

30 sh.

KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİNİN SAPANCA GÖLÜ GEÇİŞİ VE YAPISAL ETKİLERİ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü

Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Hesna YILDIRIM

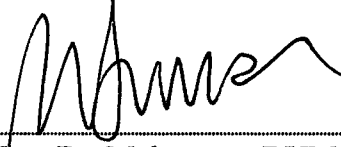
119625

Temmuz, 2002

İZMİR

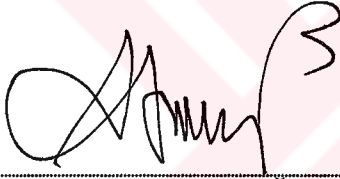
Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

HESNA YILDIRIM, tarafından Yrd.Doç.Dr. MUHAMMET DUMAN yönetiminde hazırlanan “KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİNİN SAPANCA GÖLÜ GEÇİŞİ VE YAPISAL ETKİLERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd.Doç.Dr. Muhammet DUMAN

Yönetici



Prof.Dr. Atilla ULUĞ

Jüri Üyesi

179625



Doç.Dr. Coşkun SARI

Jüri Üyesi



Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezimin konusunun seçiminden tamamlanmasına kadar her aşamada araştırmalarımı yönlendiren ve bilimsel bakımdan en iyi şekilde yetişmem hususunda samimi gayretlerini esirgemeyen, tecrübe ve bilgileriyle her zaman yanımda olan Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Muhammet Duman'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sorumlusu olduğu 1999 İzmit depremi araştırma Projesi kapsamında sağladığı finansal destek için Sayın Yrd.Doç.Dr. Abidin Kaya'ya, gölsel batimetrik ve sismik yansıma verilerinin elde edilmesi için gerekli olan araç ve cihaz donanımı konusunda sağlamış oldukları destek nedeniyle Piri Reis Araştırma Geliştirme Eğitim Vakfı başkanı Sayın Prof.Dr. Erol İzdar'a, arazi ve büro çalışmalarında sürekli desteğini gördüğüm Sayın Doç.Dr. Erdeniz Özel ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Mert Avcı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Hesna YILDIRIM

ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Kuzey Anadolu Fayının Sapanca Gölü içindeki konumu ve göl morfolojisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Batimetrik ve sismik survey yapılmış ve alınan veriler doğrultusunda; Yüksek ayrımlı 3.5 kHz sismik yansıma profillerinden elde edilen Sapanca Gölü tabanaltı materyalinin büyük oranda sedimanter malzemedan oluştuğu saptanmıştır. Profillerde yüzeydeki izleri tespit edilebilen fayların tabanaltındaki devamlılıkları gazın neden olduğu akustik maskeleye nedeniyle net bir şekilde izlenememektedir. Göl tabanı eğim haritası gözönüne alındığında eğimleri 1°'nin altında olan ana çukur Sapanca düzlüğünün dışında daha üst seviyelerde yer alan en az üç adet taraça görünümlü düzlük (Gölbaşı Çayağzı, Kazakburun düzlüğü) saptanmıştır. Kuzey Anadolu Fay hattı Sapanca Gölü ana basen düzlüğü ile bu fay kuzeyinde kalan parçalı düzlükler arasında basamaklı bir geçişi sağlamaktadır.

Sapanca Gölü baseninin kuzeyinde yer alan blok doğu yönlü hareket ederken güney yamacı ve bağlantılı kara kesimi batı yönlü hareket eden segmenti oluşturmaktadır. Sapanca Gölü baseni özellikle doğu bölümünde saat ibresinin tersi yönlü bir dönme etkisinde kalmaktadır. Muhtemelen bu nedenle bu bölgedeki eş derinlik eğrileri güneydoğuya doğru açılarak dönme eğilimi göstermektedir. Kuzey Anadolu Fayı, batı ucundan girdiği Sapanca Gölü kuzey yamacının eteklerini izleyerek doğu uçta yer alan sedimanter istif içerisinde doğu yönlü devam eder görünümündedir. Ancak doğu bölümdeki sismik yansıma kayıtlarında fayın belirgin bir yüzey etkisi görülmemektedir. Hassas batimetri verileri ile birlikte değerlendirilen sismik yansıma verileri Sapanca Gölü'nün başlangıç aşamasındaki klasik pull-apart baseni için ideal bir örnek teşkil ettiğini ve pull-apart basenlerinin araştırılması için doğal bir laboratuvar ortamı olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler :

Sapanca Gölü, Batimetri, Sismik Yansıma, Kuzey Anadolu Fayı, Pull-apart basen.

ABSTRACT

In this Master of Sciences Study, the eastern extension of North Anatolian Fault in Sapanca Lake and its effect on Lake morphology was investigated. Bathymetry and 3.5 kHz high-resolution seismic reflection data recorded on Sapanca Lake showed that subbottom layers of Sapanca Lake bottom is mainly consist of recent sedimentary units. Several surface faults can be identified in seismic reflection profiles and precisely mapped in bathymetric map. Because of acoustic masking effect of existing gas, the deeper extension of these faults could not be traced. Terrain modeling of Sapanca Lake showed that, at least three east west trending separate terraces (Gölbaşı, Çayağzı, Kazakburun) having slope $<1^\circ$ located between the Sapanca basin and northern shore. North Anatolian Fault seems a gradual transition zone connecting the lower Sapanca basin to higher terraces on northern slope.

The eastern movement of Northern block of the Sapanca Lake is continuous. Southern slope and adjacent land area is the western directed segment of the North Anatolian Fault. Eastern Sapanca Lake basin has influenced by counterclockwise rotation and the depth contours show clear southeastward opening trend in this area. North Anatolian Fault, which enters to Sapanca Lake from western edge, fellows the Northern slope of the Lake basin and show a continuation trend below overlying thick sedimentary sequence at the eastern border of the basin. However there is no evidence found the surface effect of surface faulting on seismic reflection profiles recorded in the eastern part of the Lake. The seismic reflection profiles processed together with precise bathymetric data showed that the Sapanca Lake is a perfect model of early stage of a classic pull-apart basin and it provides a natural laboratory for understanding of pull-apart basins.

Keywords :

Sapanca Lake, Bathymetry, Seismic reflection, North Anatolian Fault, Pull-apart basin

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İçindekiler.....	iv
Şekiller Listesi.....	vii

Bölüm Bir GİRİŞ

1. Giriş	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Sapanca Gölünün Coğrafi Konumu.....	3
1.3. Meteorolojik Özellikleri	3
1.4. Hidrolojik Özellikler	4

Bölüm İki

SAPANCA GÖLÜ'NÜN OLUŞUMU VE TEKTONİK YAPISI

2. Sapanca Gölü'nün Oluşumu ve Tektonik Yapısı	6
2.1. Önceki Çalışmalar	6
2.2. Sapanca Gölü'nün Oluşumu, Jeolojisi ve Tektoniği	8

Bölüm Üç
KUZEY ANADOLU FAY ZONU

3. Kuzey Anadolu Fay Zonu.....	14
--------------------------------	----

Bölüm Dört
KULLANILAN CİHAZ DONANIMI VE YÖNTEMLER

4. Kullanılan Cihaz Donanımı ve Yöntemler	18
4.1. Differential GPS Konum Belirleme Sistemi	18
4.2. Batimetrik Ölçüm Sistemi, Ekosounder	19
4.3. Mühendislik Sismik Sistemi.....	20
4.3.1. Giriş.....	20
4.3.2. Akustik Yansıma Teorisi.....	22
4.3.3. Yansıma İşlevinin Fiziksel Özellikleri	24
4.3.4. Sismik Yansıma Kaydı.....	25
4.3.4.1. Sismik Kayıt ve Jeolojik Kesit.....	25
4.3.4.2. Düşey Abartma	27
4.3.4.3. Yamaç ve Eğrisellikten Kaynaklanan Kayıt Hataları	27
4.3.4.4. Yan Ekolar	30
4.3.4.5. Tekrarlayan (Multiple) Yansımalar	31
4.3.4.6. Saçınımlar	33
4.3.4.7. Düşey Ayrımlılık ve Penetrasyon Derinliği.....	35
4.3.5. Cihaz Donanımı	37
4.3.5.1. Giriş	37
4.3.5.2. Sismik Kayıt Ünitesi.....	38
4.3.5.3. Akustik Kaynak	40
4.3.5.4. Mühendislik Sismik Sistemi	40

Bölüm Beş
VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5. Verilerin Değerlendirilmesi	44
--------------------------------------	----

5.1. Batimetrik Verilerin Değerlendirilmesi.....	46
5.2. Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi	49
5.3. Sapanca Gölü'nün Pull-Apart Basenler İçindeki Yeri	59

Bölüm Altı
SONUÇLAR

6. Sonuçlar	64
7. Kaynaklar	66



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 1.1 Çalışma alanı bulduru haritası. Kuzey Anadolu Fayının Türkiye genelindeki konumu (alt), Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi lokasyon haritası (orta) (Özalp, 1999), Sapanca Gölü'nün renklendirilmiş radar görüntüsü (üst) (Özalp, 1999). 2
- Şekil 1.2 Sapanca gölü su toplama havzası, gölle bağlantılı akarsular ve yerleşim merkezleri (Ertürk, 1994)..... 4
- Şekil 2.1 Sapanca Gölü çevresinin sadeleştirilmiş jeolojisi (Ertürk, 1994)..... 12
- Şekil 3.1 Topoğrafya ve batimetrik verilerin değerlendirilmesiyle hazırlanmış olan Doğu Akdeniz'in basitleştirilmiş tektonik haritası. Koyu hatlar doğrultu atımlı faylar, kısa çizgilerle (düşen blok tarafını gösterir) işaretlenmiş hatlar normal fayları, bindirme yönünü gösteren üçgenlerle işaretli hatlar bindirme faylarıdır. Büyük gri oklar Avrasya'ya göre hareketli olan Afrika ve Arap levhalarının ilerleme yönünü göstermektedir. Kalın koyu hatlar (Kuzey Anadolu Fay Zonunda) doğrudan yüzey kırıkları gösteren segmentleri işaret etmektedir. Küçük gri oklar işaret ettikleri yılda meydana gelmiş olan kırılma limitlerini gösterir. Koyu gri hat 1999 İzmit ve Düzce depremi sonucu meydana gelen yüzey kırık hattını gösterir. Kare ile işaretli alan Şekil 4'de ayrıntılı olarak sunulmuştur (Reilinger et al., 2000). 15
- Şekil 3.2 İzmit-Düzce deprem alanının topoğrafik ve basitleştirilmiş tektonik haritası. Koyu gri hat İzmit, ve Düzce depremlerine ait yüzey faylanma güzergahını göstermektedir. Siyah yuvarlak ve gri köşeli noktalar GPS gözlem lokasyonlarıdır (Reilinger et al., 2000). 17
- Şekil 4.1 Ekosounder çalışma prensibi ve derinlik ölçüm aşamaları. 19
- Şekil 4.2 Sürekli sismik yansıma profil donanımının temel elemanları üst resimde gösterilmektedir. Alt resim sürekli sismik kayıt alma tekniğini göstermektedir. . 21

- Şekil 4.3 Deniz tabanı (A) ve kolaylıkla ayırt edilebilen tabanaltı katmanlarını (B, C, D) gösteren bir sismik yansıma kaydı örneği..... 21
- Şekil 4.4 1 ve 3 no'lu arayüzelerde akustik impedans farkı olduğu için yansıma meydana gelir. 2 no'lu arayüzeyde akustik impedans farkı olmadığı için yansıma görülmemektedir ve altta ise bazı tipik jeolojik sınırlar için geçerli olan yansıma katsayıları verilmiştir. 24
- Şekil 4.5 Bu şekil deniz tabanının bir akustik dalga cephesi tarafından sonik kapsama alanına nasıl dahil edildiğini (soldan- sağa) göstermektedir. Bu alan dalga cephesinin küresel olarak genişlemesi nedeniyle zamanla artar. 25
- Şekil 4.6 Frekansa bağlı olarak değişen Fresnel Zonu, yansıma işlevine dahil olan alanı kapsar. Yüksek frekanslı akustik sinyal, düşük frekanslı akustik sinyale göre daha küçük Fresnel Zonuna sahiptir. 26
- Şekil 4.7 Fresnel Zonu yarıçapının, akustik kaynak frekansı ve yansıma yüzeyi derinliğinin bir fonksiyonu olduğunu gösteren grafik. 26
- Şekil 4.8 Sismik yansıma kaydındaki düşey abartılı görünüm (Geyer, 1983) 28
- Şekil 4.9 Eğimli deniz tabanından algılanan normal yansımaların doğrudan akustik kaynak altında kayıtlanarak deniz tabanının gerçekten daha sığ olarak görüntülenmesine neden olduğunu gösteren şekil. 29
- Şekil 4.10 Eğrisel yüzeylerden algılanan normal yansımalar ve bu yüzeylerin sismik yansıma kayıtları üzerindeki görünümünü gösteren şekil. Eğrisel bir yüzey üzerindeki her bir atış noktasından algılanan sinyaller sismik kayıta karmaşık görüntülere neden olur (sol), Eğrisel yüzeylerin çarpıtılma miktarı yapının eğriselliğine (A) ve derinliğine (B) bağlıdır (Geyer, 1983). 29
- Şekil 4.11 Survey hattının düşey düzlemi üzerinde yer almayan yüzeylerden kaynaklanan yansımaların neden olduğu yan ekoları gösteren şekil. 30
- Şekil 4.12 Yansıma kaydı üzerinde bir yan eko örneğini gösteren şekil. 30
- Şekil 4.13 Deniz tabanı ve hava-su arayüzeyi arasında yankılanan akustik sinyal deniz tabanının ardışık yansiyarak kayıtlanmasına neden olur. Tekrarlayan yansımanın eğriselliğindeki artış ilk deniz tabanı yansımasıyla ilişkilidir. 32
- Şekil 4.14 Küçük boyutlu taban ve tabanaltı yapılarının bir akustik enerji kaynağı gibi rol oynamasına neden olan saçınım olayını gösteren şekil. Bir nokta kaynaktan algılanan akustik sinyal doğrudan sismik algılayıcı altında olacak

- şekilde kayıtlanarak hiperbol veya hilal şekilli yapılar olarak görüntülenir. Gerçekte sadece 4 no'lu atış noktası sözkonusu yapının gerçek lokasyonunu göstermektedir..... 34
- Şekil 4.15 Su ortamındaki balıklar (üst) ve karmaşık yapıdaki deniz tabanı yüzeyden (alt) kayıtlanan saçınma örneği. 34
- Şekil 4.16 A-P ve p-b yüzeyleri A'-D1 ve D2-B' olarak yansıyan kayıtlar üzerinde görünürler. D1-D2 bölümü P'deki eğim değişimi nedeniyle üretilen saçınmış enerjiden meydana gelir. Sağdaki örnekte yer alan fay modeli bir fay kenarının neden olduğu saçınmayı göstermektedir..... 35
- Şekil 4.17 İncelen jeolojik katman (üst) ve iki arayüzeyden yansıyan sinyaller (orta) ve bunlardan elde edilen yansıma kaydı (alt) örneği. 4 no'lu atış noktasında (1/4 dalgaboyu) iki yansıtıcı yüzey artık kesin olarak ayırt edilememektedir. 37
- Şekil 4.18 Sismik yansıma kayıt donanımı (sol üst ve sağ foto). Yansıma kaydı özel kağıt boyunca bir kayış üzerinde sürekli hareket halinde olan iğnenin yakma işleviyle elde edilir. Yakma işlemleri akustik sinyalin hidrofondan algılandığı zamana karşılık gelir. Bir iğne döngüsü sonrasında kağıt bir miktar ilerler, ses kaynağı yeni bir atış için To zamanında tetiklenir ve izleyen data verisi kayıtlanır. Bu yakılan noktaların birleşmesi sürekli yansıma kaydını oluşturur (sol alt). 38
- Şekil 4.19 A) 3.5 kHz Transducerle çalışan Alıcı-Verici ünitesi. B) Kablo ile çekilen Transducer sistemi. C) Tekneye yandan monte edilen ve 4 Transducerden oluşan sabit donanım. D) Çok frekanslı (3.5-7 kHz) transducer sistemi..... 41
- Şekil 4.20 Değişik ses kaynaklarına ait akustik sinyal örnekleri (üst) ve bu kaynakların penetrasyon derinliği ve ayrımlılık kapasitelerinin göreceli karşılaştırılması (alt) (Geyer, 1983). 42
- Şekil 5.1 Sapanca Gölü'nde yapılan batimetrik ve sismik veri toplama çalışmalarının gerçekleştirildiği hatları gösteren veri haritası. 45
- Şekil 5.2 Sapanca Gölü batimetri haritası..... 46
- Şekil 5.3 Sapanca Gölü topografik eğim haritası. 47
- Şekil 5.4 Sapanca Gölü'nün üç boyutlu görünümü 48

- Şekil 5.5 2s1 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. 50
- Şekil 5.6 2s2 No'lu 3.5 kHz sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. 52
- Şekil 5.7 2s3 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. 54
- Şekil 5.8 3s1 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. 57
- Şekil 5.9 3s2 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. 58
- Şekil 5.10 Bir Pull-apart yapı modeli. Büyük oklar gerilme doğrultularını, siyah kalın oklar saatin tersine dönme hareketini, ince oklar yapı içinde gelişebilecek fayların yönlerini gösterir (Barka, 1999). 59
- Şekil 5.11 Kuzey Anadolu Fayının Sapanca Gölü geçişi (üst) ve tektonik unsurların orijinal üç boyutlu göl modeli üzerindeki yorumu (alt). 62
- Şekil 5.12 Dooley & McClay, 1997'den Sapanca Gölü Tektonik yapısı için şekillendirilmiş olan klasik pull-apart basen modeli. 63

BÖLÜM BİR

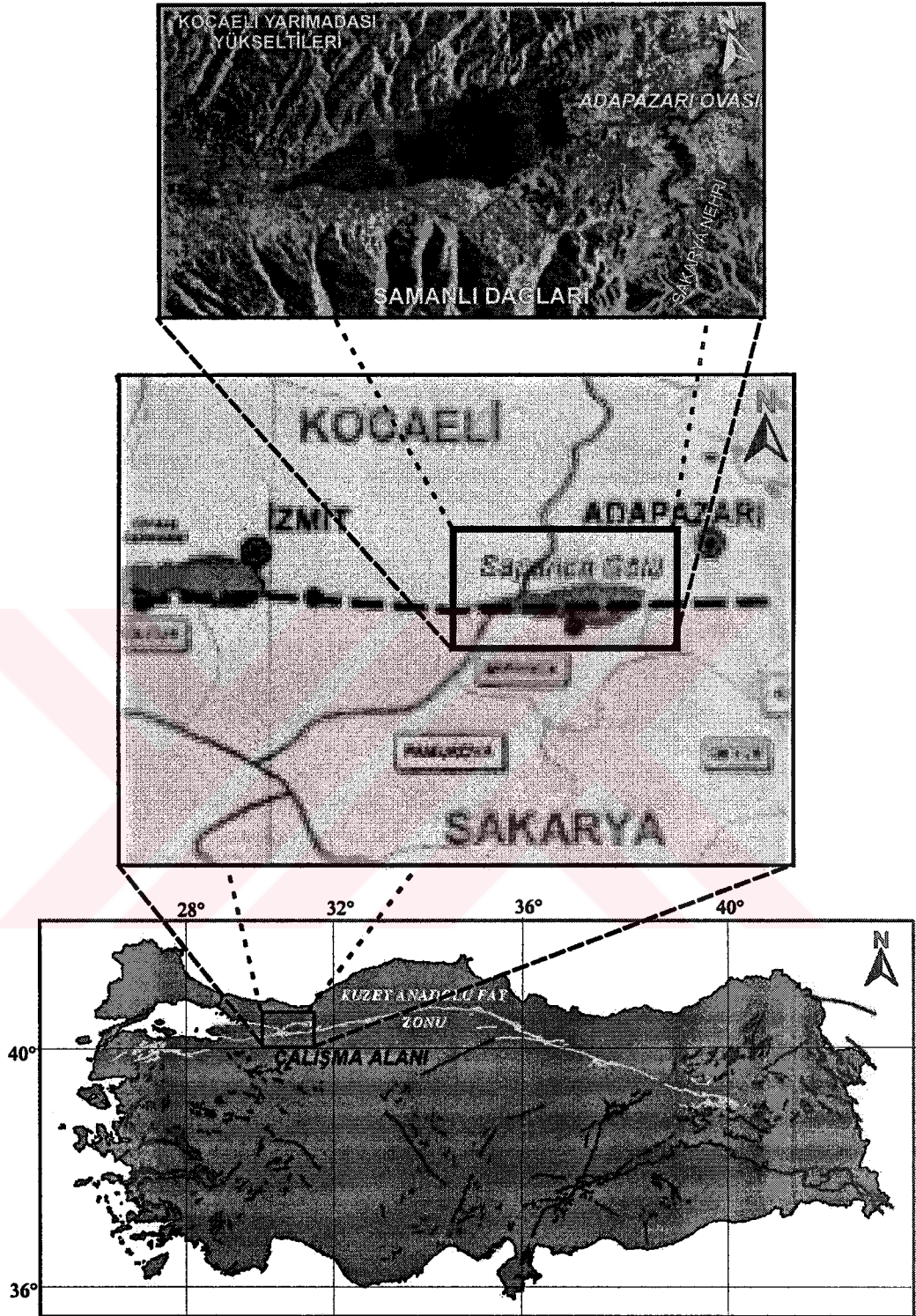
GİRİŞ

1. Giriş

1.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada; Türkiye'nin depremselliğinde büyük öneme sahip olan Kuzey Anadolu Fay hattının Sapanca Gölü (Şekil 1.1) geçişinin ayrıntılı olarak saptanması amacıyla, Sapanca Gölü'nün detaylı batimetrik haritası çıkartılmış ve sismik yansıma verileri kullanılarak söz konusu fayın göl içindeki konumu ve gölün morfolojisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Bu amaçla Gölcük depremi sonrasında 1999 Kasım-Aralık ayları içerisinde Sapanca Gölü'nün detaylı batimetrik haritasının çıkartılması amacıyla batimetrik ve sismik surveyler yapılmıştır. Veri toplama çalışmaları sırasında Sapanca Gölü'nde uygun bir tekne üzerine monte edilmiş olan ELAC LAZ4100 çift transducerli (33-210 kHz) ve ORE MODEL140 Subbottom Profiler – Mühendislik Sismik Sistemi (3.5 kHz) ile sırasıyla batimetrik ve sismik yansıma verilerinin analog olarak kayıtlanması ve sayısal batimetrik verilerin bilgisayar ortamında saklanması işlevi gerçekleştirilmiştir. Batimetrik verilerde derinlik ölçme hatalarının en aza indirgenmesi amacıyla Seabird SBE19 Seacat CTD profiler sistemi ile göl suyu ortamında ses yayılma hızının belirlenmesi çalışmaları için su sütunu fiziksel parametre ölçümleri yapılmıştır. Denizel veri alma çalışmaları esnasında tüm cihaz konumları sürekli olarak Trimble 4000RS-DS Differential Global Positioning Sytem (DGPS) ile hassas olarak tespit edilmiş ve bu şekilde pozisyon hatalarının 1 m'nin altında olması sağlanmıştır.



Şekil 1.1 Çalışma alanı bulduru haritası. Kuzey Anadolu Fayının Türkiye genelindeki konumu (alt), Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi lokasyon haritası (orta) (Özalp, 1999), Sapanca Gölü'nün renklendirilmiş radar görüntüsü (üst) (Özalp, 1999).

1.2. Sapanca Gölünün Coğrafi Konumu

Sapanca gölü Marmara Bölgesinin doğusunda, Adapazarı kentinin 12 km güneybatısında, İzmit'in ise 27 km güney doğusunda bulunmaktadır. (Şekil 1.1). Göl, güneyde göreceli olarak yüksek ve ormanlık olan Samanlı Dağları ile kuzeyde daha alçak olan Kocaeli yarımadası yükseltileri arasında bulunan doğu-batı uzanımlı, jeolojik olarak Adapazarı Ovası-İzmit Körfezi çöküntü alanının üzerinde yer almaktadır.

Sapanca gölü doğudaki yüksek akıntı rejimli Sakarya nehri ile batıdaki İzmit Körfezi arasında, deniz seviyesinde yüksekliği 30 m olan bir tatlı su gölüdür. Keza, doğu batı uzanımlı olan Sapanca gölü doğu yarısı Sakarya, batı yarısı ise Kocaeli illerinin sınırları içinde yer almaktadır. Gölün doğu ucu Sakarya nehrine 5 km, batı ucu ise İzmit Körfezine 20 km uzaklıktadır.

Sapanca gölünün doğu-batı doğrultusunda uzunluğu 16 km, kuzey-güney doğrultusunda en geniş yeri 5 km'dir. Geometrik şekli bakımından batı tarafı uzayıp üçgenleşen bir elipsi andıran gölün drenaj alanı 311 km² olup, yüzölçümü ise yıllara ve mevsimlere göre gelen su hacmine bağlı olarak 42 km² ile 60 km² arasında değişebilmektedir (Ertürk, 1994).

1.3. Meteorolojik Özellikleri

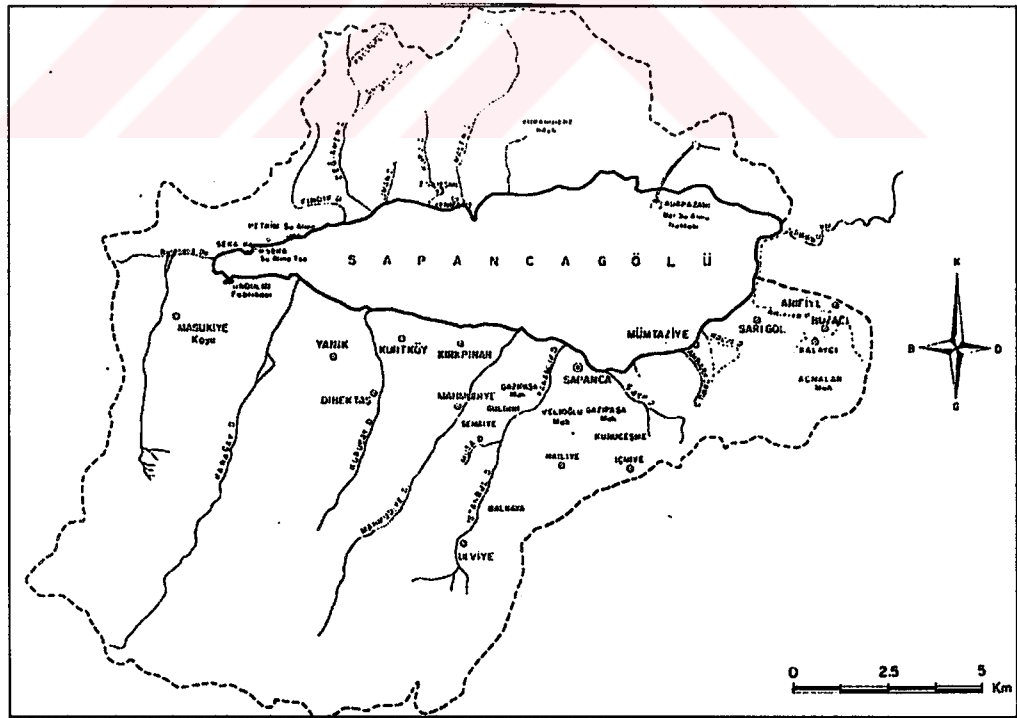
Sapanca gölü havzasında yıllık sıcaklık ortalaması 13.5 °C, ortalama yıllık yağış miktarı ise 782.5 mm dolayındadır. Yılın en soğuk dönemi olan Ocak ayı sıcaklık ortalaması 0-6 °C, en sıcak dönemi olan Temmuz ayı ortalaması 29 °C dir. 1936-1978 yılları arasında yapılan ölçümlere göre göl, en çok yağışı Aralık-Ocak aylarında en düşük yağışı ise Temmuz-Ağustos aylarında almaktadır.

