

**HAZAR GÖLÜ'NDE (ELAZIĞ) PLEYİSTOSEN-HOLOSEN
DÖNEMİ YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜ İKLİM ve SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ**

SELDA ÖZDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ

HAZİRAN-2013

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZAR GÖLÜ'NDE (ELAZIĞ) PLEYİSTOSEN-HOLOSEN
DÖNEMİ YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜ İKLİM ve SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selda Özdemir

(111116110)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3 Haziran 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK (F.Ü)
Doç. Dr. Murat SUNKAR (F.Ü)

HAZİRAN-2013

ÖNSÖZ

“Hazar Gölü’nde (Elazığ) Pleyistosen-Holosen dönemi yüksek çözünürlü iklim ve su seviyesi değişimleri” başlıklı bu çalışma Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Genel Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi 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.

Bu tezin hazırlanmasında katkı ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd.Doç.Dr. K.Kadir ERİŞ’e teşekkür ederim.

Tüm çalışmalarım sırasında her türlü desteğini gördüğüm sayın Yrd.Doç.Dr.Murat İNCEÖZ’e, İstanbul Teknik Üniversitesi EMCOL’ de bulunan Sena Ön Akçer’e, Umut Barış ÜLGİN’e, Emre DAMCI’ya, Dursun ACAR’a ve bu güne kadar hayatımın her aşamasında maddi ve manevi katkılarını esirgemeyen aileme ve nişanlım Abdurrahman BULUT’a teşekkür ederim.

Bölümümüzün tüm akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

SELDA ÖZDEMİR
ELAZIĞ – 2013

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLOLAR LİSTESİ	IX
KISALTMALAR.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN GENEL FİZİKİ COĞRAFI ÖZELLİKLERİ.....	2
2.1. Jeomorfolojik Özellikleri.....	2
2.2. İklimsel Özellikleri	3
2.3. Bitki Örtüsü Özellikleri	4
2.4. Hidrolojik Özellikleri	4
3. HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ	7
3.1. Stratigrafi	7
3.2. Tektonik Konum.....	9
3.3. Sismotektonik Özellikler	11
4. HAZAR GÖLÜ'NÜN LİMNOLOJİK ÖZELLİKLERİ	12
5. ÇALIŞMA METODLARI	15
5.1. Karot Çalışmaları.....	15
5.2. Sismik Çalışmalar.....	18
5.3. Toplam Organik Karbon Analizleri (TOC)	21
5.4. Manyetik Duyarlılık Analizleri	21
5.5. Radyokarbon Analizleri.....	22

5.6. Polen Analizi	22
6. BULGULAR	24
6.1. Sismik Çalışmalar.....	24
6.2. Karotların Litolojik Tanımlanması.....	31
6.2.1. Hz11-P02 Litolojik Tanımlaması	31
6.2.2. Hz11-P03 Litolojik Tanımlaması	33
6.2.3. Hz11-G03 Litolojik Tanımlaması	34
6.2.4. Hz11-P05 Litolojik Tanımlaması	36
6.2.5. Hz11-P06 Litolojik Tanımlaması	38
6.2.6. Hz11-P07 Litolojik Tanımlaması	39
6.3. Karotlarda Manyetik Duyarlılık Analizleri	41
6.4. Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri	50
6.5. Karotlarda Radyokarbon (^{14}C) Yaşlandırma Analizleri	54
6.6. Karotlarda Polen Analizleri	58
6.6.1. Hazar Gölü Hz11-PO3 Karotunun Polen Analizleri Sonuçları	64
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	71
7.1. Karotlarda Kronostratigrafik Birimlerin İklimsel Süreçler ile Deneştirilmesi	71
7.2. Manyetik Duyarlılık Ve TOC Analizlerinin İklim ve Göl Seviyesi Açısından	74
Yorumu	74
8. KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	85

ÖZET

Hazar Gölü Elazığ il merkezinin 22 km güney doğusunda yer almaktadır. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği 1248 m olup, 7 km genişliğinde, 22 km uzunluğunda, 82 km²'lik alanı kapsar ve derinliği 200 m'ye ulaşmaktadır. Doğrultu atımlı sol yönlü bir fay kuşağı olan Doğu Anadolu Fayı Sistemi (DAFS) üzerinde oluşmuş bir çek-ayır 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 çalışma Hazar Gölü'nden alınan çökel karotlarında yapılan sedimantolojik, jeokimyasal ve paleontolojik analizler sayesinde göl ve çevresinde Pleyistosen-Holosen dönemi süresince hüküm sürmüş iklim ve göl seviyesi değişimleri araştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla alınan karotlarda yapılan TOC, Manyetik Duyarlılık analizleri, Radyokarbon ve Polen 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) çökdikleri saptanmıştır.

Hazar Gölü'nde yapılan karot ve sismik çalışmaların yanı sıra çökellerin gösterdikleri fiziksel ve jeokimyasal analizler sonucundan G.Ö. 15 bin yıllarında Hazar Gölü seviyesinin yaklaşık 100 m daha aşağıda olduğu tespit edilmiştir. Göl seviyesi daha sonra G.Ö.13 bin yıllarında -55 m'nin üzerine çıkmış ve Holosen öncesinde ise yeniden -73 m'lere gerilediği sismik yansıma görüntülerinde bu seviyede eski kıyı çizgilerinin varlığından anlaşılmaktadır. Holosen başı daha nemli bir dönem olarak yaşandığından göl seviyesi yeniden -50 m'lerin üzerine çıkmıştır. Hazar Gölü ve çevresinde Holosen ortalarında G.Ö. 8-6 bin yılları arasında yeni bir kurak dönem yaşandığı polen analizlerinden anlaşılmaktadır. Orta Holosen'den sonra Hazar Gölü'nde su seviyesi yükselimi devam etmiş ve günümüz seviyesine G.Ö. yaklaşık 1.5 bin yıldan sonra erişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hazar Gölü, Pleyistosen-Holosen, Karot.

SUMMARY

Hazar Lake (Elazığ) Pleistocene-Holocene Climate and Water Level Changes in High Definition

The Hazar Lake, 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 (DAFS). The Hazar Lake Basin represent 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 TÜBİTAK Project of 111Y045 number that began to execute in the Geology Department since 2011. This study aims exploring climate and lake level changes in Lake Hazar and its around during Pleistocene to Holocene by using sedimentologic, geochemical and paleontologic analysis on the core sediments retrieved from the lake. As a result of TOC, magnetic susceptibility, radiocarbon and polen analysis done on the cores for this purpose, their pysical and geochemical properties were documented in this study. The chronostratigraphic units have been well established in detail in the cores, which were deposited during the late Pleistocene to Holocene stages (the last 15 ka) on the basis of ^{14}C ages obtained from the cores.

As a result of core and seismic studies together with pysical and geochemical analysis of the sediments, it can be concurred that the lake level was well below -100 m during 15 ka BP. The latter on, it increased above -55 m during 13 ka BP, and then it fall down again below -73 m that all can be estimated on the basis of paleoshorelines observed in the seismic profiles at that depth. Because more humid climate was maintained in the lake at the beginning of the Holocene, the lake level began tor ise above -50 m. In the midd-Holocene, between 8-6 ka BP, the existence of dry climate has been documented on the basis of polen analysis on the core sediments. After the mid-Holocene, the lake level rise continued and it reached the present level after 1.5 ka BP.

Key Words: Lake Hazar, Pleistocene-Holocene, core, seismic.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yukarı fırat bölümü.....	2
Şekil 2. Hazar Gölü çevresinin drenaj haritası	6
Şekil 3. Elazığ Hazar Gölü çevresinin 1/ 500.000 ölçekli jeolojik haritası	8
Şekil 4. Türkiye'nin tektonik rejimi	10
Şekil 5. Proje çalışmalarında Hazar Gölü'nde yapılan CTD ölçüm lokasyonları	13
Şekil 6. Hazar Gölü batısında -55m'de yapılan CTD ölçümlerinde gözlenen sıcaklık, tuzluluk, basınç, iletkenlik ve ses dalga hızı değerlerinin değişimi	14
Şekil 7. Çakma Piston yönteminden bir görünüm.....	15
Şekil 8. Karot alımında kullanılan 3.40 mx4.40 m boyutunda yüzen platform	16
Şekil 9. Bu çalışma kapsamında incelenen sismik profil ve bunların üzerinden alınan karotların lokasyonlarını gösteren Hazar Gölü haritası.....	17
Şekil 10. Sismik yansıma yüzeylerinin geometrik terminolojileri.....	19
Şekil 11. Sismik profillerde gözlenen sismik yansıma yüzeyi paketlerini gösterdikleri geometrik ve yapısal özellikleri.....	20
Şekil 12. 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.	26
Şekil 13. 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 Hz11-G03 karotları alınmıştır.....	28
Şekil 14. Hazar Gölü'nün batısından alınmış 3 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte Birim S4'den Birim S1'e kadar olan birimler ayırtlanmıştır. Kesitte GD yamaçta birbiri üzerine birikerek gelişmiş iki farklı delta çökelleri Hz11-P05 karotu ile kesilebilmiştir.....	29

Şekil 15. Hazar Gölü batısından alınmış 23 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte biribiri üzerine birikerek çökelmiş ve farklı derinliklerde duran delta çökelleri gözlenmektedir. Kesitin KB ucundan alınan Hz11-P06 karotu ise en genç delta çökeli kesmektedir	30
Şekil 16. Hazar Gölü batısından 51.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P02 karotunun düşey stratigrafik logu	32
Şekil 17. Hazar Gölü batısından 51.5 m su derinliğinden alınan Hz11-P02 karotunun dijital görüntüsü.....	32
Şekil 18. Hazar Gölü batısında 50 m su derinliğinden alınan Hz11-P03 karotun düşey stratigrafik logu	35
Şekil 19. Hazar Gölü batısından alınan Hz11- P03 piston karotunda incelenen çökellerin dijital görüntüsü.....	35
Şekil 20. Hazar Gölü batısından -56.3 m su derinliğinden alınan Hz11-G03 karotunun dijital görüntüsü ve düşey stratigrafik logu	36
Şekil 21. Hazar Gölü batısından 37.5 m su derinliğinden alınmış Hz11-P05 karotunun düşey stratigrafik logu.....	37
Şekil 22. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P05 karotunun dijital görüntüsü	37
Şekil 23. Hazar Gölü batısından 11.5 m su derinliğinden alınmış Hz11-P06 karotunun düşey stratigrafik logu	38
Şekil 24. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P06 karotunun dijital görüntüsü.....	39
Şekil 25. Hazar Gölü batısından 14 m su derinliğinden alınmış Hz11-P07 karotunun düşey stratigrafik logu	40
Şekil 26. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P07 karotunun dijital görüntüsü	41
Şekil 27. Hz11-P02 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi	43
Şekil 28. Hz11-P03 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi	45
Şekil 29. Hz11-G03 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi	46
Şekil 30. Hz11-P05 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi	47

Şekil 31. Hz11-P06 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi.....	48
Şekil 32. Hz11-P07 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi.....	50
Şekil 33. Hz11-P03 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analizi eğrisi	52
Şekil 34. Hz11-P07 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analizi eğrisi	54
Şekil 35. Tezin Ekim 2011 yılındaki arazi döneminde alınan 5 adet piston karotunda radyokarbon (^{14}C) yaş analizleri sonunda korelasyonları	57
Şekil 36. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda tanımlanan polen türlerinden bazıları.....	60
Şekil 37. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda tanımlanan polen türlerinden bazıları.....	62
Şekil 38. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunun Pediastrum ve Botryococcus alg değişimleri .	67
Şekil 39. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunun detaylı polen diyagramı.	68
Şekil 40. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunun detaylı polen diyagramı.	69
Şekil 41. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunun detaylı polen diyagramı.	70
Şekil 42. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda ayırtlanan çökel birimlerin kronostratigrafleri ile küresel sıcaklık eğrisi ile deneştirilmesi.	73
Şekil 43. Tez kapsamında alınan piston karotlarda manyetik duyarlılık analizlerine ait sonuçların karşılaştırılması ve iklimsel değişimlerin belirlenmesi.....	79

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Tez kapsamında manyetik geçirgenlik analizleri yapılan piston ve gravite karotlarına ait bilgiler	16
Tablo 2. Proje çalışmalarında karotlara ait radyokarbon (^{14}C) yaş tayini sonuçları.	55
Tablo 3. Tez kapsamında karotlarda ayırtlanan litostratigrafik birimlerin radyokarbon yaş analizleri sonucunda belirlenen çökelme periyotları	56
Tablo 4. Nix (1982) sınıflandırmasına göre Hazar Gölü Hz11-PO3 karotunda tanımlanan polen türlerinin gruplandırılması	63

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
DSİ	: Devlet Su İşleri
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
TC	: Toplam Karbon
TOC	: Toplam Organik Karbon

SEMBOLLER LİSTESİ

km	: kilometre
km²	: kilometre kare
m	: metre
%	: yüzde oran

1. GİRİŞ

Hazar Gölü, Doğu Anadolu Bölgesi'nin, Yukarı Fırat Bölümü'nde yer alan bir tatlı su gölüdür. Elazığ il merkezinin 22 km güney doğusunda bulunan Hazar Gölü'nü kuzeyden Çelemlik-Mastar Dağları ve güneyden Hazar Dağı kuşatmaktadır. Doğu Anadolu Fay kuşağı boyunca, kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) doğrultusunda uzanmaktadır. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği 1248 m olup, 7 km genişlikte ve 22 km uzunluğundadır, 82 km²'lik alanı kapsar ve derinliği 200 m'ye ulaşmaktadır. Gerek Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerindeki konumu ve gerekse de tarihsel çağlar boyunca iklimde gelişen glasiyal ve interglasiyal süreçlerden etkilenecek çeşitli su seviyesi değişimlerine uğramıştır. Ancak bu değişimlerin hangi iklimsel ya da tektonik süreçler ile geliştiği ve değişimlere neden olan bu süreçlerin hangi zaman aralıklarında, ne kadar etkili olduğu konusu henüz yeterince aydınlatılamamıştır.

Hazar Gölü gerek jeolojik konumu ve gerekse oluşum şekli bakımından günümüzde olduğu kadar geçmişte de birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, Hazar Gölü ve yakın çevresinin jeolojik ve tektonik açıdan incelenmesi çok eskilere dayanır. Bu konudaki en eski yayınlar içerisinde Huntington (1902), Perinçek (1979), Hempton ve diğerleri (1983), Hempton (1984,1985), Dune ve Hempton (1984), Yazgan (1984), Şengör ve diğerleri (1985), Sungurlu ve diğerleri (1985), Bingöl (1986), Muehlberger ve Gordon (1987), Perinçek ve diğerleri (1987), Herece ve Akay (1992), Turan (1993), Gürocak (1993), Kaya (1993) ve yakın zaman içerisinde yayınlanmış olan Çetin ve diğerleri (2003) ile Aksoy ve diğerleri (2007) öne çıkar.

Bu çalışma 2011 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yürütülmeye başlayan 111Y045 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu projenin amaçları doğrultusunda bu çalışma, Hazar Gölü'nden alınan çökel karotlarında yapılan sedimantolojik, jeokimyasal ve paleontolojik analizler sayesinde göl ve çevresinde Geç Pleyistosen-Holosen dönemi süresince hüküm sürmüş iklim ve göl seviyesi değişimleri araştırmayı amaçlamaktadır. Hazar Gölü'nün böylesi bir çalışmada seçilmesindeki ana neden, hem iklimsel hem de tektonik olarak son derece önemli bir alanda konumlanmış olmasıdır.

2. HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN GENEL FİZİKİ COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeomorfolojik Özellikleri

Hazar Gölü, Hazar Gölü'nün de içinde bulunduğu 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 Havzası'nın 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-Yaylın 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 sahalarda bu bölge içerisinde daha geniş bir alan işgal eder (Şekil 1).



Şekil 1. Yukarı fırat bölümü

Bu çukurluk kesim, daha yaşlı jeolojik birimlerin olduğu bir bölge olup, birbirine paralel ve sıkışık sıralar halindeki bir dizi küçük antiklinal ve senklinalden oluşan yapı sunmaktadır (Erinç, 1953). Hazar Gölü depresyonu, doğusunda bulunan hafif meyilli, düz tabanlı olgun bir vadi ile Dicle nehrine açılmakta olup, göl suları önceleri bu nehir için bir kaynak vazifesi görmekteydi.

2.2. İklimsel Özellikleri

Doğu Anadolu iklimi genel anlamda şiddetli karasal özelliği göstermesinin yanı sıra yağış miktarı ve nemlilik derecesi bakımından komşusu olan İran ve İç Anadolu'ya nazaran daha elverişli koşullara sahiptir. Çalışma sahamızın da içinde olduğu Doğu Anadolu'nun güney ve güneybatısında Akdeniz yağış rejimi etkilidir ve bölge en çok yağışı bahar aylarında alır. Bölgemizde, yaz mevsimi boyunca etkin olan Afrika üzerinden gelen kuru ve stabil özellikteki sıcak, tropikal hava kütlesi kuraklığın bu dönemde artmasına neden olur. Bu sıcak kütle hareketiyle birlikte gelişen etkin hava hareketi, Atlas Okyanusu'nun subtropikal yüksek basınç sahasından Basra Körfezi üzerindeki alçak basınç alanına doğru hareketle kuzey doğrultulu rüzgarlar halindedir. Kış mevsiminde ülkemiz üzerinde etkin olan kutbi hava hareketleri, kuzeybatısından gelen Kuzey Atlantik hava hareketleri ile kuzeydoğusundaki Sibiryâ, Rusya ve İskandinavya üzerinden gelen hava kütlelerinin tesiri altındadır. Doğu Anadolu'da ise Kuzey Afrika, Güney Balkanlar ve Ortadoğu üzerinden gelen subtropikal hava kütleleri bu dönemde etkindir. Sonuçta, Kutbi karasal ve tropikal hava kütleleri arasındaki bu mücadele bu bölge ikliminde etkin rol oynar (Erinç, 1953).

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 bir geçiş sahasında yer almakta, bir taraftan ana çizgileriyle kuzeyinde ve güneyinde yer alan bu iklimlerin özelliklerini taşıırken, bir taraftan da kendine özgü iklim şartlarıyla dikkati çekmektedir. Coğrafi konumu daha serin ve daha az kurak, kışları ise, daha yağışlı ve biraz daha soğuktur. Diğer taraftan yağışın yıl içerisindeki dağılışına bakıldığında, en yağışlı mevsimin kış ve ilkbahara rastlaması Akdeniz yağış rejimine benzer bir özellik sergilediğini göstermektedir.

Hazar Gölü Havzası soğuk karasal özellik göstermektedir. 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 az yağışı Ağustos ayında alır (DMI, 2000).

2.3. Bitki Örtüsü Özellikleri

Hazar Gölü çevresinin toprak örtüsünü stepden çöle geçiş alanlarının toprakları olan kırmızı kahverengi topraklar, daha alçak kesimlerde bilhassa birikinti konileri, yelpazeler ve deltalar üzerinde ise, yüksek arazi topraklarının aşınıp taşınmasıyla oluşan kolüvyal topraklar ve alüvyal topraklar ve 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 yanısıra soğuğa karşı dayanaklı meşe ormanları ve kuraklığı yansıtan ardıçlar gözlenir.

2.4. Hidrolojik Özellikleri

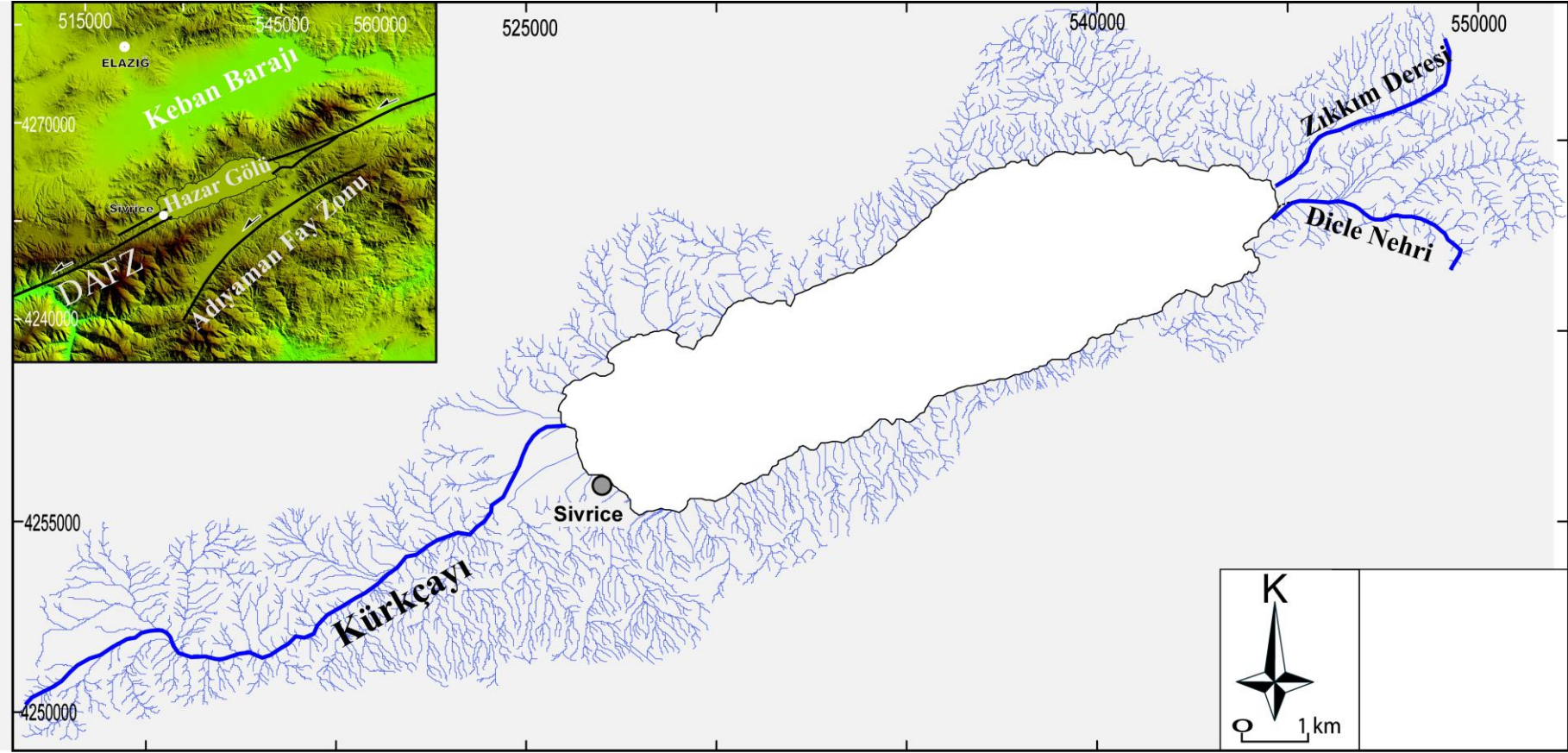
Hazar Gölü'nün güneyinde bulunan Hazar Dağı'nın andezit ve bazaltlardan oluşuyor olmasından ötürü, oluşan bol çatlaklı ve gözenekli yapısı itibariyle, çok sayıda süreklilik gösteren su kaynaklarının buralarda bulunmaktadır. Hazar Dağı'ndan inen akarsuların derine aşındırması sonucu oluşan V şekilli çentik vadiler oluşturup yüzeyde derin izler açar ve göle ulaştıkları yerlerde küçük birikinti konileri ile fan-deltalar meydana getirir. Göle batıdan karışan Kürk suyu, göle gelen en önemli akarsu olup doğudan karışan Zıkkım ile Savsak dereleri de önemli miktarda su taşımaktadır. Zıkkım Deresi ve Kürksuyu, havzadaki diğer akarsuların aksine, Doğu Anadolu Fay zonuna karşılık gelen oluğa yerleşmiş subsekant akarsulardır. Yani tektonik yapıya uygun, D-B yönünde akan "boyuna" akarsulardır. Buna karşılık diğer dereler ise, oldukça yakın jeolojik devirlerde meydana gelen epirojenik hareketler sonucu oluşmuş, kuzey- güney yönlü "enine" akarsulardır (Günek ve Yiğit, 1995). Kürksuyu, batıdan fay hattına yerleşmiş derin bir çentik vadi içerisinde akar. Hazar Dağı eteklerinde yüzeye çıkan birçok fay kaynağının suyunu da alarak, Sivrice kasabası batısında büyük bir delta oluşturup göle karışır. Kürksuyu kış ve özellikle bahar aylarında bölgeye gelen yağışlarla paralellik gösterip yatağında bol su bulundurur ve göle yıllık ortalama $5,9 \times 10^6$ m³ kadar su taşır

(Şen ve diğ., 2002). Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise yaz kuraklığıyla taşıdığı miktar azalsa da bir miktarda olsa göle su taşır.

Zıkkım Deresi, gölün kuzeydoğusunda yer alan Mastar Dağları'nın güney eteklerinde yüzeye çıkan iki ayrı kaynağın birleşmesiyle oluşmaktadır. 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 oluşturur, bu mesafeden göle kadarki aralıkta da delta özelliği kazanmaya başlar ve nihayet göl kıyısında Gezin Deltası'nı oluşturarak göle ulaşır (Şekil 2).

Savsak Deresi, Çelemlik Dağları üzerinde geniş bir tepelik alanı oldukça derin bir biçimde kazarak, göle doğru dar ve derin bir vadi şeklinde uzanmaktadır. Bu dere, önünde küçük bir yelpaze oluşturduktan sonra, yelpaze malzemeleriyle iç içe olacak biçimde 30-40 m uzunluğunda deltaik malzemede yer alır. Mart, Nisan gibi yağışlı mevsimlerde fazlalaşan dere suları, yaz aylarında nerdeyse göle hiç malzeme getirmez. Diğer önemsiz derelerde, Savsak deresinin özelliklerini az çok yansıtır.

Kavak Deresi, diğer bir adıyla Behrimaz Çayı, Hazar Gölü Havzası içinde yer almamasına rağmen sonradan bir kanalla havzaya dahil olmuş ve Hazar Dağı'nın güney eteklerinden çıkan kaynak suları ile gölü beslemektedir. Bu derenin, DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından 1960'da yapılan bir çevirme kanalıyla göle akışının sağlanmasında Hazar Hidroelektrik santrallerinin devreye girmesiyle azalmaya başlayan göl sularını karşılama düşüncesi yatmaktadır. Kavak Çayı, yıllık ortalama 3×10^7 m³ kadar suyu göle taşımaktadır. Ekim ayı ortalarında başlayan su taşıma, Şubat ayı sonuna kadar artarak devam eder ve Mart ayı başlarından itibaren alçalmaya başlar, Temmuz başlarında tamamen etkisini kaybeder. Özellikle sulamada kullanılmasına bağlı olarak Ağustos ve Eylül aylarında çevirme kanalı tamamen kurumaktadır (Günek ve Yiğit, 1995).



