. Kyn 2).	5
Şekil 1.3 Afyonkarahisar ili yıllık yağış miktarı dağılımı (İnt. Kyn 1).....	5
Şekil 1.4 Çalışma alanı yükseklik profili. (İnt. Kyn. 3).	6
Şekil 2.1 Çalışma alanı 1/50000 ölçekli jeolojik haritası (MTA 1990).	17
Şekil 2.2 Afyonkarahisar ili ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Özkaymak, 2017'den alınmıştır).....	18
Şekil 2.3 Afyon-Akşehir Graben Hattı ve yakın çevresinin sismotektonik (Faylar Emre vd. 2011'den, odak mekanizma çözümleri İnt. Kyn 3'ten; Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde 2000 yılından sonra meydana gelen depremler İnt. Kyn. 4'ten; sismoteknotik harita Özkaymak vd. 2017'den alınmıştır).	21
Şekil 2.4 Akarçay Havzası (Arıkan ve Enguix 2021).	23
Şekil 3.1 Elek analizi sonucuna göre çizilen granülometre eğrisi (AÇ-5,5a13 numaralı örnek).....	31
Şekil 3.2 Likit limit deney grafiği (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).....	34
Şekil 3.3 Çalışma alanı karelej haritası.	41
Şekil 4.1 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	43
Şekil 4.2 AÇ-1,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	43
Şekil 4.3 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	44
Şekil 4.4 AÇ-3,3a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	44
Şekil 4.5 AÇ-5,1a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	45
Şekil 4.6 AÇ-5,2a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	45
Şekil 4.7 AÇ-6,3a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	46
Şekil 4.8 AÇ-7,1a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	46
Şekil 4.9 AÇ-7,5a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	47
Şekil 4.10 AÇ-7,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	47
Şekil 4.11 AÇ-13,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	48
Şekil 4.12 AÇ-14,1a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.....	48
Şekil 4.13 AÇ-1,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	49
Şekil 4.14 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	50
Şekil 4.15 AÇ-2,3a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	51
Şekil 4.16 AÇ-3,3a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	52
Şekil 4.17 AÇ-5,1a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	53

Şekil 4.18 -AÇ-5,2a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.	54
Şekil 4.19 AÇ-6,3a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	55
Şekil 4.20 AÇ-7,1a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	56
Şekil 4.21 AÇ-7,5a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	57
Şekil 4.22 AÇ-7,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	58
Şekil 4.23 AÇ-13,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	59
Şekil 4.24 AÇ-14,1a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.....	60
Şekil 4.25 Casagrande kartına göre numunelerin zemin sınıfları a) Sarı renkli birim b) Açık sarı renkli birim c) Kahverengi kil d) Açık kahverengi kil e) Koyu kahverengi kil	75
Şekil 4.26 İlave sondaj çalışmalarına ait numunelerin kil miktarı ve plastisite indisine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).	76
Şekil 4.27 İlave sondaj çalışmalarına ait numunelerin likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).	77
Şekil 4.28 Temel sondaj çalışmalarına ait numunelerin likit limit plastisite indisi değerlerine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).	78
Şekil 4.29 Temel sondaj çalışmalarına ait yeraltı su seviyelerinin derinlikle değişimi. 79	
Şekil 4.30 Metrelere göre SPT-N değerleri a) 1,5-1,95 m b) 3,0-3,45 m c) 4,5-4,95 m d) 6,0-6,45 m e) 7,5-7,95 m	80
Şekil 4.31 Metrelere göre SPT-N değerleri a) 9,0-9,45 m b) 10,5-10,95 m c) 12,0-12,45 m d) 13,5-13,95 m e) 15,0-15,45	81
Şekil 4.32 Metrelere göre SPT-N değerleri a) 16,5-16,95 m b) 18,0-18,45 m c) 19,5-19,95	82
Şekil 4.33 Proje alanının farklı derinliklerdeki zemin sınıf haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c)1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m	83
Şekil 4.34 Farklı derinliklerdeki çakıl yüzdeleri haritaları a) 0,5 m b) 1,0 m c)1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m.....	84
Şekil 4.35 Farklı derinliklerdeki kum yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c)1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m.....	85
Şekil 4.36 Farklı derinliklerdeki silt yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c)1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m.....	86
Şekil 4.37 Farklı derinliklerdeki kil yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c)1,5 m d) 2,0 m e) 2,5.....	87
Şekil 4.38 Zemin numunelerinin deformasyon-gerilme grafikleri.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından yaptırılan deneyler.....	27
Çizelge 3.2 Hidrometre deneyine ait deney föyü (AÇ-5,5a13 numaralı örnek).	31
Çizelge 3.3 Likit limit deney föyü (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).	33
Çizelge 3.4 Plastik limit deney föyü (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).	34
Çizelge 3.5 Büzülme limiti deney föyü (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).	36
Çizelge 3.6 Zemin numunelerinin plastisite indeksi (Leonard 1962).	37
Çizelge 3.7 Zeminlerin plastisite indisine göre şişme dereceleri (Holtz 1959).	38
Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait örneklerin kalitatif XRD sonuçları.	42
Çizelge 4.2 Arazide tanımlanan birimlerin açıklaması	69

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Arazi çalışmaları.	26
Resim 3.2 a) El burgusu ile numune alınması. b) Alınan numunenin bir kaptan toplanması c) Numunelerin poşetlenmesi ve deney föyüne kaydedilmesi.....	27
Resim 3.3 a) Numunelerin kaplara koyularak tartılması. b) Numunelerin etüve yerleştirilmesi. c) Etüvde kurutulan numunelerin laboratuvarda kurumaya bırakılması. d) Laboratuvar ortamında kuruyan numunelerin görseli.	32
Resim 3.4 a) Numunelere sodyum meta hekzafosfat eklenmesi. b) Deney seti. c) Numunelerin mikser yardımıyla karıştırılması. d) Hazırlanan numunelerin okumalarının yapılması.	33
Resim 3.5 a) Numunenin potaya yerleştirilmesi b) Oyuk açma bıçağı ile oyuk açılması c) Düşüş yapılan kısımdan numune alınması d) Alınan numunenin tartılması e) Numunenin plastik limit deneyinin yapılması f) Oluşan çatlakların görüntüsü	35
Resim 3.6 a) Numunenin hazırlanması b) Etüvde kurutulan numune c) Etüvden alınan numunenin civa dolu kaba konulması d) Aparat yardımıyla civanın taşırılması	37
Resim 3.7 a) Numunenin sıkıştırma kabına konulması b) Statik baskıyla numunenin sıkıştırılması c-d-e) Kriko yardımıyla numunenin çıkartılması f) Numunenin hazır hale getirilmesi	40

1. GİRİŞ

1.1 Amaç-Kapsam

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma alanı Afyonkarahisar il merkezinin kuzeyinde yer alan Erenler Mahallesi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Bu çalışmada bölgede yayılım sunan Kuvaterner yaşlı çökellerin killi seviyelerinin jeomühendislik özellikleri incelenmiştir. Modern havza dolgusunun büyük bölümünü oluşturan killer, 2 mikrondan daha küçük tane çapına sahip olan ve bünyesinde silis, feldspat bulunduran alüminyum silikatlardır (Kibici 2002) Özellikle yağışlı bölgelerde su ile teması halinde hacminde ciddi değişiklikler meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak bu birimlerin üzerinde yer alan yapılara önemli ölçüde zarar vermektedir. Afyonkarahisar ilinin yağışlı bir iklimde bulunması, aktif fay segmentlerinin üzerinde yer alması killi zeminler açısından büyük risk oluşturmaktadır. Ayrıca il bazında bu zeminlerle ilgili az sayıda çalışma yapılmış olması, bu çalışmanın yapılmasında motivasyon sağlamıştır. Son yıllarda Afyonkarahisar ilinde nüfus artışına bağlı olarak yeni yerleşim yerlerine olan ihtiyaç gün geçtikte artmaktadır. Çalışma alanını kapsayan bu alan genellikle killi birimlerden oluşmaktadır. Kil türünün jeomühendislik açısından incelenmesi, üzerinde yer alacak yapıların uzun ömürlü olmasına katkı sağlayacaktır. Yeraltı su seviyesinin bölgede yüzeye yakın seviyelerde bulunması, kil minerallerinin karakteristiklerinin belirlenmesini daha önemli kılmaktadır. Killerin en belirgin özelliklerinden biri, bünyelerine aldıkları suyu kurak dönemde buharlaşma yolu ile attıkları zaman hacimlerinde meydana gelen değişikliklerdir. Meydana gelen hacim değişikliği ise bu birimlerin üzerine inşa edilecek yapılarda zamana bağlı olarak deformasyonlara neden olmaktadır. Çalışmanın temelini oluşturan kil minerallerinin karakteristiklerinin belirlenmesi ve bu sonuçlar yardımıyla bölgenin jeomühendislik açısından incelenmesi önem teşkil etmektedir. Çalışma alanı ve çevresinde daha önceden yapılan çalışmalar derlenmiş, yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bölgenin 1/50000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır. Yapılan arazi çalışmaları kapsamında

Çalışma alanını temsil edecek şekilde toplam 22 adet temel sondaj ve 57 adet gözlem kuyusu açılmıştır.

şehir merkezinin yaklaşık 115 km uzunluğuna sahip kapalı havza özelliği gösteren Akarçay Havzası içerisinde yer alması sebebiyle bölgede yer alan birimlerin kumlu seviyelerinin su taşıyabileceği düşünülmektedir. Su taşıyan kumlu seviyelerin, killi birimlerde şişme-büzülme olayına neden olması ve buna bağlı olarak çalışma alanı içerisinde yer alacak yapılarda oturma sorununun yaşanacağına işaret etmektedir. Bölgenin yerleşim yerlerine yakın olması, çalışma alanının imara açılacak olması nedeniyle bölgedeki killi seviyelerin çalışılmasını önemli kılmaktadır.

Yazıcılar Yapı Mühendislik, yapmış olduğu imara esas çalışmada bölgede 22 adet temel sondaj çalışması yapmıştır. Yapılan temel sondaj çalışmaları ile bölgede her 1,5 m’de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapmış ve her 3 m’de bir sistematik örnekleme yapmıştır. Alınan 117 adet örselenmiş numune üzerinde elek analizi, Atterberg Limitleri, doğal su içeriği ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Bunun yanında belirli seviyelerden alınan 27 adet örselenmemiş numune üzerinde üç eksenli basınç dayanımı ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Proje alışmaları kapsamında ise toplamda 57 adet ilave sondaj yapılmış ve 275 adet örselenmiş numune alınmıştır. Örselenmiş numuneler üzerinde; doğal su içeriği, elek analizi, hidrometre, Atterberg Limitleri, X-Işınları Kırınımı ve üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

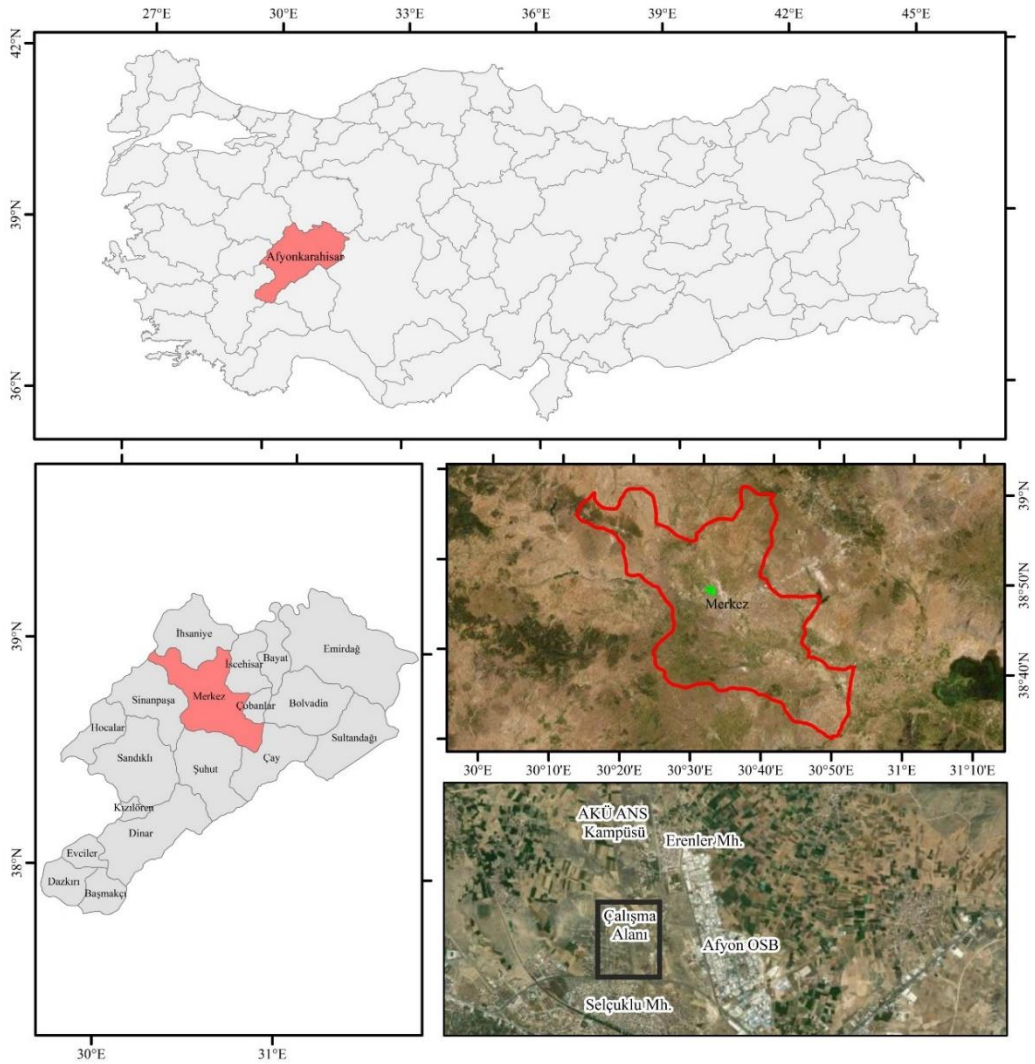
Tez çalışmasının amacı bölgede yayılım sunan Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusu çökellerinin yatay ve düşey devamlılıklarını belirlemek, bu birimlerin mühendislik özelliklerinin değişimini tespit etmek ve buna bağlı olarak olası mühendislik problemlerini net bir şekilde ortaya koymaktır.

Temel sondaj çalışmaları sonucunda alınan numunelerin laboratuvar ortamında deneyleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar izelge ve haritalar yardımıyla değerlendirilerek çalışma alanının jeomühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından yapılan arazi çalışmaları 2020 yılı Ocak ayında tamamlanmıştır. Proje kapsamında yapılan arazi çalışmaları ise 2020 yılı Eylül ayında başlamıştır. Arazi çalışmalarının tamamlanması ile laboratuvar çalışmaları 2020 Aralık ayında başlamış olup tezin değerlendirme aşaması ile birlikte 2021 yılı Temmuz ayında tamamlanmıştır.

1.2 Çalışma Alanı

Ege Bölgesinde içerisinde bulunan Afyonkarahisar ili kuzeyde Eskişehir, güneyde Isparta, güneydoğusunda Konya ve batısında bulunan Uşak illeri ile çevrilidir. Çalışma alanı Afyonkarahisar merkez ilçesinin 10 km kuzeyinde bulunmakta olup 1/25000 ölçekli K25a4 paftasında yer almaktadır (Şekil 1.1).



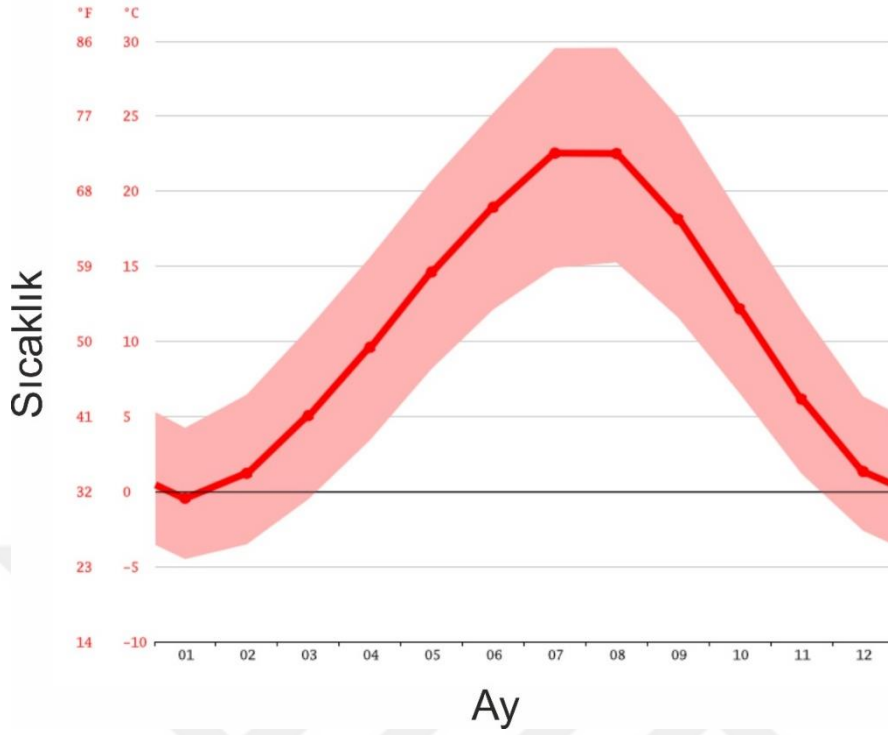
Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası.

1.2.1 İklim ve Bitki Örtüsü

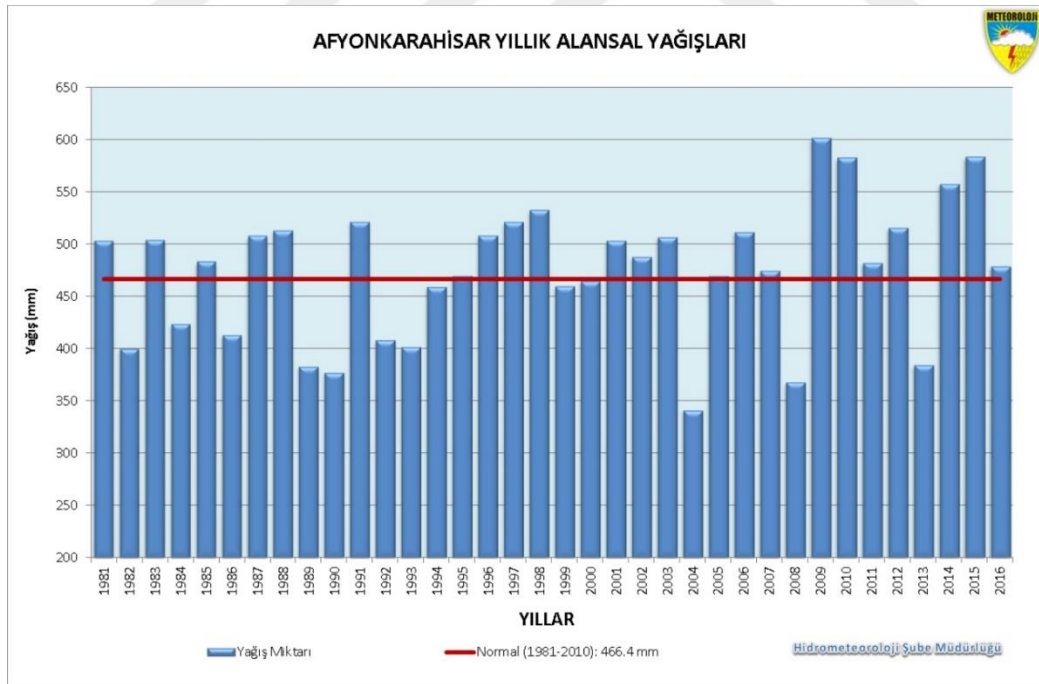
Afyonkarahisar ili, Ege bölgesinde yer almasına karşın İç Anadolu iklimine daha çok benzerlik göstermektedir. Bunun en önemli sebebi Afyonkarahisar ilinin yükseltinin fazla olması ve denizden uzak olmasıdır. Afyonkarahisar ili Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi iklimleri arasında geçiş özelliği göstermektedir (Uray vd. 2019). İldeki hava koşulları genel olarak çevre illerden gelen basınç ve rüzgarların farklılık göstermesi sebebiyle çok değişkenlik göstermektedir (Akgül 2006). Ülkemizin özellikle kıyı bölgelerinde ılıman iklim özelliği görülmektedir. Ege Bölgesi'ndeki ılıman iklim özelliğinin Afyonkarahisar iline ulaşmamasının en önemli nedeni bölgedeki yer alan dağların yüksekliklerinin fazla olmasıdır. Bu sebeple Afyonkarahisar ilinde karasal iklim özellikleri hakimdir. Karasal iklim özelliklerine bağlı olarak; yazları sıcak ve kurak, bahar ve kış aylarında soğuk, yağmur ve kar yağışlıdır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Afyonkarahisar ili, yarı kurak, 1. derece mezotermal yani su fazlası olmayan veya çok az olan iklim özelliği göstermektedir (Uray vd. 2019).

Afyonkarahisar ili yıllık ortalama en düşük sıcaklık değeri Ocak ayında $-4,5^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülürken en yüksek sıcaklık değeri ise ağustos ayında $29,6^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Yıllık sıcaklık ortalaması ise 23°C 'dir (Şekil 1.2). Yağış ortalamasına baktığımızda en düşük yağış miktarı 13,5 mm ile Ağustos ayında görülürken en yüksek yağış ise 54,9 mm ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı ise 443,5 mm'dir (Şekil 1.3) (İnt. Kyn. 1)

Afyonkarahisar'da genellikle bozkır bitki örtüsü hakimdir. Yer yer orman topluluklarının da bulunduğu ilin yüksek kesimlerinde ormanlık alanlar yer almaktadır. İlin düşük kesimlerinde ormanlık alanlar yerini bozkıra bırakmaktadır. Yaklaşık %21'nin ormanlarla kaplı olduğu ilde step bitki örtüsü hakimdir (Uçar 2007).



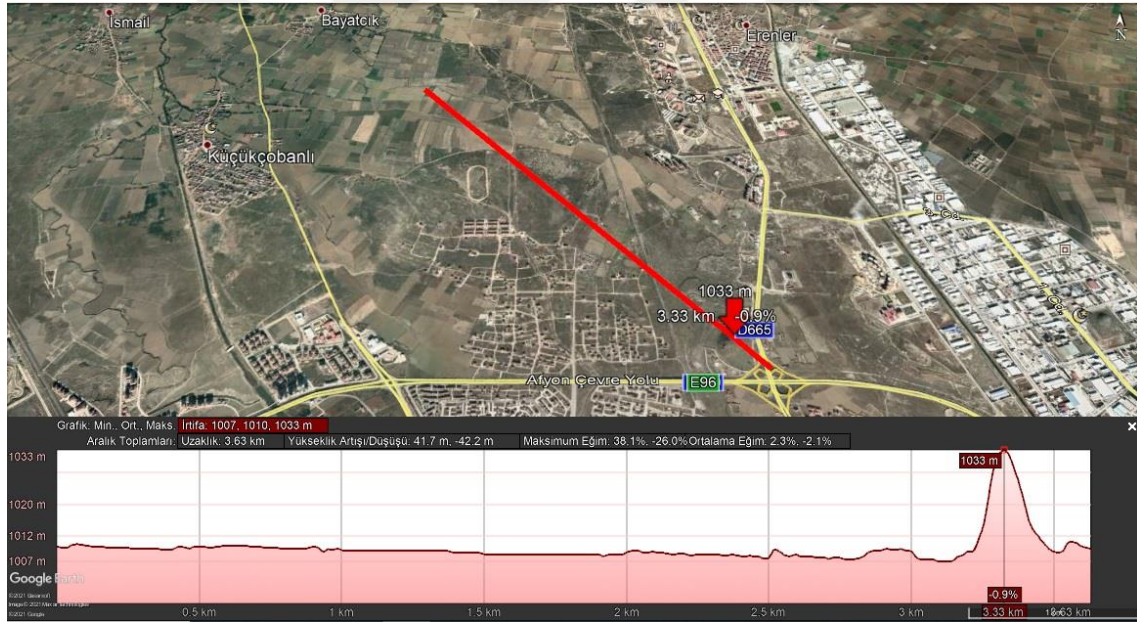
Şekil 1.2 Afyonkarahisar ili aylık sıcaklık grafiği (İnt. Kyn 2).



Şekil 1.3 Afyonkarahisar ili yıllık yağış miktarı dağılımı (İnt. Kyn 1).

1.2.2 Jeomorfoloji

Afyonkarahisar ilinin morfolojik olarak en göze çarpan özelliği dağlık alanların fazla olmasıdır. Dağlık alanlar arasında kalan bölgelerde ise farklı doğrultularda uzanan ovalar yer almaktadır. Dağlık alanlar genellikle volkanik oluşumludur (Ay 2009). Belli başlı dağlar arasında; Sinanpaşa ilçesi ile Sandıklı ilçesi arasında yer alan Ahır Dağları (1940 m), Bolvadin ilçesi ile Emirdağ ilçeleri arasında bulunan Emirdağları (2300 m), Sultandağı ilçesi ile Akşehir ilçesi arasında kalan Sultandağları (2520 m) bulunmaktadır (Arıkan ve Enguix 2021). Çalışma alanı kenarı diri faylar ile kontrol edilen, aktif bir çöküntü alanı olan Afyon-Akşehir Grabeni'nin batı bölümünde yer alan Afyon havzası içerisinde yer almaktadır (Özkaymak ve Sözbilir 2020). Çalışma alanı genel olarak düzlükler ile temsil edilmektedir. Çalışma alanı içerisinde yer alan en yüksek tepe 1032 m ile Şahitler tepesidir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Çalışma alanı yükseklik profili. (İnt. Kyn. 3).

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Genel Jeoloji ile İlgili Çalışmalar

Şengör ve Yılmaz (1981), Türkiye'nin Tetis evrimini, Paleo ve Neo-Tetis olmak üzere iki farklı ana aşamaya ayırmıştır. Paleo-Tetis'in evrimi güneye doğru eğimli olan ana dalma zonu tarafından yönetilmiştir. Neo-Tetis'in oluşumu ise Doğu Akdeniz ve Bitlis-Zagros kuşağının okyanuslara doğru açılması ile gerçekleşmiştir. Tüm bu tektonik hareketlerin sonucunda Anadolu Plakası'nın doğuda yer alan Arabistan levhası ile çarpışması sonucunda Türkiye'nin mevcut tektonik yapısı meydana gelmiştir.

Koçyiğit (1984), Türkiye'nin özellikle güneybatısı ve çevresini kapsayan çalışmada, Afyonkarahisar bölgesinde oluşan volkanitlerin alkali özellikte olduğu saptanmıştır. Yine aynı çalışmada volkanitlerin, yüzeyleme verdiği bölgelerde özellikle blok faylanma yapısı sunduğu ve buna bağlı olarak oluşan normal faylanmalarla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile Güneybatı Anadolu'da iki sismik kuşak bulunduğu, Afyonkarahisar'ın içinde bulunduğu kuşağın KB-GD yönlü olduğu ve bölgedeki depremselliği arttırdığı belirtilmiştir.

Okay (1984), Pontid ve Toridleri birbirinden ayıran kenet kuşağı boyunca yüksek basınç ve düşük sıcaklık etkisiyle oluşan Afyon metamorfitlerinin genellikle kırıntılı ve karbonat içeriklerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Ercan (1985), Ankara-Konya-Afyon paftalarının da içinde yer aldığı Orta Anadolu diye adlandırılan bölgede yapılan çalışmada Paleosen'den itibaren geçmiş dönemlerde etkili olan volkanizmalar incelenmiş ve bu çalışma sonucunda volkanizmaları altı farklı gruba ayrılmıştır. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda Orta Anadolu'da Paleosen-Eosen yaşlı volkanitlerin dalma batma olayları sonucunda yitim zonlarında meydana geldiği belirlenmiştir.

Metin vd. (1987), Afyon ve çevresinde yapılan çalışmada bölgenin genel jeolojik yapısını araştırılmış ve birbirinden tektonik olarak ayrılan iki farklı kayaç topluluğu olduğu tespit

edilmiştir. Toros Kuşağına ait birimlerin genellikle fosilli ve karbonat içeriği bakımından zengin olduğu, killi seviyelerin ise şisti yapıda olduğu belirtilmiştir. İç Toros Kuşağına ait birimlerin genellikle mermer, kalkışist, kloritışist, muskovitışistlerden oluştuğu ortaya konulmuştur.

Nalbantçılar (1994), Afyonkarahisar'ın özellikle güneydoğusunda yapılan çalışmada Sultandağı Masifi'nin otokton, allokton ve neotokton birimlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. İnceleme alanının bugünkü horst görünümlü yapıda olmasının en büyük nedeninin, bölgede aktif bir tektonizmanın varlığının sonucu olduğu belirtilmiştir.

Harut (1995), Erkmen Volkanitleri Afyonkarahisar ilinin kuzeybatı bölgesinde yayılım gösteren bir birimdir. Yapılan çalışma ile Erkmen volkanitlerinin mineralojik-petrografik özellikleri incelenerek bu volkanitlerin trakit-trakiandezit arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu volkanitlerin alkalen özelliği gösterdiği ve potasyum bakımından zengin olduğu tespit edilmiştir.

Boyacı (1996), "Afyon Metasedimanter Grubu" olarak adlandırılan birimde yapılan çalışma ile yüzeyleme veren metamorfik birimlerin petrolojik ve petrografik özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında "Afyon Metasedimanter Grubu'nun" farklı zamanlarda ve değişik koşullarda birden fazla metamorfizma geçirmesi sonucu oluşan birimlerden meydana geldiği ortaya konulmuştur.

Öktü vd. (1997), bölgenin en büyük jeotermal sahalarından biri olan Ömer-Gecek jeotermal sularında yapılan çalışmada havzanın jeolojik yapısı ortaya konulmuştur. Ayrıca jeotermal sularında yapılan çalışmalarda bir horst-graben yapısının bulunduğu tespit edilmiştir. Sıcak suyun yeryüzüne ulaşmasını sağlayan fayın horst graben sistemini kestiği belirlenmiştir. Bölgede yapılan çalışmada, sıcaklık ve debi ölçümlerinin kısa mesafede değişkenlik göstermesi, akifer sisteminin karmaşık yapıda olduğunu göstermiştir.

Tolluoğlu vd. (1997), Afyon zonunda bulunan Afyon metamorfitlelerinin genel olarak sedimanter kökenli olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışma ile Afyon metamorfitlelerinin iki alt gruba ayrılmış ve Afyon metamorfitleleri ile Anadolu Karbonat Platformundan oluşan istife ‘‘Afyon Metasedimanter Grubu’’ adı verilmiştir.

Yağmurlu vd. (1997), Afyon ve Isparta illerini kapsayan çalışmada bölgedeki volkanik birimler esas alınmıştır. Bu volkaniklerin genel olarak trakitik lavlar, lösitik ve lamproitik dayklar ve piroklastiklerden oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca bölgede bulunan volkanizmanın 4-15 milyon yıl yaş aralığında olduğu ve kuzeyden güneye doğru gençleştiği saptanmıştır.

Kibici vd. (2001), Afyonkarahisar ilinin İscehisar ilçesini içerisine alan çalışmada, bölgenin genel jeolojisinin ortaya çıkartılması ve bölgede yayılım sunan mermerlerin ekonomik boyutunun ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. İscehisar mermerlerinin Paleozoyik yaşlı olduğu ve bölgesel metamorfizma sonucu oluştuğu saptanmıştır.

Kuşcu vd. (2001), Afyonkarahisar ili İscehisar ilçesinde yer alan mermerlerin 23 farklı ocaktan çıkartıldığı, 2000 yılında alınan verilere göre mermerlerden 110.000 m³ blok üretimi yapıldığı belirlenmiştir. 2000 yılı rakamlarına göre Türkiye blok mermer üretiminin %17’sini karşıladığı saptanmıştır. 2000 yılı verilerine göre Afyon bölgesi mermer ihracatının 34 milyon dolar olduğu ve bu rakamın Türkiye mermer ihracatının %15’ini karşıladığı tespit edilmiştir.

Utku vd. (2003), 1995 tarihinde Afyonkarahisar ili Dinar ilçesinde ve 2002 tarihinde Afyonkarahisar ili Çay ilçesinde meydana gelen depremler neticesinde yapılan çalışma ile bölgenin eş şiddet haritası çıkartılmıştır. Ayrıca yapılan çalışma ile bölgede yer alan aktif faylara bağlı olarak jeotermal sahaların fazla olması, bölgede yeraltı su seviyesinin varlığı, bölgedeki birimlerin gevşek çökellerden oluşması bölgede meydana gelebilecek depremlerde hasar arttırıcı etmen olarak görülmektedir.

Çelik ve Tur (2012), Afyonkarahisar ilinde bulunan yaklaşık 400 farklı mermer işleme tesisinde 300 bin ton sulu ve 200 bin ton katı mermer atığı oluşmaktadır. Oluşan atıklar

İscehisar, Susuz ve Organize Sanayi bölgesinde bulunan atık depolama sahalarında toplanmaktadır. Atık depolama sahası çevresinde bulunan su kuyularından alınan numuneler üzerinde jeokimyasal analizler yapılmıştır. Yapılan analiz ile Ca ve Mg iyonlarında son 7 yılda ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Bu veriler ile atık depolama sahasının yeraltı suyuna herhangi bir olumsuz etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Kibici vd. (2012), Afyon zonu içerisinde bulunan volkanik kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri ortaya konulmuştur. Yapılan çalışma ile volkanik kayaçların piroklastik bileşime sahip olduğu görülmüştür. Piroklastik malzeme ve bölgede bulunan volkanitler; trakit, trakiandezit ve az miktarda da bazalt bileşimlidir. Mineralojik analizleri sonucunda ise, plajiyoklas, sanidin, amfibol, biyotit ve klinopiroksen içerdiği ortaya konulmuştur.

Bulut ve Kırman (2013), Afyonkarahisar ili Dinar ilçesinde yer alan linyit sahasında yapmış oldukları çalışmada, kömürlerin ortalama 1729 kcal/kg ısı değere sahip olduğu, ortalama %1,33 kükürt, 17,96 kül ve %41,64 nem içerdiği belirlenmiştir. Toplam 5 adet ruhsat alanın 135 farklı lokasyonda yapılan sondaj çalışmaları ile 941,5 milyon ton kömür rezervi tespit edilmiştir. Tespit edilen rezervin 3400 MW gücünde olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve Ünlügenç (2014), Afyonkarahisar ili kuzeybatısında yer alan Bayat ve Bolvadin ilçelerinin arasında kalan alanın stratigrafisi ortaya konmuştur. Çalışma alanının stratigrafisinin tabandan tavana doğru; Prekambriyen yaşlı İhsaniye Formasyonu, Permian yaşlı Eldeş Formasyonu, Erken-Orta Triyas yaşlı Kıyır Formasyonu, Orta Triyas-Kretase yaşlı Gökçeyayla Formasyonu, Erken Miyosen yaşlı Beşsaray Formasyonu, Erken Miyosen-Pliyosen yaşlı Akpınar Formasyonu ve Seydiler İgnimbiritleri, Pliyosen yaşlı Yapılıkale Tepe Volkanitleri ve Erdemir Formasyonu, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar olduğu tespit edilmiştir.

Yıldız vd. (2014a), Afyonkarahisar ili içerisinde yer alan metasedimanter grubuna ait şist, Mesozoyik yaşlı ofiyolitler, Senozoyik yaşlı volkanik ve sedimanter kayaçların seramik hammadde oluşumuna temel hazırladığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada hammadde

potansiyeline sahip alanların jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Külahcı vd. (2015), Afyonkarahisar ili güneyi ile Şuhut ilçesi arasında yer alan bölgede bulunan volkanik birimlerin, mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada volkanik birimlerin; plajiyoklas, biyotit, amfibol, klinopiroksen, ortopiroksen, sanidin ve oksit minerallerinden oluştuğu tespit edilmiştir.

Tiryakioğlu vd. (2015), Afyonkarahisar ilinin aktif diri faylarla çevrili olması, diri fayların sismik boşluklara sahip olması il çevresinde yıkıcı bir deprem olabileceği olasılığını güçlendirmektedir. Multidisipliner çalışma ile Sultandağı Fayının batı kısmına 18 adet GNSS ölçü noktası kurulması kararlaştırılmıştır. Bununla birlikte 2013 yılında Paleostress analizleri kapsamında arazi çalışmaları başlamıştır. Yine bu çalışmalara ek olarak Sultandağı Fayı boyunca yeraltı sularında sistematik olarak radon gazı ölçümleri yapılmıştır.

Coşkun ve Sarıışık (2016), Afyonkarahisar ilçesinde bulunan ve farklı yerlerde kullanılan mermerlerin kayma potansiyellerinin belirlenmesi ve mermerlerin kullanım alanına göre sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışmaya göre mermer örneklerinin kayma potansiyellerini etkileyen parametreler belirlenmiştir. Belirlenen parametrelere göre kullanım amacına göre mermer sınıfı yapılmıştır.

Özkaymak vd. (2017), Afyonkarahisar ili Bolvadin ilçesinde daha önceden oluşmuş olan, uzunlukları 300 m ile 2 km ve doğrultuları K15°D ile K70°D arasında değişen yüzey deformasyonlarını tespit edip haritalamışlardır. Mevcut olan deformasyonların Bolvadin Fayı'nın güneybatıdaki devamı olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma ile yüzey deformasyonlarının oluşmasını bölgede gözlemlenen yeraltı seviyesindeki düşüşe bağlamışlardır.

Özkaymak vd. (2019), Afyon-Akşehir Grabeni'nin kuzey sınırından birini oluşturan Bolvadin Fayı üzerinde yapmış oldukları haritalama ve paleosismolojik çalışmalar

neticesinde Bolvadin Fayı'nın eğim atımlı normal fay olduğunu ve 6,48 büyüklüğüne kadar deprem üretebileceğini ortaya koymuşlardır.

Özkaymak ve Sözbilir (2020), Afyon-Akşehir Graben hattının, Batı Anadolu'da yer alan çöküntü alanlarından biri olduğu ve KB-GD uzanımlı olan AAG'nin batı bölümünde Erkmen, Gecek ve Gazlıgöl gibi diri faylar ile kontrol edildiğini tespit etmişlerdir. Yine bölgede yapılan çalışma ile Ömer-Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sahalarının, Gecek ve Erkmen Fayları ile Gazlıgöl ve Yarımcı Faylarının kesiştiği alanda oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Arıkan ve Enguix (2021), 2020 yılında Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti Devleti iş birliği ile hazırlanan "3 Pilot Havzada Nehir Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Destek Projesi" kapsamında "Akarçay Havzası Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Raporu" hazırlanmıştır. Bu raporda havza içerisinde durum analizi, havzaya özgü problemlerin ortaya çıkartılması ve bu problemlere bağlı olarak gelecekte ortaya çıkabilecek potansiyel sorunların ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.2 Mühendislik Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar

Türköz vd. (2010), Afyonkarahisar ve Eskişehir illerinden alınan kil numuneleri üzerinde magnezyum klorür kullanılarak killi zeminlerin iyileştirme çalışması yapılmıştır. Magnezyum klorür kullanılarak yapılan iyileştirme çalışmasında, Standart Proctor Deneyi ile %0, %1, %3, %5, %7, %10 oranlarında magnezyum klorür kullanılmıştır. Sonuç olarak iyileştirme çalışmasında %7 magnezyum klorür içeren numunenin diğerlerine nazaran daha iyi iyileşme özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Algül (2011), Afyonkarahisar Dinar ilinde yapılması düşünülen Haydarlı barajının bulunduğu bölgenin jeoteknik incelenmesi yapılmıştır. Yapılan incelemeler ile litolojik olarak baraj alanında genellikle aglomera-kil ardalanması ve genç alüvyon birimler bulunmaktadır. Çalışma alanında zeminin özelliklerin daha iyi ortaya koyabilmek için jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan geçirimsizlik deneylerine göre aglomera ve tüflerin

üst seviyeleri çok geçirimli, alt seviyeleri ise az geçirimli ve geçirimsizdir. Geçirimli seviyeleri geçirimsiz hale getirebilmek için perde enjeksiyon önerilmektedir.

Zümrüt (2018), Dinar-Denizli arasında yapılmakta olan demir yolu hattında yapılan sondaj çalışmaları ile zemin profili çıkartılmış ve zayıf olan zonların tespit edilmesi sonucunda yapılacak iyileştirmeler belirlenmiştir. Yapılan laboratuvar testlerinde en düşük oturmanın 2,69 cm, en yüksek oturmanın ise 5, 6 cm olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca yeraltı su seviyesinin 1,50-6,0 m arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre iyileştirme türleri ve hangi noktalara iyileştirmeler yapılacağı belirlenmiştir.

Tekin (2019), Ankara-İzmir hızlı tren hattının Banaz kesiminde yapılacak olan tünelin jeolojik ve jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ile inceleme alanında bulunan birimlerin kaya kalite göstergeleri belirlenmiş ve zemin sınıflandırmaları yapılmıştır. Çalışma sırasında yapılan kazı sırasında destek olarak C2 ve C3 destek sınıfları kullanılmıştır. Tünelin, bölgede yapılan ön çalışmalar sonucunda üstyarı/altyarı şeklinde açılması uygun görülmüştür. Çalışma alanından alınan örnekler ile laboratuvar deneyleri yapılmış, kayaların genellikle orta ayrışmış, çok ayrışmış ve zayıf olduğu belirlenmiştir.

Acar (2019), Afyonkarahisar ili Demirçevre bölgesinde bulunan alanı mühendislik jeolojisi açısından incelemiştir. Çalışma kapsamında 30 adet Temel sondaj, sismik kırılma, 5 profilde elektrik öz direnç (DES) ve 5 noktada ise mikrotremür (MT) uygulaması yapılmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar ile bölgenin depremselliği ve sıvılaşma analizleri yapılmış ve bölgenin yerleşime uygunluğu araştırılmıştır.

Gücek ve Zorluer (2019), Afyonkarahisar ilinin batısında yer alan Uydukent bölgesinin sismik mikrobölgeleme haritası çıkartılmıştır. Harita ile riskli olan alanlar belirlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Gücek (2020), Afyonkarahisar ilinin Uydukent bölgesinde arazi deneyleri yardımıyla zemin büyümesi ve sıvılaşma analizlerini belirlemek için derinlikleri 15-30 m arasında olan 124 adet temel sondaj çalışması yapmıştır. Sondaj çalışmaları, SPT sonuçları ile

laboratuvar deneyleri birlikte değerlendirilmiş ve bölgedeki deprem hasarını en aza indirmek için bölgenin sıvılaşma analiz ve zemin büyütme analizleri yapılmıştır.

Gücek ve Zorluer (2020), Afyonkarahisar Uydukent Bölgesi'ni esas alan çalışmada alüvyon zeminlerin sıvılaşma potansiyelleri SPT verileri yardımıyla tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile sıvılaşma potansiyeli 0,4 g büyüklüğünde deprem ivmesi kullanılmış ve Mw= 5.0, 6.0 ve 7.0 olan senaryo üzerinden değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bölgenin orta ve yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

2.3 Hidrojeoloji ile İlgili Çalışmalar

Doğdu ve Bayarı (2002), Afyonkarahisar ilinde Ömer-Gecek, Gazlıgöl ve Heybeli jeotermal alanları içerisinde yapılan çalışmada, Na, K, Cl, Li, B sıcaklık ve elektriksel iletkenlik parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelerin alansal dağılımı incelenmiş ve az sayıdaki tatlı yeraltı sularının jeotermal sıcak su ile kirlendiği tespit edilmiştir.

Gürsu ve Göncüoğlu (2005), Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesini de kapsayan çalışmada Geç Neoproterozoyik yaşlı Sandıklı temel kompleksinin Erken Kambriyen yaşlı Gögebakan Formasyonu'nu uyumsuz olarak örttüğü ve bu durumun Menderes Masifi'nde yer alan Ana-Pan Afrikan uyumsuzluğuna karşılık gelebileceğini ortaya koymuştur.

Memiş vd. (2010), Afyonkarahisar ilinin güneybatısında yer alan Sandıklı-Hüdaî jeotermal alanının rezervuar sıcaklığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlarda jeotermal sistemin rezervuar sıcaklığının; silika jeotermometresine göre 85-120 °C, entalpi-silika karışım modeline göre 108-134 °C ve entalpi-klorür karışım modeline göre 98-120 °C olarak belirlenmiştir. Ortalama rezervuar sıcaklığının 110°C olduğu tespit edilmiştir.

Yıldız vd. (2011), inceleme alanının jeotermal modelinin çıkartıldığı çalışmada, rezervuar kayacı olarak tabanda Afyon metamorfitlelerinin bulunduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanında yapılan analizler sonucunda iki farklı alterasyon türü gözlemlenmiştir. Yapılan jeokimyasal incelemelerde bölgedeki volkanik kayalar genel olarak trakiandezit

bileşiminde olduğunu ortaya konmuştur. Hidrojeokimyasal analizler ile bölgede bulunan suların benzer akiferden geldiği tespit edilmiştir.

Yıldız vd. (2014b), Ahmet Necdet Sezer Kampüsü ve çevresinde yapılan çalışmada bölgenin jeotermal potansiyeli araştırılmıştır. Jeotermal sistemin rezervuar kayacını Afyon metamorfitlelerine ait Oyuklutepe mermerleri oluşturmuştur. Jeotermal sistemin KD-GB doğrultulu olması, bölgedeki aktif tektonik yapıyı ve bölgede bulunan graben sisteminin ana faylarıyla uyumlu bir yapı ortaya koymuştur. Jeofizik çalışmaların sonucunda, jeotermal enerji için bölgedeki potansiyel alanlar tespit edilmiştir.

Davraz ve Balın (2015), Afyonkarahisar ili güneybatısında yer alan Çöl Ovası'nda yer alan ve sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının hidrojeokimyasal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler ile suların sulama suyu olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Kökensel olarak değerlendirilen yeraltı sularının meteorik kökenli olduğu belirlenmiştir.

Demir ve Memiş (2015), Afyonkarahisar ili için büyük öneme sahip olan Ömer-Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sahalarında yapılan çalışmada, jeotermal suların jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yine yapılan jeotermometre hesabı ile Ömer-Gecek jeotermal sularının 130-147 °C, Gazlıgöl jeotermal sularının 104-119 °C, Sandıklı jeotermal sularının 100-120 °C ve Heybeli jeotermal sularının da 74-91 °C rezervuar sıcaklıklarına sahip oldukları tespit edilmiştir.

Demir ve Memiş (2017), Afyonkarahisar ilinde yer alan Heybeli jeotermal sularının hidrojeokimyasal analizleri ile rezervuar sıcaklıkları belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile Heybeli jeotermal sularının 75-106 °C sıcaklığa sahip olduğu ve pH değerlerinin 6,53 ile 6,56 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Şener ve Özdemir (2017), Afyonkarahisar ili Karakuyu Gölü ve çevresinde yapılan çalışma ile su kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri ve kalitesi ortaya çıkartılmıştır. Hidrojeokimyasal analiz sonuçlarına göre suların Ca- HCO₃ ve Ca-Mg- HCO₃ tipli sular sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Kalite durumları değerlendirildiğinde suların I. sınıf su kalite sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Başaran vd. (2019), Afyonkarahisar ili, İscehisar ilçesinde yer alan termal ve mineralli suların hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiş ve kullanım özellikleri tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde termal suların Na-Ca-HCO₃, mineralli suların Na- HCO₃ ve soğuk suların Ca-Mg- HCO₃, Ca-Na- HCO₃ türü sular olduğu belirlenmiştir. Termal ve mineralli suların silis jeotermometresine göre rezervuar sıcaklıklarının sırasıyla 69-119 °C ve 46-82°C olduğu tespit edilmiştir.

Uray vd. (2019), 2019 yılı Tarım ve Orman Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu "Akarçay Havzası Taşkın Yönetim Planı" ile havzanın taşkın risklerini belirlemek ve taşkınların insan sağlığı, çevre ve ekonomik faaliyetler üzerine oluşturduğu olumsuz etkilerin azaltmak amaçlanmıştır.

2.4 İnceleme Alanının Jeolojisi

2.4.1 Stratigrafi

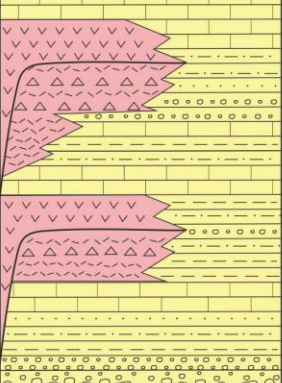
Çalışma alanı Afyonkarahisar ilinin kuzeyinde bulunan Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusunun biriktiği alanda yer alır. İnceleme alanının temelinde Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfikleri bulunur. Afyon metamorfikleri Bayramgazi şistleri ve Oyuklutepe mermerleri olmak üzere iki üyeden meydana gelmektedir. Temel kayaçların üzerine uyumsuzlukla Orta-Üst Miyosen yaşlı Ömer-Gecek formasyonu gelmektedir. Bu formasyon ise Başçakmaktepe konglomerası ve Köprülü volkano-sedimanter istiften oluşmaktadır. Üst Miyosen yaşlı Erkmen volkanitleri ise bölgede meydana gelen volkanizmanın son ürünüdür. Kuvaterner yaşlı alüvyon ise inceleme alanındaki en genç birimleri oluşturmaktadır (Şekil 2.2).

2.4.1.1. Afyon Metamorfitleeri

Afyon metasedimanter grubu olarak adlandırılan formasyon ilk kez Tolluoğlu vd. (1997) tarafından adlandırılmıştır. Birim Bayramgazi şistleri ve Oyuklutepe mermerlerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.1 Çalışma alanı 1/50000 ölçekli jeolojik haritası (MTA 1990).

Zaman	Sistem	Seri	Litoloji	Açıklamalar
SENOZOYİK	NEOJEN	PLİYO-KUVATERNER		Kaba taneli kenar fasiyesi; kötü boyanmalı, kumlu çamurlu kaba çakıl-bloklardan yapıli alüvyal yelpaze, kolüvyal çökeller ve yamaç döküntüleri. İnce taneli graben ortası fasiyesi; çapraz katmanlı kırmızı çamurlu, yer yer çakıllı kum ve killerden yapıli alüvyal yelpazelerin uç kesimleri ve akarsu çökelleri <i>uyumsuzluk</i>
		PLİYÖSEN		Polijenik çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve kilttaşlarından yapıli karasal kırıntılar <i>uyumsuzluk</i>
		ORTA MİYOSEN		Beyaz, sarımsı beyaz renkli, yer yer silisli, gastropod fosilli, orta-kalın tabakalı gölssel kireçtaşları
		ALT MİYOSEN		Afyon Volkanitleri Trakit, andezit, trakiandezit bileşimli lav ve piroklastik çökeller Kumtaşı, kiltası, çamurtaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan gölssel çökeller Andezit, trakiandezit bileşimli lav ve piroklastik çökeller Kumtaşı, çamurtaşı-kiltası, kömürlü-organik malzemece zengin şeyl Polijenik, kötü boyanmalı taban çakıltıları <i>uyumsuzluk</i>
PALEOZOYİK-MESOZOYİK				Afyon Zonu Temel Kayaları Mikaşist, gnays ve başlıca serpantin, peridotit, gabro içeren bazik-ultrabazik tektonik kaya dilimleri, ofiyolitik melan, masif mermer karbonatlar ve metakirintiler

Şekil 2.2 Afyonkarahisar ili ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Özkaymak, 2017'den alınmıştır).

a) Bayramgazi Şistleri

Bayramgazi şistleri çalışma alanında, klorit-muskovit-albit-kuarsşist-biyotit ve kalkışist olarak görülmektedir. Ayrıca şistlerin içerisinde yer yer kuvarsitler ve çatlakların arasında ise kuvars damarları gözlemlenebilmektedir (Metin vd. 1987, Kibici 2002, Ulutürk 2009, Yıldız vd. 2010, Kibici vd. 2012). Birim genellikle kahve, gri ve yeşil renkte ve granoblastik dokuludur (Öktü vd. 1997).

b) Oyuklutepe Mermerleri

İlk kez Ulutürk (2009) tarafından isimlendirilen birim ismini karakteristik olarak gözlenen Oyuklu Tepe'den almıştır. Genellikle menekşe dokusunun gözlemlendiği birimde gri renkli dokular da görülebilmektedir. Bölgede bulunan aktif tektonik yapıyla ilişkili olarak yer yer breşik yapı gözlemlenmektedir. Mineralojik bileşime bakıldığında ise genel olarak kalsit minerali görülmektedir. İkincil mineral olarak kuvars, serisit, klorit bulunmaktadır (Yıldız vd. 2010).

2.4.1.2 Erkmen Volkanitleri

Birim Afyonkarahisar'ın güneyinde bulunan Erkmen Mahallesi'nde görülmesinden dolayı ilk kez Harut (1995) tarafından isimlendirilmiştir. Aglomera türünde piroklastik ve lav akıntılarından oluşan birim genellikle gri, koyu gri renkte ve trakit, trakiandezit bileşimlidir.

Erkmen volkanitlerinin bir seviyesi de trakit, trakiandezit bileşiminden meydana gelen lav akıntılarıdır. Birim genellikle dom yapısı şeklinde bölgedeki yükseltileri oluşturmaktadır. Kahverengimsi, gri ve koyu gri renkte görülen birim, iri sanidin kristalleri, biyotit ve amfibol minerallerinden oluşmaktadır (Yıldız vd. 2010).

2.4.1.3 Alüvyon

Kuvaterner yaşlı olan birim genç çökellerden meydana gelmektedir. İnceleme alanında bulunan akarsu yataklarında, gevşek tutturulmuş kum, çakıl türü güncel çökellerden oluşmaktadır.

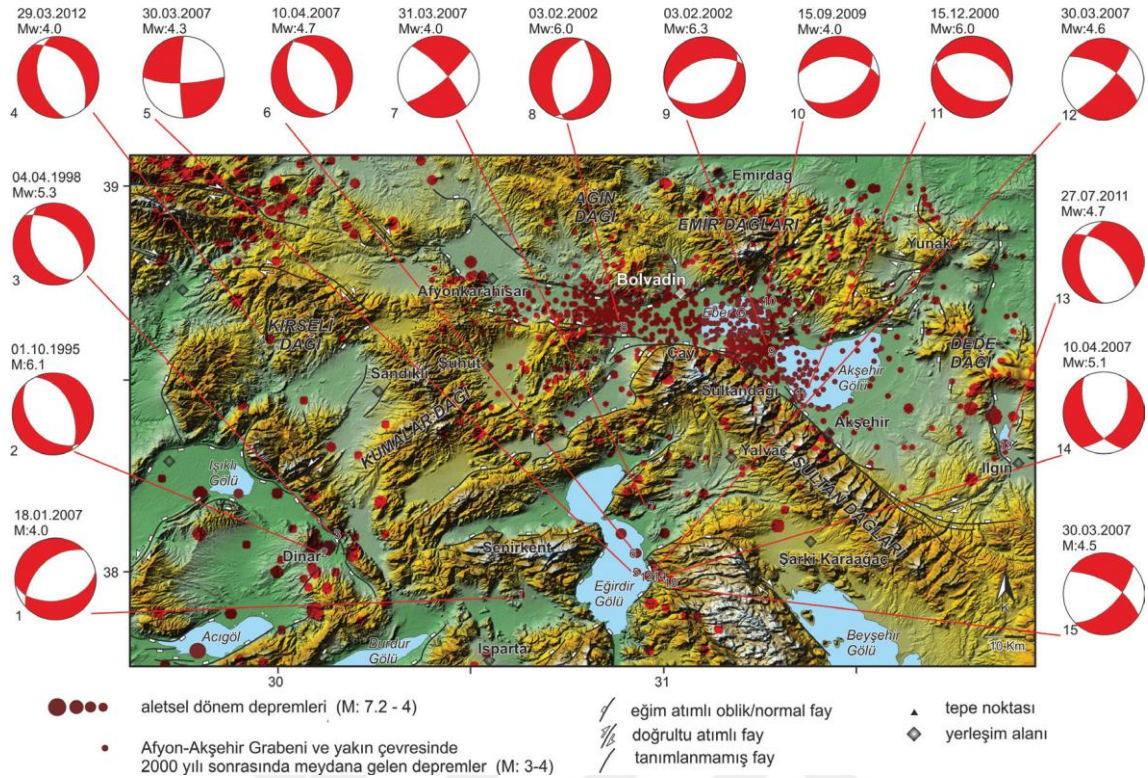
2.4.2 Yapısal Jeoloji

Afyonkarahisar ili Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları ile sınırlanan Anadolu Plakası içerisinde yer almaktadır. Yılda 21 mm batıya doğru hareket eden Anadolu Plakası'nın en önemli aktif yapılarından bir tanesi Akşehir-Simav Fay Sistemi'dir.

Afyonkarahisar ili AFSF'nin güneydoğusunda yer alan Afyon-Akşehir Graben hattı AFSF ile Fethiye-Burdur Fay Zonu'nun kesiştiği kritik bir bölgede yer almaktadır. Afyonkarahisar ili ASFS'nin güneydoğu kısmında çöküntü alanı ile temsil olunmakta olup yaklaşık 130 km uzunluğuna sahiptir. (Koçyiğit 1984, Koçyiğit vd. 2000, Koçyiğit ve Özacar 2003, Emre vd. 2011, Özkaymak vd. 2017, Duman vd. 2018, Özkaymak ve Sözbilir 2020).

Gazlıgöl Fayı: İlk kez Emre vd. (2011), diri fay olarak adlandırılan bu fay 19 km uzunluğa sahiptir. Genel olarak KG doğrultulu olan Gazlıgöl Fayı doğuya doğru eğimlidir. Özkaymak ve Sözbilir (2020) tarafından yapılan çalışmada fay üzerinde sırt tipi travertenlerin, K-G uzanımlı güncel çatlaklara işaret etmektedir. Gazlıgöl Fayı üzerinde yapılan fay düzlemleri ölçümlerinde, fayın BKB-DGD yönlü genişleme kuvvetlerinin etkisinde kaldığı belirtilmektedir. Eğim atımlı normal fay niteliğinde çalışan Gazlıgöl Fayı'nın üretebileceği en yüksek deprem büyüklüğünün 6,55 olabileceği tespit edilmiştir(Özkaymak ve Sözbilir 2020). Ayrıca Gazlıgöl Fayının üzerinde, fay kırıklarının oluşturduğu boşluklarda sıcaklıkları 70 °C'ye ulaşan sıcak su kaynakları bulunmaktadır.

Afyon-Akşehir Graben Hattı ve yakın çevresinde aletsel dönem boyunca büyüklükleri 7.2'ye kadar ulaşan depremler meydana gelmiştir. Bölgede yer alan fayların, 1995 ve sonrasında meydana gelen depremlerin odak mekanizması çözümlemelerine göre doğrultu atımlı ve eğim atımlı normal faylanma oldukları görülmektedir (Şekil 2.3) (Özkaymak vd. 2017).



Şekil 2.3 Afyon-Akşehir Graben Hattı ve yakın çevresinin sismotektonik (Faylar Emre vd. 2011'den, odak mekanizma çözümleri İnt. Kyn 3'ten; Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde 2000 yılından sonra meydana gelen depremler İnt. Kyn. 4'ten; sismoteknotik harita Özkaymak vd. 2017'den alınmıştır).

Gecek Fayı: Emre vd. (2011), yaptığı çalışmada ilk kez diri fay olarak tanımlanan bu fayın uzunluğunun yaklaşık 10 km olduğu belirlenmiştir. D-B uzanımlı ve güneye eğimli olan Gecek fayı eğim atımlı normal fay niteliğindedir. Üretebileceği en yüksek deprem büyüklüğü 6,18 olarak hesaplanan Gecek Fayı'nın Erkmen Fayı ile kesiştiği bölgede Ömer ve Gecek jeotermal alanları yer almaktadır (Duman vd. 2018). Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş (AFJET) tarafından bölgede açılan kuyulardan yaklaşık 130 °C sıcak su kaynağı elde edilmektedir (Özkaymak ve Sözbilir 2020).

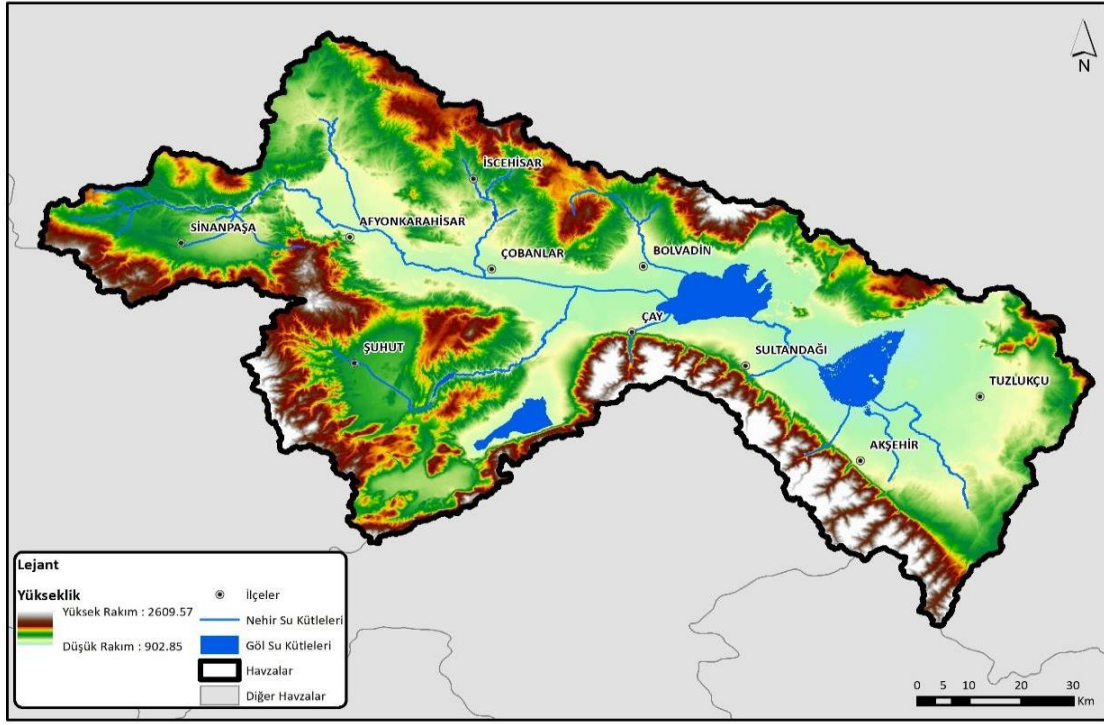
Erkmen Fayı: Afyon ilinin batısında yer alan Erkmen Fayı KKB-GGD uzanımlı ve yaklaşık 13 km uzunluğundadır (Duman vd. 2018). Özkaymak ve Sözbilir (2020) yapmış oldukları çalışmada, BGB-DKD yönlü genişleme kuvvetleri etkisi altında olan bu fayın eğim atımlı normal fay şeklinde çalıştığı tespit edilmiştir. Üretebileceği en yüksek deprem büyüklüğü 6,33 olarak hesaplanmıştır (Duman vd. 2018).

2.4.3 Hidrojeoloji

Bölgenin en önemli su kaynağı olan Akarçay Havzası Türkiye yüzölçümünün %1'ini oluşturmaktadır. Yarı düzenli rejime sahip olan Akarçay yaklaşık 145 km uzunluğuna sahip olan havza, Gazlıgöl ve Nacak dereleri tarafından beslenmektedir. Akarçay Deresi'ne kaynak oluşturan en önemli dereler Aksu Deresi, Çayözü Deresi ve Kali Çayı'dır. Bu dereler tarafından beslenen Akarçay Nehri Türkiye'nin en büyük 12. gölü olan Eber Gölü'ne dökülmektedir.

Akarçay Deresi, Afyonkarahisar ilinin güneybatısında yer alan Ahır Dağı'nın doğu yamacından doğar. Dere genellikle doğuya doğru akım gösterir. Dere doğduğu yerin kuzeyinde yer alan Balmahmut Köyü ve Sincanlı Ovası içerisinde kalan yan dereleri ile birleşir. Birleştiği kısım Nacak Deresi olarak adlandırılmıştır. Balmahmut Köyü'nden sonra kuzey ve doğuya doğru ayrılan dere Afyonkarahisar ilinin merkezinden geçerek ilin doğusunda yer alan Bolvadin ilçesine doğru akış gösterir (Şekil 2.4) (Uray vd. 2019).

Afyonkarahisar ili jeotermal potansiyel açısından hem ülke hem de bölge için önemli bir yere sahiptir. İl merkezi ve Ahmet Nejdet Sezer Kampüsü'nde yer alan binalar, AFJET bünyesinde açılan ve sıcaklıkları 130 °C'ye ulaşan jeotermal sıcak su kaynakları ile ısıtılmaktadır. Bunun yanında Afyonkarahisar ilinin kuzeybatısında yer alan ve sıcaklıkları 70 °C'ye ulaşan Ömer ve Gecek kaplıcaları da termal turizm açısından önemli bir yere sahiptir (Ulutürk 2009).



Şekil 2.4 Akarçay Havzası (Arıkan ve Enguix 2021).

3. ANALİTİK YÖNTEMLER

Afyonkarahisar kuzeyindeki Erenler mahallesinde geniş bir yayılım sunan Kuvaterner yaşlı göl çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından yapılan temel sondaj çalışmalarına eşlik edilmiştir. İkinci aşamada temel sondajlarına ek olarak el burgusu ve ilave sondajlar ile sığ derinliklerde araştırma çukurları açılmıştır.

3.1.1 Yazıcılar Yapı Mühendislik Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında bölgede Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından yapılan 22 adet temel sondaj çalışmalarına eşlik edilmiştir.

3.1.2 Proje Kapsamında Yapılan Arazi Çalışmaları

Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından açılan sondajların etrafında, el burgusu ile 17 adet ve ilave sondaj çalışmaları ile 40 adet olmak üzere toplam 57 adet 0,50-2,50 m arası derinliğe sahip araştırma çukurları açılmıştır. Alınan numuneler üzerinde fiziksel tanımlama deneyleri ile üç eksenli basın dayanımı deneyi yapılmıştır. Excel programı yardımıyla deneylerin hesaplamaları yapılmış ve Grapher programı ile granülometre eğrileri çizilmiştir. Bunun yanında, Surfer programı yardımıyla kontur diyagramları hazırlanmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında sondaj lokasyonları GPS cihazı yardımıyla alınarak arazi defterine kaydedilmiştir. Ayrıca arazide çalışma sırasında çekilen fotoğraflar deftere not edilmiştir.

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen deneyler Türk Stadartları Enstitüsü ve American Society for Testing and Materials (2004) standartlarına uygun yapılmıştır.

3.1.1 Temel Sondaj Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında, Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından açılan 22 adet temel sondaj çalışmaları yerinde incelenmiştir. Derinlikleri 15-20 m arasında değişen sondajlarda her 3 m'de bir sistematik bir şekilde toplam 117 örselenmiş ve 27 adet örselenmemiş numune alınmıştır (Resim 3.1). Buna ek olarak her 1,5 m'de bir, ağırlığı 63,5 kg olan Şahmerdanın 76 cm'den düşmesi sağlanarak Standart Penetrasyon deneyi yapılmıştır. Üç kademedede toplam 45 cm çakılması sağlanan şahmerdanın her 15 cm'lik kısmının zemine gömülmesi ile düşüş sayıları kaydedilmiştir. Ayrıca belirli seviyelerden UD tüpüyle alınan örselenmemiş numunelerin ilk gözlemleri yapıp uygun koşullarda paketlenerek deneyleri yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir.

3.1.2 İlave Sondaj

Araştırma çukurları yardımıyla temel sondajların etrafında belirlenen ve derinliği 0,5 ile 2,5 m arasında değişen 57 adet ilave sondaj yapılmasına karar verilmiştir. Açılan araştırma çukurlarında her 0,50 m'de bir toplam 275 adet örselenmiş numune alınmıştır. Açılan kuyularda her seviyeden yaklaşık 1 kg örnek alınmasına özen gösterilmiştir. Yeteri kadar numunenin alınamadığı yerlerde hemen yakınında yeni bir sondaj yeri açılarak aynı seviyeden numune alınması sağlanmıştır. Arazide ilk fiziksel özellikleri tanımlanan numuneler çift kat poşetlenerek kutulara yerleştirilmiştir (Resim 3.2).



Resim 3.2 a) El burgusu ile numune alınması. **b)** Alınan numunenin bir kaptan toplanması **c)** Numunelerin poşetlenmesi ve deney föyüne kaydedilmesi.

Çizelge 3.1 Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından yaptırılan deneyler.

Yapılan Deneyler	
Fiziksel Deneyler	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
	Doğal Su İçeriği
	Elek Analizi
	Atterberg Limitleri (Likit Limit, Plastik Limit)
	Doğal Birim Hacim Ağırlık
Mekanik Deneyler	Konsolidasyon
	Üç Eksenli Basınç Dayanımı

3.2.2 Proje Kapsamında Yapılan Laboratuvar Çalışmaları

Afyonkarahisar ili kuzeyinde bulunan Kuvaterner yaşlı göl çökellerinden alınan örselenmiş numunelerin jeomühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'na getirilmiştir.

İlk olarak bütün numunelerin doğal su içerikleri belirlenmiştir. Su muhtevası ölçülen numuneler, hidrometre deneyi için yıkamalı elek analizinden geçirilmiştir. Yıkamalı elek analizi yapılan numuneler, laboratuvar ortamında kurutularak hidrometre deneyine hazır hale getirilmiştir. Hidrometre deneyi tamamlandıktan sonra 200 no'lu elek üzerinde kalan numunelerin elek analizleri yapılmıştır. Daha sonra numunelerin özgül ağırlıkları belirlenmiştir. 200 no'lu elek altında kalan numunelerden 12 adet seçilerek X-Işını Kırınımı (XRD) analizleri yapılmıştır.

İkinci grup numuneler likit limit, plastik limit ve rötre (büzülme) limiti deneylerinin yapılabilmesi için 40 no'lu elekten yıkamalı elek analizi ile elenmiştir. Elenen numuneler laboratuvar ortamında kurutularak deneyler için hazır hale getirilmiştir.

Üçüncü grup numuneler üzerinde üç eksenli basınç dayanımı yapılmış ve kalan numuneler, ihtiyaç halinde kullanılabilmesi için şahit numune olarak laboratuvar ortamında uygun koşullarda saklanmıştır.

3.2.2.1 Mineralojik Analizler

Bölgede yapılan büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında 0,5 ve 1,0 m'lerde CH zemin sınıfına ait 3 adet 0,5 m'de, 3 adet 1,0 m'den örnekler seçilmiştir. Yine aynı şekilde CL zemin sınıfından 3 adet 0,5 m'de ve 3 adet 1,0 m'de örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin mineralojik analizleri x-ışını kırınımı (XRD) yöntemiyle belirlenmiştir. XRD analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde Shimadzu marka XRD-6000 model XRD cihazı kullanılarak yapılmıştır. XRD analizleri tüm kaya ve kil boyutu çalışmaları olmak üzere

iki aşamada yürütülmüştür. Tüm kaya XRD analizler için örnekler -100µm tane boyutundaki öğütülmüş örnekler kullanılmıştır. Örnekler 2°/dk'da taranarak 2°-70° (2θ) goniometre kırınım açısı aralığında 2000 cps (intensity) pik yoğunluğunda analiz edilmiştir.