Göl havzası, yıllık yağışın % 85'ini Eylül-Mayıs ayları arasındaki bahar-kış dönemlerinde almaktadır. Oldukça nemli bir ortam olan göl çevresi kısmen ormanlık ve bahçeliklerle çevrili çok yeşil bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunda yıllık yağış oranının ve ortalama % 70-75 olan bağıl nem oranının etkisi büyüktür.

1.4. Hidrolojik Özellikler

Sapanca Gölü güneyinde yer alan ve 1600 m yükseklikteki, ormanlarla örtülü Samanlı Dağlarından inen, Balıkhanedere, Karaçay Dere, Kuruçay Dere, Mahmudiye Deresi, Karanlık Dere, Sarp Dere ve Ambarköprü Dere, batıda Balıkhane Çayı, kuzeyde Maden Dere, Değirmen Dere, Fındık Dere, Liman Derelerden beslenmektedir (Şekil 1.2). Kuzey taraftan gelen Değirmendere, Kurudere, Maden Deresi, Fındık Dere ise gölün beslenmesi için önemli değildir. Bu derelerin tümü kısa, yüksek eğimli, taşkın dönemleri dışında düşük akımlı, yazın ise kuruyan derelerdir. Özellikle göle güney yönünden, Samanlı Dağlarından inen dereler dik ve sarp yataklı, sel/taşkın dönemlerinde sert akış rejimine sahip ve buna bağlı olarak çok iri kaya ve çakıl tipi çökeller taşıyan derelerdir.

Sapanca gölü, yüzey yağışları ve anılan akarsular dışında kırıklı jeolojik yapısına bağlı olarak tabanından da yer altı suyu ile beslenmektedir. Kuzeydoğu ucundan Çarksuyu akışı ile Sakarya nehrine boşalması nedeniyle göl sürekli yenilenen bir hidrolojik rejime sahiptir (Ertürk, 1994).



Şekil 1.2 Sapanca gölü su toplama havzası, gölle bağlantılı akarsular ve yerleşim merkezleri (Ertürk, 1994).

Sapanca gölü sedimentleri büyük ölçüde gölün doğu-batı yönelimli uzun eksenine dik olan akarsularla sağlanmaktadır. Göl güneyinde yer alan akarsular, topoğrafik özelliklere bağlı yüksek/sert akış rejimi ve güney havzanın litolojik özellikleri nedeniyle sediman getiriminde çok etkilidirler. Kuzeydeki topoğrafya ve akarsu rejimi göle sediman getiriminin güneye göre daha az olmasında en önemli etmendir.

Gölün güney kıyısındaki akarsu yatakları genelde blok ve çakıl boyutlu olup kötü boylanmış malzeme ile doludur. Sapanca gölü havzası, jeolojik, coğrafik ve meteorolojik koşullar açısından 1.12 km^3 ortalama su rezervuar kapasitesine sahip olan gölü bol oksijenlenmiş, az katı partikül ve çözünmüş organik/inorganik maddeler içeren yüzey ve yer altı suları ile besleyebilecek kapasitededir (Ertürk, 1994).



BÖLÜM İKİ

SAPANCA GÖLÜ'NÜN OLUŞUMU VE TEKTONİK YAPISI

2. Sapanca Gölü'nün Oluşumu ve Tektonik Yapısı

2.1. Önceki Çalışmalar

Bir sonraki bölümde kapsamlı olarak değinilen Sapanca Gölü oluşumuna ilişkin olarak yapılan çalışmaların dışında son on yıllık dilim içerisindeki çalışmalardan ilki olan Bozcu (1992); Pamukova-Geyve-Doğançay ve Sapanca çevresinde yapmış olduğu jeolojik ve petrolojik incelemeler sonunda Kuzey Anadolu Fayı ile oluşmuş Geyve-Pamukova- İznik hattının kuzeyinde ve güneyinde olmak üzere, oluşum ortamları, yapısal konumları ve metamorfizma koşulları birbirinden farklı tektonik ünitelerin varlığını ortaya koymuştur. Ertürk (1994) çalışmasında Kuvaterner'deki tektonizmaya bağlı olarak İzmit Körfezi'nden bir setle ayrılan Sapanca Gölü'nün, halen aktif olan Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer aldığını, bu özellikleriyle Sapanca'nın tektonik kontrollü bir set gölü, aynı zamanda yanal atılımlı aktif faylarla kontrol edilen çek-ayır tipi bir çökelim havzası olduğunu belirtmiştir.

Keskinsezer (1997)'e göre Sapanca gölü ve İzmit Körfezi çek-ayır zonları arasında kalan kesim bu çek-ayır işlevinin kenar faylarının devam ettiği bir graben havzasıdır. Bu grabenin içerisi genellikle Aslanbey Formasyonu ile dolmuştur. Bu formasyon çoğunlukla killi ve bazen de kilsiz olarak istiflenmiş kum çakıldan oluşmaktadır. Çakıllar ve kumlar genellikle polijenik heteromorf karakterlidir. Çakılların geliş yeri ani yükselim yapmış olan Kartepe'nin dik yamaçlarından akan derelerdir. Kartepe ve Soğanlık dağları da büyük bir olasılıkla İzmit ve Gemlik fay zonlarının arasındaki ters büklümde oluşmuş yükseltilerdir. Aynı zamanda Keskinsezer'e göre K.A.F.Z'nun çatallanarak son bulunduğu, Bolu'dan sonra bu kollardan biri üzerindeki ideal çek- ayır havzası görünümündeki en önemli kesimin

Sapanca gölü olduğu ve Sapanca gölünün hem biçim hem de yüzeysel boyut (26 km x 5 km) bakımından inanılmaz derecede Hazar Gölü'ne benzediğini belirtmiştir. Bu benzerlik sadece biçimsellikte kalmayıp her iki gölün de dip kaynaklarından beslenmesiyle ve her iki gölün de aynı anda su seviyelerini yükseltmeleriyle daha da kesinlik kazandığını belirtmiştir.

Özsaraç (1997)'a göre Sapanca Gölü kuzeyinde (Adapazarı batısı) gerçekleştirilen çalışmada K.A.F.Z.'nin kuzey kolunun kuzeyinde yer alan N80E doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımı yanında, büyük miktarda eğim atım bileşenine sahip Sapanca fayı yer almaktadır. Bölgenin kuzeyinde yine büyük miktarda eğim atım bileşenine sahip Kazımpaşa fayı yer almaktadır. Ayrıca kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda gelişmiş sağ yönlü doğrultu atımlı faylar saptanmıştır. Bu faylar ikincil sintetik doğrultu atımlı faylar (P makaslamları) olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanında kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu kıvrım eksenleri (antiklinal-seklinal) belirlenmiş. Bu kıvrımlar doğrultu atımlı fay zonlarında gözlenen en echelon (basamaklı) kıvrımlar olarak tanımlanmıştır. Belirlenen kıvrımların sağ kademeli, en echelon olarak dizilmeleri sonucunda, bu bölgede sağ yanal makaslamanın etken olduğunu belirtmiştir.

Barka (1997) Kuzey Anadolu Fay Zonu, çok sayıda segment ile bu segmentleri oluşturan kademeli ve sağ yanal atımlı faylar tarafından temsil edildiğini önermektedir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fay Zonunun Doğu Marmara depreminde etkin olan kuzey kolunda, biri Sapanca-Gölcük segmenti, diğeri ise Karamürsel segmenti veya fayı olmak üzere iki segmentten söz etmektedir. Sapanca-Gölcük segmenti, Sapanca Gölü ile İzmit Körfezi arasında yaklaşık D-B doğrultusunda uzanırken, İzmit Körfezinden itibaren Gölcük civarında GB'ya doğru yön değiştirmektedir. Hava fotoğraflarından yapılan değerlendirmelerinde Barka (1997), Gölcük ile Hersek deltası arasında kalan kıyı çizgisinin çok düzgün olması görüşünden hareketle KD-GB yönelimli Karamürsel segmentinin Gölcük'ten itibaren kıyının çok yakınından geçtiği, ancak Hersek deltasının batısına kadar devam etmediği şeklinde değerlendirmektedir.

2.2. Sapanca Gölü'nün Oluşumu, Jeolojisi ve Tektoniği

İzmit-Sapanca çukurluğunun tektonik kökeni ve bu sahanın bir grabene tekabül ettiği hususu üzerinde duran araştırmacılar genellikle bir fikir birliği görülür. 1980'li yılların başlangıcına kadar yapılan araştırmalarda bu sahanın tektonik hareketler sonucu bugünkü şeklini aldığı ve bir graben karakterinde bulunduğu ortaya konmuştur (Bilgin, 1984).

Bu çukur sahanın en alçak kısmının bir göl tarafından işgal edilmiş olması ise daha değişik fikirlerin ortaya atılmasına sebep olmuştur. Bu görüşlerin ilkinde göre, Sapanca Gölü, batıda, Sarımeşe'de meydana gelen Tersiyer sonu volkanik faaliyetlerle set gölü halinde şekillenmiştir. Diğerleri ise Sarımeşe civarındaki tepeler esasen çakıllardan ibaret olup daha yeni bir oluşumdur ve deniz ile gölü birbirinden ayırmaktadır (Pfannenstiel, 1944). Risch (1909) Sapanca Gölü'nün batısında diluvial çakıllar bulunduğunu ifade etmektedir. Penck (1918) bu depoların yeni olmadığını, İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü'nü ayıran kısmı dar ve uzun yükselmiş bir alan olarak tarif eder. Ancak Penck, bu yükselmenin zamanı konusunda herhangi bir açıklama getirmemiştir.

Pınar ve Fouché (1943), İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasındaki eşikin hem yükselme, hem de erozyon materyellerinin birikimi sonucu Üst Kuvaterner'de oluştuğunu ifade etmektedir. Pfannenstiel (1944)'e göre Berg tarafından önerilen çakıllardan meydana gelmiş olan eşik fikri savunulamaz. İzmit doğusunda topoğrafik eğim doğuya yöneliktir. Bu haliyle Sapanca Gölü fazla suları doğu ucundan boşalmaktadır. Yine aynı araştırmacıya göre eşik yerli kayadan oluşmaktadır ve bu yerli kayanın vadilerle yarılmış olması eşik hakkında önemli bir kanıttır. Diğer taraftan İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü'nü ayıran bölge genç birikintilerden ibaret olmayıp yükselmiş bir eşiktir. Bu enine horstun yükselmesi körfezi ve gölü içeren depresyon zonu içinde olmuştur (Pfannenstiel, 1944). Farklı bir görüş ortaya atan Pfannenstiel (1944)'den sonraki araştırmacılar bu alüvyonlarla setleşme görüşünü savunmuşlardır (Bilgin, 1984). "Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd" başlıklı çalışmasında Lahn (1948) Sapanca Gölü'nün oluşumu üzerindeki görüşlerini şematik bir jeomorfoloji haritasında açıklamıştır. Risch

(1909)'un fikirlerine değinen Lahn (1948), batıda İzmit Körfezinden başlayıp doğuda Adapazarına kadar uzanan bir depresyon zonu içinde yer alan bu gölün Marmara sistemine dahil olan tektonik bir çukurun en alçak kısmında bulunduğunu kaydederek İzmit Körfezi'nin bir zamanlar en azından Sapanca Gölü'ne kadar uzandığını önermektedir. Göl havzası ile şimdiki körfez arasında kalan kısım, daha sonra alüvyonlarla dolmuş ve bu şekilde göl yatağı denizden ayrılmıştır. Risch (1909) tarafından keşfedilen ve Sapanca Gölü kıyılarını 30 m derinlikte takip eden ve İzmit Körfezinin şimdiki kıyı taraçalarına uyan ve daha sonra su altın da kalan taraçalar, göl havzasının bir zamanlar bu körfezin bir parçası olduğunu teyit eder. Daha sonra, Erinç (1949), Sapanca Gölünün batimetrik haritasını hazırlamış ve bu arada göl çanağının derin kısmının gizli depresyon halinde olduğunu ortaya koyarak, bu çanağın nispeten dik yamaçları ile tektonik bir orjine sahip olduğu görüşünü öne sürmüştür.

Sapanca Gölü'nün, kuzeyden Kocaeli Yarımadası'ndan güneyde ise Samanlı Dağlarından gelen alüvyonlarla körfezden ayrıldığı ve bu suretle kalıntı bir göl olduğu görüşü Akartuna (1968) tarafından da uygun görülmüş ve bu konuda, daha batıdaki İzmit Körfezi'nde yer alan Yalakdere deltası örnek gösterilerek, bu deltanın kuzeye doğru ilerlemesi sonunda bugünkü İzmit Körfezi'ni ikiye böleceği ve bu körfezin doğu kısmında kalıntı ikinci bir gölün oluşumuna neden olacağı görüşü ifade edilmiştir.

Daha sonra İnandık (1952-53) tarafından benimsenen görüşe göre Yalakdere, Samanlı Dağları'nın orta bölümünde geniş bir Neojen havzasında yayılmış kollarıyla büyükçe bir akarsudur ve bu havzadan bol metaryal getirebilmektedir, oysa İzmit-Sapanca Çukurluğu arasında böyle bir akarsu yoktur. İnandık (1952-53)'ün görüşünden hareket eden Bilgin (1984)'ün Akartuna (1968) tarafından mümkün görülen körfezden ayrılma fikrinin kabulünü güçleştiren fakat bu gölün yine bir alüvyal gölü olarak doğu sınırından barajlanmak suretiyle geliştiği konusundaki görüşleri aşağıda özetlenmiştir.

- a) Sapanca Gölü ile İzmit Körfezinin güneydoğu köşesi arasında yer alan en çukur bölüm düzgün bir uzanışa sahip olup genelde dik yamaçlarla sınırlı olan tektonik kökenli bir çöküntü alanı görünümündedir. Bu nedenle bu bölge ne yükselmiş bir eşik ne de alüvyonların oluşturduğu bir baraj seti olmayıp kenar kısımları sürekli yükselen bir çöküntü alanıdır. Ancak bu hareketler arasında İzmit Körfezi çevresindekilere uygun olan kademeler meydana gelmiştir.
- b) Sapanca Gölü havzası 30 m derinliğinde bir depresyona sahip olduğuna göre batıda İzmit Körfezinden ayrılması için 60 m den fazla kalınlıkta bir alüvyon dolgusunun oluşumunu gerektirir. Bunun ötesinde İzmit Körfezi'nin bazı araştırmacılarca doğuda Adapazarı'na kadar ilerlediği düşünülen bu körfezin çok daha derin olması da mümkün olabileceğine göre, böylesi bir setin oluşumu için alüvyon dolgusunun daha da kalın (90-100 m veya daha fazla) olması gerekirdi. Oysa oluşun en alçak kısmında ana kayanın yakın olduğunu gösteren ayrışma ürünü materyal de alüvyon dolgusu içinde yer almaktadır. Alüvyon dolgu kalınlığı ise doğuda 5 m civarında iken ancak Körfez kıyılarının yakın kısımlarında 100 metreye ulaşmaktadır.
- c) Sapanca Gölü kalıntı bir göl olmadığı gibi Sakarya Nehri'nin buraya ve batıda yer alan İzmit Körfezine doğru akmadığı anlaşılır. Aşağı Sakarya platosundaki epijenik boğazlar ve Sakarya Nehri'nin Karadeniz'deki denizaltı vadisi bu büyük akarsuyun en az Üst Pliosen'den beri daima kuzeye aktığını işaret etmektedir. Öte yandan İzmit Körfezi'nin son şeklini alması, Post-Tyrrhenien hareketleri de içine alan genç tektonik hareketlerle tamamlanmıştır. Şayet Sakarya Nehri Sapanca Gölüne akmış olsa idi getirdiği aşırı miktardaki malzeme ile bu çanak süratle doldurulacaktı ve günümüz koşullarında Sapanca Gölü yerine alüvyonla kaplı bir zemin görülecekti.
- d) Sapanca Gölü eğer batıda oluşan bir set ile kapatılmak suretiyle meydana gelmiş olsaydı ilk su yolunun da batıda olması gerekirdi. Buna ait bir iz görülmediği gibi gölün batısında yer alan Acısu'dan akış yönü göle doğru doğu yönelimlidir.

e) Sapanca doğusundaki alüvyon dolgusu çok daha geniş ve kalındır. Sondaj sonuçlarına göre bu kısmın kuzeyindeki alüvyon dolgu 70 m, Arifiye batısında ise 140 m.lik bir kalınlığa ulaşmaktadır. Adapazarı Ova dolgusunun çukur bir sahada gelişmesine paralel olarak burada Sapanca Gölünün bulunduğu kısımda doğu-batı yönelimli depresyon bu alüvyon setiyle sınırlanmış olacaktır. Bu nedenle Sapanca Gölü, alüvyal bir set gölüdür, fakat bu set batıda değil doğuda meydana gelmiştir. Ancak göl çanağı bu kısımda akarsu şebekesinin gömülmesi (bu arada Beşköprü vadisinin kazılması) ve ayırık malzemedan oluşan havza dolgusunun boşalmasından sonra meydana gelen yeni çökmelerle gelişmiş olmalıdır (Bilgin, 1984).

Batıdaki İzmit Körfezine uzanan faylarla sınırlanmış olan Sapanca Gölü çevresindeki alanlarda farklı jeolojik yaşlara ve litolojik birimlere sahip kayalar bulunur (Şekil 2.1) (Ertürk, 1994). Sapanca Gölü ve çevresindeki en yaşlı jeolojik birimi oluşturan Paleozoik yaşlı birimler göl drenaj alanının güney yamaçlarında yer almaktadır. Ayrılmamış olan paleozoik birimlerinin başlıcalarını oluşturan metamorfik şistler, mermer, gnays ve kuvarsitler İznik metamorfikleri olarak tanımlanmıştır.

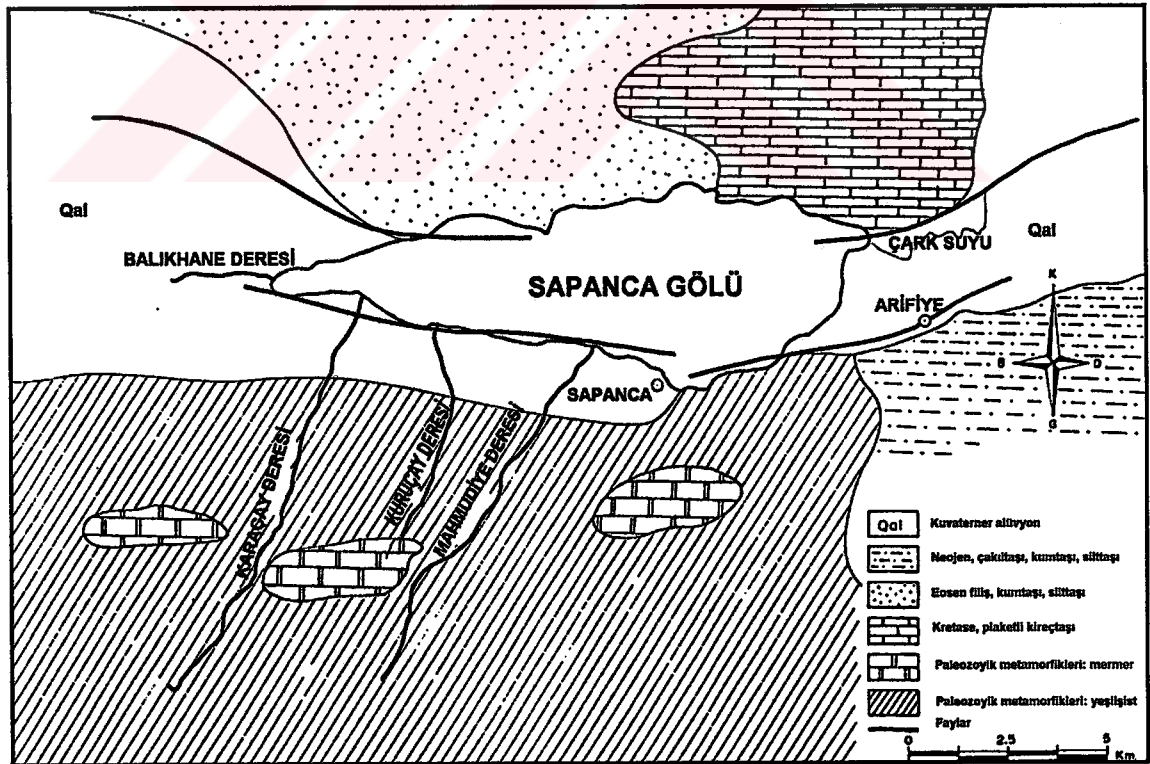
Göl drenaj alanı içerisinde yer alan kuzeydoğu yamaçlardaki Üst Kretase yaşlı plaket kireç taşları ve marnlar Mesozoyik yaşlıdır. Kireç taşları oldukça ince tabakalı olup kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Hakim renk bej-gri olup, bölgesel olarak üst kretase yaşlı fliş özelliği gösteren bu birimler Paleozoik istiflerin üzerine aşıl uyumsuzlukla örtmektedirler (Ertürk, 1994).

Sapanca Gölü civarındaki Senozoyik formasyonları Tersiyer ve Kuvaterner olmak üzere iki bölümde ele alınırlar. Tersiyer ise kendi içinde Eosen ve Pliyosen olarak incelenir. Eosen yaşlı fliş tipi çökeller Sapanca Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşı ile birlikte bulunurlar. Kumtaşı-silttaşı ardalanması şeklindeki bu birimler ince-orta tabaka kalınlığına sahip fliş tipi çökellerdir. Sarı-sarımsı kahve, toprağımsı görünüme sahip olup bol kıvrımlı yapıdadırlar. Eosen birimleri alta yer alan Üst Kretase çökelleri ile uyumludurlar

(Ertürk, 1994). Pliyosen çökelleri ise gölün güneydoğu ve kuzeybatısında yer alan taraça görünümlü, göle en yakın ve alçak yükseltileri oluştururlar. Genelde tabakalaşmanın belirgin olmadığı bu yapılar yer yer çapraz tabakalanma içeren karasal-akarsu çökelleridir. Pliyosen yaşlı bu birimler zayıf pekişmiş konglomera-kum-kil ve silt tipi çökellerden oluşmaktadır (Ertürk, 1994).

Bölgedeki en genç çökeller olan Kuvaterner oluşukları Sapanca Gölü drenaj alanının doğu ve batı düzlük kısımları ile güneydeki düzlükler, alüvyon ve alüvyon yelpazeleri, yamaç molozu ve teraslar şeklinde görülürler. Genellikle ayrı taneli kum, çakıl, kil, silt ve bunların karışımları şeklinde olan bu birimler göl havzasının en alçak seviyelerini oluştururlar.

Göl drenaj alanının kuzey kısımlarında küçük mostralarda yer alan volkanik kayalar büyük olasılıkla Eosen ve sonrası görülen volkanizma ürünlerinden spilitik-dasit-andezit karakterli kayalardır (Oktaş ve diğ., 1989).



Şekil 2.1 Sapanca Gölü çevresinin sadeleştirilmiş jeolojisi (Ertürk, 1994).

İzmit-Sapanca çukurluğunun tektonik yapısı, kuzey ve güney kenar boyunca takip edilen faylar ve bu faylar arasında kalan saha da yer alan küçük ölçüde bir graben tarafından şekillendirilmiştir. İzmit Körfezi'nin güney kıyıları boyunca Samanlı Dağlarının kuzey kenarı olarak takip edilen bu fay hattı, bilindiği gibi batıda Saros Körfezi'ne uzanır, doğuda ise Kuzey Anadolu'yu katetmiş olarak Erzincan doğusuna kadar devam eden Kuzey Anadolu Fay hattının bir bölümünü oluşturmaktadır. Risch (1909), Sapanca Gölü'nün bir graben içinde oluştuğunu ifade ederek kuzeydeki yamacın da bir fay hattıyla sınırlandığını belirtmiştir. Pfannenstiel (1944) bu kuzey kenar fayının batıda enine faylarla kesilmiş olduğunu gösterir. Bilgin (1984)'ün Samanlı Dağları'nı konu alan araştırmalarında yüksek eğimli bu fayların İzmit-Sapanca oluşunda güneydeki yüksek dik yamaçlarla devam ettiğini tespit etmiştir. Akartuna (1968), İzmit Körfezi kıyıları boyunca devam eden güney fayının uzantısını Geyve Boğazına kadar izleyerek haritaya geçirmiştir. Sapanca Gölü'nün kuzey kıyılarında, vadilerle kesikliğe uğramış olmasına rağmen düzgün parçalar halindeki dikliklerin, gölün doğusundaki alüvyon tabanı sınırlayan kuzey ve güney kenarında da fay uzantıları olarak devam ettiği belirtilmiştir. Bunların bir kısmının muhtemelen genç faylar olduğu belirtilmektedir. İzmit-Sapanca Oluğu esas itibariyle bir grabene tekabül etmektedir. Bu graben sahası, batıda İzmit Körfezinin karadaki devamı halindedir. Sapanca Gölü ise bu grabenin doğu bölümünde yer almaktadır (Bilgin, 1984).