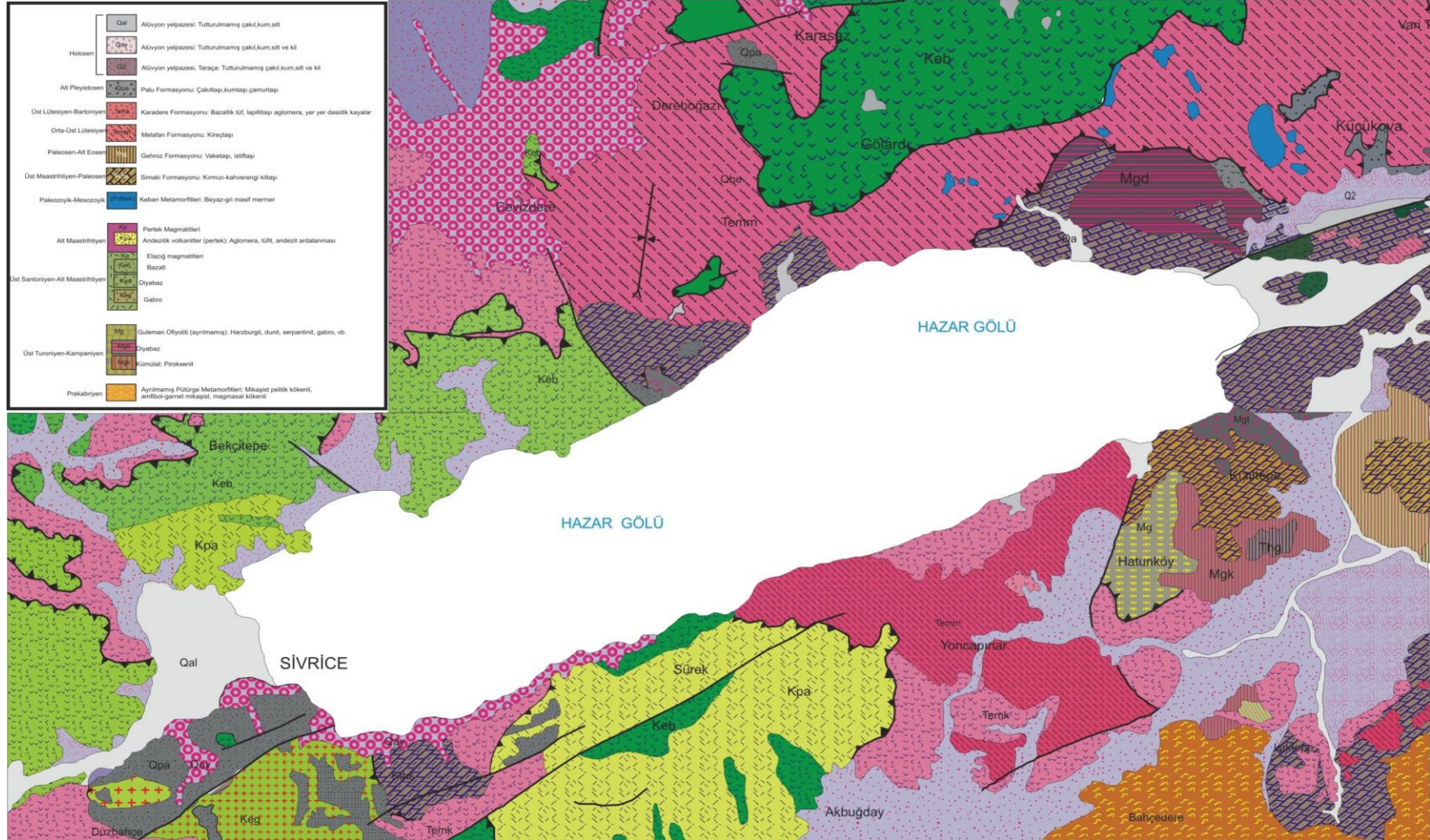
Şekil 2. Hazar Gölü çevresinin drenaj haritası (TÜBİTAK, 2011).

3. HAZAR GÖLÜ VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

3.1. Stratigrafi

Hazar Gölü çevre kayaçları Üst Jura-Alt Kratese yaşlı Guleman Ofiyolitik kayaçlar, Senoniyen yaşlı andezitik bazaltik volkanit ve piroklastitlerden oluşan Elazığ Mağmatikleri, Alt Paleosen-Orta Eosen yaşlı denizel filiş niteliğindeki Hazar Grubu, Orta Eosen yaşlı Maden denizaltı volkanizmasında oluşmuş olan volkanik ve volkano-sedimanterlerin oluşturduğu Maden Karmaşığı olup bunlar Hazar Gölü'nü mineralojik ve jeokimyasal yönden besleyen kayaç birimleridir (Şekil 3). Bölgede Guleman Ofiyolitleri dünit, harzburjit, verlit, klinopiroksenit ve gabrolardan (Öztunalı, 1984), Elazığ Mağmatikleri ise düşük yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış asidik intruzyonlu gabbro, diyabaz, bazalt, prehnit-pumpeliyit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş ve asidik daykılarla kesilmiş ojit-andezitik volkanikler ve volkanoklastikler, yastık lavlar, mafik daykılarla kesilmiş andezitik volkanikler ile volkanoklastiklerden oluşmaktadır (Hempton ve Savcı, 1982).

Hazar Grubu, filiş özelliğinde kireçtaşları, grovak klastikleri ve şeyllerden meydana gelmekte olup, Sungurlu (1975), Perinçek (1979), Aktaş ve Robertson (1990) tarafından Simaki, Şebken ve Gehroz formasyonları olarak üç ayrı formasyonda tanımlanmışlardır. Birim ofiyolitler üzerinde uyumsuzlukla sığ denizel şartlarda çökelmiş olan kireçtaşları ile başlamakta, bunların üzerine denizin yamaç özelliğini gösteren gri kumtaşı-şeyl aralanması ile yeşilimsi, mavimsi kilaşları ile devam etmektedir. Maden Grubu volkanik faaliyetlerin sedimantasyona eşlik ettiği değişik yörelerde birbirinden farklı ancak deneştirilebilen özelliğe sahip volkanik kayaçlar ve sedimanter kayaç topluluğundan oluşmaktadır. Yazgan (1981), Elazığ-Malatya dolaylarındaki çalışmalarında birimi Maden otokton çökelleri, Melafan oluşumu ve volkanik Maden oluşumu olmak üzere üçe ayırarak Maden Karmaşığı adı altında incelemiştir. Şengör ve Yılmaz (1983) Bitlis-Pötürge Masifi üzerinde Maden kenar denizi içi topluluğu olarak tanımladıkları ortamda çökeldiğini belirttikleri birime Ergani Karmaşığı adını vermiştir. Yazgan (1981) karmaşığı Maden Otokton Çökelleri, Melefan oluşumu ve Volkanik Maden oluşumu olmak üzere üç ana bölüme ayırarak volkanik Maden oluşumunun jeokimyasal özelliklerini detaylı olarak araştırmıştır.



Şekil 3. Elazığ Hazar Gölü çevresinin 1/ 500.000 ölçekli jeolojik haritası (MTA).

Her üç birimde de volkanik malzeme mevcut olup, denizaltı ortamında çökelmiş olan volkanik ve volkanoklastiklerden meydana gelen volkanojenik malzemeyi kısmını temsil eder. Yazgan (1981), bunların volkanik tüf, lapilli taşı, aglomera, aliminyumca zengin bazaltlar, potasyumca zengin toleyitler, islandit, dasit, mikrogranit, siyenit, diyabaz, mikrogabro gibi piroklastikler, volkanik ve yarı derinlik kayaçlarından oluştuğunu ifade etmiştir. Erdoğan (1982), mineral parajenezinden yola çıkarak Maden Grubu'nun 250-300 °C ve 2-3 kb basınçta prehnit-pumpellyit fasiyes şartları altında metamorfizmaya uğradığını belirtmiştir ve bunları üst volkanik birim olarak incelemiştir. Araştırmacı klinopiroksenlerin çok az oranda klorite dönüştüğünü, plajiyoklazların albitleştiğini ve yoğun olarak kapanımlar içerdiğini, ikincil mineral olarak çokluk sırasına göre albit, kalsit, pumpellyit, kuvars, epidot, klorit ve prehnitin bulunduğunu, klinozoisit, zoisit ve aktinolite rastlanmadığını belirtmiştir.

3.2. Tektonik Konum

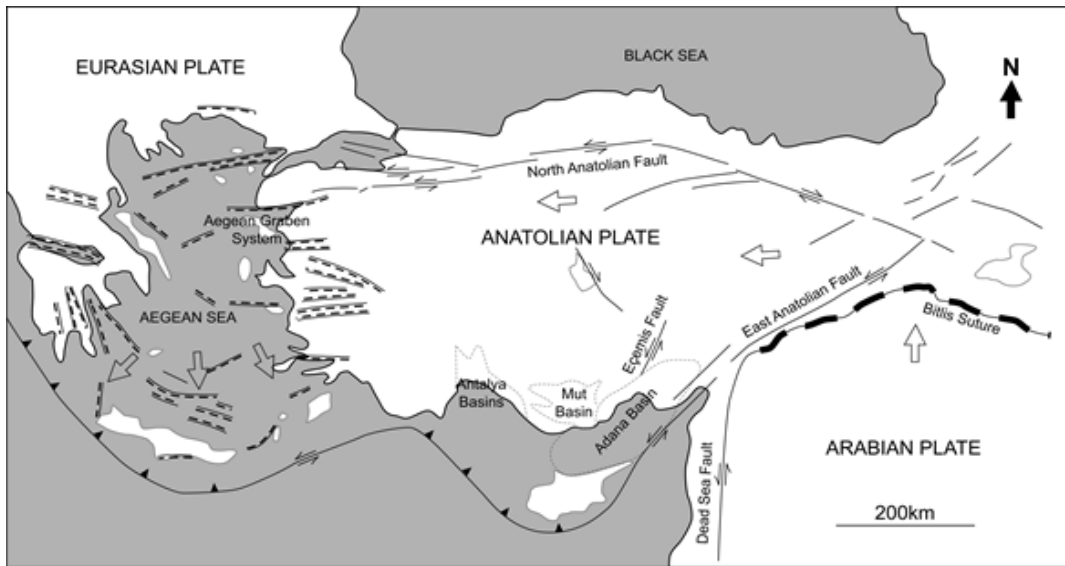
Hazar Gölü, doğrultu atımlı sol yönlü bir fay kuşağı olan DAFS (Doğu Anadolu Fay Sistemi) üzerinde oluşmuş bir çek-ayır havzasıdır (Hempton ve diğ., 1983; Dune ve Hempton, 1984; Herece ve Akay, 1992). Bu konu hakkındaki bir başka düşünce de, gölün doğusunda ikiye ayrılan ana fayın göl boyunca güneybatıya doğru hareket etmesiyle oluşan yarı paralel ve mercek biçimli bir çöküntü havzası olduğu düşüncesidir. Negatif çiçek yapısı denilen bu yapı, yine doğrultu atımlı faylanma sonucu oluşur (Aksoy ve diğ., 2007). Hazar Gölü'nün ne zaman oluştuğuyla ilgili araştırmaların çoğu, gölün oluşum yaşını DAFS' nin oluşum yaşıyla ilişkilendirilmiştir. Faylanmanın yaşı ise Üst Pliyosen yani günümüzden yaklaşık 2.5 milyon yıl öncesi olarak kabul edilir (Lyberis ve diğ., 1992; Herece ve Akay, 1992; Taran, 1993).

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) Orta Miyosen'den günümüze aktivitesini sürdüren Türkiye neotektoniğinin ana elemanlarından biri olma özelliğindedir. Bilindiği gibi Orta Miyosen'nin Serravaliyen döneminde Arabistan ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucu Bitlis Okyanusu'nun (Güney Tetis) kapanması ile neotektonik dönem başlamıştır (Şengör ve diğ., 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.

Bu faylardan biri 1200 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı (KAF), diğeri ise Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)'dir (Şekil 4). Anadolu levhası KAF hattı boyunca yılda 2,5 cm hızla hareket ederken, DAFS boyunca 1 cm hızla hareket etmektedir. Neotektonik rejim içerisinde yanıl hareketler en fazla Pliyosen döneminde etkin hale gelmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey ve diğ., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987; Ercan ve diğ., 1990; Koçyiğit ve diğ., 2001; Aksoy ve diğ., 2007). Neotektonik dönemin farklılık sunan yapıları arasında, üzerlenmiş havzalar, Kuvaterner çek-ayır havzalar, eşyaşlı doğrultu atımlı faylar ve faylanma kaynaklı sığ odaklı depremler, K-G gidişli kısa normal faylar, açılma çatlakları ile genç volkan ve volkan dizileri bulunur (Koçyiğit, 2002).

DAFS, 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, Koçyiğit ve diğ., 2003, Aksoy ve diğ., 2007). Bu kuşak içerisinde çok sayıda paralel veya yarı paralel sol yanıl atımlı faylar bulunur. Bu faylarda sıçrama, ayrılma, bükölme ve yön değıştirmelere rastlanır. Ayrıca bu yapılar arasında dere ötelenmelerini, fay yamaçlarını, dönmüş fay vadi ve sırtlarını, asılı vadileri heyelanları, su kaynaklarını ve yanıl atımlıhavzaları görmek mümkündür (Çetin ve diğ., 2003). Bunlardan biri de, kuşkusuz, Elazığ yöresinde konumlanan Hazar Gölü (çek-ayır) havzasıdır.



Şekil 4. Türkiye'nin tektonik rejimi (Kandilli Rasathanesi, 2000).

Doğrultu atımlı bu fay çöküntüsü, daha önce, DAFS 'nin ana fayının, Hazar gölünün kuzeydoğu köşesinde sola sıçramasıyla oluşmuş, klasik bir çek-ayır havza ya da eşkenar dörtgen biçimli bir graben havzası olarak yorumlanmıştır (Moreno ve diğ., 2010). Bu görüşün aksine, aktif fayların ayrıntılı haritalaması ve fayların geometrisi ana fayın, Hazar Gölü kuzeydoğu köşesinde sola sıçrama yapmadığını açıkça ortaya koymuştur (Aksoy ve diğ., 2007).

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 ortalama günde büyüklüğü 3'ten küçük 5 depremin olduğu ortaya konmuştur (Çetin ve diğ., 2003). Bunun yanında aynı bölgede yapılan paleosismik çalışmalar ve tarihsel kayıtlar, bu yörede 7'den büyük depremlerin olduğunu da açıkça göstermiştir (Ergin ve diğ., 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 basmasına neden olmuştur (Kilise Adası).

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.

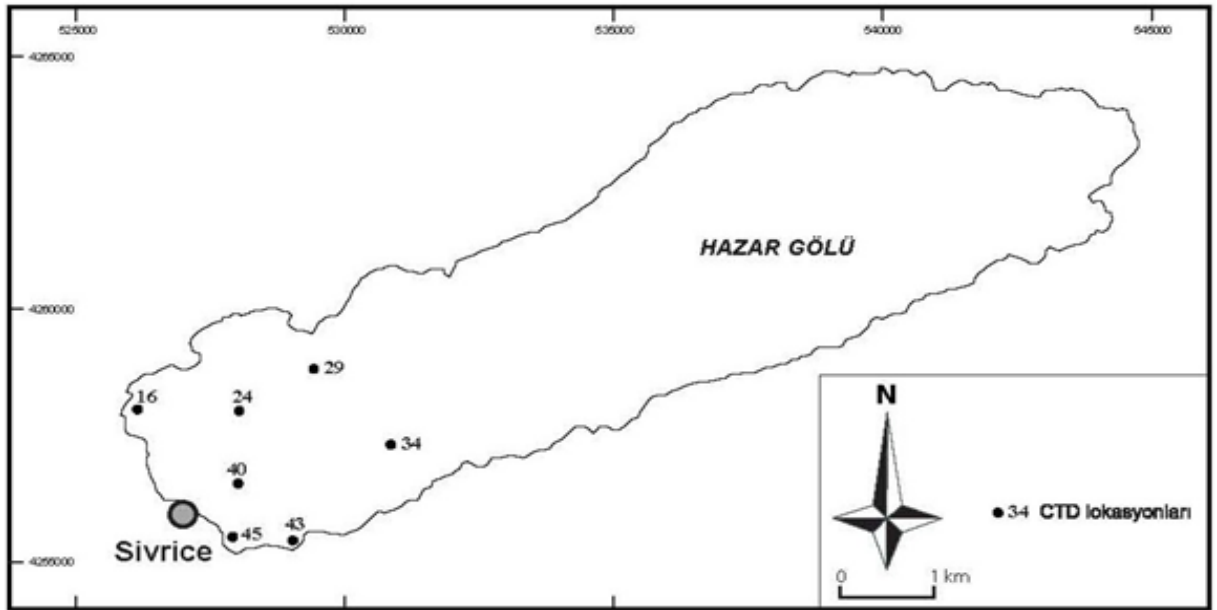
4. HAZAR GÖLÜ'NÜN LİMNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Hazar Göl'ünde DSİ tarafından 1993-1996 yılları arasında yapılan çeşitli fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri bakımından incelenmiş ve birçok limnolojik özellikleri ortaya konmuştur. Bunun dışında da yine gölün limnolojisi ile ilgili az sayıda da olsa çalışmalar bulunmaktadır (Akbaş,1996; Çoban, 2007). Hazar Gölü'nün derinliği konusunda yapılan çalışmalar çok çeşitli olmakla birlikte, tüm araştırmacıların vardıkları ortak nokta, gölün 200 m yi bulan derinliğe sahip olduğudur. Huntington (1902)'de yaptığı çalışmada gölün derinliğini 213 m, Karan (1960) 80 m, DSİ (1970) 152 m, Akşiray (1971) 216 m, Chaput (1976) ise yöre halkından edindiği bilgilere göre 300 m olduğunu öne sürmüştür ve Biricik (1993) ise 80 m rakamı vermiştir. Daha güncel olan Moreno ve diğerleri (2010) ise yaptıkları sismik çalışmalar neticesinde gölün en derin noktasını 200 m olarak vermiştir.

Hazar Gölü'nde tez kapsamında yapılan 20 günlük arazi çalışmaları sırasında araştırma teknesi ve platform sayesinde karot çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile eş zamanlı olarak göl suyunun farklı derinliklerinde CTD aleti ile gölün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de ölçülmüştür (Şekil 5). 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 (termocline) yaklaşık 18 ila 28 m'ler arasında gözlenmektedir. Üst su tabakası olan 'epilimnion' da sıcaklık yaklaşık 17-18 °C arasında değişmektedir. Bu değer 20 m'lere gelindiğinde ise 11 °C'ye düşmekte ve 50 m su derinliğinde ise 6 °C'ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Bu iki farklı sıcaklığa sahip su tabakalanması arasında kalan 'metalimnion' tabakasının varlığı yaklaşık 17-22 m'ler arasındadır.

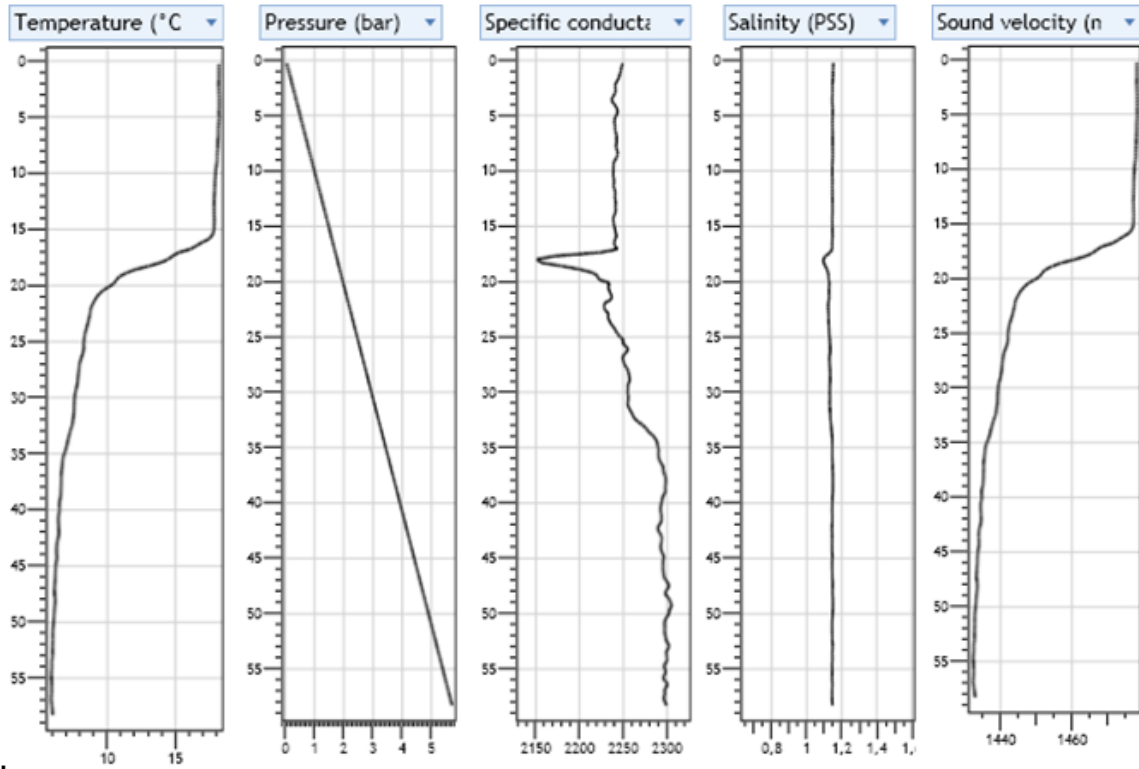
Alt su tabakası CTD aleti ile 55 m'ye kadar yapılan tuzluluk ölçümlerinde bu parametrenin derinliğe bağlı olarak fazla değişmeden sabit kaldığı gözlenmiş ve göldeki tuzluluk değeri 1.1 PSS olarak (binde 11) ölçülmüştür. Göl suyunda en fazla ölçüm alınabilen derinlik olan 55 m'ye kadar sudaki basıncın doğrusal olarak arttığı gözlenmiş ve ölçüm alınan derinlikte bu değerin en fazla 6 bar arttığı gözlenmektedir.

Benzer lokasyonlarda yapılan ölçümlerde göl suyu iletkenliği su yüzeyinde 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerindeyken 18. m'de aniden 2150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine düştüğü ve birkaç metre derine doğru yeniden eski değerine kavuştuğu 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 5. 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 ise su sıcaklığındaki azalma sonucunda suyun yoğunluğundaki artış ses hızında da azalmaya sebep vermektedir. Buna göre, ses hızı göl yüzeyinde 1500 m s^{-1} iken 15 m'ye kadar değişmediği, ancak daha sonra aniden azalarak 20 m'de 1450 m s^{-1} 'ye düştüğü gözlenmektedir. Gölde bu seviyeden daha derine doğru doğrusal bir şekilde ses hızında azalma devam etmekte ve bu değer 55 m'de yaklaşık 1430 m s^{-1} olarak ölçülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Hazar Gölü batısında -55m'de yapılan CTD ölçümlerinde gözlenen sıcaklık, tuzluluk, basınç, iletkenlik ve ses dalga hızı değerlerinin değişimi (TÜBİTAK, 2011).

5. ÇALIŞMA METODLARI

5.1. Karot Çalışmaları

Hazar Gölü (Elazığ) çökel karotları, 15 Ekim-3 Kasım 2011 tarihleri arasında 20 günlük bir arazi çalışması süresini kapsamaktadır. Bu çalışmalar içerisinde, gölde yapılan sığ sismik çalışmalar ve yine gölde platform üzerinden sediment karotu alma çalışmalarını kapsar (Şekil 7 ve 8). Bu çalışma sırasında, Hazar Gölü'nden, gravite ve piston karotiyerler kullanılarak çeşitli derinliklerden uzun ve kısa olmak üzere 6 adet sediment karotu alınmıştır (Şekil 9, Tablo 1). Bu çalışmada incelenen, HZ11-P02, HZ11-P03, HZ11-P05, HZ11-P06, HZ11-P07 ve HZ11-G03 uzun ve kısa karotlarının sedimantolojik, jeokimyasal analizleri ile çökellerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Fırat Üniversitesi Sedimantoloji 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 piringten yapılan karot tutucu (core catcher) ile malzemenin geri çıkması engellenir. Karot tutucu su tabanına ilk giriş anında çamuru karıştırması sebebiyle, yüzey piston yöntemiyle kullanılmalıdır.



Şekil 7. Çakma Piston yönteminden bir görünüm

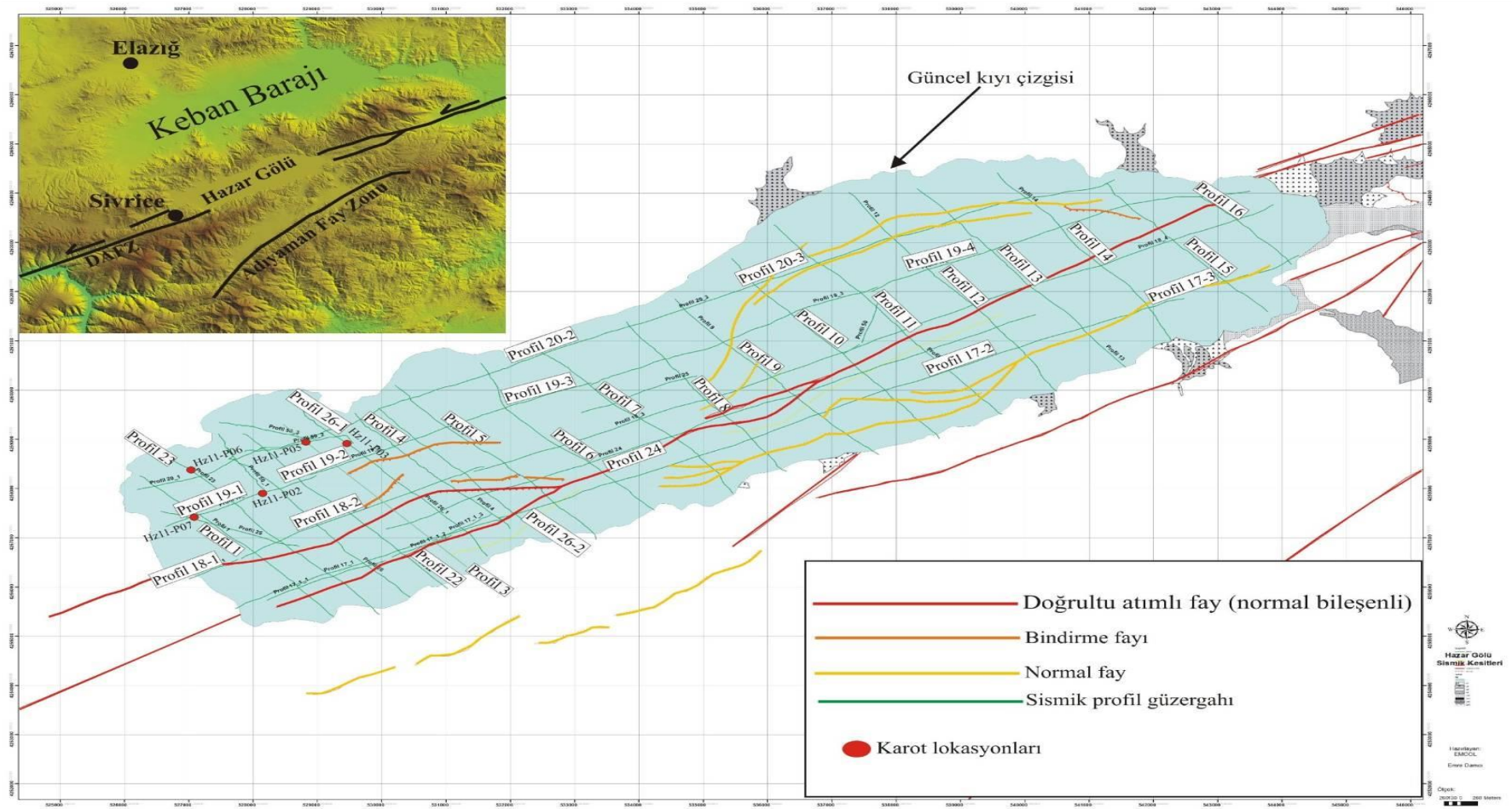
Gravite karotiyerinde ise PVC borunun kafasına monte edilen ağırlık (30 kg) ile su tabanına 0.1 m yukarıdan bırakılarak kendi ağırlığı ile tabana saplanması sağlanır. Sistem teflon bir başlığa conta ile tutturulan vakumlama sistemi ile çalışır. Vakum sistemi ancak 1-1.5 m'lik çamuru taşımaya elverişlidir.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



Şekil 8. Karot alımında kullanılan 3.40 mx4.40 m boyutunda yüzen platform

Tablo 1. Tez kapsamında manyetik geçirgenlik analizleri yapılan piston ve gravite karotlarına ait bilgiler (TÜBİTAK, 2011).