Tüm kayaç XRD analizleri sonucunda, farklı mineralojik özellik gösteren numunelerde kil minerallerini detaylı bir şekilde tanımlayabilmek amacıyla kil boyutu incelemeleri yapılmıştır. Kil boyutu incelemeleri için öğütülmüş numunelerden yönlendirilmiş numuneler hazırlanmıştır. Yönlendirilmiş numune için tüm kayaç örneklerinden yaklaşık 80 gr numune tartılarak 2 l saf su içerisinde mekanik karıştırıcı yardımıyla yaklaşık 1 saat boyunca karıştırılmıştır. Karıştırılan numuneler 1000 cc'lik mezür içerisine konularak çökmesi beklenmiştir. Çökelmenin en iyi gözlemlendiği anda kilce zengin bölüm sifon yardımıyla çekilir. Bu yöntemle sadece 2 mikrondan küçük kilce zengin seviyelerin analizi yapılmış olur (Brindley ve Brown 1980, Saka 1997, Yıldız 2000).

Yönlendirilmiş numunelere üç farklı yöntem uygulanarak kil minerallerinin 2θ° açısı bölgesinde bulunan bazal kırınımlarda yapay değişimler meydana getirilmeye çalışılmıştır. Yapay değişimlerin incelenmesi sonucunda kırınım profilleri ile kil minerallerinin tanımlanması yapılarak birbirlerinden ayırt edilirler. Numunelerin aşağıda verilen yöntemler uygulandıktan sonra XRD analizleri yapılmıştır.

- a) **Havada Kurutma:** Yönlendirilen numune süspansiyon halinde pipet yardımıyla lam üzerine damlatılarak oda sıcaklığında kuruması sağlanmıştır.
- b) **550 °C'de Fırınlama:** Süspansiyon halindeki numunenin lam üzerinde 550 °C'ye ayarlanmış fırında yaklaşık 3 saat ısıtılması ile gerçekleştirilir. Fırında ısıtılan numune soğuma sırasında havadan nem almaması için desikatöre konularak 15-20 dk boyunca soğuması beklenir.
- c) **Etilen Glikol'de Bekletilmesi:** Lam üzerine damlatılan süspansiyon halindeki numunenin altında etilen glikol bulunan desikatöre konularak 3 saat 55°C'de ısıtılma işlemi tabii tutulmuştur. Isıl işlem sonucunda çıkartılan numunenin analizi yapılmıştır.

3.2.2.2 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Arazi çalışmaları kapsamında laboratuvar ortamına getirilen numuneler üzerinde Türk Standartları Enstitüsü (2006b) ve American Society for Testing and Materials (2004) standartlarına uygun olarak fiziksel tanımlama deneyleri yapılmıştır.

Fiziksel tanımlama deneylerinde ilk olarak ince ve iri taneli zeminleri ayırmak amacıyla elek analizi yapılmıştır. Yapılan elek analizleri sonucunda numunelerin %50'den fazlasının 200 no'lu elekten geçmesi sebebiyle hidrometre deneyi yapılmıştır. Hidrometre deneyinde amaç ince taneli olan kil ve siltin yüzdelik miktarlarını belirlemektir.

İlk olarak hidrometre deneyine ön hazırlık olarak yıkamalı elek analizi yapılan birinci grup numuneler laboratuvar ortamında kurutulmuştur (Resim 3.3.c-d). Kurutulan numuneler, sodyum hekzametafosfat çözeltisi içerisinde 24 saat bekletilmiştir (Resim 3.4.a). Tane boyutlarının topak halde olması engellenmesi amacıyla elektronik mikser kullanılmıştır (Resim 3.4.c). Mikserden alınan numuneler 1000 ml'lik mezür içerisinde konulmuş ve çözelti 1000 ml'ye ulaşana kadar saf su eklenmiştir. Çözeltinin mezür içerisinde homojen bir şekilde dağıtılmasını sağlamak için 1 dakika boyunca numuneler çalkalanmıştır (Resim 3.4.d). En sonunda hazır hale gelen çözelti üzerinde 30 saniye, 1, 2, 4, 8, 15, 30 dakika, 1, 2, 4, 8, 24 saatlik hidrometre ve belirli periyotlarda sıcaklık ölçümleri alınmıştır.

Yapılan hidrometre deneyinde elde edilen değerler, Türk Standartları Enstitüsü (2006b)'ne göre hesaplanmıştır (Çizelge 3.2) Aşağıda AÇ-5,5a13 isimli numunenin hidrometre analizi ve granülometre eğrisi Şekil 3.1'de verilmiştir.

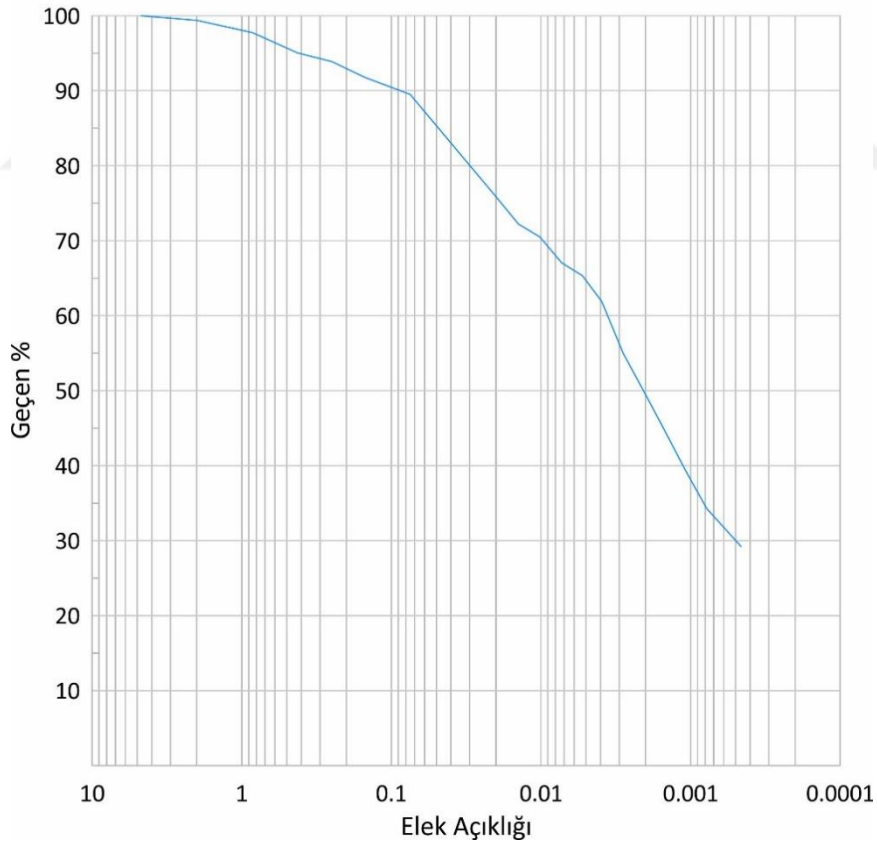
Şekil 3.1'de verilen granülometre eğrisine göre elek açıklığı 4.75-2 arası iri kum, 2 ile 0.075 arası kum, 0.075 ile 0.005 arası silt ve 0.005'ten küçük olanlar kil olarak adlandırılmaktadır.

Tüm hidrometre analizlerine göre numunelerin silt miktarları %0 ile %25 arasında ve kil oranları ise %51 ile %98 arasında yer almaktadır.

Çizelge 3.2 Hidrometre deneyine ait deney föyü (AÇ-5,5a13 numaralı örnek).

Zaman (dk)	Hidrometre Okuması	Sıcaklık (°C)	Efektif Derinlik (cm)	D Katsayısı	Sıcaklık Düzeltilmesi	Ayrıştırıcı Madde Düzeltilmesi	Hidrometre Düzeltilmesi	Geçen Madde Miktarı (%)
0.5	47	20,1	9,2	$4,76 \cdot 10^{-5}$	0,019	-4	43,02	76
1	45	20,1	9,6	$3,29 \cdot 10^{-5}$	0,019	-4	41,02	72
2	44	20,1	9,7	$2,30 \cdot 10^{-5}$	0,019	-4	40,02	71
4	42	20,1	10,1	$1,58 \cdot 10^{-5}$	0,019	-4	38,02	67
8	41	20,1	10,2	$1,10 \cdot 10^{-5}$	0,019	-4	37,02	65
15	39	20,1	10,6	$7,84 \cdot 10^{-6}$	0,019	-4	35,02	62
30	35	20,2	11,2	$5,22 \cdot 10^{-6}$	0,037	-4	31,04	55
60	32	20,2	11,7	$3,51 \cdot 10^{-6}$	0,037	-4	28,04	50
120	29	20,2	12,2	$2,34 \cdot 10^{-6}$	0,037	-4	25,04	45
240	26	20,2	12,7	$1,56 \cdot 10^{-6}$	0,037	-4	22,04	40
480	23	20,3	13,2	$1,02 \cdot 10^{-6}$	0,055	-4	19,06	34
1440	20	20,6	13,7	$5,40 \cdot 10^{-7}$	0,111	-4	16,11	29

AÇ-5,5a13



Şekil 3.1 Elek analizi sonucuna göre çizilen granülometre eğrisi (AÇ-5,5a13 numaralı örnek).



Resim 3.3 a) Numunelerin kaplara koyularak tartılması. **b)** Numunelerin etüve yerleştirilmesi. **c)** Etüvde kurutulan numunelerin laboratuvarda kurumaya bırakılması. **d)** Laboratuvar ortamında kuruyan numunelerin görseli.

Hidrometre deneyinin yapılmasından sonra likit limit, plastik limit ve büzülme limiti deneyleri yapılmıştır. Likit limit deneyi, zeminin plastik durumdan sıvı durumuna geçtiği andaki su içeriğini bulmak amacıyla yapılmaktadır. Bu deney için laboratuvar ortamında kurutulan numuneler toz haline getirildikten sonra porselen kap içerisine alınmış ve su içeriği kademeli olarak arttırılmıştır. Belirli bir kıvama getirilen numuneler Casagrande aletinin içerisine konulmuştur (Resim 3.5.a) Pirinç potaya yerleştirilen numunenin ortasından oyuk açma bıçağı yardımıyla bir yarık açılmıştır (Resim 3.5.b). Daha sonra belirli bir mesafeden düşmesi sağlanan potanın ortasındaki yarık kapanana kadar krank kolu çevrilmiştir. Kapanan kısımdan belirli bir miktarda numune alınarak tartılmış ve etüvde 24 saat 105 °C sıcaklıkta kurutulmuştur (Resim 3.5.c). Kurutulan numune tekrardan terazi yardımıyla tartılmış ve su içeriği belirlenmiştir (Resim 3.5.d). Bu işlem su içeriği arttırılarak 3 kademe halinde yapılmıştır. Deney sonucunda Çizelge 3.3'te numunenin plastik davranıştan sıvı davranışa geçtiği andaki su içerikleri belirlenmiş ve 25 vuruşa karşılık gelen değer Şekil 3.2'deki denklemden hesaplanmıştır. Numunelerin likit limit miktarları %25 ile %75 arasında değişiklik göstermektedir.



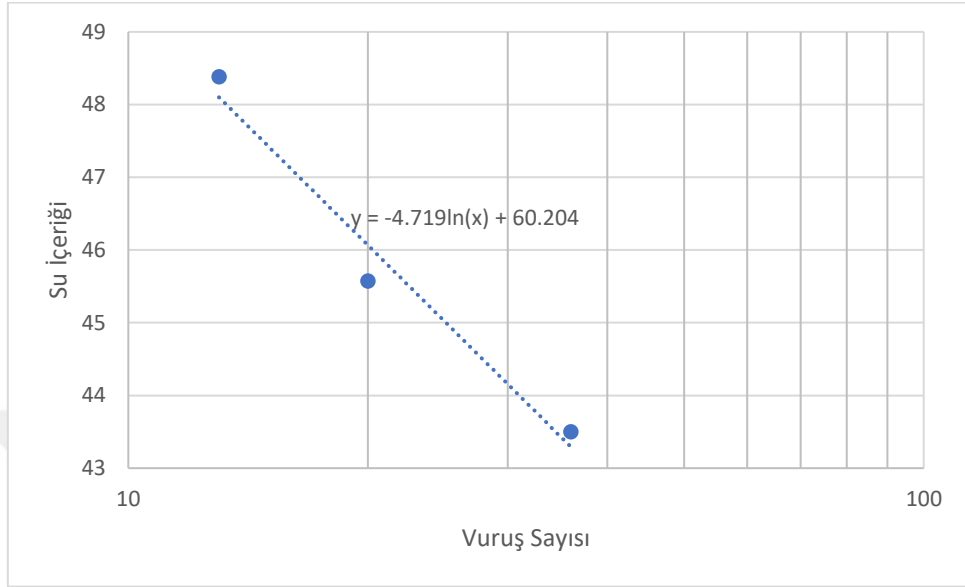
Resim 3.4 a) Numunelere sodyum meta hekzafosfat eklenmesi. **b)** Deney seti. **c)** Numunelerin mikser yardımıyla karıştırılması. **d)** Hazırlanan numunelerin okumalarının yapılması.

Çizelge 3.3 Likit limit deney föyü (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).

Kap Ağırlığı (gr)	Kap+Yaş Numune Ağırlığı (gr)	Kap+Kuru Numune Ağırlığı (gr)	Düşüş Sayısı	Su Miktarı (gr)	Kuru Numune Ağırlığı (gr)	Su İçeriği (%)
23,97	47,16	40,13	36	7,03	16,16	43,5
18,46	38,36	32,13	20	6,23	13,67	45,57
19,28	43,17	35,38	13	7,79	16,1	48,39

Plastik limit deneyi, zeminin yarı katı durumdan plastik duruma geçtiği andaki su içeriğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu deney için az miktarda numune alınmış ve homojen bir duruma gelmesi sağlanana kadar avuç içerisinde, el ayası yardımıyla cam plaka üzerinde 3 mm çapında silindirik çubuk haline gelinceye kadar çevrilmiştir (Resim 3.5.e). 3 mm haline getirilen numune üzerinde çatlama ve kopma meydana gelene kadar işleme devam edilmiştir. (Resim 3.5.f). Numune üzerinde çatlamlar görülünce bütün parçalar toplanıp bir kaba konmuş ve 24 saat etüvde kurutularak su içeriği belirlenmiştir.

Çizelge 3.4’te plastik davranıştan katı davranışa geçtikleri andaki su içerikleri belirlenmiştir. Numunelerin plastik limit miktarları %15 ile %37 arasında değişmektedir.



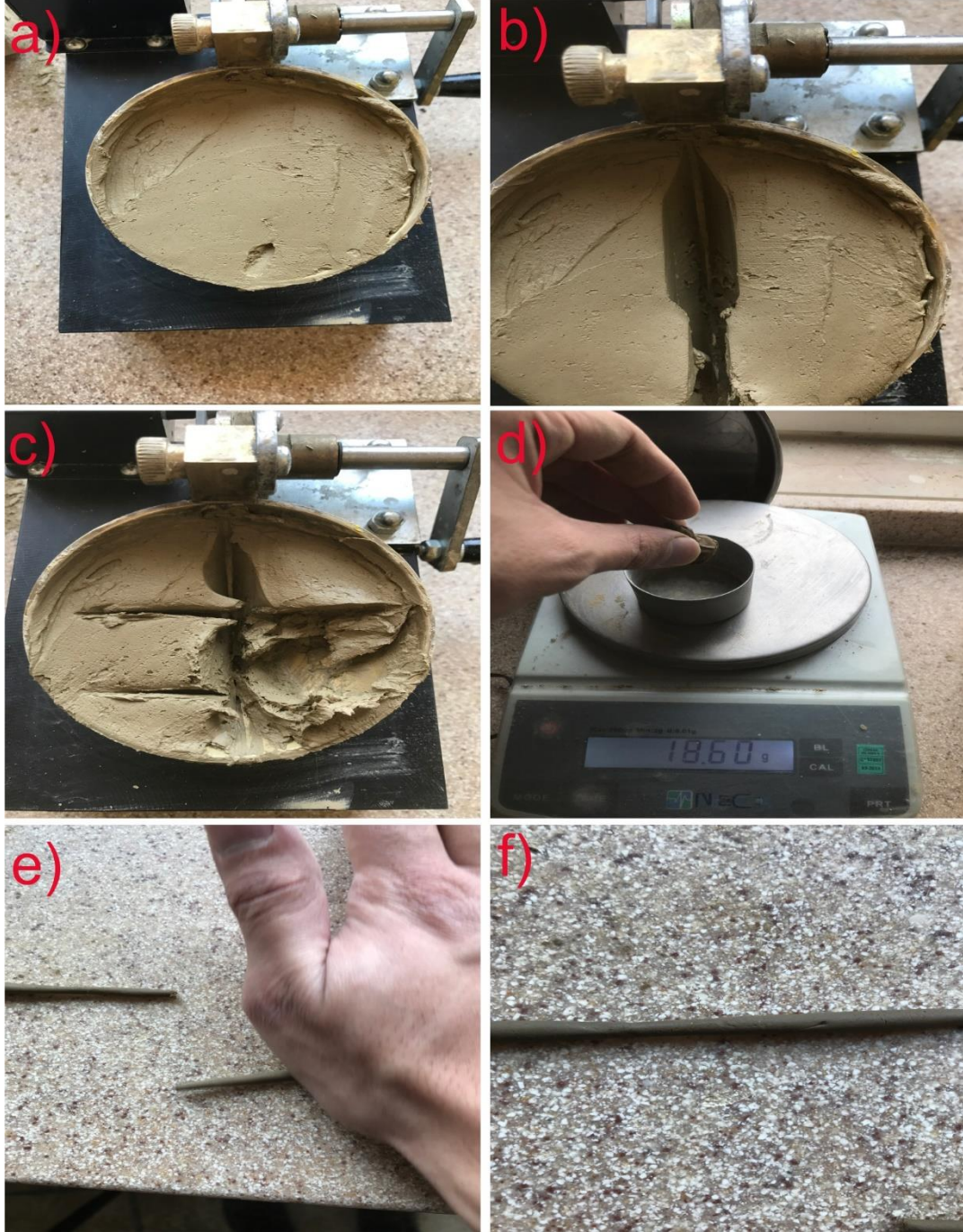
Şekil 3.2 Likit limit deney grafiği (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).

Çizelge 3.4 Plastik limit deney föyü (AÇ-1,1a13 numaralı örnek).

Kap Ağırlığı (gr)	Kap+Yaş Numune Ağırlığı (gr)	Kap+Kuru Numune Ağırlığı (gr)	Su Miktarı (gr)	Kuru Numune Ağırlığı (gr)	Su İçeriği (%)
24,44	33,15	31,62	1,53	7,18	21,31

Büzülme limiti, numunenin kuruduğu zaman hacminde azalma olmayacağı su içeriği olarak tanımlanmaktadır. Büzülme limiti deneyi için 40 numaralı elekten geçirilen numuneler kullanılmıştır. Numuneler porselen bir kap içerisinde su ile karıştırılarak hacmi daha önceden civa yardımıyla belirlenen büzülme kaplarının tamamı dolacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.6.a). Boş kap ve yaş numune ile dolu hali tartılarak deney föyüne yazılmıştır. Numune ile doldurulan kaplar 105 °C’de etüvde kurutulmuştur (Şekil 3.6.b). Kurutulduktan sonra etüvden çıkartılan numunelerin kuru hali tartılarak deney föyüne kaydedilmiştir. Tartılan numune, çapı daha geniş ve derinliği fazla olan taşıрма kabına alınmıştır. Taşıрма kabının boş hali ve civa ile dolu hali tartılarak deney föyüne eklenmiştir. Civa ile doldurulan taşıрма kabının üzerine kurutulmuş numune eklenmiştir

(Şekil 3.6.c). Civanın altına geçmesi sağlanan numune daha sonra çıkartılmıştır. Taşıma kabı civa ile birlikte tartılmıştır (Şekil 3.6.d). Büzülme limitleri Çizelge 3.5’te verilen tablo yardımıyla hesaplanmıştır. Proje kapsamında deneyi yapılan numunelerin büzülme limitleri %7 ile %30 arasında yer almaktadır.



Resim 3.5 a) Numunenin potaya yerleştirilmesi **b)** Oyuk açma bıçağı ile oyuk açılması **c)** Düşüş yapılan kısımdan numune alınması **d)** Alınan numunenin tartılması **e)** Numunenin plastik limit deneyinin yapılması **f)** Oluşan çatlakların görüntüsü

Çizelge 3.5 Büzülme limiti deney f6y6 (AÇ-1,1a13 numaralı 6rnek).

Büz6lme Limiti	
Kap Ağırlığı (gr)	90,32
Kap+Yaş Numune Ağırlığı (gr)	115,26
Kap+Kuru Numune Ağırlığı (gr)	104,35
Yaş Numune Ağırlığı (gr)	24,94
Kuru Numune Ağırlığı (gr)	14,03
Küçük Kap Ağırlığı (gr)	90,32
Küçük Kap+Civa Ağırlığı (gr)	347,84
Civa Ağırlığı (gr)	257,52
Küçük Kap Hacmi (gr/cm³)	19
Büyük Kap Ağırlığı (gr)	198,78
Büyük Kap+Civa Ağırlığı (gr)	992,4
Numune Kap İçerisinde Batırıldıktan	854,4
Sonra Ağırlığı (gr)	
Numune Hacmi (gr/cm³)	10,19
Su İçeriğı (%)	77,76
Büz6lme Limiti	14,89



Resim 3.6 a) Numunenin hazırlanması b) Etüvde kurutulan numune c) Etüvden alınan numunenin cıva dolu kaba konulması d) Aparat yardımıyla cıvanın taşırılması

Zemin numunelerinin plastisite derecesi, plastisite indeksine bağlı olarak değişen bir özelliktir. Leonard (1962) yaptığı çalışmada zemin numunelerini plastisite derecesine göre plastik değil, çok plastiğe kadar sınıflamıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Zemin numunelerinin plastisite indeksi (Leonard 1962).

Plastisite İndeksi (PI)	Plastisite Derecesi
0-5	Plastik değil
5-15	Orta derecede plastik
15-40	Plastik
>40	Çok plastik

Çalışma alanının da temelini oluşturan ince taneli zeminlerin şişme potansiyellerinin belirlenmesi için büzülme limiti deneyleri yapılmıştır. Muhtemel şişme potansiyelleri Çizelge 3.7’de verilen değerlere göre belirlenmiştir. Genellikle orta ve yüksek şişme derecesine sahip olan çalışma alanında yer yer düşük şişme derecesi de görülmektedir.

Çizelge 3.7 Zeminlerin plastisite indisine göre şişme dereceleri (Holtz 1959).

Plastisite İndisi (%)	Büzülme Limiti (%)	Şişme Derecesi
0-18	>15	Düşük
15-28	10-16	Orta
28-41	7-12	Yüksek
>55	<11	Çok Yüksek

3.2.2.3 Üç Eksenli Basınç Testi

Üç eksenli basınç deneyi, numunelerin kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerden bir tanesidir. Bu deney boşluk suyu basıncı değişimine göre; konsolidasyonsuz-drenajsız (UU), konsolidasyonlu-drenajlı (CD) ve konsolidasyonlu-drenajlı (CU) olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir. Deney numunelerinin doygun olması ve diğerlerine nazaran daha hızlı sonuç verebilmesi sebebiyle deney türü konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) seçilmiştir.

Drenajsız-konsolidasyonsuz üç eksenli basınç dayanımı deneyi için üç kuyudan 0,5 ve 1,0 m’yi temsil edecek şekilde toplam 6 adet numune seçilmiştir. Seçilen numunelerin her birinden 3 adet olmak kaydıyla toplam 18 adet numune hazırlanmıştır. Seçilen numuneler, doğal su içeriği ve yoğunlukları hesaba katılarak Türk Standartları Enstitüsü (2006a)’ye uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Sıkıştırma kabının önceden iç çapı hesaplanmış ve içerisine alabileceği numune miktarı deney başlamadan önce hesaplanmıştır. Hacim, yoğunluk değeriyle çarpılmış ve elde edilen sonuca göre, su içeriğine bağlı olarak saf su eklenmiştir. Saf su eklenen numune iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen numune üçe bölünerek üç tabaka halinde statik baskı yardımıyla sıkıştırılmıştır (Resim 3.7.a-b). Kalıp içerisinde sıkışması

sağlanan numune, kriko yardımıyla kabın içerisinden alınmıştır (Resim 3.7.c-d-e). Kriko yardımıyla çıkartılan numune deneye hazır hale getirilmiştir (Resim 3.7.f).

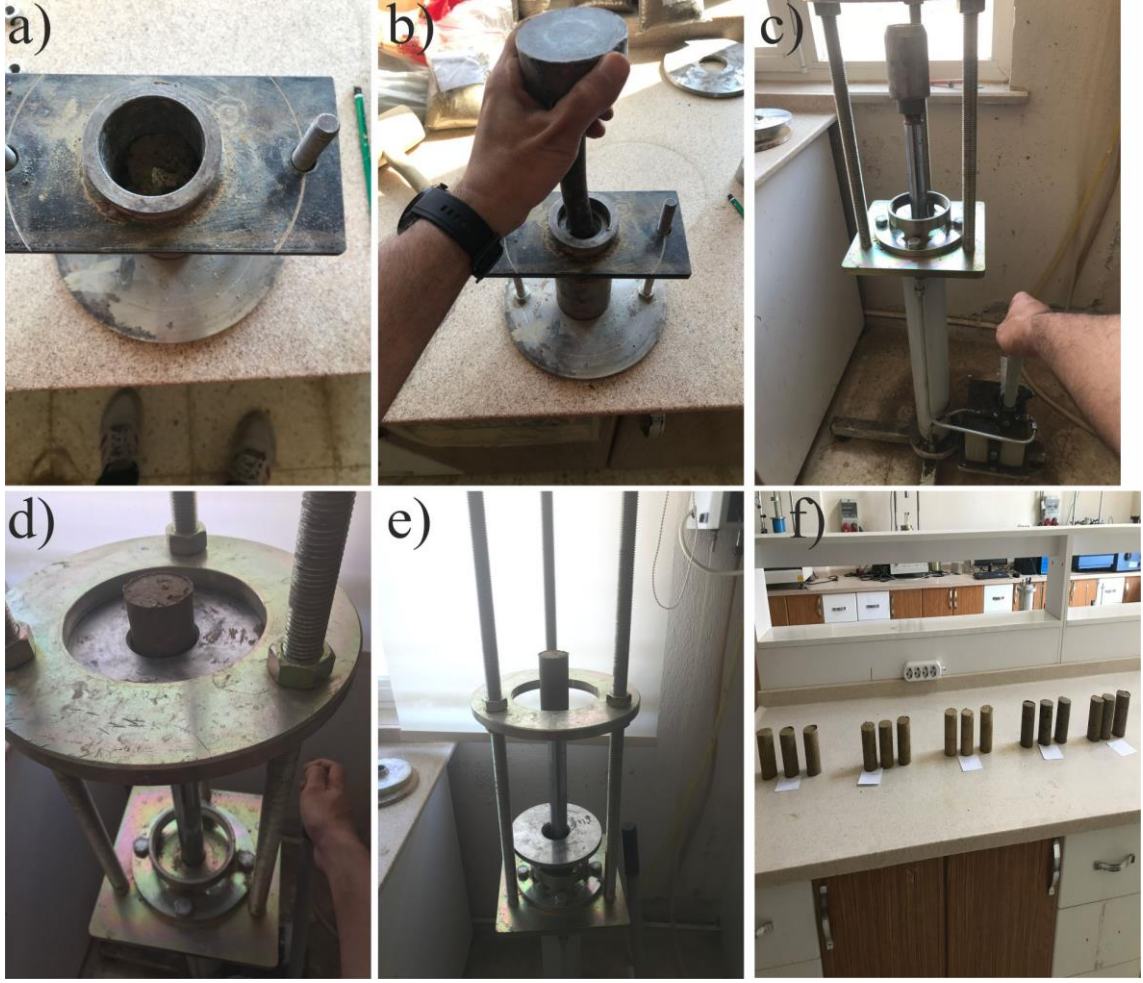
3.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalar kapsamında ilk olarak bölge genelinde yapılan çalışmalar Afyon Kocatepe Üniversitesi Kütüphane, Google Akademi, Dergipark, Yüksek Öğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi yardımıyla araştırılmıştır. Toparlanan tüm çalışmalar Genel Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi adı altında iki başlıkta verilmiştir. Toparlanan veriler ile arazi gözlemleri birleştirilerek bölgenin 1/50000 ölçekli jeolojik haritası çıkartılmıştır.

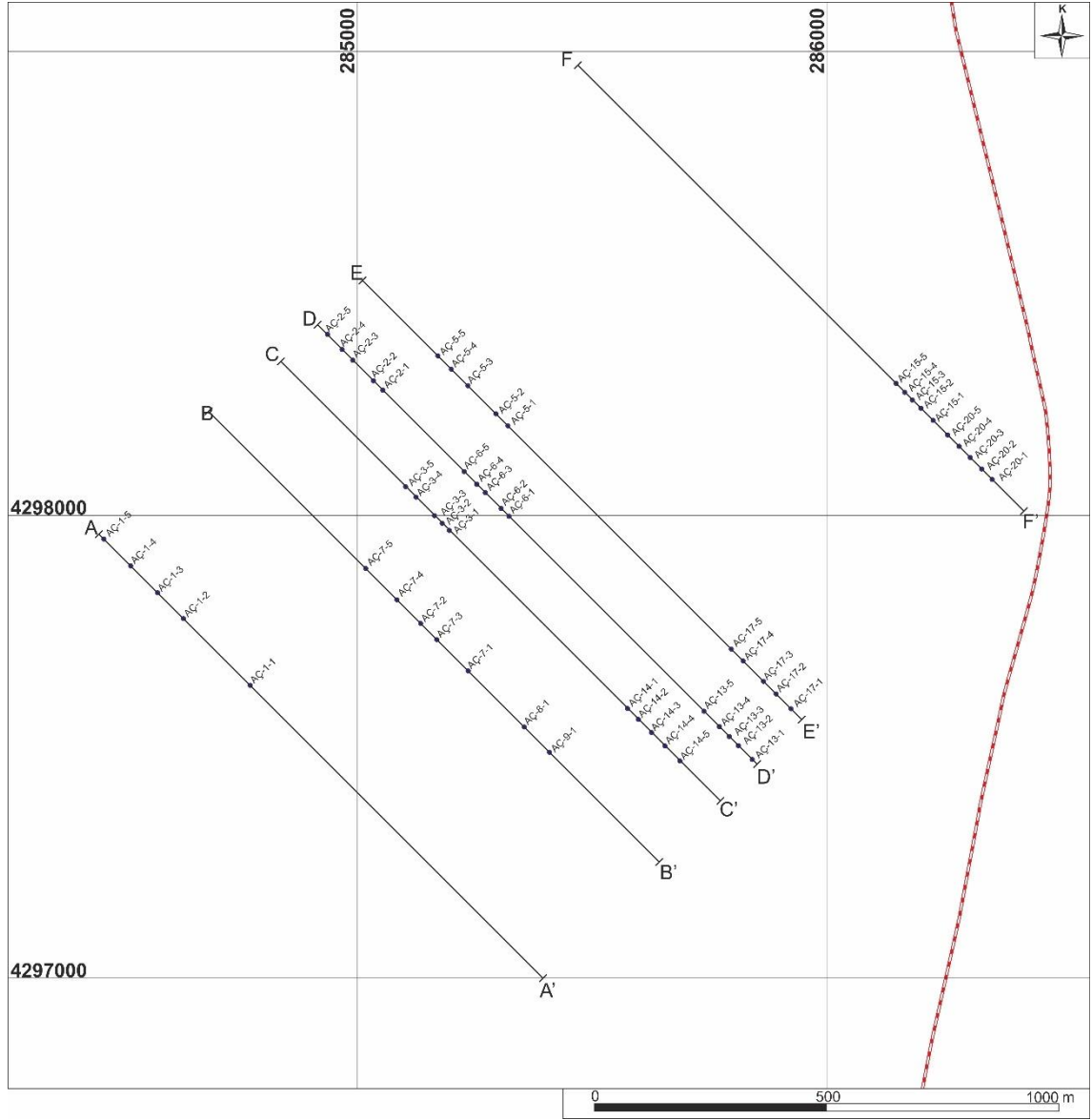
İkinci aşamada temel sondajlara ek olarak karelej sistemi yardımıyla belirlenen 57 adet ilave sondaj yapılması planlanmıştır (Şekil 3.3).

Son olarak arazi çalışmalarından elde edilen veriler yardımıyla CorelDraw X8, Global Mapper 20.1 programları kullanılarak bölgenin 1/50000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır. Microsoft Excel 2016 yardımıyla su muhtevası, elek analizi, hidrometre, likit limit, plastik limit, büzülme limiti ve özgül ağırlık deney sonuçları formülüle edilerek hesaplanmıştır. Excel’de hesaplanan hidrometre ve elek analizi sonuçları Grapher programına aktararak grafikleri çizilmiştir.

Tüm bu çalışmalar sonucunda alınan veriler Microsoft Office Word 2016 yardımıyla bilgisayar ortamına geçirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.7 a) Numunenin sıkıştırma kabına konulması **b)** Statik baskıyla numunenin sıkıştırılması **c-d-e)** Kriko yardımıyla numunenin çıkartılması **f)** Numunenin hazır hale getirilmesi



Şekil 3.3 Çalışma alanı karelaj haritası.

4. ARAŞTIRMA BULGULAR

4.3 Mineralojik İncelemeler

İnceleme alanına ait örneklerin kalitatif x-ışını kırınımı (XRD) sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Örneklerde kil dışı bileşenleri kuvars (Q), kalsit (Ka), dolomit (Do) ve hematit (Hme) oluşturmaktadır (Çizelge 4.1). Örneklerdeki en önemli kil mineralleri klorit (Chl) ve illit-mika (I-M)’dır (Şekil 4.1-4.12).

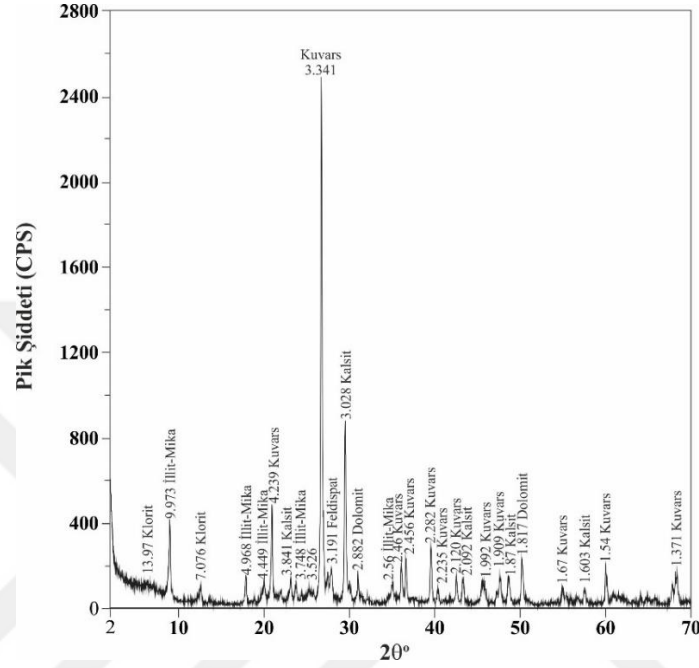
Çizelge 4.1 İnceleme alanına ait örneklerin kalitatif XRD sonuçları.

Örnek Kodu	Chl	I-M	Qtz	Cal	Do	Hme
AÇ-3,2a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-5,1a7	+	+	+	+	+	+
AÇ-2,3a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-3,3a7	+	+	+	+	+	+
AÇ-1,5a7	+	+	+	+	+	+
AÇ-5,2a7	+	+	+	+	+	+
AÇ-6,3a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-7,1a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-7,5a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-7,5a1	+	+	+	+	+	+
AÇ-13,5a7	+	+	+	+	+	+
AÇ-14,1a1	+	+	+	+	+	+

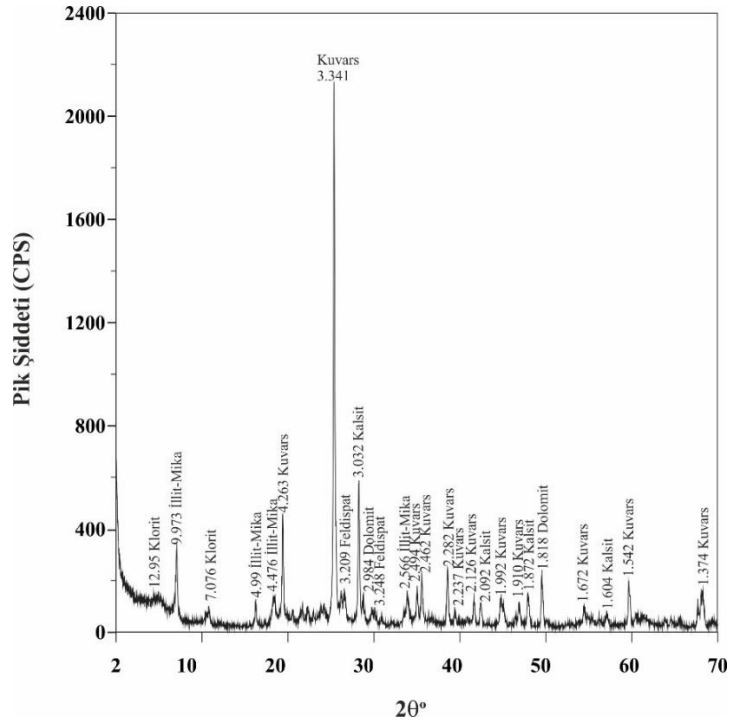
Not: (Chl): Klorit, (I-M): İllit-mika, (Qtz): Kuvars, (Fld): Feldspat, (Cal): Kalsit, (Do): Dolomit, (Hme): Hematit.

Kil boyutu XRD incelemelerinde havada kurutulmuş (AD), etilen glikollü (ED) ve 550°C’de fırınlanmış örneklerin XRD analizleri yapılarak klorit ve illit-mika minerallerinin piklerindeki değişim incelenmiştir. Klorit mineralleri 2 θ 2-35° arasındaki en önemli yansımaları 14.20Å (001), 7.10Å (002), 4.75Å (003) ve 3.53Å (004) pikleriyle karakteristiktir. Etilen glikol ve ısıtma işlemi (≈500°C) sonucunda profillerinde değişim olmamaktadır. İllit minerallerinin karakteristik pikleri 10.00 Å (001) ve 5.00 Å (001)’da

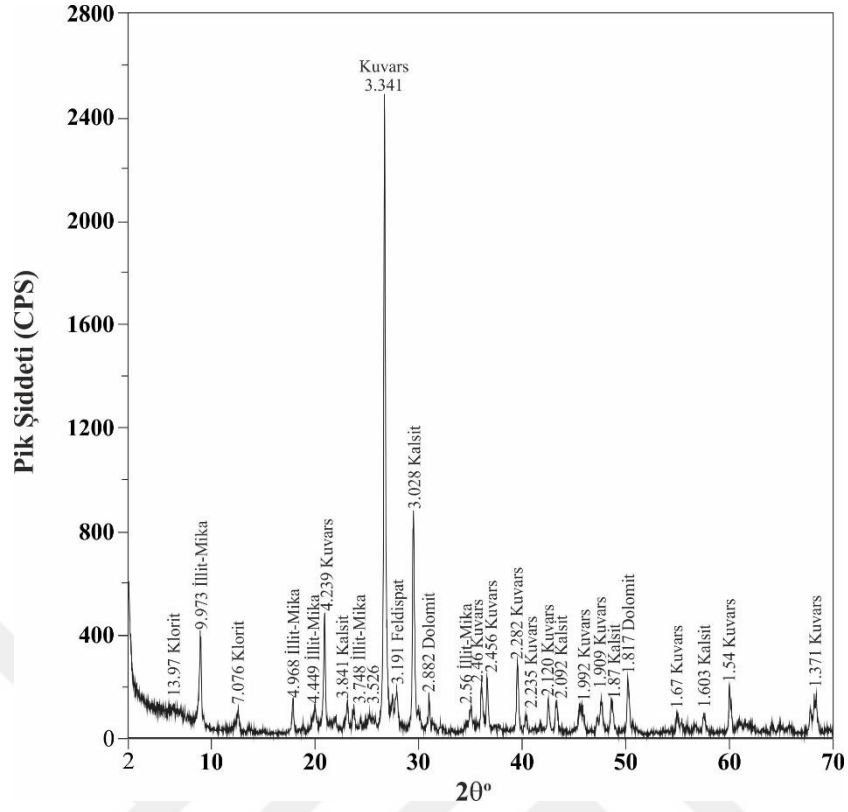
gözlenir ((Brindley ve Brown 1980, Çelik 2006). Çalışma örneklerinin kil boyutu XRD grafikleri incelendiğinde örneklerin literatür çalışmalarıyla uyumlu bir şekilde klorit ve illit-mika minerallerinin karakteristik piklerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.13-4.24).



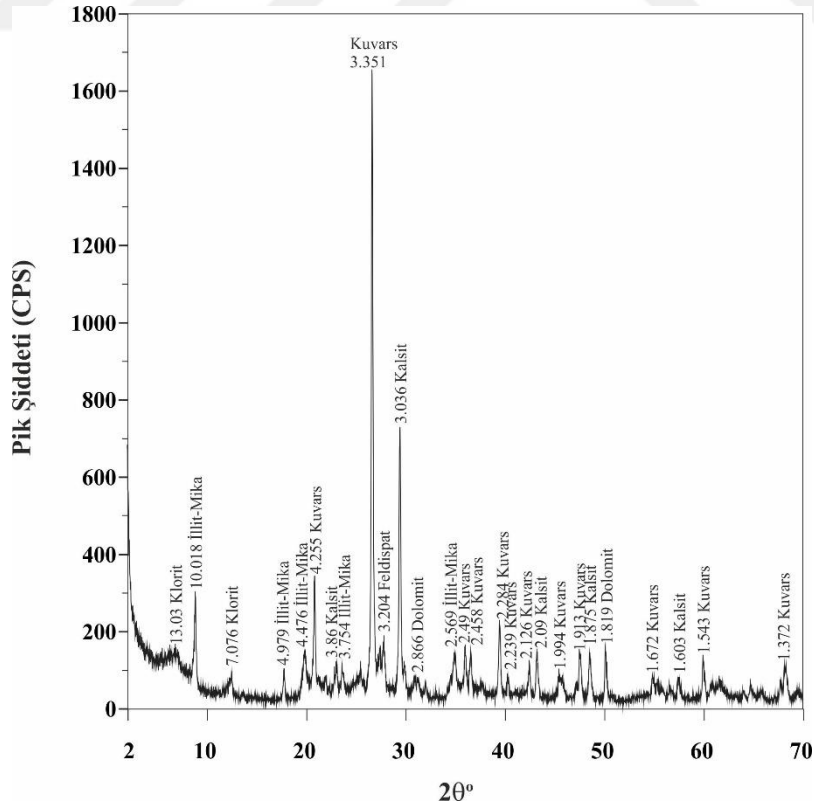
Şekil 4.1 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



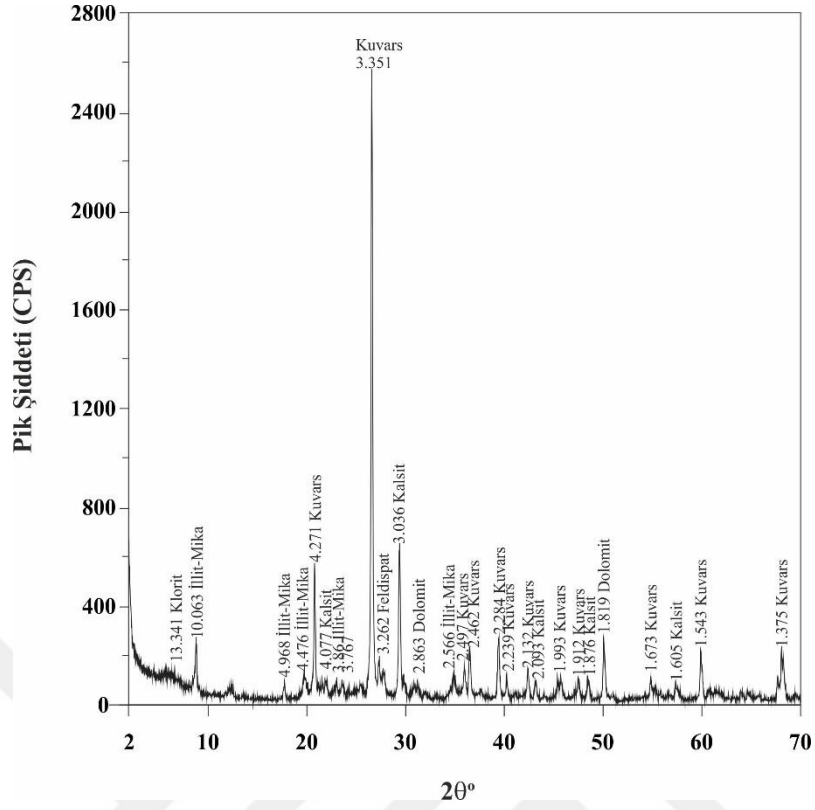
Şekil 4.2 AÇ-1,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



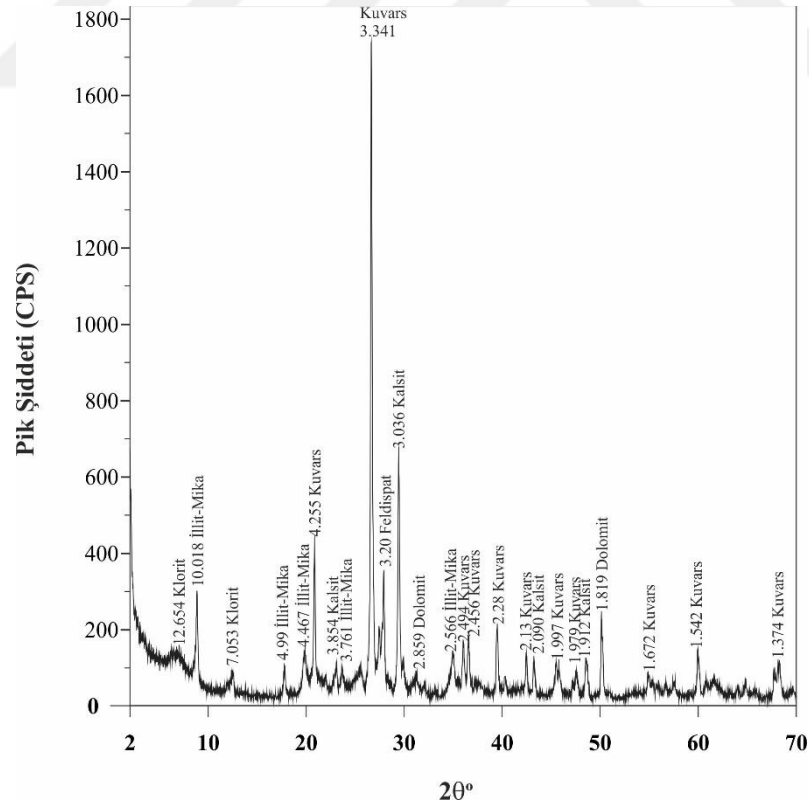
Şekil 4.3 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



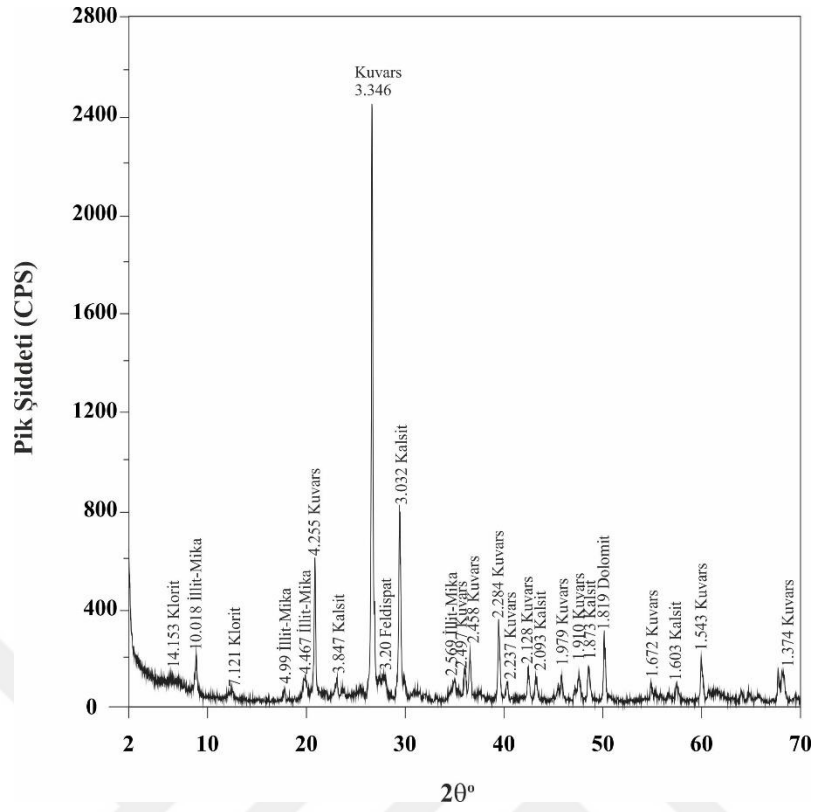
Şekil 4.4 AÇ-3,3a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



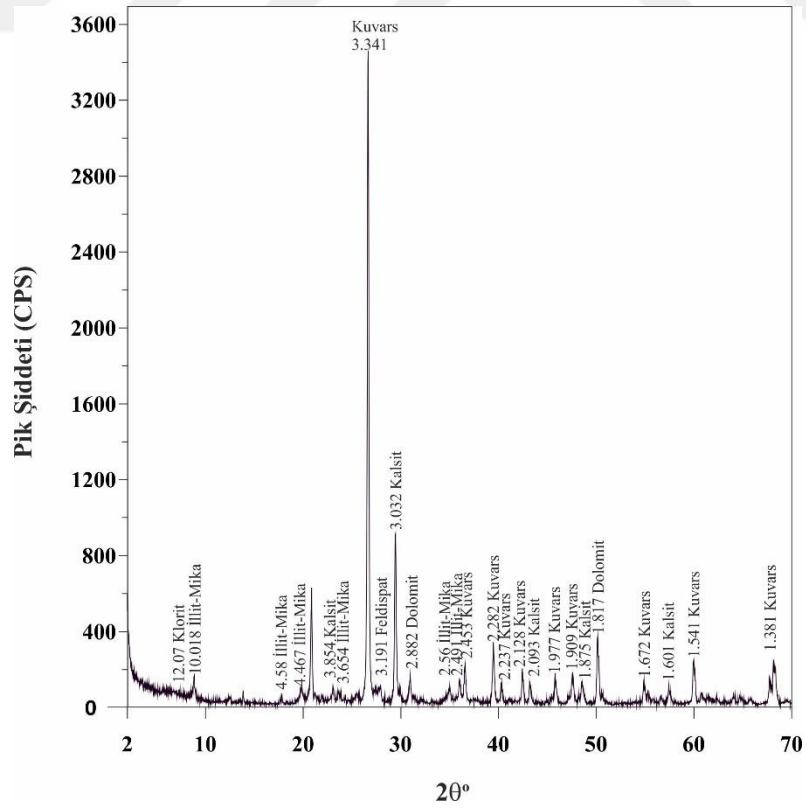
Şekil 4.5 AÇ-5,1a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



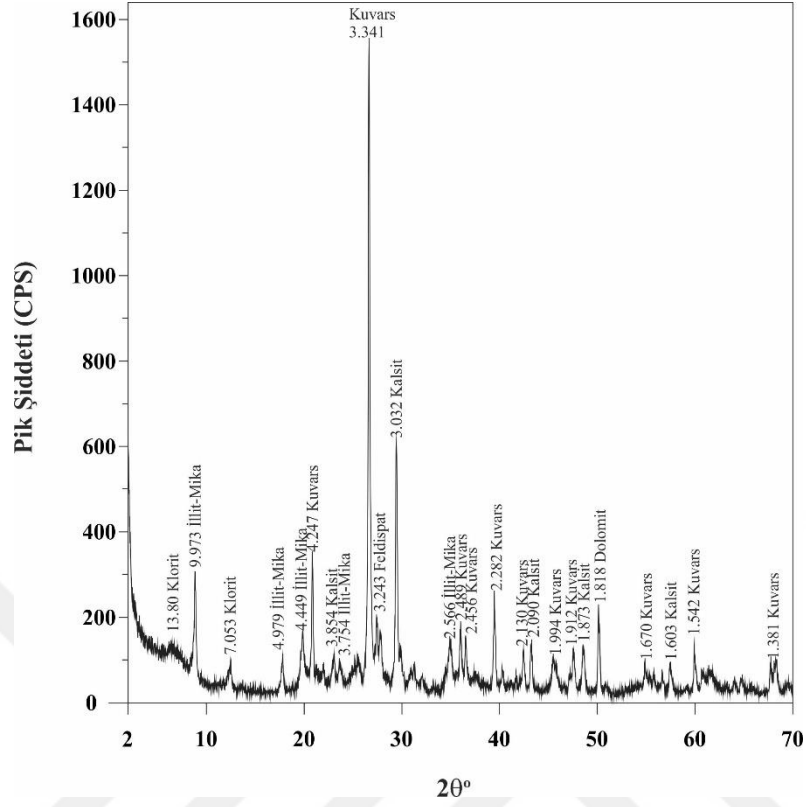
Şekil 4.6 AÇ-5,2a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



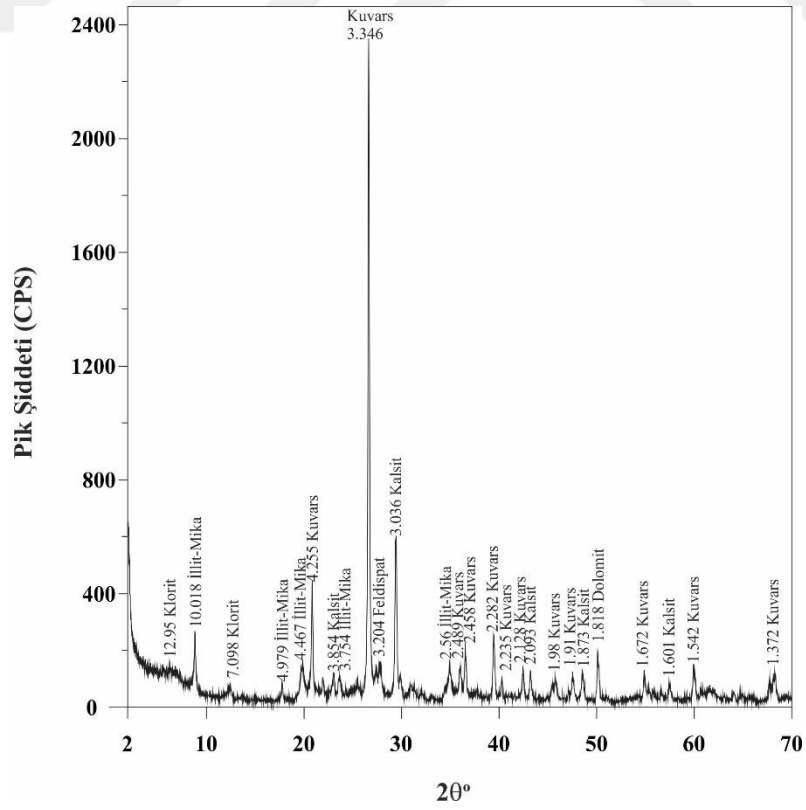
Şekil 4.7 AÇ-6,3a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



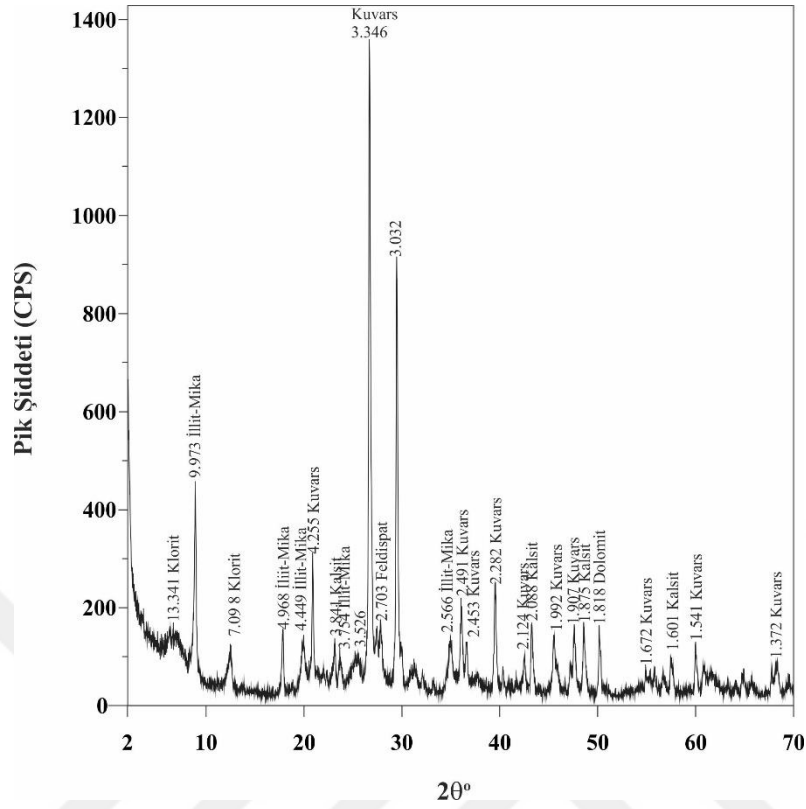
Şekil 4.8 AÇ-7,1a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



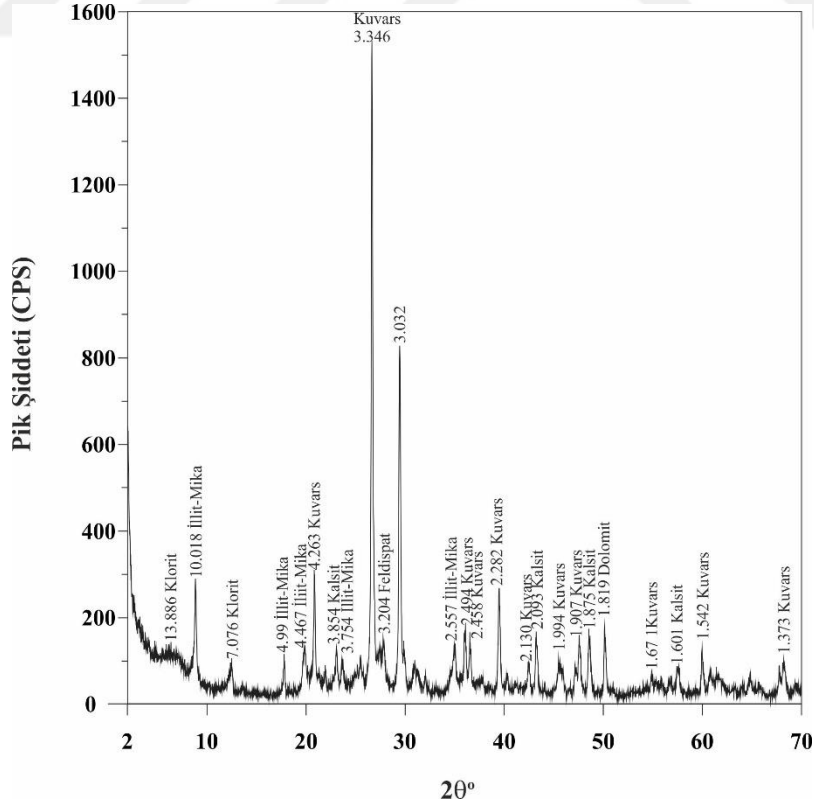
Şekil 4.9 AÇ-7,5a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



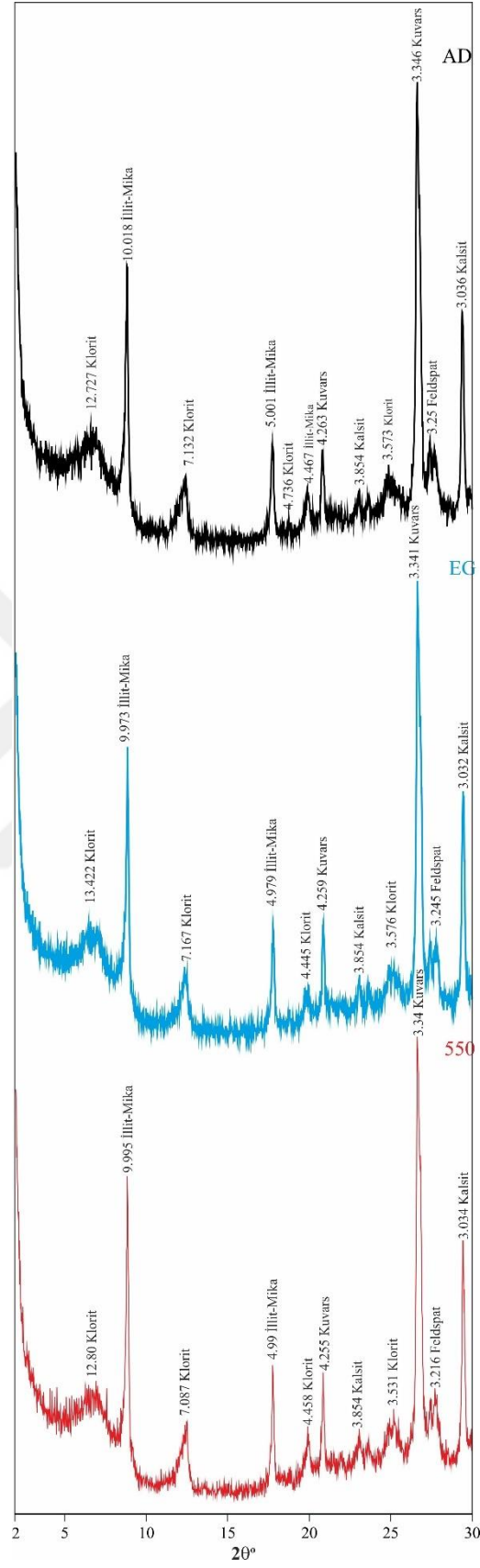
Şekil 4.10 AÇ-7,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



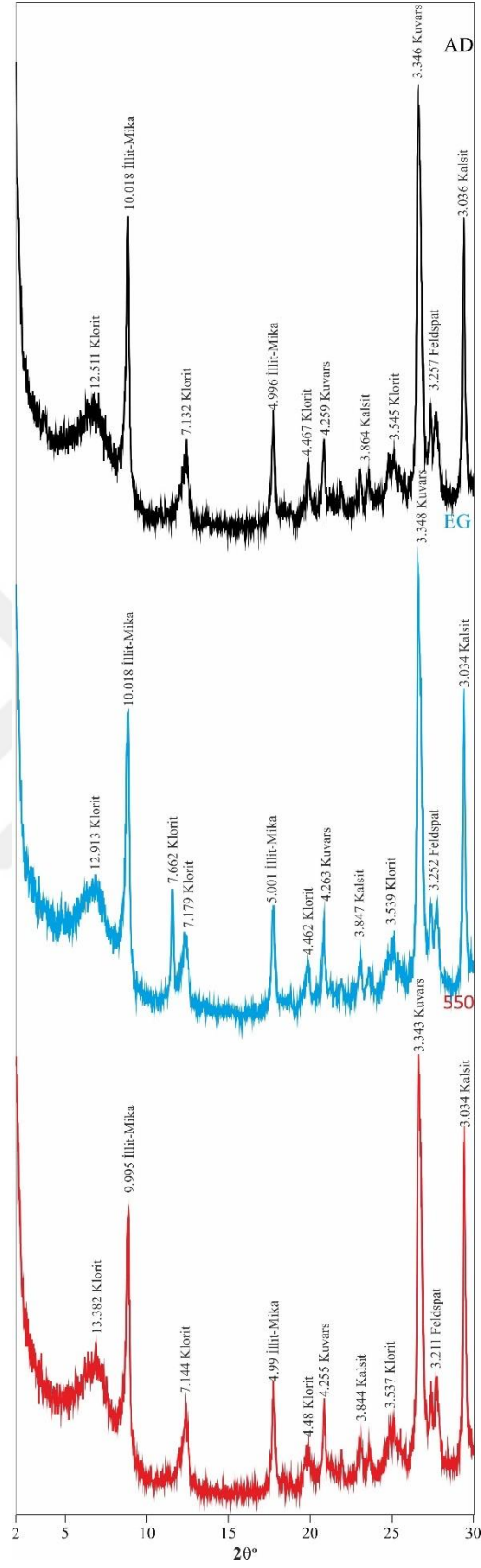
Şekil 4.11 AÇ-13,5a7 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



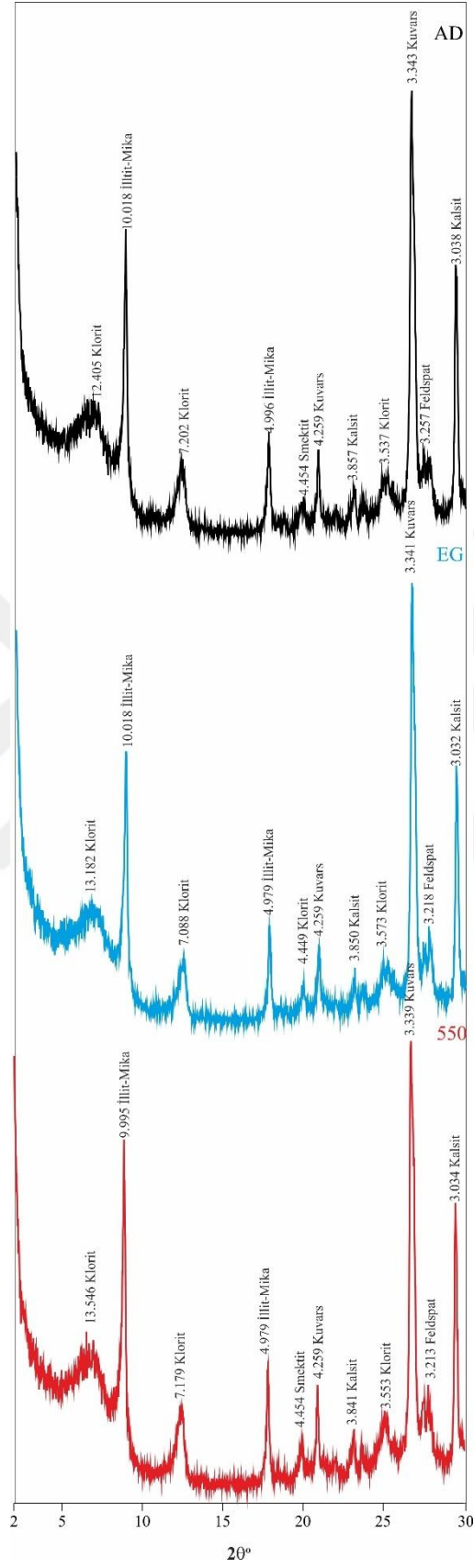
Şekil 4.12 AÇ-14,1a1 numaralı örneğin tüm kaya XRD grafiği.