BÖLÜM ÜÇ

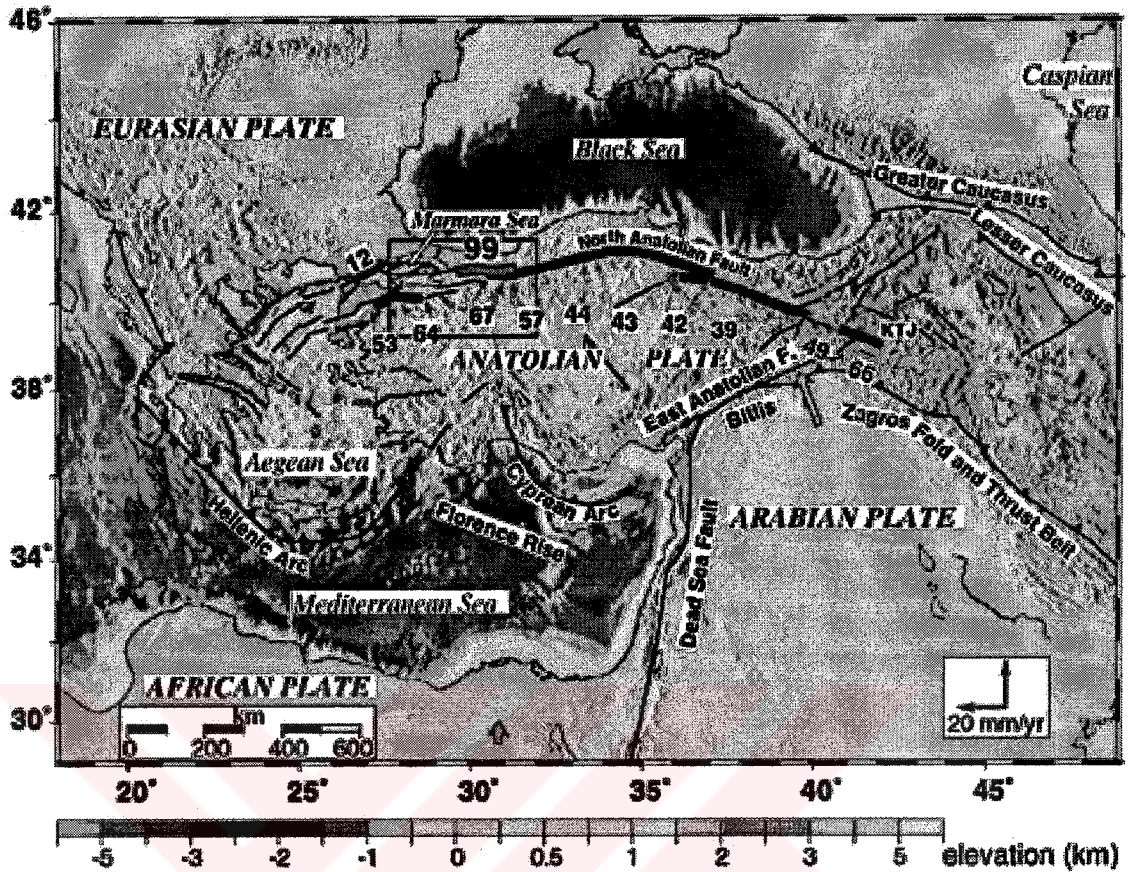
KUZEY ANADOLU FAY ZONU

3. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Kuzey Anadolu Fayı 1200 km'lik bir güzergahta Karlıova üçlü bağlantı bölgesinden Karlıova Triple Junction uzanan (KTJ) ve Anadolu'nun saat ibresinin tersi yönündeki batı yönelimli hareketini denetleyen sağ yönelimli doğrultu atımlı bir kıtasal faydır (Reilinger et al., 2000) (Şekil 3.1). Sağ yönlü deformasyon Karlıova üçlü bağlantı bölgesinin doğusuna doğru devam etmektedir. Ancak burada daha karmaşık karaktere sahip olan fay işaretleri tek bir yüzey elemanı olarak kolaylıkla izlenememektedir (Toksöz et al., 1977, Westaway, 1994, Reilinger et al., 1997). Marmara bölgesinde daha kompleks bir yapıya kavuşan fay iki veya üç farklı kola ayrılır. Marmara Denizi batısında Ege Denizi'ne doğru devam eden sağ yönlü deformasyonun, Korent Körfezini sınırlayan doğu- batı atımlı normal faylara bağlandığı düşünülmektedir (Armijo et. al., 1996, McClusky et al., 2000).

Bölgesel GPS hız ölçümlerine göre, McClusky et. al. (2000) tarafından Kuzey Anadolu Fayının üst sınırında 24 ± 1 mm/yıl'lık bir fay öteleme oranı tahmin edilmiştir. Bu değer, Anadolu'nun tüm hareketinin, Anadolu ve Avrasya arasındaki en etkin sınır kaynağı olarak bilinen Kuzey Anadolu Fayının denetiminde olduğu varsayımına dayalıdır.

Anadolu-Avrasya bağımsız GPS değerleri Marmara Denizi'ndeki göreceli hareketin İstanbul'a (bundan böyle alt sınır olarak değinilecek) göre Anadolu için 22 ± 3 mm/yıl'lık bir oran vermektedir (Straub et al., 1997). Fay ötelenmelerine ilişkin olarak tespit edilen bu güncel değerler fayın tahmini yaşı ve toplam fay ötelenmesine dayalı olarak hesaplanan jeolojik ötelenme oranlarıyla uyum göstermektedir (Şengör, 1979, Westaway, 1994, Armijo et al., 1999).



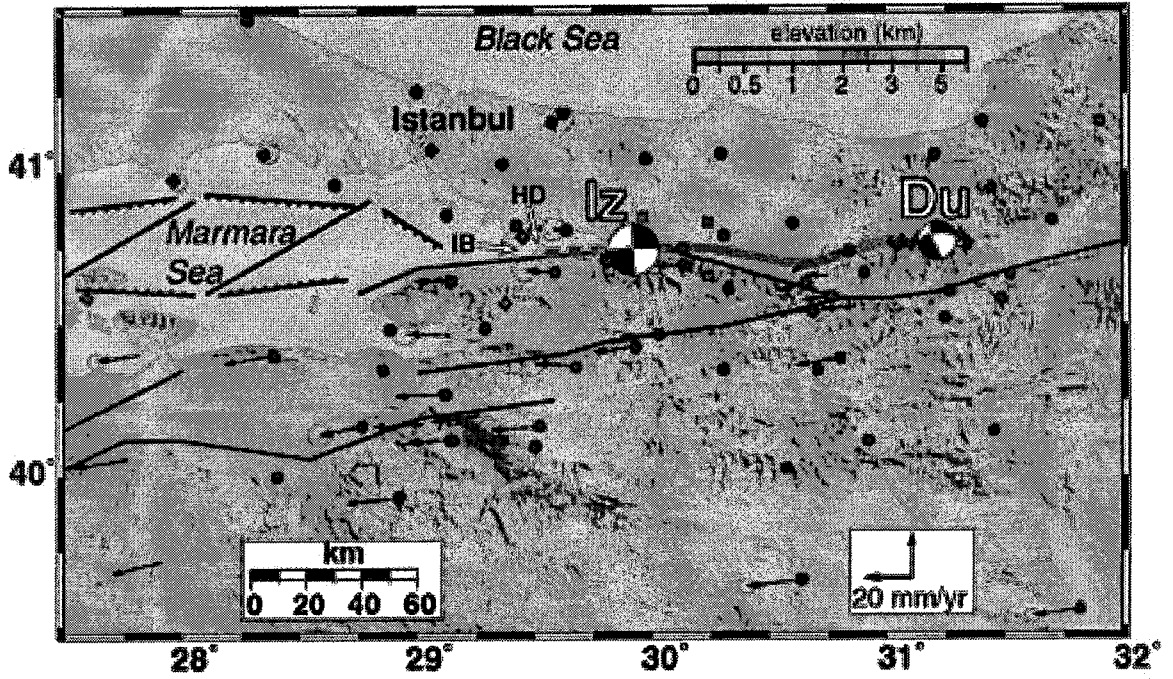
Şekil 3.1 Topoğrafya ve batimetrik verilerin değerlendirilmesiyle hazırlanmış olan Doğu Akdeniz'in basitleştirilmiş tektonik haritası. Koyu hatlar doğrultu atımlı faylar, kısa çizgilerle (düşen blok tarafını gösterir) işaretlenmiş hatlar normal fayları, bindirme yönünü gösteren üçgenlerle işaretli hatlar bindirme faylarıdır. Büyük gri oklar Avrasya'ya göre hareketli olan Afrika ve Arap levhalarının ilerleme yönünü göstermektedir. Kalın koyu hatlar (Kuzey Anadolu Fay Zonunda) doğrudan yüzey kırıkları gösteren segmentleri işaret etmektedir. Küçük gri oklar işaret ettikleri yılda meydana gelmiş olan kırılma limitlerini gösterir. Koyu gri hat 1999 İzmit ve Düzce depremi sonucu meydana gelen yüzey kırık hattını gösterir. Kare ile işaretli alan Şekil 3.2'de ayrıntılı olarak sunulmuştur (Reilinger et al., 2000).

Bu uyumlu sonuç Anadolu-Avrasya hareketinin güncel konfigürasyonlarıyla sürekli olduğunu ve 4-5 milyon yıllık geçmişi süresince yaklaşık aynı oranlarda devam ettiğini önermektedir. Böylesi bir kinematik model (Anadolu levha boyutlarına göre göreceli olarak çok dar bir fay zonu içindeki ötelenme etkisinde net

bir şekilde hareket eden bir ünite olarak) sismik boşlukların tanımlanması ve buradan hareketle ortalama deprem zamanlarının tahmininde olan tipik deprem modellerinin yapılabilmesi için levhaların genel hareketiyle ilgili özel olaylar ile ilgili fay hareketlerinin bilinmesi anlamında fiziksel bir temel oluşturmaktadır (Reilinger & Barka, 1997).

Son yüzyıl içinde Kuzey Anadolu Fayında meydana gelen ve magnitütü 6-7 den büyük olan 11 deprem yüzeydeki izi 1000 km den daha uzun sürekli bir yüzey kırığına neden olmuştur (Şekil 3.1). Fayın kuzey kolunun batı kısmında kırılmaya neden olan 7.4 şiddetindeki 1912 Ganos depreminden sonra, 7.8 şiddetli 1939 Erzincan felaketiyle başlayan 4 ardışıklı hareketle (1939, 1942, 1943, 1944) depremler batıya doğru yönelmiştir (Dewey, 1976, Toksöz et. al., 1979). Depremlerin batı yönlü hareketi 1957 ve 1967 depremleriyle devam etmiştir. Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen diğer büyük depremlerin çoğu (1949, 1951, 1966, 1992), deprem öncesinde küçük ötelenmeler yapan fay segmentlerinde veya kırıkların doğuya doğru yayılması şeklinde meydana gelmiştir (Stein et al., 1997, Şekil 3.1). Bir sismik boşluk olarak tanımlanmış (Toksöz et al., 1979, Stein et al., 1997) olan bir fay segmenti üzerinde meydana gelen 1999 İzmit depremi tarihsel deprem silsilesinin batı yönlü ilerlemesinin bir devamı olarak görünmektedir.

Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, Kuzey Anadolu Fayı Marmara bölgesinde çok sayıda aktif kola ayrılmaktadır. Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolunun güneyinde konuşlandırılmış olan GPS istasyonlarından saptanan batı yönelimli hız artışları gerilimin önemli bir bölümünün en kuzeyde yer alan fay segmentlerinde yoğunlaştığını göstermektedir (Straub et al., 1997, McClusky et al., 2000).



Şekil 3.2 İzmit-Düzce deprem alanının topoğrafik ve basitleştirilmiş tektonik haritası. Koyu gri hat İzmit, ve Düzce depremlerine ait yüzey faylanma güzergahını göstermektedir. Siyah yuvarlak ve gri köşeli noktalar GPS gözlem lokasyonlarıdır (Reilinger et al., 2000).

BÖLÜM DÖRT

KULLANILAN CİHAZ DONANIMI VE YÖNTEMLER

4. Kullanılan Cihaz Donanımı ve Yöntemler

4.1. Differential GPS Konum Belirleme Sistemi

GPS Sistemi (Global Positioning System) A.B.D. savunma bakanlığına ait uyduları esas alan bir sistemdir. Bu sistem 20.000 km yükseklikte bir yörüngede bulunan ve günde iki kez dünya çevresini turlayan 32 adet uydudan oluşmaktadır.

Yeryüzündeki alıcılar, bu uyduların pozisyonlarıyla üçgenler oluşturmak üzere kesin referans noktaları olarak kullanılmaktadır. Her bir uydudan gönderilen sinyalin yeryüzüne kadar geçen seyahat zamanı ölçülerek yerdeki alıcılar ile uydu arasındaki uzaklık bu suretle hesaplanır. Sistem en az dört uydudan aldığı mesafe ölçüm bilgisiyle yerdeki istasyonun pozisyonunu, yüksekliğini ve hızını hesaplayabilir.

Bu sistem dünyanın her yerinde, günde 24 saat ve her türlü hava koşulunda çalışabilecek özelliğe sahiptir. Differential Global Positioning System (DGPS), GPS navigasyon sisteminin çok daha hassas (tipik olarak 1m hassasiyetli) bir formudur. Bu sistem iyonosfer, stratosfer ve GPS sisteminin çalışmasından kaynaklanan hataların ve sisteme bilerek uygulanan (hassasiyeti bozan kodlandırılmış etki) etkilerin üstesinden gelmek için oluşturulmuştur. Differential GPS sistemi oldukça hassas pozisyon ve hız ölçümleri yapmaktadır. DGPS sisteminde GPS sistemine göre farklı olarak karada koordinatları kesin olarak bilinen bir lokasyona yerleştirilen GPS referans (düzeltme) istasyonu kullanılır.

4.2. Batimetrik Ölçüm Sistemi, Ekosounder

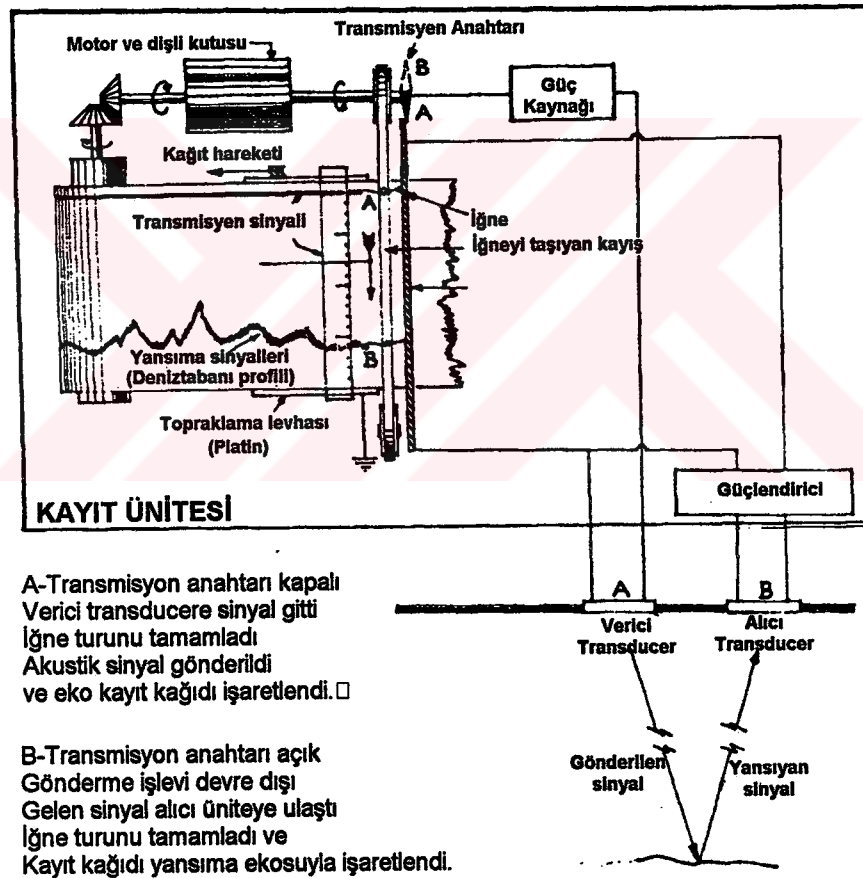
Batimetrik verilerin kayıtlandığı Ekosounderle düşey eksen boyunca sabit bir hızla alanında akustik sinyal yayıp algılayan basit sonar sistemleridir. Tüm sonarlar bir akustik sinyalin gidiş ve gelişi arasındaki zaman farkını ölçerek otomatik olarak;

$$\text{Derinlik} = \frac{V * t}{2}$$

Burada V= Sesin suda yayılma hızı (m/sn)

t=Akustik sinyalin gidiş-geliş zaman (m) dir.

Tüm ekosounder sistemleri esas olarak Şekil 4.1'de verilen temel donanımlara sahiptir.



Şekil 4.1 Ekosounder çalışma prensibi ve derinlik ölçüm aşamaları.

- Elektrik enerjisini üreten sinyal jeneratörü
- Elektrik enerjisini transducere gönderen anahtar birimi

- Elektrik enerjisini akustik enerjiye dönüştürerek su ortamına gönderilmesini sağlayan verici ünite
- Deniz tabanında yansıyan akustik enerjiyi algılayarak elektrik enerjisine dönüştüren alıcı ünite
- Gelen sinyallerin kuvvetlendirilerek kayıtçı ünitesinde görüntülenmesini sağlayan güçlendirici ünite
- Kayıt ünitesi transducere giden elektrik enerjisini kontrol eder, (akustik sinyalin) gidiş geliş zamanını belirleyerek derinlik birimine dönüştürmek suretiyle kullanıcıya sunar.

4.3. Mühendislik Sismik Sistemi

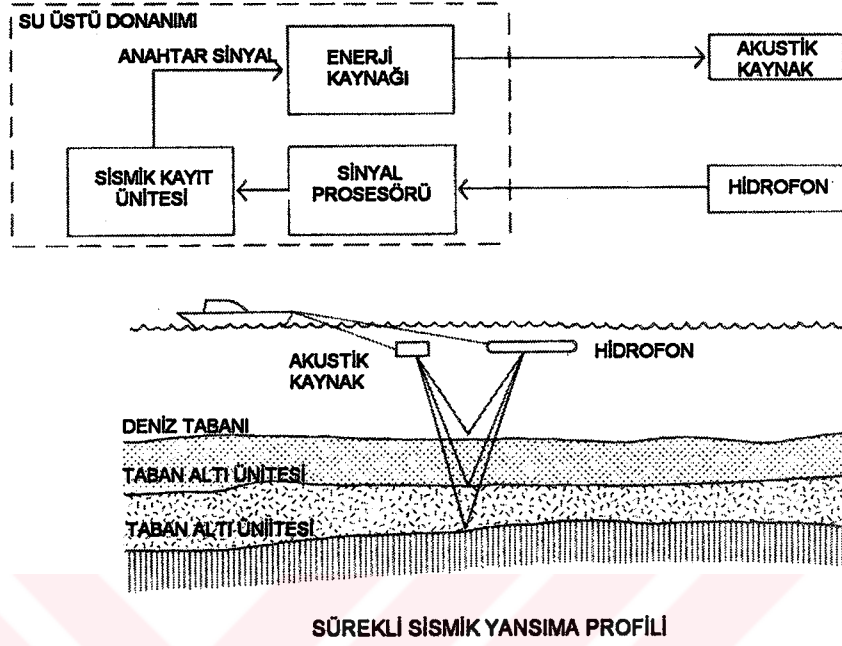
4.3.1. Giriş

Sismik yansıma profili kayıtlama donanımlarının (Edgerton,& Hayward, 1964; Ewing,& Tirey, 1961; Shor et al., 1963) gelişimi su ortamı altındaki tabanaltı sediment ve kaya ortamlarının çok kapsamlı olarak araştırılmasına olanak sağlamıştır. Bu alanlar okyanuslar, östarinler, göl ve nehirler olarak sıralanmaktadır.

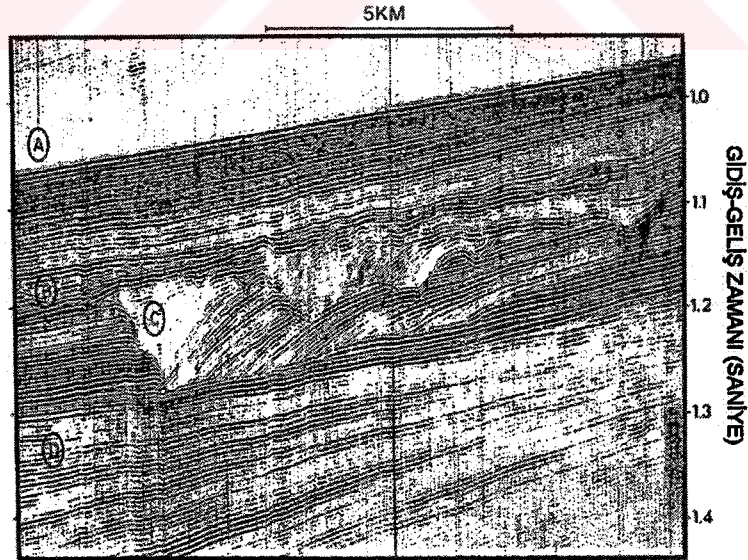
Bu teknik, izlenen rota boyunca muntazam aralıklarla akustik sinyalin gönderildiği cihazın yan tarafa monte edildiği veya arkadan çekildiği bir deniz aracı üzerinden uygulanmaktadır (Şekil 4.2). Deniz tabanı ve tabanaltındaki katmanlardan yansıyan bu akustik sinyaller hidrofondan algılanarak elektrik sinyalleri olarak ilgili birime gönderilirler. Gemi güvertesinde yer alan suüstü donanımına gelen bu sinyaller bir sismik yansıma kayıtçısı tarafından görüntülenirler. Sismik yansıma kaydı olarak adlandırılan bu görüntü izlenen rota altındaki deniz tabanı ve tabanaltı yapısının bir akustik görünümüdür (Şekil 4.3).

Günümüz koşullarında çok kanallı veri toplanması ve donanım kapasitesinin gelişimiyle birlikte bilgisayar ve sayısal işleme tekniklerinin hayli ilerlemesi, tek kanallı sismik yansıma sistem kapasitesinde de önemli kazanımlara neden olmuştur (Anstey, 1976). Bu bölümde sismik yansıma profil sisteminin asıl donanımlarıyla

birlikte akustik teorinin temel prensipleri ve yansıma işlevinin kuralları gözden geçirilmiştir (Geyer, 1983).



Şekil 4.2 Sürekli sismik yansıma profil donanımının temel elemanları üst resimde gösterilmektedir. Alt resim sürekli sismik kayıt alma tekniğini göstermektedir.



Şekil 4.3 Deniz tabanı (A) ve kolaylıkla ayırt edilebilen tabanaltı katmanlarını (B, C, D) gösteren bir sismik yansıma kaydı örneği.

4.3.2. Akustik Yansıma Teorisi

Akustik sinyalin yansıması hava-su, su-sediment veya sediment-sediment ara yüzeylerinde akustik impedans farklılıklarının bir sonucudur. Tüm katmanların kendisine özgü temel bir özellik olan akustik impedans, basınç dalgasının materyal içerisindeki yayılma hızı ve malzemenin bulk yoğunluğu ile doğrudan ilişkili olup;

$$Z = \rho C \text{ burada}$$

Z = akustik impedans ($\text{g/cm}^2/\text{s}$)

ρ = malzeme yoğunluğu (g/cm^3)

C = ortamdaki basınç dalgası hızı (m/s)

Konsolide olmamış denizel sedimentlerde akustik impedansın, bulk yoğunluğun çok az değişmesi durumunda esas olarak basınç dalgası hızının bir fonksiyonu olduğu gösterilmiştir (Nafe,& Drake, 1957). Basınç dalgası hızı aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$C = \left[\frac{K + \frac{4}{3} G}{\rho} \right]^{1/2}$$

burada

C = ortamdaki basınç dalgası hızı (km/s)

K = ortamın sıkıştırılabilirliği (dyn/cm^2)⁻¹

G = ortamın kesme modülü veya sıklığı (dyn/cm^2)

ρ = malzeme yoğunluğu (g/cm^3)

Konsolide olmamış sedimentlerin bulk yoğunlukları esas olarak iki faktör etkisindedir (Nafe,& Drake, 1957). Konsolide olmamış sedimentlerde basınç dalgası hızına da etkileyen bu faktörler; (1) mineral tanelerinin sıkıştırılabilirliklerindeki

farklılık ve (2) mineral taneleri arasındaki bağlanmadan kaynaklanan sıklığın değişimidir.

Konsolide ve yarı konsolide sedimentlerde, tane yoğunluğu akustik impedanstaki değişimlere etkiyen önemli bir faktördür. Konsolidasyon veya konsolide olmamış sedimentlerin taşlaşması; (1) üstte yer alan su, buz veya diğer sedimentlerin etkisinde oluşan basınç, (2) alçak su seviyelerinde meydana gelen su kaybı, (3) boşluk suyunda yer alan kalsiyum karbonat ve silislerin çimentolanması, (4) kimyasal içerikleri farklı taneciklerden yeni mineraller üretilmesiyle sedimentte iç bütünlüğün artmasına neden olan diyajenetik işlevlerin bir sonucudur (Hamilton, 1971).

Farklı akustik impedanslara sahip olan iki ortam sınırında bir düzlem dalga için, yansıyan dalga amplitüdünün gelen dalga amplitüdüne oranı Rayleigh yansıma katsayısı olarak tanımlanmıştır. Bir normal gelişte Rayleigh yansıma katsayısı R;

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \text{ olup, burada}$$

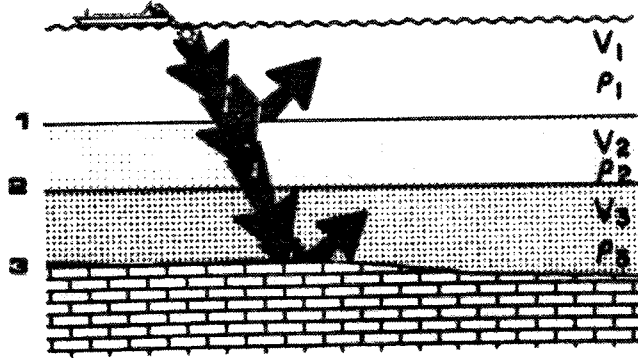
A_r, A_i = yansıyan sinyal ve gelen sinyal amplitüdü

Z_2, Z_1 = ara yüzeyin diğer tarafındaki ortamın akustik impedansıdır.

Hava-su geçişi arayüzeyi gibi (havanın yoğunluğu yaklaşık olarak suyun 0.001'i ve havadaki ses hızı sudakinin yaklaşık 0.25'i dir) akustik impedansın çok farklı olduğu durumda normal olarak gelen enerjinin tamamı yansıtılır. Diğer taraftan, akustik impedansın hemen hemen eşit olduğu iki sediment katmanının ara yüzeyinde yansıyan enerji nispeten azdır ve şayet akustik impedans eşit ise sinyal herhangi bir yansımaya uğramadan arayüzeyi geçerek ilerlemesine devam eder (Şekil 4.4).

Yansıma katsayısının normal koşuldaki akustik impedans için geçerli olduğu unutulmamalıdır. (1) Geliş açısı, (2) sedimentin neden olduğu akustik sinyal kaybı, (3) küresel yayılma nedeniyle akustik enerjideki kayıplar, (4) yüzey ve yüzey

altındaki muntazamsızlıkların neden olduğu sinyal kaybı, gibi koşullar yansıyan sinyal amplitüdünü üzerinde önemli etkileri olan faktörlerdir (Sheriff, 1975) .



$$\text{Akustik İmpedans } (Z) = \rho v$$

$$\text{Yansima katsayisi} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

KARAKTERİSTİK YANSIMA KATSAYI DEĞERLERİ

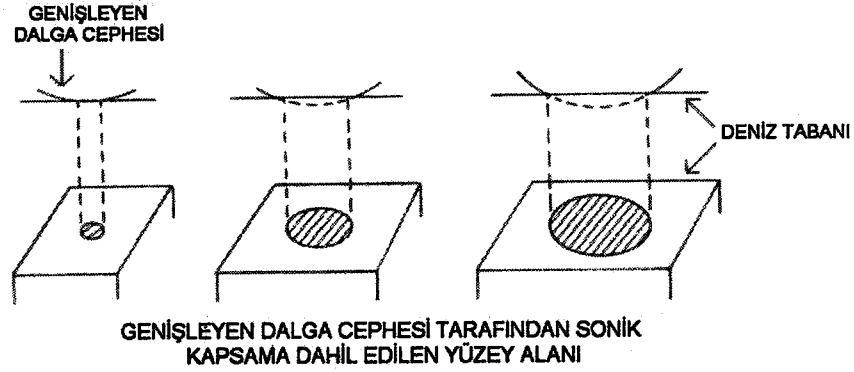
Su→Kireçtaşı	0.5	Çamur→Kil/Silt	0.1
Su→Kum	0.3-0.4	Kil→Kum	0.1
Su→Kil/Silt	0.1-0.2	Kum→Kireçtaşı	0.2
Su→Çamur	0.05-0.1	Kil→Kireçtaşı	0.3
Su→Hava	-1	Kum→Granit	0.4

Şekil 4.4 1 ve 3 no'lu arayüzeylerde akustik impedans farkı olduğu için yansımaya meydana gelir. 2 no'lu arayüzeyde akustik impedans farkı olmadığı için yansımaya görülmemektedir ve altta ise bazı tipik jeolojik sınırlar için geçerli olan yansımaya katsayıları verilmiştir.