Karot Adı	Karot uzunluğu (m)	Derinlik (m)	Karotiyer türü
Hız11- P02	3.79	-51.5	Piston çakmalı
Hız11-P03	3.48	-50	Piston çakmalı
Hız11-G03	0.98	-56.3	Gravite
Hız11-P05	2.25	-37.5	Piston çakmalı
Hız11-P06	2.57	-11.5	Piston çakmalı
Hız11-P07	1.98	-14	Piston çakmalı



Şekil 9. Bu çalışma kapsamında incelenen sismik profil ve bunların üzerinden alınan karotların lokasyonlarını gösteren Hazar Gölü haritası (TÜBİTAK, 2011).

5.2. Sismik Çalışmalar

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında hava koşullarının en uygun olduğu zamanlarda üniversitemize ait 6 m boyunda bir araştırma teknesi kullanılarak gölün sadece batı kesiminde sismik çalışmalar yapılmış ve toplam 23 km uzunluğunda 12 adet sismik kesit alınabilmiştir (Şekil 9). 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 çökme modeli, uyumsuzluklar, deniz düzeyi değişimleri gibi pek çok konuda yorum yapılabilmektedir.

Vail vd. (1977a) 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 yeralan 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 çökmezlikleri karakterize etmekte olup belirli bir

stratigrafik boşluğu karakterize etmektedir. Uyumsuzluk yüzeyleri eş zamanlı yüzeyler olmayıp, kronostratigrafik değildir (Vail vd., 1977a).

Vail vd., (1977a)'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;

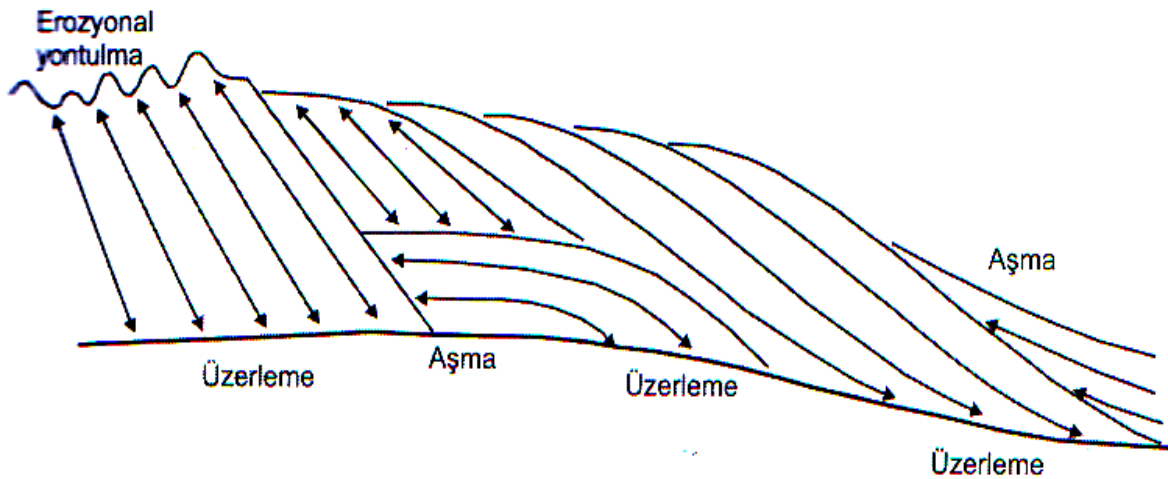
1. Jeolojik zaman korelasyonları,
2. Çökel birimlerin tanımlanması,
3. Çökel birimlerin çökelme ortamları ve kalınlıkları,
4. Paleobatimetresi

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

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 klinoformların erozyonel olarak yontulmalarıyla oluşurlar (Şekil 10).



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

Sismik yansıma şekilleri stratigrafik özelliklerle doğrudan ilgilidir. Çökelme 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., 1977a).

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

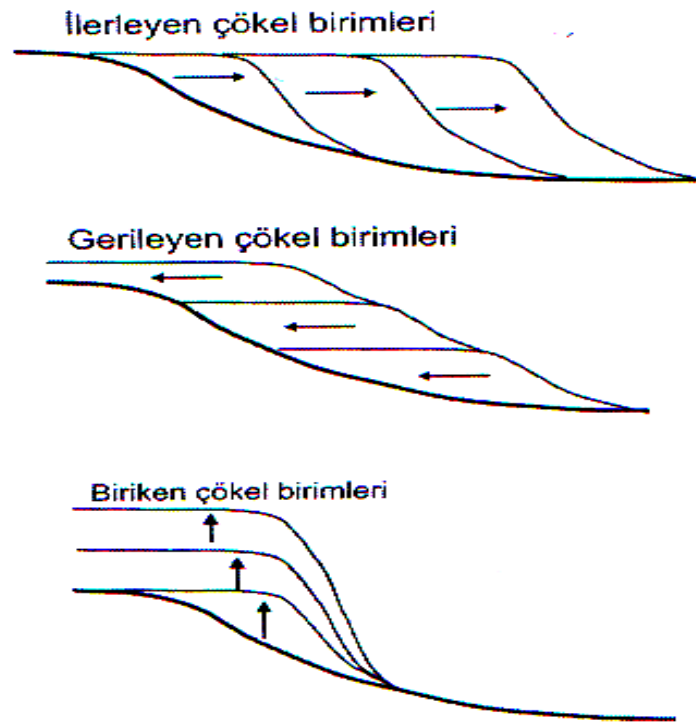
a) Paralel ve yarı paralel sismik yansıma yüzeyleri: Genelde şelfi/ platformu, alüvyal düzlükleri, delta platformu ve delta düzlüğünü karakterize eder (Şekil 11).

b) İlerleyen sismik yansıma yüzeyleri: İlerleyen yamaçla birlikteki 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 paketlerini gösterdikleri geometrik ve yapısal özellikleri (Vail vd., 1977a).

5.3. Toplam Organik Karbon Analizleri (TOC)

Toplam karbon (TC) analizi için TOC/TIC analizörü kullanılmıştır. 20 ve 50 mm aralıklarla 5 gr örneklenen çökeller dondurularak 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 [$C_6H_4(COOK)(COOH)$] 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 Hidrojen karbonat ($NaHCO_3$) kullanılarak 20, 40 ve 80 mg'daki inorganik karbon yakılarak kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Analizler, öğütülmüş örneklerin, TC için 900 °C' de ,TIC için ise % 85'lik fosforik asitle yok edildikten sonra 200 °C' de yakılması ve karbondiyoksidin miktarının cihazla tesbitine dayanmaktadır. Metoda göre toplam organik karbon ile inorganik karbon yüzdesi arasındaki fark toplam organik karbon yüzdesini vermektedir. Bu analizlerin tekrarlılığı %95 güvenirlilikte %5 'ten daha iyidir (Gaudette et al. 1974; Loring and Rantala, 1992).

5.4. 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, havadaki 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 ve diğ., 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 ve diğ., 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 killi malzemede yüksek, kumlu ve daha kaba boyuttaki malzemede düşük bulunur.

5.5. Radyokarbon Analizleri

Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizleri ile karotlarda belirli litostratigrafik birimlerin ayırt edilmesinin ardından bu seviyelerin yaşlandırılabilmesi için radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma tekniği kullanılır. Bunun için karotlardan seçilen bivalv, ostrakod ve bitki/odun parçaları gibi örnekleri çökel malzemesinden yıkayarak arındırılmış ve yaşlandırma analizi için hazır edilmiştir. Örneklerin taşınmamış olmasına ve AMS yaşlandırmalarında tek kavkı olmasına dikkat edilecektir. Kavkılar dikkatli bir şekilde su altında fırça ile temizlenerek, binoküler mikroskop altında diyajenetik alterasyona uğrayıp uğramadığı incelenecektir. Yaşlar, ^{13}C düzeltmesi yapıldıktan sonra olarak hesaplanarak, günümüzden önce ^{14}C yılını verecektir. Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizleri sayesinde farklı çökel birimlerinin ^{14}C analiz sınırları (G.Ö. 40 bin ila 1500 yıl arası) içerisinde kalan kronolojik dizilimleri hakkında bilgi edinilecek ve bu sayede karot çökellerinin hassas kronostratigrafik çalışmaları yapılmış olacaktır.

5.6. Polen Analizi

Bu çalışma kapsamında karot çökellerinde polenlerin tayini TÜBİTAK projesinde doktora sonrası bursiyer olan Dr.Demet BİLTEKİN tarafından tayin edilmiş ve tarafınca da yorumlamalarına katkı sağlanmıştır. Hz11-P03 karotunda polen analizleri için 5 cm aralıklarla örnekleme yapılmıştır. Örnekler 20 gr tartıldıktan sonra 41 adet sediman örneğinde polen kesitleri Cour'un (1974) klasik metoduyla hazırlanmıştır. Analiz edilirken yaklaşık olarak 20 gram sediman örneği kullanılmaktadır. Metotda örnekler ilk olarak HCl (35%) asit ve HF (70%) asit ile sedimandaki karbonat ve silika içeriğini elimine etmek için reaksiyona sokulmuştur. Kalan sedimandan palinomorfları ayırmak için ZnCl_2 (yoğunluk >2.0) kullanılmıştır. Kalan sediman örneği 10 μm 'luk naylon elekten

geçirildikten sonra, cam lamellerin üzerine bir miktar gliserin konularak mikroskop slaytları hazırlanmıştır.

Slaytlar ışık geçirgenli (light transmitted) mikroskopta İstanbul Teknik Üniversitesi Paleontoloji laboratuvarında, farklı objektiflerde (x40 ve x100) imersiyon yağı kullanılarak analiz edilmiştir. Polen tanımlamada, polen taneleri minimum 150 oluncaya kadar Pinus hariç tutularak sayılmıştır.

6. BULGULAR

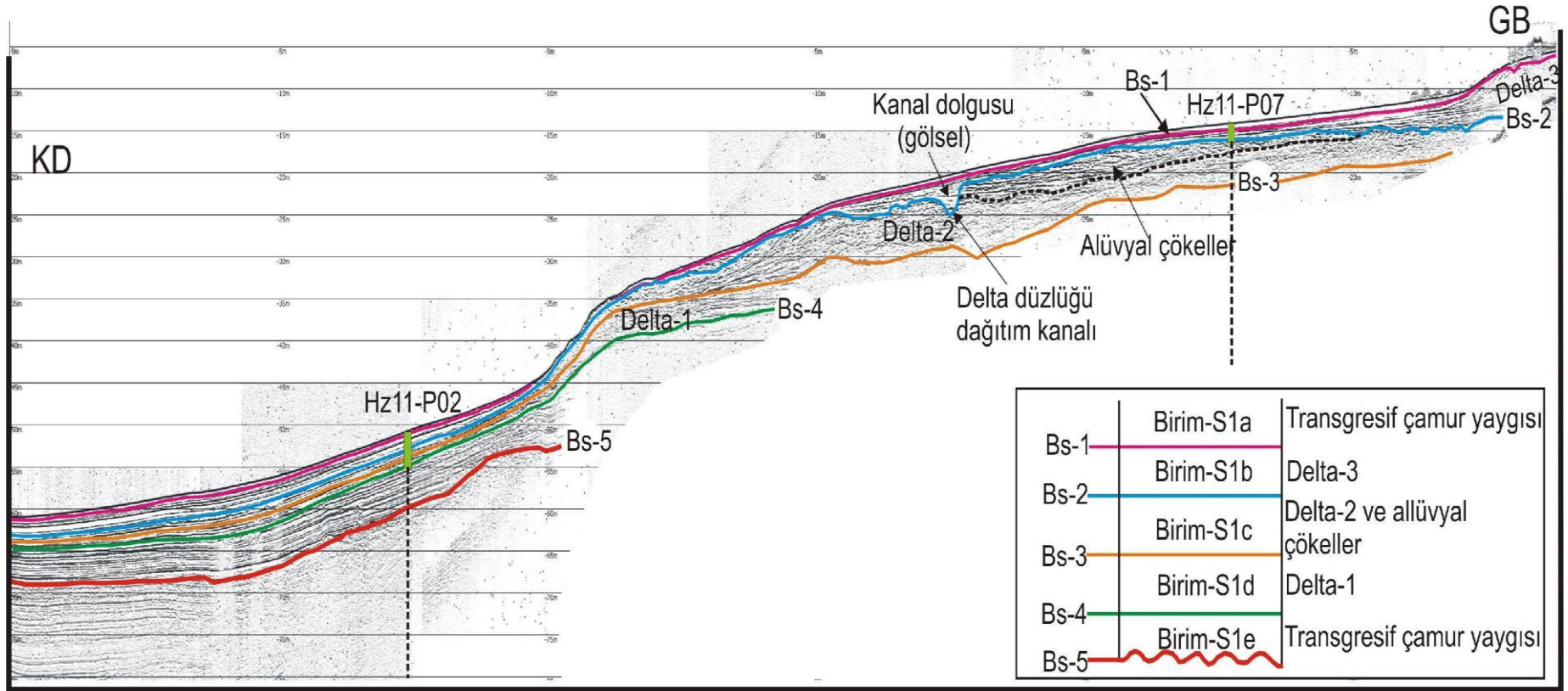
6.1. Sismik Çalışmalar

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 ayırtlanmıştır. 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 12). Sismik kesitte yapılan sismik-stratigrafik yorumlamalar sonucunda göl tabanından itibaren derinlere doğru farklı sismik yansıma yüzeyleri saptanmıştır (Şekil 9). Jenetik 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 istif (Delta-2) ve bunu üzerleyen alüvyal çökellerden oluştuğu gözlenmektedir. Birim-S1c'ye ait bu delta çökellerinin üst kısımları aşındırılmış ve yeryer 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.

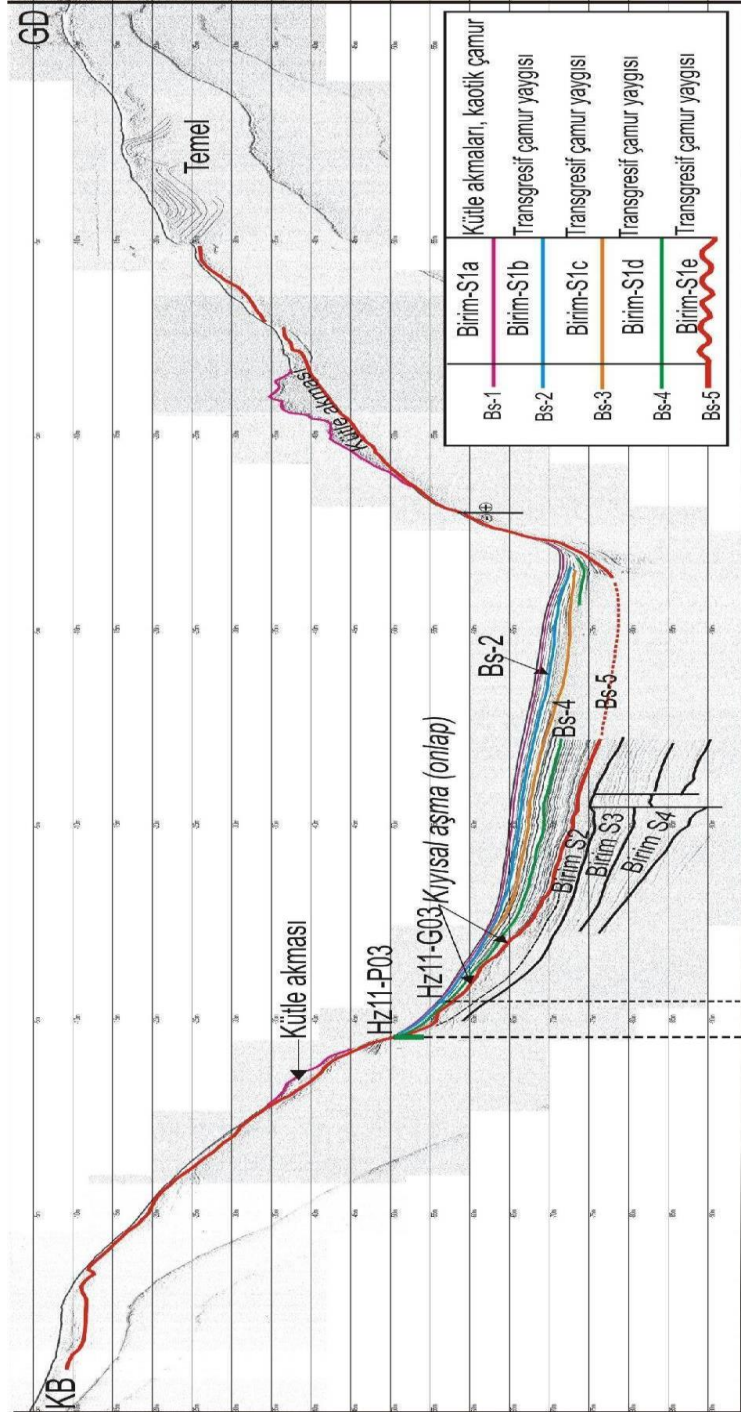


Şekil 12. Hazar Gölü batısından alınmış 19-1 nolu sığ-sismik kesit. Kesitte yapılan sismik-stratigrafik yorumlamalar sonucunda ayırtlanan birimler ve bunları ayıran sismik yansıma yüzeylerine ait tanımlamalar kesitte verilmiştir (TÜBİTAK, 2011).

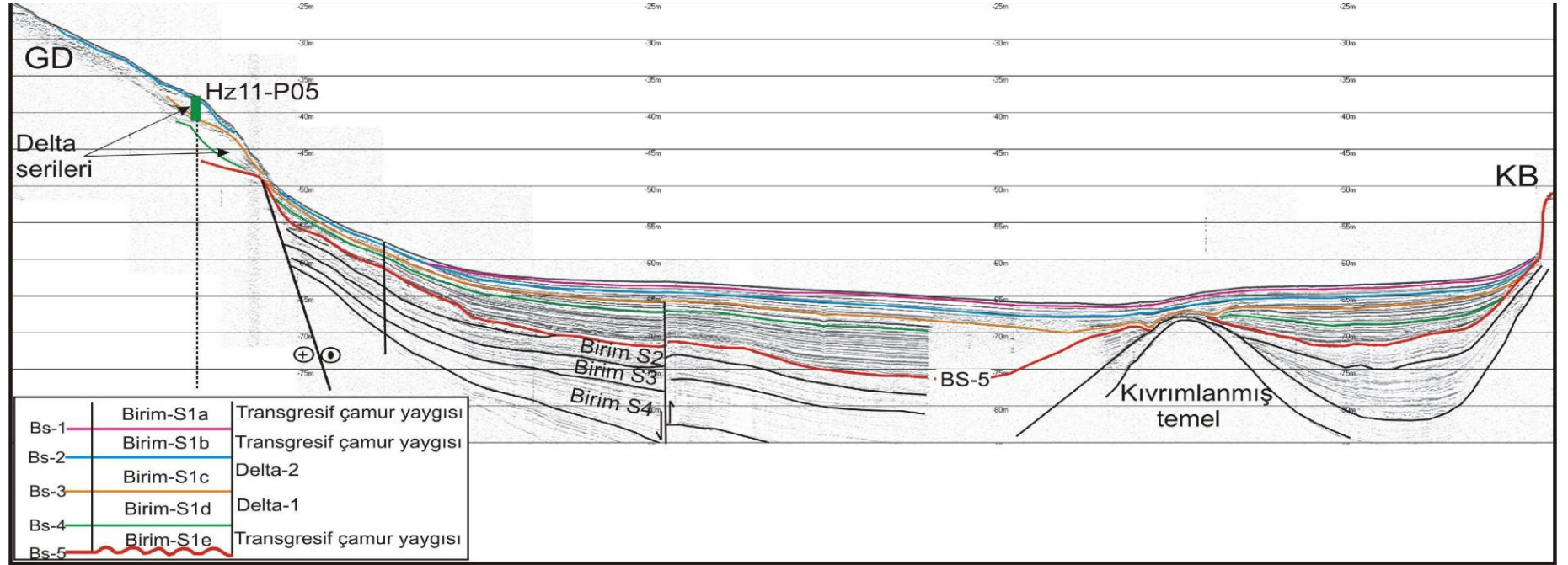
Profil 26-1: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KB-GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2.2 km'dir (Şekil 13). Kesitte yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda dört farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Birim-S1-S4). Bu birimlere ait çökellerin kesitin genelde orta kesimlerde daha kalın 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 yansıma yüzeyi üzerine kıyasal aşma yaparak çökmeleri 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 yanıl olarak yüzeylemeleri devamlı olmayan Birim-S2,-S3 ve -S4'e ait çökeller yüzeye kadar ulaşmayan normal faylar ile kesildikleri gözlenmektedir.

Profil 3: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KB-GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 1.9 km'dir (Şekil 14). Kesitte yapılan sismik stratigrafik yorumlamalar sonucunda dört farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Birim-S1-S4). Bu birimlere ait çökellerin kesiti genelde orta kesimlerde daha kalın yüzeyledikleri gözlenmektedir. Kesitte en genç birim olan Birim S1'e ait çökeller kendi içinde beş farklı litostratigrafik birime ayırtlanmıştır (Birim-S1a-S1e). BS-5 uyumsuzluk yüzeyinin altında kalan sismik stratigrafik birimlerden Birim-S4, -S3 ve -S2 kesitte devamlılıkları çok fazla gözlenmemektedir. Kesit güzergâhının hemen hemen orta kesiminde bu birimler normal bir fay ile kesildikleri gözlenmektedir. Bu birimler genelde paralel ve az eğimli zayıf iç yansıma yüzeylerinden oluşmakta, ancak kesitin KB ucunda kıvrımlanmış temelin oluşturduğu paleo-morfolojik çukurluğu dolduracak şekilde çökeldikleri gözlenmektedir. Kesitte en genç olan Birim S1, uyumsuz yüzey karakterinde olan BS-5'i üzerlemektedir. Bu birim içerisinde ayırtlanan litostratigrafik birimler (Birim-S1a-S1e) genellikle güçlü ve paralel iç yansıma yüzeylerinden oluşmaktadır. Bu birimlerin bir kısmı kesitin hemen hemen orta kesimlerinde normal bir fay ile kesildikleri gözlenmekte, ancak bu fayın göl

tabanını kesemediği gözlenmektedir. Kesitte Birim-S1d ve -S2c ye ait çökeller GD yamaçta birbiri üzerine birikerek -38 m ile -42 m su derinliklerinde çökelmiş delta istiflerinden oluşmaktadır. Bu çökeller kesitin GD ucunda lokasyonu seçilmiş Hz11-P05 karotu tarafından kesilebilmiştir. Kesitin GD yamacındaki ani yükselim ve ayrıca çökelleri temsil eden yansıma yüzeylerinin bu yamaçta kesilmesi, kesitin bu kısmında bir fayın varlığını göstermektedir.

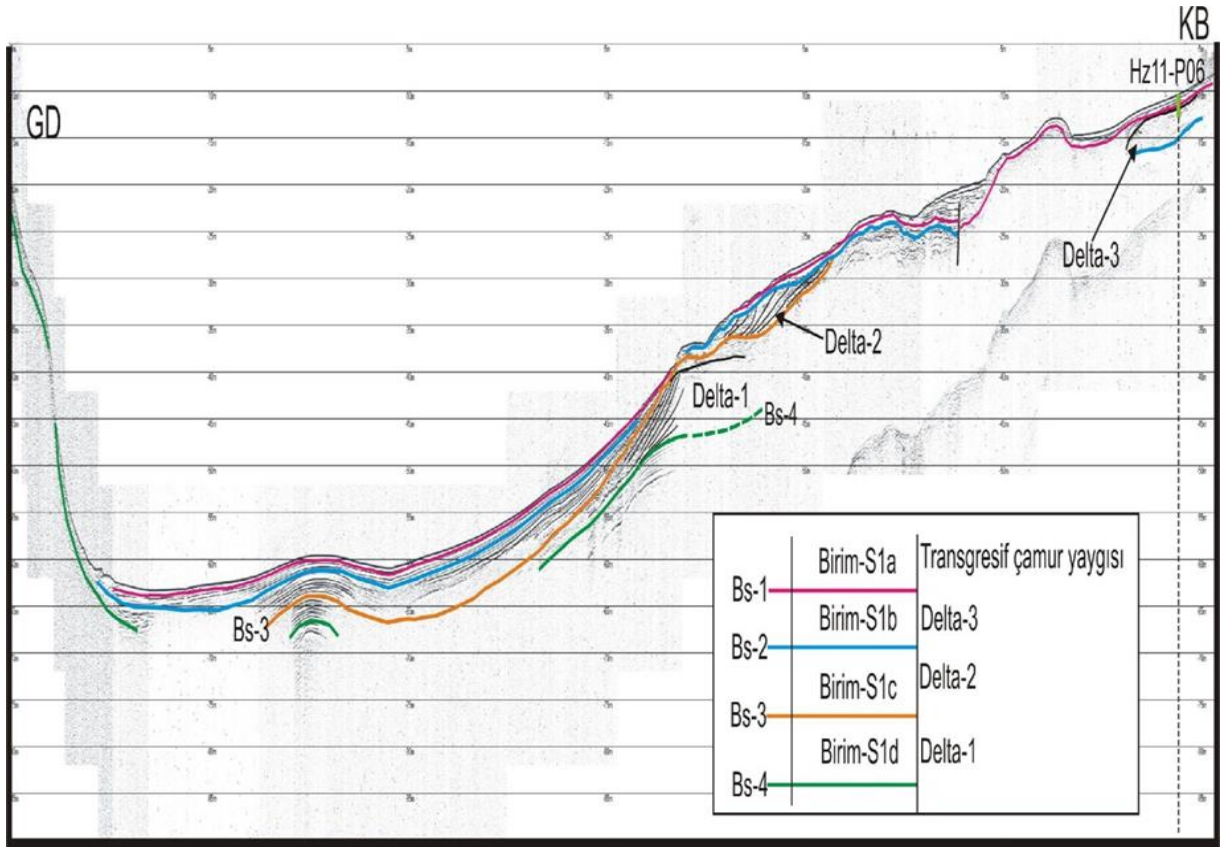


Şekil 13. Hazar Gölü batısından alınmış 26-1 nolu siğ-sismik kesiti. Kesitte Birim S1'den S4'e kadar değişen farklı çökel birimleri ayırtlanmıştır. Kesitte KB yamacı yakın bir noktadan Hz11-P03 ve Hz11-G03 karotları alınmıştır (TÜBİTAK 2011).



Şekil 14. Hazar Gölü'nün batısından alınmış 3 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte Birim S4'den Birim S1'e kadar olan birimler ayırtlanmıştır. Kesitte GD yamaçta birbiri üzerine birikerek gelişmiş iki farklı delta çökelleri Hz11-P05 karotu ile kesilebilmiştir (TÜBİTAK, 2011).

Profil 23: Bu kesit güzergahı Hazar Gölü batısında KB-GD uzanımlı olup, yaklaşık uzunluğu 2.1 km'dir (Şekil 15). 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.