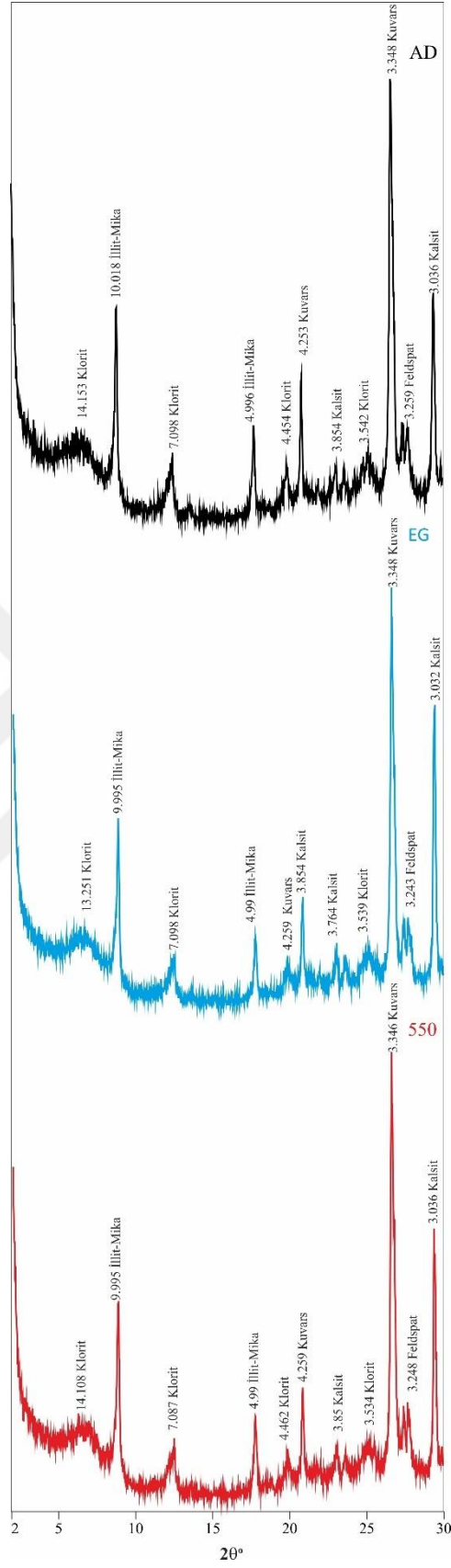
Şekil 4.13 AÇ-1,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



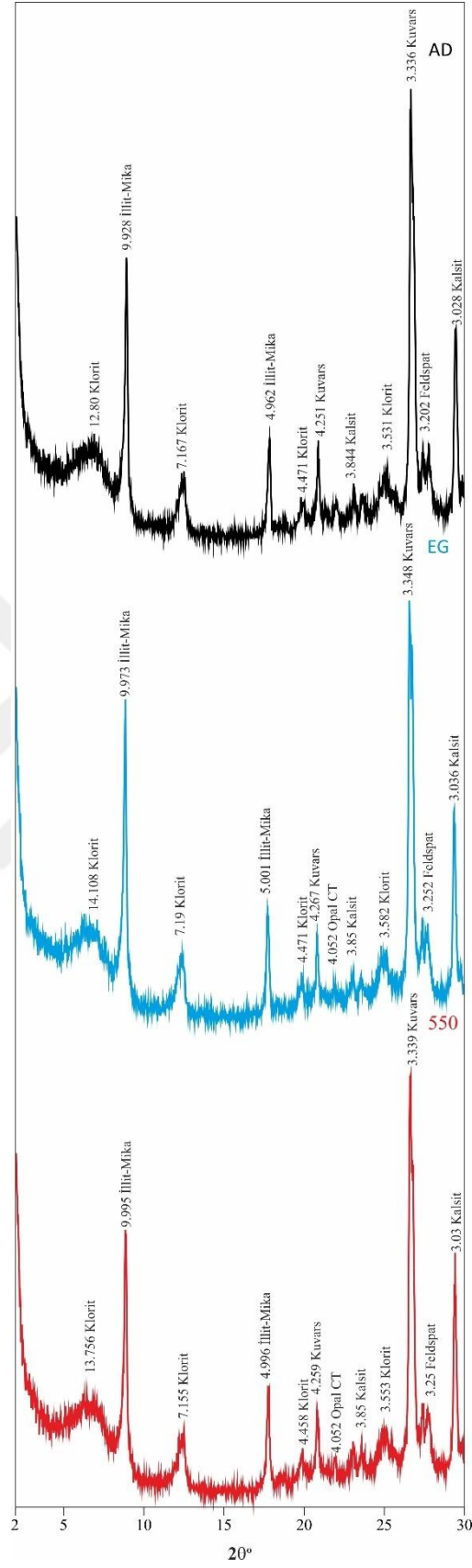
Şekil 4.14 AÇ-3,2a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



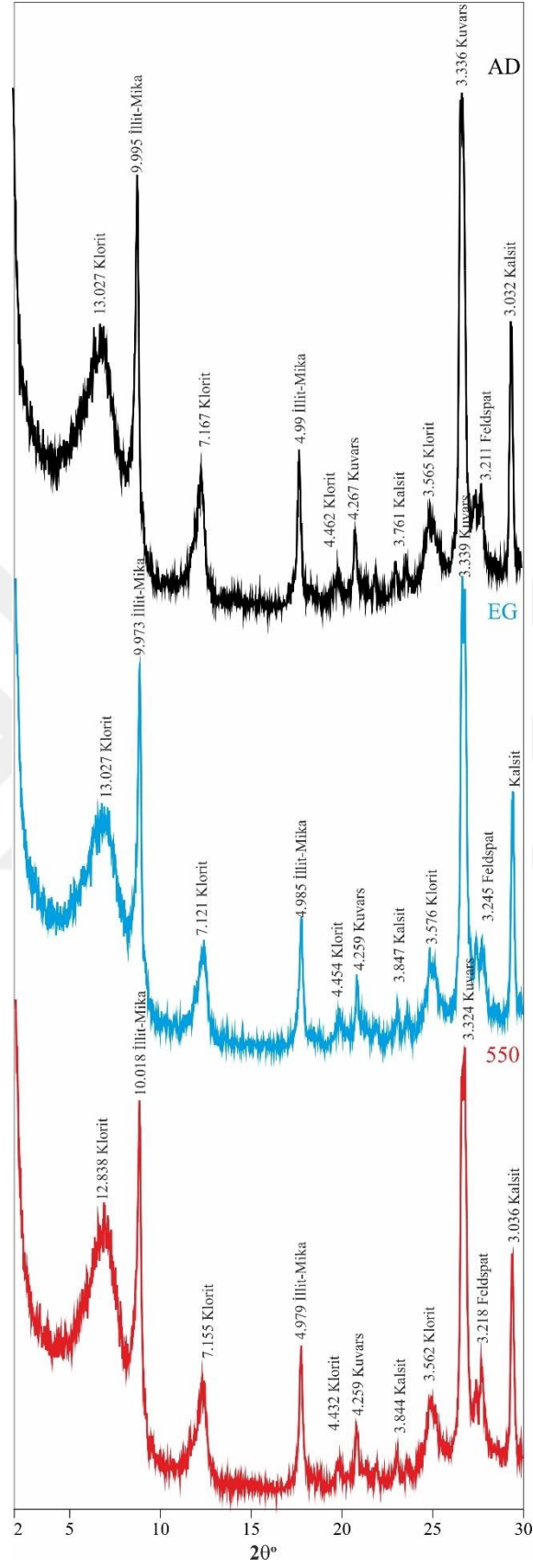
Şekil 4.15 AÇ-2,3a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



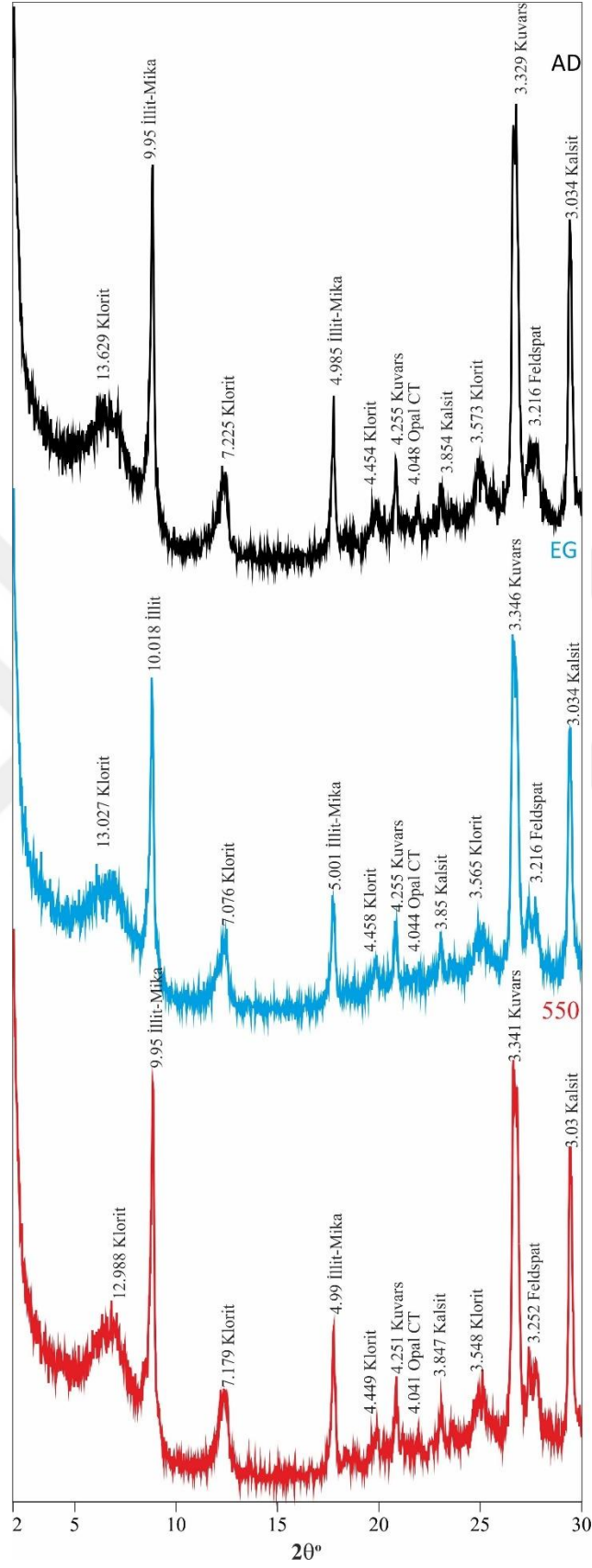
Şekil 4.16 AÇ-3,3a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



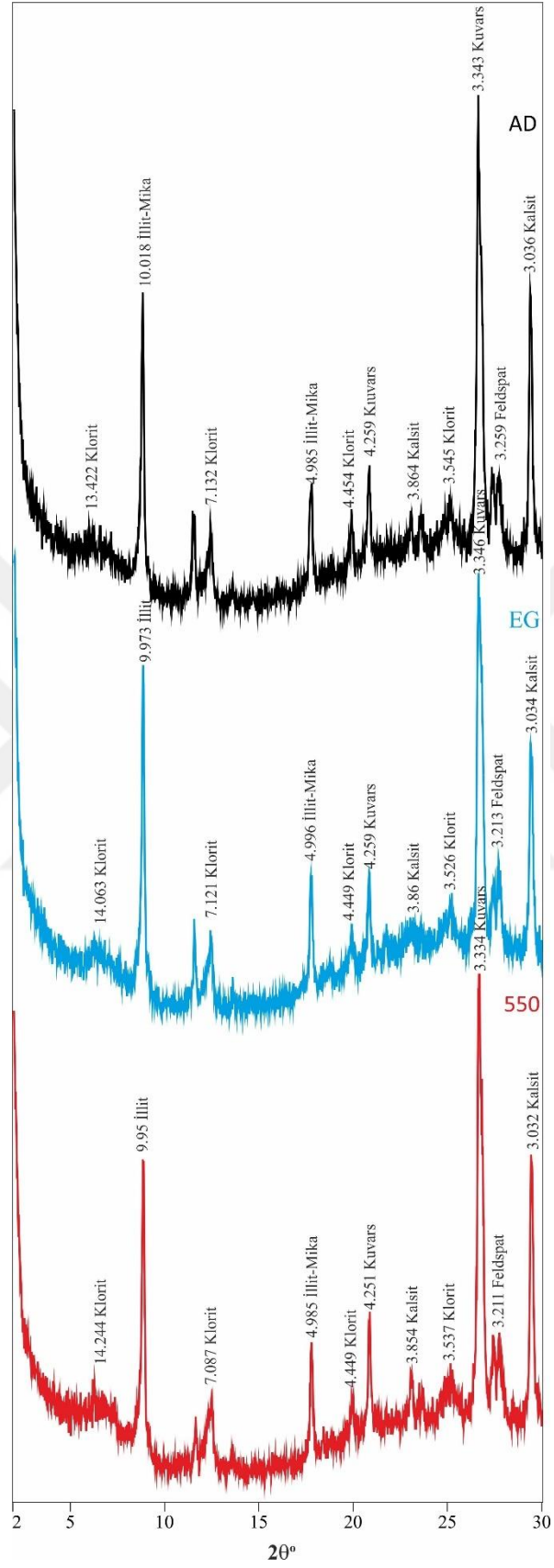
Şekil 4.17 AÇ-5,1a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



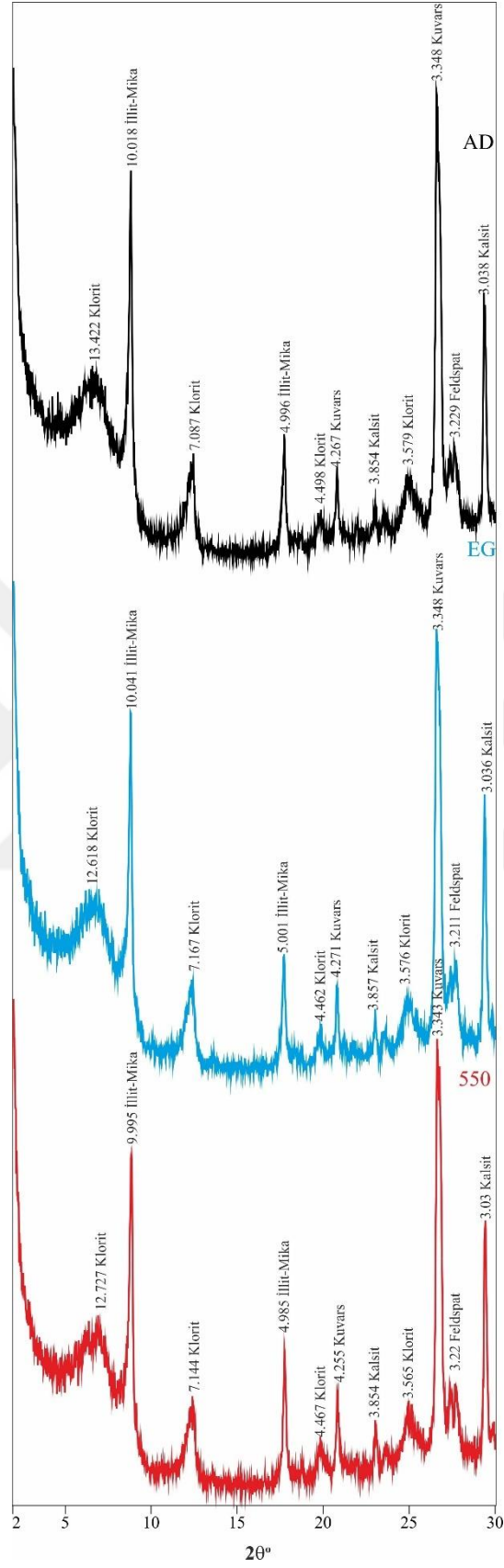
Şekil 4.18 -AÇ-5,2a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



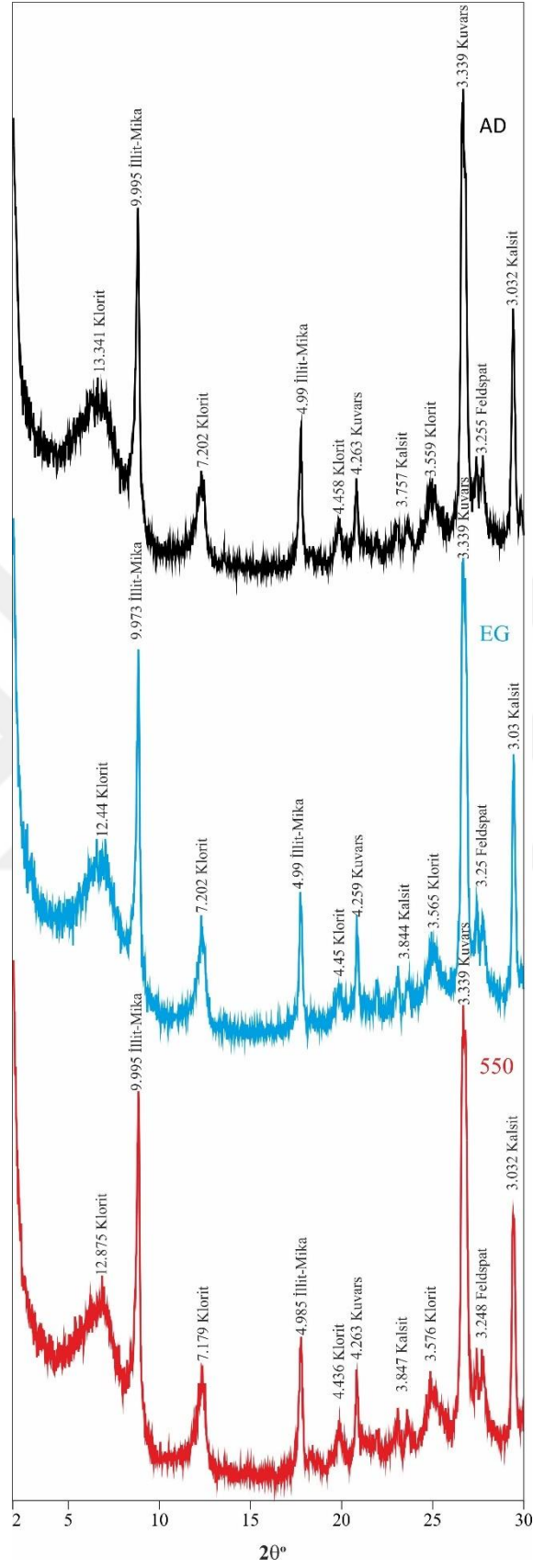
Şekil 4.19 AÇ-6,3a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



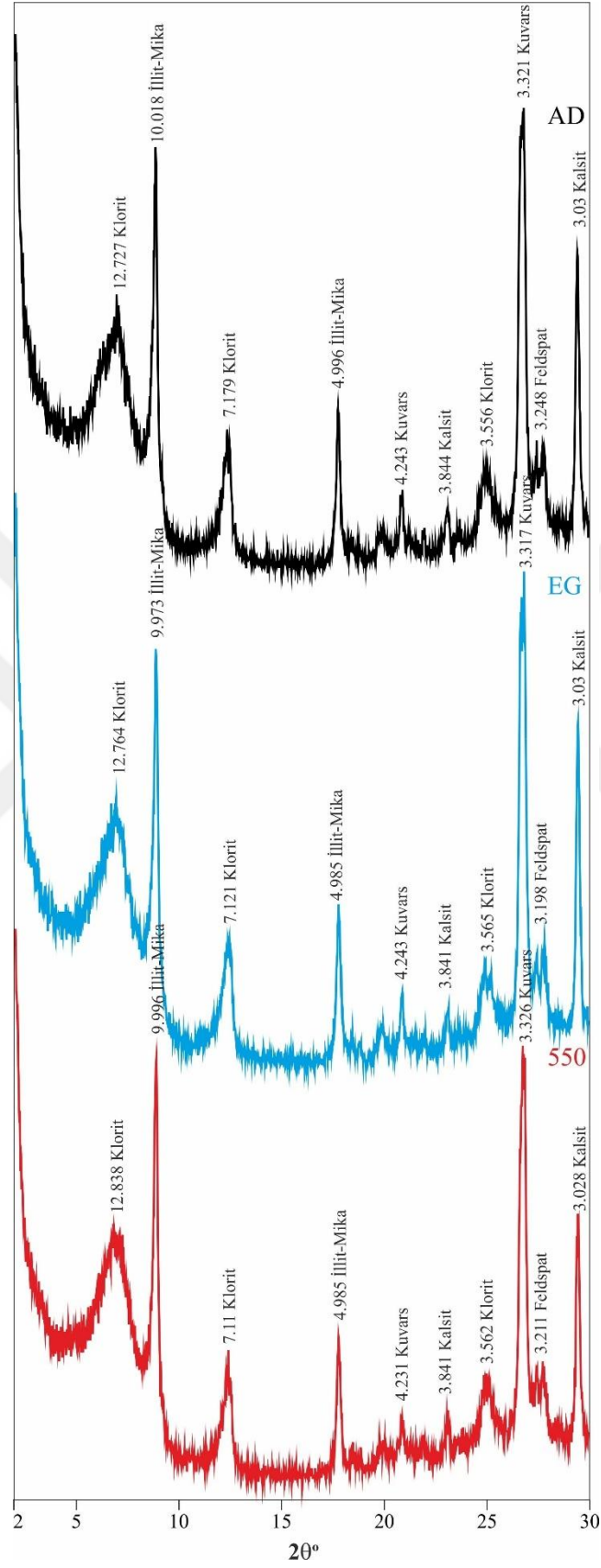
Şekil 4.20 AÇ-7,1a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



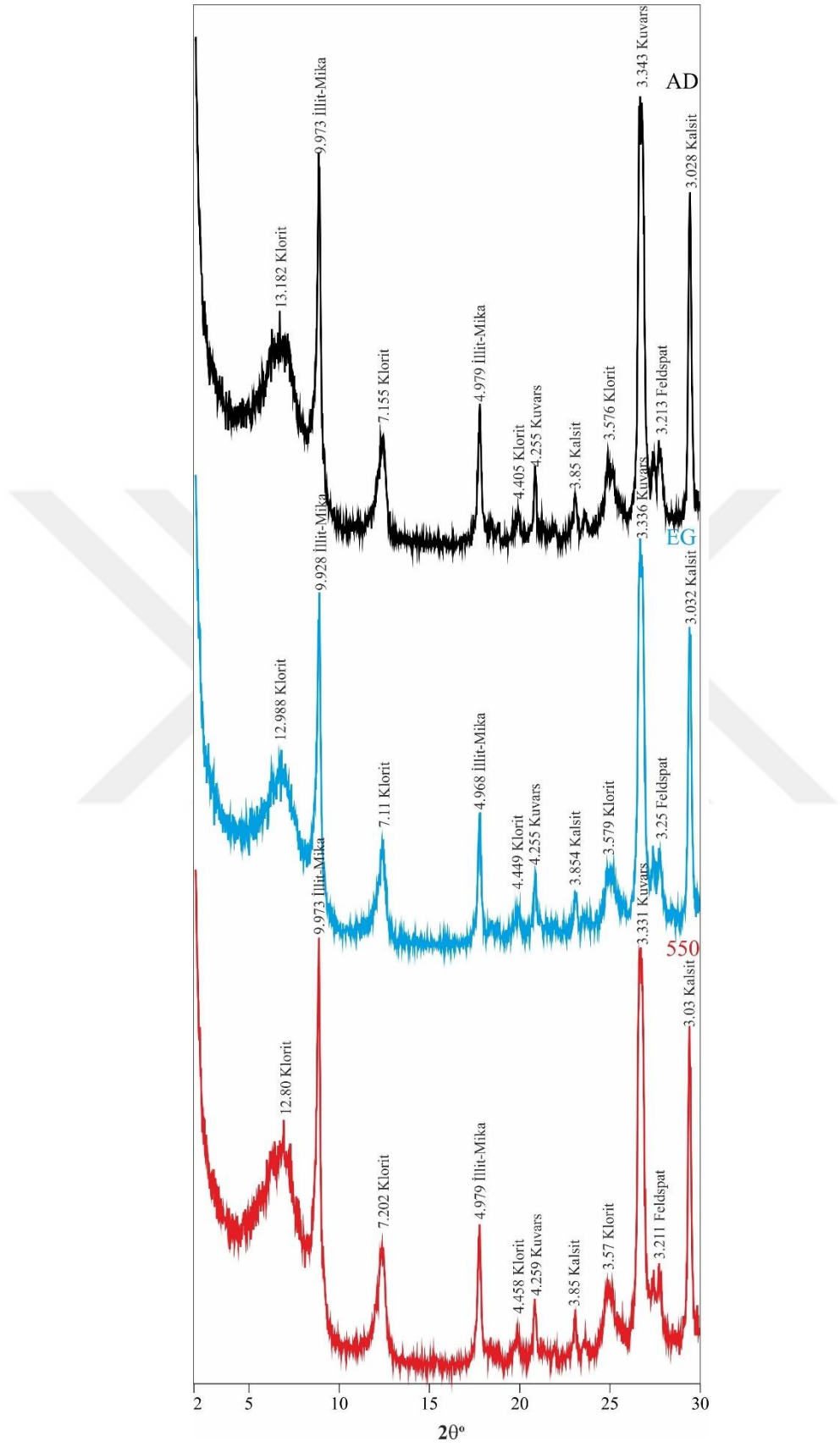
Şekil 4.21 AÇ-7,5a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



Şekil 4.22 AÇ-7,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



Şekil 4.23 AÇ-13,5a7 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.



Şekil 4.24 AÇ-14,1a1 numaralı örneğin detay kil XRD grafiği.

4.4 Mühendislik Jeolojisi

Afyonkarahisar ilinin kuzeyinde bulunan Kuvaterner yaşlı güncel çökellerin yatay ve düşey devamlılıklarını belirlemek, bölgede oluşabilecek potansiyel mühendislik sorunlarını ortaya çıkartmak amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Yazıcılar Yapı Mühendislik, yerleşim yerine yakın olan bölgenin imara açılacak olması sebebiyle temel sondaj çalışmalarını yapmıştır. Proje çalışmaları kapsamında temel sondajlarına ek olarak burgu ve ilave sondaj çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar sırasında yaklaşık 1 ay arazi ve 8 ay laboratuvar çalışmaları sürmüştür. Bu çalışmalar ile arazide alınan numunelerin laboratuvar ortamında fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

4.5 Temel Sondajlar

Çalışmanın temelini oluşturan Kuvaterner yaşlı güncel çökellerden temel sondajlar ve burgu çalışmaları ile alınan numunelerin deneyleri laboratuvar ortamında yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Temel sondajlar ile açılan 22 adet sondaj sonuçları Referans Laboratuvarı yardımıyla alınmıştır. Temel sondaj çalışmaları ile 116 adet örselenmiş ve 27 adet örselenmemiş numune alınmıştır. Alınan deneyler üzerinde yapılan deney sonuçları Ek-2’de detaylı olarak verilmiştir.

SK-1: Toplam 15 m açılan kuyudan 4 adet örselenmiş, 1 adet UD tüpü yardımıyla örselenmemiş numune alınmıştır. 2,5-3 m arasında alınan UD numunesinde içsel sürtünme açısı 9,28, kohezyon ise 51,565 kN/m² olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı ise 18,33 kN/m³ olarak tespit edilmiştir. İlk 0,5 m’si bitki, 10 m boyunca koyu kahverengi yüksek plastisiteli kil birimi geri kalan 5 m’de ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum birimi gözlemlenmiştir. Yeraltı su seviyesi 4 m olarak ölçülmüştür. İlk 10 m’nin likit limit değerleri %55 ile %66 arasında, plastik limit değerleri ise %25 ile %27 arasında değişiklik göstermektedir. Bu kısmın ince kil silt oranı yaklaşık %81 olarak belirlenmiştir. En düşük SPT-N değeri 7, en yüksek ise 15 olarak tespit edilmiştir.

SK-2: Toplamda 15 açılan kuyudan 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınmıştır. 1-1,5 m arasında alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,28 kN/m³, kohezyon 60,740 kN/m² ve içsel sürtünme açısı 9,34° olarak belirlenmiştir. Sondajın ilk 0,5 m'si bitki, 12 m'si koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve son 3 m si ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmaktadır. 9 m'den sonra yeraltı suyuna rastlanılmıştır. En düşük SPT-N değeri 8, en yüksek SPT-N değeri ise 14 olarak belirlenmiştir. İlk 10 m'nin yaklaşık %82 si ince taneli kil ve siltten meydana gelmiştir. Likit limit değerleri %57-63 arasında, plastik limit değerleri ise %24-%28 arasındadır.

SK-3: Derinliği 20 m olan bu kuyuda 11 adet örselenmiş 2 adet örselenmemiş numune alınmıştır. 2,5-3 m ve 4-4,5 m'de alınan örselenmemiş numunelerin birim hacim ağırlıkları 18,3 kN/m³'tür. İçsel sürtünme açıları sırasıyla 12,56 ile 7,83, kohezyon değerleri sırasıyla 56,99 ile 52,75 kN/m²'dir. 2,5-3,0 m arasında alınan örselenmemiş numunenin şişme yüzdesi 3,7 şişme basıncı ise 162,56 kN/m² olarak tespit edilmiştir. 0,5 m'si nebati topraktan oluşan kuyunun bundan sonraki 13 m'si koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve geri kalan kısmı kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur. 8,5 m'de yeraltı suyu tespit edilen kuyuda en düşük SPT-N değeri 6 en yüksek SPT-N değeri ise 11 olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %54-63, plastik limit değerleri ise %24-27 arasında değişiklik göstermektedir.

SK-4: Toplam derinliği 15 m olan kuyunun ilk 0,5 m'si nebati toprak, geri kalan 8,5 m'si sarı renkli düşük plastisiteli kumlu siltli kil, 9 ile 12 m arası koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kum ve son 3 m'si ise kahverengi iyi kötü-derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur. Yeraltı su seviyesi 6 m olarak belirlenen kuyuda en düşük SPT-N değeri 4, en yüksek SPT-N değeri 18 olarak tespit edilmiştir. 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınan kuyuda örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,48 kN/m³, kohezyonu 43,41 kN/m² ve içsel sürtünme açısı 7,89 olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %37-64, plastik limit değerleri ise %19-27 arasındadır.

SK-5: Toplam derinliği 15 m olan kuyuda 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınmıştır. 4-4,5 m ‘de alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,8 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $59,68 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı 9,53 olarak tespit edilmiştir. 0,5 m’sini nebati toprak oluşturan kuyunun geri kalan 10 m’sini koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve son 5 m’sini ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum oluşturmaktadır. Yeraltı su seviyesi 9 m olarak ölçülmüştür. SPT-N değerlerinde en düşük değer 7 en yüksek değer ise 11 olarak belirlenmiştir. İlk 10 m’nin yaklaşık %80’ni ince taneli silt ve kil oluşturmaktadır. Likit limit değerleri %56-67, plastik limit değerleri, %25-27 arasında değerliklik göstermektedir.

SK-6: 15 m olarak açılan kuyudan 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınmıştır. 1-1,5 m’de alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,22 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $59,14 \text{ kN/m}^2$ içsel sürtünme açısı ise 7,25 olarak belirlenmiştir. İlk 0,5 m’sinde nebati toprak, 11,5 m’sinde koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve son 3 m’sinde ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum yer almaktadır. Yeraltı su seviyesinin 13 m olarak tespit edildiği kuyuda en düşük SPT-N değer 6, en yüksek SPT-N değer 10 olarak tespit edilmiştir. Likit limit değerleri %60-67,5, plastik limit değerleri ise %26-28 arasında değerliklik göstermektedir.

SK-7: Derinliği 15 m olan kuyudan 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınmıştır. Alınan rselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,34 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $58,64 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı 9,34 olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %60-65, plastik limit değerleri %26-28 arasındadır. Açılan kuyunun 0,5 m’sinde nebati toprak, 10 m’sinde koyu kahverengi kumlu siltli kil ve son 5 m’sinde ise iyi kötü derecelenmiş killi kum yer almaktadır. Yeraltı su seviyesi 9 m olarak ölçülmüştür. Kuyuda en düşük SPT-N değer 7 en yüksek SPT-N değer ise 11 olarak belirlenmiştir.

SK-8: Toplam derinliği 20 m olan kuyudan 11 adet örselenmiş 2 adet örselenmemiş numune alınmıştır. 2,5 m ile 4,5 m arasında alınan iki adet örselenmemiş numunelerin sırasıyla; birim hacim ağırlıkları $18,25$ - $18,26 \text{ kN/m}^3$, kohezyonları $56,28$ - $61,11 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açıları ise $7,37^\circ$ ile $8,16^\circ$ olarak tespit edilmiştir. 2,5 m’de alınan numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda şişme yüzdesi %4 ve şişme basıncı

148,53 kN/m² olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %54-66 arasında, plastik limit değerleri ise %24-28,5 arasında değişiklik göstermektedir. 0,5 m'sini nebati toprak oluşturan kuyunun geri kalan 10 m'sinde koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kum, son 10 m'sinde ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum yer almaktadır. Yeraltı su seviyesinin 10 olarak ölçüldüğü kuyuda en düşük SPT-N değeri 7, en yüksek SPT-N değeri 26 olarak ölçülmüştür.

SK-9: Toplam derinliği 15 m olan kuyudan 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş olmak üzere toplam 5 adet numune alınmıştır. Alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,30 kN/m³, kohezyonu 56,24 kN/m² ve içsel sürtünme açısı ise 8,88 olarak tespit edilmiştir. Likit limit değeri %52-58 arasında değişiklik gösterirken plastik limit değerleri %23-27 arasında değişiklik göstermektedir. Kuyunun ilk 0,5 m'sinde nebati toprak, 12 m'sine kadar koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve 15 m'sine kadar ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum yer almaktadır. Yeraltı su seviyesinin 5,5 m olarak ölçüldüğü kuyuda SPT-N değerleri 5 ile 16 arasında değişmektedir.

SK-10: 15 m olarak açılan kuyuda 4-4,5 m'de 1 adet örselenmemiş geri kalan seviyelerden 4 adet örselenmiş numune olmak üzere toplam 5 adet numune alınmıştır. 4 m'de UD tüpüyle alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,26 kN/m³, kohezyonu 53,5 kN/m² ve içsel sürtünme açısı 9,29 olarak tespit edilmiştir. Alınan örselenmiş numunelerin likit limit değerleri %53-68, plastik limit değerleri ise %23-28 arasında değişmektedir. 0,5 m'si nebati toprak olan kuyunun 10 m'si kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve geri kalanı yeşil renkli killi kumdan oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesinin 7,5 m olarak ölçüldüğü kuyuda en düşük SPT-N değeri 8 en yüksek SPT-N değeri 16 olarak kaydedilmiştir.

SK-11: Toplam 15 m derinliğe sahip olan bu kuyuda 0,5 m nebati toprak, geri kalan 11,5 m koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve son 3 m yeşil renkli killi kum olarak geçilmiştir. Yeraltı su seviyesi 7,5 m olarak ölçülmüştür. SPT-N değerleri 8 ile 17 arasında değişiklik göstermektedir. Toplam 5 adet numune alınan kuyuda 1'i örselenmemiş ve 4 ü örselenmiş numune olarak alınmıştır. 2,5 m'de alınan örselenmemiş

numunenin birim hacim ağırlığı $18,22 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $62,38 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı 10 olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %54-68, plastik limit değerleri ise %24-28 arasında değişmektedir.

SK-12: Toplam derinliği 20 m olan kuyunun 0,5 m'si nebati toprak, geri kalan 10 m'si koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil, geri kalan 5 m'si yeşil renkli killi kum ve son 5 m'si ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmaktadır. SPT-N değerleri 4-20 arasında değişen kuyuda yeraltı suyuna 6,5 m'de rastlanılmıştır. Toplam 13 adet numunenin alındığı kuyuda 2 adet örselenmemiş ve 11 adet örselenmiş numune alınmıştır. 1 m'de ve 5,5 m'de UD tüpüyle alınan örselenmemiş numunelerin birim hacim ağırlıkları $18,25 \text{ kN/m}^3$ kohezyonları $71,97 \text{ kN/m}^2$ ile $68,46 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açıları $8,6^\circ$ ile $8,52^\circ$ olarak belirlenmiştir. 1 m'de alınan örselenmemiş numunenin şişme yüzdesi 3,5 ve şişme basıncı ise $98,98 \text{ kN/m}^2$ olarak tespit edilmiştir. Likit limit değerleri %55 ile 66 arasında değişirken plastik limitleri %24-29 arasındadır.

SK-13: 15 m derinliğe sahip kuyunun ilk 0,5 m'si nebati toprak ve geri kalanı koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil olarak geçilmiştir. Yeraltı su seviyesinin 7 m olduğu kuyunun en düşük ve en yüksek SPT-N değerleri sırasıyla 5 ve 14 olarak kaydedilmiştir. Toplam 5 numunenin alındığı kuyuda bir tanesi örselenmemiş ve 4 tanesi ise örselenmiş numuneden meydana gelmektedir. Örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,27 \text{ kN/m}^2$, kohezyonu 54,09 ve içsel sürtünme açısı ise 10° olarak belirlenmiştir. Likit limit değerlerinin %58-67, plastik limit değerlerinin ise %24-29 arasında olduğu görülmektedir.

SK-14: Toplamda 15 m açılan kuyudan 1'i örselenmemiş ve 4'ü örselenmiş olmak üzere toplam 5 adet numune alınmıştır. 5,5 m'de alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,26 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $60,76 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı $7,63^\circ$ olarak belirlenmiştir. İlk 0,5 m'si nebati toprak, geri kalan 11,5 m'si koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve geri kalanı ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur. 5,5 m'de yeraltı suyuna rastlanılan kuyuda SPT-N değerleri 4 ile 13 arasında değişiklik göstermektedir. Likit limit değerlerinin %57-67, plastik limit değerlerinin ise %25-29 arasında değiştiği gözlemlenmektedir.

SK-15: İlk 0,5 m'si nebati toprak ve geri kalanı koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kilden oluşan kuyuda yeraltı su seviyesi 10,5 m olarak ölçülmüştür. SPT-N değerlerinin 8 ile 17 arasında değiştiği kuyuda likit limit değerleri %54-59, plastik limit değerleri %24-26 arasındadır. Toplam 5 adet numunenin alındığı kuyuda 1'i örselenmemiş ve 4'ü örselenmiş numuneden oluşmaktadır. 4 m'de UD tüpü yardımıyla alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,28 kN/m³, kohezyonu 59,59 kN/m² ve içsel sürtünme açısı 9,61° olarak belirlenmiştir.

SK-16: 15 m derinliğe sahip kuyudan 2,5 m'de 1 adet örselenmemiş ve geri kalan seviyelerde her 3 m'de bir olmak üzere 4 adet örselenmiş numune alınmıştır. Alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı 18,26 kN/m³, kohezyonu 57,52 kN/m² ve içsel sürtünme açısı ise 8,48° olarak tespit edilmiştir. Likit limit değerleri %56-67 arasında değişirken plastik limit değerleri %25-29 arasındadır. İlk 3 m'si dolgu olarak geçilen kuyuda geri kalan 9 m koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil, geri kalan 1,5 m'si yeşil renkli killi kum ve son 2 m'si ise iyi kötü derecelenmiş killi kumdan meydana gelmiştir. En düşük SPT-N değeri 9 ve en yüksek SPT-N değeri 16 olarak kaydedilmiştir.

SK-17: İlk 3 m'sini dolgu, geri kalan 9 m'sini koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve geri kalan 8 m'sini kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum oluşturmaktadır. 6 m'de yeraltı su seviyesine rastlanılan kuyuda SPT-N değerleri 6-19 arasında değişiklik göstermektedir. Likit limit değerleri %54-63 arasında, plastik limit değerleri ise %24-28 arasındadır. 2,5 ve 4 m'de alınan iki adet örselenmemiş numunenin sırasıyla birim hacim ağırlıkları 18,27 kN/m³, 18,28 kN/m³, kohezyonları 60,24 kN/m², 63,68 kN/m² ve içsel sürtünme açıları 8,17° ile 6,97° olarak belirlenmiştir.

SK-18: Toplam 15 m açılan kuyudan 4 adet örselenmiş, 1 adet UD tüpü yardımıyla örselenmemiş numune alınmıştır. 4-4,5 m arasında alınan UD numunesinde içsel sürtünme açısı 8,01, kohezyon ise 65,82 kN/m² olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı ise 18,31 kN/m³ olarak tespit edilmiştir. İlk 0,5 m'si bitki, 10 m boyunca koyu kahverengi yüksek plastisiteli kil birimi ve son 5 m'de ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kum

birimi gözlemlenmiştir. Yeraltı su seviyesi 5 m olarak ölçülmüştür. İlk 10 m'nin likit limit değerleri %57-%62 arasında, plastik limit değerleri ise %25-%27 arasında değişiklik göstermektedir. En düşük SPT-N değeri 9, en yüksek ise 17 olarak tespit edilmiştir.

SK-19: Toplam derinliği 15 m olan kuyunun ilk 0,5 m'si nebati toprak, geri kalan 11,5 m'si sarı renkli düşük plastisiteli kumlu siltli kil, son 3 m'si ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur. Yeraltı su seviyesi 7 m olarak belirlenen kuyuda en düşük SPT-N değeri 8, en yüksek SPT-N değeri 17 olarak tespit edilmiştir. 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınan kuyuda örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,25 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $55,64 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı $9,35^\circ$ olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %55-62, plastik limit değerleri ise %24-26 arasındadır.

SK-20: Derinliği 15 m olan kuyudan 4 adet örselenmiş 1 adet örselenmemiş numune alınmıştır. Alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,32 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $68,2 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı $8,40^\circ$ olarak belirlenmiştir. Likit limit değerleri %54-66, plastik limit değerleri %25-27 arasındadır. Açılan kuyunun 0,5 m'sinde nebati toprak, 7 m'sinde koyu kahverengi kumlu siltli kil, 7,50-10,50 arasında yeşil renkli killi kum ve son 4,5 m'sinde ise iyi kötü derecelenmiş killi kum yer almaktadır. Yeraltı su seviyesinin gözlemlenmediği kuyuda en düşük SPT-N değeri 8 en yüksek SPT-N değeri ise 17 olarak belirlenmiştir.

SK-21: 15 m olarak açılan kuyuda 2,5-3 m'de 1 adet örselenmemiş geri kalan seviyelerden 4 adet örselenmiş numune olmak üzere toplam 5 adet numune alınmıştır. 2,5 m'de UD tüpüyle alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,30 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $68,53 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı $8,55^\circ$ olarak tespit edilmiştir. Alınan örselenmiş numunelerin likit limit değerleri %58-67, plastik limit değerleri ise %25-29 arasında değişmektedir. 3 m'si dolgu olan kuyunun 12 m'si kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve geri kalanı yeşil renkli killi kumdan oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesinin 11,5 m olarak ölçüldüğü kuyuda en düşük SPT-N değeri 9 en yüksek SPT-N değeri 17 olarak kaydedilmiştir.

SK-22: İlk 3 m'si dolgu ve geri kalan 10 m'si koyu kahverengi yüksek plastisiteli kumlu siltli kil ve son 3 m'si ise kahverengi iyi kötü derecelenmiş killi kumdan oluşan kuyuda yeraltı su seviyesi 8,5 m olarak ölçülmüştür. SPT-N değerlerinin 8 ile 17 arasında değiştiği kuyuda likit limit değerleri %58-67, plastik limit değerleri %25-28 arasındadır. Toplam 5 adet numunenin alındığı kuyuda 1'i örselenmemiş ve 4'ü örselenmiş numuneden oluşmaktadır. 4 m'de UD tüpü yardımıyla alınan örselenmemiş numunenin birim hacim ağırlığı $18,26 \text{ kN/m}^3$, kohezyonu $58,75 \text{ kN/m}^2$ ve içsel sürtünme açısı $8,34^\circ$ olarak belirlenmiştir.

4.6 İlave Sondajlar

Arazi çalışmaları sırasında alınan 275 adet örselenmiş numunelerin her biri için doğal su muhtevası, elek analizi, hidrometre, Atterberg limitleri ile özgül ağırlık deneyleri yapılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda; koyu kahverengi, açık kahverengi, kahverengi, sarı, açık sarı olmak üzere 5 birim tespit edilmiştir. Yapılan deney çalışmaları sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

4.7 Zemin Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Tüm büro ve arazi çalışmalarından elde edilen sonuçlardan yola çıkarak laboratuvar ortamına getirilen numunelerin değerlendirilmesi temel sondaj ve burgu çalışmaları olarak iki farklı başlıkta verilmiştir. Zemin özellikleri ve seviyelerine göre elde edilen deney sonuçları bu başlık altında değerlendirilmiştir.

4.7.1 Zemin Seviyeleri ve Özellikleri

Toplam 6 hat üzerinde yapılan ilave sondaj çalışmaları ile tespit edilen 5 farklı birimin genel özellikleri Çizelge 4.2'de detaylı olarak verilmiştir. Oluşturulan hatların detaylı açıklaması yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Arazide tanımlanan birimlerin açıklaması

Birim	Arazi Tanımlamaları
Sarı Renkli Kumlu Siltli Kil	Çalışma alanı içerisinde yayılım sunan bu birim genellikle kilden oluşmaktadır. Ancak yer yer silt ve kumla birlikte de yer almaktadır.
Açık Sarı Kumlu Siltli Kil	İnceleme alanında 0,5 ile 2,5 m arasında gözlemlenen bu birim bazı seviyelerde kum ve siltli birimlerle birlikte görülebilmektedir.
Kahverengi Kil	Arazide 0,5 m-2,5 m arasında yer alan kahverengi kil yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde oldukça gevşek bir yapı sunmaktadır.
Açık Kahverengi Kil	İlave sondajlar yardımıyla alınan numunelerde bu birim temiz ve yağlı kil arasında geçiş göstermektedir.
Koyu Kahverengi Kil	Temel sondajlar ve araştırma çukurları ile gözlemlenen bu birim çalışma alanında geniş bir yayılım sunmaktadır. Derinliği 16 m'ye kadar ulaşmaktadır. Bu birim genellikle yüksek plastisiteli kilden meydana gelmektedir.

A-A' Hattı: Bu hat üzerinde derinlikleri 2 m olan iki adet ve derinlikleri 2,5 m olan üç adet ilave sondaj çalışmasından toplam 23 adet örselenmiş numune alınmıştır. AÇ-1,1 kuyusunda 0-0,5 m arası kahverengi kil, 1,0-2,5 m arası koyu kahverengi kilden oluşmaktadır. Kuyunun ilk 1,5 m'si yağlı kil, 2,0 m elastik silt kum ve 2,5 m kumlu temiz

kilden meydana gelmektedir. AÇ-1,2 kuyusunun tamamında koyu kahverengi kil bulunmaktadır. Bu kuyunun ilk 1,5 m'sini yağlı kil, 2,0 m'si ise elastik silt oluşturmaktadır. AÇ-1,3 kuyusunun ilk 1 m'si açık kahverengi ve geri kalan kısmı koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmektedir. AÇ-1,4 kuyusunda ilk 1 m'de açık sarı, 1,5 m'de kahverengi yağlı kil ve son seviyede ise koyu kahverengi yağlı killi kum tespit edilmiştir. Bu hattı oluşturan son kuyu olan AÇ-1,5'in ilk 0,5 m'si sarı, 1,0 m'si kahverengi, 1,5 m'si açık kahverengi ve 2,0-2,5 m'si ise koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmiştir. Yapılan 2 adet 15 m derinliğindeki temel sondaj çalışması neticesinde SK-1 numaralı sondajda ilk 12 m koyu kahverengi kil, kalan 3 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmaktadır. SK-4 numaralı sondajda ilk 9 m sarı renkli kil, sonraki 3 m koyu kahverengi kil ve kalan 2 m ise açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan meydana gelmektedir.

B-B' Hattı: Toplamda 7 adet kuyudan oluşan bu hatta en düşük derinlik 1,5 m, en yüksek derinlik ise 2,5 m'dir. AÇ-7,1 sırasıyla açık sarı silt, kahverengi silt-kil ve koyu kahverengi silt-kilden meydana gelmiştir. AÇ-7,2 kuyusunun tamamında açık sarı renkte kil ve kum bulunmaktadır. AÇ-7,3 kuyusu sırasıyla açık sarı yağlı kil ile kum, kahverengi yağlı kil, koyu kahverengi temiz kil ile kum, koyu kahverengi temiz kil ile kum, kahverengi yağlı kil ile kum ve koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmiştir. AÇ-7,4 isimli kuyuda ilk 1,5 m'de açık sarı kil, 2,0 m'de koyu kahverengi yağlı kil ve 2,5 m'de ise koyu kahverengi temiz ile kum tespit edilmiştir. AÇ-7,5 adlı kuyunun tamamı koyu kahverengi kilden oluşmuştur. AÇ-8,1 ile AÇ-9,1 kuyusunun ilk seviyeleri kumlu yağlı kilden meydana gelmiştir. 1,0 m'de AÇ-8,1'de kumlu yağlı kil devam etmiş, AÇ-9,1 adlı kuyuda ise yağlı kile geçilmiştir. Geri kalan seviyeler ise koyu kahverengi kilden oluşmuştur. Toplamda 30 adet örselenmiş numune alınmıştır. 4 adet yapılan temel sondaj çalışması ile SK-7, SK-8, SK-9 ve SK-19 numaralı sondajlarda ilk 10,5 m koyu kahverengi kilden oluşmuştur. SK-7 numaralı sondajda kalan 4,5 m ve SK-8 numaralı sondajda kalan 9,5 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kum geçilirken SK-9 ve SK-19 numaralı sondajlarda 1,5 m daha kahverengi kil devam etmiş, ardından açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kuma geçilmiştir.

C-C' Hattı: Toplam 10 adet kuyu bulunan bu hatta tüm çukurlar 2,5 m derinlikte açılmış ve 50 adet örselenmiş numune alınmıştır. AÇ-3,1 kuyusunun tamamında sarı renkli kil bulunmaktadır. AÇ-3,2 kuyusunun tamamı koyu kahverengi kilden meydana gelmiştir. AÇ-3,3'ün tamamı koyu kahverengi kilden meydana gelmekte ve sırasıyla kumlu yağlı kil, temiz kil ve yağlı kil-yağlı kil-yağlı kilden oluşmuştur. AÇ-3,4 ile 3,5 kuyularının tamamı koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmiştir. AÇ-14,1 adlı kuyunun ilk 1,0 m'sini kahverengi ve son 1,5 m'sini koyu kahverengi yağlı kil oluşturmaktadır. AÇ-14,2 sırasıyla kahverengi temiz kil, kahverengi yağlı kil, koyu kahverengi temiz kil, koyu kahverengi temiz kil ve koyu kahverengi silt ile kumdan meydana gelmiştir. AÇ-14,3 kuyusunun ilk 0,5 m'sinde sarı ve geri kalanında koyu kahverengi yağlı kil tespit edilmiştir. AÇ-14,4'ün ilk 1 m'sini kahverengi kil, geri kalan 1,5 m'sini koyu kahverengi kil oluşturmıştır. AÇ-14,5 isimli son kuyuda ise 0,5 m'de açık sarı renkte yağlı kil, 1,0 m'de açık sarı renkte temiz kil, 1,5 m'de koyu kahverengi temiz kil, 2,0 m'de koyu kahverengi yağlı kil ile kum, 2,5 m'de koyu kahverengi yağlı kil bulunmaktadır. SK-3, SK-14 ve SK-18 numaralı sondajların yer aldığı bu hat üzerinde SK-3 ve SK-14 numaralı sondajlarda ilk 12 m koyu kahverengi kilden meydana gelmiştir. SK-3 numaralı sondajda kalan 8 m ile SK-14 numaralı sondajda son 3 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur. SK-18 numaralı sondajda ilk 10,5 m koyu kahverengi kilden oluşurken son 4,5 m açık kahverengi killi kumdan meydana gelmiştir.

D-D' Hattı: Toplamda 15 adet kuyu bulunan bu hattın 75 adet örselenmiş numune alınmıştır. AÇ-2,1'in ilk 1,0 m'si kahverengi temiz kil 1,5 m ise koyu kahverengi temiz kilden oluşmuştur. AÇ-2,2'nin ilk 1,5 m'si koyu kahverengi temiz kilden geri kalan 1 m'si ise koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmiştir. AÇ-2,3'ün ilk 0,5 m'sinde koyu kahverengi temiz kil ile kum, geriye kalan 2,0 m'sinde koyu kahverengi yağlı kil bulunmaktadır. AÇ-2,4 sırasıyla koyu kahverengi temiz kil, koyu kahverengi temiz kil ile kum, koyu kahverengi silt, koyu kahverengi temiz kil ile koyu kahverengi yağlı kilden oluşmaktadır. AÇ-2,5'in tamamı koyu kahverenginden meydana gelmektedir. İlk 0,5 m'sinde temiz kil, geri kalan 2,0 m'sinde yağlı kil tespit edilmiştir. AÇ-6,1 sırasıyla koyu kahverengi kumlu temiz kil, koyu kahverengi temiz kil, kahve renkli yağlı kil ile kum, kahverengi yağlı kil, kahverengi temiz kil ile kumdan oluşmaktadır. AÇ-6,2 adlı kuyunun ilk 0,5 m'sinde temiz kil, 1,0 m'sinde kumlu temiz kil, 1,5 m'sinde elastik silt, 2,0

m'sinde silt, 2,5 m'sinde temiz kil ile kum bulunmaktadır. AÇ-6,3 isimli kuyuda, 0,5 m kumlu temiz kil, 1,0 m yağlı kil, 1,5 m silt ile kum, 2,0 m temiz kil ile kum, 2,5 m temiz kilden meydana gelmiştir. AÇ-6,4'de ilk 0,5 m'de kahverengi yağlı kil, 1,0 m'de yağlı kil, 1,5 m'de temiz kil ile kum, 2,0- 2,5 m'de yağlı kil ile kum bulunmaktadır. AÇ-6,5 isimli kuyuda 0,5 m'de kahverengi temiz kil, 1,0 m'de kahverengi temiz kil, 1,5 m'de kahverengi temiz kil, 2,0 m'de sarı yağlı kil, 2,5 m'de ise koyu kahverengi yağlı kil tespit edilmiştir. AÇ-13,1 isimli kuyunun 0,5 m'sinde kahverengi temiz kil, 1,0 m'sinde kahverengi temiz kil ile kum, 1,5 m'sinde koyu kahverengi temiz kil ile kum, 2,0 m'sinde kahverengi kumlu temiz kil, 2,5 m'sinde koyu kahverengi çakıl bulunmaktadır. AÇ-13,2 isimli kuyunun ilk 1 m'si kahverengi temiz kil, 1,5 ile 2,0 m'si sarı renkli temiz kil, 2,5 m'si sarı renkli temiz kil ile kumdan meydana gelmiştir. AÇ-13,3 isimli kuyuda 0,5 m'sinde kahverengi silt ile kum, 1,0 m'si kahverengi kumlu elastik silt, 1,5 m'sinde koyu kahverengi silt, 2,0 m'sinde sarı renkli silt ile kum, 2,5 m'sinde sarı renkli temiz kil ile kum tespit edilmiştir. AÇ-13,4'te 0,5 m'de sarı renkli temiz kil ile kum, 1,0 m'de kahverengi temiz kil, 1,5 m'de kahverengi temiz kil, 2,0 m'de koyu kahverengi silt, 2,5 m'de kahverengi silt ile kum bulunmaktadır. AÇ-13,5 isimli kuyuda ilk 1,0 m kahverengi yağlı kil, 1,5 m koyu kahverengi yağlı kil, 2,0-2,5 m ise koyu kahverengi temiz kilden oluşmuştur. Toplamda 3 adet temel sondajın yapıldığı bu hat üzerinde SK-2 ve SK-13 numaralı sondajlarda ilk 13,5 m koyu kahverengi kil, son 1,5 m'ler açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kum tespit edilmiştir. SK-6 numaralı sondajda ise ilk 12 m koyu kahverengi kil ve son 3 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmaktadır.

E-E' Hattı: Toplam 10 adet kuyudan oluşan E-E' hattından 45 adet örselenmiş numune alınmıştır. AÇ-5,1 isimli kuyunun ilk 1,0 m'si kahverengi kumlu temiz kil, 1,5 m'si açık sarı kumlu temiz kil, 2,0 m'si kahverengi temiz kil ile kum, 2,5 m'si koyu kahverengi temiz kil ile kumdan meydana gelmiştir. AÇ-5,2'nin tamamı açık kahverengi kumlu temiz kilden oluşmuştur. AÇ-5,3 isimli kuyu 0,5 m açılmış ve açık kahverengi kumlu temiz kilden numune alınmıştır. AÇ-5,4 toplamda 2,0 m açılmış ilk 1 m'sini açık kahverengi yağlı kil, geri kalan 1 m'sini ise koyu kahverengi kil oluşturmaktadır. AÇ-5,5 isimli kuyunun ilk 0,5 m'sinde açık kahverengi yağlı kil, 1,0 m'sinde kahve renkli temiz kil, 1,5 m'sinde kahverengi yağlı kil ile kum, 2,0 m'sinde kahverengi yağlı kil, 2,5

m'sinde koyu kahverengi yağlı kil tespit edilmiştir. AÇ-17,1'in 0,5 m'sinde sarı renkli çakıllı birim, 1,0 m'sinde kahverengi silt, 1,5 m'sinde sarı renkli silt, 2,0 m'sinde sarı renkli temiz kil, 2,5 m'sinde sarı renkli silt ile kum bulunmaktadır. AÇ-17,2 isimli kuyunun 0,5 m'si sarı renkli yağlı kilden, 1,0 m'si sarı renkli temiz kilden, 1,5 m'si sarı renkli temiz kil ile kumdan, 2,0 m'si koyu kahverengi kumlu temiz kilden, 2,5 m'si koyu kahverengi temiz kil ile kumdan meydana gelmiştir. AÇ-17,3 isimli kuyunun 0,5 m'sinde sarı renkli elastik silt, 1,0 m'sinde koyu kahverengi kumlu silt, 1,5 m-2,0 m'sinde koyu kahverengi temiz kil ile kum, 2,5 m'sinde koyu kahverengi kumlu silt yer almaktadır. AÇ-17,4 adlı kuyuda 0,5 m'de kahverengi temiz kil, 1,0-1,5 m'de sarı renkli kumlu temiz kil, 2,0 m'de sarı renkli temiz kil, 2,5 m'de sarı renkli temiz kil ile kum bulunmaktadır. AÇ-17,5'te ise 0,5 m'si kahverengi temiz kil ile kumdan, 1,0 m'si sarı renkli temiz kil ile kumdan, 1,5 m'si sarı renkli temiz kilden, 2,0 m'si kahverengi temiz kilden, 2,5 m'si kahverengi temiz kil ile kumdan meydana gelmiştir. Toplamda 4 adet temel sondaj çalışması yapılan bu hat üzerinde SK-5 ve SK-12 numaralı sondajlarda ilk 10,5 m koyu kahverengi kilden oluşmuştur. SK-5 numaralı sondajda kalan 4,5 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşurken SK-12 numaralı sondajda 6 m yeşil renkli killi kum devam etmiş ve son 3 m iyi kötü derecelenmiş killi kum geçilmiştir. SK-17 ve SK-22 numaralı sondajlarda ilk 3 m dolgu, kalan 9 m koyu kahverengi kilden meydana gelmiştir. SK-17 numaralı sondajda son 8 m, SK-22 numaralı sondajda ise son 3 m açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kumdan oluşmuştur.

F-F' Hattı: 4 adet 15 m derinliğine sahip temel sondaj çalışması yapılan bu hat üzerinde SK-10 numaralı sondajda ilk 10,5 m ve SK-11 numaralı sondajda ilk 12 m koyu kahverengi kil geri kalan seviyeler yeşil renkli kilden meydana gelmiştir. SK-16 ve SK21 numaralı sondajlarda ilk 3 m dolgu, sonraki 9 m koyu kahverengi kilden oluşmuştur. SK-21 numaralı sondajda kalan 3 m yeşil renkli kil geçilmiştir. SK-16 numaralı sondajda ise 1,5 m yeşil renkli kil geçilmiş ve ardından açık kahverengi iyi-kötü derecelenmiş killi kum geçilmiştir.

G-G' Hattı: Toplamda 10 adet kuyudan oluşan bu hatta 50 adet örselenmiş numune alınmıştır. AÇ-15,1 isimli kuyunun tamamı koyu kahverengindedir. İlk 2,0 m'si temiz kil ile kum, son seviyesi ise kumlu temiz kilden oluşmuştur. AÇ-15,2 de ise ilk 1,5 m koyu

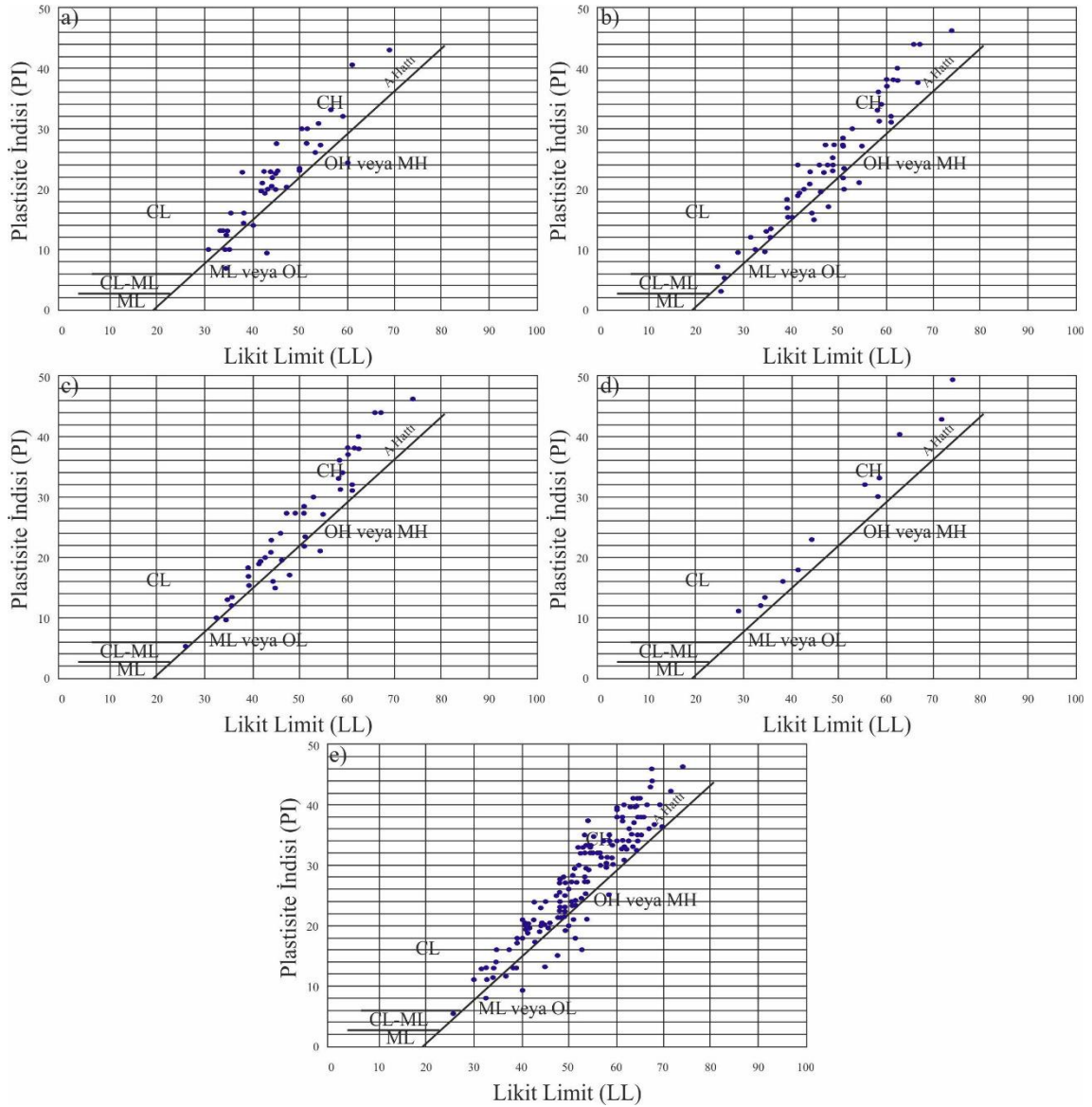
kahverengi yağlı kilden, 2,0 m açık sarı renkli kumlu temiz kilden, 2,5 m koyu kahverengi kumlu elastik siltten meydana gelmiştir. AÇ-15,3 isimli kuyunun ilk 1 m'sinde koyu kahverenginde temiz kil, 1,5 m'sinde sarı renkte yağlı kil, 2,0-2,5 m'sinde koyu kahverenginde temiz kil bulunmaktadır. AÇ-15,4'te ilk 1,0 m'sinde koyu kahverengi 1,5 m'sinde kahverengi yağlı kil, 2,0 m'sinde açık sarı renkli temiz kil, 2,5 m'sinde sarı renkli kumlu temiz kil tespit edilmiştir. AÇ-15,5 ilk 0,5 m'sinde koyu kahverengi yağlı kil ile kum, 1,0-1,5 m'sinde koyu kahverengi temiz kil, 2,0 m'sinde sarı renkli temiz kil, 2,5 m'sinde koyu kahverengi çakıl yer almaktadır. AÇ-20,1 ve AÇ-20,2 isimli kuyuların tamamı koyu kahverengi yağlı kilden meydana gelmiştir. AÇ-20,3 isimli kuyunun tamamı koyu kahverengi temiz kilden oluşmuştur. AÇ-20,4'ün ilk 2,0 m'sinde sarı renkli 2,5 m'sinde koyu kahverengi birimler yer almaktadır. Bu birimler sırasıyla yağlı kil, temiz kil ile kum, yağlı kil ile kum, yağlı kil, elastik silt ile kumdan oluşmaktadır. Bu hattın son kuyusu olan AÇ-20,5'in ilk 1,0 m'si koyu kahverengi yağlı kil, 1,5-2,0 m'si temiz kil, 2,5 m'si ise temiz kil ile kumdan oluşmaktadır. 15 m derinliğinde iki adet temel sondaj çalışması yapılan bu hat üzerinde SK-15 numaralı sondajda tüm seviyeler koyu kahverengi kilden oluşmuştur. SK-20 numaralı sondajda yalnızca 7,5-9,0 m arası yeşil renkli kilden oluşurken geri kalan tüm seviyeler koyu kahverengi kilden meydana gelmiştir.

Arazi koşullarında alınan numunelerin 271 tanesinde kıvam limit deneyleri yapılmış, 4 tanesinde ise kıvam özelliği göstermediğinden yapılamamıştır. Laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen sonuçlar ince taneli zeminlerin mühendislik özelliklerinin detaylı incelenmesi açısından yardımcı olmuştur.

Casagrande kartlarını gösteren Şekil 4.25'te zemin sınıflarının toplu hali görülmektedir. Yaygın zemin sınıfının CH ve CL olduğu, bunun yanında yer yer ML ve MH zemin sınıfının yer aldığı görülmektedir. Sarı renkli birimlerden alınan 42 adet örneğin %29'unu CH, %10'unu ML ve %61'ini ise CL zemin sınıfı oluşturmaktadır. Açık sarı renkli birimlerin %14'ü CH, %7'si ML, %7'si MH ve %72'si CL zemin sınıfına aittir. Toplamda 43 örnekleme yapılan kahverengi killerin %47'si CH, %42'si CL ve geri kalanı da diğer zemin sınıflarından meydana gelmiştir. Açık kahverengi killerde, 13 adet numunenin %46'sı CH ve %54'ü CL zemin sınıfından oluşmuştur. Son olarak koyu

kahverengi killerde ise 163 numunenin %50'si CH, %31'i CL, %3'ü MH, %9'u ML ve geri kalanı da GC zemin sınıfından meydana gelmiştir.

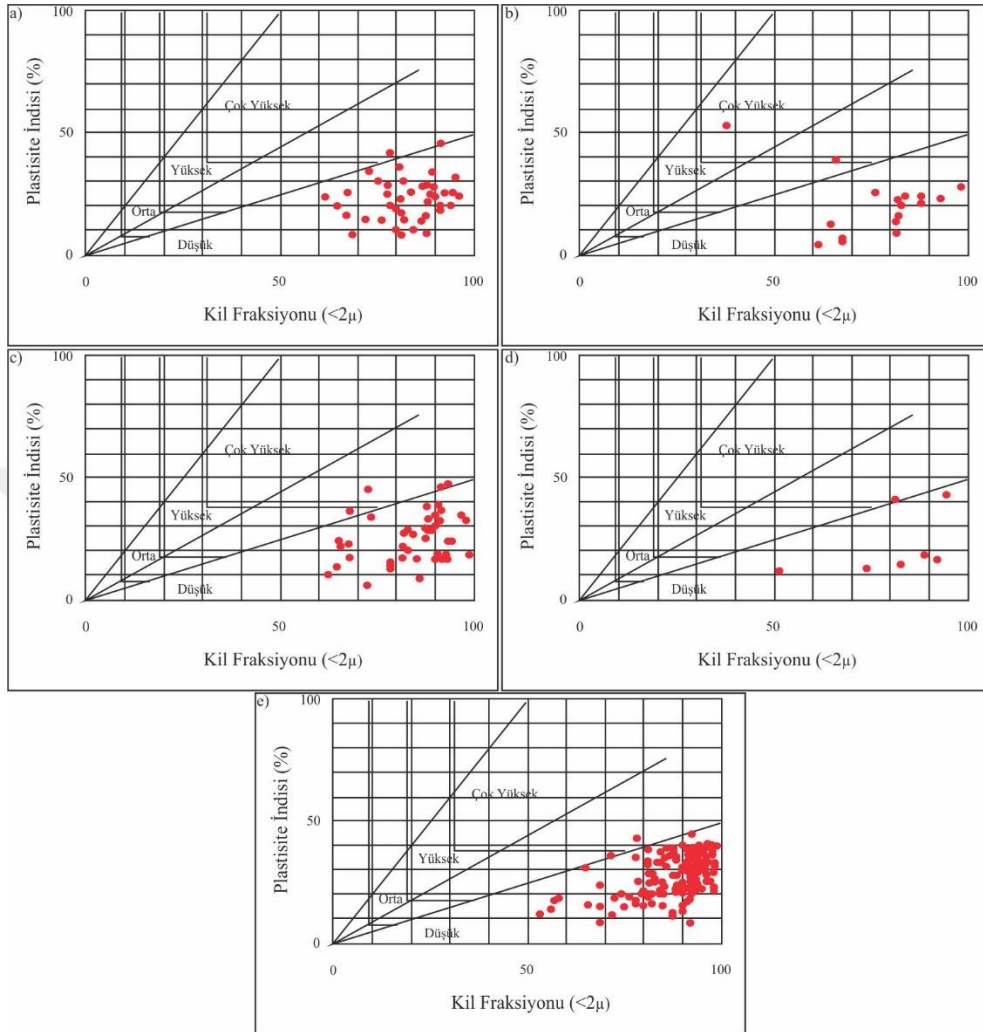
Çakıl miktarının neredeyse hiç bulunmaması, kum ve kil oranlarının nispeten yüksek olması, göl ortamının yavaş ve sürekli olarak çökmesini göstermektedir (Balcıoğlu 2012).



Şekil 4.25 Casagrande kartına göre numunelerin zemin sınıfları **a)** Sarı renkli birim **b)** Açık sarı renkli birim **c)** Kahverengi kil **d)** Açık kahverengi kil **e)** Koyu kahverengi kil

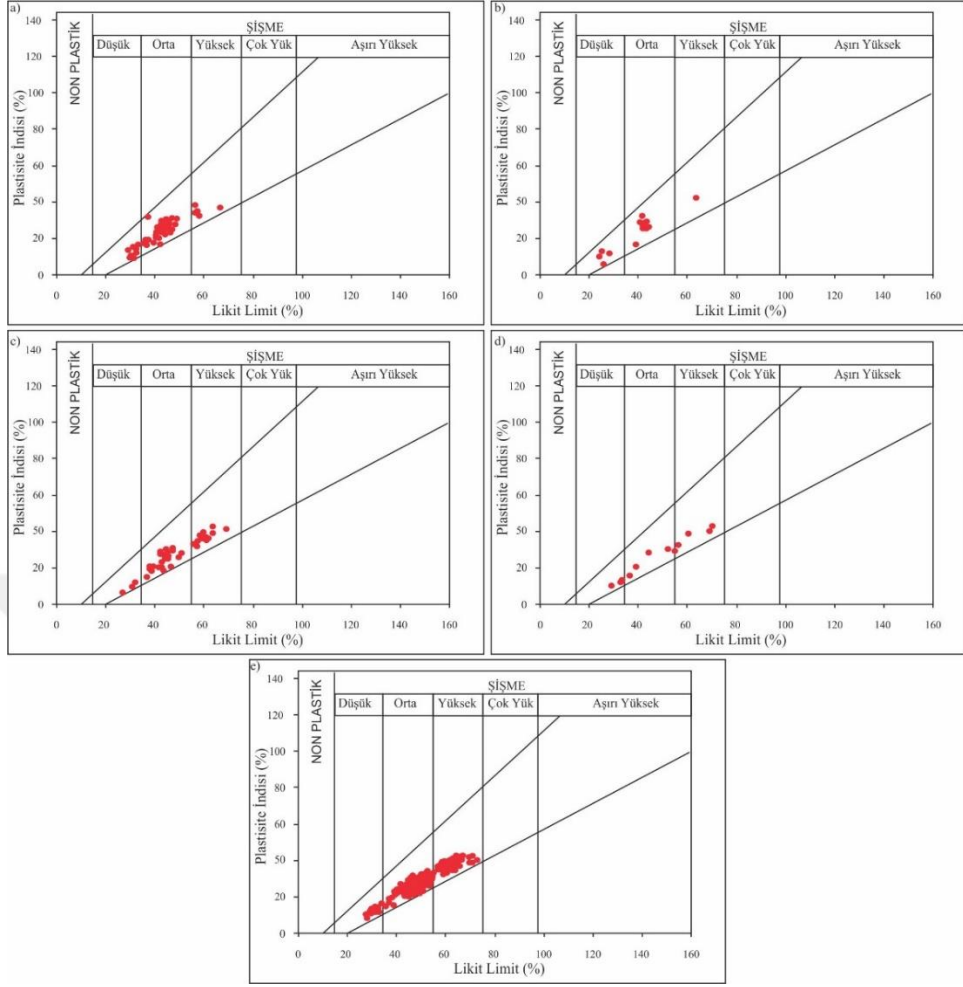
Kil fraksiyonları ve plastisite indisi değerlerine göre yapılan şişme potansiyeli değerlendirilmesinde tüm birimlerin genellikle düşük şişme potansiyeline sahip olduğu

görülmektedir. Ancak nadir de olsa çok yüksek şişme potansiyeline sahip numuneler bulunmaktadır (Şekil 4.26).



