

**HAZAR GÖLÜ'NDE (ELAZIĞ) GEÇ PLEYİSTOSEN-HOLOSEN
DÖNEMİ İKLİMSEL DEĞİŞİMLERİN SEDİMANTOLOJİK
VE JEOKİMYASAL BULGULAR İLE SAPTANMASI**

Tuğçe Nagihan ARSLAN

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ

HAZİRAN-2014

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZAR GÖLÜ'NDE (ELAZIĞ) GEÇ PLEYİSTOSEN-HOLOSEN DÖNEMİ İKLİMSEL
DEĞİŞİMLERİN SEDİMANTOLOJİK VE JEOKİMYASAL BULGULAR İLE
SAPTANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe Nagihan ARSLAN

(121116111)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Haziran 2014

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 2014

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ(F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Özlem Öztekin OKAN (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Özgür CANPOLAT (F.Ü)

HAZİRAN-2014

ÖNSÖZ

“Hazar Gölü’nde (Elazığ) Geç Pleyistosen-Holosen dönemi iklimsel değişimlerin sedimantolojik ve jeokimyasal bulgular ile saptanması” başlıklı bu çalışma Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Genel Jeoloji Anabilim Dalında 2012-2014 yılları arasında Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında maddi manevi her türlü desteği sağlayan, katkı ve yardımlarını esirgemeyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)’na teşekkür ederim.

Öncelikle bu çalışmanın hazırlanmasında tez yürütücülüğünü üstlenen ve beni yönlendiren, tezimin her aşamasında bilimsel düşüncelerini esirgemeyen, maddi ve manevi yönden desteğini esirgemeyen, Deniz ve Göl Jeolojisi’ni bana sevdiren benimseten, yaptığı çalışmalarla emsal teşkil eden ve bilimsel hayatımda bana ilerleme fırsatı oluşturan Sayın Hocam Doç. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ’e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında İstanbul Teknik Üniversitesinde EMCOL’ün Laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan ve çalışmalarına destek olan Sayın Prof. Dr. Namık ÇAĞATAY’a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım sismik ve karot verilerinin elde edilmesini sağlayan gerek arazi ortamında gerekse laboratuvar ortamında tezime katkı sağlayan İTÜ-EMCOL ekibinden Dursun ACAR, Ümmühan SANCAR, Sena Akçer ÖN, Emre DAMCI, Demet BİLTEKİN’e ve projedeki araştırmacılarından Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Özlem Öztekin OKAN, Doç. Dr. Dicle Bal AKKOCA’ya tez çalışmalarına yaptıkları katkılardan dolayı teşekkür ederim ve ayrıca TÜBİTAK projesinde ortak çalıştığım Mehmet KILIÇERKAN’a teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Tuğçe Nagihan ARSLAN

ELAZIĞ-2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XIV
KISALTMALAR	XV
SEMBOLLER LİSTESİ	XVII
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Bölgenin Tanıtımı	3
1.2.1. Jeomorfoloji	4
1.2.2. Bitki Örtüsü	4
1.2.3. İklimsel Özellikleri	5
1.2.4. Hidrolojik Özellikleri	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3.HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ	13
3.1. Stratigrafi.....	13
3.1.1. Pötürge Metamorfitleri (PMp, Paleozoik-Mesozoik).....	13
3.1.2. Guleman Ofiyoliti (JKg, Jura-Alt Kretase)	16
3.1.3. Elazığ Magmatitleri (Ke, Senoniyen).....	16
3.1.4. Hazar Grubu (KTh, Maastrichtiyen-Üst Paleosen).....	17
3.1.5. Maden Karmaşığı (Tm, Orta Eosen)	18
3.1.6. Alüvyonlar.....	19
3.1.6.1. Pliyo (?) - Kuvaterner Yaşlı Alüvyonlar (PlQa)	19

3.1.6.2. Güncel Alüvyonlar (Qal).....	19
3.2. Tektonik Konum	19
3.3.Sismotektonik Özellikler.....	24
4.ÇALIŞMA METODLARI	25
4.1.Karot çalışması.....	25
4.2. Sismik Çalışmalar	28
4.3. Manyetik Duyarlılık Analizleri	31
4.4. Tane Boyu Analizleri	31
4.5. Toplam Organik Karbon Analizleri (TOC).....	33
4.6. Karotlarda XRF (Ca/Ti) Analizleri	33
4.7. İzotop Analizleri.....	35
4.7.1.Duraylı İzotop (oksijen ve karbon) analizleri	35
4.7.2. ¹⁴ C Yaş Analizleri	39
5.BULGULAR	40
5.1. Limnolojik Özellikler.....	40
5.2. Sismik Çalışmalar	42
5.3. Karotların Litolojik tanımlanması.....	51
5.3.1. Hz11-P02 Karotu.....	51
5.3.2. Hz11-P03 Karotu.....	53
5.3.3. Hz11-G03 Karotu.....	55
5.3.4. Hz11-P06 Karotu.....	56
5.3.5. Hz11-P07 Karotu.....	58
5.3.6. Hz11-P15 Karotu.....	60
5.4. Karotlarda Manyetik Duyarlılık analizleri	62
5.4.1. Hz11-P02 Karotu.....	62
5.4.2. Hz11-P03 Karotu.....	64

5.4.3. Hz11-G03 Karotu	66
5.4.4. Hz11-P06 Karotu.....	67
5.4.5. Hz11-P07 Karotu.....	68
5.4.6. Hz11-P15 Karotu.....	70
5.5. Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri.....	72
5.5.1. Hz11-P02 Karotu.....	72
5.5.2. Hz11-P03 Karotu.....	74
5.5.3. Hz11-P07 Karotu.....	76
5.5.4. Hz11-P15 Karotu.....	78
5.6. Duraylı İzotop Analiz Sonuçları	80
5.7. Karotlarda Radyokarbon (C^{14}) Yaşlandırma Analizleri.....	82
5.8.Karotlarda Tane Boyu Analizleri	85
5.8.1. Hz11-P02 Karotu.....	85
5.8.2. Hz11-P03 Karotu.....	88
5.8.3. Hz11-P06 Karotu.....	90
5.8.4. Hz11-P07 Karotu.....	92
5.9. Karotlarda XRF (Ca/Ti) Analizleri	95
5.9.1. Hz11-P02 Karotu.....	96
5.9.2. Hz11-P03 Karotu.....	97
5.9.3. Hz11-P06 Karotu.....	98
5.9.4. Hz11-P07 Karotu.....	99
6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA	101
6.1. Geç Pleyistosen-Holosen Çökellerinin Kronostratigrafisi ve İklimsel Süreçlerle Denetleştirilmesi.....	101
6.2. Geç Pleyistosen-Holosen Çökellerinin Sedimantolojik ve Jeokimyasal Değerlendirilmesi	108

6.3. Hazar Gölü'nde Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi İklim Ve Göl Seviyesi Değişimleri	116
7.KAYNAKLAR	120
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Hazar Gölü Elazığ il merkezinin 22 km güney doğusunda yer almaktadır. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği 1248 m olup, 7 km genişliğinde, 25 km uzunluğunda, 82 km²'lik alanı kapsar ve derinliği 225 m'ye ulaşmaktadır. Doğrultu atımlı sol yönlü bir fay kuşağı olan Doğu Anadolu Fayı Sistemi (DAFS) üzerinde oluşmuş yarı graben görünümünde bir havzasıdır. Hazar Gölü havzası soğuk karasal özellik göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,9 °C ve yıllık ortalama yağış 551,7 mm'dir.

Bu çalışma, 2011 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yürütülmeye başlayan 111Y045 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Hazar Gölü'nden alınan çökel karotlarında yapılan sedimentolojik, jeokimyasal analizler sayesinde göl ve çevresinde Pleyistosen-Holosen dönemi süresince hüküm sürmüş iklim ve göl seviyesi değişimlerini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla alınan karotlarda yapılan TOC, Manyetik Duyarlılık, Tane Boyu, XRF ve Radyokarbon analizleri sonucu karotların gösterdikleri fiziksel ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Karotlarda kronostratigrafik birimler detaylı olarak ortaya konulmuş ve karot çökellerinden elde edilen ¹⁴C yaşlara göre ise bu birimlerin Geç Pleyistosen-Holosen dönemlerinde (son 15 bin yıl) çökeldikleri saptanmıştır.

Hazar Gölü'nde yapılan karot ve sismik çalışmaların yanı sıra çökellerin gösterdikleri fiziksel ve jeokimyasal analizler sonucunda Geç Pleyistosen'den Genç Buzul dönemine (Younger Dryas) geçişte yaşanan düşük göl seviyesi, belirgin çökelme yüzeyini yansıtan ana uyumsuzluk yüzeyi ile temsil edilmektedir. Sismik profillerde Geç Pleyistosen-Holosen geçişini temsil ederken, bu yüzey aynı zamanda profillerde -73 m kıyı çizgisini de temsil eder. Holosen'in başlangıcında kıyasal aşma şeklinde biriken transgresif çamur yaygısı bu uyumsuz yüzeyi örtmektedir. Holosen süresince sürekli göl seviyesi yükselimleri -63, -56, ve -38 m'lerde duran kıyı taraçaların varlığından da anlaşıldığı gibi durağan su seviyesi ile kesikliğe uğramıştır. Holosen süresince devam eden göl seviyesi yükselimleri sismik profillerde üç farklı seviyede istiflenmiş delta birimlerinin varlığından da anlaşılabilir. Bu yaygın deltaik sistem göl çevresinde en büyük drenajı temsil eden Kürkçayı Nehri'nden kaynaklandığı ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hazar Gölü, Pleyistosen-Holosen, Karot, Sismik, Taraça

SUMMARY

Sedimentological and Geochemical Properties of Late Pleistocene-Holocene Sedimentary Records in Lake Hazar, East Anatolian, Turkey

The Lake Hazar, which is situated 22 km far from the southeast of Elazığ city. Recently, it has a elevation of 1248 m, and is a a 25 km-long and 7 km-wide. The Hazar Lake is a pull-apart basin located along the strike-slip left lateral East Anatolian Fault System (EAFZ). The Hazar Lake Basin represents a continental cold climate. The average annual temperature is around 12,9 °C and and precipitation of 551,7 mm.

This study has been established within TUBİTAK Project of 111Y045 number that began to execute in the Geology Department since 2011. The aim of this study is to investigate paleo-climate and lake level changes in Lake Hazar during Late Pleistocene to Holocene by using sedimentologic and geochemical multi-proxies obtained from the core sediments. For his purpose, TOC, magnetic susceptibility, radiocarbon, grain size analysis of the core sediments have been documanted in this study. The chronostratigraphic units have been well established in detail in the cores on the basis of ¹⁴C ages obtained from the cores, which were deposited during the Late Pleistocene to Holocene (the last 15 ka).

As a result of core and seismic studies together with pysical and geochemical analysis of the sediments, the transition from the Late Pleistocene to the Younger Dryas is represented by a major unconformity surface, implying a widespread unconformity surface. In the seismic profiles, the -73 m wave-cut terrace has been beveled into the this surface. At the beginning of the Holocene, transgressive, undisturbed mud drapes cover the unconformity surface in the form of coastall onlapping. During the Holocene, progressive lake level rises were modulated by stillstands, as evidenced by coastal terraces at -63 m, -56 m and -38 m. The continued lake level increase during the Holocene can also be deduced by presences of deltaic sediments observed in the seismic profiles. These extensive deltaic sediments were presumably sourced from Kürkçayı River, which is the biggest drainage system around the lake.

Key Words: Lake Hazar, Pleistocene-Holocene, Core, Seismic, Terrace

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Hazar Gölü ve çevresinin uydu görüntüsü	3
Şekil 2. Hazar Gölü'nün drenaj haritası ve göle karışan önemli akarsular	6
Şekil 3. Hazar Gölü ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (Gürocak, 1993; MTA, 2008' den yararlanılarak hazırlanmıştır)	14
Şekil 4. İnceleme alanının tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz) (Gürocak, 1993; Kaya, 1993)	15
Şekil 5. Türkiye'nin Neotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981)	20
Şekil 6. Elazığ ve çevresine ait tektonik harita (Perinçek vd., 1987'den değiştirilerek alınmıştır)	23
Şekil 7. DAFS'nin Hazar Gölü çevresinden geçen Palu-Sincik segmentine ait kolları	23
Şekil 8. a) Göl çalışmalarında karot alımında kullanılan yüzer platform b) Göl tabanlarından çökel örneği alan karotiyer sistemi	25
Şekil 9. Bu çalışma kapsamında incelenen sismik profiller ve bunların üzerinden alınan karotların lokasyonlarını gösteren Hazar Gölü haritası	27
Şekil 10. Sismik yansıma yüzeylerinin geometrik terminolojileri (Vail vd., 1977)	29
Şekil 11. Sismik profillerde gözlenen sismik yansıma yüzeyi paketlerinin gösterdikleri geometrik ve yapısal özellikleri (Vail, 1977)	30
Şekil 12. Proje çalışmalarında Hazar Gölü'nde yapılan CTD ölçüm lokasyonları (TÜBİTAK, 2011)	41

Şekil 13. Hazar Gölü batısında -55 m’de yapılan CTD ölçümlerinde gözlenen sıcaklık, tuzluluk, basınç, iletkenlik ve ses dalga hızı değerlerinin değişimi (TÜBİTAK, 2011)	42
Şekil 14. Hazar Gölü batısından alınmış 19-1 nolu sığ-sismik kesit. Kesitte yapılan sismik-stratigrafik yorumlamalar sonucunda ayırtlanan birimler ve bunları ayıran sismik yansıma yüzeylerine ait tanımlamalar kesitte verilmiştir	44
Şekil 15. Hazar Gölü’nün kuzey yamacına yakın B-D uzanımlı 19-3 nolu sığ-sismik profili. Profilde Birim-S1’den Birim-S4’e kadar olan çökeller ayırtlanmıştır. Profilde -77 m’de duran eski göl taraçası gözlenmiştir	46
Şekil 16. Hazar Gölü batısından alınmış 26-1 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte Birim-S1’den – S4’e kadar değişen farklı çökel birimleri ayırtlanmıştır. Kesitte KB yamaca yakın bir noktadan Hz11-P03 ve G03 karotları alınmıştır	48
Şekil 17. Hazar Gölü batısından alınmış 23 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte birbiri üzerine birikerek çökelmiş ve farklı derinliklerde duran delta çökelleri gözlenmektedir. Kesitin KB ucundan alınan Hz11-P06 karotu ise en genç delta çökelini kesmektedir	50
Şekil 18. Hazar Gölü batısından 52.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P02 karotunun a) dijital resmi ve b) düşey stratigrafik logu	52
Şekil 19. Hazar Gölü batısından 54.4 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunun a) dijital resmi ve b) düşey stratigrafik logu	54
Şekil 20. Hazar Gölü batısından 56.31 m su derinliğinden alınan Hz11-G03 karotunun a) dijital resmi ve b) düşey stratigrafik logu	56
Şekil 21. Hazar Gölü batısından 11.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P06 karotunun a) dijital resmi ve b) düşey stratigrafik logu	57
Şekil 22. Hazar Gölü batısından 12.80 m su derinliğinden alınan Hz11-P07 karotunun a) dijital resmi ve b) düşey stratigrafik logu	59
Şekil 23. Hazar Gölü doğusundan 78.3 m su derinliğinden alınan Hz11-P15 piston karotunun sedimantolojik logu	61
Şekil 24. Hz11-P02 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	63

Şekil 25. Hz11-P03 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	65
Şekil 26. Hz11-G03 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	66
Şekil 27. Hz11-P06 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	68
Şekil 28. Hz11-P07 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	69
Şekil 29. Hz11-P15 piston karotuna ait manyetik duyarlılık analiz eğrisi	71
Şekil 30. Hz11-P02 piston karotuna ait Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi	73
Şekil 31. Hz11-P03 piston karotuna ait Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi	75
Şekil 32. Hz11-P07 piston karotuna ait Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi	77
Şekil 33. Hz11-P15 piston karotuna ait Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi	79
Şekil 34. Hz11-P03 piston karotu boyunca Ostrakod kavkılarında elde edilen duraylı oksijen ve karbon izotop eğrileri ve takvim yılına göre C-14 yaşları	80
Şekil 35. Hz11-P02 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda yapılan tane boyu, yamukluk ve boylanma değerleri	86
Şekil 36. Hz11-P02 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boylanma ve yamukluk diyagramı	88
Şekil 37. Hz11-P03 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda yapılan tane boyu, yamukluk ve boylanma değerleri	89
Şekil 38. Hz11-P06 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda yapılan tane boyu, yamukluk ve boylanma değerleri	91
Şekil 39. Hz11-P06 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boylanma ve yamukluk diyagramı	92
Şekil 40. Hz11-P07 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda yapılan tane boyu, yamukluk ve boylanma değerleri	93

Şekil 41. Hz11-P07 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boylanma ve yamukluk diyagramı	94
Şekil 42. Hz11-P02 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi	96
Şekil 43. Hz11-P03 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi	98
Şekil 44. Hz11-P06 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi	99
Şekil 45. Hz11-P07 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi	100
Şekil 46. Hazar Gölü batısında 54 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunda toplam 6 adet C-14 yaş tayini sonucuna göre yapılan yaş modellemesi. Karotun alındığı sismik profile kronostratigrafik birimleri ayıran ve farklı renkler ile temsil edilen yansıma yüzeyleri BS-1'den BS-5'e kadar değişmekte ve bu yüzeyler arasında kalan birimler ise Holosen öncesi Birim-L2 ve Holosen yaşlı Birim-L1a –L1e şeklinde adlandırılmıştır. Kronostratigrafik birimlerin çökme priyotları bu yaş modeli sonucunda ortaya konulmuştur. Kırmızı noktalar karotta C-14 yaş tayini yapılan seviyeleri göstermektedir	101
Şekil 47. Hazar Gölü karotlarında ayırtılan çökel birimlerin kronostratigrafileri ile küresel sıcaklık eğrisi ile denetleştirilmesi. BS: Sismik kesitlerde birimlerin sınırlarını gösteren zaman çizgileri	104
Şekil 48. Hz11-P15 karotunun üzerinde bulunduğu 19-3 nolu sığ-sismik profil üzerinde Hazar Gölü'nde çökelen birimlerin kronolojileri ve bunların karşılık geldikleri denizel izotop dönemleri	106
Şekil 49. Hz11-P15 karotunda manyetik duyarlılık, TOC, Fe ve Ca/Ti analizlerine ait sonuçların grafikleri. Şekilde turuncu ile çizilen alanlar iklimsel olarak kurak olan zamanlara karşılık gelmektedir. BS-5: Geç Pleyistosen-Holosen geçişini sismik profillerde temsil eden uyumsuzluk yüzeyinin karotta karşılık geldiği seviyeyi göstermektedir. LGM: Son Maksimum Buzul Dönemi	109
Şekil 50. Hz11-P03 karotunda manyetik duyarlılık, TOC ve Ca/Ti analizlerine ait sonuçların grafikleri. Şekilde GISP2 buzul karotundan üretilen Görland sıcaklık eğrisi global iklim değişimlerini karotta yapılan analizler ile karşılaştırılması yapılması amacı ile verilmiştir. Şekilde sarı renkli gösterilen alanlar iklimsel olarak kurak olan zamanlara karşılık gelmektedir. Bu kurak dönemlerden sismik profillerde birimlerin aşındırılması şeklinde eşleştirilenler truncation olarak belirtilmiştir. Holosen içerisinde sismik profillerde de gözlenen delta istiflerinin karotta karşılık gelen seviyeleri de Delta-1'den Delta-3 olarak gösterilmiştir	111

Şekil 51. Kürkçayı Nehri ağzında meydana gelen Hyperpiknal akış modu	115
Şekil 52. Hazar Gölü'nde G.Ö. 25 bin yıl-günümüz arası göl seviyesi değişimleri	118

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No

- Tablo 1.** Tez kapsamında analizleri yapılan piston ve gravite karotlarına ait bilgiler 26
- Tablo 2.** Proje çalışmalarında karotlara ait radyokarbon (^{14}C) yaş tayini sonuçları. Analizlerden hatalı olabileceği düşünülen seviyeler kırmızı ile gösterilmiştir (TÜBİTAK 2011) 83
- Tablo 3.** Tez kapsamında karotlarda ayırtlanan litostratigrafik birimlerin radyokarbon yaş analizleri sonucunda belirlenen çökeltme periyotları 84

KISALTMALAR

KB : Kuzey batı

GD : Güney doğu

B : Batı

D : Doğu

G.Ö. : Günümüzden önce

DAFS : Doğu Anadolu Fay Sistemi

TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

MSCL: Multi sensör core logger

İTÜ: İstanbul Teknik Üniversitesi

EMCOL: Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology

DSİ : Devlet Su İşleri

DAF : Doğu Anadolu Fayı

KAF : Kuzey Anadolu Fayı

TC : Toplam Karbon

TOC : Toplam Organik Karbon

YD: Genç Buzul Dönemi

LGM:Son Buzul Maksimum

BA: Bolling-Allerod

Sk: Yamukluk

So: Boylanma

PIQa: Alüvyon

PMp: Pötürge Metamorfitleri

Qal: Alüvyon

BS: Uyumsuzluk yüzeyi

F/T: Üsttakım/Öntakım

C¹⁴: Radyokarbon yaşlandırma

TDIC: Toplan Çözünmüş İnorganik Karbon

$\delta^{18}\text{O}$: Oksijen İzotop Oranı

P/E: Yağış/Buharlaşıma

AMS: accelerator mass spectrometry

SEMBOLLER LİSTESİ

km : kilometre

km² : kilometre kare

m : metre

% : yüzde oran

‰: binde oran

µm: mikron

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Eski iklimlere ait bilgiler deniz ve göllerin diplerindeki çökel kayıtlarında saklıdır. Dünyada yakın jeolojik dönemlerdeki iklim değişimlerine yönelik çalışmalar, günümüzde göllerde yapılan karot çalışmaları ile yaygınlaşmıştır. Öncelikle, iklim çalışmalarının çok yaygın olmadığı ülkemizde göl çalışmalarında paleo-iklimsel bulgulara ulaşmak için uygulanan yöntemler oldukça yenidir. Göl çalışmalarının hem kantitatif ve hem de multi-disipliner çalışmalar halinde yapılması bu konuları daha da cazip hale getirmiştir. Dünyada birçok göl havzasında olduğu gibi, ülkemizdeki göller de günümüzdene benzer şekilde Pleyistosen'deki iklimsel periyotlardan etkilenmiş ve su seviyesinde belirli zaman aralıklarında çekilme ve yükselmeler meydana gelmiştir.

Hazar Gölü gerek konumu ve gerekse binlerce yıllık olan geçmişi nedeniyle bu bölgedeki birçok jeolojik problemlerin çözümüne ışık tutacak verilerin hazinesidir. Hazar Gölü'nün gerek tektonik bir göl olması ve gerekse oluşumundan günümüze kadar farklı iklimsel süreçleri içermesi nedeniyle gölde etkili olan jeolojik süreçlerin hangi oranda ve hangi sürelerde etkin olduğu ortaya çıkarılabilecektir. Bu çalışmada, gerek Doğu Anadolu bölgesi ve gerekse Hazar Gölü çevresinde binlerce yıllık geçen sürede değişen lokal ve bölgesel iklim şartlarının ortaya konulması sağlanmış ve sonucunda bu konudaki literatür boşluğu doldurulması beklenmektedir.

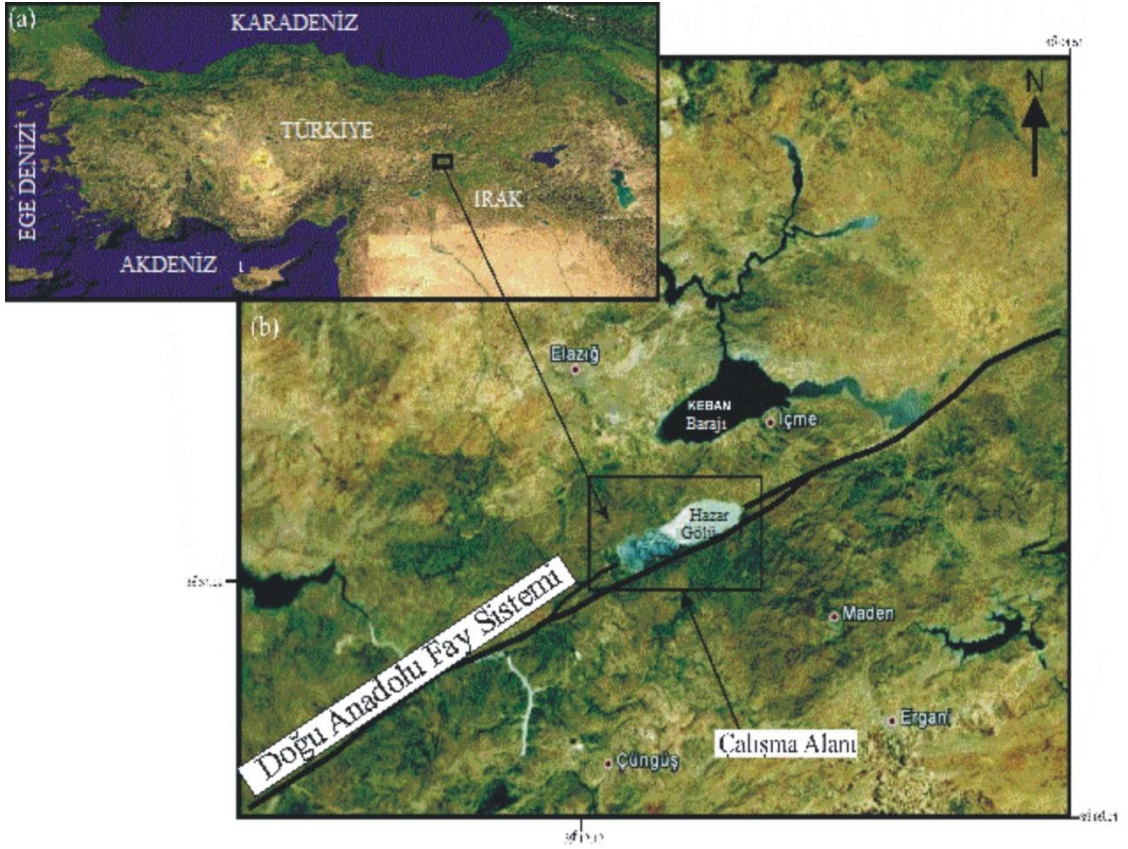
Bu çalışmanın amacı Hazar Gölü çökellerinde saklı olduğu düşünülen Geç Pleyistosen-Holosen dönemine ait paleo-iklimsel ve paleo-ortamsal koşullar araştırmaktır. Bu amaca yönelik gölde karot ve sismik çalışmalar yapılmıştır. Hazar Gölü'nde yapılan sismik çalışmalardan alınan görüntüler üzerinde lokasyonları seçilen piston ve gravite karotlarının alımı ile bu çökellerin litolojileri incelenmiş ve sonuçta göl tabanında sismik profillerde gözlenen kaya gruplarının fasiyesleri ortaya çıkarılmıştır. Göl çökellerinde belirlenmiş farklı fasiyeslerin varlığı, paleo-iklim ve su seviyesi değişimleri ile ilişkilendirilerek, Hazar Gölü'nde Geç Pleyistosen'den günümüze kadar olan süreçte global ve lokal iklimsel etkenler araştırılmıştır. Gölün farklı kesimlerinden alınan gravite ve piston karotlarında multi-parametre yöntemler (sedimantolojik ve jeokimyasal) kullanılarak gölün on binlerce yıllık süreç içerisinde yüzyıllık periyotlar sunan önemli iklimsel değişimleri ortaya

ıkarılmıştır. Bu değişimler global ölçekte gelişmiş iklimsel değişimler ile korele edilerek gölün, bu süreçlerden hangi oranlarda ve hangi zaman süreçlerinde etkilendiği ortaya çıkarılmıştır.

Hazar Gölü'nün evrim sürecinde değişen hidrolojik şartların da iklim değişimleri ile yakından ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca göllerdeki paleo-canlı üretimi de iklimsel değişimlerden etkilenmektedir. Bu nedenle karot çökellerinde yapılan TOC (Toplam Organik Karbon) analizleri gölün evrim süresince değişen paleo-canlı üretim miktarlarındaki değişimlerin tespitinde oldukça önemlidir. Hazar Gölü çevresinde erozyon ve drenaj sistemlerinin gelişimine bağlı olarak göle karasal sediman girdilerinin tespiti oldukça önemlidir. Gl çevresinden farklı zamanlarda bu sediman girdilerindeki miktarın değişimi yine iklimsel değişimlere bağlıdır. Bu nedenle karot çökellerinde yapılan XRF (Ca/Ti) analizleri bu konuda önemli bulgulara ulaşılmasını sağlamıştır. Karot kellerinde yapılan tane boyu analizleri ile farklı ortam ve fasiyeste oluşmuş sedimanları bir birinden ayırma, bunların çökelme işlevlerini ve taşınma mekanizmaları incelenmiştir. Bu amaçla karot çökellerinin tane boyu dağılım grafikleri incelenerek çökellerin oluşum ortamları ve mekanizmaları hakkında bilgi edinilmiştir.

1.2. Bölgenin Tanıtımı

Hazar Gölü Doğu Anadolu'nun yüksek kesimlerinde yer almaktadır. Elazığ il merkezinin 22 km güneydoğusunda bulunan Hazar Gölü deniz seviyesinden 1248 m yüksekte olup, Doğu Anadolu Fay Sistemi boyunca, kuzeydoğu güneybatı doğrultusunda uzanır (Şekil 1). Gölün genişliği 7 km ve uzunluğu 25 km olup, doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde oluşmuş bir çek-ayır (pull-apart) havzasıdır. Proje kapsamında çalışmaları yapılan Hazar Gölü yaklaşık 82 km²'lik alanı kapsamakta ve en derin kısmı gölün doğusunda olup, derinliği yaklaşık 225 m'ye ulaşmaktadır.



Şekil 1. Hazar Gölü ve çevresinin uydu görüntüsü.

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 sürmüştü 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).

Bitki örtüsü bakımından kuru orman kategorisine giren Hazar Gölü çevresinde, bugün doğal orman örtüsüne rastlanmaz. Hazar Gölü çevresi bitki türü açısından oldukça zengindir. Yurdakul ve Altan (1985), göl çevresinde yaptıkları flora çalışmasında 75 aile ve 329 cinse ait 636 tohumlu bitki türü teşhis etmişlerdir. Bitki türü açısından zengin ise de, yüzyıllardır süren insan tahribatı sunucunda göl çevresinde doğal orman örtüsü kalmamıştır. Bununla birlikte, Orman Genel Müdürlüğü tarafından özellikle gölün doğu kıyılarında özellikle gölün doğu kıyılarında son 30 yıldır yapılan ağaçlandırma çalışmaları başarılı olmuştur (Yiğit, 1994b).

Hazar Gölü'nün çevresinde, doğal ortamın insan tarafından bozulmasına bağlı olarak, stepten çöle geçiş sahalarının toprakları olan kırmızı kahverengi topraklar hakim haldedir. Sahanın alçak kesimlerinde kolüvyal ve alüvyal, güneybatı kesiminde de kahverengi orman toprakları yer almaktadır. Ayrıca dağlık kesimlerde sarp yamaçlar boyunca ve erozyonun şiddetli olduğu kesimlerde de litosolik topraklar bulunmaktadır. Sahanın hemen tamamı antropojen step alanı durumundadır (Yiğit, 1994a). Hazar Gölü ve çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerine oranla daha az karasal olan Yukarı Fırat Bölümü'nün batı yarısında hüküm süren iklim ile Güneydoğu Anadolu'nun bozulmuş Akdeniz iklimi arasında yer almakta olup, bir taraftan ana çizgileriyle kuzeyinde ve güneyindeki bu iklimlerin özelliklerini taşıırken, diğer taraftan da kendine özgü iklim koşullarına sahiptir. Bu yöresel iklim, yazları çevresine göre daha serin ve daha az kurak, kışları ise daha az yağışlı ve biraz daha soğuktur (Yiğit, 1994a).

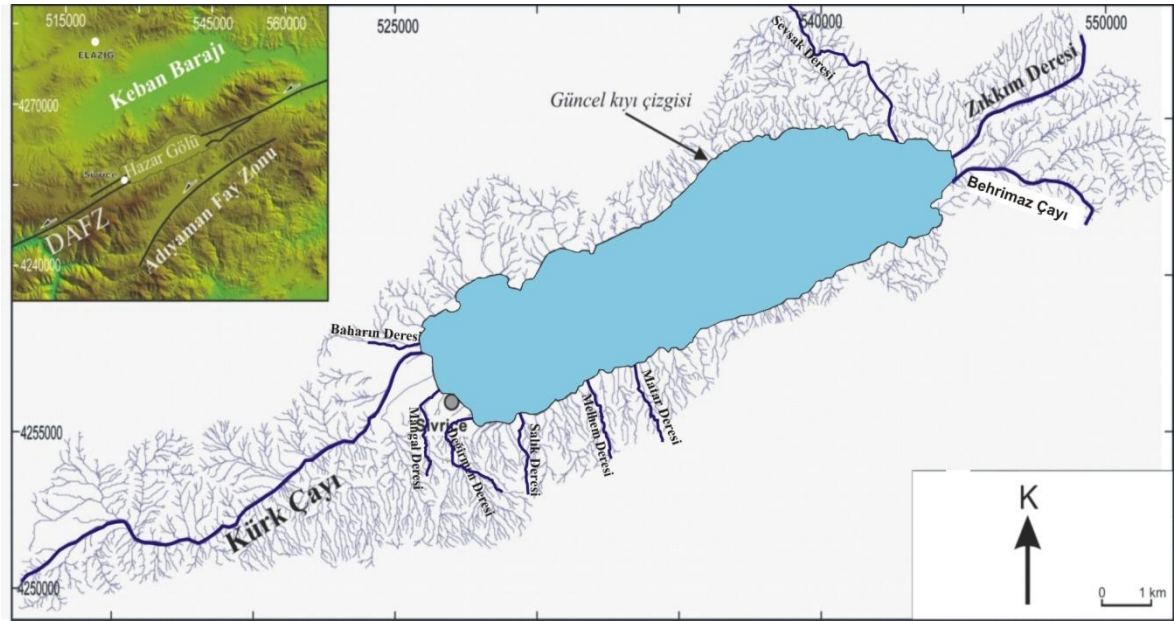
1.2.3. İklimsel Özellikleri

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 Kürkçayı olup, göle gelen en önemli akarsu olup doğudan karışan Zıkkım ile Savsak Dereleri de göle önemli miktarda su taşımaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Hazar Gölü'nün drenaj haritası ve göle karışan önemli akarsular.

Zıkkım Deresi ve Kürkçayı, havzadaki diğer akarsuların aksine, Doğu Anadolu Fay zonuna karşılık gelen oluğa yerleşmiş subsekant akarsulardır. Yani tektonik yapıya uygun, kuzeydoğu - güneybatı 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). Kürkçayı, 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. Kürkçayı kış ve özellikle bahar aylarında bölgeye gelen yağışlarla paralellik gösterip yatağında bol su bulundurur ve göle yıllık ortalama $5,9 \times 10^6$ 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 $2,2 \times 10^6$ 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.

Sevsak 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 neredeyse göle hiç malzeme getirmez. Diğer önemsiz dereler de, Savsak Deresi'nin özelliklerini yansıtır. Kavak Deresi, diğer bir adıyla Behrimaz Çayı, Hazar Gölü havzası içinde yer almamasına rağmen sonradan bir kanalla havzaya dahil olmuştur. Behrimaz Çayı Hazar Dağı'nın güney eteklerinden çıkan kaynak sularıyla 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. Behrimaz Çayı, yıllık ortalama 3×10^7 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).

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.

Hazar Gölü çevresinde yakın zamanda yapılan morfotektonik çalışmalar ile Doğu Anadolu Fayı'nın bu bölgeden geçen segmentleri araştırılmıştır (Çetin vd., 2003; Aksoy vd., 2007). Hazar Gölü'nün ne zaman oluştuğuyla ilgili araştırmaların çoğu kesin olmamakla birlikte, gölün oluşum yaşını DAF'ının oluşum yaşıyla ilişkilendirilmiştir. Faylanmanın yaşı ise Üst Pliyosen yani günümüzden yaklaşık 3-5 milyon yıl öncesi olarak kabul edilir (Lyberis vd., 1992; Herece ve Akay, 1992).

Hazar Gölü'nün bulunduğu bölge, Ketin (1966)' in tanımladığı Toroslar'ın doğu bölümünde yer almaktadır. Alp-Akdeniz Kuşağı içerisinde yer alan Türkiye'nin (Ketin, 1977) doğu kesimindeki görünümünü, Arabistan-Anadolu levhalarının K-G doğrultusunda birbirlerine yaklaşarak Orta Miyosen'deki nihai çarpışması ile başlayan Neotektonik dönemde kazanmıştır (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1983). Arabistan Levhası'nın Geç Kretase başlarından itibaren başlayan yaklaşık olarak kuzey yönündeki hareketi ve Tetis Okyanusu'nun, kuzeye, Anadolu Levhası altına doğru eğimli bir dalma olayı ile kapanmaya başlaması, bu iki kıta arasında Orta Miyosen'de nihai bir çarpışmanın gerçekleşmesine sebep olmuş ve bu çarpışma ile Türkiye'de Neotektonik dönem başlamıştır (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Yalçın, 1979; Şengör, 1980; Altınlı, 1980; Şaroğlu ve Güner, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1983; Şaroğlu ve Yılmaz 1987; Aksoy ve Tatar, 1990; Turan, 1993).

Hazar Gölü çevresinde özellikle genel jeolojik ve mineralojik petrografik amaçlı bir çok çalışma yapılmıştır. İnceleme alanında yüzeylemesi bulunan Bitlis-Pütürge Metamorfikleri doğudan batıya doğru Bitlis, Pütürge, Keban, Malatya, Engizek ve Binboğa Metamorfikleri olarak bilinir (Şahin ve Işık, 2010). Yılmaz vd., (1992)'ne göre

metamorfitleerin tümü büyük bir metamorfik birliğin parçaları olup, bugünkü konumlarını Üst Kretase-Erken Miyosen aralığındaki jeolojik olaylar ile kazanmışlardır. Elazığ ve çevresinde ilk defa Özgül (1976) tarafından Keban Metamorfitleeri olarak tanımlanan birim Şahin ve Işık (2010) tarafından inceleme alanının 80 km güneybatısında Bitlis-Pütürge Masifi olarak petrolojisi incelenmiştir. Tandoğan vd., (1981), Guleman Ofiyolitleri üzerinde yaptıkları çalışmada, birimin çeşitli bölümlerindeki kromit yataklarını inceleyerek, bütün istifin % 65' nin tektonik, geri kalanının da kümülatlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Özkan (1982a, 1982b, 1983, 1984), Guleman Ofiyolitleri üzerinde yaptığı değişik amaçlı çalışmalarda, bölgenin Geç Kretase' den itibaren K-G doğrultulu bir sıkışma gerilmesinin etkisinde kaldığını ve ofiyolit, prehnitpumpellyit fasiyesini geçmeyen basınç-sıcaklık şartlarında metamorfizmaya uğradığını belirtmiştir. Bingöl (1988), Elazığ Magmatitleri'ni Elazığ çevresinde Yüksekova Karmaşığı olarak incelediği çalışmalarda, bu birimin derinlik kayaçlarının, İç Toros Okyanus tabanının kuzeye doğru dalması ve nihai olarak Arabistan Levhası ile Keban Levhası' nın çarpışmasıyla oluştuğunu ileri sürmüştür. Araştırmacı, bu birime ait volkanik kayaçların ise; toleyitik serinin varlığı, kalkalkalen serinin özellikle andezit-piroklastik ve dasitlerle temsil edilmiş olmasına karşılık riyolitlerin bulunmayışı gibi sebepleri dikkate alarak, bir ada yayı ürünü olduğunu belirtmiştir.

Hazar Grubu'nu ilk defa "Hazar Birimi" olarak Rigo De Righi ve Cortesini (1964) adlandırmıştır. Özkaya (1974), Ergani-Maden yöresindeki çalışmasında volkanik katkı içermeyen, kumtaşı-şeyl-marn araldanmasından oluşmuş fliş istifi için "Hazar Formasyonu"adlamasını yaparak Baykan Grubu'na dahil etmiştir. Çelik (2003), Hazar Gölü kuzey doğusu Mastar Dağları'nda, Kaya (2004) Hazar Gölü güneydoğusu Gezin civarında Hazar Grubunu incelemişlerdir. Yazgan (1981), Doğu Toroslar'da yaptığı incelemelerde Arabistan Levhası'nın hareketinin KD'ya doğru olduğunu belirtmiştir. Maden Karmaşığı'nın volkanik ve yarı derinlik kayaçlarının jeokimyasal ve jeoteknik özelliklerini inceleyen araştırmacı, bu birimlerin magmatik kayaçlarının, kalın olmayan genç bir kıta kabuğu üzerine yerleşen etkin bir kıta kenarı ürünü olduğunu belirtmişlerdir. Erdem (1987), Hazar Gölü kuzey kesimlerinde; Çelik (2003) Hazar Gölü kuzey doğusunda Mastar Dağları'nda Maden Karmaşığı'nı incelemiştir.

Sağiroğlu ve Altunbey (1995), Hazar Gölü kuzeydoğusu ve Öztürk (2008) Hazar Gölü doğu'sundaki Maden Karmaşığı'ndaki mangan cevherleşmelerini incelemişlerdir.

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 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.

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. 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. 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.

Hazar Gölü ile ilgili birçok limnolojik çalışma yapılmasına rağmen, göle boşalan akarsuların limnolojik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Son 30 yıl içerisinde, Hazar Gölü ve çevresinin jeomorfolojisi, gölün fitoplanktonu, fitobentozu ve trofik düzeyi, bentik faunası, balık faunası, su kalitesi ve kirliliği üzerine pek çok araştırma yapılmıştır. Şen ve Topkaya (1993), Elazığ ili çevresindeki göllerin kirlilik düzeyleri üzerine yaptıkları çalışmada, Hazar Gölü suyunun oligotrofik göl karakteristiklerine uygun olarak düşük miktarlarda bitki nutrientleri içerdiğini ve henüz kirlenmenin başlangıcında olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte eski verilerle karşılaştırıldığında gölde bitki nutrient miktarının ve kirliliğin arttığını bildirmişlerdir.

Gölde belirlenen algler ve göl suyunun kimyasal özelliklerini dikkate alarak gölün trofik düzeyi tartışılmış ve Hazar Gölü'nün trofik düzey bakımından oligotrofik durumdan çıkıp ileri mesotrofik bir göl karakterine geçmekte olduğu sonucuna varılmıştır. Hazar Gölü ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, göle boşalan akarsuların limnolojik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Sağıroğlu ve Çetindağ (1995),

Hazar Gölü'nün Kürk ve Mogal derelerinden kaynaklanan şiltleşmeyi araştırmışlardır. Bu iki akarsuyun göle 30.000.000 m³/yıl su boşalttığını ve ortalama 2,65 ± 0,15 g/L süspanse katı madde içeriğine sahip akarsuların göle yılda 80.000 ton kil ve silt taşıdığını ve gölün her yıl 32.000 m³ dolmasına neden olduklarını belirtmişlerdir. Gerekli önlemler alınmazsa 5 km² kadar alanı kaplayan Sivrice Deltası'nın göle doğru birkaç metre ilerleyeceğini ve Kürk ve Mogal derelerinin göl suyunun kalitesini önemli ölçüde düşüreceğini bildirmişlerdir.

Ercan (1998), "Hazar Gölü'ne Dökülen Zıkkım Deresi'nin Algleri ve Alglerin Mevsimsel Değişimleri" konulu araştırmada, akarsuda Bacillariophyta bölümüne ait 41, Cyanophyta bölümüne ait 14 ve Chlorophyta bölümüne ait 4 olmak üzere toplam 59 takson kaydetmiştir. Şen vd., (1999), Kürk ve Zıkkım Çayları tarafından Hazar Gölü'ne taşınan bitki nutrientleri ve organik madde miktarları üzerine yaptıkları çalışmada, göle giren yıllık toplam nitrat, ortofosfat ve organik madde miktarlarını ve bunlara bağlı olarak göle taşınan yıllık yükü hesaplamışlardır. Gelecekte Hazar Gölü'nde oluşacak organik kirliliğin en önemli kaynakları olarak Kürk Çayı ve Zıkkım Deresi'ni gördüklerini ifade etmişlerdir.

Şen vd., (2002), "Hazar Gölü'ne Boşalan Akarsuların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri" başlıklı çalışmada, araştırma süresince Hazar Gölü'ne Behrimaz Çayı, Matar Deresi, Melem Deresi, Salık Deresi, Değirmen Dere, Mogal Deresi, Kürk Çayı, Baharın Deresi, Savsak Deresi ve Zıkkım Deresi olmak üzere 10 akarsuyun ulaştığı ve gölü beslediğini saptamışlar ve akarsuların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini her bir akarsu için aylık olarak ayrı ayrı belirlemişlerdir. Günek ve Yiğit (1995) Hazar Gölü havzasının hidrografik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında, göl çevresine düşen yağışın % 57'sinin yüzeysel akışa geçtiğini bildirmiştir. Hesaplamaları sonucu, herhangi bir müdahale yapılmadığı takdirde, mevcut iklim koşullarına göre göl çanağının her yıl 26 cm yükseleceğini, bu yükselme sonucunda yaklaşık 30 yıl sonra gölün, 1248 m kodundaki tahliye kanalından akışa geçeceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte gölün 1252.70 m yüksekliğinde bulunan doğal gidegeninden tahliye olacak su miktarının, çeşitli nedenlerden dolayı daha az olacağını tahmin etmişlerdir.

Tuna ve Emiroğlu (1995), Eylül (1994) ayında gölden sulama suyu ve elektrik üretimi için alınan su tüneline yakın bir noktadan yaptıkları tek örneklemede bazı fiziksel ve kimyasal değişkenleri tayin etmiş ve gölün sulama suyu olarak kalitesini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları değerlendirme sonucunda sulama suyu kalitesi bakımından Hazar Gölü'nün elverişsiz olduğu ve sulamada kullanılmak üzere göl suyunun belirli işlem

ve işlemlerden geçirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Şen vd., (1999) Kürk ve Zıkkım çayları tarafından Hazar Gölü'ne taşınan bitki besin tuzları ve organik madde miktarları üzerine yaptıkları çalışmalarında, göle giren yıllık toplam nitrat, ortofosfat ve organik madde miktarlarını ve bunlara bağlı olarak göle taşınan yıllık yükü hesaplamışlardır. Gelecekte Hazar Gölü'nde oluşacak organik kirliliğin en önemli kaynakları olarak Kürk Çayı ve Zıkkım Deresini gördüklerini ifade etmişlerdir.

Çalta ve Canpolat (2002), gölde yakalanan 200 adet *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreği ile ve balıkların yakalandığı bölgeden alınan su örneklerinde bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb) birikim düzeylerini araştırmışlardır.

Varol (2004), Hazar Gölü'ne dökülen ana akarsulardan biri olan Behrimaz Çayı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri adlı çalışmada hafif alkali karakterde su özelliğine sahip olan Behrimaz Çayı'nın, Hazar Gölü'ne önemli miktarda bitki besin maddeleri ve katı madde taşıdığını, dolayısıyla gölün ötrofikasyona uğrama sürecini hızlandırdığını ve kıyı kısımlarının dolarak deltalaşması üzerinde etkili olduğunu belirlemiş ve ayrıca araştırılan parametreler genel olarak ele alındığında, II. sınıf yani az kirlenmiş su sınıfına girdiğini ancak kirlenme olasılığı ile karşı karşıya olduğunu belirtmiştir. Gölbaşı (2006), Hazar Gölü'ne dökülen ana akarsulardan diğeri olan Kürk Çayı'nın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmış, çalışma sonucunda, Kürk Çayı'nın hafif alkali karakterde ve kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri dikkate alındığında, klorür ve reaktif fosfor değerleri bakımından II. sınıf (az kirli su), nitrit azotu değeri bakımından III. sınıf (kirli su) ve tayin edilen diğer parametreler açısından I. sınıf (yüksek kaliteli su) su özelliğine sahip olduğunu tespit etmiştir.

