

**HAZAR GÖLÜ (ELAZIĞ) ÇÖKELLERİNİN
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ**

Yasemin ASLAN

**Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK
TEMMUZ-2013**

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZAR GÖLÜ (ELAZIĞ) ÇÖKELLERİNİN
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasemin ASLAN

(111116101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Haziran 2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Temmuz 2013

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. K. Kadir ERİŞ (F.Ü)

: Yrd. Doç. Dr. H. Süha AKSOY (F.Ü)

TEMMUZ-2013

ÖNSÖZ

"Hazar Gölü (Elazığ) Çökellerinin Mühendislik Özellikleri" başlıklı bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji bilim dalında 2011-2013 yılları arasında yüksek lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Çalışmamın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, bu çalışmamın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan tez danışmanım Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK' a teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını ve desteğini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. K. Kadir Eriş'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için MF.12.24 nolu proje ile sağladığı maddi destekten dolayı Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP)'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım sismik ve karot verilerinin elde edilmesini sağlayan Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yürütülen 111Y045 nolu TUBİTAK projesine ve sismik ve karot çalışmalarına katılan İTÜ-EMCOL ekibinden Umut Barış ÜLGİN, Emre DAMCI, Dursun ACAR ve Sena AKÇER'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında laboratuvar çalışmalarına katkılarından dolayı Yüksek Mühendis Erkut YALÇIN' a, Arş. Gör. Mustafa KANIK' a, ve yüksek lisans öğrencimiz Oğuz Erdem'e içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında, manevi desteğini esirgemeyen aileme ve heran yanımda olan kardeşim Aysel Yağmur ASLAN'a çok teşekkür ederim.

Yasemin ASLAN

ELAZIĞ-2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	XVI
KISALTMALAR.....	XVII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XIX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Bölgenin Tanıtımı.....	1
1.2.1. Jeomorfoloji.....	2
1.2.2. Bitki Örtüsü.....	3
1.2.3. İklimsel Özellikleri.....	3
1.2.4. Hidrolojik Özellikleri.....	4
1.2.5. Limnolojik Özellikleri.....	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
3. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLJİSİ.....	17
3.1. Stratigrafi.....	17
3.1.1. Pötürge Metamorfikleri (PMp, Paleozoik-Mesozoik).....	20
3.1.1.1. Tanım.....	20
3.1.1.2. Dağılım ve Konum.....	20

3.1.1.3.	Litoloji.....	20
3.1.1.4.	Yaş.....	21
3.1.1.5.	Oluşum Ortamı.....	21
3.1.2.	Guleman Ofiyolitleri (JKg, Jura-Alt Kretase).....	21
3.1.2.1.	Tanım.....	21
3.1.2.2.	Dağılım ve Konum.....	22
3.1.2.3.	Litoloji.....	22
3.1.2.4.	Yaş.....	23
3.1.2.5.	Oluşum Ortamı.....	23
3.1.3.	Elazığ Magmatitleri (Ke, Senoniyen).....	23
3.1.3.1.	Tanım.....	23
3.1.3.2.	Dağılım ve Konum.....	24
3.1.3.3.	Litoloji.....	24
3.1.3.4.	Yaş.....	25
3.1.3.5.	Oluşum Ortamı.....	25
3.1.4.	Hazar Grubu (KTh, Maastrichtiyen-Üst Paleosen).....	26
3.1.4.1.	Tanım.....	26
3.1.4.2.	Dağılım ve Konum.....	26
3.1.4.3.	Litoloji.....	26
3.1.4.4.	Yaş.....	27
3.1.4.5.	Oluşum Ortamı.....	27
3.1.5.	Maden Karmaşığı (Tm, Orta Eosen).....	28
3.1.5.1.	Tanım.....	28

3.1.5.2.	Dağılım ve Konum.....	28
3.1.5.3.	Litoloji.....	28
3.1.5.4.	Yaş.....	29
3.1.5.5.	Oluşum Ortamı.....	29
3.1.6.	Alüvyonlar.....	30
3.1.6.1.	Pliyo (?) -Kuvaterner Yaşlı Alüvyonlar (PlQa).....	30
3.1.6.2.	Güncel Alüvyonlar (Qal).....	30
3.2.	Hazar Gölü ve Çevresinin Tektonik Özellikleri.....	30
3.2.1.	Kırıklı Yapılar.....	32
3.2.1.1.	Doğu Anadolu Fay Zonu.....	32
3.2.1.2.	Bindirme Fayları.....	34
3.2.1.3.	Normal Faylar.....	34
4.	GÖL ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....	36
4.1.	Arazi Çalışmaları.....	36
4.1.1.	Yüksek Çözünürlükte Sığ - Sismik Çalışmalar.....	39
4.2.	Laboratuar Çalışmaları.....	58
4.2.1.	Karot Stratigrafileri.....	58
4.2.2.	Jeomekanik Deneyler.....	74
4.2.2.1.	İndeks Deneyler.....	74
4.2.2.2.	Zeminlerin Sınıflandırılması ve Tanımlama Deneyleri.....	77
4.2.2.3.	Kesme Kutusu Deneyi.....	115
5.	ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	129
6.	SU ALTI (SUBMARİNE) KİTLE HAREKETLERİ.....	136
7.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	138

KAYNAKLAR.....	141
EKLER.....	153
EK 1. Tane boyu analiz sonuçları.....	153
EK 2. Likit limit deney sonuçları.....	157
EK 3. Plastik limit deney sonuçları.....	160
EK 4. Kesme kutusu deney sonuçları.....	163
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmada, Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü sığ-sismik verilerden belirlenen noktalardan karot örnekleri alınmıştır. Jeomekanik deneyler Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Derlenen örneklerin birim hacim ağırlık, su içeriği, porozite, boşluk oranı, özgül ağırlık, kohezyon ve içsel sürtünme açıları belirlenmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre, örneklerin zemin sınıfı Yüksek Plastisiteli Silt (MH) ve Non-Plastik Silttir. Yüksek Plastisiteli Siltlerin ortalama doymun birim hacim ağırlığı $1,4 \text{ gr/cm}^3$, kuru birim hacim ağırlığı $0,63 \text{ gr/cm}^3$, su içeriği % 129,84, boşluk oranı % 324,90, porozitesi % 75,06, özgül ağırlığı ise 2,56'dır. Non-Plastik Siltlerin ortalama doymun birim hacim ağırlığı $1,84 \text{ gr/cm}^3$, kuru birim hacim ağırlığı $1,39 \text{ gr/cm}^3$, su içeriği % 33,72, boşluk oranı % 100,28, porozitesi % 49,65 ve özgül ağırlığı ise 2,75'dir. Yüksek Plastisiteli Siltlerin kohezyonu $0,015 - 0,26 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişirken, Non-Plastik Siltlerin kohezyonu $0,027 - 0,16 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama içsel sürtünme açısı değerleri Yüksek Plastisiteli Siltlerde $3,63^\circ$, Non-Plastik Siltlerde ise $14,5^\circ$ 'dir. Her iki zemin türünde birim hacim ağırlık değerleri derinlikle artarken, porozite ve boşluk oranı değerleri ise azalmaktadır. Bu değişimin nedeni örneklemenin yapıldığı derinlikteki suyun hidrostatik basıncı ve zemin kalınlığıdır. Sismik profillerden Hazar Gölü'nün kuzey yamaçlarında su altı kitle hareketleri belirlenmiştir. Bu hareketler Slump tipi hareketler olarak sınıflanabilir ve Holosen boyunca göl tabanında meydana gelmiştir. Ancak, bu hareketlerin oluşum mekanizmasını belirleyebilmek için detaylı çalışmaların ve sayısal modelleme çalışmalarının yapılması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Hazar Gölü, mühendislik özelliği, su altı heyelanları

SUMMARY

ENGINEERING PROPERTIES OF HAZAR LAKE (ELAZIG) SEDIMENTS

In this study, engineering properties of sediments of Hazar Lake were investigated. For this purpose, a plenty of sediment cores were collected that are located on the studied high-resolution seismic profiles. Geomechanical tests were carried out in Laboratory in Geology Engineering Department. Unit weight, water content, porosity, void ratio, specific gravity, liquid limit, plastic limit, cohesion and internal friction angle of collected samples were determined. According to results of laboratory tests, soil categories of samples are High Plasticity Silt (MH) and Non-Plastic Silt. The average saturated unit weight of High Plasticity Silts is $1,4 \text{ gr/cm}^3$, dry unit weight is $0,63 \text{ gr/cm}^3$, water content is 129,84 %, void ratio is 324,90 %, porosity is 75,06 % and specific gravity is 2,56. The average saturated unit weight of Non-Plastic Silts is $1,84 \text{ gr/cm}^3$, dry unit weight is $1,39 \text{ gr/cm}^3$, water content is 33,72 %, void ratio is 100,28 %, porosity is 49,65 % and specific gravity is 2,75. Cohesion values of Non-Plastic Silts vary $0,027 - 0,16 \text{ kg/cm}^2$, while cohesion values of High Plasticity Silts vary between $0,015-0,26 \text{ kg/cm}^2$. Value of the average internal friction angles of High Plasticity Silts is $3,63^\circ$, the average internal friction angles of Non-Plastic is $14,5^\circ$. Unit weight values of both soil categories increase, while porosity and void ratio values decrease with depth. Reasons for these changes are hydrostatic pressure at sampling depth and thickness of the soil. Submarine landslides were determined by seismic profiles in north shelf of Hazar Lake. The landslides can be categorized as slump, that were re-occupied on the lake floor during Holocene. However, detailed studies and numerical modeling studies are required in order to determine the mechanism of these landslides.

Key Words: Hazar lake, Property of engineering, submarine landslides

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Hazar Gölü'nün drenaj haritası ve göle karışan önemli akarsular	4
Şekil 3.1. Hazar Gölü ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (Gürocak, 1993; Kaya, 1993 ve MTA, 2008'den yararlanılarak hazırlanmıştır).....	18
Şekil 3.2. İnceleme alanının tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz) (Gürocak, 1993 ve Kaya 1993'den yararlanılarak hazırlanmıştır).....	19
Şekil 3.3. Türkiye'nin neotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981).....	31
Şekil 3.4. İnceleme alanı ve çevresinin diri fay haritası (MTA, 2012).....	33
Şekil 4.1. (a) Karot alımında kullanılan 3,40 m*4,40 m boyutunda yüzen platform (b) gravite karotiyer aleti ile buna monte edilen CTD aleti.....	36
Şekil 4.2. Hazar Gölü'nden alınan karot lokasyonları, sığ-sismik profillerin güzergahları, sismik profillerde belirlenen Doğu Anadolu Fayı'nın Hazar Gölü içerisinde geçen kolları ve bu faya ait ikincil bindirme ve normal fayların güzergahları.....	38
Şekil 4.3. Hazar Gölü'nün renkli batimetri haritası (Moreno vd., 2010).....	42
Şekil 4.4. TUBİTAK (2011) 111Y045 nolu proje kapsamında üretilen Hazar Gölü batimetrisi.....	43
Şekil 4.5. Hazar Gölü batısından alınan 19-1 nolu sığ-sismik profil ve profilin KD'sundan alınan HZ11-G01 gravite karotu.....	45
Şekil 4.6. Hazar Gölü batısından alınan 26-1 nolu sığ-sismik profil ve profilin KB yamacına yakın bir noktadan alınan HZ11-G03 gravite karotu	47
Şekil 4.7. Hazar Gölü orta kesiminden alınan 9 nolu sığ-sismik profil ve profilin kuzey kanadından alınan HZ11-G09 gravite karotu	49
Şekil 4.8. Hazar Gölü'nün kuzey yamacı yakınlarından alınan 20-3 nolu sığ-sismik profil ve profilin batı yamacından alınan HZ11-G11 ve HZ11-G12 gravite karotları.....	51

Şekil 4.9.	Hazar Gölü'nün batısından alınan 3 nolu sığ-sismik profili ve profilin GD yamacından alınan HZ11-P05 piston karotu	53
Şekil 4.10.	Hazar Gölü batısından alınan 23 nolu sığ-sismik profil ve profilin KB ucundan alınan HZ11-P06 piston karotu	55
Şekil 4.11.	Hazar Gölü'nün orta kesiminden alınan 8 nolu sığ-sismik profil ve profilin kuzey yamacından alınan HZ11-P14 piston karotu.....	57
Şekil 4.12.	Hazar Gölü'nden alınan karotlarda laboratuvar çalışmaları.....	58
Şekil 4.13.	Hazar Gölü batısından proje kapsamında -48 m su derinliğinden alınan HZ11-G01 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	59
Şekil 4.14.	Hazar Gölü batısından proje kapsamında -56,3 m su derinliğinden alınan HZ11-G03 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü	61
Şekil 4.15.	Hazar Gölü batısından proje kapsamında -19,9 m su derinliğinden alınan HZ11-G08 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	62
Şekil 4.16.	Hazar Gölü'nde proje kapsamında - 64 m su derinliğinden alınan HZ11-G09 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	64
Şekil 4.17.	Hazar Gölü'nden proje kapsamında -65 m su derinliğinden alınan HZ11-G11 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü	66
Şekil 4.18.	Hazar Gölü'nden proje kapsamında -71,5 m su derinliğinden alınan HZ11-G12 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	68
Şekil 4.19.	Hazar Gölü'nden proje kapsamında -37,5 m su derinliğinden alınan HZ11-P05 nolu piston karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	70
Şekil 4.20.	Hazar Gölü'nden proje kapsamında -11,5 m su derinliğinden alınan HZ11-P06 nolu piston karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	71
Şekil 4.21.	Hazar Gölü'nden proje kapsamında -77 m su derinliğinden alınan HZ11-P14 nolu piston karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü.....	73
Şekil 4.22.	Piknometrelerin hazırlanması ve vakumlanması.....	76

Şekil 4.23.	Elele analizi deneyinde kullanılan elele seti.....	80
Şekil 4.24.	Malvern Mastersizer 3000 Lazer Kırınım Cihazı'nda tane boyu analizleri.....	83
Şekil 4.25.	HZ11-G01 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi.....	85
Şekil 4.26.	HZ11-G03 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi.....	85
Şekil 4.27.	HZ11-G08 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi.....	86
Şekil 4.28.	HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	86
Şekil 4.29.	HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	87
Şekil 4.30.	HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	87
Şekil 4.31.	HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	88
Şekil 4.32.	HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	88
Şekil 4.33.	HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	89
Şekil 4.34.	HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	89
Şekil 4.35.	HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	90
Şekil 4.36.	HZ11-P05 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	90
Şekil 4.37.	HZ11-P05 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	91
Şekil 4.38.	HZ11-P05 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	91
Şekil 4.39.	HZ11-P06 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	92
Şekil 4.40.	HZ11-P06 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	92

Şekil 4.41.	HZ11-P06 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	93
Şekil 4.42.	HZ11-P06 piston karotunun (d) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	93
Şekil 4.43.	HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	94
Şekil 4.44.	HZ11-P14 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	94
Şekil 4.45.	HZ11-P14 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	95
Şekil 4.46.	HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi.....	95
Şekil 4.47.	(a) Casagrande likit limit aletine örneğin yerleştirilmesi (b) Oluk açma bıçağı ile zeminin iki eşit parçaya bölünmesi (c) Zeminin kapanmaya başlaması (d) Zeminin 13 mm kapanması ve kapanan kısımdan örneğin alınması.....	97
Şekil 4.48.	Plastik limite ulaşmış silindirik örnekler.....	98
Şekil 4.49.	HZ11-G01 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi.....	102
Şekil 4.50.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G01 gravite karotunun sınıflaması.....	102
Şekil 4.51.	HZ11-G03 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi.....	103
Şekil 4.52.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G03 gravite karotunun sınıflaması.....	103
Şekil 4.53.	HZ11-G08 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi.....	104
Şekil 4.54.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G08 gravite karotunun sınıflaması.....	104
Şekil 4.55.	HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	105
Şekil 4.56.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması.....	105
Şekil 4.57.	HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	106

Şekil 4.58.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması.....	106
Şekil 4.59.	HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	107
Şekil 4.60.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinin sınıflaması.....	107
Şekil 4.61.	HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	108
Şekil 4.62.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması.....	108
Şekil 4.63.	HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	109
Şekil 4.64.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması.....	109
Şekil 4.65.	HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	110
Şekil 4.66.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinin sınıflaması.....	110
Şekil 4.67.	HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	111
Şekil 4.68.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması.....	111
Şekil 4.69.	HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	112
Şekil 4.70.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması.....	112
Şekil 4.71.	HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	113
Şekil 4.72.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinin sınıflaması.....	113
Şekil 4.73.	HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi.....	114

Şekil 4.74.	Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinin sınıflaması.....	114
Şekil 4.75.	Kare şekilli kesme kutusunun düşey kesit görünümü (Uzuner, 1998).....	115
Şekil 4.76.	Örneğin traşlanması ve kesme kutusu aparatına yerleştirilmesi.....	116
Şekil 4.77.	HZ11-G01 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	118
Şekil 4.78.	HZ11-G03 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	118
Şekil 4.79.	HZ11-G08 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	119
Şekil 4.80.	HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	119
Şekil 4.81.	HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	120
Şekil 4.82.	HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	120
Şekil 4.83.	HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	121
Şekil 4.84.	HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	121
Şekil 4.85.	HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	122
Şekil 4.86.	HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	122
Şekil 4.87.	HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	123
Şekil 4.88.	HZ11-P05 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	123
Şekil 4.89.	HZ11-P05 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	124
Şekil 4.90.	HZ11-P05 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	124

Şekil 4.91.	HZ11-P06 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	125
Şekil 4.92.	HZ11-P06 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	125
Şekil 4.93	HZ11-P06 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	126
Şekil 4.94.	HZ11-P06 piston karotunun (d) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	126
Şekil 4.95.	HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	127
Şekil 4.96.	HZ11-P14 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	127
Şekil 4.97.	HZ11-P14 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	128
Şekil 4.98.	HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı.....	128
Şekil 4.99.	Gölün batı kesiminden alınan karotlara ait litolojik kesitler ve zeminlerin jeomekanik özellikleri.....	130
Şekil 4.100	Gölün orta kesiminden alınan karotlara ait litolojik kesitler ve zeminlerin jeomekanik özellikleri.....	131
Şekil 4.101	Derin denize taşınan sedimanların kitle hareket prosesleri ve mekanik davranışları (Middleton ve Hampton, 1973; Nardin vd., 1979; Shanmugam, 2000; Mulder ve Alexander, 2001).....	136

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. Hazar Gölü'nden alınan örneklerle ait bilgiler.....	39
Çizelge 4.2. Karotların doygun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık ve su içeriği deney sonuçları.....	75
Çizelge 4.3. Karotların boşluk oranı, porozite ve özgül ağırlık deney sonuçları.....	77
Çizelge 4.4. Zemin tanelerinin boyutlarına göre sınıflandırılması (Özaydın, 1997).....	78
Çizelge 4.5. Birleşmiş Zemin Sınıflaması (ASTM D 2487).....	79
Çizelge 4.6. Zeminlerin tane çapı dağılımını belirlemek için kullanılan elek aralıkları (Özaydın, 1997).....	80
Çizelge 4.7. Örneklerde yapılan tane boyu analiz sonuçları.....	84
Çizelge 4.8. İnce taneli zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması (Burmister,1951).....	100
Çizelge 4.9. İnce taneli zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması (Leonards, 1962).....	100
Çizelge 4.10. İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001).....	100
Çizelge 4.11. Karotlarda yapılan kıvam limiti analiz sonuçları ve zemin tipi.....	101
Çizelge 4.12. Karotlarda yapılan kesme kutusu deneyi sonuçları.....	117
Çizelge 4.13. Yüksek Plastisiteli Silt (MH)'lerin mühendislik özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	133
Çizelge 4.14. Non-Plastik Silt (NT)'lerin mühendislik özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	134

KISALTMALAR

AASHTO	: Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaşım Ofisleri Derneği
ASTM	: American Society for Testing and Materials
B	: Batı
BS	: British Standarts
BSZ	: Bitlis Sütur Zonu
cm	: Santimetre
CPT	: Cone Penetration Testing
D	: Doğu
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DPGS	: Differential Gobal Positioning System
DSİ	: Devlet Su İşleri
EFZ	: Ecemiş Fay Zonu
EMCOL	: Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology
G	: Güney
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
GPS	: Global Positioning System
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
JKg	: Guleman Ofiyoliti
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
Ke	: Elazığ Magmatitleri
kHz	: Kilohertz
km	: Kilometre
kPa	: Kilopaskal

KTh	: Hazar Grubu
LL	: Likit limit
m	: Metre
mm	: Milimetre
MIT	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
MSCL	: Multi-Sensor Core Logger
MTA	: Maden Tetkik Arama
Oal	: Alüvyon
OCR	: Aşırı Konsolidasyon Oranı
PL	: Plastik limit
PI	: Plastisite indisi
PIQa	: Alüvyon
PMp	: Pötürge Metamorfitleri
RL	: Rötire limit
SEM	: Scanning Electron Microscope
Tm	: Maden Karmaşığı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi

SEMBOLLER LİSTESİ

γ_d	: Doygun birim hacim ağırlık
c	: Kohezyon
C_u	: Drenajsız kesme dayanımı
D_{50}	: Ortalama tane çapı
e	: Boşluk oranı
G_s	: Özgül ağırlık
n	: Porozite
V	: Toplam hacim
V_b	: Boşluk hacmi
V_k	: Katı hacmi
ω	: Doğal su içeriği
W_n	: Kuru ağırlık
W_n	: Doğal ağırlık
ϕ	: İçsel sürtünme açısı
σ_n	: Kayma yüzeyine etkiyen normal gerilme
τ	: Kesme gerilmesi
σ_{pc}	: Ön konsolidasyon basıncı
σ_{eff}	: Düşey efektif gerilme

EKLER LİSTESİ

- Ek 1.** Elek analizi deney sonuçları
- Ek 2.** Likit limit deney sonuçları
- Ek 3.** Plastik limit deney sonuçları
- Ek 4.** Kesme kutusu deney sonuçları

1. GİRİŞ

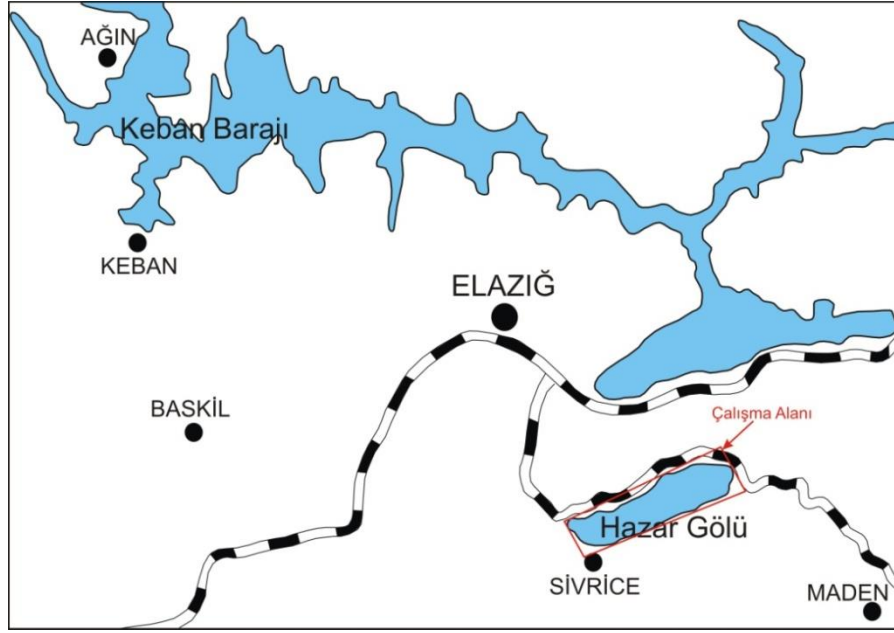
1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özelliklerini araştırmaktır. Bu amaca yönelik olarak, gölde daha önce yapılmış ve halen devam etmekte olan değişik amaçlı bilimsel çalışmalardan elde edilen sığ sismik ve batimetrik veriler kullanılmış ve belirlenen noktalardan örselenmemiş örnekler alınarak jeomekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda göl çökelleri mühendislik açısından sınıflandırılmış, çökellerin birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, özgül ağırlık gibi indeks özellikleri ve dayanım parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilecek veriler, Hazar Gölü'nde yapılmış olan ve halen devam eden bilimsel çalışmalarda belirlenmiş olan ve göl yamaçlarındaki kitle hareketlerinin oluşum mekanizması ve bu hareketlerin oluşumunda depremlerin etkisinin incelenmesinde önemli bir veri tabanı oluşturacaktır.

1.2. Bölgenin Tanıtımı

Elazığ il merkezinin 22 km güneydoğusunda bulunan Hazar Gölü deniz seviyesinden 1248 m yüksekte olup, 7 km genişliğinde, 22 km uzunluğundadır ve yaklaşık olarak 82 km²'lik alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı Elazığ-Diyarbakır karayolu üzerinde olup, ulaşım karayolu ile sağlanmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.2.1. Jeomorfoloji

Hazar Gölü Yukarı Fırat Bölgesi'nde yer almaktadır. Bu bölge, güneyde Doğanşehir depresyonu ile Kulp meridyeni arasında kalan Güneydoğu Torosların dış etekleri ve doğuda Muş depresyonunun batı kenarından başlayarak, Tezcan Havzası'nın doğu kenarına kadar uzanan bir hattı kapsamaktadır (Erinç, 1953). Bu alan, batısında, Malatya havzasının güneyinde bulunan Beydağı (2544 m) ve Buzdağlar (2612 m) ile, doğusunda Palu'nun güneyinde kalan Akdağlar (2500 m) arasında kaldığından çevresine göre daha çukurdur. Fırat ve Dicle vadileri arasına düşen bu kesimde, birbirine paralel uzanan, kuzeyden güneye sırasıyla, Çelemlik-Mastar sıra dağları, Hazar-Yaylım sıra dağları, Maden dağları olmak üzere 3 dağlık alan ve bunlar arasına sıkışmış, Hazar Gölü depresyonu ile Behrimaz-Çitli depresyonları yer alır (Erinç, 1953). Hazar Gölü depresyonuna paralel ve Toros istikametine bağlı olarak KD-GB gidişli Uluova, bölgenin daha doğusunda, Elazığ ovası ise bölgenin kuzeyinde konumlanmıştır. Hazar Gölü havzası, Karaoğlan (2200 m), Hazar (2347 m) ve Mastar (2171 m) dağları gibi yükseltilerle çevrelenmiş olsa da 2000 m'den daha alçak sahalar bu bölge içerisinde daha geniş bir alan işgal etmektedir.

Hazar Gölü'nün derinliği konusunda yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır ve tüm araştırmacıların vardıkları ortak nokta, gölün 200 m' yi bulan derinliğe sahip olduğudur. Huntington (1902)'de yaptığı çalışmasında gölün derinliğini 210 m, DSİ (1970) 152 m, Akşiray (1971) 216 m, Chaput (1976) ise yöre halkından edindiği bilgilere göre 300 m olduğunu öne sürmüştür ve Biricik (1993) ise 89 m rakamı vermiştir. Daha güncel olan Moreno vd. (2010) ise yaptıkları sismik çalışmalar neticesinde gölün en derin noktasını 200 m olarak vermiştir.

1.2.2. Bitki Örtüsü

Hazar Gölü çevresinin toprak örtüsünü stepten çöle geçiş alanlarının toprakları olan kırmızı kahverengi topraklar oluşturmaktadır. Daha alçak kesimlerde özellikle birikinti konileri, yelpazeler ve deltalar üzerinde ise, yüksek arazi topraklarının aşınıp taşınmasıyla oluşan kolüvyal topraklar ve alüvyal topraklar, erozyon şiddetinin yüksek olduğu dik yamaçlarda genç ve toprak içeriği %75'ten fazla taş olan litosolik topraklar yer almaktadır. Hazar Gölü çevresinin doğal bitki örtüsünü ise, sahanın çeşitli yerlerinde rastlanan tek ve küçük topluluklar halindeki ağaçlar dışında, bu ağaç topluluklarının insan etkisiyle tahribi sonucu gelişen antropojen stepler oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra soğuğa karşı dayanıklı meşe ormanları ve kuraklığı yansıtan ardıçlar gözlenmektedir (Günek ve Yiğit, 1995).

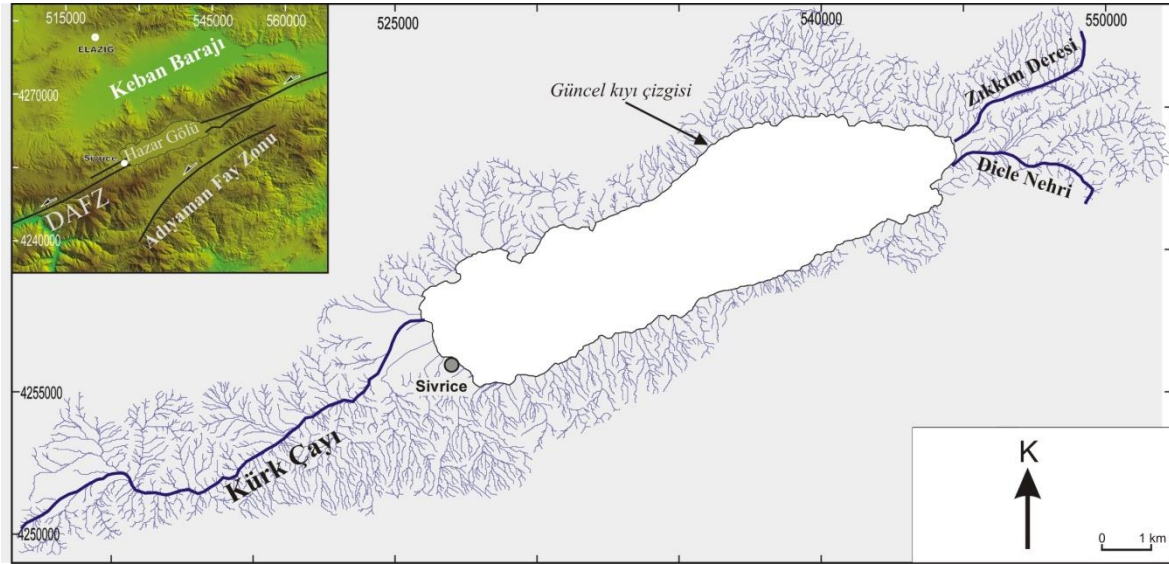
1.2.3. İklimsel Özellikleri

Hazar Gölü ve çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerine oranla daha az karasal olan iklim ile Güneydoğu Anadolu'nun bozulmuş Akdeniz iklimi arasında bir geçiş sahasında yer almaktadır (Günek ve Yiğit, 1995). Çalışma alanı bir taraftan ana çizgileriyle kuzeyinde ve güneyinde yer alan bu iklimlerin özelliklerini taşıırken, bir taraftan da kendine özgü iklim şartlarıyla dikkati çekmektedir. Klimagram yöntemi ile yapılan iklim sınıflamasına göre Hazar Gölü havzası soğuk karasal özellik göstermektedir. Elazığ meteoroloji istasyonu 2000 yılı verilerine göre çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölgede yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,9 °C ve yıllık ortalama yağış 551,7 mm'dir. Yine aynı alan içerisinde bulunan Sivrice'nin yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,8 °C derecedir ve yıllık ortalama yağış değeri 600,7 mm'dir. Havzada ölçülen en düşük sıcaklıklar Ocak

ayında, en yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında görülmektedir. Havza en fazla yağışı Nisan ayında alırken, en yağışsız geçen ay Ağustos ayıdır.

1.2.4. Hidrolojik Özellikleri

Bölgede, Hazar Dağı'ndan inen akarsuların derine aşındırması sonucu oluşan V şekilli çentik (kertik) vadiler oluşturmuş yüzeyde derin izler açmış ve göle ulaştıkları yerlerde küçük birikinti konileri ile fan-deltalar meydana getirmiştir (Günek ve Yiğit, 1995). Bu vadilerden en önemlisi Hazar Gölü'ne batıdan karışan Kürk Çayı, göle gelen en önemli akarsu olup doğudan karışan Zıkkım ile Savsak Dereleri de göle önemli miktarda su taşımaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Hazar Gölü'nün drenaj haritası ve göle karışan önemli akarsular

Zıkkım Deresi ve Kürksuyu, havzadaki diğer akarsuların aksine, Doğu Anadolu Fay zonuna karşılık gelen oluğa yerleşmiş subsekant akarsulardır. Yani tektonik yapıya uygun, doğu - batı yönünde akan “boyuna” akarsulardır. Buna karşılık diğer dereler ise, oldukça yakın jeolojik devirlerde meydana gelen epirojenik hareketler sonucu oluşmuş, kuzey-güney yönlü “enine” akarsulardır (Günek ve Yiğit, 1995). Kürksuyu, batıdan fay hattına yerleşmiş derin bir çentik vadi içerisinde akar. Hazar Dağı eteklerinde yüzeye çıkan birçok fay kaynağının suyunu da alarak, Sivrice' nin batısında büyük bir delta oluşturup göle karışır. Kürksuyu kış ve özellikle bahar aylarında bölgeye gelen yağışlarla paralellik

gösterip yatağında bol su bulundurur ve göle yıllık ortalama $5,9 \cdot 10^6$ m³ kadar su taşımaktadır (Şen vd., 2002). Temmuz - Ağustos-Eylül aylarında ise yaz kuraklığıyla taşıdığı miktar azalsa da bir miktarda olsa göle su taşımaktadır.

Zıkkım Deresi, gölün Kuzeydoğusunda yer alan Mastar Dağları'nın güney eteklerinde yüzeye çıkan iki ayrı kaynağın birleşmesiyle oluşmaktadır ve göle yıllık ortalama $2,2 \cdot 10^6$ m³ kadar su taşımaktadır. Zıkkım deresi 2 km gibi oldukça kısa bir uzunluğa sahip olmasına rağmen yerleşmiş olduğu, iki taraftan faylı çöküntü alanına getirdiği malzemelerle göle 300 - 350 m mesafe kala önce birikinti yelpazesi oluşturmaktadır. Bu mesafeden göle kadar olan aralıkta da delta özelliği kazanmaya başlar ve nihayet göl kıyısında Gezin deltasını oluşturarak göle ulaşır.

Savsak Deresi, Çelemlik Dağları üzerinde geniş bir tepelik alanı oldukça derin bir biçimde kazarak, göle doğru dar ve derin bir vadi şeklinde uzanır. Bu dere, önünde küçük bir yelpaze oluşturduktan sonra, yelpaze malzemeleriyle iç içe olacak biçimde 30 - 40 m uzunluğunda deltaik malzemedeki yer alır. Mart, Nisan gibi yağışlı mevsimlerde fazlalaşan dere suları, yaz aylarında nerdeyse göle hiç malzeme getirmez. Diğer önemsiz derelerde, Sevsak deresinin özelliklerini az-çok yansıtır. Kavak Deresi, diğer bir adıyla Behrimaz Çayı, Hazar Gölü havzası içinde yer almamasına rağmen sonradan bir kanalla havzaya dahil olmuş ve göle derive olmaya başlamasıyla birlikte, Hazar Dağı'nın güney eteklerinden çıkan kaynak suları ile gölü beslemektedir. Bu derenin, DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından 1960'da yapılan bir çevirme kanalıyla göle akışının sağlanmasında Hazar Hidroelektrik santrallerinin devreye girmesiyle azalmaya başlayan göl sularını karşılama düşüncesi yatmaktadır. Kavak çayı, yıllık ortalama $3 \cdot 10^7$ m³ kadar suyu göle taşımaktadır. Ekim ayı ortalarında başlayan su taşıma, Şubat ayı sonuna kadar artarak devam etmekte ve Mart ayı başlarından itibaren alçalmaya başlamaktadır. Temmuz başlarında tamamen etkisini kaybetmekte ve özellikle sulamada kullanılmasına bağlı olarak Ağustos ve Eylül aylarında çevirme kanalı tamamen kuru kalmaktadır (Günek ve Yiğit, 1995).

1.2.5. Limnolojik Özellikleri

Hazar Gölü'nde yapılan arazi çalışmaları sırasında yapılan karot çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile eş zamanlı olarak göl suyunun farklı derinliklerinde CTD aleti ile gölün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de ölçülmüştür. Gölün özellikle güncel limnolojik özellikleri hakkında bilgi veren bu ölçümlerde, derinliğe bağlı olarak göl suyu sıcaklığı, basınç, tuzluluk ve iletkenlik gibi parametrelerin değişimi tespit edilmiştir (TÜBİTAK 111Y045, 2011). Su derinliğini 5 cm hassasiyetle ölçebilen CTD aleti, bu parametreleri de oldukça hassas bir şekilde ölçebilmektedir.

Gölde CTD aleti ile yapılan sıcaklık ölçümlerinde derinliğe bağlı olarak gelişen ani sıcaklık değişimi (termocline) yaklaşık 18 ile 28 m'ler arasında gözlenmektedir Üst su tabakası olan 'epilimnion' da sıcaklık yaklaşık 17 - 18 °C arasında değişmektedir. Bu değer 20 m'lere gelindiğinde ise 11 °C'ye düşmekte ve 50 m su derinliğinde ise 6 °C'ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Bu iki farklı sıcaklığa sahip su tabakalanması arasında kalan 'metalimnion' tabakasının varlığı yaklaşık 17 - 22 m'ler arasındadır. Alt su tabakası olan 'hypolimnion'da ise sıcaklık 22 m'den daha derinde 45 m'lere kadar sadece birkaç derece daha düşerek 50. m' de sabitlendiği gözlenmektedir (TÜBİTAK 111Y045, 2011).

CTD aleti ile 55 m'ye kadar yapılan tuzluluk ölçümlerinde bu parametrenin derinliğe bağlı olarak fazla değişmeden sabit kaldığı gözlenmiş ve göldeki tuzluluk değeri 1,1 PSS olarak (binde 11) ölçülmüştür. Göl suyunda en fazla ölçüm alınabilen derinlik olan 55 m'ye kadar sudaki basıncın doğrusal olarak arttığı gözlenmiş ve ölçüm alınan derinlikte bu değer en fazla 6 bar arttığı gözlenmektedir (TÜBİTAK 111Y045, 2011).

Yapılan ölçümlerde göl suyu iletkenliği su yüzeyinde 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerindeyken 18. m'de aniden 2150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine düştüğü ve birkaç metre derine doğru yeniden eski değerine ulaştığı gözlenmektedir. Göl suyunda 20 m'den sonra iletkenliğin derinliğe bağlı olarak giderek arttığı ve 55. m'de ise 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin üzerine çıktığı gözlenmektedir (TÜBİTAK 111Y045, 2011).

Göl suyunda yapılan diğer bir ölçüm ise ses hızındaki değişimdir. Göl suyunda ses hızındaki değişimler sismik kayıtlar alındıktan sonra kayıtların işlenmesi çalışmalarında gerekmektedir. Göl suyunda değişen ses hızına göre sismik çalışmalarda alınan kayıtlarda görüntülenen çökel birimlerinin kalınlıklarının ve uzanımlarının doğru bir şekilde hesaplanmasında önem kazanmaktadır. Sudaki ses hızı değerlerinin genel olarak sıcaklık ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlenmektedir. Bunun en önemli sebebi ise su

sıcaklığındaki azalma sonucunda suyun yoğunluğundaki artış ses hızında da azalmaya sebep vermektedir. Buna göre, ses hızı göl yüzeyinde 1500 m s^{-1} iken 15 m'ye kadar değişmediği, ancak daha sonra aniden azalarak 20 m'de 1450 m s^{-1} 'ye düştüğü gözlenmektedir. Gölde bu seviyeden daha derine doğru doğrusal bir şekilde ses hızında azalma devam etmekte ve bu değer 55 m'de yaklaşık 1430 m s^{-1} olarak ölçülmektedir (TÜBİTAK 111Y045, 2011).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hazar Gölü gerek jeolojik konumu, gerek oluşum şekli bakımından günümüzde olduğu kadar geçmişte de birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, Hazar Gölü ve yakın çevresinin morfolojik, jeolojik, tektonik açıdan inceleme çalışmaları çok eskilere dayanmaktadır. Bu konudaki en eski çalışmalar içerisinde Huntington (1902), Perinçek (1979a, 1979b), Hempton vd. (1983), Hempton (1984, 1985), Dune ve Hempton (1984), Yazgan (1984), Şengör vd. (1985), Sungurlu vd. (1985), Bingöl (1986), Muehlberger ve Gordon (1987), Perinçek vd. (1987), Herece ve Akay (1992), Turan (1993), Gürocak (1993), Kaya (1993) ve yakın zaman içerisinde yayınlanmış olan Aksoy vd. (2007) ve Moreno vd. (2010) öne çıkmaktadır.

Aksoy vd. (2007), Hazar Gölü Havzası'nın fay kontrolünde oluşan dolgusunun yaşını dikkate alarak, fayın Geç Pliyosen'den itibaren aktif olduğunu öne sürmüşlerdir.

Aktaş ve Robertson (1984), bölgede yüzeyleme sunan Maden Karmaşığı'na ait volkanik kayalarda yaptıkları jeokimyasal çalışmalara dayanarak karmaşığın kuzeye dalımlı bir yitim zonu üzerindeki yay önü bölgede gelişen çek-ayır havzada oluştuğunu belirtmektedirler.

Arpat ve Şaroğlu (1972), bölgede yaptıkları çalışmada; Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin, Arabistan Levhası ile Anadolu Levhacığı'nın çarpışmasıyla oluştuğunu ileri sürmüşler ve fay sisteminin oluşum yaşının Orta Miyosen sonrası bir zaman olduğunu saptamışlardır.

Bingöl (1982, 1984, 1987), özellikle Elazığ çevresinde yaptığı çalışmalarında Yüksekova Karmaşığı'nı aktif bir kıta kenarı olarak yorumlamış, ayrıca Guleman Grubu'nun kümülatları üzerinde yaptığı petrografik çalışmalarla bunların okyanusal kabuğa ait ürünler olduğunu ve kuzeyden güneye Arap Levhası üzerine taşındığını belirtmiştir.

Dewey ve Şengör (1979), Doğu Anadolu Fayı'nın oluşum yaşı hakkında yaptıkları çalışmada, fayın yaşı için Geç Miyosen-Pliyosen'i önermişlerdir. Benzer konuda Dewey vd. (1986), Orta Miyosen-Pliyosen'i; Gülen vd. (1987) ile Turan vd. (1993) Orta Miyosen sonrasını; Tatar (1987) Miyosen sonrasını; Turan (1993) Geç Miyosen sonrasını önermişlerdir. Şengör (1980) ise DAF'ın Erken Miyosen ile Pliyosen arasında oluştuğunu ileri sürmüştür.

Hempton ve Savcı (1982), Elazığ-Sivrice civarındaki araştırmalarında, Yüksekova Karmaşığı'nı Elazığ Volkanik Karmaşığı olarak ele almış ve karmaşığı kuzeyden güneye

doğru üç birliğe ayırarak petrografik ve tektonik açıdan incelemişlerdir. Araştırmacılar Güneydoğu Anadolu'daki hareket yönü güneye doğru olan Eosen sonu bindirmelerinin, karmaşıktaki kabaca kuzeye eğimli kendi içinde de ekaylanmış bindirme dilimlerine neden olduğunu, karmaşığın tabanında yer alan güneydeki dilimin metamorfize olmasına karşın tavan dilimini oluşturan kuzeydeki dilimin metamorfize olmadığını belirtmektedir. Araştırmacılar karmaşığı ilksel-ensimatik adayayı ürünü olarak yorumlamışlardır.

Hempton vd. (1983), Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunan Hazar Gölü civarında yaptıkları çalışmada, gölün doğrultu atımlı faylar üzerinde gelişen bir çek-ayır havza olduğu fikrini ileri sürmektedirler.

Gürocak (1993), Sivrice-Elazığ çevresinde yaptığı çalışmada, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'nın Pötürge Metamorfitleri ve Simaki Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini, bu formasyonların tektonik olarak Yüksekova Karmaşığı tarafından üzerlendiğini belirtmektedir. Araştırmacı Hazar Gölü'nün güney kesiminde yer alan normal fayların doğrultu atım bileşenine de sahip olduğunu ifade etmektedir.

Kaya (1993), Gezin-Maden (Elazığ) civarında yaptığı çalışmada, Hazar Gölü'nün hemen güneydoğusundan geçen DAF'ın en güneydeki kolu olan Plajköy Fayı'nın güney blokunun sağa yönelik hareketiyle çalışma alanının güneydoğusundan geçen Hazar Fayı'nın kuzey blokunun sola yönelik hareketleri sonucunda bu iki fay arasında bir çek-ayır havzanın geliştiğini ifade etmektedir.

Kaya (2004), Gezin (Elazığ) civarında yaptığı çalışmada, Doğu Anadolu Fayı'nın tek bir fay şeklinde olmayıp birbirine paralel, 8 - 10 km takip edilebilen, eğim atım bileşenleri oldukça belirgin birkaç büyük faydan oluştuğunu ve fayların eğim atımlarından dolayı düşen bloklar üzerinde alüvyonların biriktiğini belirtmiştir.

Perinçek (1979b), Ergani-Maden-Hazar-Elazığ-Malatya bölgelerinde yaptığı çalışmada Hazar Grubunu karmaşık olarak değerlendirip Maastrichtiyen-Paleosen yaşını vermiş ve bölgedeki tüm birimlerin K - G doğrultulu bir sıkışma ile kuzeyden güneye doğru bindirdiklerini belirtmiştir.

Sürmelihi (2009), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında göl sedimentlerinde saklı olduğu düşünülen Geç Holosen dönemine ait paleo iklimsel ve paleo ortamsal koşulları araştırmıştır. Hazar Gölü'nden alınan karotlarda yaptığı incelemeler sonucunda gölün 4000 yıllık süreç içerisinde yüzyıllık periyodlar sunan önemli iklimsel değişimleri sakladığı sonucuna varmıştır.

Şengör (1980), bölgede yaptığı çalışmada; Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun kuzeye doğru yitimi, Orta Miyosen sonlarında ise Arabistan ile Anadolu Kıtasal Levhaları'nın çarpıştığını ileri sürmüştür.

Turan (1993), Elazığ bölgesindeki tektonik yapıları bir bütün olarak incelemiş ve bunların bölgenin jeotektonik evrimindeki yerini açıklamaya çalışmıştır. Araştırmacı bölgenin hem Paleotektonik hem de Neotektonik dönemde etkin bir tektonizmaya maruz kaldığını belirterek bunun sonucunda bölgenin Üst Kretase sonu, Orta Eosen ve Orta Miyosen'de K - G doğrultulu sıkışma altında kaldığı ve bölgedeki tektonik yapıların bu sıkışma dönemlerinde oluştuğunu belirtmektedir.

Turan ve Gürocak (1997), Sivrice bölgesinde Doğu Anadolu Fay Zonu'nda yaptıkları incelemelerde, Hazar Gölü'nün oluşturduğu çöküntü alanının sadece çek-ayır mekanizması ile çökmediği, fay zonunun güney bloğunda etkili olan çekme tektoniği rejimi ve buna bağlı asimetrik yani bir yarı grabenleşmenin de burada önemli bir rol oynadığını ileri sürmüşlerdir.

Yazgan (1981, 1983, 1984), Malatya-Elazığ çevresindeki magmatik ve metamorfik kayaların petrografik ve petrolojik özelliklerini inceleyerek, bölgenin jeotektonik evrimi ile ilgili modeller geliştirmiştir. Araştırmacıya göre, bölgede biri Üst Kretase diğeri, Orta Eosen'de olmak üzere iki etkin kıta kenarı gelişmiş ve bunlardan Üst Kretase'de gelişen etkin kıta kenarı üzerinde Yüksekova Karmaşığı, Orta Eosen'deki etkin kıta kenarı üzerinde ise Maden Karmaşığı oluşmuştur.

Bu çalışmanın ana amacı olan Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özellikleri konusunda günümüze değin yapılan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, göl ve derin deniz çökellerini jeoteknik özellikleri ve bu özelliklerin deniz yamaçlarında meydana gelen kitle hareketleri ile olan ilişkisi birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu konuda özellikle 1990' lardan sonra araştırmalar yapılmıştır. Literatürde yer alan bu araştırmalar ve elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Elverhøi vd. (1997), Norveç-Barents Denizi'nin kıta kenarı boyunca derin deniz yelpazelerinde denizaltı heyelanının akış davranışını ve kökeni inceledikleri çalışmada gravite ve piston karotlar almış ve çökellerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Isfırjorden yelpaze çökellerini kesen bir karotta (silt-kil-kum litolojilerinde) su içeriğinin (% 50 - 20) ve porozitenin (% 70 - 40) derinlikle azaldığı yaş ve kuru birim hacim ağırlık değerlerinin ($\approx 1,4 - 2,0 \text{ gr/cm}^3$; $0,5 - 1,6 \text{ gr/cm}^3$) derinlikle arttığı ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada drenajsız kesme dayanımı değerlerinin (5 - 15

kPa) de derinlikle arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar şev kaymasının büyük olasılıkla artan gravite yüküyle birlikte efektif gerilmenin azalması ve hızlı sedimentasyonun neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Förster vd. (2007), Girit Denizi'nin yamaç sedimanlarında yaptıkları jeoteknik incelemelerde heyelan çökellerinin özelliklerini belirlemek için sismik yansıma, yerinde CPT ölçümleri, örnekleme ve laboratuvar deneyleri yapmışlardır. Alınan karot örneklerinde sedimanların fiziksel özellikleri (P dalgası, yoğunluk, su içeriği, manyetik duyarlılık ve porozite), tane boyu dağılımı, kesme dayanımı ve konsolidasyon davranışlarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerde ortalama yoğunluk değerinin $1,8 \text{ g/cm}^3$ olduğunu, örselenmemiş üst yamaç sedimanlarında drenajsız kesme dayanımının 20 kPa'dan 40 kPa'a doğru doğrusal olarak arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre örselenmemiş sedimanların yüzey ve derin kısımları arasında kesme dayanımı arasında önemli farkın olmadığını, heyelanın en derin kısmında sürtünme katsayısı değerinin örselenmemiş karotun az altında olduğunu ve tüm bu verilerin karotların üst kısmında bazı malzemenin eksikliğini gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Förster vd. (2008), Girit Denizi'nde (Doğu Akdeniz), heyelana duyarlı şev sedimanlarının tanımlamalarını yaptıkları çalışmalarında tektonizma, aşırı boşluk basıncı, zayıf kil seviyeleri veya deprem titreşimleri gibi potansiyel tetikleyici mekanizmalarının sonuçlarını ilişkilendirebilmek için sedimanların fiziksel davranışı ve sürtünme duraylılığını incelemişlerdir. Araştırmacılar yapılan batimetri ve sismik yansıma çalışmalarına göre Kuzey Girit kıyısında farklı geometrilere ve kalınlıklarda iki ayrı kayma kompleksinin olduğunu belirtmişlerdir. CPT (Konik Penetrasyon Testi) ölçümlerini ve laboratuvar için örnekleme jeofizik verilere dayalı olarak yapmışlar ve karot tanımlamaları, indeks özellikleri, tane boyu analizleri ve kesme deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Tüm gravite karotlarının benzer litostratigrafik özellik gösterdiğini (sarımsı kahverenkli kumlu-siltli çamur, açık gri kumlu-siltli çamur) ve örselenmemiş sedimanlarda yoğunluk değerlerinin derinlikle beraber arttığını ifade etmişlerdir. Doğu kompleksinin yoğunluk değerlerinin batı kompleksinden daha düşük olduğu ve Doğu kompleksinin kaymış sedimanlarının ve yakın şevlerin yoğunluklarının örselenmemiş şev sedimanlarına benzediği sonucuna varmışlardır. Fakat çalışmacılar batı kayma kompleksindeki uzağa taşınmış çökellerin örselenmemiş çökellere göre daha düşük yoğunluk değerine sahip olduğunu ve örselenmemiş sedimanların her iki kayma

kompleksinde de derinlikle artan drenajsız makaslama dayanımına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Förster vd. (2010a) Fransa güneyinde Liguiran Sınırı'nın derin yamaçlarındaki kitle hareketlerini inceledikleri çalışmada Var Kanyonu yakınında 11° kıta şev açısına sahip 1500 m su derinliğine ulaşan iki büyük heyelan kompleksinde jeofizik verilerin de ışığında sedimantolojik ve jeoteknik çalışmalar yapmışlardır. Gravite karotlarında sedimanların fiziksel özelliklerini MSCL (Multi-Sensor Core Logger) kullanarak belirlemişler, ayrıca fiziksel özelliklerin yanı sıra drenajsız kesme dayanımını (cu) Vane kesme cihazı kullanarak ve sedimanların sürtünme katsayılarını belirlemek için ise direk kesme deneyleri yapmışlardır. Çalışmacılar, Var Kanyonu içinde uzanan Batı Heyelan Kompleksi'nin şev açısının 32° olduğunu fakat Var Kanyon vadisine geçtiği yerde 11° 'ye düştüğünü ve Var Kanyonu'ndan daha uzakta bulunan Doğu Heyelan Kompleksi'nin şev açısının ise 20° olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar Batı Heyelan Kompleksinde yapılan karotlardaki yarı-pelajik sedimanlarda yığın yoğunluğunu $1,7 - 1,9 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlemişler ve derinlikle arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca siltli kil malzemesinin bulunduğu karotlarda yığın yoğunluğunun $1,95 - 2,08 \text{ gr/cm}^3$ olduğunu ve derinlikle arttığı sonucuna varmışlardır. Siltli killer ile üstteki yarı-pelajik sedimanlar arasındaki geçişte 3,2 m karot derinliğinde yığın yoğunluğunu $1,82 - 1,95 \text{ gr/cm}^3$ ve drenajsız kesme dayanımının ise 3-25 kPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yarı-pelajik sedimanların rezidüel sürtünme katsayısının 0,36 - 0,42 arasında ve siltli killerin ise 0,27 - 0,29 arasında değiştiği ve yarı-pelajiklerden daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır. Doğu Heyelan Kompleksindeki karotlarda yarı-pelajiklerin yığın yoğunluğunu $1,9 \text{ gr/cm}^3$ ve drenajsız kesme dayanımı ise 20 kPa olarak belirlenmiştir. Daha alttaki birimlerde ise yığın yoğunluğunun $1,7 \text{ gr/cm}^3$ ve drenajsız kesme dayanımının ise 5 - 15 kPa arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Batı Heyelan Kompleksinin şev açısının 32° olduğu ve bahsedilen sedimanların mekanik davranışları birlikte değerlendirildiğinde bu heyelan kompleksinde yenilme olaylarının daha sıklıkla meydana geldiği ve büyük hacimli heyelanların meydana gelmesi için ince taneli malzeme kalınlığının fazla olması gerektiği sonucuna varmışlardır. Doğu Heyelan Kompleksinin şev eğim açısının 20° olduğu ve Var Kanyonu'ndan daha uzakta bulunduğu göz önüne alınırsa bu heyelan kompleksinde daha az sıklıkta heyelan meydana geleceği fakat Batı Heyelan Kompleksine göre daha büyük hacimlerde olacağı öne sürülmüştür.

Förster vd. (2010b), KB Afrikada Mauritania Kompleksinde yaptıkları çalışmalarda sediman karotlarında gerilme analizleri ve jeoteknik ölçümler yapmışlardır. Araştırmacılar sedimanların kesme dayanımını ve fiziksel özelliklerini (P dalga hızı, yığın yoğunluğu, porozite, manyetik duyarlılık) belirlemişlerdir. Yarıpelajik sedimanlarda genellikle yığın yoğunluğu değerlerinin (1,79 - 1,82 gr/cm³) derinlikle arttığını, su içeriği değerlerinin (0,6 - 0,45) ise derinlikle azaldığını belirtmişlerdir. Karotlarda drenajsız kesme dayanımının genel olarak derinlikle arttığını ve 7 - 11 kPa aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir. Çalışmada halka ve direk kesme deneyleri yapan araştırmacılar sedimanlardaki içsel sürtünme açısını 0,22 - 0,38 olarak belirlemiş ve en düşük sürtünme açısı değerinin 0,18 olduğu sonucuna varmışlardır. Karotlarda yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenen ön konsolidasyon basıncının (σ_{pc}) derinlikle arttığını ve 11,29 - 43,12 kPa arasında değiştiğini ve düşey efektif gerilme σ_{eff} değerlerinin (13,58 - 46,00 kPa) de her karotta derinlikle arttığını belirtmişlerdir.