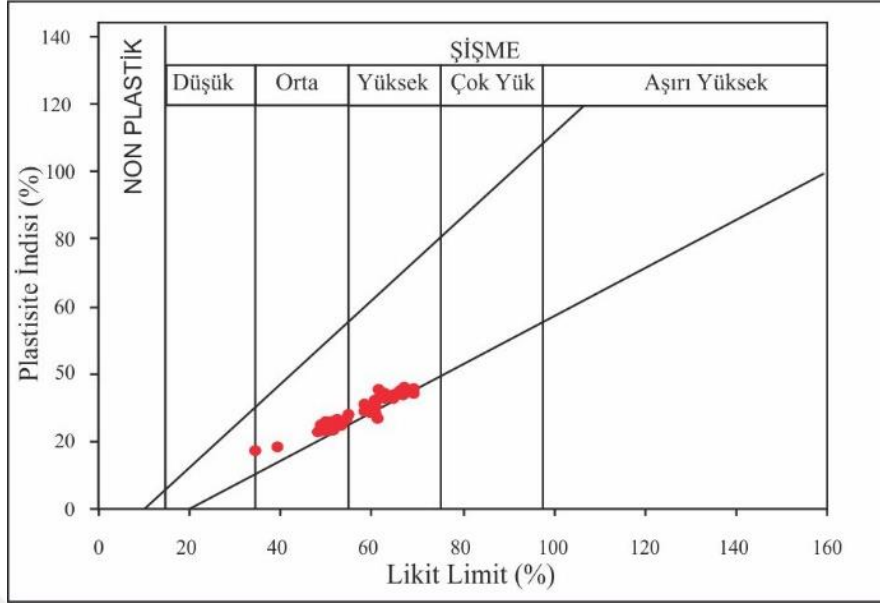
Şekil 4.26 İlave sondaj çalışmalarına ait numunelerin kil miktarı ve plastisite indisine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).

Likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre yapılan şişme potansiyelleri değerlendirilmesinde, sarı renkli birim genellikle orta, yer yer de düşük ve yüksek şişme potansiyeline sahip sınıfta yer aldığı görülmektedir. Açık sarı renkli ve açık kahverengi birimde numunelerin genellikle düşük ve orta, bunun yanında az miktarda yüksek sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir. Kahverengi ve koyu kahverengi birimlerde numunelerin düşük, orta ve yüksek şişme potansiyeline sahip sınıfta yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27 İlave sondaj çalışmalarına ait numunelerin likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).

İlave sondaj çalışmalarının likit limit ve plastisite indisine göre şişme potansiyelleri değerlendirildiğinde numunelerin genellikle orta ve yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 Temel sondaj çalışmalarına ait numunelerin likit limit plastisite indisi değerlerine göre şişme potansiyelleri (Abduljawwad 1993).

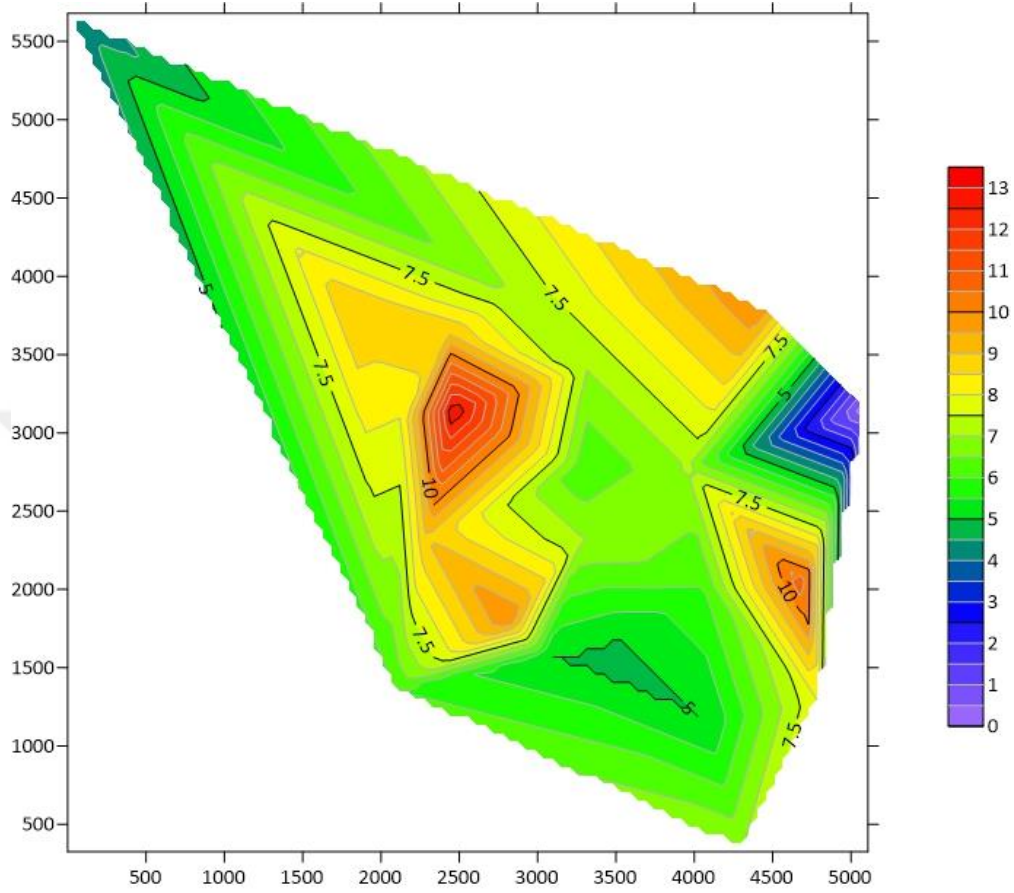
4.7.2 Zemin Özelliklerinin Derinlikle Değişimi

Yapılan deneyler sonucunda belirlenen zemin sınıfını gösteren korelasyonlar aşağıda detaylı bir şekilde verilmiştir.

Temel sondaj çalışmalarına göre; doğal su içerikleri %13 ile %32 arasında değişiklik göstermektedir. 27 adet örselenmemiş numune üzerinde yapılan birim hacim ağırlık deney sonucuna göre değerler 18,18-18,48 kN/m³ arasında yer almaktadır. En düşük likit limit değerinin %38, en yüksek likit limit değerinin ise %69 olduğu tespit edilmiştir. 27 adet örselenmemiş numunenin üç eksenli basınç dayanımı deneyine göre kohezyonu 7,97 ile 68,53 kN/m² arasında değiştiği gözlemlenmiştir. 4 adet UD tüpü yardımıyla alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deney sonucuna göre şişme yüzdeleri %3,5-%4,2 arasında ve şişme basınçları ise 98,98-169,9 kN/m² arasında değişiklik göstermektedir. 143 adet numune üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda numunelerin %61'unun CH, %10'unun SC ve %29'unun SW-SP zemin sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir.

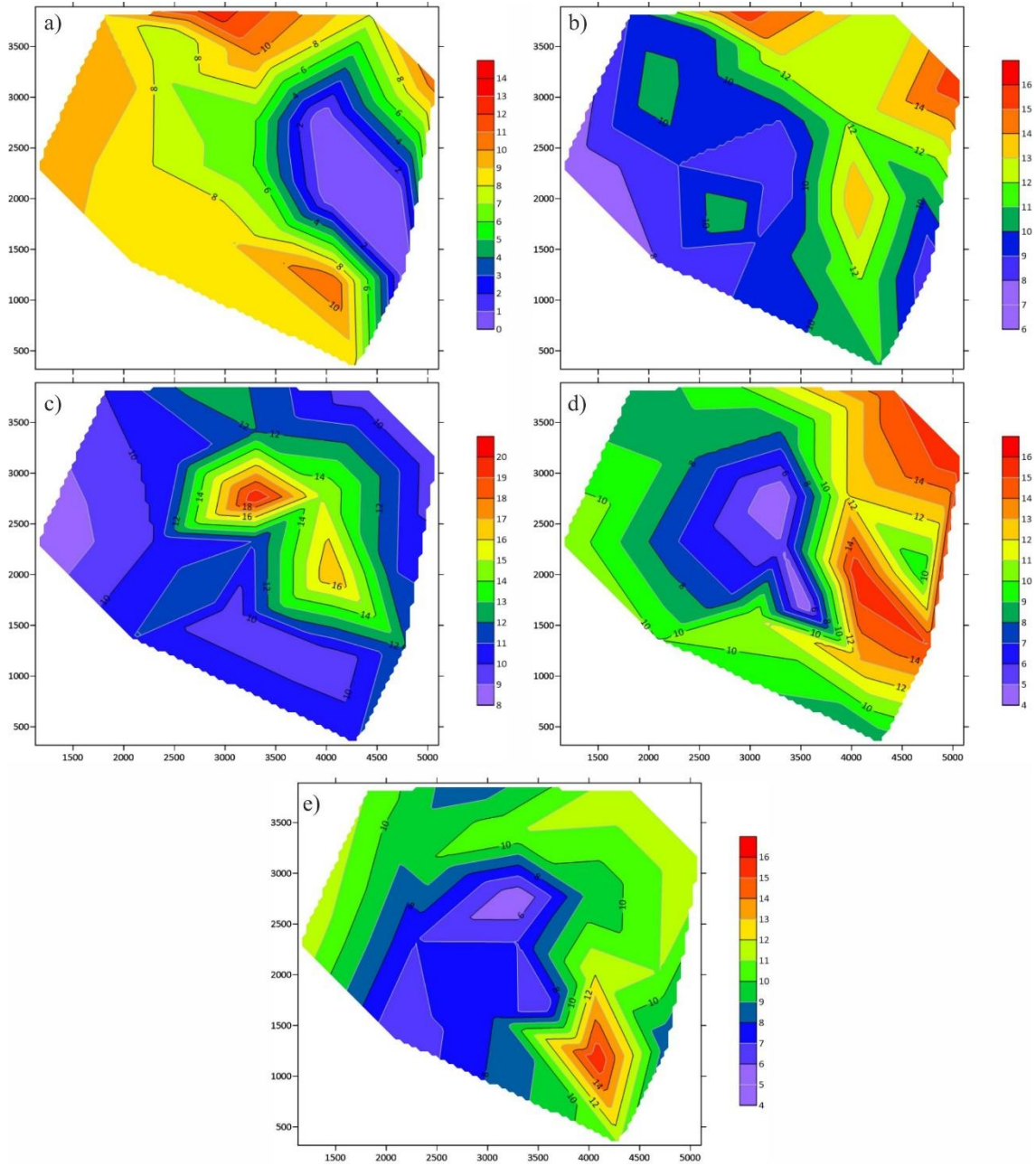
Bölgede yapılan sondaj çalışmalarında, yeraltı su seviyelerinin 4 m ile 15 m arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.29). Yalnızca SK-20 numaralı sondajda yeraltı su

seviyesine rastlanılmamıştır. Genellikle yüzeye yakın tespit edilen yeraltı su seviyesi bölgede bulunan ince taneli zeminleri doygun hale getirmektedir.



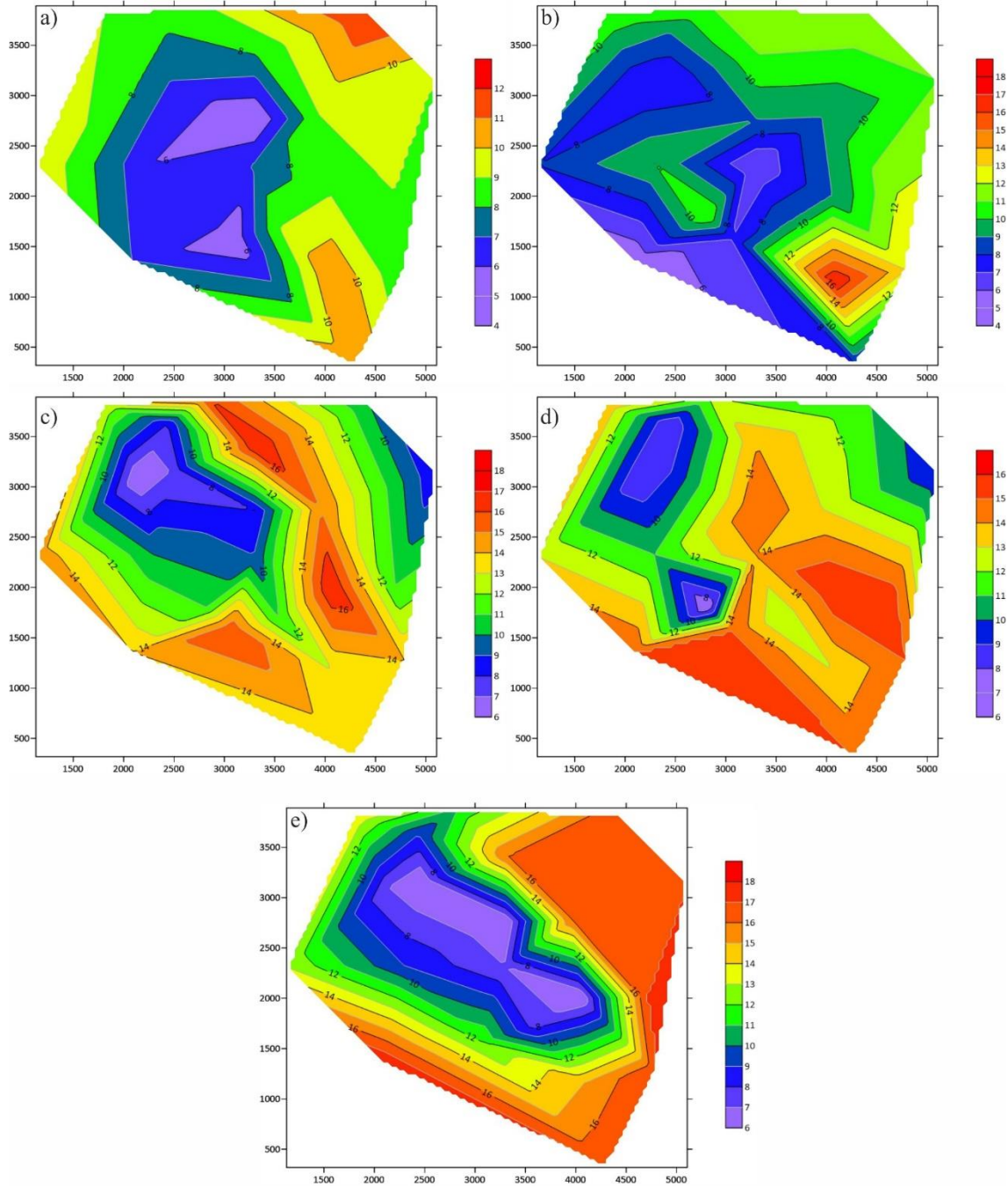
Şekil 4.29 Temel sondaj çalışmalarına ait yeraltı su seviyelerinin derinlikle değişimi.

1,5-7,95 m arası SPT-N değerleri incelendiğinde 4 ile 16 arasında değiştiği görülmektedir. Bölgenin ince taneli yapıya sahip olması SPT-N değerlerinin düşük olmasını desteklemektedir (Şekil 4.30).



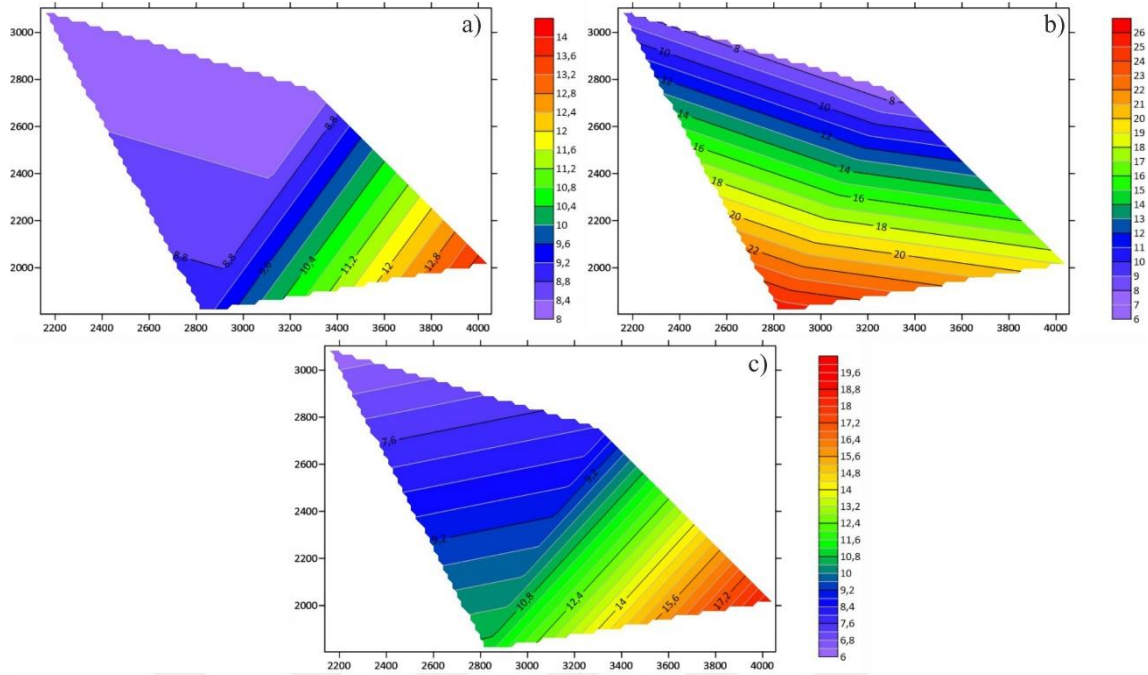
Şekil 4.30 Metrelere göre SPT-N değerleri **a)** 1,5-1,95 m **b)** 3,0-3,45 m **c)** 4,5-4,95 m **d)** 6,0-6,45 m **e)** 7,5-7,95 m

9,0-15,5 m arası SPT-N değerleri incelendiğinde bu değerlerin 4-18 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bölgede yayılım sunan ve genellikle CH zemin sınıfına sahip koyu kahverengi killi birimin, SPT-N değerlerinin düşük çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.31).



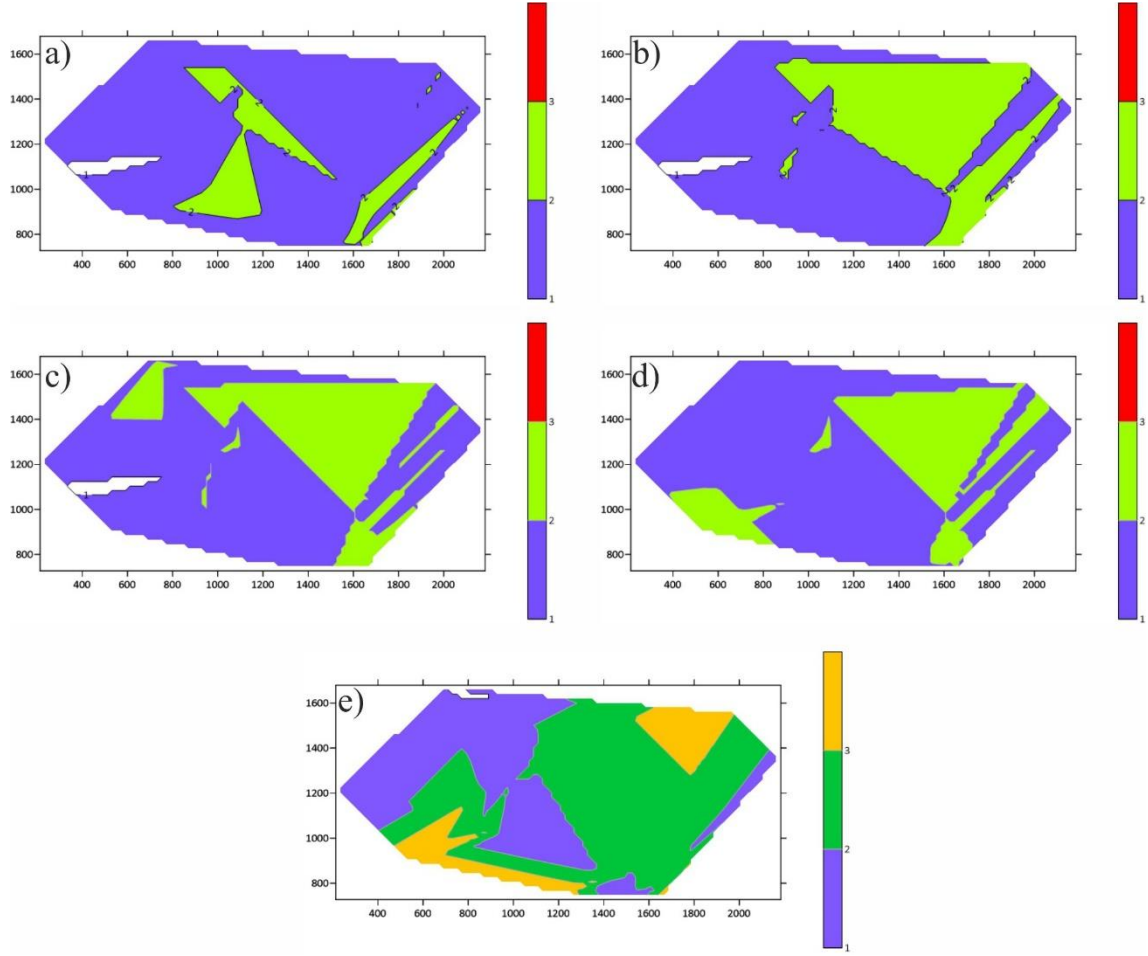
Şekil 4.31 Metrelere göre SPT-N değerleri **a)** 9,0-9,45 m **b)** 10,5-10,95 m **c)** 12,0-12,45 m **d)** 13,5-13,95 m **e)** 15,0-15,45

20 m’lik üç adet kuyulara ait SPT-N değerleri incelendiğinde değerlerin 6-26 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Her üç kuyuda da 15 m sonrası iyi kötü derecelenmiş killi kum bulunmaktadır. 18 ve 19,5 m’lerde yapılan SPT deneylerinde, değerlerin nispeten yüksek olması bu seviyenin biraz daha dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4.32).



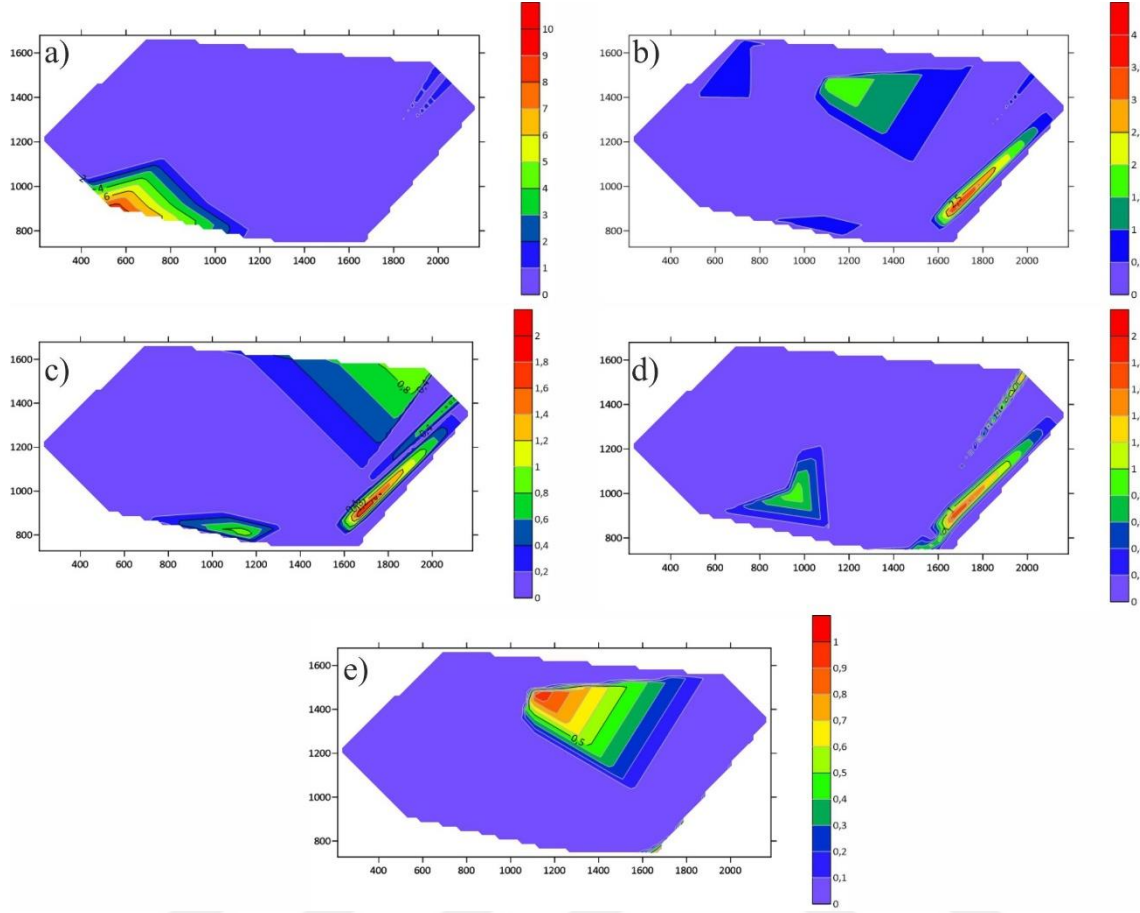
Şekil 4.32 Metrelere göre SPT-N değerleri **a)** 16,5-16,95 m **b)** 18,0-18,45 m **c)** 19,5-19,95

Yapılan Atterberg limit deneylerine göre 0,5 m’de CH ve CL zemin sınıfının hemen hemen eşit olduğu görülmektedir. Toplam 57 kuyunun yaklaşık %46’sını CH zemin sınıfı oluşturmaktadır. %45’ini CL zemin sınıfı ve son %9’luk dilimi ise CL-ML ve ML birimleri oluşturmaktadır. 1,0 m’yi gösteren diyagrama baktığımızda, 57 kuyunun %44’ünü CH ve %49’unu CL zemin sınıfı oluşturmaktadır. %7’lik dilimde ise CL-ML, ML ve MH zemin sınıfını görmekteyiz. Tüm kuyuların 1,5 m’sini gösteren diyagramda, toplam 56 kuyudan yapılan örneklemeden %52’si CH, %41’i CL ve geri kalan %7’si ise CL-ML, ML ve MH zemin sınıfından meydana gelmiştir. Toplam 55 kuyudan 2,0 m’de yapılan örneklemede %49’luk dilimi CH, %42’lik dilimi CL ve %9’luk dilimi ise ML ve MH zemin sınıfından meydana gelmektedir. Toplamda 51 kuyudan 2,5 m’de yapılan örneklemede zemin sınıfının %41’ini CH, %39’unu CL, %10’ubu ML ve %10’unu da MH zemin sınıfı oluşturmaktadır (Şekil 4.33).



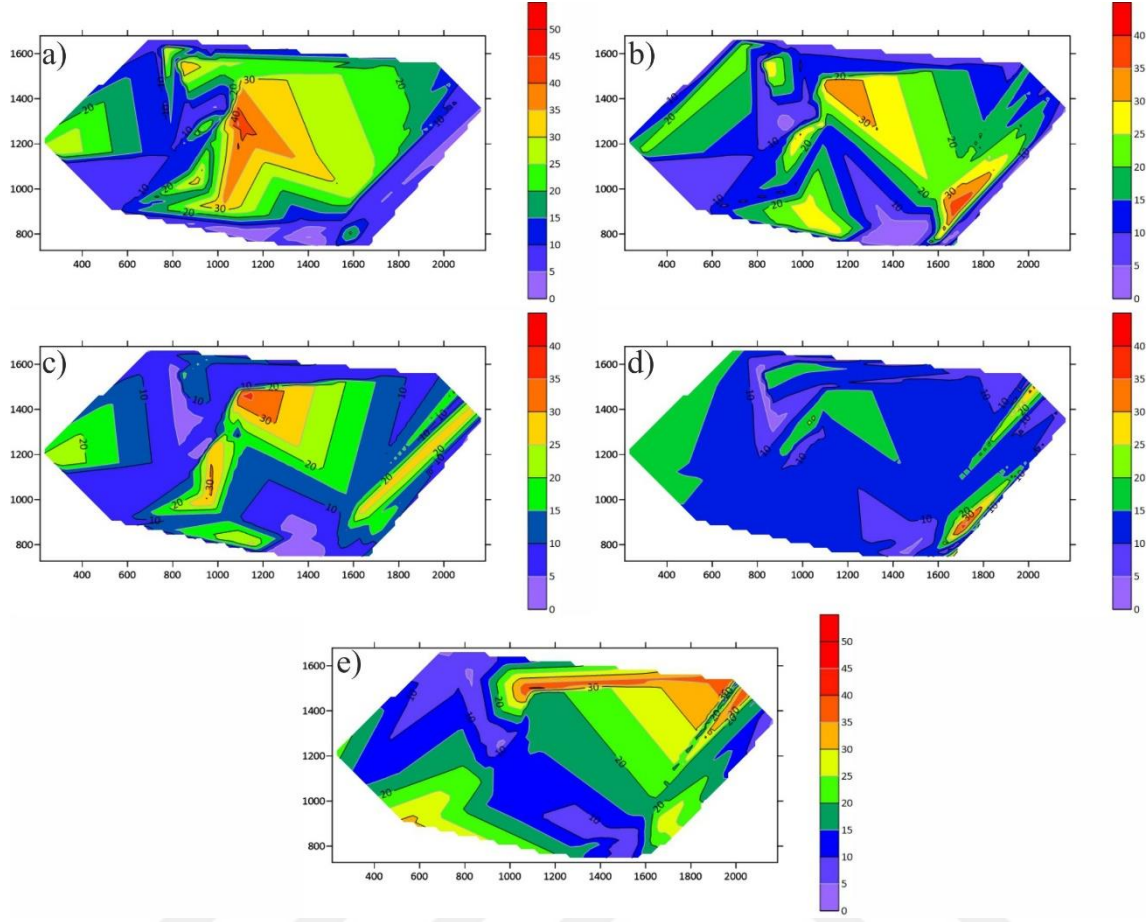
Şekil 4.33 Proje alanının farklı derinliklerdeki zemin sınıf haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c) 1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m

Elek analizi deney sonuçlarına göre çakıl yüzdelerini incelediğimizde 0,5 m'yi gösteren 57 kuyudan 51 tanesinde çakıla rastlanmamıştır. Geri kalan 6 kuyuda %1, %2 ve 1 kuyuda ise %9 olarak tespit edilmiştir. 1,0 m'yi gösteren diyagramda 56 kuyunun 51'inde çakıla rastlanılmamış ve geri kalan 5 kuyuda en yüksek çakıl %4 olarak tespit edilmiştir. 1,5 m'lik seviyeyi göz önüne alacak olursa 56 kuyunun 51'inde çakıla rastlanılmamış ve 5 kuyuda ise en yüksek %2 oranında çakıla rastlanılmıştır. 2,0 m'yi gösteren diyagramda 55 kuyunun 50'sinde çakıl görülmemiştir. Geri kalan 5 kuyuda en yüksek çakıl %2 olarak tespit edilmiştir. Son 2,5 m'yi dikkate aldığımızda, 51 kuyunun yalnızca 1'inde %1 çakıl görülmektedir (Şekil 4.34).



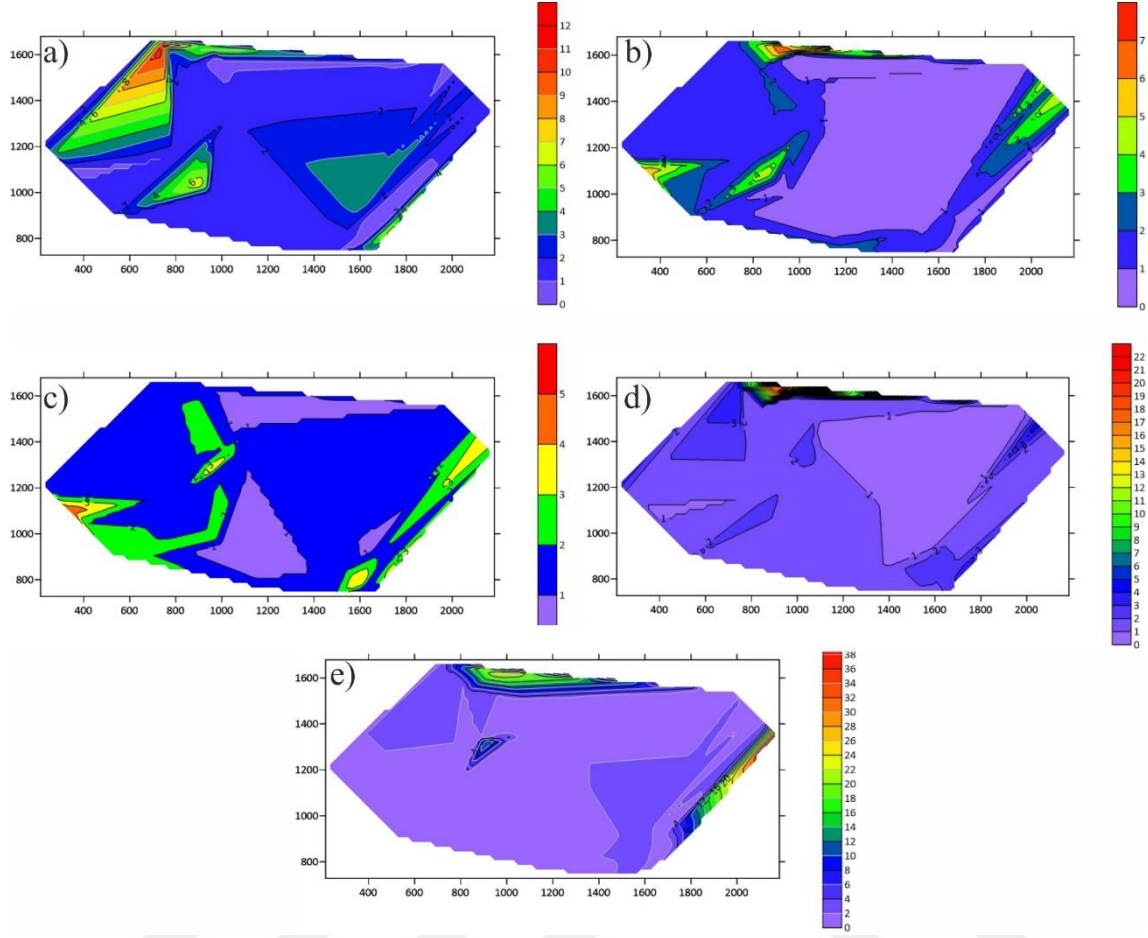
Şekil 4.34 Farklı derinliklerdeki çakıl yüzdeleri haritaları a) 0,5 m b) 1,0 m c) 1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m

Kum yüzdeleri gösteren diyagramlarda; 0,5 m’de kum yüzdesi %2 ile %48 arasında, 1,0 m’de kum yüzdeleri %0 ile %40 arasında, 1,5 m’de %1 ile %37 arasında, 2,0 m’de %1 ile %40 arasında ve 2,5 m’de ise %4 ile %41 arasında değiştiği gözlemlenmektedir (Şekil 4.35).



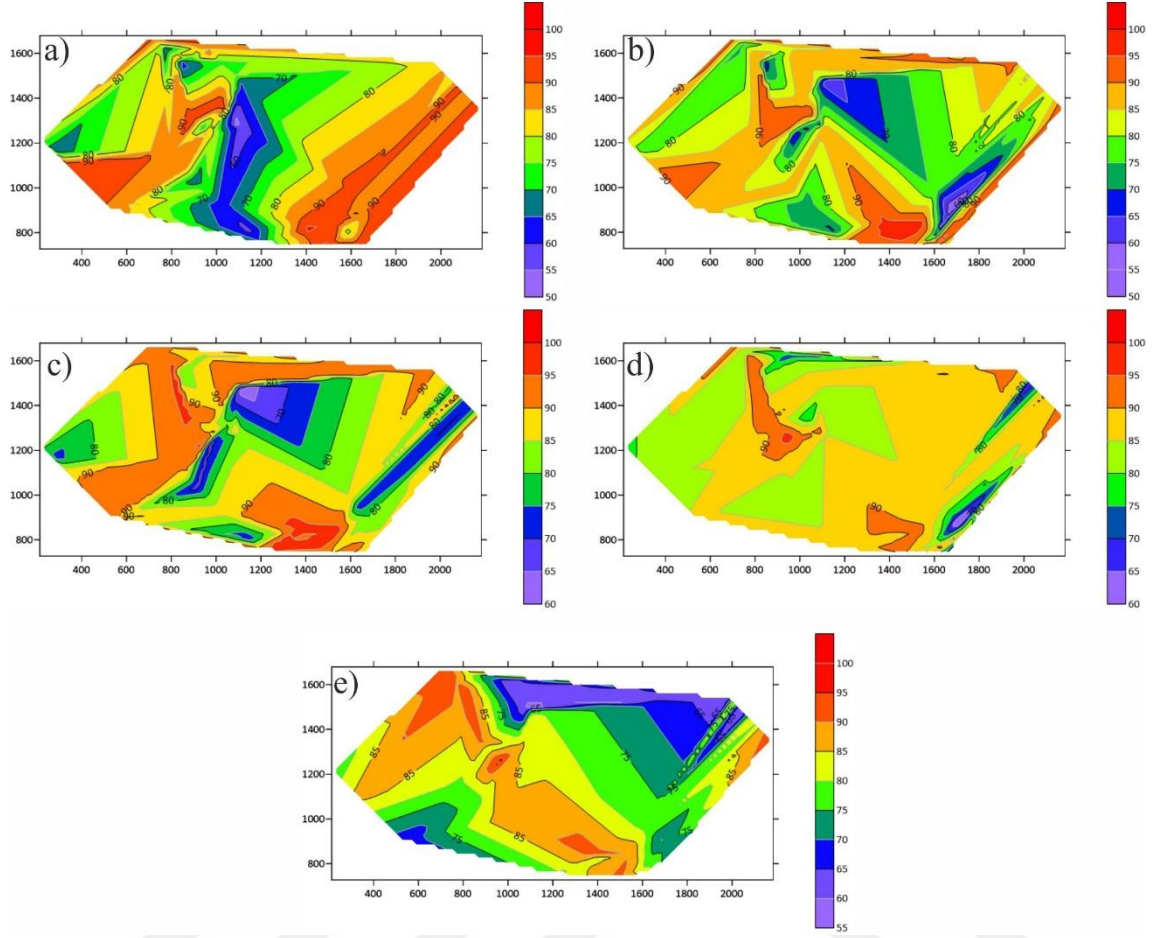
Şekil 4.35 Farklı derinliklerdeki kum yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c) 1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m

Silt yüzdeleri gösteren diyagramlarda; 0,5 m’de sil yüzdesi %1 ile %11 arasında, 1,0 m’de %0 ile %8 arasında, 1,5 m’de %0 ile %5 arasında, 2,0 m’de %2 ile %24 arasında ve 2,5 m’de ise %1 ile %25 arasında değişmektedir (Şekil 4.36).



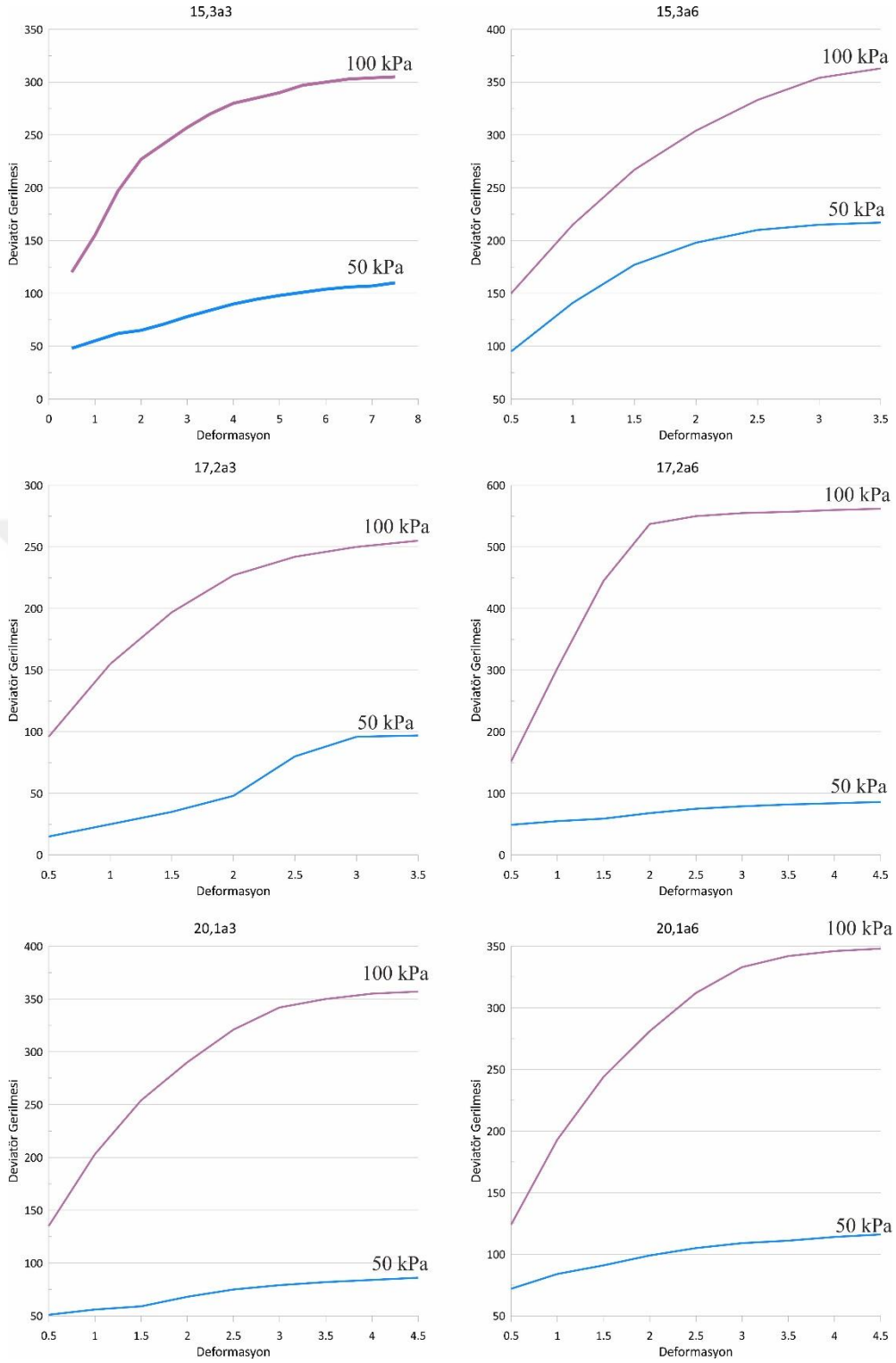
Şekil 4.36 Farklı derinliklerdeki silt yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c) 1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m

Kil yüzdeleri gösteren diyagramlara baktığımızda, 0,5 m’de 57 kuyudan yapılan örneklemede kil yüzdeleri %89 ile %93 arasında değiştiği görülmektedir. 0,5 m’de killerin %46’sı yağlı kil, %46’sı temiz kil ve geri kalanı kumlu yağlı ve kumlu temiz kilden meydana gelmiştir. 1,0 m’de kil yüzdeleri %54 ile %89 arasında değiştiği tespit edilmiştir. 56 kuyuda yapılan örneklemede, kuyuların %45’ini yağlı kil, %46’sını temiz kil ve geri kalan %9’unu ise kumlu yağlı ve kumlu temiz kil oluşturmaktadır. 1,5 m’deki kil yüzdeleri %91 ile %95 arasındadır. 56 kuyunun %50’si yağlı kilden, %39’u temiz kilden ve geri kalan %11 ise kumlu yağlı ve kumlu temiz kilden meydana gelmiştir. 2,0 m’deki 55 kuyuda kil yüzdeleri %86 ile %91 arasında yer almaktadır. 55 kuyunun %42’sini temiz kil, %49’unu yağlı kil ve %9’unu ise kumlu temiz ve kumlu yağlı kil oluşturmuştur. 2,5 m’de 51 kuyudan alınan örneklerin kil yüzdeleri %55 ile %85 arasında değişmektedir. Bu kuyuların %43’ünü yağlı kil, %39’unu temiz kil, %4’ünü çakıl ve kalan %4’ü ise kumlu temiz ve kumlu yağlı kil oluşturmuştur (Şekil 4.37).



Şekil 4.37 Farklı derinliklerdeki kil yüzdeleri haritaları. a) 0,5 m b) 1,0 m c) 1,5 m d) 2,0 m e) 2,5 m

Üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçlarına göre zemin numunelerinin deformasyon-gerilme grafikleri Şekil 4.38’de detaylı olarak verilmiştir. Deney sonuçlarına göre kohezyonun 20-30 kN/m² arasında değiştiği belirlenmiştir. Genç (2011)’e göre kil numunelerinin poisson oranı ve elastisite modülü değerleri çok düşük olduğundan kil numunelerinin çok yumuşak sınıfta olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.38 Zemin numunelerinin deformasyon-gerilme grafikleri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Afyonkarahisar merkez ilçe kuzeyinde bulunan Erenler Mahallesi'nde yer alan çalışma alanının 1/50000 ölçekli jeoloji haritası önceki çalışmalar yardımıyla hazırlanmıştır. Sondaj ve burgu çalışmaları 1/5000 ölçekli harita üzerine işlenerek hem sondaj çalışmalarının hem de burgu çalışmalarının ayrı ayrı sondaj logları belirlenmiştir.

Çalışma alanını stratigrafik olarak incelediğimizde tabandan tavana doğru; Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfikleri üzerine uyumsuzlukla gelen Orta-Üst Miyosen yaşlı Ömer-Gecek Formasyonu yer almaktadır. Çalışma alanının tamamını oluşturan Kuvaterner yaşlı alüvyon ise tüm bu birimlerin üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmektedir.

Çalışma kapsamında Yazıcılar Yapı Mühendislik tarafından toplam 22 adet temel sondaj açılmış, 137 adet örselenmemiş ve 27 adet örselenmiş numune alınmıştır. Her 3 m'de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Alınan numunelerin tamamının doğal su içerikleri, özgül ağırlıkları standartlara uygun şekilde belirlenmiştir. 22 adet numunenin doğal birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır. Bütün numunelerin elek analiz ve hidrometre deneyleri yapılarak granülometre eğrileri çizilmiştir. UD tüpü yardımıyla alınan 27 adet numune üzerinde üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılarak c ve ϕ değerleri belirlenmiştir. 5 adet numune üzerinde konsolidasyon deneyi yapılmıştır.

Sondaj çalışmalarına ek olarak önceden yapılan temel sondajların etrafında belirlenen lokasyonlarda, derinlikleri 0,5 m ile 2,5 m arasında değişen 57 adet gözlem kuyusu açılmıştır. Açılan 57 adet gözlem kuyusundan toplam 275 adet örselenmiş numune alınmıştır. Üç gruba ayrılan numunelerin birinci grubu ile fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. İkinci grup numuneler üzerinde Atterberg Limit deneyleri yapılmıştır. Üçüncü grup numuneler üzerinde ise üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmış ve artan numuneler uygun koşullarda laboratuvar ortamında saklanmıştır.

Yapılan temel sondaj ve ilave sondaj çalışmaları ile numunelerin doğal su içerikleri %1 ile %31 arasında, özgül ağırlıklarının 1,67 ile 2,98 gr/cm³ arasında, likit limit değerlerinin %25 ile %75 arasında, plastik limit değerlerinin %15 ile %37 arasında olduğu tespit edilmiştir. Plastisite indisi değerlerinin %3 ile %49 arasında yer alması ve bu değerlerin doğal su içeriği değerlerine yakın olması bölgede yer alan killi seviyelerin aşırı konsolide olduğunu göstermektedir (Genç 2011). Örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan deney

sonuçlarına göre birim hacim ağırlıkları 18,22 ile 18,8 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Kohezyon değerlerinin 20 ile 72 kN/m² arasında yer alırken içsel sürtünme açıları 7 ile 10° arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerler ile birlikte Terzaghi (1943)'e göre hesaplanan taşıma gücü değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Sondaj kesitleri incelendiğinde bölgede yer alan birimlerin tavandan tabana doğru; dolgu, koyu kahverengi kil, yeşil renkli kil ve kahverengi killi kum olduğu tespit edilmiştir. Bölgede yapılan çalışmalar ile çakıl yüzdesinin neredeyse hiç bulunmaması bölgenin akarsu çökelleri ile göl ortamının birleştiği yer olarak düşünülmesine bağlanmaktadır.

Fiziksel özelliklerinin incelenmesi sonucunda araştırma çukurlarında birimlerin %99'unun ince taneli %1'inin ise iri taneli olduğu görülmektedir. Bu durum modern havza dolgusuna ait çökellerin neredeyse tamamının ince taneli birimlerden oluştuğunu göstermektedir.

Sonuç olarak temel sondaj ve araştırma çukurları yardımıyla yapılan bu çalışmada bölgede yaygın olan birimin koyu kahverengi kilden oluşan ve CH zemin sınıfına sahip birim olduğu tespit edilmiştir. Temel sondajlarda bir diğer yaygın birim SC zemin sınıfına sahip yeşil renkli killi birimdir. Son seviyelerde ise kahverengi SW-SP zemin sınıfına sahip kahverengi kumlu killi birim yer almaktadır.

XRD analiz sonuçlarına göre, birimlerdeki kil türünün klorit, ve illit-mika minerallerinden oluştuğu, bunun yanında kil dışı bileşenlerin ise kuvars, kalsit, dolomit ve hematit olduğu belirlenmiştir.

Birimlerin çok yumuşak killi birimlerden oluşması ve yeraltı su seviyesinin sığ derinliklerde olması, XRD sonuçlarına göre kil minerallerinin yüksek oranda su tutması ve buna bağlı olarak yüksek şişme göstermesi imara açılacak olan bu alanda yer alacak yapılar için büyük risk teşkil etmekte olup imara açılacak sahada sıvılaşma ve mühendislik sorunlarının giderilmesi noktasında yapılacak olan iyileştirme çalışmaları açısından detaylı olarak incelenmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abduljawwad S A-S G, 1993, Determination of Swell Potential of AL-Qalif Clay., Geotechnical Testing Journal of ASTM, 16, 469-484.
- Acar İ H, 2019, Demirçevre-Sadıkbey (Afyonkarahisar) Arasının Mühendislik Jeolojisi İncelemesi, Afyon Kocatepe, Jeoloji Mühendisliği, 173, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akgül Y, 2006, Belediye Örgütlü Yerleşmelerde Gerçekleştirilen Nüfus Sayımlarına Eleştirel Bir Bakış: Afyonkarahisar Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Coğrafya, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Algül E, 2011, Haydarlı Baraj Alanının Jeoteknik Özellikler, Süleyman Demirel, Jeofizik, 124, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- American Society for Testing and Materials, 2004, Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method, ASTM International.
- Arıkan O, Enguix M R, 2021, Akarçay Havzası Yönetim Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Raporu.
- Ay A, 2009, Afyonkarahisar İlinde Coğrafi Faktörlerin Örgün Eğitime Etkileri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İlköğretim, 117, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Balcıoğlu E, 2012, Burdur Kent Merkezi Kuzeyindeki Pliyo-Kuvaterner Göl Çökellerinin Mühendislik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 140, Fen Bilimleri Üniversitesi.
- Başaran C, Yıldız A, Cigerci Ş M, 2019, İscehisar (Afyonkarahisar) Termal ve Mineralli Sularının Hidrojeokimyası ve Kullanım Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 43, 279-292.
- Boyacı M N, 1996, Bayat (KD-Afyon) Yöresi Bölgesel Metamorfizminin Petrografik ve Yapısal İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Brindley C M, Brown G, 1980, Crystal Structure of Clay Minerals and Their X-Ray Identification, Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 5.
- Bulut Y, Kırman E, 2013, Afyonkarahisar-Dinar-Dombayova Linyit Sahası, 137-145.
- Coşkun G, Sarıışık A, 2016, Afyon Yöresi Mermerlerinin Kayma Emniyetinin Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 155-166.

- Çelik K M, 2006, Kil Minerallerinin Özellikleri ve Tanımlama Yöntemleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Çelik Y M, Tur Ş, 2012, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının Yeraltı Suyuna Olan Etkisinin İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12, 1-12.
- Davraz A, Balın D, 2015, Çöl (Haydarlı/Afyon) Ovasının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 1-13.
- Demir S, Memiş Ü, 2015, Afyonkarahisar Jeotermal Sahalarının Hidrojeokimyası ve Jeotermometre Uygulamaları, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 66-77.
- Demir S, Memiş Ü, 2017, Heybeli (Afyonkarahisar) Jeotermal Alanı Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Jeotermometre Uygulamaları, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8, 1-7.
- Doğdu Ş M, Bayarı S C, 2002, Akarçay Havzası'nda (Afyon) Jeotermal Kökenli Kirlenme: 2. Yeraltı Suyu Kirliliği, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 25, 35-49.
- Duman T Y, Özalp S, Elmacı H, Emre Ö, 2018, Active Fault Map of Turkey (Scale 1:250,000), 17.
- Emre Ö, Duman T Y, Olgun Ş, Özalp S, Elmacı H, 2011, Active Fault Map of Turkey (Scale 1:250,000), 16.
- Ercan T, 1985, Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizması., Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 119-140.
- Genç D, 2011, Zemin Mekaniği ve Temeller, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 848.
- Gücek S, Zorluer İ, 2019, Afyonkarahisar Uydukent Bölgesinin Zemin Mühendislik Özellikleri Haritalarının Üretilmesi ve Bölgenin Zemin Büyütmesinin Belirlenmesi, International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology, Afyonkarahisar, 614-622.
- Gücek S, 2020, Arazi Deneylerine Dayalı Zemin Büyütmesi ve Sıvılaşma Analizleri: Afyonkarahisar-Uydukent Yerleşim Alanı Örneği, Afyon Kocatepe, İnşaat Mühendisliği, 182, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Gücek S, Zorluer İ, 2020, Standard Penetrasyon Testi (SPT) ile Afyonkarahisar Merkez Uydukent Bölgesi Zeminlerinin Sıvılaşma Potansiyelinin Araştırılması, Kahramanmaraş sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23, 118-126.
- Gürsu S, Göncüoğlu C M, 2005, Batı Torosların (Sandıklı GB'si, Afyon) Geç Neoproterozoyik ve Erken Paleozoyik Yaşlı Birimlerinin Jeolojisi ve Petrografisi, MTA Dergisi, 130, 29-55.
- Harut B, 1995, Erken Volkanitlerinin (Afyon NW Kesimi) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Holtz W G, 1959, Expansive Clays-Properties and Problems. , Quarterly of The Colorado School of Mines, 54, 89-125.
- Kibici Y, Yıldız A, Bağcı M, 2001, Afyon Kuzeyinin Jeolojisi ve Mermer Potansiyelinin Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs, Afyonkarahisar, 73-84.
- Kibici Y, 2002, Seramik Hammadde ve Teknolojik Özellikleri (41), Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları.
- Kibici Y, Dinç D, Uçar A, 2012, Afyonkarahisar Yöresi Volkanik Kayaçlarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 53-70.
- Koçyiğit A, 1984, Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27,1.
- Koçyiğit A, Ünay E, Saraç G, 2000, Episodic Graben Formation and Extensional Neotectonic Regime in West Central Anatolia and the Isparta Angel: A Case Study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey., Geological Society of London Special Publication, 173, 405-421.
- Koçyiğit A, Özacar A, 2003, Extensional Neotectonic regime through the NE edge of outer Isparta Angle, SW Turkey: New field and seismic data, Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 67-90.
- Kuşcu M, Bağcı M, Yıldız A, 2001, Afyon Mermer Endüstrisi ve Türkiye Mermer Sektöründeki Konumu, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, Afyonkarahisar, 361-368.

- Külahcı D D G, Temel A, Gourgaud A, Demirbağ H, 2015, Afyon Volkanik Kayaçlarının (Batı Anadolu, Türkiye) Mineralojik-Petrografik Özellikleri ve P-T Hesaplamaları, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 137-162.
- Leonard G A, 1962, Foundation Engineering, McGraw Hill Text, 1136.
- Memiş Ü, Demer S, Özgür N, 2010, Afyon-Sandıklı Hüdai Jeotermal Sisteminin Rezervuar Sıcaklığının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14-3, 293-299.
- Metin S, Genç Ş, Bulut V, 1987, Afyon ve Dolayının Jeolojisi, 8103.
- MTA, 1990, K25 Paftası 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası.
- Nalbantçılar M T, 1994, Akkonak-Koçbeyli (Afyon) ile Sağır (Isparta) Çevresinin Jeolojisi, Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Okay A I, 1984, KB Anadolu'da Yer Alan Metamorfik Kuşaklar, İhsan Ketin Sempozyumu, Ankara.
- Öktü G, Kara İ, Önder İ, 1997, Afyon İlinde Yeralan Ömer-Gecek-Uyuz Hamamı, Alaplı-Kızık Hamamı ve Gazlıgöl Jeotermal Alanlarının Detaylı Etüdü, 10027.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Tiryakioğlu İ, Baybura T, 2017, Bolvadin'de (Afyon-Akşehir Grabeni, Afyon) Gözlenen Yüzey Deformasyonlarının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Jeodezik Analizi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 60, 169-188.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Geçievi O M, Tiryakioğlu İ, 2019, Late Holocene Coseismic Rupture and Aseismic Creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, Western Anatolia., Turkish Journal of Earth Sciences, 787-804.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, 2020, Structural Evidence For Extensional Domain-Type Geothermal Play in Western Anatolia: A Case Study From Afyon-Akşehir Graben., Afyon Kocatepe Üniversitesi Journal of Science and Engineering, 20(4), 693-702.
- Saka A H, 1997, Mineralojik Analizler X-Işınları Toz Kırınım Yöntemlerinin Temel Prensipleri ve Laboratuvar Şartlarının Standardizasyonu.
- Şahin Ş, Ünlügenç C U, 2014, Bayat-Bolvadin (Afyonkarahisar) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29, 173-191.

- Şener Ş, Özdemir H, 2017, Karakuyu (Afyon) Gölü Sulak Alanı ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5, 425-439.
- Şengör C, Yılmaz Y, 1981, Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Tekin A, 2019, Ankara-İzmir Hızlı Tren Afyonkarahisar-Banaz Kesimi T4 Tünelinin Mühendislik Jeolojisi, Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Terzaghi K, 1943, Theoretical Soil Mechanics, Wiley Publishing, New York, USA.
- Tiryakioğlu İ, Baybura T, Özkaymak Ç, Sözbilir H, Sandıkçıoğlu A, Erdoğan S, Yılmaz İ, Uysal M, Yılmaz M, Yıldız A, Dereli A M, Yalçın M, Dumlupınar İ, Yalım A H Ertuğrul O, 2015, Sultandağı Fayı Batı Kısmı Fay Aktivitelerinin Multidisipliner Çalışmalarla Belirlenmesi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 7-16.
- Tolluoğlu Ü A, Erkan Y, Sümer Ö E, Boyacı N M, Yavaş B F, 1997, Afyon Metasedimanter Grubunun Mesozoyik Öncesi Metamorfik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 40, 18 1.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2006a, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2006b, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- Türköz M, Savaş H, Tosun H, 2010, Dispersif ve Şişme Özelliğine Sahip Kil Zeminlerin Magnezyum Klorür Solüsyonu ile İyileştirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onüçüncü Ulusal Kongresi, 30 Eylül-1 Ekim, İstanbul, 729-738.
- Uçar H, 2007, Çevre Sorunları Açısından Afyonkarahisar, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Coğrafya, 152, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ulutürk Y, 2009, Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi ve Suların Kökensel Yorumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 195, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uray G, Yaşlıoğlu A, Eryıldırım M, Yıldızhan M, Durmaz Z, Koçbay R G, 2019, Akarçay Havzası Taşkın Yönetim Planı.