4.3.3. Yansımaya İşlevinin Fiziksel Özellikleri

Önceki bölümde yansımaya işlevi akustik enerjinin yalnızca tek bir ışını örnek alınarak değerlendirilmiştir. Gerçekte bir ses kaynağında oluşan dalga cephesi su ortamı içerisinde küresel olarak yayılmaktadır. Bu dalga cephesi deniz tabanına ulaştığı anda deniz tabanının geniş bir alanı akustik enerji ile sonik temasa tabi olur (Şekil 4.5). Bu küresel yüzeyin yalnızca küçük bir alanı (yansımaya noktası olarak hatalı tanımlanan) sismik kayıt üzerinde sinyal üretir. Bu alanın boyutu optik yasalara göre ilk Fresnel zonu olarak bilinir ve akustik enerjinin dalga boyu ve su derinliğine bağlı olarak değişir. Bir başka deyişle bu, yansımaya yüzeyinden yarım periyot içinde algılanmış olan akustik enerjidir (Sheriff, 1977). Bu nedenle merkez ve

dış sınırı arası $\frac{1}{4}$ dalga boyuna eşit olan dairesel bölge içersindeki alandan gelen enerji algılanmış olmaktadır. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi, yüksek frekanslı (kısık dalga boyu) akustik sinyal, düşük frekanslı (uzun dalga boyu) akustik sinyale göre daha küçük Fresnel zonuna neden olacaktır. Şekil 4.7'de verilen grafik Fresnel Zonu yarıçapı, akustik sinyal frekansı ve su derinliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 4.5 Bu şekil deniz tabanının bir akustik dalga cephesi tarafından sonik kapsama alanına nasıl dahil edildiğini (soldan- sağa) göstermektedir. Bu alan dalga cephesinin küresel olarak genişlemesi nedeniyle zamanla artar.

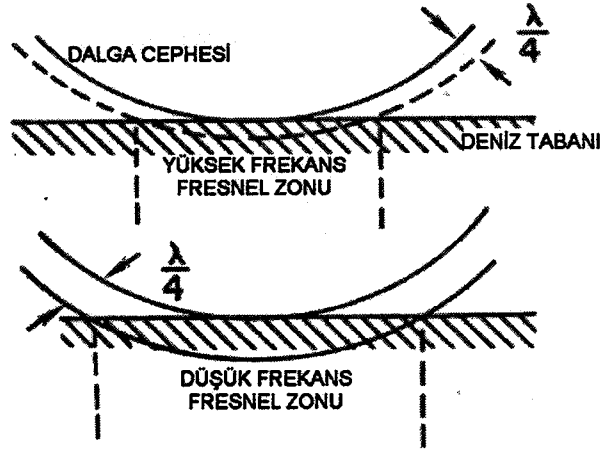
4.3.4. Sismik Yansıma Kaydı

4.3.4.1. Sismik Kayıt ve Jeolojik Kesit

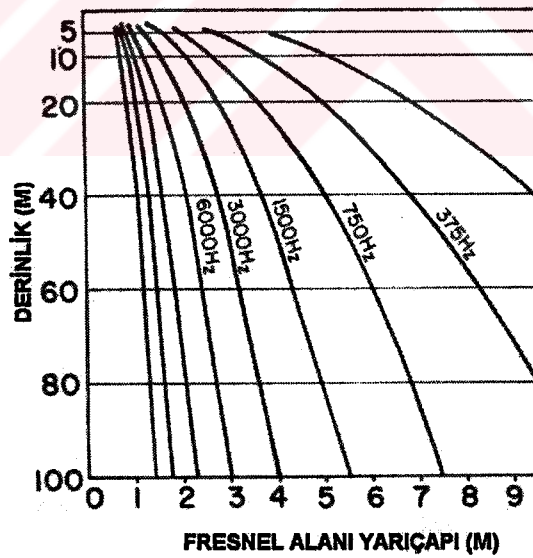
Sismik yansıma kaydı jeolojik profilin bir akustik kesitidir. Bu kaydın jeolojik kesiti gerçek anlamda temsil etme kalitesi, aletsel donanımın ve akustik sinyallerin yansıtılmış olduğu jeolojik yapının karmaşıklığı ile doğrudan ilişkilidir.

Bu ikili arasında en çok dikkat edilmesi gereken hususların başında, sismik kayıtta düşey ölçeğin zaman birimine dayalı olmasıdır, oysa jeolojik kesitlerde düşey ölçek metredir. Buna ilaveten, normal yansımaların çoğunlukla ses kaynağının hemen altında yer alan yapılardan kaynaklanmaması ve kaynak altında yer alan düşey düzlemin dışında kalan yüzeylerden gelen yansımaların kayıtlanmış olması da ilave sorunlar olarak ön plana çıkmaktadır. Aletsel sınırlamalar sık aralıklarda yerleşik olan reflektörlerle derinlerde yer alan reflektörlerin saptanması olanaklarını

kısıtlayabilmektedir. Sonuç olarak akustik dalga boyuna kıyasla daha küçük olan fay ve diğer yapılar gibi süreksizlikler sismik kayıtlarda büyük karmaşaya neden olan saçınımlar olarak görüntülenirler.



Şekil 4.6 Frekansa bağlı olarak değişen Fresnel Zonu, yansıma işlemine dahil olan alanı kapsar. Yüksek frekanslı akustik sinyal, düşük frekanslı akustik sinyale göre daha küçük Fresnel Zonuna sahiptir.



Şekil 4.7 Fresnel Zonu yarıçapının, akustik kaynak frekansı ve yansıma yüzeyi derinliğinin bir fonksiyonu olduğunu gösteren grafik.

Bu bölümde sismik kayıtlarda hatalı yorumlara neden olan bu hususlardan bazılarının nedenleri ve özellikleri üzerinde durulacaktır.

4.3.4.2. Düşey Abartma

Sismik yansıma kaydı üzerindeki yamaçlar düşey ve yatay ölçüklerin farklı olmasından dolayı abartılı görünümde (Şekil 4.8). Yatay eksen, gemi hızına bağı olarak belirgin bir zaman süresi içinde katedilen mesafeyi ve sismik kayıt ünitesindeki kağıdın kayıt hız oranını temsil etmektedir. Düşey eksen, ses dalgasının ses kaynağından çıktıktan sonra deniz tabanı ve tabanaltı reflektörlerden yansıyarak hidrofona gelene kadar geçen gidiş geliş zamanını temsil eder. Bu ölçük su derinliği, ateşleme aralığı ve beklenen tabanaltı penetrasyonuna bağı olarak saptanır.

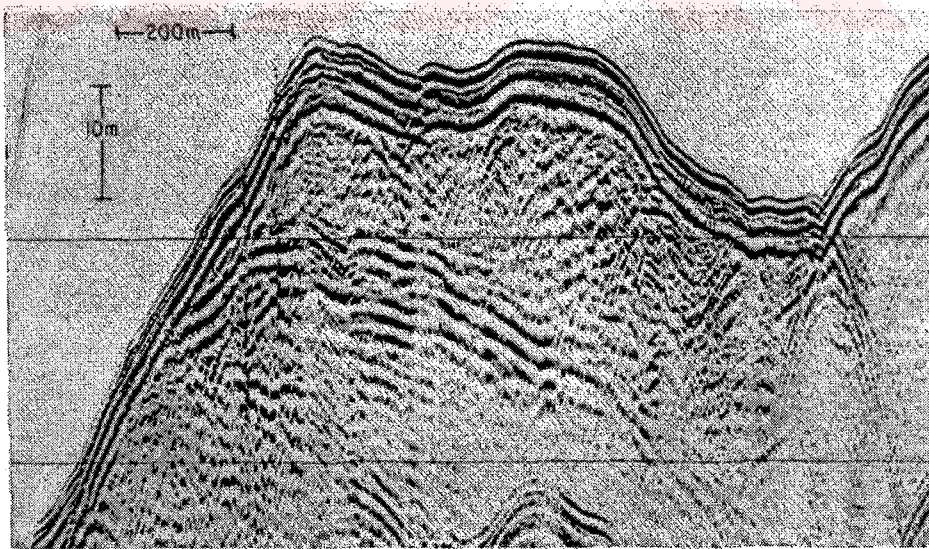
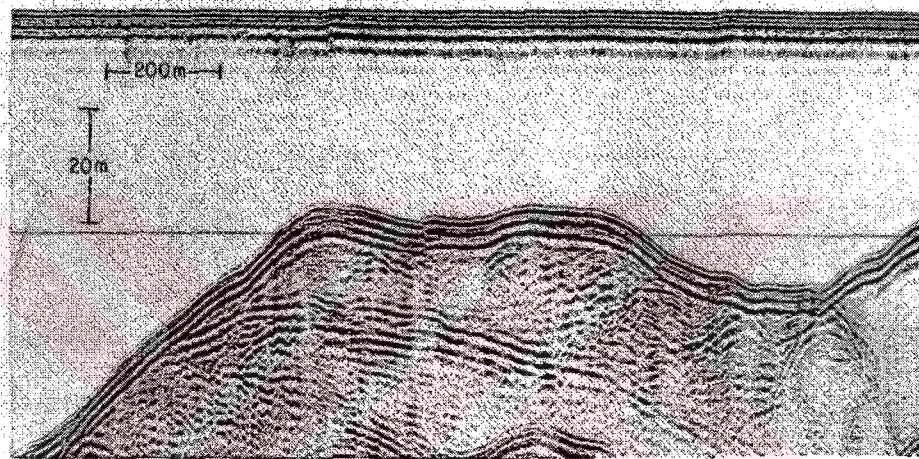
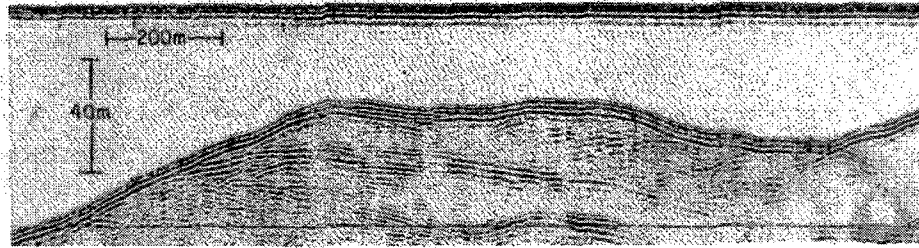
Düşey abartma genel olarak 5:1 ile 20:1 arasında değışir. Sesin sudaki yayılma hızının kesin olarak bilinmesi durumunda, daha sonra yapılacak olan büro çalışmaları esnasında deniz tabanı yüzeyi için bu abartmanın düzeltilmesi mümkün olsa da, tabanaltı katmanlarının eğimlerine ilişkin düzeltmeler için bu tabakalara ait hız bilgilerine gereksinim vardır.

4.3.4.3. Yamaç ve Eğrisellikten Kaynaklanan Kayıt Hataları

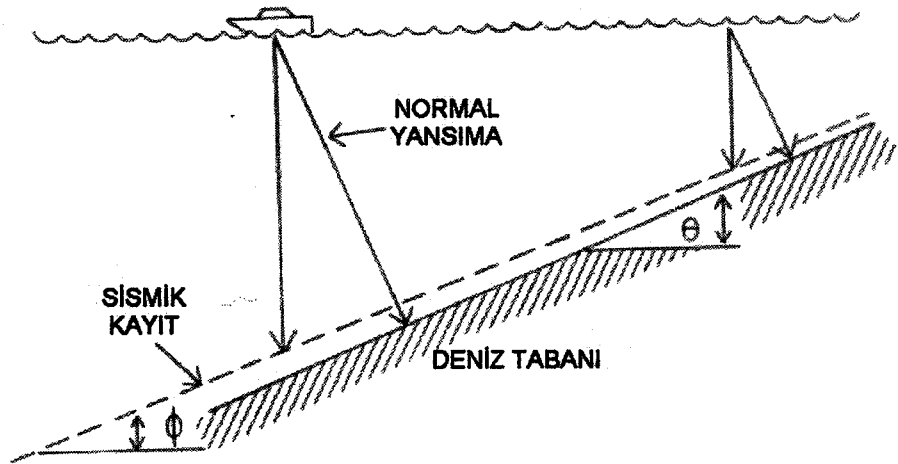
Yansıma kayıtları üzerinde görülen yamaç eğimleri deniz tabanındaki yamaçların gerçek eğimini temsil etmezler. Yamaç üzerinde profil alan bir gemide doğrudan yamaçtan yansıyan akustik enerji hidrofonlar tarafından algılanır (Şekil 4.9). Bu nedenle sismik kayıta düşey olarak plotlanan veri gemi önünde veya arkasındaki deniz tabanını temsil edebilir. Sonuçta kayıtlanan görünür eğim olup gerçek eğim kadar yüksek değıldir. Yamaç eğimindeki bu fark için trigonometrik ilişki;

$$\sin \theta = \tan \phi$$

burada θ = gerçek yamaç eğim açısı ve ϕ = görünür yamaç eğimi açısı. Bununla beraber $\tan \theta$ (deniz tabanı gerçek eğimi) ve $\tan \phi$ (deniz tabanı görünür eğimi) 15° 'nin altındaki değıerler için neredeyse eşit olup maksimum hata %3 mertebesindedir (Krause, 1962).

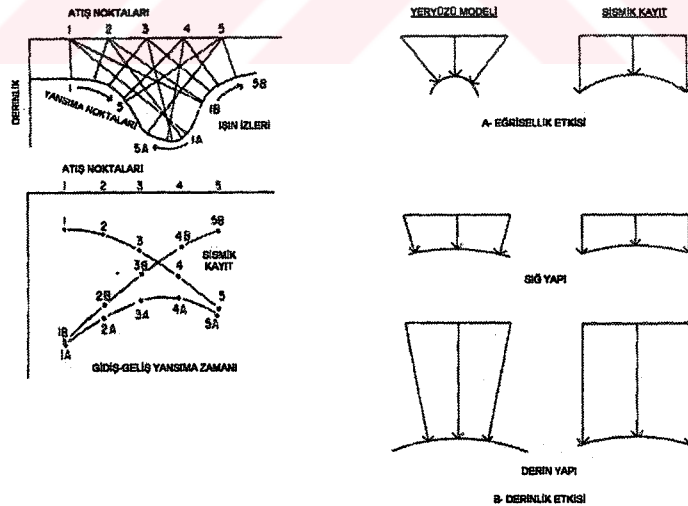


Şekil 4.8 Sismik yansıma kaydındaki düşey abartılı görünüm (Geyer, 1983)



Şekil 4.9 Eğimli deniz tabanından algılanan normal yansımaların doğrudan akustik kaynak altında kayıtlarını gösteren bir diagram. Şekil, deniz yüzeyinde bir gemi ve eğimli deniz tabanını göstermektedir. Gemiden çıkan ses dalgaları, deniz tabanına çarptığında 'NORMAL YANSIMA' olarak etiketlenen bir yansıma oluşturur. Aynı zamanda, deniz tabanının eğimi nedeniyle 'SİSMİK KAYIT' olarak etiketlenen bir kayıt oluşur. Deniz tabanının eğim açısı θ olarak belirtilmiştir. 'DENİZ TABANI' etiketi de deniz tabanını göstermektedir.

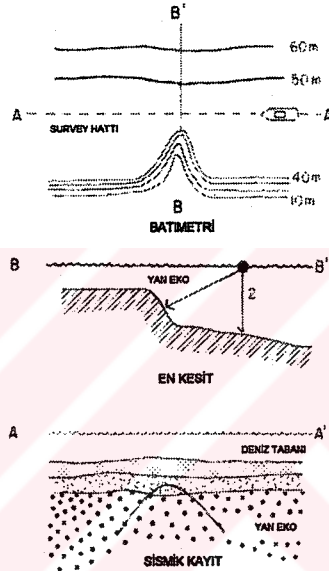
Antiklinal ve senklinal gibi kıvrımlı yapılar da benzer türde hatalara neden olurlar. Kıvrımlı yüzeylere ait dik yansımalar sismik kayıtlarda deniz aracı altında yer alan yapılara ait yansımalar olarak görülür (Şekil 4.10). Bu eğrisel yapıların hatalı konumlarda görülme oranı, üstleyen katmanın hızı, eğrisel yapının derinliği ve teorik eğri merkezine göre değişiklik gösterir (Fitch, 1976).



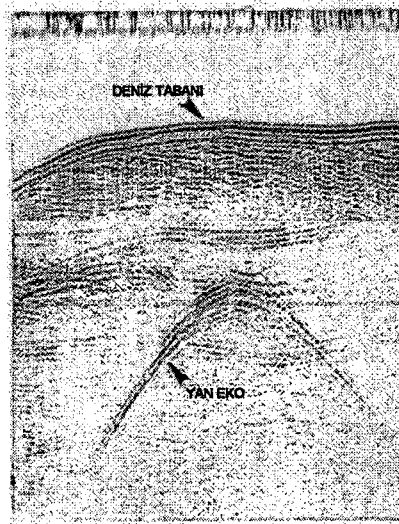
Şekil 4.10 Eğrisel yüzeylerden algılanan normal yansımalar ve bu yüzeylerin sismik yansıma kayıtları üzerindeki görünümünü gösteren bir diagram. Eğrisel bir yüzey üzerindeki her bir atış noktasından algılanan sinyaller sismik kayıta karmaşık görüntülere neden olur (sol), Eğrisel yüzeylerin çarpıtılma miktarı yapının eğriselliğine (A) ve derinliğine (B) bağlıdır (Geyer, 1983).

4.3.4.4. Yan Ekolar

Ses kaynağı tarafından üretilen çok yönlü (dar hüzmeli ekosounderler dışında) akustik sinyal, doğrudan survey hattı altında yer almayan deniz tabanı veya tabanaltı yapılarından yansiyabilir. Yansıma kaydı üzerinde algılanan bu türden yan ekolar kolaylıkla tabanaltı yapısı olarak yorumlanabilir. Survey hattına paralel olan yakındaki dik yamaçtan kaynaklanan bir eko nispeten gerçeği yansıtabilir. Şekil 4.11, yan ekoların nasıl oluşabileceğini göstermektedir. Şekil 4.12 sıkça rastlanılan yan ekolu bir sismik yansıma kaydı örneğidir.



Şekil 4.11 Survey hattının düşey düzlemi üzerinde yer almayan yüzeylerden kaynaklanan yansımaların neden olduğu yan ekoları gösteren şema.



Şekil 4.12 Yansıma kaydı üzerinde bir yan eko örneğini gösteren şema.

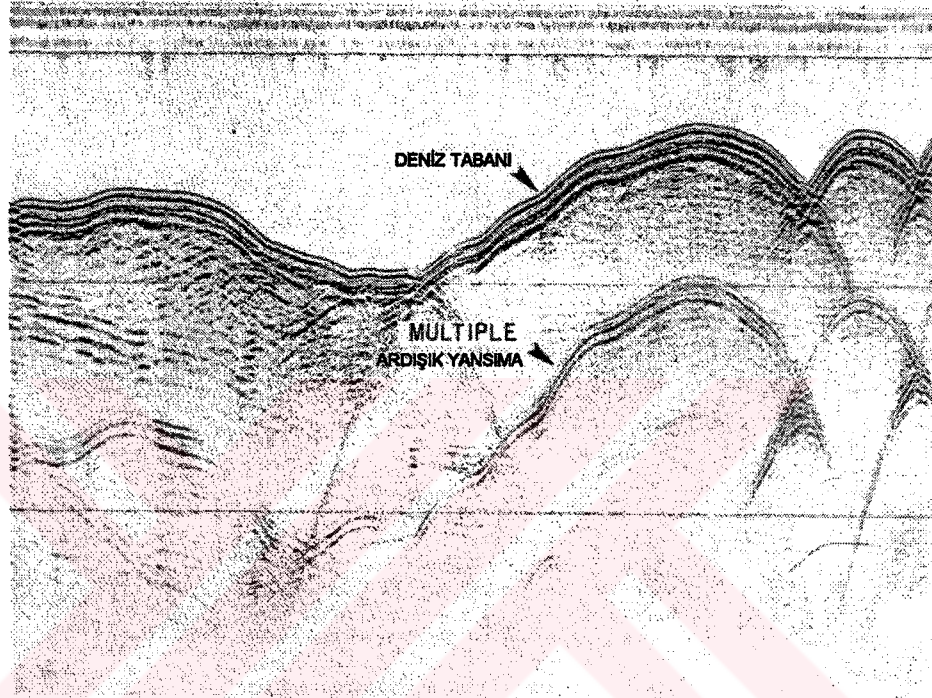
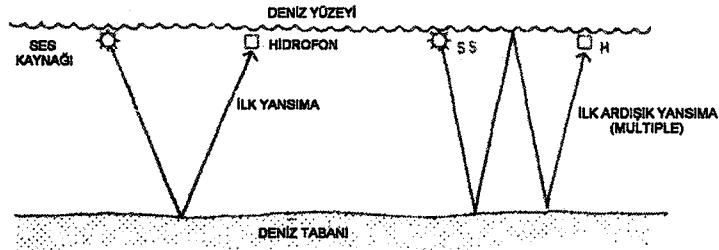
Kaya ortamı veya sedimentlerden yansıyan akustik sinyalleri filtrelemenin mümkün olabilmesi nedeniyle (yüksek frekanslar düşük frekanslara göre daha hızlı zayıflatılabilir), bazı özel durumlarda, kayıt üzerindeki sinyalin gerçek bir yapı mı yoksa yan eko mu olduğunu belirlemek mümkündür (Bennett,& Savin, 1963). Bu teknik yalnızca geniş frekans menziline veya yüksek frekans elemanlarına sahip olan sinyaller üreten bir transducer donanımı ile uygulanabilir. Bu yöntemde 1-2 kHz üzerindeki sinyallerin geçişine izin veren filtre düzeneği kullanılır. Bu koşullar altında tüm tabanaltı reflektörleri büyük oranda filtrelenecektir, çünkü bu frekans aralığındaki enerji sedimentler tarafından güçlü bir şekilde soğrulmaktadır (Shumway, 1960). Yan ekoların önemli bir bölümü yüzey yapılarına ait yansımalarından kaynaklandığı için sismik kayıta nispeten güçlü sinyaller olarak görünmeye devam edeceklerdir.

Gemi altındaki deniz tabanı ile yakın çevredeki yapıların gidiş geliş zamanlarını belirlemek, kayıt üzerinde yan ekoya neden olabileceğinden şüphe duyulan yüzey yapılarının yorumlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Survey alanına ait iyi konturlanmış bir batimetri haritası bu hesapların yapılabilmesi için ideal bir yardımcıdır.

4.3.4.5. Tekrarlayan (Multiple) Yansımalar

Deniz tabanından yansıyan akustik sinyaller hidrofonda algılandıktan sonra deniz yüzeyini oluşturan su-hava ara yüzeyinden tekrar yansır. Bu yüzey -1'e yakın olan yansıma katsayısı ile nispeten mükemmel bir reflektördür. Negatif işaret yansımış sinyalin gelen sinyal ile 180° faz farklılığı olduğunu, 1 değeri ise hemen tüm akustik sinyalin aynen yansıdığını işaret etmektedir.

Yansıyan bu sinyal yeterli enerjiye sahipse (taban sedimentlerinin düşük indirgeyici ve saçınma etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu sığ ortamlarda) hava-su arayüzeyi ile deniz tabanı arasında defalarca gidip gelebilir. Sinyalin hidrofondan tarafından algılanamayacak kadar zayıflaması süresince her bir tekrarlı yansıma sismik kayıt üzerinde ayrı ekolar halinde kayıtlanacaktır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Deniz tabanı ve hava-su arayüzeyi arasında yankılanan akustik sinyal deniz tabanının ardışık yansiyarak kayıtlanmasına neden olur. Tekrarlayan yansımanın eğriselliğindeki artış ilk deniz tabanı yansımasıyla ilişkilidir.

Sığ su ortamlarında bu tekrarlı yansımalar sık aralıklarda yer alarak sığ tabanlı yansımalarının karmaşık hale gelmesine neden olacaktır. Bu yansımaların genellikle birinci yansımadan daha büyük sinyal şiddetine sahip oldukları görülmüştür (Backus, 1959). Bu durumda, güçlü tekrarlı yansımalar altındaki zayıf tabanlı reflektörlerinin ayırt edilmesi neredeyse imkansız olmaktadır.

Tekrarlayan yansımaların zayıf olduğu durumlarda tabanlı reflektörlerin ayırt edilmesi nispeten mümkündür. Tabanın ve tabanlı reflektörlerinin yatay olduğu

durumlar için bu husus kısmen geçerlidir. Deniz tabanının eğimli olduğu veya derinliğin değiştiği durumlarda tekrarlı yansımalar derinlik nedeniyle daha açık mesafelerde olduğundan gerçek tabanaltı ekolarının ayırt edilmesi daha kolay olmaktadır.

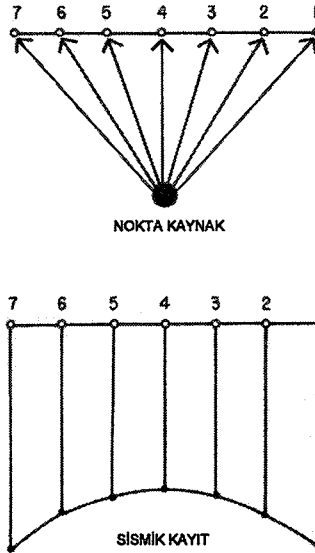
Tek kanallı sismik yansıma kayıtlarından tekrarlı yansımaların ayıklanabilmesi konusunda sınırlı çalışmalar yapılabilir. Sığ su çalışmalarında (1-100 m su derinlikleri) temel problemlerden birisi olması nedeniyle tekrarlı yansımaların yansıma kayıtlarında özenle değerlendirilmesi ve hatalı yorumlardan kaçınılması gereklidir.

4.3.4.6. Saçınımlar

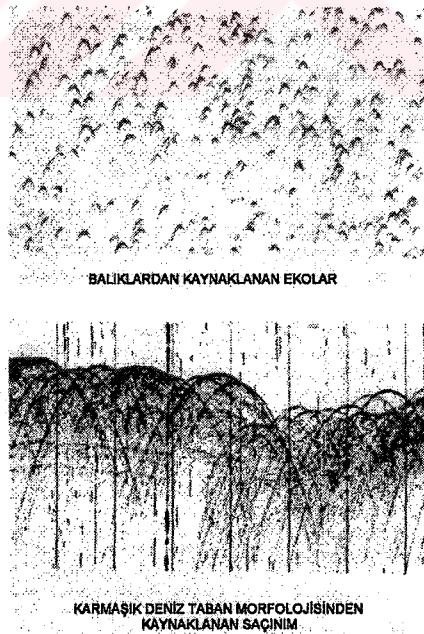
Akustik sinyal dalga boyuna yakın boyutları olan veya yansıtıcı yüzeyi keskin bir şekilde son bulan yapılardan dönen akustik enerji sismik kayıt üzerinde suni veya hiperbolik yansımalar şeklinde görüntülenir. Saçınım işlevi sonucu üretilen bu yapılara örnek olarak, kum dalgaları gibi ondülasyonlu yüzeyler, sivri yükselteler, anormal yapılar, buzul izleri, erozyonal yüzeyler veya faylar sayılabilir. Şayet yapılar dalga boyundan küçük ise enerjinin saçınarak dağılmasına, dalga boyundan daha geniş iseler enerjinin yansımaya neden olurlar (Woods, 1975).