Kim ve Kim (2001), Ulleung Havzası (Japon Denizi) düzlüğü ve şev sedimanlarının fiziksel özelliklerinin korelasyonunu ve karşılaştırmasını yaptıkları çalışmada havza düzlüğünün türbidit/yarı-pelajik çökellerle, şev alanının ise kayma, çökme ve döküntü çökelleriyle temsil olunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada düzlükte ve şevde sediman dokuları neredeyse aynı olmasına rağmen kitle fiziksel özelliklerinin (su içeriği, porozite, yaş birim hacim ağırlık, kayma dayanımı ve hızı) önemli farklılıklar sunduğu belirtilmiş ve değerler farklı olmasına rağmen fiziksel özellikler arasındaki ilişkinin iyi korelasyon verdiği ortaya konmuştur. Araştırmacılar düzlükteki ve şevdeki fiziksel özellikleri sırasıyla litolojiyi (% 9 kum, % 34,1 silt, % 56,9 kil, % 2,5 kum, % 39,4 silt, 58,2 kil); su içeriğini (% 61,5 / 48,9); poroziteyi (% 79,1 / 65,8); doymuş yoğunluğunu (1,35 / 1,50 gr/cm³); tane yoğunluğunu (2,54 / 2,67 gr/cm³); kuru yoğunluğu (2,62 - 2,46 gr/cm³) kayma dayanımını (2,60 / 6,05 kPa); P dalga hızı 1538 / 1558 m/sn) olarak belirlemişlerdir. Çalışmada düzlük ve şev sedimanlarının fiziksel özellikleri arasında önemli bir fark olduğu ve bu farklılığın iki ortam arasındaki kompaksiyon ve/veya konsolidasyon süreçlerindeki farklılıktan kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Araştırmacılar bu fiziksel özelliklerdeki farklılıklara, kitle akış süreçleriyle yüzey sedimanlarının kaldırılmasının sonucu olarak geçmişte buzul çağları boyunca çökelen daha yaşlı (daha kompaktlaşmış ve/veya konsolide olmuş) sedimanların neden olmuş olabileceğini ifade etmişlerdir.

Lee vd. (1993), Ulleung Havzası'nın güneyindeki sedimanların şev stabilitesi ve jeoteknik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında şelf sedimanlarının çoğunlukla masif,

orta ve ince kumdan oluştuğunu ve şev sedimanlarının ise yüksek su içeriklerinde (% 170-200), yüksek plastisiteli (likit limit, % 125 - 135, plastik limit % 70 - 80) siltli kilden oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu yarı-pelajik çamurların az da olsa aşırı konsolidasyon gösterdiklerini ve sıkışabilirliklerinin yüksek olduğunu, çoğu jeoteknik özelliklerin derinlikle farklılıklar sunduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada kil içeriğinin, su içeriğinin ve Atterberg Limitleri'nin derinlikle dereceli olarak arttığını fakat kalsiyum karbonat içeriğinin şevin üst kısımlarında % 5'den şevin daha alt kesimlerine doğru yaklaşık sıfıra ulaştığını belirtmişlerdir. Ayrıca Toplam Organik Madde miktarının şev boyunca % 8 - 14 arasında olduğu, kesme dayanımının derinlikle sistematik farklılıklar göstermediği fakat çoğu yerde derinlikle dereceli olarak arttığı sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar tüm şev boyunca sedimanların drenajsız ve drenajlı koşullar altında oldukça duraylı olduğunu ve olası bir deprem sonucunda şev kaymalarının meydana geleceğini öne sürmüşlerdir.

Lee vd. (2011), yaptıkları çalışmada Ulleung Havzası (Güney Kore) deniz sedimanlarının jeoteknik özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar 2100 m su derinliğinde ve deniz tabanından 110 m derinlikten aldıkları örneklerin kimyasal ve mineralojik bileşimini kontrol eden sediman parametrelerini belirlemek için jeoteknik indeks deneyleri, X-ışınları kırınımı ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerini kullanmışlardır. Çalışmada farklı karot örneklerinden belirlenen özgül ağırlık değerleri 2,57 - 2,64 gr/cm³ arasında (referans değerler diatomeler için $G_s = 2,26 - 2,37$; kaolinit için $G_s = 2,65$ 'dir), D_{50} değerleri 2,279 - 3,041 μm , 200 nolu elekten geçen örnek %100, likit limit değerleri % 66,9 - 115, plastik limit değerleri % 33,8 - 64,9 arasında değişmektedir ve zemin sınıfı tüm karotlarda OH veya MH olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar SEM görüntülerinin kaolinit, illit ve klorit gibi kil mineralleri ile mikrofosillerin hakim olduğu bir sediman yapısını gösterdiğini ve sedimanlardaki yüksek poroziteyi belirleyen baskın mikrofosillerin varlığının mikroyapı ve tüm makro ölçekteki özellikleri belirlediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca kayma dalga hızının düşey efektif gerilmenin artmasıyla arttığını diğer yandan gözeneklilik, geçirgenlik, elektrik iletkenlik ve hidrolik iletkenliğin artmasıyla ise azaldığını belirtmişlerdir.

Rajasekaran (2006), Singapurun kuzey-doğu kıyı bölgesinde derlenen deniz sedimanlarının mineralojik özelliklerini ve mikroyapısını incelediği çalışmada sedimanların davranışına pirit ve mikrofosillerin etkisini araştırmıştır. Araştırmacı deniz sedimanlarının jeoteknik özelliklerini belirlemek için kayma dayanımı, konsolidasyon ve

kimyasal analizler gibi laboratuvar çalışmaları yapmıştır. Deniz sedimanlarında diyatom mikrofosilinin varlığının zeminin mühendislik özelliğini ve indeks özelliklerini etkilediğini ifade eden araştırmacı mikrofosillerin iskelet ve iskelet arası boşluklarının zeminin dayanımı ve sıkışabilirliğini de büyük oranda etkilediğini ifade etmiştir. Killerde mikrofosil bulunması durumunda likit limit ve buna bağlı olarak da plastisite indisinin arttığı (Local vd., 1996) ayrıca diyatom oranının fazla olmasının zeminin yoğunluğunu azalttığı (Tanaka ve Locat, 1999) bu çalışmada da ifade edilmiştir. Çalışmacı deniz killlerinde yaptığı deneylerle yoğunluğu $2,77 \text{ gr/cm}^3$, kil oranını %23-46, doğal su içeriğini % 56 - 71, likit limiti % 48 - 74, plastik limiti % 39 - 48, kayma dayanımını $10 - 15 \text{ kN/m}^2$, sıkışma indeksini $0,8 - 1,3$, ön konsolidasyon basıncını $24 - 37 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlemiştir. Bu çalışmada araştırmacı diyatom içeren deniz sedimanlarında su içeriği, likit limit ve plastik limitin arttığını ifade etmiş ve dünyanın farklı bölgelerindeki diyatomların varlığı ve diyatumlu sedimanların kendine özgü davranışları göz önüne alındığında deniz sedimanlarının sınıflanmasında önemli bir zemin tipi olarak kabul edilebileceğini öne sürmüştür.

Sarı ve Çağatay (2010), Marmara Denizi doğusunda Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde deniz seviyesi değişimi ve fay etkinliğini inceledikleri çalışmalarında aldıkları karotda tanımladıkları kütle akmasının sebebinin deprem olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar normal denizlerde kütle akmalarını tetikleyen unsurlardan olan volkan patlaması, gelgit etkisi, düşük deniz seviyesi, fırtına dalgaları, hızlı depolanma ve gaz hidrat oluşumunun çalışma alanında kütle akmalarına neden olmadığını ve kütle akmalarının depremler nedeniyle oluştuğunu belirtmişlerdir.

Strozky vd. (2010), aktif kıta kenarındaki şev yenilme tekrarını ve Hellenik yayönündeki denizaltı heyelanlarını inceledikleri çalışmada düşük heyelan tekrar oranları ve gerekli tetikleyici mekanizmalar arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için şev sedimanının mekanik davranışını kapsayan bazı duraysızlık senoryaları uygulamışlardır.. Gravite karotlarında fiziksel ve mekanik özellikleri belirleyen araştırmacılar sedimanların yığın yoğunluğunun $1,7 - 2,0 \text{ g/cm}^3$, drenajsız kesme dayanımının ise $10 - 15 \text{ kPa}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada tektonik olarak aktif bölgelerde geçmişteki sismik aktivite dinamik sıkışma oluşturabileceği için uzun zaman periyotlarında sedimanlar sismik yüklemeye veya diğer potansiyel tetikleyicilere karşı direnç kazanacağından büyük denizaltı heyelanlarının daha az meydana geleceği sonucuna varılmıştır.

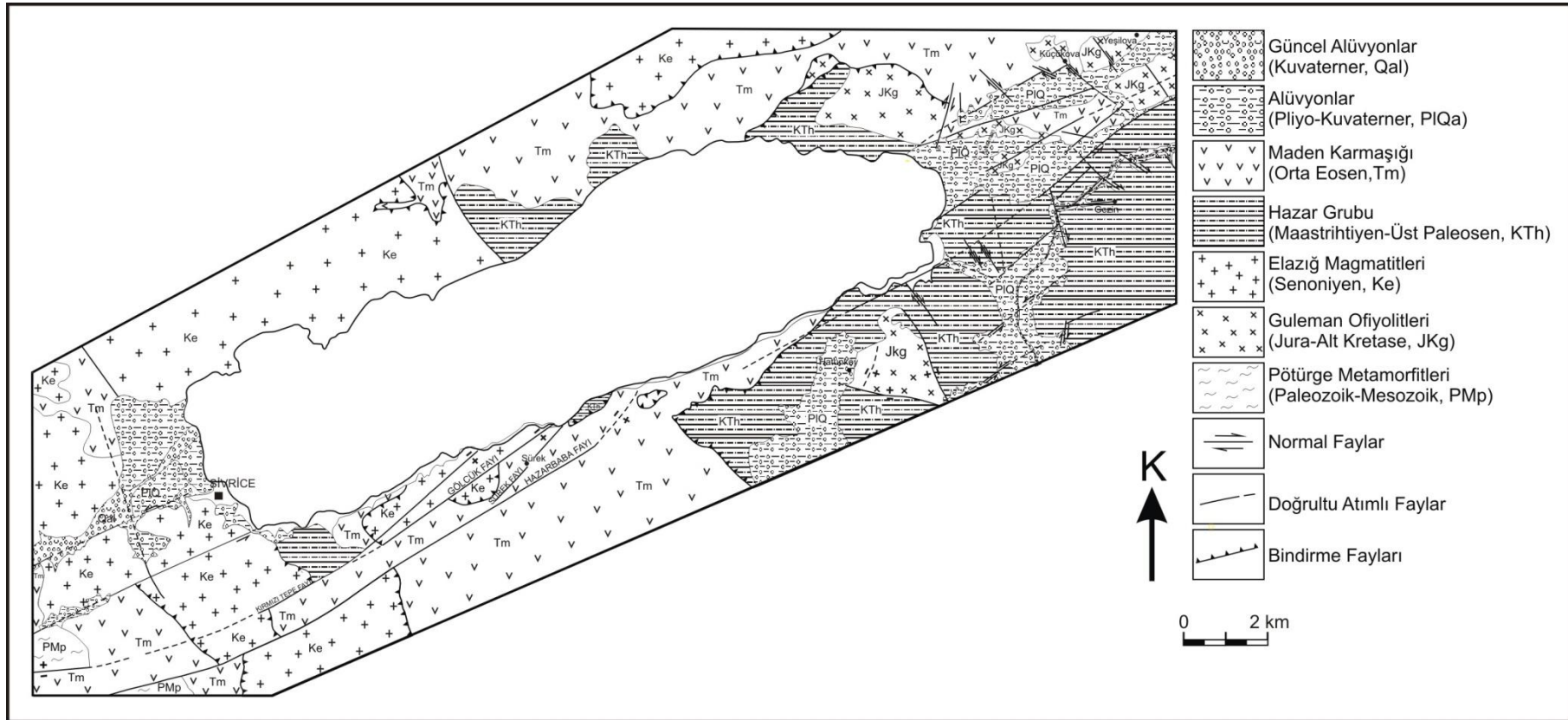
Yun vd. (2006), Meksika Körfezi'nde Atwater Vadisi ve Keathley Kanyonu'ndan alınan karot örneklerinin jeofiziksel ve jeomekanik parametrelerini (likit limit, plastik limit, porozite, spesifik yüzey, pH, sediman elektrik iletkenliği, P ve S dalga hızları ve drenajsız kayma dayanımı) belirledikleri çalışmalarında sedimanların yüksek spesifik yüzeye sahip plastik kil olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar su içeriğinin ve sediman elektrik iletkenliğinin derinlikle azaldığını, spesifik yüzeyin ise 62 - 143 m²/g arasından değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada Atwater Vadisindeki sedimanların likit limit değerlerinin % 57,8 - 77,0 ve plastik limit değerlerinin % 23,1 - 30,5, Keathley Kanyonu'ndaki sedimanların likit limit değerlerinin % 51,2 - 66,6 ve plastik limit değerlerinin % 20,7 - 27,7 olduğu ifade edilmiştir.

Winters vd. (2008), yaptıkları çalışmada Meksika Körfezi'nin kuzeyinde Atwater Vadisi ve Keathley Kanyonu'ndaki sedimanlar arasındaki fiziksel özellikleri ve konsolidasyon davranışını incelemişlerdir. Araştırmacılar bu iki çalışma bölgesinden alınan farklı karot örneklerinde tuzluluk, su içeriği, tane yoğunluğu, yığın yoğunluğu ve boşluk oranı gibi bazı fiziksel parametreleri belirlemişlerdir. Çalışmada; Atwater Vadisi'nin sediman örneklerinin tuzluluğu 30,9 - 56,0 ppt, su içeriği % 34,6 - 73,6, tane yoğunluğu 2,680 - 2,717 gr/cm³, yığın yoğunluğu 1,613 - 1,819 gr/cm³, boşluk oranı 0,91 - 1,91 ve tane boyu dağılımları ise çoğunlukla siltli kil-kil arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Keathley Kanyonu'nun tuzluluk değerlerini 35 - 49 ppt, su içeriğini % 29,4 - 100,7, tane yoğunluğunu 2,670 - 2,747 gr/cm³, yığın yoğunluğunu 1,491 - 1,993 gr/cm³, boşluk oranını 0,77 - 2,69 ve tane boyu dağılımlarını ise çoğunlukla siltli kil-kil olarak belirleyen araştırmacılar benzer su içeriği değerlerinde derinliğin artmasıyla boşluk oranı değerlerinin azaldığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar iki çalışma alanında ölçülen fiziksel özelliklerin benzer tane yoğunluğu ve tane boyu dağılımı vermesine rağmen farklı konsolidasyon davranışı gösterdiğini ifade etmişlerdir.

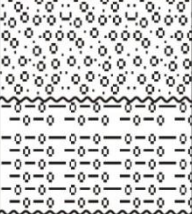
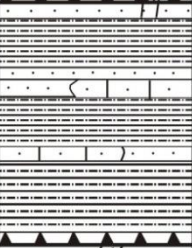
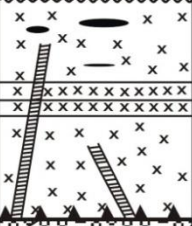
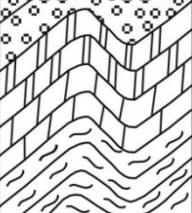
3. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLojİSİ

3.1. Stratigrafi

Hazar Gölü çevresinde yaşı Paleozoik'den Güncel'e kadar değişen kayaç grupları yüzeylemekte ve Paleozoik-Eosen yaşı kayalar Hazar Gölü havza dolgusunun temelini oluşturmaktadır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Bu birimler başlıca; Paleozoik-Mesozoik yaşı Pötürge Metamorfitleri, Jura-Alt Kretase yaşı Guleman Ofiyolitleri, Senoniyen yaşı Elazığ Magmatitleri, Maastrichtiyen-Üst Paleosen yaşı Hazar Grubu, Orta Eosen yaşı Maden Karmaşığı, Pliyosen yaşı çökeller ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır (Hempton, 1985; Sungurlu vd., 1985; Herece ve Akay, 1992; Gürocak, 1993; Aksoy, 1993; Tatar vd., 1995; Aksoy vd., 2007).



Şekil 3.1. Hazar Gölü ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (Gürocak, 1993; Kaya, 1993 ve MTA, 2008’den yararlanılarak hazırlanmıştır).

YAŞ	GRUP	FORMASYON	LİTOLOJİ	SİMGE	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER				Qal PIQa	Güncel alüvyon Yatay tabakalanma gösteren gevşek tutturulmuş kil, kum ve çakıllar
SENONİYEN		ELAZIĞ MAGMATİTLERİ		Ke	Andezit lav akıntıları Çapları 50 cm'ye kadar varan bazaltik yastık lavlar Masif diyabazlar İri taneli masif gabrolar Diyorit kütleleri ve bunları kesen diyabaz daykları
MAASTRİHTİYEN ÜST PALEOSEN	HAZAR GRUBU			KTh	Yeşilimsi-gri renkli, tabakalanma gösteren kumtaşı-şeyl ardalanması ve kumlu kireçtaşı seviyeleri
ORTA EOSEN		MADEN KARMAŞIĞI		Tm	Bazalt, andezit ve diyabaz daykları, volkanik breşler ve tüfler, volkanik ara katkılı kırmızı ve yeşil-gri renkli çamurtaşı seviyeleri ile devamsız kumtaşı ve kumlu kireçtaşı seviyeleri içerisinde yuvarlaklaşmış çakıllar içeren devamsız konglomera seviyesi
JURA ALT KRETASE	GULEMAN OFİYOLİTİ			JKg	Gabro Kromit parçaları ve mercekleri Bantlı gabro, piroksenit Diyabaz daykları Dünit, verlit, serpantin
PALEOZOYİK MESOZOYİK		PÖTÜRGE METAMORFİTLERİ		PMp	Masif metakuvarsitler Açık renkli masif rekristalize kireçtaşları Tabakalı kalkışitler Tabakalanmaya paralel şistozite gösteren metapelitler

Şekil 3.2. İnceleme alanının tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz) (Güroca, 1993 ve Kaya, 1993'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

3.1.1. Pötürge Metamorfitleeri (PMp, Paleozoik-Mesozoik)

3.1.1.1. Tanım

İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan Pötürge Metamorfitleeri adını Malatya'nın Pötürge ilçesinden almaktadır. Doğu Toroslarda yapılan birçok çalışmada bu isim benimsenmiş ve kullanılmıştır (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Perinçek, 1979b, 1980a; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yazgan, 1981, 1983, 1984; Hempton, 1984; Michard vd., 1984; Perinçek ve Kozlu, 1984; Yazgan vd., 1984; Sungurlu vd., 1985; Yalçın, 1985; Yazgan ve Chessex, 1991).

Metamorfitleer üzerinde çalışma yapan Yazgan vd. (1984), bunların Bitlis Metamorfitleeri'nde olduğu gibi gözlü gnayslar, granatlı granatik gnayslar, granatlı amfibolit ve granatlı biyotit mikaşistlerden oluşan bir çekirdek kısmından ve çekirdeği oluşturan bu alt birim üzerinde ise bir makaslama düzleminden sonra mikaşist, mermer, kalkışist, kuvarsit ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan bir örtü seviyesinden meydana geldiğini belirtmektedir.

Hazar Gölü çevresinde araştırma yapan Hempton (1984) ise bölgede Pötürge Metamorfitleeri'nin metapelitler, şistler ve kuvarsitlerden oluştuğunu belirtmektedir.

3.1.1.2. Dağılım ve Konum

Pötürge Metamorfitleeri, Hazar Gölü'nün güneybatısında yüzeylemektedir (Şekil 3.1). Metamorfitleer inceleme alanında Maden Karmaşığı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Güneybatıdaki yüzeylemenin kuzeybatı kesimi Doğu Anadolu Fayı ile güney kesimleri ise Kırmızı Tepe Fayı ile sınırlanırken, daha güneydeki yüzeylemenin kuzeybatı kesimleri Hazar Baba Fayı ile sınırlanmaktadır (Gürocak, 1993).

3.1.1.3. Litoloji

Bölgede Pötürge Metamorfitleeri metapelitler, kalkışistler, rekristalize kireçtaşları ve meta-kuvarsitlerden oluşan metasedimanter birimlerle temsil edilmektedir. En altta bulunan metapelitler yeşilimsi gri ve açık kahverenkli. İnce tabakalanma gösteren metapelitler tabakalanmaya paralel olarak gelişmiş şistozite sunmaktadır. Metapelitlerin üst kısmında açık renkli, tabakalanma gösteren ve aşırı deforme olmuş kalkışistler yer

almaktadır ve bunlar da tabakalanmaya paralel şistozite göstermektedir (Gürocak, 1993) (Şekil 3.2).

3.1.1.4. Yaş

Pötürge Metamorfitleri üzerinde çalışan Rigo de Righi ve Cortesini (1964), Yazgan (1981, 1983, 1984) metamorfitlerin örtü kayaçları için Permien-Triyas yaşını vermektedir. Yazgan vd. (1984) ise, birim içinde herhangi bir paleontolojik bulguya rastlamadığından kesin bir yaş veremediklerini, ancak Pötürge Metamorfitleri'nin stratigrafik ve tektonik olarak en üst düzeyinde bulunan metamorfik kireçtaşlarının Permien yaşlı olabileceklerini ileri sürmüşlerdir. Pötürge Metamorfitleri'nin metamorfizma yaşı hakkında ise, Yazgan (1981, 1983, 1984) yaptığı radyometrik yaş tayinlerine dayanarak bunların Üst Kretase'de yeşilşist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini belirtmektedir. Hempton (1984)'da aynı fikiri paylaşmaktadır. Yazgan vd. (1984) çalışmalarında birimin Üst Kretase'de özellikle Kampaniyen'de metamorfizmaya uğradığını belirtmektedir.

3.1.1.5. Oluşum Ortamı

Pötürge Metamorfitleri, inceleme alanında yoğun olarak karbonatlı kayaçların metamorfizması sonucu oluşmuş, kalkşist ve rekristalize kireçtaşı gibi kayaçlarla temsil olunmaktadır. Bu tür kayaçları oluşturan karbonatlı kayaçların oluşum ortamları incelendiğinde, bunların kıta platformu veya kıta sahanlığında oluştukları görülmektedir. Buna dayanarak birimin kıta platformu veya kıta sahanlığında çökelen karbonatlı kayaçların metamorfizması sonucu oluştuğu söylenebilir (Gürocak, 1993). Pötürge Metamorfitleri üzerinde çalışma yapan araştırmacılar da (Hempton, 1984; Yazgan vd., 1984) birimin kıta şelfinde ve kıta yamacında biriken platform tipi karbonat çökelleri olduğunu belirtmektedirler.

3.1.2. Guleman Ofiyoliti (JKg, Jura-Alt Kretase)

3.1.2.1. Tanım

Perinçek (1979b), Çüngüş-Maden-Hazar yöresinde yaptığı çalışmada birimi “Guleman Ultramafitleri” olarak isimlendirmiştir. Özkaya (1975), Maden-Ergani-Guleman yöresinde

“Guleman Ultrabazikleri ve Serpantinitleri” olarak adlandırmıştır. Özkan (1982, 1984), Guleman yöresinde yüzeyleyen ultramafik kayalar, tektonik dilimlenmeyle parçalanmış eksik dizi bir ofiyolit topluluğu olarak tanımlamış ve “Guleman Ofiyoliti” olarak adlandırmıştır. Perinçek (1979b) ve Sungurlu (1979), Guleman Ofiyoliti’nin Güneydoğu Anadolu Tersiyer sürüklenme kuşağı içinde yer alan ofiyolitik kütlelerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Özkan (1982, 1983, 1984), Özkan ve Öztunalı (1984), Engin vd. (1983), birimi “Guleman Ofiyoliti” olarak adlandırmışlarsa da birçok araştırmacı, Perinçek (1978, 1979), Perinçek ve Çelikdemir (1979), Erdoğan (1977), Özkaya (1978), Yazgan (1981), Aktaş ve Robertson (1984), Perinçek vd. (1987), Bingöl (1986, 1987) birimi “Guleman Grubu” olarak benimsemişlerdir.

3.1.2.2. Dağılım ve Konum

Birim en yaygın olarak, Elazığ ilinin 50 km güneydoğusunda, Guleman ilçesi civarında gözlenmektedir ve adını bu ilçeden almıştır. Birim Hazar Gölü’nün güneydoğusunda ve kuzeydoğusunda yüzeylemektedir (Şekil 3.1). Guleman Ofiyolitleri, gölün güneyinde Hazar Grubu’na ait çamurtaşlarıyla uyumsuz olarak örtülmektedir ve yine aynı bölgede Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu’na ait birimler arasındaki ilişki tektoniktir (Kaya, 1993).

3.1.2.3. Litoloji

Guleman bölgesinde inceleme yapan Özkan ve Öztunalı (1984), Guleman Ofiyolitini tabandan tavana doğru tektonitler, kümülatlar ve Caferi Volkanitleri olmak üzere üç bölüme ayırmışlardır. Aynı bölgede çalışan Bingöl (1986, 1987) ise Guleman Ofiyoliti’nin esas olarak harzburjitlerden oluştuğunu belirtip, harzburjitler içindeki dünit bant ve mercekleri ile podiform kromit yatakları bulunan tektonitlerle, stratiform kromitli dünit, dünit-verlit-piroksenit ardalanması ve gabrolardan oluşmuş kümülatlardan meydana geldiğini, Caferi Volkanitleri’nin ise Elazığ Magmatitleri’ne ait olduğunu kabul etmektedir. Maden ilçesi çevresinde incelemeler yapan Erdoğan (1982) Guleman Ofiyolitini alttan üste doğru dünit, harzburjit, lerzolit ve kromit oluşumlarının hakim olduğu peridotit birim, bunların üstünde bantlı gabro ve en üstte de yeşil bazalt, bazaltik yastık lav ve ince taneli diyabaz dayklarından oluşan bazalt olmak üzere üç birime ayırmıştır.

Doğu Anadolu Fay Zon'u içerisinde ve yakın çevresinde Guleman Ofiyolitine ait kayalar tektonizmadan dolayı serpantinleşmiş ve killeşmiştir. Çalışma alanında yüzeyleyen Guleman Ofiyolit'i; dünit, verlit, piroksenit, olivinli, klinopiroksenli gabro, bantlı gabro, lerzolit ve gabroları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır. Guleman Ofiyolitleri, çalışma alanının kuzeydoğusunda yoğun tektonizmadan dolayı breşleşmiştir. Bu tektonik breşler içerisinde de kromit parçaları gözlenmiştir (Kaya, 1993) (Şekil 3.2).

3.1.2.4. Yaş

Sungurlu (1985) ve Perinçek vd. (1987), Elazığ-Hazar-Palu civarında yaptıkları çalışmada, Palu yakınlarında Guleman Ofiyoliti'nin en üstündeki volkanitlerle girik olan kırmızı renkli kireçtaşlarından derlenen numunelerde *Globotruncana sp.* *Globotruncana stuarti*, *Globotruncana Lapparenti*, *Globotruncana arca*, *Heterohelix sp.* fosillerini bularak birime Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen yaşını vermişlerdir.

3.1.2.5. Oluşum Ortamı

Çalışma alanında gözlenen Guleman Ofiyolitleri dünit-verlit-piroksenit ve gabrolar ile bunları kesen diyabaz dayklarından meydana gelmiştir. Guleman Ofiyoliti sunduğu bu litolojiyle bir ofiyolit dizisinin üst kesimleri olan kümülatları temsil etmektedir (Kaya, 1993). Doğu Toroslarda jeotektonik çalışma yapan birçok araştırmacı (Bingöl, 1984; Perinçek ve Özkaya, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1983; Yazgan, 1981, 1984) Guleman Ofiyoliti'nin, Arap Levhası'nın kuzeyinde Üst Triyas'tan itibaren açılmaya başlayan okyanus tabanı ürünü olduğunu ve Üst Kretase'de kapanması ile de ofiyolitinin güneye doğru Arap Levhası üzerine bindirdiğini kabul etmektedirler.

3.1.3. Elazığ Magmatitleri (Ke, Senoniyen)

3.1.3.1. Tanım

Birim ilk kez Hakkari ili Yüksekova ilçesi civarında Perinçek (1979b) tarafından tanımlanmıştır. Birimin tanımlanmasından sonra Doğu Toroslar üzerinde yapılan pek çok çalışmada Yüksekova Karmaşığı ismi benimsenmiş ve kullanılmıştır (Perinçek, 1979a, 1979b, 1980a; Tuna, 1979; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yazgan, 1981; Bingöl, 1982, 1984, 1987; Özkul, 1988; Avşar, 1983; Turan, 1984; Perinçek ve Kozlu, 1984; Sungurlu vd.,

1985; Aktürk, 1985; Akgül, 1987; Aksoy ve Tatar, 1990; Turan ve Bingöl, 1991; Kaya, 1993).

Aktaş ve Robertson (1984) GD Anadolu’da bu birim için Volkanik Yay Kompleksi ismini kullanmışlardır. Aynı birim Sivrice ilçesi çevresinde Elazığ Volkanik Karmaşığı (Hempton, 1984), Baskil dolayındaki çalışmalarda Baskil Mağmatik Kayaçları (Yazgan, 1983, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991) ve Baskil Granitoidi (Asutay, 1986; Akgül, 1987) olarak adlandırılmıştır. Turan ve Bingöl (1991) tarafından, birim düzenli bir istif göstermesi nedeniyle Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılmıştır. Son yıllarda Elazığ çevresinde yapılan çalışmalarda da bu isim kullanılmıştır (Bingöl ve Beyarslan, 1996; Akgül ve Bingöl, 1997). Bu çalışmada da uygun bir kullanım olduğu için Elazığ Magmatitleri ismi benimsenmiş ve kullanılmıştır.

3.1.3.2. Dağılım ve Konum

Elazığ Magmatitleri inceleme alanında Hazar Gölü’nün güney ve güneybatısındaki alanlarda geniş yüzlekler vermektedir (Şekil 3.1). Birim çalışma alanında Hazar Grubu ve Maden Karmaşığına ait birimleri tektonik olarak üzerlemektedir. Elazığ Magmatitleri’ne ait kayaçlar topografik olarak düşük kotlu dere yataklarında Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bu alanlar dışında kalan bölgelerde ise birim tamamen serbest yüzeylemeli bir konuma sahiptir (Gürocak, 1993).

3.1.3.3. Litoloji

Hazar Gölü çevresinde, Elazığ Magmatitleri değişik kayaç türleri ile temsil edilmekte olup bunlar litolojik özelliklerine göre Gabro Üyesi, Diyabaz Üyesi, Bazalt Üyesi ve Andezit Üyesi adıyla dört ayrı üyeye ayrılmıştır (Gürocak, 1993). Hempton ve Savcı (1982) Elazığ Volkanik Karmaşığı adı altında Elazığ Magmatitleri üzerinde yaptıkları çalışmada birimi, kendi içinde ekaylanmış kuzeye dalımlı üç birliğe ayırmıştır. Araştırmacılar en güneydeki birinci birliğin bazaltik yastık lavlar, diyabaz ve metagabrodan; ikinci birliğin lav akıntıları, volkanik kökenli tortullar, aglomera ve bazaltik-andezitik yastık lavlardan; en kuzeyde bulunan ve karmaşığın tavanını temsil eden üçüncü birliğin ise az oranlarda bazaltik-andezitik yastık lavlar ile andezit ve volkanoklastik tortulardan oluştuğunu belirtmektedirler. İnceleme alanında, karmaşığın tabanını temsil eden gabro, diyabaz ve bazaltik yastık lavlar ve taban ile tavan dilimleri

arasında kalan ve ikinci birliğe dahil edilen andezitik lav akıntıları yüzeylemektedir (Gürocak, 1993) (Şekil 3.2).

3.1.3.4. Yaş

Elazığ Magmatitleri, hem magmatik hem de tortul kayaçlar içeren bir topluluktur. Bu nedenle araştırmacılar birime yaş verirken, tortul kayaçların içerdiği fosillerden ve magmatik kayaçlardan elde edilen radyometrik yaş tayini yöntemlerinden yararlanmışlardır. Birimi ilk defa tanımlayan Perinçek (1979a, 1979b) Elazığ, Palu ve Kovancılar yöresinde yaptığı çalışmalarda Elazığ Magmatitlerine ait kayaçlarda; *Globotruncana situarti*, *Globotruncana lapparenti*, *Globotruncana arca*, *Heterohelix sp.* fosillerinin gözlendiğini ve buna dayanarak birime Santoniyen-Maastrichtiyen yaşı verildiğini belirtmişlerdir. Yazgan (1983, 1984) birimin Kampaniyen, Perinçek ve Kozlu (1984) Kampaniyen-Maastrichtiyen, Turan (1984) Baskil civarında yaptığı çalışmaya göre birimin Senoniyen, Asutay (1985) Baskil yöresindeki çalışmalarında birime ait filişlerin Üst Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Sungurlu vd. (1985) ve Aksoy (1988) yaptıkları çalışmalarında birime Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen, ayrıca Yazgan ve Chessex (1991) derinlik kayaçları için yaptıkları radyometrik yaş tayini sonucunda birime Koniasiyen-Alt Kampaniyen yaşını vermişlerdir.

3.1.3.5. Oluşum Ortamı

Yazgan (1981), Bingöl (1982, 1984, 1987) ve Turan (1984) yaptıkları çalışmalarda birimi ince bir kıtasal kabuk ile kısmen de okyanusal kabuk üzerinde gelişmiş adayayı magmatizması ürünü olarak kabul etmektedirler. Hempton ve Savcı (1982) ve Perinçek ve Kozlu (1984) birimin okyanusal kabuk üzerinde gelişmiş ensimatik bir adayayı ürünü olduğunu ifade etmişlerdir. Asutay (1985), yaptığı çalışma sonucunda birimi kuzeye dalımlı bir dalma batma zonunda oluşmuş yay magmatizması ürünü olarak değerlendirmiştir. Aksoy (1988) ise, Van civarında yaptığı çalışmada birim içinde okyanusal kabuk malzemesini temsil eden ofiyolitlere özgü herhangi bir özellik bulunmadığını ve birimin kalk-alkalen karakterli adayayı ürünü olduğunu belirtmektedir.

3.1.4. Hazar Grubu (KTh, Maastrichtiyen-Üst Paleosen)

3.1.4.1. Tanım

Birimi ilk defa “Hazar Birimi” olarak Rigo de Righi ve Cortesini (1964) adlandırmıştır. Özkaya (1978), Ergani-Maden yöresinde yaptığı çalışmada, gri renkli, volkanik katkılardan yoksun filiş özelliğindeki kumtaşı-şeyl-marn ardalanmasından oluşan istifli “Hazar Formasyonu” olarak adlandırıp Baykan Grubu’na dahil etmiştir. Sungurlu (1975), birimi grup seviyesinde ele alıp inceleyerek; alttan üste doğru Simaki Formasyonu, onun yanıl devamı niteliğindeki Şebgen Formasyonu ve en üstte de Gehroz Formasyonu olmak üzere Hazar Grubu’nu üç formasyona ayırmıştır. Perinçek (1979a, 1979b) ve Tuna (1979), birimi “Hazar Karmaşığı” olarak adlandırmışlardır. Aktaş ve Robertson (1984), ise birimi “Hazar Grubu” olarak isimlendirmişler ve grubu alttan üste doğru; konglomeratik özellikteki Ceftan Formasyonu, kumtaşı-şeyl-marn ardalanmasından oluşan filiş özelliğindeki Simaki Formasyonu ve pembe ve gri renkli pelajik kireçtaşlarından oluşan Gehroz Formasyonu olmak üzere üç formasyona ayırmışlardır. Sungurlu vd. (1985), Elazığ-Hazar-Palu çevresinde yaptıkları çalışmada Ceftan Formasyonu ve Simaki Formasyonlarını ayırmadan bunları “Hazar Formasyonu” olarak tanımlamışlardır. Çalışmada, Gehroz Formasyonu’nu ayrı bir birim olarak ele almışlar ve Gehroz Formasyonu’nun, Hazar Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini belirtmişlerdir.

3.1.4.2. Dağılım ve Konum

Hazar Grubu, Elazığ ilinin yaklaşık 25 km güneydoğusunda Hazar Gölü’nün kuzeyi, kuzeydoğusu, güneyi ve güneydoğusunda geniş yayılım sunmaktadır (Şekil 3.1). Ayrıca Palu ve Arıcak arasındaki bölgede de gözlenmektedir.

Birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerinde tektonik olarak, Guleman Grubu üzerinde ise uyumsuz olarak bulunmaktadır (Kaya, 1993).

3.1.4.3. Litoloji

Hazar Gölü çevresinde Hazar Grubu altta kırmızı-kahverenkli konglomeralar ile temsil olunan Ceftan Formasyonu, üste doğru gri, yeşil, açık kahverenkli kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, şeyl, marn ardalanması ile temsil olunan Simaki Formasyonu ve en üstteki gri,

pembe renkli kireçtaşlarından oluşan Gehroz Formasyonu olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 1993) (Şekil 3.2).

3.1.4.4. Yaş

Bölgede çalışma yapan araştırmacıların Hazar Grubu için verdikleri yaş genellikle birbirine benzer veya aynıdır. Ergani-Maden yöresinde çalışma yapan Özkaya (1978), Simaki ve Gehroz Formasyonları'nda bulduğu, *Orbitoides* sp., *Sulcoperculina* sp., *Siderolites* sp., *Lepidorbitoides* sp., *Discocyclina* sp., *Assilina* sp. ve *Operculina* sp. fosillerine göre birimin yaşını Üst Kretase-Alt Eosen olarak vermiştir.

Perinçek (1979a, 1979b) Hazar Grubu'nun Simaki Formasyonu içerisindeki *Siderolites calcitropoides*, *Orbitoides* sp., *Sulcoperculina* sp. ve *Lepidorbitoides* sp. fosillerine dayanarak formasyona Maastrichtiyen-Paleosen yaşını, Gehroz Formasyonu'ndan derlediği *Distichoplax biserialis*, *Nummulites aturicus*, *Assilina* sp., *Operculina* sp., *Discocyclina* sp. fosillerine dayanarak formasyona Alt Eosen yaşını vermiştir.

Sungurlu vd. (1985), Elazığ-Hazar-Palu çevresinde yaptıkları çalışmada, Hazar Grubu'nun Simaki Formasyonu'ndan derledikleri numunelerde, *Orbitoides media*, *Siderolites calcitrapoides*, *Globorotalia* spp., *Globigerina* spp., *Heterohelix* spp. ve *Rotalia* spp. fosillerine göre Maastrichtiyen-Üst Paleosen yaşını vermişlerdir. Gehroz Formasyonu'na ait karbonatlardan derledikleri örneklerde ise *Rotalia* spp., *Miliolidae*, *Discocyclina* spp., *Globorotalia* spp., *Distichoplax biserialis*, *Lithothamnium* sp., ve *Archaeolithothamnium* sp., fosillerini bularak birime Üst Paleosen-Alt Eosen yaşını vermişlerdir. Aktaş ve Robertson (1984)' de birime Üst Paleosen-Alt Eosen yaşını vermişlerdir.

Elazığ-Kartaldere-Gölardı yöresinde araştırma yapan Erdem (1987), Simaki Formasyonu içerisinde *Loftusia* sp., *Ompalacyclus* sp., *Pecten* sp. ve *Ostrea* sp. fosillerini bularak birime Maastrichtiyen-Alt Eosen yaşını vermiştir.

3.1.4.5. Oluşum Ortamı

Hazar Grubu'nun çökelme ortamı üzerine çalışma yapan Perinçek ve Özkaya (1981), Aktaş ve Robertson (1984) gibi araştırmacılar, ortamın başlangıçta karasal olduğunu ve birimin tabanında bulunan Ceffan Formasyonu'nun Simaki Formasyonu ile yanal geçiş göstermesinin ise çökelme havzasının blok faylarla giderek derinleştiğini ve Simaki

Formasyonu'nun denizel koşullarda çökeldiğini; en üstteki Gehroz Formasyonu'nun ise derin deniz ortamında çökelmiş pelajik kireçtaşları olduklarını belirtmişlerdir.

3.1.5. Maden Karmaşığı (Tm, Orta Eosen)

3.1.5.1. Tanım

Birim ilk defa Rigo ve Cortesini (1964), tarafından “Maden Birimi” olarak adlandırılmıştır. Özkaya (1978), “Sason-Baykan Grubu”; Açıkbaş ve Baştuğ (1975), “Baykan Karmaşığı”; Erdoğan (1982), Yiğitbaş vd. (1991), Yılmaz (1993), “Maden Grubu”; Perinçek (1979b), Perinçek ve Özkaya (1981), Yazgan (1983, 1984), Hempton (1984), Aktaş ve Robertson (1984), Yazgan ve Chessex (1991), Yiğitbaş ve Yılmaz (1996), “Maden Karmaşığı” olarak isimlendirmişlerdir. İnceleme alanında birim sedimanter kayaçlarla volkanitlerin ve kireçtaşı olistolitlerinin oluşturduğu düzensiz bir stratigrafi sunmaktadır (Kaya, 1993; Alemdağ, 2010).

3.1.5.2. Dağılım ve Konum

Tipik olarak Elazığ'ın Maden ilçesi ve çevresindeki yüzeylemelerini veren karmaşığın genel dağılım alanı, doğuda Palu İlçesi'nin doğusu ve Arıcak İlçesi'nin kuzey kesimlerinden başlayarak, Malatya ili güneyi ve Adıyaman ili kuzey kesimlerine kadar uzanan yaklaşık KD-GB doğrultusunda ve Doğu Anadolu Fayı'na paralel bir zonu kapsamaktadır. Çalışma alanında Maden Karmaşığı'na ait birimler, Hazar Gölü güneyinde, güneybatısında ve kuzeydoğusunda gözlenmektedir (Şekil 3.1). Tektonizmanın yoğun olduğu inceleme alanında karmaşığa ait birimlerin diğer birimler ile olan taban-tavan ilişkisi genellikle tektoniktir. Hazar Gölü'nün güneyinde karmaşığın tabanı görülmemekle birlikte, karmaşığın üzerine tektonik olarak Hazar Grubu gelmektedir. Karmaşık inceleme alanında Hazar Gölü kuzeydoğusunda Guleman Grubu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Kaya, 1993).

3.1.5.3. Litoloji

Maden Karmaşığı esas olarak volkano-tortul kayaçlar, kireçtaşları, andezit, bazalt, volkanik breş ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır. Hazar Gölü'nün güneybatısında Pötürge Metamorfikleri üzerine uyumsuz olarak gelen birim bu bölgede en

altta kırmızı renkli çakıldaşları ile başlamakta ve çamurtaşları ile arasında devamsız olarak tuf ve volkanik malzemeden oluşmuş kumtaşı ve kumlu kireçtaşı seviyeleri yer almaktadır. Birimin daha üst seviyelerinde kırmızı renkli çamurtaşı ara seviyeli andezit ve bazalt türü volkanik kayalarla temsil edilmektedir. Gölün güney ve güneybatısında birim volkanik ara katkılı çamurtaşları ve kireçtaşları yanında daha yoğun olarak andezit, bazalt ve volkanik breşlerden ibaret bir litoloji sunmaktadır (Gürocak, 1993). Birim Hazar Gölü'nün güneydoğusunda Guleman Ofiyolitine ait gabrolar üzerinde uyumsuz olarak konglomeralarla başlamaktadır. Üste doğru kahverenkli, 5-20 cm kalınlığındaki kumtaşı tabakaları, yeryer silisleşmiş kırmızımsı kahverengi ve yeşil çamurtaşı-şeyl, marn ardalanması ile ara katkılı andezit, bazalt türü volkanitler gelmekte olup, en üstte ise gri renkli bol fosilli kireçtaşı blokları ile son bulmaktadır. Hazar Gölü güneyinde ise birim altta kırmızımsı, kahverenkli, yeşil, gri renkli şeyl ve çamurtaşlarıyla başlayıp üste doğru volkanitlere geçmektedir (Kaya, 1993) (Şekil 3.2).

3.1.5.4. Yaş

Maden Karmaşığı'nın yaşı ile ilgili çalışma yapan araştırmacılardan; Özkaya (1978), Perinçek (1979b) Erdoğan (1982), Üst Kretase-Alt Eosen; Aktaş ve Robertson (1984) Paleosen-Eosen; Sungurlu vd. (1985), Yazgan (1983, 1984), Hempton (1984, 1985), Yiğitbaş vd. (1993) derledikleri örneklerdeki fosil içeriğine dayanarak birime Orta Eosen yaşını vermişlerdir.

3.1.5.5. Oluşum Ortamı

Hempton (1984, 1985), Orta Eosen'deki ada yayının bir bölümü üzerindeki bazaltik-andezitik bir volkanizmanın etkin olduğu kenar havza çökelleri, Özçelik (1985), ergimemiş ensimatik bir ada yayı volkanizmasının ürünü olduğunu belirtmektedir. Bingöl (1988) Maden Karmaşığı'na ait volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin, bu kayaların bir aktif kıta kenarı ürünü olduğunu gösterdiğini ifade etmektedir. Maden Karmaşığı'nın oluşum ortamıyla ilgili olarak farklı modeller ileri süren Aktaş ve Robertson (1990), jeokimyasal verilerle destekledikleri bir model olan yay ardı havza modelini birimin çökeltme ortamı için önermişlerdir. Yiğitbaş vd. (1991), Maden Havzası'nın gelişimine riftleşme ile başladığını, giderek derin denizel ortam haline dönüşüp bu havzanın daha güneyinde bulunan Helete Volkanitleri'nin kuzeyinde gelişmiş bir yay ardı

havza olduğunu kabul etmişlerdir. Bu araştırmacılara göre Maden Havzası, Orta Eosen’de açılıp bu dönemin sonunda kapanan kısa ömürlü bir havzadır ve birim içinde iki farklı düzeyde gözlenen volkanitlerden ilkinin taban düzeylerdaden Havzasına doğru kuzeyden ilerleyen metamorfik ve ofiyolitik napların gelişimine bağlamaktadırlar. Turan vd. (1995), Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter birimlerden oluşan Maden Karmaşığı’nın Neotetis Okyanusu güney kolunun kapanmasıyla ilişkili olarak gelişen gerilmeli bir yayın yay ardı havzasında oluştuğunu savunmuşlardır.

3.1.6. Alüvyonlar

İnceleme alanında alüvyonlar Pliyo (?) - Kuvaterner yaşlı ve güncel olmak üzere ayrı ayrı ele alınmıştır.

3.1.6.1. Pliyo (?) - Kuvaterner Yaşlı Alüvyonlar (PlQa)

Hazar Gölü’nün kuzeydoğusu, güneydoğusu ve güneybatısında gözlenen birim kötü boylanmalı çakıtaşı, kumtaşı ve kilaşı ile temsil edilmektedir (Şekil 3.1). Taneleri genellikle gevşek tutturulmuş olan bu alüvyonlar yatay bir tabakalanma göstermektedir (Şekil 3.2). Alüvyonlar içerisinde birime yaş verecek fosile rastlanılamamıştır. Ancak bulundukları stratigrafik konuma dayanarak olası Pliyo-Kuvaterner yaşı verilmiştir (Gürocak, 1993, Kaya, 1993).

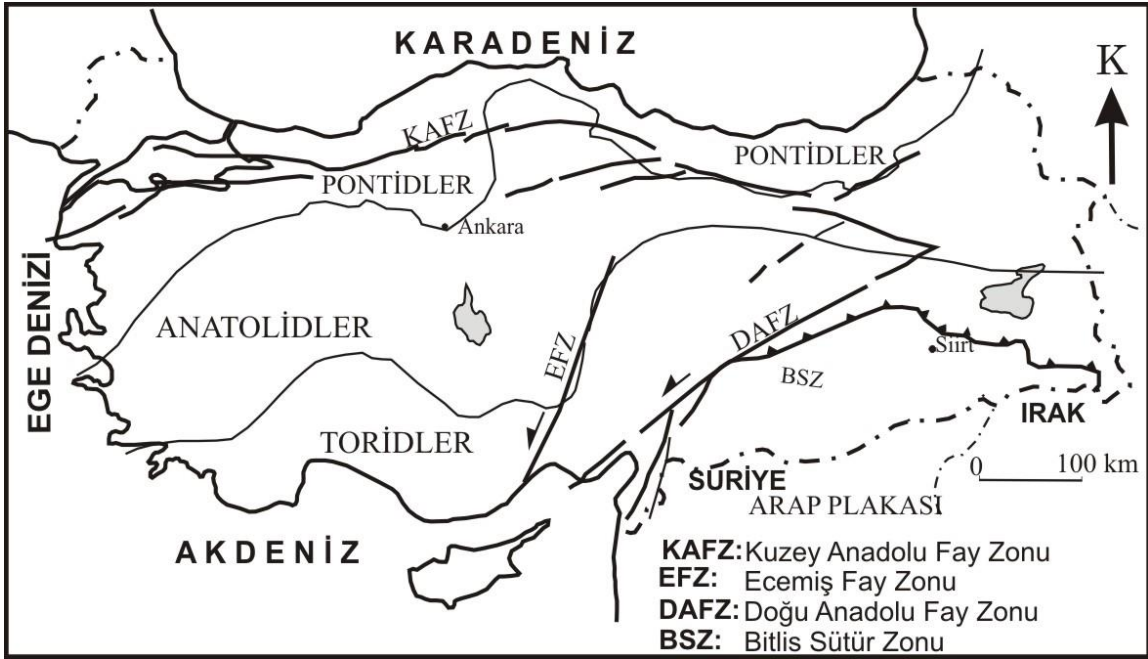
3.1.6.2. Güncel Alüvyonlar (Qal)

Birim Hazar Gölü’nün güneydoğusu ve güneybatısında özellikle dere yataklarında gözlenmektedir (Şekil 3.1). Çakıl, kil ve silt boyutundaki tanelerden oluşan alüvyon tutturulmamış malzemelerden oluşmuştur (Şekil 3.2). Bunlar Pliyo (?) - Kuvaterner yaşlı alüvyonları uyumsuz olarak örtmektedir (Gürocak, 1993 ve Kaya, 1993).

3.2. Hazar Gölü ve Çevresinin Tektonik Özellikleri

Hazar Gölü sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde yer almaktadır. Doğu Anadolu Fayı (DAF) Orta Miyosen’den günümüze aktivitesini sürdüren Türkiye neotektoniğinin ana elemanlarından bir olma özelliğindedir. Bilindiği gibi Orta Miyosen’in Serravaliyen döneminde Arabistan ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucu Bitlis Okyanusu’nun (Güney Tetis) kapanması ile neotektonik dönem başlamıştır (Şengör

vd., 1985). Bu dönemde Doğu Anadolu Bölgesi, kıta içi sıkışma rejimi neticesinde deformasyon sonucu yükselmiştir. Sıkışmanın etkisiyle Anadolu levhacığı iki yanal atımlı fay boyunca batıya doğru kaçmaya başlamıştır (escape tectonics). Bu faylardan biri 1200 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu fayı (KAF), diğeri ise Doğu Anadolu Fayı (DAF)'dır (Şekil 3. 3).



Şekil 3.3. Türkiye'nin neotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Anadolu levhası KAF hattı boyunca yılda 2,5 cm hızla hareket ederken, DAF boyunca 1 cm hızla hareket etmektedir. Neotektonik rejim içerisinde yanal hareketler en fazla Pliosen döneminde etkin hale gelmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987; Ercan vd., 1990; Koçyiğit vd., 2001; Aksoy vd., 2007). Neotektonik dönemin farklılık sunan yapıları arasında, üzerlenmiş havzalar, Kuvaterner çek-ayır (pull-apart) havzalar, eşyaşlı doğrultu atımlı faylar ve faylanma kaynaklı sığ odaklı depremler, K - G gidişli kısa normal faylar, açılma çatlakları ile genç volkan ve volkan dizileri bulunmaktadır (Koçyiğit, 2002). DAF Karlıova üçlü eklem noktasından başlar ve Bingöl, Palu, Hazar Gölü, Pötürge, Sincik, Narlı, Türkoğlu yörelerinden geçerek İskenderun körfezine kadar uzanan geniş bir alanda konumlanır. Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda uzanan bu kuşak yaklaşık 700 km uzunluğunda olup, ortalama 30 km genişliktedir (Arpat ve Şaroğlu 1972; Koçyiğit vd., 2003; Aksoy vd., 2007). Bu kuşak içerisinde çok sayıda paralel veya yarı paralel sol yanal atımlı faylar bulunmaktadır. Bu

faylarda sıçrama (stepover), ayrılma, bükülme (bending) ve yön değiştirmelere rastlanmaktadır. Ayrıca bu yapılar arasında dere ötelenmelerini, fay yamaçlarını, dönmüş (rotated) fay vadi ve sırtlarını, asılı vadileri (hanging valleys), heyelanları, su kaynaklarını ve yanıl atımlı havzaları (strikeslip basins) görmek mümkündür (Çetin vd., 2003). Bunlardan biri de, kuşkusuz, Elazığ yöresinde konumlanan Hazar Gölü (çek-ayır) havzasıdır.

3.2.1. Kırıklı Yapılar

İnceleme alanı yoğun tektonik hareketlerin etkisi altında kaldığı için, farklı ölçekte birçok yapısal unsur bulunmaktadır. Bölgenin en büyük tektonik yapıları Doğu Anadolu Fay Zonu ve bu fay zonuna ait faylar tarafından ötelenmiş olan bindirme fayları ve normal faylardır.

3.2.1.1. Doğu Anadolu Fay Zonu

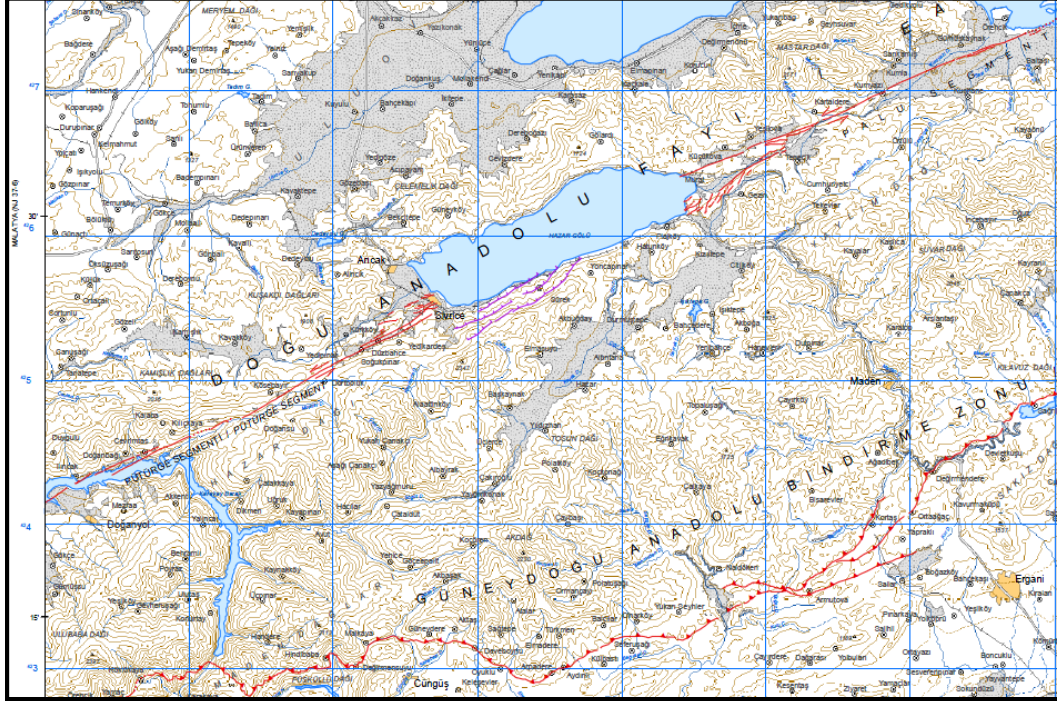
Arpat ve Şaroğlu (1972)' na göre Doğu Anadolu Fayı ilk defa Allen tarafından 1969 yılında tanımlanmıştır. Doğu Anadolu Fay Zonu, Kahramanmaraş'ın Türkoğlu ilçesinde başlayarak, kuzeydoğuya doğru 400 km kadar devam etmekte ve Karlıova yakınında Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile birleşmektedir (Şekil 3.4). Doğu Anadolu Fay Zonu ile ilgili çeşitli araştırmacılar tarafından birçok çalışma yapılmıştır (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Seymen ve Aydın, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1980; Hempton vd., 1983; Hempton ve Dewey, 1983; Şengör ve Yılmaz, 1983; Dewey vd., 1986; Perinçek vd., 1987; Tatar, 1987; Gülen vd., 1987; Turan, 1993; Turan vd., 1993; Çetin vd., 2000, 2003; Kaya, 2004; Reilinger vd., 2006; Aksoy vd., 2007).

Arpat ve Şaroğlu (1972) Doğu Anadolu Fay Zonu'nda yaptıkları çalışmada; fayın sol yönlü doğrultu atımlı olduğunu ve Palu-Hazar Gölü arasındaki çamurtaşlarının 27 km'lik bir sol yanıl atımı gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Hempton vd. (1983) Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunan Hazar Gölü civarında yaptıkları çalışmada, gölün doğrultu atımlı faylar üzerinde gelişen bir çek-ayır havzası olduğunu kabul etmektedirler.

Palu-Hazar Gölü ve Hazar Gölü-Sincik segmentleri birbirlerinden Hazar Gölü ile ayrılırlar. Hazar Gölü DAFZ'nun bu iki ana bölümü arasındaki gevşemeli sıçramada

gelişmiş bir çek-ayır havzasıdır. Bu havza transform fay boyunca izlenen en büyük açılmalı gevşeme yapılarından biridir (Hempton ve Dewey, 1983; Hempton vd., 1983).



Şekil 3.4. İnceleme alanı ve çevresi diri fay haritası (MTA, 2012).

Birçok araştırmacıya (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Tatar, 1987; Turan, 1993) göre Doğu Anadolu Fayı'nın, Arabistan Levhası ile Anadolu Levhası'nın çarpışması sonucu olduğu benimsendiği için fayın yaşının Orta Miyosen sonrasında olduğu kabul edilmiştir.