- Utku M, Danişman A M, Akyol N, Akçış Z, 2003, Afyon ve evresinin Depremselliği, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 18-33.
- Yağmurlu F, Savaşın Y, Ergün M, 1997, Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism Within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey, The Journal of Geology, 105 6.
- Yıldız A, 2000, Bentonitlerin Teknolojik Özelliklerini Belirleme Yöntemiyle Kullanım Alanlarının Tespiti, 61.
- Yıldız A, Kuşcu M, Dumlupınar İ, Arıtan A E, Bağcı M, 2010, The Determination of the Mineralogical Alteration Index and the Investigation of the Efficiency of the Hydrothermal Alteration on Physico-Mechanical Properties in Volcanic Rocks From Köprölü, Afyonkarahisar, W Turkey, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 69, 51-61.
- Yıldız A, Candansayar M E, Bağcı M, Türker E, Ulutürk Y, Uysal M, Gökgöz A, Erdoğan E, Başaran C onkar F E, 2011, Afyonkarahisar İlinin Jeotermal Potansiyelinin Araştırılması Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Yıldız A, Bağcı M, Dumlupınar İ, Başaran C, 2014a, Afyonkarahisar İlinin Seramik Sektörü Hammadde Potansiyeli, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 553-564.
- Yıldız A, Candansayar M E, Bağcı M, Erdoğan E, Başaran C, onkar F E, 2014b, Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet Sezer Kampüsünün Bulunduğu Bölgenin Jeotermal Potansiyelinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Zümrüt S, 2018, Bozkurt-Dinar (Afyon) İstasyonları Arası Demir Yolu Hattı Sondaj ve Zemin İyileştirme alışmaları, Süleyman Demirel, Jeoloji Mühendisliği, 100, Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnternet Kaynakları

- 1-<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=AFYONKARAHISAR>, 12.06.2021
- 2- <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/afyonkarahisar/afyonkarahisar-181/#climate-graph>, 04.07.2020
- 3- <https://www.emsc-csem.org/#2> 05.07.2021
- 4- <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst1.asp> 05.07.2021

EKLER

EK 1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeoloji Haritası ile Jeoloji Enine Kesiti



EK 2. Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

Sondaj No	Adı	Derinlik (m)	Doğal Su İçeriği (%)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Elek Analizi (%)		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Üç Eksenli Basınç deneyi		Konsolidasyon Deneyi	
					4 Kalan	200 Geçen	LL	PL	PI		C (kN/m ²)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
SK-1	UD	2.5-3.0	24.2	18.33	0	81	66	27	39	CH	51.57	9.28	-	-
SK-1	SPT	6.00-6.45	28.3	-	0	81	62	27	35	CH	-	-	-	-
SK-1	SPT	9.00-9.45	29.1	-	2	79	55	25	30	CH	-	-	-	-
SK-1	SPT	12.00-12.45	17	-	3	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-1	SPT	15.00-15.45	20	-	3	11	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-2	UD	1.00-1.50	25	18.28	0	80	63	26	37	CH	60.74	9.34	-	-
SK-2	SPT	4.50-4.95	30	-	1	81	58	25	33	CH	-	-	-	-
SK-2	SPT	7.50-7.95	29	-	0	82	63	28	36	CH	-	-	-	-
SK-2	SPT	10.50-10.95	27	-	2	79	57	25	32	CH	-	-	-	-
SK-2	SPT	13.50-13.95	16	-	4	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-3	UD	2.50-3.00	25	18.32	0	82	60	26	34	CH	56.99	12.56	3.7	162.56
SK-3	UD	4.00-4.50	31	18.31	1	80	59	25	34	CH	52.75	7.83	-	-
SK-3	SPT	6.00-6.45	26	-	1	78	61	26	35	CH	-	-	-	-
SK-3	SPT	7.50-7.95	25	-	0	82	60	25	33	CH	-	-	-	-
SK-3	SPT	9.00-9.45	28	-	2	79	59	27	36	CH	-	-	-	-
SK-3	SPT	10.50-10.95	28	-	0	82	61	25	33	CH	-	-	-	-
SK-3	SPT	12.00-12.45	30	--	2	79	57	26	32	CH	-	-	-	-
SK-3	SPT	13.50-13.95	28	-	2	80	63	25	30	CH	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-3	SPT	15.00-15.45	15	-	3	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-3	SPT	16.50-16.95	15	-	4	12	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-3	SPT	18.00-18.45	17	-	5	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-3	SPT	19.50-19.95	15	-	5	19	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-4	UD	3.00-3.45	20	-	2	74	38	19	18	CL	-	-	-	-
SK-4	SPT	5.50-6.00	23	18.48	2	70	40	21	19	CL	43.41	7.89	-	-
SK-4	SPT	9.00-9.45	28	-	1	78	64	27	37	CH	-	-	-	-
SK-4	SPT	12.00-12.45	17	-	5	12	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-4	SPT	15.00-15.45	19	-	3	20	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-5	SPT	1.50-1.95	27	-	0	79	62	27	35	CH	-	-	-	-
SK-5	UD	4.00-4.50	28	18.18	1	78	57	26	31	CH	59.68	9.53	-	-
SK-5	SPT	7.50-7.95	27	-	0	80	66	27	40	CH	-	-	-	-
SK-5	SPT	10.50-10.95	15	-	2	19	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-5	SPT	13.50-13.95	17	-	2	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-6	UD	2.5-3.0	26	18.22	1	77	67	28	39	CH	59.14	7.25	-	-
SK-6	SPT	6.00-6.45	28	-	0	80	61	27	34	CH	-	-	-	-
SK-6	SPT	9.00-9.45	29	-	0	78	65	28	37	CH	-	-	-	-
SK-6	SPT	12.00-12.45	14	-	3	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-6	SPT	15.00-15.45	17	-	2	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-7	UD	1.50-1.95	28	18.34	1	78	61	27	34	CH	58.64	9.34	-	-
SK-7	SPT	4.00-4.50	25	-	0	80	65	27	38	CH	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-7	SPT	7.50-7.95	31	-	1	79	60	26	34	CH	-	-	-	-
SK-7	SPT	10.50-10.95	14	-	6	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-7	SPT	13.50-13.95	15	-	4	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	UD	1.50-1.95	28	-	1	76	65	28	37	CH	-	-	-	-
SK-8	UD	2.50-3.00	26	18.25	0	78	61	26	36	CH	56.28	7.37	4	148.53
SK-8	SPT	4.00-4.50	29	18.26	1	77	65	28	38	CH	61.11	8.16	-	-
SK-8	SPT	6.00-6.45	30	-	0	77	55	26	29	CH	-	-	-	-
SK-8	SPT	7.50-7.95	32	-	1	77	54	25	29	CH	-	-	-	-
SK-8	SPT	9.00-9.45	27	-	0	77	65	28	37	CH	-	-	-	-
SK-8	SPT	10.50-10.95	13	-	3	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	12.00-12.45	16	-	5	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	13.50-13.95	15	-	4	22	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	15.00-15.45	15	-	2	12	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	16.50-16.95	16	-	6	20	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	18.00-18.45	14	-	5	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-8	SPT	19.50-19.95	14	-	5	21	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-9	SPT	3.00-3.45	30	-	1	76	53	24	29	CH	-	-	-	-
SK-9	UD	5.50-6.00	28	18.3	1	75	58	26	31	CH	56.24	8.88	-	-
SK-9	SPT	9.00-9.45	27	-	0	78	55	24	31	CH	-	-	-	-
SK-9	SPT	12.00-12.45	17	-	4	21	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-9	SPT	15.00-15.45	16	-	4	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-10	SPT	1.00-1.50	26	-	2	79	64	28	36	CH	-	-	-	-
SK-10	UD	4.50-4.95	29	18.26	1	80	62	27	35	CH	53.45	9.29	-	-
SK-10	SPT	7.50-7.95	30	-	0	81	54	23	31	CH	-	-	-	-
SK-10	SPT	10.50-10.95	23	-	7	40	55	24	31	SC	-	-	-	-
SK-10	SPT	13.50-13.95	22	-	4	39	68	28	40	SC	-	-	-	-
SK-11	UD	2.5-3.0	30	18.22	0	81	60	26	35	CH	62.38	10.03	-	-
SK-11	SPT	6.00-6.45	27	-	0	81	54	24	30	CH	-	-	-	-
SK-11	SPT	9.00-9.45	27	-	0	80	66	28	38	CH	-	-	-	-
SK-11	SPT	12.00-12.45	21	-	5	36	57	25	32	SC	-	-	-	-
SK-11	SPT	15.00-15.45	22	-	6	37	67	27	40	SC	-	-	-	-
SK-12	UD	1.50-1.95	31	18.25	2	80	59	25	34	CH	7.97	8.64	3.5	98.98
SK-12	SPT	2.50-3.00	32	-	2	80	67	28	39	CH	-	-	-	-
SK-12	SPT	4.00-4.50	30	-	0	80	57	24	32	CH	-	-	-	-
SK-12	UD	6.00-6.45	25	18.25	2	78	69	27	42	CH	68.46	8.52	-	-
SK-12	SPT	7.50-7.95	30	-	2	80	58	26	33	CH	-	-	-	-
SK-12	SPT	9.00-9.45	30	-	0	82	66	28	38	CH	-	-	-	-
SK-12	SPT	10.50-10.95	29	-	1	80	66	27	40	CH	-	-	-	-
SK-12	SPT	12.00-12.45	20	-	4	37	56	25	30	SC	-	-	-	-
SK-12	SPT	13.50-13.95	19	-	3	41	67	26	40	SC	-	-	-	-
SK-12	SPT	15.00-15.45	20	-	6	35	-	-	-	SC	-	-	-	-
SK-12	SPT	16.50-16.95	16	-	5	11	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-12	SPT	18.00-18.45	15	-	7	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-12	SPT	19.50-19.95	17	-	5	19	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-13	SPT	1.00-1.50	29	-	1	78	58	25	33	CH	-	-	-	-
SK-13	UD	4.50-4.95	30	18.27	2	76	61	26	34	CH	54.09	9.99	-	-
SK-13	SPT	7.50-7.95	29	-	0	79	66	28	37	CH	-	-	-	-
SK-13	SPT	10.50-10.95	29	-	0	78	67	28	39	CH	-	-	-	-
SK-13	SPT	13.50-13.95	32	-	1	79	63	27	36	CH	-	-	-	-
SK-14	SPT	3.00-3.45	29	-	0	78	57	25	32	CH	-	-	-	-
SK-14	UD	5.50-6.00	26	18.26	1	77	58	26	32	CH	60.76	7.63	-	-
SK-14	SPT	9.00-9.45	25	-	0	78	67	29	39	CH	-	-	-	-
SK-14	SPT	12.00-12.45	16	-	8	14	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-14	SPT	15.00-15.45	18	-	4	17	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-15	SPT	1.00-1.50	26	-	1	78	57	26	31	CH	-	-	-	-
SK-15	UD	4.50-4.95	29	18.28	1	77	59	25	34	CH	59.59	9.61	-	-
SK-15	SPT	7.50-7.95	26	-	0	78	56	26	31	CH	-	-	-	-
SK-15	SPT	10.50-10.95	29	-	1	76	54	24	30	CH	-	-	-	-
SK-15	SPT	13.50-13.95	30	-	2	77	56	25	30	CH	-	-	-	-
SK-16	UD	2.5-3.0	28	18.26	0	79	67	29	38	CH	57.52	8.48	-	-
SK-16	SPT	6.00-6.45	27	-	0	84	56	25	31	CH	-	-	-	-
SK-16	SPT	9.00-9.45	28	-	1	82	64	27	37	CH	-	-	-	-
SK-16	SPT	12.00-12.45	15	-	7	17	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-16	SPT	15.00-15.45	19	-	2	36	59	26	33	SC	-	-	-	-
SK-17	SPT	1.50-1.95	24	-	0	82	54	26	29	CH	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-17	UD	2.50-3.00	26	18.27	1	82	60	27	33	CH	60.24	8.17	4.2	169.9
SK-17	UD	4.00-4.50	25	18.28	0	84	66	28	38	CH	63.68	6.97	-	-
SK-17	SPT	6.00-6.45	25	-	1	82	54	24	29	CH	-	-	-	-
SK-17	SPT	7.50-7.95	30	-	0	82	54	24	30	CH	-	-	-	-
SK-17	SPT	9.00-9.45	27	-	0	84	58	25	33	CH	-	-	-	-
SK-17	SPT	10.50-10.95	32	-	1	82	63	27	36	CH	-	-	-	-
SK-17	SPT	12.00-12.45	16	-	6	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-17	SPT	13.50-13.95	14	-	3	22	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-17	SPT	15.00-15.45	16	-	7	15	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-17	SPT	16.50-16.95	15	-	5	19	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-17	SPT	18.00-18.45	16	-	6	21	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-17	SPT	19.50-19.95	18	-	6	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-18	SPT	1.00-1.50	27	-	1	82	61	27	34	CH	-	-	-	-
SK-18	UD	4.50-4.95	30	18.31	0	83	59	25	34	CH	65.82	8.01	-	-
SK-18	SPT	7.50-7.95	28	-	0	82	58	26	31	CH	-	-	-	-
SK-18	SPT	10.50-10.95	16	-	7	16	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-18	SPT	13.50-13.95	14	-	5	19	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-19	SPT	3.00-3.45	28	-	1	77	62	26	36	CH	-	-	-	-
SK-19	UD	5.50-6.00	27	18.25	0	80	56	25	31	CH	55.64	9.35	-	-
SK-19	SPT	9.00-9.45	21	-	1	77	57	24	33	CH	-	-	-	-
SK-19	SPT	12.00-12.45	16	-	7	11	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-

EK 2. (Devam) Temel Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

SK-19	SPT	15.00-15.45	15	-	6	18	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-
SK-20	UD	1.00-1.50	21	18.32	2	68	57	26	32	CH	68.2	8.4	-	-
SK-20	SPT	4.50-4.95	29	-	0	78	59	26	32	CH	-	-	-	-
SK-20	SPT	7.50-7.95	21	-	3	40	55	25	29	SC	-	-	-	-
SK-20	SPT	10.50-10.95	32	-	1	77	66	27	39	CH	-	-	-	-
SK-20	SPT	13.50-13.95	30	-	0	79	61	25	35	CH	-	-	-	-
SK-21	UD	2.5-3.0	29	18.3	0	78	63	27	36	CH	68.53	8.55	-	-
SK-21	SPT	6.00-6.45	25	-	1	77	63	27	36	CH	-	-	-	-
SK-21	SPT	9.00-9.45	27	-	1	79	64	28	36	CH	-	-	-	-
SK-21	SPT	12.00-12.45	19	-	4	34	66	28	38	SC	-	-	-	-
SK-21	SPT	15.00-15.45	21	-	3	37	59	26	33	SC	-	-	-	-
SK-22	SPT	1.50-1.95	28	-	1	77	58	26	32	CH	-	-	-	-
SK-22	UD	4.00-4.50	24	18.26	0	80	60	26	34	CH	58.75	8.34	-	-
SK-22	SPT	7.50-7.95	28	-	1	78	58	26	32	CH	-	-	-	-
SK-22	SPT	10.50-10.95	28	-	1	82	67	28	39	CH	-	-	-	-
SK-22	SPT	13.50-13.95	17	-	7	13	-	-	-	SW-SP	-	-	-	-

EK 3. İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

Kuyu No	Numune No	Derinlik (M)	Wn (%)	Ys (G/Cm ³)	Kıvam Limitleri				Dane Boyu Dağılımı				Zemin Sınıfı	Grup Adı (Uses)
					LI (%)	PI (%)	PI (%)	RI (%)	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)		
AÇ-1	1a1	0,50	10	2,06	62	30	32	12	0	9	2	89	CH	Yağlı Kil
	1a4	1,00	16	2,19	71	28	43	15	0	9	2	89	CH	Yağlı Kil
	1a7	1,50	19	2,24	62	29	33	20	0	7	3	91	CH	Yağlı Kil
	1a10	2,00	1	2,40	53	37	16	15	0	12	2	86	MH	Elastik Silt Kum
	1a13	2,50	9,5	2,50	45	21	24	15	0	32	2	66	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a1	0,50	19	2,25	75	29	46	16	0	6	1	94	CH	Yağlı Kil
	2a4	1,00	17	2,28	67	23	44	15	0	5	3	92	CH	Yağlı Kil
	2a7	1,50	20	2,31	66	29	37	14	0	7	2	91	CH	Yağlı Kil
	2a10	2,00	23	2,00	70	34	36	15	0	18	1	81	MH	Elastik Silt
	3a1	0,50	18	2,20	72	29	43	11	0	5	1	94	CH	Yağlı Kil
	3a4	1,00	19	2,21	73	24	49	16	0	5	6	89	CH	Yağlı Kil
	3a7	1,50	19	2,16	59	29	30	15	0	6	5	89	CH	Yağlı Kil
	3a10	2,00	31	2,16	65	30	35	17	0	16	1	83	CH	Yağlı Kil
	3a13	2,50	27	2,11	67	32	35	15	0	12	1	87	CH	Yağlı Kil
	4a1	0,50	5	2,22	66	28	38	13	0	30	4	66	CH	Yağlı Kil
	4a4	1,00	10	2,54	66	23	43	17	0	21	1	78	CH	Yağlı Kil
	4a7	1,50	12	2,31	67	22	45	17	0	25	2	73	CH	Yağlı Killi Kum
	4a10	2,00	18	2,40	64	23	41	18	0	18	1	80	CH	Yağlı Kil
	5a1	0,50	13	2,14	63	22	41	14	0	22	1	78	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	18	2,22	61	23	38	15	0	12	1	87	CH	Yağlı Kil
	5a7	1,50	18	2,49	63	23	40	16	0	18	1	82	CH	Yağlı Kil
	5a10	2,00	23	2,40	64	23	41	22	0	18	4	78	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	24	2,23	64	23	41	14	0	23	1	76	CH	Yağlı Kil
AÇ-2	1a1	0,50	6	2,40	31	21	10	13	0	37	2	61	CL	Temiz Kil
	1a4	1,00	8	2,41	32	18	14	14	0	32	2	66	CL	Temiz Kil
	1a7	1,50	16	2,11	42	22	20	16	0	16	3	81	CL	Temiz Kil
	1a10	2,00	14	2,20	37	21	16	15	0	20	1	79	CL	Temiz Kil
	1a13	2,50	19	2,19	39	22	17	13	0	5	4	91	CL	Temiz Kil
	2a1	0,50	12	2,30	45	25	20	11	0	14	2	84	CL	Temiz Kil
	2a4	1,00	16	2,25	46	26	20	15	0	8	2	90	CL	Temiz Kil

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

AÇ-3	2a7	1,50	20	2,31	53	27	26	13	0	3	1	96	CL	Temiz Kil
	2a10	2,00	20	2,20	61	28	33	10	0	4	1	95	CH	Yağlı Kil
	2a13	2,50	16	2,15	64	29	35	15	0	4	2	94	CH	Yağlı Kil
	3a1	0,50	12	2,34	43	26	17	10	0	31	3	66	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a4	1,00	13	2,21	54	25	29	12	0	14	2	84	CH	Yağlı Kil
	3a7	1,50	20	2,07	65	27	38	17	0	5	1	94	CH	Yağlı Kil
	3a10	2,00	19	2,04	63	23	40	13	0	6	1	93	CH	Yağlı Kil
	3a13	2,50	17	2,25	63	23	40	12	0	7	3	90	CH	Yağlı Kil
	4a1	0,50	18	2,30	44	23	21	12	0	9	11	80	CL	Temiz Kil
	4a4	1,00	15	2,07	45	25	20	16	1	23	2	74	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a7	1,50	23	2,16	33	25	8	17	0	7	1	92	ML	Silt
	4a10	2,00	21	2,08	50	24	26	18	0	14	4	82	CL	Temiz Kil
	4a13	2,50	25	2,12	51	24	27	16	0	5	1	94	CH	Yağlı Kil
	5a1	0,50	27	2,05	33	20	13	11	0	4	1	95	CL	Temiz Kil
	5a4	1,00	14	1,94	55	26	29	12	0	4	1	95	CH	Yağlı Kil
	5a7	1,50	24	2,15	55	28	27	15	0	4	2	94	CH	Yağlı Kil
	5a10	2,00	19	2,05	58	27	31	16	0	17	1	82	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	29	2,09	61	27	34	18	0	4	1	95	CH	Yağlı Kil
	1a1	0,50	7	2,15	57	23	34	11	0	18	1	81	CH	Silt ile Kil
	1a4	1,00	9	2,15	45	25	20	12	0	32	3	65	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a7	1,50	7	2,38	43	20	23	11	0	30	2	68	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a10	2,00	14	2,36	42	22	20	17	0	7	1	92	CL	Temiz Kil
	1a13	2,50	13	2,04	44	22	22	17	0	10	2	88	CL	Temiz Kil
	2a1	0,50	5	2,29	61	24	37	12	0	11	3	85	CH	Yağlı Kil
	2a4	1,00	7	2,20	55	23	32	14	0	16	1	83	CH	Yağlı Kil ile Kum
	2a7	1,50	8	2,11	57	25	32	14	0	1	1	97	CH	Yağlı Kil
	2a10	2,00	7	2,23	61	24	37	13	0	1	1	97	CH	Yağlı Kil
	2a13	2,50	12	2,09	63	24	39	15	0	2	1	97	CH	Yağlı Kil
	3a1	0,50	11	2,11	54	25	29	13	0	29	1	70	CH	Kumlu Yağlı Kil
	3a4	1,00	14	2,09	47	22	25	17	0	4	2	94	CL	Temiz Kil
	3a7	1,50	14	2,06	65	28	37	24	0	6	4	90	CH	Yağlı Kil
	3a10	2,00	9	2,35	75	27	48	15	0	1	1	97	CH	Yağlı Kil
	3a13	2,50	16	2,07	65	26	40	15	0	6	1	93	CH	Yağlı Kil
	4a1	0,50	7	1,83	51	26	25	13	0	6	1	93	CH	Yağlı Kil
	4a4	1,00	9	2,15	49	26	23	12	0	4	1	95	CL	Temiz Kil
	4a7	1,50	8	2,32	57	27	30	13	0	9	1	90	CH	Yağlı Kil

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

AÇ-5	4a10	2,00	9	2,21	56	24	32	15	0	8	1	91	CH	Yağlı Kil
	4a13	2,50	11	2,21	57	23	34	14	0	5	14	81	CH	Yağlı Kil
	5a1	0,50	7	1,96	56	24	32	11	0	8	1	91	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	8	2,29	55	22	33	10	0	6	2	92	CH	Yağlı Kil
	5a7	1,50	11	2,37	54	19	35	13	0	2	2	96	CH	Yağlı Kil
	5a10	2,00	9	2,10	55	22	33	14	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	9	2,24	56	23	33	14	0	7	2	91	CH	Yağlı Kil
	1a1	0,50	4	1,92	34	21	13	12	0	34	1	65	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a4	1,00	4	2,98	33	23	10	13	2	35	1	62	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a7	1,50	5	2,48	38	23	15	15	0	37	1	62	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a10	2,00	14	2,38	43	23	20	11	0	17	0	83	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a13	2,50	20	2,08	48	23	25	16	1	17	1	81	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a1	0,50	8	2,22	34	22	12	15	0	23	2	75	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a4	1,00	9	2,09	35	22	13	14	0	16	1	83	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a7	1,50	15	2,37	38	22	16	15	0	8	0	92	CL	Temiz Kil
	2a10	2,00	18	2,24	41	23	18	16	0	9	2	89	CL	Temiz Kil
	2a13	2,50	8	2,48	45	22	23	23	0	41	0	59	CL	Kumlu Temiz Kil
	3a1	0,50	5	2,27	49	28	21	20	0	26	0	74	CL	Kumlu Temiz Kil
	4a1	0,50	7	2,14	56	24	32	15	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	4a4	1,00	6	2,00	58	25	33	15	0	10	0	90	CH	Yağlı Kil
	4a7	1,50	6	2,11	60	22	38	15	0	8	1	91	CH	Yağlı Kil
	4a10	2,00	7	2,17	63	23	40	16	0	18	1	81	CH	Yağlı Kil
	5a1	0,50	16	2,39	57	27	30	11	0	8	6	86	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	13	2,26	44	19	25	14	0	10	8	82	CL	Temiz Kil
	5a7	1,50	12	2,20	62	30	32	15	0	16	1	83	CH	Yağlı Kil ile Kum
	5a10	2,00	16	2,22	61	30	31	16	0	6	24	70	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	18	2,08	64	32	32	12	0	10	25	65	CH	Yağlı Kil
	1a1	0,50	8	2,20	38	20	18	11	0	42	2	56	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a4	1,00	15	2,13	49	21	28	11	0	12	1	87	CL	Temiz Kil
	1a7	1,50	13	2,13	51	23	28	23	0	16	1	83	CH	Yağlı Kil ile Kum
	1a10	2,00	16	2,12	51	24	27	10	0	13	2	85	CH	Yağlı Kil
	1a13	2,50	14	2,23	44	23	21	16	0	16	1	83	CL	Temiz Kil ile Kum
AÇ-6	2a1	0,50	7	2,55	29	18	11	23	0	48	1	51	CL	Temiz Kil
	2a4	1,00	14	2,16	36	22	14	27	0	30	1	69	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a7	1,50	27	1,96	50	30	20	21	0	7	1	92	MH	Elastik Silt
	2a10	2,00	28	2,08	49	30	19	19	0	6	1	93	ML	Silt
	2a13	2,50	18	2,24	35	19	16	25	0	17	1	82	CL	Temiz Kil ile Kum

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

AÇ-7	3a1	0,50	6	2,14	36	20	16	11	0	37	1	62	CL	Kumlu Temiz Kil
	3a4	1,00	10	2,11	69	26	43	18	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	3a7	1,50	11	2,22	67	24	43	14	0	20	1	79	CH	Silt ile Kum
	3a10	2,00	14	2,24	41	20	21	25	0	15	3	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a13	2,50	13	2,21	49	22	27	10	0	12	2	86	CL	Temiz Kil
	4a1	0,50	11	2,02	60	21	39	10	0	9	1	90	CH	Yağlı Kil
	4a4	1,00	15	2,08	57	21	36	13	0	6	1	93	CH	Yağlı Kil
	4a7	1,50	10	2,20	41	19	22	12	0	18	3	79	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a10	2,00	11	2,52	50	20	30	19	0	22	3	75	CH	Yağlı Kil ile Kum
	4a13	2,50	14	2,23	51	21	30	10	0	16	2	82	CH	Yağlı Kil ile Kum
	5a1	0,50	15	2,18	41	22	19	16	0	4	2	94	CL	Temiz Kil
	5a4	1,00	15	2,30	47	20	27	12	0	8	3	89	CL	Temiz Kil
	5a7	1,50	16	2,23	49	22	27	26	0	8	2	90	CL	Temiz Kil
	5a10	2,00	21	2,16	53	22	31	22	0	4	0	96	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	21	2,16	62	29	33	22	0	3	4	93	CH	Yağlı Kil
	1a1	0,50	4	2,23	25	22	3	11	0	36	2	62	ML	Kumlu Silt
	1a4	1,00	7	2,32	26	21	5	10	0	28	0	72	CL-	
													ML	
	1a7	1,50	13	2,32	26	20	6	11	0	12	0	88	CL-	
													ML	
	2a1	0,50	7	2,34	32	20	12	28	0	34	1	65	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a4	1,00	7	2,43	28	19	9	16	0	18	0	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a7	1,50	6	2,44	25	18	7	15	0	32	1	67	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a10	2,00	9	2,28	40	25	15	15	0	14	1	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a13	2,50	14	2,26	52	32	20	17	0	16	1	83	MH	Yağlı Kil ile Kum
	3a1	0,50	9	2,02	49	24	25	10	0	17	7	76	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a4	1,00	11	1,94	53	23	30	13	0	9	1	90	CH	Yağlı Kil
	3a7	1,50	9	2,76	49	22	27	9	0	18	3	79	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a10	2,00	12	2,38	51	25	26	11	1	15	2	82	CH	Yağlı Kil ile Kum
	3a13	2,50	16	2,17	55	26	29	11	0	12	1	87	CH	Yağlı Kil
	4a1	0,50	8	1,94	48	25	23	14	0	12	1	87	CL	Temiz Kil
	4a4	1,00	6	2,30	49	25	24	12	0	12	5	83	CL	Temiz Kil
	4a7	1,50	8	2,08	54	28	26	13	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil
	4a10	2,00	14	2,40	62	31	31	13	0	11	3	86	CH	Yağlı Kil
	4a13	2,50	15	2,36	46	27	19	13	0	21	1	78	CL	Temiz Kil ile Kum
	5a1	0,50	10	2,16	63	30	33	20	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	10	2,22	52	23	29	11	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

AÇ-8	5a7	1,50	12	2,63	53	26	27	10	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	5a10	2,00	15	2,50	65	31	34	10	0	11	1	88	CH	Yağlı Kil
	5a13	2,50	14	2,57	51	33	18	12	0	20	1	79	ML	Silt ile Kum
	1a1	0,50	4	2,45	60	25	35	22	0	39	3	58	CH	Kumlu Yağlı Kil
	1a4	1,00	11	2,43	61	26	35	24	1	29	1	69	CH	Kumlu Yağlı Kil
	1a7	1,50	21	2,28	59	24	35	9	1	27	1	71	CH	Yağlı Kil ile Kum
	1a10	2,00	21	2,42	62	26	36	15	0	13	1	86	CH	Yağlı Kil
AÇ-9	1a1	0,50	7	2,22	60	25	35	19	0	31	2	67	CH	Kumlu Yağlı Kil
	1a4	1,00	25	2,07	64	28	36	8	0	6	3	91	CH	Yağlı Kil
	1a7	1,50	22	2,10	58	24	34	9	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	1a10	2,00	19	2,14	64	25	39	7	0	14	1	85	CH	Yağlı Kil ile Kum
	1a13	2,50	24	2,11	65	27	38	10	0	21	1	78	CH	Yağlı Kil ile Kum
	1a1	0,50	17	2,07	39	21	18	7	0	5	2	93	CL	Temiz Kil
	1a4	1,00	13	1,79	37	25	12	8	0	20	1	79	CL	Temiz Kil ile Kum
AÇ-13	1a7	1,50	15	2,39	40	19	21	7	0	14	1	85	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a10	2,00	19	2,16	49	26	23	10	0	35	2	63	CL	Kumlu Temiz Kil
	1a13	2,50	10	2,30										
	2a1	0,50	15	2,04	48	29	19	12	0	6	4	90	CL	Temiz Kil
	2a4	1,00	17	2,27	45	27	18	15	0	2	0	98	CL	Temiz Kil
	2a7	1,50	12	2,29	43	23	20	24	0	6	1	93	CL	Temiz Kil
	2a10	2,00	12	2,45	46	23	23	17	0	4	2	94	CL	Temiz Kil
	2a13	2,50	11	2,46	37	21	16	18	0	17	1	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a1	0,50	9	2,30	48	31	17	11	0	18	0	82	ML	Silt ile Kum
	3a4	1,00	7	2,22	51	29	22	9	0	31	2	67	MH	Kumlu Elastik Silt
	3a7	1,50	7	1,86	47	32	15	12	0	6	4	90	ML	Silt
	3a10	2,00	8	2,09	43	33	9	22	1	16	2	81	ML	Silt ile Kum
	3a13	2,50	8	2,34	43	24	19	13	0	18	2	80	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a1	0,50	5	1,87	46	19	27	12	0	22	1	77	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a4	1,00	16	2,15	46	22	24	11	0	11	2	87	CL	Temiz Kil
	4a7	1,50	11	2,19	39	22	17	14	0	11	4	85	CL	Temiz Kil
	4a10	2,00	11	2,41	36	24	12	25	0	10	3	87	ML	Silt
	4a13	2,50	12	2,67	41	26	15	22	0	12	3	85	ML	Silt ile Kum
	5a1	0,50	15	2,04	58	27	31	14	0	7	2	91	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	16	2,04	61	30	31	19	0	2	1	97	CH	Yağlı Kil
	5a7	1,50	17	2,42	51	28	23	20	0	1	2	97	CH	Yağlı Kil
	5a10	2,00	14	2,14	44	25	19	30	0	5	3	91	CL	Temiz Kil
	5a13	2,50	9	1,77	45	21	24	19	0	6	4	90	CL	Temiz Kil

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

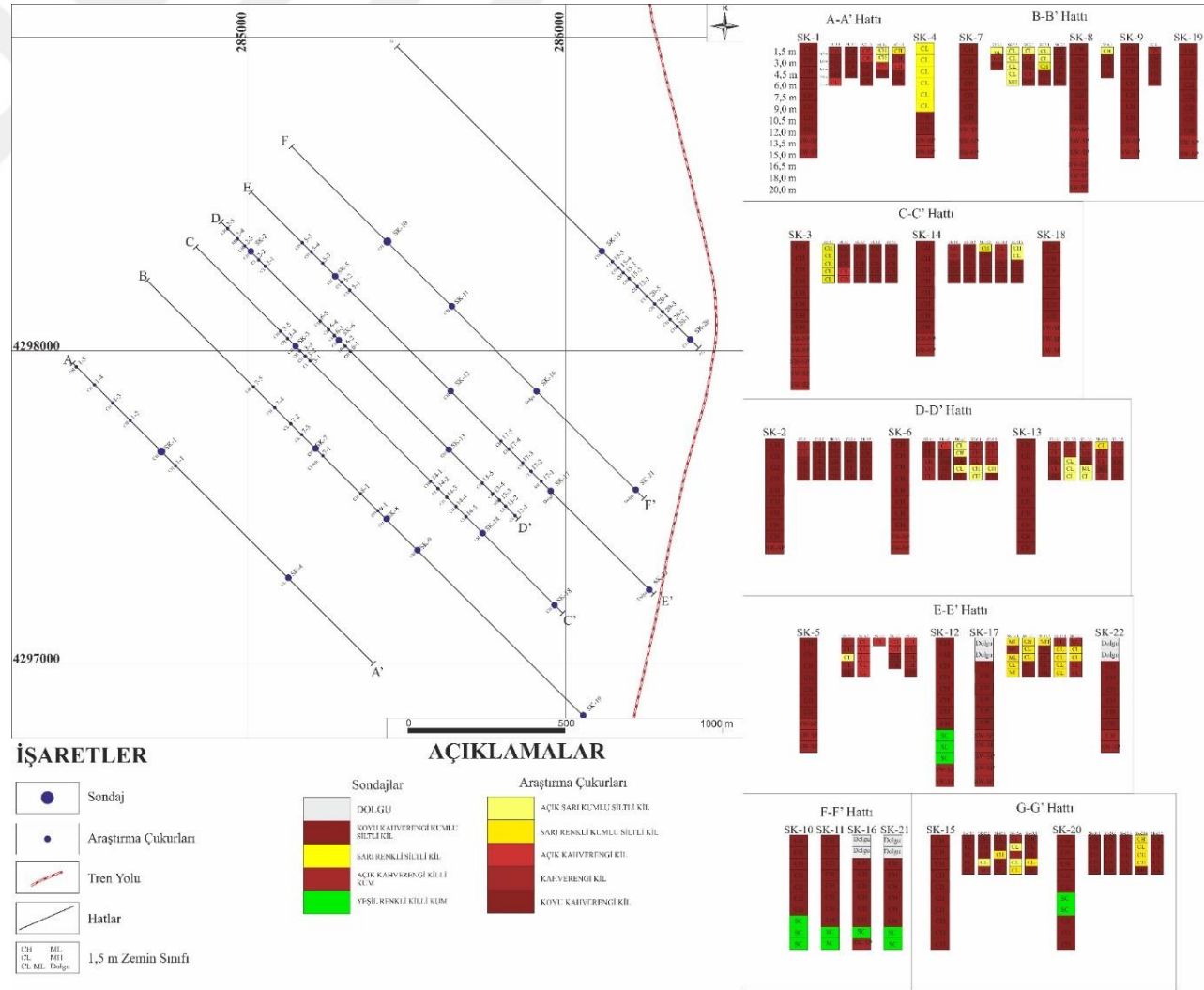
AÇ-14	1a1	0,50	17	2,17	62	26	36	7	0	8	1	91	CH	Yağlı Kil
	1a4	1,00	16	1,96	58	24	34	7	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	1a7	1,50	15	2,06	55	23	32	8	0	2	1	97	CH	Yağlı Kil
	1a10	2,00	15	2,15	67	21	46	7	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	1a13	2,50	16	2,39	60	21	39	7	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	2a1	0,50	18	2,09	44	22	22	23	0	2	1	97	CL	Temiz Kil
	2a4	1,00	19	2,12	53	23	30	19	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	2a7	1,50	16	2,11	43	22	21	12	0	5	1	94	CL	Temiz Kil
	2a10	2,00	19	2,20	35	23	12	12	0	11	1	88	CL	Temiz Kil
	2a13	2,50	18	2,11	49	29	20	13	0	17	2	81	ML	Silt ile Kum
	3a1	0,50	12	2,13	52	25	27	18	0	5	1	94	CH	Yağlı Kil
	3a4	1,00	14	2,17	56	27	29	17	0	2	1	97	CH	Yağlı Kil
	3a7	1,50	16	2,05	60	26	34	18	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	3a10	2,00	15	2,21	57	27	30	15	0	9	1	90	CH	Yağlı Kil
	3a13	2,50	17	2,15	55	30	35	16	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil
	4a1	0,50	14	2,20	44	25	23	15	0	4	2	94	CL	Temiz Kil
	4a4	1,00	18	1,85	52	29	23	24	0	3	2	95	CH	Yağlı Kil
	4a7	1,50	19	2,21	51	27	24	17	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	4a10	2,00	19	2,18	54	27	27	15	0	3	1	96	CH	Yağlı Kil
	4a13	2,50	19	2,20	51	28	23	15	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil
	5a1	0,50	12	1,72	51	24	27	12	1	6	1	97	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	16	2,29	49	26	23	15	0	7	1	92	CL	Temiz Kil
	5a7	1,50	17	2,20	49	28	21	16	0	8	2	90	CL	Temiz Kil
	5a10	2,00	16	2,15	54	29	25	18	1	13	1	85	CH	Yağlı Kil ile Kum
	5a13	2,50	13	2,29	59	28	31	17	0	5	3	92	CH	Yağlı Kil
AÇ-15	1a1	0,50	14	2,19	41	22	19	13	2	15	1	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a4	1,00	13	2,29	41	21	20	14	0	15	5	80	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a7	1,50	14	2,42	42	23	19	15	0	23	1	76	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a10	2,00	15	2,37	41	22	19	21	0	22	5	73	CL	Temiz Kil ile Kum
	1a13	2,50	10	2,46	40	22	18	18	0	41	1	58	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a1	0,50	13	2,12	62	24	38	23	0	13	2	85	CH	Yağlı Kil
	2a4	1,00	13	1,82	60	21	39	19	1	10	2	87	CH	Yağlı Kil
	2a7	1,50	14	2,10	55	18	37	17	0	10	2	88	CH	Yağlı Kil
	2a10	2,00	9	2,13	39	17	22	18	0	33	2	65	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a13	2,50	7	2,33	54	33	21	19	0	34	2	66	MH	Kumlu Elastik Silt
	3a1	0,50	19	2,21	48	25	23	16	2	12	1	85	CL	Temiz Kil
	3a4	1,00	13	1,96	49	24	25	18	0	15	2	83	CL	Temiz Kil ile Kum

EK 3. (Devam) İlave Sondaj Çalışmaları Laboratuvar Sonuçları

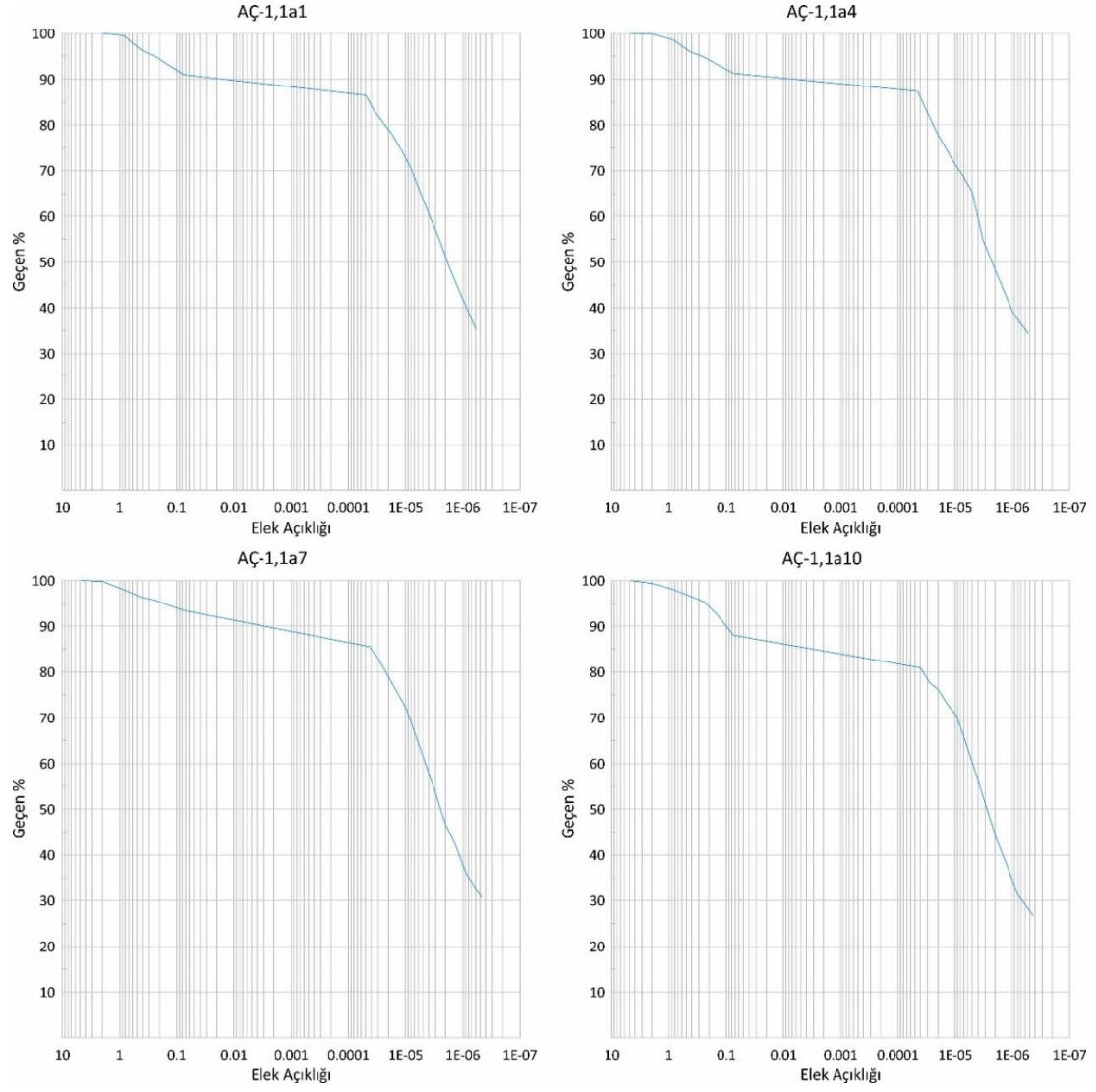
AÇ-17	3a7	1,50	12	2,14	50	27	23	18	0	10	1	89	CH	Yağlı Kil
	3a10	2,00	14	2,26	49	28	21	16	0	8	1	91	CL	Temiz Kil
	3a13	2,50	14	2,26	49	26	23	15	0	10	2	88	CL	Temiz Kil
	4a1	0,50	16	2,14	42	24	18	17	1	15	0	84	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a4	1,00	14	2,26	42	18	24	17	0	17	1	82	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a7	1,50	16	2,58	55	23	32	18	1	13	1	86	CH	Yağlı Kil
	4a10	2,00	16	2,26	49	27	22	15	2	11	1	87	CL	Temiz Kil
	4a13	2,50	11	2,32	46	26	23	17	0	38	1	61	CL	Kumlu Temiz Kil
	5a1	0,50	12	1,67	51	23	28	16	1	16	1	82	CH	Yağlı Kil ile Kum
	5a4	1,00	17	2,24	47	23	24	20	0	7	1	92	CL	Temiz Kil
	5a7	1,50	20	2,23	49	22	27	21	1	5	1	93	CL	Temiz Kil
	5a10	2,00	16	1,73	48	29	19	19	0	8	1	91	CL	Temiz Kil
	5a13	2,50	8	2,37										
	1a1	0,50	11	2,30	40	26	14	14	0	6	7	83	ML	Silt
	1a4	1,00	11	2,04	45	29	16	16	0	5	2	93	ML	Silt
	1a7	1,50	9	2,57	35	25	10	18	0	10	4	86	ML	Silt
	1a10	2,00	11	2,41	38	15	23	17	0	6	4	90	CL	Temiz Kil
	1a13	2,50	8	2,35	34	27	7	16	0	27	4	69	ML	Silt ile Kum
	2a1	0,50	13	2,30	50	27	23	16	0	6	0	94	CH	Yağlı Kil
	2a4	1,00	10	2,22	33	24	9	23	0	13	0	87	CL	Temiz Kil
	2a7	1,50	9	2,07	31	21	10	17	0	19	1	80	CL	Temiz Kil ile Kum
	2a10	2,00	6	2,50	32	19	13	14	0	41	2	57	CL	Kumlu Temiz Kil
	2a13	2,50	9	2,23	30	19	11	16	0	26	1	73	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a1	0,50	12	1,93	60	36	24	17	0	5	0	95	MH	Elastik Silt
	3a4	1,00	9	2,13	34	23	11	17	4	41	1	54	ML	Kumlu Silt
	3a7	1,50	12	2,18	38	23	15	15	2	16	2	80	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a10	2,00	12	2,33	37	22	15	22	2	21	2	75	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a13	2,50	14	2,55	40	31	9	27	0	30	1	69	ML	Kumlu Silt
	4a1	0,50	18	2,04	41	22	19	19	0	7	3	90	CL	Temiz Kil
	4a4	1,00	5	2,52	38	22	16	29	0	33	1	66	CL	Kumlu Temiz Kil
	4a7	1,50	6	2,94	36	22	14	28	0	28	0	72	CL	Kumlu Temiz Kil
	4a10	2,00	9	2,50	34	21	13	24	0	12	2	86	CL	Temiz Kil
	4a13	2,50	8	2,32	44	21	23	27	0	20	2	78	CL	Temiz Kil ile Kum
	5a1	0,50	19	2,30	39	22	17	20	0	28	4	68	CL	Temiz Kil ile Kum
	5a4	1,00	6	2,42	36	23	13	26	0	24	0	76	CL	Temiz Kil ile Kum
	5a7	1,50	7	2,33	35	23	12	17	0	13	1	86	CL	Temiz Kil
	5a10	2,00	8	2,53	34	25	9	22	0	14	0	86	CL	Temiz Kil
	5a13	2,50	9	2,04	36	23	13	21	0	19	3	78	CL	Temiz Kil ile Kum

AÇ-20	1a1	0,50	13	2,06	69	29	40	25	0	4	2	94	CH	Yağlı Kil
	1a4	1,00	14	2,20	65	25	40	30	0	2	1	97	CH	Yağlı Kil
	1a7	1,50	17	2,15	64	26	38	26	0	3	2	95	CH	Yağlı Kil
	1a10	2,00	17	2,14	65	29	36	26	0	4	1	95	CH	Yağlı Kil
	1a13	2,50	17	2,14	59	25	34	21	0	4	1	95	CH	Yağlı Kil
	2a1	0,50	21	2,08	52	28	24	24	0	5	2	93	CH	Yağlı Kil
	2a4	1,00	19	2,12	64	27	37	26	0	11	1	88	CH	Yağlı Kil
	2a7	1,50	15	2,09	57	26	31	26	0	5	4	91	CH	Yağlı Kil
	2a10	2,00	23	2,30	54	26	28	18	0	7	1	92	CH	Yağlı Kil
	2a13	2,50	24	2,16	54	22	32	21	0	12	2	86	CH	Yağlı Kil
	3a1	0,50	17	2,12	34	21	13	27	0	8	2	90	CL	Temiz Kil
	3a4	1,00	15	2,28	41	21	20	30	0	11	4	85	CL	Temiz Kil
	3a7	1,50	11	2,17	44	20	24	23	0	27	4	69	CL	Temiz Kil ile Kum
	3a10	2,00	18	2,17	48	27	21	25	0	10	1	89	CL	Temiz Kil
	3a13	2,50	19	2,15	49	22	27	28	0	8	3	89	CL	Temiz Kil
	4a1	0,50	12	2,27	55	28	27	17	1	10	1	88	CH	Yağlı Kil
	4a4	1,00	13	2,18	42	23	19	26	0	15	5	80	CL	Temiz Kil ile Kum
	4a7	1,50	16	2,25	58	24	34	26	1	23	3	73	CH	Yağlı Kil ile Kum
	4a10	2,00	17	2,19	59	27	32	27	0	9	2	89	CH	Yağlı Kil
	4a13	2,50	18	2,27	58	33	25	26	0	20	1	79	MH	Elastik Silt ile Kum
	5a1	0,50	20	2,19	55	22	33	11	0	4	3	93	CH	Yağlı Kil
	5a4	1,00	17	2,09	54	21	33	17	0	7	2	91	CH	Yağlı Kil
	5a7	1,50	20	2,46	49	22	27	22	0	3	2	95	CL	Temiz Kil
	5a10	2,00	15	2,12	48	25	23	27	0	7	2	91	CL	Temiz Kil
	5a13	2,50	16	2,20	44	26	15	26	0	13	2	85	CL	Temiz Kil ile Kum

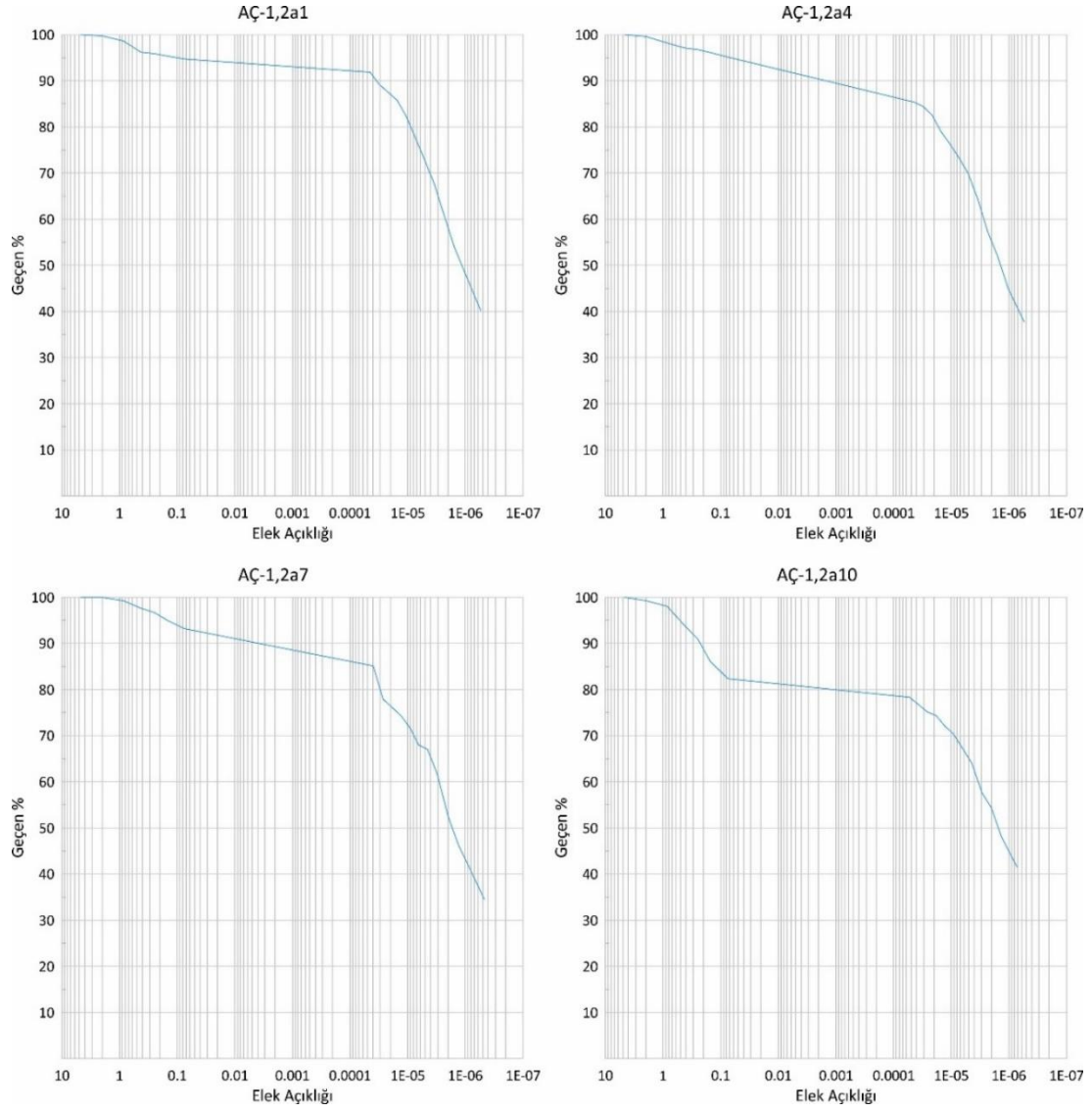
EK 4. Sondaj Çalışmaları Karelaj Haritası ve Kuyu Kesitleri



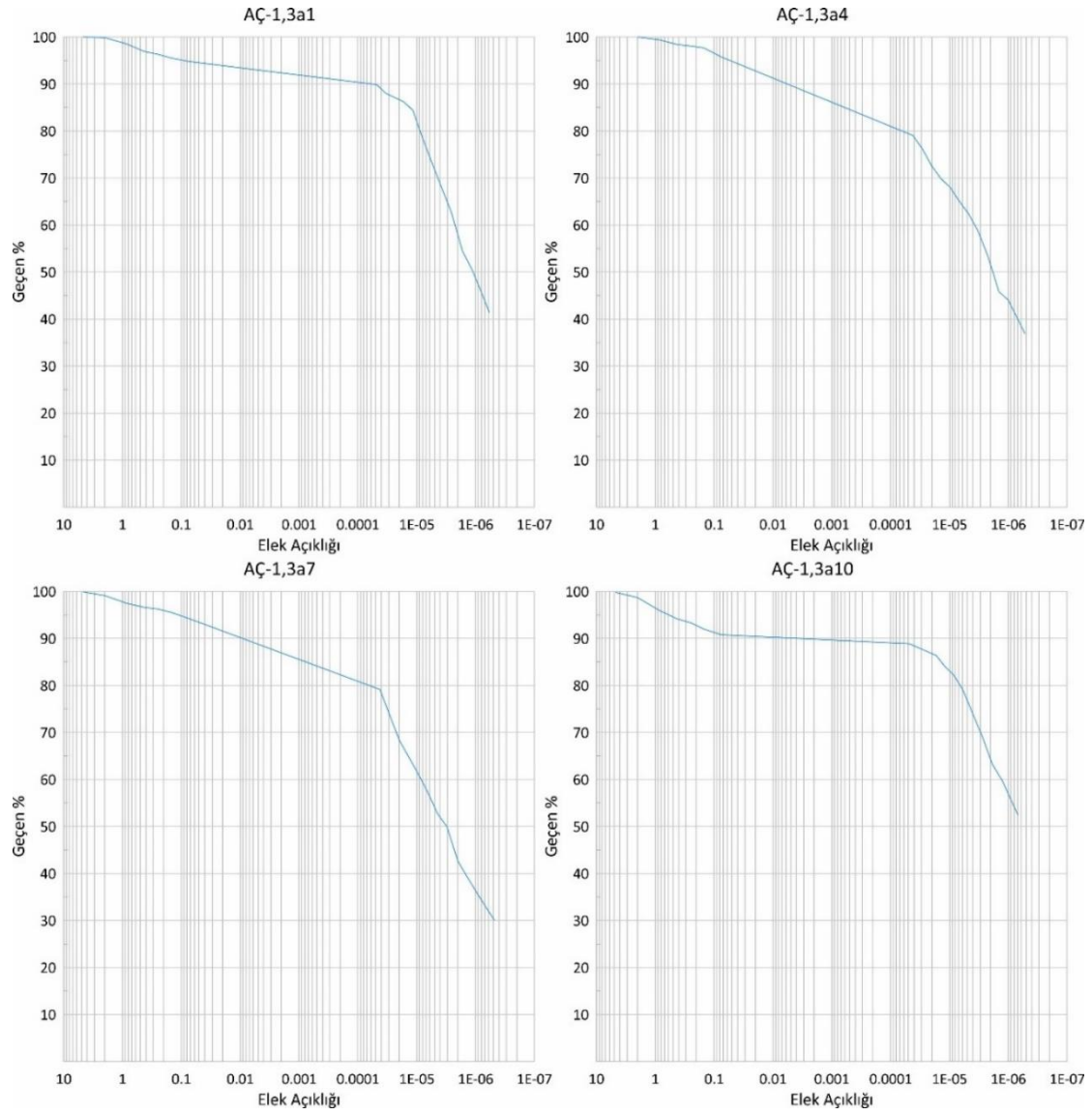
EK 5. İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



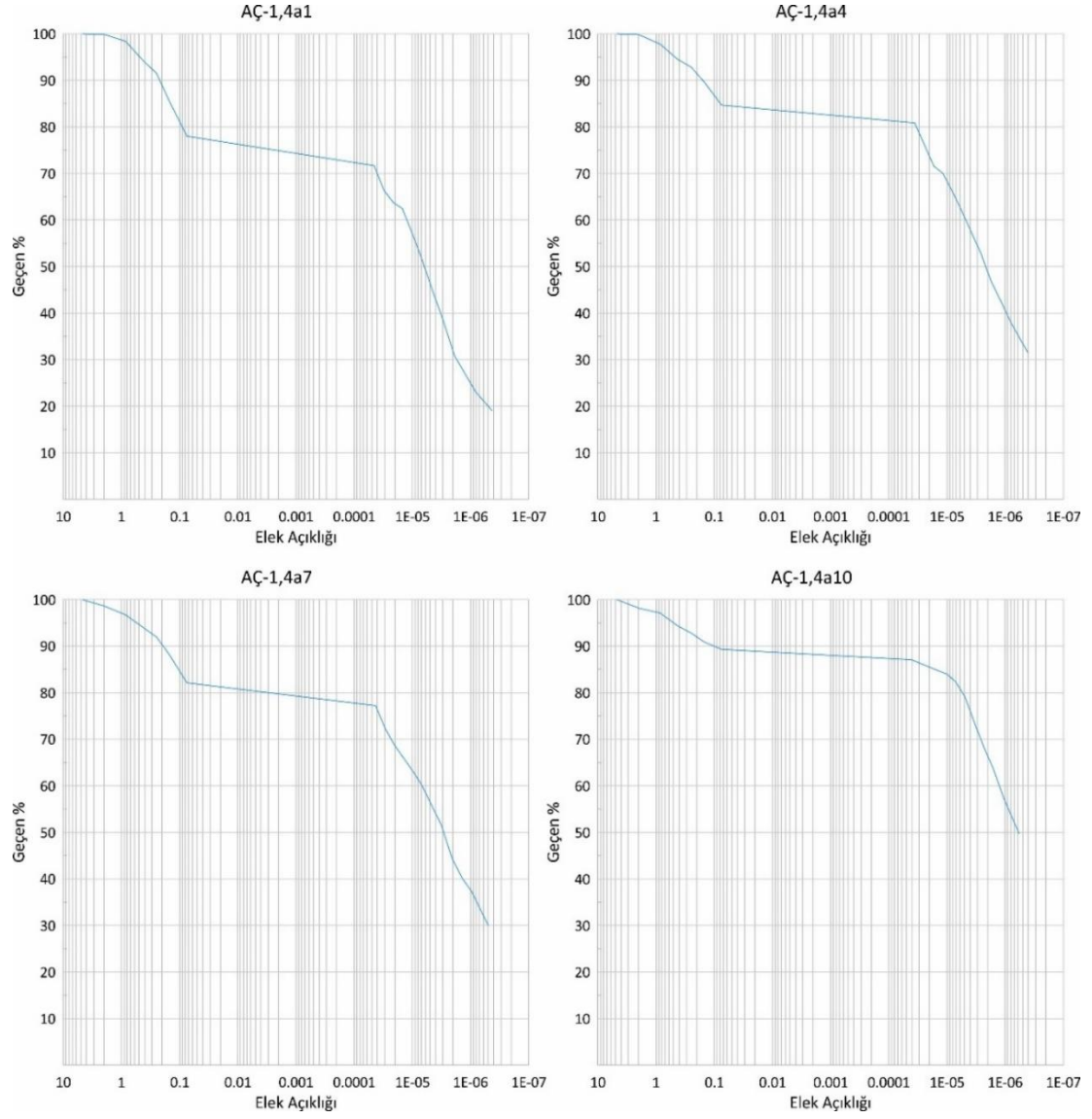
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



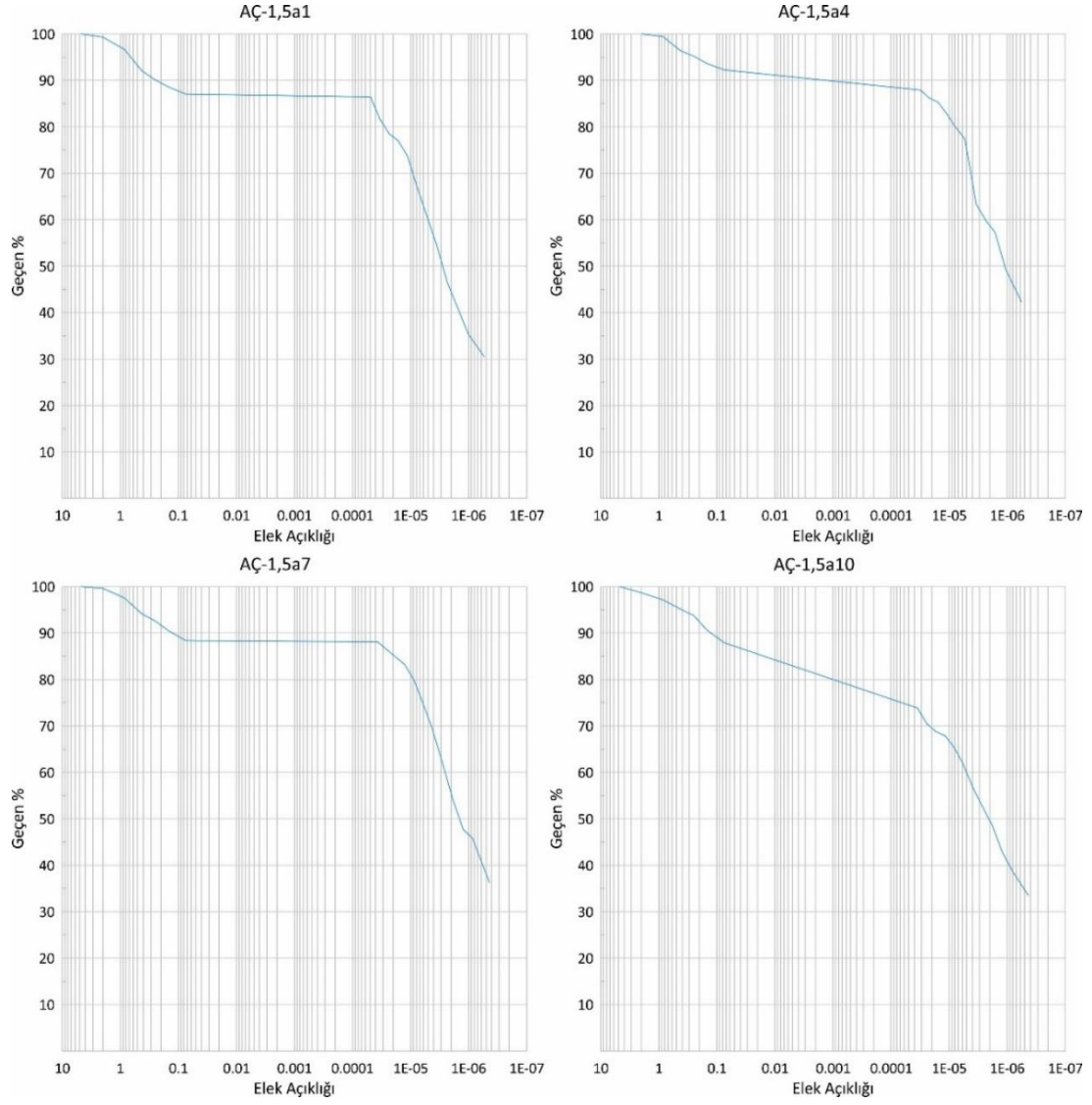
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



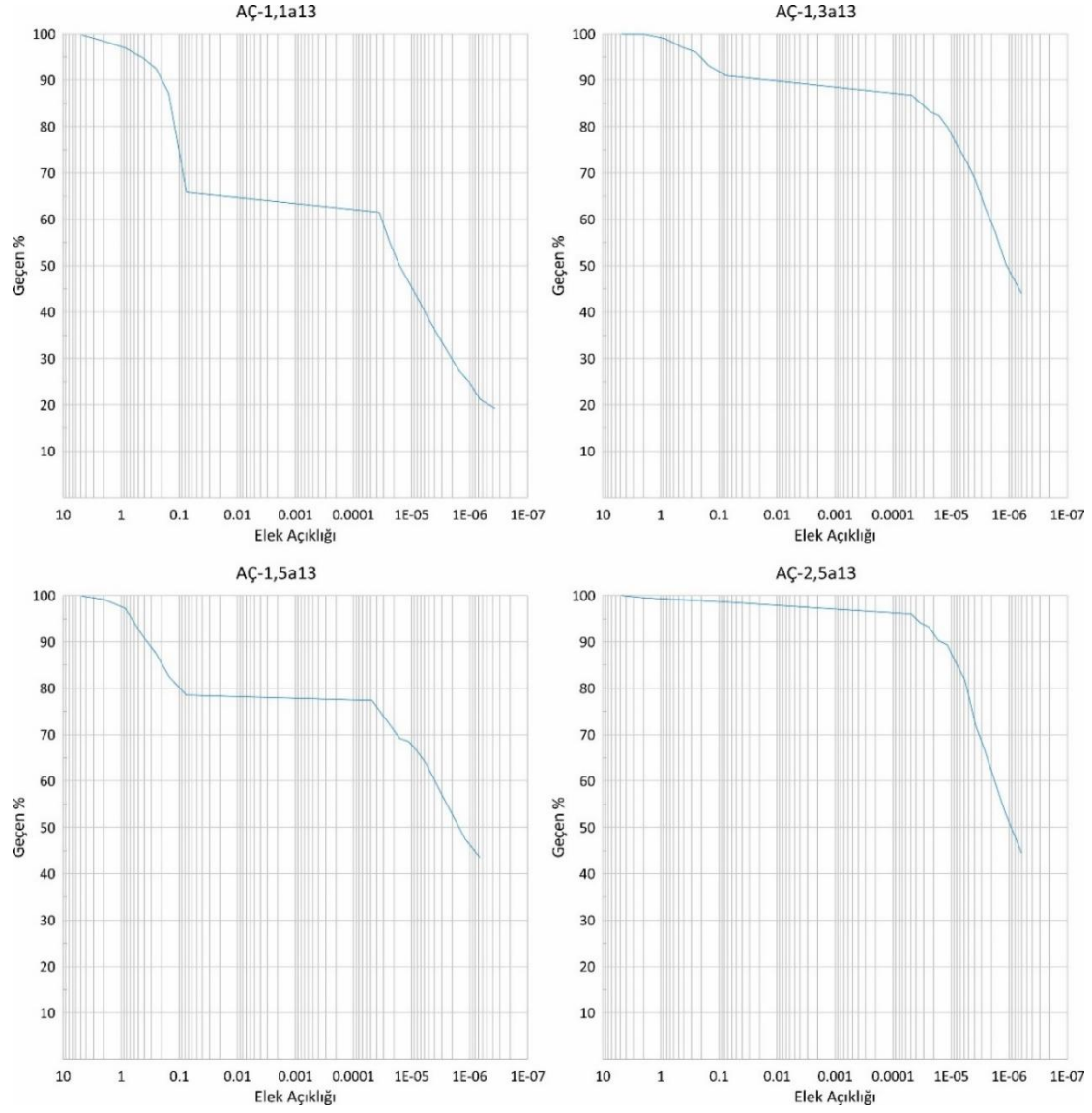
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



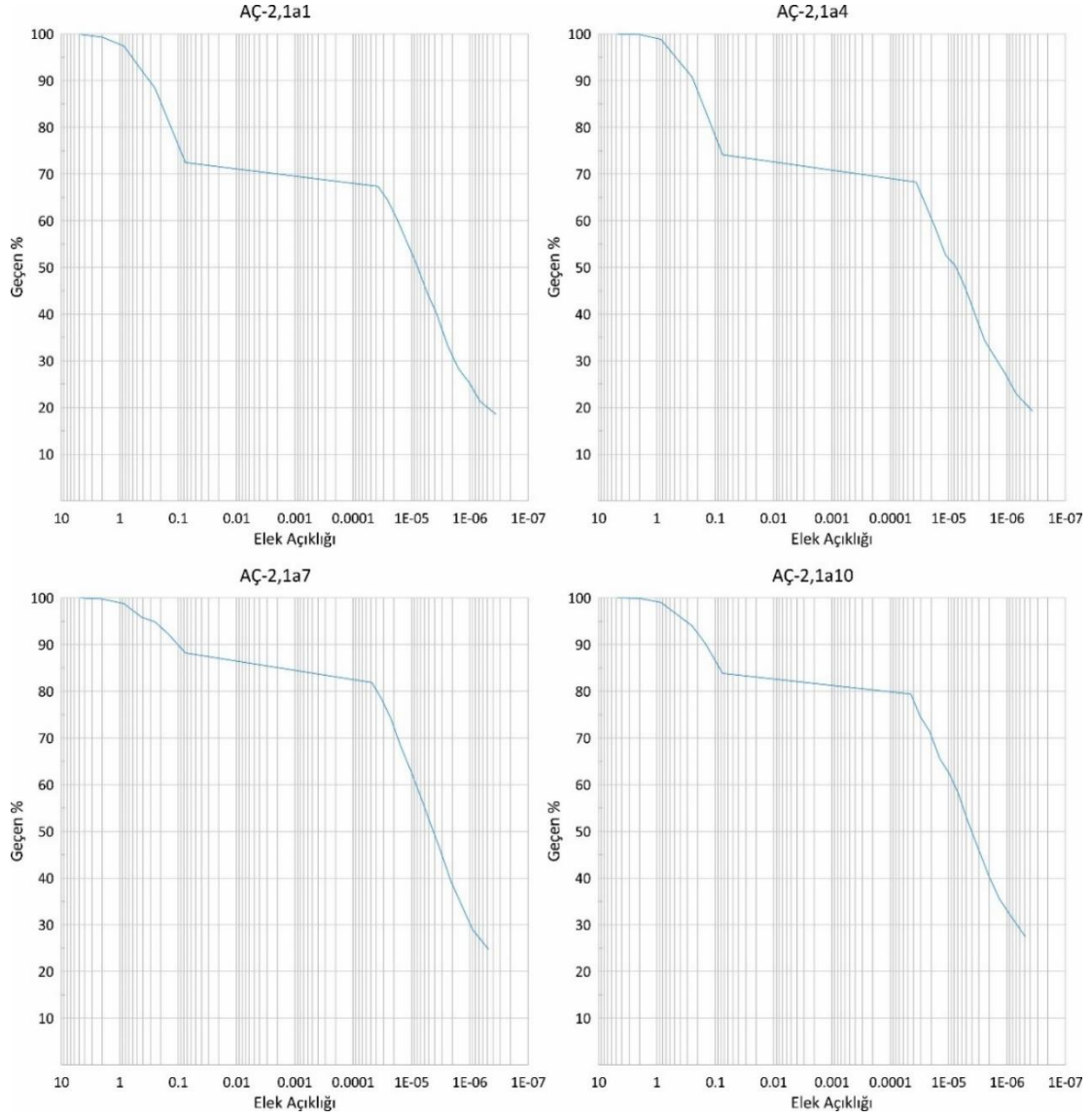
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



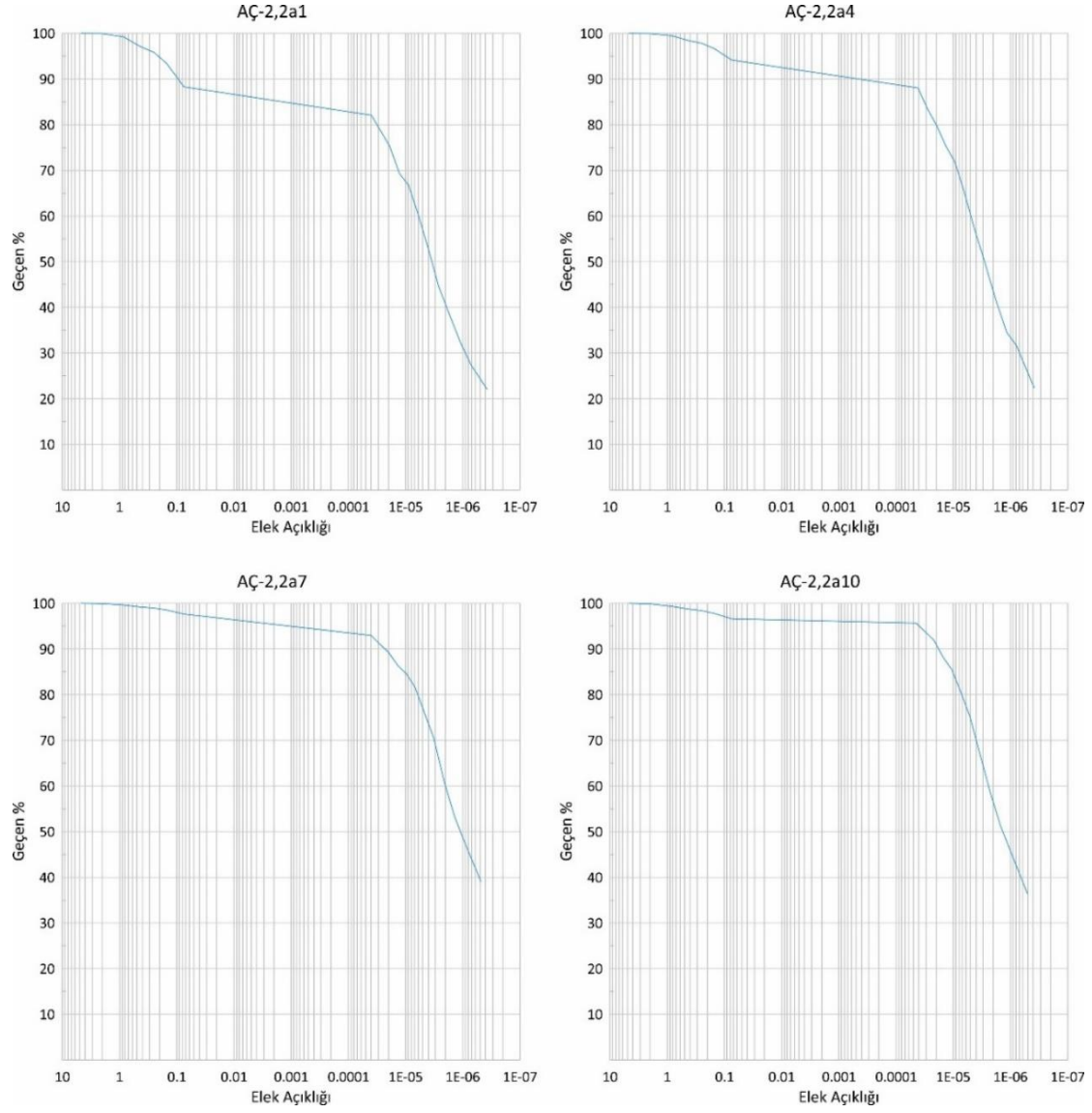
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



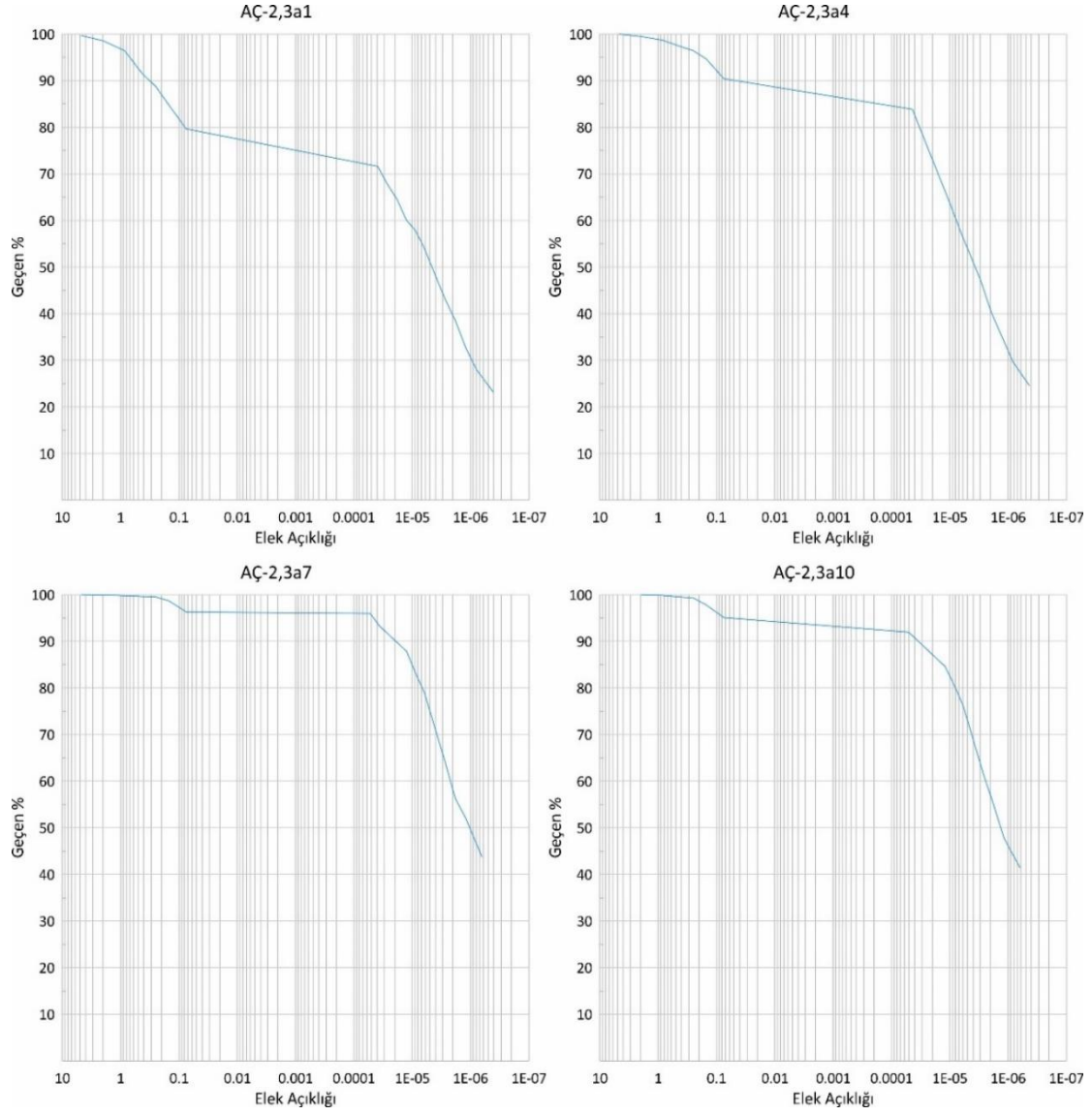
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



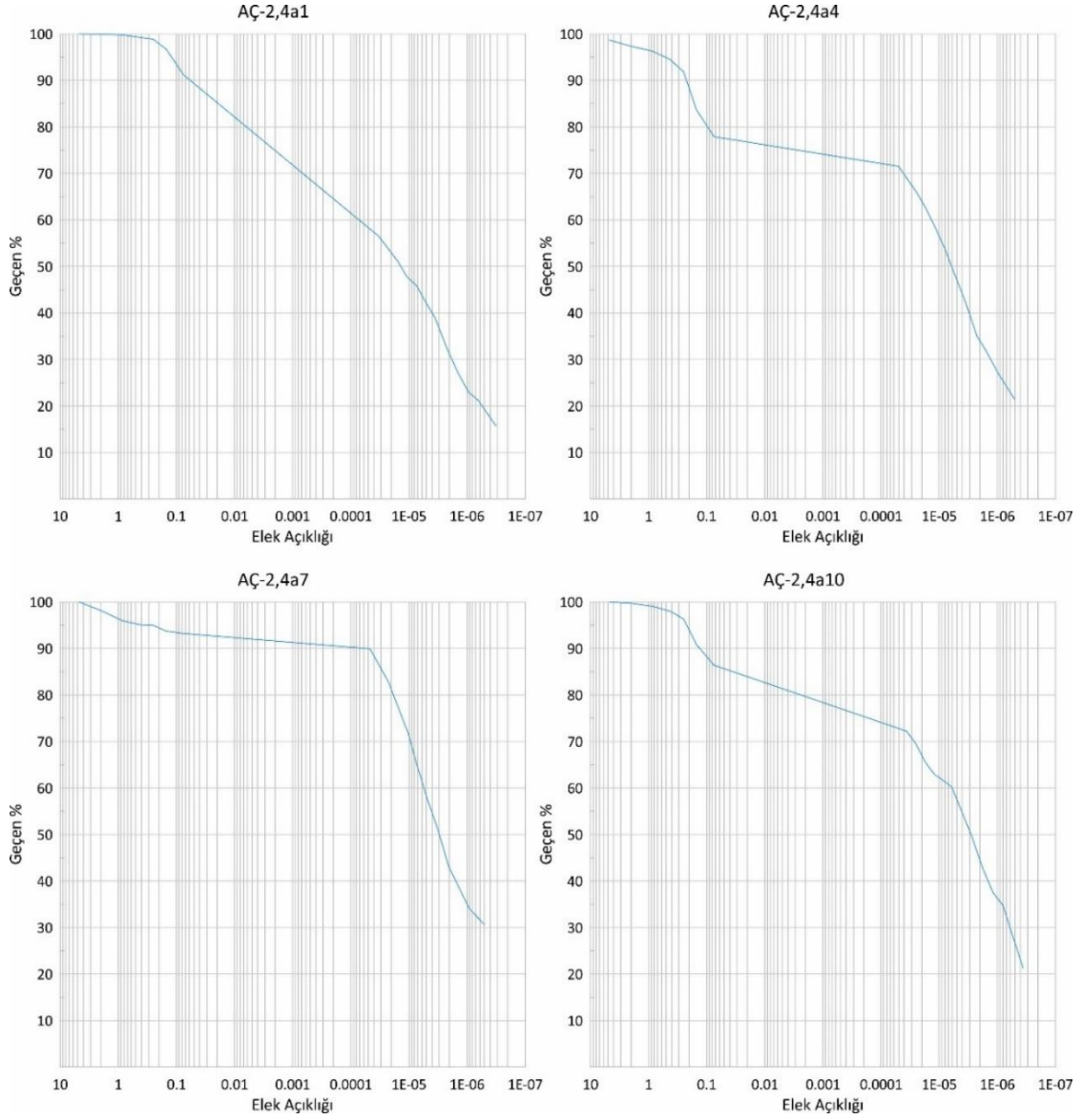
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