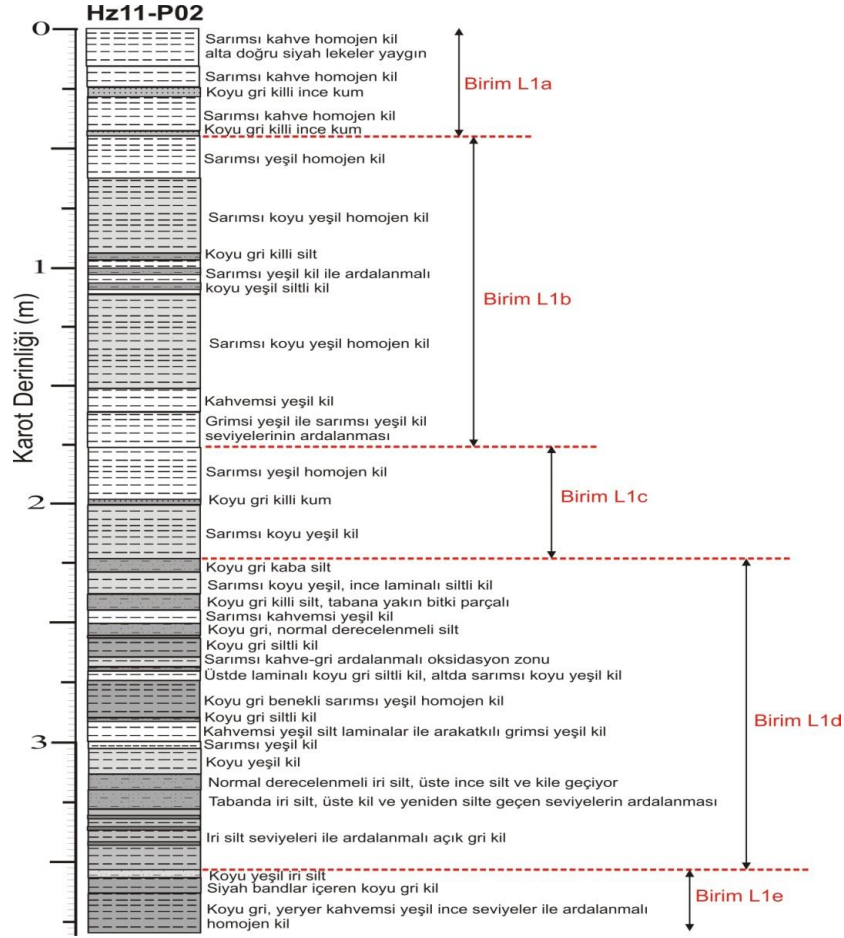
Şekil 15. Hazar Gölü batısından alınmış 23 nolu sığ-sismik kesiti. Kesitte birbiri üzerine birikerek çökelmiş ve farklı derinliklerde duran delta çökelleri gözlenmektedir. Kesitin KB ucundan alınan Hz11-P06 karotu ise en genç delta çökelini kesmektedir (TÜBİTAK, 2011).

6.2. Karotların Litolojik Tanımlanması

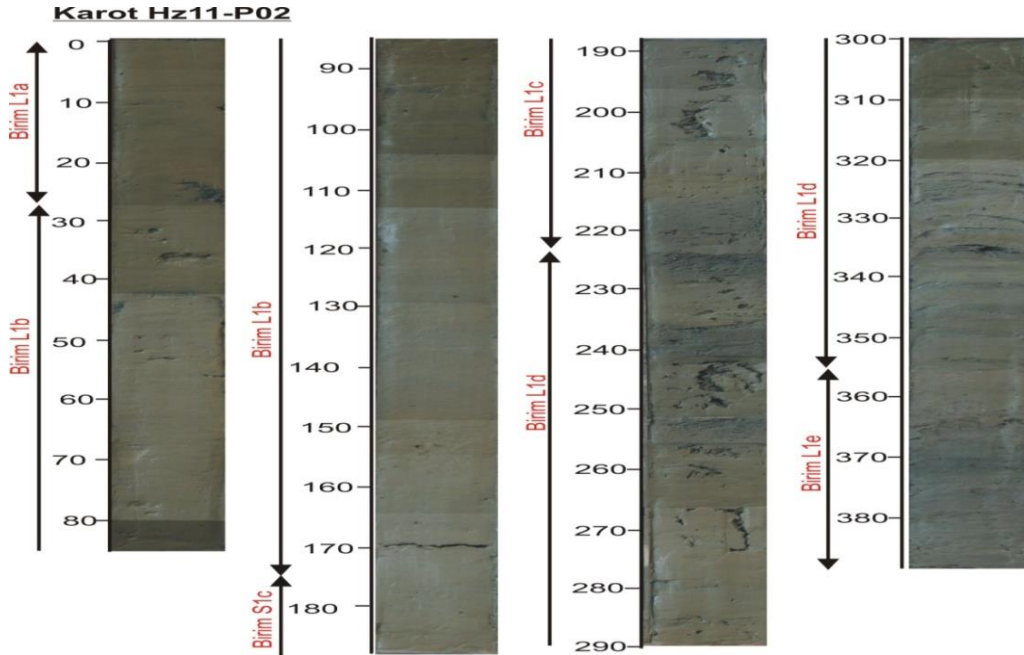
6.2.1. Hz11-P02 Litolojik Tanımlaması

Hazar Gölü batısında 51.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.79 m'dir. Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim S1'e ait çökellerin hemen hemen tamamını kestiği gözlenmiş ve karotta tanımlanan birimler ise Birim L1a L1e olarak belirlenmiştir (Şekil 16 ve 17). Karotta en yaşlı çökelleri temsil eden Birim L1e, altta kahvemsî yeşil ince seviyeler ile ardalanmalı koyu gri kil ile başlar ve üste doğru siyah bantlı koyu gri kil ve en üstde ise koyu yeşil iri silt seviyesine geçmektedir. Birim L1e üstte aşınmalı bir sınır ile Birim L1d'ye geçmektedir. Bu birim 353-222 cm'ler arasında alttan üste doğru çok çeşitli litolojiler sergilemektedir. En altta iri silt seviyeleri ile ardalanmalı açık gri kil ile başlamaktadır. Birim üste doğru çok ince kil seviyesi ile arakatkılı, normal dereceli kaba silt seviyelerine geçmektedir. Birim L1d, 312. cm'den itibaren üste doğru yer yer ince silt laminalı kahvemsî yeşil kil ile koyu gri ve sarımsı kahve killi seviyelere geçmektedir. Bu birim üstte 281.cm'den itibaren sarımsı kahve ve koyu gri normal derecelenme gösteren ve bitki parçaları içeren kaba silte geçmektedir. Karotta Birim L1d ile L1c'nin aşınmalı sınırı 224.cm'de gözlenmektedir. Birim L1c koyu gri killi kum seviyesi ile arakatkılı sarımsı koyu yeşil kilden oluşmaktadır.

Birim L1c'yi uyumulu olarak üzerleyen Birim L1b, 176.cm'de grimsî yeşil ile sarımsı yeşil kil seviyelerinin ardalanması ile başlar ve üste doğru killi silt seviyeleri ile arakatkılı kahvemsî yeşil ve sarımsı koyu yeşil kil seviyeleri ile devam etmektedir. Birimin en üst seviyesinde ise sarımsı yeşil homojen kil yeralmaktadır. Birim L1b ile L1a'nın sınırı 45.cm'de olup, her iki birim arasındaki sınır keskin ve uyumludur. Birim L1a, koyu gri killi ince kum seviyeleri ile ardalanmalı sarımsı kahve homojen kil seviyeleri ile başlar ve en üstte ise sarımsı kahve, yer yer siyah lekeli kilden oluşmaktadır.



Şekil 16. Hazar Gölü batısından 51.5 m su derinliğinden alınan Hız11-P02 karotunun düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).



Şekil 17. Hazar Gölü batısından 51.5 m su derinliğinden alınan Hız11-P02 karotunun dijital görüntüsü (TÜBİTAK, 2011).

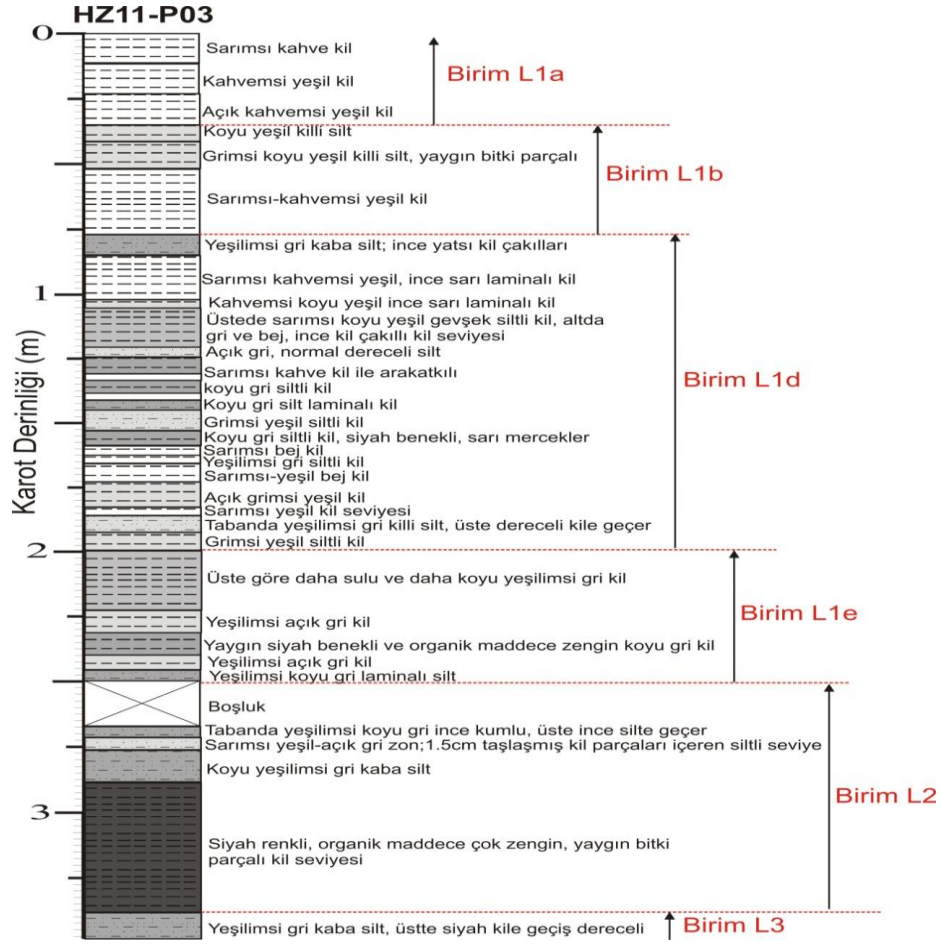
6.2.2. Hz11-P03 Litolojik Tanımlaması

Hazar Gölü batısında 50 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.48 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-S3'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim L1-L3) tanımlanmıştır (Şekil 18 ve 19). Karotun en altında tanımlanan Birim L3, sadece çok ince bir seviye halinde gözlenen yeşilimsi gri kaba silt seviyesinden oluşmaktadır. Bu birim dereceli olarak 334.cm'de Birim L2'ye ait çökellere geçmektedir. Birim L2, en altta kalın bir seviye halinde siyah renkte, organik maddece zengin ve yaygın bitki parçalı kil ile başlamaktadır. Bu organik maddece zengin kil seviyesini keskin bir sınırla koyu yeşilimsi gri kaba silt üzerlemektedir. Birimin üst seviyelerinde ise sarımsı yeşil siltli seviye ile daha üstte koyu gri kumlu bir seviye gözlenmektedir. Birimin en üst 18 cm'sinde çökel alınamamıştır.

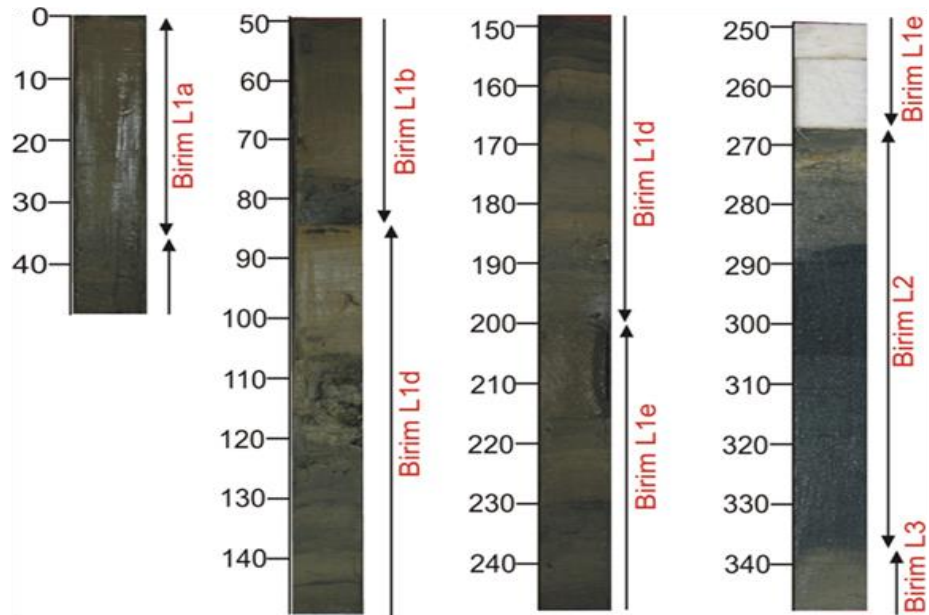
Birim L1e karotta 249.cm'de tabanda yeşilimsi koyu gri laminalı silt ile başlamaktadır. Bu birim üste doğru sırası ile yeşilimsi açık gri, koyu gri ve yeniden yeşilimsi açık gri kil seviyelerine geçmektedir. Birimin en üst seviyesinde nispeten daha koyu yeşilimsi gri kil bulunmaktadır. Birim L1e, üstte uyumulu olarak Birim L1d tarafından üzerlenmektedir. Bu birim karot boyunca çeşitli litolojiler sunmaktadır. Tabanda siltli kil ile başlayan birim üste doğru gri ve koyu gri siltli seviyelerin yaygınlaştığı litolojilerden oluşmaktadır. Siltli seviyeler ile ardalanmalı olarak ise sarımsı yeşil bej, sarımsı kahve, kahvemsi koyu yeşil ve sarımsı kahve yeşil renklerde ve yer yer laminalı kil seviyeleri gözlenmektedir. Birim L1d'nin en üst seviyesini yeşilimsi gri kaba silt oluşturmaktadır. Karotta Birim L1d ile L1b arasındaki keskin sınır 76.cm'de gözlenmektedir. Bu sınırın üzerinde Birim L1b, sarımsı-kahvemsi yeşil kil seviyesi ile başlamaktadır. Üste doğru bu birim yaygın bitki parçalı, grimsi koyu yeşil killi silt ve en üste ise daha ince bir seviye halinde koyu yeşil killi silte geçmektedir. Karotta en genç olan Birim L1a, 35.cm'den itibaren üste doğru açık kahvemsi yeşil, kahvemsi yeşil ve sarımsı yeşil kil seviyelerinden oluşmaktadır.

6.2.3. Hz11-G03 Litolojik Tanımlaması

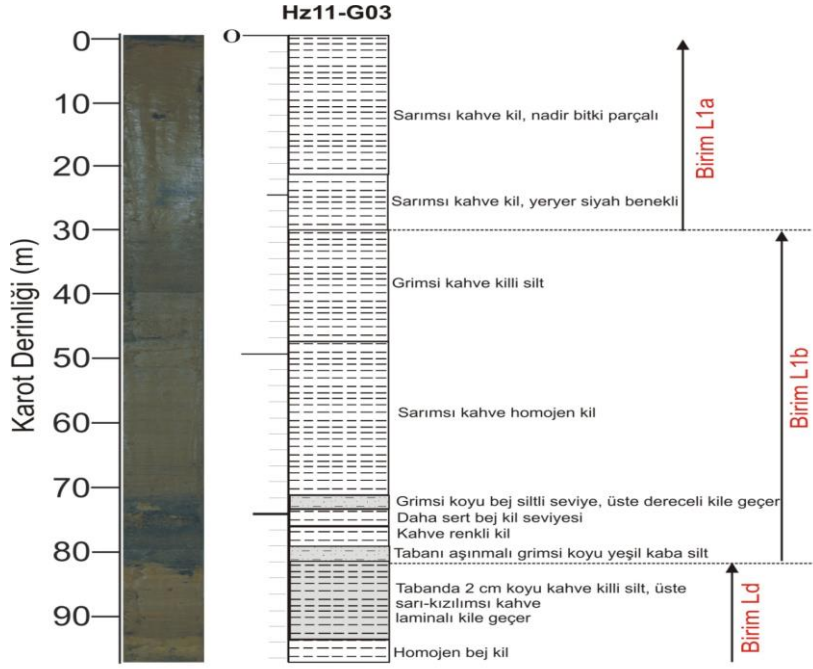
Hazar Gölü batısında, 56.3 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 98 cm olup, aynı sismik kesit üzerinden alınan Hz11-P03 piston karotunun hemen GD'sunda yer almaktadır. Hz11-G03 karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim S1'e ait çökellerden Birim-S1a, -S1b ve -S1d'yi kestiği gözlenmiş ve buna göre karotta tanımlanan birimler ise Birim L1a, L1b ve L1d olarak tanımlanmıştır (Şekil 20). Karotta en altda bulunan Birim L1d homojen bej kil ve bunu üzerleyen koyu kahve silt ve üste sarı kıvılcımsı kahve lamine kilden oluşmaktadır. Bu birim aşınmalı bir yüzey ile 82.5 cm'de Birim L1b tarafından üzerlenmektedir. Karotun sismik kesitte alındığı lokasyonda Birim-S1c çökmediği için litostratigrafik karşılığı olan Birim L1c bu karotta tanımlanmamıştır. Birim L1b tabanda koyu yeşil kaba silt ile başlar ve üste kahve, bej kil seviyeleri ve daha sonra grimsi koyu bej siltli seviyeye geçmektedir. Birim üste doğru sarımsı kahve kil ile devam eder ve en üst seviyesini ise grimsi kahve killi silt oluşturur. Birim L1b, keskin bir dokanak ile Birim L1a tarafından üzerlenmektedir. En genç birimi temsil eden bu çökeller, karotta altta sarımsı kahve, yer yer siyah benekli kil ile başlar ve birimin en üst kısmını ise sarımsı kahve renkte, nadir bitki parçalı kil seviyesi oluşturmaktadır.



Şekil 18. Hazar Gölü batısında 50 m su derinliğinden alınan HZ11-P03 karotun düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).



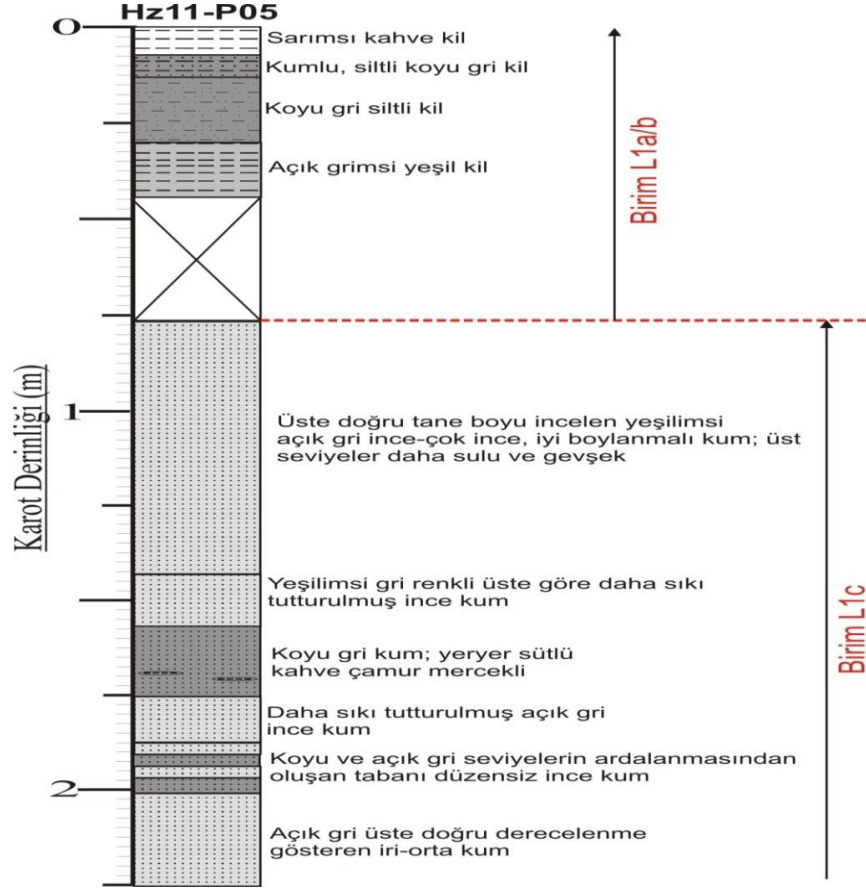
Şekil 19. Hazar Gölü batısından alınan HZ11-P03 piston karotunda incelenen çökellerin dijital görüntüsü (TÜBİTAK, 2011).



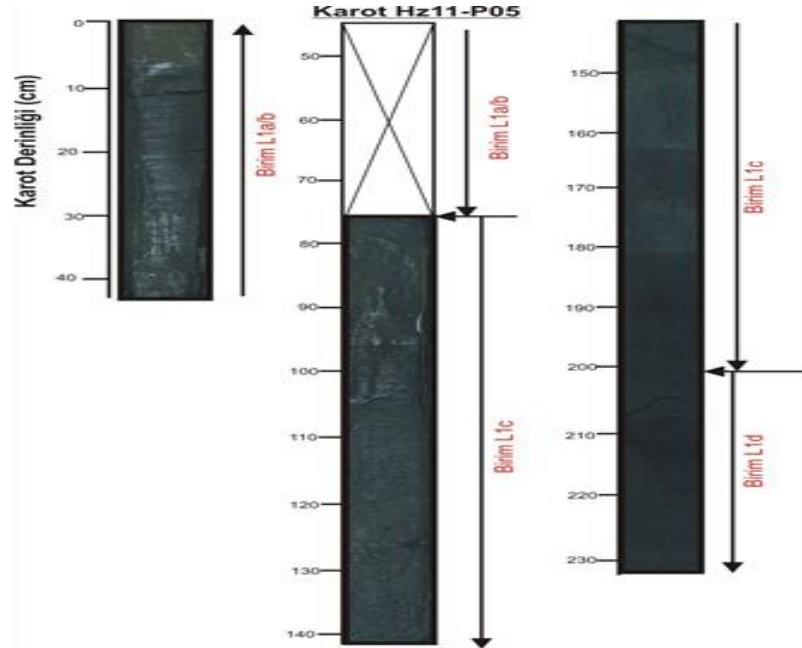
Şekil 20. Hazar Gölü batısından -56.3 m su derinliğinden alınan Hz11-G03 karotunun dijital görüntüsü ve düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).

6.2.4. Hz11-P05 Litolojik Tanımlaması

Hazar Gölü batısında 37.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.25 m olup, karotun lokasyonu 3 nolu sığ-sismik kesiti üzerindedir. Hz11-P05 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S1a'dan Birim-S1c'ye kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim La Lc) tanımlanmıştır (Şekil 21 ve 22). Karotta tanımlanan en yaşlı çökelleri temsil eden Birim L1c, altta açık gri, üste derecelenme gösteren iri-orta kum seviyesi ile başlamaktadır. Bu kumlu seviyeyi 202.cm'de koyu ve açık gri seviyelerin ardalanmasından oluşan ince kum seviyesi takip eder. Üste doğru sırası ile açık gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renkte ince kum seviyeleri gelmektedir. Birim L1c'nin en üst seviyesi ise normal derecelenme gösteren yeşilimsi açık gri, iyi boylanmalı çok ince kum seviyesi oluşturmaktadır. Karotta Birim L1c ile Birim L1b arasındaki 26 cm'lik boşlukta bu iki birimin sınırı gözlenememiştir. Karotta Birim L1b ve L1a, altta açık grimsi yeşil kil ve bunu uyumsuz olarak üzerleyen koyu gri siltli kil ile başlamaktadır. Karotun en üstüne doğru bu seviyeler kumlu koyu gri kil ve sarımsı kahve kil tarafından üzerlenmektedir.



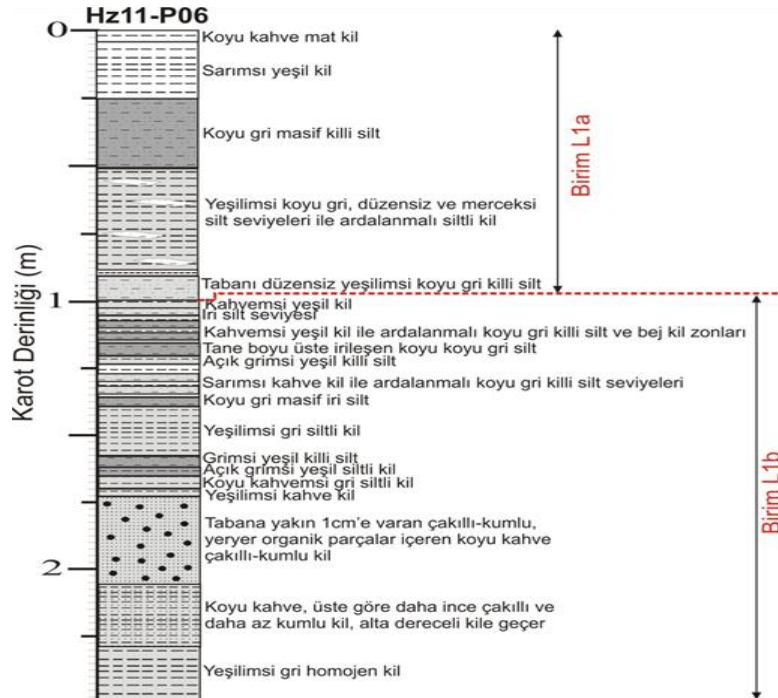
Şekil 21. Hazar Gölü batısından 37.5 m su derinliğinden alınmış Hz11-P05 karotunun düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).



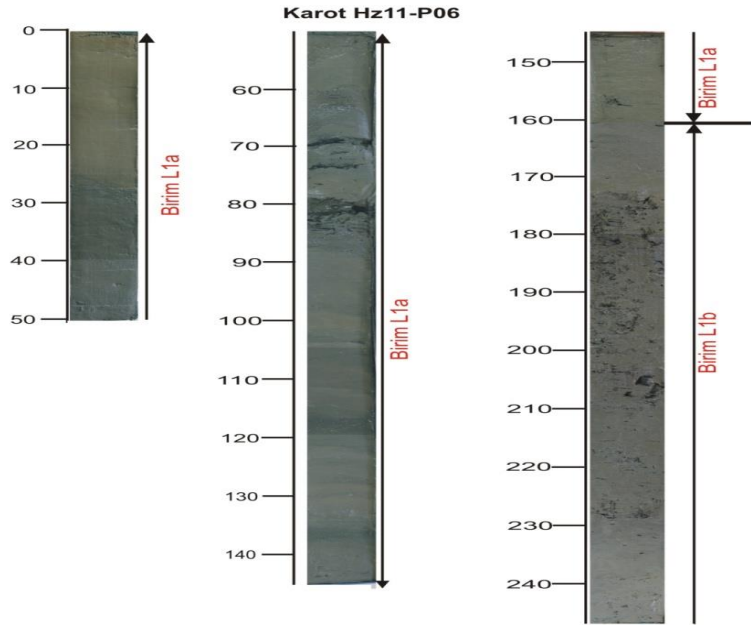
Şekil 22. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P05 karotunun dijital görüntüsü (TÜBİTAK, 2011).