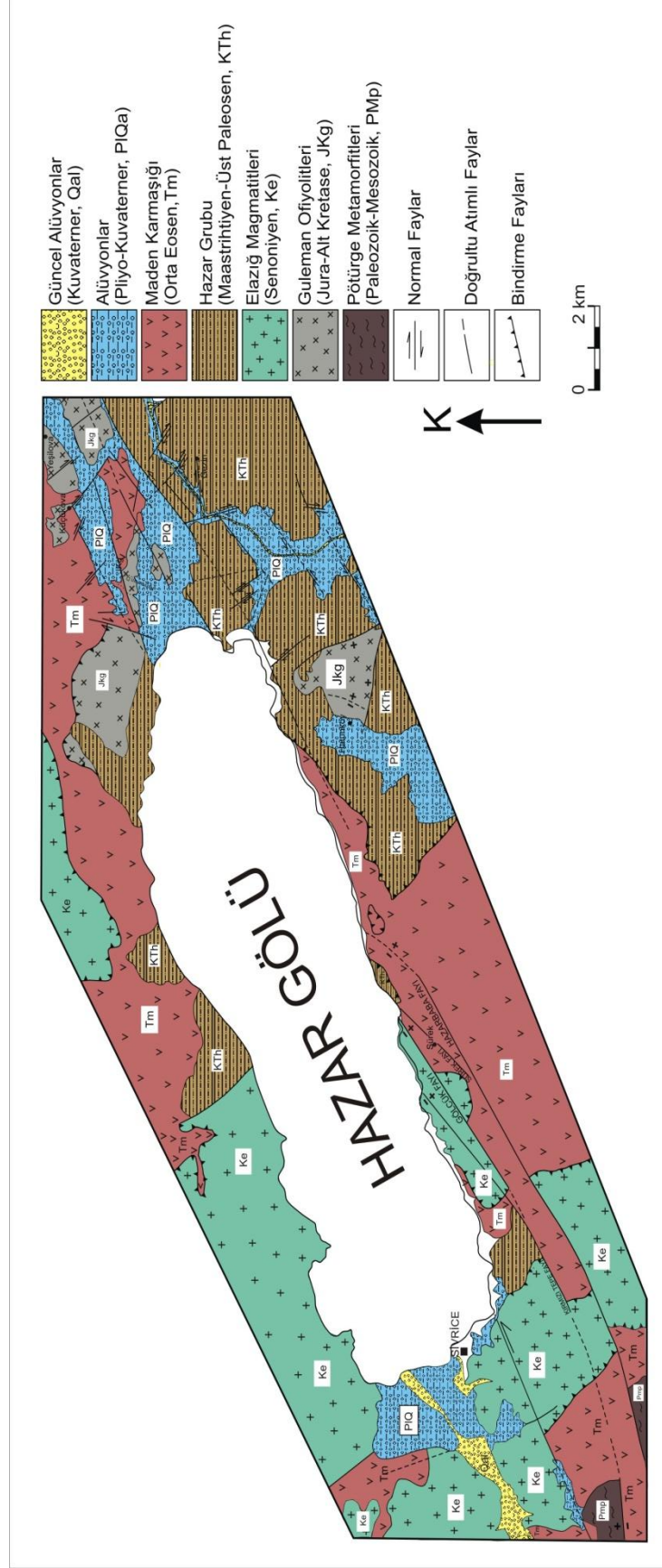
3.HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

3.1. Stratigrafi

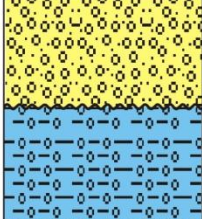

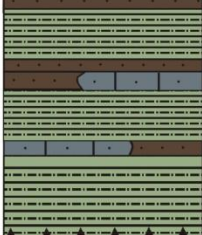
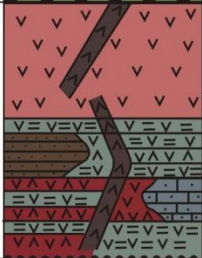
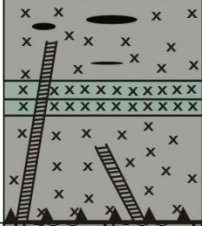

Hazar Gölü çevresinde yaşı Paleozoik'den Güncel'e kadar değişen kayaç grupları yüzeylemekte ve Paleozoik-Eosen yaşlı kayalar Hazar Gölü havza dolgusunun temelini oluşturmaktadır (Şekil 3 ve Şekil 4). Bu birimler başlıca; Paleozoik-Mesozoik yaşlı Pötürge Metamorfitleri, Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitleri, Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maastrichtiyen-Üst Paleosen yaşlı Hazar Grubu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Pliyosen yaşlı çökeller ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır (Hempton, 1985; Sungurlu vd., 1985; Herece ve Akay, 1992; Gürocak, 1993; Aksoy, 1993; Tatar vd. 1995; Aksoy vd., 2007).

3.1.1. Pötürge Metamorfitleri (PMp, Paleozoik-Mesozoik)

İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan Pötürge Metamorfitleri adını Malatya'nın Pötürge ilçesinden almaktadır. Pötürge Metamorfitleri, Hazar Gölü'nün güneybatısında yüzeylemektedir. Metamorfitler üzerinde çalışma yapan Yazgan vd. (1984), bunların Bitlis Metamorfitleri'nde olduğu gibi gözlü gnayslar, granatlı granatik gnayslar, granatlı amfibolit ve granatlı biyotit mikaşitlerden oluşan bir çekirdek kısmından ve çekirdeği oluşturan bu alt birim üzerinde ise bir makaslama düzleminden sonra mikaşist, mermer, kalkşist, kuvarsit ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan bir örtü seviyesinden meydana geldiğini belirtmektedir. Pötürge Metamorfitleri, Hazar Gölü'nün güneybatısında yüzeylemektedir (Şekil 3). Metamorfitler 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 Hazarbaba Fayı ile sınırlanmaktadır (Gürocak, 1993). Hazar Gölü çevresinde araştırma yapan Hempton (1984) ise bölgede Pötürge Metamorfitleri'nin metapelitler, şistler ve kuvarsitlerden oluştuğunu belirtmektedir. (Bölgede Pötürge Metamorfitleri metapelitler, kalkşistler, rekristalize kireçtaşları ve meta-kuvarsitlerden oluşan metasedimanter birimlerle temsil edilmektedir.) En altta bulunan metapelitler yeşilimsi gri ve açık kahve renklidir. İnce tabakalanma gösteren metapelitler tabakalanmaya paralel olarak gelişmiş şistozite sunmaktadır (Gürocak, 1993) (Şekil 4).



Şekil 3. Hazar Gölü ve yakın çevresinin genel jeolojisi haritası (Gürocak, 1993; Kaya, 1993; 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
MAASTRIHTİYEN 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 kalkıştler Tabakalanmaya paralel şistozite gösteren metapelitler

Şekil 4. İnceleme alanının tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz) (Gürocak, 1993; Kaya, 1993).

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

Özkan (1982, 1984), Guleman yöresinde yüzeyleyen ultramafik kayalar, tektonik dilimlenmeyle parçalanmış eksik dizi bir ofiyolit topluluğu olarak tanımlamış ve “Guleman Ofiyoliti” olarak adlandırmıştır. 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 yüzeylenmektedir (Şekil 3). 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). 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. Doğu Anadolu Fay Zon’u içerisinde ve yakın çevresinde Guleman Ofiyolitleri’ne ait kayalar tektonizmadan dolayı serpantinleşmiş ve killeşmiştir. Çalışma alanında yüzeyleyen Guleman Ofiyoliti; dünit, verlit, pirosenit, olivinli, klinopiroksenli gabro, bantlı gabro, lertzolit 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 4).

3.1.3. Elazığ Magmatitleri (Ke, Senoniyen)

Birim ilk kez Hakkari ili Yüksekova ilçesi civarında Perinçek (1979b) tarafından tanımlanmıştır. Aynı birim Sivrice ilçesi çevresinde Elazığ Volkanik Karmaşığı (Hempton, 1984), Baskil dolayındaki çalışmalarda Baskil Mağmatik Kayalar (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. Elazığ Magmatitleri inceleme alanında Hazar Gölü’nün güney ve güneybatısındaki alanlarda geniş yüzlekler vermektedir (Şekil 3). 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 tamamen serbest yüzeylemeli bir konuma sahiptir (Gürocak, 1993). 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 4).

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

Özkaya (1978), Ergani-Maden yöresinde yaptığı çalışmada, gri renkli, volkanik katkılardan yoksun filiş özelliğindeki kumtaşı-şeyl-marn ardalanmasından oluşan istifi "Hazar Formasyonu" olarak adlandırılıp Baykan Grubu'na dahil edilmiştir. Aktaş ve Robertson (1984), ise birimi "Hazar Grubu" olarak isimlendirmişler ve grubu alttan üste doğru; konglomeratik özellikteki Ceffan Formasyonu, kumtaşı-şeyl-marn ardalanmasından oluşan filiş özelliğindeki Simaki Formasyonu ve pembe ve gri renkli pelajik kireçtaşlarından oluşan Gehroz Formasyonu olmak üzere üç formasyona ayrılmışlardır. Hazar Grubu, Elazığ ilinin yaklaşık 25 km güneydoğusunda Hazar Gölü'nün kuzeyi, kuzeydoğusu, güneyi ve güneydoğusunda geniş yayılım sunmaktadır (Şekil 3). 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). Hazar Gölü çevresinde Hazar Grubu altta kırmızı-kahverenkli konglomeralar ile temsil olunan Ceffan 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).

3.1.5. Maden Karmaşığı (Tm, Orta Eosen)

İnceleme alanında birim sedimanter kayaçlarla volkanitlerin ve kireçtaşı olistolitlerinin oluşturduğu düzensiz bir stratigrafi sunmaktadır (Kaya, 1993; Alemdağ, 2010). 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). 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 Ofiyoliti'ne üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Kaya, 1993). Maden Karmaşığı esas olarak volkano-tortul kayaçlar, kireçtaşları, andezit, bazalt, volkanik breş ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır. Hazar Gölü'nün güneybatısında Pötürge Metamorfileri üzerine uyumsuz olarak gelen birim bu bölgede en altta kırmızı renkli çakıltaşları 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 kayaçlarla 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 aralanması 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.

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 (PIQa)

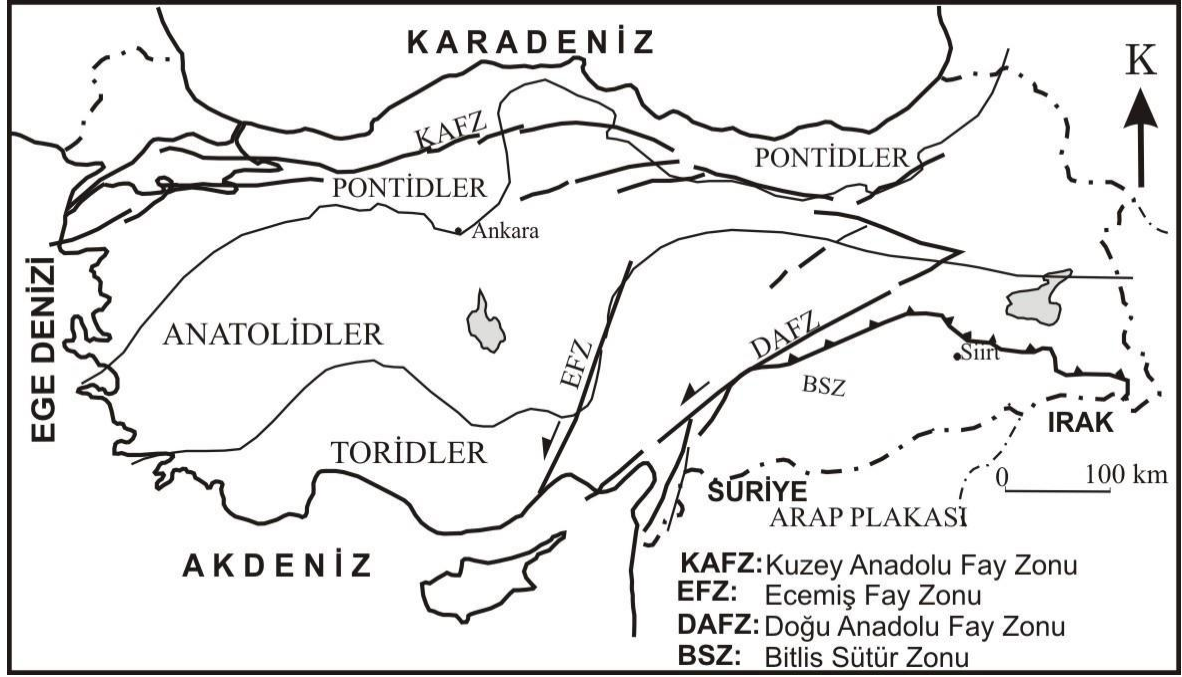
Hazar Gölü'nün kuzeydoğusu, güneydoğusu ve güneybatısında gözlenen birim kötü boylanmalı çakıltaşı, kumtaşı ve kiltası ile temsil edilmektedir (Şekil 3). Taneleri genellikle gevşek tutturulmuş olan bu alüvyonlar yatay bir tabakalanma göstermektedir (Şekil 4). Alüvyonlar içerisinde birime yaş verecek fosile rastlanılamamıştır. Ancak buldukları stratigrafik konuma dayanarak olasılı Pliyo-Kuvaterner yaşlı 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). Çakıl, kil ve silt boyutundaki tanelerden oluşan alüvyon tutturulmamış malzemelerden oluşmuştur (Şekil 4). Bunlar Pliyo (?) - Kuvaterner yaşlı alüvyonları uyumsuz olarak örtmektedir (Gürocak, 1993, Kaya, 1993).

3.2. Tektonik Konum

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 5).



Şekil 5. 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 Pliyosen 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, eş yaşlı 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 yanal atımlı havzaları (strikeslip basins) görmek mümkündür (Çetin vd., 2003).

Bunlardan biri de, kuşkusuz, Elazığ yöresinde konumlanan Hazar Gölü (çek-ayır) havzasıdır.

Hempton ve Dunne (1984), Hazar Gölü'ne kuzeydoğudan kavuşan ana fayın, sola sığrayarak gölü güneybatıdan sınırladığını ve buna bağlı olarak da Hazar Gölü'nün klasik bir step-over tipte gelişen çek-ayır havza olduğunu belirtmişlerdir. Aksoy vd., (2007) bu görüşün aksine, aktif fayların ayrıntılı haritalaması ve fayların geometrisi (dağılım biçimi ve birbirleriyle ilişkisi) ana fayın, Hazar Gölü'nün kuzeydoğu köşesinde sola sığrama yapmadığını belirtmişlerdir. Bunun yerine ana fay gölün yaklaşık 10 km kadar doğusunda iki alt kola ayrılmakta ve bu iki alt kol güneybatı yönünde Hazar Gölü boyunca güneybatıya doğru devam ederek, birbirinden bir yükselti ile ayrılan, yarı paralel ve mercek biçimli iki çöküntünün oluşumuna yol açmaktadır. Doğrultu atımlı bu yeni geometri araştırmacılar tarafından negatif çiçek yapısı olarak yorumlanmıştır. Moreno vd., (2010), Hazar Gölü'nde yaptıkları ayrıntılı jeofizik ve sedimantolojik çalışmalara dayanarak, Doğu Anadolu Fayı'nın (Master Fay) iki ayrı koldan oluşmadığını, kuzeydoğu bölümdeki derin havzanın tabanında görüldüğü gibi devamlı ve tek bir segmentten oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu veriye dayanarak, gölün bu kesimi için birbirini izleyen ilki step-over, ikincisi ise releasing bend olmak üzere iki aşamalı çek-ayır havza modeli önermektedirler. Gerek jeofizik ve gerekse sedimantolojik veriler, Doğu Anadolu Fayı'nın gölün kuzeydoğu bölümündeki derin havzanın tabanında tek bir faydan oluştuğunu göstermiştir. Ancak, derin havzayı kuzey ve güneyden sınırlayan kenar faylarının varlığı, günümüzde Hazar Gölü'nün tipik bir negatif çiçek yapısı olarak geliştiğini göstermektedir.

Karlıova-Antakya arasında DAFS, belirgin sol yanal atımlı 5 ana segmentten oluşur. Karlıova-Antakya arasında DAFS'nin her bir depremde kırılması beklenen belirgin bölümleri (segment) şunlardır;

1- Karlıova-Bingöl fayı; 65 km uzunluğundadır.

2- Palu-Sincik Fayı

a)Palu-Hazar fayı; 50 km uzunluğundadır.

b)Hazar-Sincik fayı; 85 km uzunluğundadır.

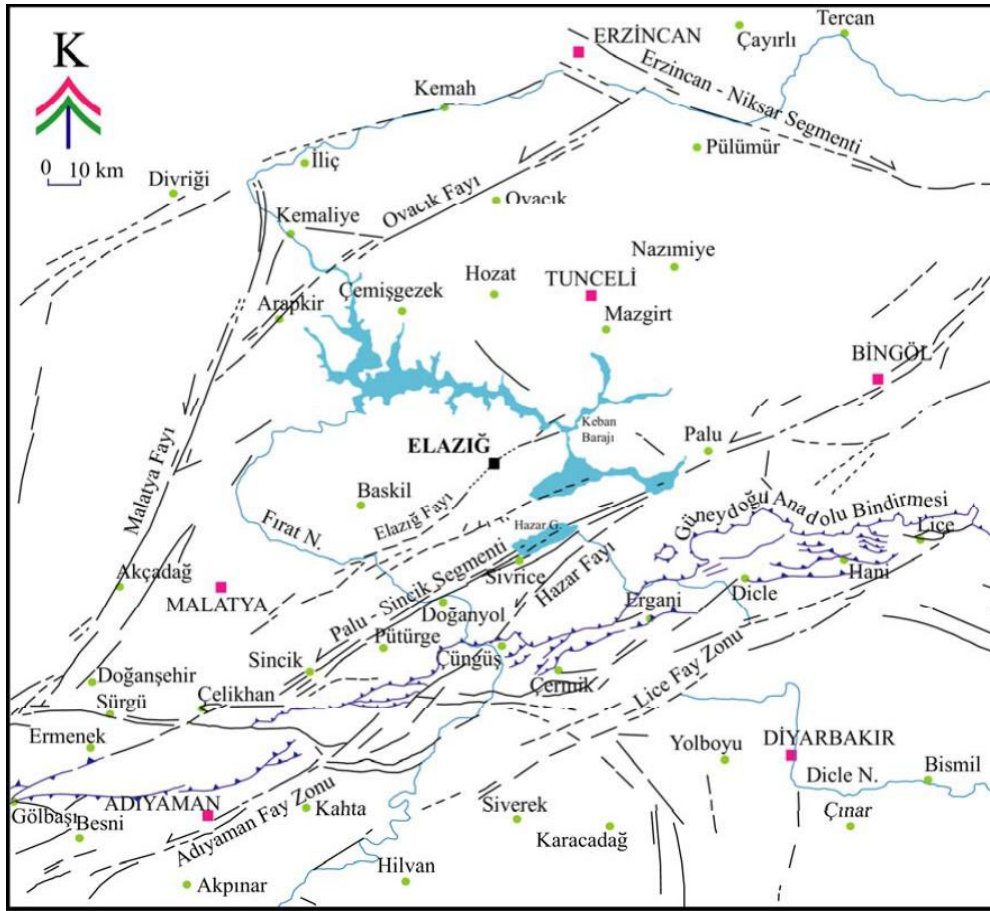
3- Çelikhhan-Gölbaşı fayı; 50 km uzunluğundadır.

4- Gölbaşı-Türkoğlu fayı; 90 km uzunluğundadır.

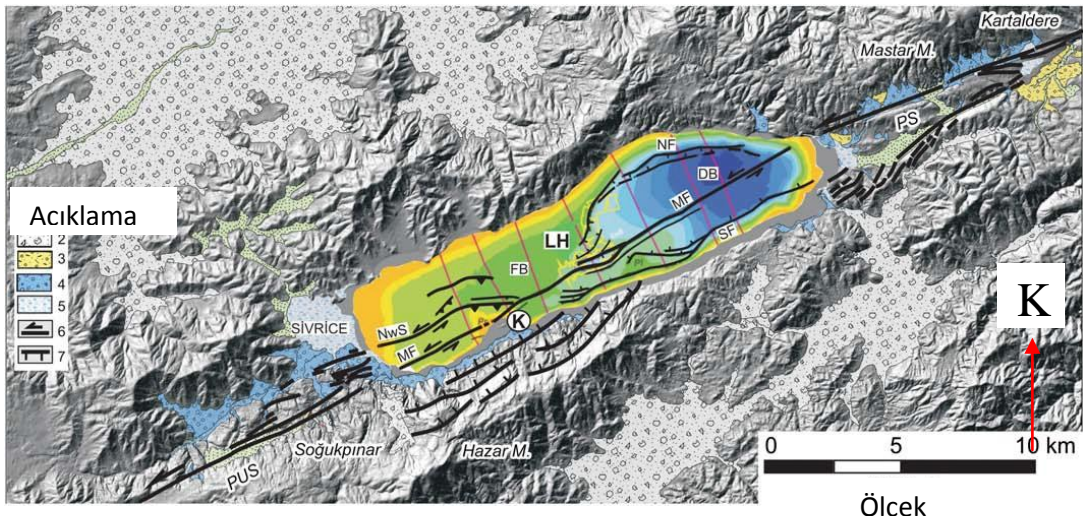
5- Türkoğlu-Antakya fayı; 145 km uzunluğundadır.

Segmentler arasındaki sıkışmalı sıçramalarda gelişmiş basınç sırtı ve dağları, açılmalı sıçramalarda gelişmiş çek-ayır havzaları, çizgisel gidişli fay vadileri, sol yönde ötelenmiş akarsu ağı ve diğer topoğrafik yapılar DAFS'nin Kuvaterner ve Holosen aktivitesini gösteren jeomorfolojik oluşumlardır. Söz konusu yapısal bölümlerden bazıları kendi içinde fay segmentlerine ayrılır. Karlıova-Bingöl ve Palu-Hazar Gölü bölümleri arasında Gökdere yükselimi, Hazar Gölü Sincik ve Çelikhan-Erkenek bölümleri arasındaki Sincik yükselimi fayın ana yapısal bölümleri arasındaki sıkışmalı sıçramalarda gelişmiş morfotektonik yapılarıdır (Şekil 6) (Şaroğlu vd., 1987, 1992; Herece, 2009). Palu-Hazar Gölü ile Hazar Gölü-Sincik bölümü arasındaki Hazar Gölü havzası, Çelikhan-Erkenek bölümü ile Gölbaşı-Türkoğlu bölümleri arasındaki Gölbaşı havzaları ise fayın sayılan ana bölümleri arasındaki açılmalı sıçramalarda gelişmiş çek-ayır havzalarıdır (Şekil 6).

Hazar Gölü ile Sincik arasında uzanan DAFS'nin Hazar Gölü-Sincik Segmenti yaklaşık K65°D doğrultulu olup, 85 km uzunluğundadır. Fay zonunun bu segment boyunca genişliği 100 m ile 2 km arasında değişmektedir (Şekil 6 ve 7) (Şaroğlu vd., 1992). Palu-Hazar Gölü ile Hazar Gölü-Sincik Segmentlerini birbirinden ayıran Hazar Gölü, Hempton ve Dunne (1984) tarafından sola sıçramada gelişmiş bir çek-ayır havzası olarak yorumlarken, Aksoy vd., (2007) gölün doğusunda ikiye ayrılan ana fayın göl boyunca güneybatıya doğru hareket ederek yarı paralel ve mercek biçimli iki çöküntü oluşumuna neden olduğunu aktif fayların ayrıntılı haritalanması sonucu ortaya koymuşlar, doğrultu atımlı bu geometriyi de negatif çiçek yapısı olarak yorumlamışlardır.



Şekil 6. Elazığ ve çevresine ait tektonik harita (Perinçek vd., 1987'den değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 7. DAFS'nin Hazar Gölü çevresinden geçen Palu-Sincik segmentine ait kolları.

3.3.Sismotektonik Özellikler

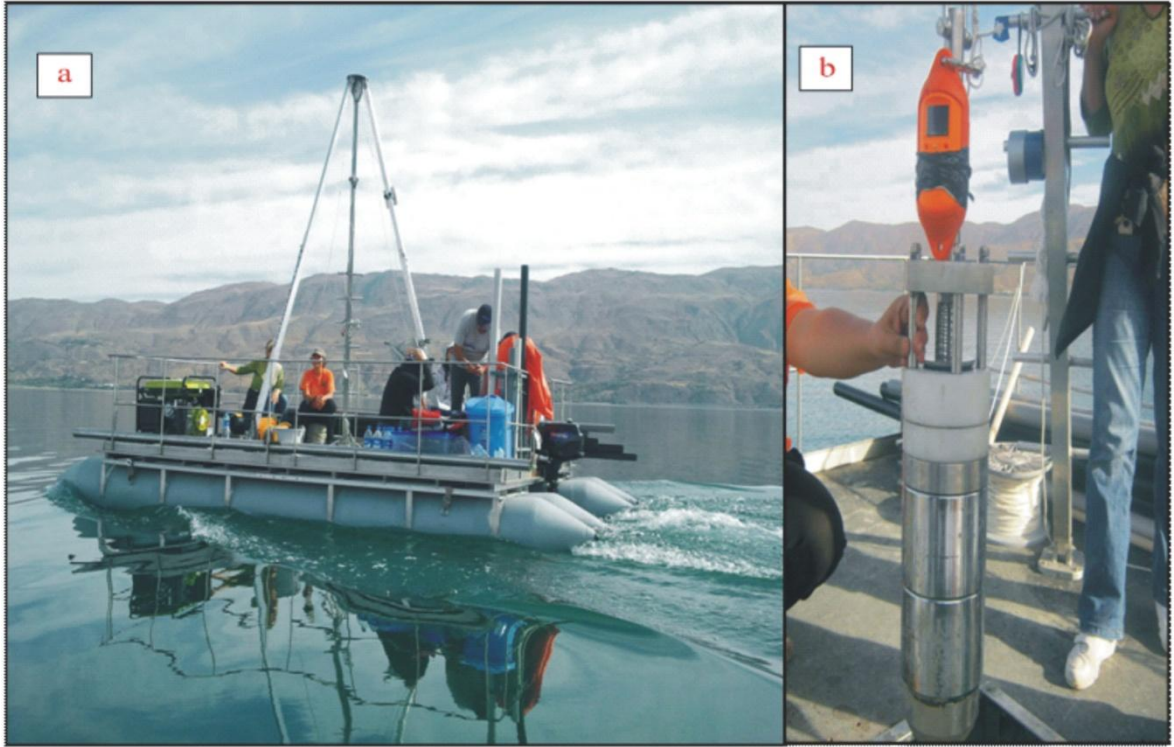
Hazar Gölü ve çevresi sismik yönden son derece aktif bir zondur. Göl ve yakın çevresinde çeşitli araştırmacıların yaptıkları aletsel mikro sismik ölçümlerden çıkan sonuca göre, bu yörede günde ortalama büyüklüğü 3'ten küçük 5 depremin olduğu ortaya konmuştur (Çetin vd., 2003). Bunun yanında aynı bölgede yapılan paleosismik çalışmalar ve tarihsel kayıtlar, bu yörede 7'den büyük depremlerin olduğunu da açıkça göstermiştir (Ergin vd., 1967; Ambraseys, 1989; Ambrassey ve Finkel,1995; Ambrassey ve Jackson, 1998). Hazar Gölü, Palu ve Bingöl yörelerinde olan 1874, 1875 ve 1971 depremleri bunların en fazla bilinenleridir. 1874 Mayıs ayında büyüklüğü $M_s=7.1$ olan deprem Hazar Gölü ve yakın çevresini ciddi bir şekilde etkilemiş ve gölün güney kenarı 1-2 m yükselmiştir. Bu yükselme olayı neticesinde Hazar Gölü suyunu Dicle nehrine boşaltan kanal askıda kalmış ve göl suyunun nehre akışı durmuştur. Bu olay göl seviyesinin yükselerek yakın çevredeki yerleşim alanlarını (Kilise Adası) basmasına neden olmuştur.

Büyüklüğü $M_s=6.7$ olan 1875 depremi sırasında da güney kenar, dolayısıyla Dicle bağlantı kanalı 2 m daha yükselmiş ve bugünkü konumunu almıştır. Bingöl depremi ($M_s=6.8$), 1971 yılında Bingöl ve yakın çevresini etkilemiş ve büyük oranda can ve mal kaybına neden olmuştur (Ambrassey 1989; Ambrassey ve Jackson, 1998). Öte yandan diğer önemli depremler Elazığ- Sivrice depremi ($M_s=5.3$) ve ($M_s=5.9$), 2007 yılında Elazığ ve yakın çevresini etkilemiş ve bu deprem can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Elazığ- Kovancılar depremi ($M_s=6.0$), 2010 yılında Elazığ ve yakın çevresini etkilemiş, bu deprem can ve mal kayıplarına neden olmuştur.

4.ÇALIŞMA METODLARI

4.1.Karot Çalışmaları

Hazar Gölü tabanından çökel örneği alımı TÜBİTAK 111Y045 nolu ‘Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri’ projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında, Hazar Gölü tabanından çökel örneği yüzen bir platform ile çakmalı piston sistemiyle alınmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. (a) Göl çalışmalarında karot alımında kullanılan yüzer platform, (b) göl tabanlarından çökel örneği alan karotiyer sistemi.

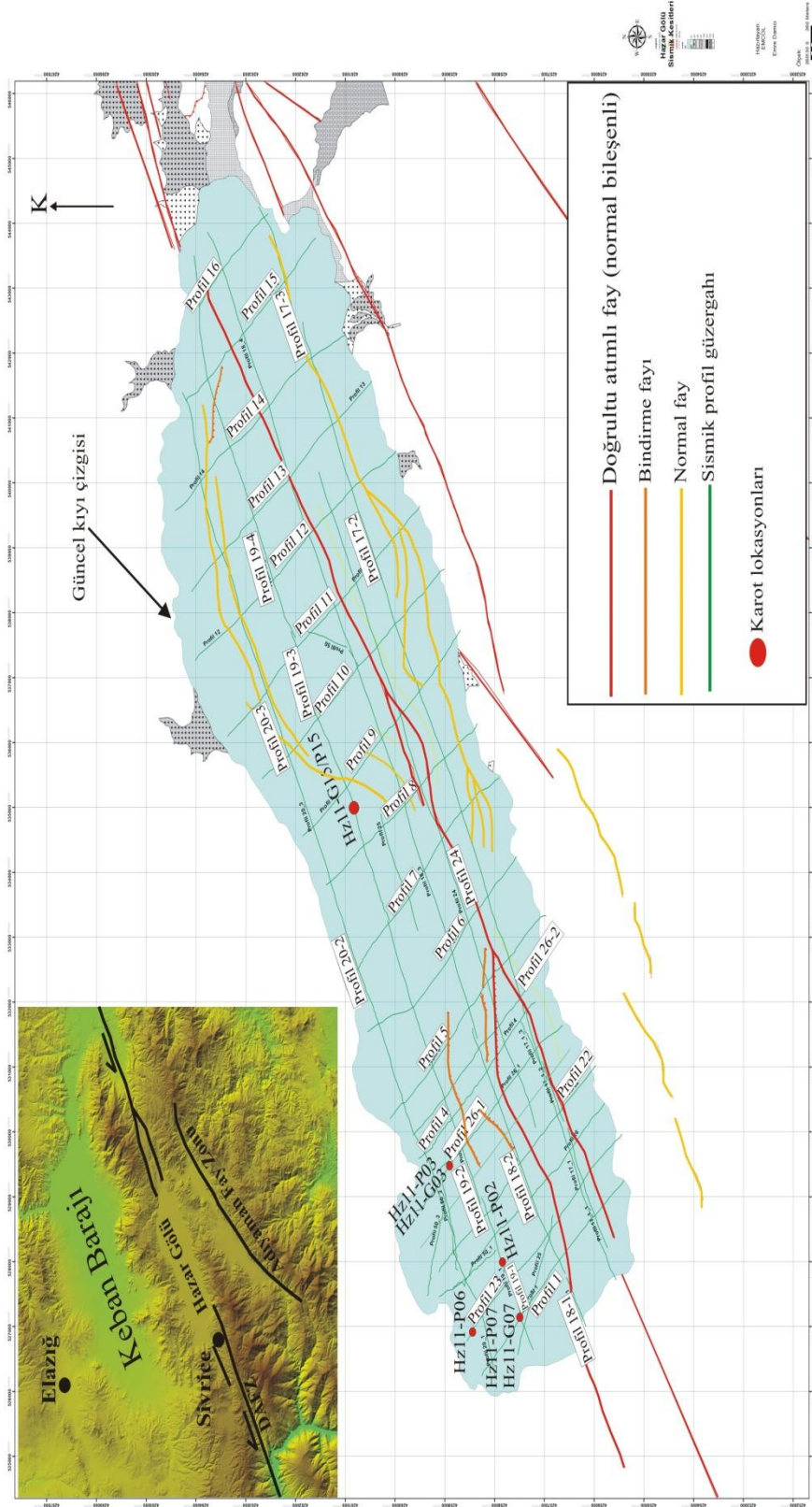
Bu çalışma sırasında, Hazar Gölü’nden, gravite ve piston karotiyerler kullanılarak çeşitli derinliklerden uzun ve kısa olmak üzere 7 adet sediment karotu alınmıştır (Şekil 9, Tablo 1). Bu çalışmada incelenen, HZ11-P02, HZ11-P03, HZ11-P06, HZ11-P07, HZ11-P15, HZ11-G03, HZ11-G07 uzun ve kısa karotlarının sedimentolojik, jeokimyasal analizleri ile çökellerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Fırat Üniversitesi Sedimentoloji Laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

Çakma piston yöntemi ile sürekli ve bozmadan çökel alınabilmektedir. PVC borunun içine yerleştirilen pistonun yukarıdan çakılarak borunun su tabanından içeri ilerlemesi sağlanır. Piston karot alma yöntemi göl veya deniz tabanlarında tutturulmamış yumuşak çökelleri sıkıştırarak alabilmektedir. Boru ucuna takılan pirinçten yapılan karot tutucu (core catcher) ile malzemenin geri çıkması engellenir. Karot tutucu su tabanına ilk giriş anında çamuru karıştırması sebebiyle, yüzey piston yöntemiyle kullanılmalıdır.

Gravite karotiyerinde ise PVC borunun kafasına monte edilen ağırlık (30 kg) ile su tabanına 0.1 m yukarıdan bırakılarak kendi ağırlığı ile tabana saplanması sağlanır. Sistem teflon bir başlığa conta ile tutturulan vakumlama sistemi ile çalışır. Vakum sistemi ancak 1-1.5 m'lik çamuru taşımaya elverişlidir. Ucunda tutucu olmamasından dolayı alınan örneğin yüzeyinde herhangi bir bozulma olmaz.

Tablo 1. Tez kapsamında analizleri yapılan piston ve gravite karotlarına ait bilgiler.

Karot Adı	Karot Uzunluğu (cm)	Derinlik (m)	Sismik Hat	Karotiyer Türü
HZ11-P02	380	-52.5	Profil 19_1	Piston çakmalı
HZ11-P03	350	-54.4	Profil 26_1	Piston çakmalı
HZ11-P06	243	-11.50	Profil 23	Piston çakmalı
HZ11-P07	200	-12.80	Profil 19_1	Piston çakmalı
HZ11-P15	372.5	-78.30	Profil 19_3	Piston çakmalı
HZ11-G03	98	-56.3	Profil 26_1	Gravite
HZ11-G07	72	-13.50	Profil 19_1	Gravite



Şekil 9. Bu çalışma kapsamında incelenen sismik profil ve bunların üzerinden alınan karotların lokasyonlarını gösteren Hazar Gölü.

4.2. Sismik Çalışmalar

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında hava koşullarının en uygun olduğu zamanlarda Üniversitemize ait 6 m boyunda bir araştırma teknesi kullanılarak gölde sismik çalışmalar yapılmıştır (Şekil 8). Arazi çalışmasının bu kısmında sismik kayıtlar derin ve hassas görüntü kalitesine sahip ve 8khz frekansında çalışan INNOMAR SES 2000 compact modeli ile alınmıştır. Sismik çalışmalar sırasında göl tabanına gönderilen ve alınan ses dalga hızı karot alınan lokasyonlarda CTD aleti ile yapılan ses hızı ölçümlerine göre 1430 m s-1 ila 1450 m s-1 olarak hesaplanmıştır. 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 ArcGis programında yapılmıştır. Tez kapsamında alınan sismik görüntülerde düşey derinlik hesaplamaları yapıldıktan sonra görüntülerde yorumlama aşamasına geçilmiştir.

Sismik stratigrafik çalışmalar; sismik profillerde farklı çökel birimlerin belirlenmesi ve bu birimlerin profillerde alt ve üst yüzeylerini oluşturan sismik yansıma yüzeylerinin sismik stratigrafik kurallara uygun olarak tanımlanmasından oluşmaktadır. Sismik stratigrafik çalışmalar ile sismik birimleri temsil eden litofasiyes ve fasiyes değişimleri, genel çökelme modeli, uyumsuzluklar, deniz düzeyi değişimleri gibi pek çok konuda yorum yapılabilmektedir.

Vail vd., (1977) tarafından önerilen sismik stratigrafik yorumun yöntemi ve işlev sırası şu şekildedir:

- Sismik yansıma yüzeylerinin tanımlanması,
- Sismik yansıma yüzeylerinin analizi ile geometrisi ve devamlılığının saptanması,
- Sismik yansıma yüzeyleri arasında yer alan sedimenter birimlerin iç yansıma geometrilerinin tanımlanması,

Sismik yansıma yüzeyleri çökel veya kayaç birimleri arasındaki farklı fiziksel özelliklerden kaynaklanmaktadır. Birimler arasındaki dokanak yüzeyler temel olarak yeterli hız ve yoğunluk tezatına sahip olan tabaka yüzeyleri ve uyumsuzluklardır.

Uyumsuzluk yüzeyleri erozyon ve/veya çökelmezlikleri karakterize etmekte olup belirli bir stratigrafik boşluğu karakterize etmektedir. Uyumsuzluk yüzeyleri eş zamanlı yüzeyler olmayıp, kronostratigrafik değildir (Vail vd., 1977). Vail vd., (1977)'ne göre sismik yansıma yüzeyleri dalga boylarının yaklaşık olarak yarısı kadar olan bir aralıkta jeolojik zaman çizgilerini (tabaka düzlemlerini) takip ederler. Sismik yansıma yüzeylerinin özelliklerinden yararlanarak;

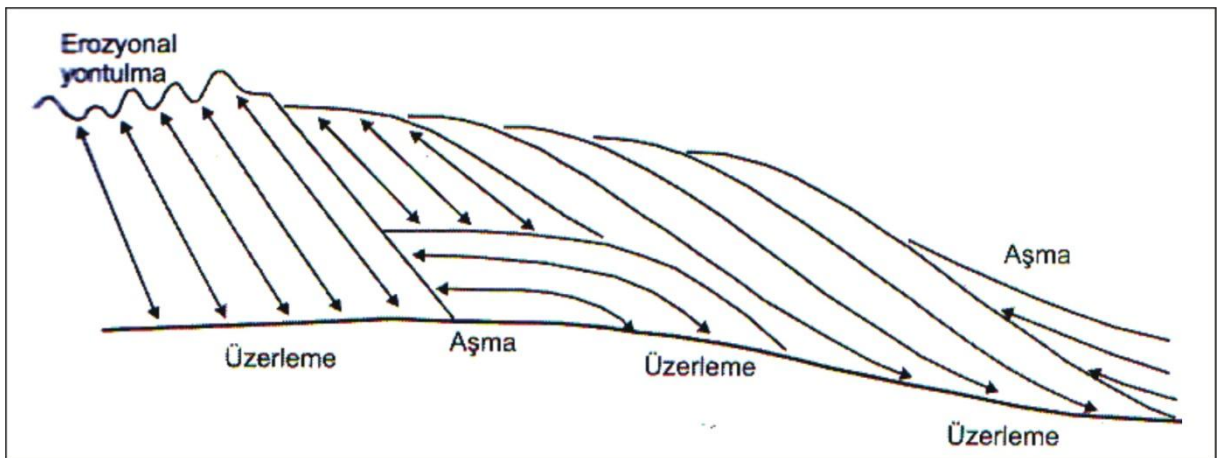
1. Jeolojik zaman korelasyonları,
2. Çökel birimlerin tanımlanması,
3. Çökel birimlerin çökelme ortamları ve kalınlıkları,
4. Paleobatimetresi

yorumlanabilir. Sismik yansıma yüzeylerinin karakterize ettiği tabaka ve/veya tabaka setlerinin belirli bir yüzeye karşı olan sonlanmaları ile ilgili terminolojiler kullanılır (Vail vd., 1977).

Üzerleme: Aşağıya doğru bir eğimle biten yansıma yüzeyleri (Şekil 10).

Aşma: Eğimli bir yüzeye karşı ve yanal olarak biten yansıma yüzeyleri (Şekil 10).

Erozyonel yontulma: Sigmoid ve/veya oblik klinofomların erozyonel olarak yontulmalarıyla oluşurlar (Şekil 10).

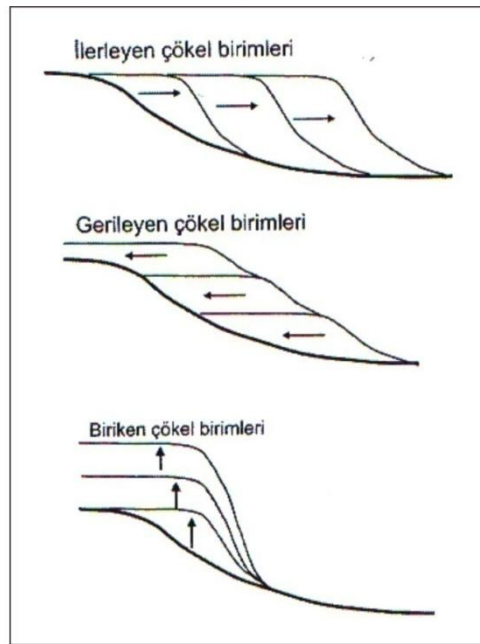


Şekil 10 .Sismik yansıma yüzeylerinin geometrik terminolojileri (Vail vd., 1977).

Sismik yansıma şekilleri stratigrafik özelliklerle doğrudan ilgilidir. Çökme işlevleri ile ilgili tabaka örnekleriyle kontrol edilmektedir. Orijinal topoğrafyayı, paleobatimetriyi ve erozyonu da belirtmektedir. Sismik yansıma yüzeylerinin devamlılığı tabaka yüzeyleri boyunca olan akustik impedans kontrast özelliği ile ilgilidir. Bu özellik de depolanma işlevi ve ortamlarla doğrudan ilişkilidir (Vail vd., 1977).

Sismik profillerde gözlenen sismik yansıma yüzeyi paketlerinin gösterdikleri geometrik ve yapısal özelliklerine göre;

- a) Paralel ve yarı paralel sismik yansıma yüzeyleri: Genelde şelfi/ platformu, alüvyal düzlükleri, delta platformu ve delta düzlüğünü karakterize eder (Şekil 11).
- b) İlerleyen sismik yansıma yüzeyleri: İlerleyen yamaçla birlikte şelfi, ilerleyen şelf delta veya şelf kenarı deltalarını karakterize eder (Şekil 11).
- c) Biriken sismik yansıma yüzeyleri: Şelfi/ platformu, delta platformunu karakterize eder (Şekil 11).
- d) Aşma ve dolgu şeklindeki sismik yansıma yüzeyleri: Çoğunlukla kıyısal aşmaları, yamaç önü aşmalı dolgularını ve denizaltı kanyon dolgularını karakterize eder (Şekil 11).
- e) Gerileyen sismik yansıma yüzeyleri: Şelf, şelf yamacı ve delta önü yamacını karakterize eder (Şekil 11).



Şekil 11. Sismik profillerde gözlenen sismik yansıma yüzeyi paketlerinin gösterdikleri geometrik ve yapısal özellikler (Vail, 1977).

4.3. Manyetik Duyarlılık Analizleri

Tez kapsamında karotlarda yapılan Manyetik Duyarlılık Analizleri tez kapsamında alınan nokta sensörlü Bartington Magnetic Susceptibilite cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu alet sayesinde yarım (ikiye bölünmüş) karotlarda sedimentin manyetik geçirgenlik özellikleri karot çökellerine zarar vermeden ölçülmüştür. Bu yöntemde, karot numunesi istenilen çözünürlükte taranabilmektedir. Bu tez kapsamında incelenen karotlar, 2 cm'lik ölçüm aralığında çalışılmıştır. Elde edilen ham sonuçlar, daha sonra kalibrasyonu yapılarak yorumlanacak hale getirilmiştir. Bu tez kapsamında göl çökellerinden yapılacak manyetik geçirgenlik analizleri özellikle göle olan karasal kırıntı girdilerini göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Göl ve deniz sedimentleri içerisindeki magnetik topluluklar, havzadaki erozyon (nehir ya da moloz girdisi) kaynaklı parçalardan, in-situ (yerinde gelişen) çözümler ve magnetik taşıyıcıların otojenezi sonucu meydana gelirler (Berner, 1980; Snowball, 1993; Williamson vd., 1998). Manyetik duyarlılık, havzaya kırıntılı malzeme girişinin olduğu dönemlerde hareketlenir ve yüksek değerler verir. Bu yüksek değerler göldeki hidrolojik aktivitenin de yüksek olduğunu gösterir. Tam tersi olduğu dönemlerde ise gölün hidrolojik aktivitesi düşüktür (Arnaud vd., 2005).

Yağışlı iklim dönemlerinde kırıntı girdisi göstergesi Fe ve Ti, fiziksel aşınma sonucu göl ve deniz sedimentlerinde artar ve bu durum manyetik geçirgenlik grafiklerindeki artış pikleriyle takip edilir. Kurak iklim dönemlerinde göl ve denizlerin besleyici özellikleri yüksek olup, biyojenik malzeme üretimindeki artış, nehir vasıtasıyla gelen kırıntı girdisindeki azalma, sediment karotlarındaki düşük manyetik geçirgenlik değerleriyle takip edilir (Cheshire, 2005). Manyetik geçirgenlik mineral bileşimine bağlı olarak, demirli pirit, sülfütlü malzemelerde yüksek çıkabilir. Ayrıca manyetik geçirgenlik kumlu ve daha kaba boyuttaki malzeme yüksek, killi malzeme düşük bulunur.

4.4. Tane Boyu Analizleri

Tez kapsamında karotlarda yapılan tane boyu analizleri Fırat Üniversitesi Sedimantoloji laboratuvarında bulunan Malvern Master Sizer 3000 cihazı ile karotta derinlik boyunca 2 cm çözünürlük ile yapılmıştır. Lazer kaynağı ile ölçüm yapabilen bu cihaz nannometre boyutundan 3 mm boyutuna kadar tanelerde ölçüm yapabilmektedir. Ölçüm yapılan tane boyutları, grafiklerde mikron cinsinden ifade edilmiştir. Ayrıca karotlarda kil, silt, kum

yüzdeleri şeklinde grafiklerde hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan tane boyu analizleri sonucunda elde edilen farklı parametreler (Boylanma, Yamukluk, Tane Boyu, Passega diyagramı vb.) sayesinde Hazar Gölü Geç Pleyistosen-Holosen yaşlı litostratigrafik birimlerin çökme ortamları ve işlevleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Aynı parametreler sayesinde yine bu çökellerin dokusal özellikleri de belirlenmiştir. Bu sayede karot çökellerine ait farklı fasiyeslerin kökenleri de araştırılmıştır.

Mode, en sık tekrarlanan değer; median, ortadaki değer; kurtosis, basıklığı ve yamukluk ise asimetrikliği temsil eder. Akarsu veya türbit akıntılarının olduğu ortamlarda iri taneler akıntının kaynağına yakinken taneler akıntı aşağıya iriden inceye doğru bir dizilim gösterirler. Plaj/sahil ve sığ deniz ortamlarda tane boyundaki azalma derinliğin artmasına bağlı olarak dalga enerjilerindeki azalma ile ilişkilendirilirler. Yamukluk değerinin değişmesi, ortamdaki enerjinin değişimini işaret eder. Yamukluk yani asimetriklik veya çarpıklık ölçüleri, tortulların kümülatif eğrileri, ortalama tane boyu ve boylanma yönünden benzer olabilir. Fakat simetri yönünden değişim gösterirler. Bölgesel olarak üretilmiş çakıllı nehir kumları veya lagün killi plaj kumları gibi çok kaynaklı sedimanlar kesin yamukluk ile kurtosis gösterirler. Plaj kumları, rüzgarla taşınan kumlar gibi tek kaynaklı sedimenlerde bulunurlar. Tane boyu yamukluğu çökme ortamını gösteren önemli bir araçtır. Mode (mod) en çok görülen tane boyudur. Mode aritmetik ortalamanın kümülatif eğri üzerindeki en dik noktasıdır. Tortulların dağılım eğrileri birden fazla mode içerebilir. Bu yüzden mode, sedimentlerin kökeni ve taşınma şekli hakkında önemli bilgiler verir. Başka bir deyişle birden fazla mode, o sedimentin birden fazla kaynak kayadan taşınmış olabileceğini gösterir. Median kümülatif eğri üzerinde %50 çizgisine karşılık gelen tane boyu değeridir. Ağırlık olarak tanelerin yarısı mediandan kaba, yarısı incedir. Eğrinin uçlarından etkilenmediği için tortulun tüm tane boyunu yansıtmaz. Karotda tane boyu analizleri sonucunda elde edilen değerlerden Mean, Median, Mode, boylanma ve yamukluk gibi parametreler bazı formüller yardımı ile hesaplanabilmiştir. Buna göre;

Median: Tane boyu analizinde D50 değerine karşılık gelmektedir ve bu tanelerin yüzde ellisinin yansıttığı tane boyudur.

Mode: Tane boyu analizinde bu parametre cihaz tarafından verilmektedir.

Tane Boyu: $D_{10}+D_{30}+D_{50}+D_{70}+D_{90}/5$ olarak hesaplanır. Bu formülde D ile gösterilen rakamlar tane boyundaki aralıkları temsil etmektedir.

Boylanma: $\sqrt{75}/\sqrt{25}$ ile hesaplanır.

Yamukluk: $D25*D75/D50^2$ ile hesaplanır.

4.5. Toplam Organik Karbon Analizleri (TOC)

Toplam karbon (TC) analizi için TOC/TIC analizörü kullanılmıştır. 5 cm aralıklarla 5 gr örneklenen çökeller etüvde kurutulmuş ve havanda dövülmüştür. Her seviyede tartılan 50-100 mg arası örneklerdeki toplam karbon ve toplam inorganik karbon yüzdeleri bulunmuştur. Toplam organik karbon yüzdesi $TC-TIC=TOC$ denklemi ile bulunmuştur. Toplam karbon kalibrasyonu için molekül ağırlığı 204.22, ağırlıkça karbon yüzdesi 47.05 olan Potasyum Hidrojen Ftala [$C_6 H_4 (COOK)(COOH)$] kullanılmıştır. 10,20 ve 40 g Potasyum Hidrojen Ftalat yakılarak toplam karbon kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Toplam inorganik karbon için ise molekül ağırlığı 1200, ağırlıkça karbon yüzdesi 14.28 olan Sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) kullanılarak 20, 40 ve 80 mg'daki inorganik karbon yakılarak kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Analizler, öğütülmüş örneklerde, TC için 900° de TIC için ise % 85'lik fosforik asitle yok edildikten sonra 200° de yakılması ve CO_2 miktarının cihazla tespitine dayanmaktadır. Metoda göre toplam organik karbon ile inorganik karbon yüzdesi arasındaki fark toplam organik karbon yüzdesini vermektedir. Bu analizlerin tekrarlılığı %95 güvenilirlikte %5' ten daha iyidir (Gaudette vd. 1974; Loring ve Rantala,1992).

4.6. Karotlarda XRF (Ca/Ti) Analizleri

Tez kapsamında XRF analizleri İTÜ EMCOL laboratuvarında ITRAX-XRF cihazı ile yapılmıştır. ITRAX karot tarayıcısı, karot boyunca rastlanan birbirinden farklı tabakaların, jeokimyasal olarak tanımlanması çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir analiz cihazıdır (Rothwell ve Rack, 2006). Bu yöntemle karot numunesine zarar vermeden,

sediment içerisindeki element konsantrasyonları ortaya çıkarılmaktadır (Röhl ve Abrams, 2000). Aynı zamanda karotun fotoğrafı çekilir ve radyografi elde edilir. Hz11-P02, -P03, -P06, -P07, -P15 karotları 0,2 mm sıklıkla taranarak elementlerin çökel içerisindeki rölatif değişimleri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen elementel sonuçlar, kısmen kantitatif olup, birimi cps (count per second) olarak ifade edilmektedir (Jahn vd., 2003).