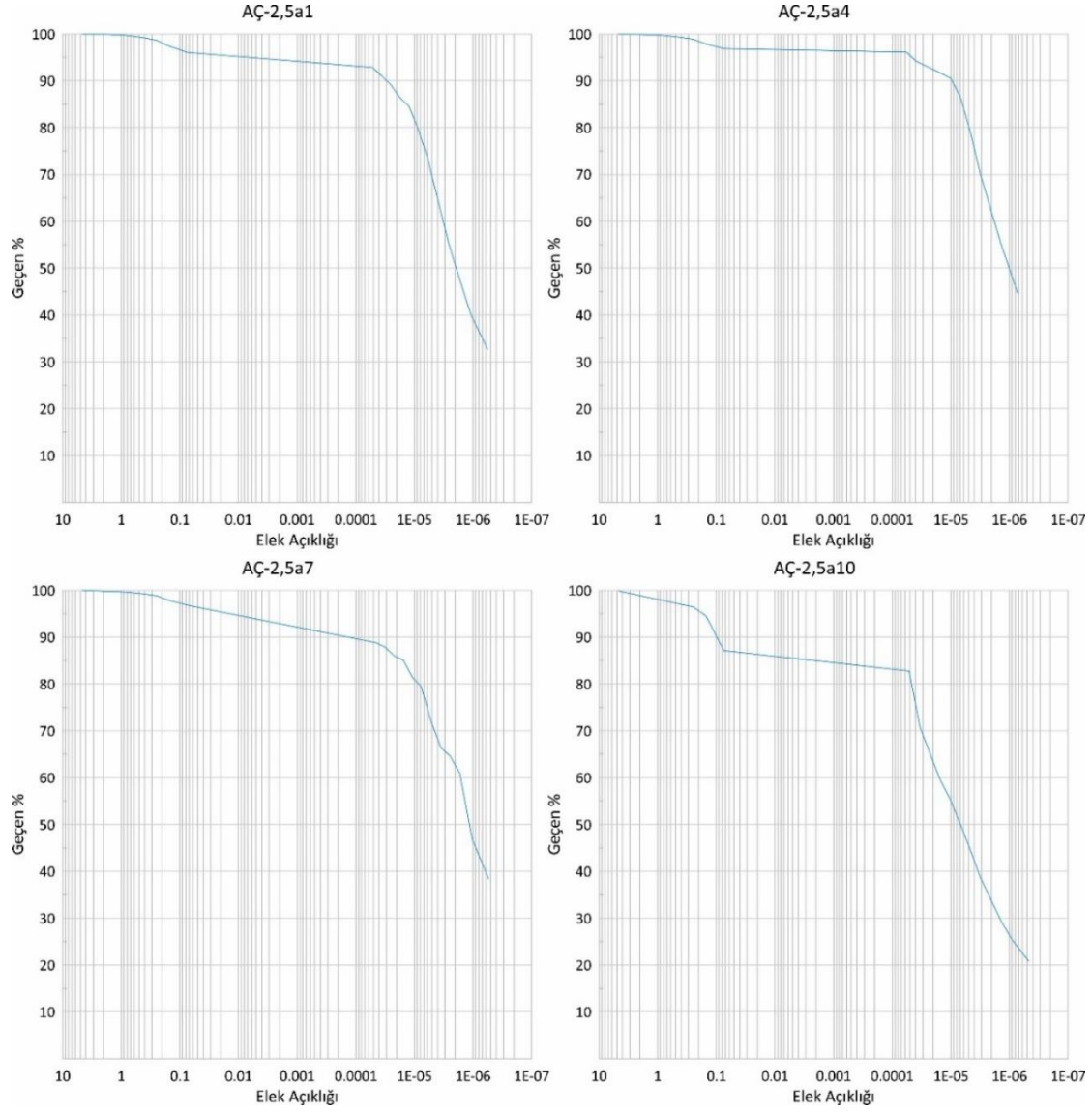
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



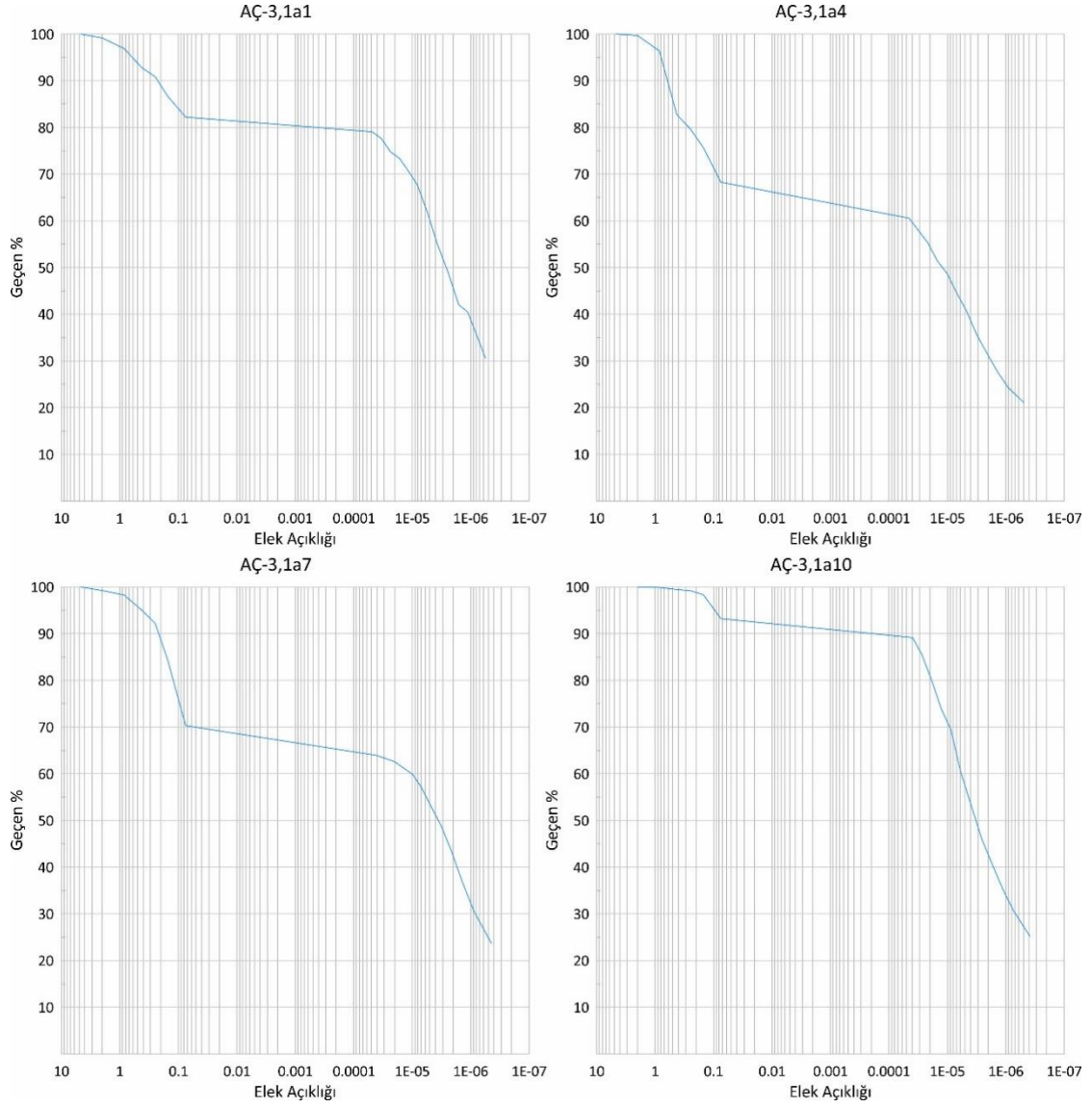
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



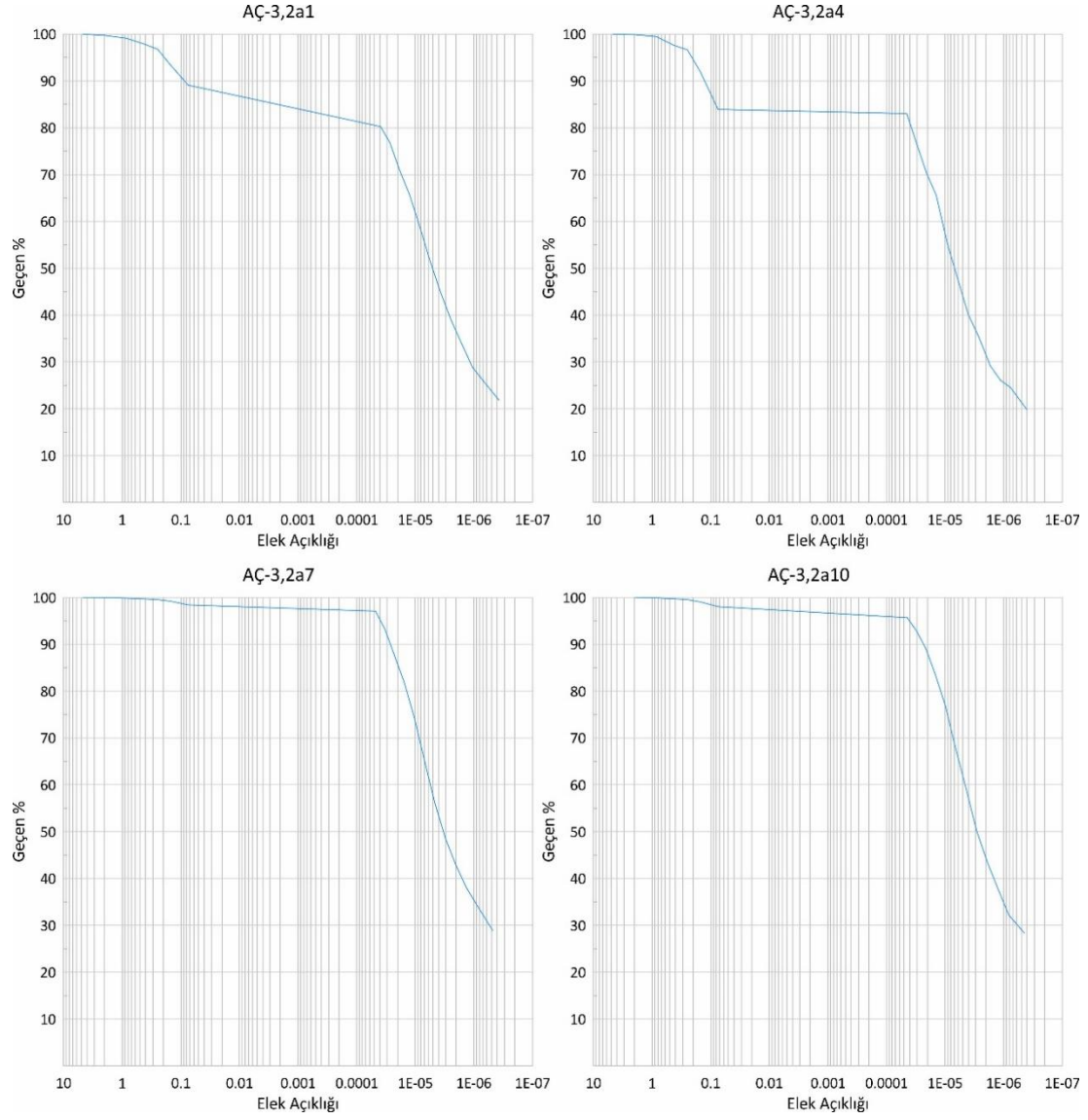
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



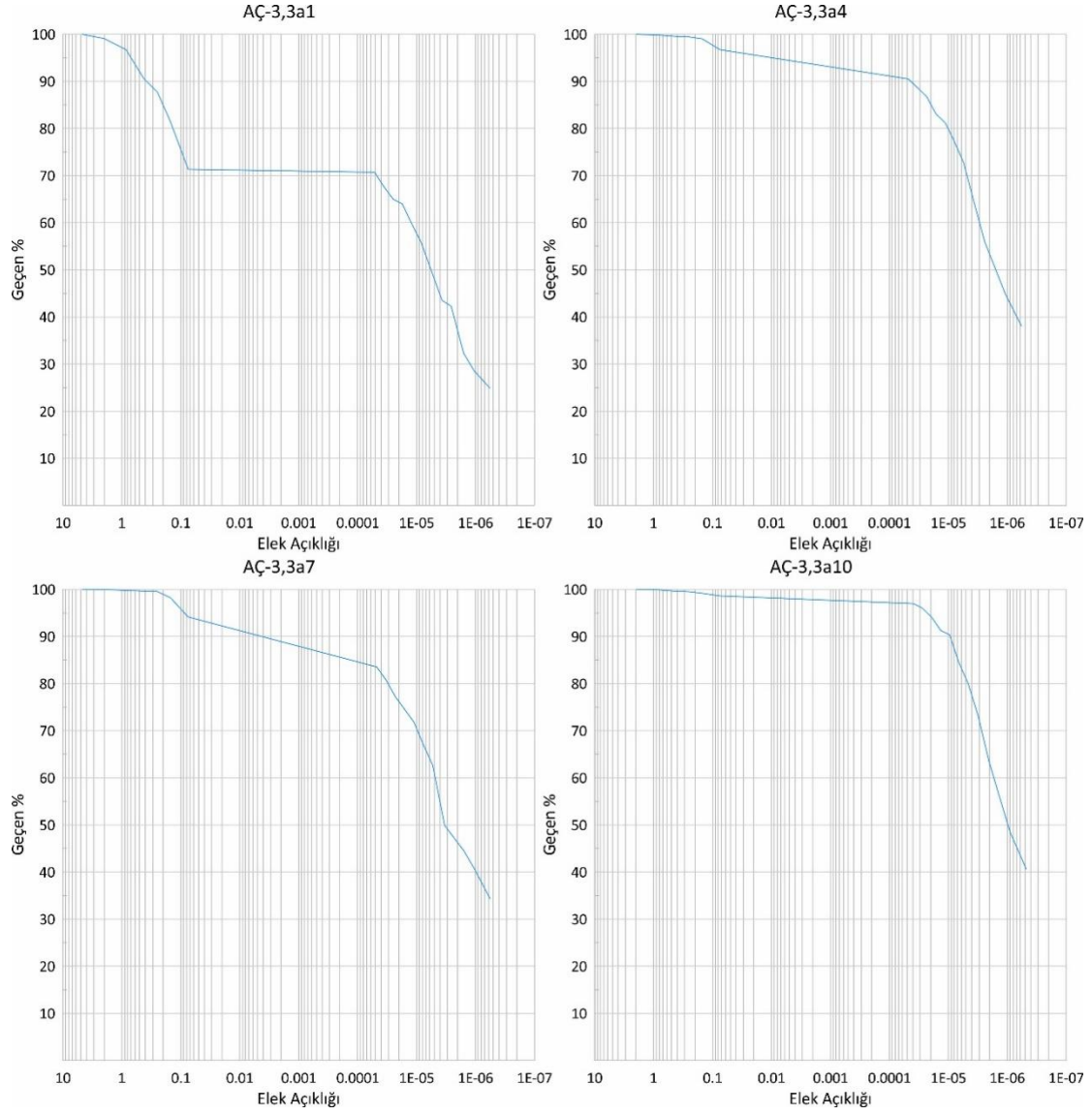
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



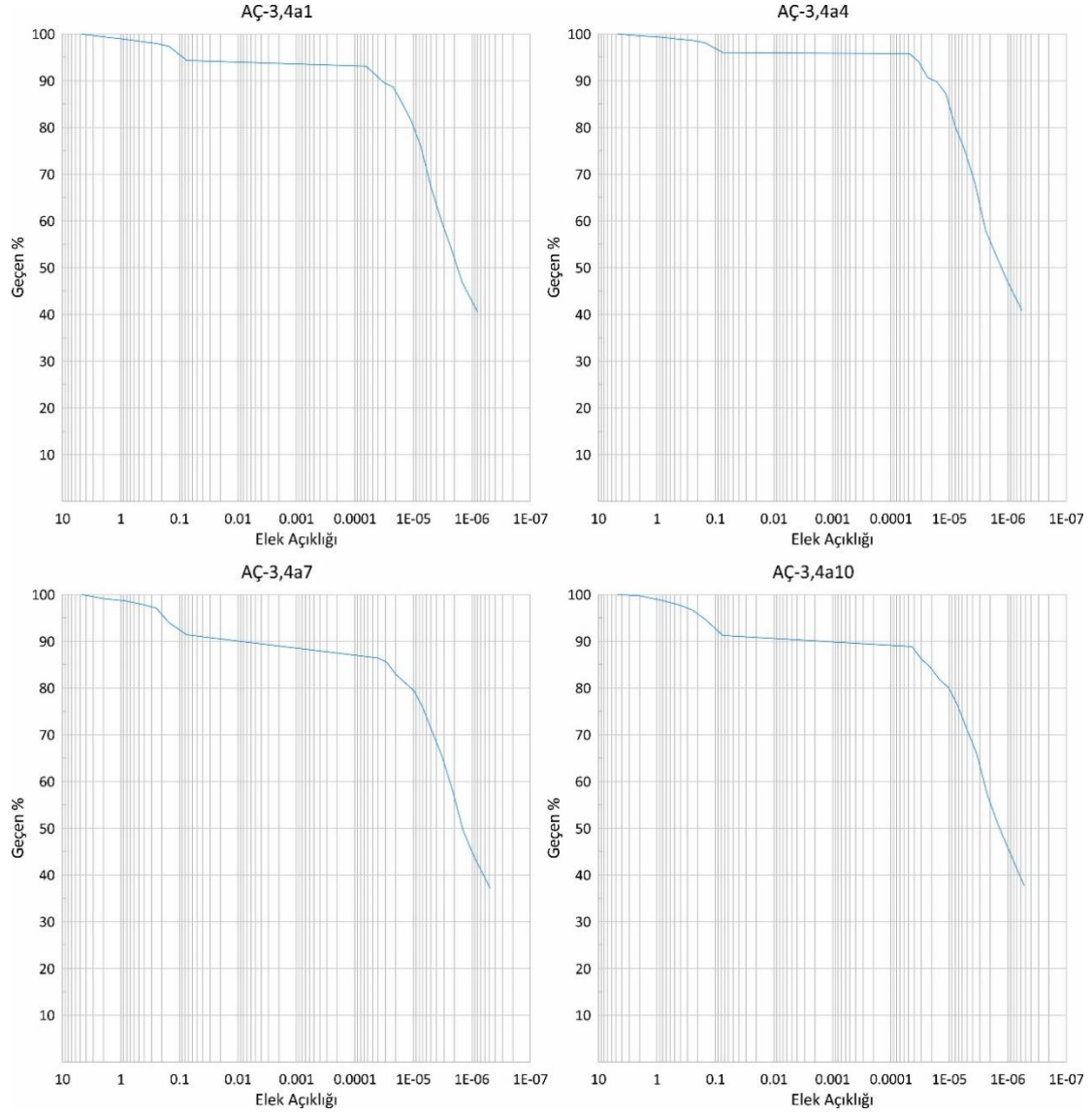
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



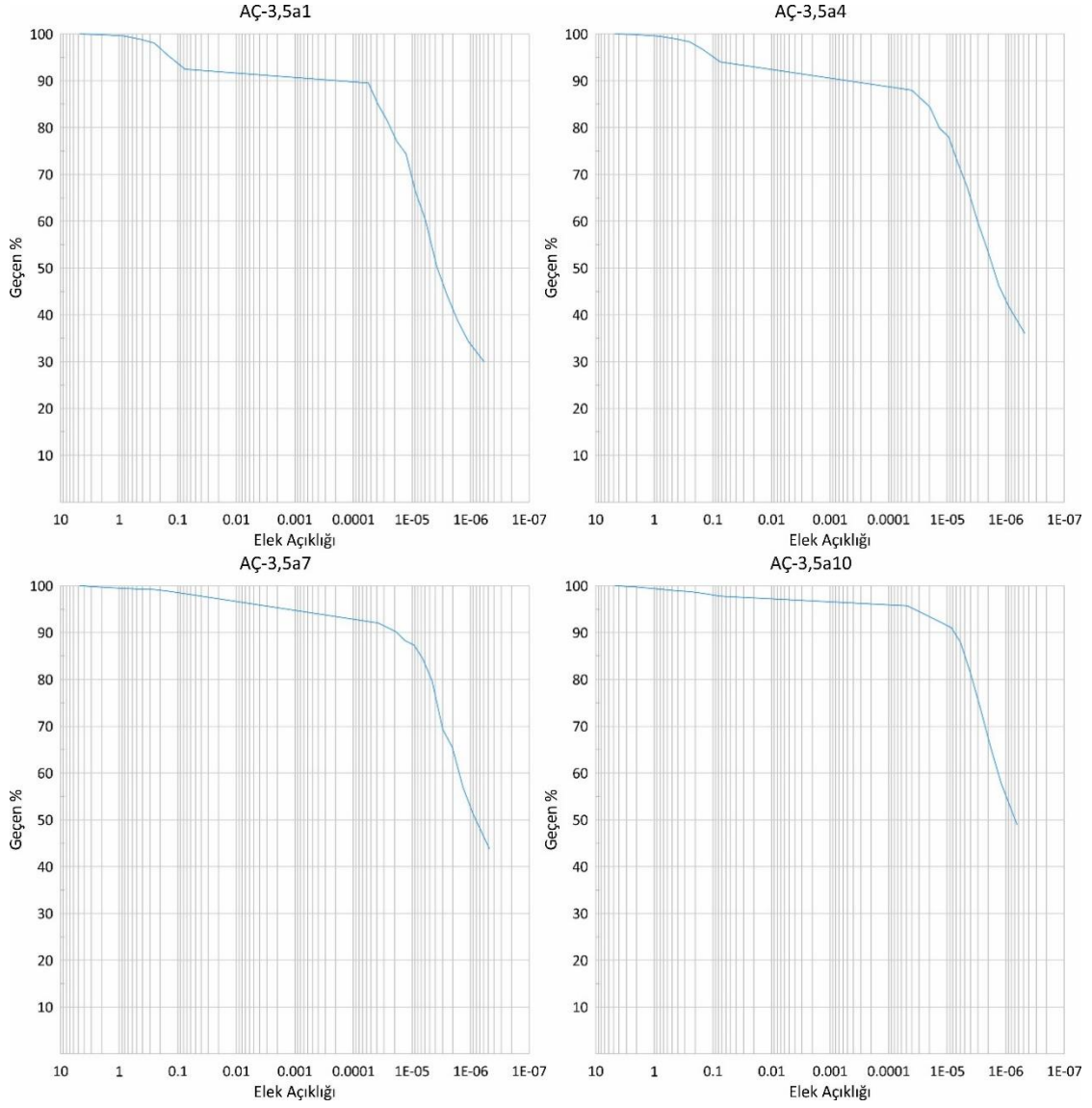
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



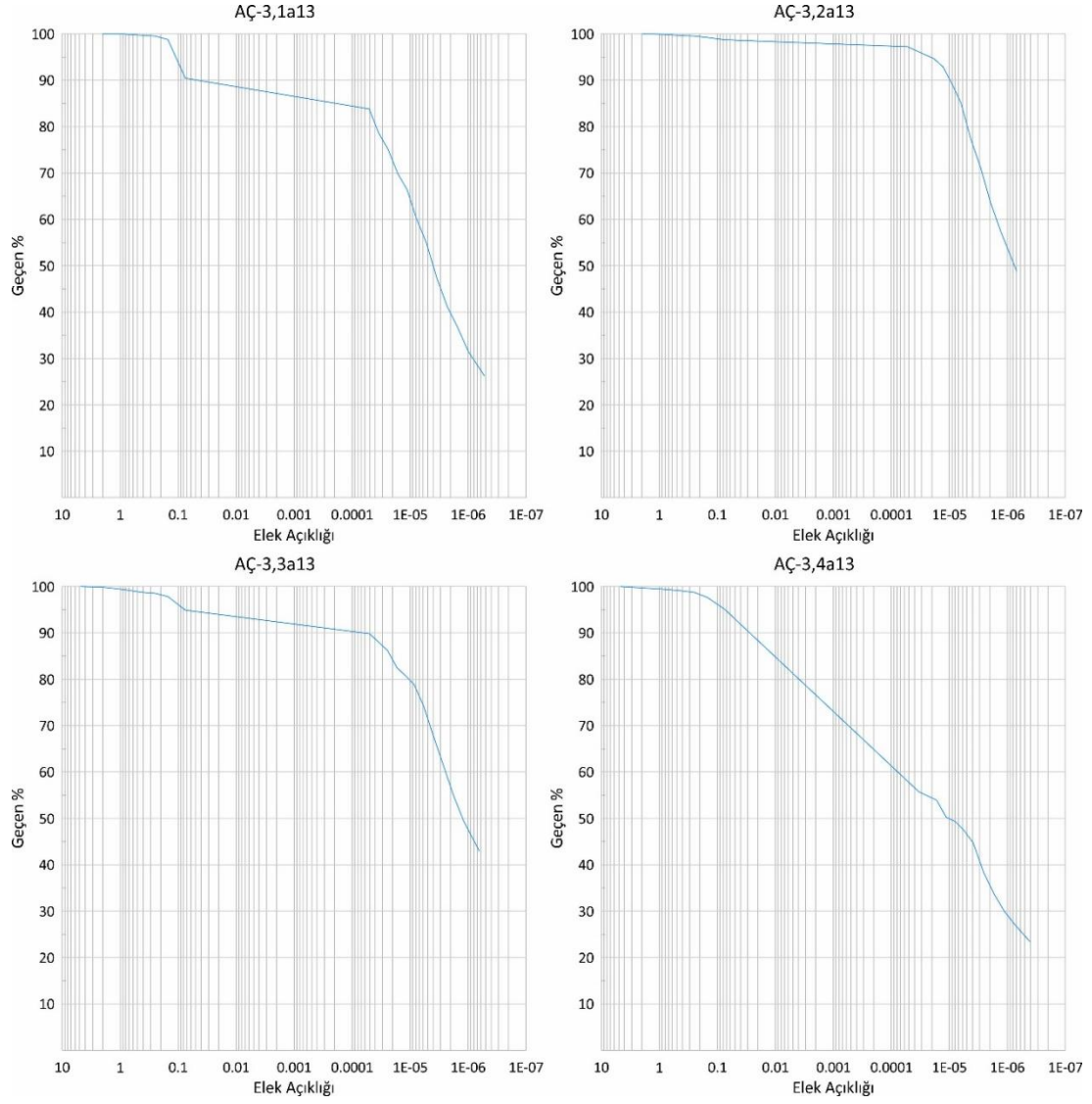
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



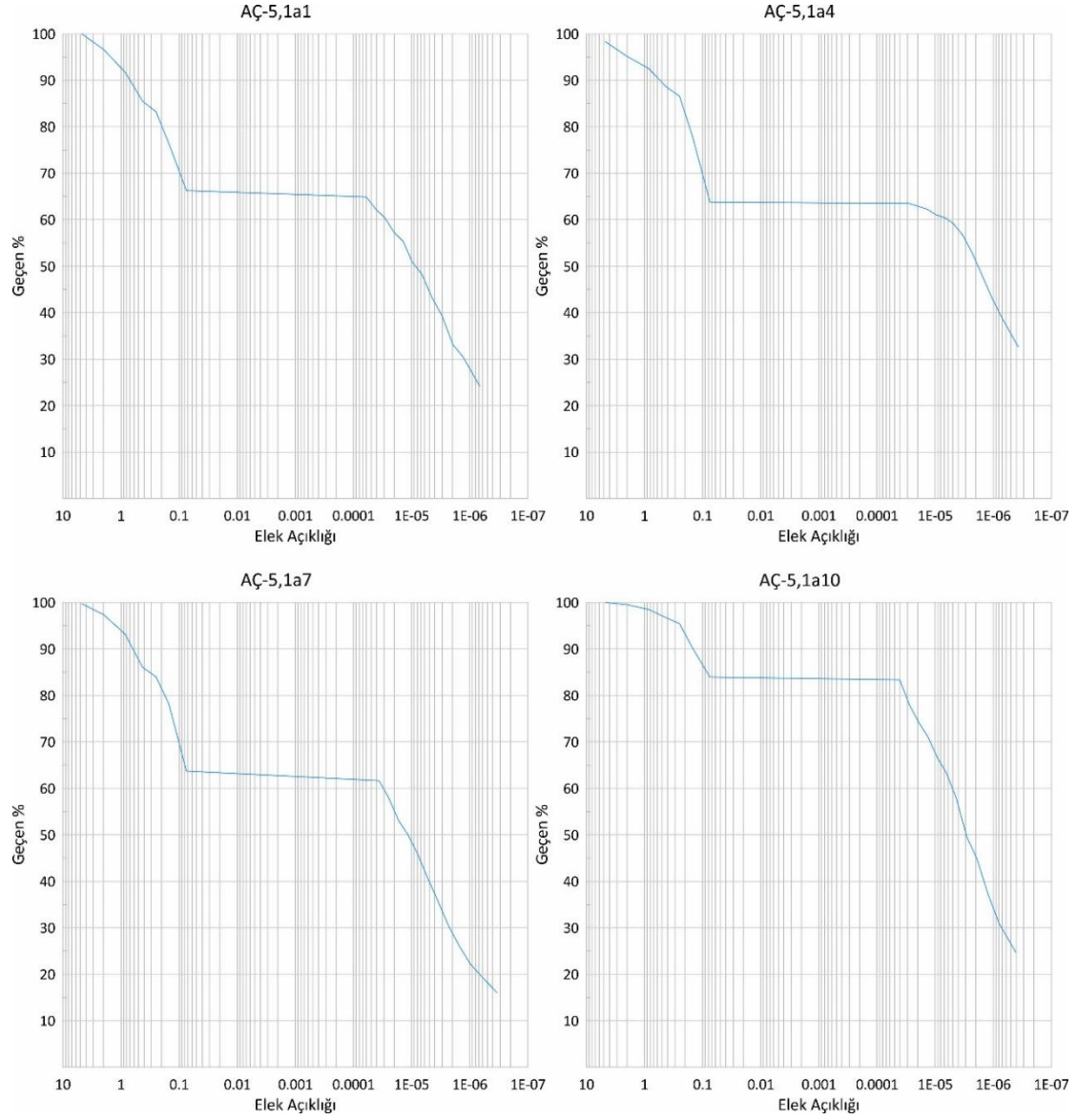
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



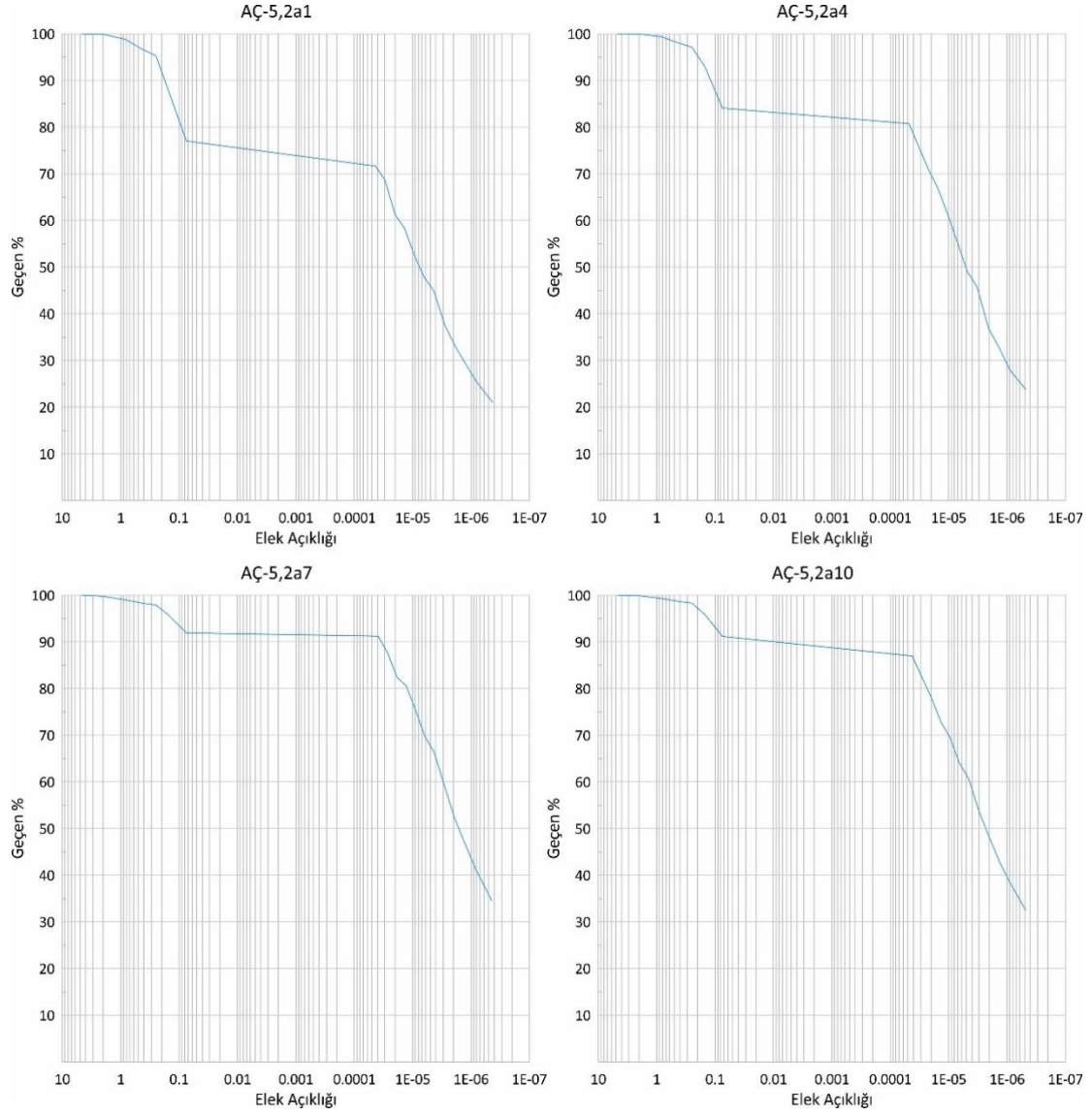
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



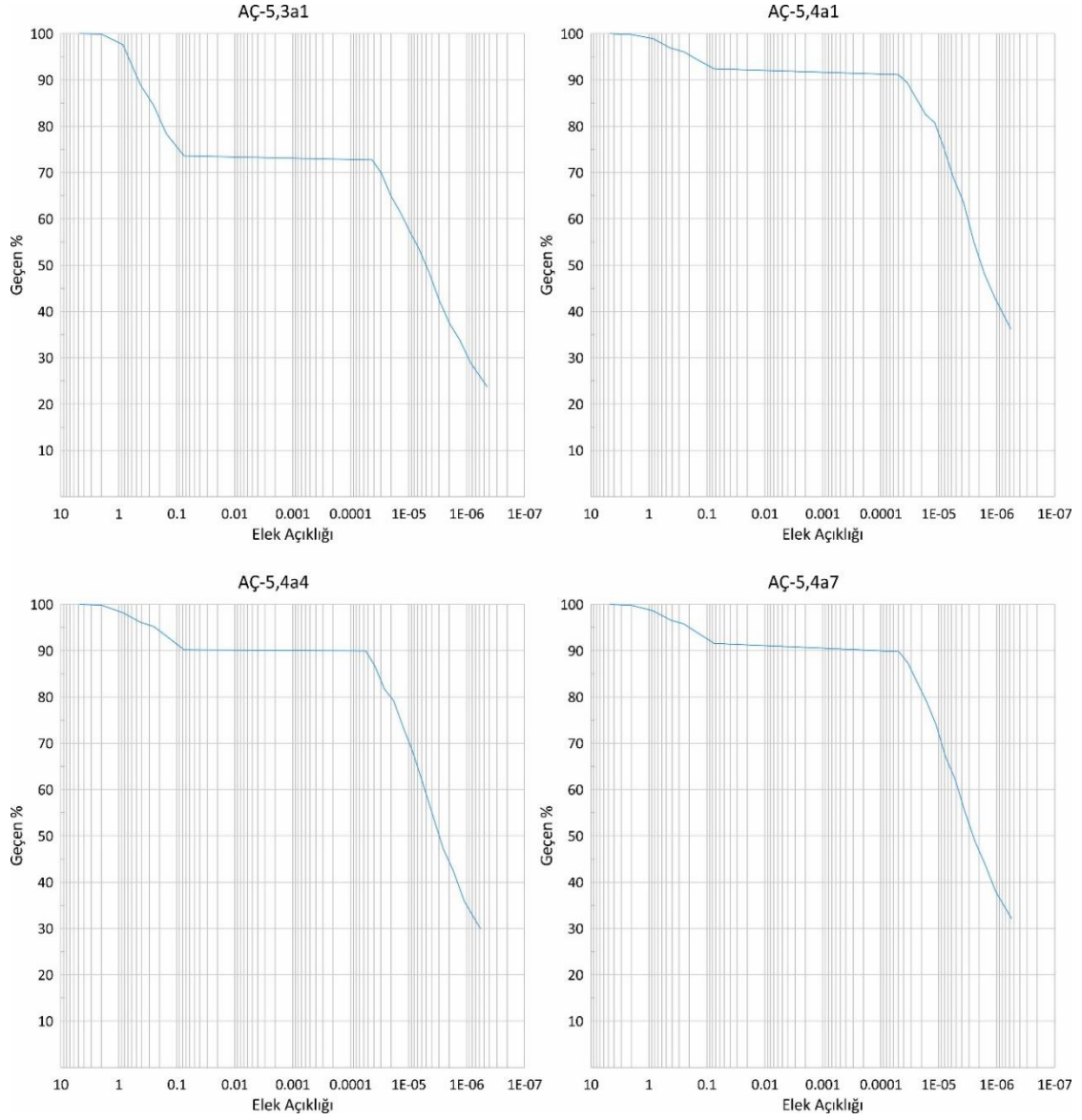
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



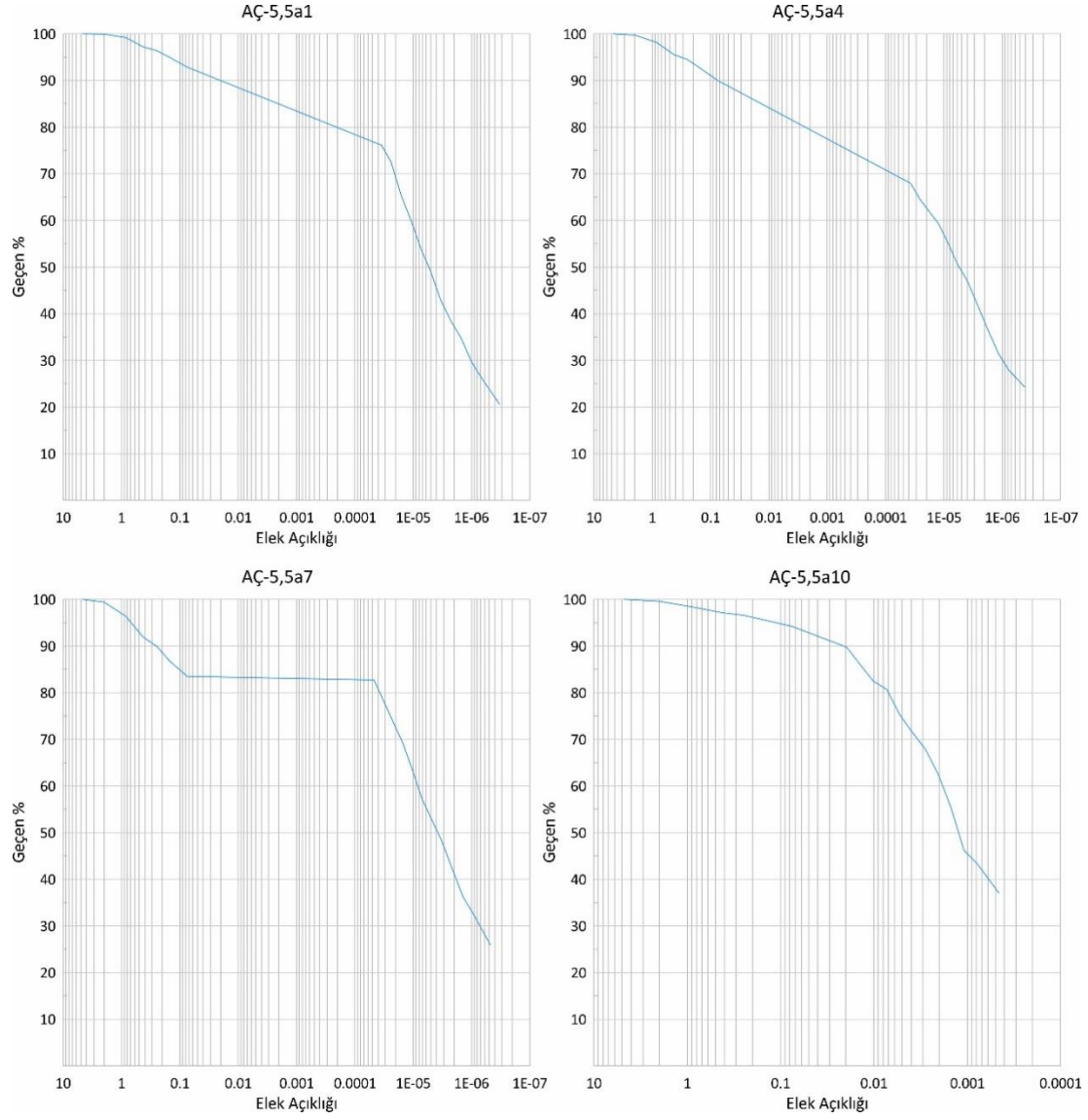
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



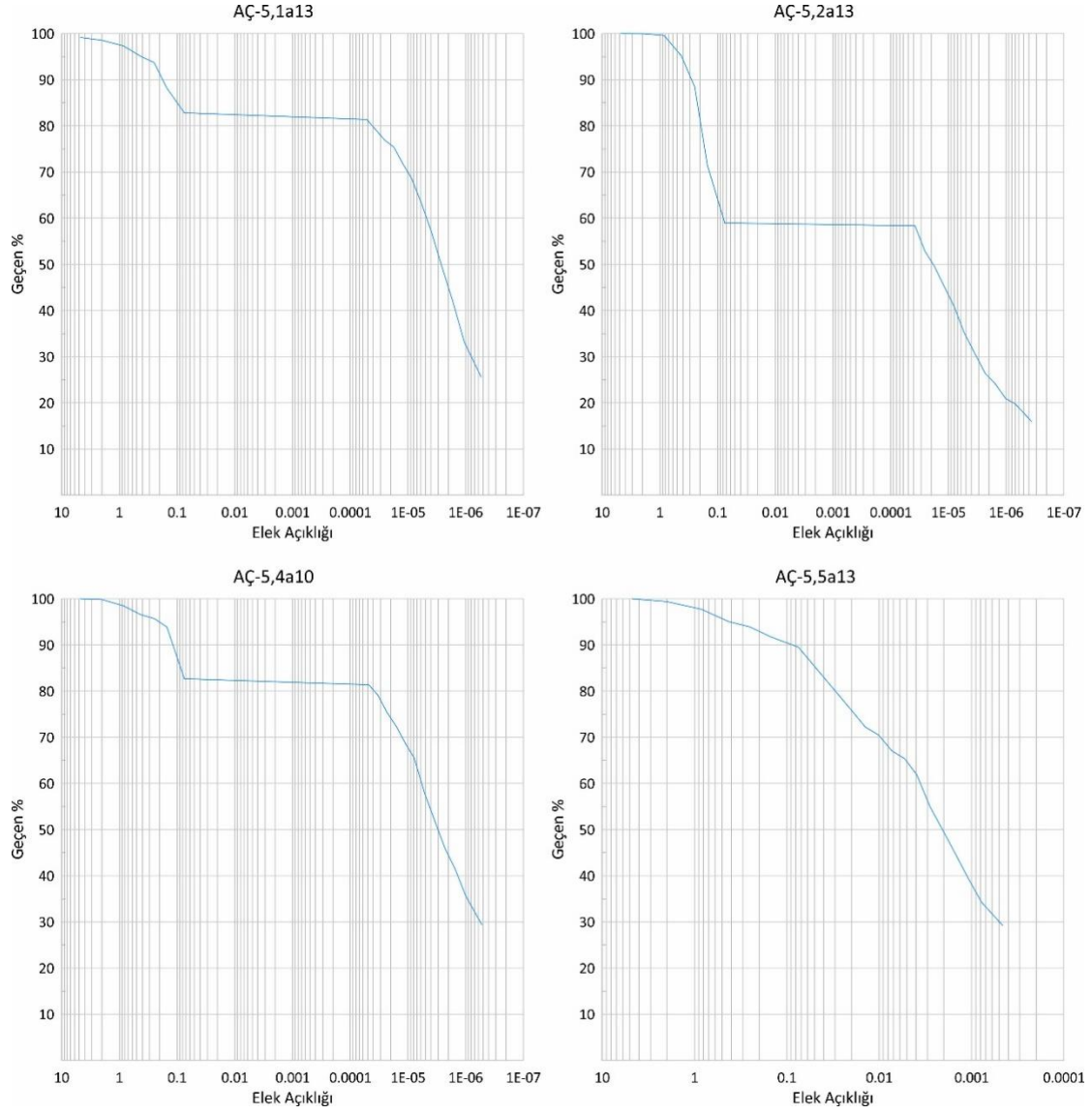
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



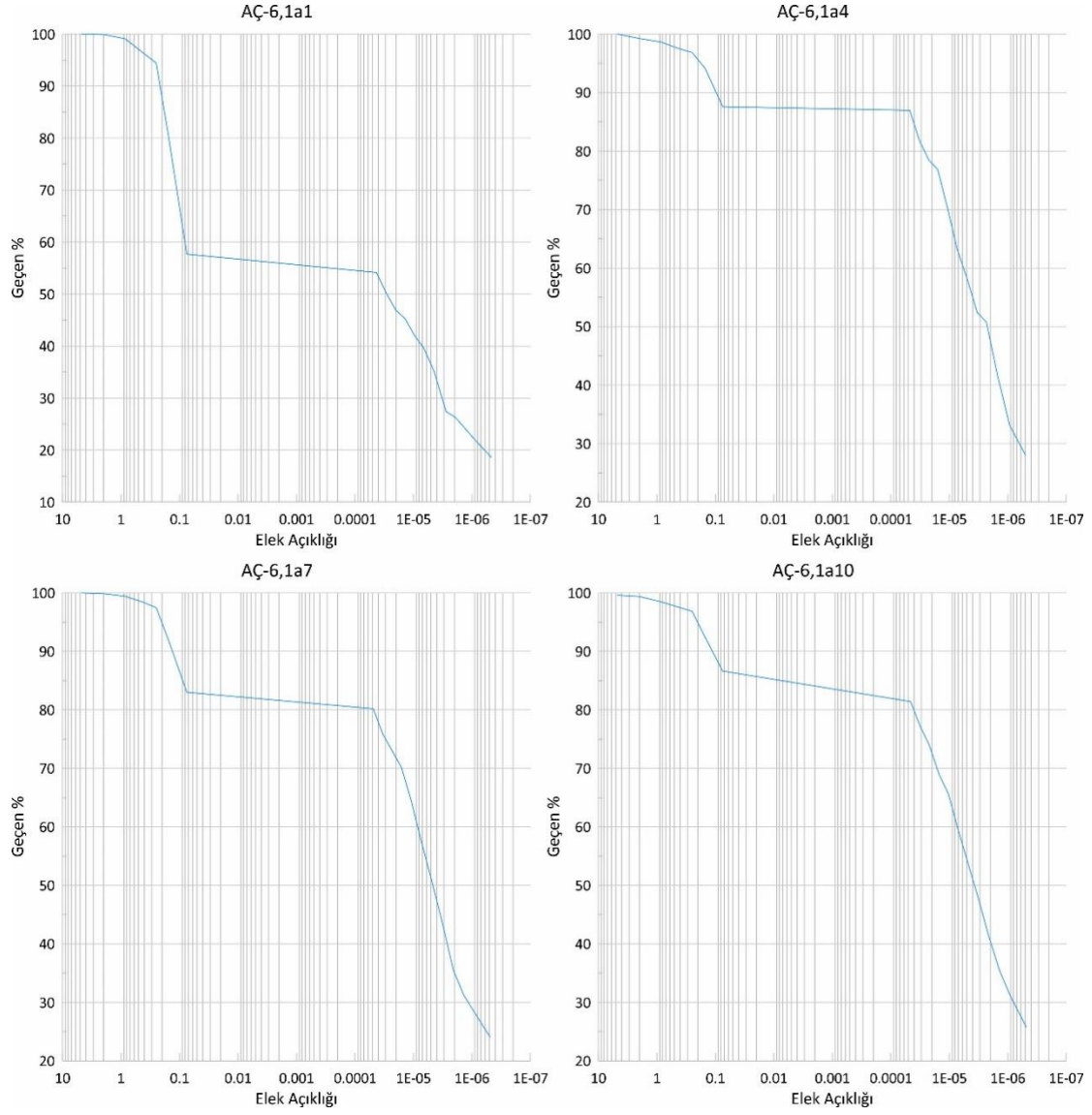
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



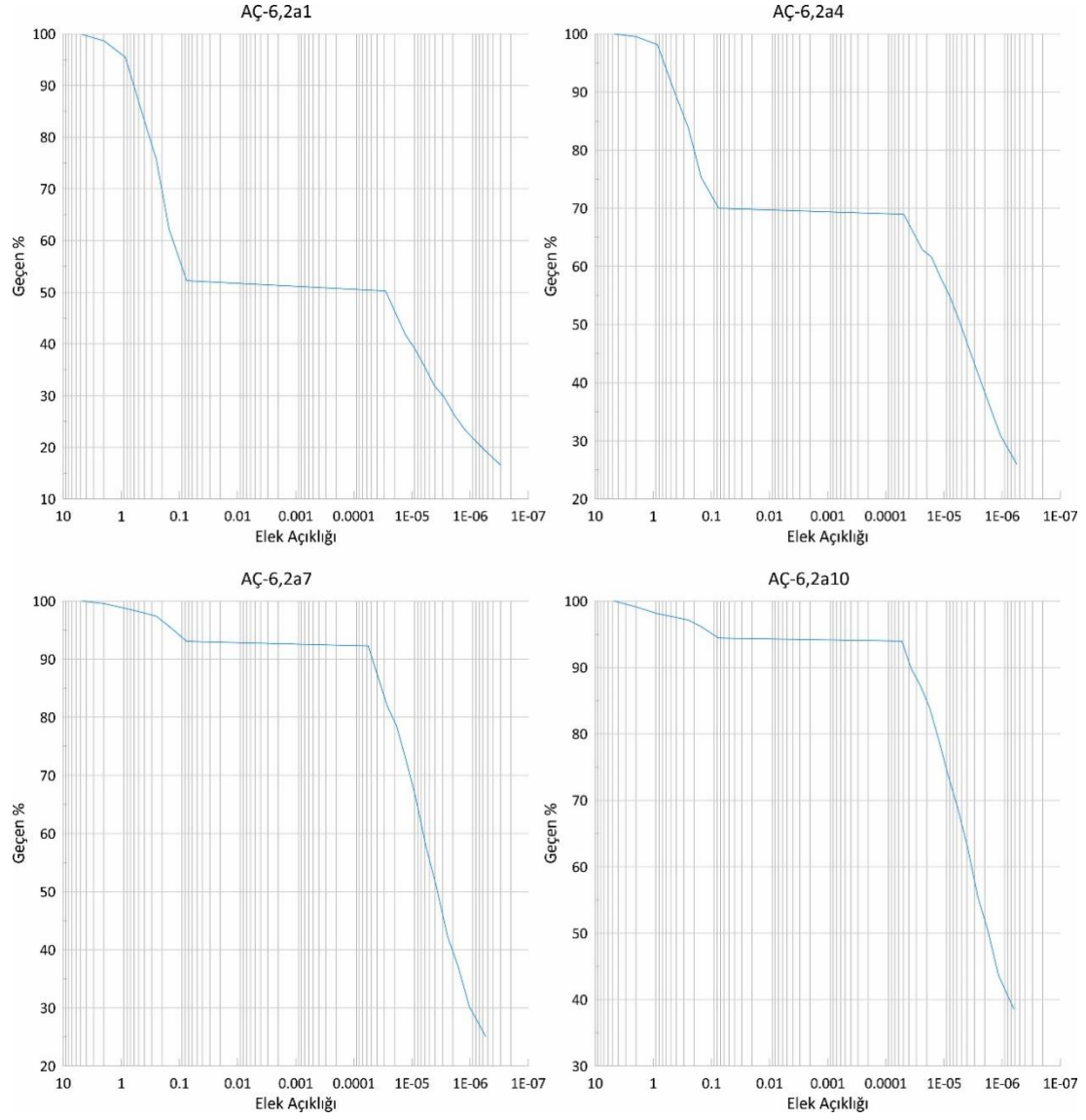
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



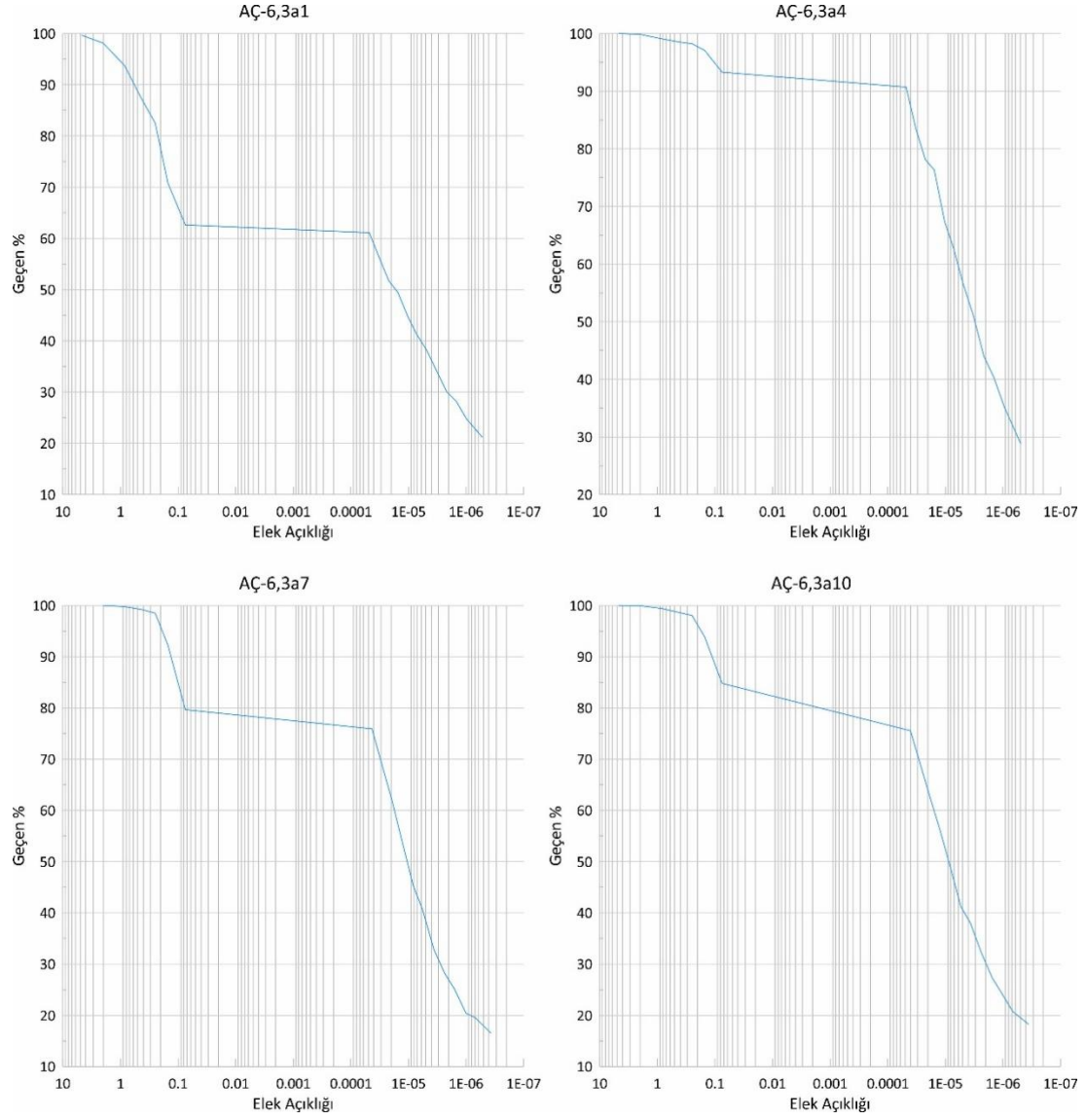
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



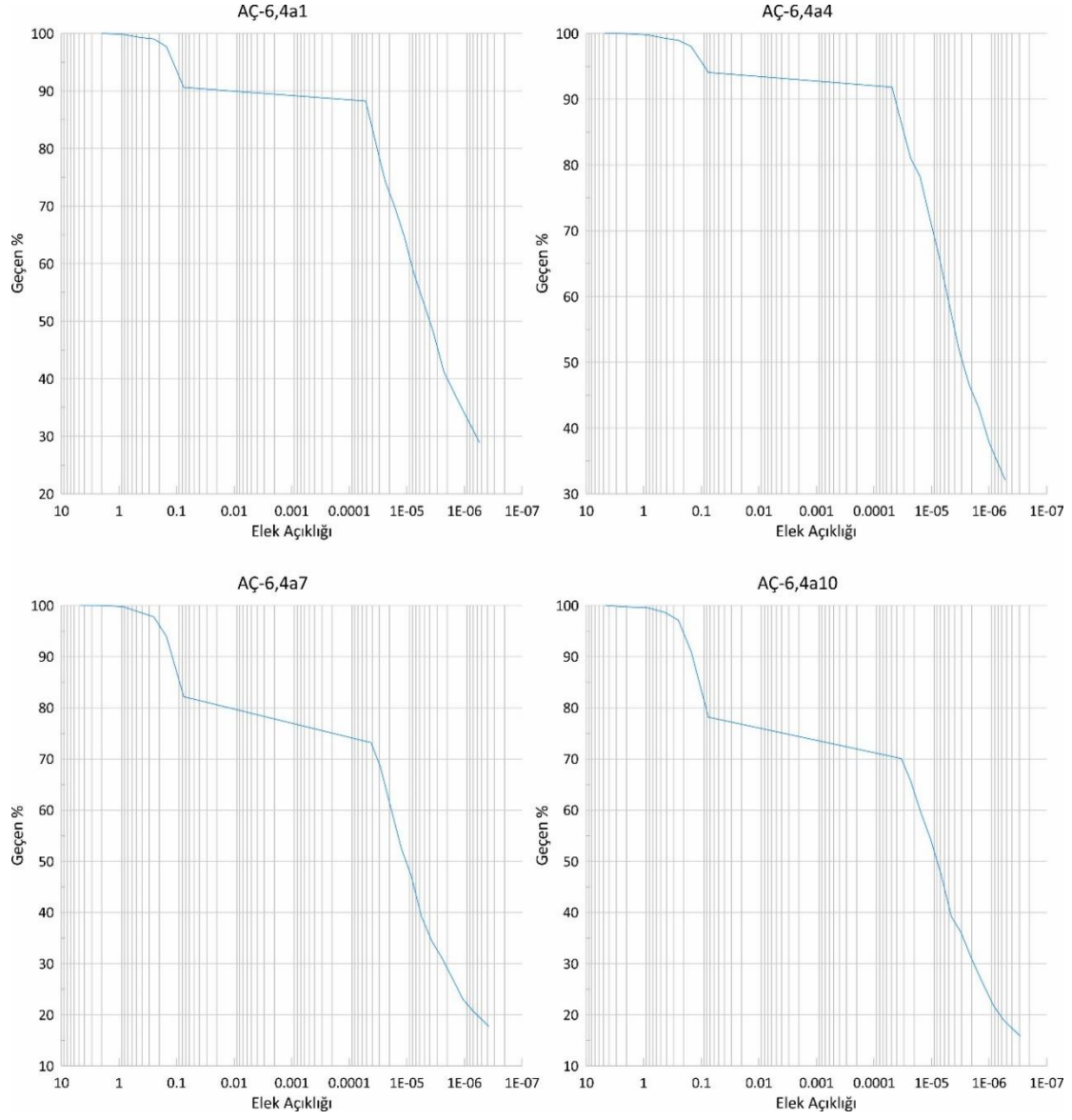
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



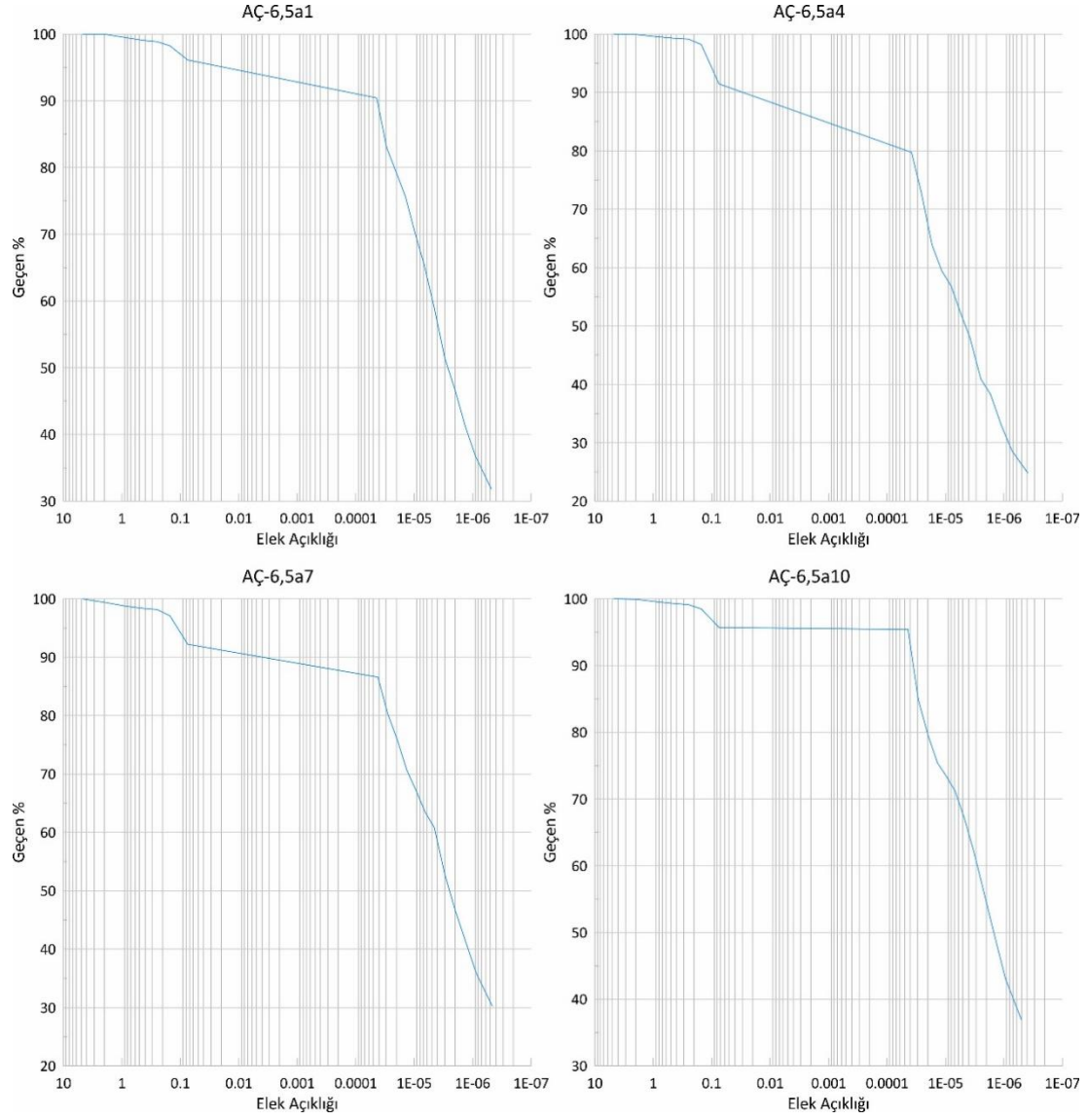
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



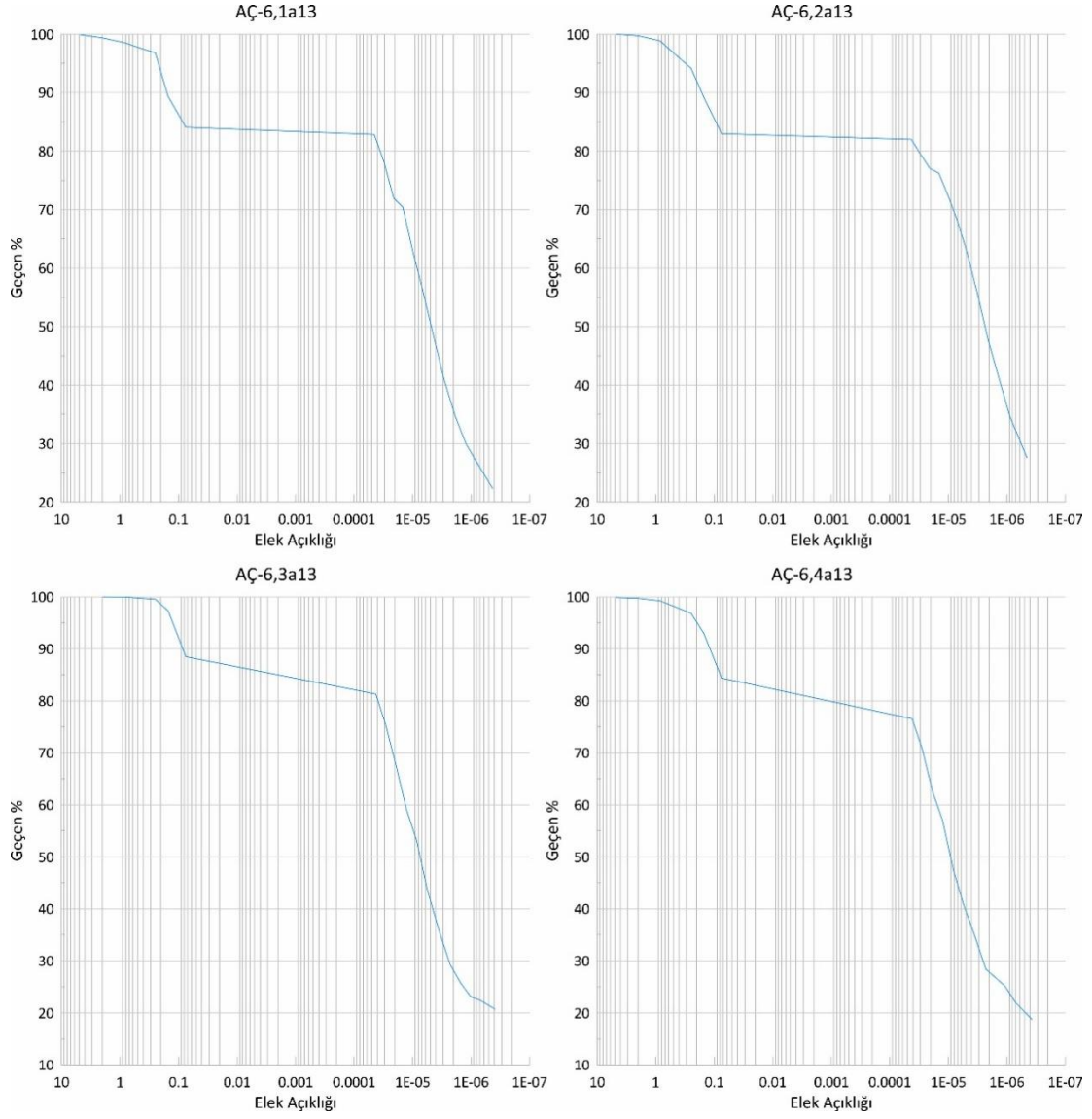
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