6.2.5. Hz11-P06 Litolojik Tanımlaması

Hazar Gölü batısında 11.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.56 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 23 ve 24). 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, kahvemsî yeşil ile sarımsı kahve kil seviyeleri ile ardalanmalı koyu kahve, koyu ve açık gri renklerde siltli kil ve silt seviyelerinden oluşmaktadır. Birim L1b, 99.cm'de uyumsuz bir sınırla ile Birim L1a'ya geçmektedir. Birim tabanda yeşilimsi koyu gri renkte killi silt ile başlamaktadır. Bu birim üste doğru düzensiz ve mercekli silt seviyeleri içeren siltli kile geçmektedir. Bu seviye üstte keskin bir sınır ile koyu gri homojen killi silte geçmektedir. Birim L1a'nın en üst seviyesini sarımsı yeşil kil ile koyu kahve mat kil seviyeleri oluşturmaktadır.



Şekil 23. Hazar Gölü batısından 11.5 m su derinliğinden alınmış Hz11-P06 karotunun düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).

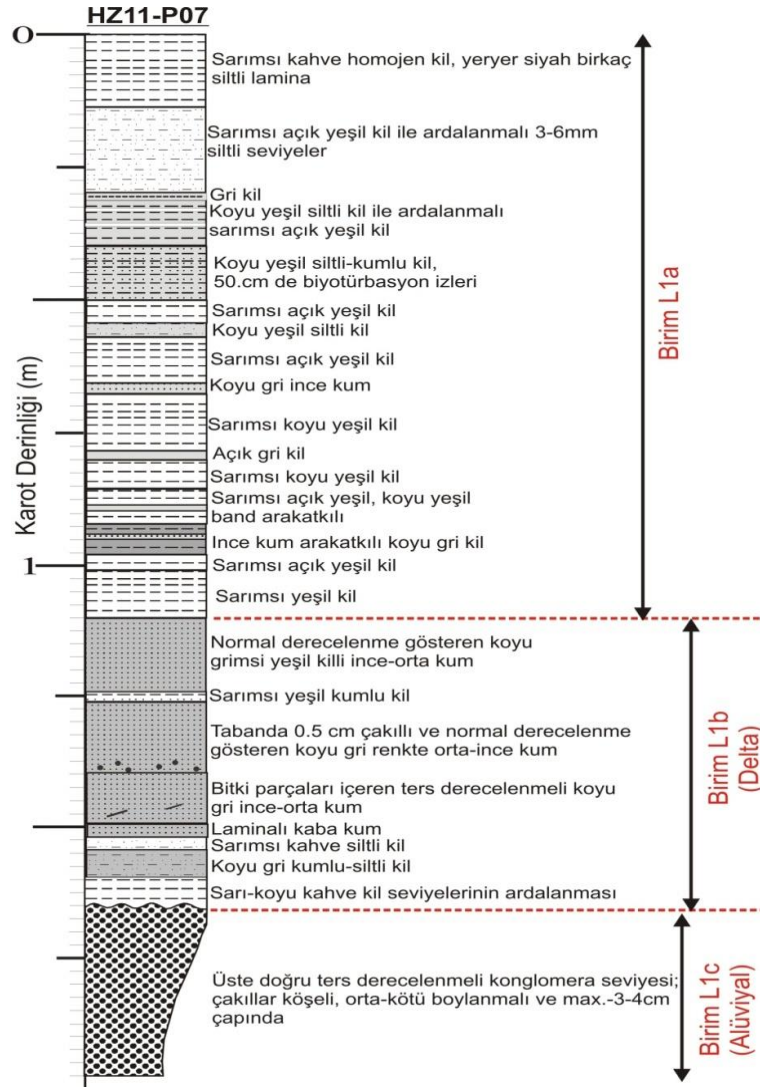


Şekil 24. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P06 karotunun dijital görüntüsü (TÜBİTAK, 2011).

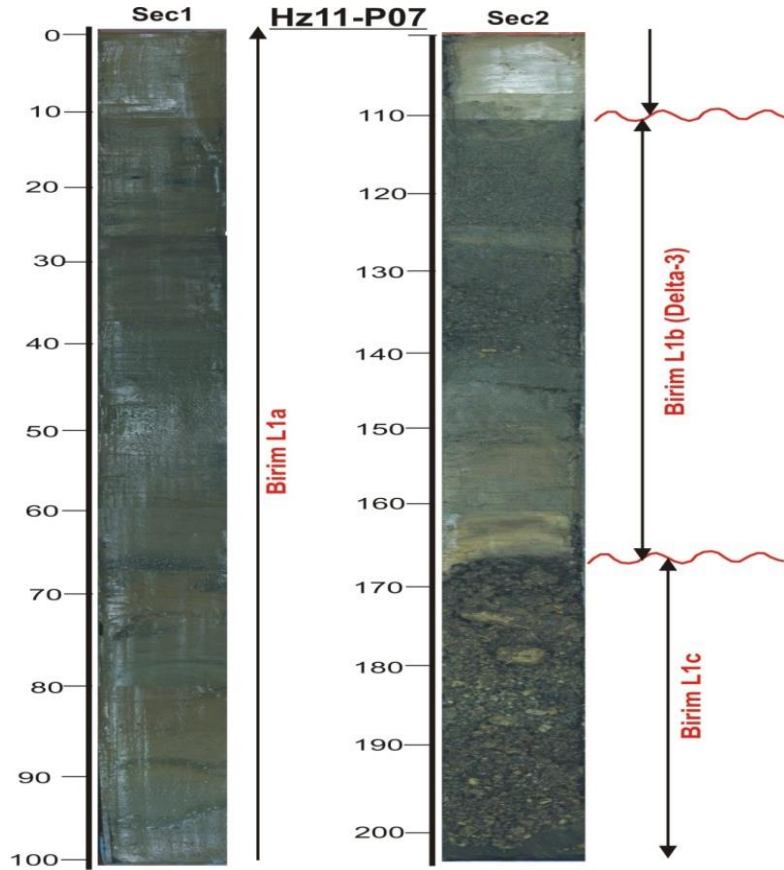
6.2.6. Hz11-P07 Litolojik Tanımlaması

Hazar Gölü batısında 14 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 1.98 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'dan Birim-S1c'ye kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim L1a L1c) tanımlanmıştır (Şekil 25 ve 26). Karotta tanımlanan en yaşlı çökellerden Birim L1c, 32.5 cm kalınlığında olup ters derecelenmeli konglomeratik bir seviye halinde gözlenmektedir. Çökelleri tamamen karasal olan bu birimin gölün bu kesiminde gelişen deltaik (Birim L1b) 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 birimi karotta 190.cm'de uyumsuz olarak Birim L1b'ye ait çökeller üzerlemektedir. Sismik-karot eşleşmesinde bu birimin delta çökellerini temsil ettiği anlaşılmaktadır. Birim, en altda uyumsuz yüzey üzerinde koyu gri kumlu-sıltli kil ile arakatkılı sarı-koyu kahve kil seviyesi ile başlamaktadır. 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 110 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 arakatkılı 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 29 cm'lik kısmında sarımsı açık yeşil kil ile ardalanmalı ince silt seviyeleri ve en üstte ise sarımsı kahve nadir laminalı kil bulunmaktadır.



Şekil 25. Hazar Gölü batısından 14 m su derinliğinden alınmış HZ11-P07 karotunun düşey stratigrafik logu (TÜBİTAK, 2011).



Şekil 26. Hazar Gölü batısından alınmış Hz11-P07 karotunun dijital görüntüsü (TÜBİTAK, 2011).

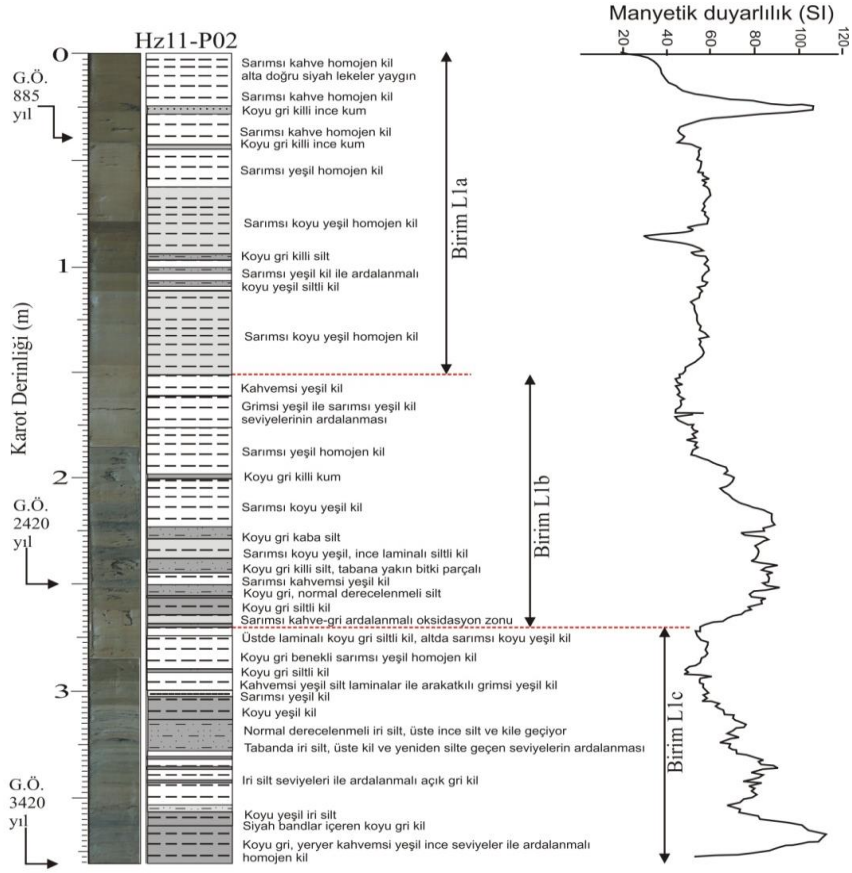
6.3. Karotlarda Manyetik Duyarlılık Analizleri

Bu tez kapsamında göl çökellerinden yapılacak manyetik geçirgenlik analizleri özellikle göle olan karasal kırıntı girdilerini göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Bu tez döneminde Manyetik Duyarlılık Analizleri yapılan karotlara ait sonuçlar aşağıda sırası ile verilmiştir. Tablo 1’de bu analizlerin yapıldığı karotların listesi verilmiştir.

Karot Hz11-P02: Hazar Gölü batısında 51.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.79 m’dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P02 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim L1a’dan L1c’ye kadar değişmektedir (Şekil 27). Karotta en yaşlı birim olan Birim L1c tabandan üste doğru genel olarak azalan manyetik geçirgenlik değerleri göstermektedir. 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. Manyetik geçirgenlik analizinde karotun bu en alt seviyesinde yüksek değerlerin gözlenmesine rağmen herhangi bir kırıntı girdisine işaret eden kumlu veya siltli

seviyenin olmaması, bu seviyede manyetikçe duyarlı minerallerin göle karadan kırıntı girdisi ile değil de çökme sonrası diyajenez esnasında redox koşullarında oluşan demir sülfür (FeS) veya mangan sülfürün (MnS) varlığına işaret etmektedir. Bu bulgu G.Ö. 3420 yıllarında Hazar Gölü'nde karotun alındığı bu derinliğin anoksik olduğunu göstermektedir. Gölde anoksik dip suyunun oluşabilmesi için su tabakalanmasının gelişmesi ve bu dip suda oksijenin tüketilmesi gerekmektedir. 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 arıdanmalı 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 değerin 45SI'a düştüğü gözlenmektedir. Karotta Birim L1a'ya ait manyetik geçirgenlik değerleri 27.5 cm'e kadar 40SI ila 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 girdisine işaret etmektedir. Karotun bulunduğu lokasyona yakın gölün hemen batısında en büyük drenaj sistemi olan Kürk çayının bulunduğu düşünüldüğünde karotta değişik seviyelerde gözlenen kum ve silt seviyelerinin karotun bulunduğu lokasyona bu nehrin iklimin yağışlı olduğu zamanlarda daha fazla kırıntıyı göle taşıdığı düşünülmelidir.

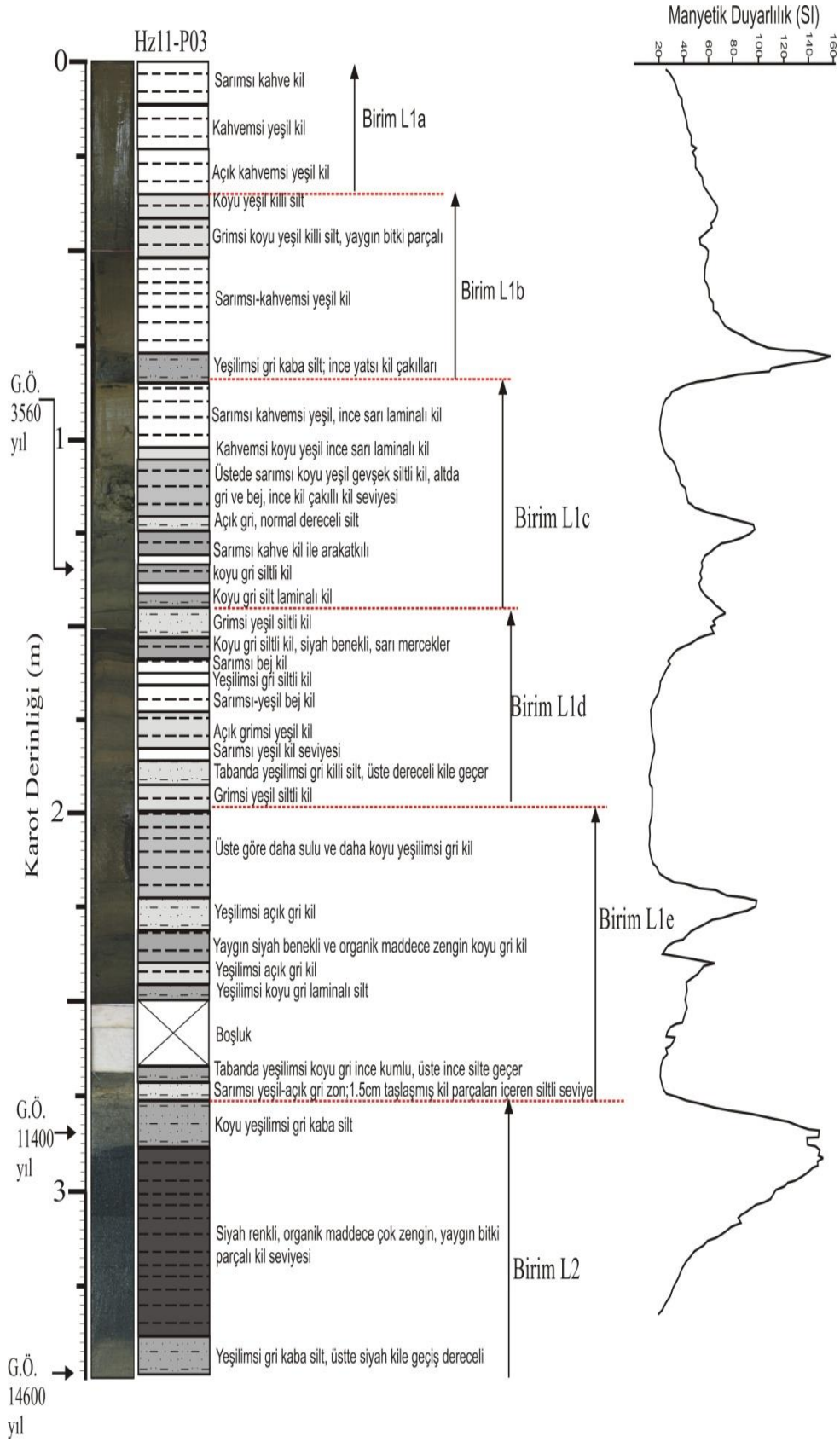


Şekil 27. Hz11-P02 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

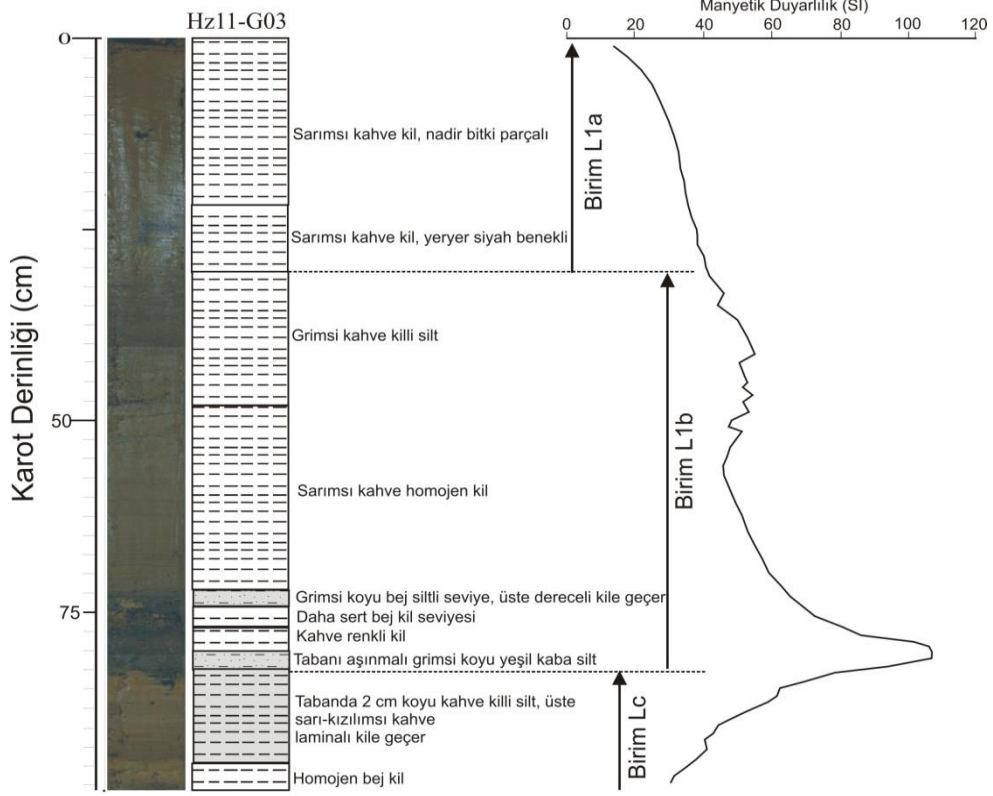
Karot Hz11-P03: Hazar Gölü batısında 50 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.48 m'dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S3'den Birim-S1'e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim L1 L2) tanımlanmıştır (Şekil 28). 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. 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 üst 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.

Karot Hz11-G03: Hazar Gölü batısında 56.3 m su derinliğinden alınan gravite karotunun toplam uzunluğu 98 cm’dir (Tablo 1; Şekil 9). 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 ayırtlanmıştır (Şekil 29). Karotta yapılan manyetik geçirgenlik analizinde en altta Birim L1c’nin tabanında düşük değerlerde gözlenen manyetik geçirgenliğin birimin üstüne doğru arttığı gözlenmektedir. 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 29). 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.



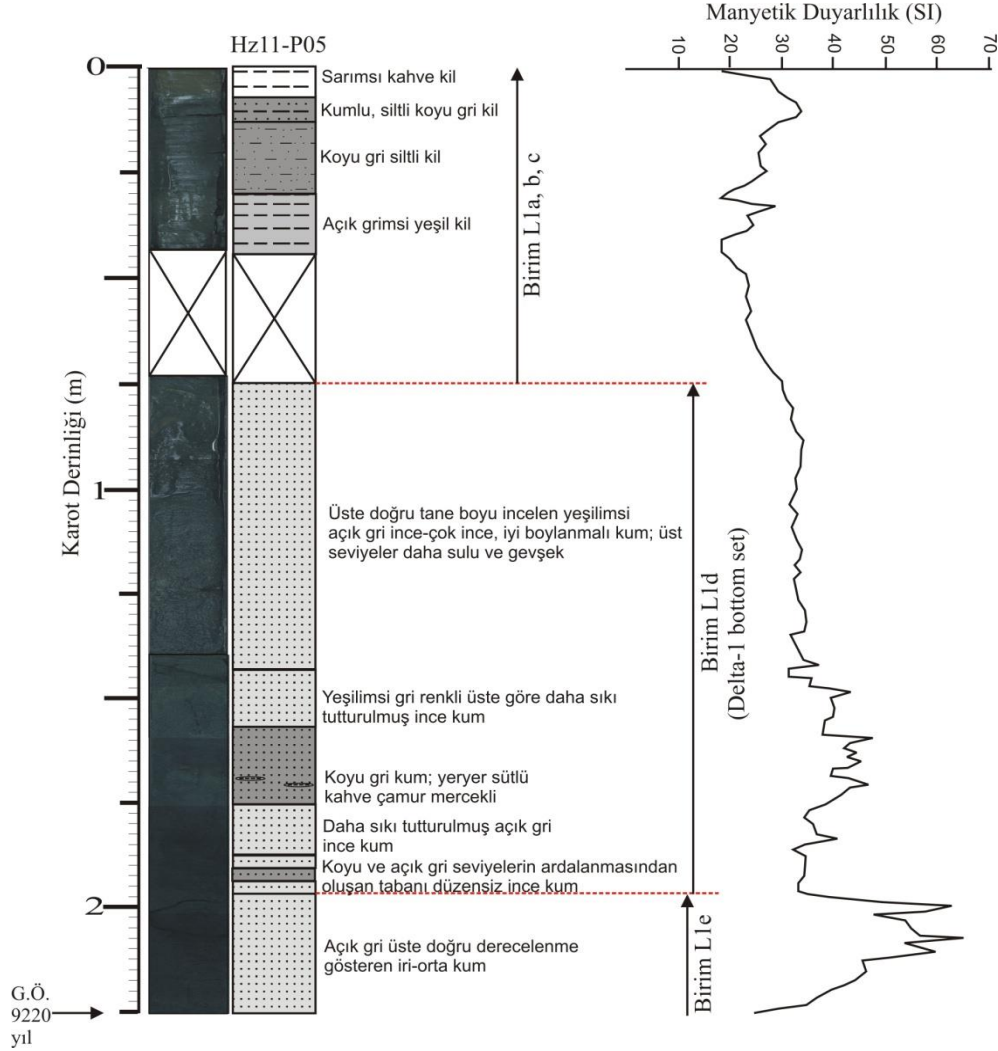
Şekil 28. Hz11-P03 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).



Şekil 29. Hz11-G03 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

Karot Hz11-P05: Hazar Gölü batısında 37.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.25 m’dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P05 piston karotunda yapılan detaylı sedimentolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim L1a’dan Birim L1e’ye kadar değiştiği belirlenmiştir (Şekil 30). Karotta en yaşlı birim olan Birim L1e’de manyetik geçirgenlik değerlerinin birimin tabanından üste doğru dereceli olarak yükselerek 70SI’nın üzerine çıktığı gözlenmektedir. Karotta Birim L1e’nin tabanından alınan radyokarbon yaşı G.Ö. 9220 yılı verdiğinden bu birimde manyetik geçirgenliğin yüksek gözleendiği bu seviyesinde kumlu çökellerin yağışlı bir iklimin etkisinde göle nehir girdisi ile getirildiğini göstermektedir. Bu karotun üzerinde yer aldığı sismik profilde bu kumlu seviyenin eski bir delta çökeline ait olduğu gözlenmektedir. Birim L1e ile Birim L1d sınırında manyetik geçirgenlik değerinin aniden azalarak 30SI’a düştüğü gözlenmektedir. Birim içerisinde manyetik geçirgenlik değerinin birimin üstüne doğru 1.67 m ila 1.42 m’leri arasında nispeten yüksek olduğu gözlenmektedir. Birim L1d’nin üstüne doğru değerlerin yeniden azaldığı ve birimin en üst kısmında ise 30SI’ın da altında bir değer gözlenmektedir. Manyetik geçirgenliğin düşük gözleendiği karotun bu kısmında kumlu çökellerin gözlenmesine rağmen değerlerin düşük olması kum çökellerinin bileşiminde genelde daha ziyade kuvars gibi manyetik özelliği zayıf olan bileşimden oluştuğunu

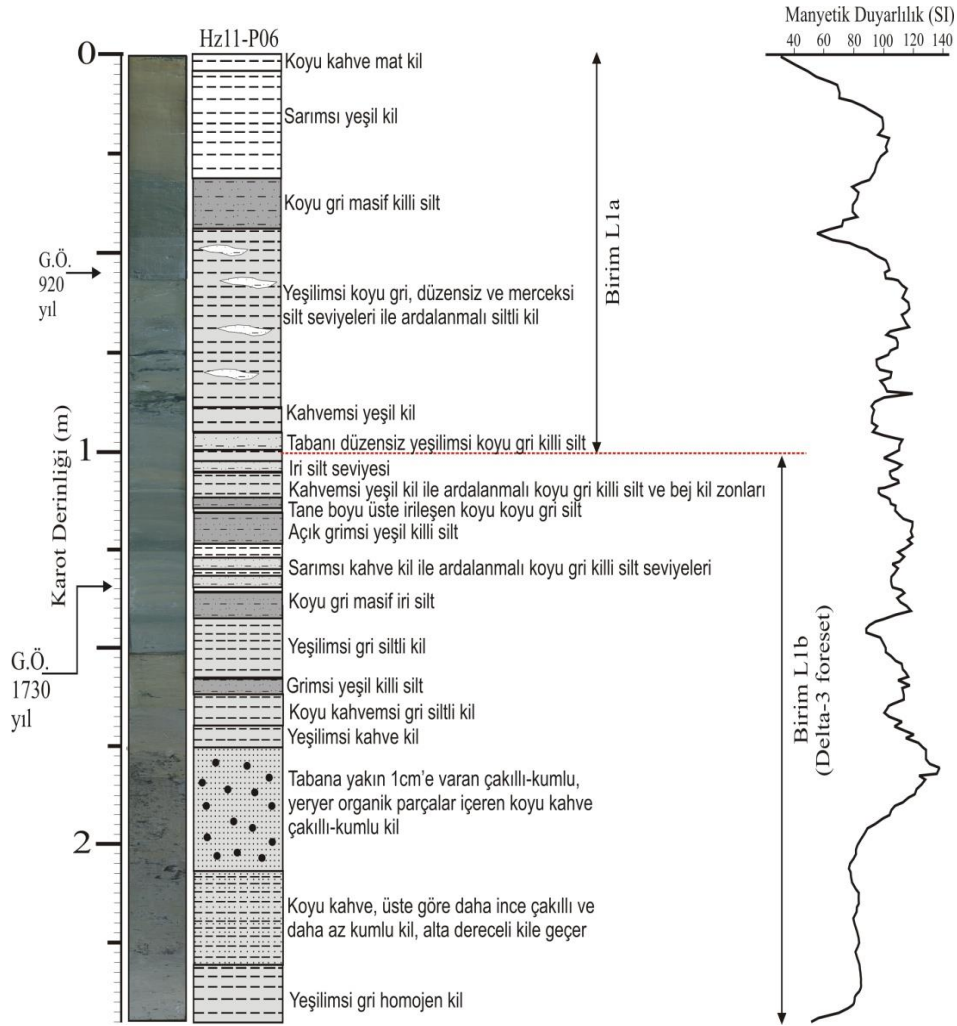
göstermektedir. Karotta en üstde Birim L1a, L1b ve Lc'nin yer aldığı 75 cm'lik kısmında manyetik geçirgenliğin önce daha düşük değerler gösterdiği gözlenmekte ve daha sonra karotun üstüne doğru yeniden artış göstererek 20SI ila 34 SI'lar arasında değiştiği gözlenmektedir.