Kaya (2004) Maden bölgesinde yaptığı çalışmada; Doğu Anadolu Fayı'nın sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğunu, yaklaşık 5-6 km'lik bir zon şeklinde geliştiğini ve bölgede tek bir fay şeklinde gözlenmeyip, KD-GB doğrultulu ve birbirine yaklaşık paralel birkaç büyük faydan oluştuğunu ileri sürmüştür. Ayrıca araştırmacı Doğu Anadolu Fayı'nın eğim atım bileşenlerinin yüksek oluşu nedeniyle arazide çok kolay görülebileceğini ve düşen blok tarafında alüvyonların çökeldiğini vurgulamışlardır. Yazara göre Hazar Gölü'nün kuzey ve güney kenarlarını sınırlandıran bu fayların yüksek eğim atım bileşenleri, gölün bir çöküntü havza olarak gelişmesine sebep olmuştur.

Reilinger vd. (2006) tarafından alınan son yıllardaki GPS ölçümleri Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki yıllık kayma hızının 10 ± 1 mm olduğunu göstermektedir.

Aksoy vd. (2007) Hazar Gölü Havzası içerisinde 9 km atım olduğunu belirtmiştir.

3.2.1.2. Bindirme fayları

Hazar Gölü ve çevresinde gözlenen en önemli bindirme fayı Elazığ Magmatitleri'nin bölgedeki daha genç birimler üzerine itilmesiyle oluşan ve Kömürhan Bindirme Fayı'nın devamı olan bindirme fayıdır (Şekil 3.1). Bindirme Elazığ ile Malatya il sınırı arasındaki Kömürhan Köprüsü yakın kuzeybatısından başlayarak Sivrice yakınında Elazığ-Diyarbakır karayoluna kavuşur ve Hazar Gölü kuzeyinden ilerleyerek Keban Baraj Gölü yakınında Doğu Anadolu Fayı ile kesişir. Bu noktadan itibaren Doğu Anadolu Fayı ile ötelenmiş olan devamı Palu yakınında yeniden ortaya çıkar. Yaklaşık 100 km'lik bir uzunluğa sahip olan bindirme hattına bu ismi ilk kez Tatar (1987) önermiştir. Fay hattı boyunca Hazar Gölü güneybatı ve kuzeyinde Hazar Grubu Maden Karmaşığı üzerine kuzeyden güneye doğru itilmiştir. Bölgede faylanmadan etkilenen en genç birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'dır. Buna göre faylanmanın yaşı Orta Eosen sonrası olarak verilebilir (Gürocak, 1993).

Bölgede gözlenen diğer bindirme fayı ise Hazar Grubu'na ait kayaçların daha genç yaşlı kayaçlar üzerine itilmesiyle oluşan faydır. Hazar Gölü'nün güneydoğusunda Şeyhoğlu mezrası yakınında ve Hazar Gölü'nün kuzey kıyısında devamı izlenmekte olan bu bindirme fayı (Şekil 3.1) ilk kez Kaya (1993) tarafından Şeyhoğlu Bindirme Fayı olarak isimlendirilmiştir. Fay Şeyhoğlu mezrası doğusunda güneydoğuya doğru bükülerek devam etmektedir. Bindirme düzleminin batısında kalan bölgedeki tepelerde, Hazar Grubu'na ait birimler, Maden Karmaşığı üzerinde tektonik klipler şeklinde görülmektedir. Bu bindirme fayında Jura - Kretase yaşlı Guleman Ofiyoliti üzerindeki Maastrichtiyen - Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, yaklaşık kuzeyden güneye doğru sürüklenerek Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerine bindirmiştir (Kaya, 1993). Şeyhoğlu Bindirmesi'nin yaşı ile aynı yaştaki Kömürhan Bindirmesi için Turan (1993), bölgenin jeolojik - jeotektonik evrimi kapsamında düşünüldüğünde, bindirme fayının Orta Eosen'de Maden kenar denizinin kapanmasını izleyen sıkışma evresinde meydana geldiğini belirtmektedir.

3.2.1.3. Normal Faylar

İnceleme alanında yaklaşık KD - GB doğrultusunda uzanan dört adet normal fay mevcuttur. Bu faylar Gürocak (1993) tarafından haritalanmış ve Hazar Baba Fayı, Sürek Fayı, Gölcük Fayı, Kırmızı Tepe Fayı olarak adlandırılmıştır.

Hazar Baba Fayı inceleme alanında görülen en büyük normal faydır ve uzunluğu yaklaşık 12 km'dir. Fayın göreceli olarak KB bloğu düşmüş, GD bloğu ise yükselmiştir. Faylanmada eğim atım gözlenmekle birlikte, formasyon sınırlarındaki yanal kaymaların varlığı nedeniyle doğrultu atım bileşeninin de olduğu söylenebilir. Faylanmadan etkilenen en genç birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığdır. Bu fayın, bölgeyi Üst Kretase'den beri etkileyen yaklaşık K - G doğrultulu bir sıkışma rejimi altında oluşmuş olan Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelmiş bir çek-ayır havza kenarında olduğu göz önüne alınırsa, Doğu Anadolu Fayı ile eşzamanlı olarak olduğu söylenebilir. Bu nedenle fayın oluşum yaşı Üst Miyosen sonrası olarak verilebilir (Gürocak, 1993).

Diğer bir normal fay olan Sürek Fayı'nın haritadaki görünür uzunluğu 3,5 km'dir. Fayın göreceli olarak GD bloğu yükselirken KB bloğu düşmüştür. Arazi gözlemlerine göre bu fayın eğim atımının yanında doğrultu atımının olup olmadığı gözlenmiştir. Hazar Baba Fayı ile aynı yaştadır (Gürocak, 1993).

Yaklaşık K 55 °D doğu doğrultusunda uzanan fay, Kırmızı Tepe Fayı ile birleşmektedir. Haritadaki görünür uzunluğu 6 km'dir. Fayın GD bloğu yükselmiş, KB bloğu düşmüştür. Hazar Baba Fayı'nda olduğu gibi formasyon sınırlarında yanal kaymalara neden olduğu gözlenmiştir. Bu durumda fayın doğrultu bileşeninin olduğu söylenebilir. Fay diğer normal faylarla aynı yaşıdır (Gürocak, 1993).

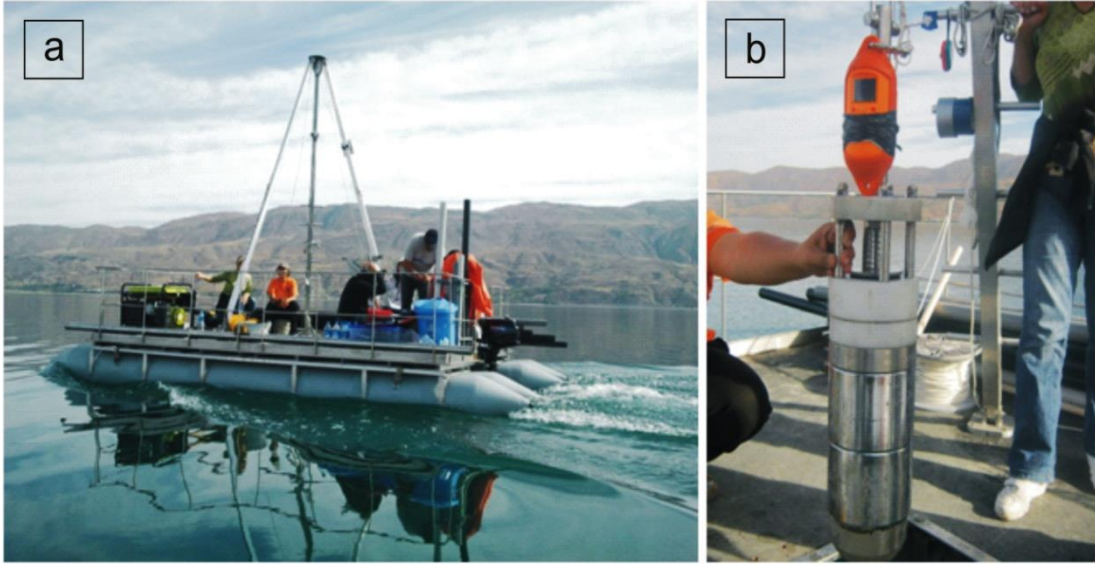
Fayın haritadaki görünür uzunluğu yaklaşık 15 km'dir. Arazi gözlemleri sırasında Kırmızı Tepe Fayı'nın Kırmızı Tepe kuzeyinde Simaki Formasyonu ile Maden Karmaşığı'nı karşıkarşıya getirdiği gözlenmektedir. Fayın KB bloğu düşmüş, GD bloğu ise yükselmiştir. Fay diğer normal faylarla aynı yaştadır (Gürocak, 1993).

4. GÖL ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, sismik profillerde belirlenen noktalardan örselenmemiş örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde jeomekanik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

4.1. Arazi Çalışmaları

Bu tez çalışması kapsamında Elazığ - Hazar Gölü'nde yapılan arazi çalışmalarında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümüne ait yüzen platform kullanılmıştır. Örnekleme amacıyla kullanılan platformda piston çakmalı sistem ile gravite karotiyer sistemi olmak üzere iki ayrı karotiyer sistemi bulunmaktadır (Şekil 4.1).

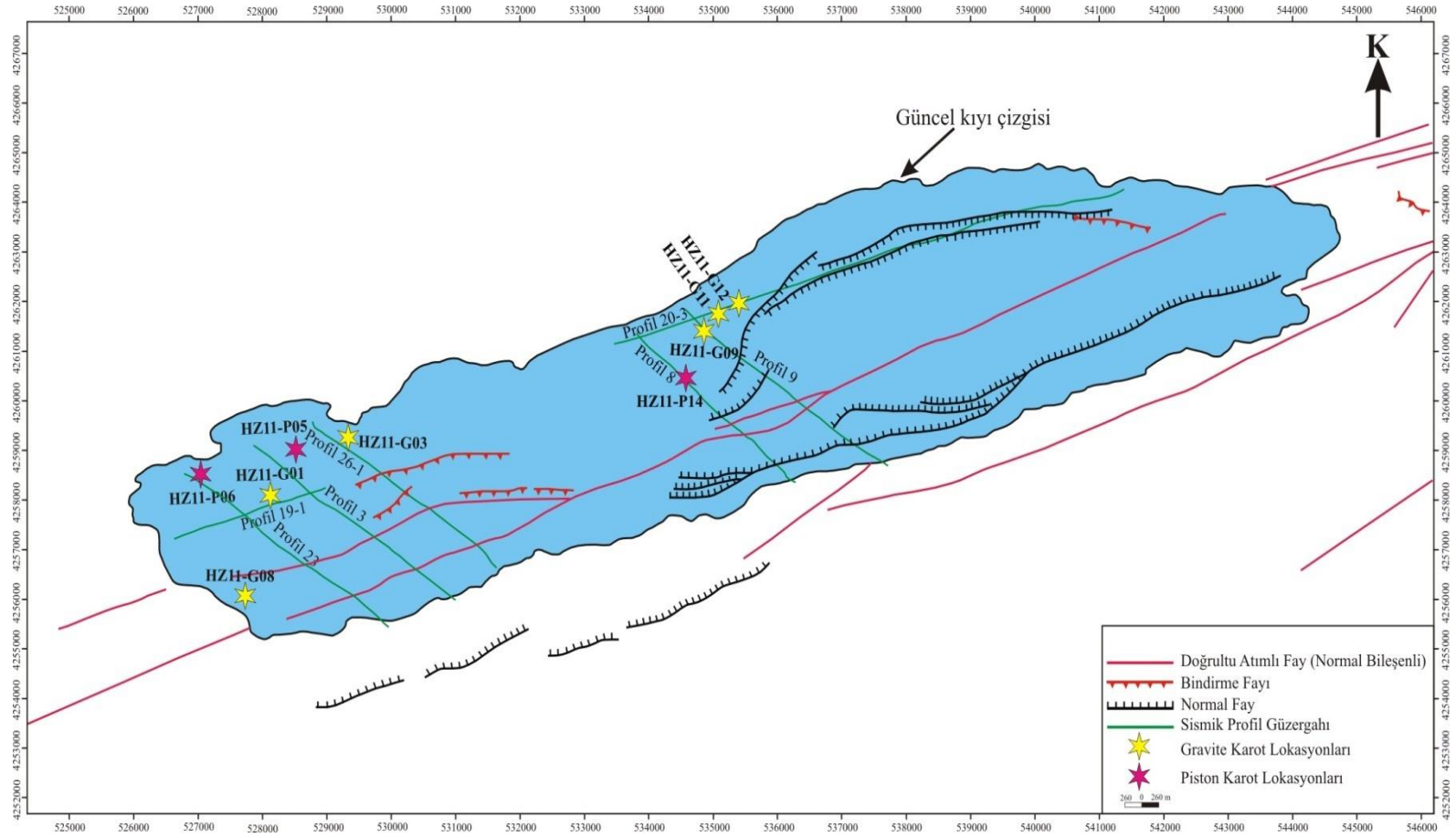


Şekil 4.1. (a) Karot alımında kullanılan 3,40 m*4,40 m boyutunda yüzen platform (b) gravite karotiyer aleti ile buna monte edilebilen CTD aleti

Hazar Gölü'nden yapılacak örnekleme çalışmalarının ilk aşamasında, gölde daha önce yapılan sismik çalışmalardan elde edilen sismik profiller incelenmiş ve örnek alınacak yerler belirlenmiştir (Şekil 4.2). Platformun karot alınacak koordinatlara sağlıklı bir şekilde ulaşımının sağlanmasında ise DGPS'den (Differential Global Positioning System) faydalanılmış ve aynı sistem sayesinde karot noktalarının navigasyon bilgileri hassas bir

şekilde kaydedilmiştir. Hazar Karot alınacak noktaların derinlikleri, 5 cm hassasiyette ölçüm alabilen ve karotiyer sistemine monte edilen CTD cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 4.1).

Tez kapsamında gölün batı kesiminden 3 adet gravite, 2 adet piston orta kesiminden 3 adet gravite ve 1 adet piston karot olmak üzere toplam 9 karot alınmıştır (Şekil 4.2). Farklı derinliklerde ve farklı uzunluklarda olan bu karotlara ilişkin bilgiler Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Hazar Gölü'nden alınan karot lokasyonları, sığ-sismik profillerin güzergahları, sismik profillerde belirlenen Doğu Anadolu Fayı'nın Hazar Gölü içerisinde geçen kolları ve bu faya ait ikincil bindirme ve normal fayların güzergahları

Çizelge 4.1. Hazar Gölü’nden alınan örneklere ait bilgiler

Karot Adı	Karot Uzunluğu (m)	Derinlik (m)	Koordinat (WGS84)	Sismik Profil	Karotiyer Türü
HZ11-G01	0,67	-48	528055 4257822	Profil 19-1	Gravite
HZ11-G03	0,98	-56,31	529459 4258733	Profil 26-1	Gravite
HZ11-G08	0,60	-19.98	527419 4256290	-	Gravite
HZ11-G09	1,08	-64	534806 4261430	Profil 9	Gravite
HZ11-G11	1,08	-65	535192 4261740	Profil 20-3	Gravite
HZ11-G12	0,79	-71.5	535313 4261710	Profil 20-3	Gravite
HZ11-P05	2,25	-37,5	528817 4258696	Profil 3	Piston Çakmalı
HZ11-P06	2,57	-11,5	526898 4258499	Profil 23	Piston Çakmalı
HZ11-P14	2,07	-77	534446 4260565	Profil 8	Piston Çakmalı

4.1.1. Yüksek Çözünürlükte Sığ - Sismik Çalışmalar

Hazar Gölü’nde sığ-sismik görüntüleme çalışmaları TÜBİTAK 111Y045 (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sismik kayıtlar derin ve hassas görüntü kalitesine sahip ve 8 khz frekansında çalışan INNOMAR SES 2000 compact modeli ile alınmıştır. Sismik kayıtların alınmasından sonra ofis ortamında işlenmesi ve dijital görüntü haline getirilebilmesinde INNOMAR ISE v.2.91 yazılım programı kullanılmış ve görüntüler üzerindeki çizimler ve yorumlamalar ise CorelDraw programında yapılmıştır. Alınan sismik kayıtlarda çökellerin stratigrafleri ve gösterdikleri morfolojik unsurlar belirlenmiş ve ayrıca morfo-tektonik yapılar da TUBİTAK 111Y045 nolu proje kapsamında incelenmiştir.

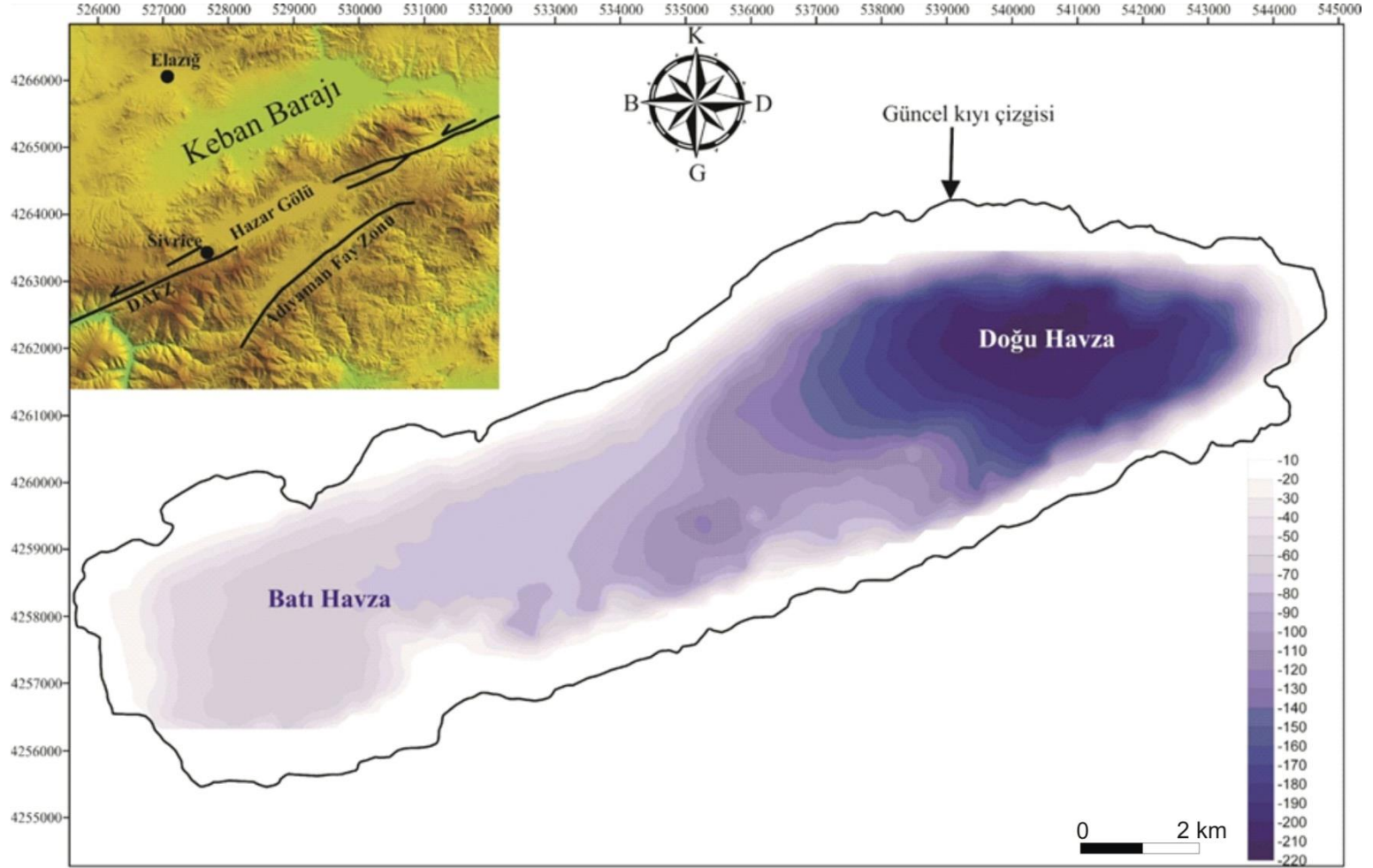
Sismik profillerde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar Miall (1997)’ın belirlediği prensiplere göre yapılmış ve başlıca beş ana stratigrafik birim ayırt edilmiştir (TUBİTAK 111Y045, 2011). Bahsedilen bu proje kapsamında alınan piston karotlarda yapılan radyokarbon yaş tayinlerine göre sismik yansıma yüzeyleri ve bunların sınırladığı sismik birimlerin yaşları ortaya çıkarılmıştır. Buna göre, sismik stratigrafik birimler profillerde yaşlıdan gence doğru Birim-S1’den Birim-S5’e kadar değişmektedir.

Birim-S1 Holosen yaşı, Birim-S2, -S3, -S4, -S5 ise Pleyistosen yaşıdır. Sismik stratigrafik birimlerden profillerde en detaylı gözlenen ve karot çökelleri ile kesilebilen Birim-S1, kendi içerisinde alt birimlere ayırt edilmiştir (Birim-S1a, -S1b, -S1c, -S1d, -S1e). Birim-S1'in tabanını genelde profillerde uyumsuz olarak gözlenen BS-5 yansıma yüzeyi oluşturmaktadır. Sismik profillerde Birim-S1'den daha yaşlı diğer birimlerin (Birim-S2, -S3, -S4 ve -S5) tabanlarını temsil eden yansıma yüzeyleri de uyumsuz ve uyumlu karakterde gelişen istif sınırlarını (BS-6, BS-7 ve BS-8) temsil etmektedir. Karot lokasyonları sismik görüntüler alındıktan sonra belirlenmiştir Sismik stratigrafik Birim-S1 (-S1a, -S1b, -S1c, -S1d, -S1e)'in karotlardaki litostratigrafik karşılığı Birim-L1 (Birim-L1a, -L1b, -L1c, -L1d, -L1e) olup aynı şekilde sismik stratigrafik Birim-S2, -S3, -S4, -S5'inde litostaratigrafik karşılıkları sırasıyla Birim-L2, -L3, -L4, -L5'dir (TUBİTAK 111Y045, 2011).

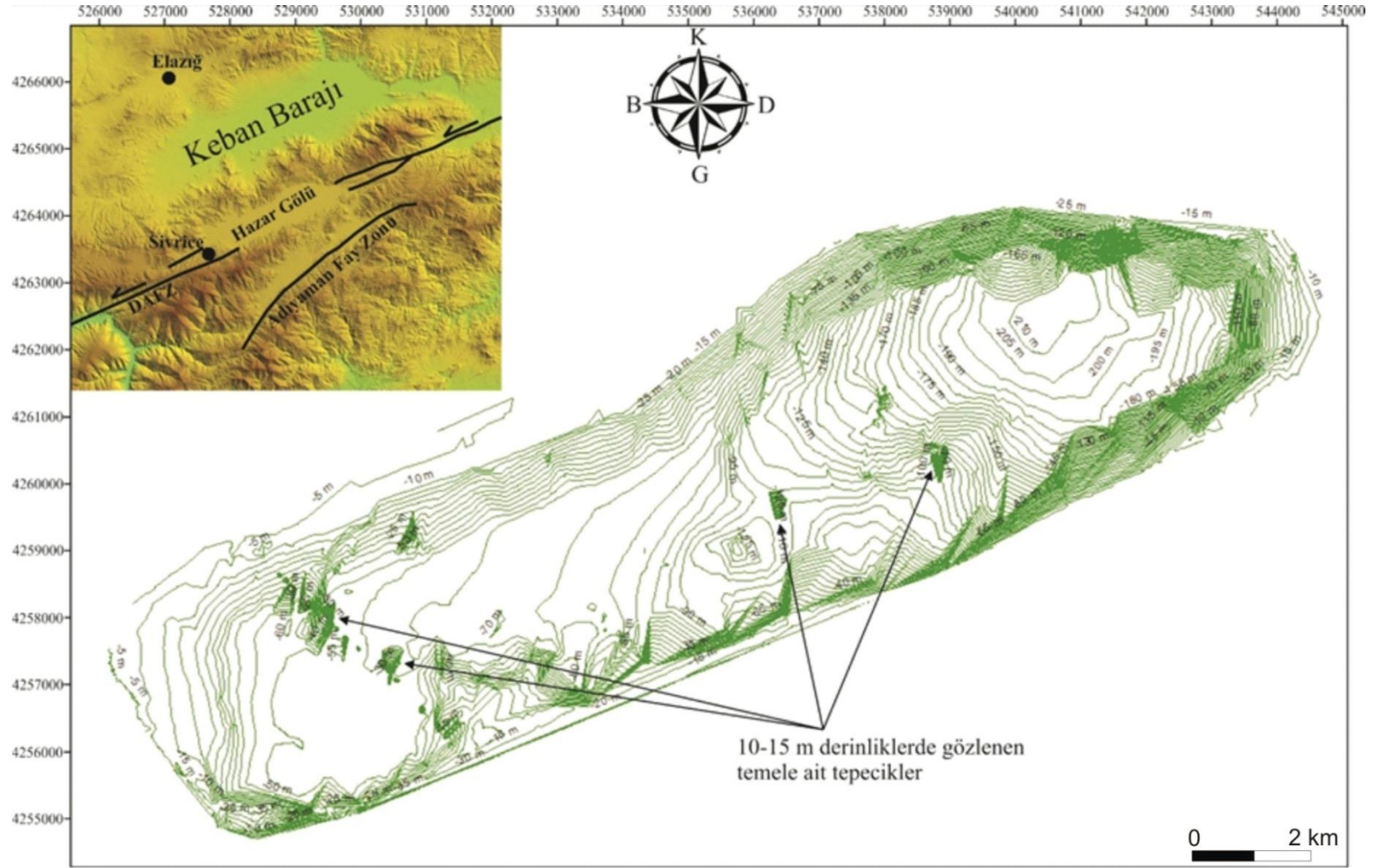
Hazar Gölü'ne ait batimetri haritası, proje kapsamında gerçekleştirilen sismik çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılarak yapılmıştır (Şekil 4.3). Oluşturulan batimetri kontur haritası 5 m hassasiyete sahiptir (Şekil 4.4). Hazar Gölü'nde yapılan batimetri çalışmaları sonucunda gölde iki farklı çökme havzası tespit edilmiştir. Gölün en batısında nispeten göl tabanının daha yayvan ve derinliklerin göreceli olarak daha sığ olduğu kesimi Batı Havzası olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.3). Yapılan batimetrik çalışmalar sonucunda gölün en derin kesimin Doğu Havzası'nda olduğu ve yaklaşık derinliğinin ise 230 m olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gölün Batı Havzası'nda en derin kesimin ise 70 m' lerce olduğu ve en batıdan doğuya doğru derinleşerek Doğu Havzası'na geçildiği gözlenmektedir. Gölün Batı Havzası'nda kuzey ve batı yamaçların daha yayvan, güney yamacın ise daha dik olduğu gözlenmektedir. Gölün batimetrisinde güney yamaçların daha dik olması, gölün bu yamacına yakın geçen aktif fay kollarının mevcut olmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Gölün Doğu Havzası'nda benzer şekilde kuzey yamaçların daha yayvan, ancak güney yamaçların ise daha dik ve derinliğin daha ani değiştiği gözlenebilmektedir.

Sismik profillerde özellikle Mesozoyik ve Erken Senozoyik yaşı temel kayaların sığ derinliklerde (- 10 m ile - 15 m) yüzeyledikleri kesimlerde, kontur batimetri haritasında küçük tepciler gözlenebilmektedir (Şekil 4.4). Bu daha sığ morfolojik unsurların sismik profillerde gözleendiği kesimlerde Holosen yaşı çökellerin (Birim-S1) altında temele ait kayaların kıvrımlanarak yükseldiği gözlenmektedir. Bu kıvrımlı temele ait adacık şeklindeki oluşumların kontur haritasındaki belirli bir yöndeki dizilimleri ise muhtemelen

gölün bu kesimindeki tektonik yapı ile ilgili olmalıdır (TUBİTAK 111Y045, 2011). Bu tepecikler gölde özellikle su seviyesinin 10 - 15 m azaldığı yağışsız zamanlarda su yüzeyine çıktıkları ve küçük adacıklar oluşturdıkları gölde daha önce farklı araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir (İnandık, 1965; Saler vd., 2011; Ünlü vd., 2008).



Şekil 4.3. Hazar Gölü'nün renkli batimetri haritası (Moreno vd., 2010).

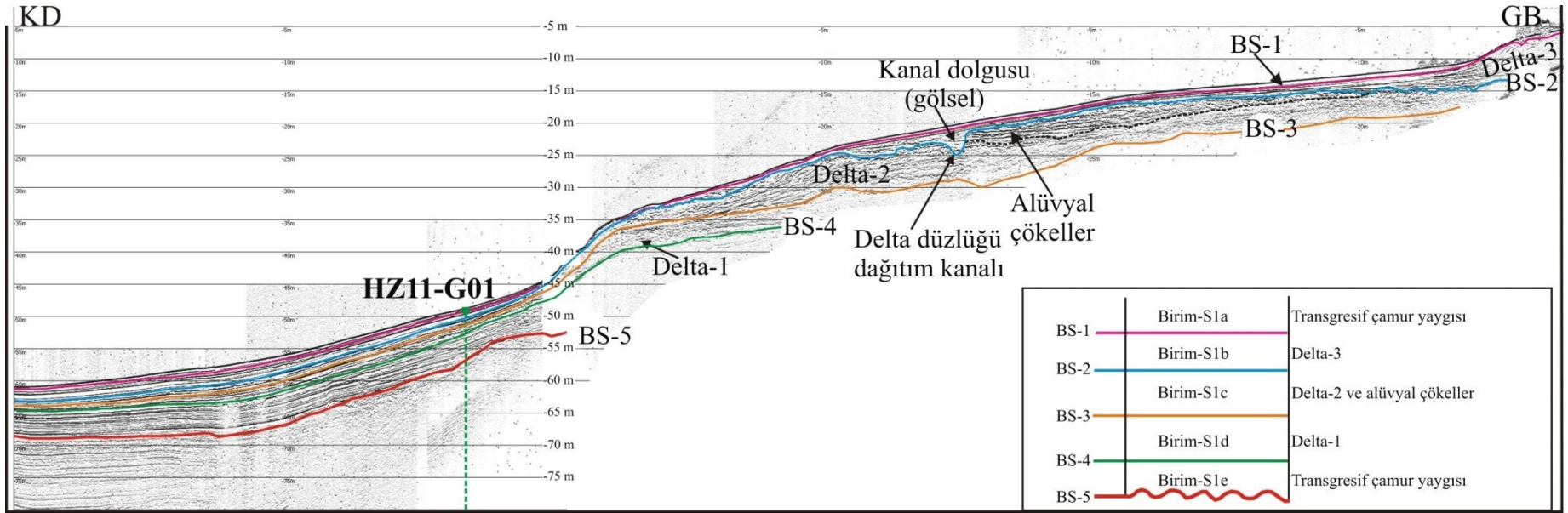


Şekil 4.4. TUBİTAK (2011) 111Y045 nolu proje kapsamında üretilen Hazar Gölü batimetrisi

a) Sismik Profil 19-1

Bu profil güzergahı Hazar Gölü batısında KD - GB uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1,4 km'dir ve HZ11-G01 gravite karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Sismik profilde yapılan sismik-stratigrafik yorumlamalar sonucunda göl tabanından itibaren derinlere doğru farklı sismik yansıma yüzeyleri saptanmıştır. Kökensel olarak birbirleri ile ilişkili ancak farklı zamanlarda ve fasiyeslerde çökelen birimlerin sınırlarını oluşturan bu yüzeyler, BS-1'den BS-5'e kadar değişmekte ve profil boyunca aşınmalı (truncation) ve/veya uyumlu yüzeyler olarak gözlenmektedir.

Profilde Birim-S1'in tabanını oluşturan BS-5 yansıma yüzeyi, profilin KD'sunda uyumlu ancak GB'ya doğru izlenebildiği kısımlarda ise uyumsuz olduğu gözlenmektedir. Bu uyumsuz yüzeyi üzerleyen ve çamur yaygısı şeklinde çökeldiği gözlenen Birim - S1e'nin yansıma özelliklerine göre transgresif bir birim olduğu anlaşılmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 8,5 m olan bu birim profilde BS-4 yansıma yüzeyi tarafından üzerlenmektedir. Profilde GB'ya doğru devamlılığı izlenemeyen bu sınır uyumlu karakterde gelişmiştir (Şekil 4.5). Profilin KD'sına yakın kesimde alınan HZ11-G01 gravite karotunun Birim-S1b'ye kadar olan çökelleri kesebildiği gözlenmektedir (Şekil 4.5).



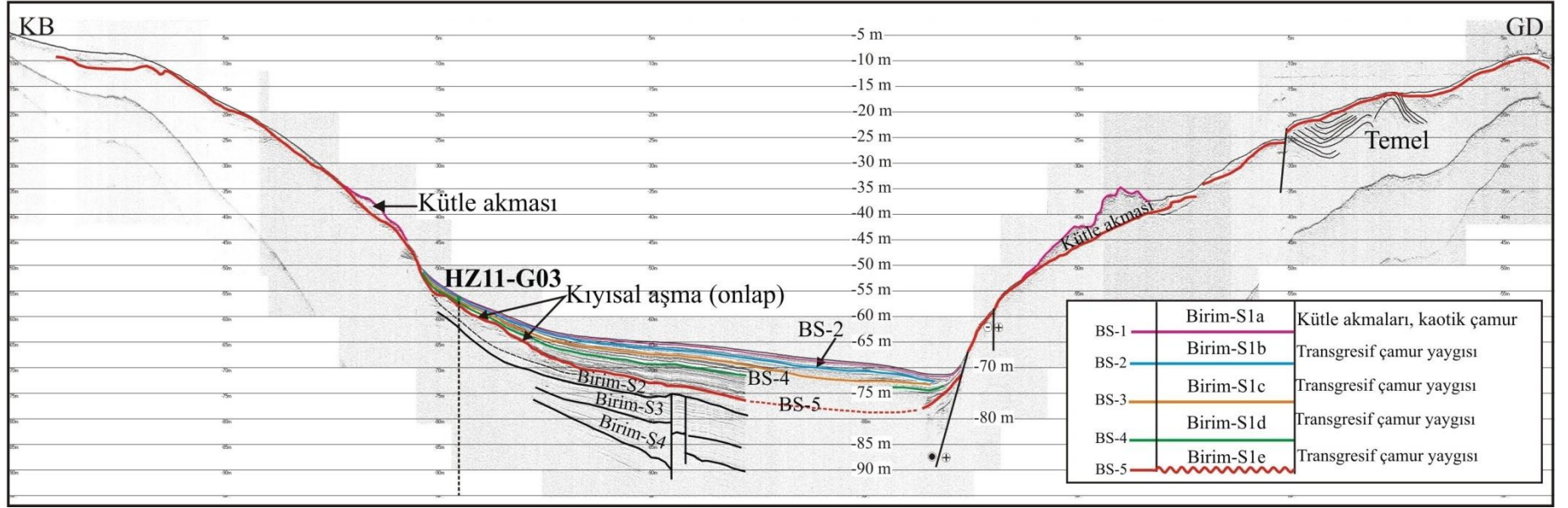
Şekil 4.5. Hazar Gölü batısından alınan 19-1 nolu sığ-sismik profil ve profilin KD'sundan alınan HZ11-G01 gravite karotu

b) Sismik Profil 26-1

Bu profil güzergahı Hazar Gölü batısında KB - GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2,2 km'dir ve HZ11-G03 gravite karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda dört farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Birim-S1, -S2, -S3, -S4). Bu birimlere ait çökellerin profilin genelde orta kesimlerde daha kalın yüzeyledikleri gözlenmektedir. Profilde en genç birim olan Birim-S1'e ait çökeller kendi içerisinde beş ayrı litostratigrafik birime ayırtlanmıştır (Birim-S1a -S1e). Bu birimlere ait çökellerin uyumsuz istif sınırı olan BS-5 yansıma yüzeyi üzerine kıyasal aşma yaparak çökelmeleri bunların transgresif çamur yaygısı olduklarını göstermektedir.

Birim-S1'e ait çökellerden en genci olan Birim-S1a, profilin KB ve GD'suna doğru çok ince bir yüzeyleme vermekte, ancak profilin en uç bu iki noktasına doğru yalnızca temele ait eski kayaçların yüzeyledikleri gözlenmektedir. Birim-S1a profilin KB ve GD yamaçlarında kütle akmaları şeklinde çökelen kaotik çökellerden oluştuğu gözlenmektedir. Profilin KB'sına yakın kesiminden alınan HZ11-G03 gravite karotunun Birim-S1b'ye kadar olan çökelleri kesebildiği gözlenmektedir. Profilde BS-5 yüzeyi altında kalan ve yanal olarak yüzeylemeleri devamlı olmayan Birim-S2, Birim-S3 ve Birim-S4'e ait çökellerin yüzeye kadar ulaşmayan normal faylar ile kesildikleri gözlenmektedir (Şekil 4.6).

.

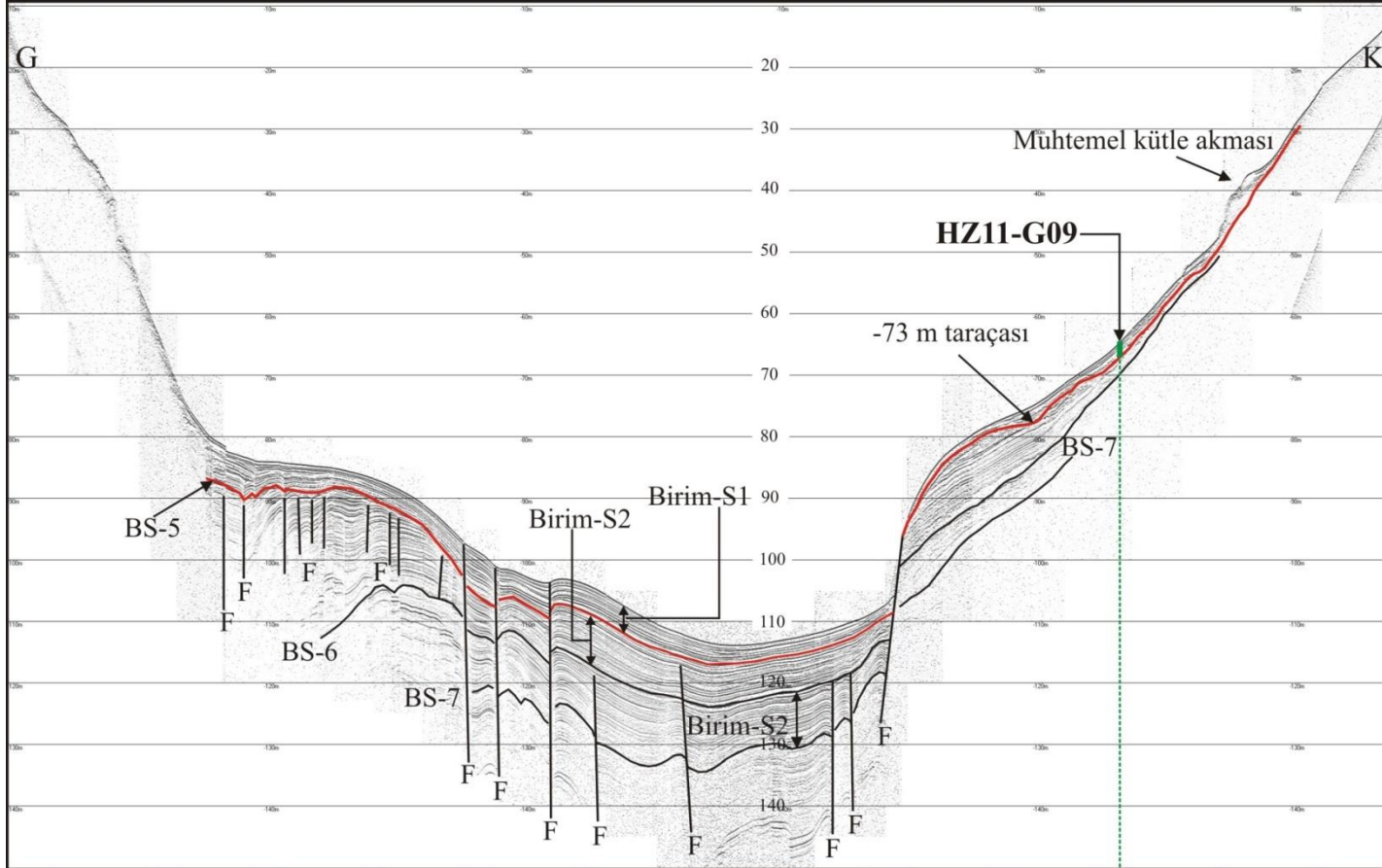


Şekil 4.6. Hazar Gölü batısından alınan 26-1 nolu sığ-sismik profil ve profilin KB yamacına yakın bir noktadan alınan HZ11-G03 gravite karotu

c) Sismik Profil 9

Bu profil güzergahı Hazar Gölü'nün orta kesiminde K - G uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1,5 km'dir ve HZ11-G09 karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profilde bölgenin güney yamacının daha dik olduğu, kuzey yamacının ise daha az eğimli olduğu gözlenmektedir. Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda Birim-S1'den Birim-S2'ye kadar değişen çökeller ayırtedilebilmiş, ancak daha yaşlı çökellerin devamlılıkları iyi bir şekilde gözlenemediğinden tanımlama yapılamamıştır. Profilde Birim-S1'e ait çökellerin profilin genelde orta kesimlerinde daha kalın yüzeyledikleri, bölgenin kuzey yamacına doğru ise incelerek uyumsuz olan BS-5 yüzeyi üzerine aşma yaparak çökeldikleri gözlenmektedir.

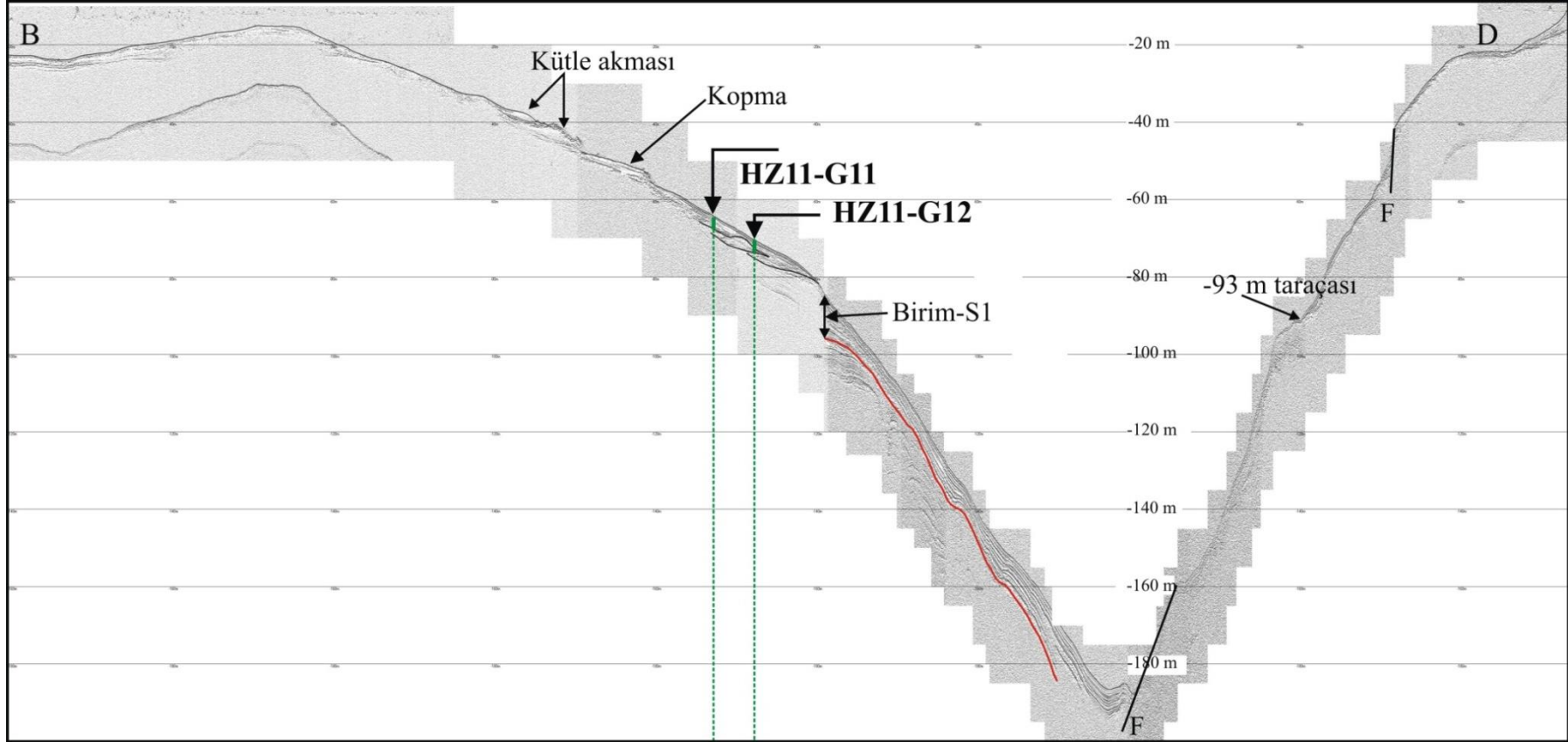
Profilde en genç olan Birim-S1'in kalınlığı yaklaşık 0,2 m ile 9 m arasında değişmektedir. Profilde en alttan BS-5 uyumsuzluk yüzeyine kadar ayırtılan Birim-S2 genellikle orta-zayıf paralel yansıma yüzeyleri sunmaktadır. Birim-S2'nin kalınlığı ise 0,2 m ile 6 m arasında değişmektedir. Profilde tüm birimlerin ana faya ait bazı ikincil faylar ile kesildikleri gözlenmektedir. Profilin kuzeyine doğru göl içerisinde Doğu Anadolu Fayı segmentinin sismik birimleri kestiği ve yaklaşık düşey atımın ise 17 m olduğu gözlenmiştir. Profilin yine aynı kuzey tarafında BS-5 uyumsuzluk yüzeyi üzerinde -73 m'de eski göl taraçasının varlığı gözlenmektedir. Profilin en kuzey ucuna yakın kesimde ise - 35 m su derinliğinde göl tabanında muhtemel kütle akmasını gösteren mercekli çökel yapıları gözlenmektedir. Bu profilin kuzey yamaçlarından alınan HZ11-G09 gravite karotunun profilde ayırtılan ve en genç birim olarak tanımlanmış Birim-S1'i kestiği gözlenmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Hazar Gölü orta kesiminden alınan 9 nolu sığ-sismik profil ve profilin kuzey kanadından alınan HZ11-G09 gravite karotu

d) Sismik Profil 20-3

Bu profil güzergahı Hazar Gölü'nde kuzey kıyıya en yakın alınan ve B - D uzanımlı bir profil olup, yaklaşık uzunluğu 2,4 km'dir ve gravite karotlarından HZ11-G11 ve HZ11-G12 bu profil üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profil gölün doğu havzasını kesmektedir. Profilde batıdan doğuya göl tabanı yayvan bir topoğrafya ile derinleşirken, gölün en derin havzasına geçildiğinde vadi biçiminde bir göl tabanı morfolojisi sunmaktadır. Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda yamaçlarda ve ayrıca profilin orta kesiminde, - 170 m su derinliğinde sismik yansıma görüntüsünün belirgin olmamasından dolayı yalnızca Birim-S1'e ait çökeller gözlenebilmiştir. Profilde Birim-S1'e ait çökellerin doğu yamacına oranla batı yamaçta 1-2 m' lik kalınlığa ulaşırken, profilin orta kesiminde bu birimin kalınlığı yaklaşık 3 - 4 m civarındadır. Profilde Birim-S1, orta-güçlü iç sismik yansıma yüzeyleri sunmakta ve bu çökellerin profilin doğu yamacında bir fay ile sınırlandıkları gözlenmektedir. Birim-S1'e ait çökellerin profilde batı yamaçta kütle akmaları ve kopmalar şeklinde yüzeyledikleri gözlenmektedir. Profilin doğu yamacında ise - 93 m' de bir taraça düzlüğü gözlenmektedir (Şekil 4.8).

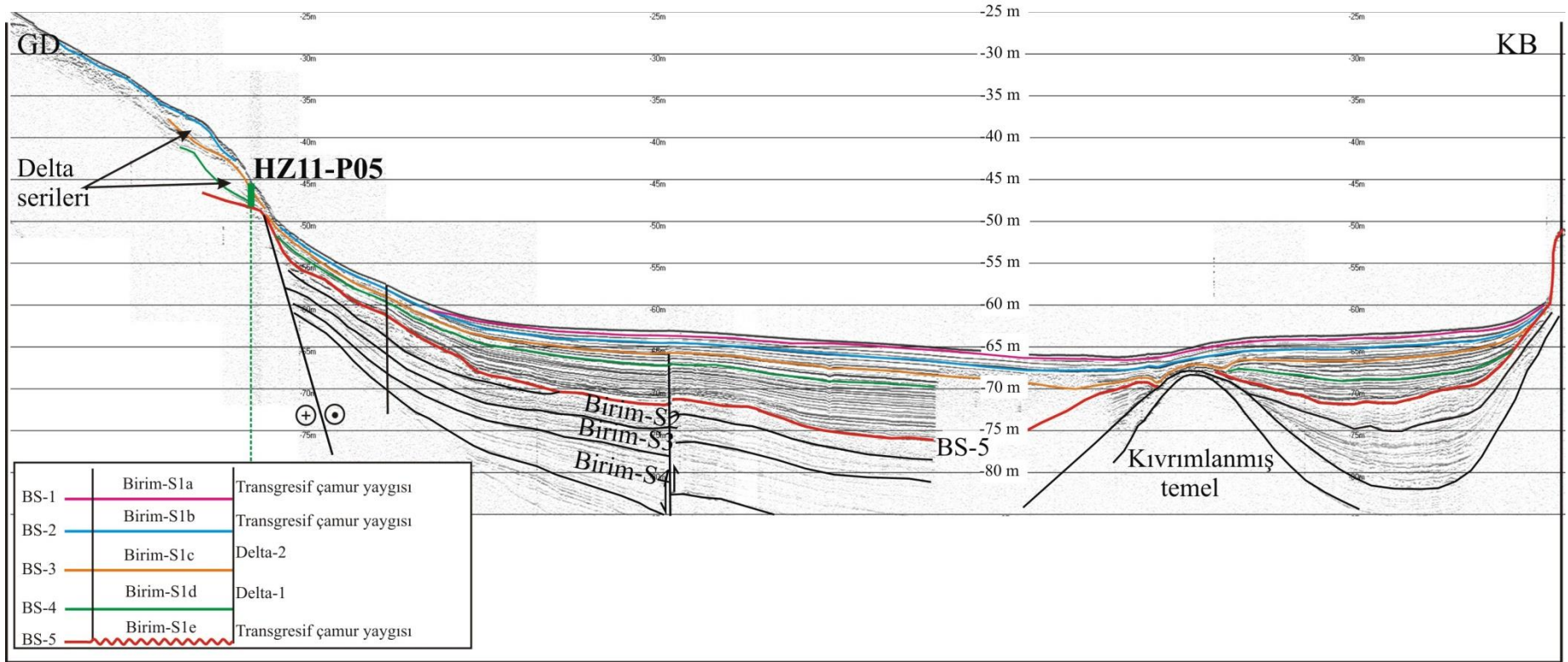


Şekil 4.8. Hazar Gölü'nün kuzey yamacı yakınlarından alınan 20-3 nolu sığ-sismik profil ve profilin batı yamacından alınan HZ11-G11 ve HZ11-G12 gravite karotları

e) Sismik Profil 3

Bu profil güzergahı Hazar Gölü batısında KB - GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1,9 km'dir ve HZ11-P05 piston karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda dört farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Birim-S1, -S2, -S3, -S4). Bu birimlere ait çökellerin profilin genelde orta kesimlerde daha kalın yüzeyledikleri gözlenmektedir.