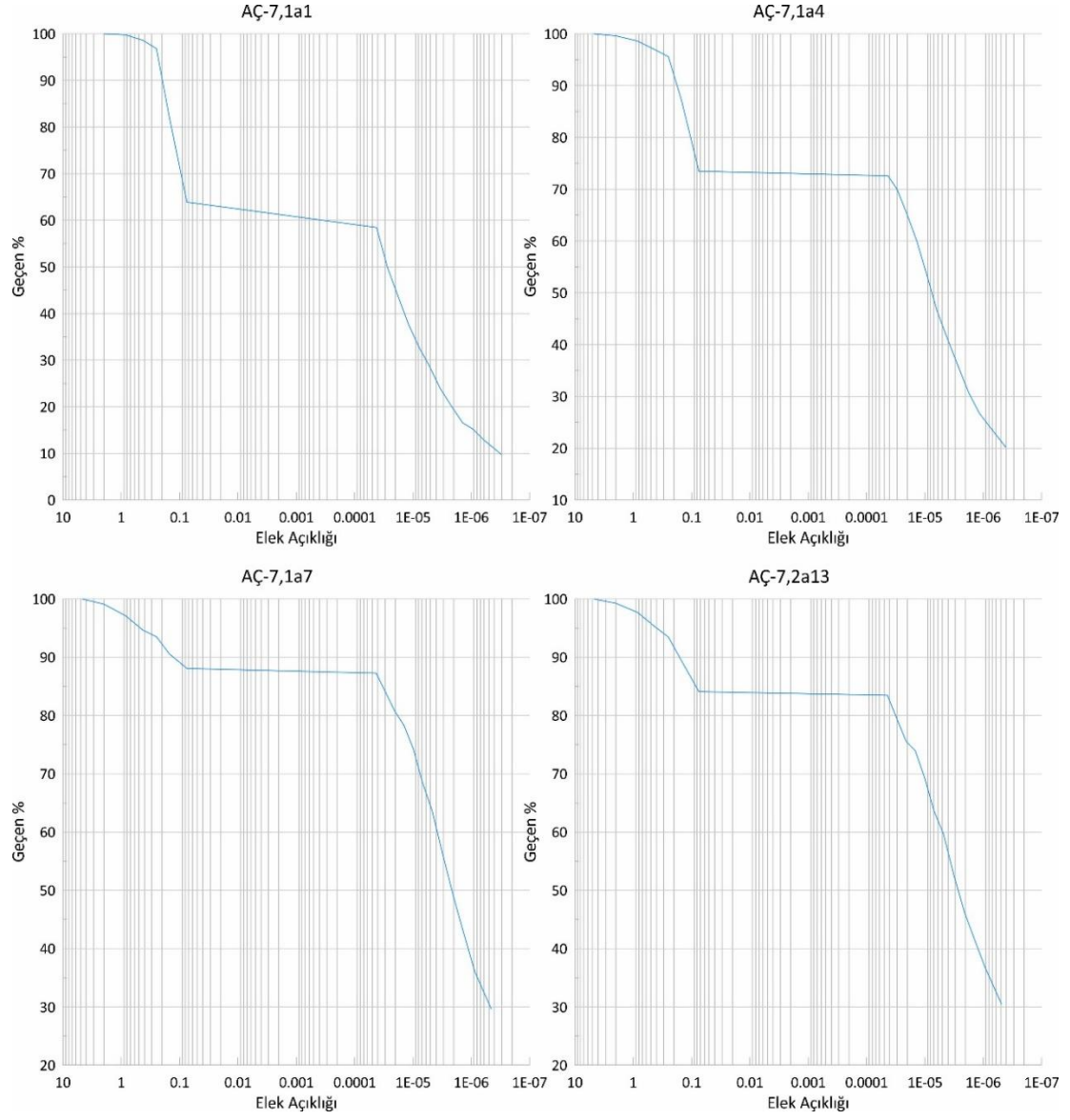
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



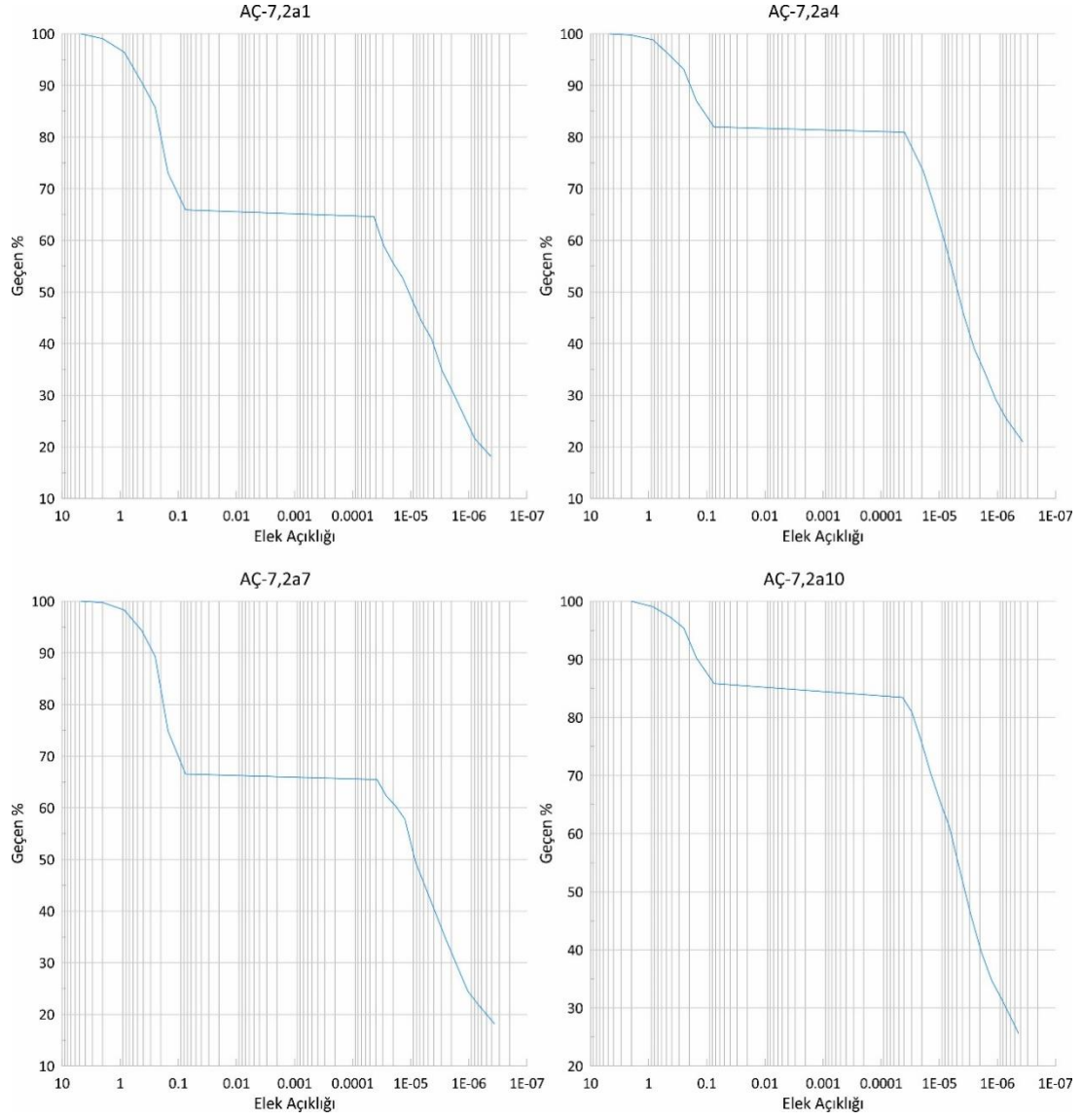
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



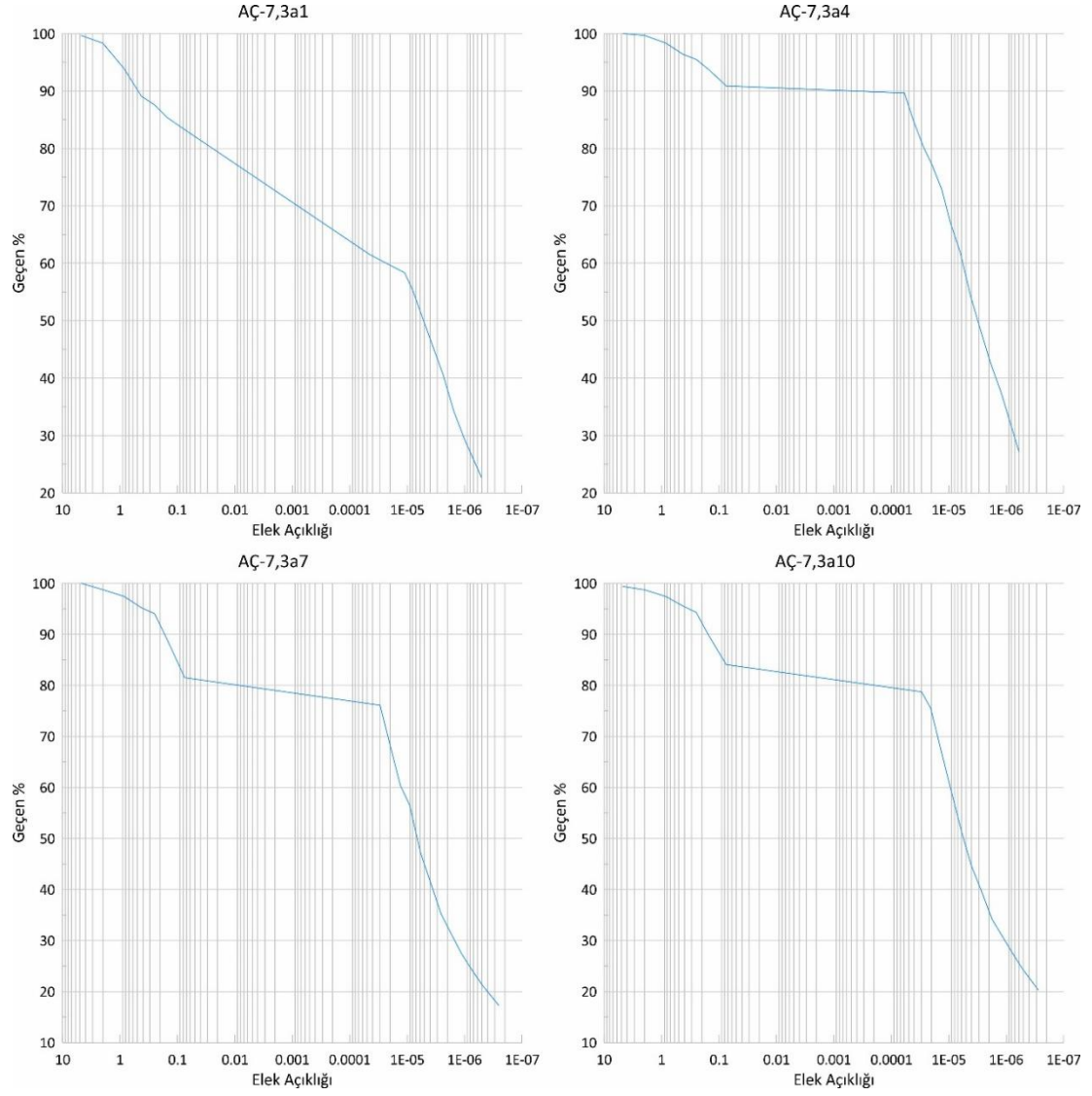
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



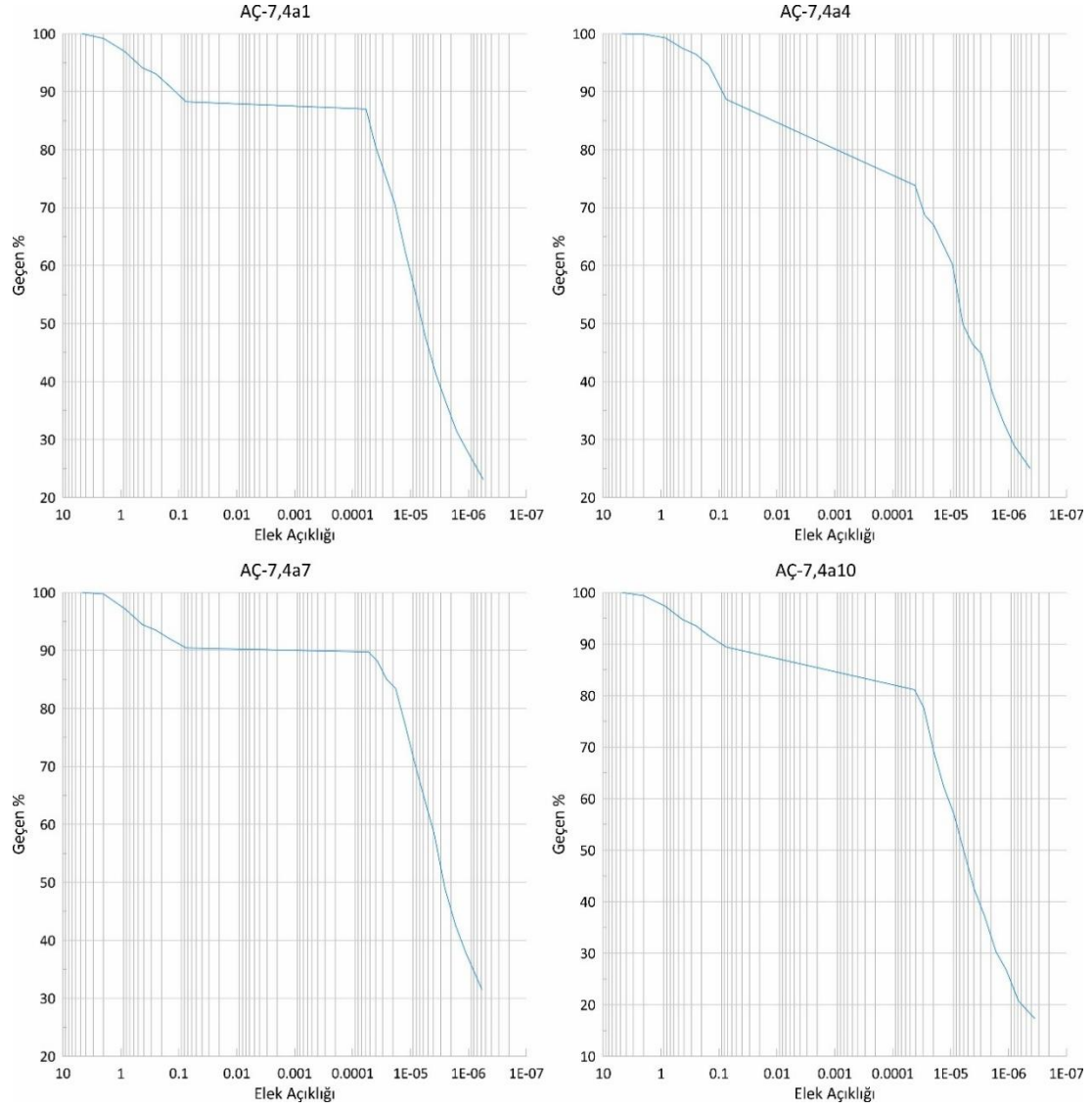
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



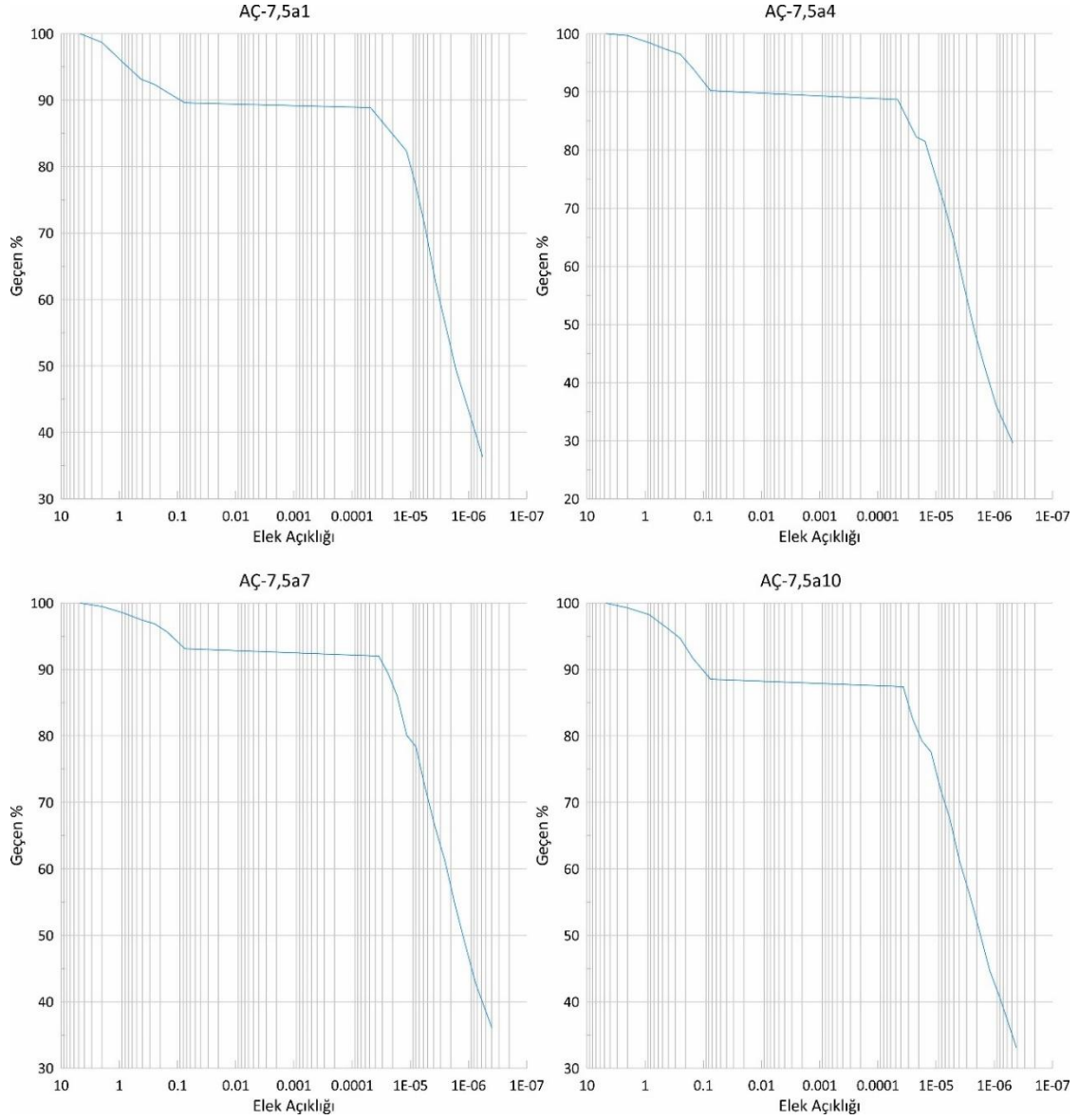
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



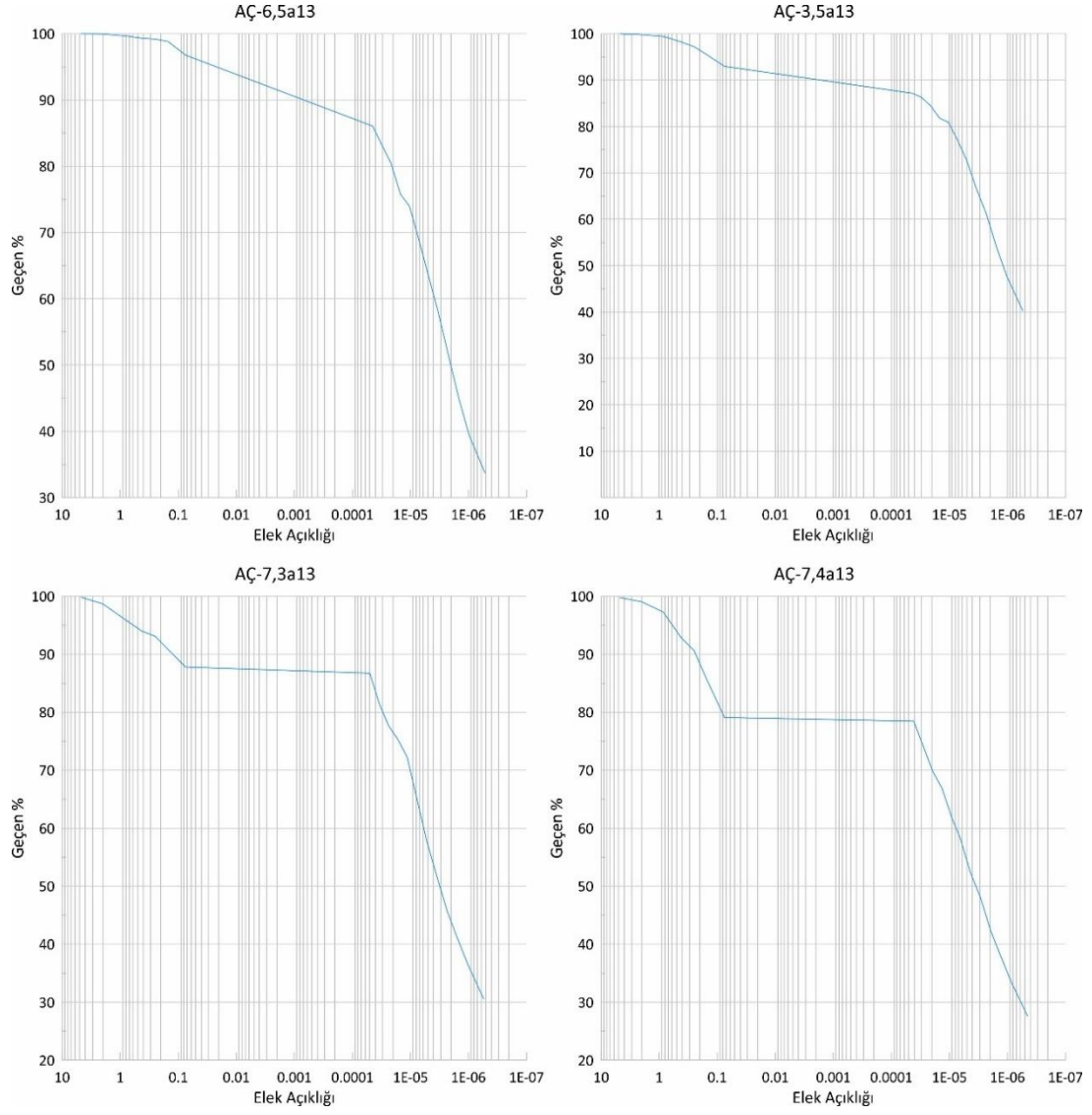
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



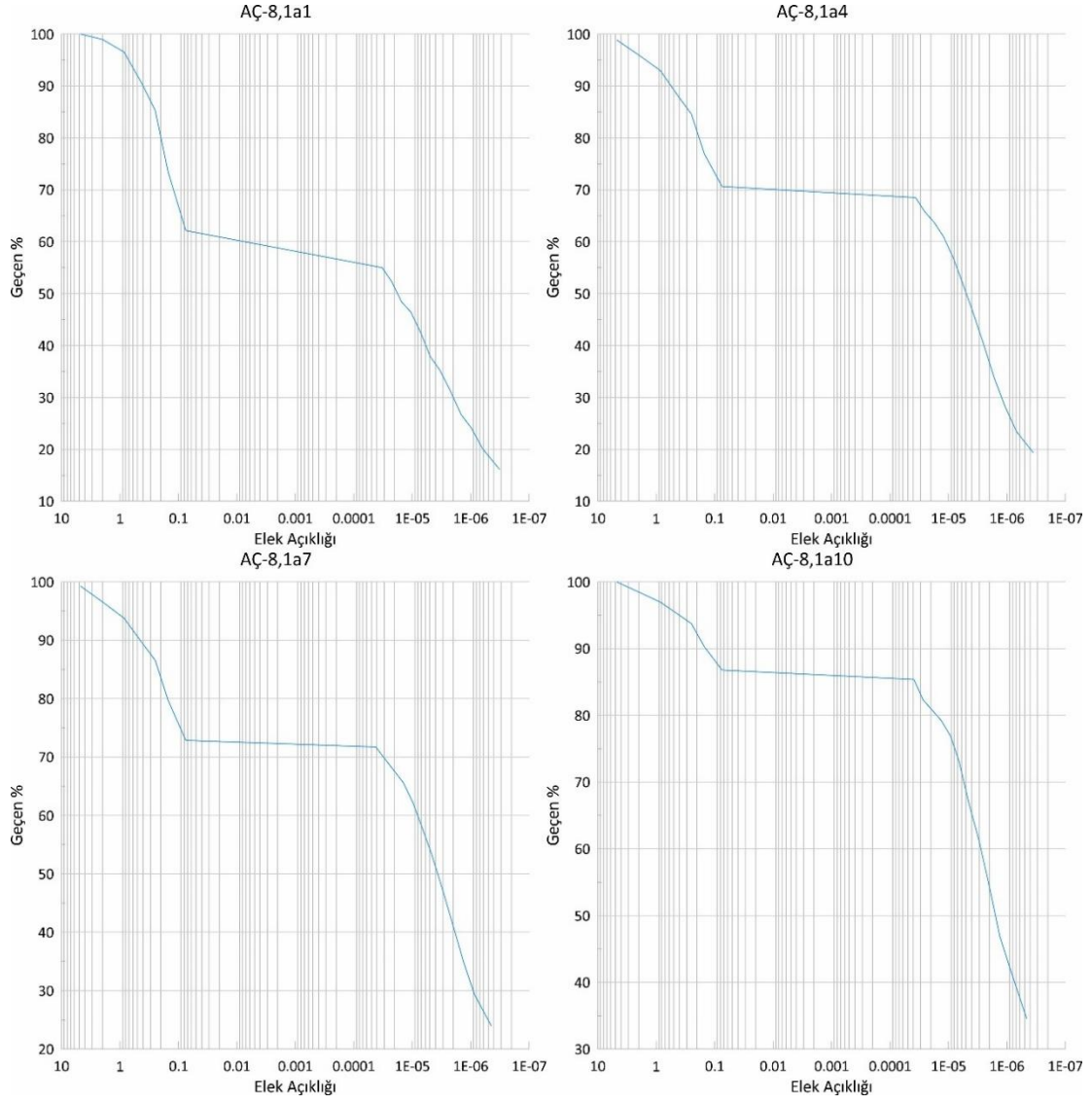
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



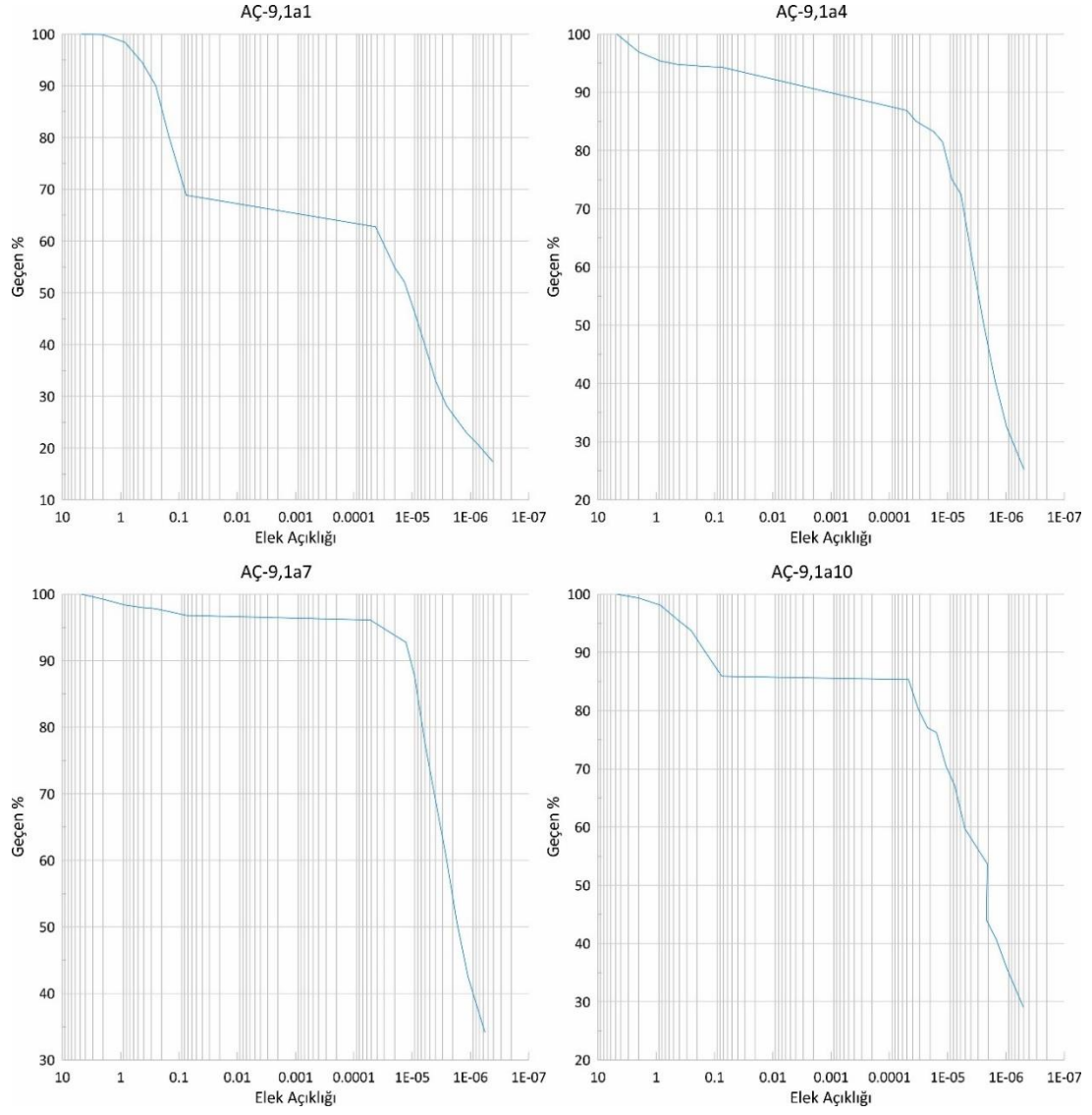
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



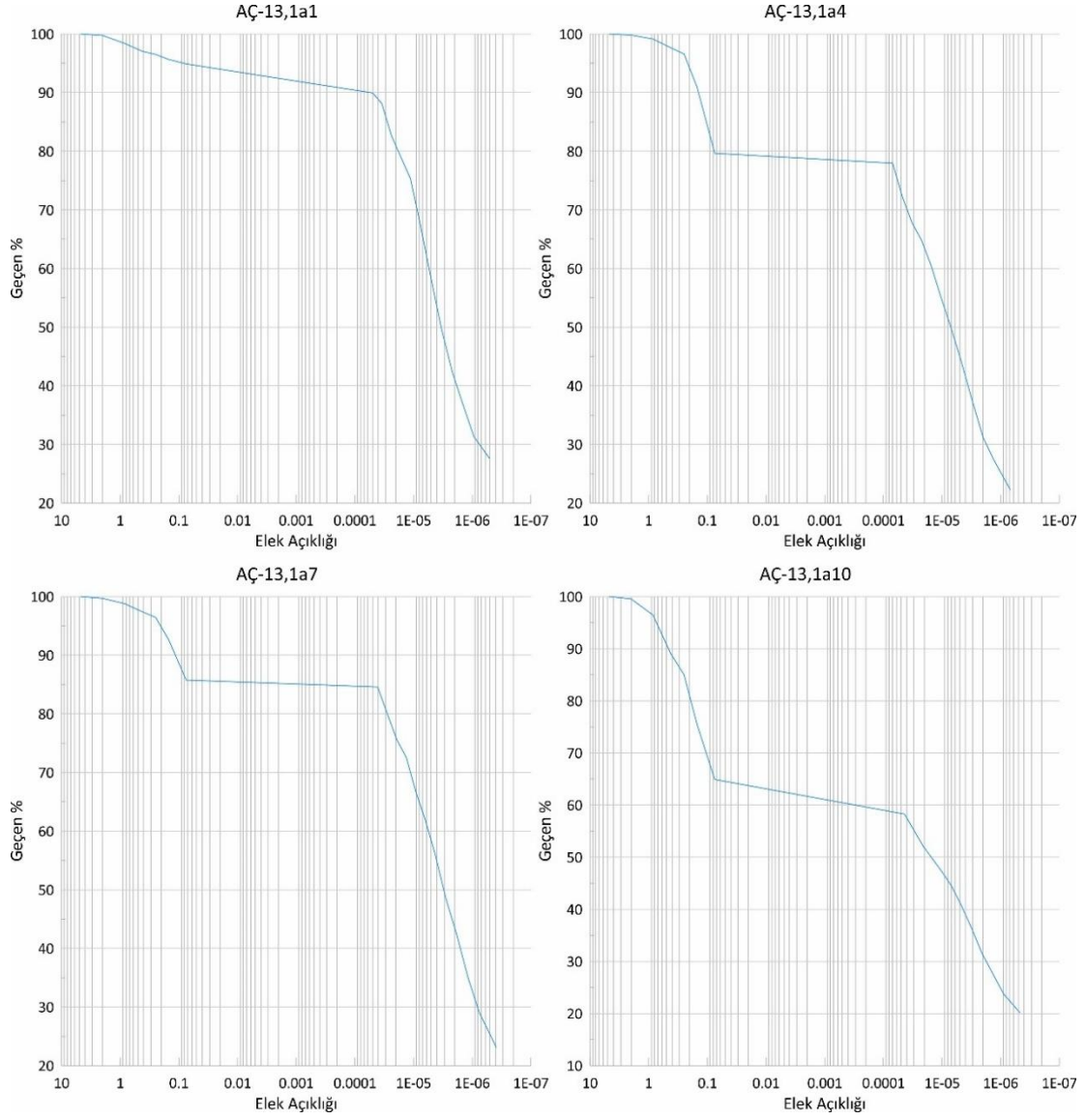
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



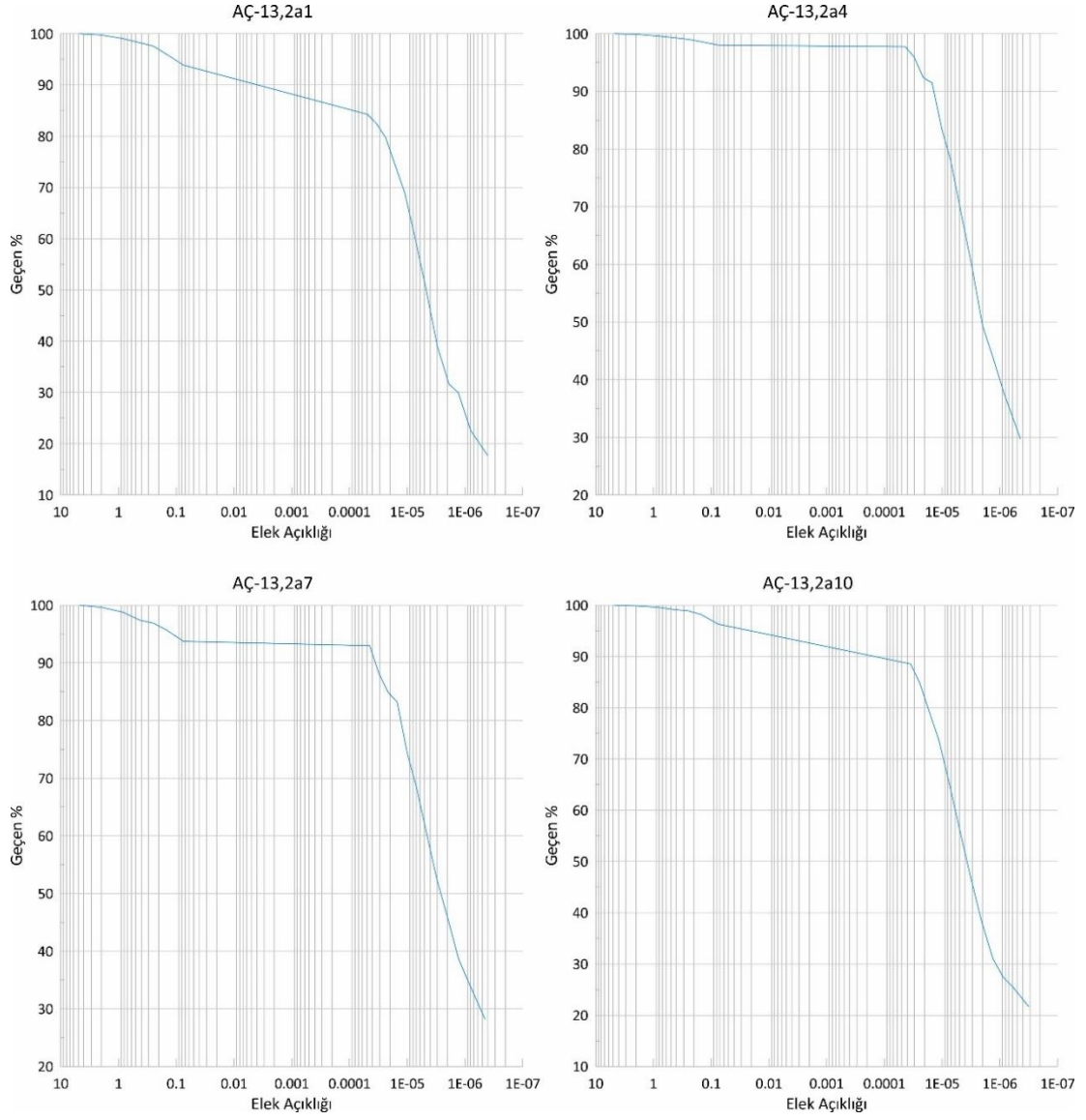
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



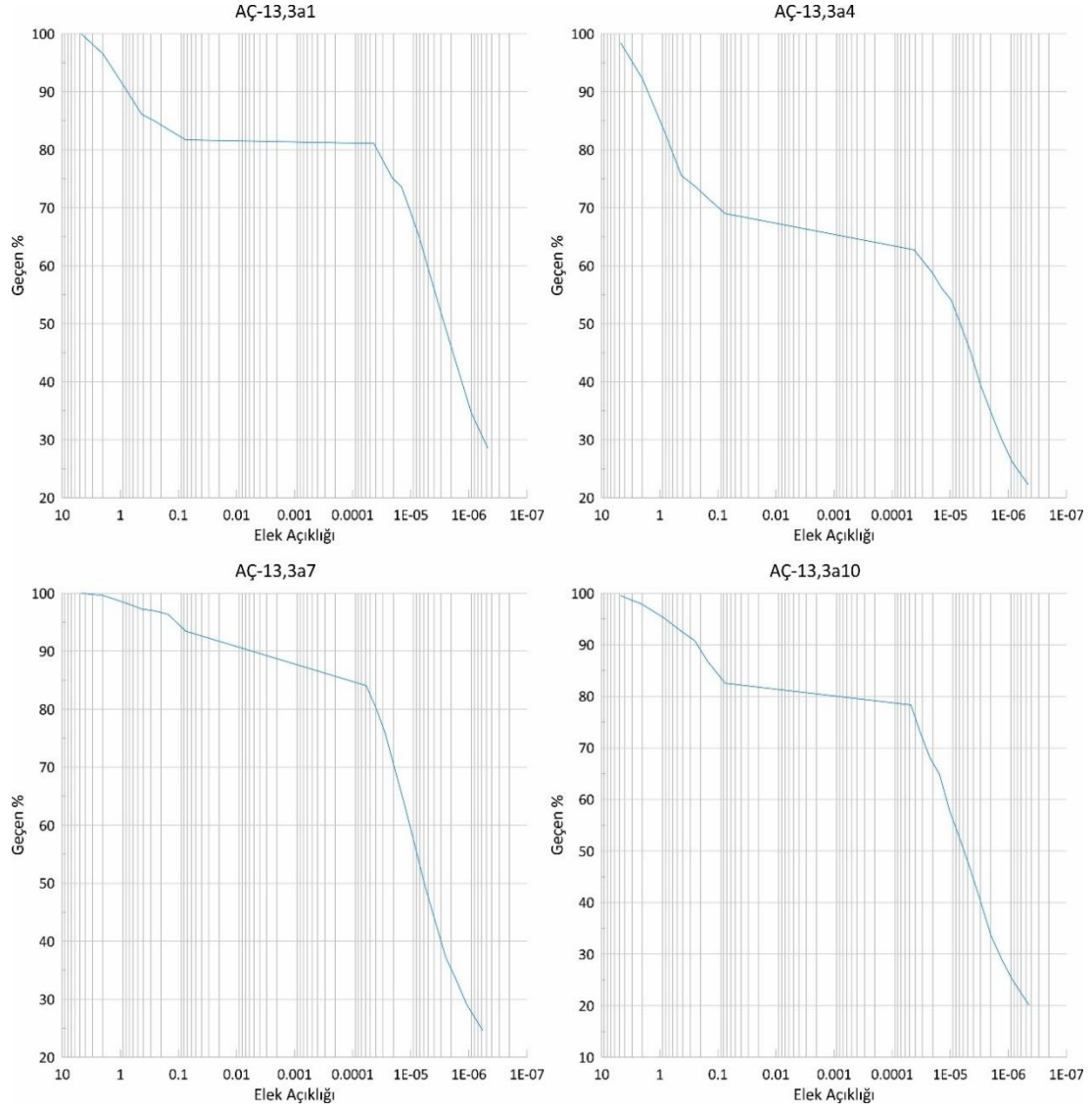
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



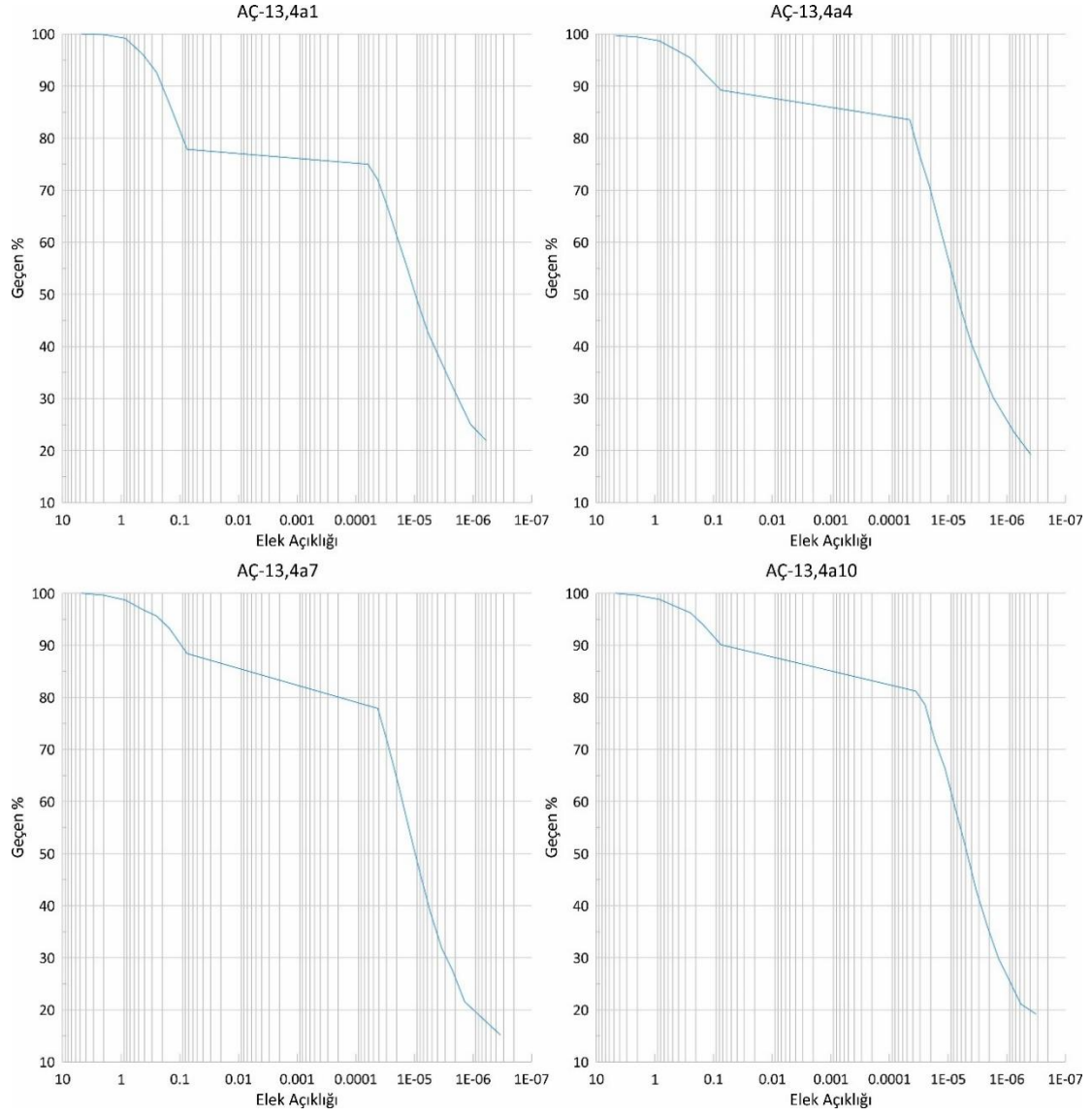
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



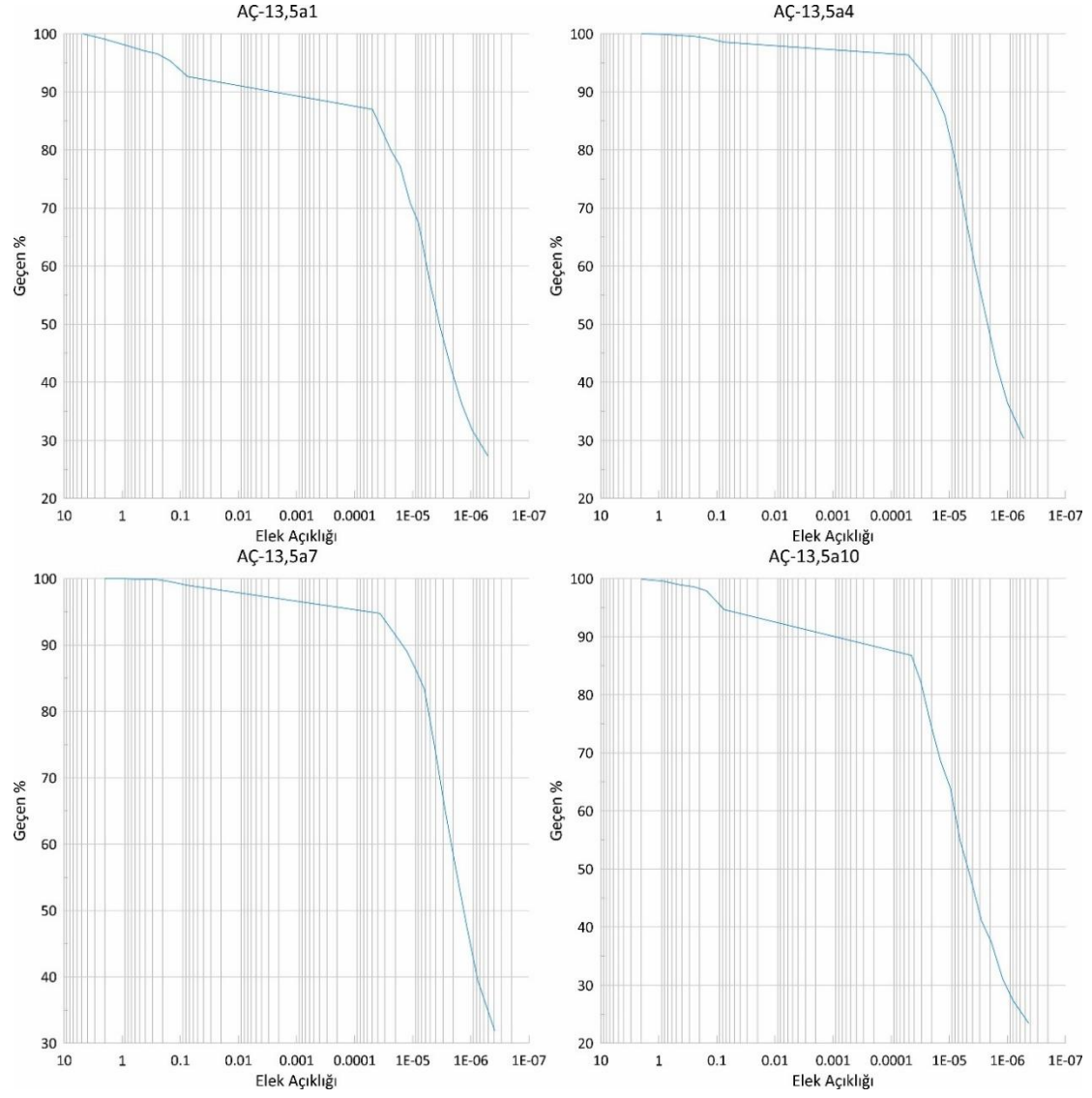
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



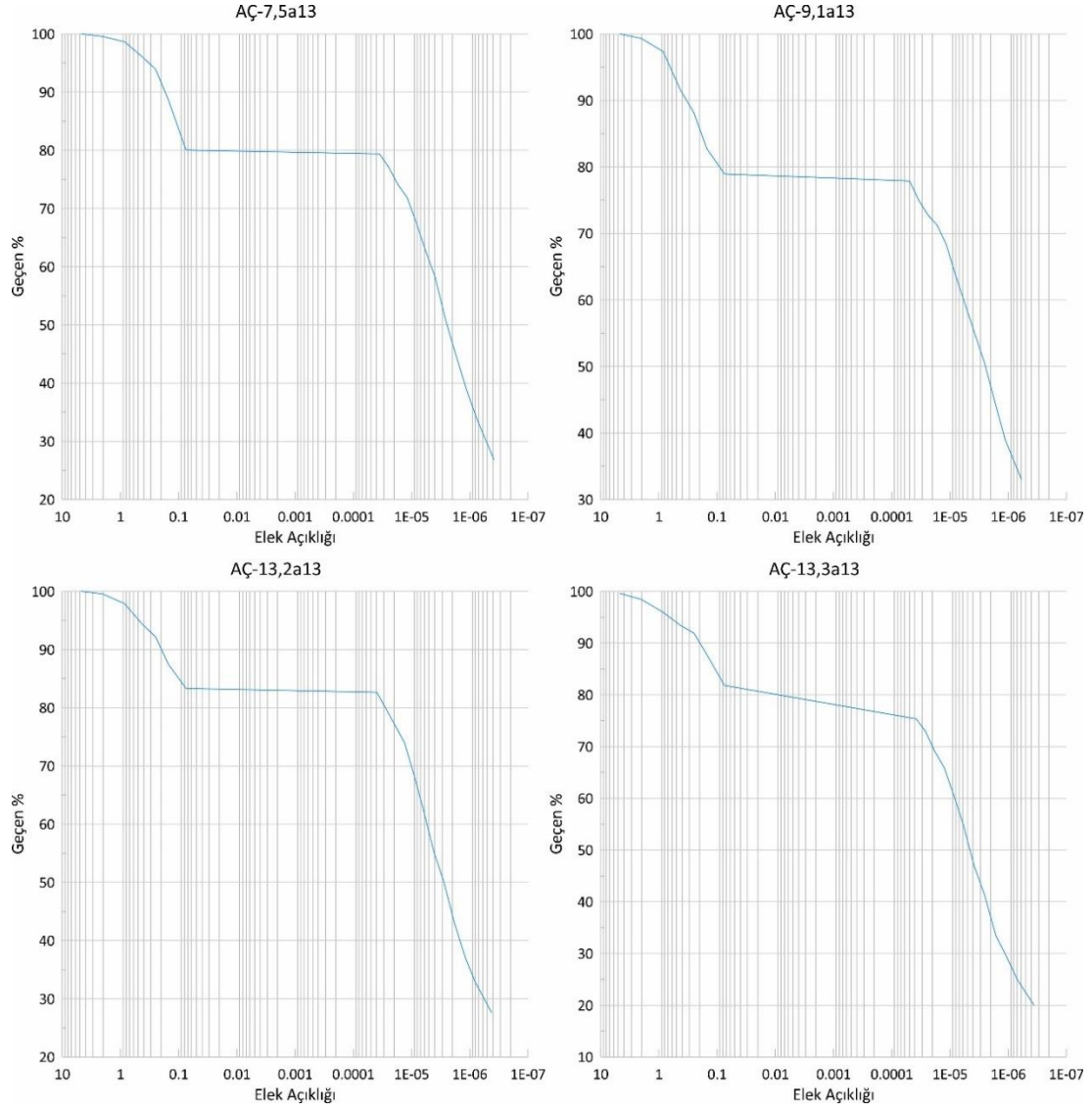
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



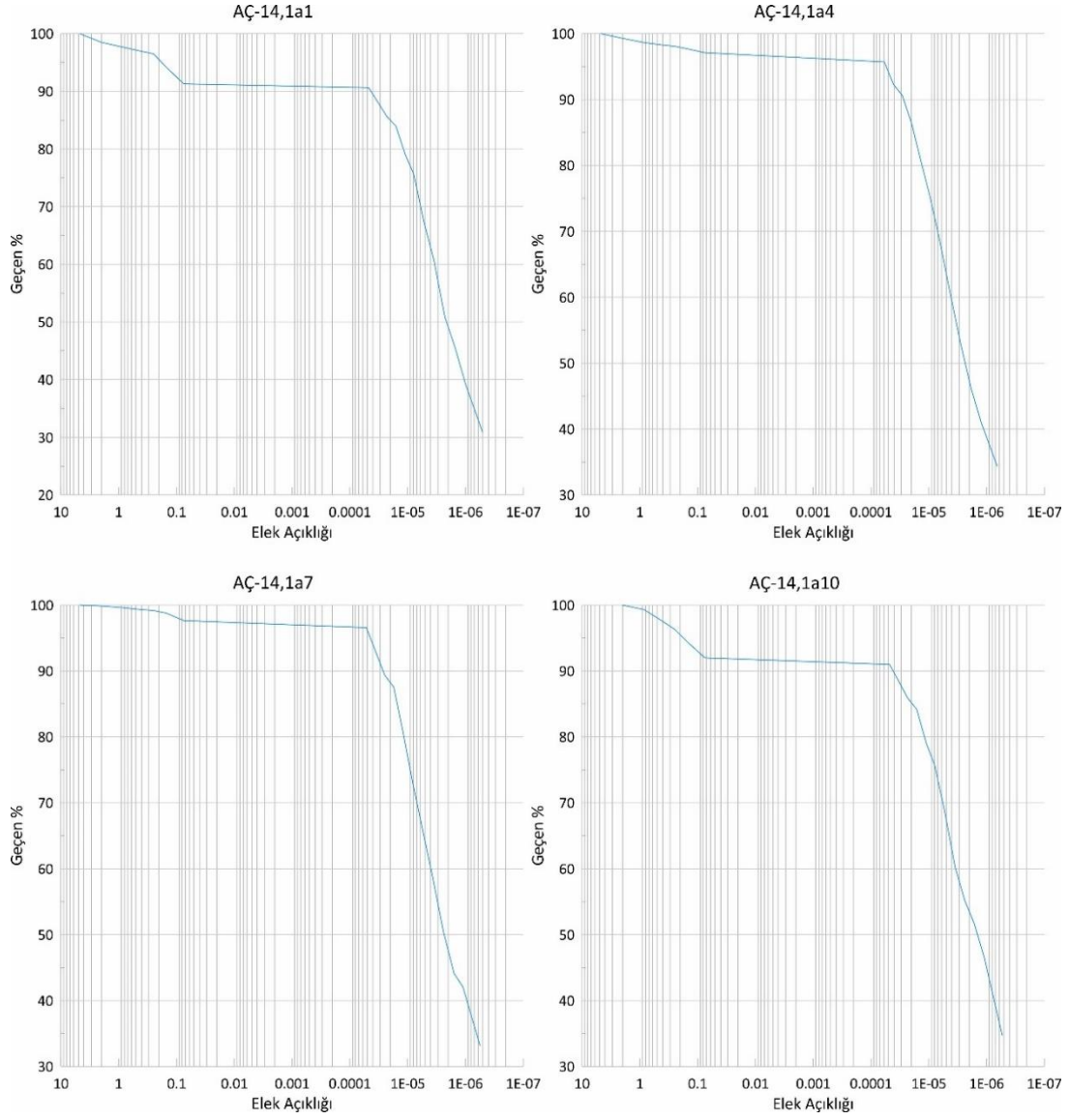
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



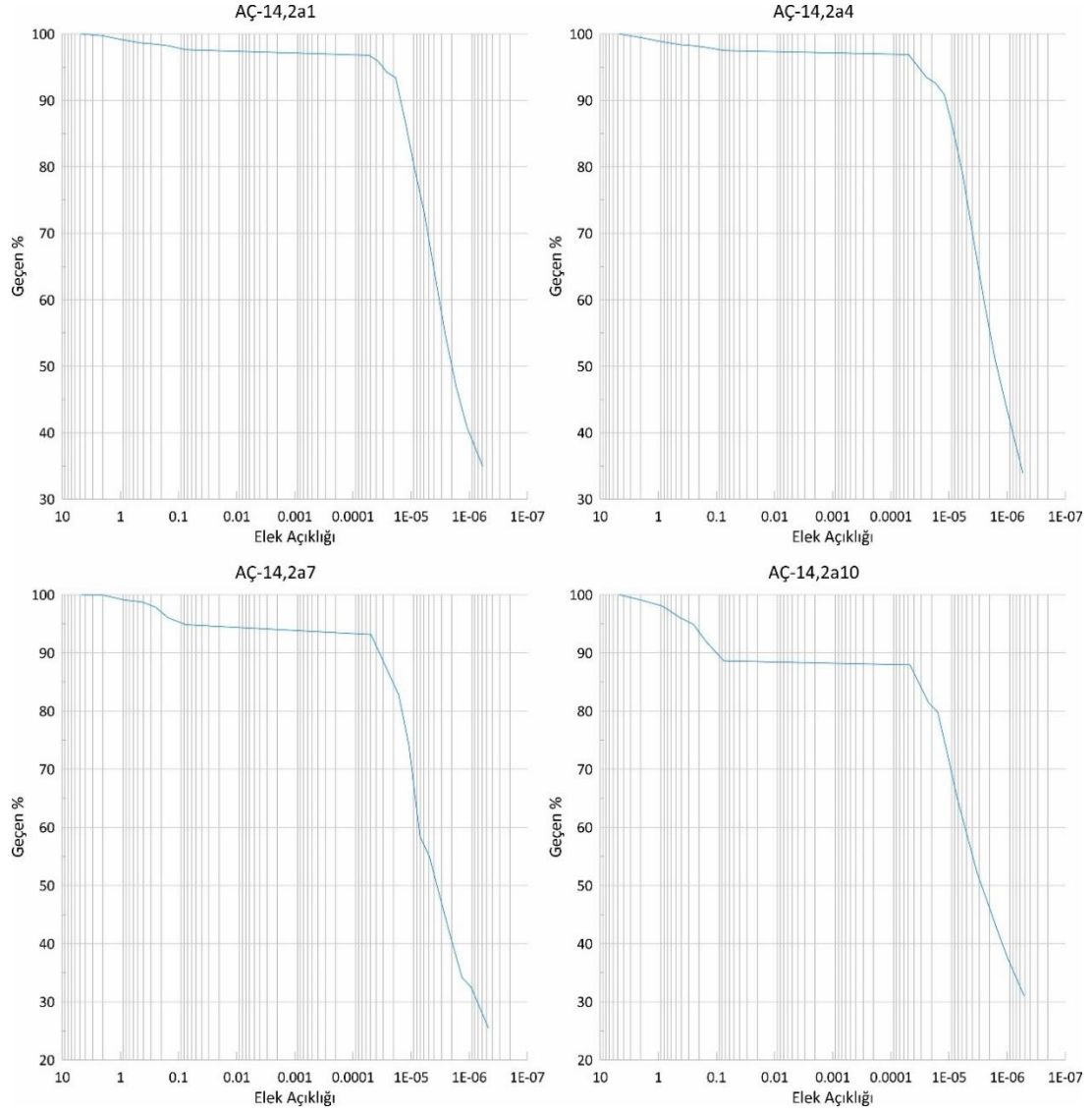
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



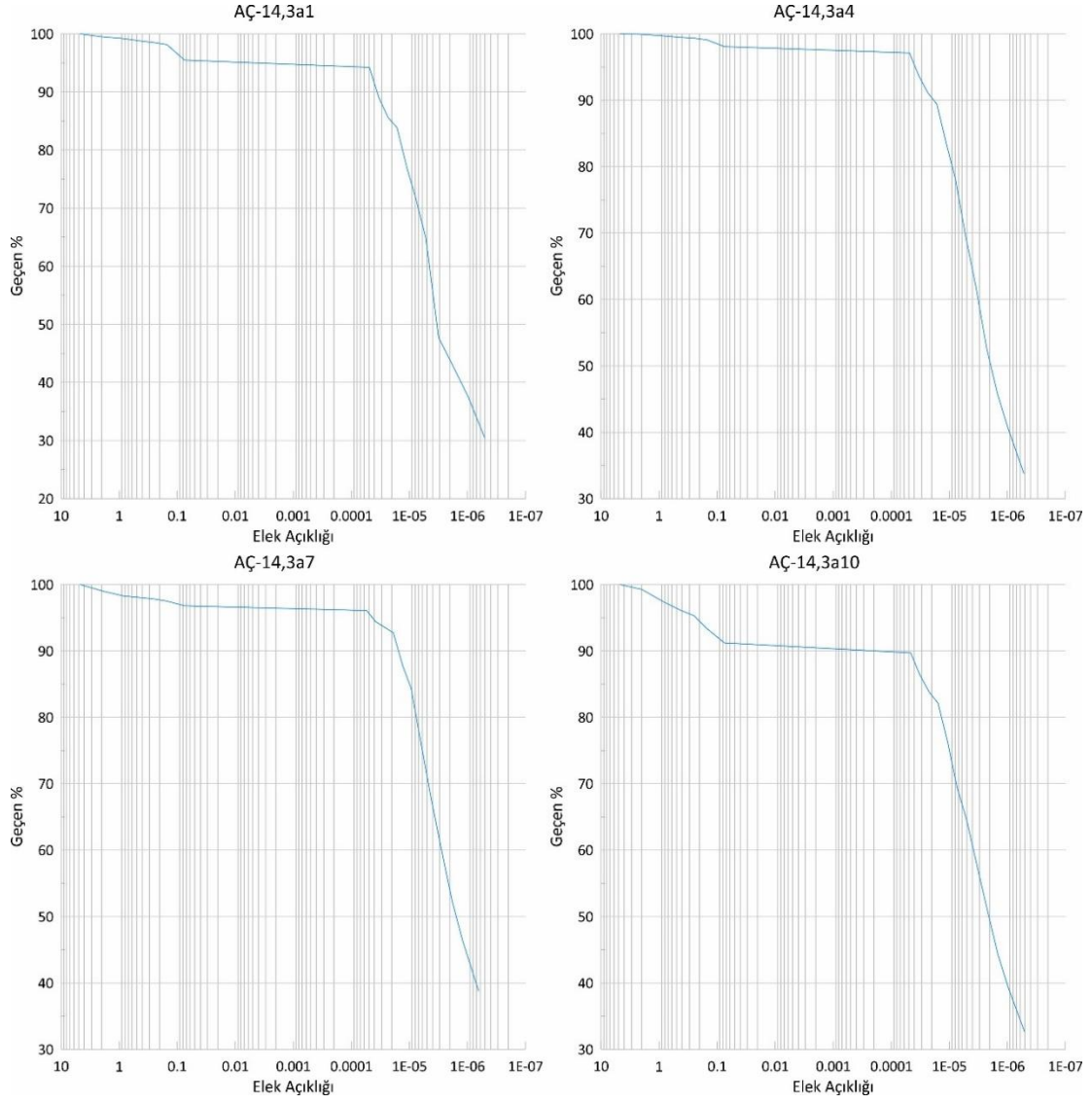
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



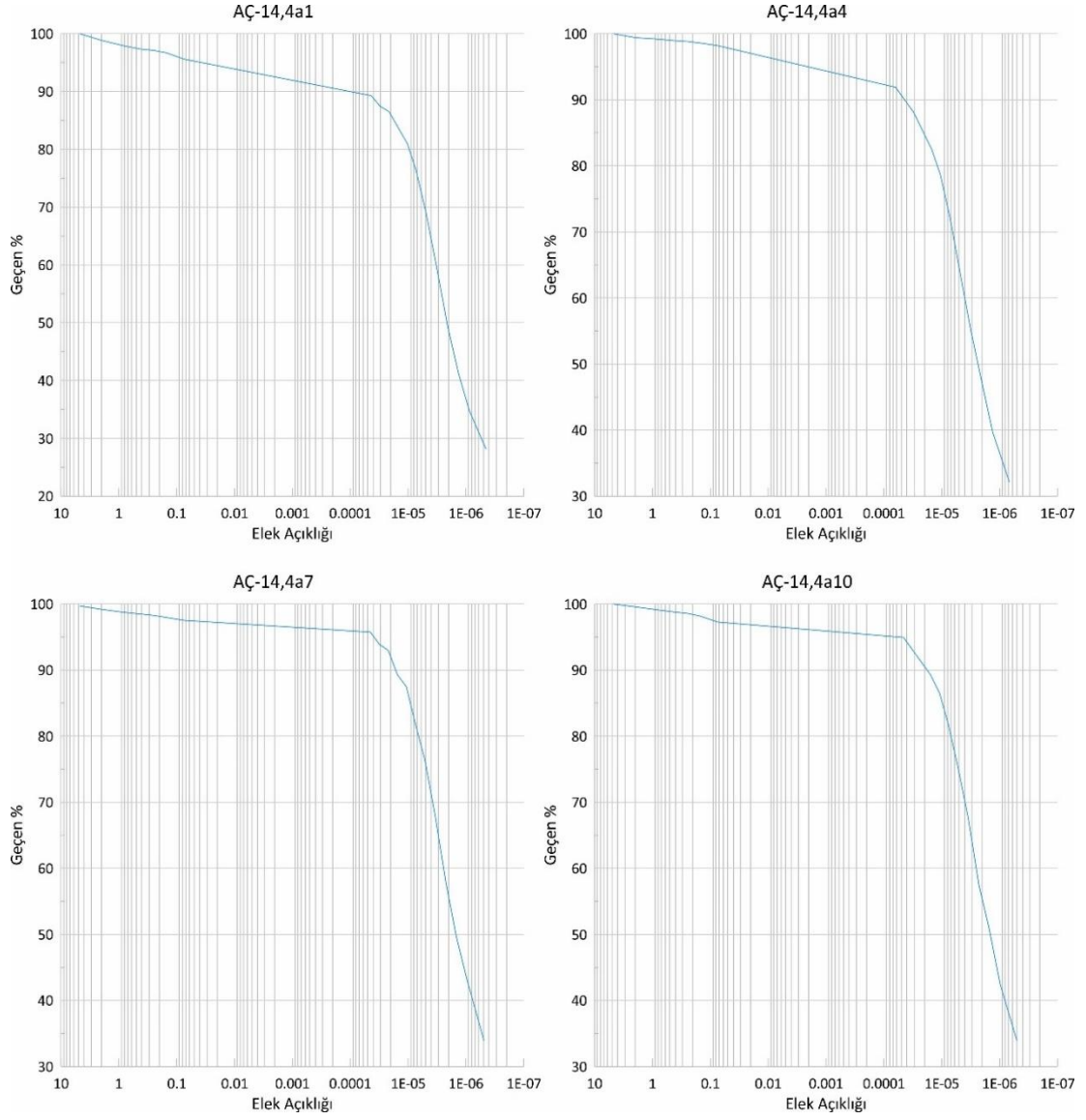
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



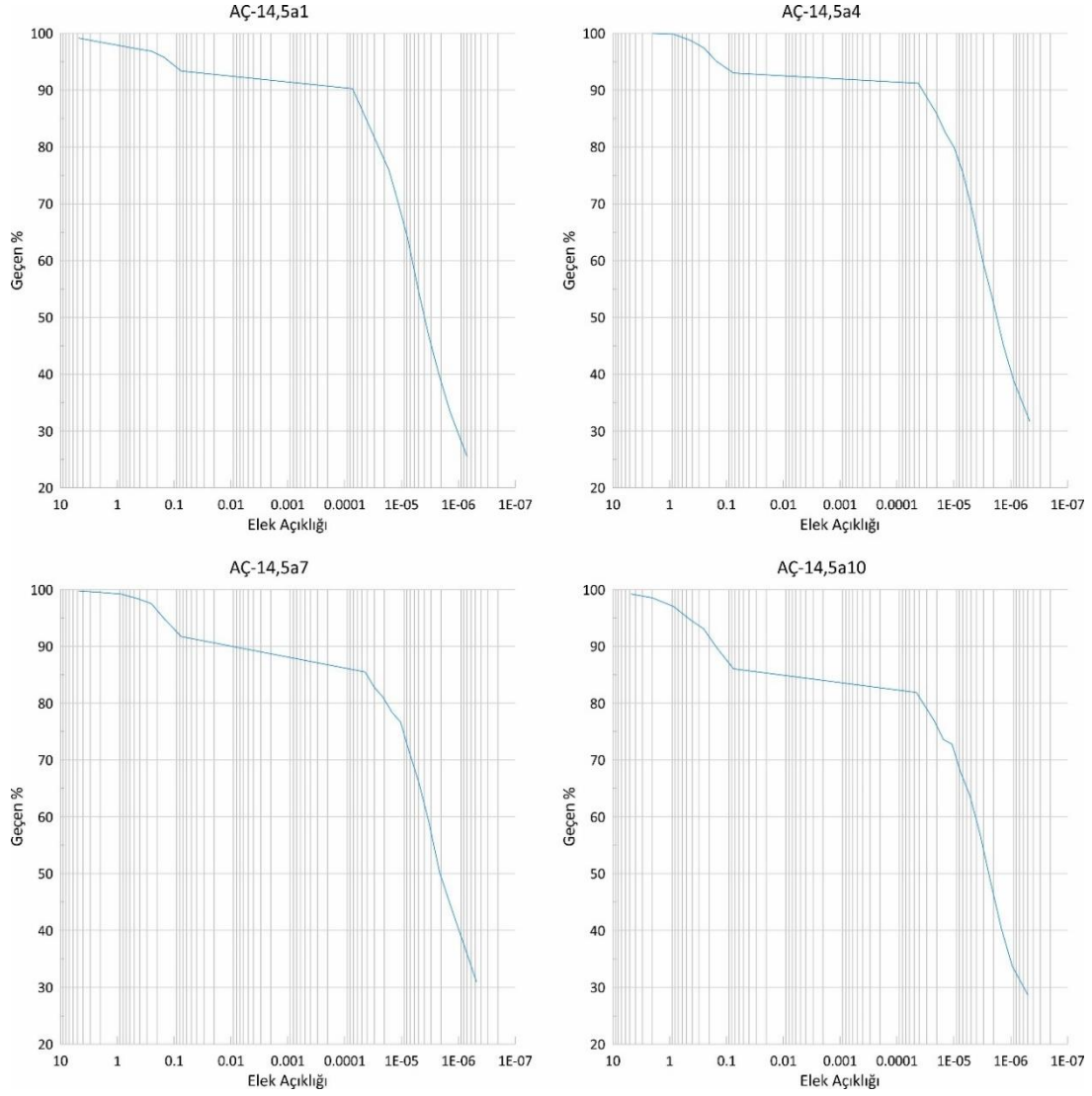
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