Şekil 30. Hz11-P05 piston karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

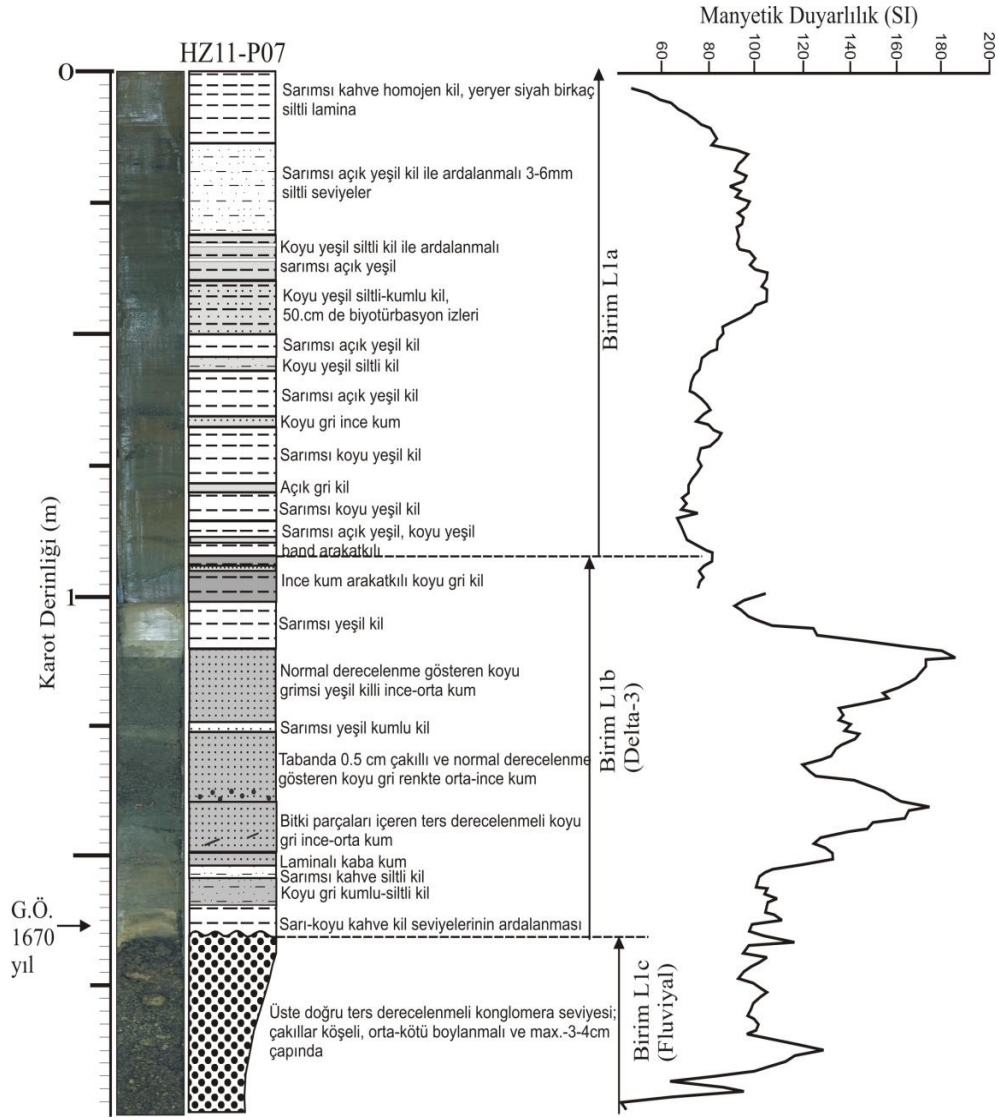
Karot Hz11-P06: Hazar Gölü batısında 11.5 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 2.57 m'dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P06 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim L1a ve Birim L1b olduğu belirlenmiştir (Şekil 31). Karotta en yaşlı 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 değiştiği gözlenmektedir. 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 ila 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 düşüdüğü gözlenmektedir.



Şekil 31. Hz11-P06 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

Karot Hz11-P07: Hazar Gölü batısında 14 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 1.98 m'dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P07 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar sonucunda başlıca çökel birimleri Birim L1a'dan Birim L1c'ye kadar değişmektedir (Şekil 32). Karotta en yaşlı birim olan Birim L1c'nin tabanında manyetik geçirgenliğin birimin tabanında düşük değerlerde seyrettiği gözlenirken üste doğru yükselerek 95SI ila 140SI arasında değiştiği gözlenmektedir. 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 ila 1.25m'ler arasında ani bir düşüş gösteren manyetik geçirgenlik değerleri bu seviyeden üste yeniden yükselerek 1.08m'de maksimum değeri olan 193SI'a 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 L1c 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 ila 110SI arasında değişmektedir. Bu seviyeden üste doğru manyetik geçirgenlik değerlerinin yeniden azalmaya başladığı gözlenmektedir.



Şekil 32. HZ11-P07 gravite karotunda manyetik duyarlılık analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

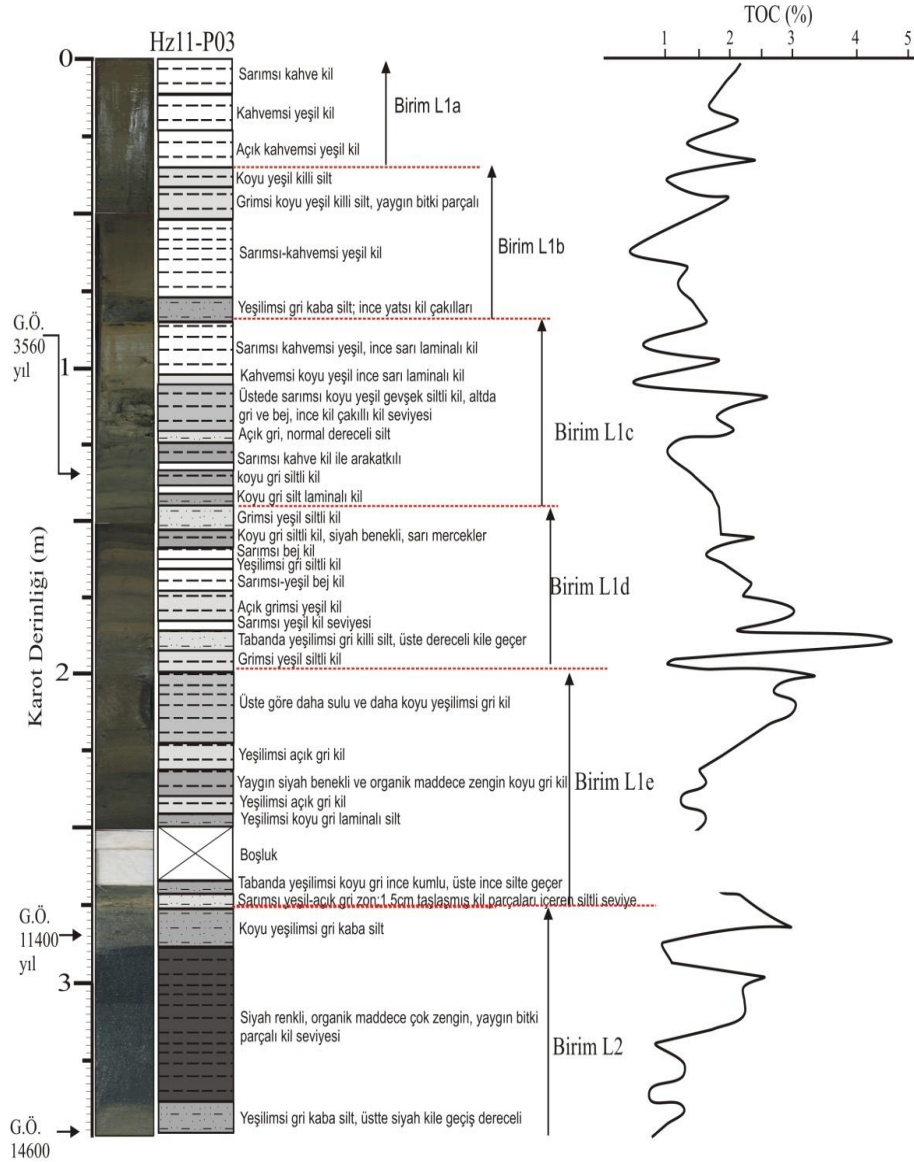
6.4. Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri

Tez kapsamında Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri Hazar Gölü'nün batısından alınan toplam 2 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-P03 ve Hz11-P07 karotlarında yapılmıştır. Karotlara ait derinlik ve uzunluk bilgileri Tablo 1’de verilmiştir.

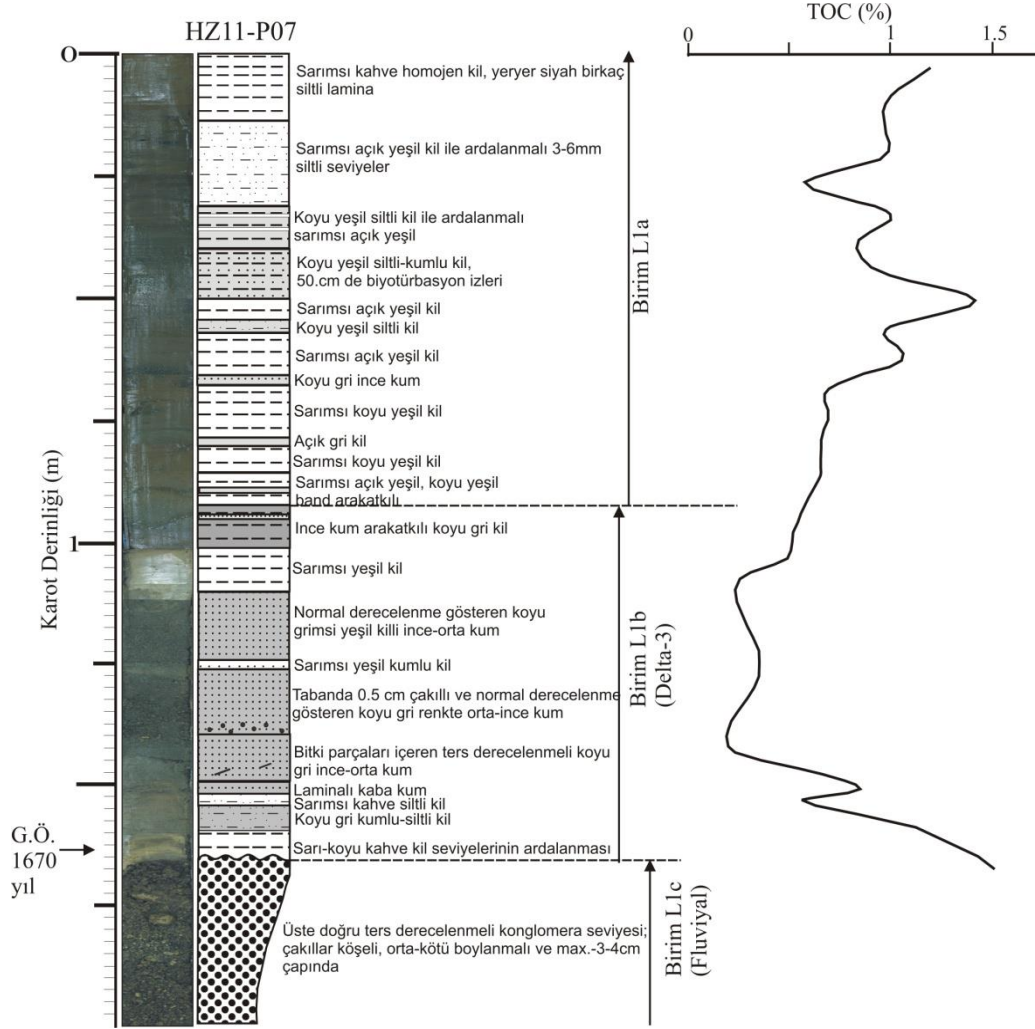
Karot Hz11-P03: Hazar Gölü batısında 50 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 3.48 m’dir (Tablo 1; Şekil 9). Hz11-P03 piston karotunda yapılan detaylı sedimantolojik çalışmalar ile karot-sismik eşleşmesi sonucunda sismik kesitlerde tanımlanmış Birim-S3’den Birim-S1’e kadar olan çökelleri kestiği gözlenmiş ve karotta bu çökellerin litostratigrafik karşılıkları (Birim L1 L2) tanımlanmıştır. Karotta aynı zamanda Holosen yaşı olduğu tüm karotlardan alınan radyokarbon yaşlara göre belirlenen Birim L1, kendi içerisinde Birim L1a’dan L1e’ye kadar değişen alt birimlere ayırtlanabilinmiştir (Şekil 33). Karotta en yaşı birim olan ve Holosen öncesi gölde çökeldiği düşünülen Birim-L2 tabanda %1 civarında TOC değerleri göstermektedir. Birimin üstüne doğru 3.20 m’sinde aniden yükselerek %2.5 TOC değerine ulaşmıştır. Karotta bu birim içerisinden 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 3 m’lerde TOC değerinde ani bir düşüş gözlenmiş ve daha sonra yeniden artarak Birim L2 ile Birim L1e sınırında %3’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 Buzul Dönemi’nin (Younger Dryas) G.Ö.10.5 bin ila G.Ö.11.5 bin yılları arasında yaşandığı bilinmektedir. Karotun 3.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 biryanda 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 1.76 m’leri arasında ani artış ve düşüşler ile temsil edilen yüksek salınımlı 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 33. Hz11-P03 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

Karot Hz11-P07: Hazar Gölü batısında 14 m su derinliğinden alınan bu karotun toplam uzunluğu 1.98 m'dir (Tablo 1; Şekil 9). 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 yeralan ve karotta ayırtlanmış en yaşlı birim olan Birim L1c konglomeratik bir litolojiden oluştuğundan karotun bu seviyesinde TOC analizi yapılamamıştır (Şekil 34). 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 Kürkçayı nehrine 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 34. HZ11-P07 piston karotunda Toplam Organik Karbon (TOC) analizi eğrisi (TÜBİTAK, 2011).

6.5. Karotlarda Radyokarbon (^{14}C) Yaşlandırma Analizleri

Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizleri karotlarda belirli litostratigrafik birimlerin ayırt edilmesinin ardından bu seviyelerin yaşlandırılabilmesi için radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma tekniği kullanılır. Tezin ilk altı aylık çalışma döneminde gerçekleştirilen arazi çalışmalarından elde edilen 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 18 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.

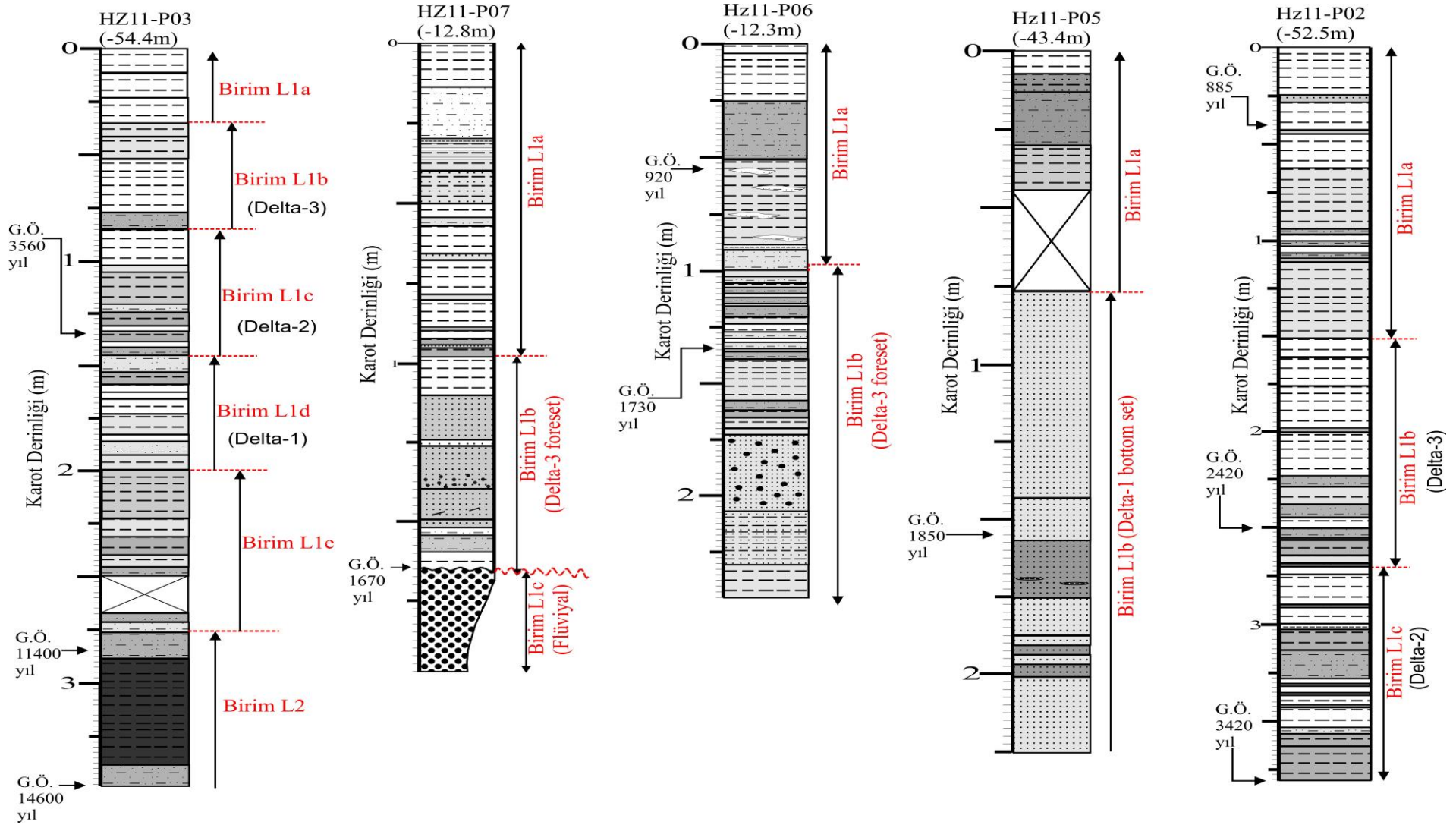
Tablo 2. Proje çalışmalarında karotlara ait radyokarbon (^{14}C) yaş tayini sonuçları. Analizlerden hatalı olabileceği düşünülen yaşlar kırmızı ile gösterilmiştir (TÜBİTAK, 2011).

Sıra no	Karot adı, örnek no	Örnek derinliği	Materyel	Yaş G.Ö (kalibre edilmemiş)
1	Hz11-P03, OS-96328	285 cm	Mollusk	11400 +/-50
2	Hz11-P03, OS-96329	Karot ucu	Mollusk	14600 +/-80
3	Hz11-P03, OS-97568	133 cm	Ağaç/bitki parçası	3560+/-45
4	Hz11-P03, OS-97569	333 cm	Ağaç/bitki parçası	10050+/-45
5	Hz11-P03, OS-100216	303 cm	Mollusk	25500+/-220
6	Hz11-P03, OS-100593	312 cm	Ağaç/bitki parçası	10150+/-45
7	Hz11-P07, OS-97571	164 cm	Ağaç/bitki parçası	1670+/-45
8	Hz11-P07, OS-97570	65 cm	Ağaç/bitki parçası	1690+/-30
9	Hz11-P07, OS-96330	48 cm	Ağaç/bitki parçası	2840 +/-25
10	Hz11-P07, OS-96752	141 cm	Ağaç/bitki parçası	1800+/-40
11	Hz11-P02, OS-97565	Karot ucu	Ağaç/bitki parçası	3420+/-35
12	Hz11-P02, OS-97566	250 cm	Ağaç/bitki parçası	2420+/-30
13	Hz11-P02, OS-97581	42 cm	Ağaç/bitki parçası	885+/-25
14	Hz11-P06, OS-97190	56 cm	Ağaç/bitki parçası	920+/-25
15	Hz11-P06, OS-97563	135 cm	Kömür parçası	1730+/-40
16	Hz11-P05, OS-97441	Karot ucu	Mollusk	9220+/-50
17	Hz11-P05, OS-97442	155 cm	Mollusk	9600+/-55
18	Hz11-P05, OS-100592	179 cm	Ağaç/bitki parçası	1850+/-35

Tablo 3. Tez kapsamında karotlarda ayırtlanan litostratigrafik birimlerin radyokarbon yaş analizleri sonucunda belirlenen çökeltme periyotları (TÜBİTAK, 2011).

Litostratigrafik birim	Çökeltme (G.Ö. yıl)	Dönemi	Birimin Fasiyesi
Birim L1a	0-1600		Transgresif çamur yaygısı
Birim L1b	1600-2600		Delta (Delta-3) veya transgresif çamur yaygısı (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim L1c	2600-3650		Delta (Delta-2) veya transgresif çamur yaygısı (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim L1d	3650-6500		Delta (Delta-1) veya transgresif çamur yaygısı (yamaç-derin fasiyesleri)
Birim L1e	6500-10 500		Transgresif çamur yaygısı (hem şelfde hemde 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 sayede 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 18 adet ^{14}C yaş sonuçları değerlendirilerek karotlarda ayırtlanan birimlerin korelasyonları yapılmıştır (Şekil 35). Gerek bu korelasyon sayesinde ve gerekse her karotta ayrı ayrı sedimantasyon hızları hesaplanarak Hazar Gölü çökellerinde Geç Pleyistosen-Holosen'de çökelen litostratigrafik birimlerinin çökeltme periyotları da belirlenmiştir (Şekil 35; 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.



Şekil 35. Tezin Ekim 2011 yılındaki arazi döneminde alınan 5 adet piston karotunda radyokarbon (^{14}C) yaş analizleri sonunda korelasyonları (TÜBİTAK , 2011)

6.6. Karotlarda Polen Analizleri

Hazar gölü Hz11-P03 karotunda polen analizleri için 5 cm aralıklarla örnekleme yapılmıştır. Polen tanelerinin mikroskopta tanımlanmasında birçok polen atlasları ve polen fotoğraflarından yararlanılmıştır. Çalışmada toplam 64 tür tanımlanmıştır (Tablo 4). Bu türlerden bazılarının fotoğrafları Şekil 36 ve Şekil 37’de gösterilmektedir. Tüm polen verileri detaylı polen diyagramıyla gösterilmiştir. Polen türleri ekolojik önemlerine göre 10 farklı gruba (Nix, 1982) ayrılarak sınıflandırılmıştır (Tablo 4). Bu sınıflandırmaya göre bitki grupları :

- Mezotermik (=sıcak-ılıman) ağaçlar: yaprağını döken-Quercus, Pterocarya, Carpinus orientalis, Juglans, Zelkova, Ulmus, Acer, Alnus, Salix, Fraxinus, Betula, Fagus, Castanea type, Ilex, vb.;
- Pinus;
- Mezo-mikrotermik (= orta enlem) ağaçlar: Cedrus;
- Mikrotermik (= yüksek enlem) ağaçlar: Abies ve Picea;
- Önemli olmayan ağaç grupları: Rosaceae, Ranunculaceae, Sanguisorba minor gibi kozmopolit ve yaygın olarak bulunan bitkiler;
- Akdeniz kserofitleri: Quercus ilex type, Olea, Phillyrea, Pistacia;
- Otsu bitkiler: Poaceae, Amaranthaceae-Chenopodiaceae, Asteraceae Asteroideae, Asteraceae Cichorioideae, Geranium, Convolvulus, Erodium, Lamiaceae, Plantago, Euphorbia, Apiaceae, Rumex, Polygonum, Ericaceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae vb., bazılarıda sucül bitkiler içermektedir : Sparganium, Typha;
- Stepler: Artemisia, Ephedra ve Hippophae rhamnoides.

LEVHA 1

1a, 1b: Amaranthaceae-Chenopodiaceae;

2a, 2b: Asteraceae Asteroideae;

3a, 3b: Asteraceae Cichorioideae;

4a, 4b: Caryophyllaceae;

5: Cyperaceae;

6: Ephedra;

7a, 7b, 7c: Euphorbia;

8a, 8b: Olea;

9a, 9b: Juglans;

10: Poaceae;

11: Pinus;

12: Sanguisorba minor;

13: Sparganium;

14: Typha;

15a, 15b: Ulmus;

16: Acer;

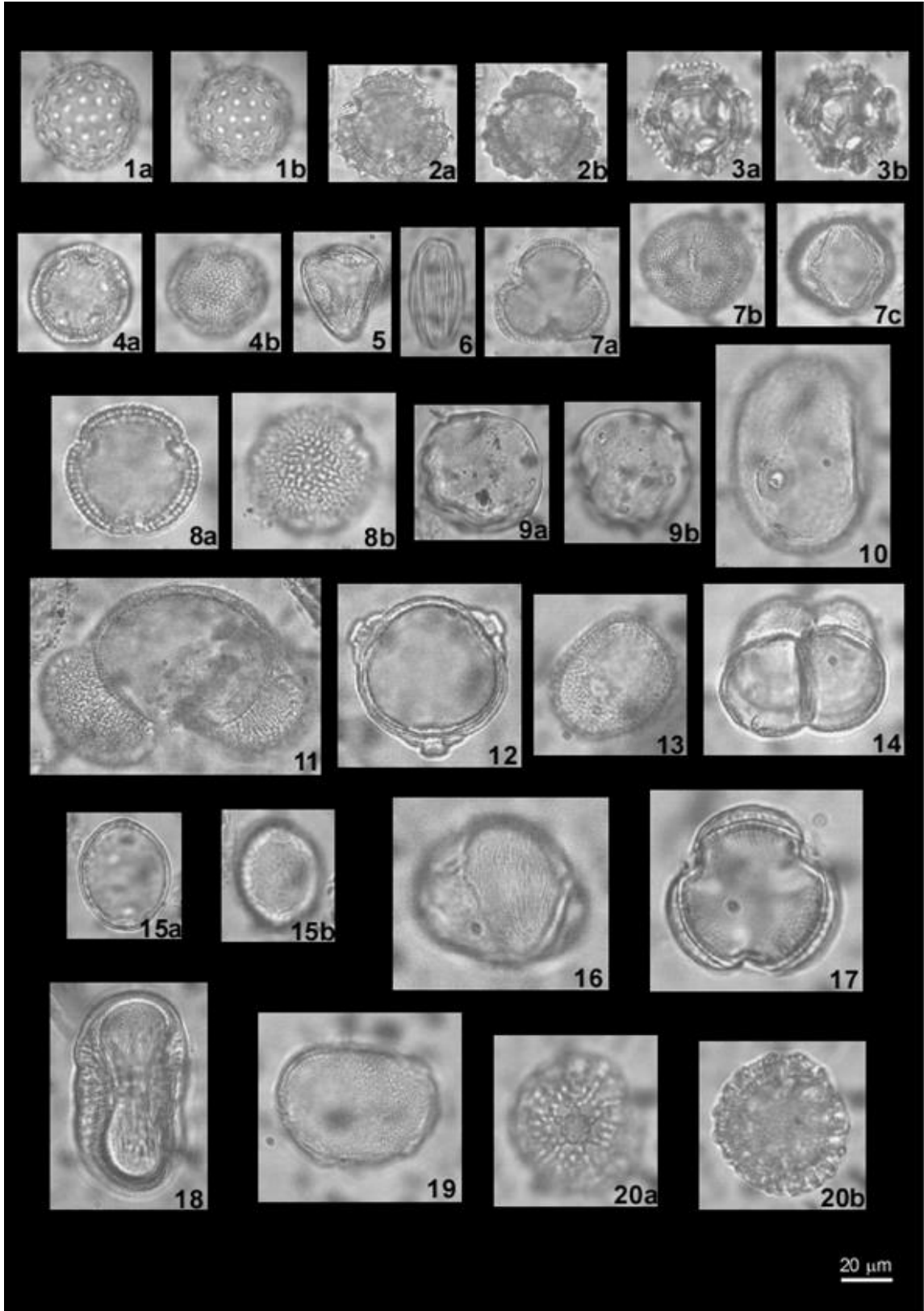
17: Artemisia;

18: Apiaceae;

19: Pistacia;

20a, 20b: Polygonum.