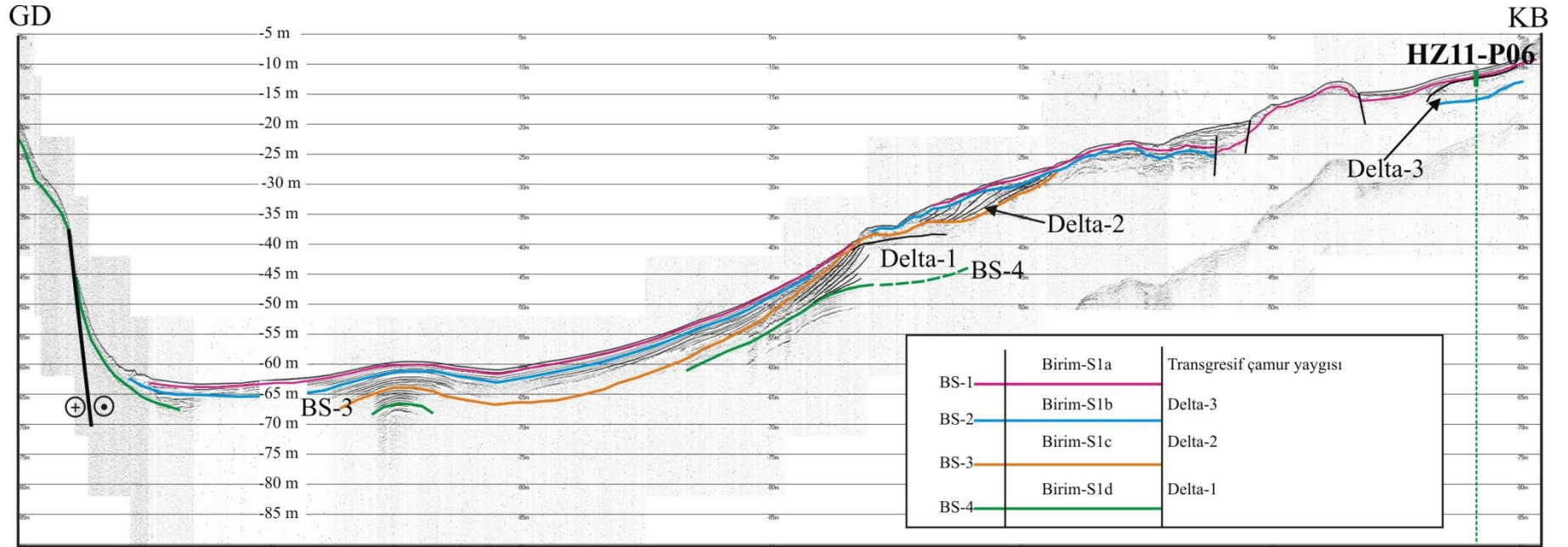
Profilde en genç birim olan Birim-S1'e ait çökeller kendi içinde beş farklı litostratigrafik birime ayırtlanmıştır (Birim-S1a, -S1b, -S1c, -S1d, -S1e). BS-5 uyumsuzluk yüzeyinin altında kalan sismik stratigrafik birimlerden Birim-S4, Birim-S3 ve Birim-S2 profilde devamlılıkları çok fazla gözlenememektedir. Profil güzergâhının hemen hemen orta kesiminde bu birimler normal bir fay ile kesildikleri gözlenmektedir. Bu birimler genelde paralel ve az eğimli zayıf iç yansıma yüzeylerinden oluşmakta, ancak profilin KB ucunda kıvrımlanmış temelin oluşturduğu paleo - morfolojik çukurluğu dolduracak şekilde çökeldikleri gözlenmektedir. Profilde en genç olan Birim-S1, uyumsuz yüzey karakterinde olan BS-5'i üzerlemektedir. Bu birim içerisinde ayırtlanan litostratigrafik birimler (Birim-S1a -S1e) genellikle güçlü ve paralel iç yansıma yüzeylerinden oluşmaktadır. Bu birimlerin bir kısmı profilin hemen hemen orta kesimlerinde normal bir fay ile kesildikleri ancak bu fayın göl tabanını kesemediği gözlenmektedir. Profilde Birim-S1c ve Birim-S1d' ye ait çökeller GD yamaçta birbiri üzerine birikerek - 38 m ile - 42 m su derinliklerinde çökelmiş delta istiflerinden oluşmaktadır. Bu çökeller profilin GD ucunda lokasyonu seçilmiş HZ11-P05 karotu tarafından kesilebilmiştir. Profilin GD yamacındaki ani yükselim ve ayrıca çökelleri temsil eden yansıma yüzeylerinin bu yamaçta kesilmesi, profilin bu kısmında bir fayın varlığını göstermektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Hazar Gölü'nün batısından alınan 3 nolu sığ-sismik profili ve profilin GD yamacından alınan HZ11-P05 piston karotu

f) Sismik Profil 23

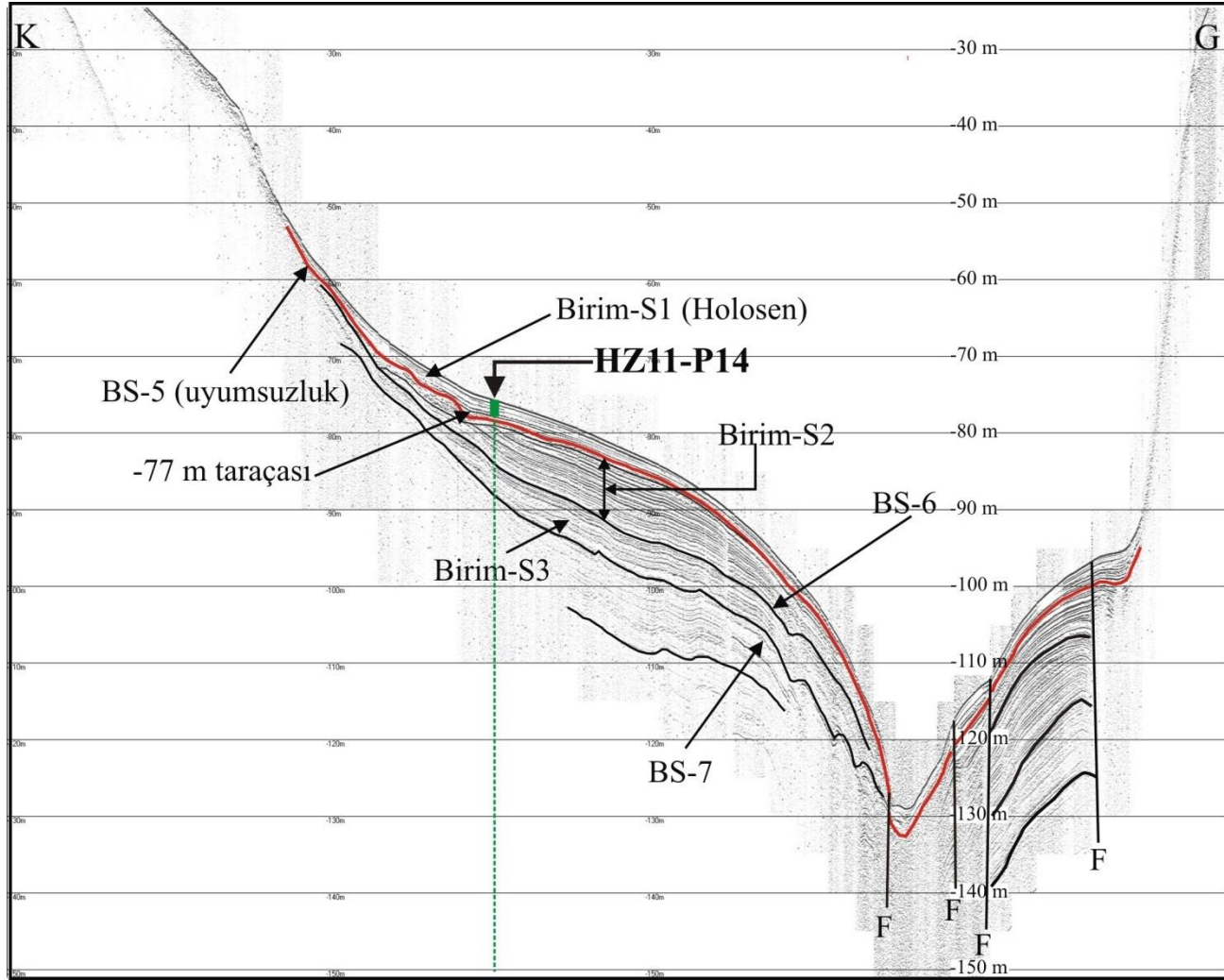
Bu profil güzergahı Hazar Gölü batısında KB - GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2,1 km'dir ve HZ11-P06 piston karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda Birim-S1'e ait litostratigrafik birimler ayırtlanabilmiş (Birim-S1a, -S1b, -S1c, -S1d), ancak bu birimin tabanını oluşturan BS-5 uyumsuzluk yüzeyi gözlenememiştir. Profilin alındığı güzergâhta göl tabanı profilin GD ucunda yamacı nispeten daha dik bir morfoloji sunmaktadır. Profilde Birim-S1'e ait çökellerden Birim-S1d, Birim-S1c ve Birim-S1b eğimli iç sismik yansıma yüzeylerinden oluşan delta çökelleri oldukları anlaşılmaktadır. Birbiri üzerine gelişen bu delta istiflerinden en genci profilin KB'sından alınan HZ11-P06 karotu tarafından kesilmiştir. Profilde diğer bir dikkati çeken yapı ise Birim-S1'e ait çökellerin profilin GD'sunda hafifçe kıvrımlandıklarıdır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Hazar Gölü batısından alınan 23 nolu sığ-sismik profil ve profilin KB ucundan alınan HZ11-P06 piston karotü

g) Sismik Profil 8

Bu profil güzergahı Hazar Gölü'nün orta kesiminde K - G uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1,4 km'dir ve HZ11-P14 piston karotu bu profil üzerinde alınmıştır (Şekil 4.2, Çizelge 4.1). Profilde bölgenin güney yamacının daha dik ve muhtemelen ana fay kontrollü olduğu, kuzey yamacının ise daha az eğimli olduğu gözlenmektedir. Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda Birim-S1'den Birim-S3'e kadar çökeller ayırtedilebilmiş, ancak daha yaşlı çökellerin devamlılıkları iyi bir şekilde gözlenemediğinden tanımlama yapılamamıştır. Profilde Birim -S1'e ait çökellerin profilin genelde orta kesimlerinde daha kalın yüzeyledikleri, bölgenin kuzey yamacına doğru ise incelerek uyumsuz olan BS-5 yüzeyi üzerine aşma yaparak çökeldikleri gözlenmektedir. Profilde en genç olan Birim-S1'in kalınlığı yaklaşık 0,2 m ile 9 m arasında değişmektedir. Profilde en alttan BS-5 uyumsuzluk yüzeyine kadar ayırtlanan birimler (Birim-S2 -S3) genellikle orta-zayıf ve paralel yansıma yüzeyleri sunmaktadır. Bunlardan en iyi gözlenen Birim-S2'nin kalınlığı ise 0,2 m ile 6 m arasında değişmektedir. Profilde tüm birimlerin ana faya ait ikincil faylar ile kesildikleri gözlenmektedir. HZ11-P14 karotunun profilde ayırtlanan ve en genç birim olarak tanımlanmış Birim-S1'i kestiği gözlenmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Hazar Gölü'nün orta kesiminden alınan 8 nolu sığ-sismik profil ve profilin kuzey yamacından alınan HZ11-P14 piston karotu

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Hazar Gölü'nden alınan karot örnekleri değişik uzunluklarda olup, platform üzerinde 1'er metrelik parçalara bölünerek Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde karotların arşivlenmesi için kurulan soğuk odaya getirilmiştir. Karotlarda yapılacak sedimantolojik ve jeoteknik çalışmalar öncesinde soğuk odada muhafaza edilen silindir şeklindeki karotlar, laboratuvarda boyuna iki ayrı parçaya bölünerek açılmış ve öncelikle stratigrafik düşey logları sedimantoloji laboratuvarında hazırlanmıştır (Şekil 4.12). Karotlarda loglama ve tanımlama işlemi yapıldıktan sonra çökellerin dijital görüntüleri kaydedilmiştir. Tez kapsamında gölün özellikle batı kesiminden alınan 3 adet gravite, 2 adet piston, orta kesiminden alınan 3 adet gravite ve 1 adet piston karotu olmak üzere toplam 9 karot üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu laboratuvar çalışmaları kapsamında alınan örneklerin fiziksel özellikleri (birim hacim ağırlık, boşluk oranı, porozite, özgül ağırlık) ve dayanım parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) belirlenerek zemin sınıflamaları yapılmıştır.



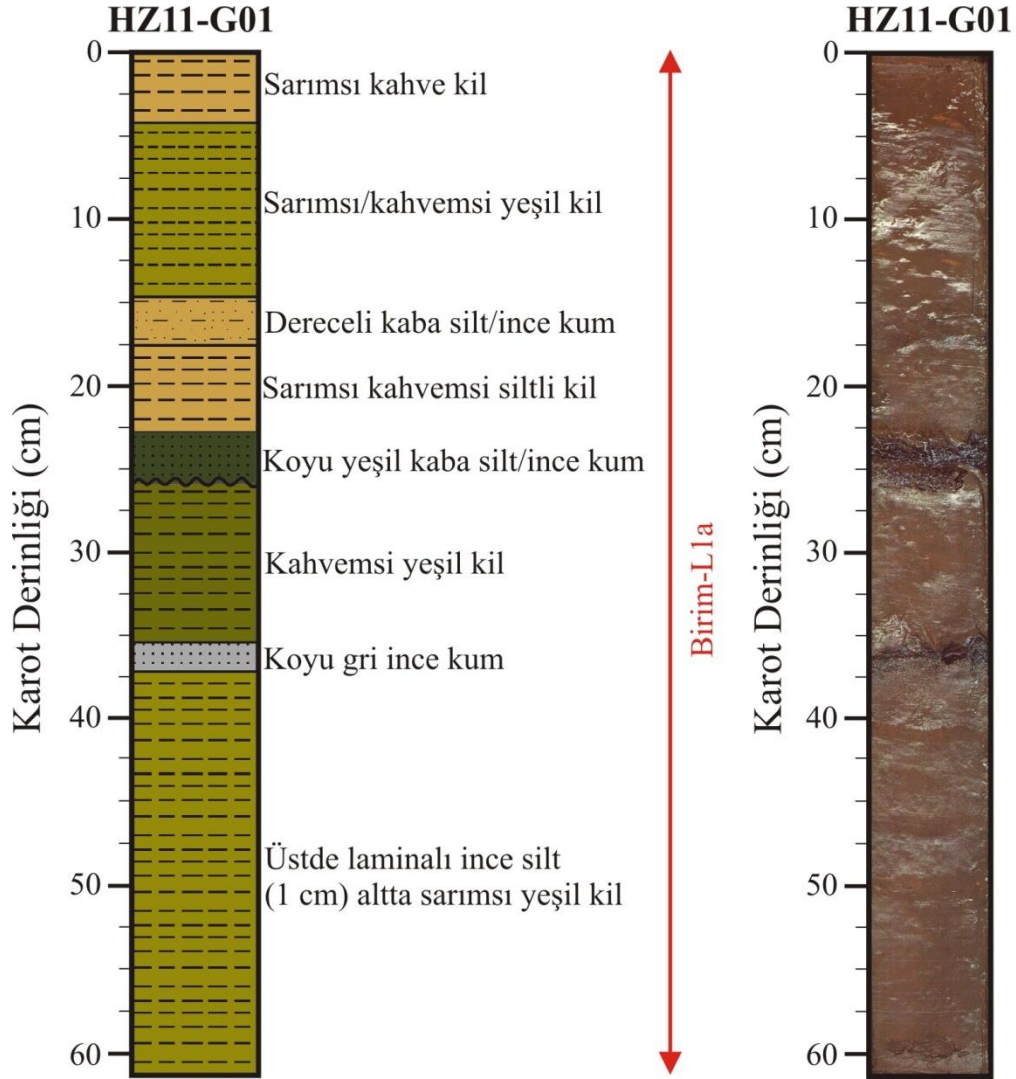
Şekil 4.12. Hazar Gölü'nden alınan karotlarda laboratuvar çalışmaları

4.2.1. Karot Stratigrafileri

a) HZ11-G01 Gravite Karotu

Hazar Gölü batısında - 48 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 67 cm'dir (Çizelge 4.1). HZ11-G01 karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar

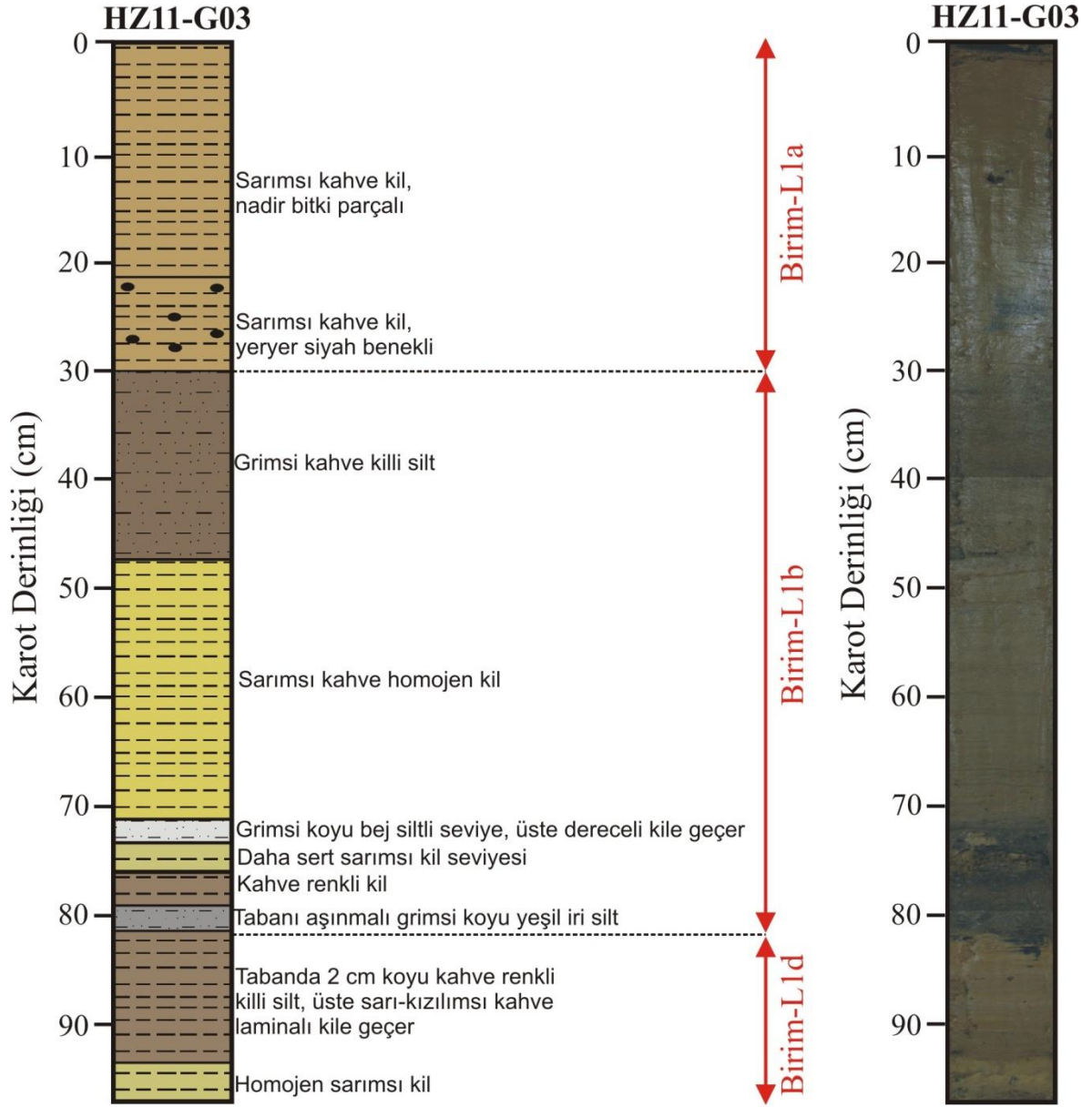
sonucunda çökeller Birim-L1a olarak tanımlanmıştır. Birim altta sarımsı yeşil kil ile başlayıp 37. cm’de koyu gri renkli ince kuma geçmektedir. Bu seviyenin üzerinde kahvemsı yeşil kil seviyesi bir aşınma yüzeyi ile koyu yeşil renkli kaba silt - kuma geçmektedir. Karotun daha üst seviyeleri ise sarımsı kahvemsı kil - siltten oluşmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Hazar Gölü batısından proje kapsamında - 48 m su derinliğinden alınan HZ11-G01 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

b) HZ11-G03 Gravite Karotu

Hazar Gölü batısında -56,3 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 98 cm'dir (Çizelge 4.1). HZ11-G03 karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1'e ait çökellerden Birim-S1a, Birim-S1b ve Birim-S1d'yi kestiği gözlenmiş ve buna göre karotta tanımlanan birimler ise Birim-L1a, Birim-L1b ve Birim-L1d olarak tanımlanmıştır. Karotta en altda bulunan Birim-L1d homojen bej kil ve bunu üzerleyen koyu kahve silt ve üstte sarı kıvılcımsı kahve laminalı kilden oluşmaktadır. Bu birim aşınmalı bir yüzey ile 82,5 cm'de Birim-L1b tarafından üzerlenmektedir. Karotun sismik profilde alındığı lokasyonda Birim-S1c çökelmediği için litostratigrafik karşılığı olan Birim-L1c bu karotta tanımlanmamıştır. Birim-L1b tabanda koyu yeşil kaba silt ile başlar ve üste kahve, bej kil seviyeleri ve daha sonra grimsi koyu bej siltli seviyeye geçmektedir. Birim üste doğru sarımsı kahve kil ile devam eder ve en üst seviyesini ise grimsi kahve killi silt oluşturur. Birim-L1b, keskin bir dokanak ile Birim-L1a tarafından üzerlenmektedir. En genç birimi temsil eden bu çökeller, karotta altta sarımsı kahve, yer yer siyah benekli kil ile başlar ve birimin en üst kısmını ise sarımsı kahve renkte, nadir bitki parçalı kil seviyesi oluşturmaktadır (Şekil 4.14).

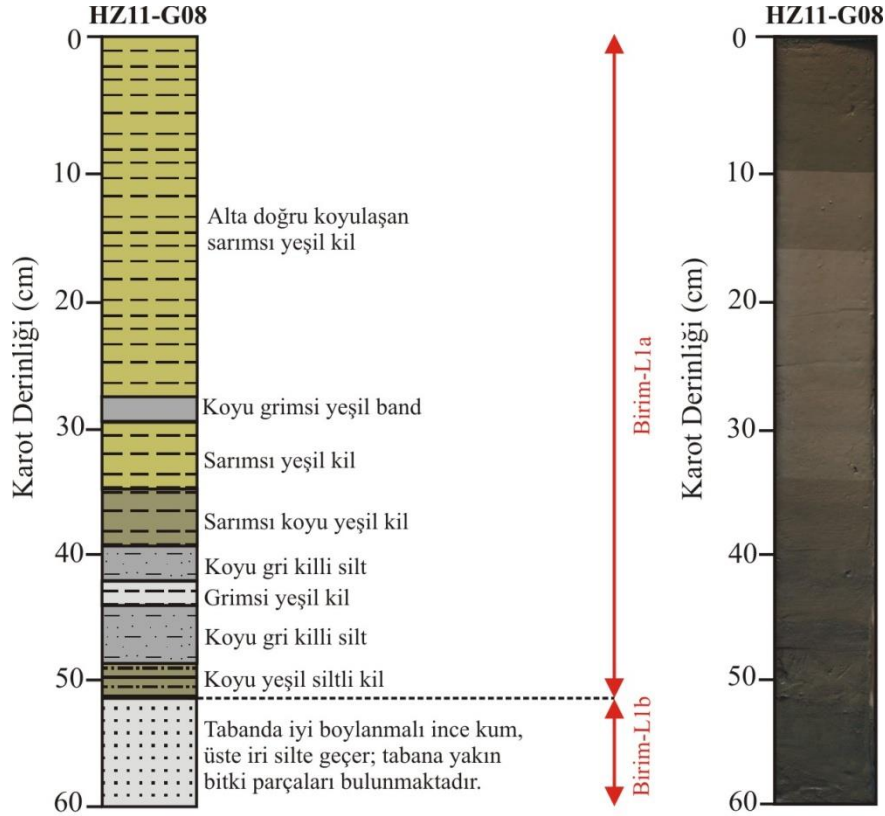


Şekil 4.14. Hazar Gölü batısından proje kapsamında - 56,3 m su derinliğinden alınan HZ11-G03 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

c) HZ11-G08 Gravite Karotu

Hazar Gölü batısında -19,9 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 60 cm'dir (Çizelge 4.1). HZ11-G08 karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda çökeller Birim-L1a ve Birim-L1b olarak tanımlanmıştır. Karotta en altta ayırtlanmış olan Birim-L1b, tabana yakın bitki parçaları içeren, iyi boylanmış tabanda ince kum ve üste kaba silte geçen bir seviyeden oluşmaktadır. Birim-L1b karotta

77. cm’de uyumlu olarak Birim-L1a tarafından üzerlenmektedir. Bu birim tabanda koyu yeşil siltli kil ile başlamakta ve üste doğru grimsi yeşil kil ile arakatkılı koyu gri killi silte geçmektedir. Birim karotta 64. cm’de sarımsı koyu yeşil ve üstte sarımsı yeşil kilden oluşmaktadır. Bu seviye keskin bir sınır ile koyu grimsi yeşil kile geçmektedir. Birim-L1a’nın en üst seviyesinde ise alta doğru koyulaşan sarımsı yeşil kil gözlenmektedir (Şekil 4.15).

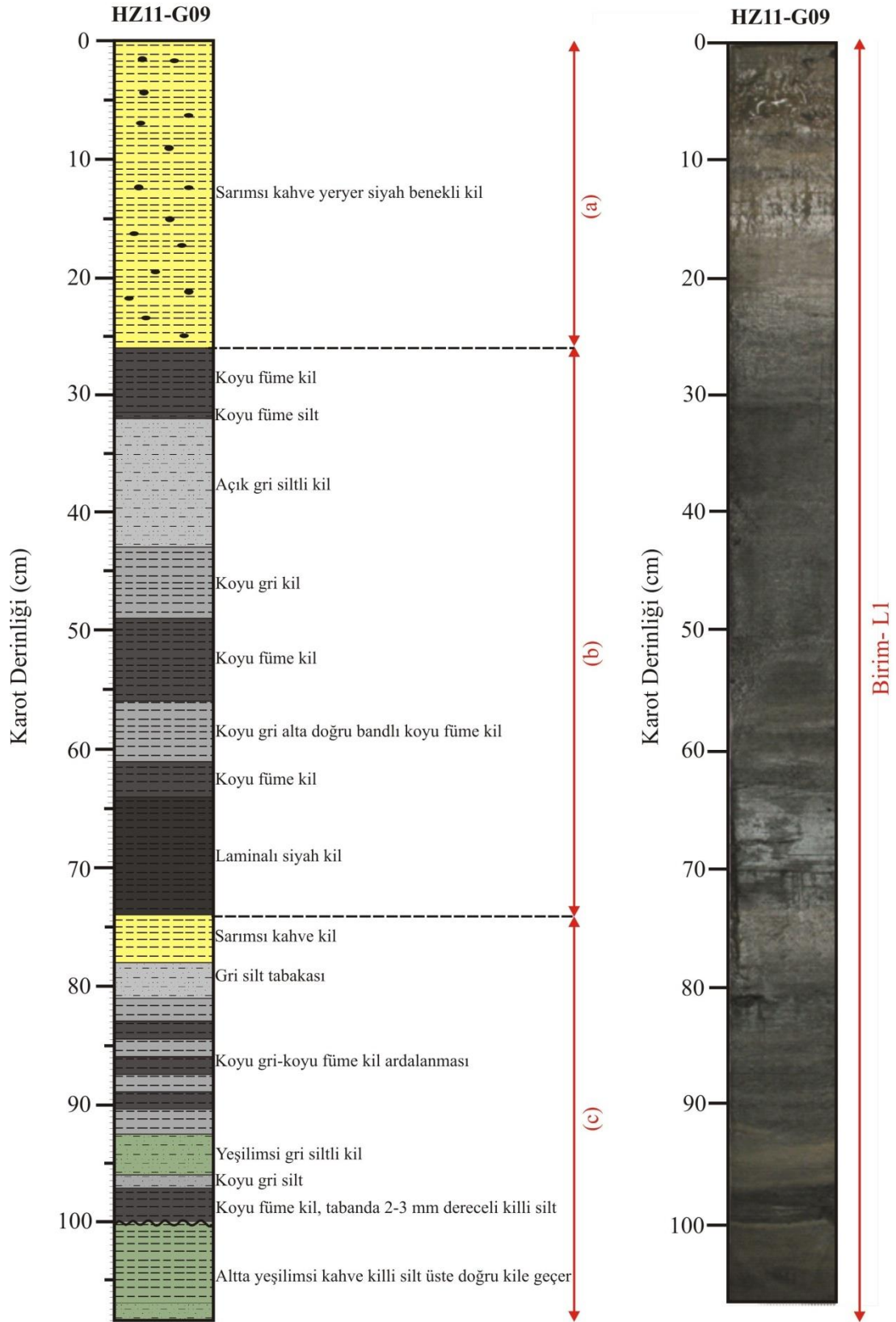


Şekil 4.15. Hazar Gölü batısından proje kapsamında - 19,9 m su derinliğinden alınan HZ11-G08 karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

d) HZ11-G09 Gravite Karotu

Hazar Gölü’nde -64 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 108 cm’dir (Çizelge 4.1). Karot tabanda yeşilimsi kahve dereceli killi silt ile başlamaktadır. Bu seviye yaklaşık 101 cm’de bir aşınma yüzeyi ile üste doğru koyu füme killi silt ve kile geçmekte ve üstte 90 cm’lere doğru koyu gri silt ve bunun üzerine gelen yeşilimsi gri siltli kil ile devam etmektedir. Karotda 91 - 82,5 cm’ ler arasında koyu gri-koyu füme kil ardalanması gözlenmektedir. Bu seviye üste doğru gri silt ve daha sonra sarımsı kahve kil seviyesi ile üzerlenir. Karot boyunca laminasyonların gözlemlendiği en kalın seviye ise 74,5 cm ile 64

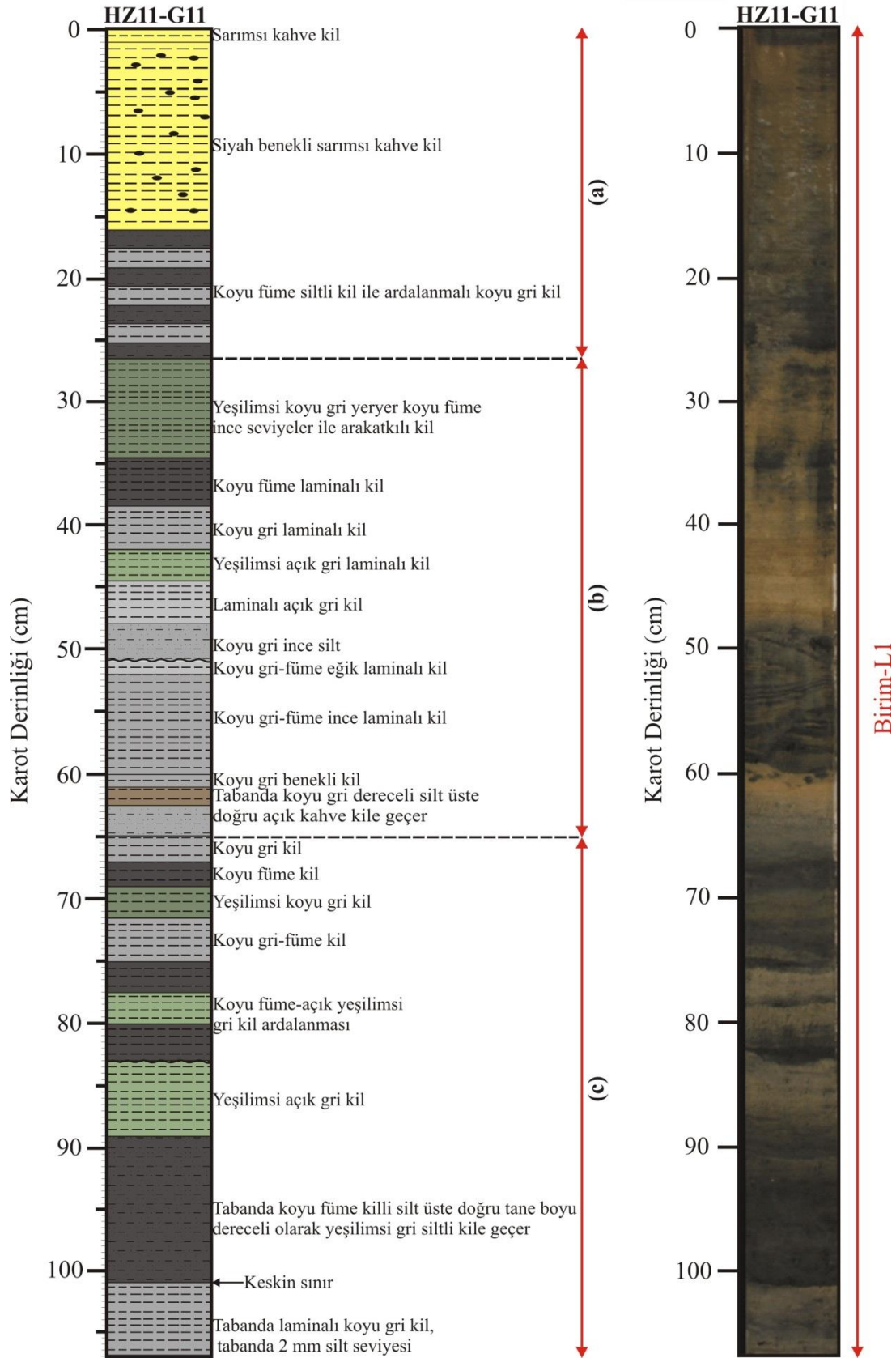
cm'ler arasındır. Karotda koyu gri ve koyu füme kil ardalanması 42,5 cm'e kadar devam etmektedir. Bu renk ardaımalı seviye stde açık gri siltli kil seviyesi ile üzerlenir. Karotun st seviyelerine doğru koyu füme silt ve kil seviyeleri ise 33 cm ile 26,5 cm'ler arasında gözlenmektedir. Karotun en üst seviyesinde nispeten daha kalın bir seviye halinde alt seviyelere göre daha sulu sarımsı kahve yeryer siyah benekli kil tabakası yer almaktadır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Hazar Gölü'nde proje kapsamında - 64 m su derinliğinden alınan HZ11-G09 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

e) HZ11-G11 Gravite Karotu

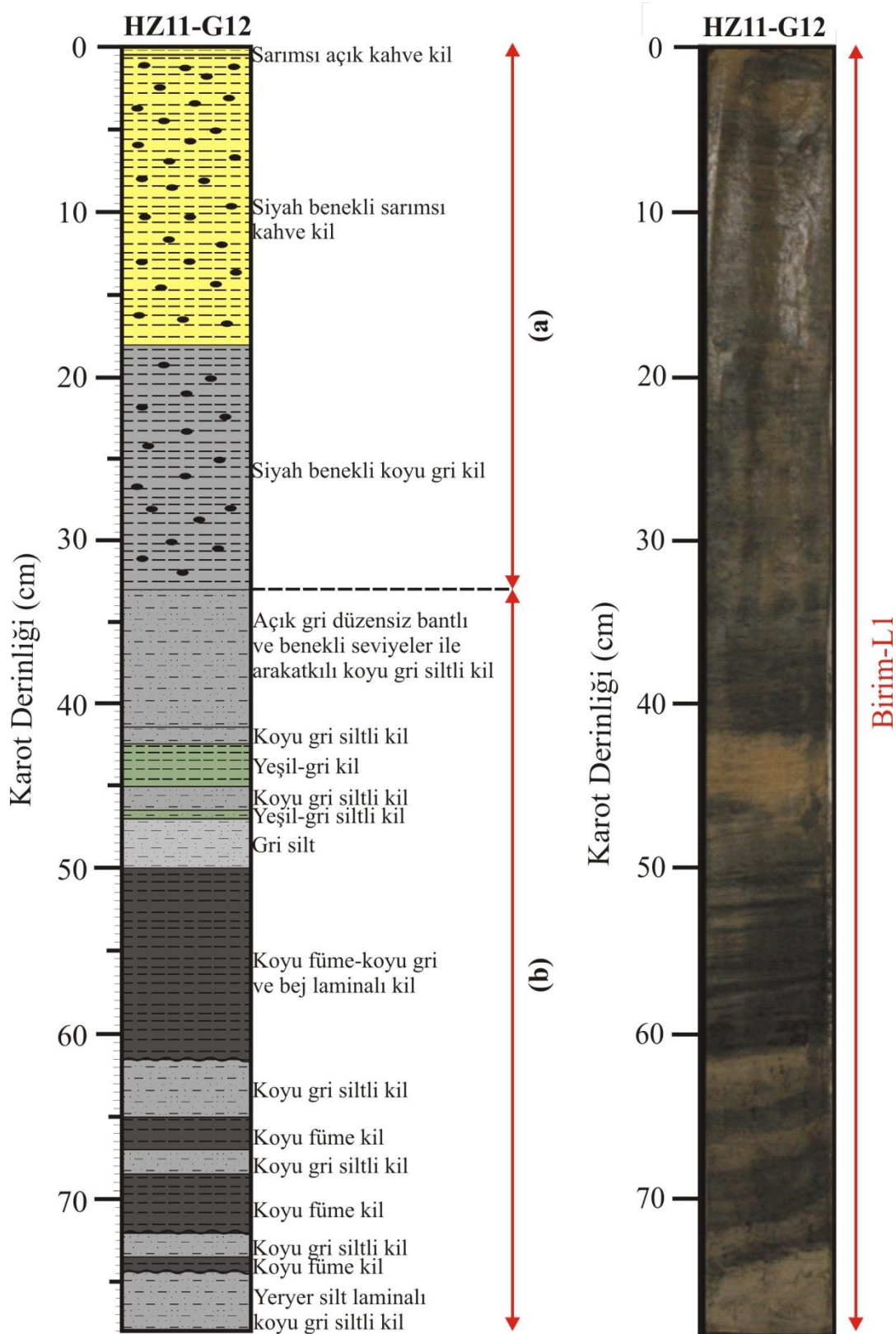
Hazar Gölü'nde -65 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 107 cm'dir (Çizelge 4.1). HZ11-G11 gravite karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1'e ait çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotda altdan üste doğru farklı litolojiler belirlenmiştir. Karot tabanda laminalı koyu gri bir kil seviyesi ile başlamakta ve üste keskin bir sınır ile dereceli koyu füme killi silt ve siltli kile geçmektedir. Karotda 88 cm ile 83 cm'ler arasında yeşilimsi açık gri kil gözlenmektedir. Karotda üste doğru 65 cm'e kadar koyu füme ve açık yeşilimsi gri ile koyu gri kil seviyeleri gözlenmektedir. Bu ardalanmalı seviyeyi 65 cm'de tabanda koyu gri dereceli silt ve açık kahve kil seviyesi üzerler. Üste doğru koyu gri ince laminalı killi seviye ise 61,5 cm ile 51,5 cm'ler arasında gözlenmektedir. Bu seviyenin üstünde aşınmalı bir yüzey gözlenmekte ve bu yüzey üzerinde koyu gri ince silt seviyesi yer almaktadır. Karotda 38 cm'e kadar açık gri ve koyu gri laminalı kil seviyeleri gözlenmektedir. Karotun üst seviyelerine doğru 38 cm ile 34,7 cm'ler arasında koyu füme kil seviyesi gözlenmektedir. Bu seviye üste doğru yeşilimsi koyu gri yeryer koyu füme ince seviyeler ile arakatlı killi seviyeye geçmektedir. Karotda koyu füme siltli kil ile koyu gri kil seviyeleri 16,5 cm ile 27 cm'ler arasında gözlenir. Karotun en üst seviyesini siyah benekli sarımsı kahve kil ve en üst 2 cm'de sarımsı kahve kil seviyesi oluşturmaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Hazar Gölü'nden proje kapsamında -65 m su derinliğinden alınan HZ11-G11 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

f) HZ11-G12 Gravite Karotu

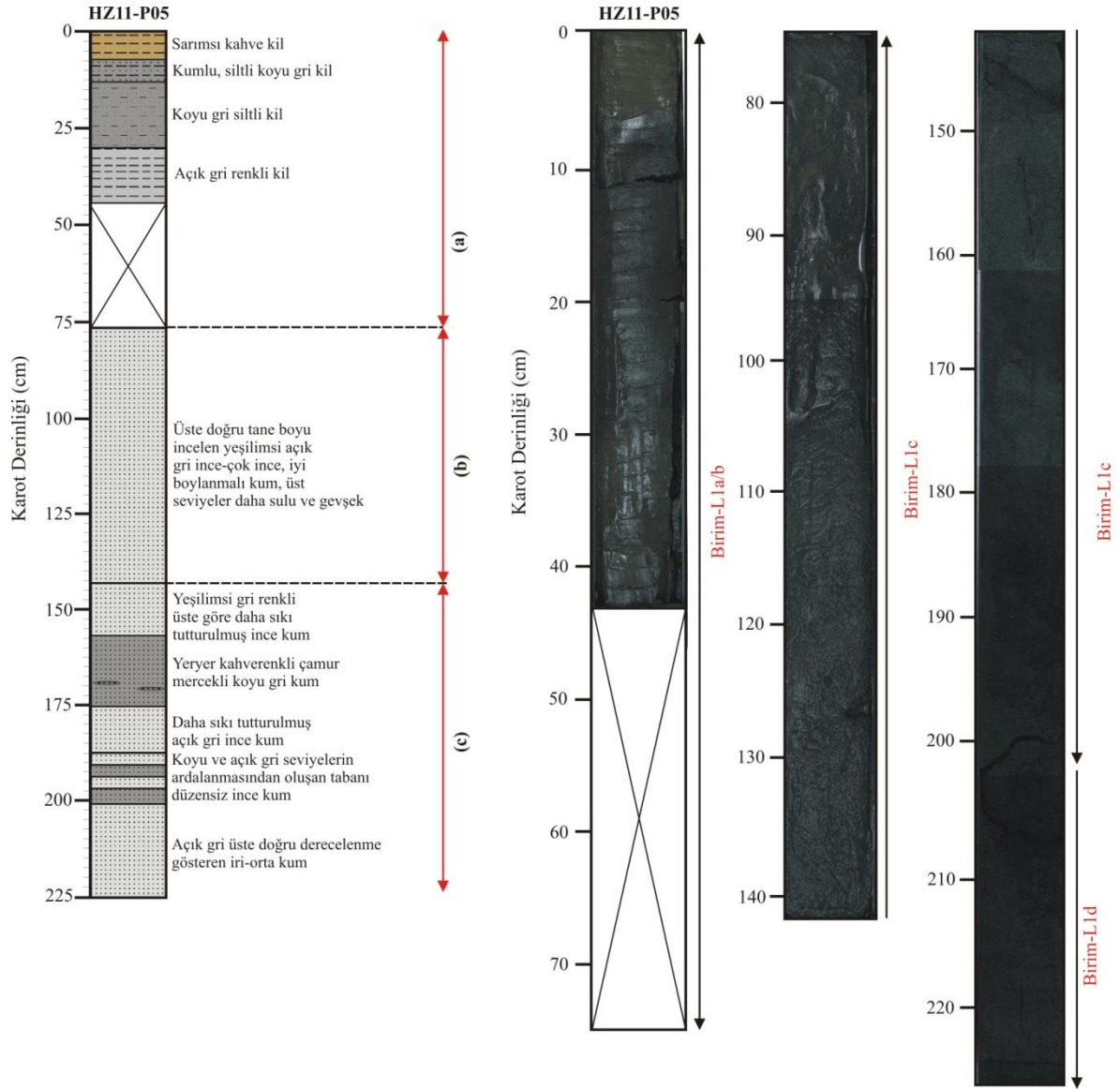
Hazar Gölü'nde -71,5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 79 cm olup, karotun lokasyonu 20-3 nolu sığ-sismik profili üzerindedir (Çizelge 4.1). HZ11-G12 gravite karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1'e ait çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotda altdan üste doğru farklı litolojiler gözlenmiştir. Karot tabanda silt laminalı koyu gri siltli kil ile başlamakta ve üste doğru koyu gri siltli kil ile koyu füme kil ardalanması ile 63 cm'e kadar devam etmektedir. Karotda 50,5 cm ile 63 cm'ler arasında koyu füme-koyu gri renkte ve yeryer bej laminalı kil seviyesi gözlenmektedir. Bu seviye üstde gri silt tabakası ile üzerlenir. Karotda üste 43 cm'e kadar koyu gri ve yeşilimsi gri siltli kil ve kil seviyeleri ile geçilir. Karotun 43 cm ile 34 cm'leri arasında açık gri düzensiz bantlı ve benekli seviyeler ile arakatkılı koyu gri siltli kil seviyesi gözlenmektedir. Karotda üste doğru 18 cm ile 34 cm'ler arasında ise siyah benekli koyu gri kil seviyesi yer almaktadır. Bu siyah benekli seviye üstde benzer şekilde sarımsı kahve sulu bir kil seviyesi içerisinde de gözlenmektedir. Karotun en üst 1,5 cm'sinde sarımsı açık kahve ince kil seviyesi gözlenmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Hazar Gölü'nden proje kapsamında - 71,5 m su derinliğinden alınan HZ11-G12 nolu gravite karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

g) Karot HZ11-P05

Hazar Gölü batısında -37,5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2,25 m olup, karotun lokasyonu 3 nolu sığ-sismik profili üzerindedir (Çizelge 4.1). HZ11-P05 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik profilde tanımlanmış Birim-S1a'dan Birim-S1c'ye kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1a-Birim-L1c) tanımlanmıştır. Karotda tanımlanan en yaşlı çökelleri temsil eden Birim-L1c, altta açık gri, üste derecelenme gösteren iri-orta kum seviyesi ile başlamaktadır. Bu kumlu seviyeyi 202 cm'de koyu ve açık gri seviyelerin ardalanmasından oluşan ince kum seviyesi takip etmektedir. Üste doğru sırası ile açık gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renkte ince kum seviyeleri gelmektedir. Birim-L1c'nin en üst seviyesi ise normal derecelenme gösteren yeşilimsi açık gri, iyi boyplanmalı çok ince kum seviyesi oluşturmaktadır. Karotta Birim-L1c ile Birim-L1b arasındaki 26 cm'lik boşlukta bu iki birimin sınırı gözlenememiştir. Karotta Birim-L1b ve Birim-L1a, altta açık grimsi yeşil kil ve bunu uyumsuz olarak üzerleyen koyu gri siltli kil ile başlamaktadır. Karotun en üstüne doğru bu seviyeler kumlu koyu gri kil ve sarımsı kahve kil tarafından üzerlenmektedir (Şekil 4.19).

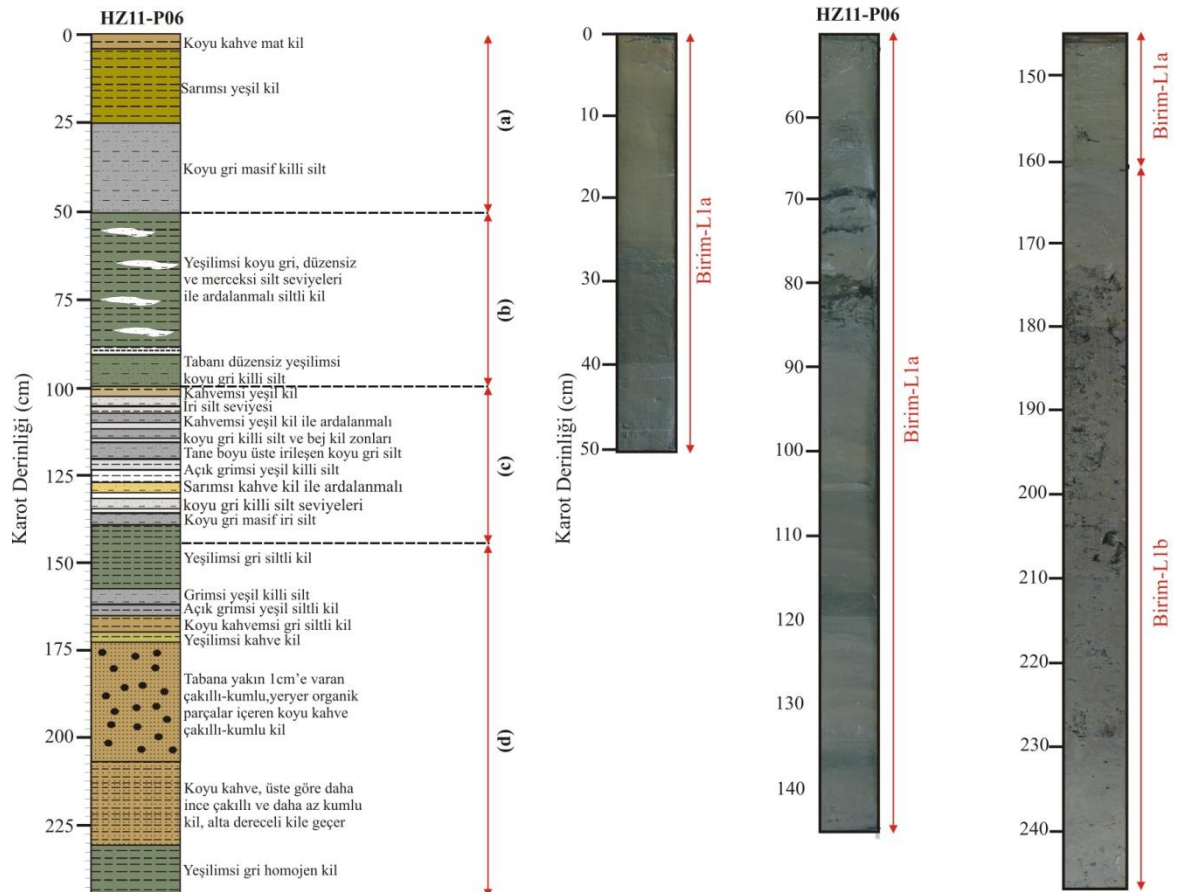


Şekil 4.19. Hazar Gölü’nden proje kapsamında - 37,5 m su derinliğinden alınan HZ11-P05 nolu piston karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

h) HZ11-P06 Piston Karotu

Hazar Gölü batısında -11,5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2,56 m olup, karotun lokasyonu 23 nolu sığ-sismik profili üzerindedir (Çizelge 4.1). HZ11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1a ile Birim-S1b’yı kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1a ve Birim-L1b) tanımlanmıştır. Karotta tanımlanan en yaşlı çökellerden Birim-L1b, yeşilimsi gri homojen kil ile başlar ve üste doğru dereceli olarak ince çakıllı koyu kahve kumlu kile geçmektedir. Bu seviye üstte

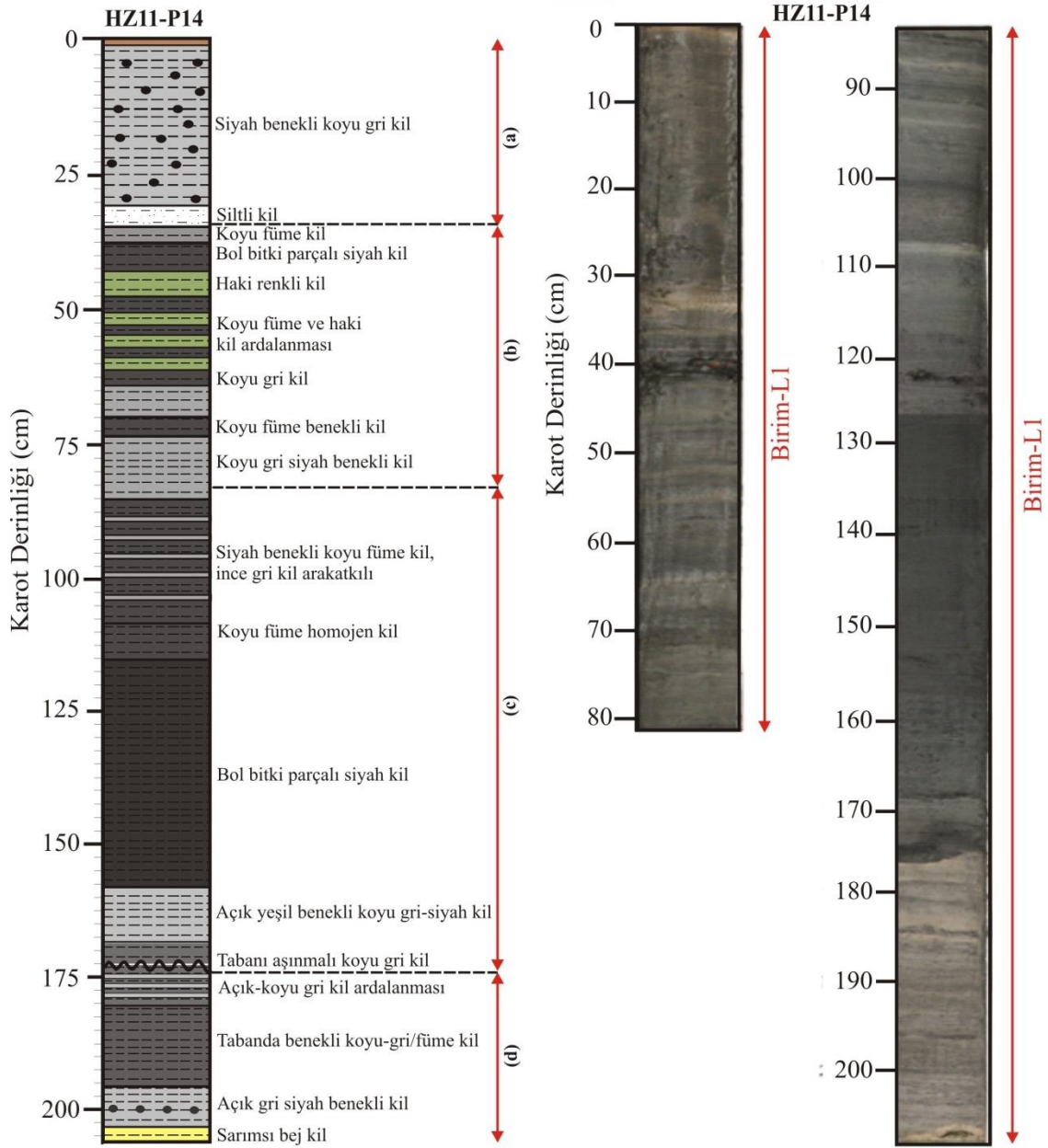
206.cm’de tabanda iri çakıllı, yer yer organik parçalar içeren koyu kahve çakıllı kumlu kile geçtiği gözlenmektedir. Birim-L1b karotta, 172.cm’den üste daha ince seviyelerden oluşan çeşitli litolojiler sergilemektedir. Karotda 172 - 99 cm’ler arasında Birim-L1b, kahvemsi yeşil ile sarımsı kahve kil seviyeleri ile ardalanmalı koyu kahve, koyu ve açık gri renklerde siltli kil ve silt seviyelerinden oluşmaktadır. Birim-L1b, 99. cm’de uyumsuz bir sınırla ile Birim-L1a’ya geçmektedir. Birim tabanda yeşilimsi koyu gri renkte killi silt ile başlamaktadır. Bu birim üste doğru düzensiz ve mercekli silt seviyeleri içeren siltli kile geçmektedir. Bu seviye üste keskin bir sınır ile koyu gri homojen killi silte geçmektedir. Birim-L1a’nın en üst seviyesini sarımsı yeşil kil ile koyu kahve mat kil seviyeleri oluşturmaktadır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Hazar Gölü’nden proje kapsamında - 11,5 m su derinliğinden alınan HZ11-P06 nolu piston karotunun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

1) HZ11-P14 Piston Karotu

Hazar Gölü'nde -77 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 207 cm olup, karotun lokasyonu 08 nolu sığ-sismik profili üzerindedir (Çizelge 4.1) HZ11-P14 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1'e ait çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotda altdan üste doğru farklı litolojiler gözlenmiştir. Karot en tabanda çok ince bir seviye halinde sarımsı bek kil ile başlar ve üstde doğru yine ince bir seviye halinde açık gri siyah benekli kile geçmektedir. Bu seviye karotda üste doğru benekli koyu gri-füme kil ile üzerlenir. Karotun 180 cm ile 174 cm'leri arasında açık-koyu gri kil ardalanması gözlenmektedir. Bu seviye aşınmalı bir yüzey ile koyu gri kile geçmektedir. Üste doğru bu seviye ise açık yeşil benekli koyu gri-siyah kile geçmektedir. Karotun 157,5 cm ile 118 cm'leri arasında bol bitki parçalı siyah kil seviyesi gözlenmektedir. Karotda üste doğru koyu füme kil ve bunun üzerine ince gri kil arakatkılı siyah benekli koyu füme kil seviyesi gelmektedir. Koyu gri nadir siyah benekli kil seviyesi 82,5 cm ile 74 cm'ler arasında gözlenirken, bu seviye üste koyu füme ve koyu gri ince kile geçmektedir. Karotun 65 cm ile 42,5 cm'leri arasında koyu füme ve haki renkli killerin ardalanması gözlenmektedir. Karotun en üst seviyelerine doğru bol bitki parçalı siyah kil seviyesi ve bunun üzerine koyu füme kil ve siltli kil gelmektedir. Karotun en üst seviyesinde ise siyah benekli koyu gri kil gözlenmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Hazar Gölü'nden proje kapsamında - 77 m su derinliğinden alınan HZ11-P14 nolu piston karotun düşey litolojik logu ve karot yüzeyine ait dijital görüntüsü

4.2.2. Jeomekanik Deneyler

4.2.2.1. İndeks Deneyleri

Hazar Gölü'nden alınan örnekler üzerinde doymun birim hacim ağırlık (γ_d), kuru birim hacim ağırlık (γ_k), doğal su içeriği (ω), boşluk oranı (e), porozite (n) özgül ağırlık (G_s) deneyleri yapılmıştır. Doymun ve kuru birim hacim ağırlık deneyleri ASTM D 4531, doğal su içeriği deneyleri ASTM D 2216 ve özgül ağırlık deneyleri ise ASTM D 854-02 standartlarına göre yapılmıştır.

a) Doymun Birim Hacim Ağırlığı (γ_d): Zeminin doymun ağırlığının, tüm hacmine oranı olarak tanımlanır ve birimi gr/cm^3 , t/m^3 veya kN/m^3 'tür.

$$\gamma_d = \frac{W_d}{V} \quad (4.1)$$

W_d = Doymun Ağırlık

V = Toplam Hacim

b) Kuru Birim Hacim Ağırlığı (γ_k): Zeminin kuru ağırlığının tüm hacme oranı olarak tanımlanır ve birimi gr/cm^3 , t/m^3 veya kN/m^3 'tür.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V} \quad (4.2)$$

W_k = Kuru ağırlık

V = Toplam Hacim

22 örnekte gerçekleştirilen doymun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık ve su içeriği deneylerine ait sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Karotların doygun birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık ve su içeriği deney sonuçları

Karot Adı	Derinlik (m)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_n/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_k/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Su İçeriği ($\omega/\%$)
HZ11-G01	0,00-0,67	1,55	0,83	87,3
HZ11-G03	0,00-0,98	1,58	0,87	82,12
HZ11-G08	0,00-0,60	1,61	0,99	62,70
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	1,34	0,50	170,24
	(b) 0,26-0,74	1,37	0,54	156,37
	(c) 0,74-1,08	1,38	0,55	154,97
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	1,33	0,52	158,66
	(b) 0,27-0,65	1,35	0,53	129,4
	(c) 0,65-1,07	1,41	0,63	128,32
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	1,43	0,57	166,81
	(b) 0,33-0,79	1,41	0,59	141,76
HZ11-P05	(a) 0,00-0,76	1,82	1,33	37,75
	(b) 0,76-1,45	1,91	1,53	27,71
	(c) 1,45-2,25	1,84	1,42	30,44
HZ11-P06	(a) 0,00-0,49	1,76	1,25	41,55
	(b) 0,49-1,00	1,88	1,42	32,81
	(c) 1,00-1,45	1,85	1,36	35,84
	(d) 1,45-2,56	1,81	1,39	29,96
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	1,29	0,53	145,84
	(b) 0,35-0,83	1,27	0,53	141,38
	(c) 0,83-1,75	1,30	0,54	127,87
	(d) 1,75-2,07	1,38	0,71	93,87

c) Su İçeriği (ω): Zemin örneği içinde bulunan su ağırlığının, zemin örneğinin 105°'de 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile belirlenmekte ve % olarak ifade edilmektedir.

$$\% \omega = \frac{W_n - W_k}{W_k} \times 100 \quad (4.3)$$

W_n = Doğal ağırlık

W_k = Kuru ağırlık

d) Boşluk Oranı (e): Boşluklu bir yapıya sahip olan zeminde, boşluk durumunu yansıtan bir terimdir ve boşluk hacminin, tane hacmine oranlanması ile belirlenmekte ve % olarak ifade edilmektedir.

$$\% e = \frac{V_b}{V_k} \times 100 \quad (4.4)$$

V_b = Boşluk hacmi

V_k = Katı hacmi

e) Porozite (n): Zeminin boşluk durumunu yansıtır ve boşluk hacminin, tüm hacme oranı olarak tanımlanmakta ve % olarak ifade edilmektedir.

$$\% n = \frac{V_b}{V} \times 100 \quad (4.5)$$

n = Porozite

V = Toplam hacim

f) Özgül Ağırlık (Piknometre) Deneyi

Bir zeminin özgül yoğunluğu, belli hacimdeki zemin tanelerinin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve eşit hacimdeki saf suyun havadaki ağırlığına eşitliği olarak tanımlanır. Özgül ağırlık deneyi American Society of Testing Materials ASTM D 854 - 02 (2003) standartlarına göre yapılmıştır (Şekil 4.22). Aşağıda verilen eşitlik kullanılarak 22 farklı örnekte zeminin özgül ağırlığı hesaplanmıştır.

$$G_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + W_3} \quad (4.6)$$

G_s : Zemine ait özgül ağırlık,

W₁: Kuru örnek ağırlığı (gr),

W₂: Piknometre + su ağırlığı (gr),

W₃: Piknometre + örnek + su ağırlığı (gr).