Göl ve denizlerin jeolojik zaman süresince geçirdiği diyajenetik süreçleri, üretkenliklerini (verimlilik), bu tür ortamlarda çökelen sedimanın kökeni ve bu göl ve denizleri çevreleyen karasal ortamlardaki eski çevre koşullarındaki değişiklikleri çeşitli yöntemler kullanılarak XRF yöntemiyle öğrenmek mümkündür. Killer iklim indikatörü ve taşınma mekanizması yöntemidir. Karada oluştuktan sonra, deniz ve göl sedimanları içerisine taşındıkları takdirde, bu sedimanların çeşitli yöntemlerle analizi sonucu karada süregelen iklim koşulları ve akıntı sistemi hakkında bilgi verir. Ti (Titanyum)'un, kırıntılı karasal girdideki oransal değişikliklerini görebilmek açısından önemli bir proksi olduğu çeşitli çalışmalarda ispatlanmıştır (Sorrel, 2006). Ti, göl ya da deniz havzasına, nehirler vasıtasıyla taşınan kırıntılı sedimentler içerisinde bol miktarda bulunur. Ti, kil ve silt parçalarındaki Fe-Ti oksitler içerisinde zenginleşen bir element olup, ağır mineraller içerisinde konsantre olur. Ti, göl ve deniz sedimentlerinde karasal kökene sahip olup, gölün üretkenliğinden ve erken diyajenetik proseslerden etkilenmez. Dolayısıyla göl ya da denize gelen kırıntılı girdinin bileşimindeki çeşitliliği görmek açısından yine proksi olarak Ti seçilir. Fe elementi de yine kırıntılı girdiyi işaret eden bir element olup, Ti ile benzer salınımlar göstermektedir. Bir bölgede soğuk ve yağışlı iklimsel dönemlerde çökeller içerisinde daha fazla Fe elementi birikebilmektedir. XRF analizleri sonucu, Ti artış ya da azalma gösterdiği seviyeler, iklimsel olarak önemli bilgiler verir. Ti miktarının arttığı seviyelerde, karasal malzeme gelişiminin arttığı yağışlı ve daha serin dönemler beklememiz gerekir. Ti miktarındaki azalma ise çoğunlukla sıcak ve kurak dönemleri yansıtmaktadır. Ca (Kalsiyum), karbonat içeriğini gösteren bir elementtir. Ca'un çok yüksek ya da çok düşük değer aldığı seviyeler, kavkı bakımından zengin ve karasal kuvarşça zengin tabakaları birbirinden ayırır (Rothwell vd., 2006). Ca, CaCO₃ ve göldeki üretkenliğin bir göstergesidir ve sıcak iklimsel dönemlerde soğuk dönemlere nazaran sediman içerisinde daha çok çökeler.

4.7. İzotop Analizleri

4.7.1. Duraylı İzotop (oksijen ve karbon) analizleri

Taz çalışması kapsamında Hazar Gölü batısından 54.4 m su derinliğinden alınan ve yaklaşık 3.50 m uzunluğundaki Hz11-P03 piston karotu proje kapsamında yapılan duraylı oksijen ve duraylı karbon analizi için seçilmiştir. Bu karotun seçilmesindeki en önemli sebeplerden biri gölde Holosen yaşlı olarak belirlenen Birim-L1'i kesiksiz olarak vermesidir. Diğer bir sebep ise karotta yapılan radyokarbon yaşlandırma sonuçlarına göre Birim-L1'in altında Geç Pleyistosen yaşlı olan Birim-L2 ile sınırlandığı tespit edilmiş olmasıdır. Dolayısıyla Geç Pleyistosen-Holosen geçişi bu karotta iyi bir şekilde gözlenebilmektedir. Karotta duraylı oksijen ve karbon izotopu analizlerinin yapılabilmesi için karot boyunca her 30 mm'de bir çökellerden ostrakod fosilleri toplanarak izotop analizleri için hazırlanmıştır. Karotun 295 cm'inden alta izotop analizleri karotun bu bölümünde yeterli sayıda ostrakod bulunamaması sebebi ile yapılamamıştır. Bunun sebepleri aşağıda tartışılacaktır.

Ostrakodlar:

Ostracoda Yunanca zırh, kabuk anlamına gelen *ostracon* kelimesinden adını almıştır. Eklembacaklılardan kabuklu (crustacea) şubesine ait Ostracoda sınıfının büyük çoğunluğu bentik olarak yaşar. Ostrakod toplulukları; deniz, kıyı ve kara içi sulak alanların çökellerini yorumlamada kullanılırlar. Toplulukların, türlerin ve kabukların analizleri ile paleoklim, paleoşinografi ve paleobiyocoğrafya ile ilgili önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Boomer vd. 2003). Son 20 yıldır Ostrakodlarda yapılan ekoloji, morfoloji ve kabuk kimyası çalışmaları iklim çeşitlenmeleri, orbital etkenlerle oluşan, son buzul döneminden sonraki hızlı iklim değişimleri, bu değişim etkisiyle oluşan paleoşinografik etkiler, deniz seviyesi değişimleri, limnoloji vb. gibi konularda bilgi vermektedir (Frenzel ve Boomer, 2005). Carapace adı verilen düşük-Mg ve CaCO₃'tan oluşan Ostrakod kabukları, yaşadıkları suyun iz-element kimyası ve duraylı izotop bileşimini vermektedir. ¹⁴C yaşlandırması ile δ¹⁸O ve δ¹³C izotop tayinlerinde kullanılabilir (Griffiths ve Holmes, 2000). Foraminifer gibi localarında kirlenme olmamasından dolayı analizlerin hassasiyeti daha yüksektir. Ostrakodlar buldukları suların sıcaklık, derinlik, tuzluluk, anyonik

bileşen ve nutrient değerlerine karşı duyarlıdır (Griffiths ve Holmes, 2000). Bu çalışma kapsamında Ostarkod tayini yapılarak izotop analizlerinin yanı sıra çalışma kapsamında Hz11-P03 karotunda yaptırılan C-14 analizleri içinde tür tayini yapılmıştır.

Örnekleme: Hz11-P03 karotu yaklaşık 30 mm aralıklarla ostrakod analizi için örneklenmiştir. Alınan sediman örnekleri bir gün suda bekletildikten sonra 63 µm elekte az tazyikli iyi suda yıkanarak kilden arındırılmış ve oda sıcaklığında kurutularak, etiketlenip şişelenmiştir.

Mikroskop Çalışmaları: Binoküler mikroskop altında kilden arındırılmış örnekler öncelikle taranıp içinde hangi canlı kalıntıları, hangi Ostrakod türleri olduğuna bakılmıştır. Fosil örnekler familyalarına göre ayrılarak cins tayini yapılarak cinsler içinde ergin (adult) ve juvenil'ler belirlenmiştir. Ergin ve juvenillerin belirlenmesi, Ostrakodların yerinden mi yoksa dışarıdan taşınarak mı geldiğini göstermektedir. Yaklaşık 348 cm uzunluğundaki Hz11-P03 karotunda gözlenen yaygın Ostrakod türleri; *Candona neglecta*, *Fabaeformiscandona* sp., *Limnocythere* sp.'dir. Duraylı oksijen ve karbon izotop analizleri için karotta sürekliliği olan *Candona neglecta* türü seçilmiştir. Mikroskop altında iyi su ile kavkı içindeki kalıntılar temizlenerek, yaklaşık 10 adet kavkı toplanarak Arizona Üniversitesi İzotop laboratuvarlarında Duraylı oksijen-karbon analizleri yapılmıştır. Mikroskop çalışmaları ile Hz11-P03 karotundaki çökellerde gerek duraylı izotop ve gerekse C-14 yaşlandırma analizleri için ayıklanan başlıca ostrakod türleri aşağıdaki gibidir;

***Candona neglecta* Sars, 1887:**

Candona neglecta Sars, Holarktik ekozon (Kuzey yarım küreyi kapsayan habitat) içerisinde bulunan, bir tatlı su Ostrakod türüdür. Fosil kayıtları, Pleistosen'den günümüze kadar bulunmaktadır. Göreceli soğuk suları tercih eden bu tür, 20 °C üzerinde sıcaklıkları geçici olarak tolere edebilmektedir. Sulak alanlarda yaygın olması bu özelliğine bağlıdır (Meisch, 2000). Organik maddece zengin göl, havuz, akarsu, çay gibi sulu ortamların tabanındaki oyuk ve çukurluklarda, yeraltı sularında yaşarlar. Geçici sulu ortamlarda yumurta, larv ve yetişkin türleri kuruma olayına karşı dayanıklılık gösterir. Bunun yanı sıra, göllerde sığ litoral zon ve profundal zonun çok derin yerlerine yerleşebilirler (Bhatia ve Singh, 1971; Diebel ve Pietrzeniuk, 1975; Danielopol vd., 1993; Meisch, 2000). *Candona neglecta* yazın göllerde gelişen hipoksik koşullara karşı adapte olabilir. Tuzluluk koşullarının değişimine karşı toleranslı bir tür olma özelliğinde olup, hafif tuzlu iç sularda

ve denizlerde, tuzluluk sınırının ‰ 0,5-16 aralığında bol bulunur (Meisch, 2000). Kalsiyum içeriği bakımından 0-72 mg ca/L ve daha üst değerlerdeki sulara kolaylıkla adapte olabilirken, pH değişimlerine karşı dayanıklıdırlar (Hiller, 1972; Hartmann ve Hiller 1977). Fosil kayıtlarına Pleistosen'den günümüze rastlanmaktadır (Meisch, 2000).

Fabaeformiscandona Kristić, 1972:

Yaşam ortamları türlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, *Fabaeformis candonafabaeformis*, *F.holzcampfi*, ve *F.fragilis* çamurlu ve bataklık tarzındaki geçici su alanlarını tercih ederken, *F. alexandri* ve *F. angusta* sulama kanalları ve sığ litoral gölleri tercih eder. Göllerde çok sığ zonlarda bulunur ki bu zonlar yaz aylarında kurur (Meisch, 2000). *Fabaeformis candonafabaeformis* ve *F.holzcampfi*, en fazla ‰ 8,1'lik tuzluluğa karşı toleranslıdır (Vesper, 1975). Genelde soğuk suları tercih ederler. Holarktık ekozon içerisinde geniş yayılım gösterirler. Fosil kayıtlarına Miyosen'den günümüze rastlanmaktadır (Meisch, 2000).

Limnocythere s. Brady, 1867:

Yaşam ortamları türlere göre farklılık göstermektedir. Genel olarak geniş aralıklı çevresel koşullara karşı toleranslıdır. Küçük ya da büyük su alanlarında, göl, gölcük, bataklık, yavaş akan dere, çay ve nehirlerde bulunur. Göllerde çamur ya da kum içerikli alt tabaka sedimentleri içerisinde rastlanır. Hafif tuzlu göl ve benzeri iç sularla, deniz ortamında, hafif acımsı sularda gözlenebilir. *Limnocythere inopinata* türü; çok fazla alkalın sularda yaşamlarını sürdürebilirler. Eurohalin türlerdir. Göllerin litoral zonu içerisinde rahatlıkla görülebilirler (Meisch, 2000). Durağan suların yanısıra akıcı sular içerisinde de rastlanabilir. *L. stationis* türü ise küçük durağan, kalıcı veya geçici su alanların litoral zonlarında yaşarlar ve genelde 0.5-1.5 m arasında su derinliklerinde rastlanılmıştır (Danielopol, 1991). Holarktık ekozon içerisinde dağılım göstermektedirler. Fosil kayıtlarına Pleistosen'den günümüze rastlanmaktadır (Meisch, 2000).

Duraylı Karbon ve Oksijen İzotopu Analizleri

Duraylı oksijen ve karbon izotopları, çevre ve iklim değişimlerini belirlemede kullanılan önemli yöntemlerdir. Tatlı suların izotop değişimleri denizlere oranla daha hassastır. Bu yüzden, göreceli olarak daha durağan olan Holosen iklim değişimlerini belirlemede

kullanılabilmektedir (Lamb vd., 1999; Jones 2004). Göl su dengesini belirlemede önemli etken buharlaşma/yağış oranıdır. Geçmiş ortamları yorumlamada kullanılan Ostrakodlar aynı zamanda CaCO_3 'lü kavkılarında elde edilen karbon ve oksijen elementleri ile duraylı izotop analizleri yapılabilmektedir. İzotop ayrışması (*fractionation*), izotop ağırlığına ve aktivitesine bağlı olarak fiziksel ve biyojeokimyasal süreçlerle gelişir. Ayrışma, evaporasyon ya da yağış gibi faz değişimleri, karbonat çökelişi, fotosentez ve biyojeokimyasal (bakteriyel) indirgenme reaksiyonları ile oluşur (Wetzel, 2001). Buharlaşma sonucu göller çözünmüş iyonlarca zenginleşir ve tuzluluğu artar, etkili yağış sonucu ise bileşimi seyrelir. Aynı süreçlerle göl suyunun oksijen izotop oranı ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$; $\delta^{18}\text{O}$) değişir. Yağış/ Buharlaşma (P/E) oranında gelişen bu değişiklikler, göl suyundan, kavkılarını oluşturan Ostrakod kabuklarının oksijen izotop oranına ($\delta^{18}\text{O}$) yansır. Böylece bu kavkılarının oksijen izotop değerleri gölün paleohidrolojisi hakkında önemli bilgiler içerir (Hodell vd., 1995). Benzer şekilde göl suyundan organik veya inorganik yoldan çökelen karbonatlar içerisindeki $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı, sıcaklıktaki değişimlerden az da olsa etkilenmekle birlikte daha çok organik üretime bağlı karbon döngüsü ile denetlenir. Daha ayrıntıda toplam çözünmüş inorganik karbona (TDIC) ait $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı, atmosferdeki CO_2 gazı bileşiminde meydana gelen değişikliklerle, fotosentez oranıyla, organik madde çürüme miktarıyla, bakteri prosesiyle (sülfat indirgenmesi ve metanojeniz) ve karbonatların çözülmesiyle ortama gelen girdiler tarafından kontrol edilir (McKenzie, 1985; Kelts ve Talbot, 1990). Göldeki üretkenliğin göstergesi olan fotosentez sırasında bitkiler ^{12}C hafif izotopunu kullanmayı tercih etmeleri artı kalan suda TDIC ^{13}C 'nin zenginleşmesine neden olur. Bir süre sonra organik maddenin çürümesi sonucu biyojenik CO_2 serbest hale geçer ve bu durumda ^{12}C 'ce zengin çözünmüş karbon dip sularında zenginleşir. Sonuçta TIC'in $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı düşer. İnorganik karbon kaynaklarından atmosferik $\delta^{13}\text{C}$ değeri ortalama -7 ‰, nehir vasıtasıyla gelen $\delta^{13}\text{C}$ değeri yaklaşık -8 ‰ veya daha düşük değerlerdedir (Keith ve Weber, 1963).

4.7.2. ¹⁴C Yaş Analizleri

Karotlarda belirli litostratigrafik birimlerin ayırt edilmesinin ardından bu seviyelerin yaşlandırılması için radyokarbon (¹⁴C) yaşlandırma tekniği kullanılmıştır. ¹⁴C yaş tayinleri AMS (Accelerator Mass Spectrometry) yöntemi ile Woods Hole Oceanographic Enstitüsü NOSAMS laboratuvarında yapılmıştır. Bunun için karotlardan seçilen bivalv, Ostrakod ve bitki/odun parçaları gibi örnekler çökel malzemesinden yıkanarak arındırılıp, yaşlandırma analizi için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin taşınmamış olmasına ve AMS yaşlandırmalarında tek kavkı olmasına dikkat edilmiştir. Kavkılar dikkatli bir şekilde su altında fırça ile temizlenerek binoküler mikroskop altında diyajenetik alterasyona uğrayıp uğramadıkları incelenmiştir. Yaşlar, ¹³C düzeltmesi yapıldıktan sonra hesaplanıp, günümüzden önce ¹⁴C yılını (G.Ö.yıl) vermiştir. Diğer çalışmalardaki tarihlerle karşılaştırabilmek için yaşlarda rezervuar yaşı düzeltmesi ve takvim yılına kalibrasyon yapılmamış ve hata payı $\pm 1\sigma$ (1 standart sapma) olarak hesaplanmıştır. Karotlarda radyokarbon (¹⁴C) yaşlandırma analizleri sayesinde farklı çökel birimlerinin ¹⁴C analiz sınırları içerisinde kalan kronolojik dizilimleri hakkında bilgi elde edilmiş ve bu sayede karot çökellerinin hassas kronostratigrafik çalışmaları yapılmıştır.

5.BULGULAR

5.1. Limnolojik Özellikler

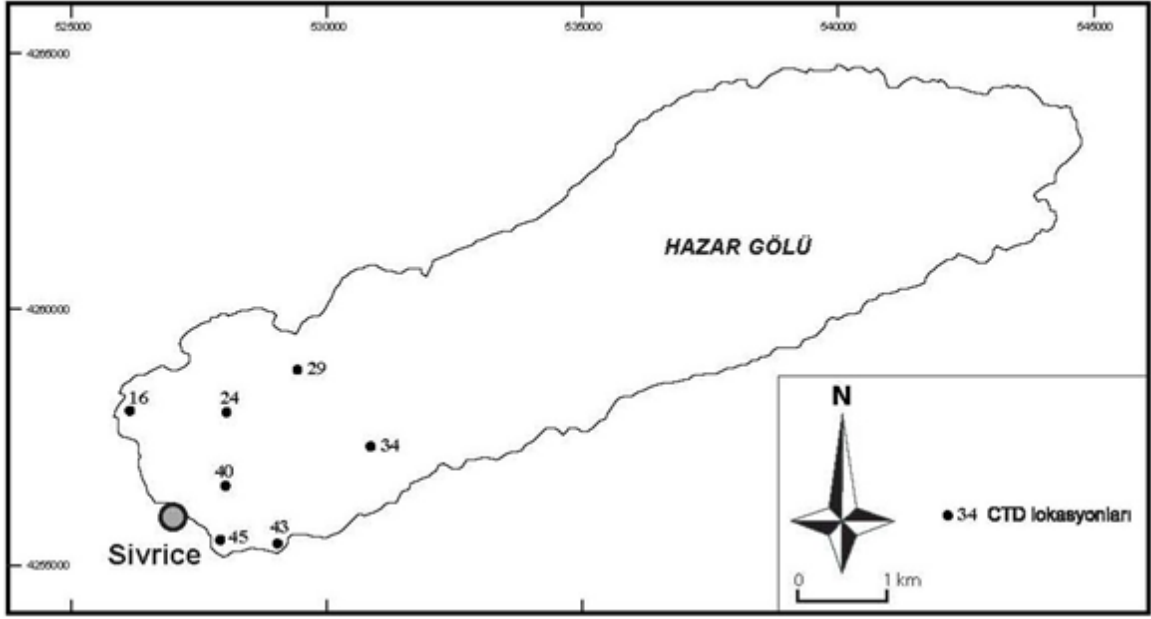
Hazar Gölü'nde yapılan arazi çalışmaları sırasında yapılan karot çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile eş zamanlı olarak göl suyunun farklı derinliklerinde CTD aleti ile gölün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de ölçülmüştür (Şekil 12). Gölün özellikle güncel limnolojik özellikleri hakkında bilgi veren bu ölçümlerde, derinliğe bağlı olarak göl suyu sıcaklığı, basınç, tuzluluk ve iletkenlik gibi parametrelerin değişimi tespit edilmiştir. 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 (termoklin) 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 geldiğinde 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 (Şekil 13).

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 (Şekil 13). 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 gözlenmiştir.

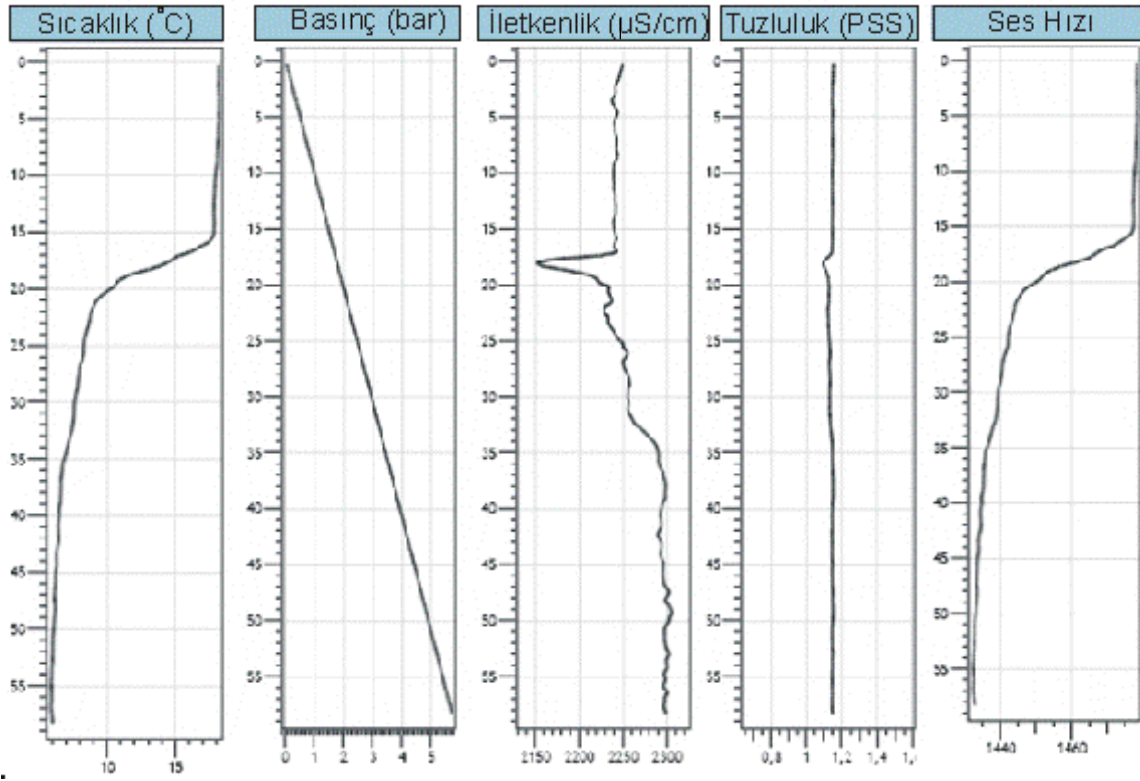
Yapılan ölçümlerde göl suyu elektriksel iletkenliğinin su yüzeyinde 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerindeyken 18. m'de aniden 2150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye değerine düştüğü ve birkaç metre derine doğru yeniden eski değerine ulaştığı gözlenmektedir. Göl suyunda 20 m'den sonra iletkenliğin derinliğe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

Göl suyunda yapılan diğer bir ölçüm ise ses hızındaki değişimdir. Göl suyunda ses hızındaki değişimler sismik kayıtlar alındıktan sonra kayıtların işlenmesi çalışmalarında gerekmektedir.



Şekil 12. Proje çalışmalarında Hazar Gölü'nde yapılan CTD ölçüm lokasyonları (TÜBİTAK, 2011).

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 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 (Şekil 13)



Şekil 13. Hazar Gölü batısında -55 m’de yapılan CTD ölçümlerinde gözlenen sıcaklık, tuzluluk, basınç, iletkenlik ve ses dalgı hızı değışimleri (TÜBİTAK, 2011).

5.2. Sismik Çalışmalar

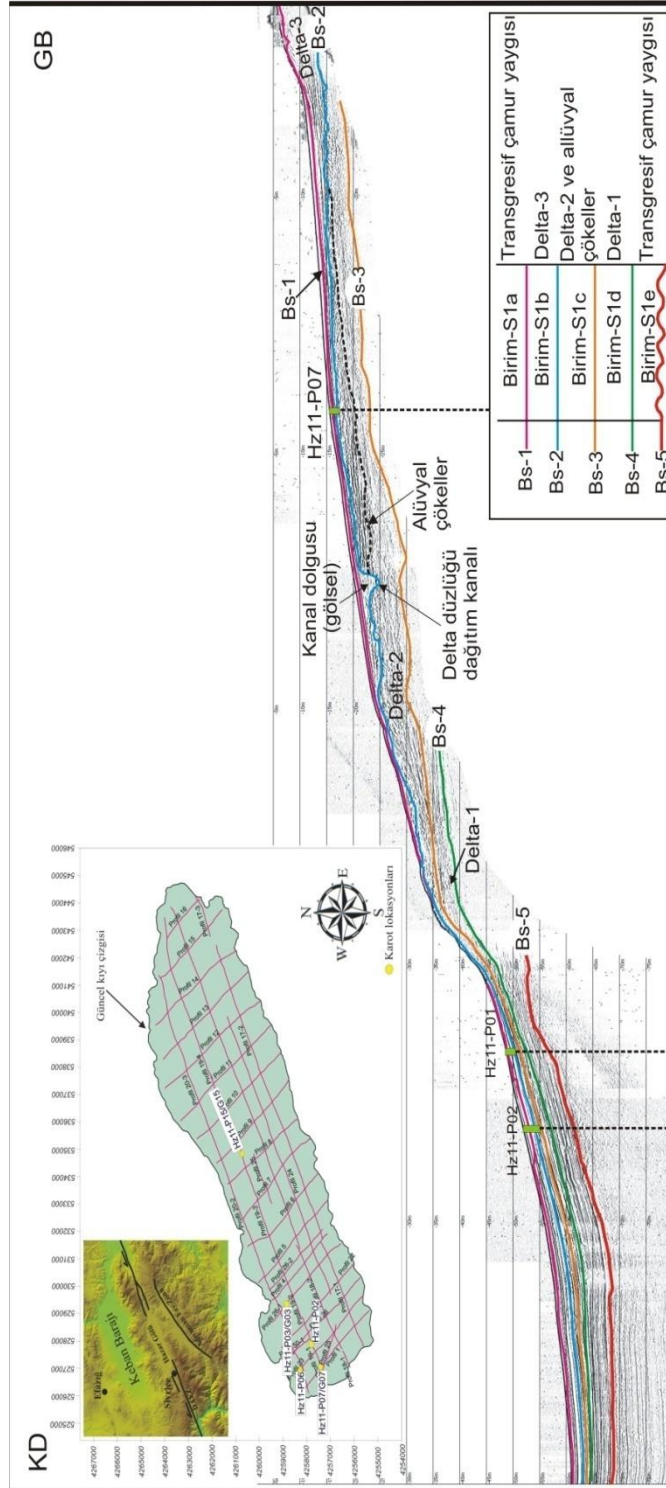
Tez kapsamında alınan karot lokasyonları sismik görüntüler alındıktan sonra belirlenmiştir. Alınan sismik kayıtlarda stratigrafik, fasiyes ve morfolojik unsurlar belirlenmiş ve ayrıca morfo-tektonik yapılar da incelenmiştir. Sismik kesitlerde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar Miall (1997)’ın belirlediği prensiplere göre yapılmış olup başlıca beş ana stratigrafik birim ayrılanmıştır. Buna göre, sismik stratigrafik birimler kesitlerde Birim-S1’den Birim-S5’e kadar değişmektedir. Sismik stratigrafik birimlerden kesitlerde en detaylı gözlenen ve karot çökelleri ile kesilebilen Birim-S1, kendi içerisinde alt birimlere ayırt edilmiştir (Birim-S1a-S1e). Birim-S1’in tabanını genelde kesitlerde uyumsuz olarak gözlenen BS-5 yansıma yüzeyi oluşturmaktadır. Kesitlerde 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 sınırları (BS) olarak gözlenmektedir. Tez kapsamında incelenen kesitlerde genel olarak Birim-S1’in alt birimlerine ait fasiyes değişimleri ve geometrik özellikleri ile çökel nitelikleri üzerinde

durulacaktır. Hazar Gölü'nün batısından alınan sismik kesitlerin tanımlamaları ve yorumlamaları sırası ile aşağıda verilmiştir.

Profil 19-1: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KD-GB uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1.4 km'dir (Şekil 14). Sismik kesitte 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 kesit boyunca aşınmalı ve/veya uyumlu yüzeyler olarak gözlenmektedir. Kesitte Birim-S1'in tabanını oluşturan BS-5 yansıma yüzeyi, kesitin 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, yansıma özelliklerine göre transgresif bir birim olduğu anlaşılmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 8.5 m olan bu birim kesitte BS-4 yansıma yüzeyi tarafından üzerlenmektedir. Kesitte GB'ya doğru devamlılığı izlenemeyen bu sınır uyumlu karakterde gelişmiştir. Bu kesit üzerinden alınan Hz11-P02 karotunun alt kısımlarında Birim-S1e'nin üst sınırını oluşturan BS-4 kesilebilmektedir. Bu yüzeyi kesitte üste doğru Birim-S1d'ye ait çökeller uyumlu olarak üzerlemektedir. Kesitin GB'sında bu birimin eğimli iç yansıma yüzeylerine sahip delta (Delta-1) çökellerinden oluştuğu anlaşılmaktadır. Aynı birim, kesitin KD'suna doğru ise birbirine paralel ve güçlü iç yansıma yüzeylerine sahip çamur yaygısı şeklinde çökeldikleri gözlenmektedir.

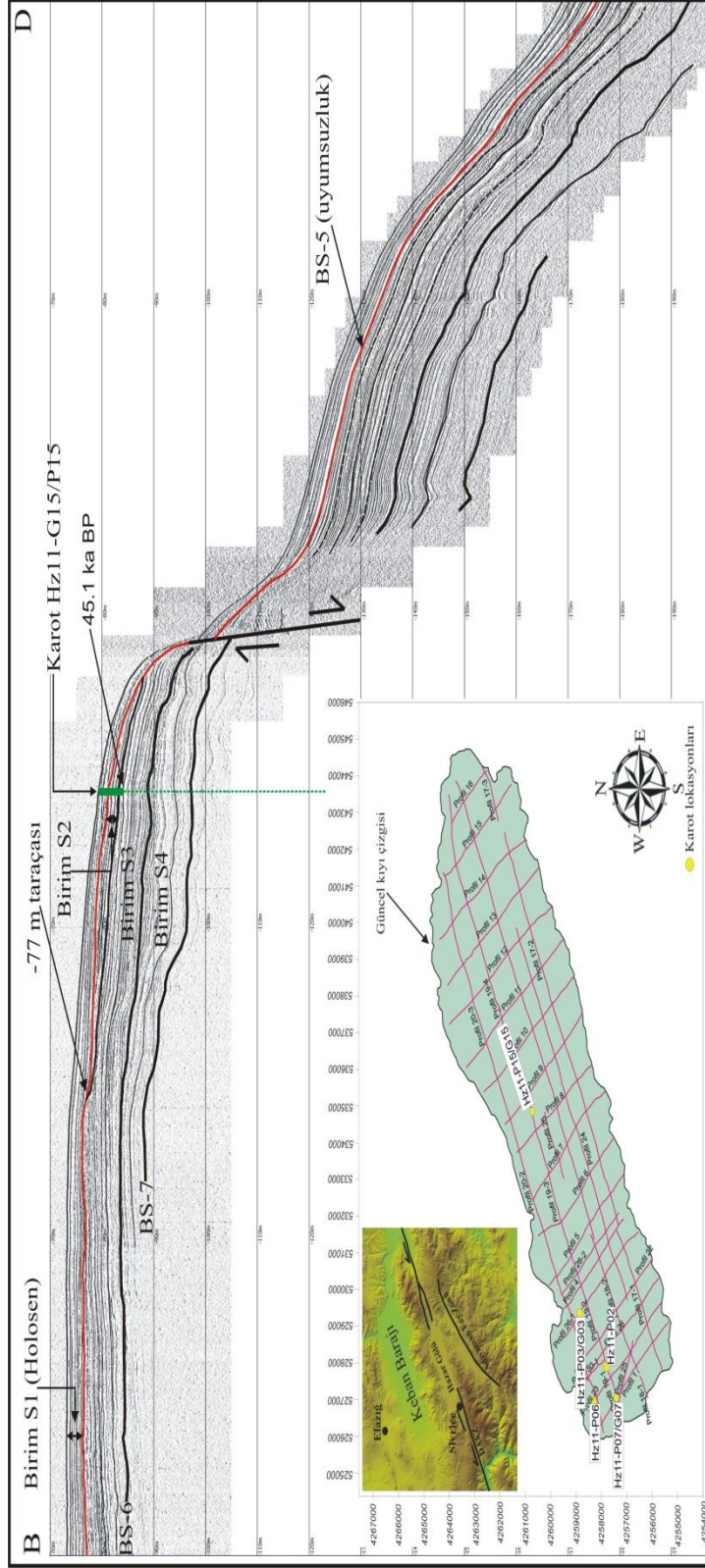
Birim-S1d'ye ait delta (Delta-1) çökellerinin kalınlığı 7 m civarında olup, kesitte KD'ya gidildikçe daha da inceldiği gözlenmektedir. Birim-S1d'ye ait delta çökellerinin üst kısmı birim sınırı olan BS-3 tarafından aşındırıldığı, ancak aynı yüzeyin ise kesitin KD'suna doğru BS-4 ile uyumlu oldukları gözlenmektedir. Birim-S1d'yi üzerleyen Birim-S1c kesitin GB'sında kalınlığı 15 m'ye varan bir delta istifi (Delta-2) ve bunu üzerleyen alüvyal çökellerden oluştuğu gözlenmektedir. Birim-S1c'ye ait bu delta çökellerinin üst kısımları aşındırılmış ve yer yer delta düzlüğüne ait dağıtım kanallarının geliştiği gözlenmektedir. Kesitte alüvyal çökellerin varlığı, kesitin GB ucundan alınan Hz11-P07 karotunun tabanında karasal kumlu ve çakıllı litolojilerden anlaşılmaktadır. Kesitin KD'sunda Birim-S1c'ye ait delta (Delta-2) çökelleri kesitte GB'ya doğru paralel iç yansıma özelliğinde çamur yaygısı çökellerine geçiş yaptığı gözlenmektedir. Kesitte Birim-S1c'yi uyumlu olarak Birim-S1b üzerlemektedir. Bu birim yine kesitin GB'sında belirgin ve eğimli iç yansıma özellikleri sunan ve kalınlığı 12 m'yi bulan delta (Delta-3)

çökellerinden oluşmaktadır. Kesitin KD'suna gidildikçe Birim-S1b'ye ait bu delta (Delta-3) çökelleri paralel iç yansıma yüzeylerinden oluşan çamur yaygılarına geçtiği gözlenmektedir. Kesitte bütün birimleri uyumlu olarak üzerleyen ve en genç birim olduğu gözlenen Birim-S1a, kesitin KD'suna gidildikçe daha da kalınlaşan transgresif çamur yaygısı şeklinde çökeldiği gözlenmektedir.



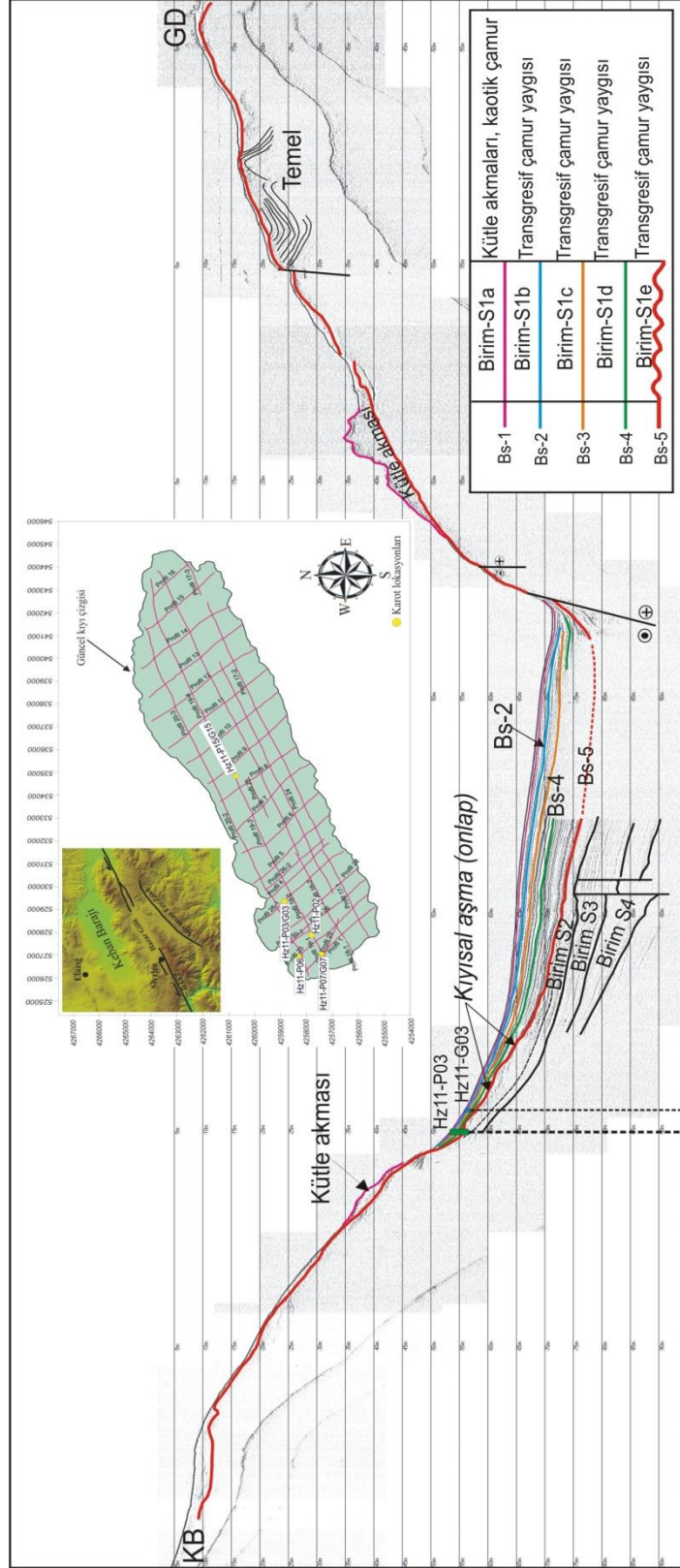
Şekil 14. Hazar Gölü batısından alınmış 19-1 nolu sığ-sismik kesit. Kesitte yapılan sismik-stratigrafik yorumlamalar sonucunda ayrıntılanan birimler ve bunları ayıran sismik yansıma yüzeylerine ait tanımlamalar kesitte verilmiştir.

Profil 19-3: Bu profil güzergahı Hazar Gölü'nün kuzey kıyısına yakın ve B-D uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2 km'dir (Şekil 15). Profilde batıdan doğuya göl tabanı yayvan bir topoğrafya ile derinleşmekte, ancak profilin orta kesimlerinde göl tabanına kadar birimlerin bir fay ile kesildikleri kısımda aniden derinleştiği gözlenmektedir. Profilde yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda Birim-S1'den Birim-S3'e kadar farklı çökel birimleri ayırt edilebilmiştir. Profilde Birim-S1'e ait çökellerin profilde doğuya doğru giderek kalınlaştığı gözlenmektedir. Profilde en genç olan Birim-S1 orta-güçlü iç sismik yansıma yüzeyleri sunmakta ve kalınlığı yaklaşık 0.2 m ila 5 m arasında değişmektedir. Profilde en alttan BS-5 uyumsuzluk yüzeyine kadar ayırtlanan Birim-S2 ve -S3 genellikle orta-güçlü paralel yansıma yüzeyleri sunmaktadır. Bu daha yaşlı birimlerin kalınlığı ise 0.1 m ila 4 m arasında değişmektedir. Profilde gözlenen en önemli morfolojik yapı, profilin batı kanadına yakın kesimde -77 m'de gözlenen eski kıyı düzlüğünü yansıtan göl taraçasıdır. Bu kıyı çizgisinin Holosen yaşlı olduğu, Birim-S1'in tabanını oluşturan BS-5 uyumsuzluk yüzeyi üzerinde gelişmesinden anlaşılmaktadır. Bu yüzeyin altında kalan Birim-S2'ye ait çökeller bu yüzey tarafından aşındırılmıştır. Profilde ayırtlanan tüm birimler profilin doğusuna doğru uzanan -170 m su derinliğine kadar izlenebilmektedir. Proje kapsamında alınan gravite karotlarından Hz11-G15 ve piston karotlarından ise Hz11-P15 bu profil üzerinde yer almaktadır. Karotlardan piston yöntemi ile alınan Hz11-P15, profilde Holosen öncesini temsil eden Birim-S2'yi kesmekte, gravite karotu Hz11-G15 ise Birim-S1'i kesebilmektedir.



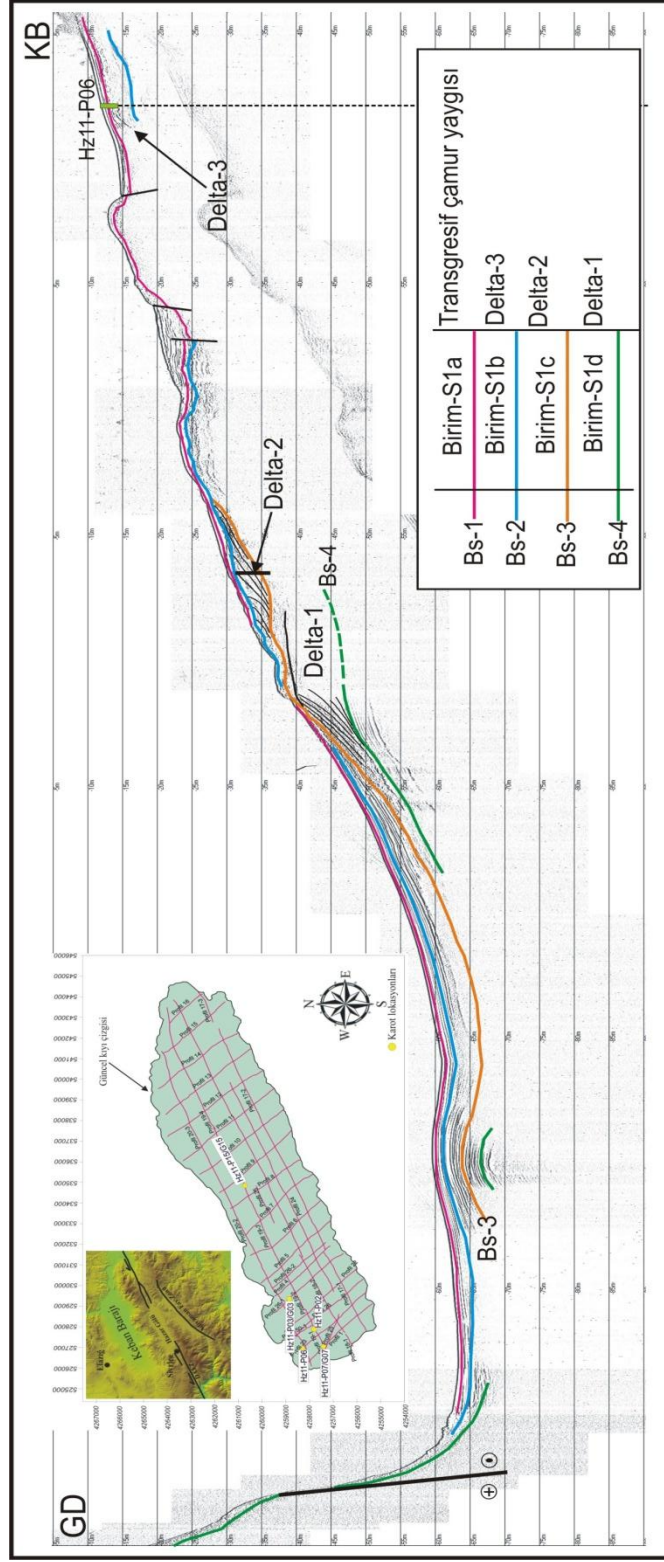
Şekil 15. Hazar Gölü'nün kuzey yamacına yakın B-D uzanımı 19-3 nolu sığ-sismik profili. Profilde Birim-S1'den Birim-S4'e kadar olan çökeller ayrılmıştır. Profilde -77 m'de duran eski göl taraçası gözlenmiştir.

Profil 26-1: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KB-GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2.2 km'dir (Şekil 16). Kesitte yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda dört farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Birim-S1-S4). Bu birimlere ait çökellerin kesitin genelde orta kesimlerde daha kalın yüzeyledikleri gözlenmektedir. Kesitte 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 yüzeyi üzerine kıyasal aşma yaparak çökelmeleri bunların transgresif çamur yaygısı olduklarını göstermektedir. Birim-S1'e ait çökellerden en genci olan Birim-S1a, kesitin KB ve GD'suna doğru çok ince bir yüzeyleme verdikleri, ancak kesitin en uç bu iki noktasına doğru yalnızca temele ait eski kayaçların yüzeyledikleri gözlenmektedir. Birim S1a kesitin KB ve GD yamaçlarında kütle akmaları şeklinde çökelen kaotik çökellerden oluştuğu gözlenmektedir. Kesitin KB'sına yakın kesimde Hz11-P03 piston ve Hz11-G03 gravite karotları alınmıştır. Bu karotlardan Hz11-P03, BS-5 yüzeyi altında Birim-S2'ye ait çökelleri kestiği gözlenmektedir. Nispeten daha kısa bir karot olan Hz11-G03 ise Birim-S1b'ye kadar olan çökelleri kesebildiği gözlenmektedir. Kesitte BS-5 yüzeyi altında kalan ve yanal olarak yüzeylemeleri devamlı olmayan Birim-S2, -S3 ve -S4'e ait çökeller yüzeye kadar ulaşmayan normal faylar ile kesildikleri gözlenmektedir.



Şekil 16. Hazar Gölü batısından alınmış 26-1 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte Birim-S1'den -S4'e kadar değişen farklı çökel birimleri ayırtlanmıştır. Kesitte KB yamacına yakın bir noktadan Hz11-P03 ve G03 karotları alınmıştır.

Profil 23: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KB-GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2.1 km'dir (Şekil 17). Kesitte yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda Birim-S1'e ait litostratigrafik birimler ayırtlanabilmiş (Birim-S1a, -S1d) ancak bu birimin tabanını oluşturan BS-5 uyumsuzluk yüzeyi gözlenememiştir. Kesitin alındığı güzergâhta göl tabanı kesitin GD ucunda yamacı nispeten daha dik bir morfoloji sunmaktadır. Kesitte 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 kesitin KB'sından alınan Hz11-P06 karotu tarafından kesilmiştir. Kesitte diğer bir dikkati çeken yapı ise Birim-S1'e ait çökellerin kesitin GD'sunda hafifçe kıvrımlandıklarıdır.

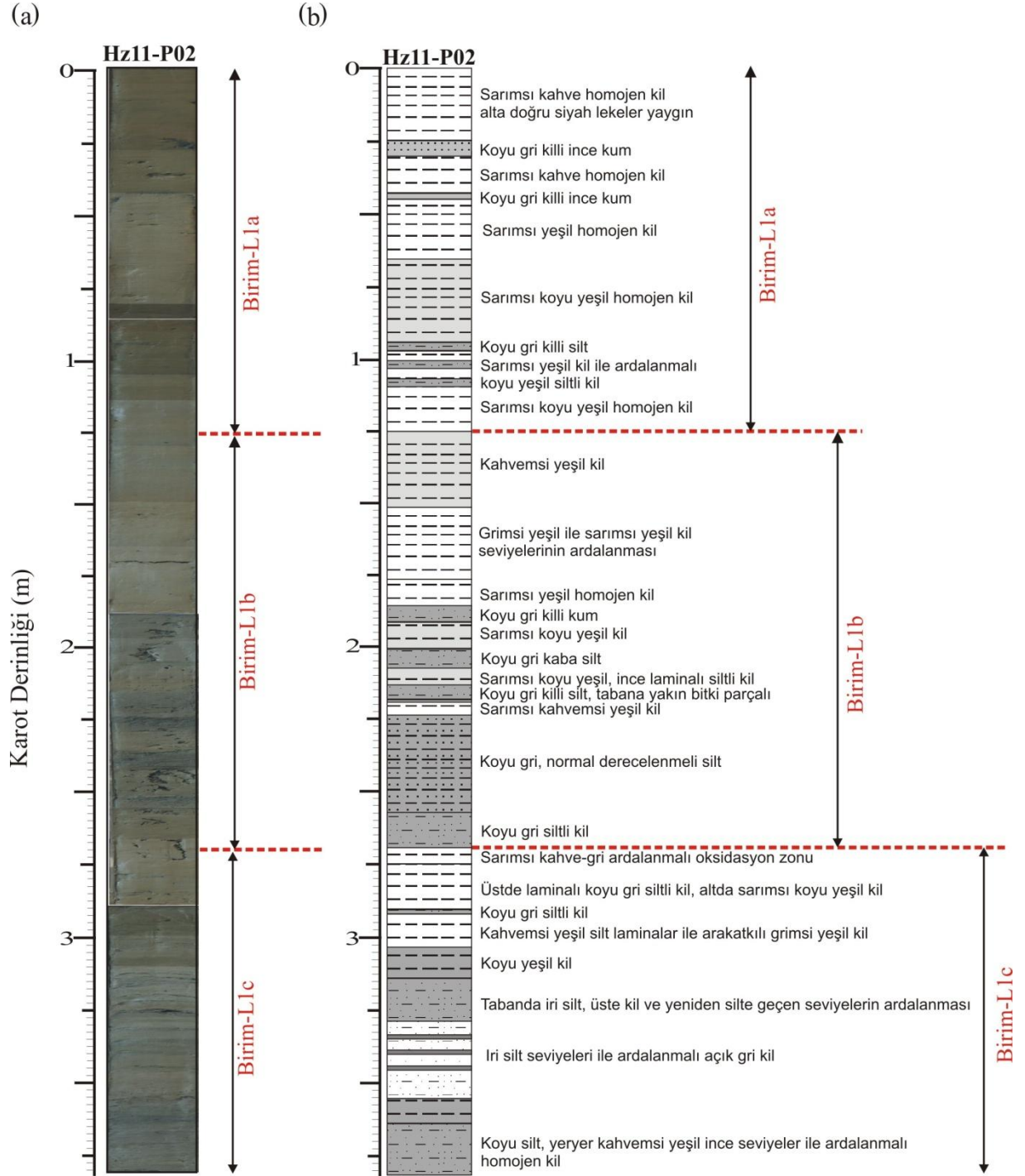


Şekil 17. Hazar Gölü batısından alınmış 23 nolu siğ-sismik kesiti. Kesitte birbiri üzerine birikerek çökelmiş ve farklı derinliklerde duran delta çökelleri gözlenmektedir. Kesitin KB ucundan alınan Hz11-P06 karotu ise en genç delta çökeli kesmektedir.