Saçınım kavramını gösterebilmek amacıyla, deniz tabanı altında yer alan küçük bir yapıyı gösteren model Şekil 4.14'de verilmiştir. Atış noktası 1 den 7'ye doğru giden gemide hidrofona, bir nokta kaynağı olarak rol oynayan mevcut yapıdan yansıyan akustik enerjiyi algılamaktadır (Şekil 4.14, üst); bundan sonra nokta kaynağı sözcükleri saçınımına neden olan akustik yansıma yüzeyi anlamında kullanılacaktır. 1 No'lu atış noktasında nokta kaynaktan algılanan akustik enerji sismik kayıta atış noktasının hemen altında yer alan bir görüntü verecektir (Şekil 4.14, alt). İzleyen tüm atış noktalarında da (2-7) aynı nokta kaynaktan gelen yansımalar benzer şekilde kayıtlanacaktır. Kayıta elde edilen toplam görüntü birbirine yakın olan ardışıklı noktaların birlikte kayıtladığı bir hiperbol şekline dönüşecektir. Karmaşık topoğrafyaya sahip bir deniz tabanından ve su sütunu

içersindeki balıklardan kaynaklanan bu etki örnekleri daha net bir şekilde Şekil 4.15’de verilmiştir (Geyer, 1983).

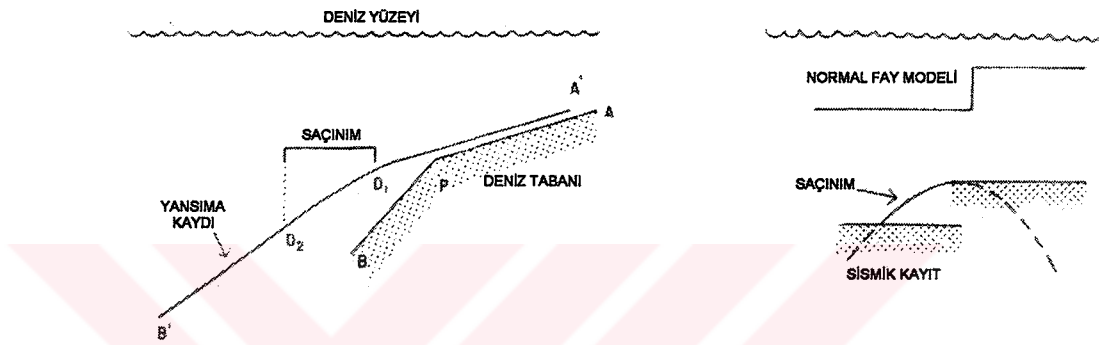


Şekil 4.14 Küçük boyutlu taban ve tabanaltı yapılarının bir akustik enerji kaynağı gibi rol oynamasına neden olan saçınım olayını gösteren şekil. Bir nokta kaynaktan algılanan akustik sinyal doğrudan sismik algılayıcı altında olacak şekilde kayıtlanarak hiperbol veya hilal şekilli yapılar olarak görüntülenir. Gerçekte sadece 4 no’lu atış noktası söz konusu yapının gerçek lokasyonunu göstermektedir.



Şekil 4.15 Su ortamındaki balıklar (üst) ve karmaşık yapıdaki deniz tabanı yüzeyden (alt) kayıtlanan saçınma örneği.

Faylar ve deniz tabanındaki ani derinleşmeler gibi keskin yapısal değişiklikler bu süreksizlik etrafındaki alanda saçınımlar oluşturacaktır (Trorey, 1970). Yuvarlatma etkisine sahip olan saçınımlar bir eğrisel yüzey olarak görüntülenirler. Bu etkilere ait örnekler Şekil 4.16'da verilmiştir, genelde sismik kayıt üzerinde, hiperbol kollarının model şeklinde olduğu gibi deniz tabanının düz bölümü altında görülmesi mümkün değildir. Survey hattı, yapının belirli bir açıda veya sadece bir kenarında saçınım verdiği konumda ise hiperbol fay modelinde olduğu gibi bir simetrik yapı göstermeyecektir (Sylwester et al.,1979).



Şekil 4.16 A-P ve P-B yüzeyleri A'-D1 ve D2-B' olarak yansıyan kayıtlar üzerinde görüntüler. D1-D2 bölümü P'deki eğim değişimi nedeniyle üretilen saçınmış enerjiden meydana gelir. Sağdaki örnekte yer alan fay modeli bir fay kenarının neden olduğu saçınmayı göstermektedir.

4.3.4.7. Düşey Ayrımlılık ve Penetrasyon Derinliği

Bir yansıma kaydı üzerinde stratigrafik katmanların algılanması ve görüntülenebilmesi sismik yansıma sisteminin düşey hassasiyetiyle çok yakından ilişkilidir. Hassasiyet büyük oranda kayıt ünitesinin tarama hızı, sinyal-gürültü oranı ve akustik kaynak özelliklerine bağlıdır. Kaynak niteliği, özellikle puls uzunluğu ve frekans, düşey hassasiyeti belirlemek için genellikle gözönünde bulundurulmuş parametrelerdir.

Bir akustik sinyal hassasiyetinin tahmin edilmesi izleyen formüller kapsamında yapılabilir (Ricker, 1953):

$$T = \frac{0.5V}{2f} \text{ veya } 1/4\lambda$$

burada

T = incelenen jeolojik birimin kalınlığı

V = akustik ortamın basınç dalgası hızı

f = akustik pulsun dominant frekansı

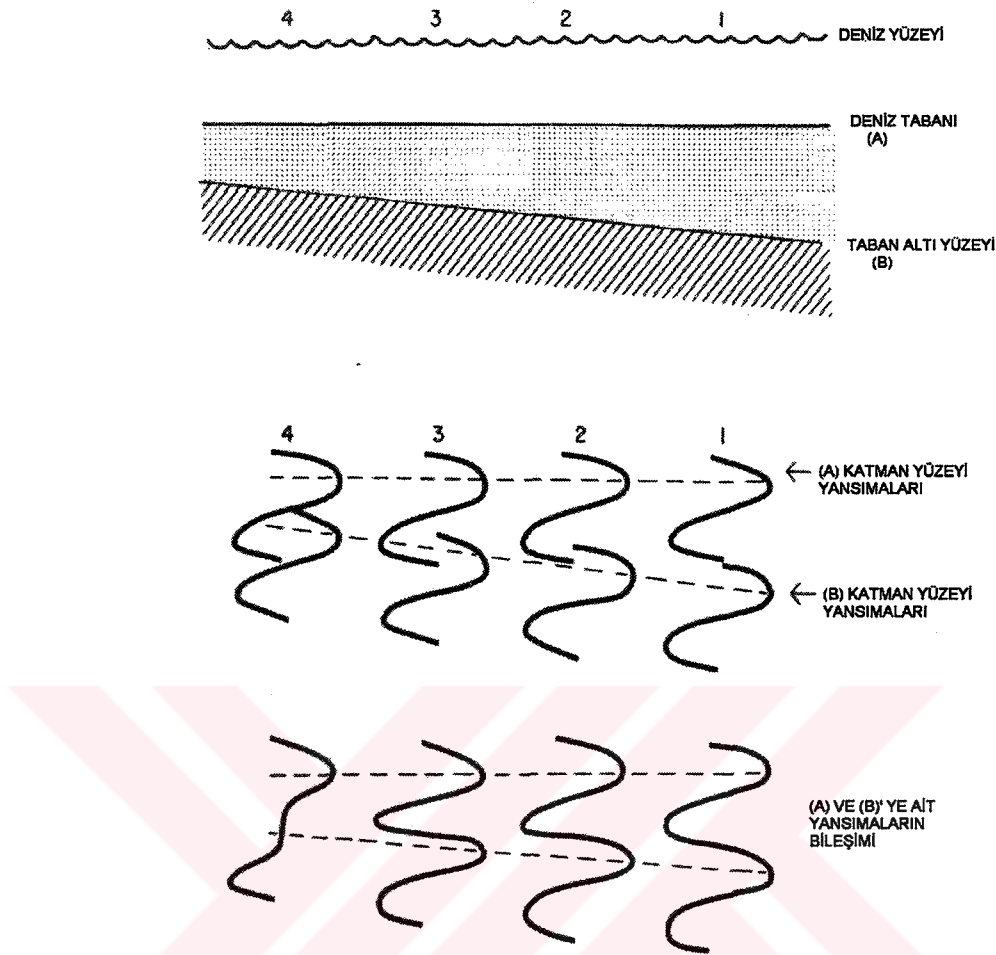
λ = dominant frekansın dalga boyu

Örneğin, akustik kaynağın dominant frekansı 100 Hz ve sedimentin basınç dalgası hızı 1800 m/s ise ayırt edilebilecek minimum tabaka kalınlığı

$$T = \frac{(0.5)(1800)}{2(100)} = 4.5m \text{ dir.}$$

Bu nedenle ayrımlılığın artırılması için yüksek frekanslı (kısa dalga boyu) akustik kaynağa gereksinim vardır.

Şekil 4.17'de, survey hattı boyunca incelik yok olan veya kalınlığı azalan bir jeolojik yapı örneği görülmektedir. 1 no'lu lokasyonda biri üstte diğeri de ünitenin altında yer alan iki belirgin yansıma vardır. 1 ve 2 no'lu lokasyonlar arasında bu ünitenin kalınlığı akustik sinyal dalga boyuna eşit olup buradan sola doğru sinyaller birbirini örtmeye başlamışlardır. Söz konusu ünitenin kalınlığı dalga boyunun $1/4$ 'ünden daha küçük olduğu zaman üst ve alt sınırlar bireysel yansıma yüzeyleri olarak ayırt edilememektedir. Düşey ayrımlılık yalnızca katmanların yanal devamlılığının saptanmasındaki yararıyla sınırlı kalmayıp, faylanma nedeniyle oluşan küçük ölçekli ötelenmelerin ve ince stratigrafik ünitelerin haritalanması için de büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.17 İncelen jeolojik katman (üst) ve iki arayüzeyden yansıyan sinyaller (orta) ve bunlardan elde edilen yansıma kaydı (alt) örneği. 4 no'lu atış noktasında (1/4 dalgaboyu) iki yansıtıcı yüzey artık kesin olarak ayırt edilememektedir.

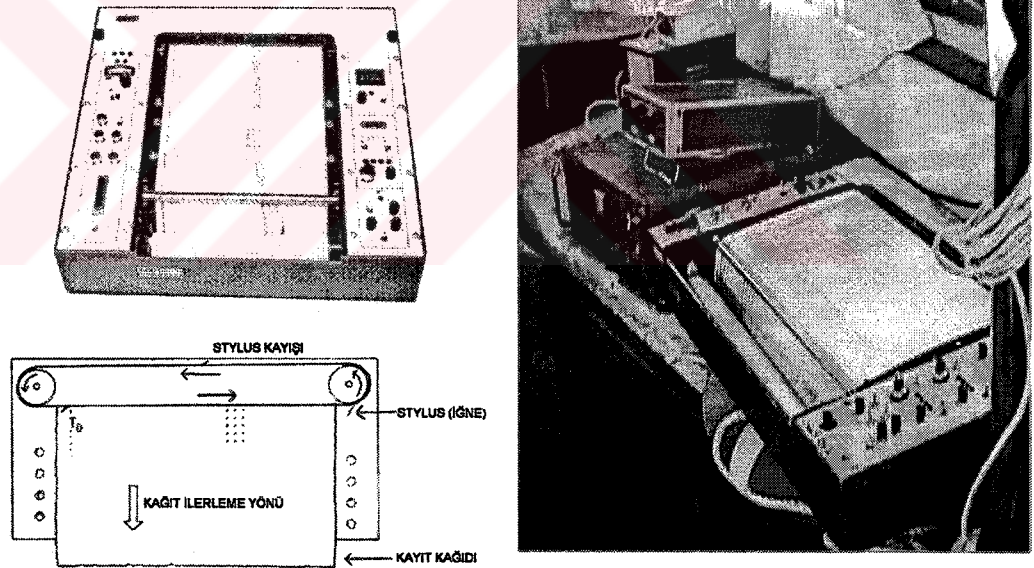
4.3.5. Cihaz Donanımı

4.3.5.1. Giriş

Bu bölümde sismik yansıma sistemlerinin temel elemanları tanıtılacaktır. Genelde kullanım alanı yaygın olan sismik yansıma profil sistemlerinden (Ayarlanabilir Transducer, Uniboom, Sparker ve Air-gun) bu çalışma kapsamında kullanılmış olan Ayarlanabilir Transducer Tabanaltı Profil Alma Sistemi diğer adıyla Mühendislik Sismik Sistemi bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

4.3.5.2. Sismik Kayıt Ünitesi

Sismik kayıt ünitesi (Line Recorder, Faks Kayıtçısı, Grafik Kayıtçı) akustik kaynağı açarak veya tetikleyerek akustik sinyalin gönderilmesini sağlamanın yanında aynı zamanda hidrofon tarafından algılanan akustik sinyallerin görüntülenmesini de sağlar (Şekil 4.18). Bu şekilde verilen donanım üzerinde tetikleme ve kayıtlama işlemi aşağıdaki şekilde gerçekleşir. Sürekli hareket eden kayış üzerinde yer alan iğne taramanın başlangıcı olarak kağıdın sol kenarında akustik kaynağı açar. Hidrofon tarafından algılanan sinyaller kağıdın sol kenarından itibaren yakılma işleviyle üretilen siyah nokta ve lecekler olarak işaretlenir. Yansıma verisi olan bu işaretler yansıyan sinyalin (amplitüd) genişliğine bağlı olarak değişen yoğunluktadır. Kayışa bağlı iğne kağıt üzerindeki turunu tamamladıktan sonra kayıt kağıdı bir miktar ilerler ve aynı işlem tekrar başlar. Ardışıklı olarak gerçekleşen birkaç tarama işlemi tamamlandıktan sonra sismik yansıma verileri kayıt kağıdı üzerinde sürekli çizgiler olarak şekillenir.



Şekil 4.18 Sismik yansıma kayıt donanımı (sol üst ve sağ foto). Yansıma kaydı özel kağıt boyunca bir kayış üzerinde sürekli hareket halinde olan iğnenin yakma işleviyle elde edilir. Yakma işlemleri akustik sinyalin hidrofon tarafından algılandığı zamana karşılık gelir. Bir iğne döngüsü sonrasında kağıt bir miktar ilerler, ses kaynağı yeni bir atış için T_0 zamanında tetiklenir ve izleyen data verisi kayıtlanır. Bu yakılan noktaların birleşmesi sürekli yansıma kaydını oluşturur (sol alt).

Kayıt kağıdı üzerindeki yansıma verisi, akustik sinyalin ses kaynağından yansıma yüzeyine gidip tekrar hidrofonta ulaşması arasında geçen gidiş-geliş zamanını temsil eder. Bu nedenle (two-way travel time) Gidiş-Geliş Zamanı olarak adlandırılır. Örneğin kayıt ünitesinin tarama zamanı 1 saniye ve deniz tabanı kağıdın ortasında yer alıyorsa bu durumda gidiş-geliş zamanı 0.5 saniyedir. Şayet bu derinliği uzunluk (metre) cinsinden göstermek gerekirse ki çoğunlukla gereklidir, izleyen formülden yararlanılır;

$$D = \frac{V}{2} \times t$$

Burada

D = Yansıma yüzeyi derinliği

V = Sesin su ortamı içinde yayılma hızı, yaklaşık 1500 m/s

t = Gidiş-geliş zamanı

$$D = \frac{1500m/s}{2} \times 0.5s = 375m$$

Tabanaltında yer alan yansıma yüzeylerine ait derinliklerin hassas olarak belirlenmesi için sözkonusu seviyeyi üstleyen sediment katmanının ses hızı bilinmek zorundadır. Konsolide olmamış sedimentlerde sığ tabanaltı yüzeyleri için genellikle 1500-1600 m/s lik bir hız kullanılır.

En uygun düşey ölçeğin seçilmesi için kayıtçı ünitesinde farklı tarama hızı seçenekleri vardır. Sığ sularda çalışılması durumunda, çok yüksek ayrımlı düşük penetrasyon için 75 m derinlik ölçeğine tekabül eden 1/10 sn lik tarama hızının seçilmesi en uygun seçenektir. Daha derin penetrasyonların beklendiği durumlarda 1 sn (750 m), 2 sn (1500 m) veya 4 sn (6000 m) lik tarama hızları daha uygun olacaktır.

4.3.5.3. Akustik Kaynak

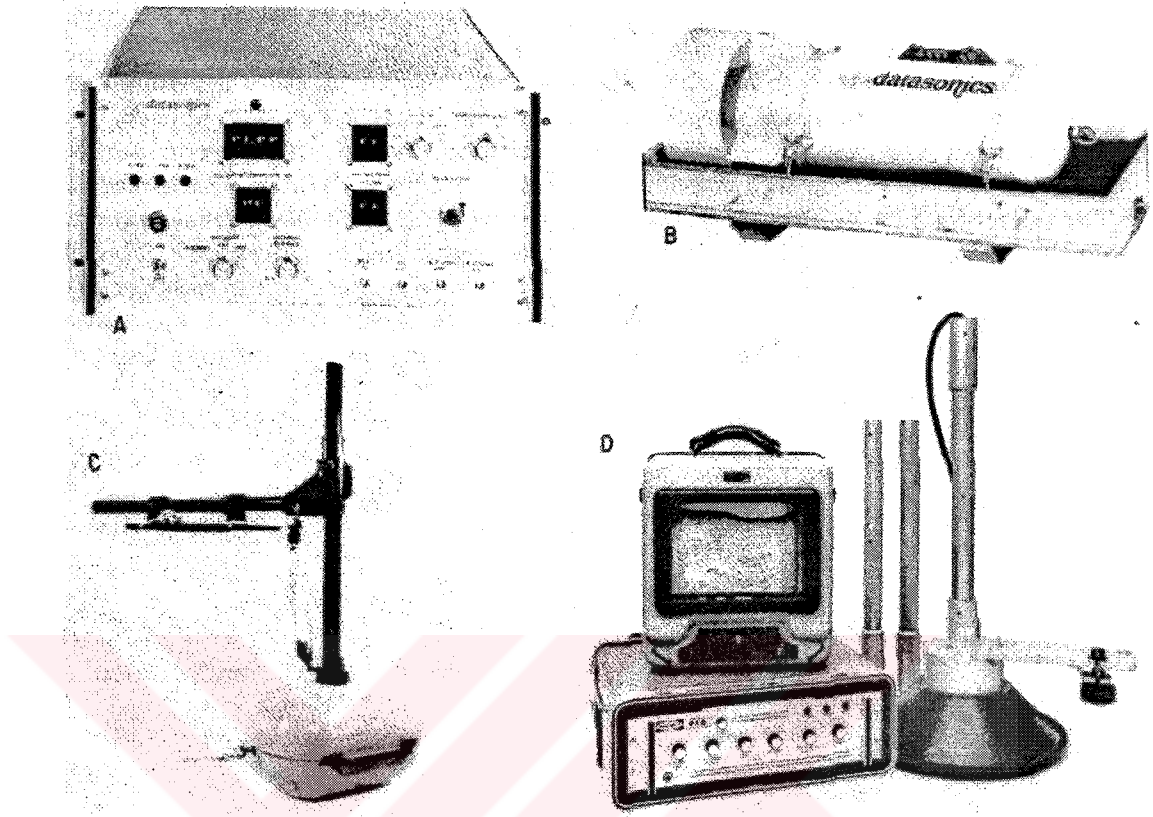
Akustik kaynak seçiminde en önemli kriter, gerekli penetrasyon derinliği ve ayrımlılıktır. Bunun yanında diğer önemli hususlar maliyet, boyut, çalışma kolaylığı, tamir-bakım ile kolay elde edilebilir enerji ve akustik kaynak olarak sıralanır. Akustik kaynaklardan Transducer, Uniboom, Sparker ve Air-gun sırasıyla azalan ayrımlılık ve artan penetrasyon özelliklerine sahiptir.

4.3.5.4. Mühendislik Sismik Sistemi

Piezoelektrik kristaller elektrik sinyali etkisinde kaldıklarında deformasyona uğrarlar. Tersini olması durumunda ise, örneğin bir akustik basınç dalgası tarafından deformasyona uğratılırsa bir elektrik sinyali üretecektir.

Ayarlanabilir transducerler, muhtelif biçimlerde şekillendirilmiş olan kristallerin sert plastik bir ortam içerisinde muhafaza edildiği bir donanım içine yerleştirilmiştir. Bu donanımlar tasarlanmış oldukları frekans bandındaki akustik sinyalleri yayma ve algılama özelliğine sahiptir. Diğer önemli özellikleri de, sinyalleri dönüştürme yetenekleri, enerji kapasiteleri ve transducerlerin hüzmeleri olarak sıralanır.

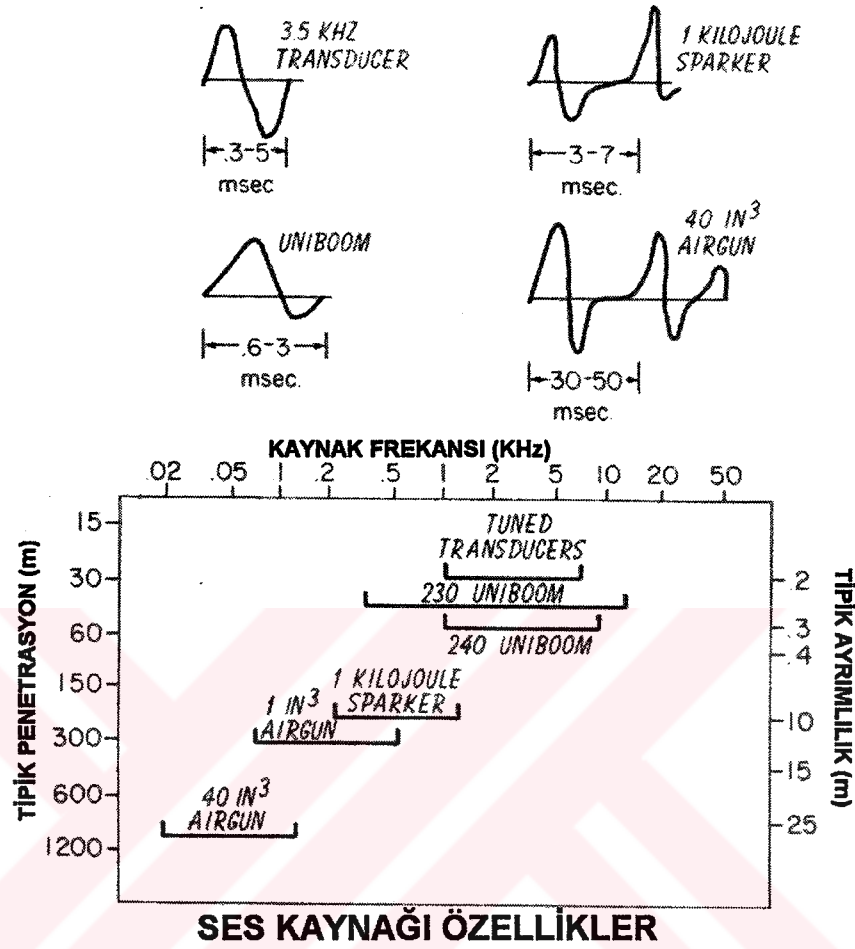
Tüm sistem transducer ile alıcı-verici ünitelerden oluşur (Şekil 4.19). Alıcı-verici ünite transducere uygun olan frekansta elektrik sinyali gönderen ve sinyalin puls uzunluğunun kontrol edilmesini sağlayan bir gönderici birim içerir. Alıcı-verici ünitenin alıcı bölümü transducerden gelen elektrik sinyallerini kontrol eder ve bu sinyallerin sismik kayıtçıda görüntülenmesini sağlar.



Şekil 4.19 A) 3.5 kHz Transducerle çalışan Alıcı-Verici ünitesi. B) Kablo ile çekilen Transducer sistemi. C) Tekneye yandan monte edilen ve 4 Transducerden oluşan sabit donanım. D) Çok frekanslı (3.5-7 kHz) transducer sistemi.

Mühendislik Sismik Sistemleri amaca uygun olarak 1.5 kHz den 7.5 kHz'e kadar değişik frekanslarda olup alıcı-verici gücü 500 W ile 12 kW arasında değişir. Penetrasyon derinliği düşük olan yüksek frekanslı bu sistemler yüksek ayrımlılığa sahiptir (Şekil 4.20). Penetrasyonu arttırmak için düşük frekanslı transducerler kullanılır. Bu amaçla gerekli olan yüksek akustik kaynak seviyesi elektriksel gücün artırılmasıyla sağlanır. Tek transducer kapasitesinin üzerinde bir güç kullanımı gerektiğinde birkaç transducerin birlikte çalıştığı bir sistem kullanılır. Bu şekilde yüksek güç birkaç transducer tarafından paylaşılarak akustik kaynak seviyesinin yükseltilmesi sağlanmış olur.

TİPİK AKUSTİK SİNYAL ÖRNEKLERİ (msec)



Şekil 4.20 Değişik ses kaynaklarına ait akustik sinyal örnekleri (üst) ve bu kaynakların penetrasyon derinliği ve ayırlılık kapasitelerinin göreceli karşılaştırılması (alt) (Geyer, 1983).

Mühendislik sismik sistemlerinin sualtı birimini oluşturan transducerler deniz ortamında genelde üç şekilde konuşlandırılırlar. Bu sistemlerin sürekli kullanıldığı durumlarda, transducer geminin omurgasına yakın bir yere, darbelere karşı korumalı bir ünite içinde sabitlenirler. Bu muhafaza ünitesinden dolayı oluşabilecek sinyal kaybını önlemek için, ünitenin transducerin alt yüzüne karşılık gelen bölümlerinde uygun büyüklükte boşluklar bırakılır.

Transducer donanımı su içinde askıda kalacak şekilde kablo ile çekilmeye uygun biçimde uygun hidrodinamik yapılarda da dizayn edilir. Ancak ağır deniz koşulları ve geminin sürekli sabit hareketi esnasında sistem üzerinde oluşacak yükleri dengelemek amacıyla yüksek mukavemete sahip olması gereken böylesi sistemler hidrodinamik özellikleri gereği hayli ağır olacak şekilde modellenmiştir. Yaklaşık 100-300 kg ağırlıkta olan bu sistemlerin güverteden kontrolü için, elle kumandalı veya elektrikli küçük bir vince gereksinim vardır.

Survey aracının yan tarafında sabitlenerek lokal çalışmalar için geliştirilmiş olan nispeten küçük boyutlu sistemler liman, göl ve nehirlerde 5-10 m boyundaki teknelerle kullanım için idealdir.

Sonuç olarak Mühendislik Sismik Sistemleri yüksek ayrımlı tabanaltı bilgisinin gerektiği çalışmalar için kullanılır. Bu sistemde kısıtlı olan tabanaltı penetrasyonu tamamen tabanaltı katmanlarının içeriğine, diğer bir deyişle jeolojik koşulların elverişli olmasına bağlıdır.