Şekil 4.22. Piknometrelerin hazırlanması ve vakumlanması

Örneklerde gerçekleştirilen boşluk oranı, porozite ve özgül ağırlık deneylerine ait sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Karotların boşluk oranı, porozite ve özgül ağırlık deney sonuçları

Karot Adı	Derinlik (m)	Boşluk Oranı (e/%)	Porozite (n/%)	Özgül Ağırlık (Gs)
HZ11-G01	0,00-0,67	215,5	68,24	2,61
HZ11-G03	0,00-0,98	191,91	65,67	2,53
HZ11-G08	0,00-0,60	173,89	63,29	2,70
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	425,53	80,95	2,59
	(b) 0,26-0,74	397,09	79,57	2,64
	(c) 0,74-1,08	383,68	78,96	2,60
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	405,47	80,03	2,60
	(b) 0,27-0,65	318,02	75,77	2,66
	(c) 0,65-1,07	316,45	75,38	2,55
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	386,39	77,7	2,55
	(b) 0,33-0,79	339,83	77,00	2,56
HZ11-P05	(a) 0,00-0,76	110,00	51,79	2,76
	(b) 0,76-1,45	81,85	45,01	2,78
	(c) 1,45-2,25	94,66	48,43	2,75
HZ11-P06	(a) 0,00-0,49	124,52	54,94	2,77
	(b) 0,49-1,00	95,08	48,57	2,76
	(c) 1,00-1,45	103,22	50,79	2,76
	(d) 1,45-2,56	92,62	48,05	2,68
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	407,61	79,84	2,64
	(b) 0,35-0,83	349,15	77,73	2,36
	(c) 0,83-1,75	347,62	77,66	2,62
	(d) 1,75-2,07	215,31	68,08	2,23

4.2.2.2. Zeminlerin Sınıflandırılması ve Tanımlama Deneyleri

Dokusal olarak zeminler iri taneli ve ince taneli olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bu ayırım için en uygun boy çıplak gözle ayırt edilebilen tane boyudur. Tane boyu hakkında literatürde birçok sınıflama söz konusudur. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (USCS) ve Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaşım Ofisleri Derneğinin (AASHTO) yaptığı sınıflamalarda; tane boyu 0,075 mm'den daha küçük olan zeminler ince taneli, tane boyu 0,075 mm'den daha büyük olan zeminler ise iri taneli zeminler olarak adlandırılmaktadır. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (M.I.T) sınıflamasında ise bu sınır 0,06 mm olarak belirlenmiştir. Bu boyuttan (yaklaşık 0,05 mm'den) daha büyük olanlar iri taneli daha küçük olanlar ise ince taneli olarak adlandırılmaktadır (Holtz ve Kovacs 1981). Zeminin mühendislik davranışı tane dağılımından önemli derecede etkilenmektedir. İri taneli ve ince taneli zeminlerle ilgili zemin ve temel problemleri genellikle birbirinden farklıdır.

Herhangi bir zemini oluşturan tanelerin tane boylarının ve bu değişik boydaki tanelerin ağırlıkça yüzdesini belirlemek adına yapılan analizler mevcuttur. İri taneli zeminlerin çakıl

ve kum olarak sınıflandırılması genellikle ıslak elek analizi yardımıyla yapılır. Ancak, kuru analiz de söz konusudur. Bu analiz kuru zeminin elek açıklığı üstten alta doğru küçülecek şekilde dizilmiş olan bir elek serisi üzerinden boşaltılması ve bu eleklerin mekanik olarak sallanması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Başlangıçta elek serisi üzerinden boşaltılan kuru zeminin kütlesi bilindiğinden, eleme işleminden sonra her bir elek üzerinde kalan veya geçen miktarların hassas terazide tartılmak suretiyle yüzdesi belirlenebilir (Anonymous 2000a). Bu grupları birbirinden ayıran boyut aralıkları değişik sınıflandırma sistemlerinde bazı küçük farklılıklar göstermekle beraber, yaygın olarak kabul gören sınır değerleri Çizelge 4.4' te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Zemin tanelerinin boyutlarına göre sınıflandırılması (Özaydın, 1997).

Zemin Cinsi	Tane Boyutu (mm)
Çakıl	2,00 (veya 4,75 - 75,0)
Kum	0,075 - 2,00 (veya 4,75)
Silt	0,002 (veya 0,005) - 0,075
Kil	< 0,002 (veya 0,005)

Yukarıdaki ilk iki grubu oluşturan zeminler (çakıllar ve kumlar) iri taneli zeminler, siltler ve killer ise ince taneli zeminler olarak nitelendirilmektedir. İri taneli zeminler, tane boyutuna göre, kaba, orta ve ince kum (veya çakıl) olarak alt gruplara ayrılmaktadır (Çizelge 4.5). Doğal zeminler değişik boyutlarda tanelerin karışımından meydana geldiği için, bunların içindeki tane boyutlarının istatistiksel dağılımını ve zeminin esas olarak hangi gruba girdiğini deneysel olarak saptamak gerekmektedir. Bu çalışmada iri taneli zeminlerin tane boyu dağılımı elek analizi ile ince taneli zeminlerin tane boyu dağılımları ise master sizer cihazı kullanılarak lazer kırınım yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Birleşmiş Zemin Sınıflaması (ASTM D 2487).

ANA GRUPLAR (7,5 cm'den iri malzeme hariç tutulmuştur)			Grup Simgesi	Tipik İsim
İri Taneli Zeminler Malzemenin %50'sinden çoğu 200 nolu (0,075 mm) elek boyutundan büyüktür	Çakıl İri malzemenin % 50'sinden çoğu 4 nolu (4,75 mm) elek boyutundan büyüktür	Temiz Çakıl (İnce az veya yok)	GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımları (ince taneleri az veya hiç olmayan)
			GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımları (ince taneleri az veya hiç olmayan)
		İnce Malzemeli Çakıl (oldukça ince var)	GM	Siltli çakıllar, kötü derecelenmiş çakıl-kum-kil karışımları
			GC	Killi çakıllar, kötü derecelenmiş çakıl-kum-kil karışımları
	Kum İri malzemenin % 50'sinden çoğu 4 nolu (4,75 mm) elek boyutundan küçüktür	Temiz Kum (ince az veya yok)	SW	İyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (ince taneleri az veya hiç olmayan)
			SP	Kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (ince taneleri az veya hiç olmayan)
		İnce Malzemeli Kum (oldukça ince var)	SM	Siltli kumlar, kötü derecelenmiş kum-silt karışımları
			SC	Killi kumlar, kötü derecelenmiş kum-kil karışımları
İnce Taneli Zeminler Malzemenin % 50'sinden çoğu 200 nolu (0,075 mm) elek boyutundan küçüktür	Siltler ve killer Likit limit < 50		ML	İnorganik silt ve çok ince kumlar, kaya tozu, çok az plastik siltli veya killi ince kumlar
			CL	İnorganik killer (düşük ve orta plastisitede) çakıllı killer, kumlu killer, siltli killer, yağsız killer
			OL	Organik siltler ve düşük plastisiteli organik silt-kil karışımları
	Siltler ve killer Likit limit > 50		MH	Yüksek plastisiteli inorganik siltler, mikalı veya diatomik ince kumlu veya siltli zeminler, elastik siltler
			CH	Yüksek plastisiteli inorganik killer, yağlı killer
			OH	Ortadan yükseğe plastisiteli organik killer
Yüksek derecede organik zeminler		Pt	Turba ve diğer yüksek derecede organik zeminler	

a) Elek Analizi

İri taneli zeminlerdeki tane çapı dağılımını bulmak için, zemin değişik büyüklükte açıklıkları olan bir seri standart elekten geçirilmekte ve değişik boyutlar arasında kalan tanelerin ağırlık yüzdesi (toplam kuru ağırlığa oranı) saptanmaktadır (Şekil 4.23). Yaygın olarak kullanılan standart elekler Çizelge 4.6’ da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Zeminlerin tane çapı dağılımını belirlemek için kullanılan elek aralıkları (Özaydın, 1997).

Elek No	Elek Açıklığı (mm)
4	4,75
10	2,00
20	0,85
40	0,425
60	0,25
100	0,15
200	0,075



Şekil 4.23. Elek analizi deneyinde kullanılan elek seti

Elek analizi ASTM D 422 - 63 (2003) standartlarına göre yapılmış olup, deneyin yapılışı kısaca aşağıdaki gibidir.

- Mezürdeki karışım malzeme kaybedilmeksizin 200 no'lu elekten geçirilir.
- 200 no'lu eleğin üzerinde kalan örnek alttan temiz su akıncaya kadar saf su ile yıkanır.
- Yıkanan bu örnek saf su kullanılarak bir kurutma kabına aktarılır ve etüvde 105 °C'de kurutulur.
- Kuru örnek ağırlığı bulunur.
- Kuru örnek elek setine konur ve birkaç dakika mekanik çalkalayıcı ile çalkalanır.
- Her eleğin üzerinde kalan örnek tartılır ve elek numarası ve açıklığı ile birlikte kaydedilir.
- Geçen yüzdelere bulunarak granülometri eğrisi (tane boyu eğrisi) çizilir.

b) Lazer Kırınım Yöntemi

Tane boyu dağılımı analizlerinde, tane büyüklüğü 0.075 mm'ye kadar olan zeminlerin tane büyüklüğü dağılımı elek analiziyle, 0.075 mm'den küçük olan zeminlerin ise hidrometre veya pipet gibi Stokes yasasına dayanan çökeltme analizleriyle belirlenmektedir (ASTM D 422, 1998, BS 1377, 1990). Ancak, hidrometre ve pipet yöntemlerinin uzun zaman alması (en az 2 gün) ve Stokes yasasının bazı kabullerinden dolayı sonuçlarının bir miktar hatalı olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Wen vd. 2002; Bardet, 1997; Lu vd. 2000; Zhang ve Tumay, 1995; Vitton and Sadler, 1997). Bu nedenlerden dolayı, son yıllarda hidrometre ve pipet yöntemlerine alternatif yeni yöntemler geliştirilmiş olup, bunlardan bazıları, elektrodirenç tane sayımı (Coulter Counter), fotometrik teknikler (Hydrophotometer), X-ışınları azalımı (Sedigraph) ve lazer kırınım (Microtrac, Malvern Master Sizer 3000, Coulter LS) yöntemleridir (Beuselinck vd. 1998). Bu yöntemlerden en çok kullanılanı lazer kırınım yöntemidir (Wen vd. 2002). İlk lazer kırınım cihazları 1970'li yılların sonlarında geliştirilmiş olup, günümüzde ileri teknolojiye ulaşmış ve aşındırma, seramik, çimento, kum, kil, gıda, ilaç sanayi, kozmetik vb. gibi birçok mühendislik ve endüstri alanında kullanılır olmuştur (Ma vd., 2000). Lazer kırınım yönteminin hidrometre ve pipet gibi klasik yöntemlere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar;

- a) Lazer kırınım yöntemiyle 10 nm - 3,5 mm aralığındaki taneler ölçülebilirken (Malvern, 1993), hidrometre ve pipet gibi çökeltme analizlerinde ise, 1 µm'ye kadar olan taneler ölçülebilmektedir (Bardet, 1997). Koloidal kil olarak adlandırılan 1 µm'den küçük taneler süspansiyon içerisinde askıda kalıp çökmediklerinden ölçülememektedir (Bardet, 1997).

b) Lazer kırınım yöntemi son derece hızlı olup, bu yöntemle bir örneğin analizi yaklaşık 10 - 15 dakikada tamamlanmaktadır. Bu süreye, örnek hazırlanması, sonuçların hesaplanması ve yazıcıdan çıktısının alınması da dahildir. Hidrometre ve pipet yöntemleri ise örnek hazırlanmasıyla birlikte 3 gün sürmektedir.

c) Lazer kırınım analizi için 0.1 - 0.5 g arasında değişen çok az bir örnek yeterli olmaktadır. Hidrometre ve pipet yöntemlerinde ise yaklaşık 20 - 30 g örnek kullanılmaktadır.

d) Lazer kırınım yöntemi hem hızlı, hem de çok az örnek gerektirdiğinden, istenildiği takdirde aynı örneğin analizini birkaç dakika içinde tekrarlamak mümkündür.

e) Lazer kırınım cihazı bilgisayarla kontrol edilen elektronik bir cihaz olduğundan, deney sonuçlarını bilgisayar ortamında saklamak ve depolamak mümkündür. Bütün bu avantajlarının yanı sıra, lazer kırınım yönteminin tek dezavantajı cihazının son derece pahalı olmasıdır.

Bu çalışma ince taneli zeminlerin tane boyu dağılımını belirleyebilmek için Malvern Mastersizer 3000 lazer kırınım cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.24). Lazer kırınım yöntemiyle 10 nm - 3,5 mm aralığındaki taneler ölçülebilmektedir.

- Ölçümden 30 dakika önce Mastersizer 3000 cihazı açılır.
- Parçacık boyutu analizi yapılacak malzemenin refraktif indeks (kırılma indisi) değeri ve absorptans değeri literatürden bulunmalıdır. Ayrıca Malvern'e ait refractive index guide kitapçığı da kullanılabilir.
- Mastersizer'in software'i açılır.
- Örneğe sıvı üniteye bakılacak ise, ilk önce ufak bir beherde deneme bir dispersiyon hazırlanmalıdır. Katı parçacıklar içeren örneğe seçilen dispersant içerisinde çöküyor mu? Topaklaşıyor mu? Çözünüyor mu? Sıvıya karışmadan üst yüzeyinde mi toplanıyor? Mastersizer ile parçacık boyut analizi için örneğin içinde bulunduğu dispersantta çözünmemesi, topaklanmaması, asılı kalması gerekmektedir. Bu asılı kalma hali, hazırlanan beherdeki örneği spatula ile karıştırarak, ultrasonic'e koyarak, surfaktant vb kimyasallar eklenerek, dispersant değiştirilerek elde edilebilir.



Şekil 4.24. Malvern Mastersizer 3000 Lazer Kırınım Cihazı'nda tane boyu analizleri

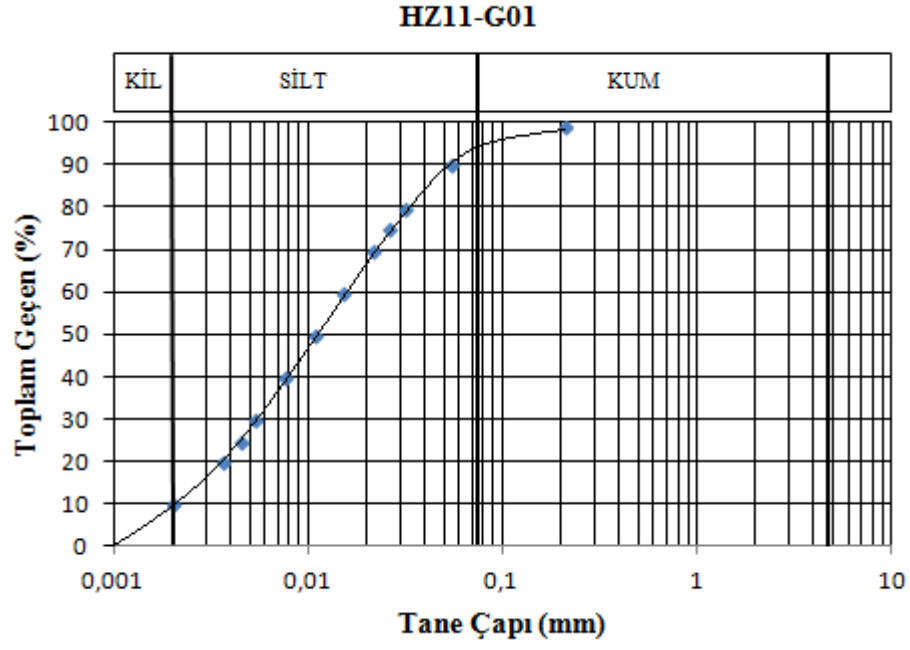
- Lazer kırınım cihazının deneye hazır hale getirilmesi için belirtilen işlemler yapıldıktan sonra, önceden bir kap içinde hazırlanan örnek küçük bir spatulayla iyice karıştırılarak homojen hale getirilir ve daha sonra spatulanın ucuyla yeteri kadar alınan örnek azar azar haznenin içerisine boşaltılır (Şekil 4.24).
- Ultrasonik enerji ve mekanik karıştırıcının etkisiyle zemin topraklarının ayrışması için yaklaşık 4 - 5 dakika beklendikten sonra, bilgisayar yazılımından uygun komut kullanılarak analiz gerçekleştirilir ve sonuçların çıktısı alınır.

HZ11-G01, HZ11-G03, HZ11-G08, HZ11-G09, HZ11-G11, HZ11-G12 gravite karotlarında, HZ11-P05, HZ11-P14 piston karotlarından elde edilen örneklerin kil ve silt boyutu tanelerinin dağılım yüzdelelerini belirlemek amacıyla, lazer kırınım yöntemiyle tane boyu analizi yapılmıştır. Ayrıca HZ11-P06 piston karotunda ise tane boyu analizi yapılırken hem elek analizi hem de lazer kırınım yöntemi kullanılmıştır. Bu karotlara ilişkin belirlenen toplam 22 örnekte yapılan lazer kırınım ve elek analizi sonuçları Çizelge 4.7 ve Ek-1'de verilmiştir.

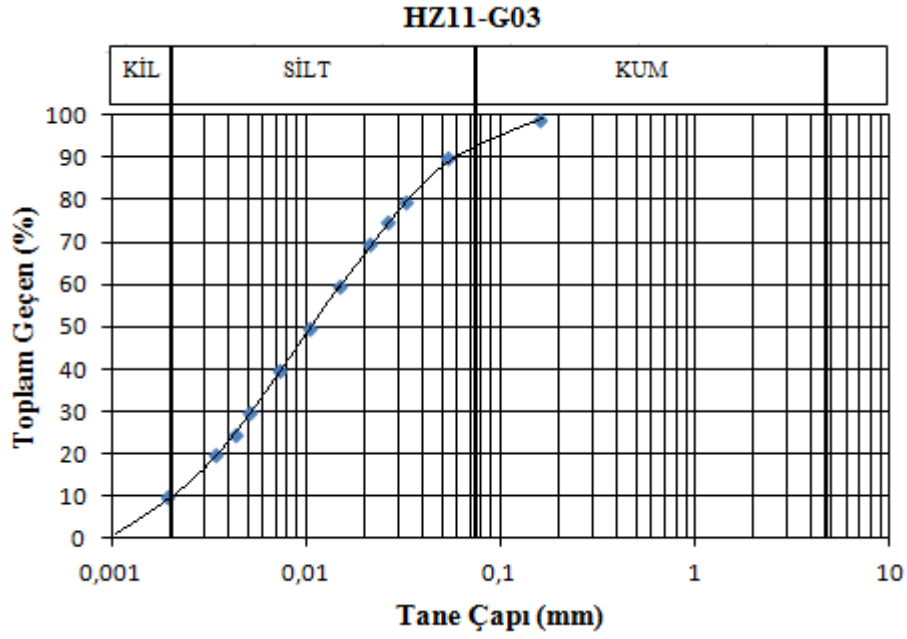
Çizelge 4.7. Örneklerde yapılan tane boyu analiz sonuçları

Karot Adı	Derinlik (m)	Kil İçeriği (%)	Silt İçeriği (%)	Kum İçeriği (%)	Çakıl İçeriği (%)
HZ11-G01	0,00-0,67	10	85	5	-
HZ11-G03	0,00-0,98	10	83	7	-
HZ11-G08	0,00-0,60	13	87	-	-
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	18	82	-	-
	(b) 0,26-0,74	8	84	8	-
	(c) 0,74-1,08	10	80	10	-
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	10	85	5	-
	(b) 0,27-0,65	7	81	12	-
	(c) 0,65-1,07	4	81	15	-
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	10	85	5	-
	(b) 0,33-0,79	13	69	18	-
HZ11-P05	(a) 0,00-0,76	3	79	18	-
	(b) 0,76-1,45	2	68	30	-
	(c) 1,45-2,25	-	65	35	-
HZ11-P06	(a) 0,00-0,49	3	82	15	-
	(b) 0,49-1,00	3	77	20	-
	(c) 1,00-1,45	3	77	20	-
	(d) 1,45-2,56	9	51	38	2
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	10	70	20	-
	(b) 0,35-0,83	10	80	10	-
	(c) 0,83-1,75	5	75	20	-
	(d) 1,75-2,07	10	78	12	-

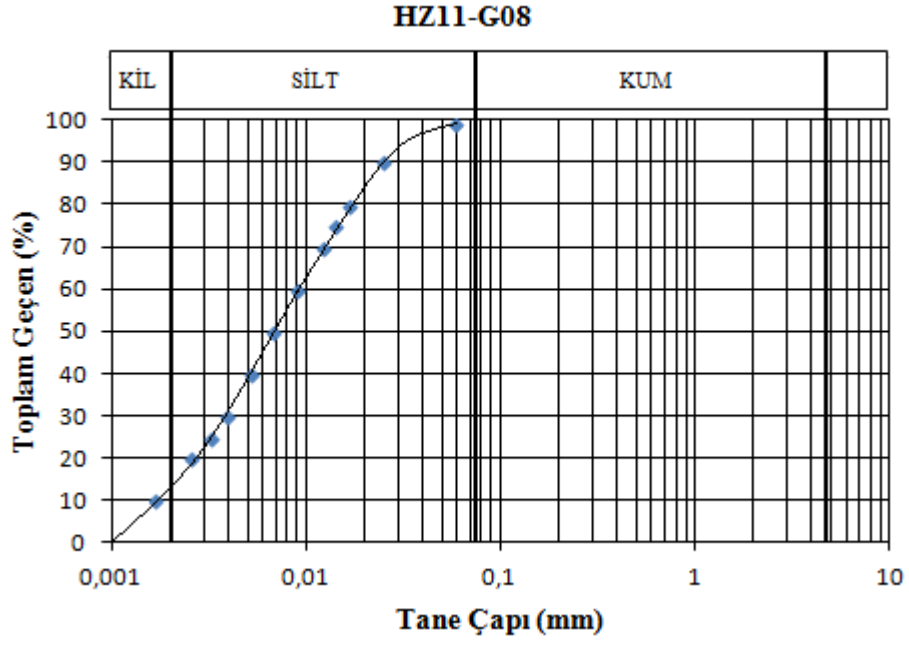
Bu analizler sonucunda çizilen örneklere ait tane boyu dağılım eğrileri ise Şekil 4.25-4.46’de verilmiştir.



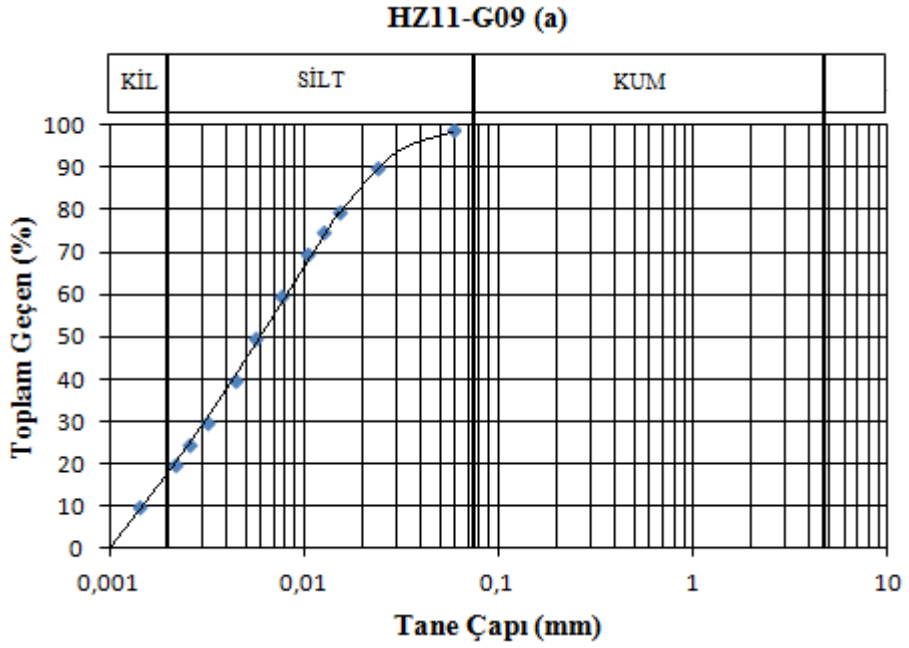
Şekil 4.25. HZ11-G01 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi



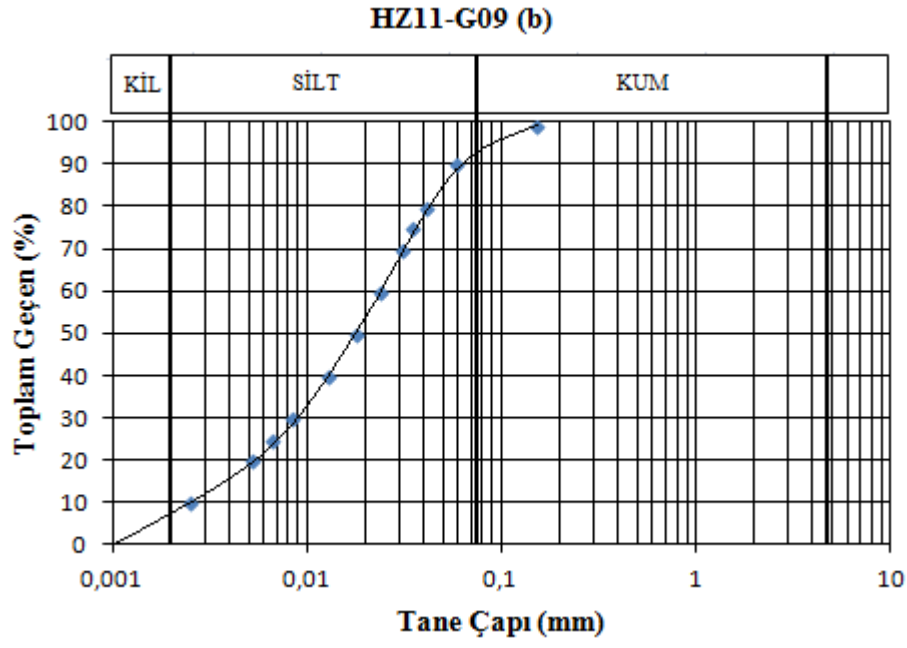
Şekil 4.26. HZ11-G03 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi



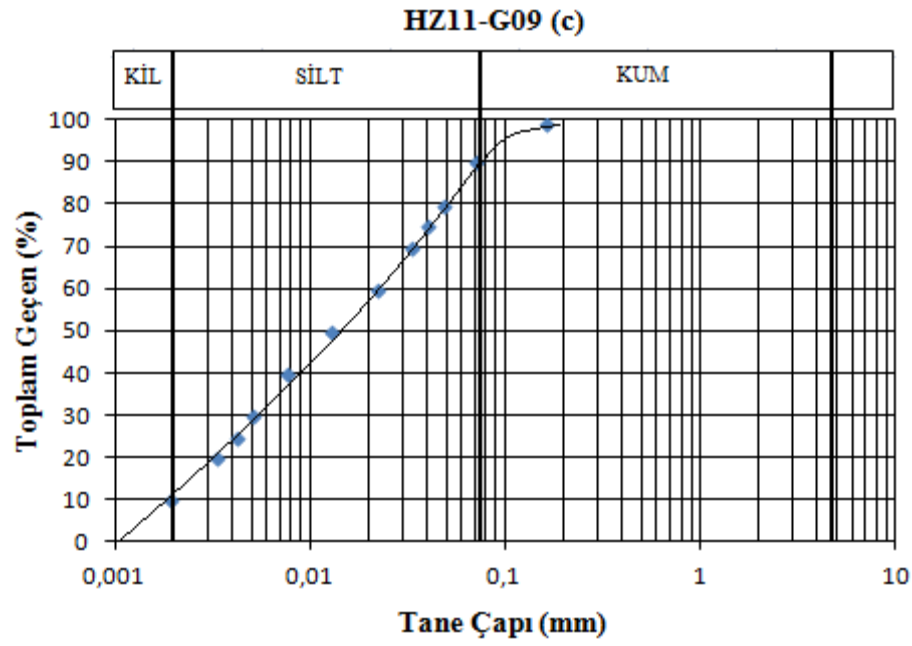
Şekil 4.27. HZ11-G08 gravite karotuna ait tane boyu dağılım eğrisi



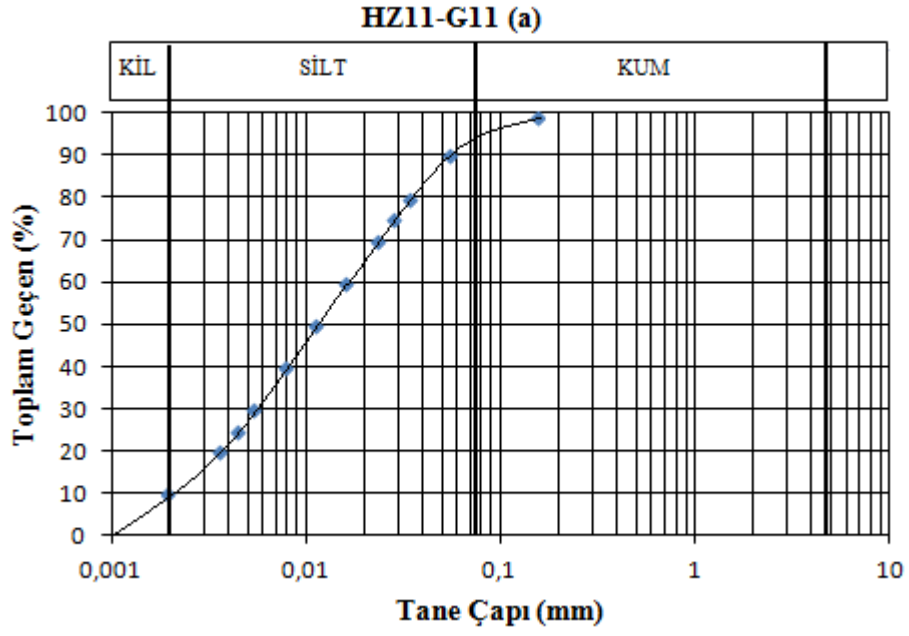
Şekil 4.28. HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



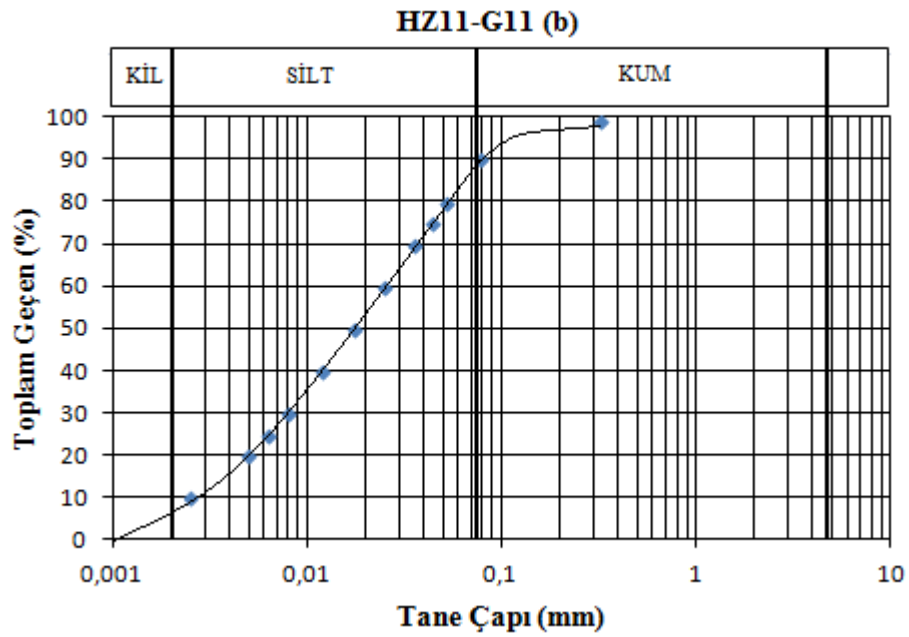
Şekil 4.29. HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



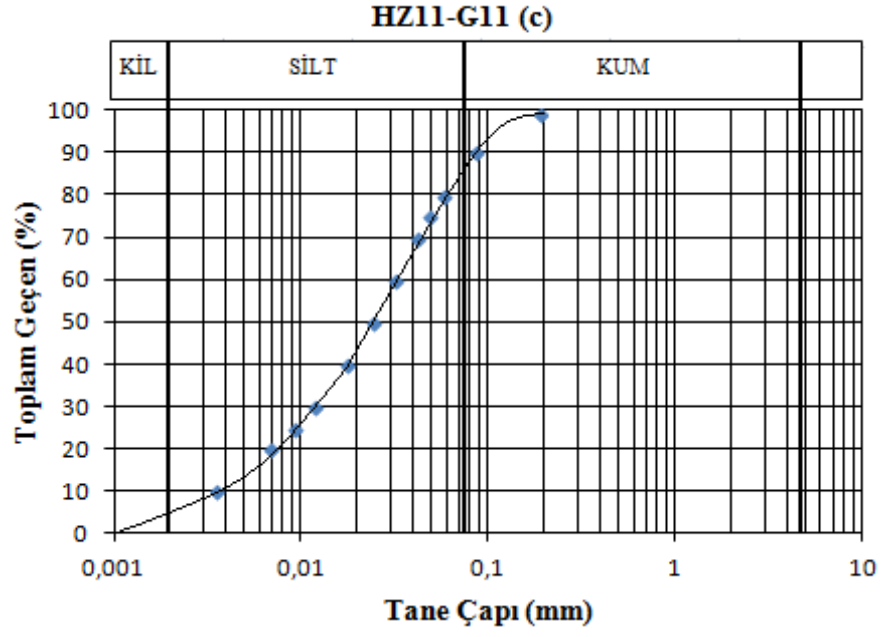
Şekil 4.30. HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



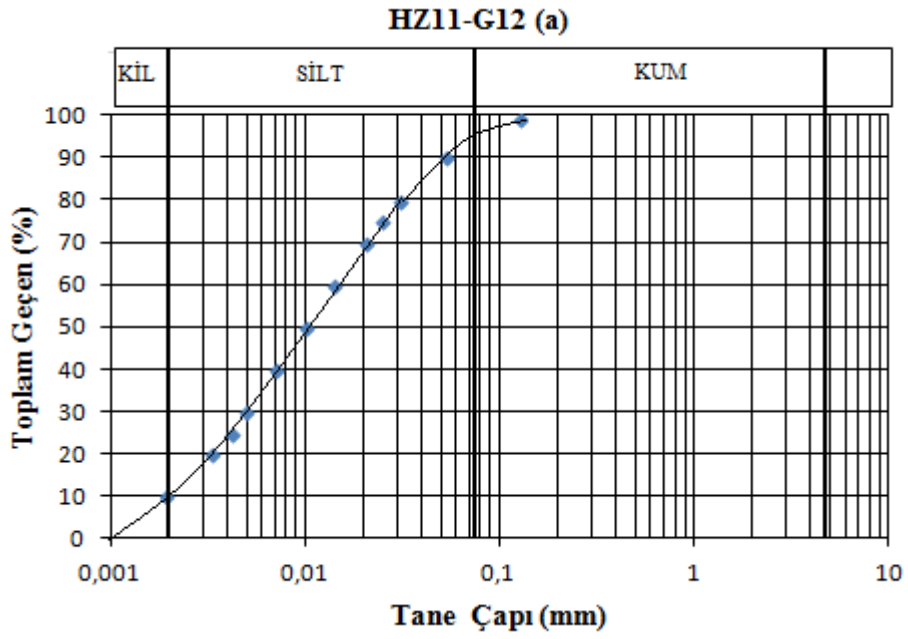
Şekil 4.31. HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



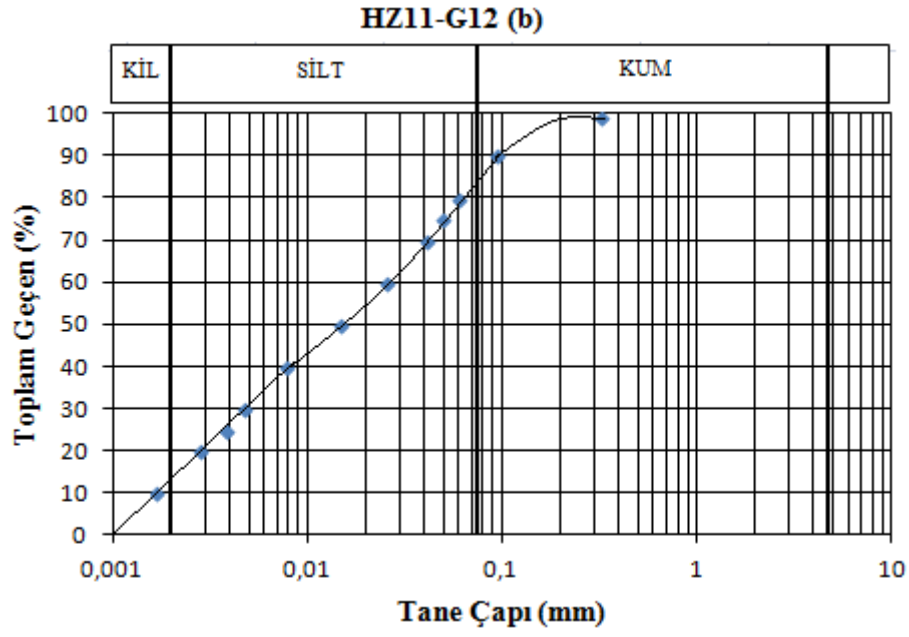
Şekil 4.32. HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



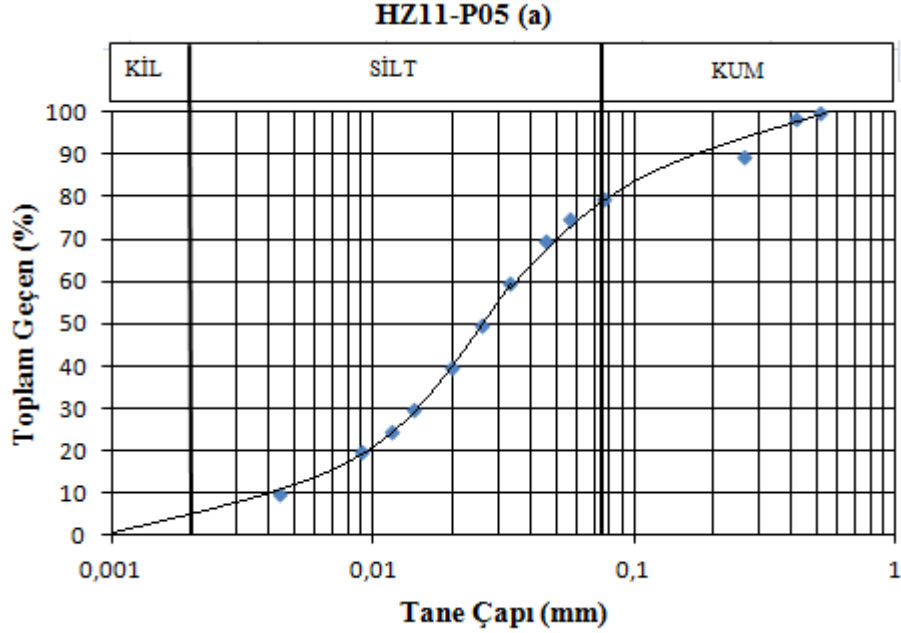
Şekil 4.33. HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



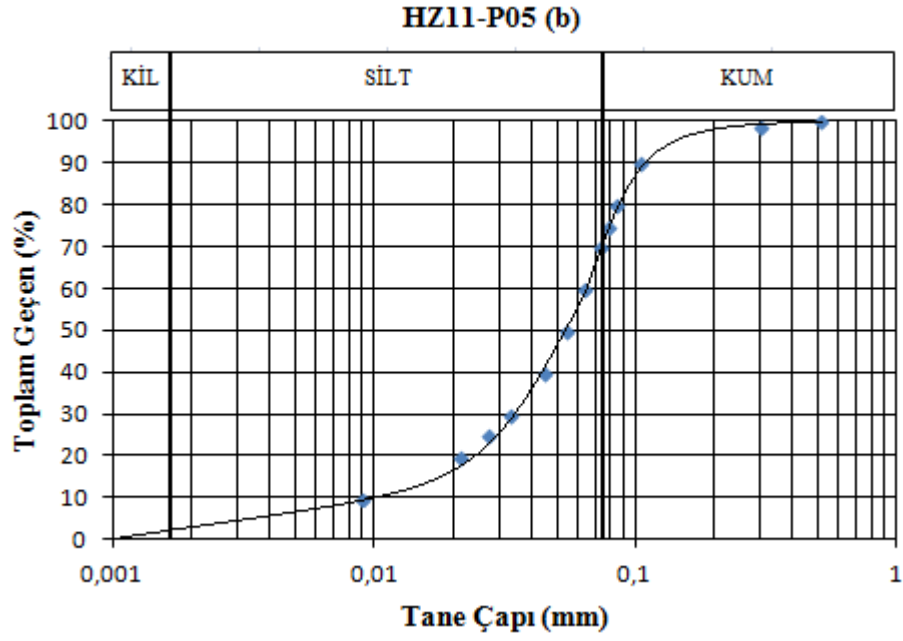
Şekil 4.34. HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



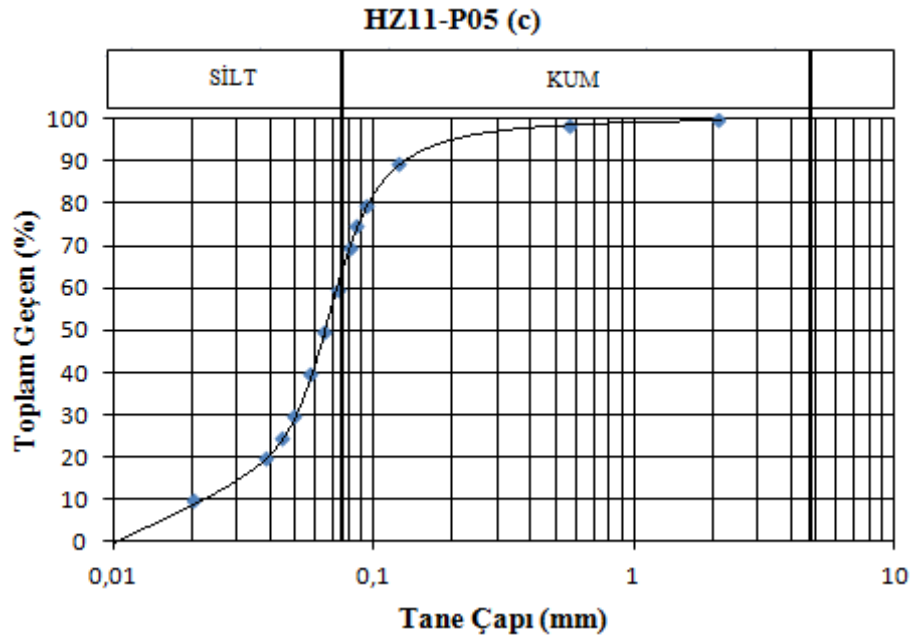
Şekil 4.35. HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



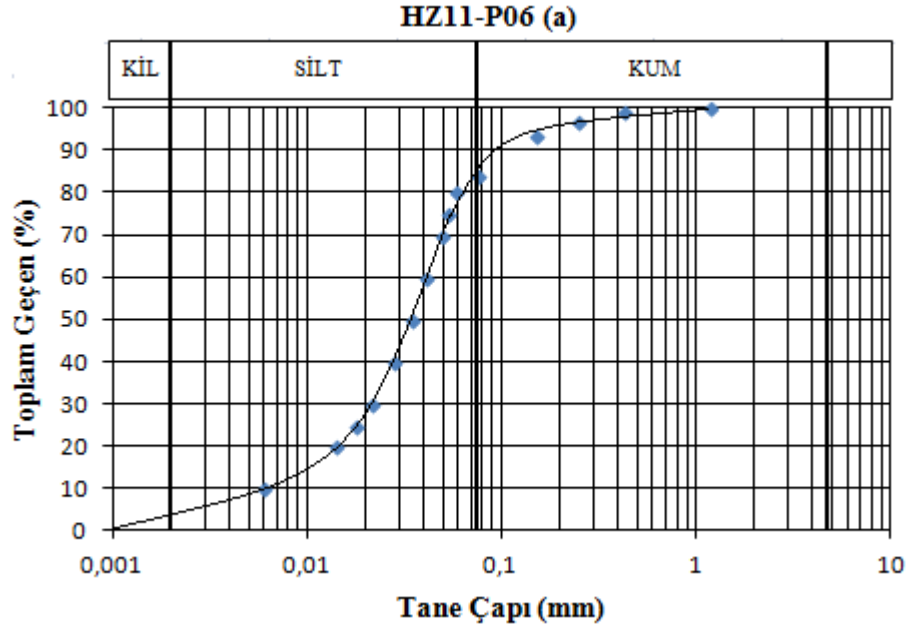
Şekil 4.36. HZ11-P05 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



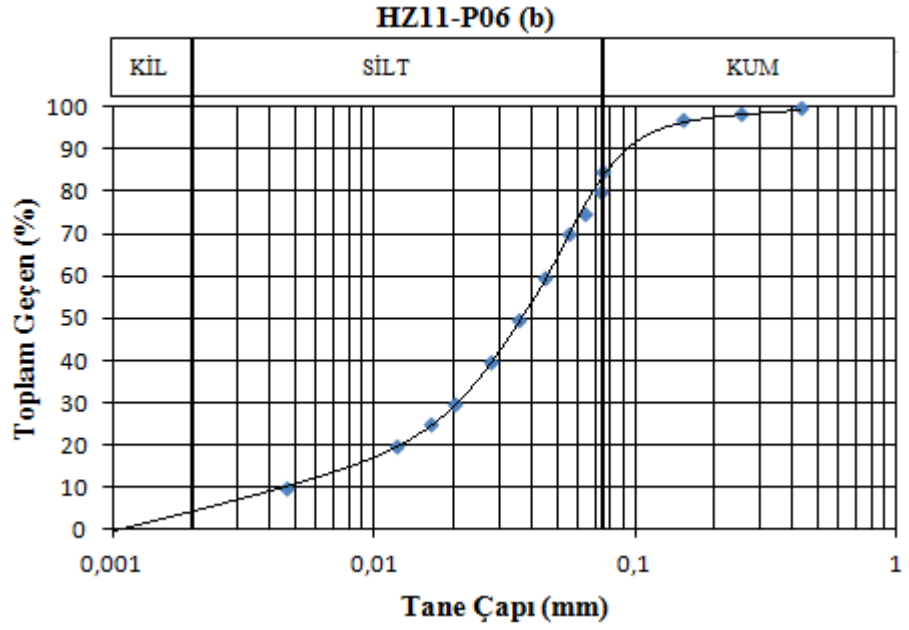
Şekil 4.37. HZ11-P05 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



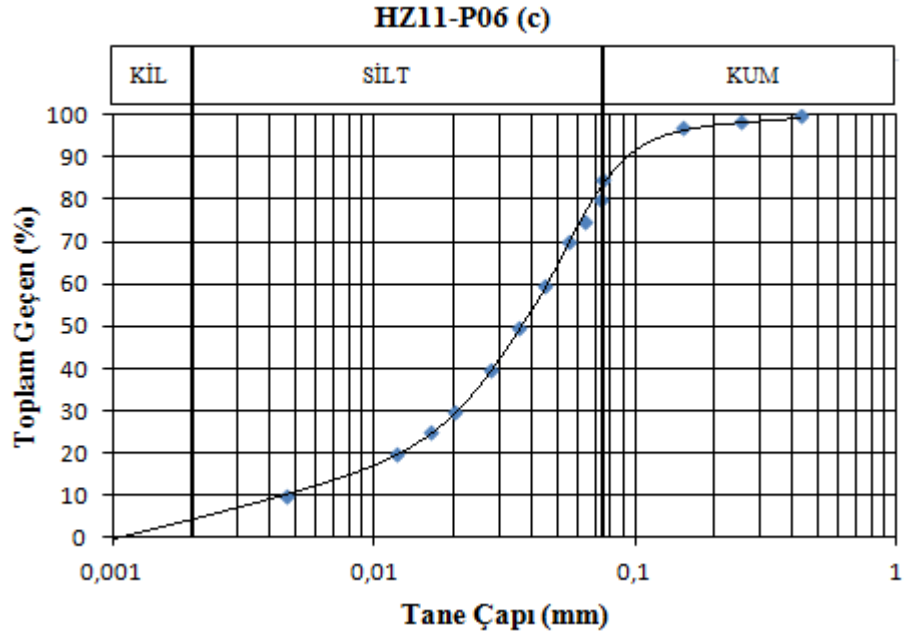
Şekil 4.38. HZ11-P05 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



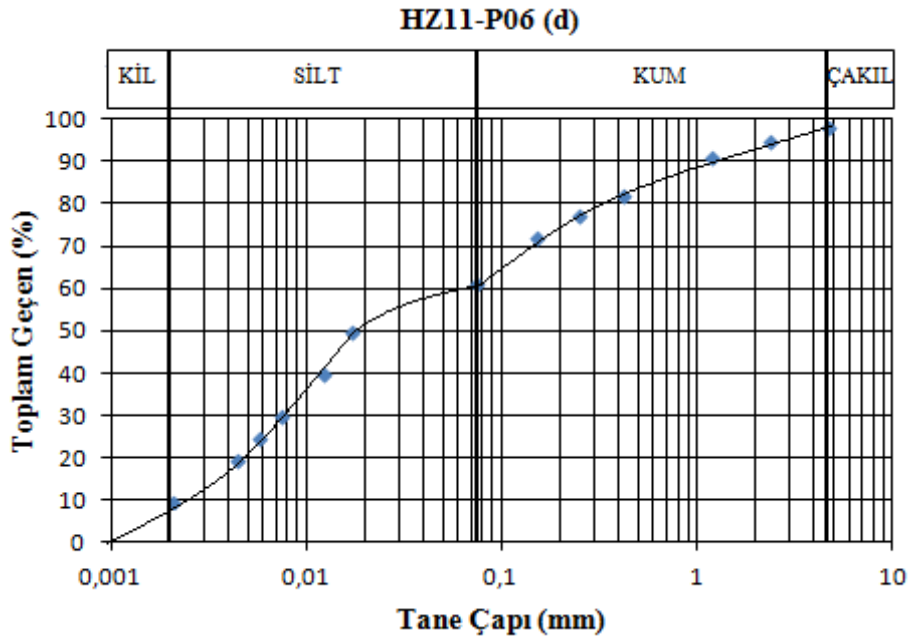
Şekil 4.39. HZ11-P06 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



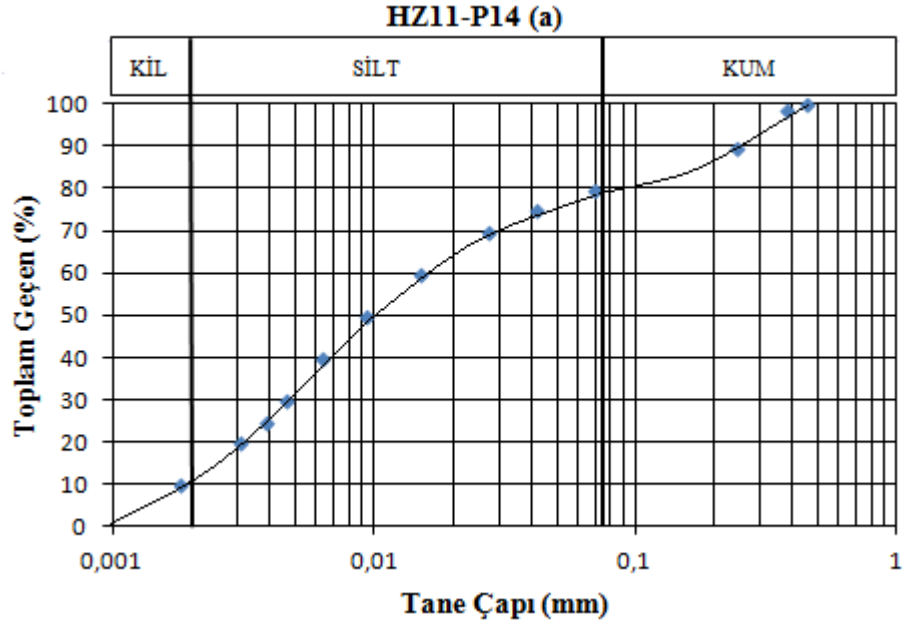
Şekil 4.40. HZ11-P06 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



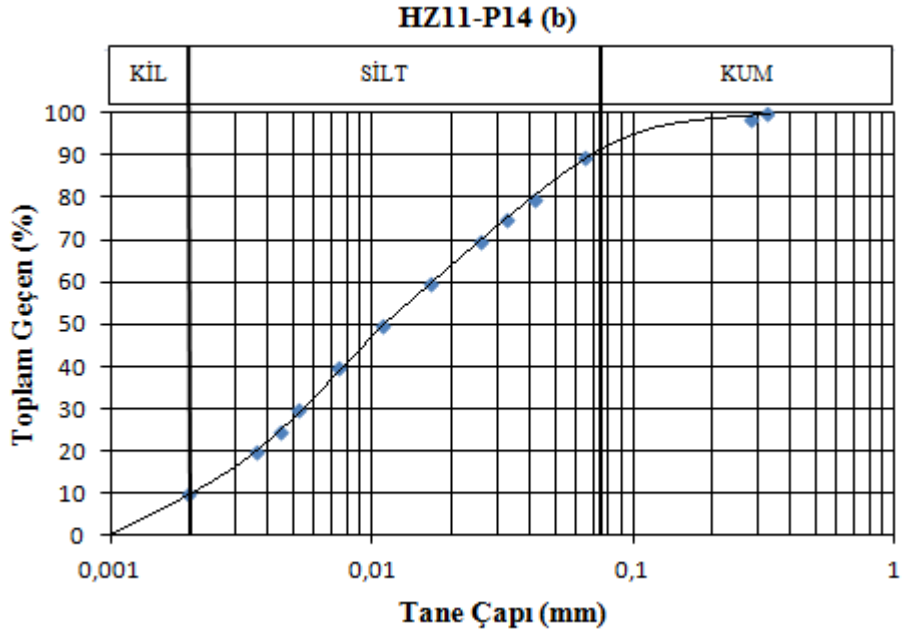
Şekil 4.41. HZ11-P06 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



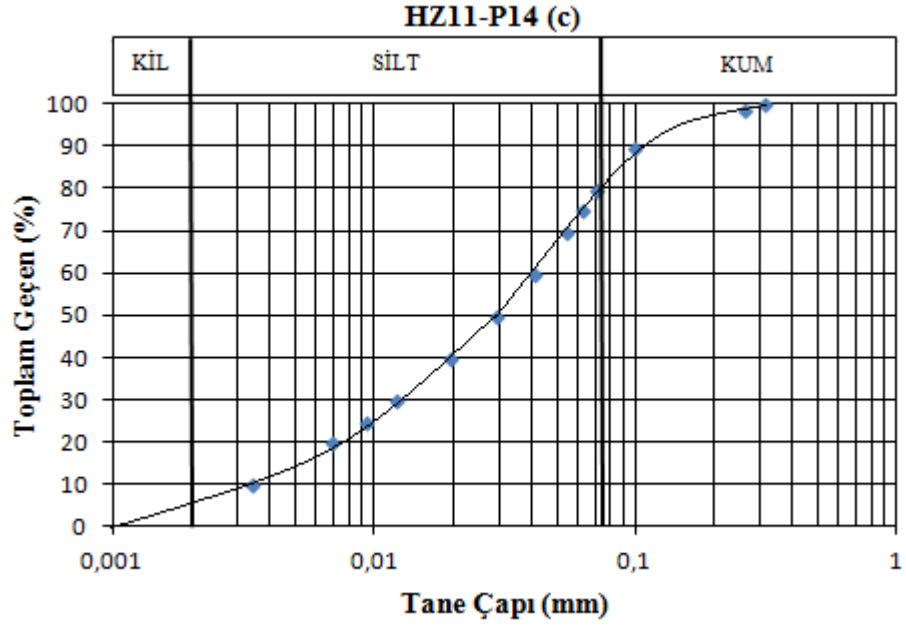
Şekil 4.42. HZ11-P06 piston karotunun (d) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



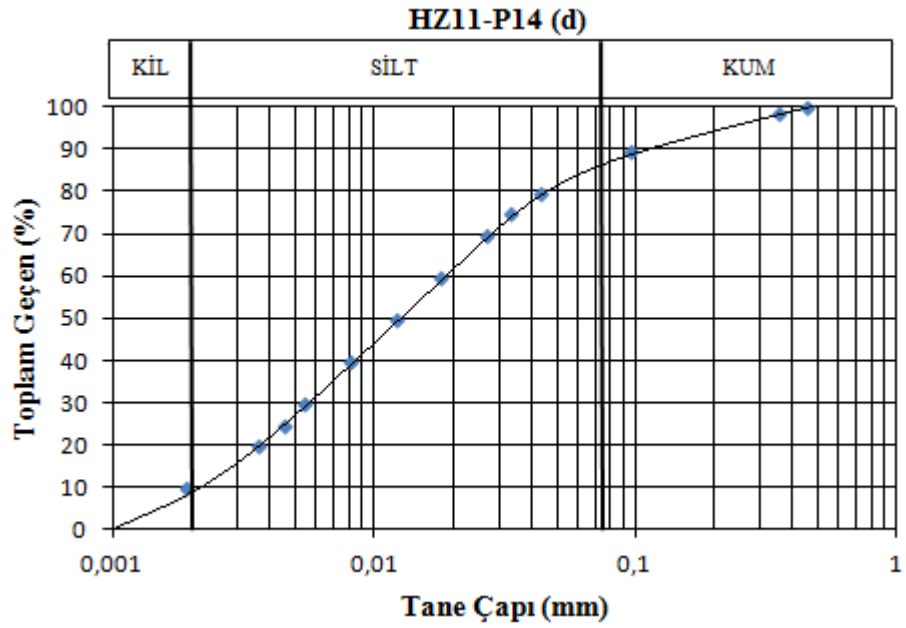
Şekil 4.43. HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.44. HZ11-P14 piston karotunun (b) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.45. HZ11-P14 piston karotunun (c) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.46. HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesine ait tane boyu dağılım eğrisi

c) Atterberg (Kıvam) Limitleri

Atterberg (Kıvam) limitleri, zemin davranışında belirli limitlerdeki veya kritik aşamalardaki su içeriğini ifade eder. İnce taneli zeminlerin tanımlanmasında Atterberg limitleri doğal su içeriği ile beraber en önemli kavramları teşkil etmektedir. Atterberg limitlerinin zemin laboratuvarındaki önemi büyük olup zeminin özelliklerinin saptanmasında kullanılır. Örneğin bir zeminin plastiklik özelliğinin düşük veya yüksek oluşu ile killerin yağlı veya yağsız oluşu Atterberg limitleri ile belirlenebilir. Atterberg limitleri; Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL) ve Rötire Limit (RL)'den oluşur (Atterberg, 1911; Casagrande, 1932; Whyte, 1982).