5.3. Karotların Litolojik Tanımlanması

5.3.1. Hz11-P02 Karotu

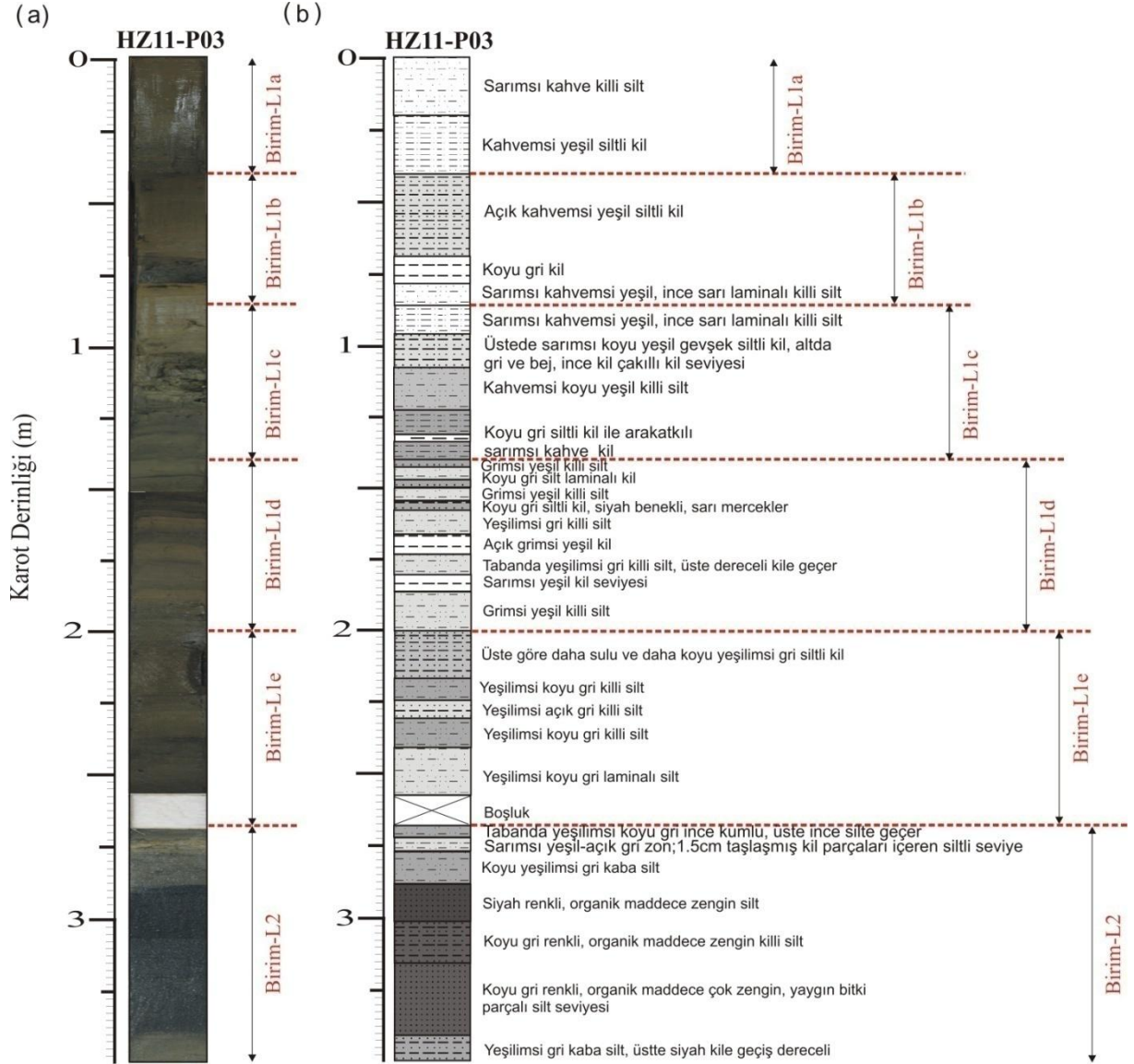
Hazar Gölü batısında 52.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.80 m'dir. Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S1'e ait çökellerin Birim-S1a'dan -S1c'ye kadar olan birimleri kestiği gözlenmiştir ve karotta tanımlanan birimler ise Birim-L1a, -L1c olarak belirlenmiştir (Şekil 18). Karotun tabanını temsil eden Birim-L1c, altta kahvemsî yeşil ince seviyeler ile ardalanmalı koyu gri kil ile başlar ve bu birim içerisinde 350 cm'den üste doğru iri silt seviyeleri ile ardalanmalı açık gri kil gözlenir. Birim üste doğru yer yer ince silt laminalı grimsî yeşil kil ile koyu gri ve sarımsî kahve killi seviyelere geçmektedir. Birim-L1c üstte aşınmalı bir sınır ile Birim-L1b'ye geçmektedir. Birim-L1b tabanda koyu gri siltli kil ile başlamaktadır ve üste doğru normal dereceli silte geçmektedir. Bu birim içerisinde 220 cm'den itibaren üste doğru bitki parçaları içeren killi silt ve koyu yeşil siltli kil seviyeleri gözlenmektedir. Birim-L1b üste doğru kahvemsî ve sarımsî killi seviyelerden oluşmaktadır. Birim-L1b'yi uyumlu olarak üzerleyen Birim-L1a, sarımsî homojen yeşil kil ile başlar ve üste doğru sarımsî yeşil kil ile ardalanmalı koyu yeşil siltli kil seviyeleri ile devam etmektedir. Birim-L1a içerisinde üste doğru koyu gri ince kum seviyeleri ile ardalanmalı sarımsî kahve homojen kil seviyeleri ve en üstte ise sarımsî kahve, yer yer siyah lekeli kil seviyesi gözlenmektedir.



Şekil 18. Hazar Gölü batısından 52.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P02 karotunun (a) dijital resmi ve (b) düşey stratigrafik logu.

5.3.2. Hz11-P03 Karotu

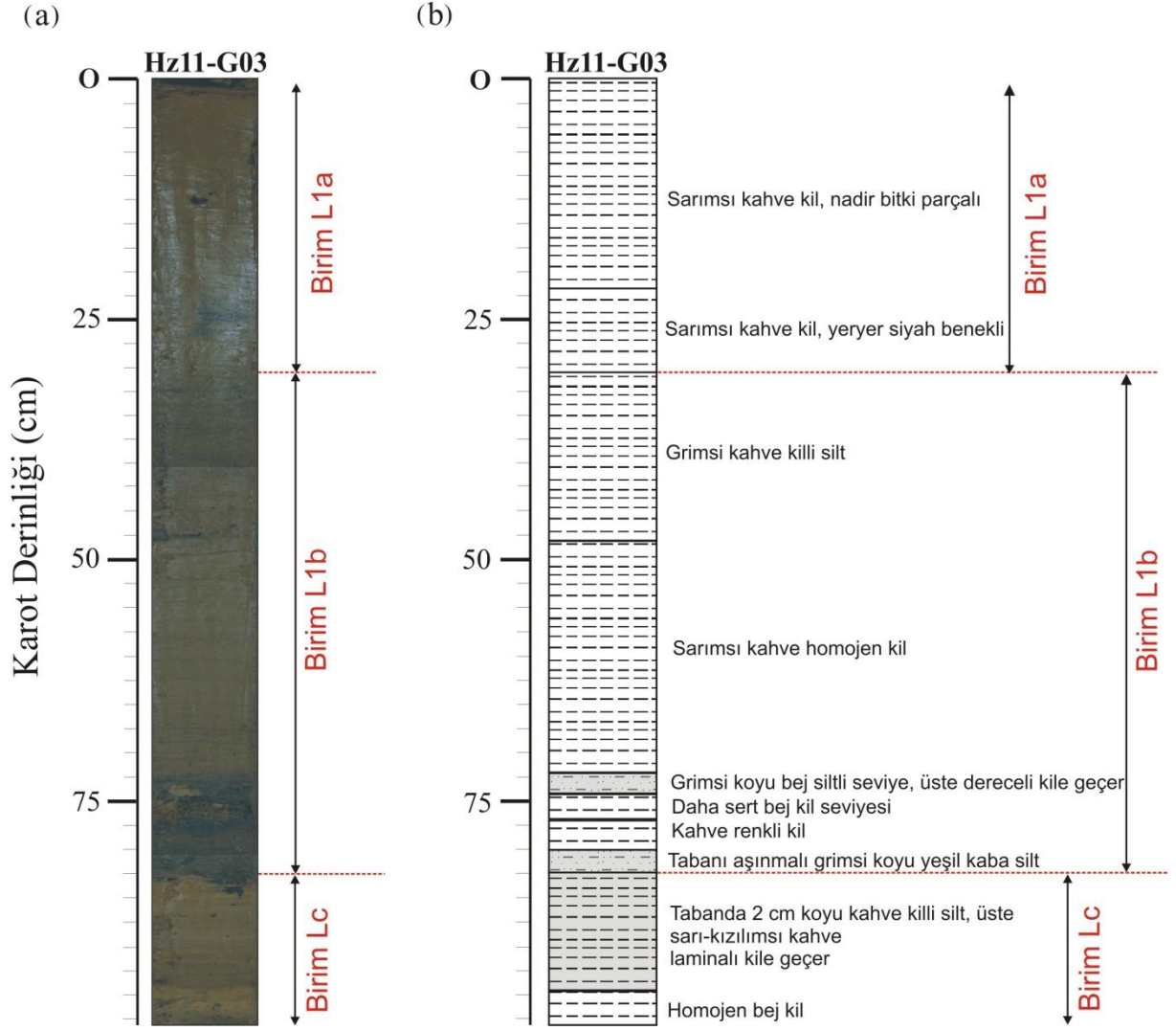
Hazar Gölü batısında 54.4 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.50 m olup, karotun lokasyonu 26-1 nolu sığ-sismik kesiti üzerindedir. Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S2'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1, -L2) tanımlanmıştır (Şekil 19). Karotun en altında tanımlanan Birim-L2, gri kaba silt seviyeleri ile başlamaktadır. Bu birim içerisinde 340 cm ile 287.5 cm'ler arası organik maddece zengin koyu gri, siyah renkli silt seviyeleri gözlenmektedir. Bu birim üste doğru koyu yeşilimsi kaba silt ve 1.5 cm taşlaşmış kil parçaları içeren siltli seviyeye geçmektedir. Birim-L1e, Birim-L2'yi uyumsuz olarak üzerlemektedir. Birim-L1e içerisinde tabanda yaklaşık 10 cm de çökel alınmamıştır. Karotta Birim-L1e içerisinde 257.5 cm'de yeşilimsi koyu gri laminalı silt ve üste doğru yeşilimsi açık gri killi silt ile aralanmalı koyu gri killi silt gözlenmektedir. Bu birim en üstte ise daha sulu ve daha koyu yeşilimsi siltli kil geçmektedir. Birim-L1d, uyumlu olarak Birim-L1e'yi üzerlemektedir. Birim-L1d karot boyunca çeşitli litolojiler sunmaktadır. Tabanda killi silt ile başlayan birim üste doğru gri ve koyu gri siltli seviyelerin yaygınlaştığı litolojilerden oluşmaktadır. Siltli seviyeler ile aralanmalı olarak ise gri laminalı kil seviyeleri gözlenmektedir. Bu birim uyumlu olarak Birim-L1c tarafından üzerlenmektedir. Birim-L1c tabanda koyu gri siltli kil ile arakatkılı sarımsı kahve kil ile başlamaktadır. Bu birim üste doğru koyu yeşil killi silt ve sarımsı koyu yeşil gevşek siltli kil ve ince çakıllı kil seviyesinden oluşmaktadır. Birim en üstte sarımsı kahvemsî yeşil ince sarı laminalı killi siltten oluşmaktadır. Birim-L1c'yi uyumlu üzerleyen Birim-L1b kahvemsî yeşil, ince sarı laminalı killi silt ile başlamaktadır. Üstte doğru ise koyu gri kil ve kahvemsî yeşil siltli kile geçmektedir. Karotta en genç olan Birim-L1a, 35.cm'den üste doğru açık kahvemsî yeşil ve sarımsı yeşil kil seviyelerinden oluşmaktadır.



Şekil 19. Hazar Gölü batısından 54.4 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunun (a) dijital resmi ve (b) düşey stratigrafik logu.

5.3.3. Hz11-G03 Karotu

Hazar Gölü batısında, 56.31 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 98 cm olup, aynı sismik kesit üzerinden alınan Hz11-P03 piston karotunun hemen GD'sunda yer almaktadır. Hz11-G03 karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim S1'e ait çökellerden Birim-S1a, -S1b ve -S1c'yi kestiği gözlenmiş ve buna göre karotta tanımlanan birimler ise Birim-L1a, -L1b ve -L1c olarak tanımlanmıştır (Şekil 20). Karotta en altda bulunan Birim-L1c homojen bej kil ve bunu üzerleyen koyu kahve silt ve üste sarı kıvımsız kahve laminalı kilden oluşmaktadır. Bu birim aşınmalı bir yüzey ile 82.5 cm'de Birim-L1b tarafından üzerlenmektedir. 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.

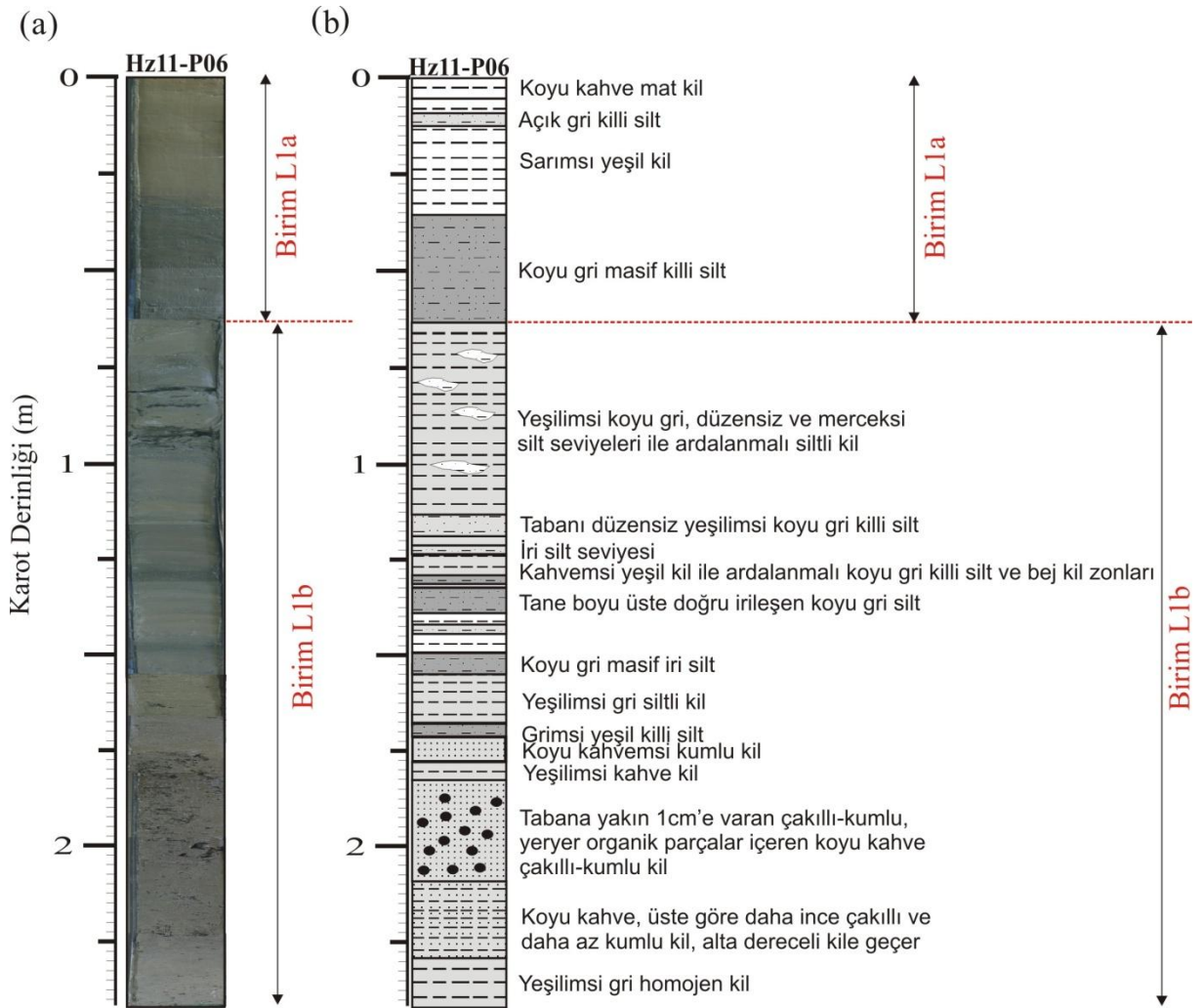


Şekil 20. Hazar Gölü batısından 56.31 m su derinliğinden alınan Hz11-G03 karotunun (a) dijital resmi ve (b) düşey stratigrafik logu.

5.3.4. Hz11-P06 Karotu

Hazar Gölü batısında 11.50 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.43 m olup, karotun lokasyonu 23 nolu sığ-sismik kesiti üzerindedir. Hz11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S1b ile Birim-S1a'yı kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-La ve -Lb) tanımlanmıştır (Şekil 21). 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

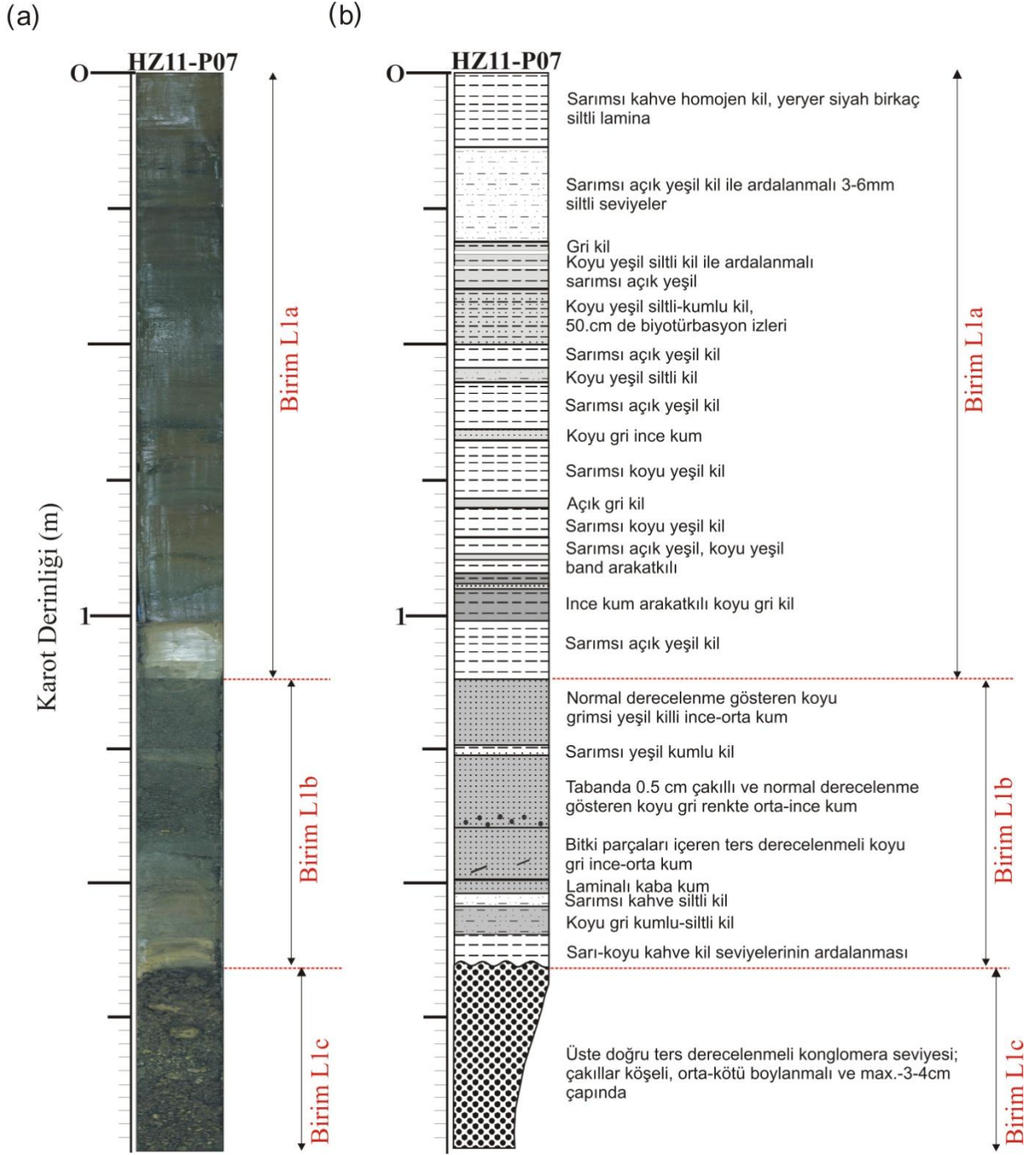
geçtiği gözlenmektedir. Birim-L1b karotta, 172.cm'den üste daha ince seviyelerden oluşan çeşitli litolojiler sergilemektedir. Karotta 172-99 cm'ler arasında Birim-L1b, kahvemsi yeşil ile sarımsı kahve kil seviyeleri ile ardanmalı koyu kahve, koyu ve açık gri renklere siltli kil ve silt seviyelerinden oluşmaktadır. Birim-L1b, 62.5.cm'de uyumlu bir sınırla ile Birim-L1a'ya geçmektedir. Birim tabanda koyu gri masif killi silt ile başlamaktadır. Bu birim üste doğru sarımsı yeşil kil seviyesine geçmektedir. Birim-L1a'nın en üst seviyesini sarımsı yeşil kil ile koyu kahve mat kil seviyeleri oluşturmaktadır.



Şekil 21. Hazar Gölü batısından 11.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P06 karotunun (a) dijital resmi ve (b) düşey stratigrafik logu.

5.3.5. Hz11-P07 Karotu

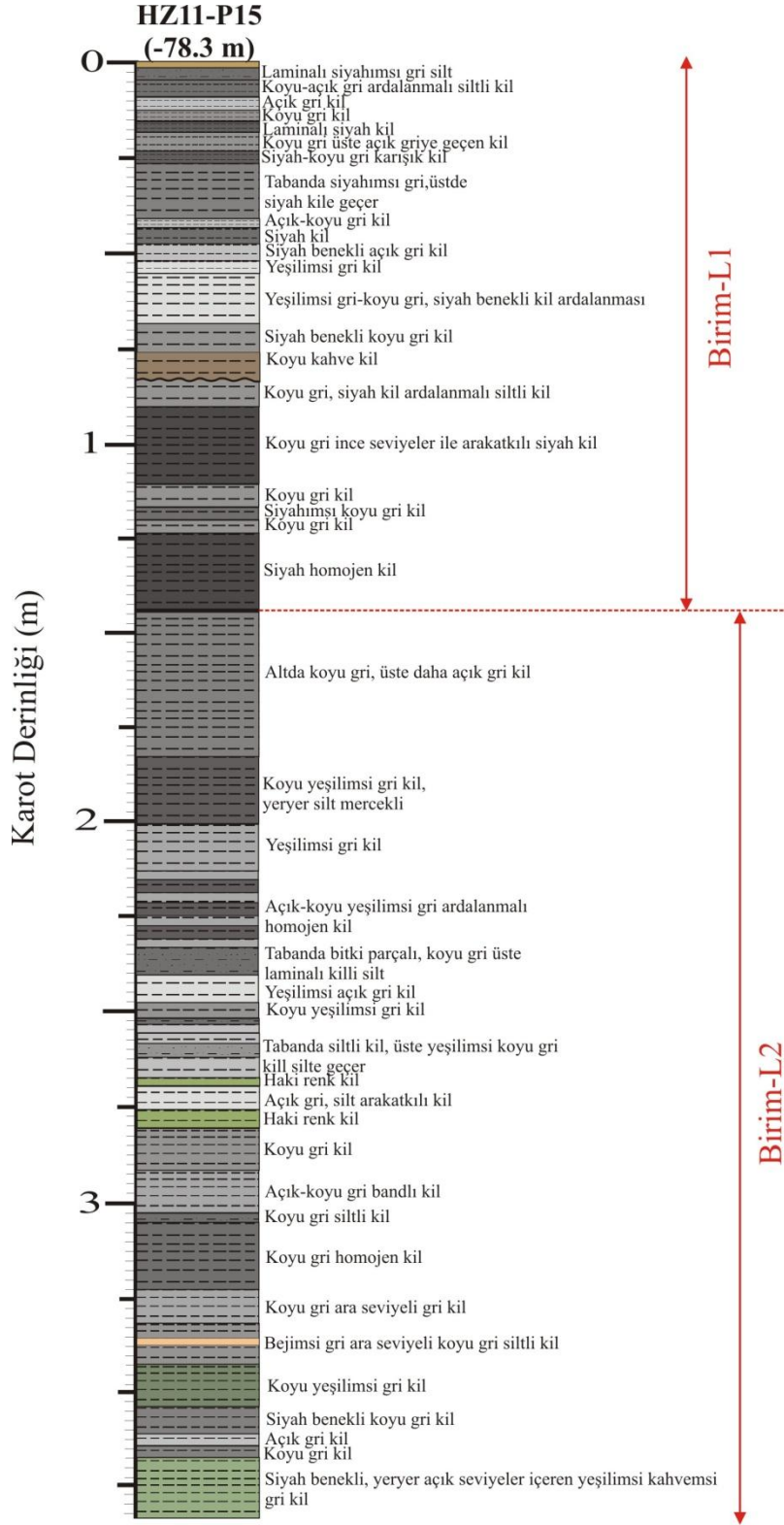
Hazar Gölü batısında 12.80 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2 m olup, karotun lokasyonu 19-1 nolu sığ-sismik kesiti üzerindedir. Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S1a ve Birim-S1'ye ait olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1a ve -L1b) tanımlanmıştır (Şekil 22). Birim-L1c, 34 cm kalınlığında olup ters derecelenmeli konglomeratik bir seviye halinde gözlenmektedir. Çökelleri tamamen karasal olan bu birimin gölün bu kesiminde gelişen deltaik ortamdan önce alüvyal çökelleri temsil ettiği düşünülmektedir. Karotun en altında gözlenen bu konglomeratik seviye, orta-kötü boylanmalı olup maksimum çakılların çapı ise 3-4 cm'e varabilmektedir. Alüvyal çökelleri temsil eden bu birim karotta 190.cm'de uyumsuz olarak sarı koyu kahve kil seviyelerinin ardalanmasına geçmektedir. Sismik-karot eşleşmesinde bu birim içerisinde 190 cm ile 112.5 cm'ler arası delta çökellerini temsil ettiği anlaşılmaktadır. Üste doğru yaygın bitki parçaları içeren bu birim ters derecelenmeli koyu gri ince-orta kum ile devam etmektedir. Bu seviye keskin bir sınır ile üste doğru tabanda orta-iri çakıllı ve normal dereceli koyu gri renkte orta-ince kum seviyesi ile üzerlenmektedir. Birim-L1b'nin en üst kısmında ise ince bir seviye halinde sarımsı yeşil kumlu kili üzerleyen normal dereceli koyu grimsi yeşil killi ince-orta kum gözlenmektedir. Birim-L1b, karotta uyumlu olarak Birim-L1a'ya ait çökeller tarafından üzerlenmektedir. Birim karotta 112.5 cm kalınlığında olup altdan üste doğru çeşitli litolojiler sunmaktadır. Birim, karot boyunca 51.cm'e kadar koyu gri ince kum ve kil, açık gri kil ve koyu yeşil siltli kil ile arakatlı sarımsı açık yeşil kilden oluşmaktadır. Birim-L1a, karotta 51-40 cm'leri arasında yaygın biyotürbasyonlu, koyu yeşil siltli-kumlu kilden oluşmaktadır. Bu seviye üstte doğru keskin olarak koyu yeşil siltli kil ile ardalanmalı sarımsı açık yeşil kile geçmektedir. Karotta Birim-L1a'nın en üst 31 cm'lik kısmında sarımsı açık yeşil kil ile ardalanmalı ince silt seviyeleri ve en üstte ise sarımsı kahve nadir laminalı kil bulunmaktadır.



Şekil 22. Hazar Gölü batısından 12.80 m su derinliğinden alınan HZ11-P07 karotunun (a) dijital resmi ve (b) düşey stratigrafik logu.

5.3.6. Hz11-P15 Karotu

Hazar Gölü'nde 78.3 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.72 m olup, karotun lokasyonu 19-3 nolu sığ-sismik profili üzerindedir (Şekil 23). Hz11-P15 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda sismik profillerde tanımlanmış Birim-S1 ve Birim-S2'ye ait çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotda altdan üste doğru farklı litolojiler gözlenmiştir. Karotda tanımlanan ve Holosen öncesi çökeldiği düşünülen Birim-S2, tabanda siyah benekli, yer yer açık seviyeler içeren yeşilimsi kahvems gri kil seviyesi ile başlar. Bu seviye karotda üste doğru 302.5 cm'e kadar yer yer bej ve yeşilimsi gri renkli kil seviyeleri ile arakatlı koyu gri kil ve siltli kil seviyeleri ile devam eder. Karotun 302.5 cm ile 287.5 cm'leri arasında açık-koyu gri bandlı bir kil seviyesi gözlenmektedir. Bu seviye üste doğru koyu gri ve haki renkli daha ince bir kil seviyesine geçer. Karotun üstüne doğru 240 cm'e kadar yeşilimsi açık ve koyu gri renkli, yer yer silt arakatlı ince kil seviyeleri gözlenmektedir. Karotda 240 cm ile 238.5 cm'ler arasında tabanda bitki parçalı, üste yeşilimsi koyu gri killi silt geçeni silt seviyesi gözlenmektedir. Bu seviye üstde açık-koyu yeşilimsi gri renkli killi seviyelerin araldanması üzerlemektedir. Karotda 217 cm ile 200.5 cm'ler arasında yeşilimsi gri kil gözlenirken, bu seviyeyi üste doğru yer yer silt mercekleri içeren koyu yeşilimsi gri kil seviyesi takip eder. Karotda Birim-L2'nin en üst seviyesini 144 cm ile 181 cm'leri arasında altda koyu gri, üste doğru daha açık griye geçeni kil seviyesi oluşturmaktadır. Karotda tanımlanan en genç çökellerden oluşan Birim-L1, tabanda siyah homojen bir kil seviyesi ile başlar. Bu seviye üste doğru koyu gri ve siyah kil seviyelerinin araldanması ile üzerlenir. Karotda 110 cm ile 89.5 cm'ler arasında koyu gri ince seviyeler ile arakatlı siyah kil seviyesi gözlenmektedir. Bu seviye üste doğru koyu gri, siyah kil araldanmalı siltli kil seviyesi ile üzerlenmektedir. Bu seviye üstde aşınmalı bir yüzey ile koyu kahve kil seviyesi ve bunu takip eden siyah benekli koyu gri kil seviyesi ile üzerlenir. Karotun 67.5 cm ile 55.5 cm'ler arasında yeşilimsi gri-koyu gri, siyah benekli killerin araldanması gözlenmektedir. Bu seviye üste 47 cm'e kadar yeşilimsi gri ve açık-koyu gri çok ince kil seviyeleri ile devam eder. Karotda 47 cm ile 27 cm'ler arasında tabanda siyahımsı gri, üstde siyah kil seviyesi gözlenmektedir. Karotda Birim-L1'in en üst seviyelerini koyu-açık gri, yer yer laminalı kil ve üste doğru siltli kil ve silt oluşturmaktadır.



Şekil 23. Hazar Gölü doğusundan 78.3 m su derinliğinden alınan Hz11-P15 piston karotunun sedimentolojik logu.

5.4. Karotlarda Manyetik Duyarlılık Analizleri

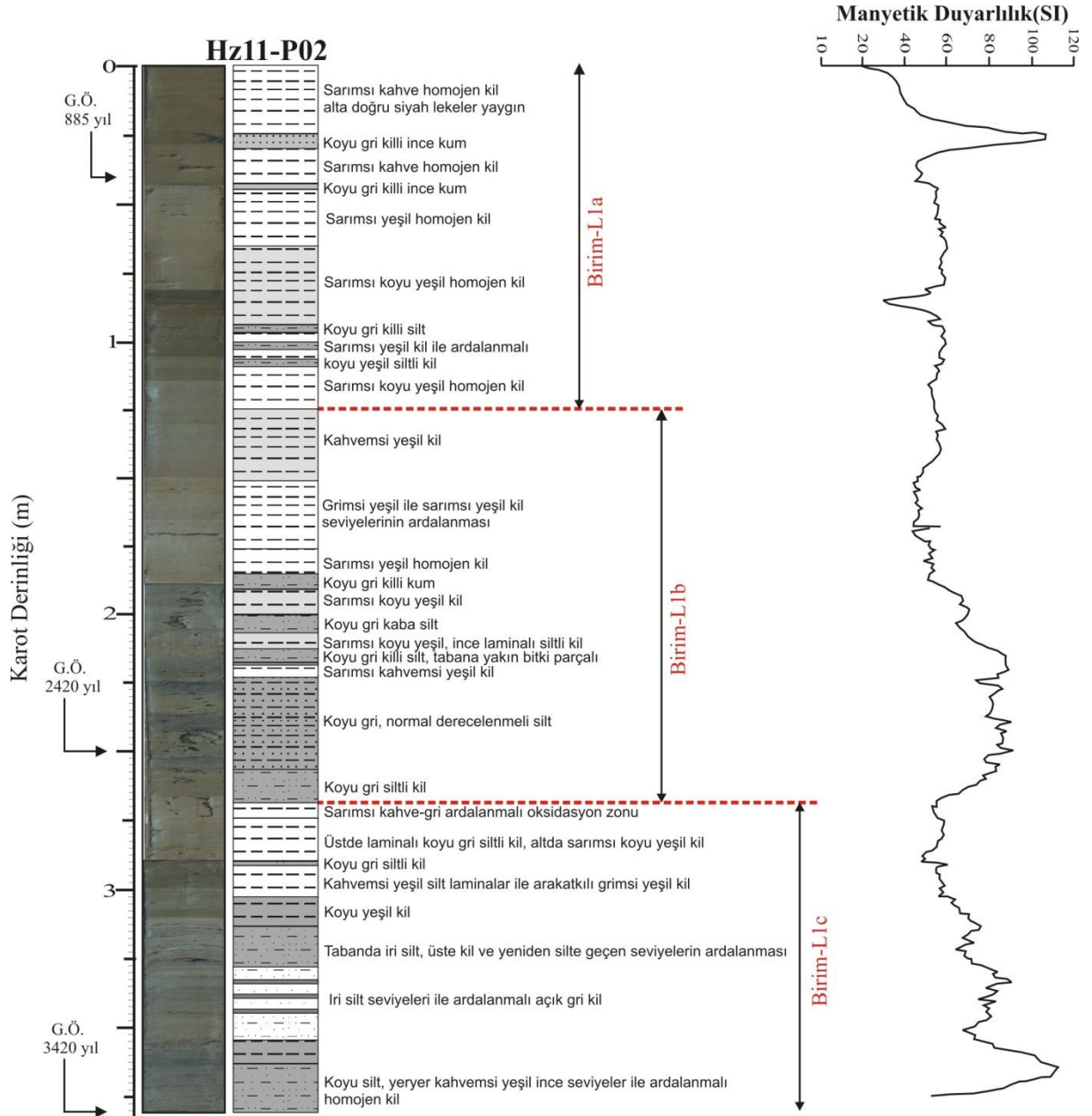
Bu tez kapsamında manyetik duyarlılık analizleri Hazar Gölü'nün batısından ve orta kesiminden alınan toplam 6 karotta yapılmıştır. Karotlarda yapılan manyetik geçirgenlik analizleri özellikle göle olan karasal kırıntı girdilerini göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Tez döneminde Manyetik Duyarlılık Analizleri Hz11-P02, -P03, -P06, -P07, -P15 ve -G03 karotlarında yapılmıştır.

5.4.1. Hz11-P02 Karotu

Hazar Gölü batısında 52.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.80 m'dir (Tablo 1; Şekil 18). Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan -L1c'ye kadar değişmektedir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c tabandan üste doğru genel olarak azalan manyetik geçirgenlik değerleri göstermektedir (Şekil 24). Karotun en tabanında 15 cm'lik kısımda manyetik geçirgenliğin hemen hemen 120SI değerine ulaştığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyelerinden alınan radyo karbon yaşı G.Ö. 3420 yılını vermektedir. Karotta Birim-L1c'de manyetik geçirgenlik değerleri birimin üstüne doğru çok ani değişimler göstermeden dereceli olarak 42SI değerine düştüğü gözlenmektedir. Karotun 272.5 cm'inde Birim-L1c ile Birim-L1b'nin sınırı olan bu seviyeden itibaren üste doğru manyetik geçirgenliğin aniden artarak Birim-L1b'nin alt seviyelerinde 90SI değerine çıktığı gözlenmektedir.

Birimin bu seviyelerinde killi ile aralanmalı siltli seviyelerin bulunması manyetik geçirgenliğin de yüksek değerlere çıkmasına sebep olmuş olmalıdır. Karotun bu seviyesinden alınan radyokarbon yaşına göre gölde G.Ö. 2420 yıllarında yağışlı ve sıcak bir iklimin varlığı gölde karot lokasyonuna yakın çevrelerdeki drenajlar ile göle karasal kırıntı girdisine yol açtığı ve bu sayede bu siltli seviyelerinin çökeldiği düşünülmelidir. Karotta Birim-L1b içerisinde üste doğru manyetik geçirgenlik değerleri dereceli olarak azalmakta ve Birim-L1b ile -L1a'nın sınırında bu değer 45SI'a düştüğü gözlenmektedir. Karotta Birim-L1a'ya ait manyetik geçirgenlik değerleri 27.5 cm'e kadar 40SI ile 60SI arasında değişmekte, ancak bu seviyede gözlenen ince kum tabakasında manyetik geçirgenlik değerinin aniden 100SI'ın üzerine çıktığı gözlenmektedir. Bu seviyenin hemen altından alınan radyokarbon yaşına göre gölde G.Ö.885 yılından hemen sonra gelişen bu ince kum seviyesinin yine göldeki yağışlı ve ılıman bir iklim sonucunda göle olan nehir

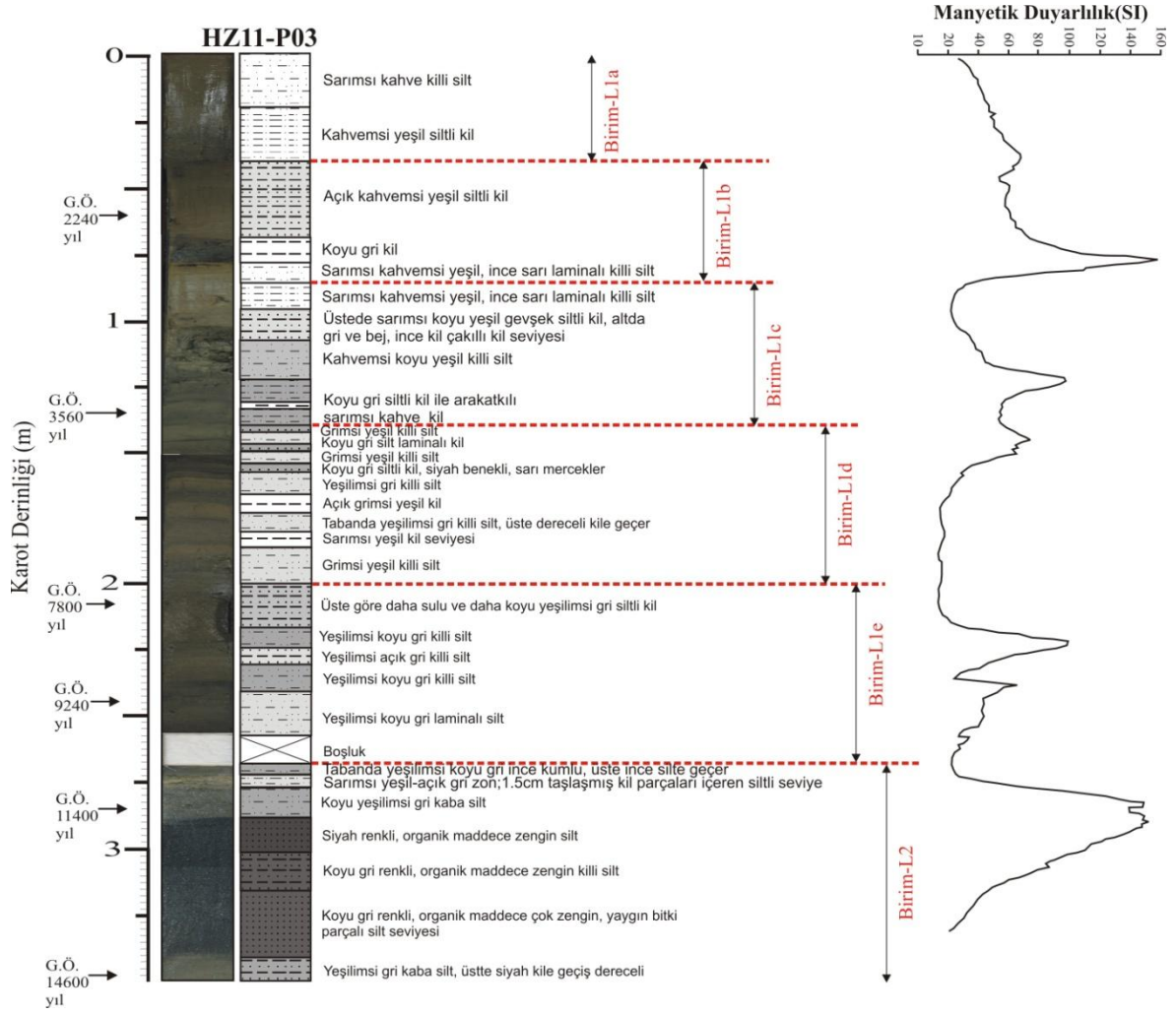
girdisini işaret etmektedir. Karotun bulunduğu lokasyona yakın gölün hemen batısında en büyük drenaj sistemi olan Kürkçayı'nın bulunması, karotta değişik seviyelerde gözlenen kum ve silt seviyeleri o dönemdeki iklimin yağışlı olduğunu ve daha fazla kırıntıyı göle taşıdığını göstermektedir.



Şekil 24. Hz11-P02 piston karotunda manyetik duyarlılık analiz eğrisi.

5.4.2. Hz11-P03 Karotu

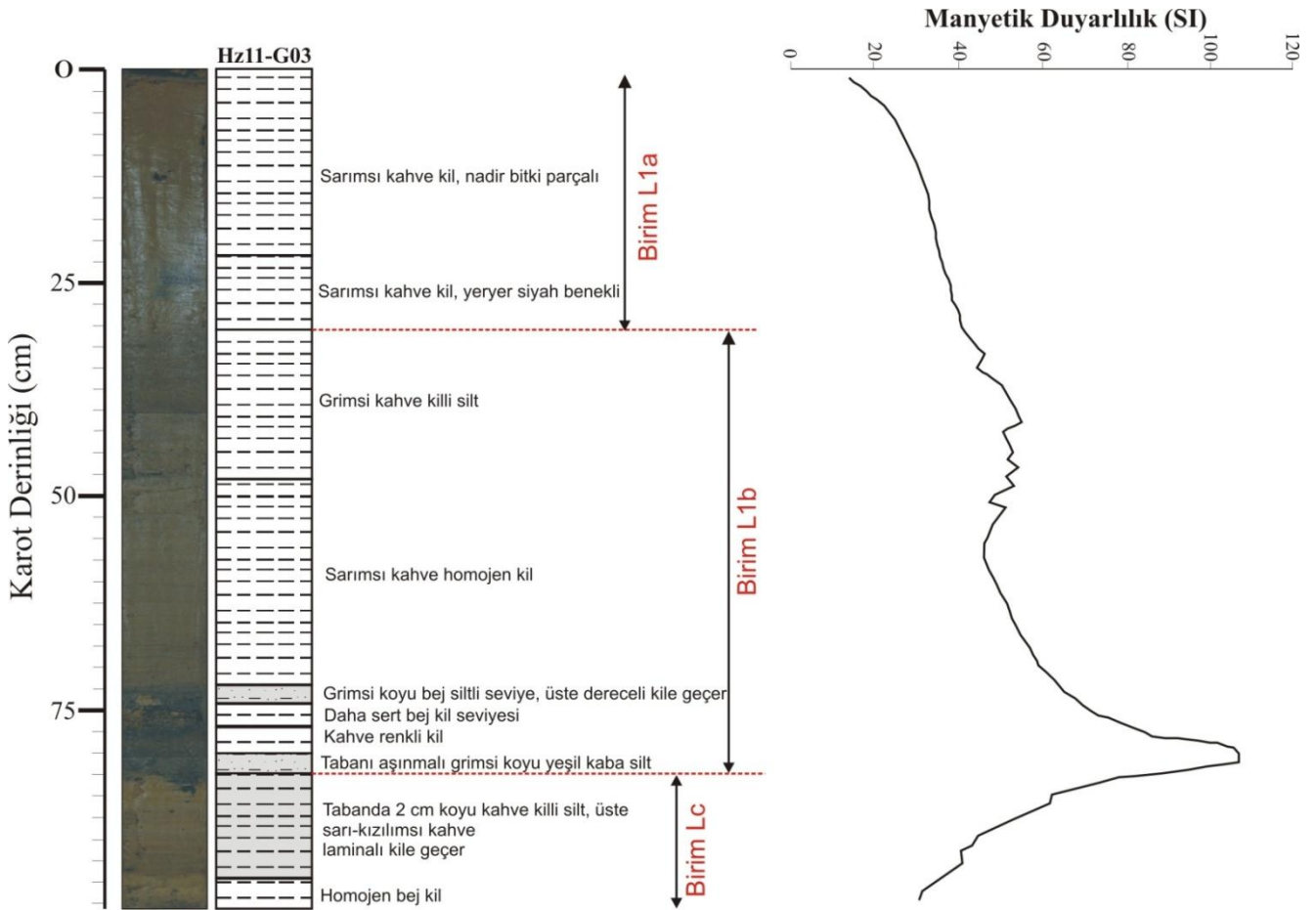
Hazar Gölü batısında 54.4 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.50 m'dir (Tablo 1; Şekil 19). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S2'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1,-L2) tanımlanmıştır. Karotta aynı zamanda Holosen yaşlı olduğu tüm karotlardan alınan radyokarbon yaşlara göre belirlenen Birim-L1, kendi içerisinde Birim-L1a'dan -L1e'ye kadar değişen alt birimlere ayırtlanabilinmiştir. Karotta en yaşlı birim olan ve Holosen öncesi gölde çökeldiği düşünülen Birim-L2 tabanda düşük manyetik geçirgenlik değerleri gösterirken birimin üstüne, Pleyistosen-Holosen sınırı olan karotun 2.76 m'sine doğru ani bir şekilde artarak 150SI değerlerine ulaştığı gözlenmektedir (Şekil 25). Manyetik geçirgenliğin karotun 2.76 m ile 2.83 m'ler arasında maksimuma ulaştığı bu seviyede siltli çökellerin varlığı Holosen öncesinde karadan göle kırıntı girdisini gösterdiğinden Hazar Gölü'nde G.Ö. 10 bin yıl öncesinde bu bölgedeki iklimin yağışlı ve ılıman olduğu ve dolayısıyla nehir girdileri sayesinde göle kırıntılı sedimanların getirildiği sonucuna ulaşılmaktadır. Karotta üste doğru Birim-L1e'de manyetik geçirgenlik değerlerinin aniden yine azaldığı ve birimin üst kısımlarına doğru ani bir artış gözlenmektedir. Birim-L1e'den Birim-L1d'ye geçişte manyetik geçirgenlik değerleri düşük seyretmekte ve Birim-L1d'den Birim-L1c'ye geçişte manyetik geçirgenlik değerlerinde yeniden ani artışlar gözlenmektedir. Birim-L1c'nin tabanında gözlenen bu artışların karotun bu seviyesinde gözlenen siltli çökellerin varlığı ile açıklanabilmektedir. Yaklaşık G.Ö. 3500 yıllarına karşılık gelen bu seviyedeki siltli çökellerin varlığı yine iklimin bölgede yağışlı ve ılıman olduğunun göstergesidir. Birim-L1c'nin üst kısımlarına doğru oldukça azalan manyetik geçirgenlik değerleri Birim-L1b sınırında yeniden ani bir artışla 150SI değerine ulaştığı gözlenmektedir. Geç Holosen olduğu düşünülen bu zamanda karotta kaba siltli seviyenin varlığı göle nehir girdisinin yoğun olduğunu göstermektedir. Holosen sonuna doğru karotun en üst kısımlarında manyetik geçirgenlik değerlerinin 30SI'a doğru dereceli olarak azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 25. Hz11-P03 piston karotunda manyetik duyarlılık analiz eğrisi.

5.4.3. Hz11-G03 Karotu

Hazar Gölü batısında 56.31 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 98 cm'dir (Tablo 1; Şekil 20). Hz11-G03 karotu ile Hz11-P03 karotu aynı lokasyondan bulunduğu için ilk 98 cm'de gözlenen litolojik özellikler ile manyetik geçirgenlik analiz değerleri de benzer olması beklenmelidir. Karotta yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda karottaki çökeller Birim-L1a'dan -L1c'ye kadar farklı birimlere ayrılmıştır. Karotta yapılan manyetik geçirgenlik analizinde en altta Birim-L1c'nin tabanında düşük değerlerde gözlenen manyetik geçirgenliğin birimin üstüne doğru arttığı gözlenmektedir (Şekil 26). Manyetik geçirgenlik değerleri Birim-L1b'nin tabanında maksimuma ulaşarak 110SI'ın üzerine çıktığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinde gözlenen siltli çökellerin varlığı manyetik geçirgenliğin de yüksek çıkmasını açıklamaktadır. Birim-L1b'nin tabanındaki benzer artış Hz11-P03 karotunda da gözlenmektedir (Şekil 25).