BÖLÜM BEŞ

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

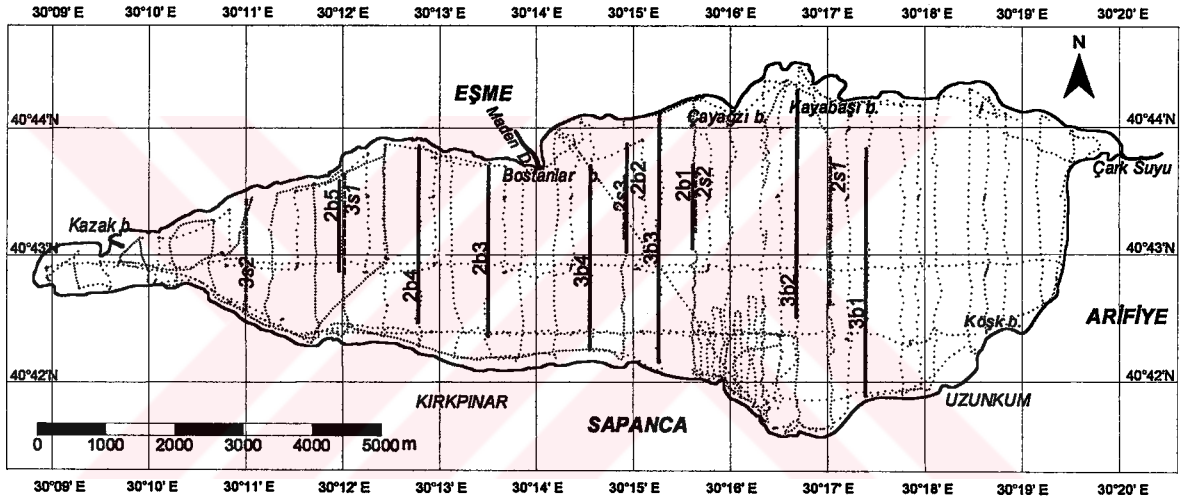
5. Verilerin Değerlendirilmesi

1999 yılı İzmit depremi sonrasında da depremin Sapanca Gölü ve çevresindeki etkilerinin araştırılması amacıyla Sapanca Gölü'nün batimetrisi ve sığ sismik yansıma verilerinin toplanması için 1999 yılı Kasım-Aralık aylarında iki aşamalı çalışma yapılmıştır. Gölde temin edilen bir tekne üzerinde yapılan batimetrik (Ek-1) ve sığ sismik yansıma verilerinin kayıtlanması aşamasında sırasıyla ELAC LAZ4100 ekosounder ve ORE MODEL140 3.5 kHz mühendislik sismik sistemi kullanılmıştır. Veri toplama aşamasında konum bilgilerinin hassas olarak tespit edilmesi amacıyla TRIMBLE 4100 RS-DS differential GPS (küresel konum belirleme sistemi) kullanılmıştır.

Denizel veri toplanmasından önce özellikle batimetrik verilerin sağlıklı kayıtlanması amacıyla SeaBird SBE19 SeaCat Profiller ile göl suyu fiziksel parametre ölçümleri (sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk, yoğunluk, ses hızı) yapılarak özellikle göl suyu ortamında sesin yayılma hızı tespit edilmiştir. Yüzeyde 1472 m/s ve ortalama 50 m su derinliğinde 1440 m/s olarak saptanan maksimum ve minimum ses hızı değerlerin ortalaması olan 1456 m/s lik ses hızı değeri Ekosounderin ilgili bölümüne girilmiştir. Bu şekilde derinlik verilerinin mümkün olan en az hata ile arşivlenmesi ve değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Güzergahları önceden belirlenmiş olan ortalama 250 m aralıklı hatlar üzerinde yapılan sismik ve batimetrik veri toplama çalışmaları sonucunda 180 km lik bir hat taraması yapılmıştır (Şekil 5.1). 12000'nin üzerinde sayısal batimetrik verinin kayıtlandığı bu çalışma sırasında kayıtlanan sismik yansıma verisinin uzunluğu 50 km'nin üzerindedir. Mühendislik sismik sisteminde merkez ünitelerde meydana gelen arıza nedeniyle koşulun tüm hatlarda sismik yansıma verisinin kayıtlanması mümkün

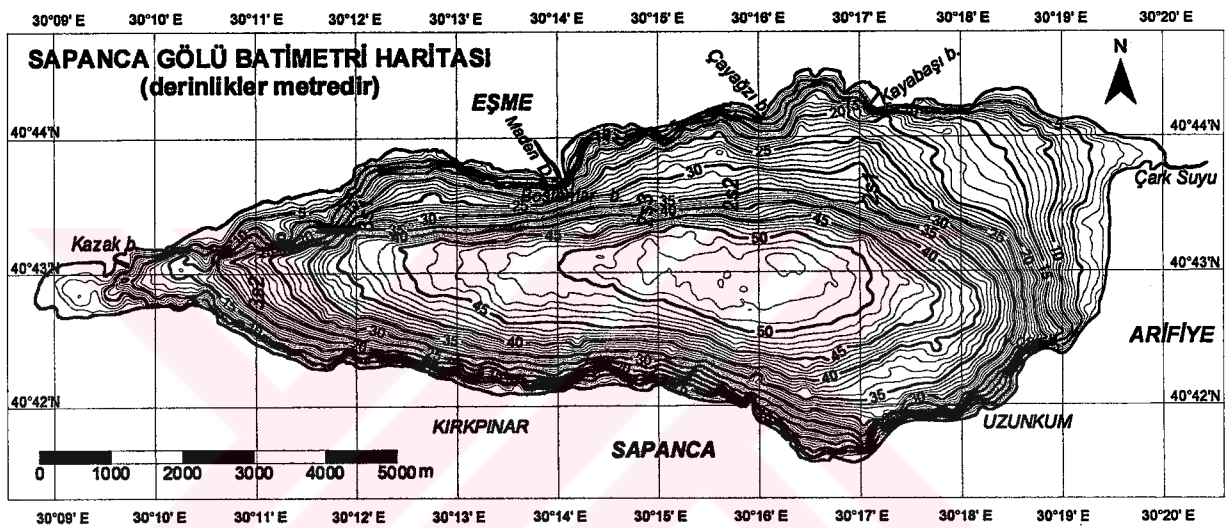
olamamıştır. Bu nedenle çalışmanın amacını oluşturan Kuzey Anadolu Fay hattının Sapanca Gölü geçişinin saptanması çalışmaları sismik hatlarla eş zamanlı kayıtlanan analog batimetrik verilerinin göreceli olarak yorumlanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yapılan değerlendirme çalışmaları sırasıyla izleyen bölümde batimetrik ve sismik yansıma verilerin değerlendirilmesi başlıkları altında sunulmuştur.



Şekil 5.1 Sapanca Gölü'nde yapılan batimetrik ve sismik veri toplama çalışmalarının gerçekleştirildiği hatları gösteren veri haritası.

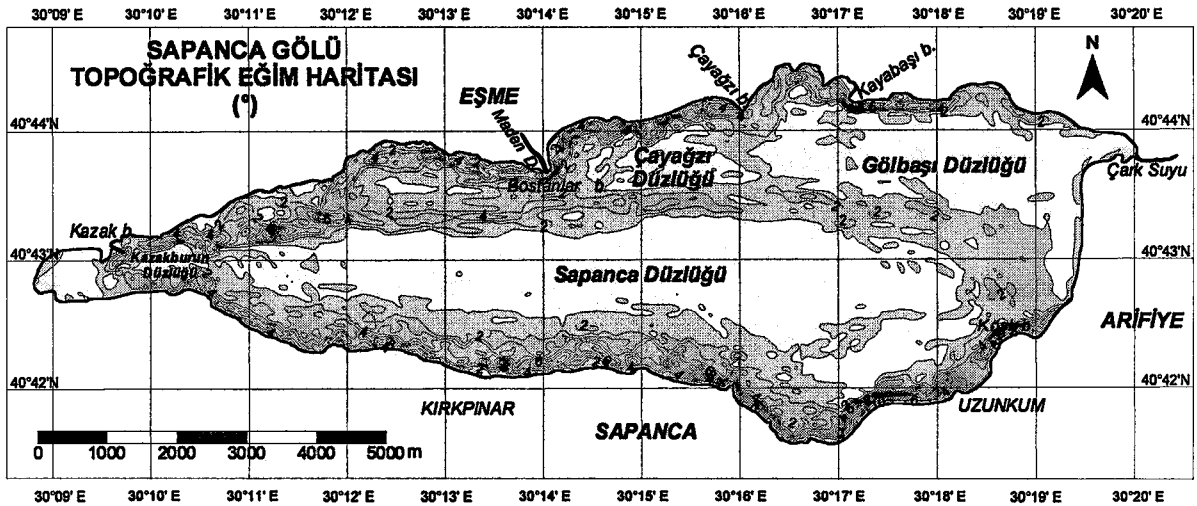
5.1. Batimetrik Verilerin Değerlendirilmesi

Batimetrik veriler, yüzey faylarının konumlarının tespit edilmesi, tektonik yükselme ve oturma geometrisinin belirlenmesini, faylanma ve sedimantasyonun saptanması çalışmalarında temel kriterlerin başında gelir. Sapanca Gölü 16 km uzunlukta ve doğu yarısında maksimum 5 km'e varan genişlikte doğu-batı uzanımlı bir çökme zonu görünümündedir (Şekil 5.2).



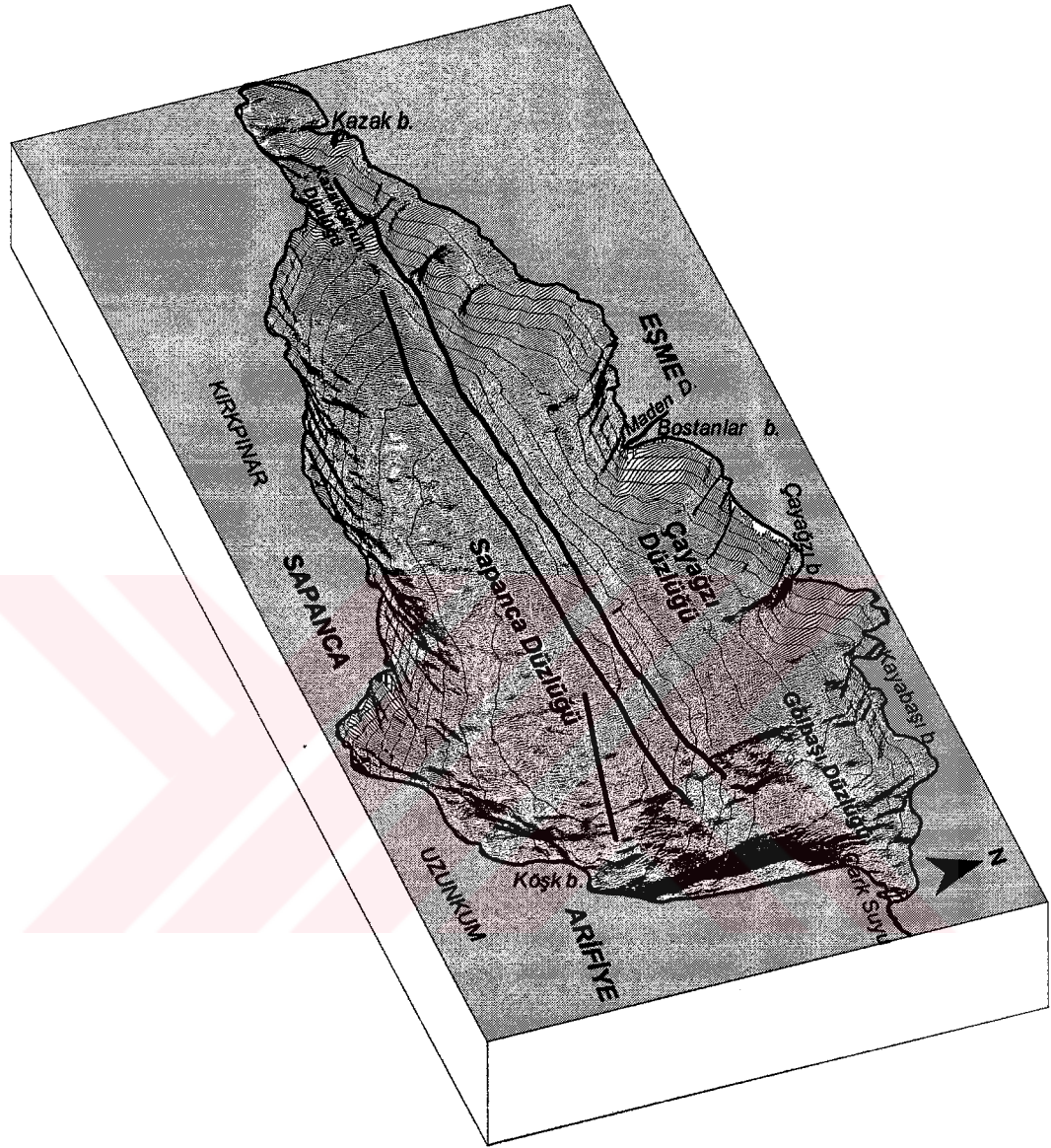
Şekil 5.2 Sapanca Gölü batimetri haritası.

46 km² yüzey alanını sahip olan Sapanca Gölü'nün en önemli batimetrik yapısı gölün orta kısmında yer alan ve maksimum derinliği 53 m olan doğu- batı uzanımlı çukurluktur. Bu çukurluğu belirleyen eş derinlik eğrileri gölün uzun eksenini boyunca eliptik şekilli olarak muntazam bir şekilde sığlaşmaktadır. Ortalama deniz taban eğiminin 1.6° olduğu göl yamaçları güney sahillerinde nispeten daha dik olup yaklaşık 12°'lik maksimum değerine gölün güneydoğu köşesinde ulaşmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Sapanca Gölü topoğrafik eğim haritası.

Göl tabanı eğim haritası gözönüne alındığında eğimleri 1° nin altına olan ana çukur Sapanca düzlüğünün dışında, daha üst seviyelerde yer alan en az üç adet taraça görünümlü düzlük göze çarpmaktadır. Bunların en büyüğü göl sularının boşaldığı doğu uçta yer alan Gölbaşı düzlüğüdür. Yaklaşık 30 ve 10 m su derinlikleri arasında yer alan bu düzlüğün tabanaltı yapısı sismik yansıma verilerinin bu bölgede kayıtlanamamış olması nedeniyle bilinmemekle beraber morfolojik yapısı ile muhtemel bir delta düzlüğü görünümündedir (Şekil 5.4). Doğu- batı uzanımlı Gölbaşı düzlüğünün batıdaki devamı gibi görünen Çayağzı düzlüğü Sapanca Gölü'nün orta kuzey bölümünde ve ortalama 30 m su derinliğinde yer almaktadır. Çayağzı düzlüğünün batı tarafında yer alan daha küçük boyutlu düzlükle birlikte Gölbaşı düzlüğünün önemli bir bölümü muhtemelen Kuzey Anadolu Fayının etkisi ile gölün esas çukur bölümünü oluşturan Sapanca düzlüğünden ayrılmış görünümündedirler. Gölün batı ucunda yer alan nispeten küçük boyutlu Kazakburun düzlüğü Sapanca düzlüğünün batı ucundaki devamı niteliğindedir. Ortalama 15 m su derinliğinde yer alan bu düzlük 5 m den sığ olan batı uçtaki çukur görünümlü kıyı düzlüğü ile Sapanca düzlüğü arasında kademeli bir geçişi sağlamaktadır. Basamaklı görünümdeki bu düzlüklerin şekillenmesi tektonik hareketlerden bağımsız olarak muhtemelen ortamın sedimanter rejimi ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.3, Şekil 5.4).



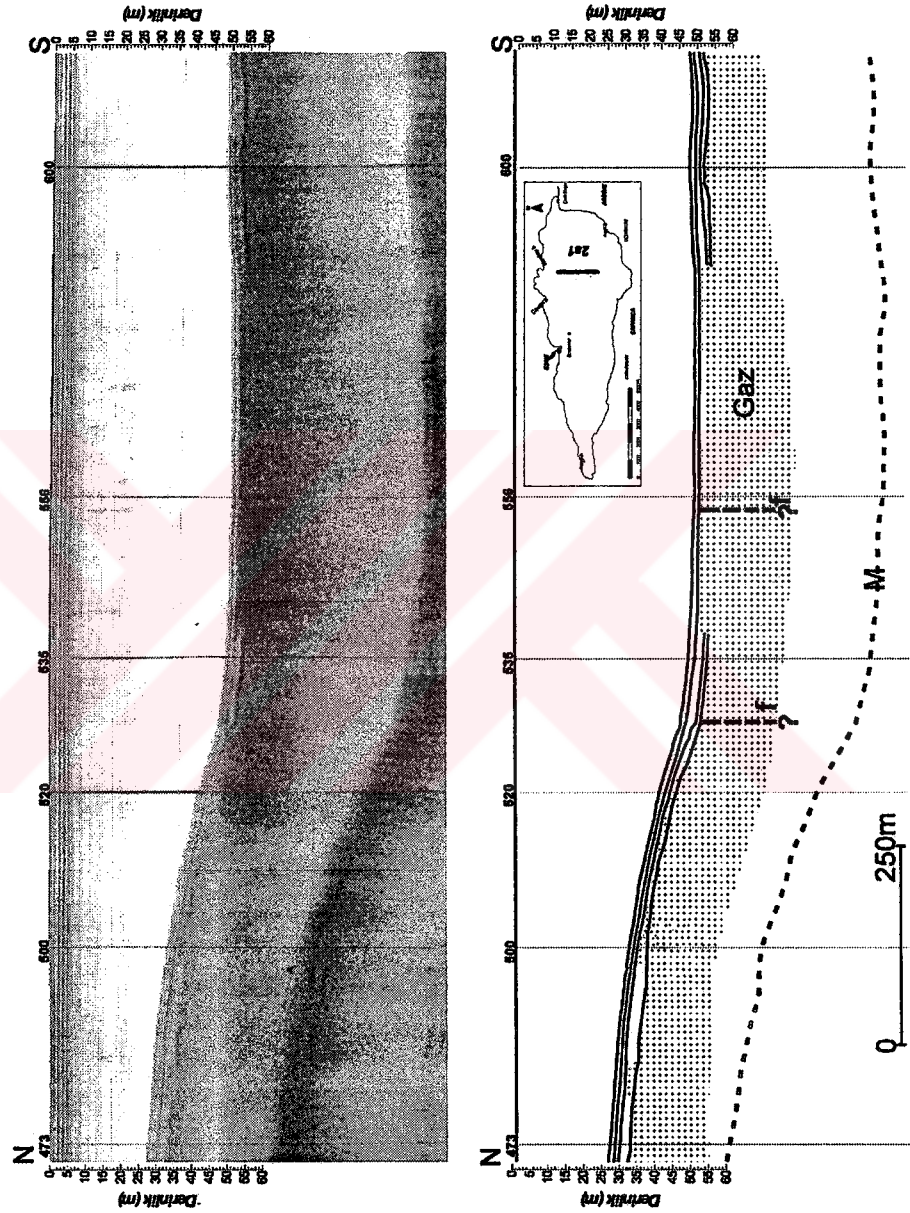
Şekil 5.4 Sapanca Gölü'nün üç boyutlu görünümü

5.2. Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi

Sismik yansıma verilerinin kayıtlanmış olduğu mühendislik sismik sistemi, donanım aksaklıkları nedeniyle veri kalitesindeki yetersizliğinin yanında kısıtlı olan toplam çalışma zamanının ilk periyotlarında tamamen devre dışı kalarak eksik veri kaydına neden olmuştur. Mevcut sismik kayıtlarla birlikte eş zamanlı alınmış olan ekosounder kayıtları (Ek-1) değerlendirilmek suretiyle çalışma bölgesinin temel tektonik unsuru olan faylar ayırt edilmeye çalışılmıştır. Bu başlık altında mevcut sismik yansıma kayıtlarından seçilen karakteristik profiller üzerinde saptanan bulgular tartışılmıştır.

Mevcut kayıtlardan Sapanca Gölünün en geniş bölümünü (Uzunkum ile Kayabaşı burnu arasında) kuzey-güney doğrultusunda kateden (Şekil 5.1) 2s1 No'lu sismik yansıma profilinde (Şekil 5.5) 520-535 arası ve 556 No'lu lokasyonlar diğer kesitlerle de karşılaştırılarak muhtemel fay zonları olarak değerlendirilmiştir. Şekil 5.5-Şekil 5.9 kapsamında verilen örnek sismik yansıma profillerinin hemen tamamında görüldüğü gibi muhtemel gaz etkisi nedeniyle oluşan akustik maskeleye çok önemli oranda sismik penetrasyon kaybına neden olmuştur. Söz konusu gaz içeren sedimentlerin bu profil lokasyonunda da yoğun olarak görülmesi nedeniyle diğer profillerde daha belirgin olan faylanma etkileri 2s1 No'lu profilde izlenememiştir. Bu nedenle Şekil 5.5 de kesik çizgilerle işaretlenen fay lokasyonları daha batıda yer alan mevcut sismik profillerde ve bu kesitin heriki yanında yer alan 3b1 ve 3b2 no'lu ekosounder kayıtlarında (Ek-1) saptanan fay doğrultularının izlenmesi suretiyle belirlenmiştir. Ancak 3b1 No'lu ekosounder kaydındaki fay yorumları tartışmalıdır. Bu kayıtla çakışan sismik yansıma verisinin bulunmaması nedeniyle bu ekosounder profilinde izlenen fay benzeri konfigürasyonların (kesitin kuzey yarısında) sağlıklı yorumları yapılamamıştır. Ekosounder kaydındaki (Ek-1; 3b1 No'lu kesit) söz konusu yapıların, fayla doğrudan ilişkili veya tamamen bağımsız olarak gelişen muhtemel yamaç hareketlerini yansıtmış olması ihtimali gözardı edilmemelidir. 2s1 No'lu sismik yansıma kesitinin diğer bir enterasan özelliği de gaz tarafından maskelenmemiş olan yüzey katmanı içerisinde belirgin bir

fay ötelenmesinin tespit edilememiş olmasıdır. Muhtemel fay lokasyonlarına karşılık gelen bölümlerde gaz yoğunlaşmasının görülmesi diğer bir özelliktir.

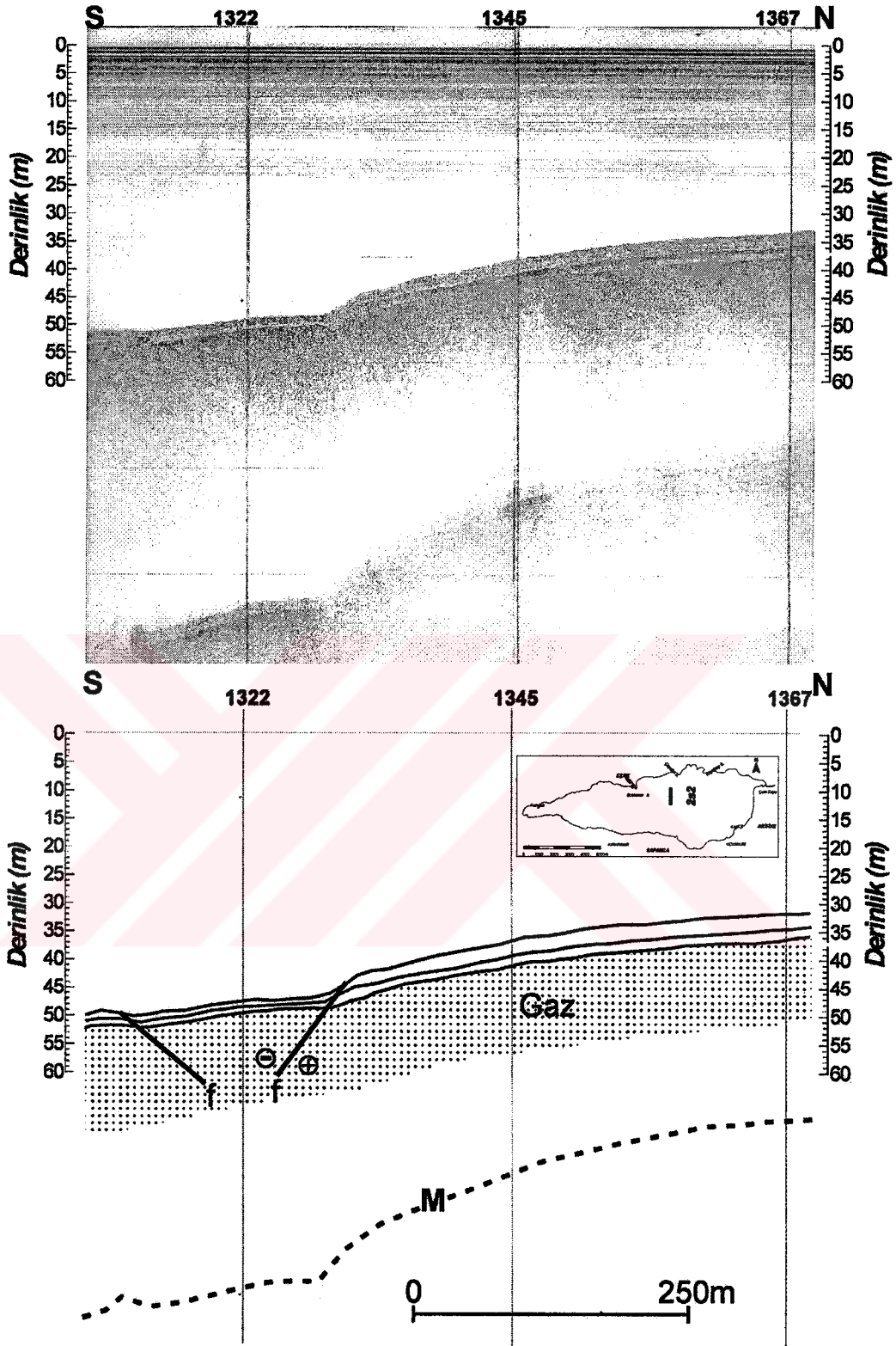


Şekil 5.5 2s1 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. Küçük harita profil lokasyonunu göstermektedir.

Profilin güney yarısında 1°'nin altında, kuzeye doğru maksimum 2° gerçek topoğrafik eğime sahip olan kesit boyunca ortalama kalınlığı 1-2 m olan ince bir sediment katmanı net bir şekilde izlenmektedir. Basen tabanında yer alan fay civarında yoğun olan gaz etkisi nedeniyle bu üst katmanı altlayan sedimanter seviyeler izlenememektedir. Kesitin güney ucunda ve kuzey yamacında 3-4 m kalınlıkta ikinci bir tabaka yer almaktadır. Yer yer gaz sokunumlarının görüldüğü bu seviyenin altında yer alan birimler gaz nedeniyle ayırt edilememiştir. Belirgin olarak hiç bir terminasyon (onlap, downlap gibi) göstermeyen bu paralel istifler muhtemelen ince taneli (siltli kum - kum) göl sedimentleridir (Ertürk, 1994).