Zeminlerin kıvamı; tanecikleri arasındaki adezyon kuvvetini (veya bağ kuvvetini), yük karşısında kayma direncini ve stabilitesini, suyla değişen katılığını ve hangi su içeriğinde hangi katılığa sahip olacağını belirleyen en temel özelliktir. Atterberg limitleri ayrıca, tane boyu değerleri ile birlikte zeminlerin sınıflandırılmasında da kullanılır.

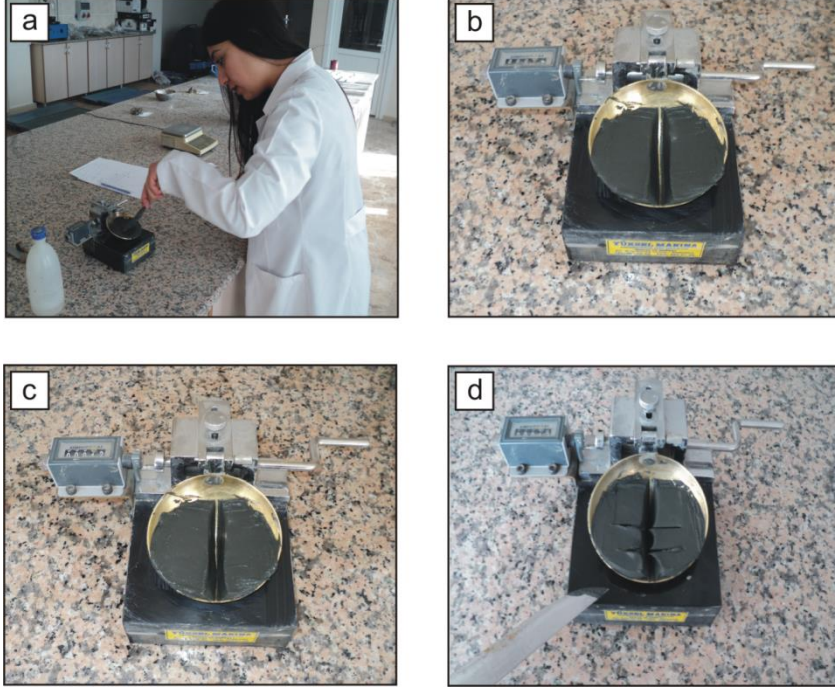
Likit Limit Deneyi

Likit Limit (LL); zeminin kıvamlılığının artan su içeriğinde plastik halden viskoz sıvı hale dönüştüğü anda sahip olduğu su içeriği olup taşıma gücünün pratik olarak en az olduğu veya olmadığı kıvama işaret etmektedir.

Likit limit deneyi American Society of Testing Materials ASTM D 4318 - 00 (2003) standardına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 4.47). Deneyin yapılışı aşağıdaki gibidir:

- Likit limiti öğrenilmek istenen zemin örneğinden bir miktar alınarak havada kurutulur.
- Kurutulan zemin 40 no'lu elekten elenerek, yaklaşık 250 - 300 gr örnek alınır.
- Örnek bir kap içerisine konularak çok az miktarlarda damıtık su kademeli olarak ilave edilir ve her defasında iyice karıştırılır.
- Hazırlanan bu örnekten bir parça alınarak Casagrande (likit limit) aletindeki pirinç kap içerisine konur. Maksimum yüksekliği tabana paralel olarak düzlenir.
- Oluk açma bıçağı kullanılarak zemin belirgin bir şekilde iki eşit parçaya bölünür. Bu işlem yapılırken oluk açma bıçağı pirinç kap yüzeyine dik olarak tutulmalıdır.
- Likit limit aletindeki kol saat yönünün tersi yönünde saniyede 2 devirlik bir hızla çevrilerek, zeminin iki parçasının oluk tabanında 13 mm boyunda birleşmesini sağlayacak vuruş sayısı saptanır.

- Su içeriğinin belirlenmesi için, birleşen zemin kısmından bir miktar (yaklaşık 10 gr) yaş örnek alınıp ağırlığı bilinen bir kaba konulur.



Şekil 4.47. (a) Casagrande likit limit aletine örneğin yerleştirilmesi
(b) Oluk açma bıçağı ile zeminin iki eşit parçaya bölünmesi
(c) Zeminin kapanmaya başlaması
(d) Zeminin 13 mm kapanması ve kapanan kısımdan örneğin alınması

- 0,01 gr duyarlıklı bir terazide kap + yaş örnek ağırlığı tartılarak kaydedilir.
- Örnek kuruması için $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik etüve konur ve 24 saat beklenir.
- 24 saat sonunda etüvde kurutulan örneğin kuru ağırlığının belirlenmesi ile örneğin su içeriği saptanır.
- Daha sonra kaptaki malzeme porselen kaba alınır ve su içeriği arttırılarak yeni bir vuruş sayısı saptanır. Bu işlemlere 10 ile 50 arasında en az 3 vuruş sayısı saptanıncaya kadar devam edilir. Saptanan her vuruş sayısı için su içeriği belirlenir.
- Her denemede elde edilen su içeriğine karşı vuruş sayısı, yarı logaritmik bir grafik kâğıdı üzerinde işaretlenir. Bu işlem için, su içeriği değerleri ordinat ekseni, vuruş sayısı değerleri ise logaritmik apsis ekseni olarak alınır ve karşılıklı değerleri çakıştırılarak işaretlenir. Elde edilen noktalardan uygun biçimde bir doğru geçirilir ve bu doğru üzerinde 25 darbeye karşılık gelen su içeriği değeri zeminin likit limit (LL) değerini verir.

Plastik Limit Deneyi

Plastik Limit (PL), zeminin artan su içeriğinde yarı katı halden plastik kıvamına geçtiği su içeriğidir. Zemin bu kıvamda yüke maruz kalırsa geçici deformasyondan ziyade kalıcı deformasyon gösterdiğinden dolayı PL değeri plastiklik sınırına işaret eden su içeriğidir.

Plastik limit deneyi, American Society of Testing Materials (ASTM) D 4318 - 00 (2003) standardına göre yapılmış olup (Şekil 4.48) deneyin yapılışı aşağıdaki gibidir;

- Plastik limiti öğrenilmek istenen zemin örneğinden bir miktar alınarak havada kurutulur.
- Kurutulan zemin 40 no'lu elekten elenerek, yaklaşık 250 - 300 gr örnek alınır.
- Örnek bir kap içerisine konularak çok az miktarlarda damıtık su kademeli olarak ilave edilir ve her defasında iyice karıştırılır.
- Örnek kabı hava almaması için plastik bir örtü ile üzeri kapatılarak desikatör içerisine konur. Burada 24 - 36 saat süreyle “kür” için bekletilir.
- Kürünü tamamlamış olan örnek desikatörden alınarak üzerine saf su eklenir ve homojen bir duruma gelene ve plastik olana kadar spatula ile karıştırılır.



Şekil 4.48. Plastik limite ulaşmış silindirik örnekler

- Örnek cam plaka üzerine konarak avuç içi ile 3 mm çapında silindirik parçalar elde edinceye kadar yuvarlanır. Bu yoğurma ve yuvarlama işlemine 3 mm çapındaki zemin yüzeyinde çatlamlar ve kopmalar meydana gelinceye kadar devam edilir.
- Zemin istenilen özelliklere ulaştığında en az 5 gr' lık örnek bir kaba konur.
- 0,01 gr duyarlılıklı bir terazide kap + yağ örnek tartılarak ağırlığı kaydedilir.
- Örnek kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir.
- 24 saat sonunda etüvde kurutulan örneğin kuru ağırlığının belirlenmesi ile örneğin su içeriği (W_n) saptanır.
- Bütün bu işlemler birkaç defa daha yapılarak su içeriği değerleri bulunur ve bu değerlerin ortalaması alınarak, zemine ait plastik limit (PL) değeri belirlenir.

Plastisite İndisi (PI)

Zeminin plastik kıvamda bulunduğu aralığı temsil ederek hacim değiştirme ve kohezyon özelliklerini belirler. Zeminin su içeriği belli bir miktardan daha fazla arttığında kohezyonu azalır. Bu azalmanın nedeni ise kil tanelerinin etrafındaki suyun bir nevi yağlama etkisi yaratarak tanelerin birbirlerinin üzerinden kaymasına yol açmasından kaynaklanmaktadır.

$$PI = LL - PL \quad (4.7)$$

PI : Plastisite İndisi (%)

LL : Likit Limit (%)

PL : Plastik Limit (%)

Atterberg'in killerin davranışı üzerine yaptığı bu çalışmadan yola çıkarak birçok araştırmacı bu konuda farklı çalışmalar yapmıştır. Burmister (1951) ve Leonards (1962) plastisite indeksine göre killerin plastiklik derecelerini tanımlamış ve ince taneli zeminlerin bu ölçütlere göre sınıflaması adına Atterberg'den sonra ilk adımları atmışlardır (Çizelge 4.8, 4.9).

Çizelge 4.8. İnce taneli zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması (Burmister, 1951).

Plastisite İndeksi PI (%)	Yuvarlandığında en küçük çap (mm)	Plastisite Derecesi	Tanımlama
0	-	Plastik değil	Silt
1 - 5	6	Önemsiz derecede plastisiteli	Killi Silt
5 - 10	3	Düşük plastisiteli	Silt ve Kil
10 - 20	1,5	Orta plastisiteli	Kil ve Silt
20 - 40	0,8	Yüksek plastisiteli	Siltli Kil
> 40	0,4	Çok yüksek plastisiteli	Kil

Çizelge 4.9. İnce taneli zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması (Leonards, 1962).

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

Toplam 13 örnekte yapılan likit limit ve plastik limit deney sonuçları Çizelge 4.11, Ek-2 ve Ek-3’de, likit limit değerlerinin belirlendiği ve zemin sınıflamalarının yapıldığı Casagrande Plastisite grafikleri ise Şekil 4.49 - 4.74’de verilmiştir.

Likitlik İndisi (LI)

Zeminin arazideki durumunu belirlemek için kullanılan bir değerdir ve aşağıdaki bağıntıyla bulunur.

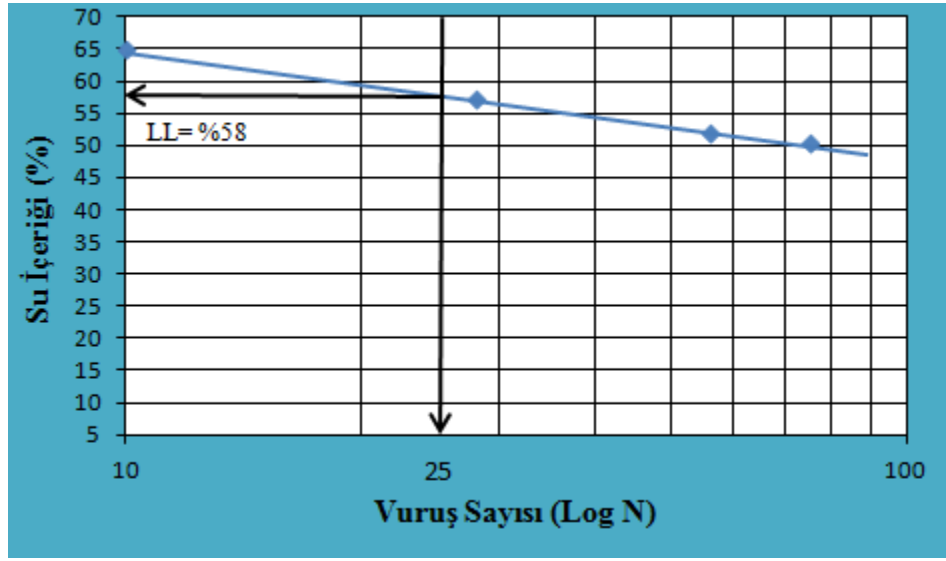
$$LI = \frac{\omega - PL}{PI} \quad (4.8)$$

Çizelge 4.10. İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001).

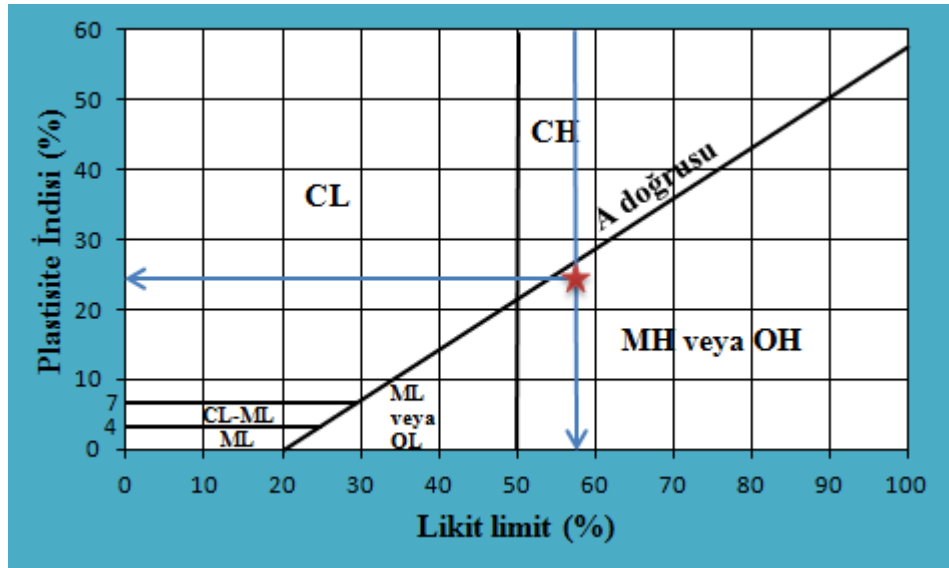
LİKİTLİK İNDİSİ (LI)	SINIFLAMA
< 0	Yarı katı veya katı
0 - 1,00	Plastik
> 1,00	Likit

Çizelge 4.11. Karotlarda yapılan kıvam limiti analiz sonuçları ve zemin tipi

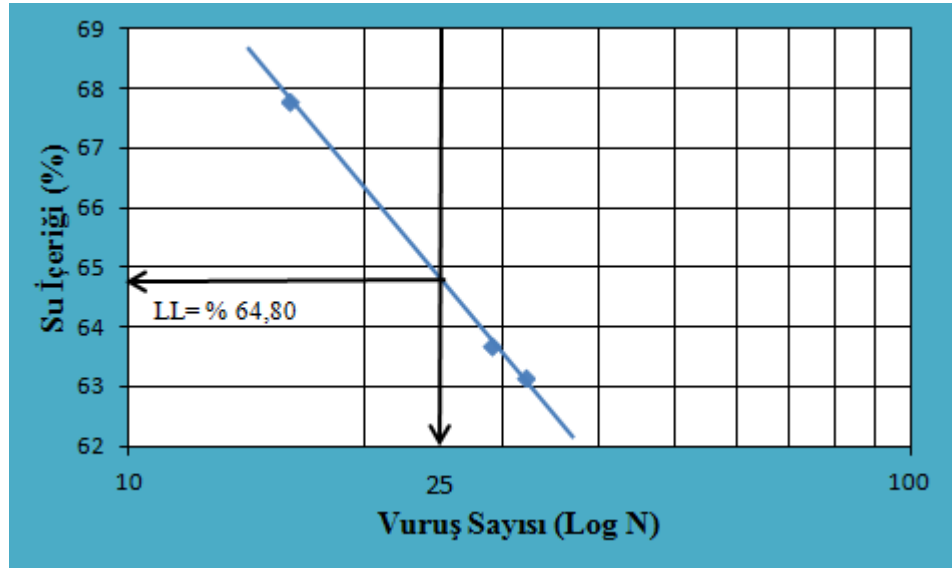
Karot Adı	Derinlik (m)	Likit Limit (LL/%)	Plastik Limit (PL/%)	Plastisite İndisi (PI/%)	Likitlik İndisi (LI)	Zemin Tipi
HZ11-G01	0,00-0,67	58,00	33,34	24,66	2,19	MH veya OH
HZ11-G03	0,00-0,98	64,80	34,46	30,34	1,57	MH veya OH
HZ11-G08	0,00-0,60	50,60	31,38	19,22	1,63	MH veya OH
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	68,20	38,72	29,48	4,46	MH veya OH
	(b) 0,26-0,74	75,80	41,31	34,49	3,34	MH veya OH
	(c) 0,74-1,08	77,80	40,91	36,89	3,09	MH veya OH
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	58,40	37,49	20,91	5,79	MH veya OH
	(b) 0,27-0,65	82,00	43,23	38,77	2,22	MH veya OH
	(c) 0,65-1,07	92,60	56,72	35,88	1,99	MH veya OH
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	71,30	43,39	21,91	5,63	MH veya OH
	(b) 0,33-0,79	70,00	39,58	30,42	3,35	MH veya OH
HZ11-P05	(a) 0,00-0,76	YAPILAMADI				Non-plastik silt
	(b) 0,76-1,45					Non-plastik silt
	(c) 1,45-2,25					Non-plastik silt
HZ11-P06	(a) 0,00-0,49	YAPILAMADI				Non-plastik silt
	(b) 0,49-1,00					Non-plastik silt
	(c) 1,00-1,45					Non-plastik silt
	(d) 1,45-2,56					Non-plastik silt
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	78,00	45,64	32,36	3,09	MH veya OH
	(b) 0,35-0,83	YAPILAMADI				MH veya OH
	(c) 0,83-1,75					MH veya OH
	(d) 1,75-2,07	97,80	66,52	31,28	0,87	MH veya OH



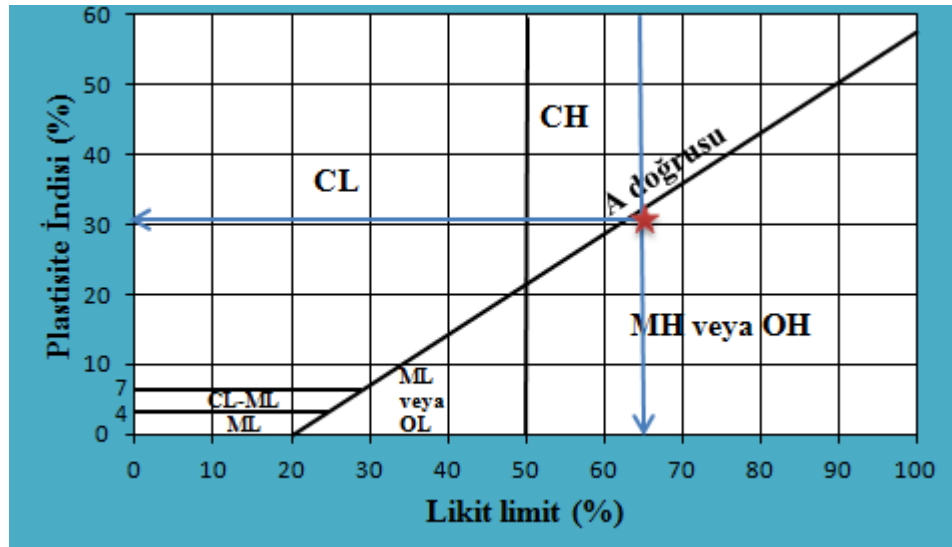
Şekil 4.49. HZ11-G01 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi



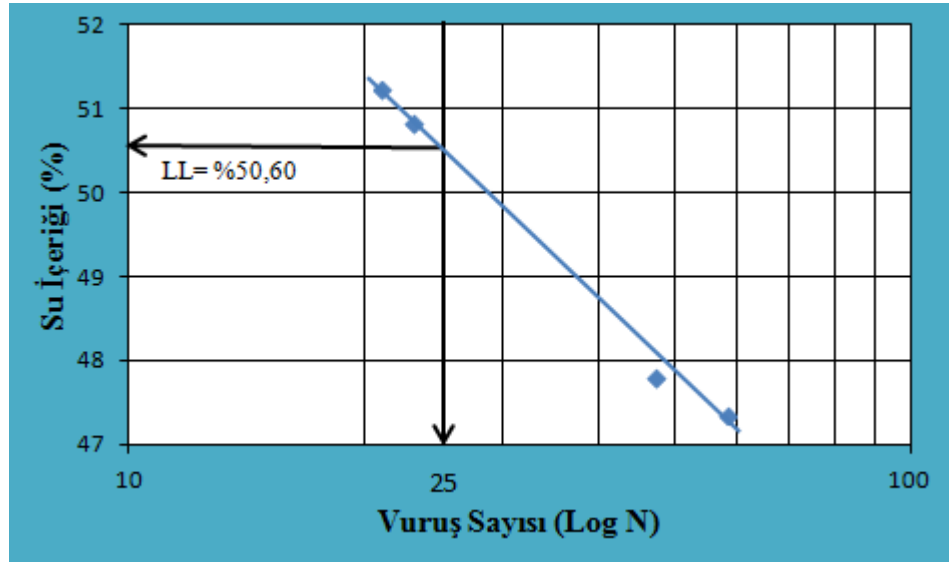
Şekil 4.50. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G01 gravite karotunun sınıflaması



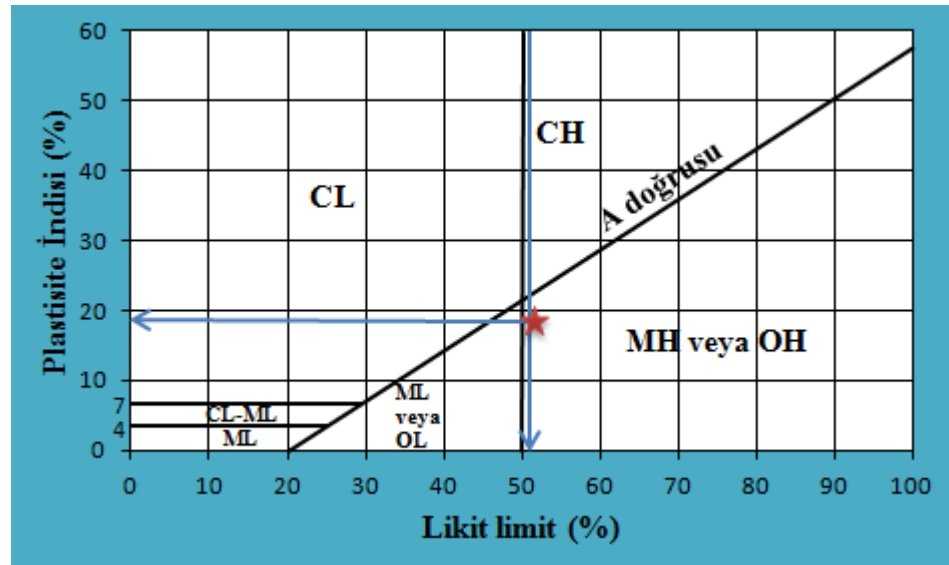
Şekil 4.51. HZ11-G03 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi



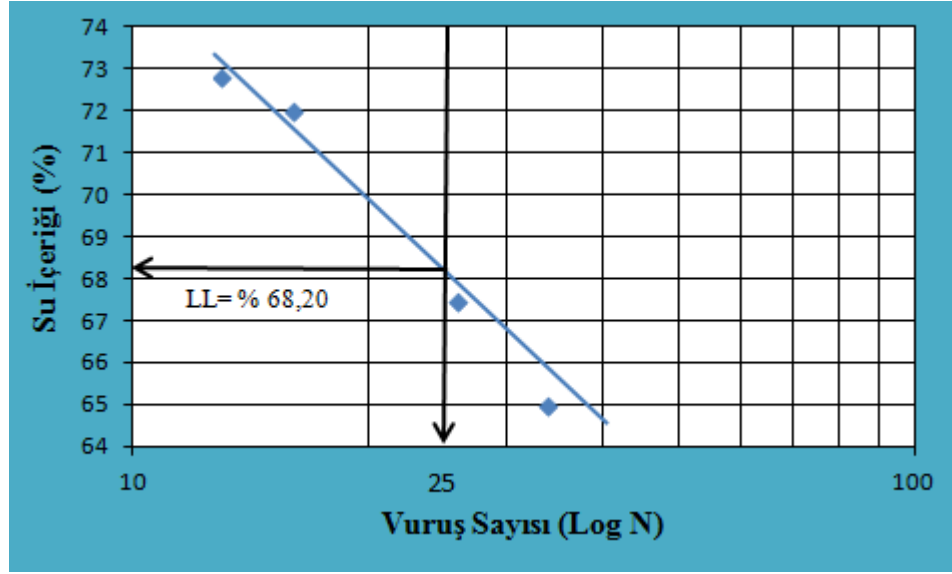
Şekil 4.52. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G03 gravite karotunun sınıflaması



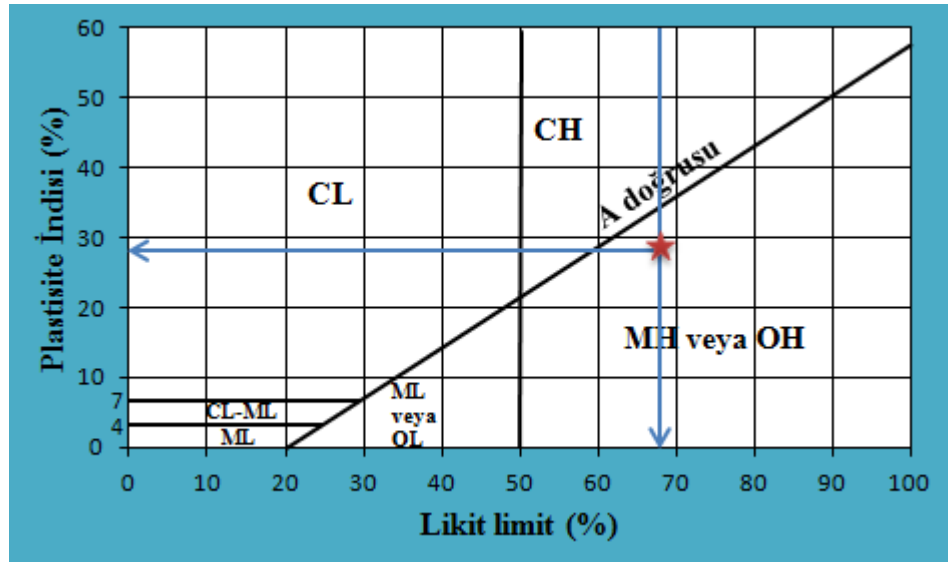
Şekil 4.53. HZ11-G08 gravite karotunun likit limit değerinin belirlenmesi



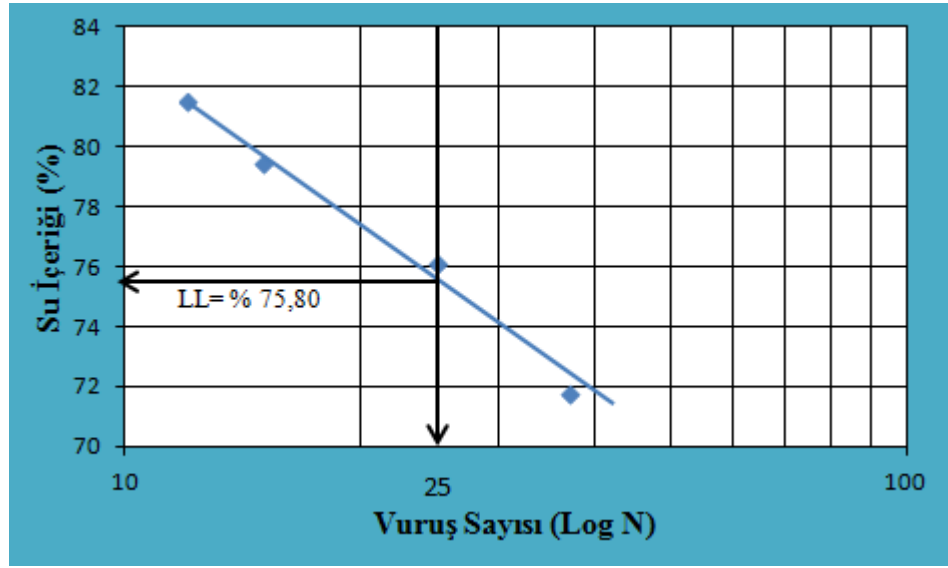
Şekil 4.54. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G08 gravite karotunun sınıflaması



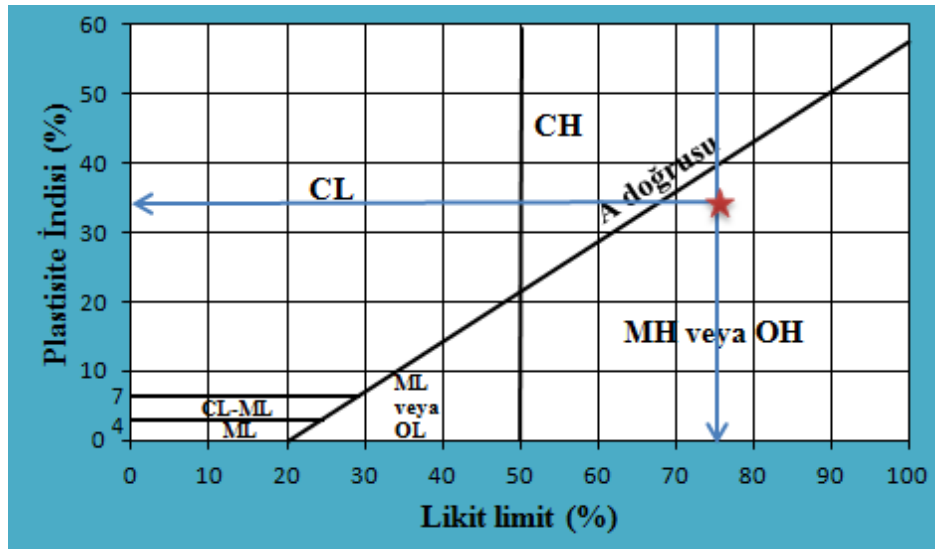
Şekil 4.55. HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



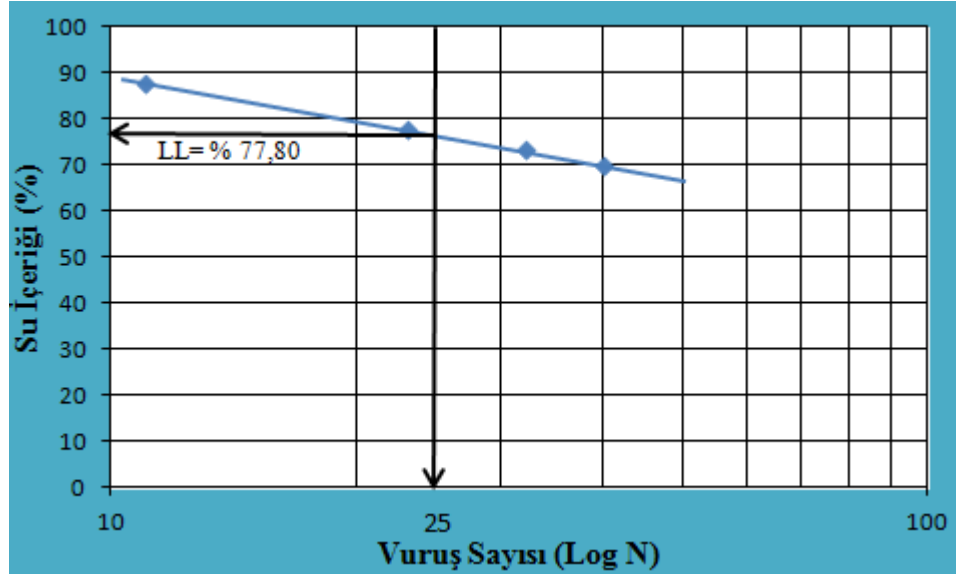
Şekil 4.56. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması



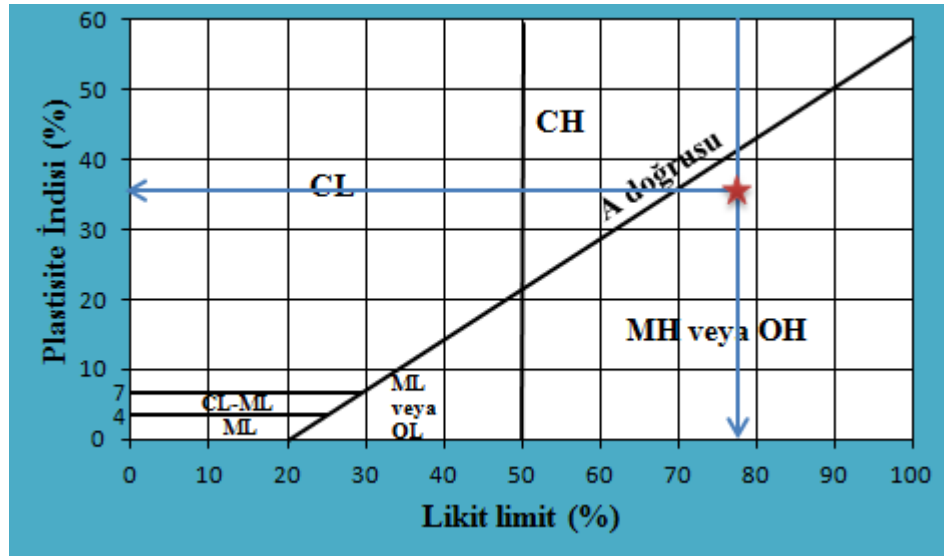
Şekil 4.57. HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



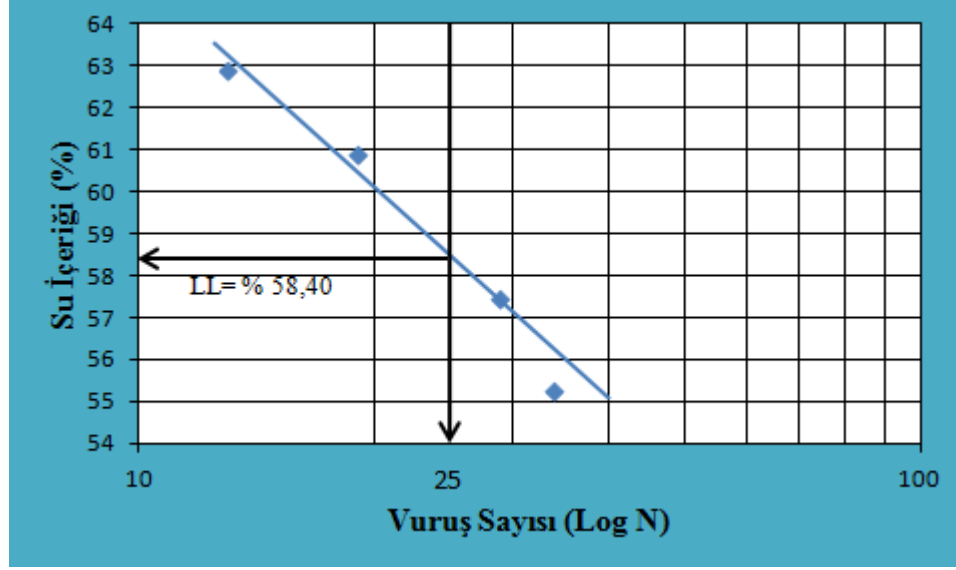
Şekil 4.58. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması



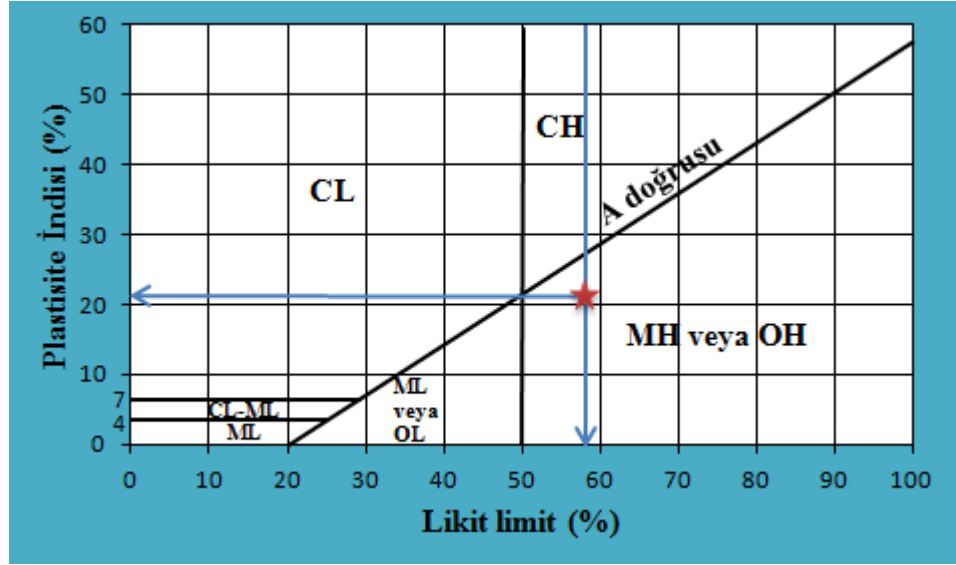
Şekil 4.59. HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



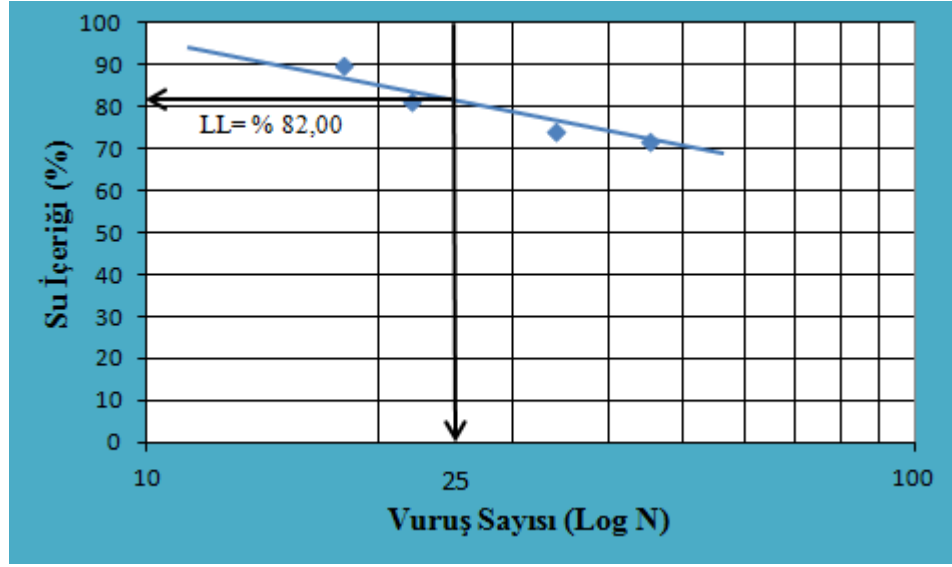
Şekil 4.60. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinin sınıflaması



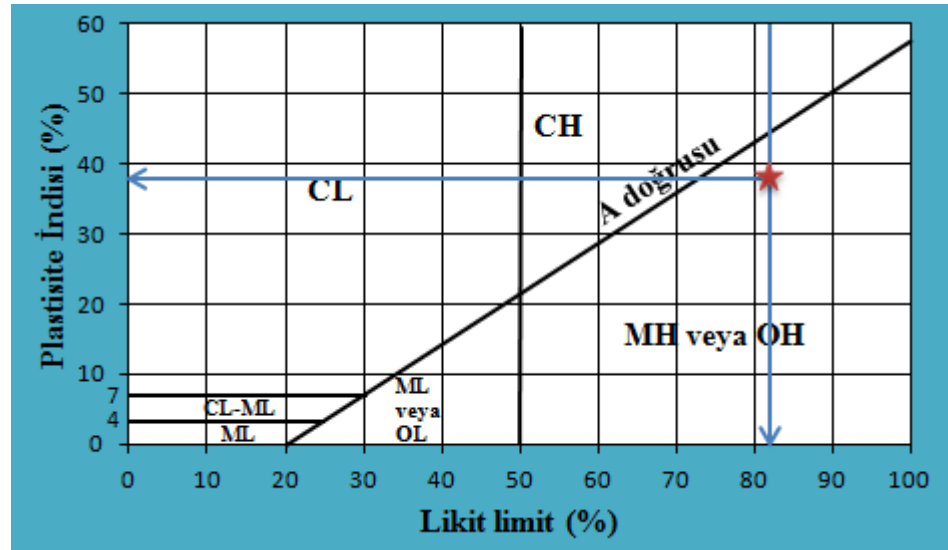
Şekil 4.61. HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



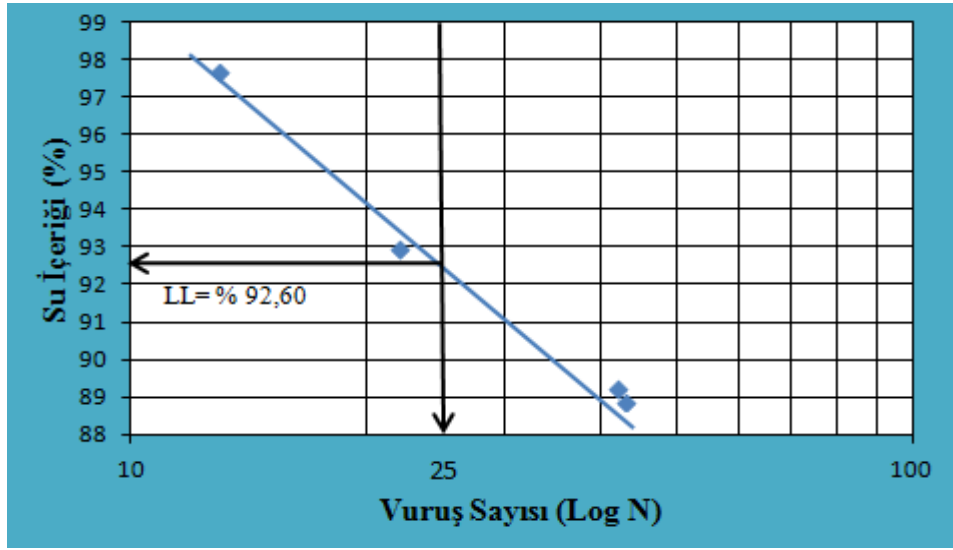
Şekil 4.62. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması



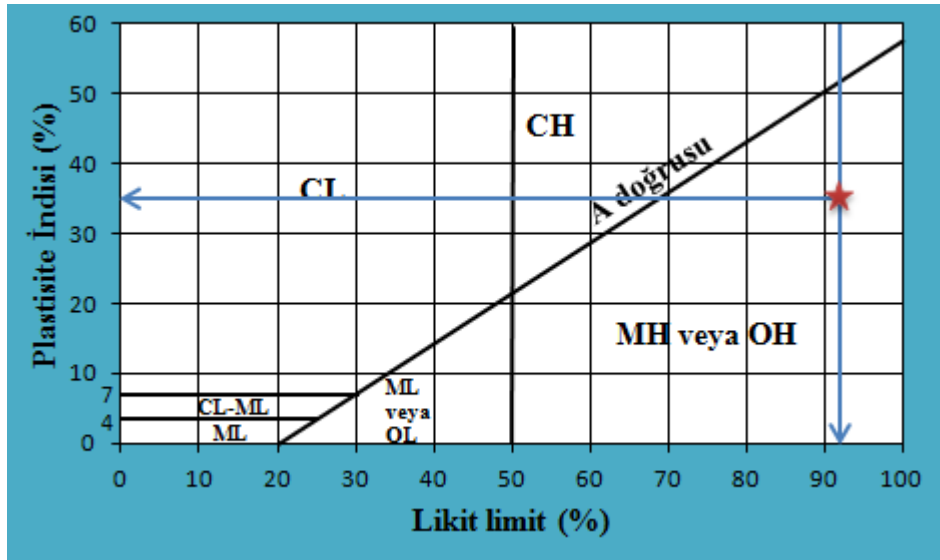
Şekil 4.63. HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



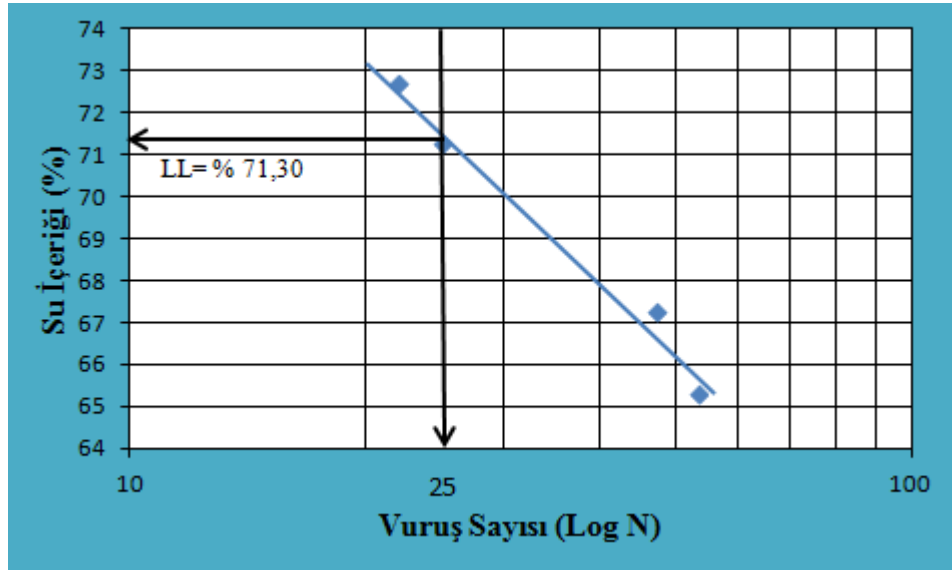
Şekil 4.64. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması



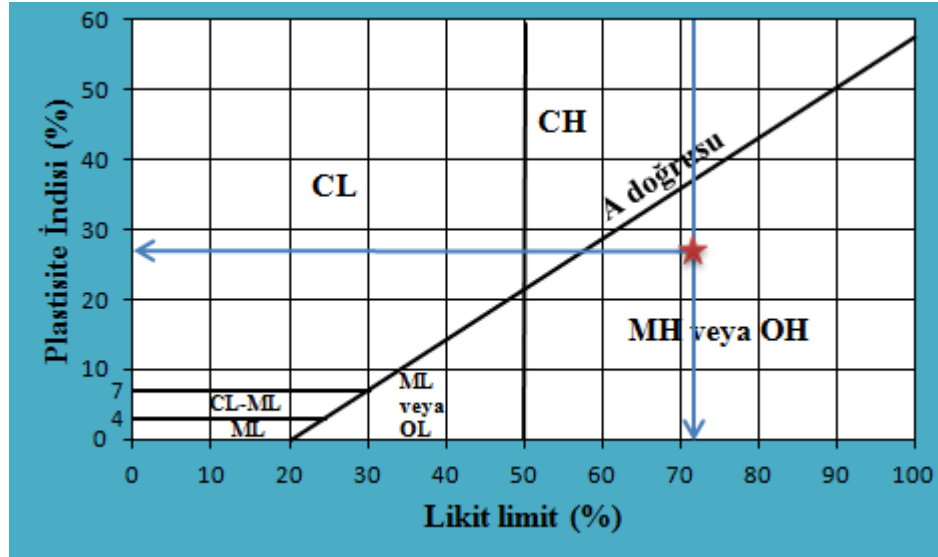
Şekil 4.65. HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



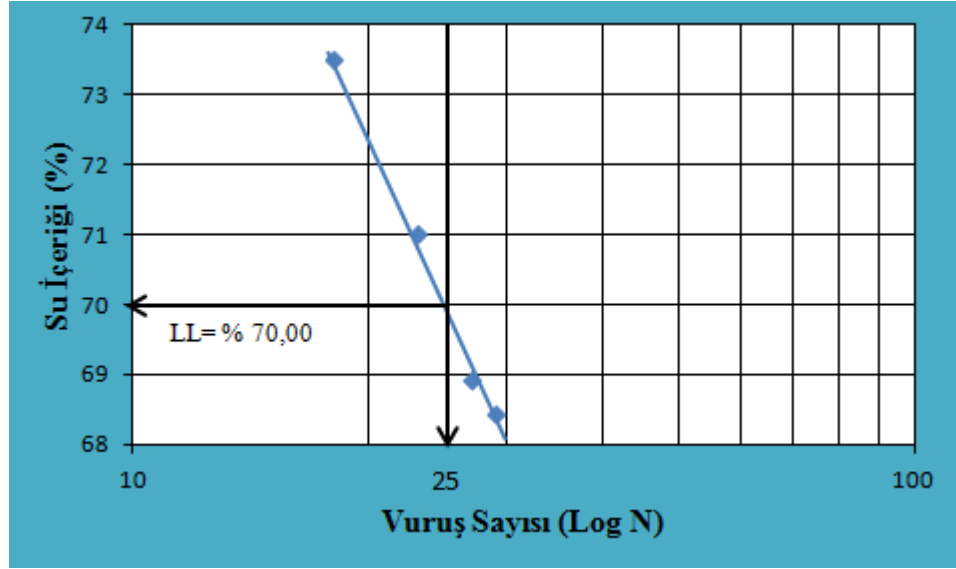
Şekil 4.66. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinin sınıflaması



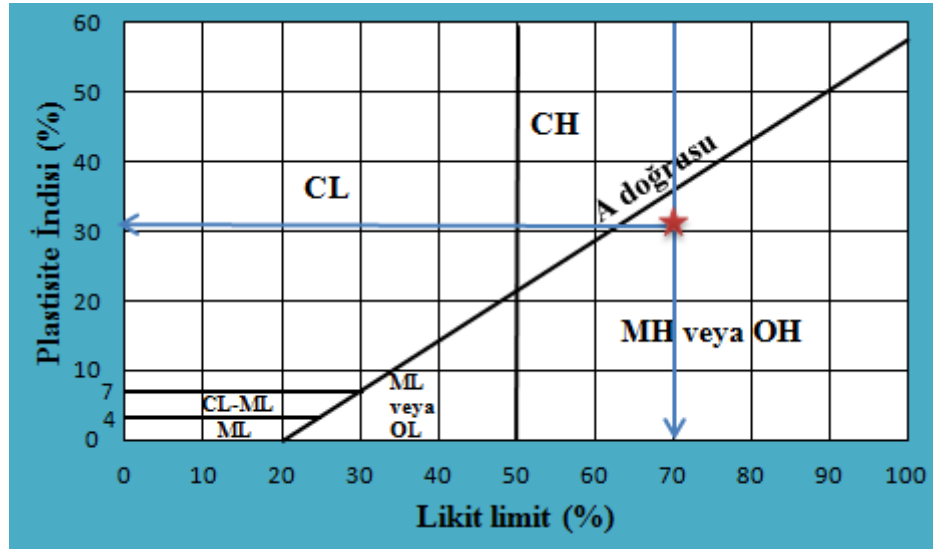
Şekil 4.67. HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



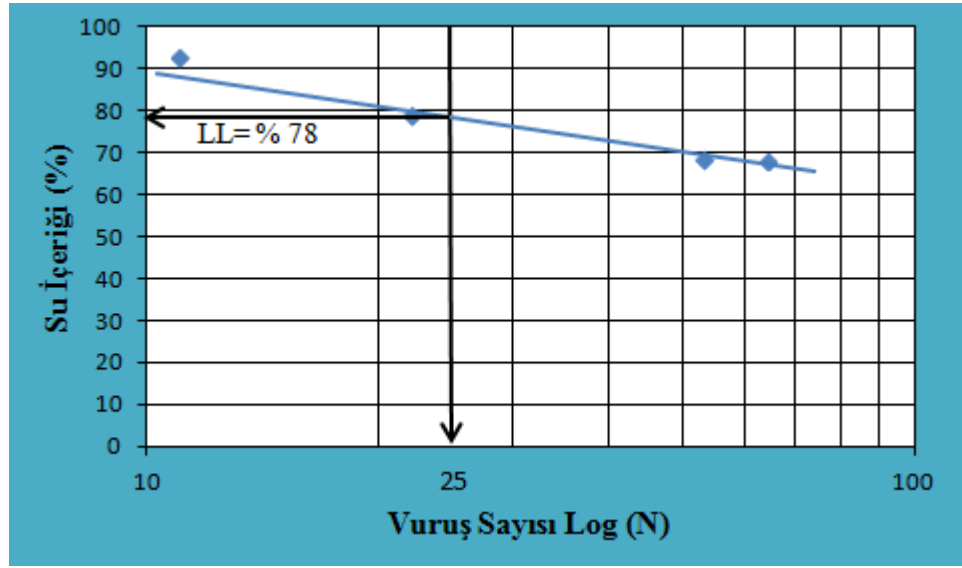
Şekil 4.68. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinin sınıflaması



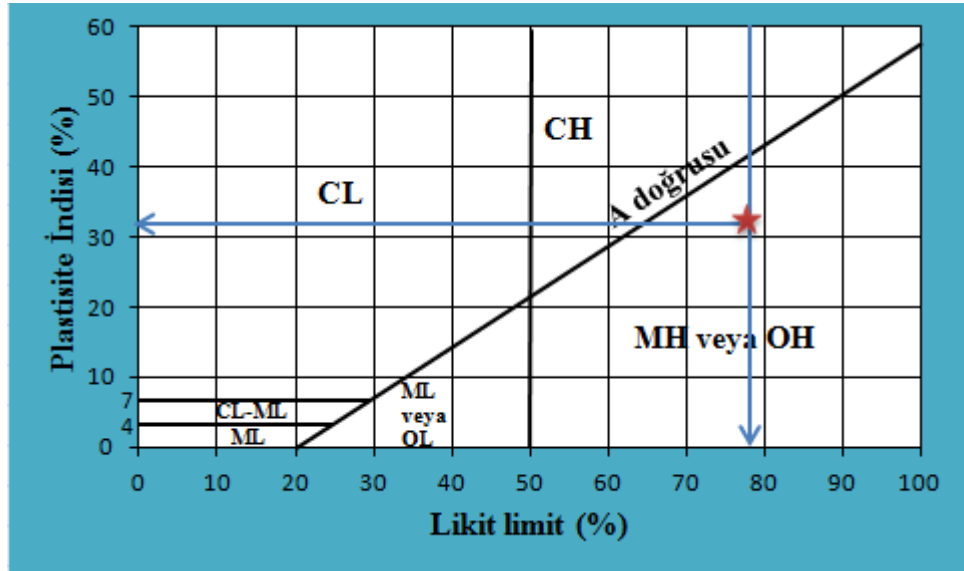
Şekil 4.69. HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



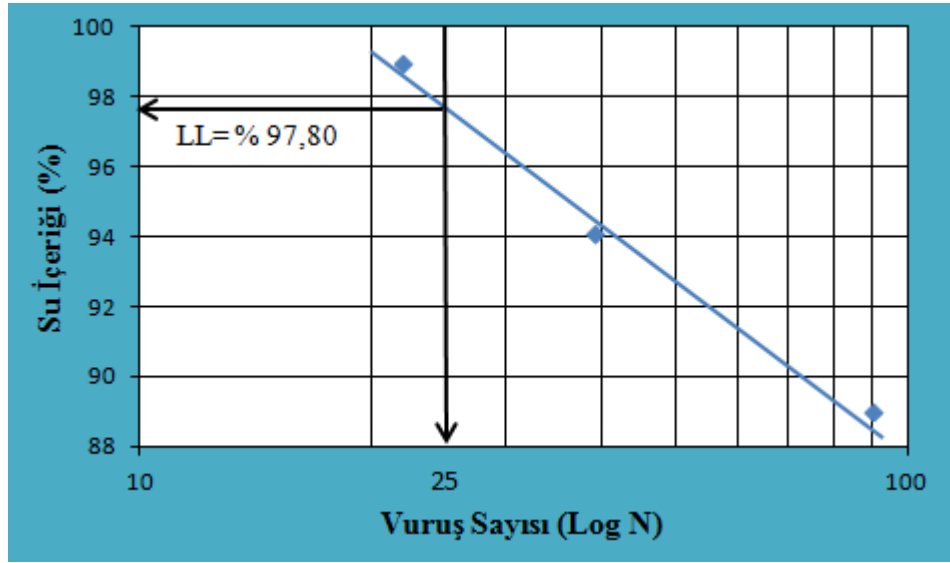
Şekil 4.70. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinin sınıflaması



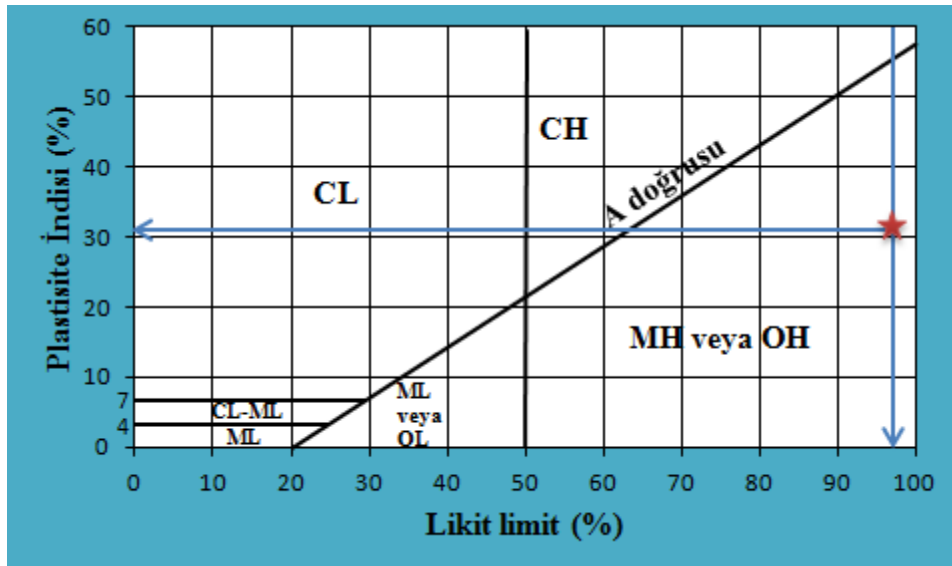
Şekil 4.71. HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



Şekil 4.72. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinin sınıflaması



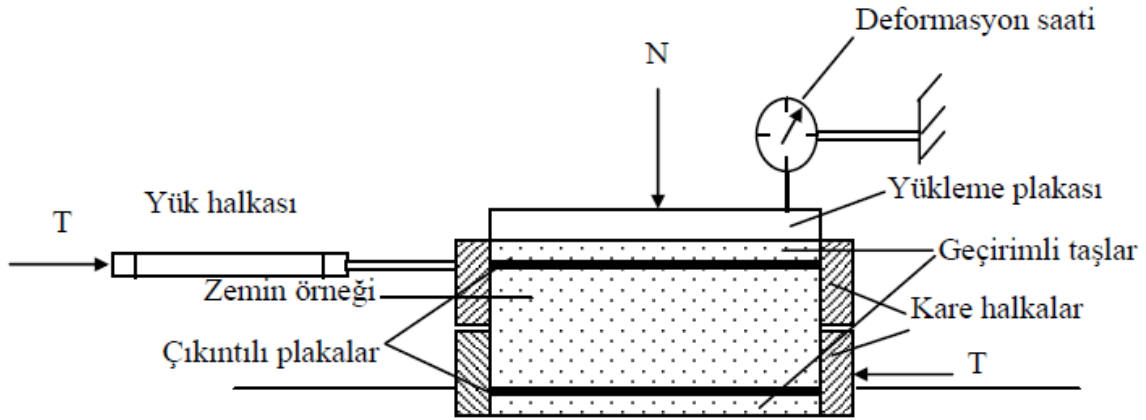
Şekil 4.73. HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinin likit limit değerinin belirlenmesi



Şekil 4.74. Casagrande plastisite grafiğinde HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinin sınıflaması

4.2.2.3. Kesme Kutusu Deneyi

Kesme kutusu deneyi, belirli bir normal gerilme altında zemine uygulanan kesme kuvveti ile zeminde meydana gelen yatay ve düşey yer değiştirmeleri ölçmek, zeminin kayma dayanımı parametrelerini (c , ϕ) belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Deney aleti birbiri üzerine oturan 6cm*6cm iç boyuta sahip iki metal kare hücreden oluşur. Kesme kutusu deneyinde zemin örneğinin yerleştirildiği kısım, ortasından ikiye bölünmüş, planda kare kesitli madeni bir kutudur. Örnek yerleştirilmeden önce alt kesme kutusunun alt ve üst kısmına poroz taş yerleştirilir (Şekil 4.75).