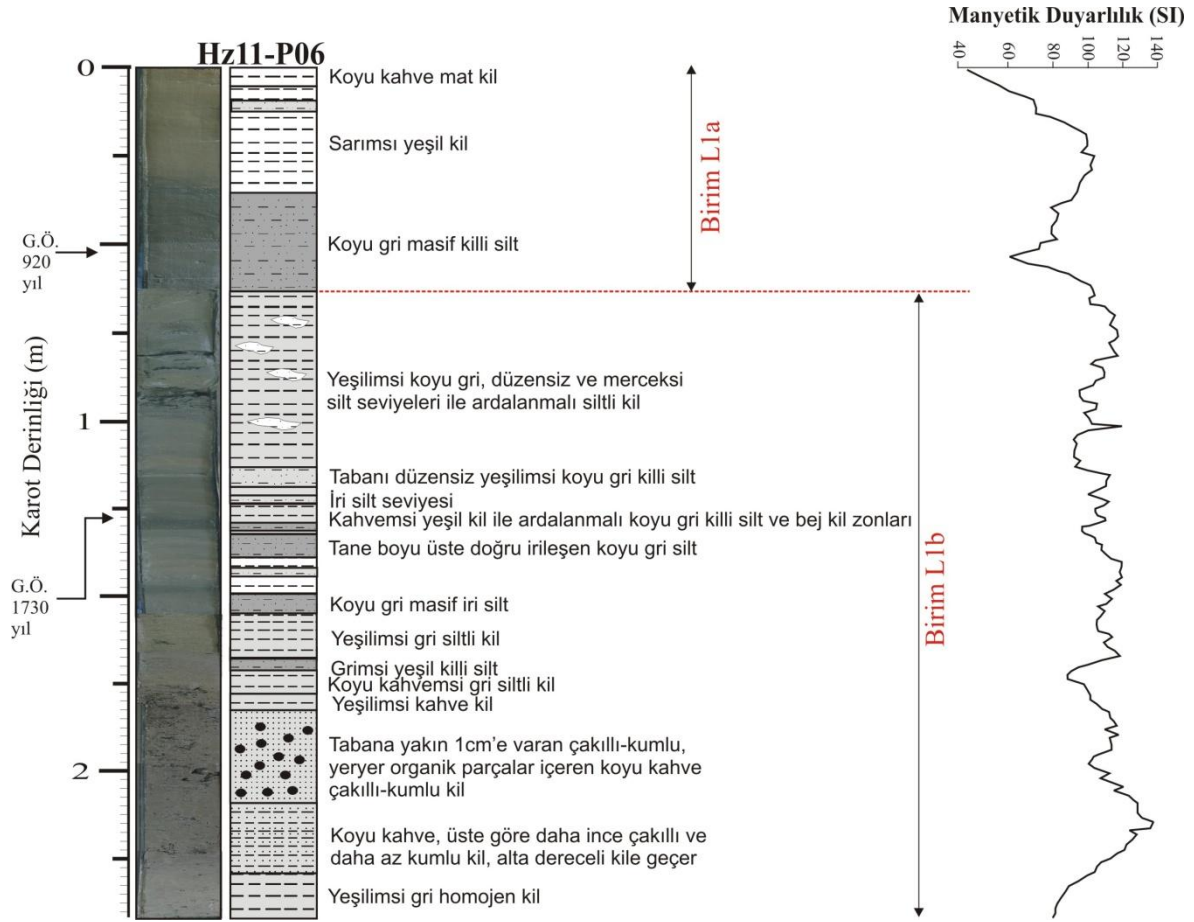


Şekil 26. Hz11-G03 piston karotunda manyetik duyarlılık analiz eğrisi.

Karotta manyetik geçirgenlik değerleri Birim-L1b'nin üstüne doğru azaldığı gözlenmektedir. Bu azalma karotta Birim-L1a içerisinde de devam etmiş ve karotun en üst kısmında manyetik geçirgenlik değerleri 20SI'ın da altına düşmüştür.

5.4.4. Hz11-P06 Karotu

Hazar Gölü batısında 11.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.43 m'dir (Tablo 1; Şekil 21). Hz11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a ve Birim-L1b olduğu belirlenmiştir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1b'de manyetik geçirgenlik değerlerinin birimin tabanından 2.05 m'sine kadar 80SI civarında olduğu ancak bu seviyeden üste doğru ise aniden artarak 140SI'lere çıktığı gözlenmektedir. Bu seviyeden üste doğru birimin en üstüne kadar küçük salınımlar ile artıp azalarak manyetik geçirgenlik değerlerinin 90-140SI'ler arasında değiştığı gözlenmektedir (Şekil 27). Karotta Birim-L1b içerisinde manyetik geçirgenliğin yüksek çıkması karotun seviyelerinde gözlenen siltli ve kumlu çökellerin varlığındandır. Karotta Birim-L1b'nin üstüne doğru alınan radyokarbon yaşı G.Ö.1730 yıllarını vermektedir. Bu zamanlarda göle kırıntı girdisinin yüksek olması ise iklimin nispeten daha yağışlı olduğunu göstermektedir. Karotta Birim-L1b'yi üzerleyen Birim-L1a içerisinde manyetik geçirgenlik değerinin birimin tabanında nispeten daha düşük ancak üste doğru dereceli bir şekilde artarak 75 ile 50 cm'ler arasında 120SI'ya ulaştığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinde özellikle silt mercceklerinin olması bu değerlerin yüksek çıkmasına neden olmuş olmalıdır. Birim-L1a içerisinde 45 cm'de ani bir azalma gösteren manyetik geçirgenlik değerleri bu seviyenin üzerine doğru yeniden artarak birimin en üst kısmında 105SI'a ulaştığı gözlenmektedir. Karotta birimin en üst 15 cm'lik kısmında manyetik geçirgenlik değerinin yeniden azalarak 40SI'ın da altına düştüğü gözlenmektedir.

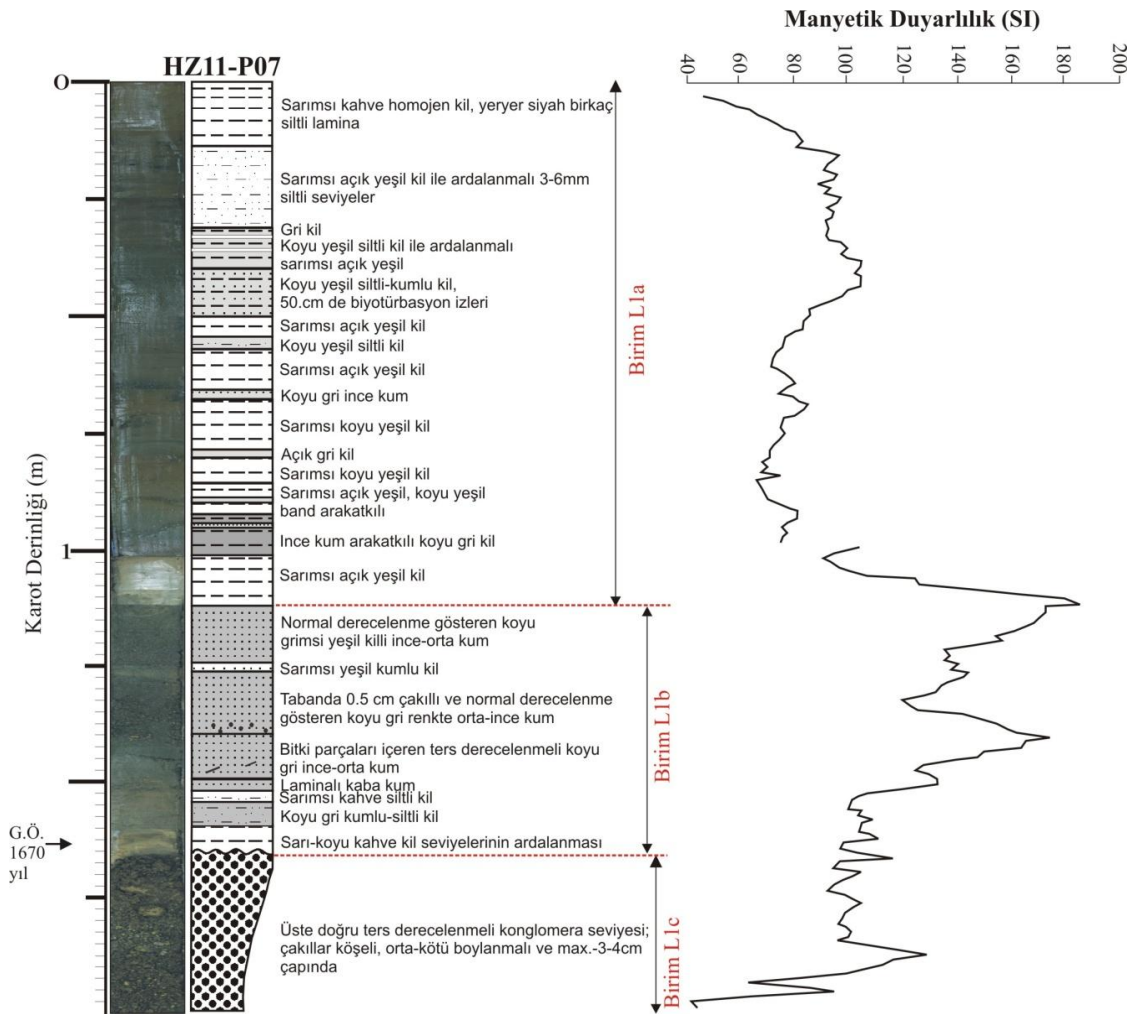


Şekil 27. Hz11-P06 piston karotunda manyetik duyarlılık analiz eğrisi.

5.4.5. Hz11-P07 Karotu

Hazar Gölü batısında 12.80 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2 m'dir (Tablo 1; Şekil 22). Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan Birim-L1c'ye kadar değişmektedir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c'nin tabanında manyetik geçirgenliğin birimin tabanında düşük değerlerde seyrettiği gözlenirken üste doğru yükselerek 95SI ile 130SI arasında değiştiği gözlenmektedir (Şekil 28). Karotta Birim-L1c flüviyal konglomeratik seviye halinde gözlendiğinden manyetik geçirgenlik değerleri yüksek çıkmaktadır. Birim-L1c'den Birim-L1b'ye geçişte ve bu daha genç birimin alt seviyelerinde de manyetik geçirgenlik değerleri çok fazla değişmeden küçük salınımlar ile devam etmektedir. Birim-L1b içerisinde manyetik geçirgenlikteki en belirgin değişim 1.55 m'de gözlenmektedir. Bu seviyeden üste doğru ani bir artış ile manyetik geçirgenlik değerleri dereceli olarak 180SI'a çıkmaktadır. Birim-L1b'de 1.33m ile 1.25m'ler arasında

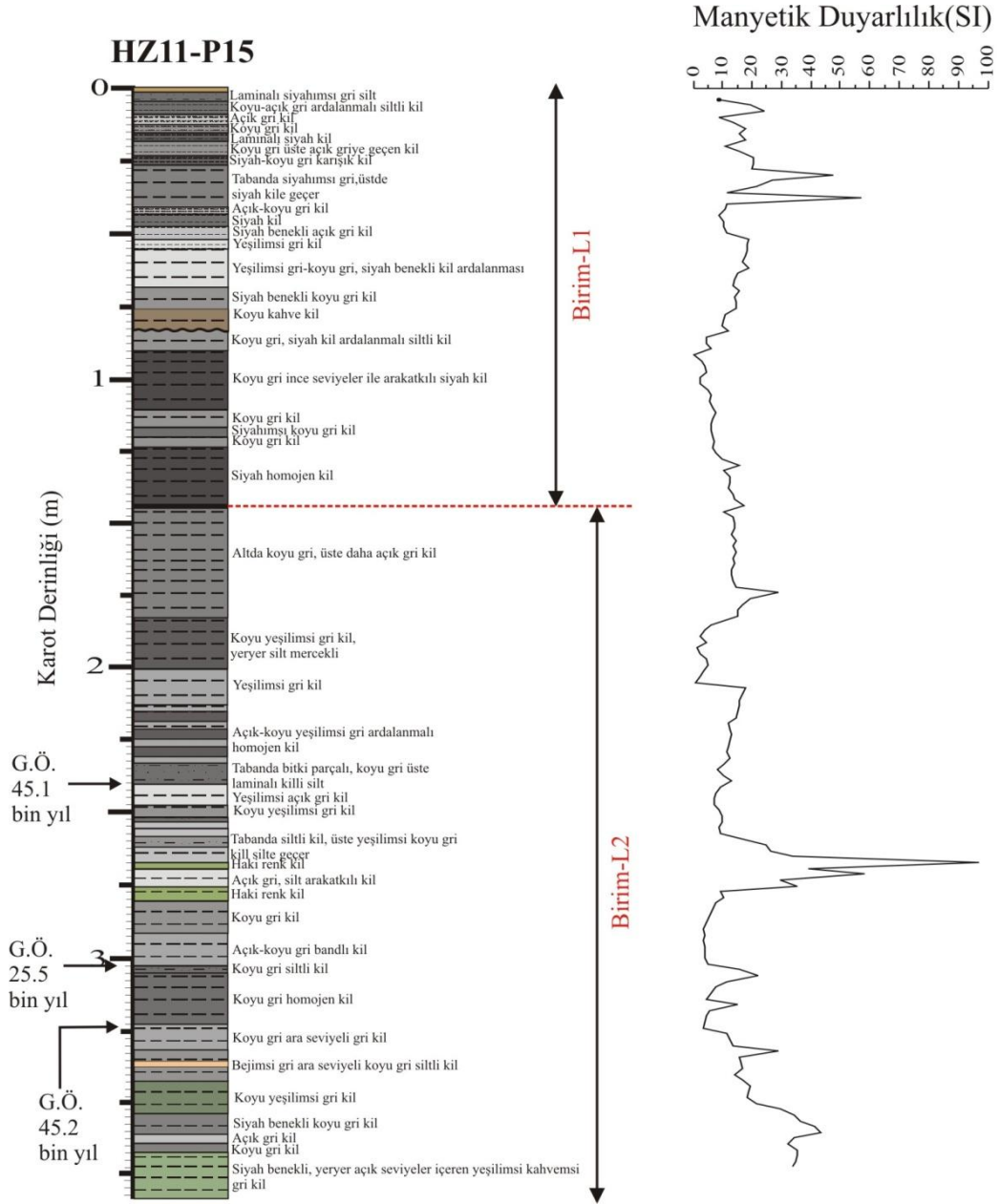
ani bir düşüş gösteren manyetik geçirgenlik değerleri bu seviyeden üste yeniden yükselerek 1.08m’de maksimum değeri olan 193SI’ya çıktığı gözlenmektedir. Hz11-P07 karotunun üzerinde yer aldığı sismik profil ile yapılan eşleşmesine göre Birim-L1b, killi kumlu ve kumlu deltaik çökellerden oluştuğu karota ait yapılan litolojik logunda gözlenmektedir. Birim içerisinde kumlu seviyelerin yoğunluğu manyetik geçirgenlik değerlerinin de nispeten daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Karotta Birim-L1b ile -L1a sınırında ani bir değişim ile düşüş gösteren manyetik geçirgenlik değerleri 100SI’ın altına gerilediği gözlenmektedir. Birim-L1a tabanda killi seviyeler ile başlaması bu birimin tabanında manyetik geçirgenliğinde düşük çıkmasına sebep olmuştur. Birim-L1a içerisinde üste doğru dereceli olarak karotun 50 cm’ine doğru artış gösteren manyetik geçirgenlik değerleri 16 cm’e kadar 90SI ile 110SI arasında değişmektedir. Bu seviyeden üste doğru manyetik geçirgenlik değerlerinin yeniden azalmaya başladığı gözlenmektedir.



Şekil 28. Hz11-P07 piston karotunda manyetik duyarlılık eğrisi.

5.4.6. Hz11-P15 Karotu

Hazar Gölü doğusundan 78.3 m su derinliğinden alınan bu piston karotunun toplam uzunluğu 3.72 cm'dir (Tablo 1; Şekil 23). Hz11-P15 karotunda yapılan sedimantolojik çalışmalar ve karot-sismik eşleşmesi sonucunda başlıca çökel birimleri Holosen yaşlı Birim-L1 ve Geç Pleyistosen yaşlı olan Birim-L2 olarak belirlenmiştir. Karotta daha yaşlı olan Birim-L2'nin tabandan 30 cm'lik kısımda 40SI'nın üzerinde gözlenen manyetik duyarlılık değerleri üste doğru dereceli bir şekilde 7SI'a kadar azaldığı gözlenmektedir (Şekil 29). Birim-L2 içerisinde en dikkati çeken değişim karotun 255 cm'de manyetik duyarlılık değerinin ani bir şekilde 90SI'nın üzerine çıkmasıdır. Karotun bu seviyesinde manyetik duyarlılık değerinde bu denli artışa iri siltli ince seviyelerin varlığı sebep olmuş olmalıdır. Karotta Birim-L2 içerisinde bu seviyeden üste doğru yeniden 20SI'nın altına düşen manyetik duyarlılık değerleri karotta Birim-L2'nin en üst seviyesine kadar 5SI ile 25SI arasında tek düze değişimler göstermektedir. Karotta Geç Pleyistosen yaşlı Birim-L2'den Holosen yaşlı Birim-L1'e geçişte manyetik duyarlılık değerinin hemen hemen 2SI'a kadar düştüğü gözlenmektedir. Birim-L1'in tabanında bu en düşük değerden üste doğru 50 cm'e kadar dereceli olarak 20SI'a kadar yükselmeye başladığı gözlenmektedir. Birim-L1 içerisindeki en yüksek manyetik duyarlılık değeri olan 58SI'a karotun 35 cm ile 25 cm'leri arasında ulaştığı gözlenmektedir. Bu seviyeden üste doğru ise düşüş gösteren manyetik duyarlılık değerleri karotun en üst kısmına kadar tek düze değişimler ile 10SI ile 20SI arasında değiştiği gözlenmektedir.



Şekil 29. HZ11-P15 piston karotunda manyetik duyarlılık analiz eğrisi.

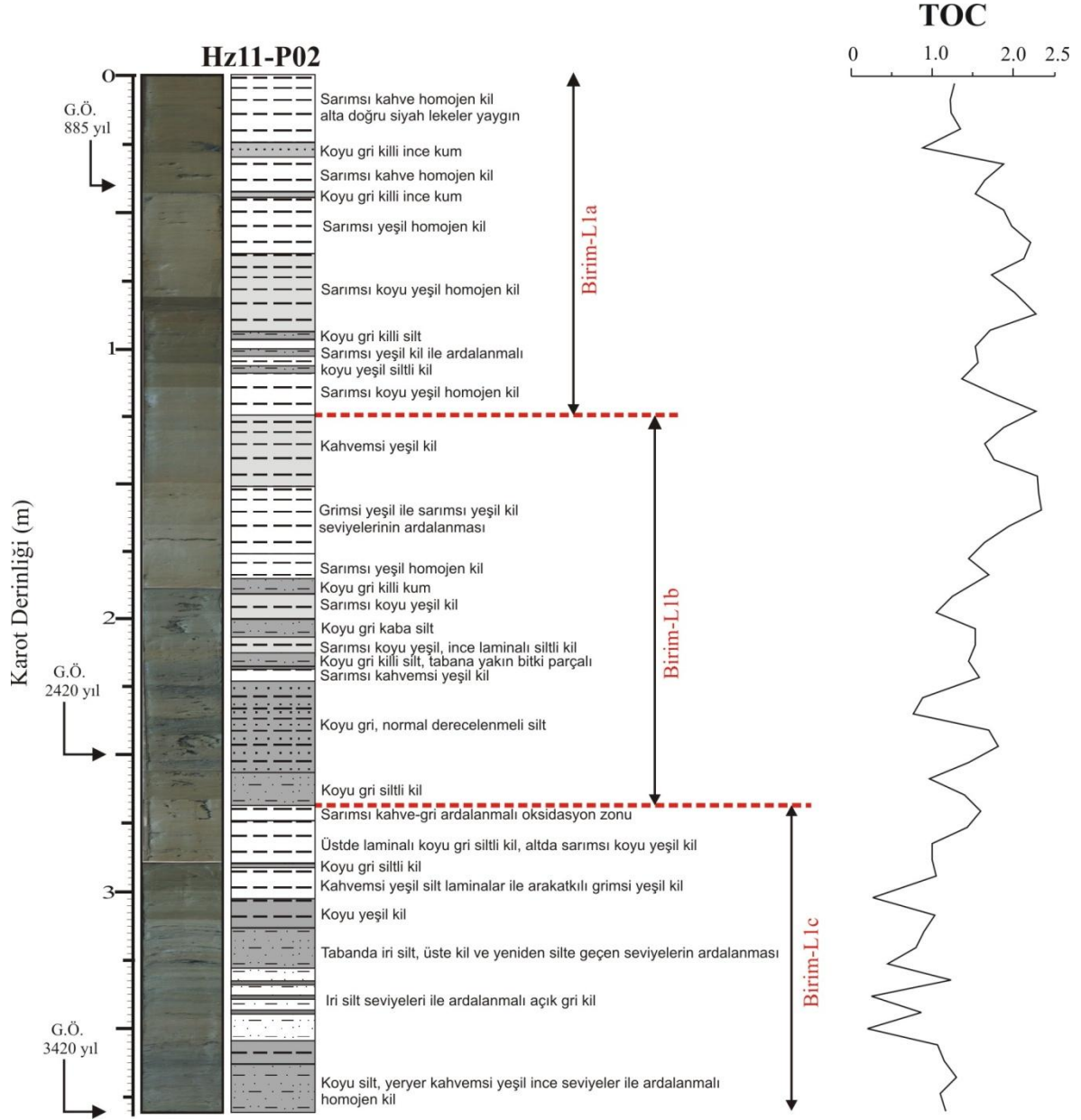
5.5. Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri

Tez kapsamında Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri Hazar Gölü'nün batısından ve ortasından alınan toplam 4 adet karotta gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin yapılabilmesi için analizi yapılacak karotlardan her 5 cm'de bir numune alınmış ve bu numuneler öncelikle etüvde kurutularak analizler için hazır duruma getirilmiştir. Kurutulan numuneler daha sonra havanda dövülerek toz haline getirilmiş ve TOC aletinde organik karbon analizleri yapılmıştır. Bu cihaz, kurutulan numuneler içerisindeki organik maddenin yakılması prensibi ile çalışmaktadır. Analiz sonuçları grafikte numune alınan her seviye için % cinsinden verilmiş ve analiz eğrisi bilgisayar programları yardımı ile çizdirilerek karotların litolojilerini temsil eden düşey sedimantolojik logları ile birlikte verilmiştir. Toplam Organik Karbon (TOC) analizleri tez kapsamında alınan karotlardan Hz11-P02, -P03, -P07 ve -P15 karotlarında yapılmıştır.

5.5.1. Hz11-P02 Karotu

Hazar Gölü batısında 52.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.80 m'dir (Tablo 1; Şekil 18). Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan -L1c'ye kadar değişmektedir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c'de Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri birimin tabanından üste doğru yüksek sıklıkta artış ve azalışlar göstererek genel olarak değerlerin %0.2 ile %1.1 arasında değiştiği gözlenmektedir (Şekil 30). Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c'ye ait çökellerin karotun geneline göre daha düşük TOC değerleri göstermesi organik madde içeriğinin daha az olduğunu göstermektedir. Organik maddenin az olması veya sediman içerisinde fazla korunamaması ise gölde bu zamanda organik madde üretiminin az olduğunu ve/veya organik maddenin sedimanda korunamadığını göstermektedir. Karotta Birim-L1b daha yüksek oranda TOC içeriği ile kendini belli etmektedir. Birim-L1b'ye ait çökellerde TOC değerleri birimin üstüne doğru genel bir artış göstermektedir. Gerek alttaki Birim-L1c ve gerekse Birim-L1b'de TOC değerleri siltli ve kumlu çökellere oranla killi çökellerde çok daha yüksek çıktığı gözlenmektedir. Bu durum organik maddenin killi sedimanlarda daha iyi korunduğunu göstermektedir. Karotta Birim-L1b'den Birim-L1a'ya geçişte TOC değerlerinin giderek arttığı gözlenmektedir. Birimin tabanından yaklaşık 30 cm'e kadar yüksek salınımlar göstererek artış gösteren TOC

değerleri %2'nin de üzerine çıktığı gözlenmektedir. Karotta en üst 30 cm'den sonra aniden TOC değerlerinin düştüğü ve karotun en üstünde ise %1.2'ye ulaştığı gözlenmektedir.

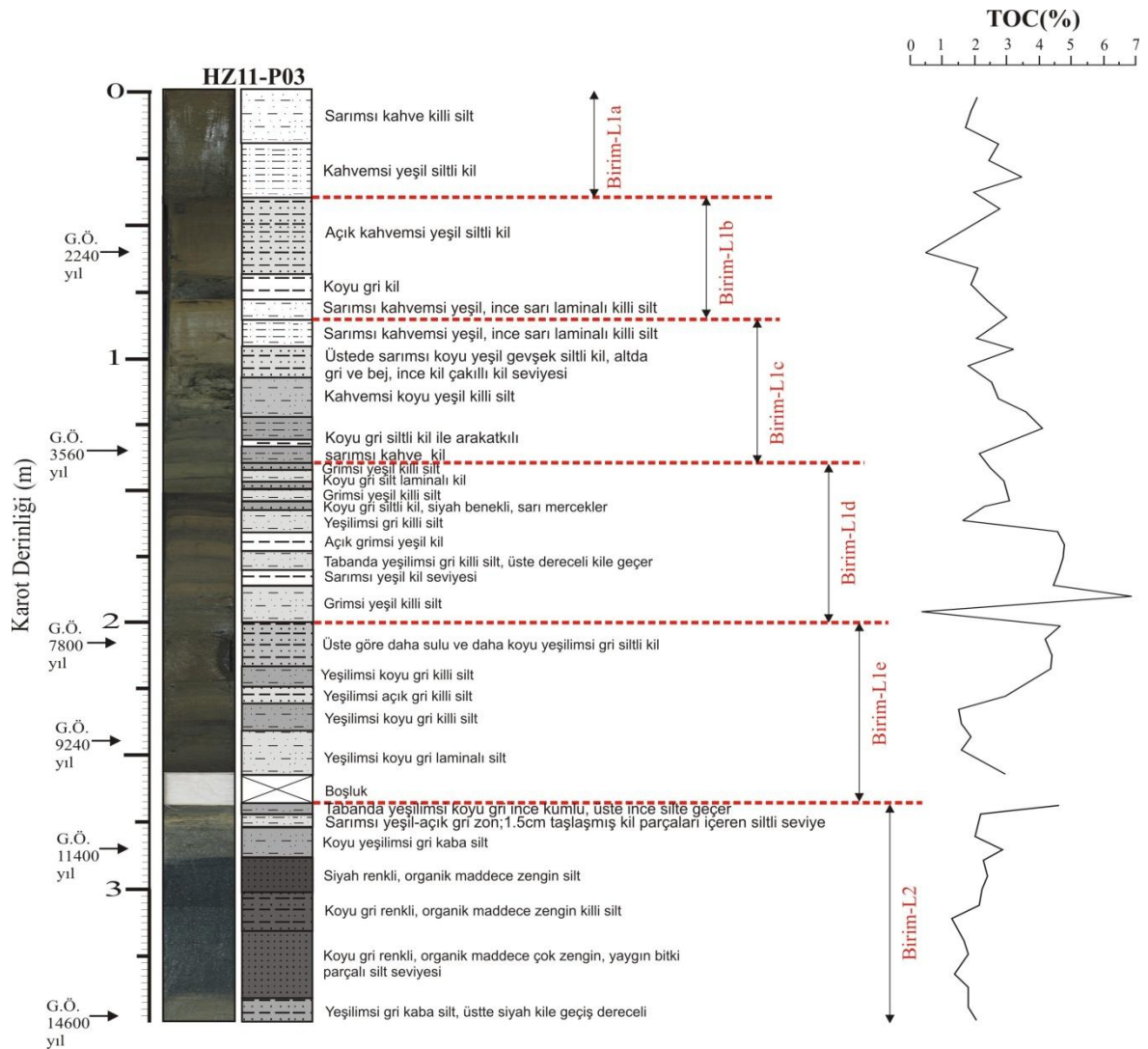


Şekil 30. Hz11-P02 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi.

5.5.2. Hz11-P03 Karotu

Hazar Gölü batısında 54.4 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.50 m'dir (Tablo 1; Şekil 19). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S2'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1, -L2) tanımlanmıştır. Karotta aynı zamanda Holosen yaşlı olduğu tüm karotlardan alınan radyokarbon yaşlara göre belirlenen Birim-L1, kendi içerisinde Birim-L1a'dan -L1e'ye kadar değişen alt birimlere ayırtlanmıştır. Karotta en yaşlı birim olan ve Holosen öncesi gölde çökeldiği düşünülen Birim-L2 tabanda %1 civarında TOC değerleri göstermektedir. Birimin üstüne doğru 3.10 m'sinde aniden yükselerek %2.5 TOC değerine ulaşmıştır (Şekil 31). Karotta bu birim içerisinde alınan radyokarbon yaşlara göre karotun tabanı Son Maksimum Buzul Dönemi'nin (Last Glacial Maximum; G.Ö. 18 bin yılı) bitimine karşılık gelmektedir. Bu buzul döneminin bitiminden hemen sonra tüm dünyada yaşanan küresel ısınma neden ile iklimin daha ılıman ve sıcak olmaya başladığı bilinmektedir. Karotta Birim-L2 içerisinde üste doğru TOC değerinin artması buzul dönemi sonrası göl suyunda sıcaklığın arttığını ve ılıman iklim sayesinde karadan getirilen ve aynı zamanda birincil üretim ile organik madde artışı olduğu göstermektedir. Karotta 2.80 m'lerde TOC değerinde ani bir düşüş gözlenmiş ve daha sonra yeniden artarak Birim-L2 ile Birim-L1e sınırında %4'lere ulaştığı gözlenmektedir. Karotta bu sınırın hemen altından alınan radyokarbon yaşı G.Ö.11.4 bin yılını vermektedir. Holosen öncesi olan bu zamanda özellikle Avrupa ve Asya'da soğuk ve kurak bir iklim ile temsil edilen Genç Kuruma Dönemi'nin (Younger Dryas) G.Ö.10.5 bin ile G.Ö.11.5 bin yılları arasında yaşandığı bilinmektedir. Karotun 2.80 m'sinde Birim-L2 içerisinde gözlenen TOC'deki bu ani düşüşün soğuk ve kurak dönem olan Genç Buzul Dönemi'ne karşılık geldiği anlaşılmaktadır. Bu soğuk ve kurak dönemde göldeki üretkenlik düşerken bir yandan da karadan göle kırıntı yani besin girdisi azalmış olmalıdır. Birim-L1e içerisinde TOC değerinin üste doğru dereceli olarak arttığını görmekteyiz. Bu artış karotun 2.02 m ile 1.85 m'leri arasında ani artış ve düşüşler ile temsil edilen yüksek salınlı değişimler gözlenmektedir. Gölde kısa sürede sedimanlardaki organik maddedeki bu değişimler de yine gölün fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki ani değişim, yani bölgedeki kısa süreli ani iklimsel değişimler ile açıklanmalıdır. Birim-L1d içerisinde üste doğru TOC değerlerinin %2.5'den %1.2'ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Birim-L1d'yi üzerleyen

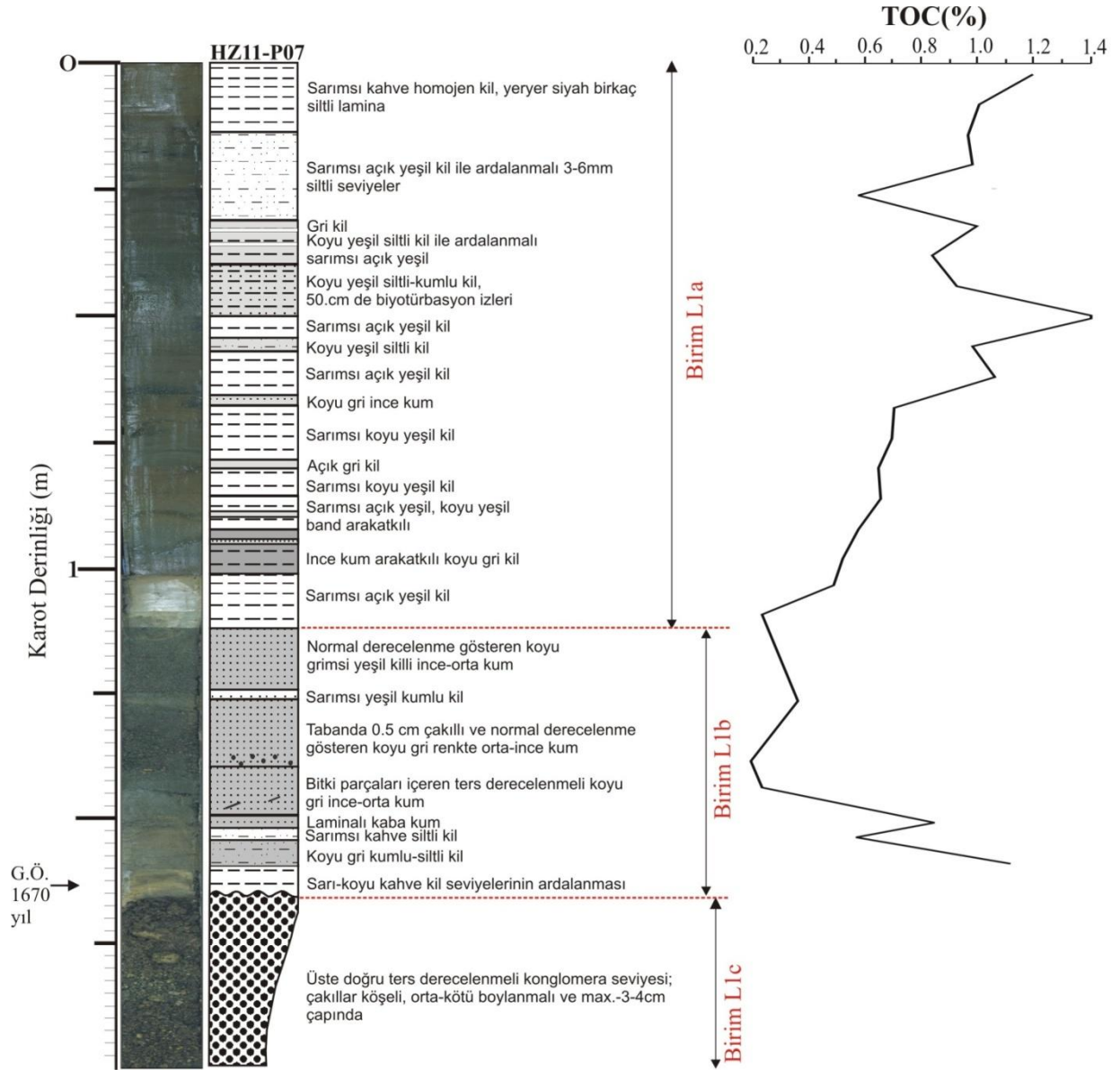
Birim-L1c içerisinde TOC değerleri genel olarak nispeten daha düşük olduğu ve ayrıca yüksek sıklıkta değişimler gösterdiği gözlenmektedir. Karotta Birim-L1b'in tabanına ait çökellerde nispeten daha düşük TOC değerleri gözlenmekte ancak bu değerler birimin üst seviyelerine doğru yeniden dereceli olarak arttığı ve birimin en üst kısmında TOC değerinin %2'lere vardığı gözlenmektedir. Karotta en genç birim olan Birim-L1a'ya ait çökellerde TOC değerleri birimin alt seviyesinden üste doğru dereceli arttığı ve bu birime ait çökellerin ise nispeten daha yüksek oranda organik madde içeriğine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 31. Hz11-P03 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi.

5.5.3. Hz11-P07 Karotu

Hazar Gölü batısında 12.80 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2 m'dir (Tablo 1; Şekil 22). Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan Birim-L1c'ye kadar değişmektedir. Karotun en tabanda 40 cm'lik kısımda yer alan ve karotta ayırtlanmış en yaşlı birim olan Birim-L1c konglomeratik bir litolojiden oluştuğundan karotun bu seviyesinde TOC analizi yapılamamıştır (Şekil 32). Bu birimi üzerleyen ve daha genç olan Birim-L1b'ye ait çökeller tabanda ince bir kil seviyesi ile başlamış ve bu seviyede ise TOC değerleri birimin üstüne göre nispeten daha yüksek değerler göstermektedir. Birim üste doğru kumlu seviyelere geçtiği kısımlarda ise TOC değerlerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Karotta Birim-L1b'ye ait bu kumlu çökeller gölün batısında Kürkçayına ait eski delta çökelleri olduğu sismik kesitlerde de yapılan yorumlamalar ile belirlenmişti. Eski delta çökellerini içeren bu birimde TOC değerlerinin düşük çıkması bu nehirden göle bu dönemde getirilen kırıntılı çökellerin organik maddece oldukça fakir olduğunu göstermektedir. Bu durum ile ilgili diğer bir yorum ise bu dönemde nehir girdisi ile organik madde getirilmiş olsa bile Birim-L1b'ye ait çökeller içerisinde korunamamış olmasıdır. Organik maddenin sediman içerisinde korunamamasının sebeplerinden en önemlileri ise sedimantasyon hızının fazla ve gölün o dönemdeki su kolununun trofik yapısı ile ilgili olmalıdır. Göle getirilen organik maddeler gölde farklı canlılar tarafından oldukça fazla tüketilmiş olmalıdır. Karotta Birim-L1b'yi üzerleyen Birim-L1a içerisinde ise TOC değerleri nispeten daha yüksek çıktığı gözlenmektedir. Birimin tabanından üste doğru dereceli bir şekilde yükselen TOC değerleri maksimuma karotta yaklaşık 57 cm'lerde ulaşmaktadır. Bu seviyeden üste doğru ise yeniden TOC değerlerinde azalma gözlenmekte ancak karotun en üst 8 cm'lik kısmında ise yeniden bir artış gözlenmektedir.

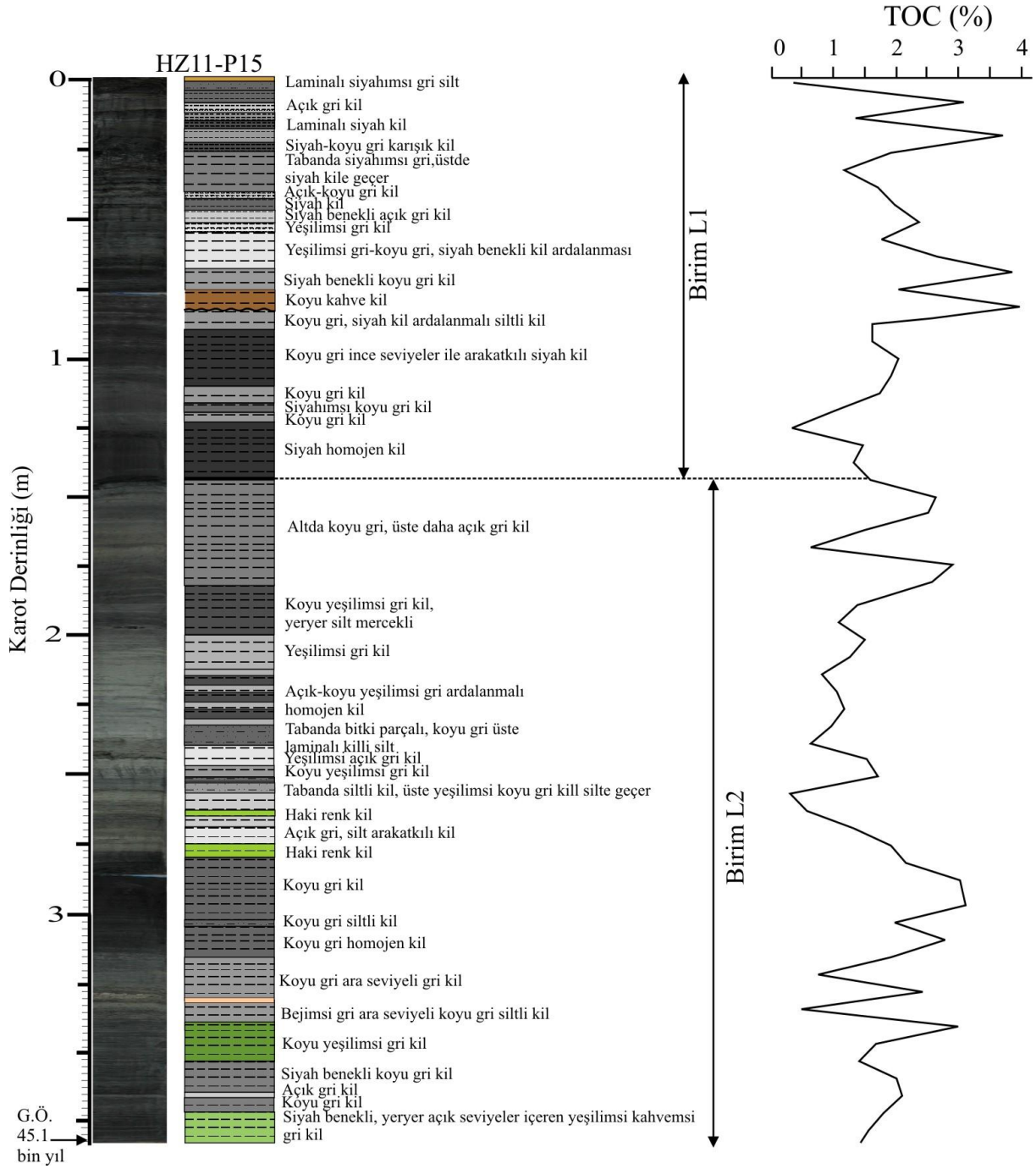


Şekil 32. Hz11-P07 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi.

5.5.4. Hz11-P15 Karotu

Hazar Gölü batısında 78.3 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.72 m'dir (Tablo 1; Şekil 28). Hz11-P15 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ve ayrıca bu karotun tabanından alınan radyokarbon yaş tayini sonucunda başlıca çökel birimleri altta Birim-L2 (Holosen öncesi) ve Birim-L1 (Holosen) olarak tanımlanmıştır. TOC analizleri yapılan bu karotta elde edilen değerler Hz11-P02 ve Hz11-P03 karotlarındaki TOC değerlerine göre çok daha yüksek gözlenmektedir. Karotta Birim-L2'nin en alt seviyeleri olan 372 cm-320 cm'leri arası tabandan itibaren çok yüksek sıklıkta salınımlar göstererek yükselen ve daha sonra bu seviyenin üzerine doğru yeniden düşüşe geçen bir değişim göstermektedir (Şekil 33). Karotun bu seviyesinde TOC değerleri % 0.2 ile % 3 arasında değişmektedir. Karotta TOC değerlerinin % 1.5'un üzerinde bulunduğu en geniş aralığa sahip seviye karotun 320 cm-270 cm'leri arasındadır. Karotun bu seviyesinde TOC değerleri % 1.5 ile % 3.2 arasında değişmektedir. Karotta bu seviyenin litolojisi genelde koyu gri renkte kil ve daha az oranda siltli kilden oluşmaktadır. Karot boyunca TOC değerlerinin % 1.5'un altında kaldığı yine en geniş aralık ise 270 cm-187 cm'leri arasındadır. Birim-L2'nin bu seviyesinde TOC değerleri yüksek sıklıkta değişmekte olup % 0.5 ile % 1.5 arasında değiştiği gözlenmektedir. Karotun en düşük TOC değerlerine sahip bu seviyede litolojinin alttaki diğer seviyelere göre daha fazla siltli olduğu karotta yapılan detaylı litolojik tanımlamada gözlenebilmektedir. Birim-L2'nin en üst seviyesi olan 187 cm-145 cm'leri arasında TOC değerlerinin yeniden % 1.5'un üzerine çıktığı gözlenmektedir. TOC değerlerinin % 1.5 ile % 3 arasında değiştiği karotun bu seviyesinin litolojisi çok daha az silt içeriği bulunan killerden oluşmaktadır. Holosen yaşlı olan Birim-L1'in alt seviyesi olan 145-83 cm'ler arasında TOC değerlerinin bu birim içerisindeki en düşük değerlerine ulaştığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinde TOC değerleri 125 cm'de minimum değer olan % 0.3'e kadar düşmüş ve daha sonra bu seviyeden üste yeniden % 1.5'a doğru yükselmeye başladığı gözlenmektedir. Birim-L1'in bu en alt seviyesinde genelde koyu gri killer ile ara katkılı siyah renkte killi siltten oluşan bir litoloji hâkimdir. Tüm karot boyunca en yüksek TOC değerleri Birim-L1 içerisinde 83-67 cm'leri arasında gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinde TOC değerleri % 2.2 ile % 4 aralığında değişmektedir. Karotun 60 cm'sinde maksimum TOC değerlerinden üste doğru tedrici olarak düşüş gösteren TOC değerleri bu seviyede % 1.2'ye gerilediği gözlenmektedir. Karotta Birim-L1'in en üst seviyesine geçişte 52 cm'den itibaren TOC

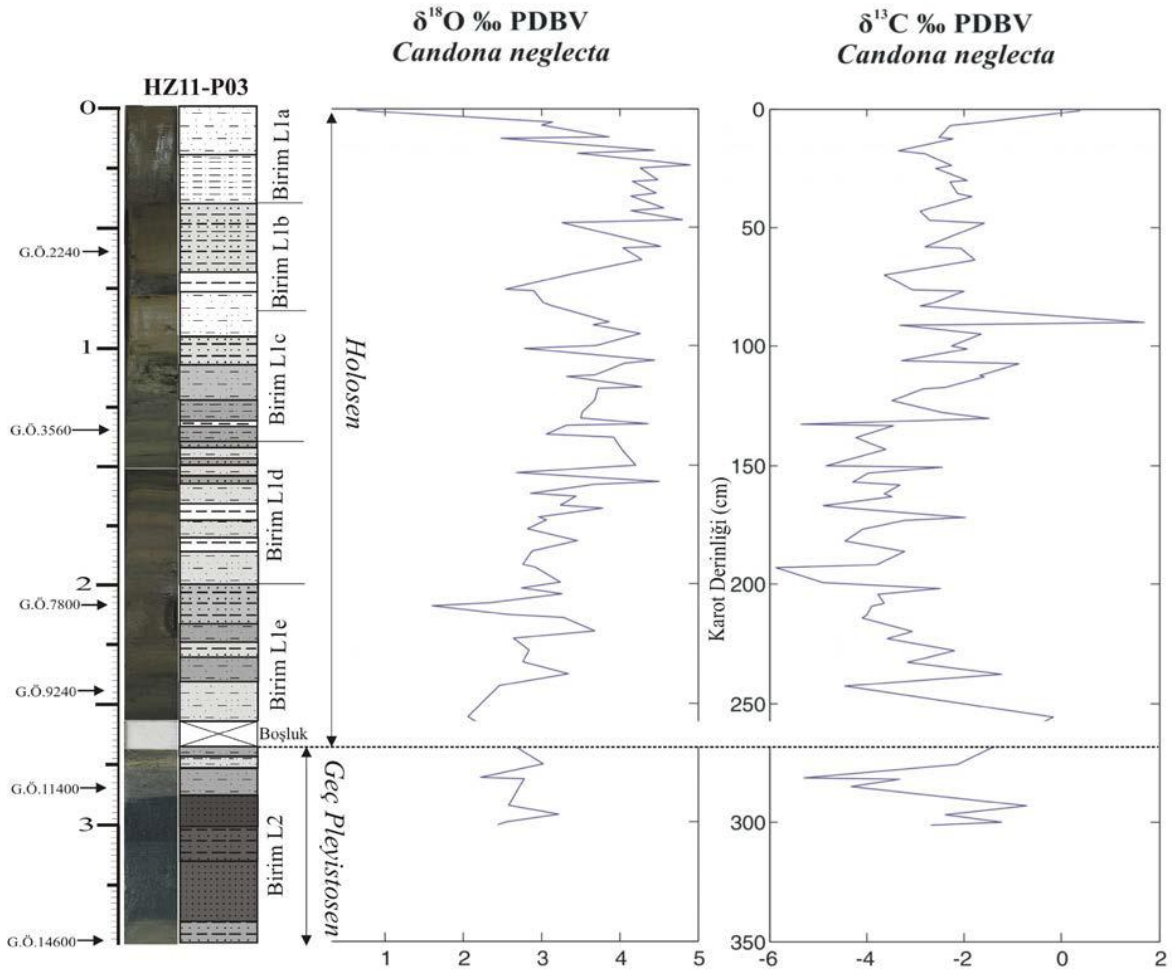
değerleri yeniden ani olarak % 3.5'un üzerine çıktığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinden üste keskin bir şekilde % 1.5'un altına düşüş gösteren TOC değerleri 30 cm'de yeniden % 3 değerine ulaştığı gözlenmektedir. Karotta bu seviyeden en üst kısmına doğru TOC değerlerinin % 1'in altına gerilediği gözlenebilmektedir.



Şekil 33. HZ11-P15 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analiz eğrisi.

5.6. Duraylı İzotop Analiz Sonuçları

HZ11-P03 karotu boyunca 3 cm aralıklar ile ostrakod *Candona neglecta* türü toplanmış ve duraylı oksijen ve karbon analizleri yapılmıştır (Şekil 34). HZ11-P03 karotu boyunca $\delta^{18}\text{O}$ ‰ PDBV değerlerine bakıldığında, Geç Pleyistosen yaşlı Birim-L2’de karotun 298 cm’ine kadar izotop analizleri için yeterli miktarda Ostrakod fosili olmadığından karotun bu seviyesine kadar duraylı izotop analizleri yaptırılmamıştır. Karotta elde edilen yaş modeline göre karota ait duraylı oksijen ve karbon izotop eğrileri takvim yaşı (G.Ö.) olarak çizdirilmiştir (Şekil 34). Karotta yapılan 6 adet C-14 yaşlandırma analizleri sonucunda duraylı oksijen ve karbon analiz sonuçlarının çökellerde G.Ö. 12 bin yılını kapsadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 34. HZ11-P03 karotu boyunca Ostrakod kavkılarında elde edilen duraylı oksijen ve karbon izotop eğrileri ve Takvim yılına göre C-14 yaşları.