LEVHA 1



Şekil 36. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda tanımlanan polen türlerinden bazıları

LEVHA 2

21: Centaurea;

22a, 22b, 22c: Echinops;

23: Fagus;

24a, 24b: Haplophyllum;

25: Scabiosa;

26: Picea;

27a, 27b: Nymphaeaceae;

28: Ephedra;

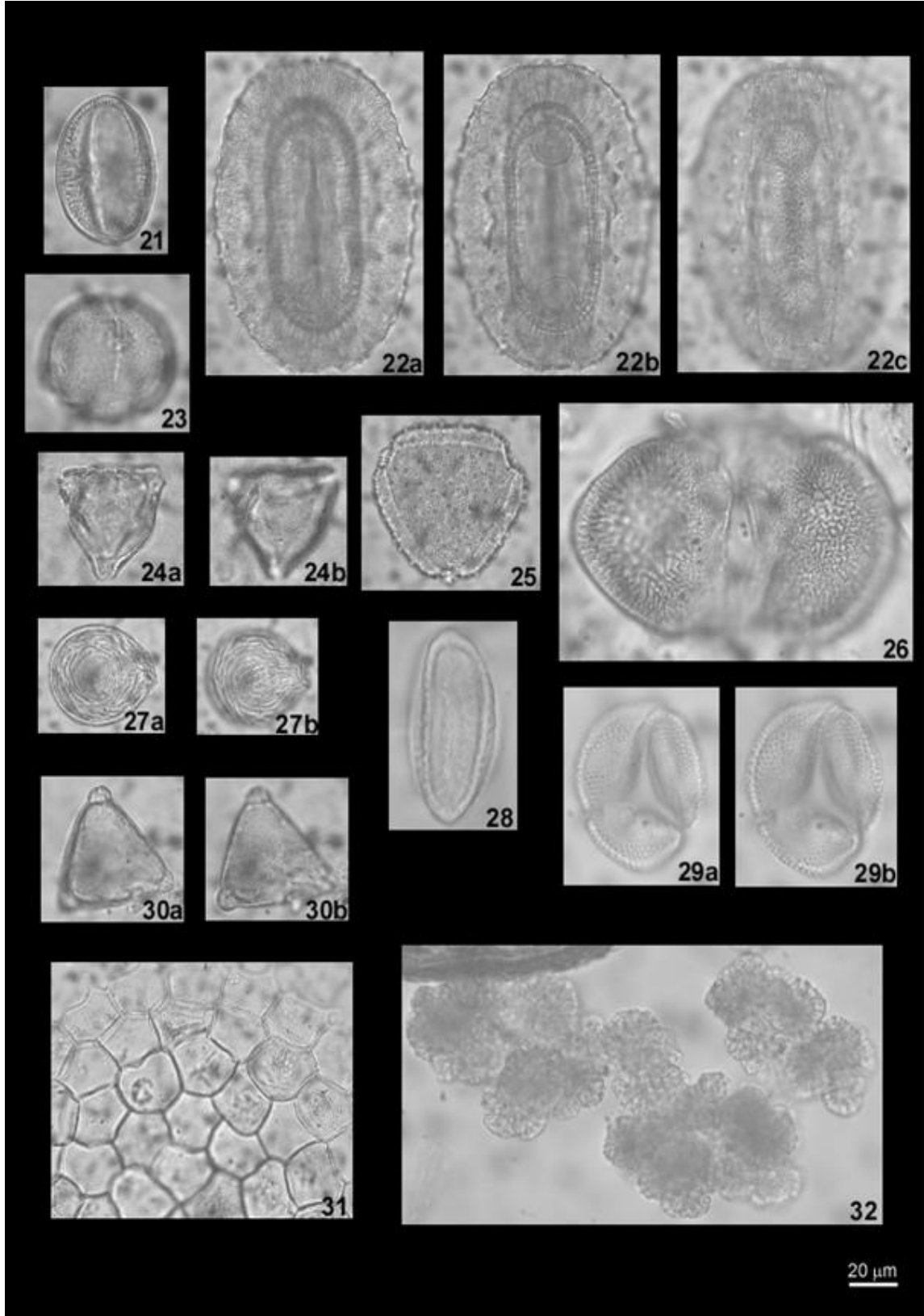
29a, 29b: Linum;

30a, 30b: Elaeagnus;

31: Pedastrum, alg

32: Botryococcus, alg

LEVHA 2



Şekil 37. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda tanımlanan polen türlerinden bazıları

Tablo 4. Nix (1982) sınıflandırmasına göre Hazar Gölü Hz11-PO3 karotunda tanımlanan polen türlerinin gruplandırılması

Mezotermik Ağaçlar	Otsul ağaçlar		Stepler
<i>Quercus</i>	Poaceae	<i>Helianthemum</i>	<i>Artemisia</i>
<i>Corylus</i>	Caryophyllaceae	<i>Centaurea</i>	<i>Ephedra</i>
<i>Betula</i>	Amaranthaceae-Chenopodiaceae	<i>Phyteuma</i>	<i>Hippophae rhamnoides</i>
<i>Alnus</i>	Asteraceae Asteroideae	<i>Thelygonum</i>	
<i>Carpinus orientalis</i>	Asteraceae Cichorioideae	<i>Scabiosa</i>	Akdeniz kserofitleri
<i>Juglans</i>	<i>Plantago</i>	<i>Helleborus</i>	<i>Quercus ilex</i> type
<i>Elaeagnus</i>	Liliaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Olea</i>
Fabaceae	<i>Geranium</i>	<i>Cistus</i>	<i>Pistacia</i>
<i>Fagus</i>	<i>Sparganium</i>	<i>Galium</i>	<i>Phillyrea</i>
<i>Pterocarya</i>	Ericaceae		
<i>Ulmus</i>	Cyperaceae		Non-significant
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Haplophyllum</i>		Ranunculaceae
<i>Castanea type</i>	Lamiaceae		<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Acer</i>	<i>Linum</i>		Rosaceae
<i>Zelkova</i>	<i>Typha</i>		
<i>Salix</i>	<i>Rumex</i>		<i>Pinus</i>
<i>Fraxinus</i>	<i>Polygonum</i>		
<i>Ilex</i>	Apiaceae		
Mikrotermik ağaçlar	<i>Echinops</i>		
<i>Abies</i>	Nymphaeaceae		
<i>Picea</i>	<i>Convolvulus</i>		
Mezo-mikrotermik ağaçlar	<i>Erodium</i>		
<i>Cedrus</i>	Papaveraceae		

6.6.1. Hazar Gölü Hz11-PO3 Karotunun Polen Analizleri Sonuçları

Hz11-PO3 karotunda 2.5-280.5 cm'ler arasında gerçekleştirilen polen analizleri G.Ö. 11,000 yıldan günümüze kadar olan vejetasyon ve iklim değişiklikleri hakkında bilgi vermektedir. Polen analizlerine göre karottta 6 adet polen zonu belirlenmiştir. Bu zonlar sırasıyla:

Polen Zonu 6 (0-85 cm)

Polen Zonu 1'de görülen başlıca vejetasyon türleri otsu bitkiler, sıcak-ılıman ağaçlar, kozmopolitan bitkiler ve Akdeniz kserofitleridir. Az miktarda da *Artemisia*, *Ephedra*, *hippophae rhamnoides* gibi step elementleri yer almaktadır. Özellikle otsu bitkiler bu zonda yaygın olarak bulunup toplam yüzdesi %55'lere varmaktadır. Otsu bitkiler arasında *Poaceae* (%11-%29), *Asteraceae Asteroideae* (%4-%12), *Asteraceae Cichorioideae* (%1.7-%7), *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* (%0.5-%3), *Cyperace. ae* (%0.3-%4) yaygın olarak bulunan familyalardır. Otsu bitkiler arasında *Sparganium*, *Typha* gibi sucul ortamı karakterize eden bitkilerde mevcuttur. Mezotermik ağaçlar (sıcak-ılıman) arasında ise yaygın görülen türler yaprağını döken-*Quercus* (%6-%31) ve *Juglans* (%1-%5)'dir. Kozmopolitan türler genelde her yerde bulunduklarından önemli bir iklimsel değişimi yansıtmazlar. Bunlar arasında *Sanguisorba minor* (%0.7-%10) ve az miktarda *Ranunculaceae* ve *Rosaceae* familyasına ait bitkiler bulunmaktadır. Akdeniz kserofitleri arasında ise *Olea*, *Pistacia*, *Quercus ilex* ve *Phillyrea* gibi türler bulunmaktadır. *Pinus* polenin yüzdesi ise %54'lere varmaktadır. Bu zonda yaygın gözlemlenen otsu bitkiler soğuk ve kurak bir iklimi göstermektedir.

Polen Zonu 5 (85-120 cm)

Bu zonda görülen başlıca vejetasyon türleri sıcak-ılıman ağaçlar, otsu bitkiler, kozmopolitan bitkiler ve Akdeniz kserofitleri ve steplerdir. Özellikle sıcak-ılıman ağaçlar bu zonda yaygın olarak bulunup toplam yüzdesi %44'lere varmaktadır. Sıcak-ılıman ağaçlardaki artış sıcak ve nemli bir iklimi göstermektedir. Bu ağaç topluluğu içerisinde en çok bulunan yaprağını döken-*Quercus*'tur. Bu zonda *Quercus* polenin yüzdesi %27 ile %43 arasında değişmektedir. Otsu bitkiler arasında *Poaceae* (%11-%17), *Asteraceae Asteroideae* (%2-%6), *Asteraceae Cichorioideae* (%1-%3), *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* (%0.5-%1.7), *Cyperaceae* (%1.9-%3.8) ve *Caryophyllaceae* (%1-%1.43) belirgin olarak bulunan familyalardır. Otsu bitkiler arasında *Sparganium*, *Typha* gibi sucul ortamı

karakterize eden bitkiler halen görülmektedir. Kozmopolitan türler arasında ise Rosaceae (%2-%15), Sanguisorba minor (%0.5-%2.8) ve az miktarda Ranunculaceae familyasına ait bitkiler bulunmaktadır. Rosaceae özellikle bu zonda artmaktadır. Akdeniz kserofitleri arasında ise Pistacia (%0.9-%5) ve Quercus ilex (%0.5-%2.5) gibi türler bulunmaktadır. Az miktarda da Artemisia, Ephedra, hippophae rhamnoides gibi step elementleri yer almaktadır.

Polen Zonu 4 (120-158,75 cm)

Bu zon başlıca sıcak-ılıman ağaçlar, otsu bitkiler, kozmopolitan bitkiler ve Akdeniz kserofitleri ile karakterize edilmektedir. Stepler, yüksek enlem ağaçlar ve orta enlem ağaçlar az miktarda bulunmaktadır. Zonda yaygın olarak bulunan sıcak-ılıman ağaçların oranı %29-% 54 arasında değişmektedir. Bu ağaç formasyonlar yaprağını döken-Quercus (%54), Carpinus orientalis, Fagus, Carpinus betulus gibi türler ile temsil edilmektedir. Otsu bitkiler arasında Poaceae (%4-%12), Asteraceae Asteroideae (%3-%7), Asteraceae Cichorioideae (%1-%2.3), Amaranthaceae-Chenopodiaceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae, Linum, Rumex, Echinops, Scabiosa, Typha, Centaurea, Phyteuma gibi türler bulunmaktadır. Kozmopolitan türler arasında ise Rosaceae (%0.3-%15), Sanguisorba minor (%1.3-%2.4) türleri bulunmaktadır. Akdeniz kserofitleri arasında ise Pistacia (%0.4-%4) ve Quercus ilex (%0.4-%1.3) gibi türler bulunmaktadır. Az miktarda da Artemisia ve Ephedra gibi step elementleri yer almaktadır. Bu zonda aynı zamanda alglerden Pediastrum ve Botryococcus bol miktarda bulunmaktadır. Botryococcus Polen Zonu 2’de en alt seviyesinden itibaren görülmeye başlamıştır. Polen Zonu 3 ve 4’te ise artış göstermektedir. Botryococcus genellikle tatlı sularda yaşamaktadır (bataklıklar, göller, göletler) (Gray, 1960; Emberger, 1968; Tappan, 1980, Guy-Ohlson, 1992). Acı su koşullarına tolerans gösteren türlerinin olduğu bilinmektedir (Wake ve Hillen, 1980; DeDeckker, 1988). Botryococcus alg kolonilerinin günümüzde yaşayan formlarına dayanarak Botryococcus tatlı su ortamından etkilenen çökelme koşullarını göstermektedir (Batten ve Grenfell, 1996). Pediastrum ise tüm seviyelerde sıklıkla gözlenmekte olup özellikle Botryococcus’la birlikte Polen Zonu 3 ve 4’te miktarı artmaktadır. Pediastrum’da tatlı su ya da flüvyal etkiyi göstermektedir.

Polen Zonu 3 (158,75-200 cm)

Bu zonda görülen başlıca vejetasyon türleri sıcak-ılıman ağaçlar, otsu bitkiler, kozmopolitan bitkiler ve Akdeniz kserofitleri, Mikrotermik ağaçlar ve steplerdir. Özellikle sıcak-ılıman ağaçlar bu zonda yaygın olarak bulunup yüzdesi %37 ile %65 arasında değişmektedir. Bu ağaç topluluğu içerisinde en çok bulunan yaprağını döken-*Quercus*'tur (maksimum %64). Mezotermik ağaç topluluğu içerisinde yer alan diğer türler ise *Corylus*, *Alnus*, *Carpinus orientalis*, *Fagus*, *Carpinus betulus*, *Acer*, *Zelkova* ve *Salix*'tir. Otsu bitkiler arasında *Poaceae* (%6-%13), *Asteraceae Asteroideae* (%2-%7), *Asteraceae Cichorioideae* (%1-%4), *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* (%0.5-%1.5), *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Plantago*, *Geranium*, *Sparganium*, *Erodium*, *Scabiosa*, *Typha*, *Apiaceae*, *Centaurea*, *Thelygonum*, *Euphorbia*, *Liliaceae* vb., türler yer almaktadır. Kozmopolitan türler arasında ise *Sanguisorba minor* (%0.6-%3), az miktarda *Rosaceae* ve *Ranunculaceae* familyasına ait bitkiler bulunmaktadır. Akdeniz kserofitleri arasında ise *Pistacia* (%1-%6) ve *Olea* (<1) türleri bulunmaktadır. Az miktarda da *Artemisia* step elementleri yer almaktadır. *Pinus* polenin yüzdesi bu zonda %4 ile %34 arasında değişmektedir.

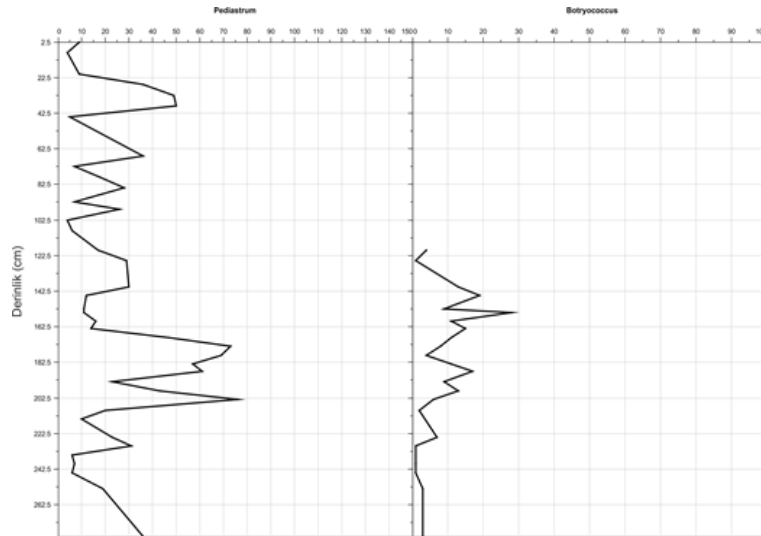
Polen Zonu 2 (200-267,5 cm)

Bu zonda görülen başlıca vejetasyon türleri sıcak-ılıman ağaçlar, otsu bitkiler, kozmopolitan bitkiler ve Akdeniz kserofitleri ve steplerdir. Özellikle sıcak-ılıman ağaçlar bu zonda yaygın olarak bulunup yüzdesi %31 ile %56 arasında değişmektedir. Bu ağaç topluluğu içerisinde en çok bulunan yaprağını döken-*Quercus*'tur (maksimum %54). Mezotermik ağaç topluluğu içerisinde yer alan diğer türler ise *Betula*, *Alnus*, *Juglans*, *Fagus*, *Carpinus betulus*, *Acer*, *Zelkova*'dır. Otsu bitkiler ise bu zonun sonuna doğru artış göstermekte ve yüzdesi 244.5 cm'de %54'e ulaşmaktadır. Otsu bitkiler arasında *Poaceae* (%11-%20), *Asteraceae Asteroideae* (%4-%14), *Asteraceae Cichorioideae* (%1-%12), *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* (%0.5-%1.2), *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Plantago*, *Geranium*, *Sparganium*, *Rumex*, *Echinops*, *Scabiosa*, *Galium*, *Typha*, *Apiaceae*, *Centaurea*, *Liliaceae* vb., türler yer almaktadır. Kozmopolitan türler arasında ise *Sanguisorba minor* (%0.7-%2.3), az miktarda *Rosaceae* familyasına ait bitkiler bulunmaktadır. Akdeniz kserofitleri arasında ise *Pistacia* (%2-%11), *Olea* ve *Quercus ilex* türleri bulunmaktadır. Az miktarda da *Artemisia* step elementleri yer almaktadır. *Pinus* polenin yüzdesi bu zonda %4 ile %10 arasında değişmektedir.

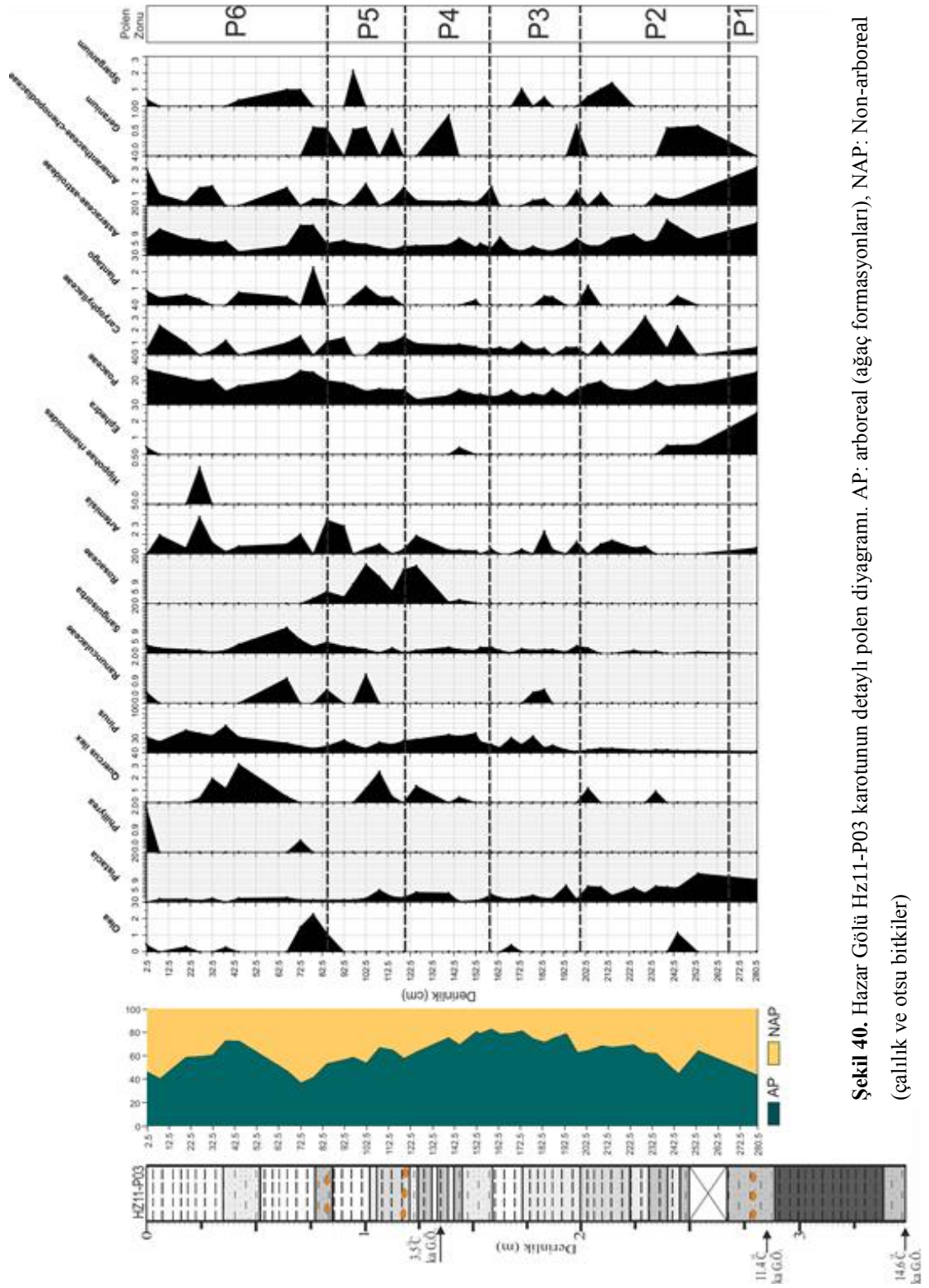
Polen Zonu 1 (267,5-280 cm)

Bu zonda görülen başlıca vejetasyon türleri otsu bitkiler, sıcak-ılıman ağaçlar, Akdeniz kserofitleri ve steplerdir. Özellikle otsu bitkiler bu zonda yaygın olarak bulunup yüzdesi %53'e varmaktadır. Bu ağaç topluluğu içerisinde Poaceae (%26), Asteraceae Asteroideae (%13), Asteraceae Cichorioideae (%5), Amaranthaceae-Chenopodiaceae (%3), Cyperaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Centaurea, Helianthemum vb., türler yer almaktadır. Mezotermik ağaç topluluğu içerisinde ise yaprağını döken-Quercus (%28), Fagus, Pterocarya ve Acer türleri görülmektedir. Akdeniz kserofitleri arasında ise Pistacia (%9) bulunmaktadır. Az miktarda da Artemisia ve Ephedra yer almaktadır. Pinus polenin yüzdesi bu zonda %3'tür.

Hız11-PO3 sediment karotunda polen kayıtları geniş yapraklı ormanlardan steplere kadar bir çok vejetasyon çeşidini içermektedir. Sıcak-ılıman ağaç formasyonları içerisinde en yaygın bulunan tür yaprağını döken-Quercus'tur. Karottta Holosen döneminin başında Younger Dryas döneminde otsu bitkilerde (Poaceae, Asteraceae family, Amaranthaceae-Chenopodiaceae) artış gözlenmektedir. Bu dönemde otsu bitkilerde gözlemlenen artış bölgede soğuk-kurak bir iklimin varlığına işaret etmektedir. Bu polen verisi Van Gölü, Zeribar ve Urmia gölü polen verisiyle uyumludur (Van Zeist ve Bottema, 1977, Djamali vd., 2008, Litt v.d., 2009). Polen Zonu 3 ve 4'de sıcak-ılıman ağaçlar artmaktadır. Aynı zamanda bu dönemde *Pediastrum* ve *Botryococcus* algleri göle tatlı su girdisi ya da flüvyal bir etkiyi göstermektedir (Şekil 38). Bu dönemde TOC değerlerindeki artış sıcak-ılıman iklim koşullarını gösteren *Quercus* poleninde artış olduğu dönemlere denk gelmektedir.



Şekil 38. Hazar Gölü Hız11-PO3 karotunun *Pediastrum* ve *Botryococcus* alg değişimleri



Şekil 40. Hazar Gölü HZ11-P03 karotunun detaylı polen diyagramı. AP: arboreal (ağaç formasyonları), NAP: Non-arboreal (çalılık ve otsu bitkiler)

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

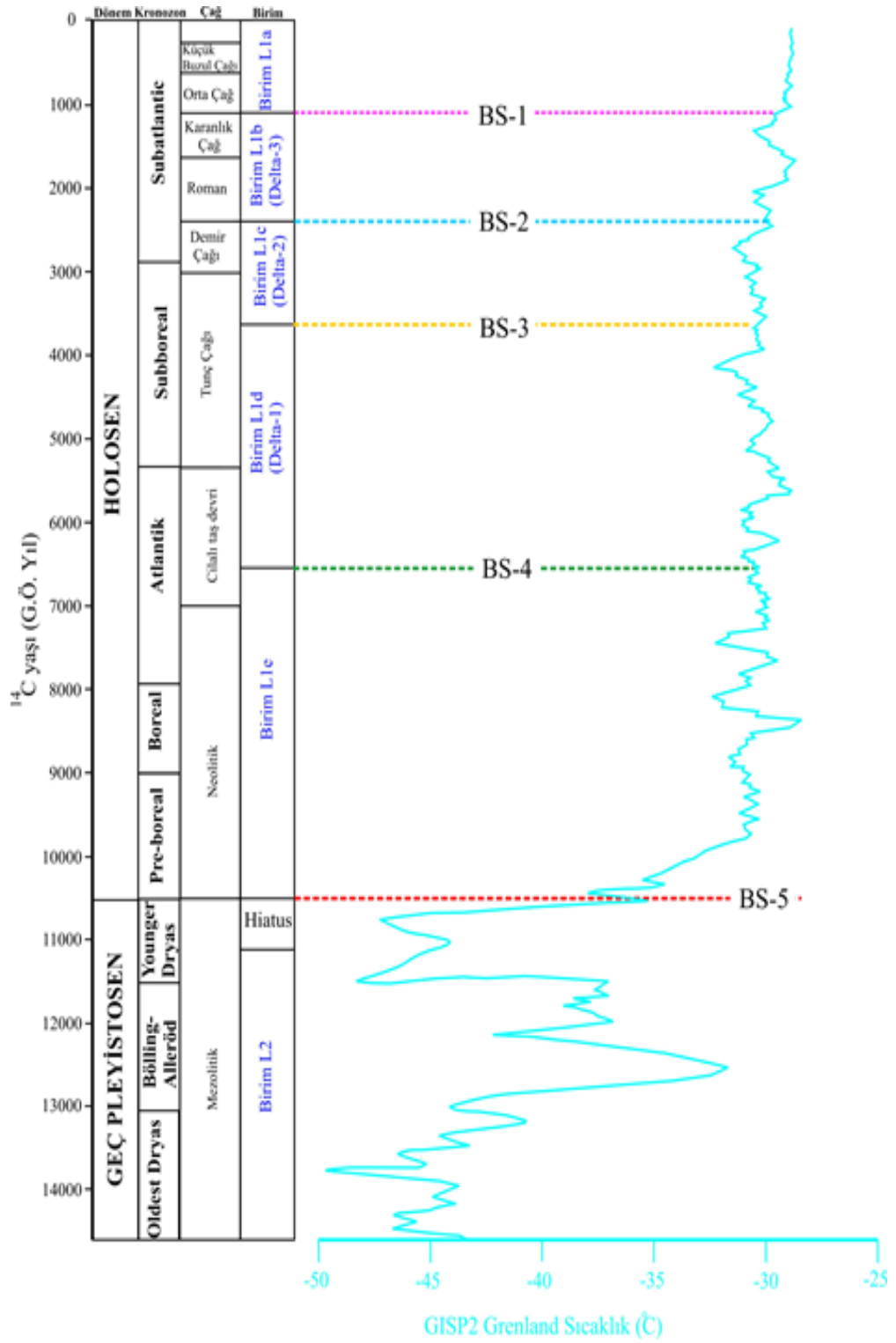
7.1. Karotlarda Kronostratigrafik Birimlerin İklimsel Süreçler ile Deneştirilmesi

Karotlarda kronostratigrafik birimler detaylı olarak ortaya konulmuş ve karot çökellerinden elde edilen ^{14}C yaşlara göre ise bu birimlerin Geç Pleyistosen-Holosen dönemlerinde (son 15 bin yıl) çökeldikleri saptanmıştır. Bu birimlerin kronostratigraflarını ortaya çıkarırken aynı zamanda birimlerin çökeldikleri süreçlerin stratigrafi komisyonu tarafından da belirlenmiş farklı iklimsel dönemleri temsil eden kronozonlar ile de eşleştirilmesi yapılmıştır (Şekil 42). Son 15 bin yıldaki bu iklimsel dönemlerin yansıra ve litostratigrafik birimlerin çökeldiği zaman süreçlerini kapsayan özellikle eski insan medeniyetlerini gösteren çağlar ile de eşleştirilmesi yapılmıştır. Bu tez döneminde karotlardan elde edilen ^{14}C 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. Yaklaşık G.Ö. 13.1 bin yıla kadar süren bu soğuk dönemin ardından ise tüm dünyada kendini hissettirmiş olan Bölling-Allerod periyodu sıcaklık eğrisinde de gözlenebildiği gibi aşırı ısınmayı temsil etmekte ve yaklaşık G.Ö. 11.5 bin yıla kadar sürdüğü bilinmektedir (Lambeck ve diğ., 2007). Geç Pleyistosen'de Birim-L2'nin üst kısımlarını temsil eden ve hemen Holosen'den önce gelişen 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 ve diğ., 2003). Bu dönemde sıcaklığın yaklaşık 5 derece düştüğü Şekil 43'de verilen sıcaklık eğrisinde gözlenebilmektedir. Geç Pleyistosen'de karotlarda ayırtılan Birim L2'nin çökeldiği bu süreç aynı zamanda eski çağlardan Mezolitik döneme karşılık gelmektedir.