Şekil 4.75. Kare şekilli kesme kutusunun düşey kesit görünümü (Uzuner, 1998).

Örneğin belli bir normal gerilme altında kayma mukavemeti tespit edilmek istenirse, direkt kesme cihazı altındaki yük askısına ağırlıklar yerleştirilerek örnek üzerine gelecek gerekli basınçlar sağlanır. Yük askısına konan her ağırlık örnek üzerine genelde on katı olacak şekilde etkimektedir. Kesme kutusunun alt yarısı bilyeler üzerine oturtulmuş olup belirli bir üniform hızla yatay olarak ileriye doğru itilir. Kesme kutusunun diğer yarısı çelik yük halkasına dayanmakta olup bu halkanın deformasyonları okunur ve buradan hesaplamalar ile kesme kuvveti bulunur. Örneğin konsolidasyona bırakılması durumunda ve kesme olayının devamı boyunca meydana gelen hacim değişimlerini ölçmek için yükün uygulandığı üst kapağın düşey hareketini kaydedecek bir saat (komparatör) alete tespit edilir. Drenajlı deneylerde örneğe giren veya çıkan su poroz taşlardan ve delikli madeni levhadan geçer. Drenajsız deneylerde delikli tip yerine deliksiz levhalar kullanılır. Killer ve kumlar için yaygın olarak kullanılan kesme kutusu boyutu genellikle 6*6 cm² olup örnek kalınlığı 2 cm'dir.

Kesme kutusu deneyi American Society of Testing Materials ASTM D 3080 - 90, 2003 standartlarına göre yapılmıştır.

- Örnek kabının boyutları ölçülür ve kaydedilir.
- Deney örselenmemiş örnek üzerinde yapılacaksa, örneğin kenarları dikkatle tıraşlanarak kutunun cidarıyla tam temas edecek şekilde yerleştirilir (Şekil 4.76).



Şekil 4.76. Örneğin tıraşlanması ve kesme kutusu aparatına yerleştirilmesi

Yerleştirme tokmağı yardımıyla istenen birim ağırlıkta enerji verilerek sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi hafif darbeler şeklinde olmalıdır.

- Kesme kutusunun parçaları birbirine bağlanır.
- Deney yapılmak için hazırlanan örnek, kabı ile birlikte tartılır.
- Kesme kutusunun altına süzgeç kağıtlı poroz taşı yerleştirilir.
- Örselenmiş örnekte yapılan deneyde, kapla geri kalan zemin tartılır. İlk ağırlıkla bunun arasındaki fark sarf edilen zemini verir. Örnek örselenmemiş ise, kesme kutusunun ilk ağırlığı ve örnek ile birlikte ağırlığı arasındaki fark örnek ağırlığını verir.
- Örneğin üzerine süzgeç kağıtlı poroz taşı konur.
- Üzerindeki yükü her tarafa eşit dağıtabilmesi için kalıp ve yük, tevzi bilyesi ile koyulur ve kesme kutusu alete yerleştirilir.
- Birinci deneyde istenilen normal yük tatbik edilir. Eğer deney konsolidasyonlu ise bu yük altında konsolidasyonun tamamlanması beklenir, değilse kesme için hazırlığa başlanır.

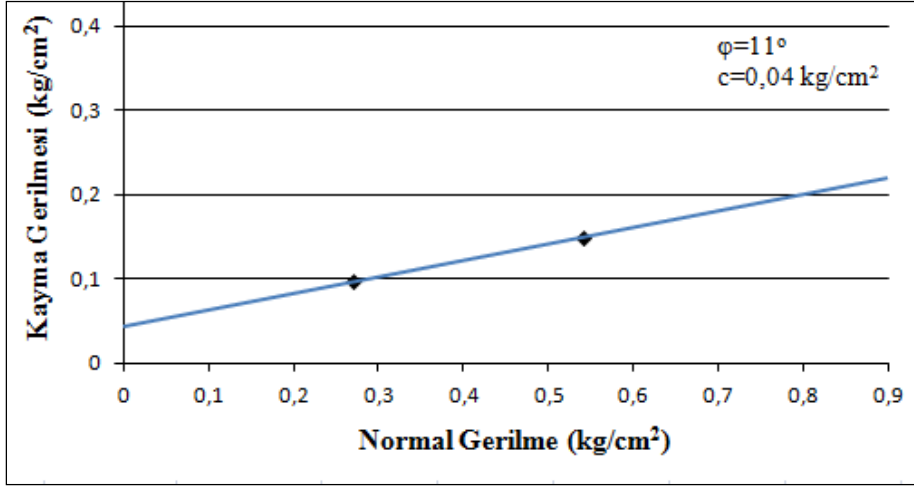
- Yatay ve düşey deplasmanları okumak üzere ekstansometreler bağlanır. Düşey deplasmanı okuyacak ekstansometre çökme ve kabarmayı okuyacak şekilde bağlanır. Kesme yükü verilmeye başlanır.
- Bu işlemler istenen veya eşit aralıkta en az iki defa daha tekrarlanır.

Kesme kutusu deneyinde her bir normal yük (1, 2, 3 kg) için ayrı ayrı kesme gerilmeleri elde edilir. Bunu takiben, elde edilen kesme (kayma) gerilmelerinden maksimum kesme gerilmesi (her bir normal yük için ayrı ayrı) belirlenir ve bu değerlere bağlı olarak kırılma zarfı çizilir.

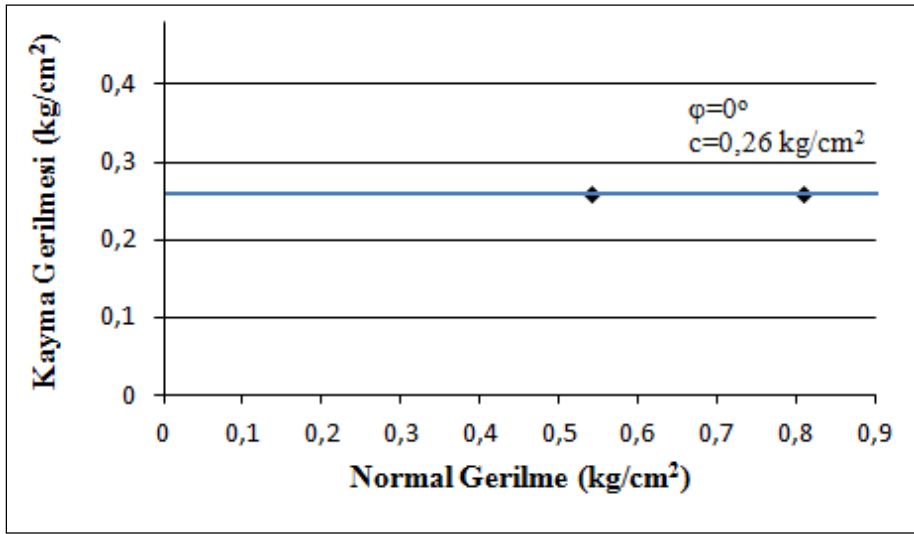
Karotlarda yapılan kesme kutusu deneyi ile belirlenen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri Çizelge 4.12 ve Ek-4’de verilmiştir. Toplam 22 örneğin içsel sürtünme açısı ve kohezyonunun belirlendiği normal gerilme kayma gerilmesi grafikleri de Şekil 4.77-4.98’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Karotlarda yapılan kesme kutusu deneyi sonuçları

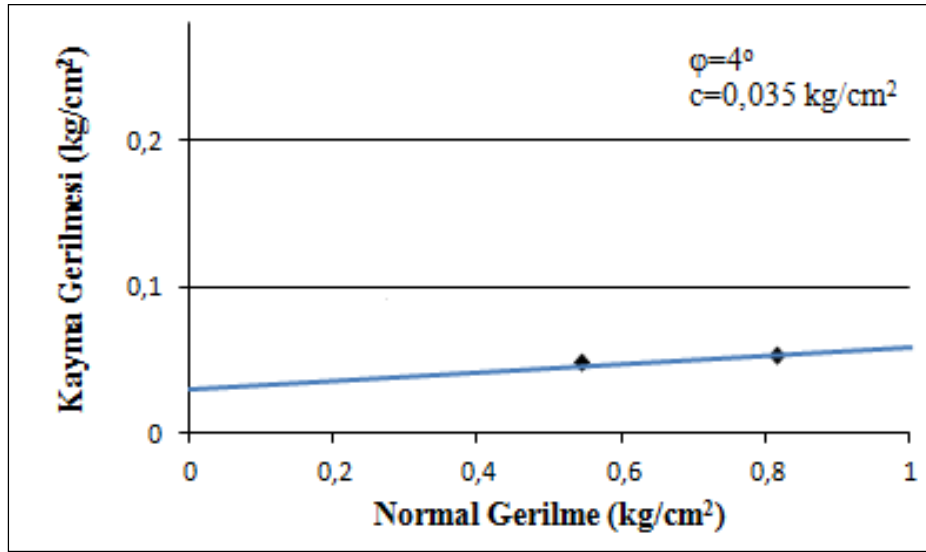
Karot Adı	Derinlik (m)	İçsel Sürtünme Açısı (ϕ °)	Kohezyon (c/kg/cm ²)	Zemin Sınıfı
HZ11-G01	0,00-0,67	11	0,04	MH veya OH
HZ11-G03	0,00-0,98	0	0,26	MH veya OH
HZ11-G08	0,00-0,60	4	0,035	MH veya OH
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	1	0,018	MH veya OH
	(b) 0,26-0,74	1	0,019	MH veya OH
	(c) 0,74-1,08	8	0,02	MH veya OH
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	0,5	0,018	MH veya OH
	(b) 0,27-0,65	3	0,015	MH veya OH
	(c) 0,65-1,07	1	0,02	MH veya OH
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	8	0,04	MH veya OH
	(b) 0,33-0,79	10	0,1	MH veya OH
HZ11-P05	(a) 0,00-0,76	0,5	0,16	Non-plastik silt
	(b) 0,76-1,45	35	0,1	Non-plastik silt
	(c) 1,45-2,25	13	0,14	Non-plastik silt
HZ11-P06	(a) 0,00-0,49	17	0,027	Non-plastik silt
	(b) 0,49-1,00	12	0,075	Non-plastik silt
	(c) 1,00-1,45	14	0,08	Non-plastik silt
	(d) 1,45-2,56	10	0,05	Non-plastik silt
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	1	0,02	MH veya OH
	(b) 0,35-0,83	1	0,02	MH veya OH
	(c) 0,83-1,75	2	0,02	MH veya OH
	(d) 1,75-2,07	3	0,04	MH veya OH



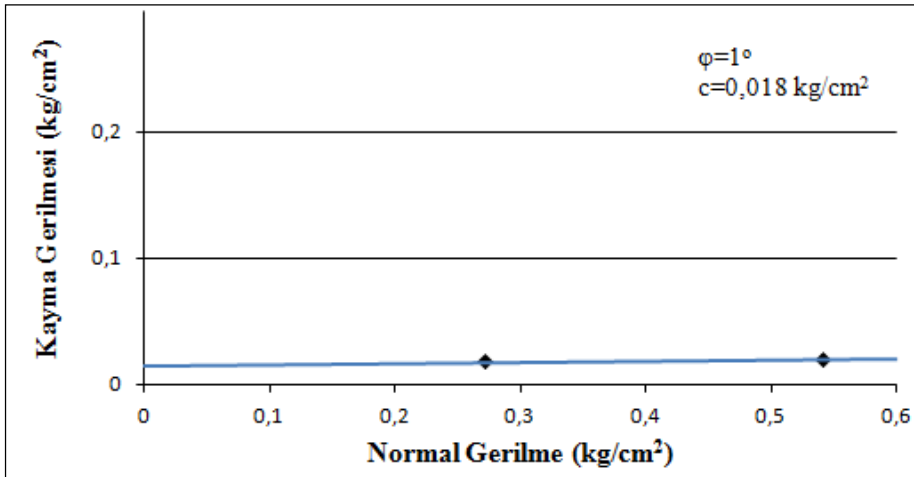
Şekil 4.77. HZ11-G01 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



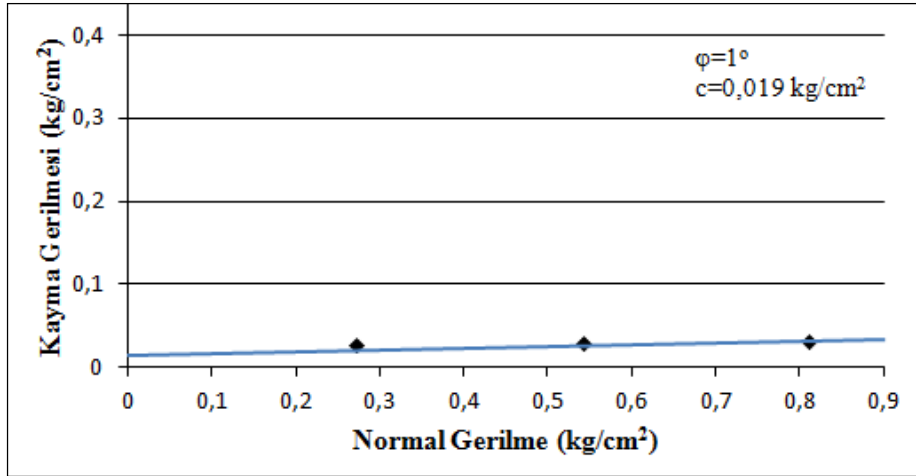
Şekil 4.78. HZ11-G03 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



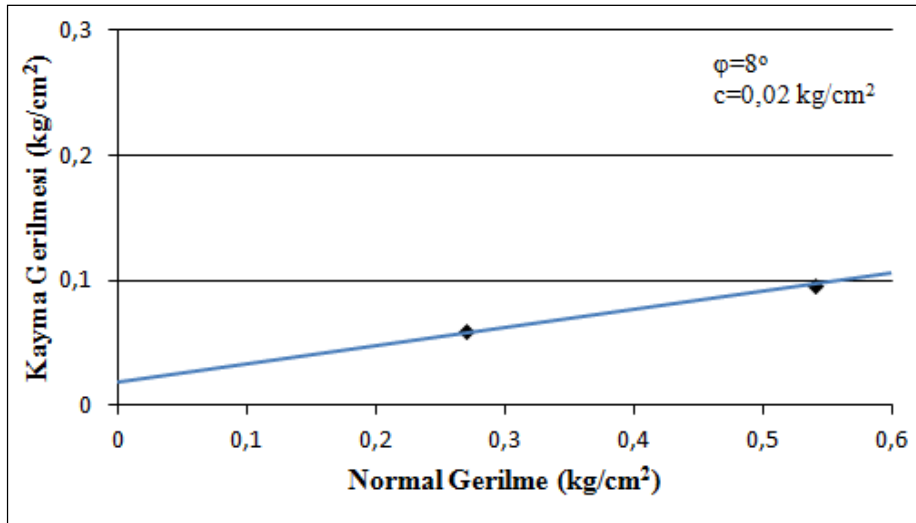
Şekil 4.79. HZ11-G08 gravite karotunundan alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



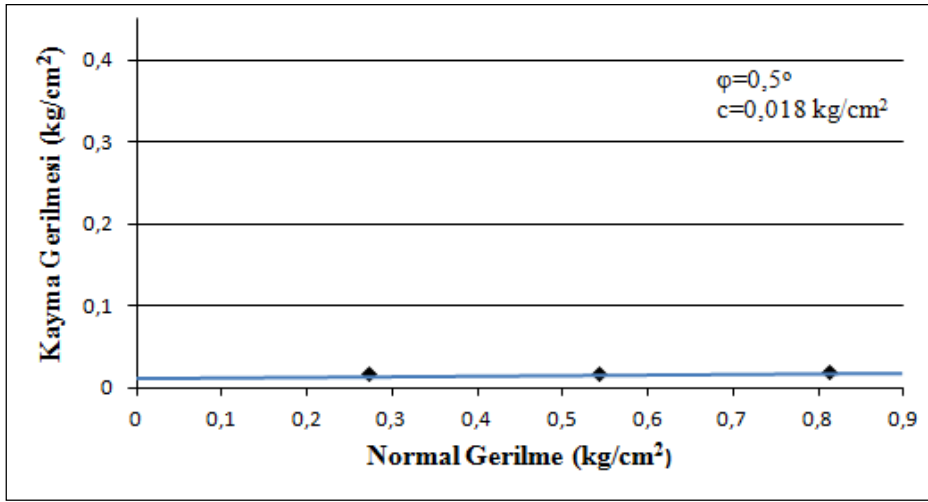
Şekil 4.80. HZ11-G09 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



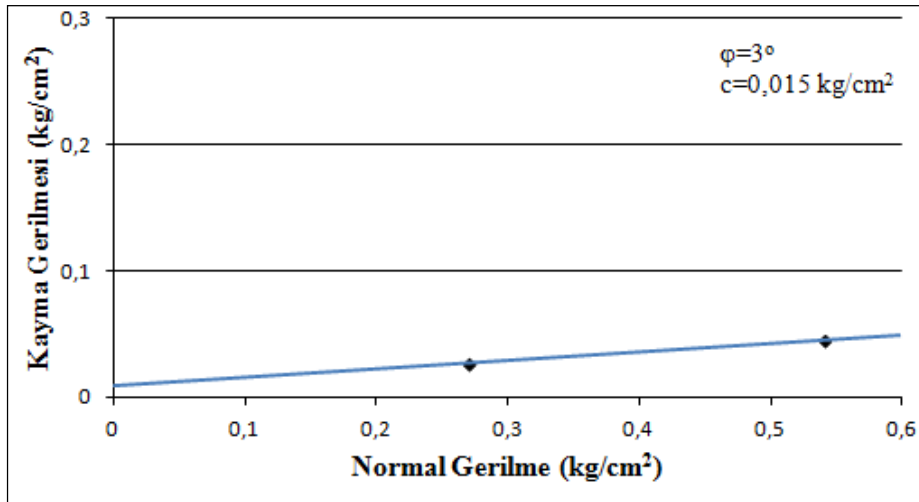
Şekil 4.81. HZ11-G09 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



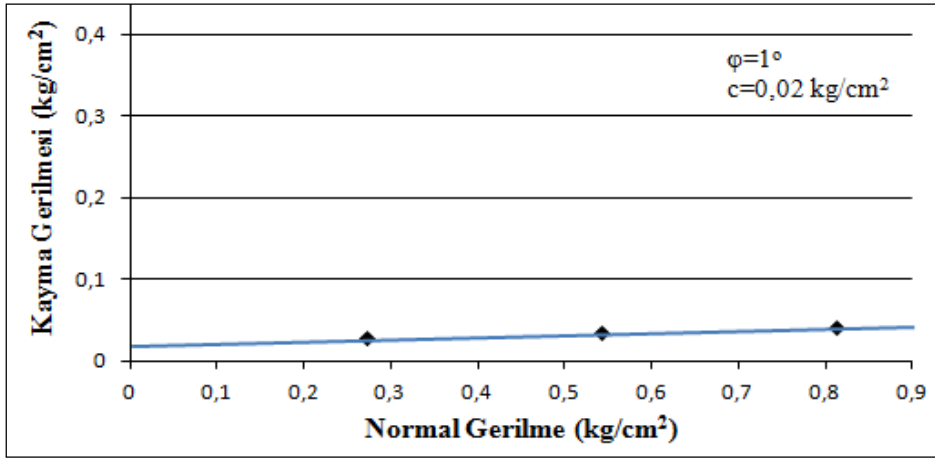
Şekil 4.82. HZ11-G09 gravite karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



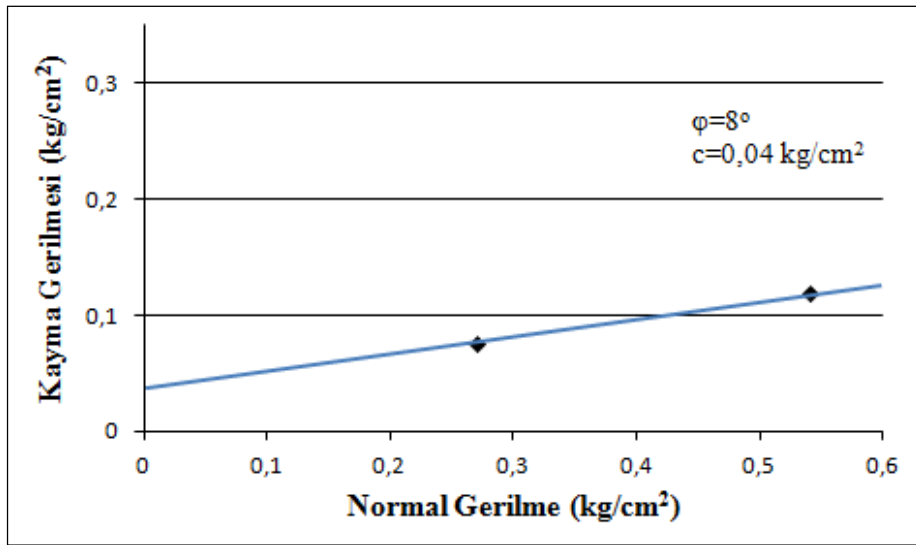
Şekil 4.83. HZ11-G11 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



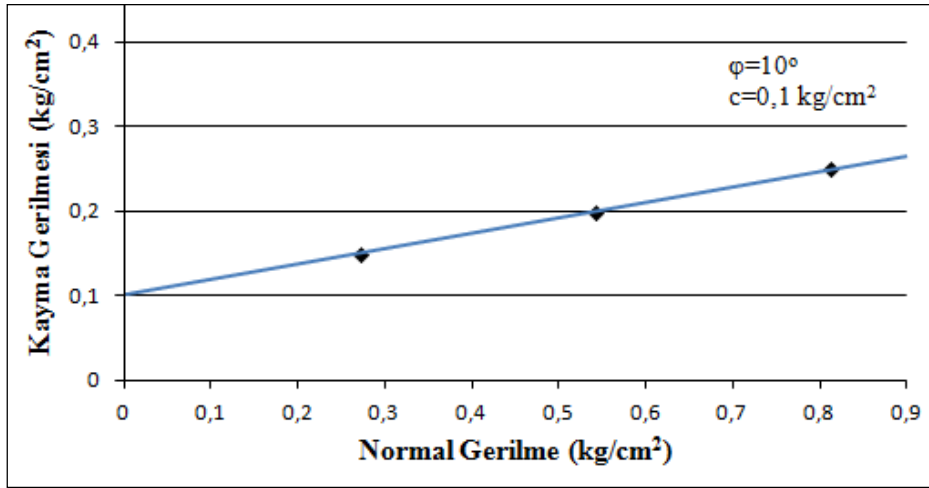
Şekil 4.84. HZ11-G11 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



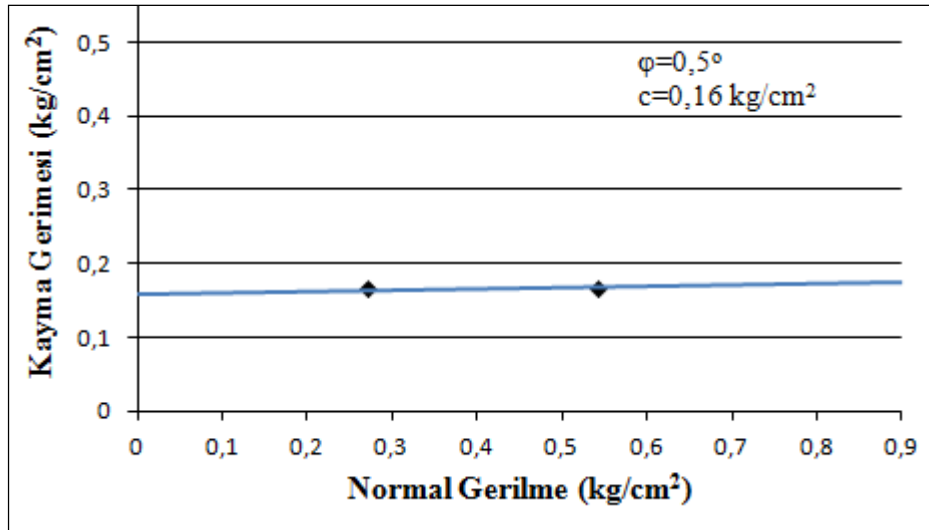
Şekil 4.85. HZ11-G11 gravite karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



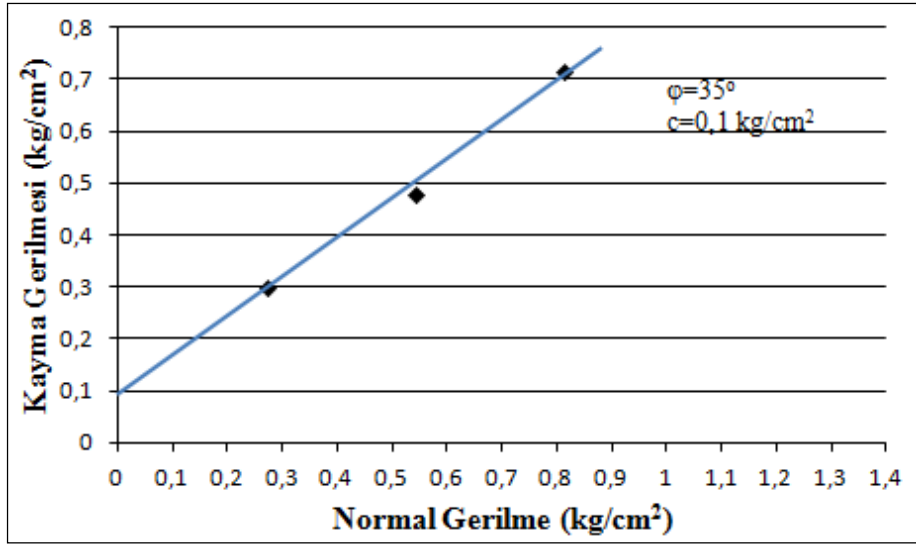
Şekil 4.86. HZ11-G12 gravite karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



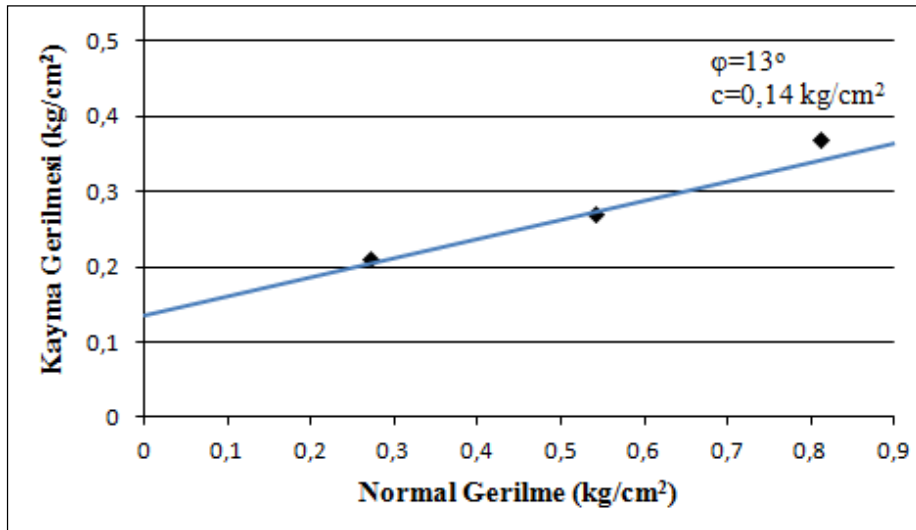
Şekil 4.87. HZ11-G12 gravite karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



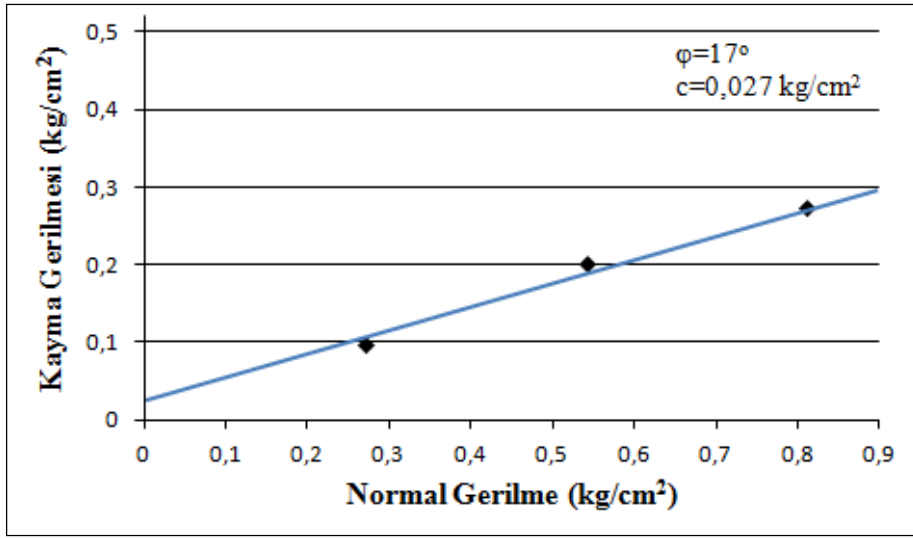
Şekil 4.88. HZ11-P05 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



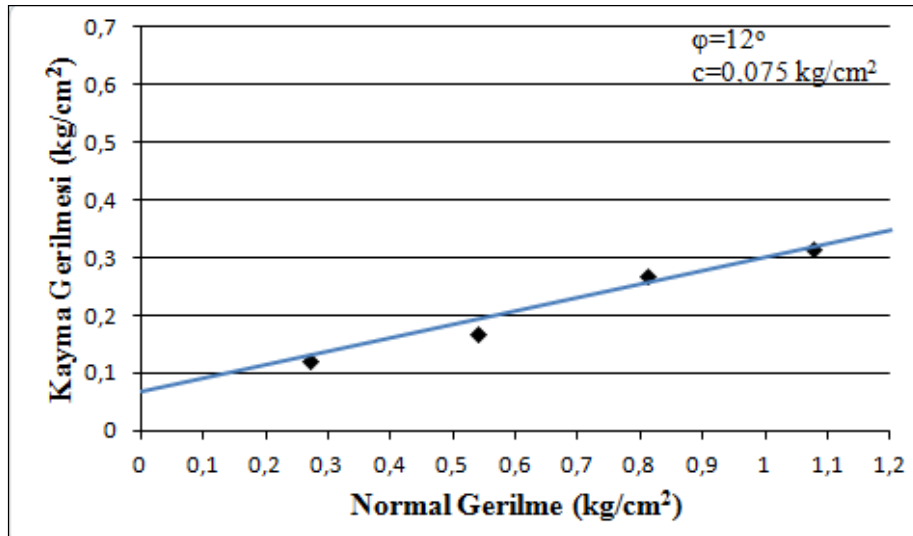
Şekil 4.89. HZ11-P05 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



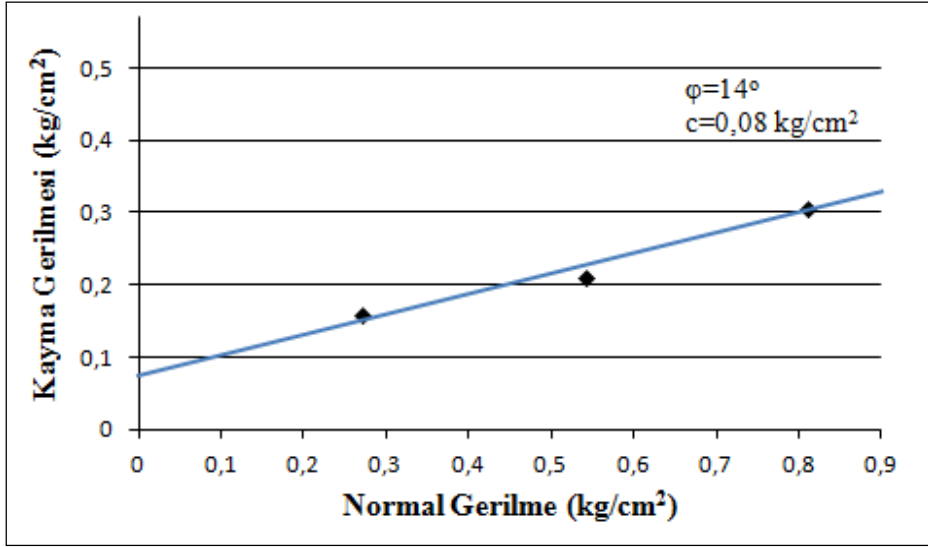
Şekil 4.90. HZ11-P05 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



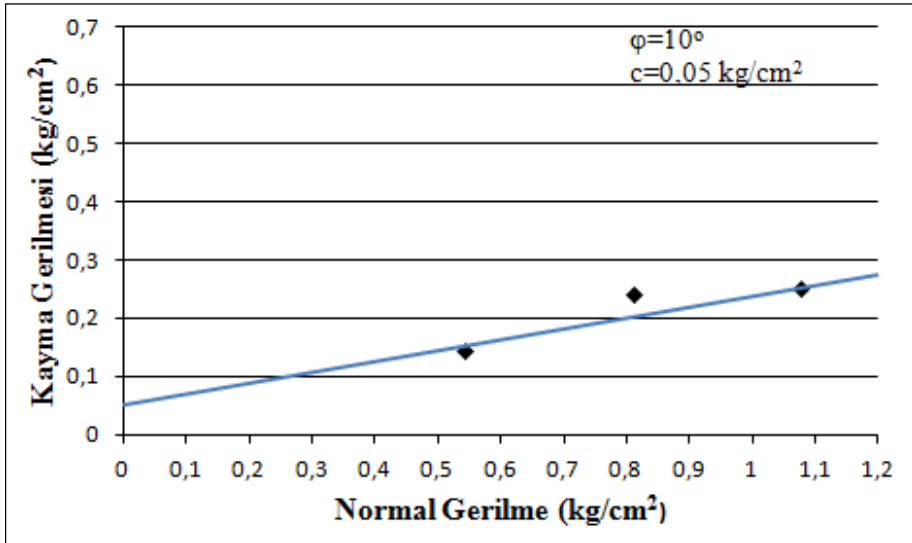
Şekil 4.91. HZ11-P06 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



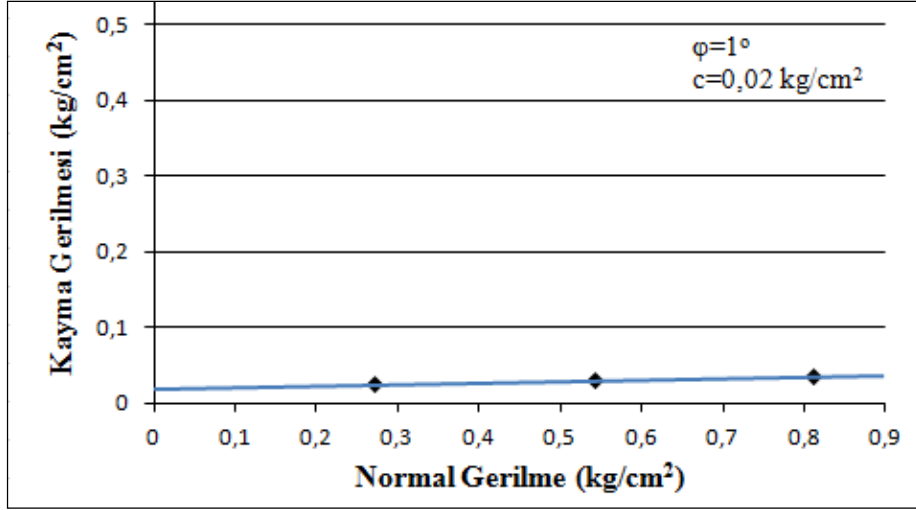
Şekil 4.92. HZ11-P06 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



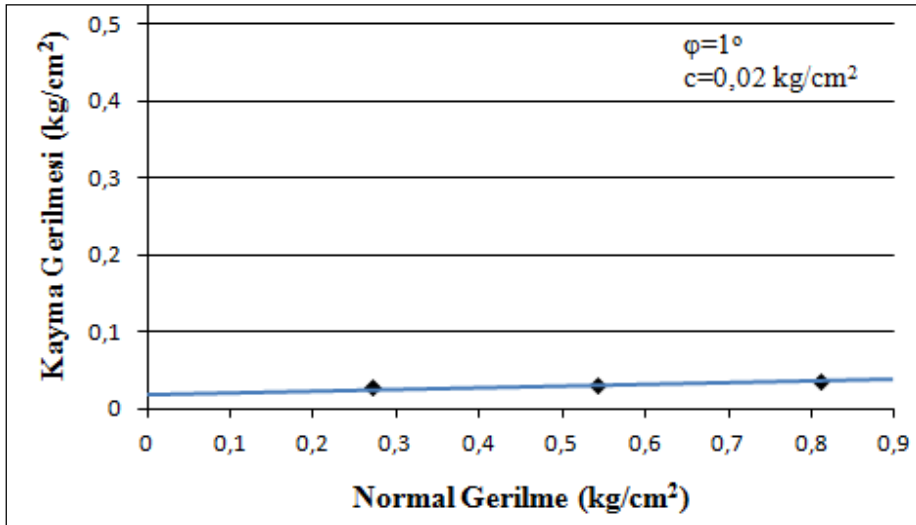
Şekil 4.93. HZ11-P06 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



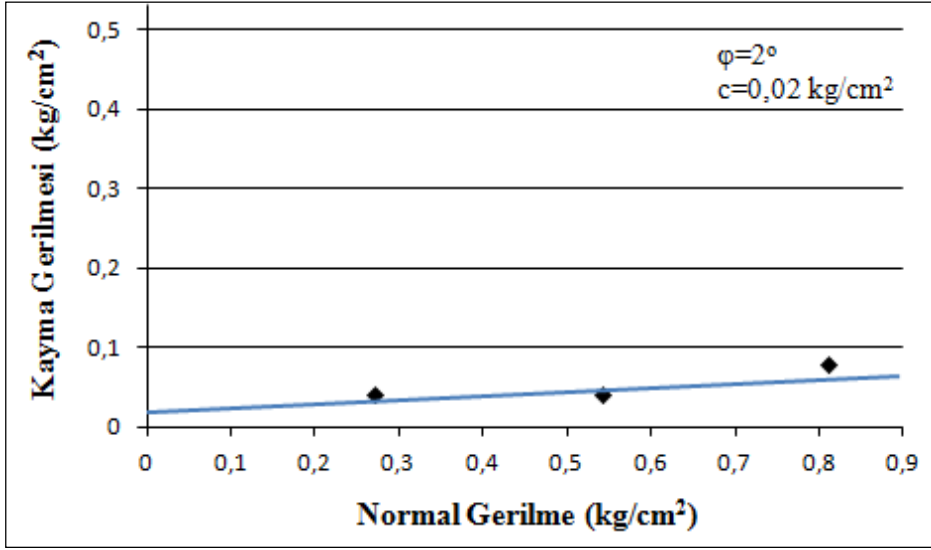
Şekil 4.94. HZ11-P06 piston karotunun (d) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



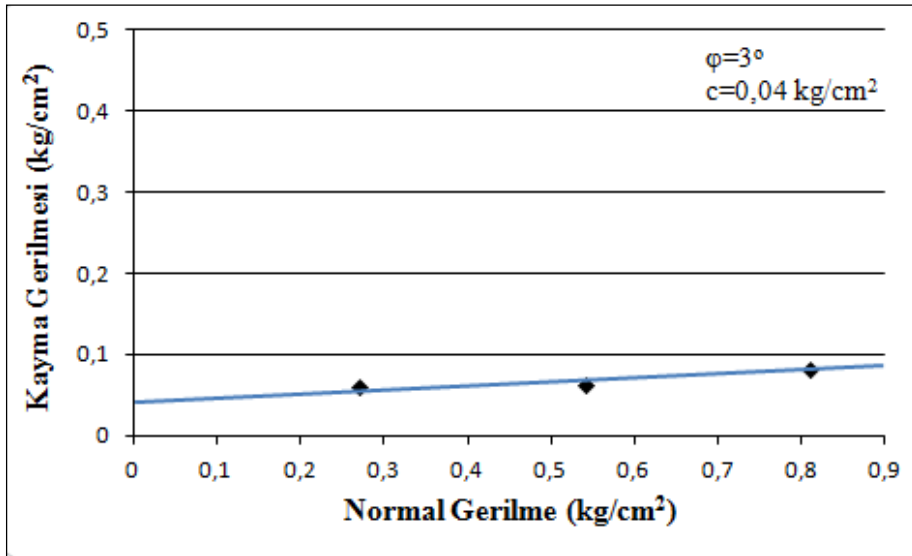
Şekil 4.95. HZ11-P14 piston karotunun (a) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



Şekil 4.96. HZ11-P14 piston karotunun (b) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



Şekil 4.97. HZ11-P14 piston karotunun (c) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı



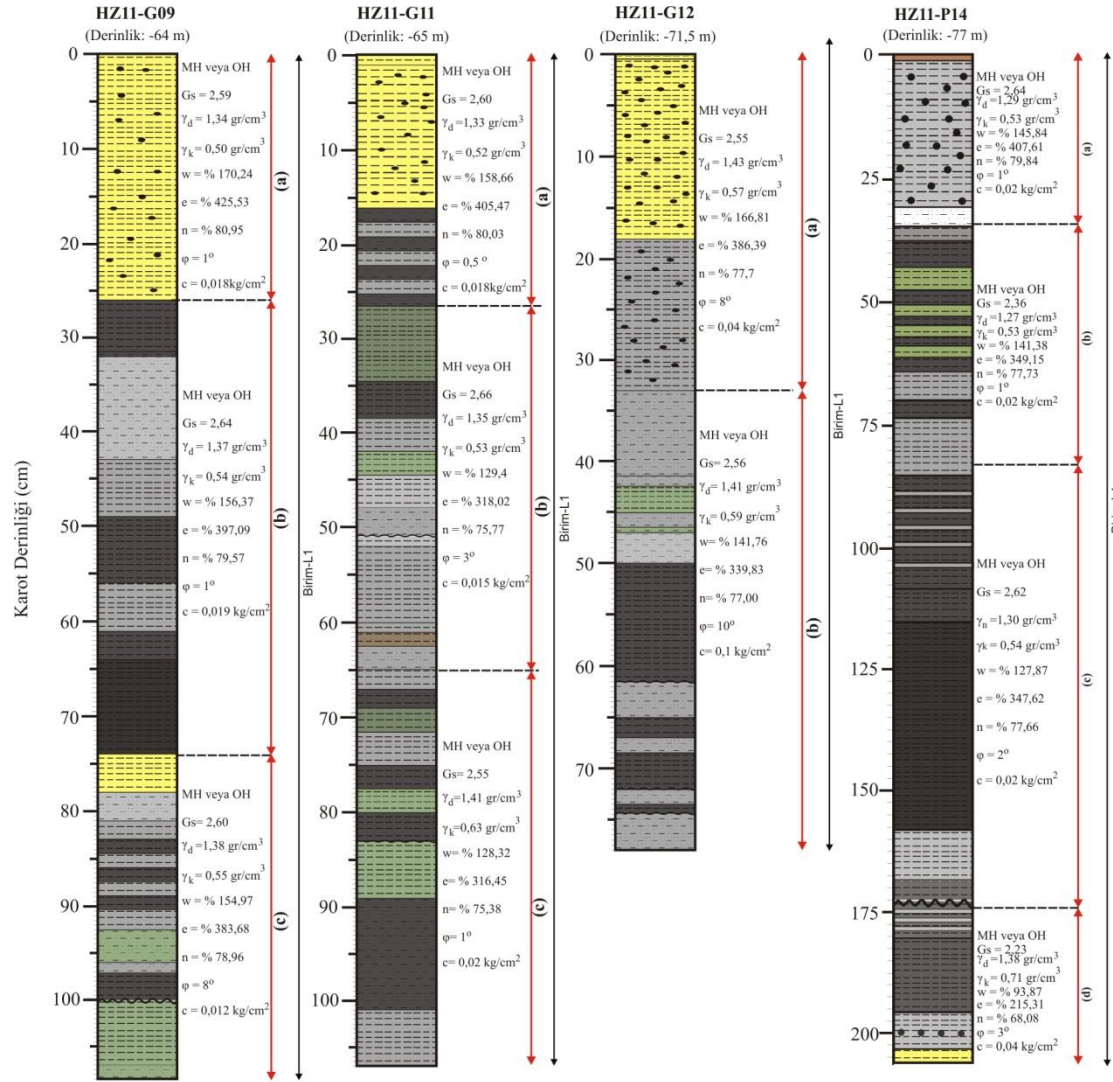
Şekil 4.98. HZ11-P14 piston karotunun (d) seviyesinden alınan örneğe ait Mohr yenilme zarfı

5. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında Hazar Gölü'nün batı ve orta kesiminden alınan HZ11-G01, HZ11-G03, HZ11-G08, HZ11-G09, HZ11-G11, HZ11-G12 gravite karotları ve HZ11-P05, HZ11-P06, HZ11-P14 piston karotlarının farklı seviyelerinde yapılan jeomekanik deneyler ile bu çökellerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir.

Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda, alınan karot örneklerinin özgül ağırlık (G_s) doymun birim hacim ağırlık (γ_d), kuru birim hacim ağırlık (γ_k), su içeriği (ω), boşluk oranı (e) %, porozite (n), likit limit (LL), plastik limit (PL), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) belirlenmiş, zemin sınıflamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar litolojik kesitlerle birlikte Şekil 4.99 ve Şekil 4.100'de verilmiştir.

Bu şekiller incelendiğinde, Hazar Gölü'nün orta kesiminden alınan karotlarda zemin sınıfı Yüksek Plastisiteli Silt (MH)'dir. Ancak, batı kesiminden alınan karotların üst seviyeleri (gravite karotlarındaki) zeminlerin sınıfı Yüksek Plastisiteli Silt (MH) iken, daha alt seviyelerden örnekleme yapıldığı piston karotlardaki zeminlerin sınıfı Non-Plastik Silt olarak belirlenmiştir. Bu zemin sınıfı farklılığı, karotların alındığı noktalar ile Hazar Gölü'nde biriken çökelleri besleyen akarsuların göle giriş noktaları arasındaki mesafeden kaynaklanmaktadır. Nitekim Hazar Gölü'ne sediman girişi yoğun olarak Kürk Çayı ve Zıkkım Dere'den olmaktadır (Şekil 1.2). Bu iki akarsuyun göle ulaşmasıyla birlikte taşınan sedimanlar tane boyutuna göre çökelmektedir. Böylece, bu akarsuların Hazar gölüne giriş yaptığı alanlarda çökelen zeminler daha iri taneli iken, gölün orta kesimlerine doğru gidildikçe tane boyutu önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle Hazar Gölü'nün batı kesimine (Kürk Çayı'nın göle giriş yaptığı kesime) yakın alanlardan alınan karot örneklerde maksimum % 38'e varan kum boyutu malzeme bulunmaktadır ve buna bağlı olarak da zemin plastiklik özelliğini kaybetmektedir.



Şekil 4.100. Gölün orta kesiminden alınan karotlara ait litolojik kesitler ve zeminlerin jeomekanik özellikleri

Bu iki farklı zemin sınıfına ait labortauvar sonuçlarının istatistiksel değerdendirilmesi ise Çizelge 4.13 ve 4.14'de verilmiştir.

Yüksek Plastisiteli Siltlerin doygun birim hacim ağırlık değerdleri 1,27 - 1,61 gr/cm³, kuru birim hacim ağırlık değerdleri 0,50 - 0,99 gr/cm³, su içeriğı değerdleri % 62,70 - 170,24, boşluk oranı değerdleri % 173,89 - 425,53, porozite değerdleri % 63,29 - 80,95, özgül ağırlık değerdleri 2,23 - 2,70, içsel sürtünme açısı değerdleri 0° - 11° ve kohezyon değerdleri ise 0,015 - 0,26 kg/cm² aralığında değışmektedir.

Non-Plastik Siltlerin doygun birim hacim ağırlık değerdleri 1,76 - 1,91 gr/cm³, kuru birim hacim ağırlık değerdleri 1,25 - 1,53 gr/cm³, su içeriğı değerdleri % 27,71 - 41,55, boşluk oranı değerdleri % 81,85 - 124,52, porozite değerdleri % 45,01 - 54,94, özgül ağırlık değerdleri 2,68 - 2,78, içsel sürtünme açısı değerdleri 0,5° - 35° ve kohezyon değerdleri ise 0,027 - 0,16 kg/cm² aralığında değışmektedir.

Çizelge 4.13. Yüksek Plastisiteli Silt (MH)'lerin mühendislik özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Karot Adı	Derinlik (m)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_d/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_w/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Su İçeriği ($\omega/\%$)	Boşluk Oranı ($e/\%$)	Porozite ($n/\%$)	Özgül Ağırlık (Gs)	İçsel Sürtünme Açısı ($\phi/^\circ$)	Kohezyon ($c/\text{kg}/\text{cm}^2$)
HZ11-G01	0,00-0,67	1,55	0,83	87,3	215,5	68,24	2,61	11	0,04
HZ11-G03	0,00-0,98	1,58	0,87	82,12	191,91	65,67	2,53	0	0,26
HZ11-G08	0,00-0,60	1,61	0,99	62,70	173,89	63,29	2,70	4	0,035
HZ11-G09	(a) 0,00-0,26	1,34	0,50	170,24	425,53	80,95	2,59	1	0,018
	(b) 0,26-0,74	1,37	0,54	156,37	397,09	79,57	2,64	1	0,019
	(c) 0,74-1,08	1,38	0,55	154,97	383,68	78,96	2,60	8	0,02
HZ11-G11	(a) 0,00-0,27	1,33	0,52	158,66	405,47	80,03	2,60	0,5	0,018
	(b) 0,27-0,65	1,35	0,53	129,4	318,02	75,77	2,66	3	0,015
	(c) 0,65-1,07	1,41	0,63	128,32	316,45	75,38	2,55	1	0,02
HZ11-G12	(a) 0,00-0,33	1,43	0,57	166,81	386,39	77,7	2,55	8	0,04
	(b) 0,33-0,79	1,41	0,59	141,76	339,83	77,00	2,56	10	0,1
HZ11-P14	(a) 0,00-0,35	1,29	0,53	145,84	407,61	79,84	2,64	1	0,02
	(b) 0,35-0,83	1,27	0,53	141,38	349,15	77,73	2,36	1	0,02
	(c) 0,83-1,75	1,30	0,54	127,87	347,62	77,66	2,62	2	0,02
	(d) 1,75-2,07	1,38	0,71	93,87	215,31	68,08	2,23	3	0,04
Minimum		1,27	0,50	62,70	173,89	63,29	2,23	0	0,015
Maksimum		1,61	0,99	170,24	425,53	80,95	2,70	11	0,26
Ortalama		1,4	0,63	129,84	324,90	75,06	2,56	3,63	0,046
Standart Sapma		0,104	0,151	33,371	85,281	5,763	0,120	3,725	0,063

Çizelge 4.14. Non-Plastik Silt (NT)'lerin mühendislik özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Karot Adı	Derinlik (m)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_d/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_k/\text{gr}/\text{cm}^3$)	Su İçeriği ($\omega/\%$)	Boşluk Oranı ($e/\%$)	Porozite ($n/\%$)	Özgül Ağırlık (Gs)	İçsel Sürtünme Açısı (φ°)	Kohezyon ($c/\text{kg}/\text{cm}^2$)	
HZ11-P05	(a)	0,00-0,76	1,82	1,33	37,75	110,00	51,79	2,76	0,5	0,16
	(b)	0,76-1,45	1,91	1,53	27,71	81,85	45,01	2,78	35	0,1
	(c)	1,45-2,25	1,84	1,42	30,44	94,66	48,43	2,75	13	0,14
HZ11-P06	(a)	0,00-0,49	1,76	1,25	41,55	124,52	54,94	2,77	17	0,027
	(b)	0,49-1,00	1,88	1,42	32,81	95,08	48,57	2,76	12	0,075
	(c)	1,00-1,45	1,85	1,36	35,84	103,22	50,79	2,76	14	0,08
	(d)	1,45-2,56	1,81	1,39	29,96	92,62	48,05	2,68	10	0,05
Minimum		1,76	1,25	27,71	81,85	45,01	2,68	0,5	0,027	
Maksimum		1,91	1,53	41,55	124,52	54,94	2,78	35	0,16	
Ortalama		1,84	1,39	33,72	100,28	49,65	2,75	14,5	0,090	
Standart Sapma		0,049	0,087	4,897	13,830	3,178	0,033	10,420	0,047	

Zeminlerin jeomekanik özelliklerinin derinlikle değişimleri incelendiğinde, en anlamlı ve belirgin değişimlerin doymuş ve kuru birim hacim ağırlıkları ile porozite ve boşluk oranı değerlerinde gözlenen değişimler olduğu görülmektedir. Şekil 4.99 ve 100 incelendiğinde, kuru ve doymuş birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle orantılı olarak artış gösterdiği, buna karşın porozite ve boşluk oranı değerlerinin ise azaldığı görülmektedir. Bu değişim, zemin kalınlığının ve de üstteki suyun yaptığı hidrostatik basıncın etkisiyle meydana gelen sıkışmadan kaynaklanmaktadır. Bu değişim hem Yüksek Plastisiteli Silt (MH) hem de Non-Plastik Silt türü zeminler için geçerlidir.