Karotta Birim-L2'nin en üst 30 cm'lik kısmında küçük değişimler gösteren $\delta^{18}O$ değerlerin Birim-L2'nin Birim-L1'e geçişindeki devamı karotun bu 15 cm'lik kısmındaki boşluk nedeni ile gözlenememiştir. $\delta^{18}O$ eğirisinde Holosen yaşlı olan Birim-L1'in tabanına yakın değerlerin nispeten daha düşük olduğu gözlenmektedir. Birim-L1e olarak tanımlanan en yaşlı Holosen çökel biriminde üste doğru ciddi bir artış gözlenmede bu birimin en üst seviyesinde yeniden keskin bir düşüş gözlenmekte ve 8.2 bin yıla karşılık gelen bu seviyedeki $\delta^{18}O$ değeri tüm karot boyunca gözlenen minimum değeri temsil etmektedir. Bu seviyeden üste doğru orta Holosen içerisinde $\delta^{18}O$ değerleri yüksek sıklıkta değişen ve dereceli olarak artan bir eğilim gösterirken 152 cm'de % 4.7 PDBV değerine ulaştığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinden üste orta-geç Holosen geçişinde 87.5 cm'e kadar yüksek sıklıkta değişimler gözlenirken genelde değerlerin % 2.8 ile 4.7 PDBV arasında değiştiği gözlenebilmektedir. Karotta geç Holosen'e karşılık gelen $\delta^{18}O$ değerleri 87.5 cm'den % 4.6'dan üste ani bir şekilde % 2.5'e gerilediği gözlenmektedir. Bu düşük değerlerin gözlendiği seviyeden üste $\delta^{18}O$ değerlerinin dereceli olarak yeniden yükseldiği gözlenirken karotun 45 cm ile 20 cm'leri arasında tekdüze daha küçük değişimlerin yaşandığı gözlenmektedir. Karotun en üst kısmı olan Geç Holosen'de $\delta^{18}O$ değerlerinin dereceli olarak yeniden azaldığı ve günümüz % 1.5 değerine ulaştığı gözlenmektedir.

$\delta^{13}C$ % PDBV değerlerine bakıldığında yaklaşık 300 cm'de Geç Pleyistosen yaşlı Birim-L2 içerisinde % -2'nin üzerine çıkan değerler Holosen yaşlı Birim-L1 ile olan sınırın hemen altında % -5'in de altına gerilediği gözlenmektedir. Karotta $\delta^{13}C$ % PDBV değerleri Birim-L1 tabanı olan Holosen başlarında % -0.3'den üste doğru Orta Holosen'de karotun 188 cm'inde % -5.8'e kadar gerilediği gözlenmektedir. Karotta minimum $\delta^{13}C$ değeri olan bu seviyeden üste doğru yükselen değerler hemen hemen Geç Holosen başı olan 132 cm'ye kadar yüksek sıklıkta değişimler göstermekte ve genelde değerlerin % -5.5 ila % -2 arasında değiştiği gözlenmektedir. Karotta Geç Holosen başında G.Ö. yaklaşık 3500 yılında dereceli olarak artan $\delta^{13}C$ değerleri karotun 75 cm'inde maksimum değer olan % +1.8'e ulaştığı gözlenmektedir. Geç Holosen ortaları ve sonlarına doğru bu seviyeden üste dereceli olarak düşüş gösteren $\delta^{13}C$ değerleri düşük sıklıkta ve nispeten daha küçük ölçekli değişimler göstermektedir.

5.7. Radyokarbon (C^{14}) Yaşlandırma Analiz Sonuçları

Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizleri karotlarda belirli litostratigrafik birimlerin ayırt edilmesinin ardından bu seviyelerin yaşlandırılabilmesi için radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma tekniği kullanılır. Karotlarda sedimantolojik çalışmalar sonucunda karotlarda farklı litostratigrafik birimler ayırtlanmıştır. Bu birimlerin çökeldiği zaman süreçlerini ve bu süreçlerdeki eski iklimsel değişimler tespit edilirken birimlerin kronostratigrafilerini ortaya koymak gerektiğinden çökeller içerisinde farklı materyelleri kullanarak toplam 25 adet numunede radyokarbon (^{14}C) yaş tayini yaptırılmıştır (Tablo 2). Proje kapsamında ^{14}C yaş tayinleri AMS (accelerator mass spectrometry) yöntemi ile Woods Hole Oceanographic Institution'un (NOSAMS) laboratuvarında yaptırılmıştır. Bunun için karotlardan seçilen bivalv ve bitki/odun parçaları gibi örnekleri çökel malzemesinden yıkayarak, arındırılarak yaşlandırma analizi için hazır edilmiştir. AMS yaşlandırmalarında örneklerden taşınmamış olanları seçmek için tüm kavkı olmasına dikkat edilmiştir. Kavkılar dikkatli bir şekilde su altında fırça ile temizlenmiş ve binoküler mikroskop altında diyajenetik alterasyona uğrayıp uğramadığı incelenmiştir.

Tablo 2. Proje çalışmalarında karotlara ait radyokarbon (^{14}C) yaş tayini sonuçları. Analizlerden hatalı olabileceği düşünülen seviyeler kırmızı ile gösterilmiştir. (TÜBİTAK 2011).

Sıra No	Karot adı, örnek no	Örnek derinliği	Materyel	Yaş G.Ö. (kalibre edilmemiş)
1	Hz11-P02, OS-97581	42 cm	Ağaç/bitki parçası	885+/-25
2	Hz11-P02, OS-97566	250 cm	Ağaç/bitki parçası	2420+/-30
3	Hz11-P02, OS-97565	Karot ucu	Ağaç/bitki parçası	3420+/-35
4	Hz11-P03, OS-106010	59 cm	Mollusk	2240+/-45
5	Hz11-P03, OS-97568	133 cm	Ağaç/bitki parçası	3560+/-45
6	Hz11-P03, OS-106006	208 cm	Mollusk	7800+/-170
7	Hz11-P03, OS-106002	244 cm	Mollusk	9240+/-70
8	Hz11-P03, OS-96328	285 cm	Mollusk	11400 +/-50
9	Hz11-P03, OS-100216	303 cm	Mollusk	25500+/-220
10	Hz11-P03, OS-97569	333 cm	Ağaç/bitki parçası	10050+/-45
11	Hz11-P03, OS-100593	312 cm	Ağaç/bitki parçası	10150+/-45
12	Hz11-P03, OS-96329	Karot ucu	Mollusk	14600 +/-80
13	Hz11-P06, OS-97190	56 cm	Ağaç/bitki parçası	920+/-25
14	Hz11-P06, OS-97563	135 cm	Kömür parçası	1730+/-40
15	Hz11-P07, OS-96330	48 cm	Ağaç/bitki parçası	2840 +/-25
16	Hz11-P07, OS-96752	141 cm	Ağaç/bitki parçası	1800+/-40
17	Hz11-P07, OS-97570	65 cm	Ağaç/bitki parçası	1690+/-30
18	Hz11-P07, OS-97571	164 cm	Ağaç/bitki parçası	1670+/-45
19	Hz11-P09, OS-100591	240 cm	Ağaç/bitki parçası	>48000+/-0
20	Hz11-P09, OS-100214	264 cm	Mollusk	45100+/-2400
21	Hz11-P09, OS-100215	323 cm	Mollusk	45200+/-2400
22	Hz11-P09, OS-110393	74-75 cm	Ostrakod	11050+/-45
23	Hz11-P09, OS-110394	176-177 cm	Ostrakod	30900+/-430
24	Hz11-P09, OS-110395	254-255 cm	Ostrakod	41800+/-1600
25	Hz11-P09, OS-110396	317-318 cm	Ostrakod	39600+/-1200

Tablo 3. Tez kapsamında karotlarda ayırtlanan litostratigrafik birimlerin radyokarbon yaş analizleri sonucunda belirlenen çökelme periyotları.

Litostratigrafik Birim	Çökelme Dönemi (G.Ö. Yıl)	Birimin Fasiyesi
Birim-L1a	0-1300	Transgresif çamur yaygısı
Birim-L1b	1300-2500	Delta (Delta-3) veya tansgresif (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim-L1c	2500-3800	Delta (Delta-2) veya tansgresif (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim-L1d	3800-7350	Delta (Delta-1) veya tansgresif (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim-L1e	7350-10 500	Transgresif çamur yaygısı (hem şelfde hem de derin fasiyeste)
Birim-L2	>10 500	Buzul sonrası ilk transgresif çamur yaygısı çökelleri

Radyokarbon analizleri sonucunda elde edilen yaşlarda rezervuar yaşı düzeltmesi ve takvim yılına kalibrasyon yapılmamış ve hata payı $\pm 1\sigma$ (1 standard sapma) olarak hesaplanmıştır. Tablo 2’deki yaşlar ^{13}C düzeltmesi yapıldıktan sonra günümüzden önce ^{14}C yılını (G.Ö. yıl) vermektedir. Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizleri sayesinde farklı çökel birimlerinin ^{14}C analiz sınırları (G.Ö. 40 bin ila 1500 yılları arası) içerisinde kalan kronolojik dizilimleri hakkında bilgi edinilecek ve bu sayade karot çökellerinin hassas kronostratigrafik çalışmaları yapılmış olacaktır. Elde edilen yaşlarda ^{14}C analiz sınırları dışında kalan birkaç numunede hata payı yüksek olabileceğinden değerlendirmeye alınmamış, ancak buda çökelin analiz sınırından daha yaşlı olduğunu göstereceğinden göreceli yaşlandırma açısından yine de faydalı olacağı düşünülmektedir. Tezin ilk arazi döneminde alınan toplam 5 adet piston karotun farklı seviyelerine ait 25 adet ^{14}C yaş sonuçları değerlendirilerek karotlarda ayırtlanan birimlerin korelasyonları yapılmıştır (Tablo 2). Gerek bu korelasyon sayesinde ve gerekse her karotta ayrı ayrı sedimentasyon hızları hesaplanarak Hazar Gölü çökellerinde Geç Pleyistosen-Holosen’de çökelen litostratigrafik birimlerinin çökelme periyotları da belirlenmiştir (Tablo 3). Karotlarda radyokarbon yaş tayini öncesinde çökeller içerisinde ayıklanan farklı materyallerde taşınma emarelerine dikkat edilmesine rağmen materyel bünyesinde mevcut olan eski karbonun belirlenmesi zor olduğundan bu numunelerde yaşların hatalı çıkması beklenmelidir. Aynı karotta birbirine yakın seviyelerde çok farklı yaşların çıkması veya

yaş terslenmelerin bu sebepten kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu tip hatalı yaşların çökel birimlerinin kronostratigrafik değerlendirmelerinde dikkate alınmamıştır.

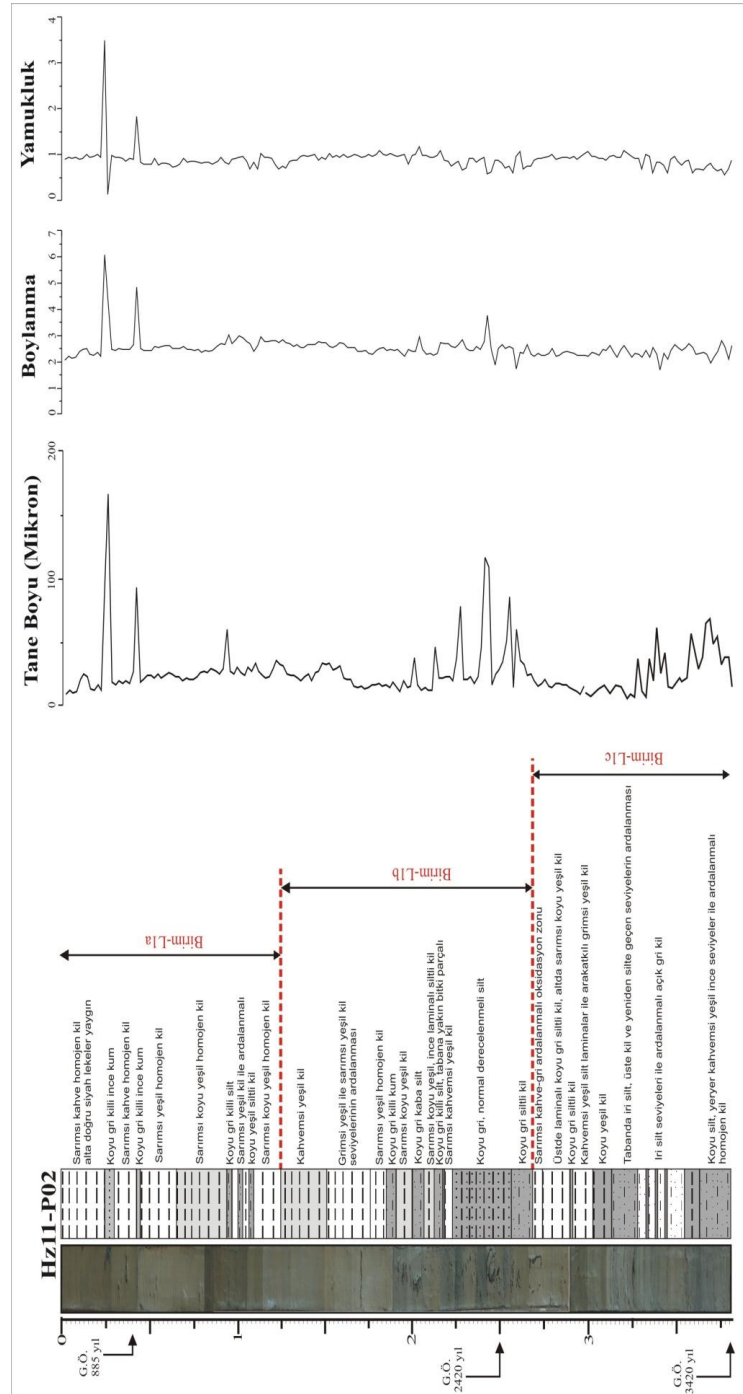
5.8. Karotlarda Tane Boyu Analizleri

Tez kapsamında tane boyu analizleri Hazar Gölü'nün batısından alınan toplam 4 adet karotta gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ikiye bölünmüş (yarım) karotta derinlik boyunca 2 cm çözünürlük ile yapılmıştır. Tane boyu analizleri sonucunda elde edilen farklı parametreler (boylanma, yamukluk, median vb. gibi) sayesinde Hazar Gölü Geç Pleyistosen-Holosen yaşlı litostratigrafik birimlerin çökeltme ortamları ve işlevleri hakkında önemli bilgiler edinilmiştir. Tane boyu analizleri Hz11-P02, -P03, -P06, -P07 karotlarında yapılmıştır. Karotlara ait derinlik ve uzunluk bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

5.8.1. Hz11-P02 Karotu

Hazar Gölü batısında 52.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.79 m'dir (Tablo 1; Şekil 18). Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan -L1c'ye kadar değişmektedir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c'de tane boyu tabandan üste doğru genel olarak azalan trend göstermektedir. Tane boyu tabanda 20 µm ile başlar iken üste doğru kaba silt seviyeler de 60 µm değerlerine yükselmektedir (Şekil 35). Genel itibari ile Birim-L1c içerisinde 395 cm ile 325 cm'leri arasında iri silt ve iri silt ile arılanmalı killi seviyelerde tane boyu 70 µm ile 20 µm arasında seyretmektedir. Birimin üstüne doğru killi seviyelerde tane boyunda azalan bir trend gözlenmektedir ve tane boyu yaklaşık 10 µm değerindedir. Karotta boylanma değerleri üniform olup karot boyunca boylanma değerlerinde pek fazla değişiklik gözlenmemektedir (Şekil 35). Boylanma değerleri genellikle 2'nin üzerinde seyretmektedir ve bu da tanelerin boylanmasının kötü olduğunu göstermektedir. Yamukluk değerleri de karot boyunca 1 ile 1.5 arasında değişmektedir. Yamukluk değerlerinin negatife doğru eğilim göstermesi karotta ince tanelerin daha hakim olduğunu göstermektedir. Birim-L1c'yi üzerleyen ve daha genç olan Birim-L1b'ye ait çökeller tabanda killi silt ile başlamaktadır ve bu seviyede tane boyu 100 µm değerine ulaşmaktadır. Birimin bu seviyelerinde derecelenme gösteren siltli, killer ile arılanmalı siltli seviyelerin varlığı tane boyu değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Karotun bu seviyesinden alınan radyokarbon yaşına göre gölde G.Ö. 2420 yıllarında yağışlı ve sıcak bir iklimin varlığı gölde karot lokasyonuna yakın çevrelerde drenajlar ile

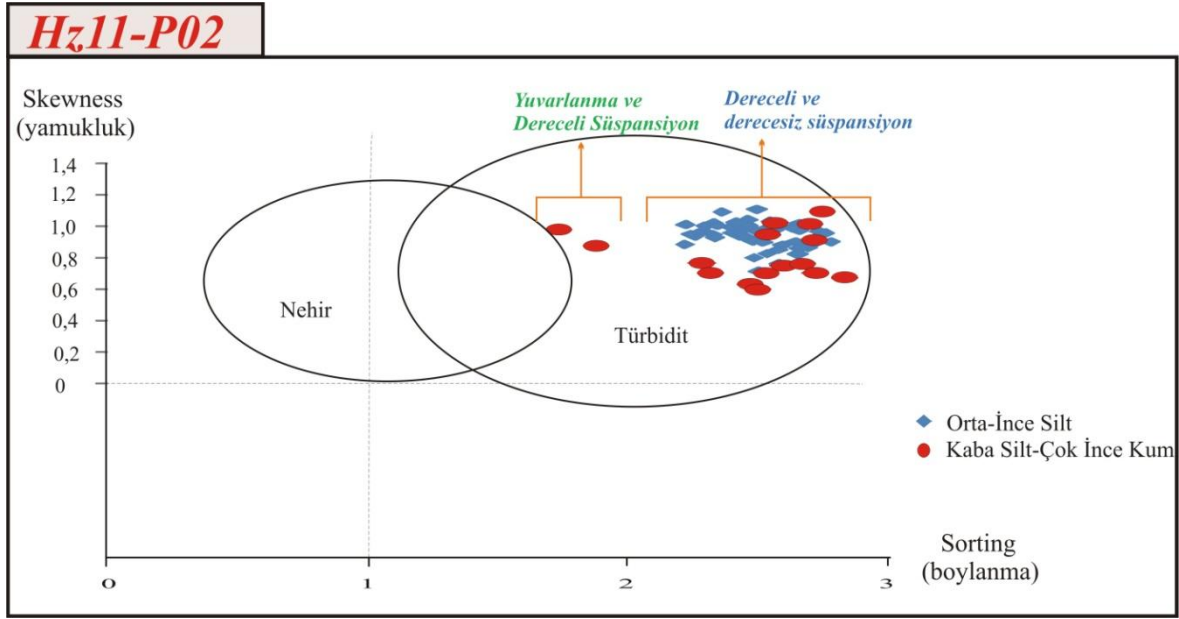
göle karasal kırıntı girdisine yol açtığı ve bu sayede siltli seviyelerin çökelediği düşünülmelidir. Karotta Birim-L1b içerisinde üste doğru tane boyu değerleri dereceli olarak azalmakta ve Birim-L1b ile Birim-L1a sınırı killi seviyede 30 µm değerine düştüğü gözlenmektedir. Karotta Birim-L1a'ya ait tane boyu değerleri genel itibari ile killi seviyelerde 15 µm ile 20 µm değerleri arasında değişirken, karotun üstüne doğru 48.cm'de gözlenen ince kum seviyesinde tane boyu 100 µm değerine ulaşmıştır.



Şekil 35. Hz11-P02 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda elde edilen tane boyu boylanma ve yamukluk değerleri.

Bu seviyede boylanma değerleri tanelerin genelde kötü boylanmalı olduklarını göstermektedir. Yamukluk ise bu kumlu seviyede 1.5 değerinde olup pozitif yönde artış göstermektedir. Birim içerisinde üste doğru 25. cm'de bulunan kumlu seviyede tane boyu karot boyunca en yüksek değerini almıştır ve 160 µm değerine ulaşmıştır. Bu seviyenin hemen altından alınan radyokarbon yaşına göre gölde 885 yılından önce ve sonra gelişen kumlu seviyelerin varlığı yine göldeki yağışlı ve ılıman bir iklimin sonucunda göle olan nehir girdisine işaret etmektedir. Karotun bulunduğu lokasyona yakın gölün hemen batısında en büyük drenaj sistemi olan Kürkçayı'nın bulunduğu düşünöldüğünde karotta değişik seviyelerde gözlenen kum ve silt seviyelerinin karotun bulunduğu lokasyona bu nehrin iklimin yağışlı olduğu zamanlarda daha fazla kırıntıyı göle taşıdığı düşünölmelidir.

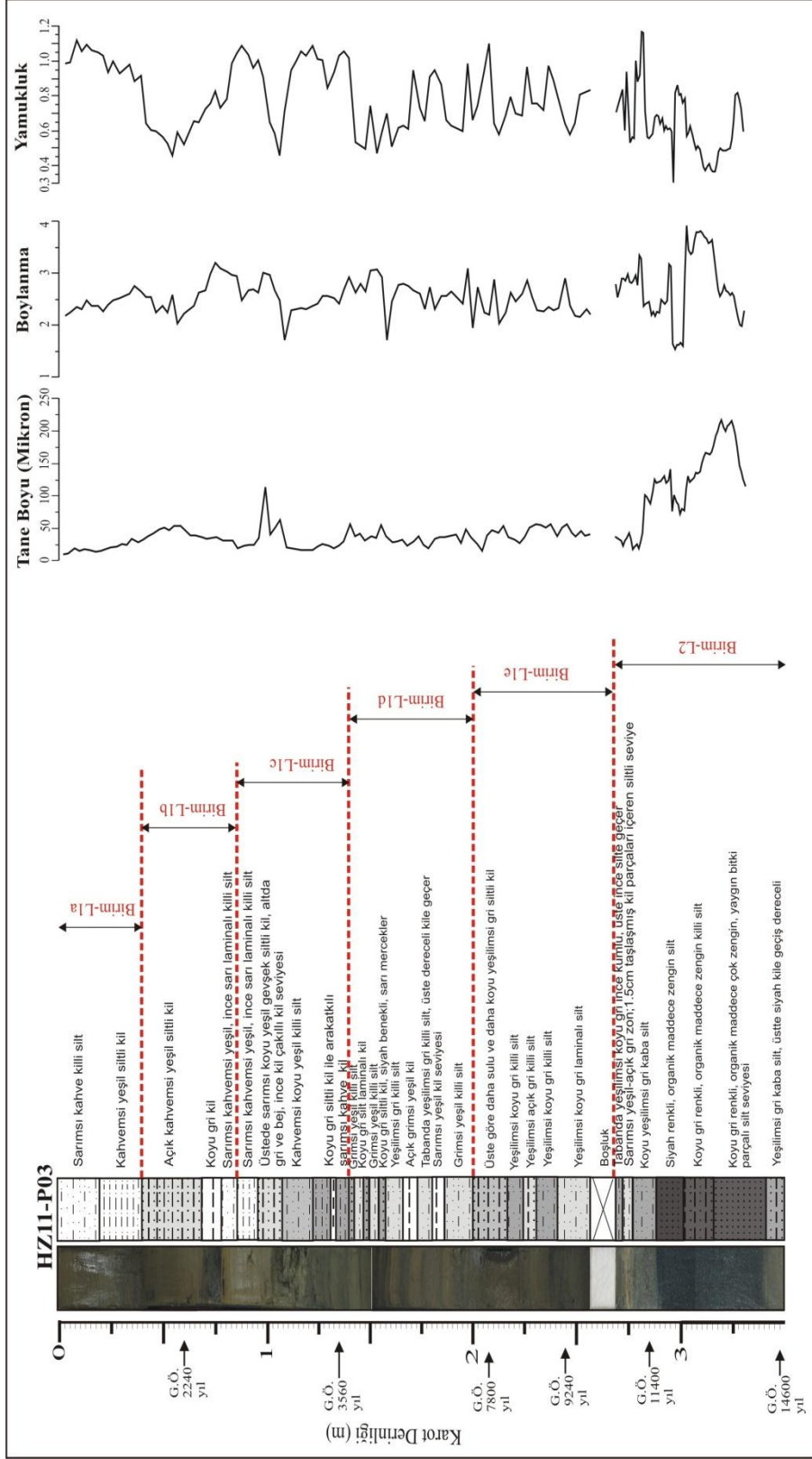
Karotda tane boyu analizleri sonucunda saptanan boylanma ve yamukluk değerlerinin birbirlerine olan oranı çökellerin çökelleme mekanizmalarının yorumlanmasında önemlidir. Yamukluk değerleri özellikle çökel içerisindeki tanelerin yatkın olduğu boyutu yansıttığından kaba tanelerin çokluğu yamukluk değerlerinde pozitif, ince tanelilerin çoğunlukta olduğu seviyelerde ise negatif değerleri vermektedir. Sismik profillerde en genç delta birimi olan Delta-3'ün Hz11-P02 karotunda karşılık geldiği Birim-L1b de yamukluk ve boylanma değerleri birbirine oranlanarak tanelerin çökelleme mekanizmaları yorumlanmıştır (Şekil 36). Genel itibari ile boylanma değerleri 2.1 ile 2.9 arasında yamukluk değerleri ise 1.2 ile 0.6 arasında değişmektedir. Orta-ince silt boyutundaki tanelerin kümeleştiiği yerde yamukluk değerleri 1.2 ile 0.8 arasında değişmektedir. Daha kaba malzeme boyutundaki tanelerin yamukluk değerleri ise 0.8 ile 0.4 değerleri arasında değişmektedir.



Şekil 36. Hz11-P02 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boylanma ve yamukluk diyagramı.

5.8.2. Hz11-P03 Karotu

Hazar Gölü batısında 54.4 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.48 m'dir (Tablo 1; Şekil 19). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S2'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1, -L2) tanımlanmıştır. Karotta aynı zamanda Holosen yaşlı olduğu tüm karotlardan alınan radyokarbon yaşlara göre belirlenen Birim-L1, kendi içerisinde Birim-L1a'dan -L1e'ye kadar değişen alt birimlere ayırılmıştır. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L2'de tane boyu tabandan üste doğru genel olarak azalan trend göstermektedir. Tane boyu karotun tabanında yaygın bitki parçalı silt seviyesinde 200 µm değerinde başlarken Birim-L1e sınırında 50 µm değerine düşmektedir (Şekil 37). Boylanma değerleri karotun tabanında 2 ile başlarken üste doğru bitki parçaları içeren siltli seviyede 4 değerine yaklaşmıştır. Yamukluk değerleri ise karotun bu seviyelerinde boylanma değerleri ile zıt yönde salınım göstermektedir. Holosen çökelleri içerisinde tane boyu değerleri pek fazla değişiklik göstermemektedir. Genel itibari ile 10 µm ile 50 µm değerleri arasında salınım göstermektedir. Son 10.5 bin yıllık süreci kapsayan Holosen de boylanma değerleri 1.5-3 arasında değişmektedir ve bu da tanelerin boylanmasının orta ve kötü olduğunu göstermektedir.

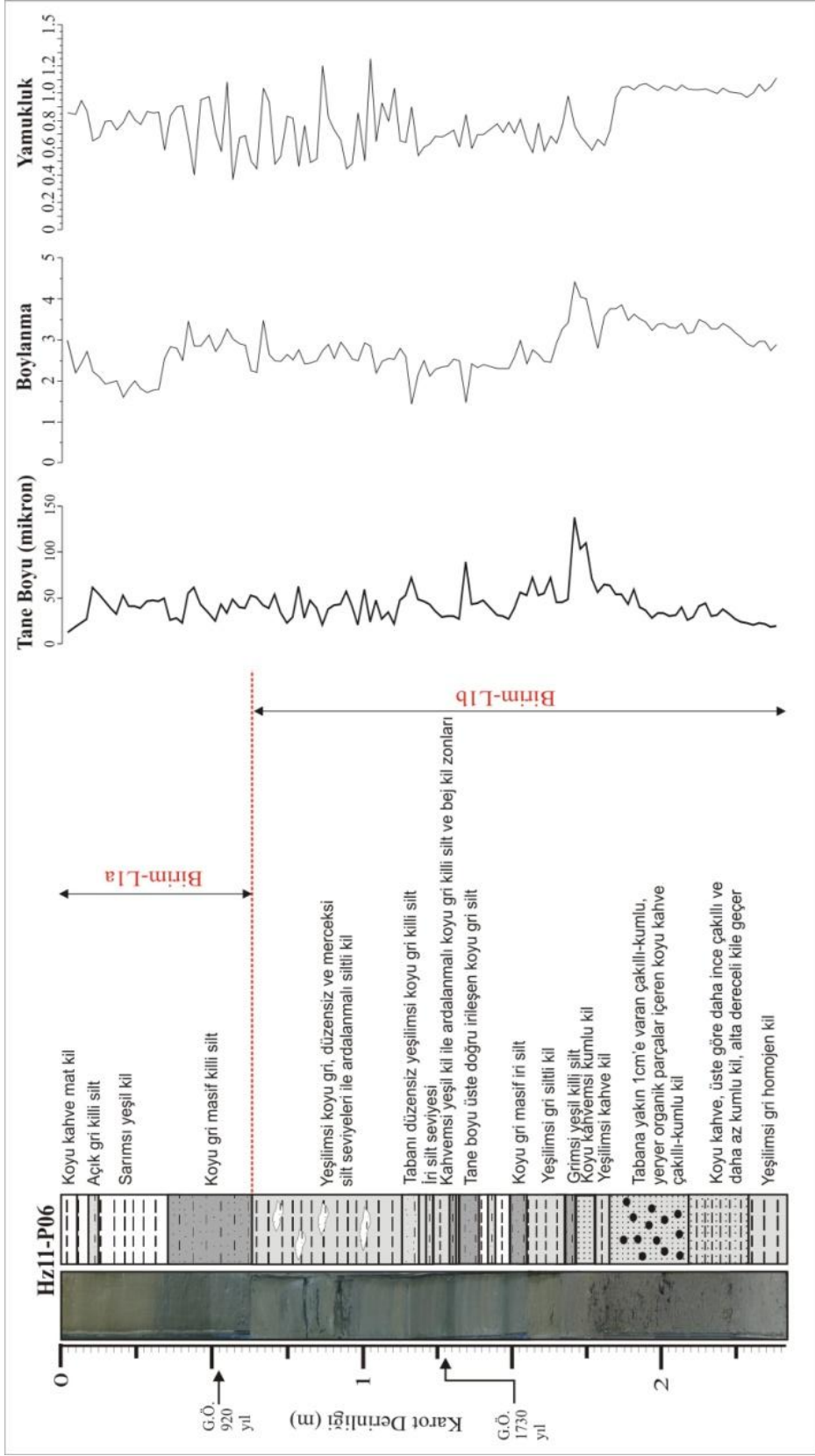


Şekil 37. HZ11-P03 piston karotunda 2 cm’de yapılan tane boyu analizleri sonucunda elde edilen tane boyu boylanma ve yamukluk değerleri.

Birim-L1c içerisinde 100 cm ile 110 cm'ler arasında, karota karşılık gelen çakıllı ince kil seviyede tane boyu 125 µm değerine ulaşmaktadır ve bu seviyede yamukluk değeri pozitif yöne doğru artış göstermektedir. Bu birimi üzerleyen ve daha genç olan Birim-L1b'ye ait çökellerde tane boyu 15 µm ile 50 µm arasında değişmektedir. Birim-L1b içerisinde tane boyunun 50 µm değerine ulaştığı karotta karşılık gelen siltli kil seviyede boylanmanında iyileştiği görülmektedir. Tane boyunun nispeten arttığı bu seviyede yamukluk değerleri de negatif yönde artış göstermektedir. Karotta en genç birim olan Birim-L1a çok farklı litolojiler sunmamakla birlikte genel itibari ile siltli kil seviyelerinden oluştuğu ve tane boyu değerlerinin 15 µm ile 25 µm değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

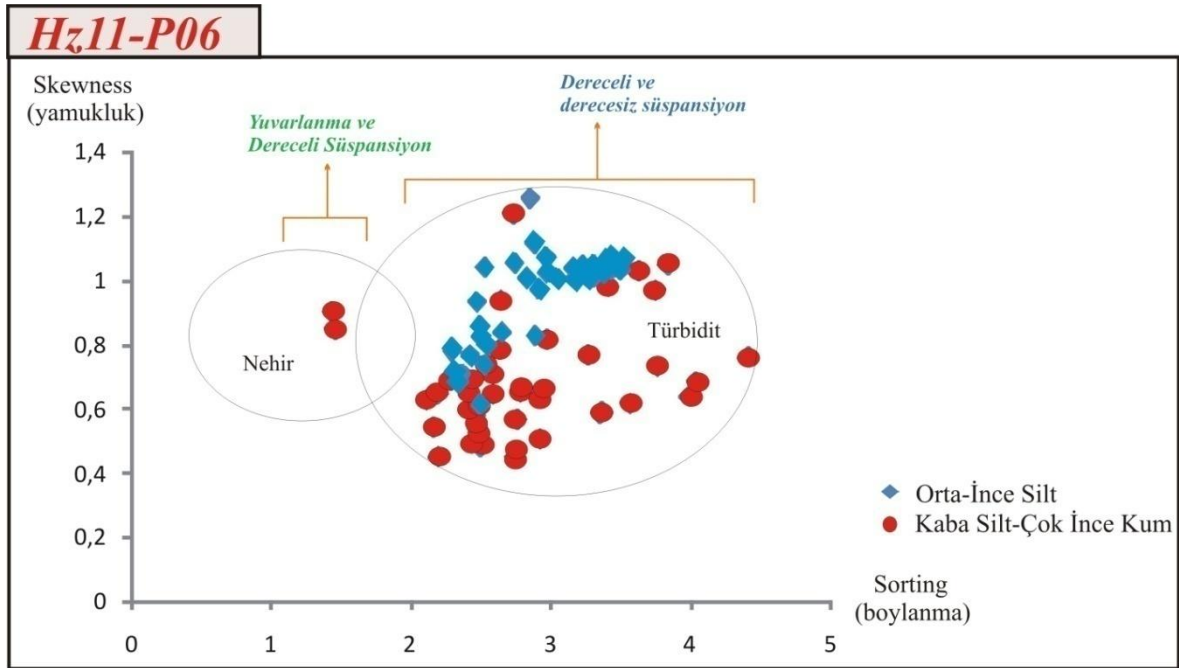
5.8.3. Hz11-P06 Karotu

Hazar Gölü batısında 11.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.57 m'dir (Tablo 1; Şekil 21). Hz11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a ve Birim-L1b olduğu belirlenmiştir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1b'de tane boyunun 15 µm değeri ile başladığı ancak üste doğru organik parçalar içeren çakıllı-kumlu kil seviyelerinde tane boyu değerinin 50 µm değerine ulaştığı gözlenmektedir (Şekil 38). Karotun tabanından itibaren 185. cm'sine kadar yamukluk değerleri 1.1 görülmektedir. Yine bu seviyelerde boylanma değerleri ise 2.7 ile 3.25 arasında değişmektedir. Karot boyunca gözlenen en yüksek değer karotun 175.cm'de killi silt seviyesinde gözlenmiştir. Bu seviyeden birimin üstüne kadar tane boyu değerleri siltli seviyelerde yüksek gözlenirken, killi seviyelerde düşük gözlenmektedir. Birim-L1b üste doğru boylanma 1.5 ile 2.5 arasında değişmektedir. Birim-L1b'den Birim-L1a'ya geçişteki killi silt seviyesinde tane boyunda bir artış gözlenmekte ve yaklaşık olarak 50 µm değerine ulaştığı gözlenmektedir. Karotun bu seviyesinden alınan radyokarbon yaşına göre gölde G.Ö. 920 yıllarında yağışlı ve sıcak bir iklimin varlığı gölde karot lokasyonuna yakın çevrelerde drenajlar ile göle karasal kırıntı girdisine yol açtığı ve bu sayede siltli seviyelerin çökeldiği düşünülmelidir. Birimin üstüne doğru silt seviyesinde tane boyunun 30 µm ile 50 µm arasında değiştiği gözlenmektedir. Birim-L1a'da üste doğru 10-12,5 cm'ler arasında gözlenen iri silt seviyesinde tane boyunun 61 µm değerine ulaştığı görülmektedir. Birimin en üstünde yer alan kil seviyesinde tane boyu değerinin azaldığı ve yaklaşık 15 µm değerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 38. Hz11-P06 piston karotunda 2 cm'de yapılan tane boyu analizleri sonucunda elde edilen tane boyu boylanma ve yamukluk değerleri.

Sismik profillerde en genç delta birimi olan Delta-3'ün Hz11-P06 karotunda karşılık geldiği Birim-L1b de yamukluk ve boyplanma değerleri birbirine oranlanarak tanelerin çökme mekanizmaları yorumlanmıştır. Boylanma ve yamukluk eğrisindeki değerler iki farklı bölgede gruplaştıkları gözlenmektedir (Şekil 39). Buna göre boyplanma değerleri 2 ile 4.5 arasında değişmektedir. Orta-ince silt boyutunda ki tanelerin boyplanma değerlerinin 3 ile 4 arasında yoğunlaştığı seviyede yamukluk değeri 1.2 ile 0.9 arasında değişmektedir. Boyplanma değerleri 2'nin altında olan orta-ince silt boyutundaki tanelerin yamukluk değerleri ise 1 ile 0.6 arasında değişmektedir. Kaba silt-çok ince kum boyutundaki tanelerin genellikle 2 ile 3 değerleri arasında gruplaşmaktadır. Boyplanma değerleri 2 ile 3 arasında değişen bu tanelerin yamukluk değerleri de 0.8 ile 0.4 arasında değişmektedir.

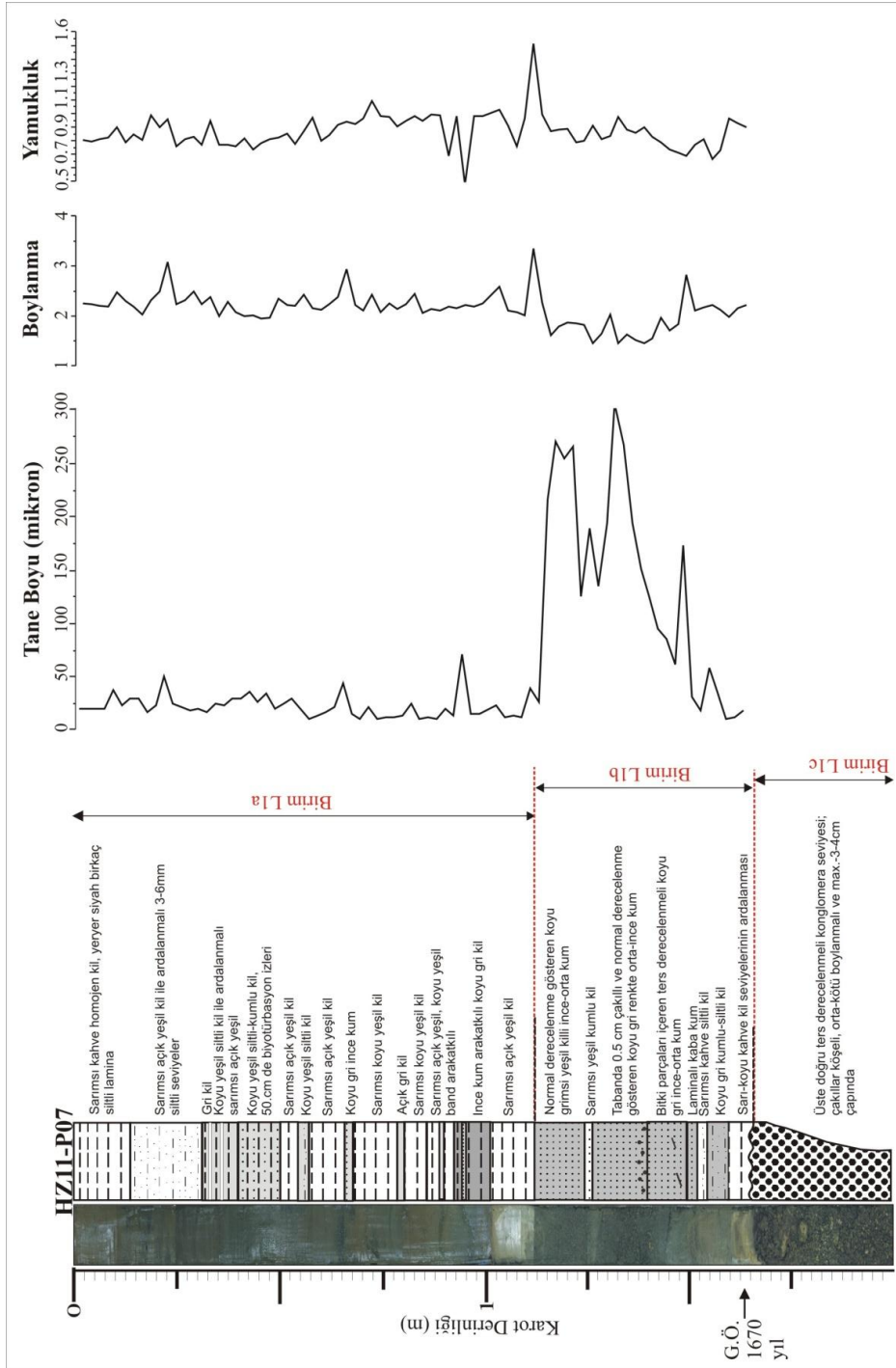


Şekil 39. Hz11-P06 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boyplanma ve yamukluk diyagramı.

5.8.4. Hz11-P07 Karotu

Hazar Gölü batısında 14 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 1.98 m'dir (Tablo 1; Şekil 22). Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan Birim-L1c'ye kadar değişmektedir. Karotun en tabanda 40 cm'lik kısımda yer alan ve karotta ayırtlanmış en

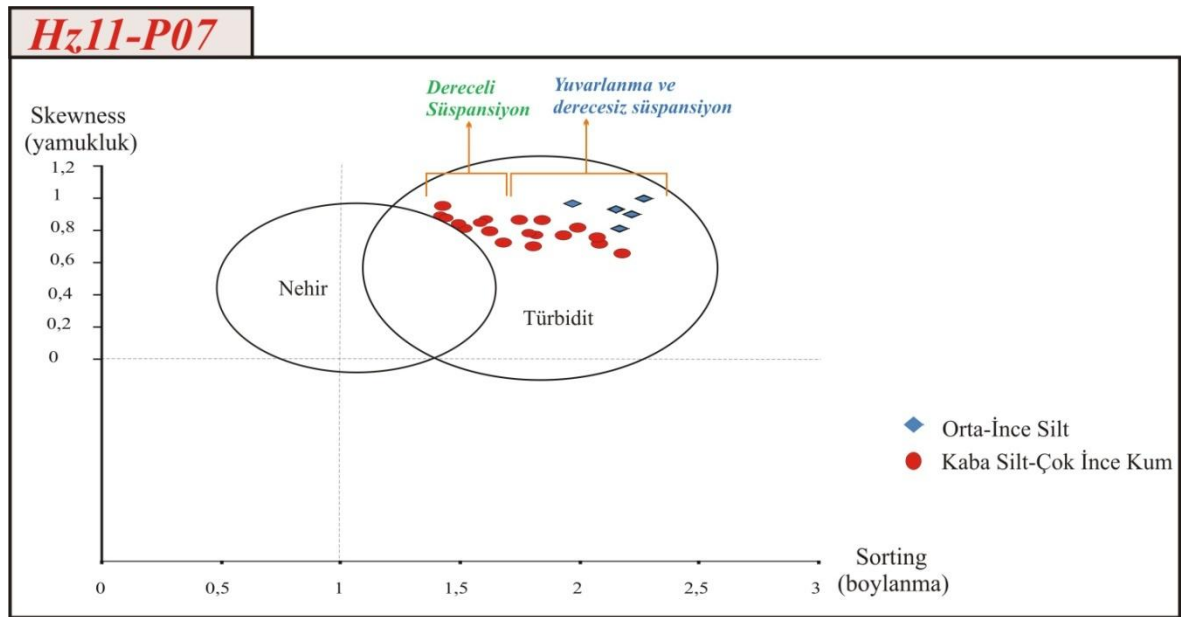
yaşlı birim olan Birim-L1c konglomeratik bir litolojiden oluştuğundan karotun bu seviyesinde tane boyu analizi yapılamamıştır (Şekil 40). Bu birimi üzerleyen ve daha genç olan Birim-L1b'ye ait çökeller tabanda ince bir kil seviyesi ile başlamış ve bu seviyede tane boyu değerleri birimin üstüne göre daha düşük değerler göstermektedir. Birimin üstüne doğru kumlu seviyelerde tane boyu karot boyunca en yüksek değerini almış ve yaklaşık 270 µm değerine ulaşmıştır.



Şekil 40. HZ11-P07 piston karotunda 2 cm' de yapılan tane boyu analizleri sonucunda elde edilen tane boyu boylanma ve yamukluk değerleri.

Boylanma değerleri kaba tanelerin hakim olduğu bu seviyede tane boyu ile ters bir ilişki göstermektedir ve boylanma değerleri 1.5 ile 2 arasında değişmektedir. Boylanma değerlerinde görülen bu düşüş ise tanelerin boylanmasının iyi olduğunu göstermektedir. Karot boyunca Birim-L1b’de tane boyunun bu kadar yüksek değer göstermesi karotun alındığı lokasyonun drenaj havzasına çok yakın olduğunu kanıtlamaktadır. Karotta Birim-L1b’ye ait bu kumlu çökellerin göle batıdan karışan Kürkçayının paleo-deltası olduğu sismik profillerde o birime ait iç yansıma özelliklerinden de anlaşılmaktadır. Karotta Birim-L1b ile Birim-L1a sınırında tane boyu değerinde ani bir düşüş gözlenmektedir. Birim-L1a çok farklı litolojiler sunmamakla birlikte genel itibari ile kil seviyelerinden oluştuğu ve tane boyu değerlerinin 20 µm ile 50 µm değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Sismik profillerde görülen en genç delta birimi olan Delta-3’ün Hz11-P07 karotunda karşılık geldiği Birim-L1b de yapılan tane boyu analizleri sonucunda yamukluk ve boylanma değerleri hesaplanıp birbirlerine oranları bulunmuştur. Bu sonuca göre taneler iki farklı grupta yoğunlaşmışlardır. Genel itibari ile tanelerin sorting değerleri 1.5 ile 2.25 arasında ve yamukluk değerleri ise 1 ile 0.6 arasında değişmektedir (Şekil 41). Kaba silt-çok ince kum boyutundaki tanelerin boylanmasının orta-ince silt boyutundaki tanelere oranla daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç muhtemelen Hz11-P07 karotunun alındığı lokasyonun dalga ve akıntı sistemlerine maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 41. Hz11-P07 piston karotunda Birim-L1b içerisinde yapılan boylanma ve yamukluk diyagramı.

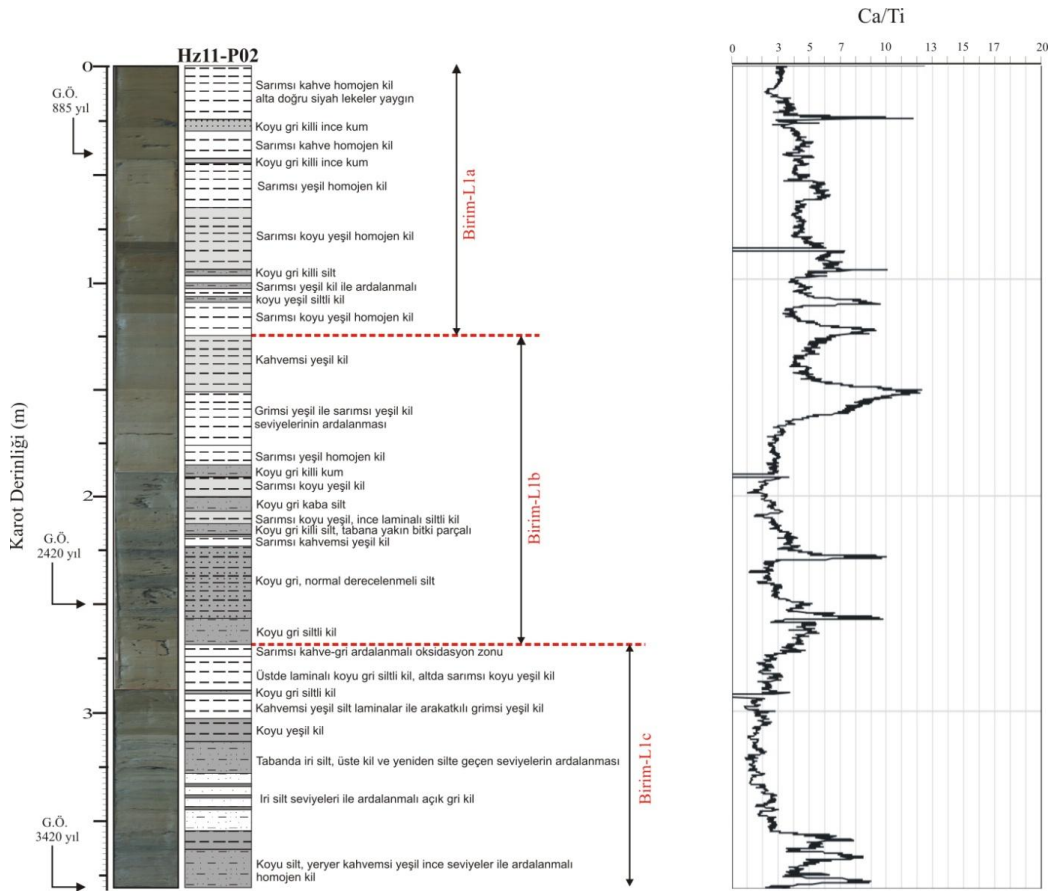
5.9. Karotlarda XRF (Ca/Ti) Analizleri

Tez kapsamında XRF analizleri Hazar Gölü'nün batısından alınan toplam 4 karotta yapılmıştır. ITRAX karot tarayıcısı, karot boyunca rastlanan birbirinden farklı tabakaların, jeokimyasal olarak tanımlanması çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir analiz cihazıdır (Rothwell ve Rack., 2006). Bu yöntemle karot numunesine zarar vermeden, sediment içerisindeki element konsantrasyonları ortaya çıkarılmaktadır (Röhl ve Abrams, 2000). Aynı zamanda karotun fotoğrafı çekilir ve radyografi elde edilir. Hz11-P02, -P03, -P06 ve -P07 karotları 0,2 mm sıklıkla taranarak elementlerin çökel içerisindeki rölatif değişimleri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen elementel sonuçlar, kısmen kantitatif olup, birimi cps (count per second) olarak ifade edilmektedir (Jahn vd., 2003).