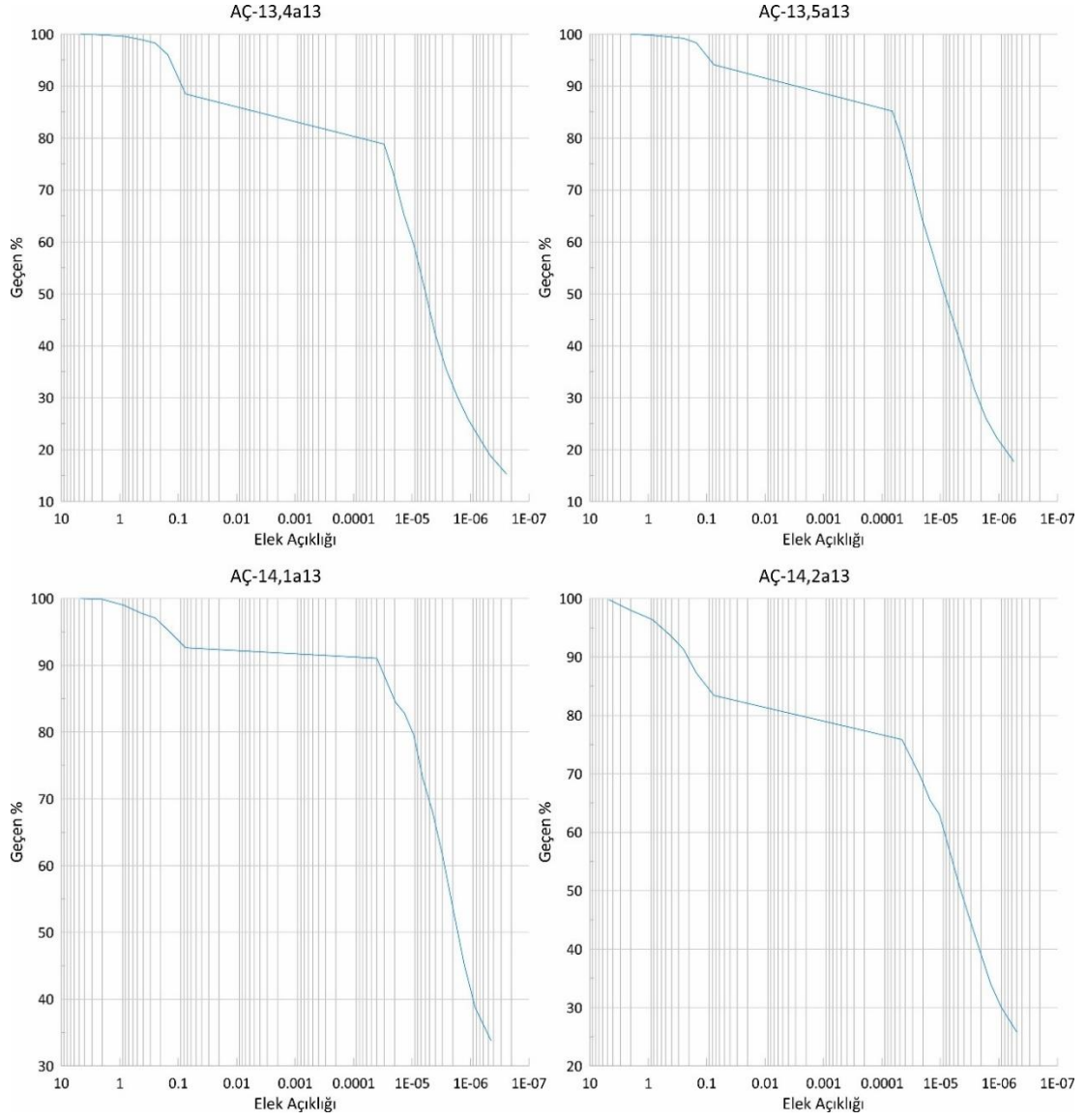
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



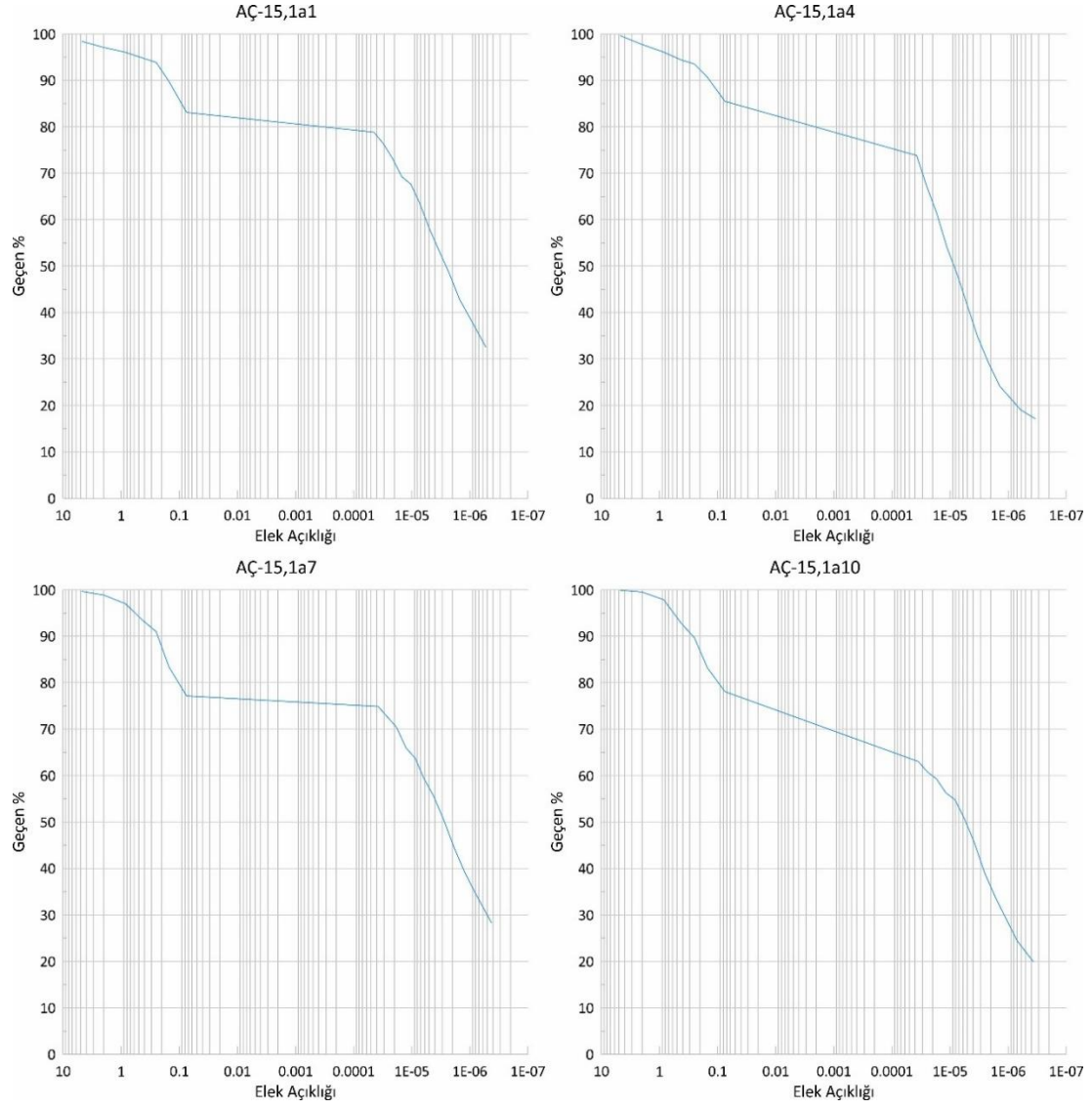
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



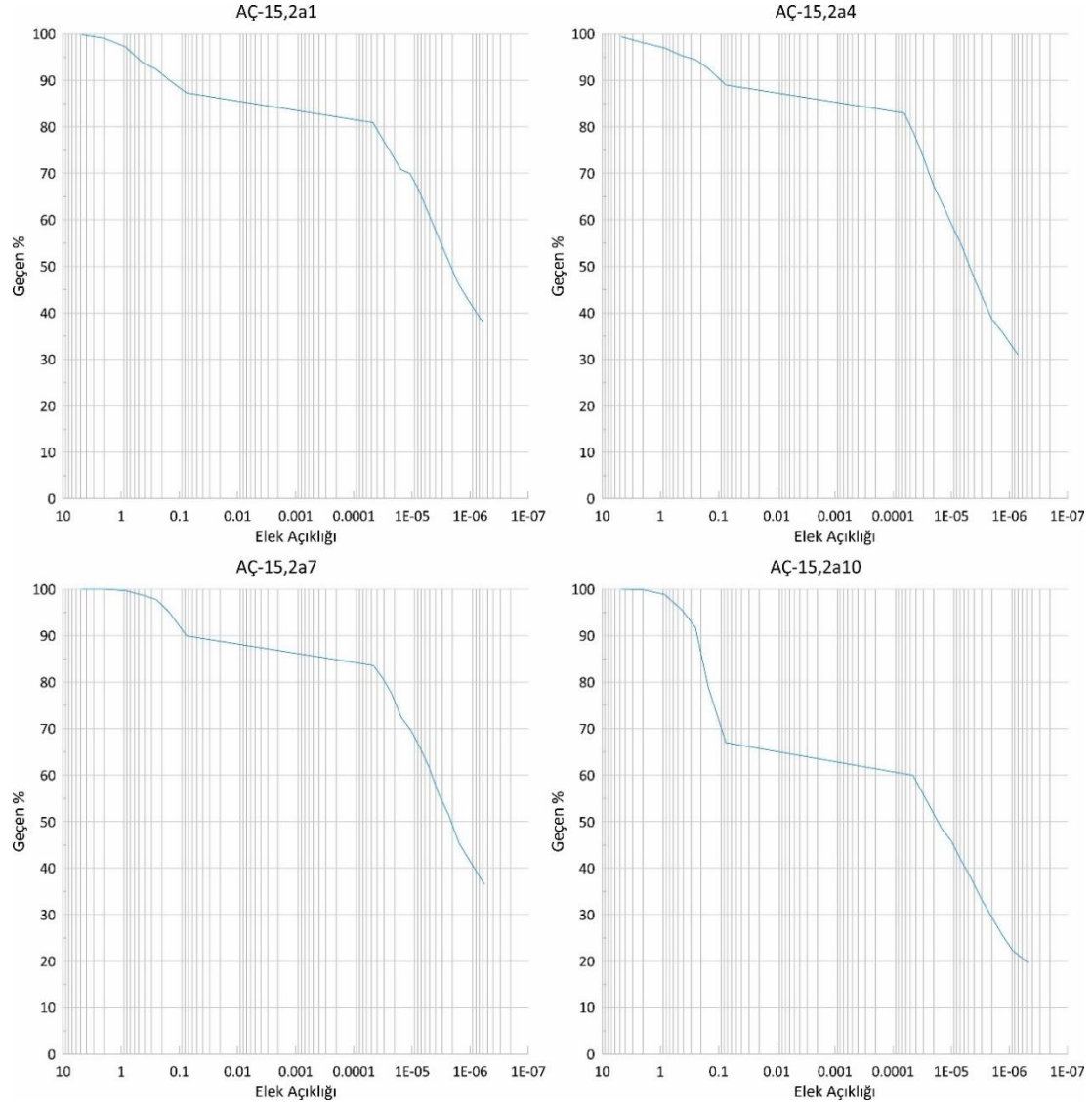
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



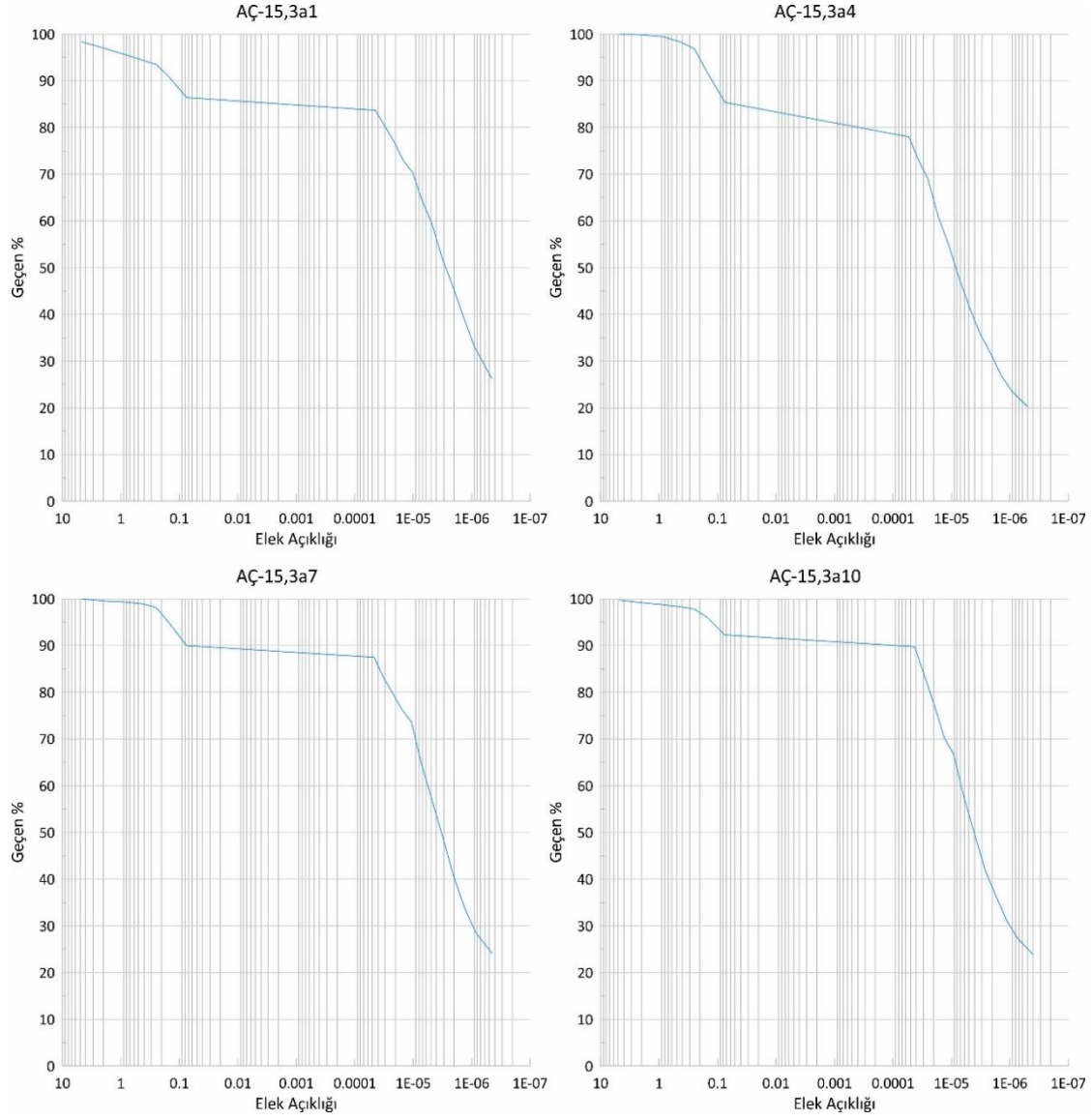
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



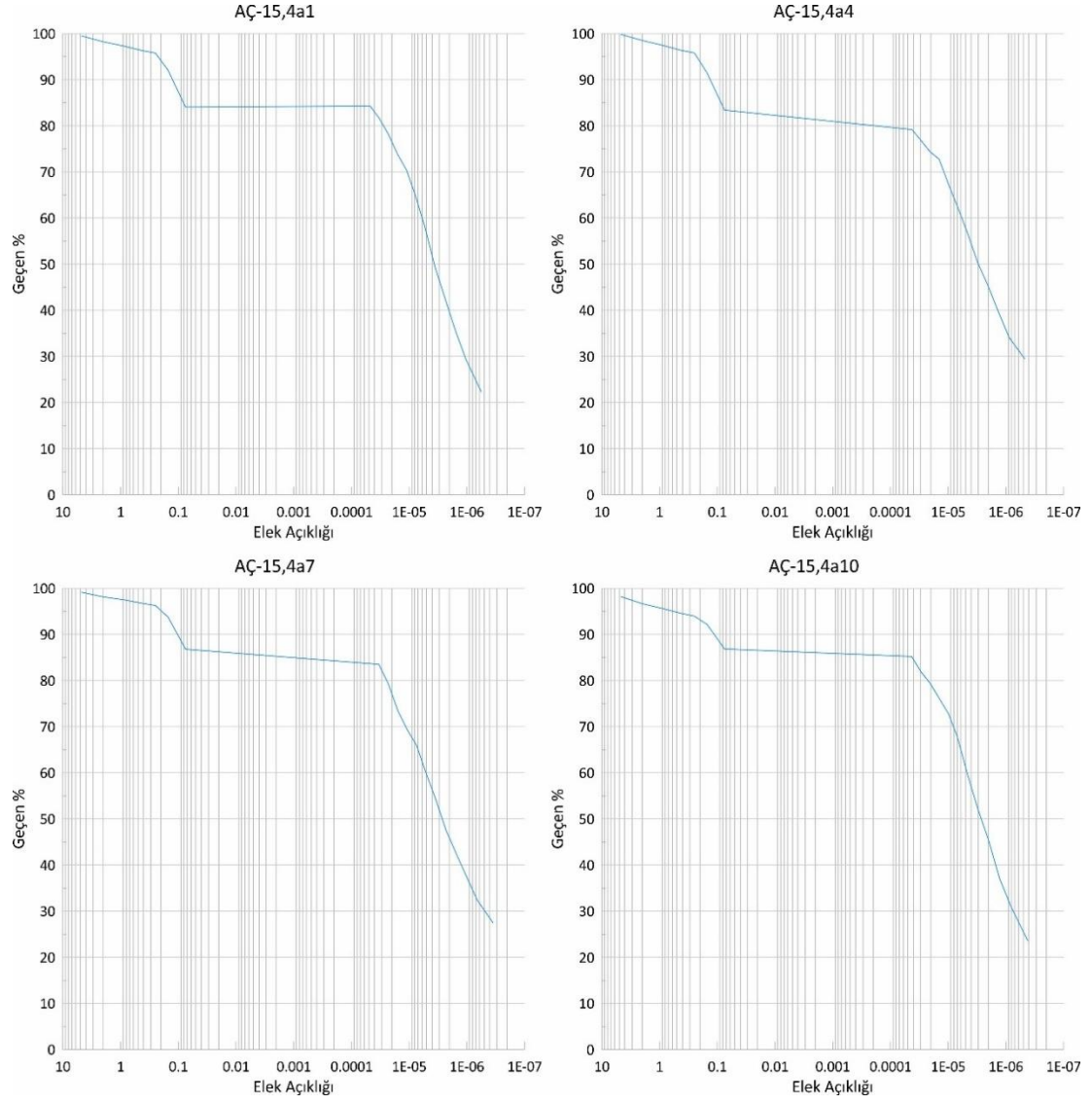
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



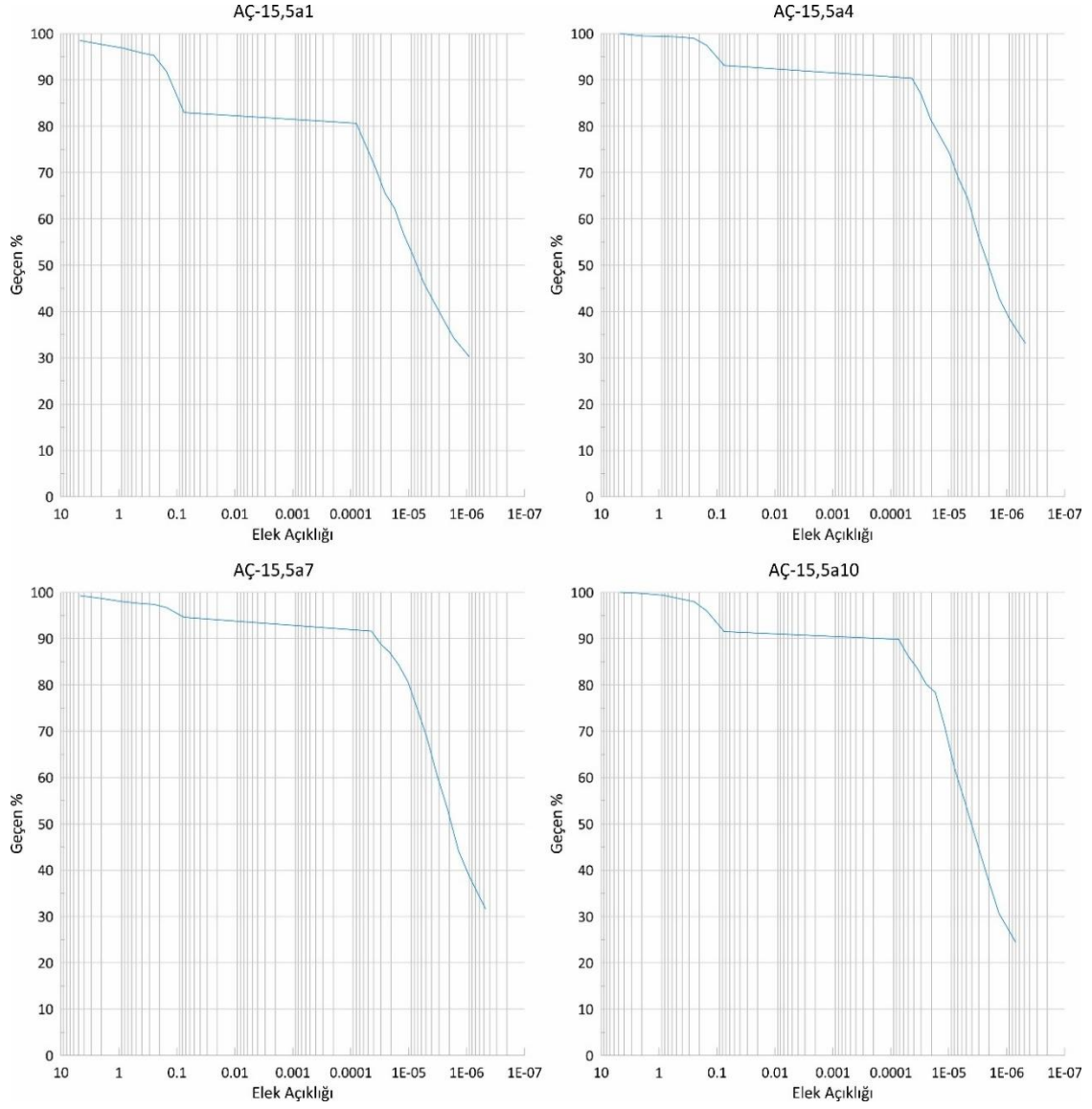
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



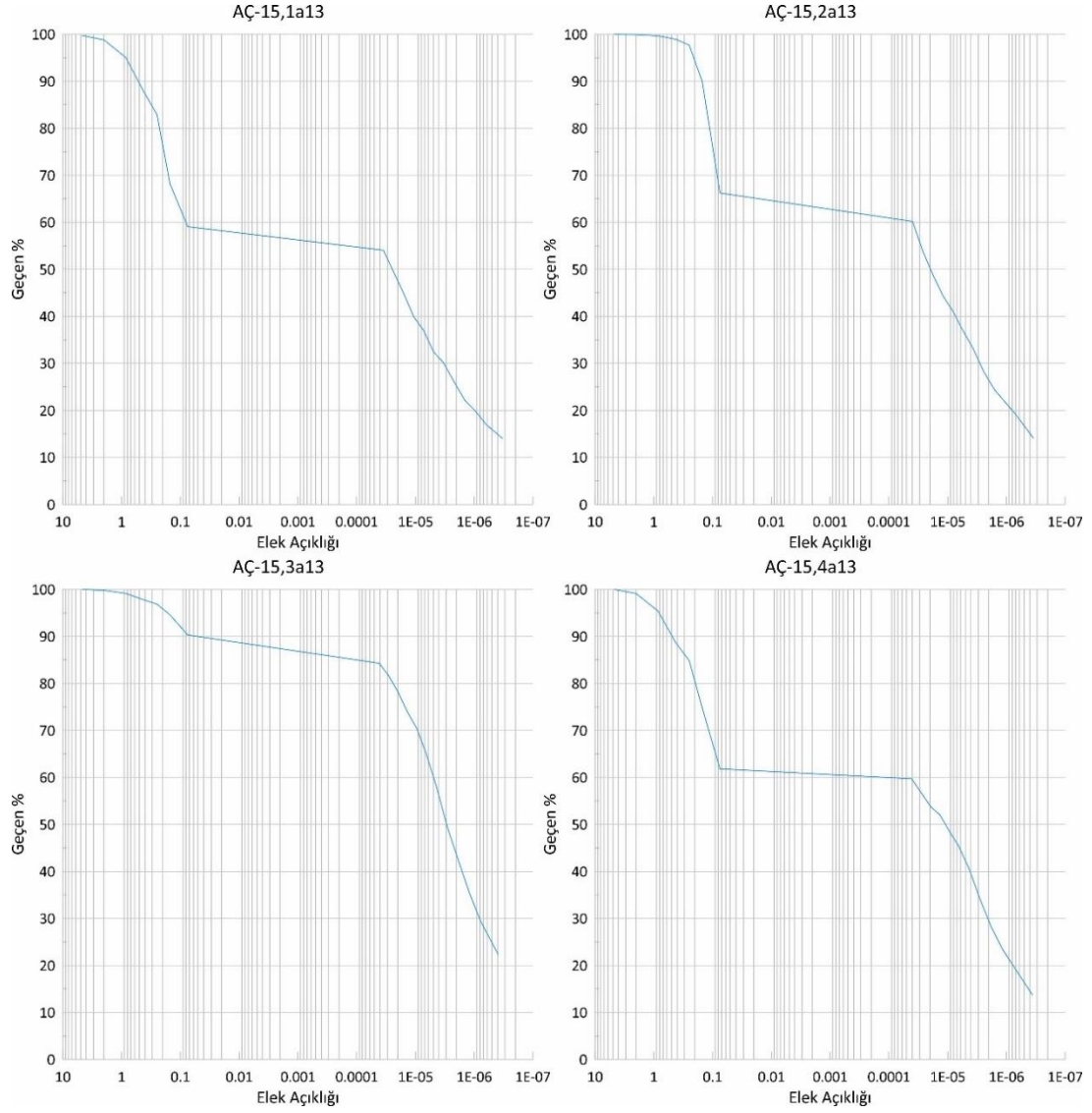
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



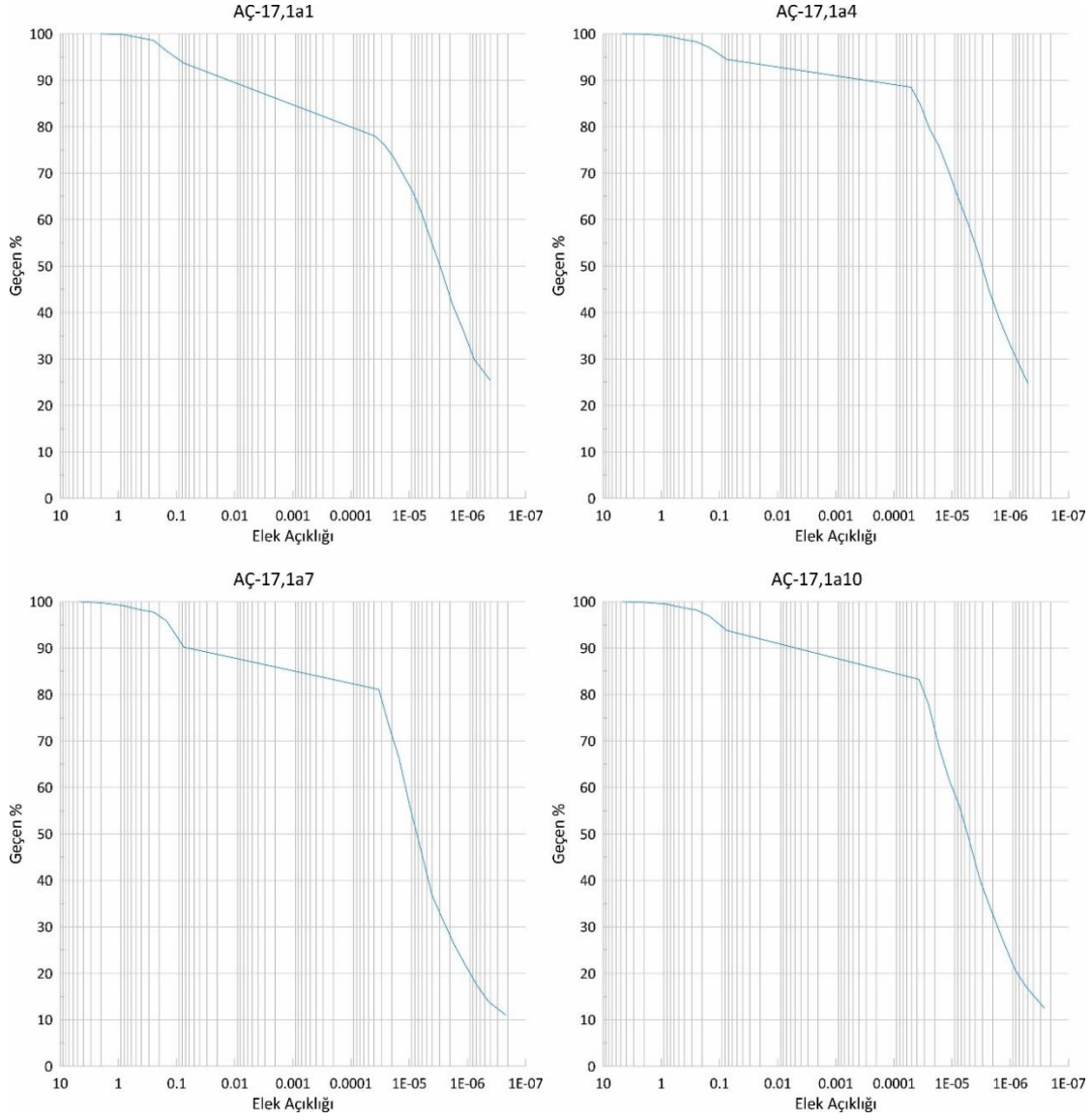
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



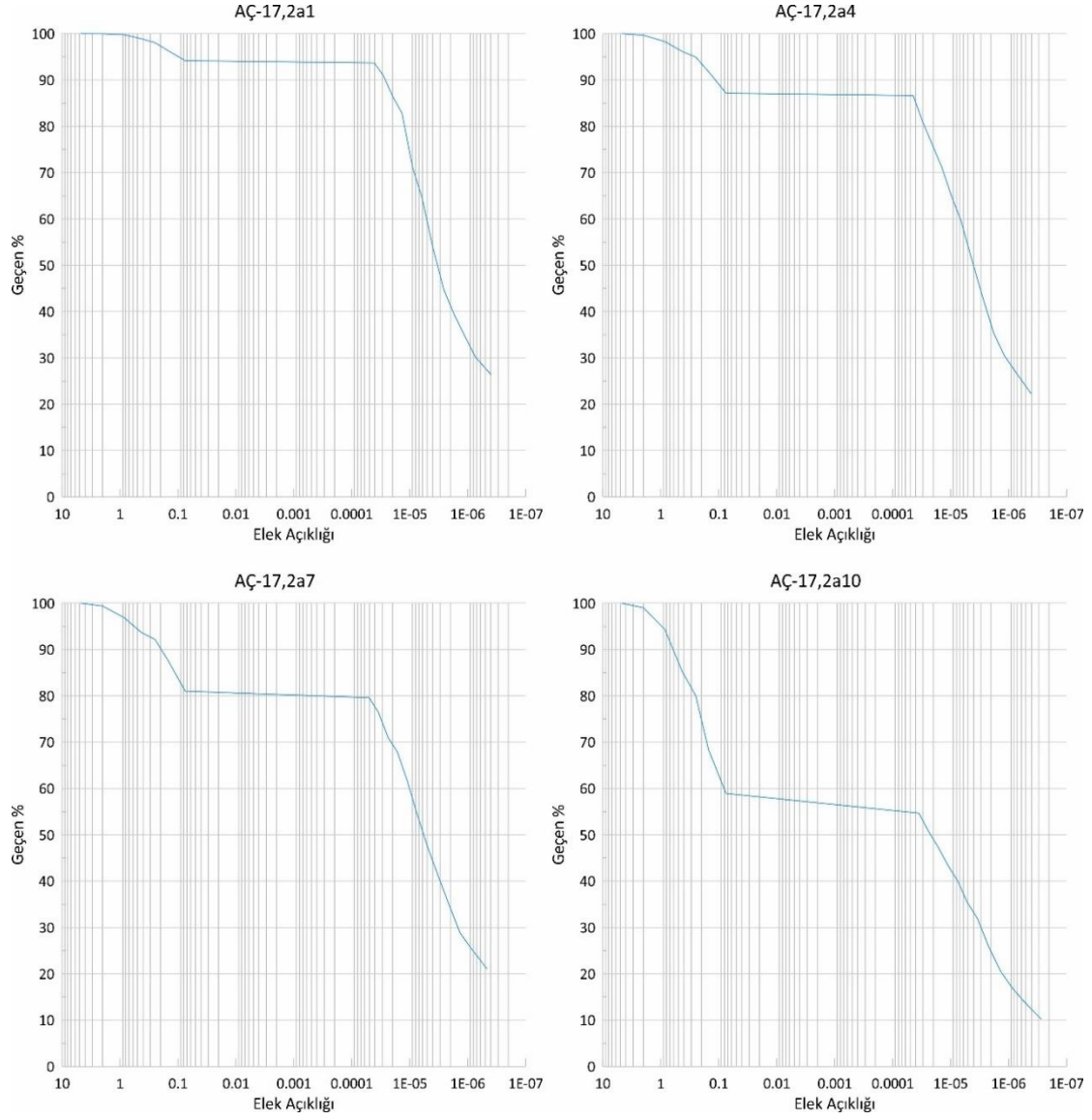
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



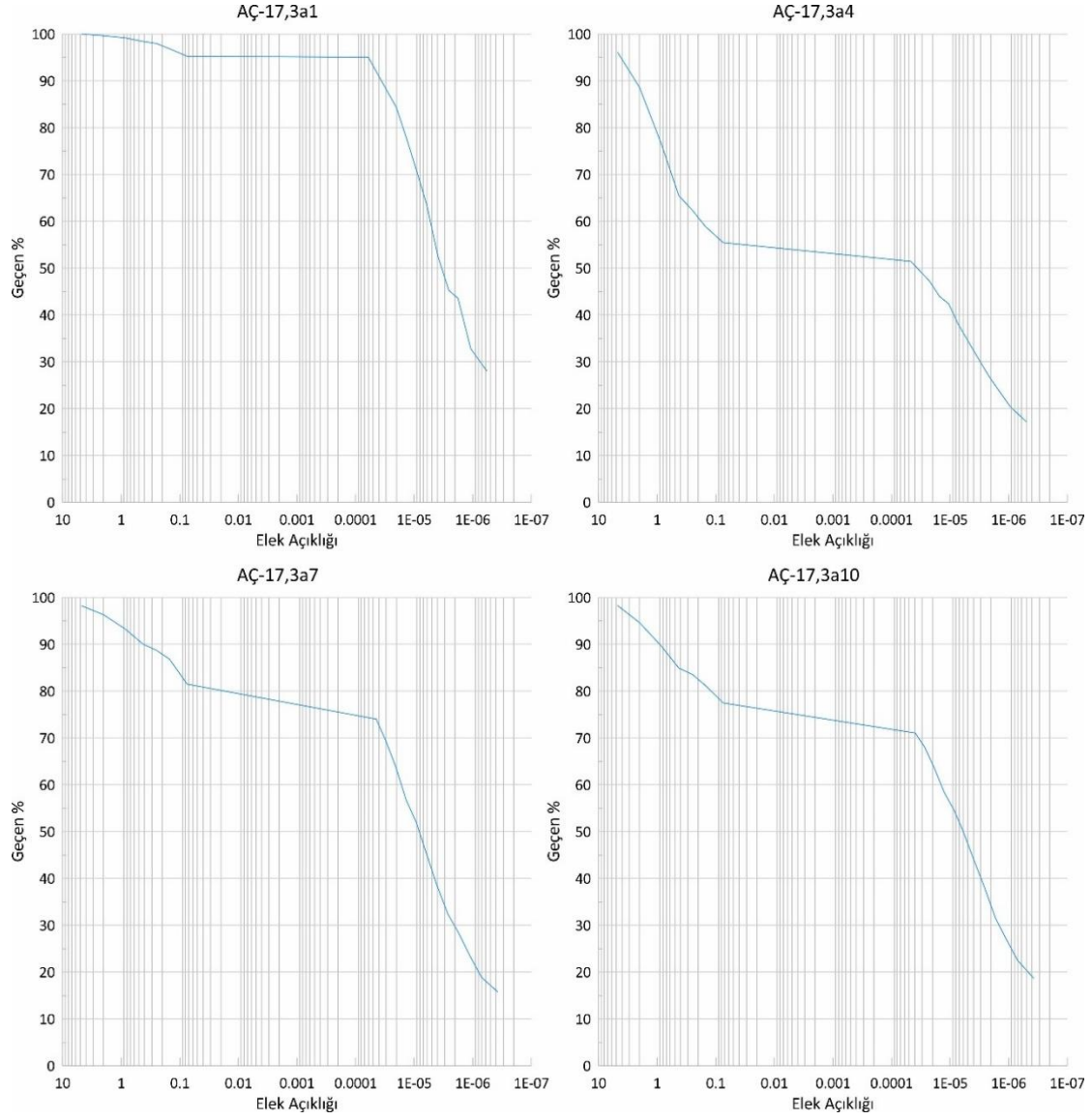
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



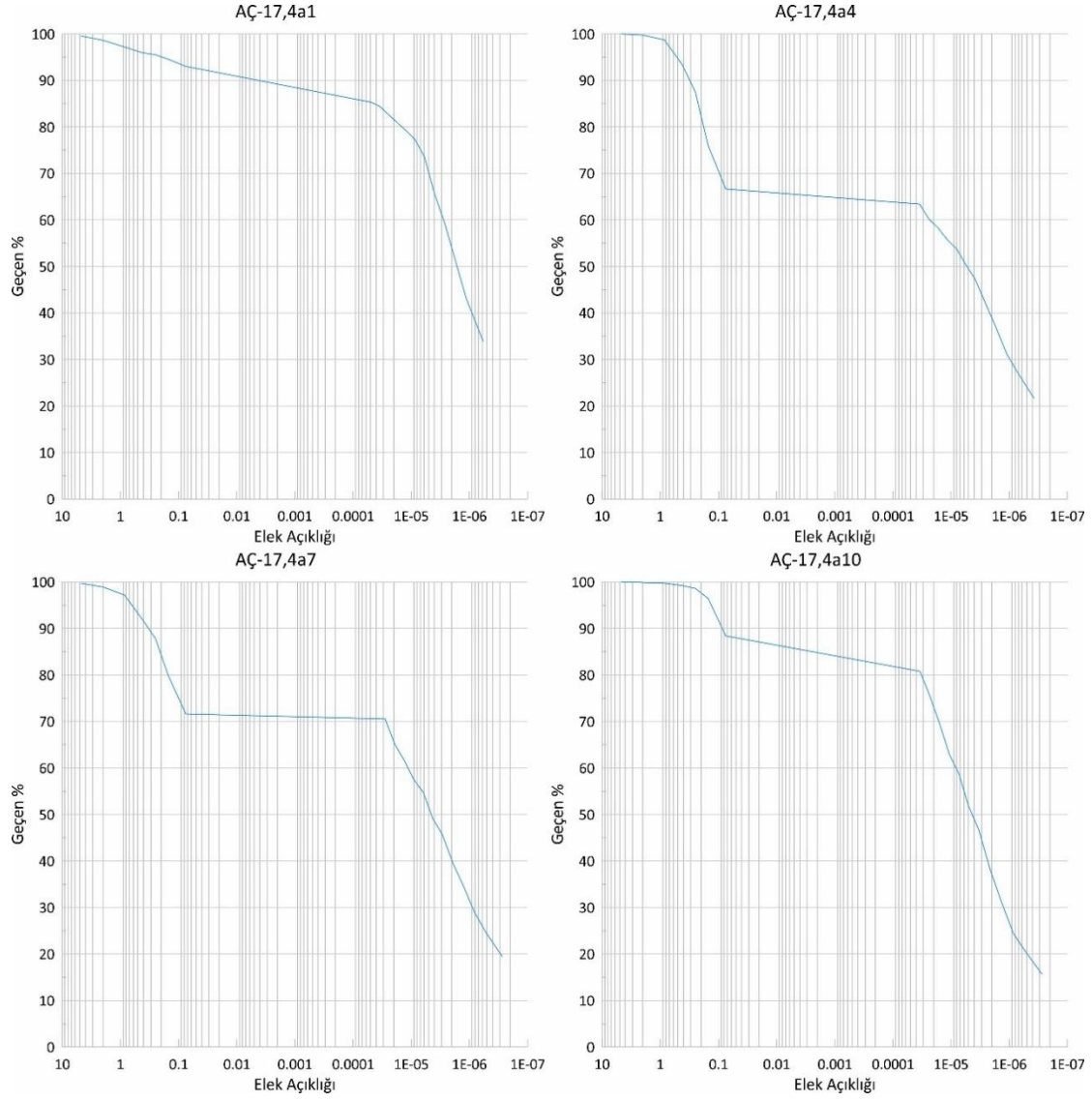
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



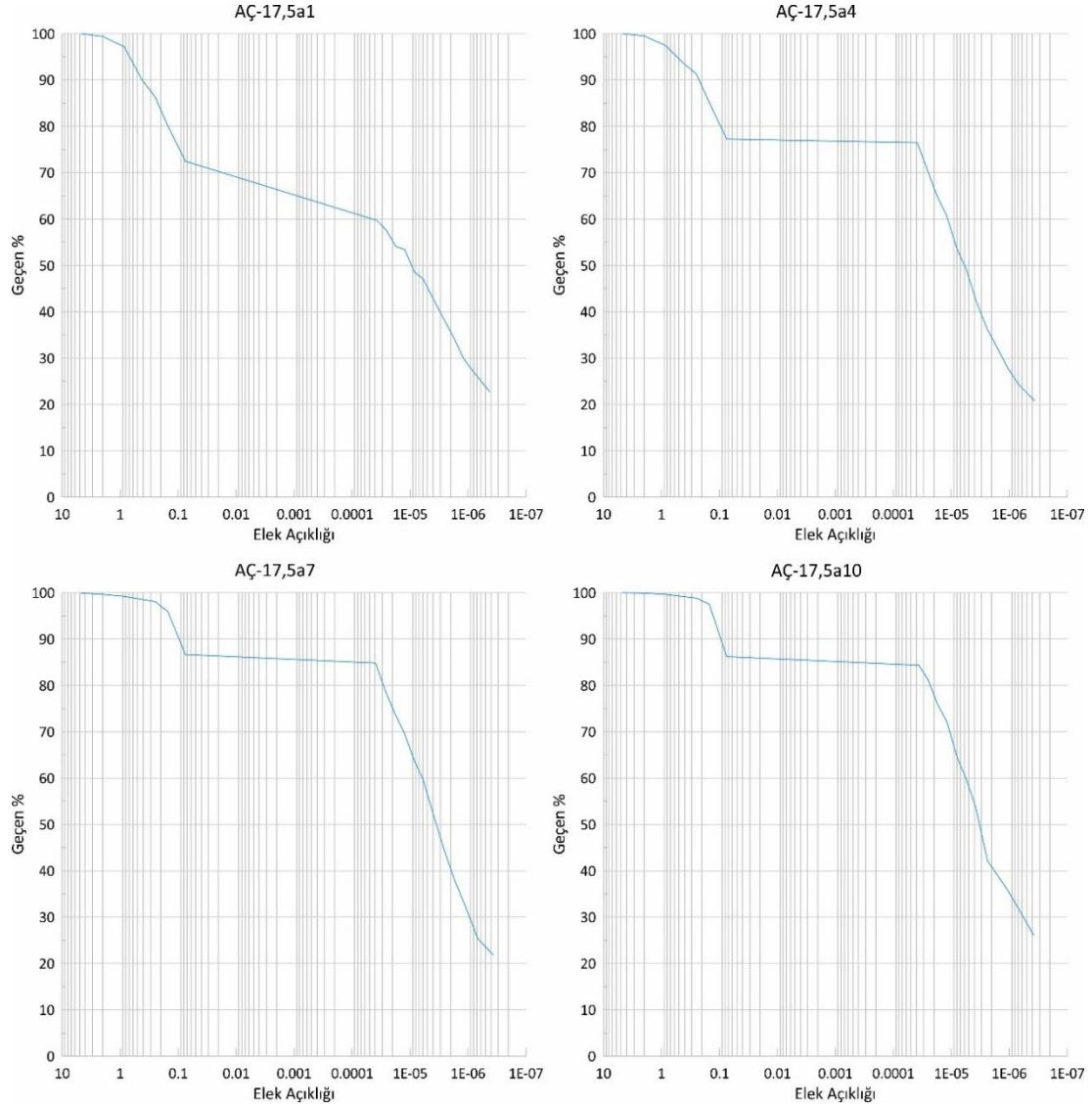
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



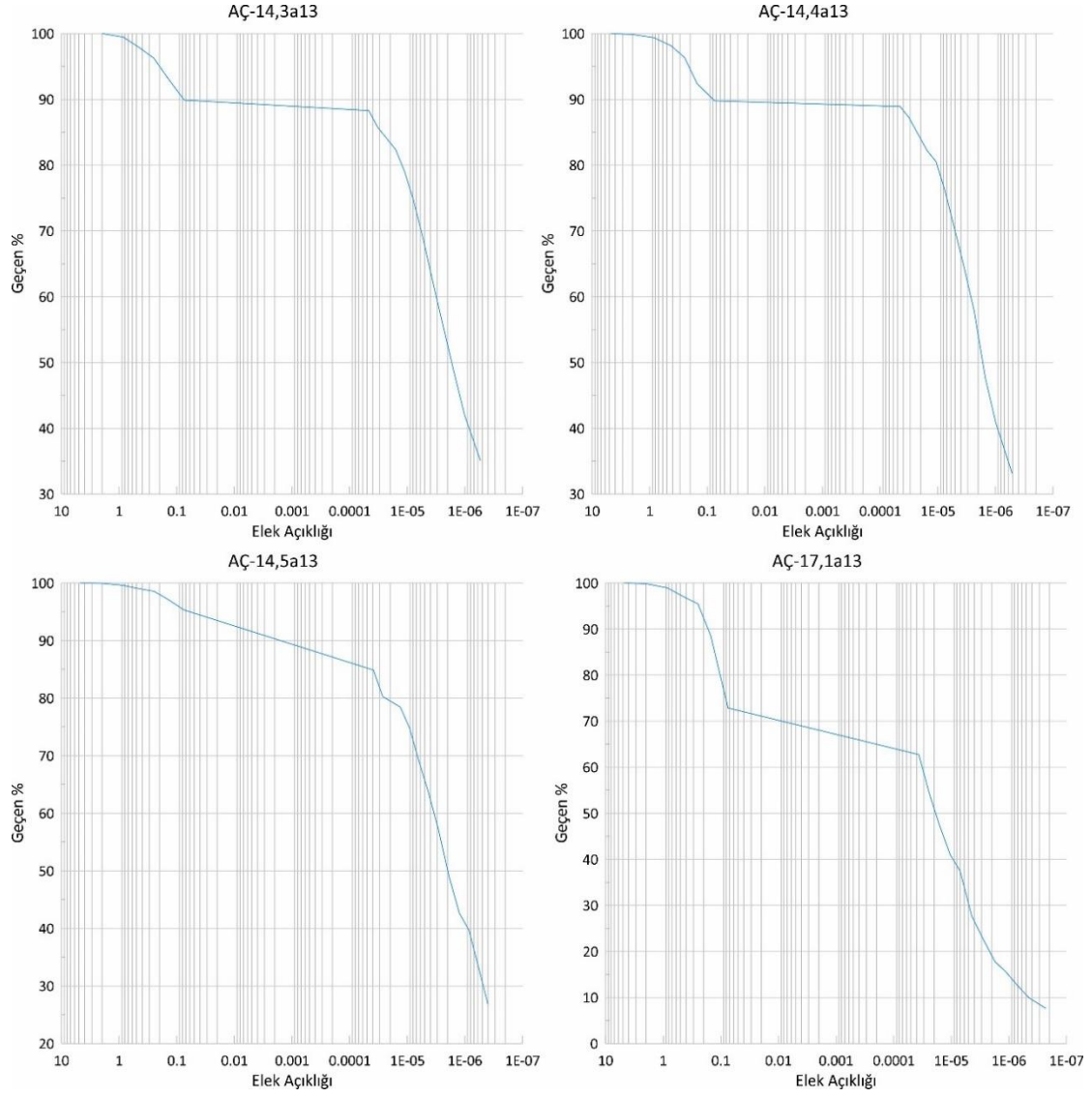
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



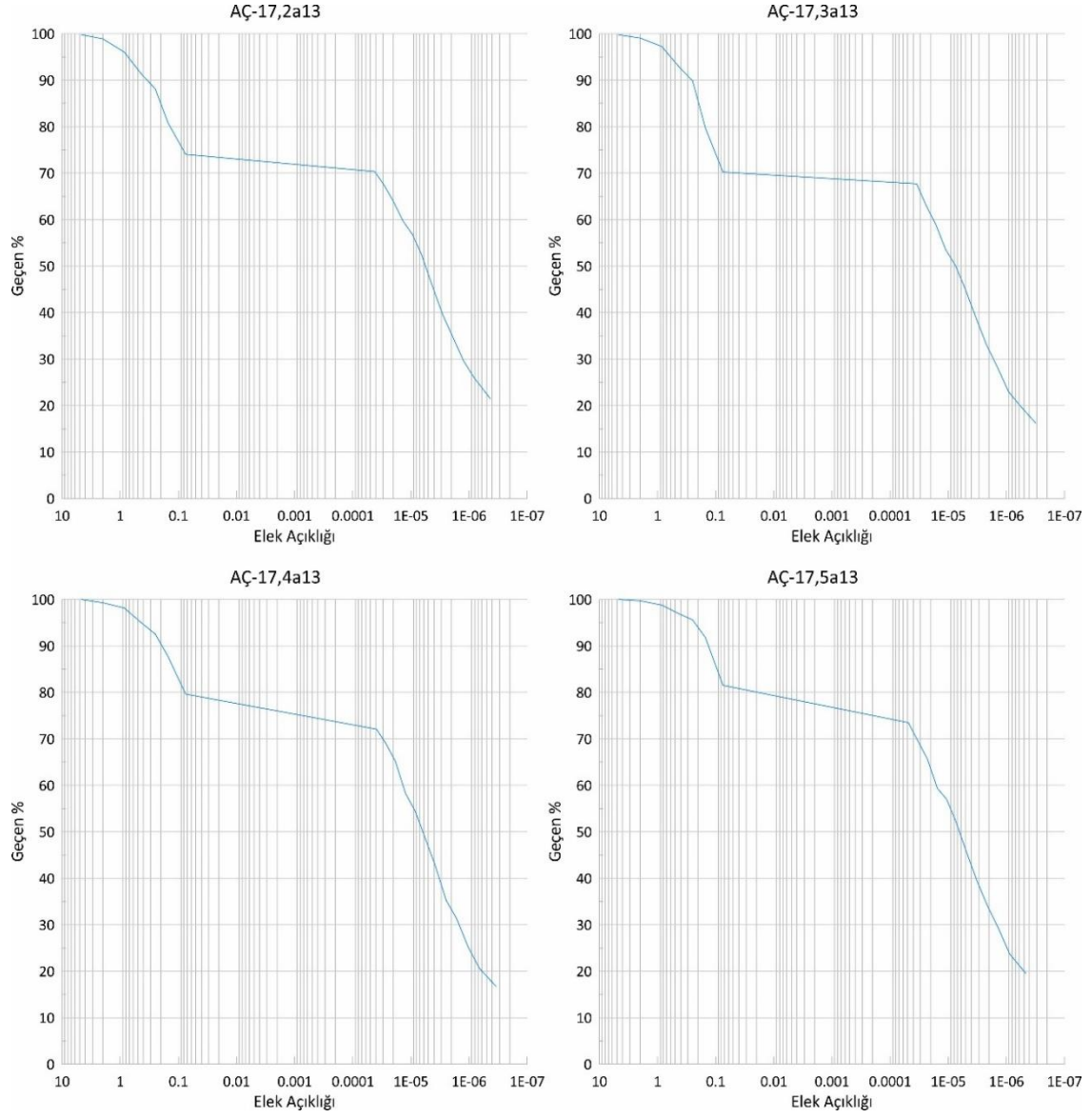
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



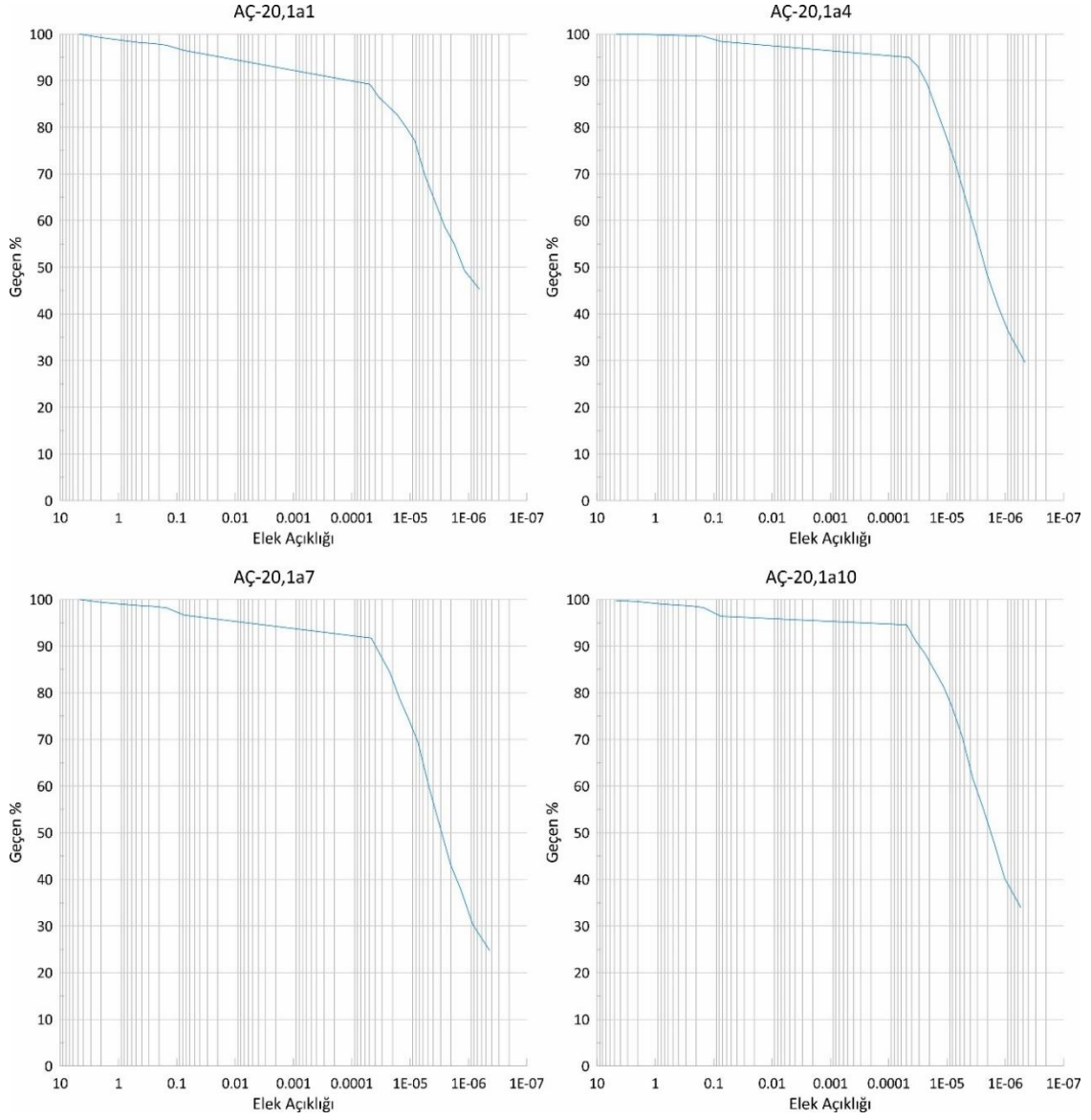
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



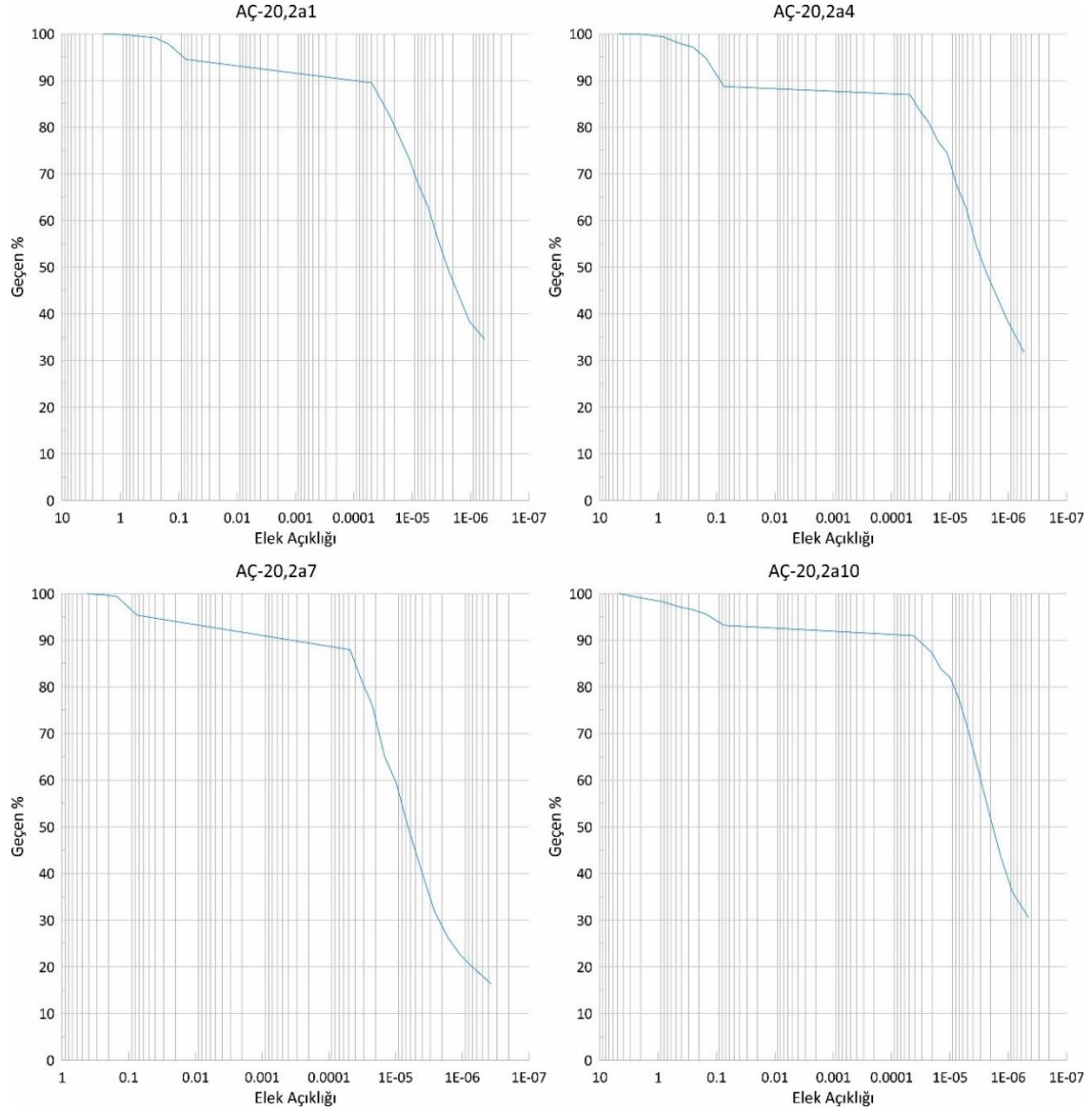
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



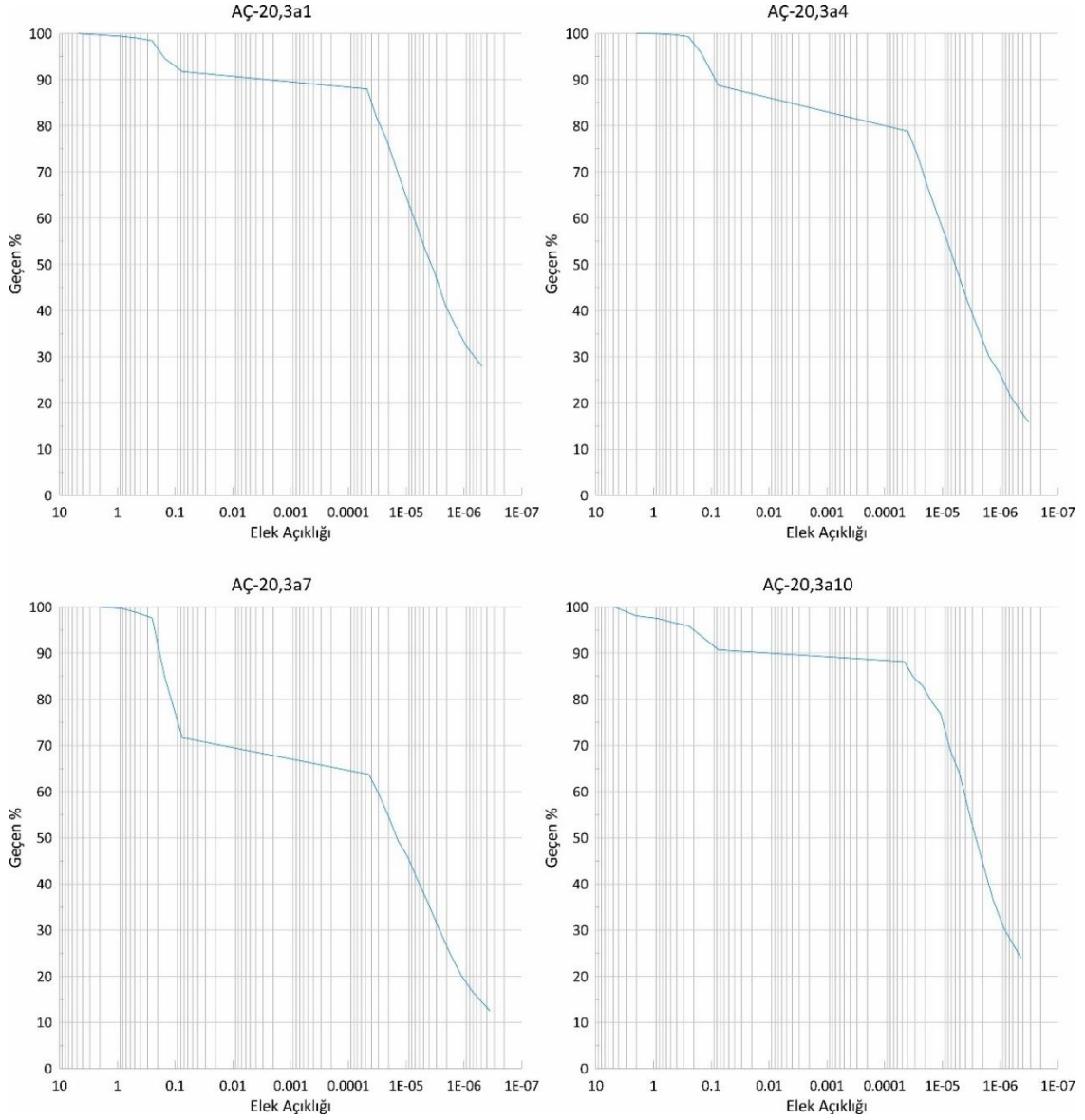
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



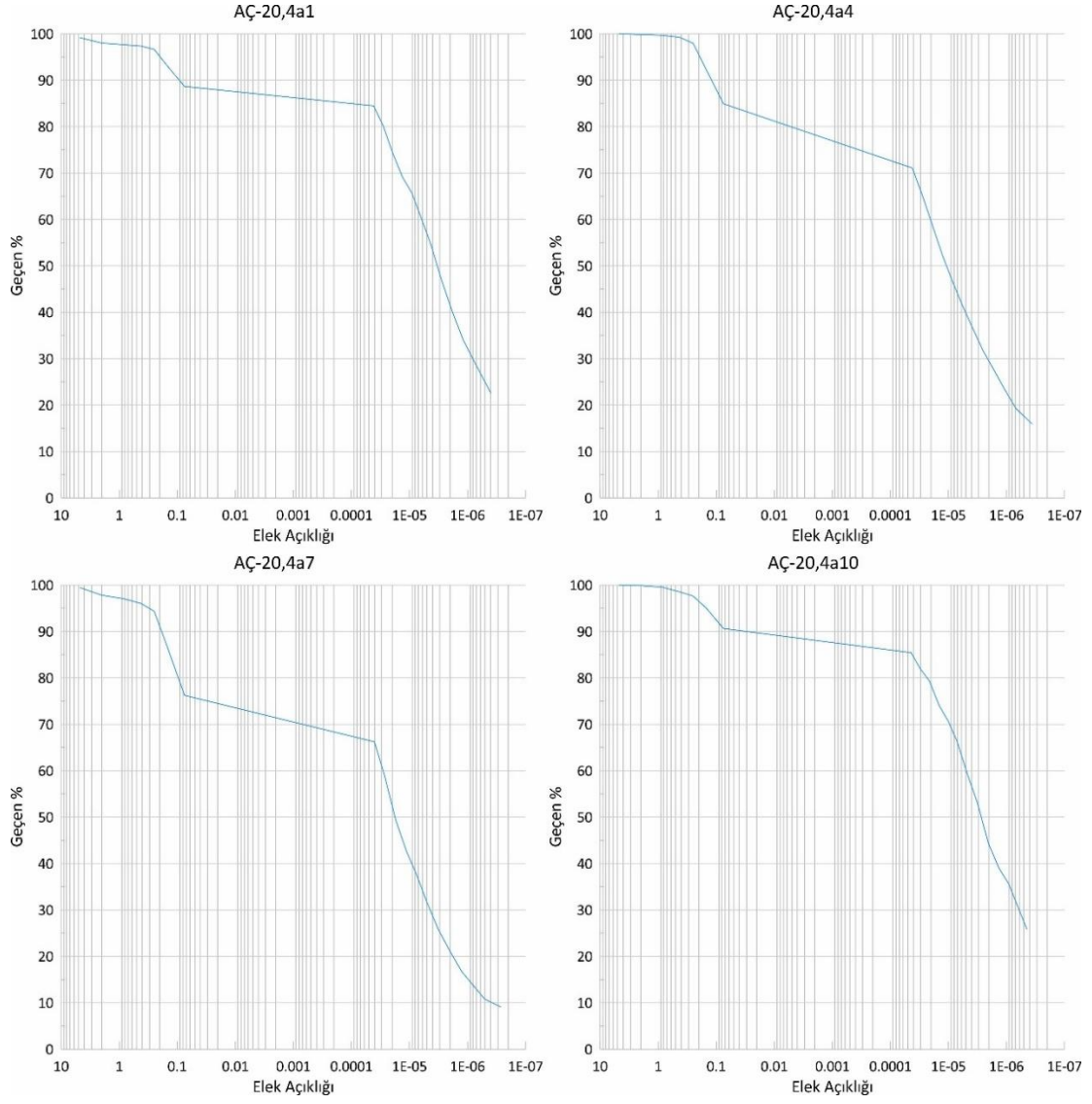
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



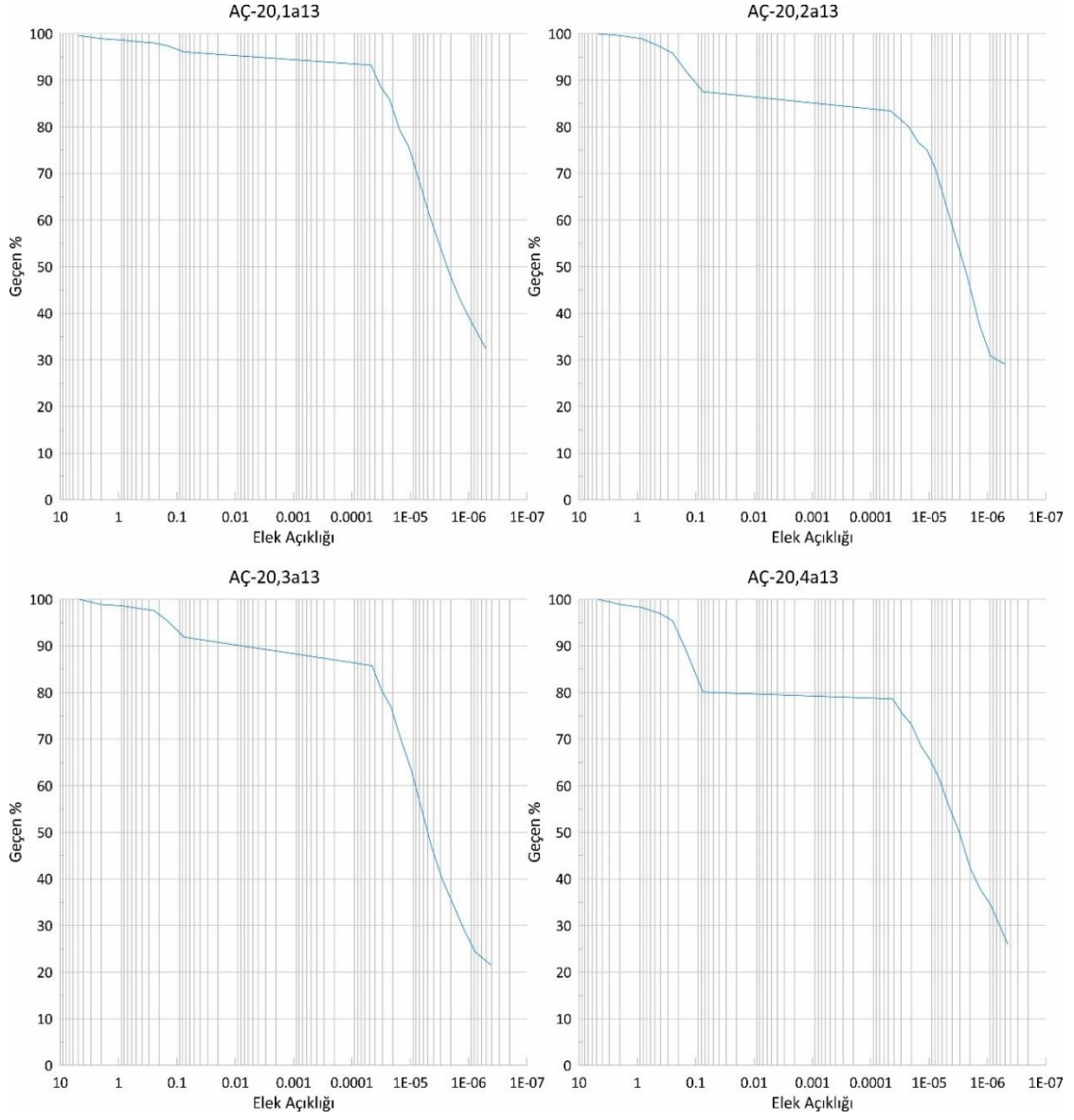
EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri



EK 5. (Devam) İlave Sondaj Çalışmalarına Ait Granülometre Eğrileri