Zeminlerin dayanım parametrelerinde meydana gelen değişimlerde derinlik artışının herhangi bir ilişkisi yoktur. Bu değişimler, zeminin sınıfı ve tane boyu dağılımı ile ilişkilidir. Yüksek Plastisiteli Siltlerin kohezyonu 0,015 - 0,26 kg/cm² arasında değişirken, Non-Plastik Siltlerin kohezyonu 0,027 - 0,16 kg/cm² arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama içsel sürtünme açısı değerleri Yüksek Plastisiteli Siltlerde 3,63°, Non-Plastik Siltlerde ise 14,5°'dir. Zemin içerisindeki iri tane yüzdesi arttıkça kohezyon değeri azalmaktadır. Bununla birlikte içsel sürtünme açısı değerleri de iri tane yüzdesine bağlı olarak artış göstermektedir. Non-Plastik Siltlerde ortalama içsel sürtünme açısı değer 14,5° iken bu değer Yüksek Plastisiteli Siltlerde sıfıra inmektedir.

Zeminlerin özgül ağırlık değerleri incelendiğinde bu değerlerin zemin sınıfından etkilendiği ve Yüksek Plastisiteli Silt (MH)'lerin özgül ağırlık değerinin Non-Plastik Silt'lere göre daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca, aynı sınıfa ait zeminlerin özgül ağırlıklarında meydana gelen ani azalmaların bu seviyelerdeki artan organik malzemeden kaynaklanabileceğini söylemek mümkündür.

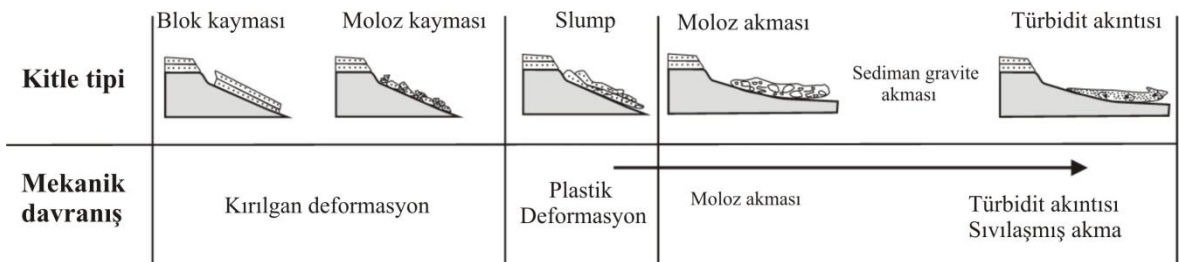
6. SU ALTI (SUBMARİNE) KİTLE HAREKETLERİ

Kıta kenarları ve şelf alanları birkaç km kalınlığa ulaşabilen büyük sedimanter serileri içeren önemli çökel alanlarını temsil etmektedir. Bu alanlarda biriken farklı özelliklerdeki sedimanlar zaman içerisinde çeşitli faktörlerin etkisi ile hareket edebilmekte ve kitle hareketleri gelişebilmektedir. Bu kitle hareketlerine su altı kitle hareketleri (Submarine mass movement) adı verilmektedir. Bu hareketlerin oluşmasında biriken sedimanın kalınlığı ve türü önemli derecede rol oynarken, dinamik etkenler (deprem gibi) de hareketin oluşmasında etkili olabilmektedir.

Su altı kitle hareketleri konusunda yapılan çalışmalarda (Hampton vd., 1996; Shanmugam, 2000; Mulder ve Alexander, 2001) bu hareketlerle ilgili olarak çeşitli sınıflamalar yapılmıştır. Araştırmacılar, su altında oluşan kitle hareketleri genel olarak blok ve moloz kaymaları, slumplar, moloz akmaları ve türbidit akıntıları olarak sınıflandırmışlardır (Şekil 4.101).

Kaymalar (slide), kitlelerin ve blokların düzlemsel bir kayma yüzeyi boyunca aşağı doğru hareket ettiği kayma tipidir. Kayan kitlede deformasyon gözlenmemekle birlikte kayma yüzeyinde küçük deformasyonlar gözlenebilmektedir. Kayan kitlenin özelliğine bağlı olarak blok kayması veya moloz kayması olarak adlandırılırlar (Maltman, 1994).

Dairesel yüzeyli kaymalar (slump), blok ve kütlelerin plastik deformasyon ile yamaç aşağı doğru kaydığı ve kaymanın konkav bir yüzey üzerinde gerçekleştiği hareket tipidir (Maltman, 1994).



Şekil 4.101. Derin denize taşınan sedimanların kitle hareket prosesleri ve mekanik davranışları (Middleton ve Hampton, 1973; Nardin vd., 1979; Shanmugam, 2000; Mulder ve Alexander, 2001).

Akmalar ise moloz akması ve türbiditik akmalar şeklinde oluşan hareket tipidir. Yamaç veya şelflerde biriken malzeme kendi ağırlığının etkisiyle yamaç aşağı doğru şelf yüzeyi boyunca aşağı doğru hızlı bir şekilde hareket eder. Akan malzemeye ve akış tipine bağlı olarak moloz akması veya türbiditik akmalar olarak isimlendirilmektedirler.

Bu çalışmanın esas amacı Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi olmakla birlikte, sığ-sismik profillerde göl yamaçlarında su altında meydana gelmiş olan kitle hareketlerinin varlığının belirlenmiş olması (Şekil 4.6, 4.7, 4.8), bu hareketlerin de araştırılması ve oluşum süreci ile hareketlerin oluşumunda etkin olan faktörlerin ortaya konulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ancak, bu tür çalışmalarda daha detaylı incelemelere ve de verilere gereksinim vardır. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler, bu kitle hareketlerinin oluşum mekanizması ve nedenlerini ortaya koyabilmek için yeterli değildir. Bu nedenle, bu bölümde sismik profillerde belirlenmiş olan su altı kitle hareketlerinin gölün hangi kesimlerinde, hangi tip zeminlerde olduğu ve hangi tip kitle hareketlerinin gözlemlendiği konusu üzerinde durulmuştur.

26-1, 9 ve 20-3 nolu sığ sismik profiller incelendiğinde, bu sismik hatlar boyunca Hazar Gölü'nün kuzey yamaçlarında su altı kitle hareketlerine rastlanmaktadır. Kitle hareketlerinin olduğu birimlerin hepsi Holosen yaşlıdır (TÜBİTAK 111Y045, 2011). Bu çalışma kapsamında da özelliklerinin incelendiği Holosen çökeller sıkılaşmamış, boşluk oranı oldukça yüksek ve ince taneli çökellerdir. Bu tip çökellerde gözlenen kitle hareketleri plastik deformasyonunda eşlik ettiği slup tipi hareketlerdir. Nitekim sığ-sismik profillerdeki hareketler incelendiğinde, meydana gelen plastik deformasyonun etkilerini ve düzlemsel olmayan kayma yüzeylerini açıkça görmek mümkündür. Ancak, bu hareketlerin oluşumunda etken olan faktörler hakkında şu aşamada herhangi bir öngöründe bulunmak zordur. Hareketlerin artan çökel kalınlığından mı, herhangi bir dinamik etkenden mi yoksa her ikisinden mi kaynaklandığını söyleyebilmek için daha ileri aşamada, detaylı çalışmalara ve modelleme çalışmalarına ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Hazar Gölü çökellerinin mühendislik özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, gölde daha önce yapılmış ve halen devam etmekte olan değişik amaçlı bilimsel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında belirlenen noktalardan örselenmemiş örnekler alınarak jeomekanik deneyler gerçekleştirilmiş ve göl çökellerinin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Hazar Gölü'nün orta ve batı kesiminden alınan gravite ve piston karotlara ait örselenmemiş zemin örneklerinde öncelikle tane boyu analizleri, likit limit ve plastik limit deneyleri gerçekleştirilerek zemin sınıflamaları yapılmıştır. Yapılan sınıflamalar sonucunda gölün orta kesiminden alınan karotlardaki zeminin sınıfı Yüksek Plastisiteli Silt (MH) olarak belirlenmiştir. Ancak, batı kesiminden alınan karotların üst seviyeleri (gravite karotlarındaki) zeminlerin sınıfı Yüksek Plastisiteli Silt (MH) iken, daha alt seviyelerden örnekleme yapıldığı piston karotlardaki zeminlerin sınıfı ise Non-Plastik Silt'tir. Zemin sınıfındaki bu farklılık karotların alındığı noktalar ile Hazar Gölü'nde biriken çökelleri besleyen akarsuların göle giriş noktaları arasındaki mesafeden kaynaklanmaktadır. Hazar Gölü'ne sediman girişi yoğun olarak Kürk Çayı ve Zıkkım Dere'den olmaktadır. Bu iki akarsuyun göle ulaşmasıyla birlikte taşınan sedimanlar tane boyutuna göre çökelmektedir. Böylece, bu akarsuların Hazar gölüne giriş yaptığı alanlarda çökelen zeminler daha iri taneli iken, gölün orta kesimlerine doğru gidildikçe tane boyutu önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle Hazar Gölü'nün batı kesimine (Kürk Çayı'nın göle giriş yaptığı kesime) yakın alanlardan alınan karot örneklerde maksimum % 38' e varan kum boyutu malzeme bulunmaktadır ve buna bağlı olarak da zemin plastiklik özelliğini kaybetmektedir.

2. Yüksek Plastisiteli Silt ve Non-Plastik Siltlerin birim hacim ağırlık, su içeriği, porozite, boşluk oranı, özgül ağırlık gibi indeks özellikleri yapılan deneylerle belirlenmiştir. Bu deneyler sonucunda; Yüksek Plastisiteli Siltlerin ortalama doymun birim hacim ağırlığı $1,4 \text{ gr/cm}^3$, kuru birim hacim ağırlığı $0,63 \text{ gr/cm}^3$, su içeriği % 129,84, boşluk oranı % 324,90, porozitesi % 75,06, özgül ağırlığı ise 2,56'dır.

Non-Plastik Siltlerde ortalama doymun birim hacim ağırlık $1,84 \text{ gr/cm}^3$, kuru birim hacim ağırlık $1,39 \text{ gr/cm}^3$, su içeriği % 33,72, boşluk oranı % 100,28, porozite % 49,65 ve özgül ağırlık 2,75'dir.

3. Hem Yüksek Plastisiteli Silt (MH) hem de Non-Plastik Silt türü zeminlerin derinlikle değişimleri incelendiğinde en belirgin değişimlerin doymuş ve kuru birim hacim ağırlıkları ile porozite ve boşluk oranı değerlerinde gözlenen değişimler olduğu görülmektedir. Kuru ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri derinlikle orantılı olarak artış gösterirken, porozite ve boşluk oranı değerleri ise azalmaktadır. Bu değişim, esas olarak örneklemenin yapıldığı derinlikteki üstteki su kalınlığından kaynaklanan hidrostatik basınçtan, daha az olarak da zemin kalınlığının oluşturduğu gerilmeler sonucundaki sıkışmadan kaynaklanmaktadır.
4. Örselenmemiş örneklerde gerçekleştirilen drenajsız kesme kutusu deneylerinde Yüksek Plastisiteli Siltlerin kohezyonu $0,015 - 0,26 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişirken, Non-Plastik Siltlerin kohezyonu $0,027 - 0,16 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişiklik göstermektedir. Zeminlerin içsel sürtünme açısı ise Non-Plastik Siltlerde ortalama $14,5^\circ$ iken bu değer Yüksek Plastisiteli Siltlerde sıfıra inmektedir. Elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin zemin içerisindeki iri tane yüzdesine bağlı olarak değiştiği gözlenmektedir. Zemin içerisindeki kum yüzdesi arttıkça kohezyon değeri azalmakta, buna karşın içsel sürtünme açısı değerleri ise artış göstermektedir.
5. Zeminlerin özgül ağırlık değerleri incelendiğinde bu değerlerin zemin sınıfından etkilendiği ve Yüksek Plastisiteli Silt (MH)'lerin özgül ağırlık değerinin Non-Plastik Silt'lere göre daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca, aynı sınıfa ait zeminlerin özgül ağırlıklarında meydana gelen ani azalmaların bu seviyelerdeki artan organik malzemeden kaynaklanabileceğini söylemek mümkündür.
6. Hazar Gölü'nden alınan karot örneklerde daha önce yapılmış olan çalışmadaki (TÜBİTAK 111Y045, 2011) yaşlandırma analizlerine göre bu zeminlerinin hepsi Holosen yaşlıdır.
7. Hazar Gölü'nde daha önce gerçekleştirilmiş olan sismik çalışmadan (TUBİTAK 111Y045, 2011) elde edilen sığ-sismik profiller özellikle 26-1, 9 ve 20-3 nolu sığ sismik profiller incelendiğinde, bu sismik hatlar boyunca Hazar Gölü'nün kuzey yamaçlarında su altı kitle hareketlerine rastlanmaktadır. Bu su altı kitle hareketleri bu konuda yapılmış sınıflamalara göre Slump (dairesel kayma yüzeyli ve plastik deformasyonun da olduğu) tipi hareketler olduğu ve Holosen yaşlı çökeller içerisinde olduğu görülmektedir. Ancak, bu hareketlerin oluşumunda etken olan faktörler hakkında şu aşamada herhangi bir öngörüle bulunmak zordur. Hareketlerin artan çököl kalınlığından mı, herhangi bir

dinamik etkenden mi yoksa her ikisinden mi kaynaklandığını söyleyebilmek için daha ileri aşamada, detaylı çalışmalara ve modelleme çalışmalarına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Açıkbaş, D. ve Baştuğ, C.**, 1975. Cacaş-Hani Bölgesinin Kuzeyindeki Alanların Petrol İmkanları ve Jeolojik Raporu. *TPAO Arşivi* (yayınlanmamış), Rapor No: 971.
- Akgül, M.**, 1987. Baskil granitoidinin petrografik ve petrolojik incelenmesi, *Yüksek lisans tezi*, KÜ Fen Bilimleri Enst.(yayınlanmamış), Trabzon.
- Akgül, B., ve Bingöl, A.F.**, 1997. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri, *20. yıl Jeoloji Semp. Bildiriler*, Elazığ, 13-24.
- Aksoy, E.**, 1988. Van ili doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği, *Doktora tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (yayınlanmamış).
- Aksoy, E.**, 1993. Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri (General geological characteristics of western and southern Elazığ region), *Turkish Journal of Earth Sciences* 2, 113-123 (in Turkish with English abstract).
- Aksoy, E. ve Tatar, Y.**, 1990. Van İli doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. *TÜBİTAK Doğa Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 14, 628 - 644.
- Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A.**, 2007. Lake Hazar Basin: a negative flower structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 319-338.
- Akşiray, F.**, 1971. Hazar Gölü'nün Değişik Şartları Hakkında Bilgiler, *Tübitak III. Bilim Kongresi*.
- Aktaş, E. ve Robertson, A. H. F.**, 1984. The Maden Complex SE Turkey; Evolution of the Neotethyan active margin; Dixon, J. E. And Robertson, A.H. F., eds., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean 375-402, London.
- Aktaş, G. ve Robertson, A.H.F.**, 1990. Late Cretaceous–Early Tertiary fore-arc tectonics and sedimentation: Maden Complex, SE Turkey. In: M.Y. Savaşçın and A.H. Eronat, Editors, *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, İzmir–Turkey, pp. 271–276.
- Aktürk, A.**, 1985. Çatak-Narlı (Van) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış), s. 170.
- Alemdağ, S.**, (2010). Simaki Formasyonu siltaşlarının (Elazığ) kaya kütle deformasyon özellikleri, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst.s. 108.
- Allen, C.R.**, 1969. Active faulting in northern Turkey: Contr. 1577, Div. Geol. Sciences, Calif. Inst. Tech., 32 pp.

- Arpat, E., Şaroğlu, F., 1972.** Doğu Anadolu Fayı ile ilgili gözlemler ve düşünceler: *MTA Enst.Dergisi*, **78**, 44-50, Ankara.
- Asutay, H.J., 1985.** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi: A.Ü. Fen Bilimleri Enst. *Doktora Tezi*, (yayınlanmamış), **156**, Ankara.
- Asutay, H.J., 1986** Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Mağmatitleri'nin Petrolojisi, *MTA Dergisi*, S. 27, Ankara.
- ASTM D 422, 1998.** Standart test method for particle-size analysis of soil", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, A.B.D.,
- ASTM D 2216, 1998.** Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass obsolete.
- ASTM D422-63, 2003.** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 854-02, 2003.** Standard Test Method for Specific Gravity of Soils, In: *Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.08, West Conshohocken, 93-9.
- ASTM D 4318-00, 2003.** Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 582-595.
- ASTM D2487-11, 1998.** Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D 3080-98, 2003.** Standart Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. Annual Book of ASTM Standards; 04.08, West Conshohocken, pp. 347-352.
- Atterberg, A., 1911.** Über die Physikalische Bodenuntersuchung, and über die Plastizität der Tone, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Vol. 1, pp. 10-43, Berlin.
- Avşar, N., 1983.** Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropaleontolojik araştırmalar, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış) s. 84.
- Bardet, J.P., 1997.** Experimental Soil Mechanics, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, A.B.D.
- Beuselinck, L., Govers, G., Poesen, J., Degraer, G., Froyen, L., 1998.** "Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method", Catena, Cilt 32, 193-208.
- Bingöl, A.F., 1982.** Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaların petrolojisi, F.Ü. Fen Fak. Derg. 1, 9-21, Elazığ.
- Bingöl, A.F., 1984.** Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region: O. Takeli ve M.C. Göncüoğlu, ed., *Geology of the Taurus Belt*, 209-217, Ankara.

- Bingöl, A.F.**, 1986. Petrographic and Petrologique Characteristic of Intrusive Rocks of Guleman Ophiolite (Eastern Taurus-Turkey), *Geosound*, 13/14, 41-57.
- Bingöl , A.F.**, 1988. Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksek Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus- Turkey), *Jour. Fırat Univ.*, 3(2): 1-17.
- Bingöl, A.F.**, 1987. New findings on the structural setting of the chromites in the Guleman Ophiolitic Massive (Eastern Taurus): *F.Ü. Fak. Derg. S.1, Elazığ*.
- Biricik, A.S.**, 1993. Hazar (Gölcük) Gölü Depresyonu (Elazığ), *Türk Coğr. Derg. Sayı:28*, sf.45-65, İstanbul.
- Bingöl, A.F. ve Beyarslan, M.**, 1996. “*Jeoloji Müh. Bölümü 30. Yıl Sempozyumu*” Bildiriler kitabı, (Ed.: S. Korkmaz ve M. Akçay), KTÜ, Trabzon.
- BS-1377**, 1990. Soils for Civil Engineering Purposes, Part 2: Classification Tests, 4. Determination of the Liquid Limit, British Standard Institution, England.
- Burmister, D.M.**, 1951. Identification and classification of soil An apprasial and statement of principles. ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia
- Casagrande, A.**, 1932. Research on the Atterberg limits of soils. *Pub. Roads*, 13, 121-130, 136.
- Chabut, E.**, 1976. Türkiye'de Jeolojik ve Jeomorfojenik Tetkik Seyahatleri (Tercüme: A. Tanoğlu), İ.Ü. Coğ. Enst. yay. No: 11, İstanbul.
- Çetin, H. Güneyli, H. ve Mayer, L.**, 2000. Dogu Anadolu Fayı (Hazar Gölü-Sincik Segmenti) üzerinde paleosismolojik trench çalışmaları. *ATAG-4 Bildiri özleri*, Sivas, 35-36.
- Çetin, H., Güneyli, H. ve Mayer, L.**, 2003. Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, **374**, 163-197.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C.**, 1979. Aegean and surrounding regions, comlex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone.
- Dewey, J.F., Hempton, M. R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C.**, 1986. Shortening of continental litosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia a young collosion zone: *Geol. Soc: Spec. Publ.*, **19**, 3-36.
- DSİ**, 1960. Elazığ Uluova, *Hazar Gölü'ne Ait Sulama Suyu Tahlil Raporu*, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, 6-603.
- DSİ**, 1970. Uluova ve Elazığ Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu.

- Dunne, L.A. ve Hempton, M.R.**, 1984. Deltaic sedimentation in the Lake Hazar pull-apart basin, south-eastern Turkey, *Sedimentology*, **31**, 401-412.
- Elverhøi, A., Norem, H., Anderson, E.S., Dowdeswell, J.A., Fossen, I., Haflidason, H., Kenyon, N.H., Laberg, J.S., King, E.L., Sejrup, H.P., Solheim, A. ve Vorren, T.**, 1997. On the origin and flow behavior of submarine slides on deep-sea fans along the orwegian–Barents Sea continental magrin, *Geo-Marine Letters*, **17**, 119-125.
- Engin, T., Bağcı, M., Sümer, Y. Ve Özkan, Y.Z.**, 1983. Guleman (Elazığ) krom yatakları ve peridotit biriminin genel jeoloji konumu ve yapısal özellikleri, *MTA Enst. Derg.*, 95/96, 77-100, Ankara.
- Ercan, T., Fujutani, T., Madsuda, J., Notsu, K., Tokel, S. ve Tadahide, U.**, 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu : *MTA dergisi*, **110**, 143- 174, Ankara.
- Erdem, E.**, 1987. Elazığ-Kartaldere-Gölardı köyleri arasındaki magmatitlerin petrografik incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., s. 67.
- Erdoğan, B.**, 1977. Geology, geochemistry and genesis of the sulphide deposits of the Ergani-Maden region, SE Turkey: Univ. of New Brunswick, *Doktora tezi* (yayımlanmamış).
- Erdoğan, B.**, 1982. Ergani-Maden yöresindeki Güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaları. *TJK Bülteni*, **25**, 49-60.
- Erinç, S.**, 1953. Doğu Anadolu Coğrafyası, *İ.Ü. Coğr. Enst.Yay.*, No:15, İstanbul.
- Förster, A., Stegmann, S., Meyer, M., Strozyk, F., Krastel, S., Kopf, A.**, 2007. Geotechnical investigations to characterise landslide-prone slope sediments in the Cretan Sea (Northern Crete). *International Conference and 97th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung eV.*, Bremen, Germany.
- Förster, A., Strasser, M., Strozyk, F., Spagnoli, G., Stegmann, S., Kopf, A.**, 2008. Characterization of landslide-prone slope sediments in the Cretan sea (eastern Mediterranean), *33rd International Geological Congress*, Oslo, Norway.
- Förster, A., Spieß, V., Kopf, A., Dennielou, B.**, 2010 (a). Mass wasting dynamics at the deeper slope of the Ligurian Margin (Southern France). In: Mosher, DC., Shipp, C., Moscardelli, L., Chaytor, J., Baxter, C., Lee, H., and Urgeles, R. (eds.), *Submarine Mass movements and their consequences IV. Advances in Natural and Technological Hazards Series 28*, Springer, pp. 67-77.

- Förster, A., Ellis, R.G., Henrich, R., Krastel, S. ve Kopf, A.J.**, 2010 (b). Geotechnical characterization and strain analyses of sediment in the Mauritania Slide Complex, NW-Africa, *Marine and Petroleum Geology*, **27**, 1175-1189.
- Goodman, R.E.**, 1989. Introduction to Rock Mechanics, 2nd edition, John Wiley & Sons.
- Gülen, L., Barka, A. ve Toksöz, M. N.**, 1987. Kıtaların çarpışması ile ilgili kompleks deformasyon: Maraş üçlü eklemi ve çevre yapıları. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Bült.*, **14**, 319-336.
- Günek, H., Yiğit, A.**, 1995. Hazar Gölü Havzasının Hidrografik Özellikleri, *1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu*, Sayfa: 91-103, Elazığ.
- Gürocak, Z.**, 1993. Sivrice (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 72s.
- Hempton, M.R.**, 1984. Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains), *Geology of Taurus Belts*, 229-235.
- Hempton, M.R.**, 1985. Structure and Deformation History of the Bitlis Suture Zone near Lake Hazar south-eastern Turkey, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **96**, 233-243.
- Hempton, M.R., Savcı, G.**, 1982. Elazığ Volkanik Karmaşığı'nın petrolojik ve yapısal özellikleri, *TJK Bülteni*, C. **25**, 143 – 150.
- Hempton, M.R., Dunne, L.A., Dewey, J.F.**, 1983. Sedimentation in an active strike-slip basin, South-eastern Turkey, *Journal of Geology* **91**, 401-412.
- Herece, E., Akay, E.**, 1992. Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı, *Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri*, 361-372.
- Holtz, R.D. ve Kovacs, W.D.**, 1981. An introduction to geotechnical engineering. Prentice Hall, pp. 27. New Jersey. USA.
- Huntington, E.**, 1902. The valley of the upper Euphrates River and its people, *Geological Society of America Bulletin*, **34**, 301-318.
- İnandık H.**, 1965. Türkiye Gölleri. İ.Ü.Yay. No:1155, Coğr. Enst. Yay. No: 44.
- Kaya, A.**, 1993. Gezin-Maden (Elazığ) çevresinde jeolojik araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 72s.
- Kaya, A.**, 2004. Gezin (Maden-Elazığ) Çevresinin Jeolojisi, *Pamukkale Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **10** (1), 41-50.
- Kim, G.Y., Kim, D.C.**, 2001. Comparison and correlation of physical properties from the plain and slope sediments in the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan), *Journal of Asian Earth Sciences*, **19**, 669-681.

- Koçyiğit, A.,** (2002).‘Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı ve Ağır Hasarın Nedenleri: Akşehir Fay Zonu’, *Cumhuriyet Bilim Teknik*, sayı 779, s.6.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S.,** 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strikeslip faulting, *Geodinam. Acta*, **14**, 177-195.
- Koçyiğit, A., Aksoy, E. ve İnceöz, M.,** 2003. Basic Neotectonic Characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu area, East Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. Excursion Guide Book, International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Palaeoseismology, METU (Ankara, Turkey).
- Lambe, T.W. ve Whitman, R.V.,** 1979. Soil Mechanics, SI Version, John Wiley & Sons.
- Lee, H.J., Chun, S.S., Yoon, S.H., Kim, S.R.,** 1993. Slope stability and geotechnical properties of sediment of the southern margin of Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan), *Marine Geology*, **110** (1-2), 31.
- Lee, C., Yun, T.S., Lee, J.S., Bahk, J.J., Santamarina, J.C.,** 2011. Geotechnical characterization of marine sediments in the Ulleung Basin, East Sea, *Engineering Geology*, **117**, 151–158.
- Leonards, G.A.,** 1962. Foundation engineering, Mc. Graw Hill Book Comp. s.1136.
- Locat, J., Tanaka, H., Oka, F., Tremblay, H., Leroueil, S.,** 1996. Japan and Quebec clays: their nature and related environmental issues Proceedings of the 2nd Environmental Geotechnics, Osaka, vol. 1, pp. 127-132.
- Lu, N., Ristow, G.H. ve Likos, W.J.,** 2000. “The accuracy of hydrometer analysis for fine-grained clay particles”, *Geotechnical Testing Journal*, Cilt 23, No 4, 487-495.
- Ma, Z., Merkus, H. G., de Smet, J.G.A.E., Heffels C., Scarlett, B.,** 2000. “New developments in particle characterization by laser diffraction: size and shape”, *Powder Technology*, Cilt 111, 66-78.
- Maltman, A.,** 1994. The Geological Deformation of Sediments. Chapman & Hall, University Press, Cambridge, 362 pp.
- Malvern, 1993.** “Diffraction Reference, MAN 0073 and Instrument Manuel, MAN 0054”, Malvern Instruments Ltd, Spring Lane South, Worcs, WR14 1AT, U.K.
- Miall, A.D.,** 1997. The Geology of Stratigraphic Sequences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Michard, A., Whitechurch, H., Ricou, L.E., Montigny, R. ve Yazgan E.,** 1984. Tauric Subduction (Malatya-Elazığ province) and its Bearing on Tectonics of the Tethyan Realm in Turkey. In: J. E. Dixon and a. H. F., Robertson (Eds.),

- The geological evolution of the Eastern Mediterranean, *Geol. Soc. Spec. Publ.* No:17, 361-373.
- Middleton, G.V., Hampton, M.A., 1973.** Sediment gravity flows: Mechanics of flow and deposition. In: Middleton, G.V., Bouma, A.H. (Eds), *Turbidites and Deep-water Sedimentation*. Pacific Section SEPM, Los Angeles, CA, pp.1-38.
- Moreno D.G., Hubert-Ferrari A., Moernaut, J., Fraser, J.G., Boes, X., Van D.M., Avsar, U., Çağatay, N. ve Batist, M., 2010.** Structure and recent evolution of the Hazar Basin: a strike-slip basin on the East Anatolian Fault, Eastern Turkey, *Basin Research*.
- MTA, 2008.** DAF boyu jeoloji haritası, Palu ve Şiro Bölütü, *Maden Tetkik Arama*, Ankara.
- MTA, 2010.** Türkiye diri fay haritası serisi, Elazığ NJ 37-7 Paftası, Seri no:45, *Maden Tetkik Arama*, Ankara.
- Muehlberger, W.B., Gordon, M.B., 1987.** Observations on the complexity of the East Anatolian fault, Turkey, *Journal of Structural Geology* **9** (7), 899-903.
- Mulder, T., Alexander, J., 2001.** The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology* **48**, 269-299.
- Nardin, T.R., Hein, F.J., Gorsline, D.S., Edwards, B.D., 1979.** A review of mass movement processes, sediment and acoustic characteristics, and contrasts in slope and base-of-slope systems versus canyon-fan-basin floor systems. In: Doyle, L.J., Pilkey, O. H. (Eds.), *Geology of continental slopes. SEPM Special Publication* **27**, pp. 61-73.
- Özaydın, K., 1997.** Zemin Mekaniği, Birsan Yayınevi, İstanbul, 140-166s.
- Özcelik, M., 1985.** Malatya güneydoğusundaki Maden mağmatik kayaların jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım, *Türkiye Jeol. Kur. Bül.*, **28**, 19-34.
- Özkan, Y.Z., 1982.** Guleman (Elazığ) Ofiyoliti'nin Jeolojisi ve Petrolojisi, *İst. Üniv. Yerbilimleri Derg.*, **3** (1-2), 295-312.
- Özkan, Y.Z., 1983.** Caferi Volkanitleri'nin kökeni sorununa jeokimyasal bir yaklaşım, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **4**, 53-58.
- Özkan, Y.Z., 1984.** Guleman (Elazığ) Ofiyoliti'nin yapısal incelenmesi: *MTA Enst. Derg.*, No:97-98, s.77-85, Ankara.
- Özkan, Y.Z. ve Öztunalı, Ö., 1984.** Petrology of the magmatic rocks of Guleman Ophiolite: Tekeli, O. ve Göncüoğlu, M.C. eds., int. Symp. of the geology on the Taurus Belt, proceedings, 285-294, Ankara.
- Özkaya, İ., 1975.** Sason yöresinin yapısal jeolojisi, *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi*, Tebliğler, 21-30.

- Özkaya, İ.**, 1978. Ergani-Maden Yöresi Stratigrafisi. *Türk. Jeol. Kur. Bült.*, **21**, 129-139.
- Özkul, M.**, 1988. Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış), s.186
- Perinçek, D.**, 1978. Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman ili) alanının jeoloji incelemesi ve petrol olanaklarının araştırılması, *Doktora Tezi* (Yayınlanmamış), İst. Üniv, İstanbul.
- Perinçek, D.**, 1979a. Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları: *TPAO arşiv no*: 1361.
- Perinçek, D.**, 1979b. The geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya Region. *Guid book, Geol. Soc. of Turkey, Spec. Publ.*, **33**.
- Perinçek, D.**, 1980a. Arabistan Kıtası Kuzeyindeki Tektonik Evrimin Kıta Üzerinde Çökelen İstifteki Etkileri, *Türkiye 5. Petrol Kong.*, *Tebliğler*, 77-93.
- Perinçek, D. ve Çelikdemir, M.E.** 1979. Geology and Petroleum Possibilities of Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya Region.TPAO Arşivi (yayınlanmamış), Rapor No: 1361.
- Perinçek, D. ve Özkaya, İ.**, 1981. Arabistan kıtası kuzey kenarının tektonik evrimi, *Yerbilimleri*, **8**, 91-101.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H.**, 1984. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus): Tekeli, O. ve Göncüoğlu, M.C., eds. int. Symp. on the geology of the Taurus Belt Proceedings, 181-198.
- Perinçek, D., Günay, Y. ve Kozlu, H.**, 1987. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler, *Türkiye 7. Petrol Kongresi, Bildirileri*.
- Rajasekaran, G.**, 2006. Influence of microfossils and pyrites on the behaviour of oceanbed sediments, *Ocean Engineering*, **33**, 517-529.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G.**, 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research* **111**, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
- Rigo De Righi, M., and Cortesini, A.**, 1964. Gravity tectonics in Foothill structure of southeast Turkey: *Amer. Assoc. Petrol. Geologist Bull.*, **48**, 1911-1937.

- Salır, S., İpek, N., Aslan, S., 2011.** Kürkçayı Nehri'nin Zooplankton toplulukları (Elazığ-Türkiye), *Journal of Fisheries Sciences* **5** (3), 219-2011.
- Sarı, E. ve Çağatay, N., 2010.** Marmara Denizi doğusunda Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde karot çalışmaları: Deniz seviyesi değişimi ve fay etkinliği ile ilgili bulgular, *MTA dergisi*, **140**, 1-19.
- Seymen, İ., Aydın, A., 1972.** Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkisi: *MTA derg.*, **79**, 1-9.
- Shanmugam, G., 2000.** 50 years of the turbidite paradigm (1950s - 1990s): deep-water processes and facies models - a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology* **17**, 285-342.
- Strozky, F., Strasser, M., Förster, A., Kopf, A. ve Huhn, K., 2010.** Slope failure repetition in active magrin environments-constraints from submarine landslides in the Hellenic forearc, eastern Mediterranean *Journal of Geophysical Research*, **115**, B08103, doi:10.1029/2009JB006841.
- Sungurlu, O., 1979.** GD sürüklenim kuşağı Tersiyer sürüklenimleri: 33, JK Bilimsel ve Teknik Kurultayı bildiri özetleri, 121-122.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H., 1985.** Elazığ- Palu Alanının Jeolojisi, *T.C. Pet. İşl. Gn. Md. Derg.*, **29**, 83-190.
- Sürmelihindi, E.G., 2009.** Hazar Gölü (Elazığ) çökellerinde Holosen'deki iklim kayıtları, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi-Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, s. 99.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1987.** Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrimi ve Havza Modelleri: *MTA Dergisi*, **107**, 73-94, Ankara.
- Şen, B., Koçer, M.A.T. ve Alp, M.T., 2002.** "Hazar Gölü'ne Boşalan Akarsuların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri". *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **14**(1), 241-248.
- Şengör, A.C.M., 1980.** Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: *TJK konferanslar serisi*, **2**, 40s.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, **75**, 181-224.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1983.** Türkiye' de Tetis' in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *TJK yerbilimleri özel dizisi*, No:1, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., 1985.** Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: *Strike-slip Faulting and Basin Formation* (Ed. By K.T. Biddle ve N. Christie-Blick), soc. Econom. Paleontol. Mineral., Spec. Publ., 227-267.

- Tanaka, H., Locat, J.,** 1999. A microstructural investigation of Osaka Bay clay: the impact of microfossils on its mechanical behaviour, *Can. Geotech. J.* **36**, 493-508.
- Tatar, Y.,** 1987. Elazığ Bölgesi'nin genel tektonik yapıları ve Landsat fotoğrafları üzerinden yapılan bazı gözlemler. *H.Ü. Yerbilimleri Ens. Derg.* **14**, 295-308.
- Tatar, Y., Turan, M. ve Aksoy, E.,** 1995. "Hazar Gölü Yakın Çevresinin Jeolojisi ve Göl'ün Oluşumu" 1. *Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, Yayın No:2, 1-13, Sivrice Kaymakamlığı (Elazığ).
- TUBİTAK,** 2011. Hazar Gölü'nde (Elazığ) Pleyistosen-Holosen dönemi yüksek çözünürlüklü iklim ve su seviyesi değişimleri, Proje No: 111Y045.
- Tuna, E. ve Dülger, S.,** 1979. Elazığ-Palu-Pertek Bölgesinin Jeolojisi. *TPAO Arşivi* (yayınlanmamış), Rapor No: 1363.
- Turan, M.,** 1984. Baskil-Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst. (Yayınlanmamış), s. 180.
- Turan, M.,** 1993. Elazığ yakın civarındaki bazı önemli tektonik yapılar ve bunların bölgenin jeolojik evrimindeki yeri, *A.Suat Erk Jeoloji Sim.*(2-5 Eylül 1991), Bildirileri, s. 193-204.
- Turan, M. ve Bingöl, A.F.,** 1991. Tectono-stratigraphic characteristics of the region between Kovancılar-Baskil, Elazığ, Turkey, In: Yetiş, C (ed.) Proceedings of Ahmet Acar Geology Symposium. Çukurova University, Adana, Turkey, 213-227.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F.,** 1993. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri'nin 25. Yılı sempozyumu bildirileri*, 15-18 Kasım, Ankara.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F.,** 1995. Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri. *F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi* **7** (2), 177-199.
- Turan, M ve Gürocak, Z.,** 1997. Sivrice (Elazığ) Bölgesinde Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Özellikleri, *Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği 20. Yıl Sempozyumu*, 465-477, Konya.
- Ulusay, R.,** 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 2. Baskı, TBMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 38, Ankara, 385s.
- Uzuner, B.A.,** 1998. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara, 376s.

- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, S.,** 2008. Research of Physical and Chemical Parameters of Water in Lake Hazar, *Mimarlık-mühendislik Fakültesi Dergisi*, Gazi Üniversitesi **23** (1), 119-127.
- Vitton, S.J ve Sadler, L.Y.,** 1997. "Particle size analysis of soils using laser light scattering and X-Ray absorption technology", *Geotechnical Testing Journal*, Cilt 20, No 1, 63-73.
- Yalçın, N.,** 1985. Kenar kıvrımları kuşağının jeolojik evrimine bir yaklaşım, İzdar, E. ve Nakoman, E., ed., *Ege Bölgeleri Jeolojisi VI. Kolokyomu*, 217-223, İzmir.
- Yazgan, E.,** 1981. Doğu Toroslarda etkin bir kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), *H.Ü. Yerbilimleri*, **7**, 83-104.
- Yazgan, E.,** 1983. A geotraverse Between the Arabian Platform and the Munzur Nappes, *Geology of the Taurus Belt, Int. Symp. Guide Book for Excursion V.*, **17**, MTA Ankara.
- Yazgan, E.,** 1984. "Geodynamics Evolution of the Southern Taurides in the Region" In: O. Tekeli and M. C. Göncüoğlu (Eds.), *Geology of the Taurus Belt, Int. Symp., Proceedings*, 199-208.
- Yazgan, E., Gültekin, M.C., Poyraz, N. ve Yıldırım, H.,** 1984. Malatya güneydoğusunun jeolojisi ve Doğu Toroslar'ın jeodinamik evrimi, *MTA arşivi raporu*, 297 (Yayımlanmamış).
- Yazgan, E., ve Chessex, R.,** 1991. Geology and Tectonic Evolution of the Southeastern Taurides in the Region of Malatya, *Turk Assoc Petrol Geol.*, **3**:1-42.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, C.Ş.,** 1993. Ophiolitic and Metamorphic Assemblages of Southeast Anatolia and Their Significance in the Geological Evolution of the Orogenic Belt, *Tectonics*, **12**, 1280-1297.
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Yılmaz, Y.,** 1993. "Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Maden Grubu'nun Tektonik Konumu ve Jeolojik Önemi A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 251-264, 2-5 Eylül 1993, Ankara.
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Yılmaz, Y.,** 1991. Tectonic setting and geological significance of the Maden complex, SE Anatolia; *TERRA-Abstracts*, v.3, n.1, EUG VI, Strasbourg, p.255.
- Yiğitbaş, E. ve Yılmaz, Y.,** 1996. New evidence and solution the Maden complex controversy of the southeast Anatolian orogenic belt (Turkey), *Geologische Rundschau*, **85**, 250-263.
- Yun, T.S., Narsilio, G.A., Santamarina, J.C.,** 2006. Physical characterization of core samples recovered from Gulf of Mexico, *Marine and Petroleum Geology*, **23**, 893-900.

- Zhang, Z., ve Tumay, M.T.,** 1995. "Granulometric evaluation of particle size using suspension pressure during sedimentation", *Geotechnical Testing Journal*, **18** (1): 121-129.
- Whyte, I.L.,** 1982. Soil plasticity and strength-A new approach for using extrusion, *Ground Eng.*, Vol.15(1), pp. 16-24.
- Wen, B., Aydın, A., Aydın-Duzgoren, N.S.,** 2002. "A comparative study of particle size analysis by sieve-hydrometer and laser diffraction methods", *Geotechnical Testing Journal*, Cilt 25, No 4, 434-442.
- Winters, W.J., Dugan, B., Collett, T.S.,** 2008. Physical properties of sediments from Keathley Canyon and Atwater Valley, JIP Gulf of Mexico gas hydrate drilling program, *Marine and Petroleum Geology*, **25**, 896-905.

EK 1. TANE BOYU ANALİZ SONUÇLARI

Ek 1. Tane boyu analiz sonuçları

ELEK ANALİZİ							
Karot Adı	HZ11-G01	HZ11-G03	HZ11-G08	HZ11-G09 (a)	HZ11-G09 (b)	HZ11-G09 (c)	HZ11-G11 (a)
Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)
10	0,002009	0,001912	0,001673	0,001421	0,00251	0,001924	0,001943
20	0,003576	0,003373	0,002534	0,002143	0,005124	0,003261	0,003542
25	0,004394	0,004241	0,00318	0,002537	0,006598	0,004154	0,004406
30	0,005193	0,005032	0,003897	0,003108	0,008401	0,004972	0,00527
40	0,007423	0,007187	0,005113	0,004352	0,012616	0,007563	0,00775
50	0,010563	0,01022	0,006713	0,005612	0,017565	0,012766	0,011206
60	0,014919	0,014448	0,00896	0,007529	0,023345	0,021812	0,015982
70	0,021253	0,020865	0,012026	0,010387	0,03036	0,033038	0,022941
75	0,025579	0,0255	0,014029	0,012378	0,034838	0,039818	0,027693
80	0,031235	0,031651	0,016529	0,014926	0,040445	0,047603	0,034085
90	0,053205	0,052071	0,024833	0,023407	0,05769	0,069579	0,054454
100	0,2064	0,154633	0,058082	0,057453	0,150195	0,159255	0,153287

Ek 1.'in devamı

ELEK ANALİZİ							
Karot Adı	HZ11-G11 (b)	HZ11-G11 (c)	HZ11-G12 (a)	HZ11-G12 (b)	HZ11-P05 (a)	HZ11-P05 (b)	HZ11-P05 (c)
Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)
10	0,002512	0,003507	0,001921	0,001669	0,00442	0,009081	0,020377
20	0,004933	0,006827	0,003314	0,0028	0,009007	0,021372	0,038283
25	0,006232	0,009106	0,004179	0,003818	0,011664	0,027247	0,0441
30	0,007883	0,011663	0,004942	0,004736	0,014379	0,033167	0,048823
40	0,011937	0,017415	0,006988	0,007715	0,019847	0,044869	0,056985
50	0,017205	0,023889	0,009917	0,014478	0,025811	0,054599	0,064409
60	0,024495	0,031274	0,01404	0,025423	0,033426	0,06355	0,072092
70	0,035654	0,041153	0,020221	0,040378	0,045861	0,072877	0,08098
75	0,043261	0,04784	0,024648	0,049334	0,056565	0,078154	0,08605
80	0,051927	0,056371	0,030567	0,059445	0,075638	0,084176	0,09309
90	0,076698	0,08438	0,052481	0,091915	0,25974	0,103969	0,123246
100	0,321544	0,186875	0,125219	0,320413	0,514186	0,509507	2,090258

Ek 1.'in devamı

ELEK ANALİZİ					
HZ11-P06 (a)		HZ11-P06 (b-c)		HZ11-P06 (d)	
Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)	Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)	Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)
10	0,006065	10	0,004636	10	-
20	0,014103	20	0,012201	20	0,004409
25	0,017903	25	0,01638	25	0,005682
30	0,021521	30	0,020214	30	0,007545
40	0,028136	40	0,027569	40	0,012128
50	0,034578	50	0,035307	50	0,017224
60	0,041341	60	0,0443	61,29	0,075
70	0,04902	70	0,055692	72,4	0,15
75	0,053523	75	0,063191	77,59	0,25
80	0,058695	80	0,073274	82,58	0,425
83,81	0,075	84,98	0,075	91,13	1,18
93,45	0,15	97,18	0,15	95,02	2,36
96,91	0,25	98,9	0,25	98,23	4,75
99,26	0,425	99,86	0,425	-	-
99,91	1,18	-	-	-	-

ELEK ANALİZİ				
Karot Adı	HZ11-P14 (a)	HZ11-P14 (b)	HZ11-P14 (c)	HZ11-P14 (d)
Toplam Geçen (%)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)	Tane Çapı (mm)
10	0,001825	0,00197	0,003404	0,00193
20	0,003078	0,003557	0,006786	0,003587
25	0,003884	0,004359	0,009197	0,004509
30	0,004592	0,005137	0,01204	0,005449
40	0,006335	0,007323	0,019295	0,008178
50	0,009349	0,010779	0,028816	0,012172
60	0,014982	0,016379	0,040665	0,01801
70	0,027401	0,025586	0,053888	0,026767
75	0,042054	0,032186	0,061384	0,033323
80	0,069893	0,041055	0,070174	0,043296
90	0,242729	0,063903	0,0979	0,095959
100	0,452987	0,316353	0,309424	0,452981

EK 2. LİKİT LİMİT DENEY SONUÇLARI

Ek 2. Likit limit deney sonuçları

LİKİT LİMİT DENEYİ																
ÖRNEK NO	HZ11-G01				HZ11-G03			HZ11-G08				HZ11-G09 (a)				
Kap No	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	
Vuruş Sayısı	75	56	28	10	32	29	16	58	47	23	21	34	26	16	13	
Kap Ağırlığı (gr)	78,43	77,74	77,97	77,69	81,66	77,64	75,55	75,55	77,64	81,48	80,37	78,13	78,06	77,97	78,42	
Kap+Yaş Numune (gr)	85,16	85,73	87,71	85,88	90,34	87,97	83,57	82,21	83,98	88,84	85,95	85,57	86,25	88,65	87,82	
Yaş Numune (gr)	6,73	7,99	9,74	8,19	8,68	10,33	8,02	6,66	6,34	7,36	5,58	7,44	8,19	10,68	9,4	
Kap+Kuru Numune (gr)	82,90	82,99	84,15	82,65	86,98	83,95	80,33	80,07	81,93	86,36	84,06	82,64	82,95	84,18	83,86	
Kuru Numune (gr)	4,47	5,25	6,18	4,96	5,32	6,31	4,78	4,52	4,29	4,88	3,69	4,51	4,89	6,21	5,44	
Su İçeriği (%)	50,56	52,19	57,61	65,12	63,16	63,71	67,78	47,35	47,79	50,82	51,22	64,97	67,48	71,98	72,79	
Likit Limit (%)	58,00				64,80			50,60				68,20				
ÖRNEK NO	HZ11-G09 (b)				HZ11-G09 (c)				HZ11-G11 (a)				HZ11-G11 (b)			
Kap No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vuruş Sayısı	37	25	15	12	40	32	23	11	34	29	19	13	45	34	22	18
Kap Ağırlığı (gr)	77,89	81,75	80,38	81,32	77,64	77,69	78,08	80,96	81,96	81,46	82,10	77,80	78,12	81,96	80,98	77,87
Kap+Yaş Numune (gr)	85,55	89,73	88,15	89,76	86,93	86,16	87,32	93,28	90,25	87,90	89,10	87,41	82,71	88,68	89,61	84,90
Yaş Numune (gr)	7,66	7,98	7,77	8,44	9,29	8,47	9,24	12,32	8,29	6,44	7,00	9,61	4,59	6,72	8,63	7,03
Kap+Kuru Numune (gr)	82,35	86,28	84,71	85,97	83,11	82,58	83,28	87,53	87,30	85,55	86,45	83,70	80,79	85,81	85,73	81,57
Kuru Numune (gr)	4,46	4,53	4,33	4,65	5,47	4,89	5,2	6,57	5,34	4,09	4,35	5,9	2,67	3,85	4,75	3,7
Su İçeriği (%)	71,75	76,16	79,45	81,51	69,84	73,21	77,69	87,52	55,24	57,46	60,92	62,88	71,91	74,55	81,68	90,00
Likit Limit (%)	75,80				77,80				58,40				82,00			

Ek 2.' in devamı

ÖRNEK NO	HZ11-G11 (c)				HZ11-G12 (a)				HZ11-G12 (b)				HZ11-P14 (a)			
Kap No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vuruş Sayısı	43	42	22	13	53	47	25	22	29	27	23	18	64	53	22	11
Kap Ağırlığı (gr)	77,57	81,01	81,69	78,30	78,07	78,06	82,08	78,41	80,96	81,33	81,75	77,89	78,50	82,08	80,99	80,37
Kap+Yaş Numune (gr)	85,73	91,72	91,32	88,52	84,55	86,34	90,66	87,01	86,30	88,29	87,00	83,39	86,45	94,69	90,66	95,77
Yaş Numune (gr)	8,16	10,71	9,63	10,22	6,48	8,28	8,58	8,6	5,34	6,96	5,25	5,5	7,95	12,61	9,67	15,40
Kap+Kuru Numune (gr)	81,89	86,67	86,68	83,47	81,99	83,01	87,09	83,39	84,13	85,45	84,82	81,06	83,22	89,54	86,38	88,35
Kuru Numune (gr)	4,32	5,66	4,99	5,17	3,92	4,95	5,01	4,98	3,17	4,12	3,07	3,17	4,72	7,46	5,39	7,98
Su İçeriği (%)	88,89	89,22	92,99	97,68	65,31	67,27	71,26	72,69	68,45	68,93	71,01	73,5	68,43	69,03	79,41	92,98
Likit Limit (%)	92,60				71,30				70,00				78,00			
ÖRNEK NO	HZ11-P14 (d)															
Kap No	1	2	3	4												
Vuruş Sayısı	64	53	22	11												
Kap Ağırlığı (gr)	78,50	82,08	80,99	80,37												
Kap+Yaş Numune (gr)	86,45	94,69	90,66	95,77												
Yaş Numune (gr)	7,95	12,61	9,67	15,40												
Kap+Kuru Numune (gr)	83,22	89,54	86,38	88,35												
Kuru Numune (gr)	4,72	7,46	5,39	7,98												
Su İçeriği (%)	68,43	69,03	79,41	92,98												
Likit Limit (%)	78,00															

EK 3. PLASTİK LİMİT DENEY SONUÇLARI

Ek 3. Plastik limit deney sonuçları

PLASTİK LİMİT DENEYİ														
ÖRNEK NO	HZ11-G01					HZ11-G03				HZ11-G08				
Kap No	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Kap Ağırlığı (gr)	77,68	78,06	77,87	81,71	78,28	75,57	77,57	81,01	78,28	77,82	78,05	78,47	77,75	81,66
Kap+Yaş Numune (gr)	81,54	83,09	82,82	86,96	82,27	82,50	82,94	86,13	83,49	81,85	82,19	81,92	81,56	84,00
Yaş Numune (gr)	3,86	5,03	4,95	5,25	3,99	6,93	5,37	5,12	5,21	4,03	4,14	3,45	3,81	2,34
Kap+Kuru Numune (gr)	80,56	81,81	81,56	85,64	81,33	80,64	81,53	84,88	82,19	80,86	81,22	81,09	80,62	83,47
Kuru Numune (gr)	2,88	3,75	3,69	3,93	3,05	5,07	3,96	3,87	3,91	3,04	3,17	2,62	2,87	1,81
Su İçeriği (%)	34,03	34,13	34,15	33,59	30,82	36,69	35,61	32,30	33,25	32,57	30,60	31,68	32,75	29,28
Plastik Limit (%)	33,34					34,46				31,38				
Plastisite İndisi (%)	24,66					30,34				19,22				
ÖRNEK NO	HZ11-G09 (a)					HZ11-G09 (b)					HZ11-G09 (c)			
Kap No	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
Kap Ağırlığı (gr)	81,36	80,53	81,54	78,12	81,47	81,96	77,90	81,32	78,34	81,00	77,58	75,57	81,01	
Kap+Yaş Numune (gr)	85,93	85,53	85,54	82,27	85,27	86,17	82,72	85,91	81,58	85,29	82,79	79,62	86,69	
Yaş Numune (gr)	4,57	5,00	4,00	4,15	3,8	4,21	4,82	4,59	3,24	4,29	5,21	4,05	5,68	
Kap+Kuru Numune (gr)	84,68	84,15	84,42	81,08	84,11	84,92	81,32	84,59	80,67	84,05	81,25	78,44	85,07	
Kuru Numune (gr)	3,32	3,62	2,88	2,96	2,64	2,96	3,42	3,27	2,33	3,05	3,67	2,87	4,06	
Su İçeriği (%)	37,65	38,12	38,89	40,20	43,94	42,23	40,94	40,37	39,06	40,66	41,96	41,11	39,90	
Plastik Limit (%)	38,72					41,31					40,91			
Plastisite İndisi (%)	29,48					34,49					36,89			

PLASTİK LİMİT DENEYİ															
ÖRNEK NO	HZ11-G11 (a)				HZ11-G11 (b)					HZ11-G11 (c)					
Kap No	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Kap Ağırlığı (gr)	77,95	77,92	78,31	136,30	79,28	80,96	78,50	77,97	82,08	80,39	78,47	79,38	79,80	78,80	
Kap+Yaş Numune (gr)	81,79	83,68	82,30	139,62	83,51	84,20	82,05	82,18	86,15	85,77	85,20	87,02	85,17	86,42	
Yaş Numune (gr)	3,84	5,76	3,99	3,32	4,23	3,24	3,55	4,21	4,07	5,38	6,73	7,64	5,37	7,62	
Kap+Kuru Numune (gr)	80,69	82,10	81,27	138,72	82,28	83,17	80,94	80,93	84,97	83,85	82,78	84,20	83,28	83,59	
Kuru Numune (gr)	2,74	4,18	2,96	2,42	3,00	2,21	2,44	2,96	2,89	3,46	4,31	4,82	3,48	4,79	
Su İçeriği (%)	40,15	37,80	34,80	37,19	41,00	46,61	45,49	42,23	40,83	55,49	56,15	58,51	54,31	59,09	
Plastik Limit (%)	37,49				43,23					56,72					
Plastisite İndisi (%)	20,91				38,77					35,88					
ÖRNEK NO	HZ11-G12 (a)			HZ11-G12 (b)					HZ11-P14 (a)			HZ11-P14 (d)			
Kap No	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4
Kap Ağırlığı (gr)	81,71	77,88	80,98	81,75	78,12	78,43	80,38	77,65	78,06	79,30	81,71	81,21	78,06	81,46	77,92
Kap+Yaş Numune (gr)	86,67	82,94	87,06	86,14	83,02	80,86	84,76	83,16	88,00	86,61	87,43	88,79	88,32	93,00	87,64
Yaş Numune (gr)	4,96	5,06	6,08	4,39	4,9	2,43	4,38	5,51	9,94	7,31	5,72	7,58	10,26	11,54	9,72
Kap+Kuru Numune (gr)	85,16	81,41	85,23	84,93	81,66	80,15	83,51	81,58	84,96	84,25	85,65	85,82	84,17	88,30	83,81
Kuru Numune (gr)	3,45	3,53	4,25	3,18	3,54	1,72	3,13	3,93	6,9	4,95	3,94	4,61	6,11	6,84	5,89
Su İçeriği (%)	43,77	43,34	43,06	38,05	38,42	41,28	39,94	40,20	44,06	47,68	45,18	64,43	67,92	68,71	65,03
Plastik Limit (%)	43,39			39,58					45,64			66,52			
Plastisite İndisi (%)	27,91			30,42					32,36			31,28			

EK 4. KESME KUTUSU DENEY SONUÇLARI

Ek 4. Kesme kutusu deney sonuçları

Örnek No	Deney No	Normal Gerilme (σ , kg/cm ²)		Kesme Gerilmesi (τ , kg/cm ²)
		Alan (cm ²)	Yük (kg)	
HZ11-G01	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-G03	1	37,21	20	0,54
	2	37,21	30	0,81
HZ11-G08	1	37,21	20	0,54
	2	37,21	30	0,81
HZ11-G09 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-G09 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-G09 (c)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-G11 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-G11 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-G11 (c)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-G12 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-G12 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P05 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
HZ11-P05 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P05 (c)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P06 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P06 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
	4	37,21	40	1,07
HZ11-P06 (c)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81

Ek 4.'ün devamı

Örnek No	Deney No	Normal Gerilme (σ , kg/cm ²)		Kesme Gerilmesi (τ , kg/cm ²)
		Alan (cm ²)	Yük (kg)	
HZ11-P06 (d)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P14 (a)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P14 (b)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P14 (c)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81
HZ11-P14 (d)	1	37,21	10	0,27
	2	37,21	20	0,54
	3	37,21	30	0,81

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2004 yılında girdiği Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden, 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nde başladığı Yüksek Lisans öğrenimini 2011 yılında tamamladı. 2010 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olma hakkını kazanarak akademik kariyerine başladı ve hala aynı görevi sürdürmektedir. 2011 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalında ikinci yüksek lisansına başladı.