Göl ve denizlerin jeolojik zaman süresince geçirdiği diyajenetik süreçleri, üretkenliklerini (verimlilik), bu tür ortamlarda çökelen sedimanın kökeni ve bu göl ve denizleri çevreleyen karasal ortamlardaki eski çevre koşullarındaki değişiklikleri çeşitli proksiler kullanılarak XRF yöntemiyle öğrenmek mümkündür. Killer iklim indikatörü ve taşınma mekanizması proksisidir. Karada oluştuktan sonra, deniz ve göl sedimanları içerisine taşındıkları takdirde, bu sedimanların çeşitli yöntemlerle analizi sonucu karada süregelen iklim koşulları ve akıntı sistemi hakkında bilgi verir. Ti (Titanyum), kırıntılı karasal girdideki oransal değişiklikleri görülmek açısından önemli bir proksi olduğu çeşitli çalışmalarda ispatlanmıştır (Sorrel, 2006). Ti, göl ya da deniz havzasına, nehirler vasıtasıyla taşınan kırıntılı sedimentler içerisinde bol miktarda bulunur. Ti, kil ve silt parçalarındaki Fe-Ti oksitler içerisinde zenginleşen bir element olup, ağır mineraller içerisinde konsantre olur. Ti, göl ve deniz sedimentlerinde karasal kökene sahip olup, gölün üretkenliğinden ve erken diyajenetik proseslerden etkilenmez. Dolayısıyla göl ya da denize gelen kırıntılı girdinin bileşimindeki çeşitliliği görmek açısından yine proksi olarak Ti seçilir. XRF analizleri sonucu, Ti artış yada azalma gösterdiği seviyeler, iklimsel olarak önemli bilgiler verir. Ti miktarının arttığı seviyelerde, karasal malzeme gelişiminin arttığı yağışlı ve daha serin dönemler beklememiz gerekir. Ti miktarındaki azalma ise çoğunlukla sıcak ve kurak dönemleri yansıtmaktadır. Ca (Kalsiyum), karbonat içeriğini gösteren bir elementtir. Ca'un çok yüksek ya da çok düşük değer aldığı seviyeler, kavkı bakımından zengin ve karasal kuvarsça zengin tabakaları birbirinden ayırır (Rothwell vd., 2006). Ca, kalsiyum karbonatın ve göldeki üretkenliğin bir göstergesidir ve sıcak iklimsel dönemlerde soğuk dönemlere nazaran sediman içersinde daha çok çökeler.

5.9.1. Hz11-P02 Karotu

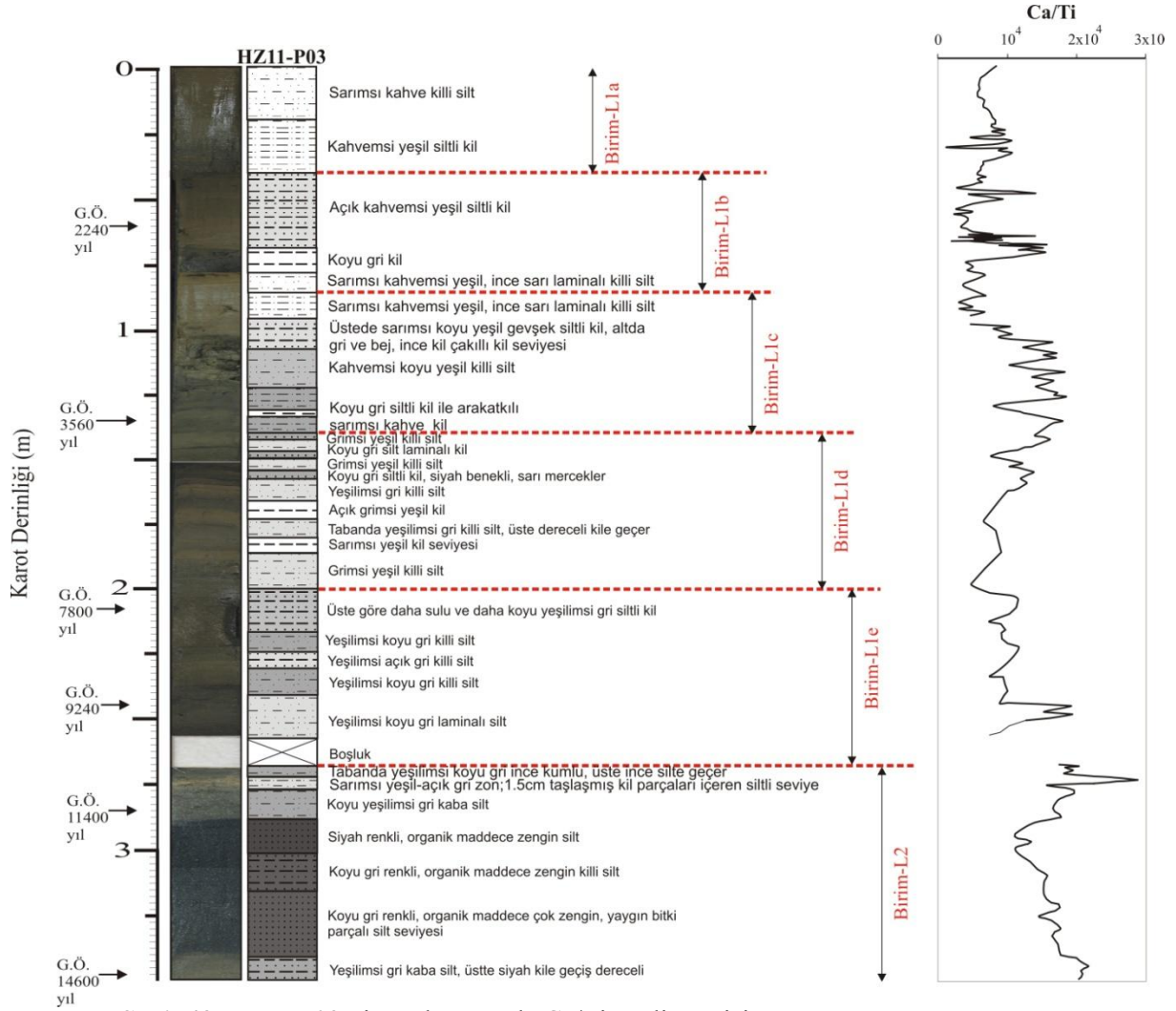
Hazar Gölü batısında 52.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.79 m'dir (Tablo 1; Şekil 18). Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan Birim-L1c'ye kadar değişmektedir. Karotta en yaşlı birim olan Birim-L1c'nin tabanında yüksek Ca/Ti değeri gözlenmektedir (Şekil 42). Karotun en alt seviyesini oluşturan 3.80 ile 3.55 m arasında Ca/Ti değerinde gözlenen ani artış muhtemelen kurak bir iklimin etkisinde buharlaşmadan dolayı Ca'un göl suyunda zenginleştiğini göstermektedir. Birimin üst seviyelerine doğru bu değerde azalma gözlenmektedir. Birim-L1c ile Birim-L1b'nin sınırı olan bu seviyeden itibaren üste doğru Ca/Ti değeri artmaktadır. Karotta 225 cm ile 160 cm'ler arası Ca/Ti değeri düşük gözlenmektedir. Bu seviyeden üste doğru 150. cm'de Ca/Ti değeri karot boyunca en yüksek değeri almıştır. Karotun en genç birimi olan Birim-L1a'da Ca/Ti değerleri birim içinde çok değişkenlik göstermektedir. Ca/Ti değerleri göreceli olarak karotun üst seviyesine doğru göreceli olarak azalmaktadır.



Şekil 42. Hz11-P02 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi.

5.9.2. Hz11-P03 Karotu

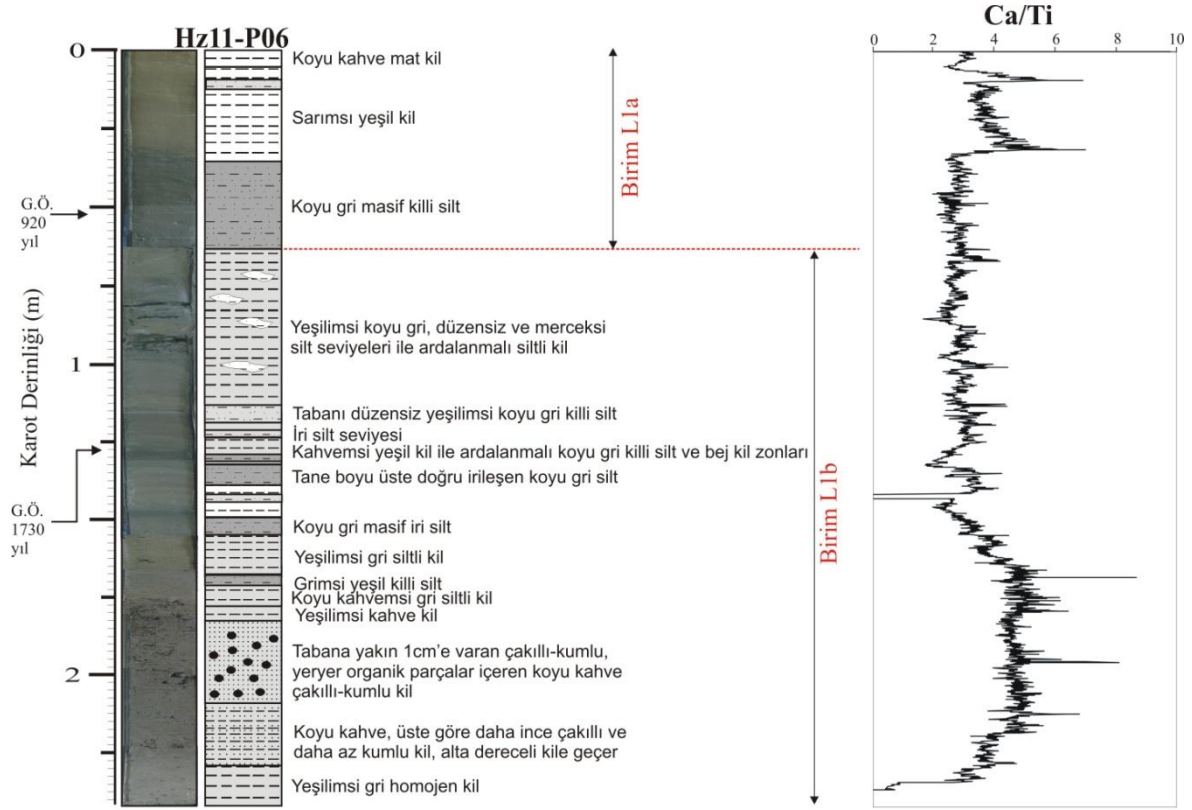
Hazar Gölü batısında 54.4 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.48 m'dir (Tablo 1; Şekil 19). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S2'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim-L1, -L2) tanımlanmıştır. Karotta aynı zamanda Holosen yaşlı olduğu tüm karotlardan alınan radyokarbon yaşlara göre belirlenen Birim-L1, kendi içerisinde Birim-L1a'dan -L1e'ye kadar değişen alt birimlere ayırtlanmıştır. Karotta en yaşlı birim olan ve Holosen öncesi gölde çökeldiği düşünülen Birim-L2 tabanda yüksek Ca/Ti değerleri gösterirken birimin üstüne Pleyistosen-Holosen sınırı olan karotun 276 cm'sine doğru ani bir şekilde arttığı gözlenmektedir (Şekil 43). Karotta Birim-L1e'nin tabanında Ca/Ti değeri yüksek gözlenirken, birimin üstüne doğru bu değer düşmektedir. Birim-L1d'nin tabanında Ca/Ti değeri düşük seyretmekte ve Birim-L1c'nin sınırına doğru arttığı gözlenmektedir. Daha genç bir birim olan Birim-L1c'nin tabanından itibaren Ca/Ti değerleri yüksek gözlenmekte, bu birimin üst seviyesinde Ca/Ti değeri düşük gözlenmektedir. Birim-L1c'den Birim-L1b'ye geçişte karotta siltli kile karşılık gelen seviyede Ca/Ti değeri yüksek gözlenmektedir. Bu seviyeden itibaren birimin üstüne doğru Ca/Ti değerleri düşük seyretmektedir. Karotta en genç birim olan Birim-L1a'da başlangıçta nispeten daha yüksek üste doğru daha düşük Ca/Ti değerleri gözlenmektedir.



Şekil 43. HZ11-P03 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi.

5.9.3. HZ11-P06 Karotu

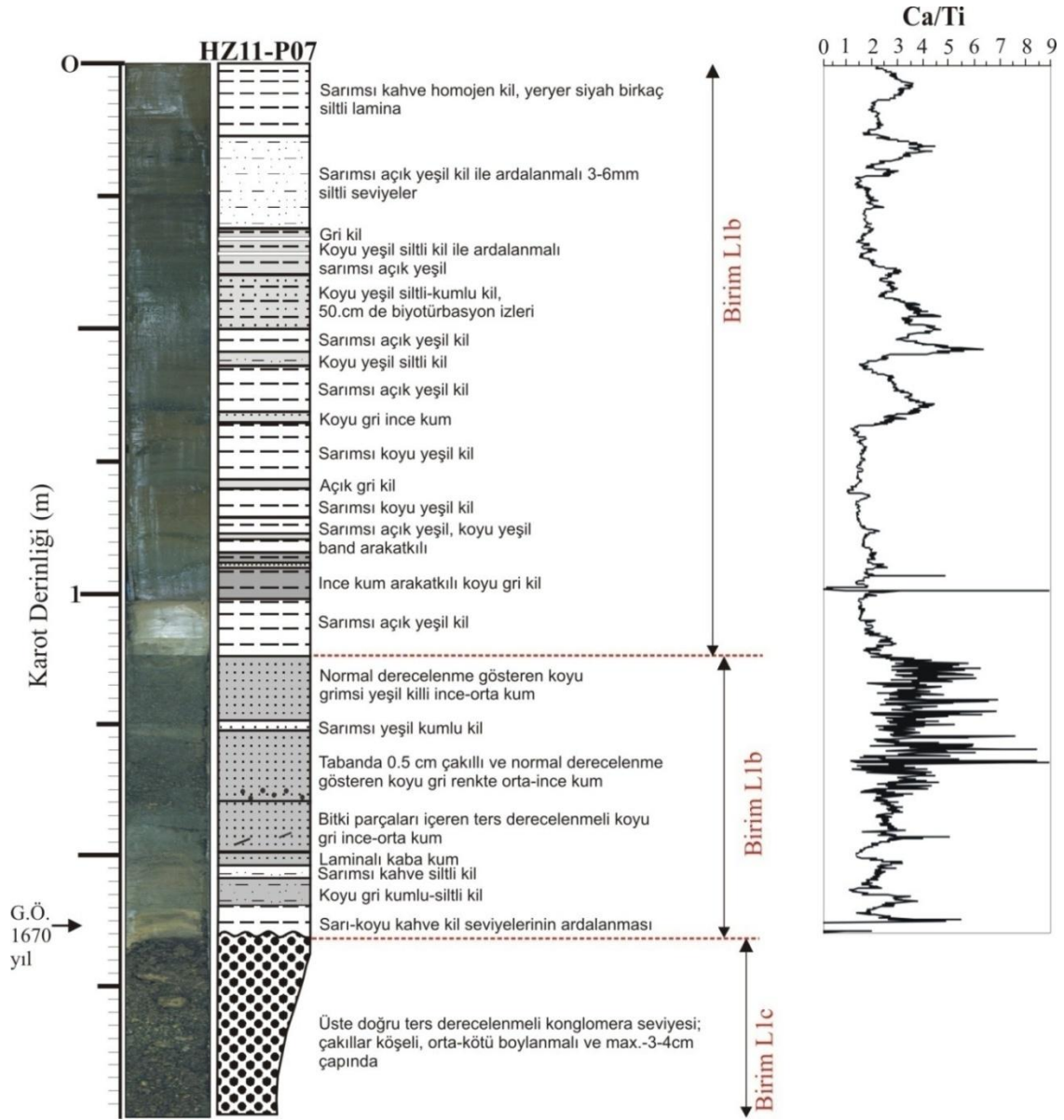
Hazar Gölü batısında 11.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.57 m'dir (Tablo 1; Şekil 21). HZ11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a ve Birim-L1b olduğu belirlenmiştir. Karotun tabanından itibaren karotun 170.cm'sine kadar Ca/Ti değerleri yüksek gözlenmektedir (Şekil 44). Ca/Ti değerleri bu seviyeden itibaren düşmekte ve Birim-L1b'nin üst seviyesi ve karotta killi silt seviyesine karşılık gelen Birim-L1a'nın tabanı dahil olmak üzere bu düşük değerler devam etmektedir. Birim-L1a'nın üstüne doğru Ca/Ti değerinde tekrardan artış gözlenmektedir.



Şekil 44. Hz11-P06 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi.

5.9.4. Hz11-P07 Karotu

Hazar Gölü batısında 14 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 1.98 m'dir (Tablo 1; Şekil 22). Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim-L1a'dan Birim-L1c'ye kadar değişmektedir. Karotun en tabanda 40 cm'lik kısımda yer alan ve karotta ayırtlanmış en yaşlı birim olan Birim-L1c konglomeratik bir litolojiden oluştuğundan karotun bu seviyesinde Ca/Ti analizi yapılamamıştır (Şekil 45). Konglomeratik seviyeyi üzerleyen Birim-L1b'nin tabanında düşük Ca/Ti değerleri gözlenirken, birimin üstüne doğru Ca/Ti değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Birim-L1b'den Birim-L1a'ya geçişte Ca/Ti değeri düşük gözlenmektedir. Karotta 70 cm ile 40 cm'ler arasında Ca/Ti değeri yükselmekte ve karotun üstüne doğru siltli-kumlu kil seviyesinde bu değer tekrar düşüğü gözlenmektedir. Birim-L1a'nın üst seviyesini oluşturan siltli laminalı seviyede Ca/Ti değeri yüksek gözlenmektedir.

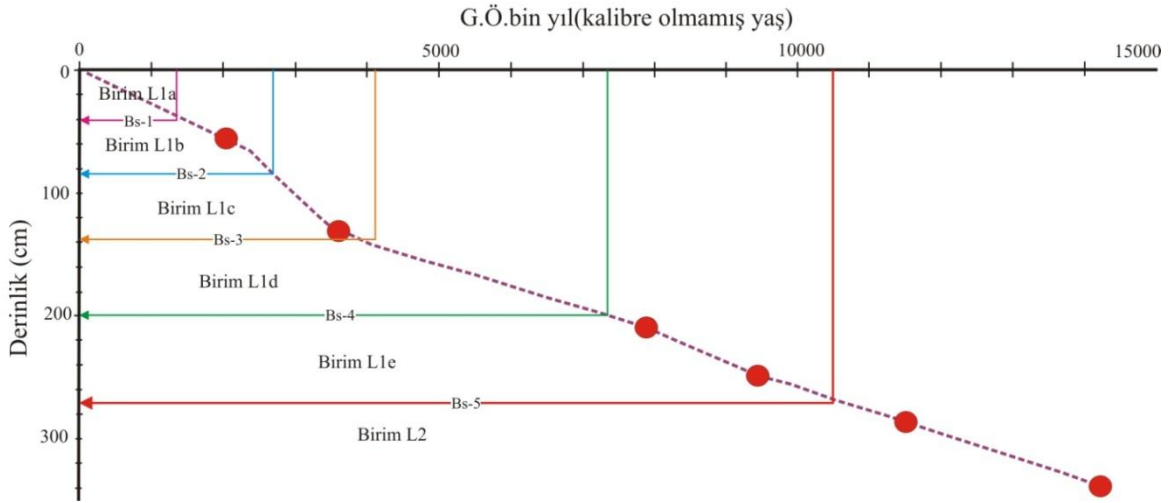


Şekil 45. Hz11-P07 piston karotunda Ca/Ti analiz eğrisi.

6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. Geç Pleyistosen-Holosen Çökellerinin Kronostratigrafisi ve İklimsel Süreçlerle Denetleştirilmesi

Tez çalışması kapsamında karotlarda kronostratigrafik birimler detaylı olarak ortaya konulmuş ve karot çökellerinden elde edilen ^{14}C yaşlara göre bu birimlerin Geç Pleyistosen-Holosen döneminde (son 15 bin yıl) çökeldikleri saptanmıştır. Çalışılan karotlardan özellikle diğer tüm analizlerin de yapılabildiği ve dolayısıyla iklim değişimlerini en detaylı verebilecek karotlardan biri olan Hz11-P03'de 6 ayrı seviyeden C-14 yaşı alınarak bu karotta detaylı bir yaş modeli oluşturulmuştur (Şekil 46). Bu sayede Hz11-P03 karotunun kestiği kronostratigrafik birimlerden Holosen yaşlı olan Birim-L1a'dan -L1e'ye kadar değişen beş farklı birimin çökme periyotları hassas bir şekilde saptanmıştır (Tablo 3). Holosen öncesi çökellerden hem sismik ve hem de karotlarda saptanan Birim-L2'nin ise bu yaş modeline göre G.Ö. 10.6 bin yıl önceyi kapsadığı anlaşılmıştır.



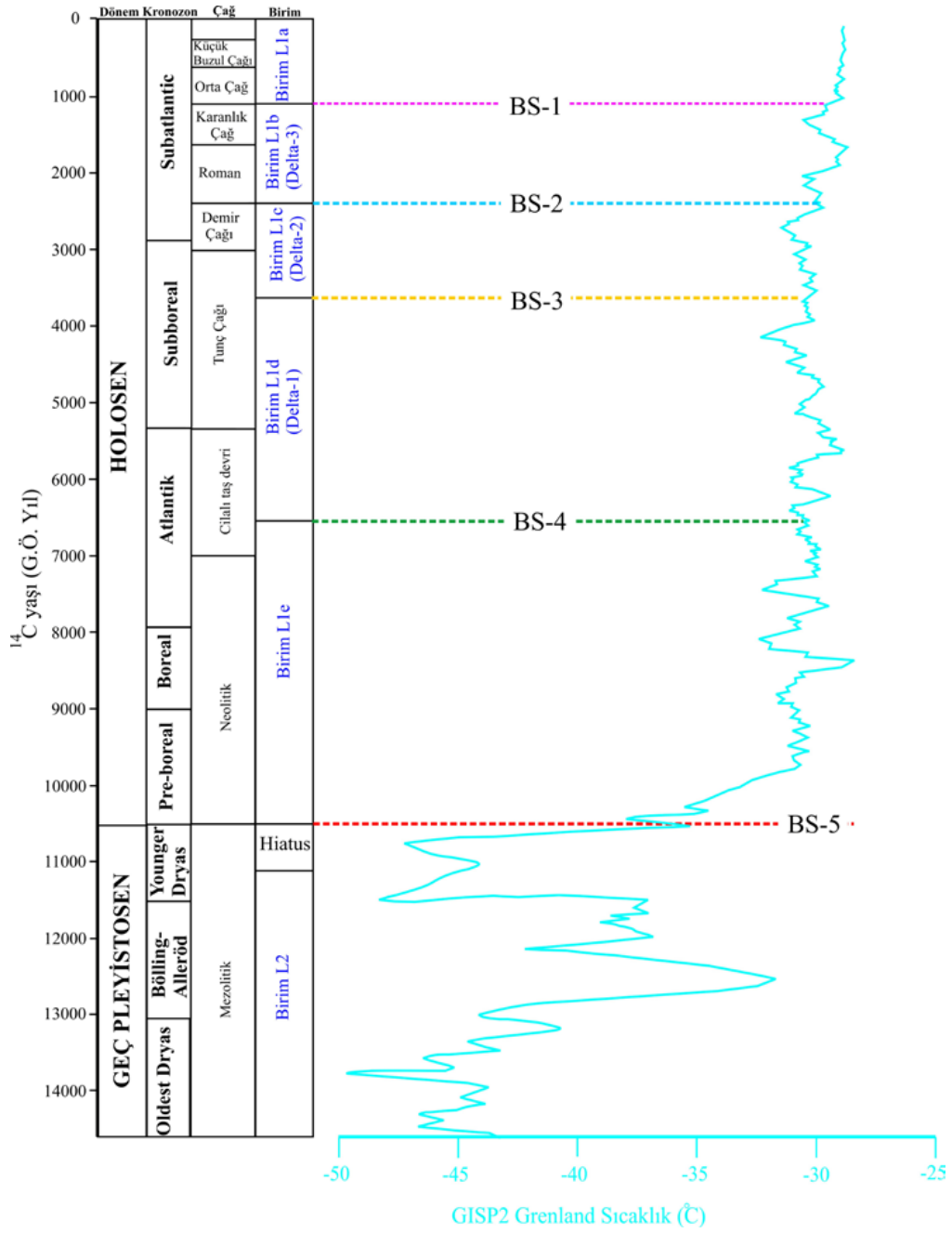
Şekil 46. Hazar Gölü batısında 54 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunda toplam 6 adet C-14 yaş tayini sonucuna göre yapılan yaş modellemesi. Karotun alındığı sismik profile kronostratigrafik birimleri ayıran ve farklı renklerle temsil edilen yansıma yüzeyleri Bs-1'den Bs-5'e kadar değişmekte ve bu yüzeyler arasında kalan birimler ise Holosen öncesi Birim L2 ve Holosen yaşlı Birim L1a-L1e şeklinde adlandırılmıştır. Kronostratigrafik birimlerin çökme periyotları bu yaş modeli sonucunda ortaya konulmuştur. Kırmızı noktalar karotta C-14 yaş tayini yapılan seviyeleri göstermektedir.

Çalışma sırasında birimlerin kronostratigraflerini ortaya çıkarırken aynı zamanda birimlerin çökeldikleri süreçlerin stratigrafi komisyonu tarafından da belirlenmiş farklı iklimsel dönemleri temsil eden kronozonlar ile de eşleştirilmesi yapılmıştır (Şekil 47). Son 15 bin yıldaki bu iklimsel dönemlerin yanı sıra ve litostratigrafik birimlerin çökeldiği zaman süreçlerini kapsayan özellikle eski insan medeniyetlerini gösteren çağlar ile eşleştirilmesi yapılmıştır. Geç Pleyistosen'den günümüze Hazar Gölü'nde iklimsel değişimler üzerindeki küresel iklim değişimlerinin etkisini anlayabilmek için tüm dünyada kabul edilmiş ve buzul karotlarında yapılan oksijen izotopları sonucu belirlenen küresel sıcaklık eğrisi ile de karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışma döneminde karotlardan elde edilen ¹⁴C yaşlara göre yalnızca Hz11-P03 karotunda gözlenebilen Birim-L2'nin G.Ö. 11.2 ile 15 bin yılları arasında çökeldiği belirlenmiştir. Bu süreç sırasıyla Oldest Dryas, Bölling-Allerod ve Younger Dryas olarak isimlendirilen kronozonları kapsamaktadır. Görland buzul karotunda yapılan oksijen izotopu analizlerine dayanarak türetilen sıcaklık eğrisine bakıldığından bu kronozonlardan ilki olan Oldest Dryas soğuk ve kurak bir iklimi göstermektedir. Görland sıcaklık eğrisine göre yaklaşık G.Ö. 13.1 bin yılına kadar süren bu soğuk dönemin ardından tüm dünyada kendini hissettirmiş olan Bölling-Allerod sıcak periyodu başlar ve yaklaşık G.Ö. 11.5 bin yılına kadar sürdüğü anlaşılmaktadır (Lambeck vd., 2007). Geç Pleyistosen'de Birim-L2'nin üst kısımlarını temsil eden ve hemen Holosen'den önce gelişen diğer bir soğuk dönem ise Younger Dryas'dır (Genç Kurak Dönem). Bu dönem 11.5-10.5 bin yılları arasında hüküm süren soğuk, ancak dünyanın bazı bölgelerinde nemli ve bazı bölgelerinde ise kurak geçtiği yine farklı araştırmalar ile saptanan en önemli iklimsel dönemlerdendir (Sidall vd., 2003). Bu dönemde sıcaklığın yaklaşık 5 derece düştüğü şekil 46'da verilen sıcaklık eğrisinde gözlenebilmektedir.

Tez kapsamında çalışılan sismik kesitlerde Geç Pleyistosen-Holosen geçişini temsil eden BS-5 uyumsuzluk yüzeyi üzerinde geliştiği gözlenen -73 m taraçısının varlığı bu dönemdeki göl seviyesini göstermektedir. Geç Pleyistosen yaşlı Birim-L2'nin ayırtlandığı Hz11-P03 karotunun -54.4 m derinlikten alındığı düşünüldüğünde Birim L2'nin üst sınırını temsil eden uyumsuz karakterdeki yüzeyin (BS-5) Younger Dryas soğuk dönemi süresince karasal aşınma yüzeyini temsil ettiği anlaşılmaktadır. Buna göre Birim-L2'nin bitiminden Birim-L1'in ise çökmesinden önce bu geçen zamanda çökmezlik (Hiatus) olmuş olmalıdır. Geç Pleyistosen'de Younger Dryas içerisinde olduğu düşünülen bu zaman boşluğunun tam olarak süreci bilinmemekte, ancak Birim-L1'in G.Ö.10.5 bin yıllarında çökmeye başladığı bilinmektedir. Karot-sismik eşleştirmesi sonucunda karotlarda

Holosen yaşlı olduğu tespit edilen Birim-L1'e ait çökeller beş farklı birime ayrılmıştır. Bunlardan en yaşlı olan Birim-L1e'nin gözlendiği karotlarda yapılan ¹⁴C yaşlandırma analizlerine dayanarak Erken-Orta Holosen'de döneminde çökeldiği tespit edilmiştir. G.Ö. 10.5 bin ile 6.5 bin yılları arasındaki bu süreç Pre-boreal, Boreal ve Atlantik kronozonları gibi farklı iklimsel dönemleri kapsamaktadır. Birim-L1e'nin en üst kısımları kronolojik olarak (G.Ö. 6.5 bin yıl) Atlantik koronozonun hemen hemen ortalarına karşılık gelmektedir. Görland sıcaklık eğrisine bakıldığında Holosen başlarında ani sıcaklık artışı dikkati çekmektedir. Birim-L1e'nin çökeldiği süreci kapsayan üç ayrı koronozonda sıcaklık eğrisine göre küçük salınımların haricinde en ciddi sıcaklık değişimi 8.8 bin yıldan sonra yaşandığı gözlenmektedir. Holosen'de ilk çökelen birim olan Birim-L1e, eski çağlardan Neolitik'in tamamını kapsamakta ve ayrıca birimin en üst kısımları ise Cilalı Taş Devri'nin alt seviyelerine karşılık gelmektedir.

Karotlarda bu birimi üzerleyen ve G.Ö.6.5-3.7 bin yılları arasında çökeldiği tespit edilen Birim-L1d Orta-Geç Holosen dönemine karşılık gelmektedir. Bu dönem içerisinde birimin alt seviyeleri Atlantik kronozonuna ve üste doğru ise Subboreal'un büyük bir kısmını kapsamaktadır. Bu kronozonlara karşılık olarak ise birimin çökeldiği süreçlerde Cilalı Taş Devri ve Tunç Çağı'nın büyük bir kısmını kapsamaktadır. Orta-Geç Holosen'e karşılık gelen bu dönemde sıcaklık eğrisine göre yüksek sıklıkta küresel iklim değişimleri yaşanmıştır. Karotlarda Geç Holosen Birim-L1c, -L1b ve -L1a ile temsil olmaktadır. Bunlardan Birim-L1c Subboreal ile Subatlantic sınırında olup Geç Tunç Çağı ile Demir Çağı'na karşılık gelmektedir. Birim-L1b Subatlantic içerisinde çökelmiş ve hem Roman ve hem de Karanlık Çağ'a karşılık gelmektedir. Bu dönemde sıcaklık eğrisine göre küresel sıcaklığın büyük değişimler gösterdiği ancak göreceli olarak birimin en üst sınırı olan G.Ö.1.1 bin yıla doğru ısınmanın arttığı gözlenmektedir. Karotlarda tanımlanmış en genç birim olan Birim-L1a geç Subatlantic'te Orta Çağ ve Küçük Buzul Çağı'na karşılık gelmektedir. Sıcaklık eğrisine göre bu dönemlerde çok büyük değişimler yaşanmadığı görülsede günümüze en yakın ve dünya ölçeğinde çeşitli araştırmacılar tarafından da belirlenen 'Küçük Buzul Çağı' döneminde (La Moreaux, 2003) neredeyse tüm dünyada soğuk bir iklim yaşandığı bilinmektedir.



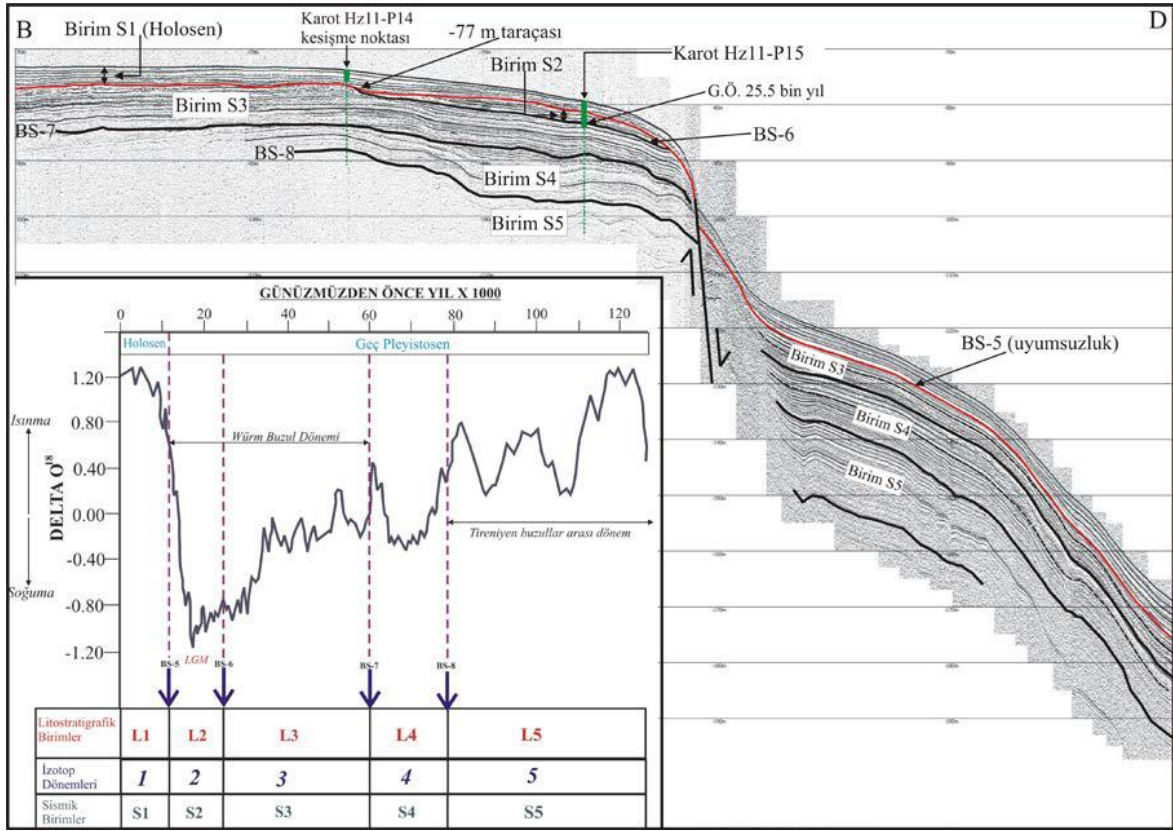
Şekil 47. Hazar Gölü karotlarında ayırtılan çökel birimlerin kronostratigrafleri ile küresel sıcaklık eğrisi ile denştirilmesi. *BS*: sismik kesitlerde birimlerin sınırlarını gösteren zaman çizgileri.

6.2. Geç Pleyistosen-Holosen Çökellerinin Sedimentolojik ve Jeokimyasal Değerlendirilmesi

Tez kapsamında Hz11-P03 karotunda C-14 yaş analizlerinin tamamlanması ile birlikte diğer analizlerin de birleştirilerek yorumlanabilmesi sayesinde Hazar Gölü'nde son 15 bin yıllık süreçte yaşanan iklimsel değişimlerin izleri kesin bir şekilde belirlenebilmiştir. Yine aynı karotta radyokarbon yaşlandırma sonuçları sayesinde Hz11-P03 karotunda yaş modeli yapılmış ve bu karotun sismik profillerde kestiği birimlerin çökme süreçleri daha kesin bir şekilde ortaya konulabilmiştir. Aynı döneme ait çökelleri kesen diğer karotlara oranla uzunluğu 3.85 m olan Hz11-P02 karotunda G.Ö. (0-3500 yıl arası) değişimlerin daha fazla ayrıntıda gözlenebilmektedir. Hz11-P02 karotunda yapılan Ca/Ti, Manyetik Duyarlılık, Tane Boyu ve TOC analizleride birleştirilerek yorumlaması yapılmıştır.

Çalışma süresince gerek sismik stratigrafik ve gerekse karotlardan elde edilen C-14 yaşları dikkate alınarak yapılan karot-sismik eşleşmesi sayesinde kronostratigrafik birimler ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmalara dayanarak Hz11-P15 piston karotunun üzerinde yer aldığı 19-3 sismik profilinde Birim-S5'den Birim-S1'e kadar değişen ve Hazar Gölü'nde son 150 bin yıllık sedimantasyonu yansıtan çökeller ayırtılarak bu birimlerin sismik stratigrafik konfigürasyonları göz önünde bulundurularak bunların global izotop dönemleri ile eşleştirilmesi yapılmıştır (Şekil 48). Buna göre G.Ö. 125 bin ile 79 bin yılları arasında çökeldiği düşünülen Birim-S5 5.izotop dönemini (MIS-5) temsil ederken, Birim-S4, -S3, -S2 ve -S1 ise daha genç izotop dönemlerini temsil ettikleri düşünülmektedir. Profilde Birim-S4'ün üst sınırını oluşturan BS-7'nin belirli bir kesimde traşlandığı gözlenmekte ve bunun dördüncü izotop dönemi (MIS-4) sonunda göl seviyesinin düşmesine bağlı olarak gelişen bir erozyonel yüzey olarak düşünülebilir. Bu yüzeyin profildeki minimum derinliğinin -85 m olduğu göz önünde bulundurulduğunda o zamanki göl seviyesinin de yaklaşık bu derinliklerde olduğu anlaşılmaktadır. Profilde Birim-S3 daha yaşlı diğer birimleri örten bir konfigürasyon gösterdiğinden transgresif bir fasiyeste çökeldiği anlaşılmaktadır (Şekil 48). İzotop dönemlerinden üçüncü (MIS-3) döneme karşılık gelen G.Ö. 59 bin yıl ile 25 bin yılları arasında bu birimin minimum derinliği de göz önünde bulundurulduğunda -70 m'lerde olduğu anlaşılmaktadır. Hazar Gölü'nde Geç Pleyistosen'in en genç birimi olan Birim-S2 sismik profilde 78.3 m su derinliğinden alınan ve yaklaşık uzunluğu 3.90 m olan Hz11-P15 karotu tarafından kesilmektedir (Şekil 48). Karotta yapılan C-14 yaş tayini sayesinde analizlerin yaklaşık son 25 bin yıllık değişimleri yansıttığı anlaşılmaktadır. Sismik profilde Birim-S2'nin şelf kenarında küçük bir alanda

yüzeylemesi ve kıyıya doğru bu çökellerin aşınmış olması ikinci izotop döneminde gölde su seviyesinin oldukça düşmüş olabileceğini göstermektedir.



Şekil 48. Hz11-P15 karotunun üzerinde bulunduğu 19-3 nolu sığ-sismik profil üzerinde Hazar Gölü'nde çökelen birimlerin kronolojileri ve karşılık geldikleri denizel izotop dönemleri.

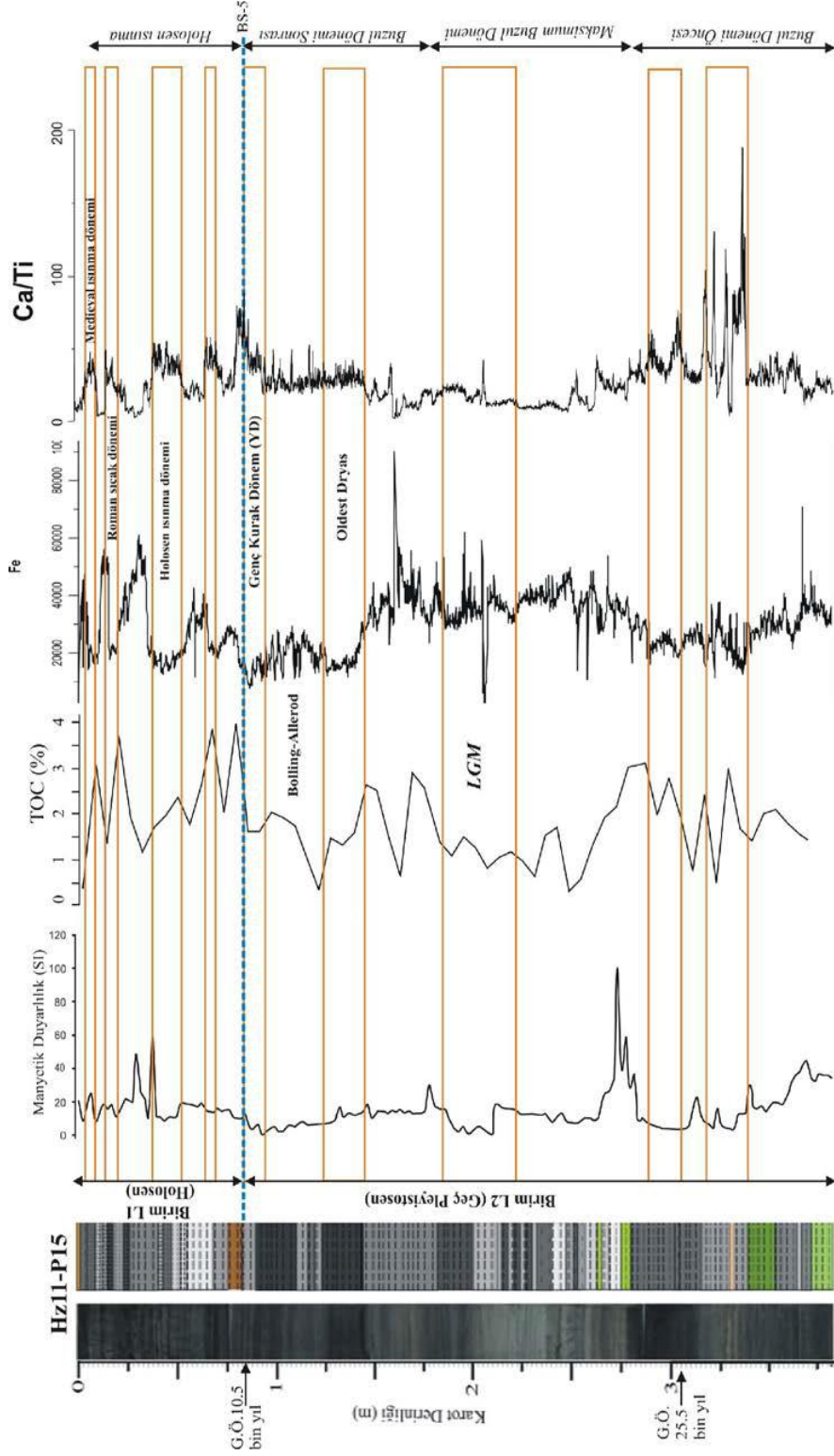
Bu birimin üst sınırını oluşturan ve uyumsuz karakterdeki BS-5 yüzeyinin minimum derinliğinin 78 m olduğu göz önünde bulundurulduğunda gölde bu izotop döneminde su seviyesinin hemen hemen bu derinliklere kadar gerilediğini göstermektedir. Hazar gölü içerisinde incelenen diğer bazı sismik profillerde BS-5 uyumsuz yüzeyin karakterize ettiği ve eski kıyı çizgilerini gösteren berm yapılarının -73 m su derinliğinde bulunması Holosen öncesinde gölde su seviyesinin bu derinliklerde olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında analizleri biten piston karotlar içerisinde en eski çökel kayıtlarını içeren Hz11-P15 ise yaklaşık son 30 bin yıla varabilen çökel kayıtlarını içerdiği yapılan radyokarbon yaşlandırma analizleri sonucunda anlaşılmıştır. Hz11-P15 karotunda tez çalışmam sırasında tamamlanan manyetik duyarlılık, XRF (Ca/Ti) ve TOC analizleri yorumlanmıştır. Burada bu karot üzerinde yapılan yorumlamalar gerek sismik-karot

eşleştirmesinin yapılması ve gerekse göldeki yaklaşık sedimantasyon oranları göz önünde tutularak iklimsel değişimlerin karot boyunca kesin olmayan tespiti yapılabilmektedir (Şekil 49). Karotta Holosen-Geç Pleyistosen geçişi olan G.Ö.10.5 bin yılı karot-sismik eşleşmesine göre kesin olarak belirlenmiş, ancak bu seviyeden alta 25.5 bin yıl C-14 yaşı alınan seviyeye kadar Genç Kurak Dönemi (Younger Dryas; YD), Bolling-Allerod sıcak dönem, Oldest Dryas ve ayrıca Maksimum Buzul Dönemi (Last Glacial Maksimum; LGM) gibi dönemler ise yukarıda bahsedildiği gibi kesin bir yaş modeline göre değil, sadece sedimantasyon oranları göz önünde tutularak ve ayrıca analiz sonuçlarındaki değişimler yorumlanarak bu dönemler karotta belirlenebilmiştir. Karotta yapılan manyetik duyarlılık analizlerinde tabandan 285 cm'e kadar değerlerin azalan bir değişim göstermesi gölde Geç Pleyistosen'de G.Ö.25.5 bin yıllarına doğru kırıntı girdisinin giderek azaldığını göstermektedir. Manyetik duyarlılıktaki bu sonuç aynı karotta yapılan Fe elementine ait eğrideki azalma ve Ca/Ti analiz eğrisindeki yüksek değerler ile de örtüşmektedir (Şekil 49). Ca/Ti eğrisindeki artışların göle detritik olarak (Ti elementi detritik girdiyi gösterdiğinden) kırıntı geliminin azaldığını ve Ca elementinin göl suyunda zenginleştiğini göstermektedir. Yine aynı şekilde Fe elementindeki azalma da bunu göstermektedir. Bu durumda göl suyunda Ca elementindeki zenginleşme göle olan kırıntı girdisinin azalması sonucunda daha az seyreltilmiş ve/veya ilaveten artan canlı üretimi (artan productivite) sonucunda göl suyunda zenginleştiği şeklinde yorumlanabilir. Bu iki ihtimalden hangisinin daha fazla katkısının olduğu ise karotta yapılan TOC analizinde aynı seviyedeki değerler göstermektedir. Karotun bu seviyesinde TOC grafiğinde yüksek sıklıkta %1-2 arasındaki değişimlerin göreceli olarak üste göre daha düşük değerlerde olması gölde bu dönemde nispeten daha düşük organik üretimin olduğunu göstermektedir. Tüm bu bilgiler ışığında gölde Geç Pleyistosen içerisinde yaklaşık G.Ö. 25.5 bin yılı öncesi ve hemen sonrasında yaşanan kurak bir iklim varlığı göle kırıntı geliminin oldukça az olduğunu açıklarken, düşük organik üretimin olması ise karadan düşük kırıntı girdisi ile orantılı olarak besin geliminin de azaldığını göstermektedir. Bu durum, Ca elementindeki artışın göldeki canlı üretimi ile bir ilişkiden ziyade kurak bir iklimin varlığı ile açıklanabilmektedir. Karotta 285 cm'den üste G.Ö. 25 bin yılından sonra manyetik duyarlılıktaki artış göle bir süre kırıntı girdisinin arttığını göstermektedir. Karotta 270 cm'e kadar devam eden bu yüksek kırıntı girdisi karotta yüksek Fe değerleri ve düşük Ca/Ti değerleri ile doğrulanabilmektedir. Manyetik duyarlılık analizinde maximum olan bu seviyeye karşılık TOC değerinin de yükselmesi artan kırıntı girdisine bağlı olarak besin girdisinde yüksek

olduğu ve organik üretimin de bu şekilde artmış olabileceğini göstermektedir. Son maksimum buzul dönemine yaklaşılan bu zamanda kırıntı girdisinin artması gölde daha nemli bir iklimin varlığını göstermektedir. Hazar Gölü ve çevresinde muhtemelen soğuk ve nemli olan bu kısa süreç son maksimum buzul dönemi başlangıcına yakın yerini daha kurak bir iklime bıraktığı karotta 225 cm'lere doğru ve daha düşük manyetik duyarlılık ve Fe elementi değerlerinden anlaşılmaktadır. Karotun bu seviyesinde Ca/Ti değerinin düşük olması Ti elementindeki artıştan ziyade gölde canlı üretiminin oldukça az olması nedeni ile iklimin kurak olmasına rağmen Ca elementinin göl suyunda zenginleşemediğini göstermektedir. TOC değerlerinin karotun 270-220 cm'leri arasında düşük gözlenmesi de bu zamanda organik üretimin, yani canlı üretimin gölde düşük olduğunu göstermektedir.