Gazın neden olduğu akustik maskeleye etkisinin kesit boyunca hakim olduğu 2s2 No'lu profil 32-52 m su derinlikleri arasındaki kuzey- güney uzanımlı göl tabanını kapsar (Şekil 5.6). 1322 No'lu lokasyonun neredeyse ortasında yer aldığı iki adet fay bu kesitin en önemli özelliğidir. Derine doğru uzanımları birleşme özelliğinde olan bu iki fay küçük boyutlu (200- 250 m) bir mini grabeni sınırlar niteliktedir. Kesitin sağ tarafındaki fay gölün nispeten dik eğimli olduğu kuzey yamacının eteklerinde yer almaktadır. Düşey atımın güneyde yer alan diğer faya kıyasla daha fazla olduğu bu fayın muhtemelen Kuzey Anadolu Fayının sağ yönlü hareketli olan kuzey kolu ile doğrudan bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Her iki fay 2b1 Nolu ekosounder profilinde de net bir şekilde izlenmektedir (Ek-1).

Gaz maskeleye etkisinin göreceli olarak zayıfladığı kuzey kesimde toplam kalınlığı 4-5 m'ye ulaşan paralel iki adet sediment katmanı net olarak izlenmesine karşın kesitin güney ucuna doğru net görülen sediment kalınlığı daha azdır (2-3 m). Profilin kuzey ucunda daha kalın olan üstteki sedimanter seviye ilk fay lokasyonunda muhtemelen alttaki belirgin diğer katman üzerinde downlap terminasyonu ile sonlanmaktadır. Olası daha iri malzemedan (kum- siltli kum) oluşan bu seviye görsel sismik konfirügasyonu ile normal göl sedimantasyonu eşliğinde kuzey kaynaklı bir malzeme girdisini de işaret etmektedir.

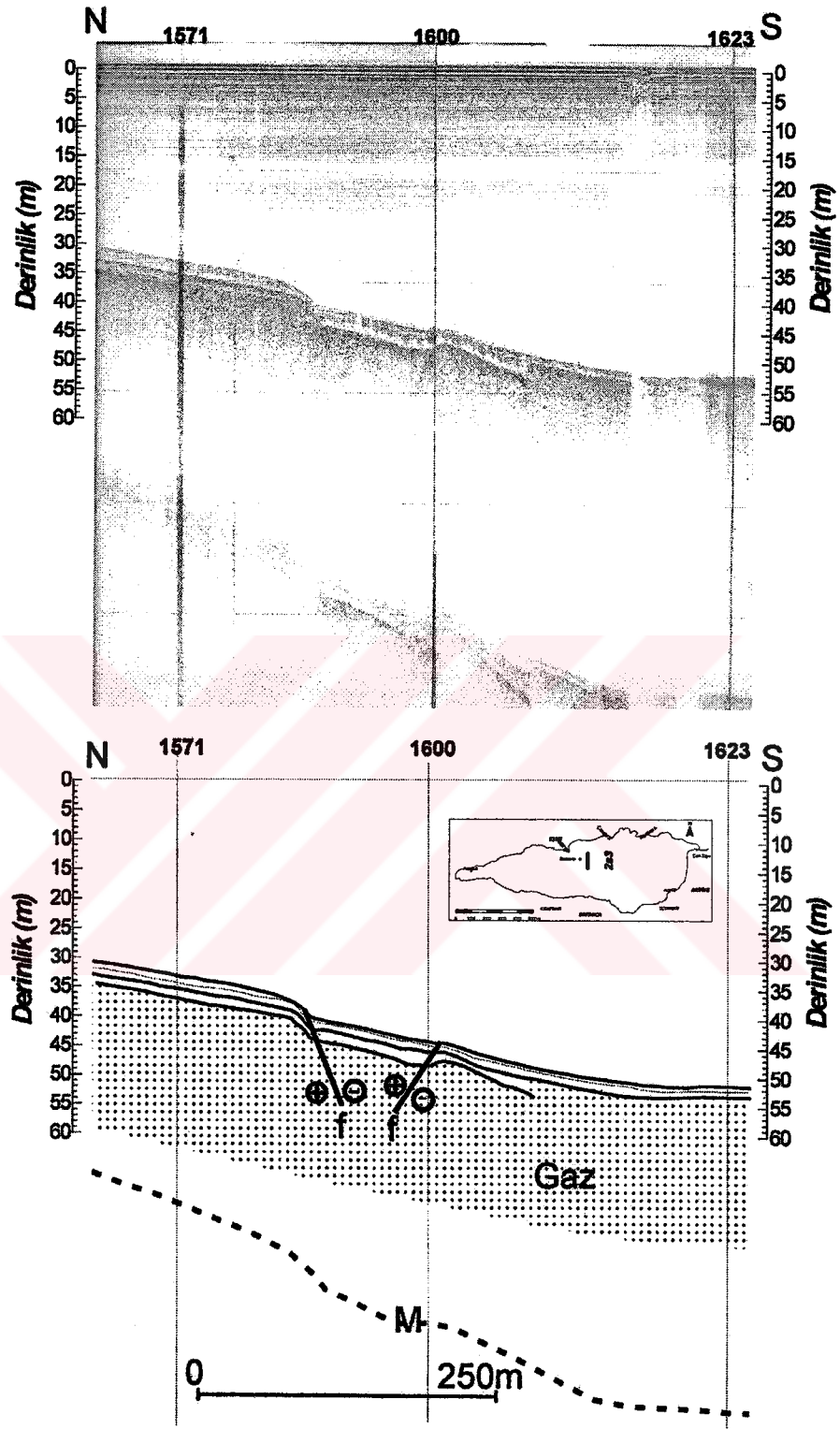


Şekil 5.6 2s2 No'lu 3.5 kHz sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. Küçük harita profil lokasyonunu göstermektedir.

Sismik kesitlerin yeterli miktarda alınamamış olması böylesi oluşukların üç boyutlu dağılımlarının saptanamamasına neden olduğu için sediment kaynağı konusunda daha ayrıntılı bilgilere ulaşılamamıştır. Diğer sismik yansıma profillerinde olduğu gibi bu profilde de penetrasyonun sınırlı olması nedeni ile akustik maskeleye maruz kalan diğer tabanaltı istifleri hakkında herhangi bir bilgiye ulaşmak mümkün olmamıştır.

Mevcut sismik yansıma verileri içerisinde göl tabanında yer alan güncel sedimentleri etkileyerek yüzlek vermiş olan fayların çok belirgin olduğu 2s3 No'lu sismik yansıma kesiti Sapanca açıklarında kuzey- güney yönlü olarak kayıtlanmıştır (Şekil 5.7). 1571 ve 1600 No'lu lokasyonların yaklaşık orta bölümüne rastlayan fayın düşey atımı 5 m'nin üzerindedir. Bu fayın güneyinde 1600 No'lu lokasyonla tanımlı olan diğer fayın atımı ise daha düşüktür. Yoğun gaz etkisinin kesit boyunca egemen olduğu bu bölümde ayırt edilebilir yüzey katmanların kalınlığı güneye doğru incelme özelliğindedir. Kesit kuzeyinde toplam kalınlığı 5 m'nin üzerinde olan iki farklı sediment katmanı faylar arasında yer alan çöküntü bölgesi içinde de sürekli izlenmektedir. İkinci faydan sonra basen tabanına doğru üstteki katman kalınlığında değişimler izlenirken altta yer alan ikinci seviye gaz etkisinde kaldığı için net olarak görünmemektedir. 1600 No'lu fixin bulunduğu ikinci fay lokasyonu kesitin tüm bölümünde yer alan en üst katmanın yanal dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu fayın güney kesiminde normal basen dolgusunu işaret eden bu seviye kuzeye doğru incelerek fay lokasyonunda neredeyse alttaki seviye üzerine doğrudan temas etmektedir ve bu görünümü ile klasik basen dolgusu sedimantasyonunu işaret etmektedir.

Kuzey bölümde daha kalınca olan en üst seviye fay lokasyonuna doğru incelemek kesitliğe uğramaktadır. Fay lokasyonunda alttaki ikinci katman üzerinde downlap terminasyonu ile sonlanan bu sedimanter istifin kara kökenli bir kaynağı simgelediği ve muhtemelen Eşme yakınlarından Sapanca Gölü'ne boşalan Maden deresinin bir ürünü olabileceği düşünülmektedir. Diğer tüm sismik yansıma kesitlerinde de olduğu gibi bu profil genelinde de etkin olan akustik maskeleye etkisi daha altta yer alan seviyeler hakkındaki bilgilere ulaşılmasını engellemektedir.



Şekil 5.7 2s3 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. Küçük harita profil lokasyonunu göstermektedir.

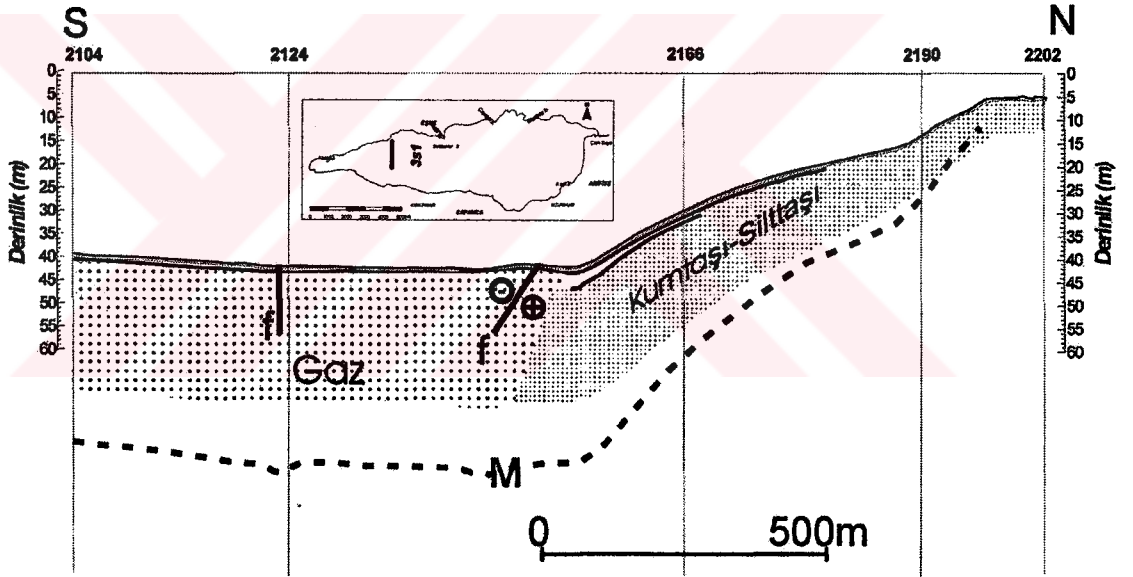
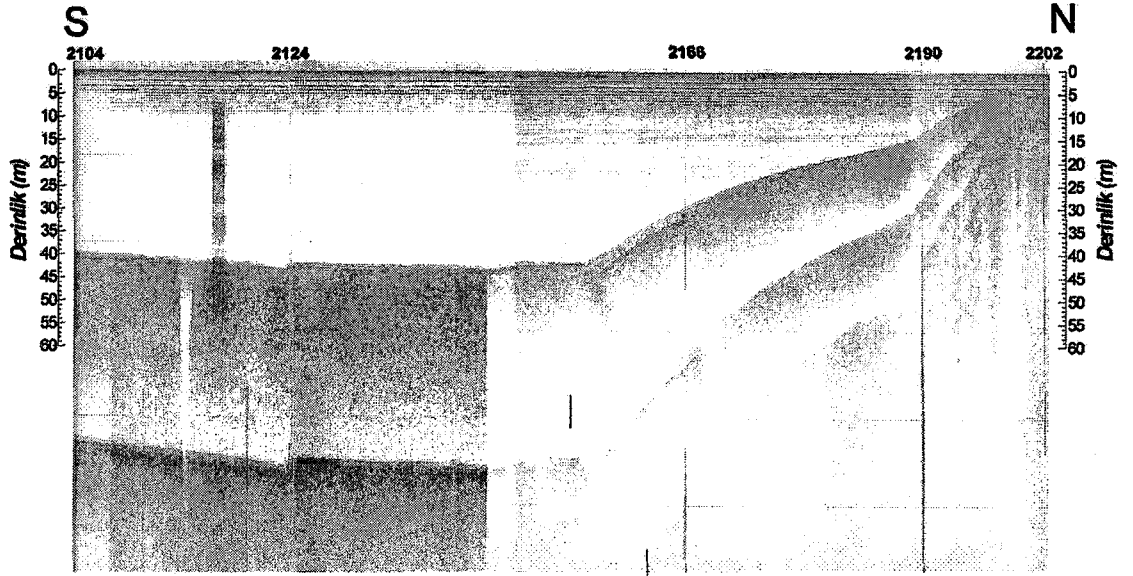
Şekil-5.8' de verilen 3s1 No'lu sismik yansıma profili Sapanca Gölü'nün batı yarısında güney-kuzey yönelimli koşulan bu kesit 40 m su derinliğinden başlayarak kuzeyde 5 m'lik sığlığa kadar olan göl tabanını içermektedir. Bu kesitte de diğerlerinde olduğu gibi gazın neden olduğu akustik maskeleyme etkisi penetrasyonu neredeyse yok denecek kadar azaltmıştır. 3-4°'ye varan eğimli kuzey yamacının neredeyse sıfır eğimdeki göl basenine bağlandığı 2166 No'lu lokasyon güneyinde 4-5 m kalınlıkta olan ayıt edilebilir yüzey sedimentleri sadece 200-250 m'lik bir menzile içerisinde yer almaktadır. Bunun dışındaki tüm bölümlerde penetrasyon yok denecek kadar azdır. Yamaç eteklerinde üstteki 4-5 m kalınlıktaki sedimanter istifin altında yansıma yüzeyi veren belirgin ünite çevre jeolojisinden faydalanarak kumtaşı-silttaşı temel kayacı olarak yorumlanmıştır. Kayıt kalitesindeki yetersizlik bu kesit üzerinde yapılan yorumların hata payını yükseltmektedir. Bu nedenle bu kesit üzerindeki fay değerlendirmelerinde batimetrik verilerden yararlanılmıştır (Ek-1; Şekil 5.4).

Sapanca Gölü'nün batı ucunda kayıtlanmış olan kuzey-güney yönelimli 3s2 No'lu sismik yansıma profili kayıtlanan profiller içerisinde maksimum penetrasyonun sağlandığı yegane kesittir (Şekil 5.9). Yaklaşık 1.5 km uzunlukta olan bu profil basende 27 m-ile her iki kıyıda 2-3 m'lik sığlıklara kadar erişen tabanaltı yapısını kapsar. Deniz tabanında en üstte yer alan 2-3 m kalınlıktaki iki tabaka tüm profil boyunca görülmektedir. Bu seviyeleri altlayan tabakalar profilin büyük bir bölümünde gaz nedeniyle görülemezken 15 m su derinliğinden daha sığ kesiminde yer alan güney yamacında gazın aniden kaybolması nedeniyle 25 m'nin üzerinde kalınlığa sahip sedimanter istif açık ve net bir şekilde kayıtlanmıştır. Bu bölümde deniz tabanından derinliğe doğru muhtemelen farklı materyel içeriğinden kaynaklanan ton farklılığının neden olduğu sismik yansıma konfigürasyonu en belirgin özelliktir. Her biri en azından 5-10 adet alt katmanından oluşan yaklaşık 7 adet farklı sedimanter istif tespit edilmiştir. Bu istiflerden göl tabanı yüzeyinden 5-6 m altta yer alan belirgin bir uyumsuzluk yüzeyi özelliğinde olan kalınca işaretlenmiş seviye sedimantolojik rejimde ani bir değişimi işaret etmektedir. Aynı zamanda bir aşınma yüzeyi niteliği taşıyan bu seviyenin oluşumuna neden olan sedimanter ortam koşulları hakkında yorum yapılması sismik yansıma verilerinin yetersizliği nedeniyle

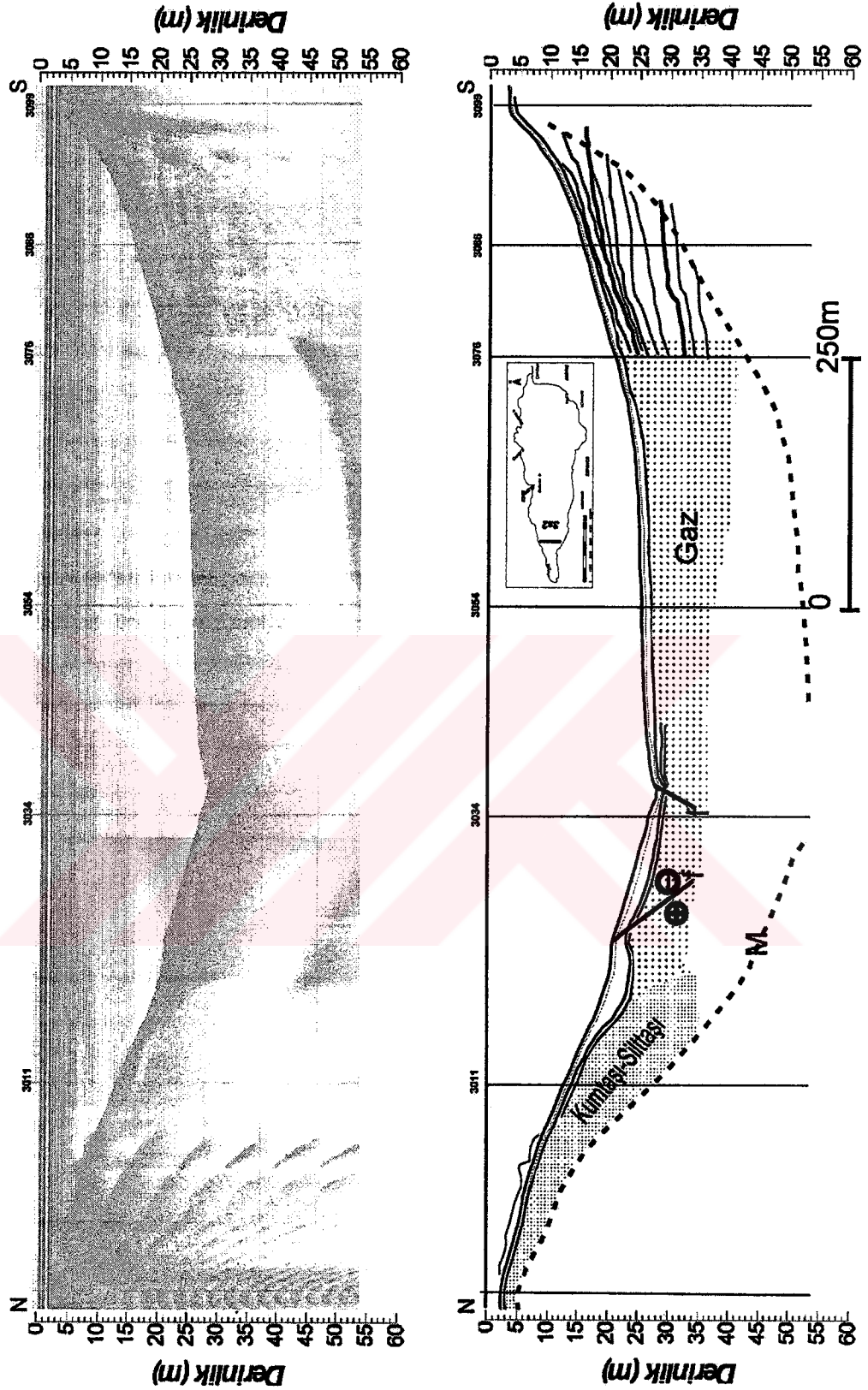
mümkün olmamıştır. Gaz nedeniyle akustik maskelemenin başladığı 3076 No'lu lokasyonun kuzeyinde devamı görülmemesine karşın söz konusu bu katmanların basen genelinde de devam ettiği kuvvetle olasıdır. Buradan hareketle Sapanca Gölü tabanaltı materyalinin büyük oranda sedimenter malzemedен oluştuğu önerilebilir (Şekil 5.9).

Akustik maskelemenin engel olması nedeniyle bu bölgeden geçen fayların tabanaltındaki devamlılıkları net olarak görülmemesine karşı 3034 No'lu lokasyon ve bunun kuzeyindeki bölgelerde yüzey sedimentleri içerisinde görülen deformasyonlar yüzeyde etkin olan iki belirgin fayın saptanmasına olanak sağlamıştır. Önceki bölümlerde kapsamlı olarak anlatılan bölge ile ilgili çok kapsamlı çalışmalar da değinildiği gibi Kuzey Anadolu Fayı batı ucundan Sapanca Gölü'ne ulaşmaktadır. Gölün hemen batı ucunda yer alan bu profil üzerindeki söz konusu defarmasyonların Kuzey Anadolu Fayı etkisinde şekillendirilmiş olduğu tartışmasız kabul edilmiştir.

Kuzey Anadolu Fay hattının profil üzerindeki temel göstergeleri olan bu defarmasyon bölgesinin hemen kuzeyinde üzeri ince sedimenter istifle örtülü (kumtaşı-silttaşı) ana kaya birimi yer almaktadır. Profilin bu bölümünün kayıtlanmış olduğu lokasyon, yanal yamaç eğimleri 8°'ye varan diklikte olan vadi şekilli bir batimetrik yapı içerisinde yer almaktadır. Şekil 5.9'da yapılan yorum kapsamında kuzey sıklıkta görülen taban düzensizlikleri gerçek bir tabanaltı yapısı olmayıp bu vadi şekilli yapının geometresinin neden olduğu yan ekoların sanal bir ürünüdür. Yine bu bölgede görülen çok sayıda tekrarlı yansıma olası farklı taban altı materyali ve/veya göl tabanı topoğrafik özelliğinin doğal bir sonucudur.



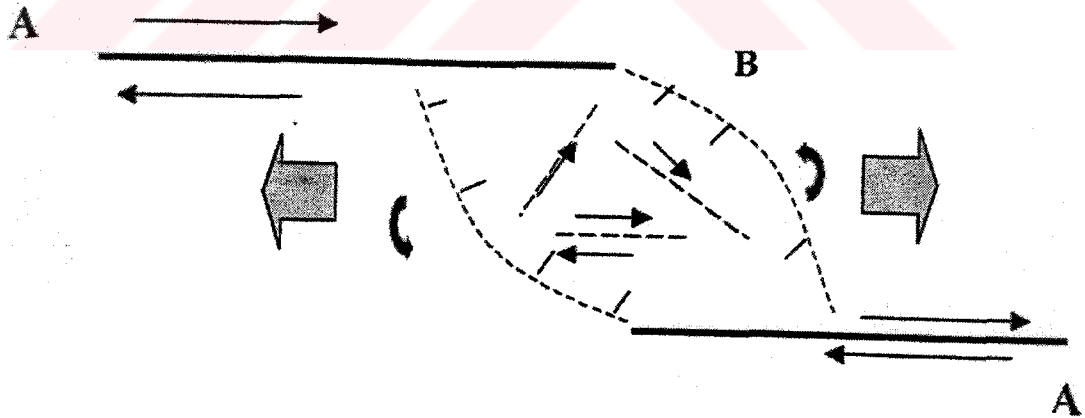
Şekil 5.8 3s1 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. Küçük harita profil lokasyonunu göstermektedir.



Şekil 5.9 3s2 No'lu sismik yansıma profili ve yorumu. M- Tekrarlı yansıma, f-fay, (+) doğu yönlü (-) batı yönlü blok hareket. Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir. Küçük harita profil lokasyonunu göstermektedir.

5.3. Sapanca Gölü'nün Pull-Apart Basenler İçindeki Yeri

Doğrultu atımlı faylar üzerinde sıkça görülen pull-apart (iki doğrultu atımlı fay parçası arasında normal faylarla çöken alan) basenleri, son 30 yıldır üzerinde çok çalışılan konulardan biridir. Bu çalışmalarda bu yapıların iç kinematik özellikleri sedimantasyonları, büyüklük/atım ve derinlikleri hakkında önemli sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.10'da bir sağ-yanal pull-apart alanda beklenen yapılar ve ilgili rotasyonun yönü gösterilmektedir. Bu şekilden anlaşılacağı gibi bu alanda ana faylara paralel ikincil genişleme meydana gelmekte olup aynı ana faylara paralel faylar, ikincil konjuget (çapraz) doğrultu atımlı faylar ve ana faylara dik veya yüksek açılı normal faylar meydana gelmektedir. Ana fayların oluşturduğu basamağın; uç birleşen veya uçları birbirinden ayrı veya uçları birbiri ile örtüşen türde olması bu alanda meydana gelen fayların ana yapı içindeki açılarının değişmesine neden olmaktadır. Bununla beraber yapılar genelde birbirine benzerdir. Bunun yanı sıra pull-apart alanlarının ana faylar arasında rotasyonel hareketler yaptığı paleomagnetik veriler ışığında doğrulanmıştır (Barka, 1999).



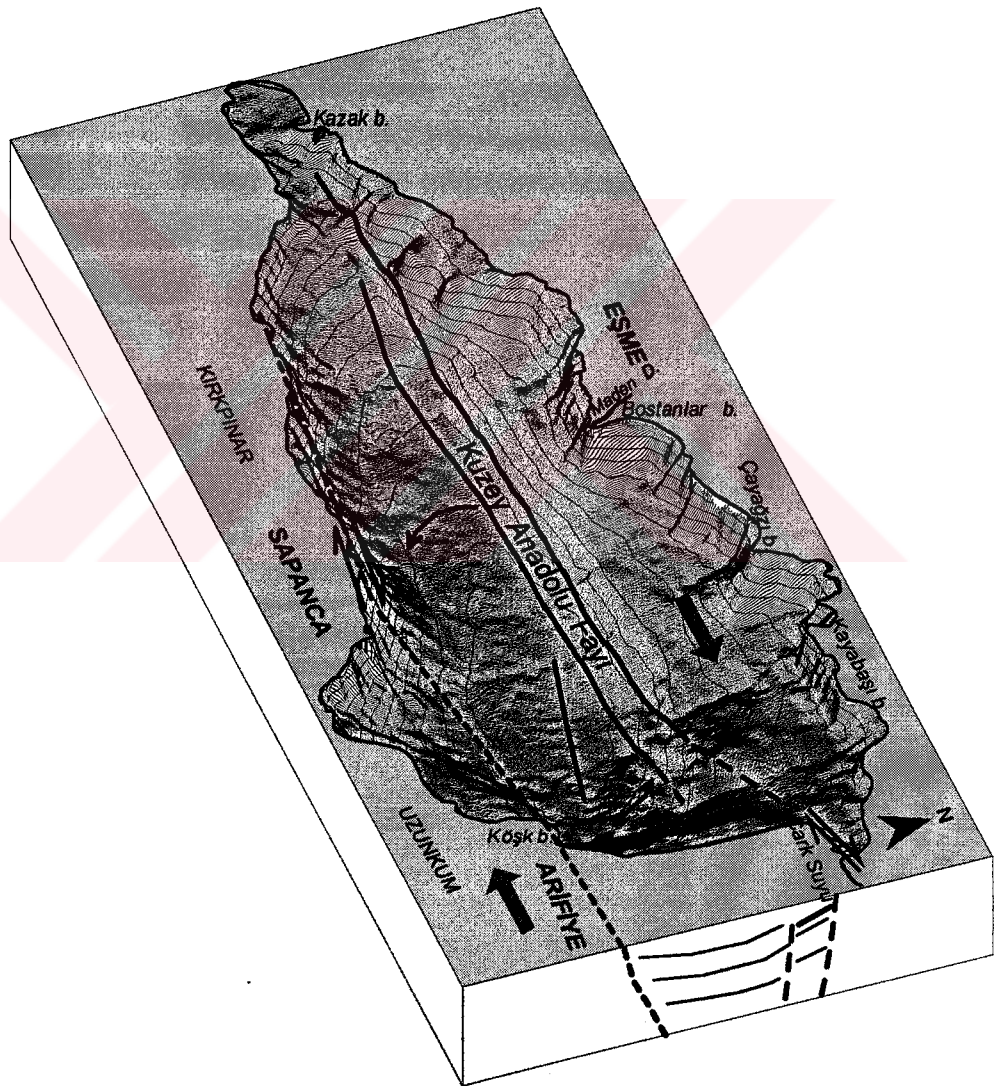
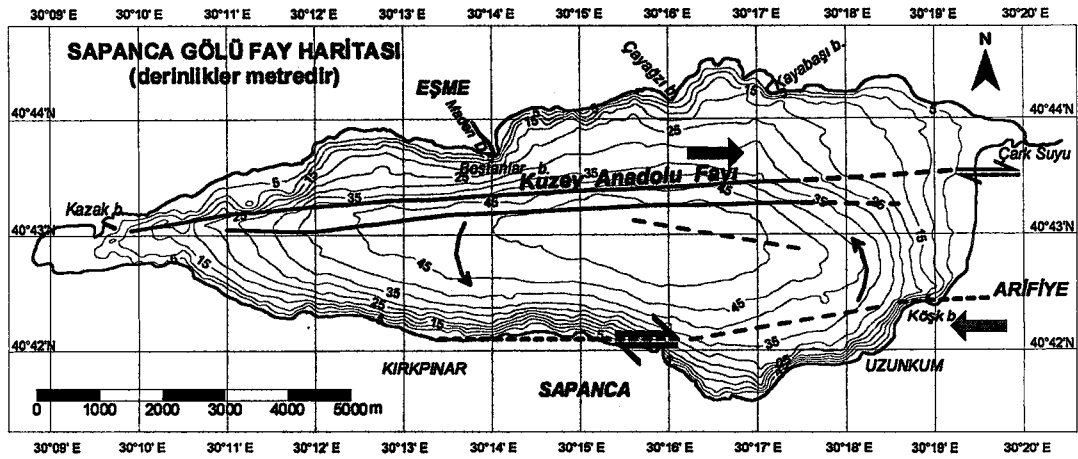
Şekil 5.10 Bir Pull-apart yapı modeli. Büyük oklar gerilme doğrultularını, siyah kalın oklar saat tersine dönme hareketini, ince oklar yapı içinde gelişebilecek fayların yönlerini gösterir (Barka, 1999).