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 ayırtıldığı Hz11-P03 karotunun -53.5 m derinlikten alındığı düşünüldüğünde Birim L2'nin üst sınırını temsil eden uyumsuz karakterdeki yüzeyin Younger Dryas süresince karasal aşınma yüzeyini temsil ettiği anlaşılmaktadır. Buna göre Birim L2'nin bitiminden Birim L1'in ise çökelmeye başlayacağı zamana kadar olan sürede çökmezlik (Hiatus) olmuş olmalıdır. Geç Pleyistosen'de Younger

Dryas içerisinde olduğu düşünölen bu zaman boşluğunun tam olarak süreci bilinmemekte, ancak Birim L1'in G.Ö.10.5 bin yıllarında çökelmeye başladığı bilinmektedir. Karotlarda Holosen yaşı olduğu tespit edilen Birim L1'e ait çökellerin gerek fiziksel ve gerekse jeokimyasal özelliklerine göre beş farklı birime ayırtlanmıştır. Bunlardan en yaşı olan Birim L1e'nin gözlemlendiği karotlarda yapılan ¹⁴C yaşlandırma analizlerine dayanarak erken-Orta Holosen'de döneminde çökeldiği tespit edilmiştir. G.Ö. 10.5 bin ile 6.5 bin yılları arasında kalan bu süreç farklı iklimsel dönemleri kapsamakta ve bunlar sırası ile Pre-boreal, Boreal ve Atlantik kronozonlarıdır. 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 dikkat çekmektedir. Birim L1e'nin çökeldiği süreci kapsayan üç ayrı koronozonda sıcaklık eğrisine göre küçük salınımların haricinde en ciddi sıcaklık değişimi 8.8 bin yılından 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 hemde 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 Çağına karşılık gelmektedir. Bu döneme karşılık gelen sıcaklık eğrisine göre çok büyük değişimler yaşanmadığı görülse de günümüze en yakın ve dünya ölçeğinde çeşitli araştırmacılar tarafından da belirlenen 'Küçük Buzul Çağı'' döneminde (La Moreaux, 2003; Little Ice Age) neredeyse tüm dünyada soğuk bir iklim yaşandığı saptanmıştır.



Şekil 42. Hazar Gölü Hz11-P03 karotunda ayırtılan çökel birimlerin kronostratigrafleri ile küresel sıcaklık eğrisi ile denştirilmesi. BS: sismik kesitlerde birimlerin sınırlarını gösteren zaman çizgileri (TUBİTAK , 2011).

7.2. Manyetik Duyarlılık Ve TOC Analizlerinin İklim ve Göl Seviyesi Açısından

Yorumu

Hazar Gölü Geç Pleyistosen-Holosen yaşlı çökellerde ayırtlanan litostratigrafik birimlerin kronostratigrafleri piston karotlarda yapılan ^{14}C yaşlandırma analizleri sonucu belirlenmiş ve Şekil 42’de gösterilmiştir. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P03 ve Hz11-P07 piston karotlarında Holosen yaşlı litostratigrafik birimlerden Birim L1a’dan L1c’ye kadar olan çökelleri içerdiğinden bu karotlarda yapılan TOC analizleri sayesinde iklimsel değişime ait yorumlamalar son 3.7 bin yılı kapsamaktadır. Bu zamandan son 15 bin yıla kadar olan sürede gölde çökelen diğer birimler (Birim L2 ve L1) Hz11-P03 piston karotunda gözlenebildiğinden bu karotta yapılan Polen analizi sayesinde G.Ö. 3.7-15 bin yılları arasında yaşanan iklimsel değişimlerin izleri tespit edilebilmiştir. Bu analizlere ait yorumlamalarda en yaşlı birimleri içeren Hz11-P03 karotu ile başlanacak ve diğer karotlardaki analizlerin yorumlamalarında ise son 3.7 bin yıldaki iklimsel değişimlerin izlerine değinilecektir.

Geç Pleyistosen’de Hazar Gölü ve çevresinde hüküm sürmüş Son Buzul Dönemi bitimine ait izleri taşıyan çökeller Hz11-P03 piston karotunda Birim L2 ile temsil olunur. Tüm dünyada ve özellikle Asya ve Doğu Avrupa’da bu dönemde buzulların G.Ö. 15 bin yıllarında erimeye başladığı ve bu soğuk dönemin kalıntılarının G.Ö. 13 bin yılına kadar sürdüğü Görland buzul karotundan üretilen sıcak eğirisinde gözlenmektedir. Kronostratigrafik dönemlerden Oldest Dryas’a karşılık gelen bu son soğuk dönem Hz11-P03 piston karotundan elde edilen ^{14}C yaşlarına göre Birim L2’nin alt seviyesi olan 348-325 cm’leri arasına karşılık gelmektedir. Oldest Dryas başlangıcında G.Ö. 14.6-14.2 bin yıllarına karotta karşılık gelen 10 cm kalınlığındaki yeşilimsi gri siltli kil seviyesinde manyetik duyarlılığın nispeten daha düşük değerde olması bu dönem başında göle kırıntı gelimin az ve dolayısıyla bölgede kurak bir iklimin hâkim olduğunu göstermektedir. Görland sıcaklık eğrisine göre Oldest Dryas’ın en soğuk geçtiği G.Ö. 14.2 ila 13.1 bin yılları arası karotta 338-325 cm’leri arasında siyah renkli kumlu kile karşılık gelmektedir. Karotta Birim L2 içerisinde bu seviyede litolojinin kumlu olmasından da anlaşılabilceği gibi kırıntı girdisinin göle bu zamanda daha yüksek olduğu manyetik duyarlılık analizindeki çok yüksek değerlerden de anlaşılmaktadır.

Karotta yapılan TOC analizinde karotun tabanından itibaren Oldest Dryas'ın bitimine karşılık gelen seviyeye kadar dereceli olarak organik madde içeriğinde azalma gözlenmektedir. Gölde su seviyesinin yüksek olduğu bu zamanda TOC değerlerinin nispeten daha düşük olması, gölde su tabakalanmasına bağlı olarak alt sudan besin döngüsünün zayıfladığına ve bunun sonucu organik üretimin azlığına işaret etmektedir. Buna göre yükselen göl seviyesi evrelerinde azalan TOC (organik üretim) değerlerine karşılık geldiği anlaşılmaktadır.

G.Ö. 13.1 bin yıllarında soğuk bir iklimden buzulların erimesi ile sıcak bir iklime geçiş yaşanmıştır. G.Ö. 13.1 ila 11.5 bin yılları arasında hüküm süren ve Bölling-Allerod olarak adlandırılan bu sıcak dönem karotta oldukça düşük manyetik duyarlılık değerleri ile temsil olunur. Bu döneme karşılık gelen karotun 325 cm ila 296 cm'leri arasında TOC değerlerinin daha fazla artarak %2'nin üzerine çıktığı gözlenmektedir. Gölde Bölling-Allerod zamanında giderek artan buharlaşmaya karşın azalan tatlı su girdisi, sudan CO₂ çıkışı, göl seviyesinin giderek düşmesine bağlı olarak daha iyi su karışımı ve bunun sonucu olarak da organik üretim artmış olacaktır. Buna göre, Bölling-Allerod döneminde gölde G.Ö. 13.1 bin'den 11.5 bin yılına doğru gölün su seviyesi giderek düşmüş olmalıdır.

Karotta Birim L2'nin üst seviyelerinde 296 cm'de siyah renkli siltli kilden koyu yeşilimsi gri killi sitle geçiş aynı zamanda Bölling-Allerod'dan Younger Dryas'a geçişi temsil eder. Görland sıcaklık eğrisine göre aniden sıcaklığın düştüğü bu soğuk dönem G.Ö. 10.5 bin yılına kadar devam etmiştir (Sidall ve diğ., 2003). Bu soğuk dönem dünyanın bazı bölgelerinde kurak geçerken özellikle Asya ve Doğu Avrupa'da soğuk ve nemli bir iklim hüküm sürmüştür. Buna örnek olarak Marmara Denizi'nde bu soğuk dönemde deniz seviyesinin düştüğü bilinirken Hazar Denizi'nde bu dönemdeki artan yağış/buharlaşma oranı su seviyesini yükseltmiş ve Hazar Denizi'nden Karadeniz'e su boşalımı olmuştur (Ryan ve diğ., 2003).

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P03 karotunda bu döneme karşılık gelen seviyesinde manyetik duyarlılıkta önce ani bir artış gözlenmiş ancak daha sonra bu değerler bu soğuk dönemin sonuna kadar oldukça düşük kalmıştır. Karotun bu seviyesinde TOC değeri aniden artmıştır.

Gölde Bölling-Allerod döneminden itibaren su seviyesinin giderek düşmeye başladığı ve bu düşüşün Younger Dryas'da daha hızlanarak günümüz seviyesinden 73 m daha aşağıya çekildiği sismik kesitlerde bu seviyede duran taraçaların varlığından anlaşılmaktadır. Bu taraça seviyelerinin Geç Pleyistosen-Holosen geçişini temsil eden BS-5 uyumsuzluk yüzeyi üzerinde gelişmiş olmaları Younger Dryas bitiminde veya hemen öncesinde gölün seviyesinin karotun bulunduğu derinliğin (-53.5 m) altına düştüğünü göstermektedir. Buna göre, karotun alındığı lokasyon karasal aşınma şartlarına maruz kalacağından sismik kesitlerde gözlenen bu uyumsuzluğun da bu zamanda gelişmiş olması gerekmekte ve sismikte bu seviyeye karşılık gelen karotun 268 cm'inde de bir çökmezliğin (Hiatus) oluşması gerekmektedir.

Karotun bulunduğu derinlikte gölsel sedimanların yeniden çökmeye başlaması için göl seviyesinin yeniden bu derinliğin üzerine çıkması gerekeceğinden bu zamana kadar geçen süre karotta gözlenemeyecektir. Holosen başlangıcı ve Birim L1'in çökmeye başlaması da yine bu zamandan sonra olmuş olmalıdır. Gölde Younger Dryas'ın bitimi ve Holosen'in başlangıcını temsil eden BS-5 uyumsuzluk yüzeyi aynı zamanda Birim L1'in tabanı olacağından karotun bu seviyesi ¹⁴C yaşlara ve buna göre hesaplanan sedimantasyon hızlarına göre G.Ö. 10.5 bin yılına karşılık gelmesi gerekmektedir. Gölde Holosen başında ilk çökelen birim olan Birim L1e'ye ait farklı litolojilerde manyetik duyarlılık, TOC oranındaki değişimler Holosen başında iklimsel süreçlerin sıkça değiştiği göstermektedir.

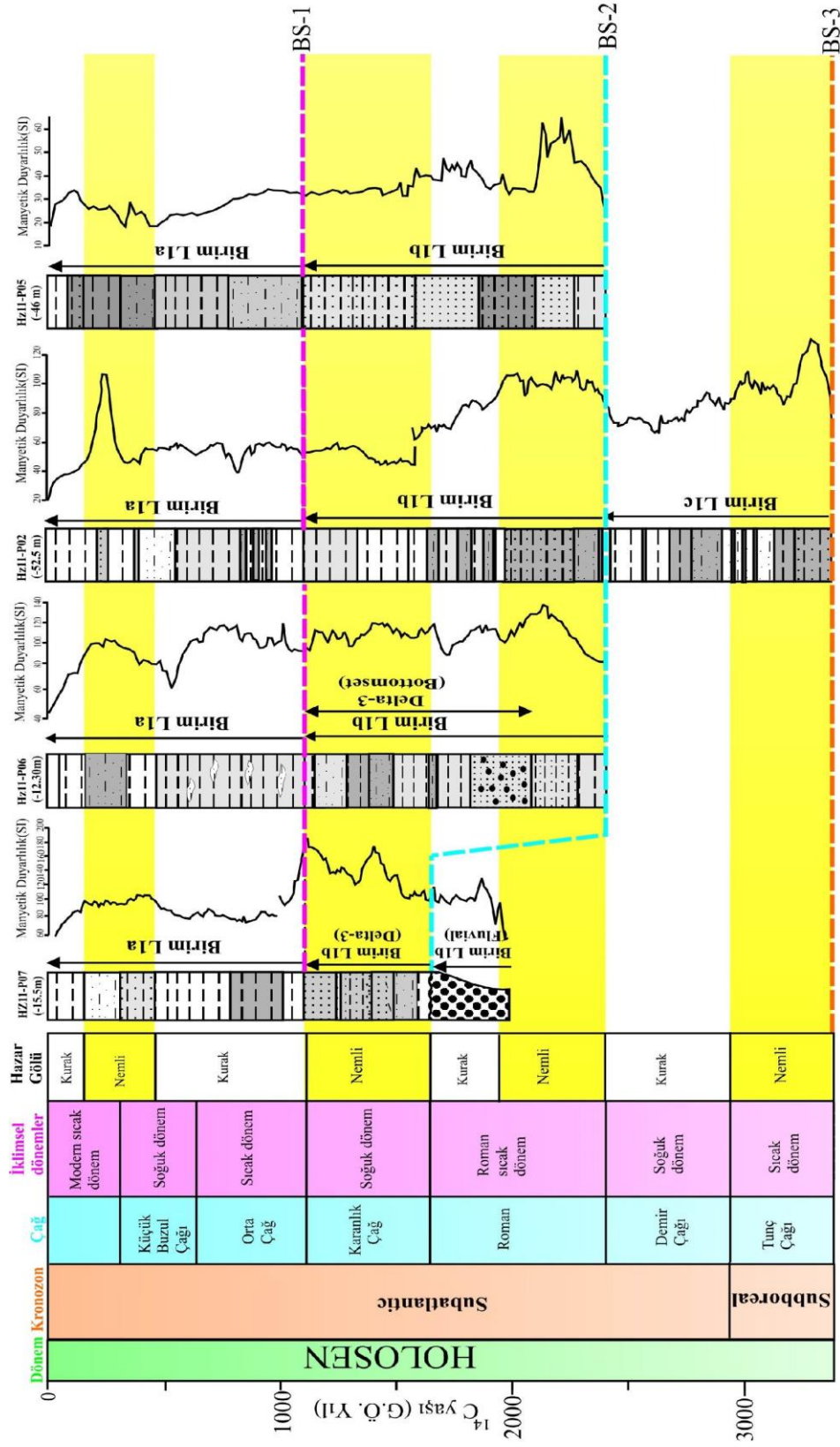
Holosen başlarında kırıntı girdisinin az olmasına sebep ise iklimin sıcak ve kurak olması olmalıdır. Karotun bu seviyesinde TOC değerlerinin düşük olması gölde su tabakalanmasına bağlı olarak alt sudan besin döngüsünün zayıfladığına ve bunun sonucu organik üretimin azlığına işaret etmektedir. Nehirlerin girdileri ile sağlanabilecek bu durum bölgede Holosen başından itibaren iklimin sıcak kuraktan sıcak nemli bir iklime doğru değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. TOC değerlerinin de bu seviyede giderek artışı ise besin döngüsünün dip suda arttığı ve buda üst sudaki organik üretimin arttığını göstermektedir. Birim-L1e içerisinde analizlerdeki en belirgin değişim ise G.Ö. 8.3 bin yılında yaşanmıştır.

Karottaki bu seviye gerek Akdeniz'de ve gerekse Marmara Denizi'nde yapılan karot çalışmalarında da Holosen içerisinde yaklaşık 200 yıl sürdüğü saptanan 8.2 bin soğuk dönemi temsil etmektedir (Çağatay ve diğ., 2000, 2009; Sperling ve diğ., 2003). Hazar Gölü'nde yaklaşık 100 yıllık bir sapma ile gözlenen bu soğuk ancak nemli dönem karotun kronolojisine göre 8.1 bin yılına kadar sürdüğü manyetik duyarlılık değerlerinin bu seviyedeki ani düşüşü ile gözlenebilmektedir.

Birim L1e'nin üst seviyelerine doğru G.Ö. 7.9 bin ila 7 bin yılları arasında manyetik duyarlılık değerleri minimum değerlerine ulaşırken bu seviyede TOC değerlerinin oldukça yükseldiği göze çarpmaktadır. Göle detritik girdinin azaldığı bu kurak dönemde organik madde içeriğinin artması muhtemelen göl seviyesinin gerilediği bu zamanda organik üretimin arttığına işaret etmektedir. Birim L1e'nin en üst seviyesinde gözlenen siltli litolojideki seviyesinde manyetik duyarlılık yeniden arttığı gözlenmektedir. Neolitik dönemin sonu ve Cilalı Taş devrinin başlangıcı olan bu zamanda kısa süren nemli bir iklimin hakim olduğu anlaşılmaktadır. İklimdeki bu kısa süreli ani değişimin yaşandığı seviyede TOC değerlerinde ani düşüş gözlenmekte ve buda organik üretimin yeniden arttığını göstermektedir. Bu döneme karşılık gelen seviyede TOC değerlerinin yüksek sıklıkta değişimler göstererek düşüş yöneliminde olması ise kurak iklimin etkisinde organik madde döngüsünün gölde oldukça zayıfladığını göstermektedir. Sismik kesitlerde Birim L1d'ye dahil edilen ve gölün şelfinde yaklaşık -38 m'lerde gözlenen Delta-3'ün oluşumu muhtemelen G.Ö. 4.4 bin yılında başlayan bu nemli döneme karşılık gelmektedir. G.Ö. 4.4-3.7 bin yılları arasında gelişen deltaik ortama rağmen TOC değerlerinin oldukça düşük olması organik maddenin oksijenli dip suda sediman içerisinde yeterince korunamadığını göstermektedir. Karotta bu soğuk nemli dönemden sonra Görland sıcaklık eğrisine göre sıcaklığın küresel olarak arttığı gözlenmektedir. Geç Holosen'de Tunç Çağı ortalarında soğuk iklimden bu çağın sonlarına doğru daha sıcak bir iklime G.Ö. 3.7 bin yılında geçiş Birim L1c'nin çökelmeye başlaması ile temsil olunur.

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P02 karotunda manyetik duyarlılık ve TOC analizleri son 3.7 bin yıldaki iklimsel değişimlerin izlerini daha detaylı vermektedir. Karotta Birim L1c'nin alttan 20 cm'lik kısmı Tunç Çağının son yarısına karşılık gelmektedir. Görland sıcaklık eğrisine göre Tunç Çağı sonlarına doğru sıcaklık artmış ve Tunç Çağı'ndan Demir Çağı'na geçişte sıcaklık yeniden azalmıştır. Karotun bu seviyesinde manyetik duyarlılık değerlerinin üste göre daha yüksek olması bu zamanda göle detritik girdinin arttığını ve buda bu dönemde iklimin sıcak ve nemli olduğunu gösterir. Birim L1c'nin üst kısmına doğru Demir Çağı'nda manyetik duyarlılığın tedrici olarak azalması göle detritik girdinin azaldığını göstermektedir. TOC oranlarında manyetik duyarlılığa benzer şekildeki düşüşler göle çevre drenajlar ile kırıntı gelimin zayıfladığı zamanlarda karasal besin veya organik maddenin de azaldığını ve bunun sonucunda gölde besin döngüsü zayıfladığından ilksel üretimin de düşmesine neden olduğunu göstermektedir. Görland sıcaklık eğrisine göre daha soğuk olan Demir Çağı'nda göl ve çevresinde kurak bir iklimin egemen olduğunu gösterir. Geç Holosen'de G.Ö. 2.4 bin yılında başlayan Roman Dönemi karotta Birim L1b'nin çökmesi ile başlar.

Küresel olarak daha sıcak yaşandığı bilinen bu çağın hemen hemen 400 yıllık kısmında daha nemli bir iklimin yaşandığı karotta yüksek manyetik duyarlılık değerlerinden anlaşılmaktadır. TOC oranları manyetik duyarlılığa uyumlu şekilde arttığı gözlenmektedir. Tez kapsamında çalışılan diğer karotlarda da uyumlu bir şekilde Birim L1b'de yüksek manyetik duyarlılık değerleri gözlenebilmektedir (Şekil 43). Birim L1b içerisinde Roman Dönemi'nin sonları ve Karanlık Çağ'ın başlangıcında manyetik duyarlılık değeri yeniden düşüşe geçmiş ve benzer şekilde TOC oranlarında nispeten daha düşük değerler göstermektedir (Şekil 43). Detritik girdinin azalmasına sebep olan bu soğuk ve kurak dönem G.Ö. 1.5 bin yılına kadar devam etmiştir. Karanlık Çağ'ın sonları ve bitimi Birim L1b'nin en üst seviyesine karşılık gelmektedir. Bu dönemin nispeten daha ılıman veya nemli geçtiği manyetik duyarlılık ve TOC değerlerindeki artış ile gözlenebilmektedir. Birimin bu üst seviyesinde manyetik duyarlılıktaki artış Hz11-P03, Hz11-P07 ve Hz11-P06 karotlarında da gözlenebilmektedir (Şekil 43). Karotlarda Birim L1b'nin sonu ve Birim L1a'nın tabanı Karanlık Çağ'ının bitimi ve Orta Çağ'ın başlangıcına karşılık gelmektedir. Birim-L1a'nın alt seviyesine karşılık gelen ve sıcak bir dönemi temsil eden Orta Çağ'da G.Ö. 730 yılına kadar manyetik duyarlılık değerleri Hz11-P02 karotunda tekdüze bir değişim gösterirken benzer değişimler diğer karotlarda da gözlenebilmektedir (Şekil 43). Bu sıcak ve nispeten daha kurak olan dönemde TOC değerleri genelde yüksek salınımlar göstererek değişmektedir. Bu değerlerdeki değişimler iklimin kurak olmasına rağmen kısa süren yağışlı zamanlarda göle detritik kırıntı girdisinin olduğunu ve buna bağlı olarak ise gölde birincil üretim ve besin döngüsünün zaman zaman aniden değiştiğini göstermektedir. Orta Çağ'ın bitimi ve Küçük Buzul Çağ'ının (*LIA*: Little Ice Age) başlangıcı olan G.Ö. 730 yılı sıcaklığın düşüşü ile soğuk bir döneme geçildiğini göstermektedir (La Moreaux, 2003).



Şekil 43. Tez kapsamında alınan piston karotlarda manyetik duyarlılık analizlerine ait sonuçların karşılaştırılması ve iklimsel değişimlerin belirlenmesi

Küçük Buzul Çağı'nın başlangıcında G.Ö. 450 yılına kadar Birim L1a'da manyetik duyarlılığın düşük değerlerde seyretmesi Orta Çağ'da kurak olan iklimin bu dönemde değişmediğini göstermektedir. Benzer şekilde bu dönemde düşük manyetik duyarlılık değerleri diğer karotlarda yapılan manyetik duyarlılık analizlerinde de gözlenmektedir (Şekil 43). Bu çağın başlarında TOC değerlerinin nispeten daha yüksek olması ise bu dönemde besin döngüsünün iyi olduğunu göstermektedir. Bu soğuk dönemin kurak geçtiği Avrupa'da ve Doğu Akdeniz'deki göllerin seviyelerinin ciddi oranlarda düştüğü bilinmektedir (Roberts ve diğ., 2001). Küçük Buzul Çağı'nın sonlarına doğru G.Ö. 450 yılından sonra göle detritik kırıntı girdisi yeniden artmış olduğu karotlarda yapılan manyetik duyarlılık analizlerinde gözlenmektedir. Bu nemli iklim Modern Çağ'ın başlangıcına kadar devam etmiş ancak son iki yüzyıllık periyotta göle detritik girdinin yeniden azaldığını ve dolayısıyla iklimin nispeten daha kurak geçtiği manyetik duyarlılık analizlerinde gözlenmektedir (Şekil 43).

8. 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.
- 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.
- 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.
- Cour, P.,** 1974 Nouvelles techniques de détection des flux et de retombées polliniques: etude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores* 16 (1), 103-141.
- 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., Güneyli 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.

- Çetin H., Güneyli 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.
- 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.
- DSİ**, 1960. Elazığ Uluova, Hazar Gölü'ne Ait Sulama Suyu Tahlil Raporu, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, 6 - 603 .
- DSİ**, 1970, Uluova ve Elazığ Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu.
- Dunne L. A. ; 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
- 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-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı, Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 361-372.
- Huntington, E.**, 1924 Civilization and Climate, Yale University Press, New Haven. 83
- Kaya A.**, 1993. Gezin-Maden (Elazığ) çevresinde jeolojik araştırmalar. Y.L. Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst, Elazığ.
- Lyberis, N.T., Yurur, T., Chorowicz, J., Kasapoglu, E., Gundogdu, N.**, 1992. The East Anatolian fault: an oblique collisional belt. Tectonophysics 204, 1 –15.
- 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.
- Perinçek D., ve Çelikdemir, M.E.**, 1979, Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkânları: TPAO Raporu, 1361 (yayımlanmamış).

- 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.
- Sungurlu, O., Perincek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dölger, S., Çelikdemir, E., Naz, H.**, 1985. Elazığ – Hazar–Palu alanının jeolojisi (Geology of the Elazığ –Hazar– Palu area) *Turkish Petroleum*, Ankara, p. 189.
- 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.
- 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 ve diğ.**, 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.**, 1977a. Seismic stratigraphy and global changes in sealevel. In: *Seismic stratigraphy Applications to Hydrocarbon Exploration* (ed. By C.E. Payton). *Memoir of the American Association of Petroleum Geologist*, Tulsa, 26, 49-62.
- Williamson, D., Jackson, M. J., Banerjee, S. K., Marvin, J., Merdaci, O.**,

ÖZGEÇMİŞ

Selda ÖZDEMİR, 1989 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladıktan sonra, 2007 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde öğrenime başladı. 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji Dalında Yüksek Lisans programına başladı. 2013 yılında mezun oldu.