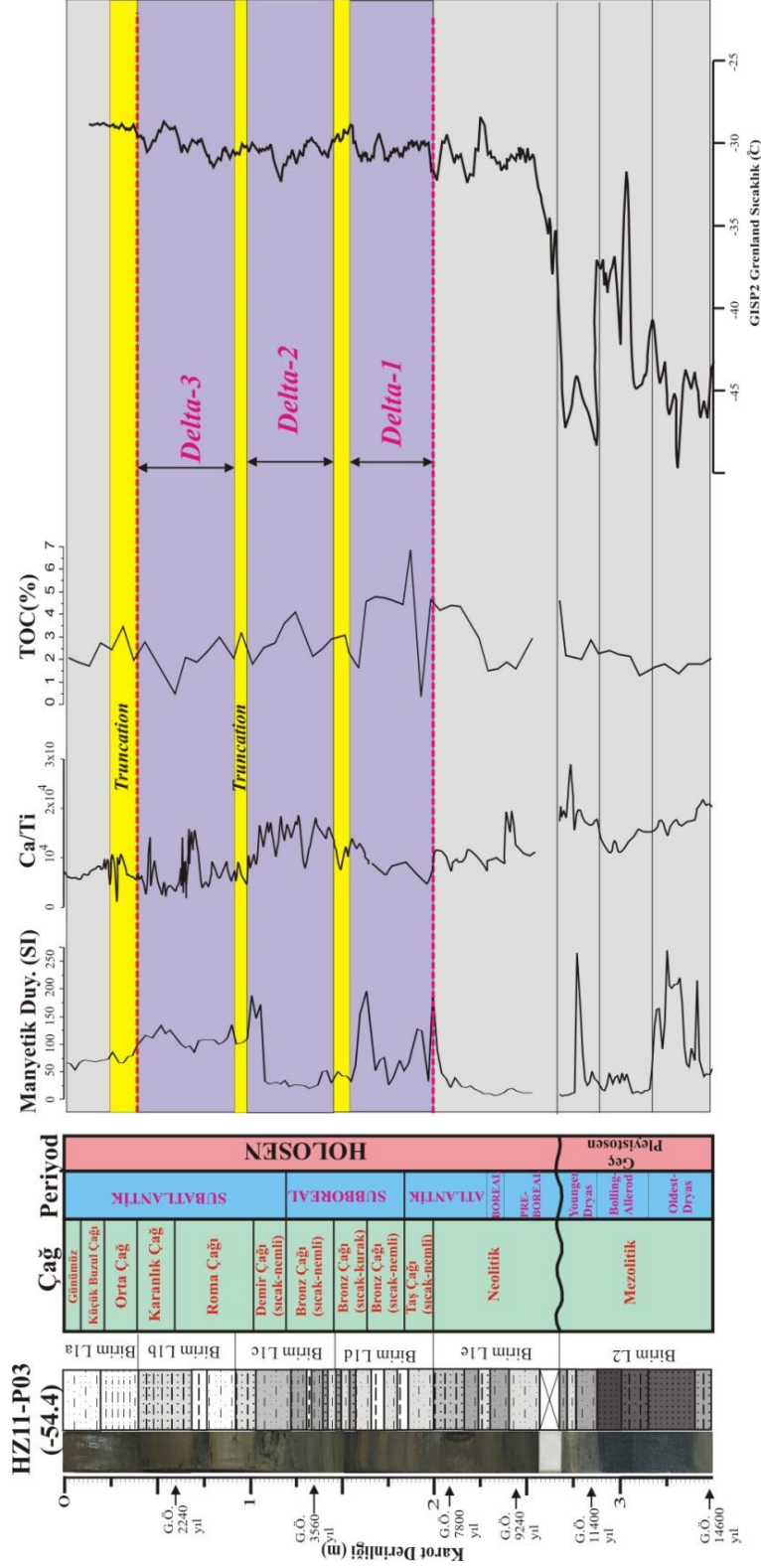
Son buzul çağının en soğuk değerlerine ulaştığı, günümüzden 21.000 ile 19.000 yılları arası Son Maksimum Buzul (Last Glacial Maximum) dönemi olarak adlandırılmıştır (IPCC, 2013). Son Maksimum Buzul döneminde, Orta Grönland'ın ortalama sıcaklığı bugüne nazaran 20 °C ve yerin ortalama sıcaklığı ise bugünkünden yaklaşık 5°C daha soğuk olduğu bilinmektedir. Bu soğuk dönemin Hz11-P15 karotunda karşılık geldiği düşünölen seviyede gölde iklimin daha kurak geçtiği düşük manyetik duyarlılık ve Fe elementi değerlerinden anlaşılmaktadır. Ca/Ti değerleri bu dönemde çok büyük farklılıklar göstermese de azda olsa daha yüksek olması o dönemki iklimin muhtemelen kurak geçtiğini göstermektedir. G.Ö. 18.000'dan 15.000 yılına doğru iklim Son Maksimum Buzul dönemine göre Doğu Akdeniz'de kademeli bir şekilde ısındığı bilinmektedir. Karotta 182 cm'den öste karşılık gelen bu buzul sonrası dönemde azda olsa yükselen manyetik duyarlılık değerlerine ilaveten neredeyse maksimum değerlerine ulaşan Fe elementi ve ayrıca Ca/Ti değerlerinin de oldukça düşük gözlenmesi bu dönemde göle detritik kırıntı girdisinin iklimin daha nemli hale gelmesi sonucu arttığını göstermektedir.



Şekil 49. HZ11-P15 karotunda manyetik duyarlılık, TOC, Fe ve Ca/Ti analizlerine ait sonuçların grafikleri. Şekilde turuncu ile çizilen alanlar iklimsel olarak kurak olan zamanlara karşılık gelmektedir. BS-5: Geç Pleyistosen-Holosen geçişini sismik profillerde temsil eden uyumsuzluk yüzeyinin karotta karşılık geldiği seviyeyi göstermektedir. LGM: Son Maksimum Buzul Dönemi.

Karotun bu seviyesinde artan kırıntı girdisine oranla besin girdisinin de yüksek olması bekleneceğinden TOC değerlerinde gözlenen yüksek değerlerin sebebi de bu şekilde açıklanabilir. G.Ö.15 bin ila 13.5 bin yılları arasında özellikle Avrupa'da Alp'lerde yeni bir kurak ve soğuk iklimin varlığı Oldest Dryas olarak tanımlanmıştır. Hz11-P15 karotunda yapılan analizlerden bu kurak iklimin varlığı 145 cm ila 124 cm'ler arasında özellikle çok düşük Fe elementi değerleri ve nispeten daha yüksek Ca/Ti değerlerinden anlaşılmaktadır. Hazar Gölü ve çevresinde yaşanan daha kurak bir dönemde azalan detritik kırıntı girdisi sonucunda gölde besin elementlerindeki kısıtlanma karotta bu seviyede gözlenen düşük TOC değerlerinden anlaşılmaktadır. Hz11-P15 karotundaki analizlere ilaveten gölden 54.4 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunda Hazar Gölü'nde son 14.5 bin yıllık iklimsel değişimlerin izleri gözlenebilmektedir (Şekil 50). Her iki karotta aynı dönemleri kapsayan analizlerin karşılaştırılması sayesinde gölde G.Ö. 14.5 bin yıllık süreçteki paleo-iklimsel değişimlerin değerlendirmesi yapılarak bu zaman sürecinde göl suyunda lokal olarak gözlenebilen fiziko-kimyasal farklılıklar gözlenebilmektedir. Bunlardan en önemlisi ise Hz11-P15 karotunda da gözlenebilen Oldest Dryas dönemidir. GISP2 buzul karotunda yapılan izotop çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan sıcaklık eğrisi, bu dönemin Holosen başlarına göre daha soğuk yaşandığını göstermektedir (Şekil 50). Gölün daha doğusunda 78 m su derinliğinden alınan Hz11-P15 karotunda bu soğuk ve kurak dönemde göle kırıntı girdisinin oldukça düşük olduğu gözlenirken, aynı döneme karşılık gölün daha batısında 54.4 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotundaki yüksek manyetik duyarlılık değerleri ve dereceli olarak azalan Ca/Ti oranı gölün bu noktasına detritik girdinin yüksek olduğunu göstermektedir. Her iki karotta gözlenen bu zıt durum aslında yukarıda da bahsedildiği gibi lokal farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bu farklılığın en önemli sebebi her iki karotun su derinliğinden kaynaklanmaktadır. Soğuk ve kurak bir iklimin yaşandığı Oldest Dryas döneminde göl seviyesinin gerilemesi ile -54.4 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotunun bulunduğu lokasyon oldukça sığ bir ortama dönüşeceğiinden, kıyıya daha yakın bir ortama dönüşmüş ve su seviyesinin düşmesi sonucunda su üstünde kalan alanların erozyon ürünü olan çökellerin göle taşınması beklenmelidir. Hz11-P03 karotunda bu dönemde manyetik duyarlılık ve Ca/Ti değerleri göle kırıntı girdisinin yüksek olduğunu gösterirken, daha derinden alınan (-78 m) Hz11-P15 karotunda aynı döneme karşılık kırıntı girdisi oldukça düşük gözlenmektedir. Bu durum, Oldest Dryas döneminde kurak geçen bir iklimin sonucunda göl seviyesi gerilemiş olsada kıyıda sığ kesimlere taşınan kırıntılı

malzemelerin daha derinlere taşınmadığını ve buda gölde o dönemde dip veya dalga akıntılarının oldukça zayıf olduğunu göstermektedir.



Şekil 50. HZ11-P03 karotunda bitirilen manyetik duyarlılık, TOC ve Ca/Tianalizlerine ait sonuçların grafikleri. Şekilde GISP2 buzul karotundan üretilen Görland sıcaklık eğrisi global iklim değişimlerini karotta yapılan analizler ile karşılaştırılması yapılması amacı ile verilmiştir. Şekilde sarı renkle ile gösterilen alanlar iklimsel olarak kurak olan zamanlara karşılık gelmektedir. Bu kurak dönemlerden sismik profillerde birimlerin aşındırılması şeklinde eşleştirilenler truncation olarak belirtilmiştir. Holosen içerisinde sismik profillerde de gözlenen delta istiflerinin karotta karşılık gelen seviyeleri de Delta1-'den Delta-3 olarak gösterilmiştir.

G.Ö. 12.8 ile 11.5 bin yılları arasında Doğu Akdeniz’de sıcaklıkların arttığı ve daha nemli bir iklimin yaşandığı dönem Bølling–Allerød bilinir (Robinson vd. 2006; Geraga vd., 2010, IPCC, 2013). GISP2 buzul karotundan ortaya çıkarılan Görland sıcaklık eğrisinde bu dönemde sıcaklıkların hemen hemen 10 derece arttığı gözlenmektedir (Şekil 50). Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karotunda Bølling–Allerød dönemine karşılık gelen seviyede düşük manyetik duyarlılık değerine rağmen Fe elementinde değerlerin daha yüksek olması ve ayrıca Ca/Ti oranında ise hafif bir düşüş gözlenmesi bu dönemin nispeten daha ılık geçtiği ve bunun sonucunda detritik kırıntı girdisinin nispeten artmaya başladığını göstermektedir. Hz11-P15 karotundaki bu bulgular Hz11-P03 karotunda da gözlenebilmektedir. Bu karotta Ca/Ti oranının aynı dönemde benzer şekilde düşüş göstermesi nemli bir dönemi gösterirken, aynı dönemdeki (Bolling-Allerod) oksijen izotopu değeri ise daha sıcak yaşandığı bilinen Holosen değerlerinden çok az düşük gözlenmektedir.

Oksijen izotop değerlerindeki değişimler direk göl suyu sıcaklığı ile ilgili olduğundan o dönemki sıcaklık değişimi hakkında önemli bilgiler vermesi beklenmelidir. Gerek Hz11-P15 karotunda ve gerekse Hz11-P03 karotunda Bolling-Allerod dönemine karşılık gelen seviyelerde TOC değerinin yükselim eğiliminde olduğu gözlenirken genelde %2’nin üzerinde olması bu dönemde organik üretimin de yüksek olduğunu göstermektedir. Yüksek organik üretimin varlığı Hz11-P03 karotunda yapılan duraylı karbon izotop eğrisinde pozitif yöndeki artış ile de desteklenmektedir. Gölde paleo-canlı üretimi esnasında organizmaların daha ziyade organik maddedeki ¹²C’yi tüketme eğiliminde olacaklarından suda ¹³C’deki zenginleşme bu izotop eğrisindeki pozitif yöndeki artışı açıklamaktadır.

Hazar Gölü’nde Bolling-Allerod sıcak ve nemli dönemden sonra gelen Genç Kurak dönemi (Younger Dryas) G.Ö. 11.5 bin ila 10.5 bin yılları arasında yaşandığı bilinmektedir (Bar-Matthews vd. 1997; Robinson vd. 2006; Geraga vd. 2010; IPCC, 2013). Özellikle Avrupa ve Asya’da soğuk ve kurak bir dönemin yaşandığı bu süreç GISP2 Görland sıcaklık eğrisinde de sıcaklıkların bu dönemde oldukça düştüğü gözlenmektedir (Şekil 50). Hazar Gölü karotlarından Hz11-P15’de bu döneme karşılık gelen seviyede nispeten daha düşük manyetik duyarlılık ve Fe elementi değerleri gölde kırıntı girdisinin bu dönemde düşük olduğunu göstermektedir (Şekil 49). Bunu destekleyen aynı karottaki diğer bir analiz sonucu ise Ca/Ti eğrisinde bu dönemde dereceli olarak gözlenen artıştır. Benzer analiz sonuçları gölün daha batısından alınan Hz11-P03 karotunda da gözlenebilmektedir. Bu

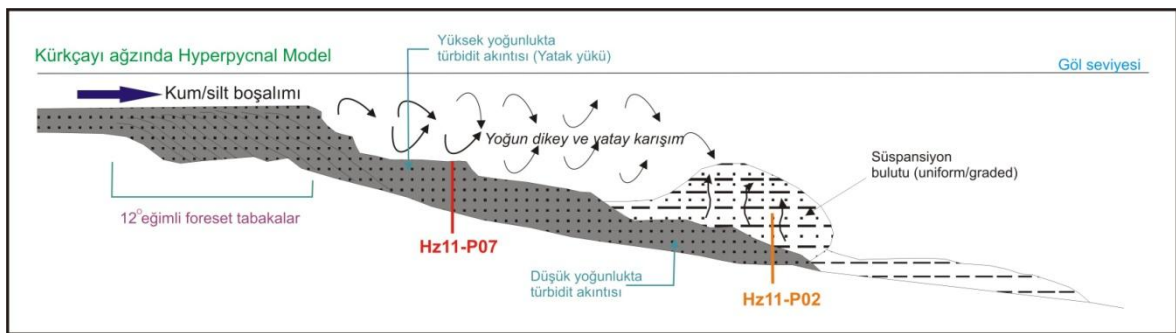
karotta Genç Kurak dönemine karşılık gelen seviyede $\delta^{18}\text{O}$ değerleri alta göre çok büyük farklılık göstermesede genelde düşük manyetik duyarlılık ve dereceli olarak artan Ca/Ti oranı gölde iklimin daha ziyade kurak geçtiğini göstermektedir. Her iki karotta da düşük TOC değerleri göle kırıntı girdisinin de azalmasına bağlı olarak paleo-canlı üretiminin de düşük olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında karotlarda yapılan kronolojik çalışmaların ışığında sığ-sismik profillerde Genç Kurak döneminden Holosen'e geçişi temsil eden uyumsuz karakterdeki yüzeye (BS-5) ait eski kıyı çizgisinin (berm) 73m su derinliğinde gözlenmesi bu soğuk ve kurak dönemde göl seviyesinin de bu derinliğe kadar düştüğünü göstermektedir. Hz11-P03 karotunun alındığı derinlik (-54.4 m) göz önüne alındığında karotta Genç Kurak Dönemi'nden (YD) Holosen'e geçişte bir çökmezliğin ve uyumsuzluğun olması gerektiği anlaşılmaktadır (Şekil 50). Geç Pleyistosen-Holosen geçişi; G.Ö 10.500 yıl ve nispeten daha nemli olan Erken Holosen'den Orta Holosen geçişi de (Roberts vd., 2011) yaklaşık G.Ö 5800 yıl öncesine denk gelmektedir. Bu da elde ettiğimiz verilerin küresel çalışmalarla uygun olduğunu göstermektedir. Karotta Holosen başına karşılık gelen ince bir seviyenin karotta boş olarak gözlenmesi bu karotta yapılan tüm analizlerinde bu seviyede yapılamamasına sebep olmuştur. Bu yüzden Holosen başlangıcına ait analiz sonuçları bu seviyeden üste elde edilebilmiştir. Hz11-P15 karotunda Geç-Pleyistosen-Holosen geçişinde azda olsa artış gösteren manyetik duyarlılık değerleri ile yüksek Fe elementi değerleri Holosen başında göle kırıntı girdisinin yüksek olduğunu gösterirken, bu bulguyu aynı karotta dereceli olarak düşüş gösteren Ca/Ti oranı değeri desteklemektedir. Hz11-P03 karotunda aynı döneme karşılık olarak karotta Birim L1e içerisinde manyetik duyarlılık değerleri dereceli olarak üste doğru artış gösterirken, Ca/Ti oranı ise aynı şekilde düşüş göstermektedir. Bu durum Hz11-P15 karotundaki gibi göle kırıntı girdisinin arttığını gösterirken, Hz11-P03 karotunda yapılan $\delta^{18}\text{O}$ eğrisindeki dereceli olarak pozitif yöndeki artış ve ayrıca polen analizlerinde ağaçsı bitkilerdeki (A.P) artışlar Holosen başında sıcaklığın giderek arttığını göstermektedir. Holosen başında gerek Hz11-P15 ve gerekse Hz11-P03 karotlarında yüksek TOC değerleri, göle artan kırıntı miktarı ile uyumlu olarak karadan besin elementlerindeki (özellikle Si, N, F gibi elementler) artış sonucunda birincil canlı üretiminin, yani organik üretimin arttığını göstermektedir. Hz11-P03 karotunda 198 cm'den üste doğru Orta Holosen'e geçişte $\delta^{18}\text{O}$ eğrisinde Geç Holosen başına kadar dereceli olarak pozitif yönde devam eden artış su sıcaklığının da artmaya devam ettiğini gösterirken bunu polen analizlerinde ağaçsı

bitkilerdeki artış da doğrulamaktadır (Şekil 50). Orta Holosen'deki bu sıcaklık artışının verisi Hz11-P15 karotunda da gözlenebilmektedir (Holocene warming; Şekil 50). Orta Holosen'e geçişte gözlenen sıcaklıktaki bu artışın yanı sıra 198-155 cm'leri arasında yüksek manyetik duyarlılık değerleri ve buna ilaveten Ca/Ti oranındaki düşüş göle kırıntı girdisinin nispeten daha yüksek olduğunu göstermektedir. Karotun bu seviyesine karşılık gelen ve Kürkçayı ağzında sismik profillerde de gözlenen ve Birim-L1d içerisine dâhil edilen Delta-1'e ait çökellerin de bu sıcak ve nemli dönemde çökeldiği düşünülmektedir. Hazar Gölü'nde incelenen sismik profillerde gözlenen diğer daha genç deltalardan Delta-2'nin Orta Holosen'in sonunda çökeldiği karot-sismik eşleşmesi yapılarak anlaşılmaktadır. Karotta $\delta^{18}O$ değerlerinin hemen hemen en yüksek olduğu 145-98 cm'leri arasına karşılık gelen bu deltaik çökelim sürecinde kırıntı girdisinin nispeten daha çok azaldığı manyetik duyarlılık değerlerindeki düşüşten ve ayrıca Ca/Ti oranının ise karot boyunca maksimum değerine ulaşmasından anlaşılmaktadır. Hazar Gölü'nde Orta Holosen sonunda göle kırıntı girdisinin oldukça düşük olmasına rağmen paleo-Kürkçayı'na ait daha genç bir deltanın gelişebilmesi tamamen o dönemdeki gölün bu kesiminde hüküm süren hidrolojik şartlar ile ilişkili olmalıdır. Çok az kırıntı girdisi olmasına rağmen özellikle dalga ve akıntılar gibi havza şartlarının zayıf olduğu ve nehirler ile getirilen çökelleri kıyıda dağıtabilecek bu tür unsurlardan korunan sığ su ortamlarında ince delta istiflerinin oluşabildiği bilinmektedir.

Hz11-P03 karotunda Geç Holosen başı hemen hemen Birim-L1b'nin başlangıcına karşılık gelmektedir. Karotta 92 cm ila 62 cm'ler arasında kalan seviyede manyetik duyarlılık değerlerinde dereceli olarak gözlenen artış kırıntı girdisindeki artışa işaret etmektedir. Karotta bu seviyenin, üzerinden alınan sığ-sismik profilde (19-1) paleo-Kürkçayı'nın en genç delta istifine (Delta-3) karşılık geldiği karot-sismik eşleşmesi sonucunda belirlenmiştir. Karotta Birim-L1b'nin başında oksijen izotop değerlerinde önce bir düşüş gözlenirse de daha sonra Birim-L1b içerisinde üste doğru yeniden yükselmesi sıcaklığın Geç Holosen başında nispeten daha soğukken daha sonra yerini sıcak bir iklime bıraktığı anlaşılmaktadır. Geç Holosen içerisinde Orta Çağ başına kadar sıcaklığın arttığı ve bununla birlikte kırıntı girdisindeki devam eden artış aynı karotta yapılan Ca/Ti eğrisinde Birim L1b içerisinde üste doğru düşüşten de anlaşılmaktadır (Şekil 50). Karotta yapılan polen analizleri eğrisinde aynı dönemde önce otsu bitkiler artışa geçerken iklimin daha nemli ve sıcak bir hale dönüşmesi ile ağaç formasyonlarının giderek artış gösterdiği gözlenmektedir. Geç Holosen'de paleo-Kürkçayı'na ait en genç delta istifinin oluştuğu bu ılıman iklim döneminde Hz11-P03 karotunda yapılan TOC değerlerinin dereceli olarak

düşüş göstermesi ise bu nemli dönemde göle artan kırıntı miktarı ile karasal besin maddesi geliminin yüksek olmasına rağmen organik madde içeriğinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, göle karasal kökenli besin girdilerindeki artışa rağmen gölde organik üretimin az veya sedimanda çok iyi korunamadığını göstermektedir. Karotta aynı seviyeye karşılık karbon izotop değerlerine bakıldığında negatif yönde bariz bir artış olmaması, yani ^{12}C 'nin daha fazla tüketilmiş olması birincil canlı üretiminin nispeten yüksek olduğunu göstermektedir. Birincil üretimin yüksek olmasına rağmen çökellerde organik madde içeriğinin düşük olması ise su tabakalanması gelişmemesi sonucunda organik maddenin oksik bir ortamda hızlı bir şekilde tüketildiği ve bunun sonucunda da korunamadığı ihtimalini güçlendirmektedir.

Hazar Gölü'nde değişen göl seviyesi ile nedeniyle hidrolojik ve sedimantolojik süreçleri anlayabilmek için, Hazar Gölü'nün batı kısmından alınan Hz11-P02, -P06 ve -P07 karotlarında tane boyu parametreleri ile birlikte jeokimyasal proksilerde incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında iklim şartlarından muhtemelen etkilenmiş olan Kürkçayı Nehri ve çevresinin hidrolojik ve sedimantolojik süreçlerini belgelemek için en genç delta biriminin (Delta-3) detaylı sedimantolojik özellikleri yüksek çözünürlü tane boyu analizleri ile incelenmiştir. En genç delta birimi olan Delta-3 gölde olduğu zaman Kürkçayı ve gölün içerdiği sediment bakımından yoğunluklarını şematize edip Kürkçayı'nın akış modelini ortaya çıkardık (Şekil 51).



Şekil 51. Kürkçayı Nehri ağzında meydana gelen Hyperpiknal akış modu.

Elde edilen modele göre, karotlarda yapılan tane boyu analizleri sonucunda oluşturulan boylanma-yamukluk diyagramlarının asıl sedimanter süreçleri süspansiyon halde yoğunluk akıntıları ve yuvarlanmayı kapsamaktadır (Şekil 51). Diğer taraftan birimin bazı kötü boylanmış ve ince taneleri türbülans jet şeklinde çökelmiştir. Gölün sığ kesiminden -12.8 m. su derinliğinden alınan Hz11-P07 karotunun bulunduğu lokasyon detaylı olarak incelendiğinde bu karotu oluşturan tanelerin çoğunun yatak yükü şeklinde taşındığı anlaşılmaktadır. Kürkçayı ağzına daha uzaktan -52.5 m. su derinliğinden alınan Hz11-P02 karotunda ise tanelerin çoğu süspansiyon haldeki malzemelerden oluşmuştur. Geç Holosen süresince delta çökeli esnasında, yoğunluk farklılıklarından dolayı nehir ağzında meydana gelen türbülans karışım en genç delta birimi çökelleri (Delta-3) içerisinde Hz11-P02 ve -P07 karotlarında TOC değerinin düşük olmasına neden olmuştur (Şekil 30 ve 32). Bu dönemde göle yüksek miktarda organik madde sağlanmasına rağmen göldeki su tabakalanması bozulduğundan dolayı çökel içerisinde organik madde korunamamıştır. Gölde en genç delta çökeli esnasında nehir ağzındaki türbülans karışım muhtemelen hiperpiknal modu ile oluşturulmuştur.

6.3. Hazar Gölü'nde Geç Pleistosen-Holosen Dönemi İklim ve Göl Seviyesi Değişimleri

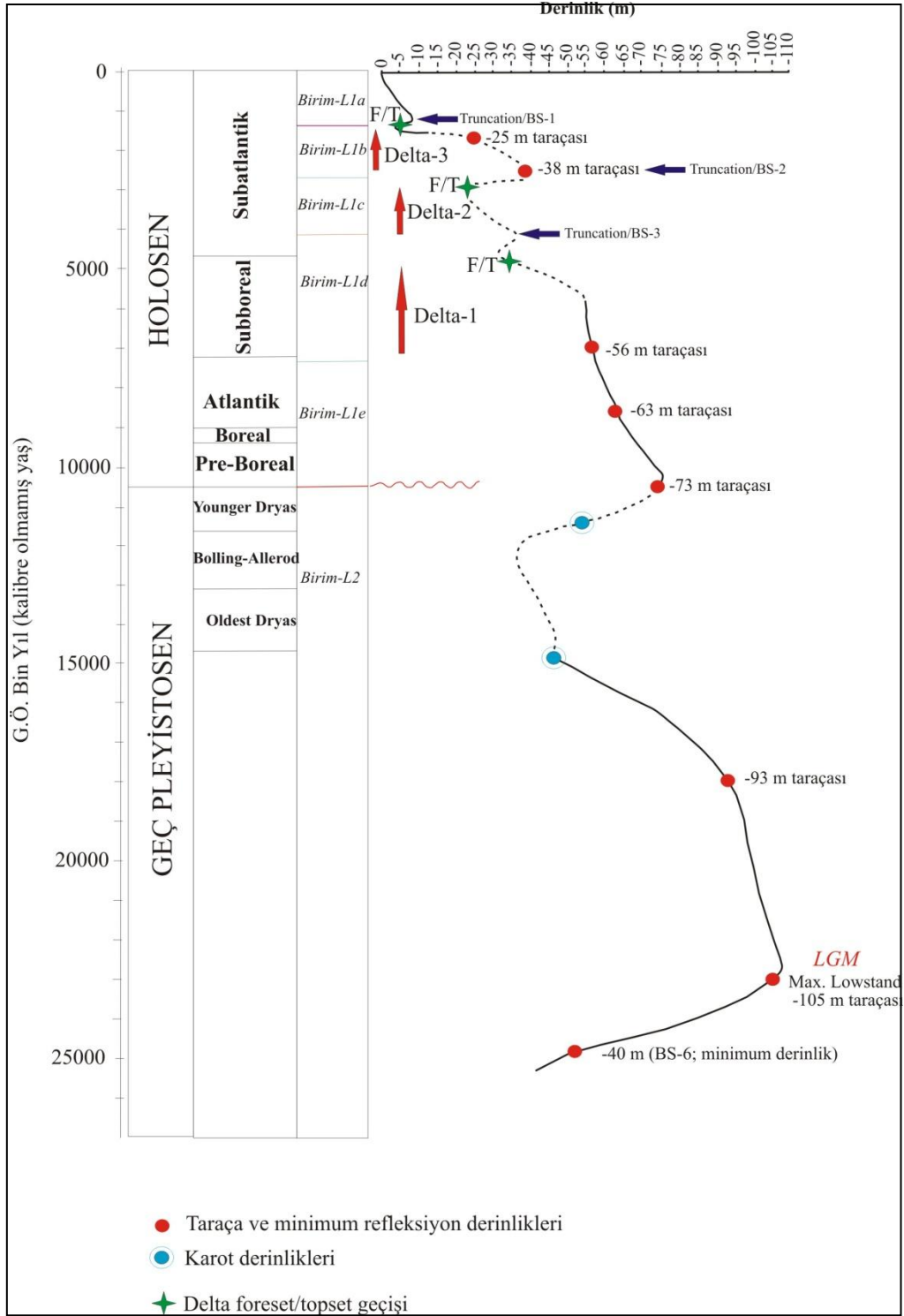
Dünyada birçok göl havzasında olduğu gibi, Türkiye'deki göllerde günümüzde olduğu kadar Pleistosen'deki iklimsel periyotlardan etkilenmiş ve su seviyesinde belirli zaman aralıklarında çekilme ve yükselmeler meydana gelmiştir. Bu göl seviyesinde meydana gelen yükselme ve alçalma hareketleri ve oluştukları dönemler günümüzde çeşitli yöntemler kullanılarak öğrenilebilmektedir. Hazar Gölü'nde Pleistosen'de günümüzdeki seviyesine göre 100 m daha yukarıda olduğu bilinmektedir. Akkan (1972), Erinç (1953), Lahn (1948, 1951), İnandık (1965) ve Chaput (1976) gibi araştırmacılar bu iddiayı, göl kenarında gördükleri farklı seviyelerdeki taraçalarla doğrulamıştır. Gerçektende, Pleistosen'den günümüze kadarki süreçte, Hazar Gölü kenarında iklimsel değişikliklerin yol açtığı seviye ve hacim oynamaları sonucu oluşmuş farklı seviyelerdeki göl taraçalarına rastlanır.

Tez çalışması kapsamında sismik profillerde gözlenen taraça seviyelerini, delta üsttakım/öntakım geçişlerini, uyumsuzluk yüzeylerinin minimum derinliklerini kullanarak

ve karotun alındığı lokasyon göz önünde bulundurularak Geç Pleyistosen-Holosen dönemindeki iklim ve göl seviyesi değişimlerini inceledik. Bu sonuca göre G.Ö. 25 bin yılda göl seviyesi günümüz seviyesinden 40 m. aşağıda durmaktadır (Şekil 52). G.Ö. 17 bin ile 24 bin yılları arasında tüm dünyada etkisini gösteren Son Buzul Maximum (LGM) dönemi yaşanmıştır (Clark vd., 2009). Bu soğuk kurak dönemin izleri Hazar Gölü ve çevresinde de görülmüştür. Hazar Gölü'nde G.Ö. 20 bin yıl ile 23 bin yılları arasında gözlenen LGM da göl seviyesi gerilemiştir ve -105 m.'ye ulaşmıştır (Şekil 52). G.Ö. 20 bin yıl ile 17 bin yılları arasında yaşanan Son Buzul Maksimum döneme göre nispeten daha nemli bir dönem yaşanması ile birlikte göl seviyesi yükselmiştir ve -93 m.'ye ulaşmıştır. Bu dönemden sonra gölde gölsel çökellerin çökebilmesi için göl seviyesi Hz11-P03 karotun bulunduğu lokasyonunda (-54.4 m) üzerine çıkması gerekmektedir. Oldest Dryas dönemin başlarında Hz11-P03 karotunda gözlenen manyetik duyarlılık, tane boyu parametrelerindeki azalış ve Ca/Ti değerindeki artış bu dönemin soğuk-kurak bir dönem olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 50). Yaşanan soğuk-kurak dönemde göl seviyesi nispeten düşmüş ve yaklaşık -38 m. gerilemiştir. Görland sıcaklık eğrisine göre yaklaşık G.Ö. 13.1 bin yılına kadar süren Oldest Dryas soğuk dönemin ardından tüm dünyada kendini hissettirmiş olan Bölling-Allerod sıcak periyodu başlar ve yaklaşık G.Ö. 11.5 bin yılına kadar sürdüğü anlaşılmaktadır (Lambeck vd., 2007). Bu sıcak dönemde göle boşalan akarsuların debileri muhtemelen artmış ve göle karasal kırıntı girdisi yükselmiştir. Bu sıcak nemli dönemin izlerini Hz11-P03 karotunda yapılan manyetik duyarlılık değerindeki artış ve Ca/Ti değerinde ki azalıştan da anlaşılmaktadır (Şekil 50). Bölling-Allerod nemli dönemde göl seviyesi yükselmiş ve yaklaşık -30 m.'lere ulaşmıştır. Geç Pleyistosen'de Birim-L2'nin üst kısımlarını temsil eden ve hemen Holosen'den önce gelişen diğer bir soğuk dönem ise Younger Dryas'dır (Genç Kurak Dönem). Bu dönem 11.5-10.5 bin yılları arasında hüküm süren soğuk, ancak dünyanın bazı bölgelerinde nemli ve bazı bölgelerinde ise kurak geçtiği yine farklı araştırmalar ile saptanan en önemli iklimsel dönemlerdendir (Sidall vd., 2003). Bu dönemde sıcaklığın yaklaşık 5 derece düştüğü Şekil 50'de verilen sıcaklık eğrisinde gözlenebilmektedir. Görülen bu soğuk kurak dönemde göl seviyesi gerilemiş ve günümüz seviyesinden 73 m. aşağı düşmüştür (Şekil 52).

Görland sıcaklık eğrisinde, Geç Pleyistosen-Holosen geçişinde gözlenen ani sıcaklık artışı dikkati çekmektedir (Şekil 50). Holosen başında görülen ısınma ile sıcak nemli bir döneme geçilmiş ve göl seviyesi -63 m.'ye yükselmiştir (Şekil 52). Orta Holosen sonu Geç Holosen başı daha nemli bir döneme geçilmiştir. Bu nemli dönemin varlığı karotta

manyetik duyarlılık değerindeki artış ve Ca/Ti değerindeki azalış ile de anlaşılmaktadır. Bu nemli dönemde kırıntı girdisi ile birlikte göl seviyesinin yükselmeye başladığı simik kesitlerde duran -56 m. taraçasından anlaşılmaktadır.



Şekil 52. Hazar Gölü'nde G.Ö. 25 bin yıl-günümüz arası göl seviyesi değişimleri

Subboreal dönemin sonlarına doğru nemliliğin gittikçe artması ile birlikte G.Ö. 7.3 ile 4.8 bin yılları arasında Kürkçayı'nın en yaşlı paleo-deltası (Delta-3) oluşmuştur ve Delta-3'ün -35 m. de ki duran üsttakım/öntakım geçişi o dönemdeki göl seviyesini göstermektedir. Subboreal dönemin sonunda Hazar Gölü'nde kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu kurak dönemin izlerini sismik profillerde BS-3 uyumsuzluk yüzeyinin üzerinde gelişen aşınmadan anlaşılmaktadır (Şekil 14). Hazar Gölü'nde Bronz Çağı ortalarında sıcak-kurak iklimden bu çağın sonlarına doğru daha nemli bir iklime geçiş G.Ö. 4.2 ile 2.7 bin yılları arasında Birim-L1c'nin çökelmeye başlaması ile temsil olunur. Geç Holosen'de nemli iklim ve meydana gelen yüksek nehir boşalımları, G.Ö. 3.8 bin yılda göl seviyesinin artmasına ve daha genç delta birimi'nin (Delta-2) diğer yaşlı delta birimi (Delta-1) üzerinde oluşmasına neden olmuştur. Sismik profilde -25 m'de ki üsttakım/öntakım geçişi delta birikiminin kesikliğe uğradığı G.Ö. 2.9 bin yılına kadar göl seviyesinin yükseldiğini göstermektedir (Şekil 52). Radyokarbon yaşlandırma ile birlikte sismik verilere dayanarak, G.Ö. 2.9 ile 2.7 bin yılları arasında en göze çarpan göl seviyesi düşüşü -38 m'nin altında meydana gelmiştir. 3. Binyıl krizine dayandırılan göl seviyesindeki bu kısa süreli düşük su seviyesi sismik profilde belirgin bir aşınma yüzeyinin oluşumu şeklinde gelişen delta düzlüğü karasal aşınmasını sağlamıştır. Sismik profilde Geç Holosenin en genç delta birimi (Delta-3) başlangıcı G.Ö. 2.7 bin yılıdır. Son göl seviyesi düşüşünden sonra günümüzden önce 1.3 bin yıla kadar göl seviyesi yükseliminin yaklaşık 28 m. olduğu sismik profilde -6.5 m. de ki üsttakım/öntakım geçişinden anlaşılmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A., 2007.** Lake Hazar Basin: a negative flower structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Türkiye. *Journal of Turkish Earth Science*.
- Ambraseys, N.N., 1989.** Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal* 96, 311–331.
- Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., 1998.** Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International* 133, 390–406.
- Ambraseys, N., Finkel C. 1995.** The seismicity of Turkey, Eren Press.
- Arpat, E., Şaroğlu, F., 1972.** Dogu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler (Some observations and thoughts on the East Anatolian fault). *Bulletin of the Mineral Research and Exploratory Institute of Turkey* 73, 44– 50.
- Bar-Matthews M, Ayalon A and Kaufman A, 1997.** Late Quaternary paleoclimate in the eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq cave, Israel. *Quaternary Research* 47: 155–168.
- Bhatia and Singh, 1971.** Ecology and distribution of some recent ostracodes of the Vale of Kashmir, India. *Micropalaeontology* 17, pp. 214 220.
- Berner, R., 1980.** Early Diagenesis-A Theoretical Approach. Princeton Series in Geochemistry, New Jersey: Princeton University Press, N.J., 241 pp., Princeton.
- 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.
- Cheshire, H., Thurow, J., Nederbragt A.J., 2005.** Late Quaternary climate change record from two long sediment cores from Guaymas Basin, Gulf of California. *Journal of Quaternary Science* Volume 20, Issue 5 , Pages 457 – 469.
- Çelik, H., 2003** Mastar Dağı (Elazığ GD'su) Çevresinin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri F.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 95 s., Elazığ.
- Çetin H., Güneşli H., Mayer L., 2003.** Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey *Tectonophysics*, v. 374, iss. 3-4, p. 163-197.
- Danielopo, D.L., 1991.** Spatial distribution and dispersal of intersitital Crustacea in alluvial sediments of a backwater of the Danube at Vienna.- *Stygogia* 6 (2): 97-110.

- Danielopol, D.L., Handl, M., Yin., Y., 1993.** Benthic ostracods in the pre-alpine deep lake lake Mondsee: notes on the origin and distribution. In: McKenzie, K.G., Jones, P.J. (eds.), 1993: Ostracoda in the Earth and Life Sciences. Proceedings of the 11th International Symposium on Ostracoda, Warrnambool, Victoria, Australia. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 465–480.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986.** Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone. In: Coward.
- Diebel and Pietrzeniuk, 1975.** Mittel- und jungpleistozäne Ostracodenfaunen desRaums Potsdam—Brandenburg—Rathenow in stratigraphischer und ökologischer Sicht. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 3, 1197–1233.
- DSİ, 1960.** Elazığ Uluova, Hazar Gölü'ne Ait Sulama Suyu Tahlil Raporu, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, 6 - 603 .
- Dunne L. A. ; Hempton M. R., 1984.** Deltaic sedimentation in the Lake Hazar pullapart basin, south-eastern Turkey *Sedimentology (Sedimentology)* ISSN 0037- 0746 , vol. 31, no3, pp. 401-412 (2 p.)
- Dunne, L.A., Hempton, M.R., 1984.** Strike-slip basin sedimentation at Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains). In: Tekeli, O., Goncuoglu, M.C. (Eds.), *Geology of the Taurus Belt*. Mineral Research and Exploratory Institute of Turkey, Ankara, pp. 229–235.
- Ercan, A., 1979.** Dogu Anadolu Fayı üzerinde küçük deprem çalışmaları (A microearthquake study on the East Anatolian Fault). *Yeryuvarı ve İnsan* 4 (1), 21–30.
- Ergin K., Güçlü U., Uz Z., 1967.** A catalog of earthquakes for Turkey and surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) Tech. Univ. İstanbul, Faculty of Mm. Eng., İstanbul.
- Erinç S.,1953.** Doğu Anadolu Coğrafyası, İ.Ü.Coğr.Enst.Yay.,No:15, İstanbul
- Frenzel and Boomer, 2005.** The use of Ostracodes from marginal marine, brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary enviromental change, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225, 68-92.
- Geraga, M., Ioakim, C., Lykousis, V., Tsaila-Monopolis, S., Mylona, G., 2010.**The high-resolution palaeoclimatic and palaeoceanographic history of the last 24,000 years in the central Aegean Sea, Greece.*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*287: 101–115.
- Griffiths and Holmes, 2000.** *Non-Marine Ostracodes & Quaternary Palaeoenvironments*, Technical Guide 8, Quaternary Research Association, London. 188p.

- Günek, H., Yiğit, A., 1995.** Hazar Gölü Havzasının Hidrografik Özellikleri, 1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu, Sayıfa: 91-103, Elazığ 82
- Gürocak Z., 1993.** Sivrice (Elazığ) çevresinin jeolojisi. Y.L. Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst, Elazığ.
- Hempton, M.R., 1980.** Structure and morphology of the East Anatolian Transform Fault Zone near Lake Hazar. Geological Society of America Annual Meeting, Abstracts with Programs 12, 445.
- 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. Ame. Bull., 96, 233-243
- Hempton, M.R., Dewey, J.F., 1981.** Structure and tectonics of the Lake Hazar pullapart basin, SE Turkey. Transactions, American Geophysical Union, EOS 62, 1033.
- Hempton, M.R., Dewey, J.F., 1983.** Earthquake-induced deformational structures in young lacustrine sediments, East Anatolian fault, southeast Turkey. Tectonophysics 98, T7– T14.
- Hempton, M.R., Dewey, J.F., Saroglu, F., 1981.** The East Anatolian transform fault: along strike variations in geometry and behavior. Transactions, American Geophysical Union, EOS 62, 393.
- Hempton, M.R., Dunne, L.A., 1984.** Sedimentation in pull-apart basins: active examples in Eastern Turkey. Journal of Geology 92, 513–530.
- Hempton, M.R., Dunne, L.A., Dewey, J.F., 1983.** Sedimentation in an active strikeslip basin, southeastern Turkey. Journal of Geology 91, 401– 412.
- Hempton, M.R., Savcı, G., 1982.** Elazığ volkanik karmaşığının petrolojik ve yapısal özellikleri TJK Bülteni, C. 25, 143 - 150
- Herece, E., Akay, E., 1992.** Karlıova-Çelikhhan arasında Doğu Anadolu Fayı, Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 361-372.
- Herece, E., 2009.** Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası. MTA Özel Yayın Serisi, No: 13, 359 s., Ankara.
- Hiller, D., 1972.** Untersuchungen zur Biologie und zur Ökologie limnischer Ostracoden aus der Umgebung von Hamburg. Archiv für Hydrobiologie 40, 4, pp. 400-497.
- Hodell D.A., J.H. Curtis, and M. Brenner, 1995.** Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization, Nature, 375, 391-394.

- Huntington, E., 1924.** Civilization and Climate, Yale University Press, New Haven. 83
- IPCC Fifth Assessment Report, 2013.** Masson-Delmotte, V., M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski, J.F. González Rouco, E. Jansen, K. Lambeck, J. Luterbacher, T. Naish, T. Osborn, B. Otto-Bliesner, T. Quinn, R. Ramesh, M. Rojas, X. Shao and A. Timmermann, 2013: Information from Paleoclimate Archives. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jahn, B., Donner, B., Müller, P. J., Röhl, U., Schneider, R., Wefer, G., 2003.** Pleistocene variations in dust input and marine productivity in the northern Benguela Current: Evidence of evolution of global glacial-interglacial cycles, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193(3-4), 515-533.
- Jones, M.D., 2004.** High-Resolution Records of Climate Change from Lacustrine Stable Isotopes Through the Last Two Millennia in Western Turkey. Plymouth Üniversitesi *Doktora Tezi*, MTA Kütüphanesi 522 (200) J 78h.
- Kaya A., 1993.** Gezin-Maden (Elazığ) çevresinde jeolojik araştırmalar. Y.L. Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst, Elazığ.
- Lamb, H., Roberts, N., Leng M., Barker, P., Benkaddour, A., van der Kaars, S., 1999.** Lake evolution in a semi-arid montane environment: responses to catchment change and hydroclimatic variation, *Journal of Paleolimnology* **21**: 325–343, 325.
- Lambeck, K., Sivan, D. and Purcell, A., 2007.** Timing of the last Mediterranean Sea-Black Sea connection from isostatic models and regional sea-level data. In Yanko-Hombach, V., Gilbert, A.S. and Dolukhanov, P.M. (Eds.), *The Black Sea Flood Question*, Springer, The Netherlands, 797-808.
- Loring D.H and Rantala R.T.T., 1992.** Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 32: 235-283, and 1995, *Regional Seas, Reference methods for marine pollution studies* no. 63, United Nations Environment Programme.
- Lyberis, N.T., Yurur, T., Chorowicz, J., Kasapoglu, E., Gundogdu, N., 1992.** The East Anatolian fault: an oblique collisional belt. *Tectonophysics* 204, 1 –15.

- Meisch, C. 2000.** Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In Schwoerbel J., Zwick P. (eds), Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/3. 522 pages. Spektrum Akademischer Verlag.
- Miall, A.D. 1997.** The Geology of Stratigraphic Sequences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- Moreno D.G., Hubert-Ferrari A., Moernaut J., Van D.M., Damcı E., Batist M., 2008.** The Hazar pull-apart along the east Anatolian fault: Structure and active deformation. Geoph. Res. Abstracts, 10, 01808.
- 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.
- Naomi, R. Lamoreaux. 2003.** Rethinking the Transition to Capitalism in the Early American Northeast, Journal of American History, 90, pp. 437-61.
- Özkan, Y. Z. 1984.** Guleman Ofiyolitlerinde metamorfizma etkileri. M.T.A. Dergisi, 101/102, 47-57, Ankara.
- Perinçek D., ve Çelikdemir, M.E., 1979.** Palu-Karabegân-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkânları: TPAO Raporu, 1361 (yayımlanmamış).
- Roberts, N., Eastwood, W.J., Kuzucuoglu, C., Fiorentino, G. & Caracuta, V. 2011.** Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition. Holocene 21 (1), pp 147 – 162.
- Robinson, S.A., Black, S., Sellwood, B.W., Valdes, P.J., 2006.** A review of paleoclimates and paleoenvironments in the Levant and eastern Mediterranean from 25,000 to 5000 years BP: setting the environmental background for the human civilization. *Quaternary Science Review* 25, 1517–1541.
- Rothwell, R.G. and Rack, F.R., 2006.** New techniques in sediment core analysis: an introduction, in New Techniques in Sediment Core Analysis (edited by Rothwell, G., (ed.)), Geological Society of London, London, 1-29.
- Röhl, U., Abrams, L.J., 2000.** high-resolution, downhole and non-destructive core measurements from Sites 999 and 1001 in the Caribbean Sea: application to the Late Paleocene Thermal Maximum. Proc. ODP Sci. Results, 165, 191-203.
- Siddall, M., Rohling, E.J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Melschner, D., Schmelzer, I., Smeed, D.A. 2003.** Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. Nature, 423, 853–858.

- Snowball, I.F., 1993.** Mineral magnetic properties of Holocene lake sediments and soils from the Karsa valley, Lappland, Sweden, and their relevance to palaeoenvironmental reconstruction. *Terra Nova*, 5, 258-270.
- Sorrel, P., 2006.** The Aral Sea: A Palaeoclimate archive. Doctoral thesis. Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Deutschland Laboratoire PEPS, UMR 5125, Université Claude Bernard – Lyon 1, France Alley, R.B., 2000.
- Sungurlu, O., Perincek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E., Naz, H., 1985.** Elazığ – Hazar–Palu alanının jeolojisi (Geology of the Elazığ –Hazar– Palu area) *Turkish Petroleum*, Ankara, p. 189.
- Şaroğlu, F., O. Emre ve A. Boray, 1987.** Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri, *Min.Res. Expl. Inst. Turkey Rept. No. 8174*.
- Şaroğlu, F., O. Emre ve I. Kuşçu, 1992.** The East Anatolian fault zone of Turkey, *Ann. Tectonicae*, VI,99-125.
- Şen B., 1988.** Hazar Gölü (Elazığ) Alg florası ve Mevsimsel değişimleri üzerine gözlemler kısım 1. Litoral Bölge IX. Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt 3, s: 289-298, Sivas.
- Şen, B. & Topkaya, B., 1993.** “Elazığ İli Çevresindeki Göllerin Kirlilik Düzeyleri.” II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sempozyumu. Türk-Alman Kültür İşleri Yayın Kurulu Yayın Dizisi No:3, Ankara, s,70-75.
- Şen, B. & Topkaya, B., 1997.** Lake Hazar. In: *Conservation and Management of Lakes, Reservoirs and Wetlands in Turkey*. International Lake Environment Committee (ILEC). Publication (Japan), 163-188.
- Şen, B., Alp, M.T., Özrenk, F., Ercan, Y. & Yıldırım, V., 1999.** “A Study on the Amounts of Plant Nutrients and Organic Matter Carried into Lake Hazar (Elazığ-Türkiye).” *Fresenius Environmental Bulletin* 8: 272-279.
- Şen, B., Koçer, M. A.T. & 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.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983.** Türkiye'de Teyis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *TJK Yerbilimleri özel dizisi*, Ankara.
- Şengör , A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey. A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., N. Görür ve F. Şaroğlu, 1985.** Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in *Strike-slip*

Deformation, Basin Formation and Sedimentation, edited by K.T. Biddle and N. Christie-Blick, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Tulsa, Sp. Publ. 37, 227-264.

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.

TÜBİTAK, K., Eriş vd., 2011. “111Y045 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi”.

Vail, P.R., Mitchum, R.M., Jr., Todd, R.G., Widmier, J.M., Thompson, S., Sangree, J.B., Bubb, J.N. and Hatleid, W.G., 1977. Seismic stratigraphy and global changes in sea level. In: Seismic stratigraphy Applications to Hydrocarbon Exploration (ed. By C.E. Payton). Memoir of the American Association of Petroleum Geologist, Tulsa, 26, 49-62.

Vesper, B., 1975. Ein Beitrag zur Ostracodenfauna Schleswig-Holsteins.- Mitteilungen aus dem hamburgischen zoologischen Museum und Institut 68:79-94

Wetzel, R.G., 2001. *Limnology: lake and River Ecosystems* (3rd ed.). Academic Press, San Diego, USA, 1006 pp.

Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslar'da etkin bir paleokıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri, 7, 83-104.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe Nagihan ARSLAN, 1990 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra, 2008 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde öğrenime başladı. 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji Dalında Yüksek Lisans programına başladı.