Sapanca Gölü batimetrik ve sismik yansıma verilerinin değerlendirilmesi kapsamında kayıtlanmış olan 3.5 kHz sismik yansıma profillerinin yorumlanmasıyla tespit edilen faylar hassas bir şekilde batimetrik harita üzerine transfer edilmiştir (Şekil 5.2, Şekil 5.11, üst). Bu çalışma kapsamında hazırlanmış olan Sapanca Gölü batimetri haritası 12000'nin üzerinde sayısal veriye dayalı olarak çizdirilmiştir. Bu özelliği ile güncel göl taban morfolojisini ve tektonik unsurların etkisini en sağlıklı biçimde yansıtmaktadır. Mevcut sayısal batimetrik veriler GOLDEN SOFTWARE SURFER sayısal topoğrafik modelleme programında değerlendirilerek Sapanca Gölü'nün üç boyutlu grafik görünümü çizdirilmiştir. Üzerinde fayların işaretlendiği bu model, göl taban topoğrafyasının Sapanca Gölü tektonik yapısını mükemmel bir şekilde yansıttığını göstermiştir (Şekil 5.11, alt). Bu şekilde görüleceği üzere Marmara-İzmit güzergahından gelen Kuzey Anadolu Fayı, batı ucundan girdiği Sapanca Gölü kuzey yamacının eteklerini izleyerek doğu uçta yer alan sedimanter istif içerisinde doğu yönlü devam etmektedir. Kuzey Anadolu Fay hattı Sapanca Gölü ana basen düzlüğü ile fay hattı kuzeyinde kalan parçalı düzlükler arasında basamaklı bir geçişi sağlamaktadır. Şekil 5.3'te verilen göl tabanı eğim haritası üzerinde konumları görülen bu düzlüklerin dizilimi fay hattı kuzeyinde doğu yönlü bir ötelenmeyi simgeler niteliktedir.

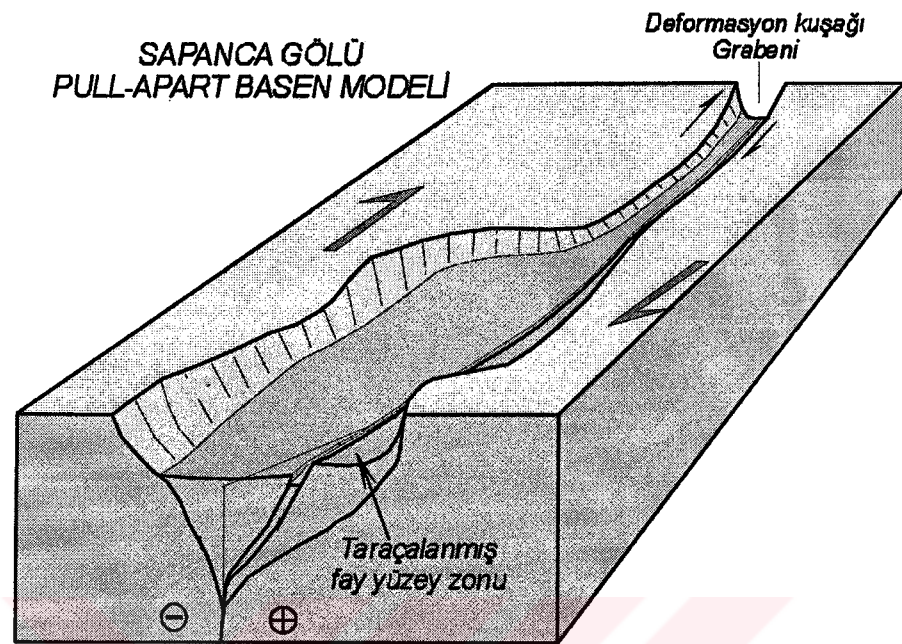
Kuzeydeki fay hattının Sapanca Gölü doğu sınırlarının tespit edilememiş olması enterasan bir özelliktir. Sismik yansıma verilerinin yetersiz olmasına rağmen, mevcut kayıtlardan en doğuda yer alan ve göl basenini enine kateden 2s1 No'lu sismik profil üzerinde yüzey sedimentlerini etkileyen belirgin fay izlerine rastlanılamamıştır. Bu nedenle fay haritasında bu durum kesitli olarak gösterilmiştir (Şekil 5.11, üst). Bu durum Marmara yönünden gelen kolun sözkonusu bu lokasyonlarda son bulmuş olabileceği görüşünü gündeme getirmektedir. Fayın bu şekilde son buluyor olması gerçekse bu bölge gelecekte fay yırtılma etkisini maruz kalabilecek potansiyel bir kaynak olarak görülmektedir. Diğer taraftan arazi çalışmaları sırasında bu bölgenin 1.5-2 km güneyinde Arifiye yakınlarında Köşkburnu civarında arazide bizzat gözlemlemiş olduğumuz 1999-İzmit depremi kırık etkileri Sapanca Gölü güney yamacı doğrultusuyla çakışır görünümündedir. Sapanca Gölü'nün güney yamacı bu

çalışma kapsamında tespit edilen Kuzey Anadolu Fay hattıyla paralel konumdadır ve literatürde Samanlı dağlarının bu yamacı fay olarak belirtilmektedir.

Tespit edilen tüm bu tektonik veriler birlikte değerlendirildiğinde Sapanca Gölü'nün bir pull-apart baseninin ilk aşamalarına model teşkil edebileceği görüşü ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla hazırlanmış olan Sapanca Gölü pull-apart baseni modeli Şekil 5.11, Şekil 5.12 kapsamında sunulmuştur. Bu modelde Sapanca Gölü baseninin kuzeyinde yer alan blok doğu yönlü hareket halindedir. Sapanca gölü güney yamacı ve güney kara kesimi batı yönlü hareket eden segmenti oluşturmaktadır (Şekil 5.11, Şekil 5.12). Bu modele göre Sapanca Gölü ana baseni özellikle doğu bölümde saat ibresine ters yönlü bir dönme etkisinde kalmaktadır. Bu bölgedeki eş derinlik eğrilerine bakıldığında özellikle basen tabanına yakın eğrilerin güneydoğuya doğru açılarak dönme eğilimi göstermesi enterasan bir özelliktir ve tüm bu özellikleriyle Sapanca Gölü pull-apart basenlerinin anlaşılmasına hizmet verecek olan doğal bir laboratuvar alanı niteliğindedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.11 Kuzey Anadolu Fayının Sapanca Gölü geçişi (üst) ve tektonik unsurların orijinal üç boyutlu göl modeli üzerindeki yorumu (alt).



Şekil 5.12 Dooley & McClay, 1997'den Sapanca Gölü Tektonik yapısı için şekillendirilmiş olan klasik pull-apart basen modeli.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

6. Sonuçlar

İzmit Körfezi bir zamanlar Sapanca Gölü'ne kadar uzanıyordu. Göl havzası ile şimdiki körfez arasında kalan kısım, daha sonra alüvyonlarla dolmuş ve bu şekilde göl yatağı denizden ayrılmıştır. İzmit Körfezi'nden bir setle ayrılan Sapanca Gölü, halen aktif olan Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alır, bu özellikleriyle Sapanca'nın tektonik kontrollü bir set gölü, aynı zamanda yanıl atılımlı aktif faylarla kontrol edilen çek-ayır tipi bir çökelim havzası olduğu belirtilebilir. İzmit-Sapanca çukurluğunun tektonik kökeni ve bu sahanın bir grabene tekabül ettiği hususu üzerinde duran araştırmacılar da genellikle bir fikir birliği görülmüştür.

Marmara- İzmit doğrultusunda gelen Kuzey Anadolu Fayı, batı ucundan girdiği Sapanca Gölü kuzey yamacının eteklerini izleyerek doğu uçta yer alan sedimanter istif içerisinde doğu yönlü devam etmektedir Risch (1909) de, Sapanca Gölü'nün bir graben içinde oluştuğunu ifade ederek kuzeydeki yamacın da bir fay hattıyla sınırlandığını belirtmiştir. Kuzey Anadolu Fay hattı Sapanca Gölü ana basen düzlüğü ile fay hattı kuzeyinde kalan parçalı taraça görünümlü düzlükler arasında basamaklı bir geçişi sağlamaktadır. Sapanca Gölü doğu yarısından alınan sismik yansıma kayıtlarında yüzey sedimentleri kapsamında herhangi bir fay defarmasyonunun tespit edilememiş olması, fayın gölün doğusundaki devamına ilişkin net bilgilere ulaşılmasını engellemiştir. Fayın güncel yüzey etkilerinin görülmediği bu bölgenin gelecekte bir fay yırtılma etkisine maruz kalabilecek potansiyel bir alan olduğu spekülasyon olarak önerilebilir. Pfannenstiel (1944) kuzey kenar fayının batıda enine faylarla kesilmiş olduğu önerisine ilişkin herhangi bir bulgu saptanamamış olup her iki fay arasında kalan küçük boyutlu grabenin daralarak batı yönlü devam ettiği tespit edilmiştir.

Hassas batimetri verileri ile birlikte değerlendirilen yüksek ayrımlı 3.5 kHz sismik yansıma verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilen tektonik veriler, Sapanca Gölü'nün bir pull-apart baseninin ilk aşamalarına model teşkil edebileceği görüşünü ortaya çıkarmıştır. Sapanca Gölü baseninin kuzeyinde yer alan blok doğu yönlü, buna karşın güney yamacı ve bağlantılı kara kesimi batı yönlü hareket eden segmenti oluşturmaktadır. Bu modele göre Sapanca Gölü ana baseni özellikle doğu bölümde saat ibresine ters yönlü bir dönme etkisinde kalmaktadır. Bu zellikleri ile Sapanca Gölü, başlangıç aşamasındaki bir klasik pull-apart baseni için ideal bir örnek teşkil etmekte ve pull-apart basenlerinin araştırılması için doğal bir laboratuvar modelini oluşturmaktadır.



KAYNAKLAR

7. Kaynaklar

- Akartuna, M. (1968). Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, İst. Üniv. Fen Fak. Monografileri, 20, İstanbul.
- Anstey, N. A. (1976). The New Seismic Interpreter, International Human Resources Development Corporation, Boston.
- Armijo, R., Meyer, B., King, G. C. P., Rigo, A., & Papanastassiou, D. (1996). Quaternary evolution of the Gulf of Corinth rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean, Royal Astronomical Society Geophysical Journal, 126, pp. 11-53.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A., and Barka, A., (1999). Westward propagation of the North Anatolian fault into the northern Aegean Sea: Timing and kinematics: Geology, v. 27, pp. 267-270.
- Backus, M. M. (1959). Water reverberations-their nature and elimination, Geophysics, 24, p. 233.
- Barka, A. (1997). Neotectonics of the Marmara Sea, in Schindler, C., and Pfister, M., eds., Active tectonics of northwest Anatolia, The Marmara Project: Zurich, Veriag der Fachvereine, pp. 55-87.
- Barka, A. (1999). Marmara Denizi'nin Deprem Mekanizması, Bilim ve Teknik Dergisi, pp. 28-32.

- Barka, A.,& Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the eastern Mediterranean region deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, Annali Geofisica, 40, pp. 587-610.
- Bennett, L. C.,& Savin, S. M. (1963). The natural history of the Hardanger Fjord, Sarsia, 14, p. 79.
- Bilgin, T. (1984). Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğunun Altüviyal Morfolojisi ve Kuaternerdeki Jeomorfolojik Tekamülü, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No.2572, İstanbul.
- Bozcu, M. (1992). Geyve (Adapazarı İli) Sapanca Dolayının Jeolojik ve Petrolojik İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi.
- Dewey, J. W. (1976). Seismicity of northern Anatolia, Seismological Society of America Bulletin, 66, pp. 843-868.
- Dooley, T., & McClay, K. (1997). Analog modeling of pull-apart basins: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 81, pp. 1804–1826.
- Edgerton, H. E.,& Hayward, G. G. (1964). The Boomer sonar source for seismic profiling, J. Geophys. Res., 64, p. 3033.
- Erinç, S. (1949). Sapanca Gölünün Derinlik Haritası ve Morfometrisi, Türk Coğ. Dergisi, Sayı XI-XII, Ankara.
- Ertürk, O. (1994). Sapanca Gölünün Jeoloji, Dip Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Ewing, J. I.,& Tirey, G. B. (1961). Seismic profiler, J. Geophys. Res., 66, p. 2917.

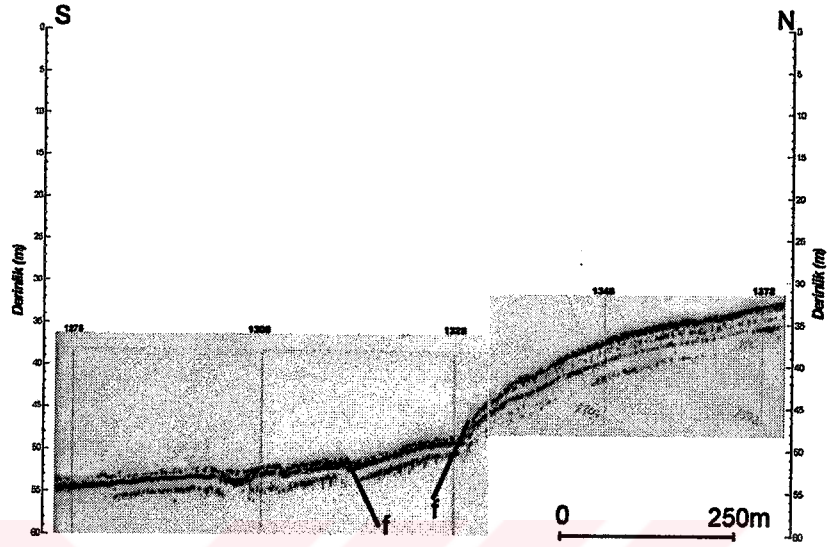
- Fitch, A. A. (1976). The geometry of seismic section, in Seismic Reflection Interpretation, Fitch, A. A., Ed., Gerbrüder Borntrager, Berlin, p. 16.
- Geyer, R.A. (1983). Handbook of Geophysical Exploration at Sea, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Hamilton, E. L. (1971). Elastic properties of marine sediments, J. Geophys. Res., **76**, p. 579.
- İnandık, H. (1952-1953). Adapazarı Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojik Etüdü, İst. Üniv. Coğ. Enst. Derg., No. 3-4, İstanbul, pp.107-138.
- Keskinsezer, A. (1997). İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü Arasında Kalan Bölgenin Sığ Kabuk Yapısı, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- Krause, D. C. (1962). Interpretation of echo sounding profiles, Int. Hyd. Rev., **39**, p. 65.
- Lahn, E. (1948). Türkiye Göllerinin jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd. M.T.A. Enst. Yay., seri B, No 12, Ankara.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, K., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanl, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N., Veis, G., (2000). Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, J. Geophys. Res., **105**, pp. 5695-5719.
- Nafe, J. E., & Drake, C L. (1957). Variations with depth in shallow and deep water sediments of porosity, density and the velocities of compressional and shear waves, Geophysics, **22**, p. 523.

- Oktaş, S., Kahramanoğlu, E.,& İtigün, A. E. (1989). Su kalite Kontrolları, İncelemeler ve Örnek çalışmalar, Sapanca Gölü ve Drenaj Alanı, DSİ Yayınları, Ankara, pp. 228-230
- Özalp, T. (1999). İzmit Depreminde Uzay Teknolojileri, Bilim ve Teknik Dergisi, 383, pp.44-48.
- Özsaraç, V. (1997). Sapanca Gölü Kuzeyinin (Adapazarı-W) Tektonik İncelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Penck, W. (1918). Die Tektonischen Grundzüge Westkleinasiens. Stuttgart.
- Pfannenstiel, M. (1944). Die diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmarameer und Bosphorus. Diluvial- Geologie und Klima. Geologische Rundschau, Band 3/4, Heft 7/8, Stuttgart , pp. 324-434.
- Pınar, N.,& Fouche, M. (1943). 20 Haziran 1943 Adapazarı Depreminin Jeolojik ve Meteorolojik İncelenmesi. Fen Fak. Mec. VIII, no 1.
- Reilinger, R.,& Barka, A., (1997). GPS constraints on fault slip rates in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone: Implications for earthquake recurrence times, in Giardini, D., and Balassanian, S., eds., Historical and prehistorical earthquakes in the Caucasus: Dordrecht, Netherlands, Kluwer, pp. 91–108.
- Reilinger, R., McClusky, S. C., Souter, B. J., Hamburger, M. W., Prilepin, M. T., Mishin, A., Guseva, T.,& Balassanian, S. (1997). Preliminary estimates of plate convergence in the Caucasus collision zone from global positioning system measurements, Geophysical Research Letters, 24, pp. 1815-1818.
- Reilinger, R., Toksöz, N., McClusky, S.,& Barka, A. (2000). 1999 İzmit, Turkey Earthquake Was No Surprise, GSA Today,v. 10,No 1, pp. 1-6.

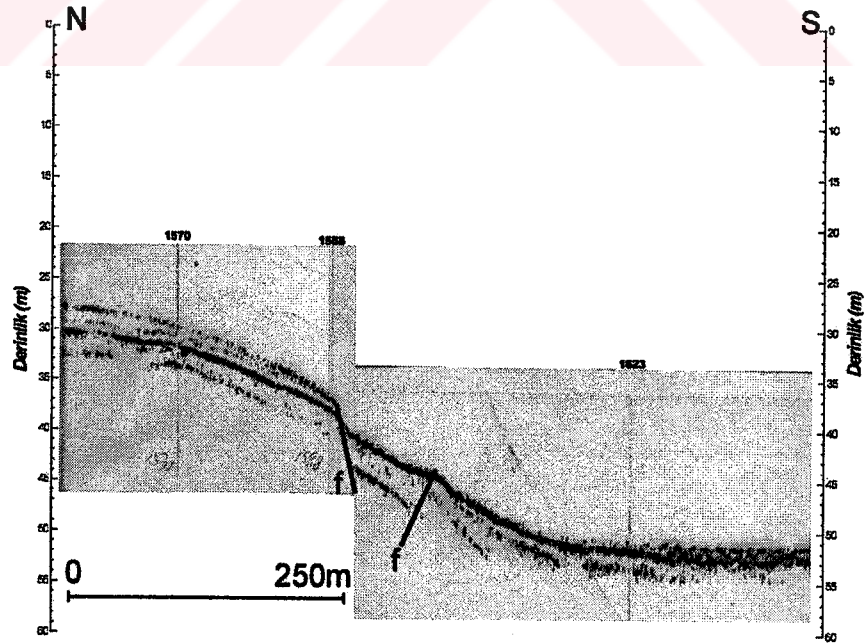
- Ricker, N. (1953). Wavelet contraction, wavelet expansion, and the control of seismic resolution, Geophysics, 18, p. 769.
- Risch, C. (1909). Der Sabandjasee und seine Umgebung. Pet. Mitt., 55, Gotha, pp.10-182.
- Sheriff, R. E. (1975). Factors affecting seismic amplitudes, Geophys. Prospecting, 23, p. 125.
- Sheriff, R. E. (1977). limits on resolution of seismic reflections and geologic details derivable from them, in Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration, Mem. 26, Payton, C. E. Ed., American Association of Petroleum Geologist, Tulsa.
- Shor, G. G., Moore, D. G.,& Huckabay, W. B. (1963). Deep-sea test of a new nonexplosive reflection profiler, J Geophys. Res., 68, p. 1567.
- Shumway, G. (1960). Sound speed and absorption studies of marine sediments by a resonance method, Geophysics, 25, p.451.
- Stein, R. S., Barka, A. A.,& Dieterich, J. D. (1997). Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, Geophysical Journal International, 128, pp. 594-604.
- Straub, C., Kahle, H. G.,& Schindler, C. (1997). GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia. Journal of Geophysical Research, 102, p. 27.
- Sylwester, R. E., Dillon, W. P.,& Grow, J. A. (1979). Active growth fault on the seaward edge of the Blake Plateau, in Geomathematical and Petrophysical Studies in Sedimentology, Gill, D. and Merriam, D. F., Eds., Pergamon Press, New York, p. 197.

- Şengör, A. M. C., (1979). The North Anatolian Transform Fault its Ageoffset and tectonic signifiante, J. Geol. Soc. Lond. 136, pp. 269-282.
- Toksöz, M. N., Arpat, E.,& Saroğlu, F. (1977). East Anatolia earthquake of 24 November, 1976, 270, pp. 423-425.
- Toksöz, M. N., Shakal, A. F.,& Michael, A. J. (1979). Space-time migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gaps, Pure and Applied Geophysics, 117, pp. 1258-1270.
- Trorey, A. W. (1970). A simple theory for seismic diffractions, Geophysics, 25, p. 762.
- Westaway, R. (1994). Present day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean, Journal of Geophysical Research, 99, pp. 12-71
- Woods, J. P. (1975). A seismic model using sound waves in air, Geophysics, 24, p. 233.

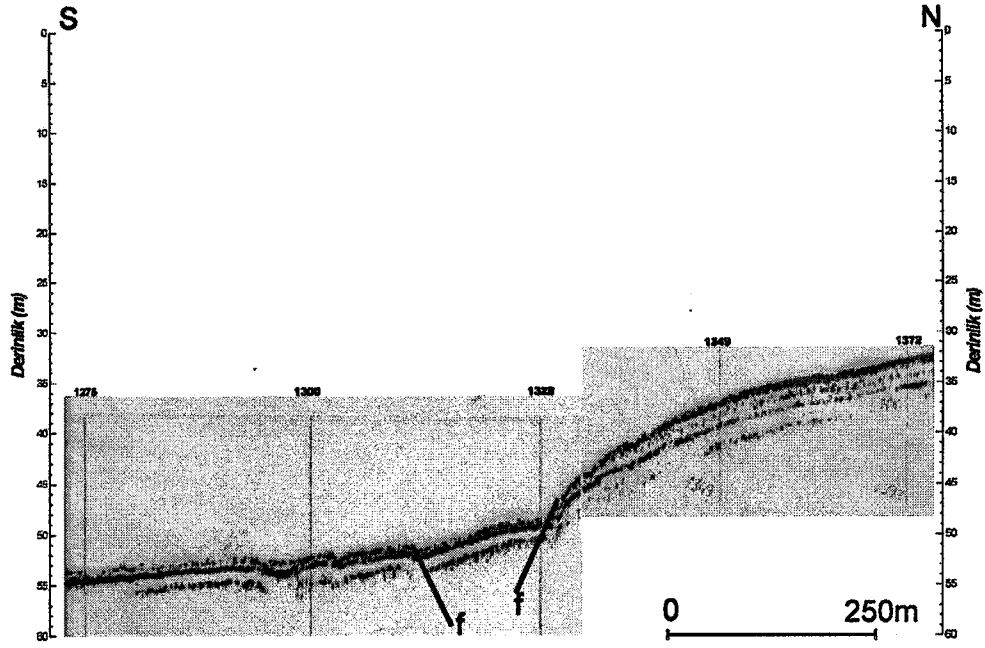
EK-1 BATİMETRİK KESİTLER



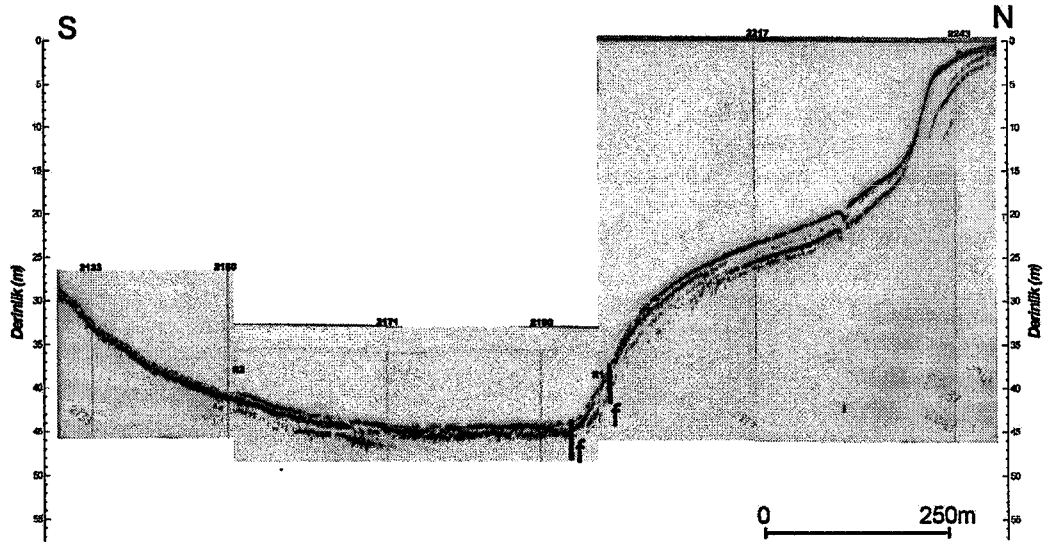
2b1-batimetric kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



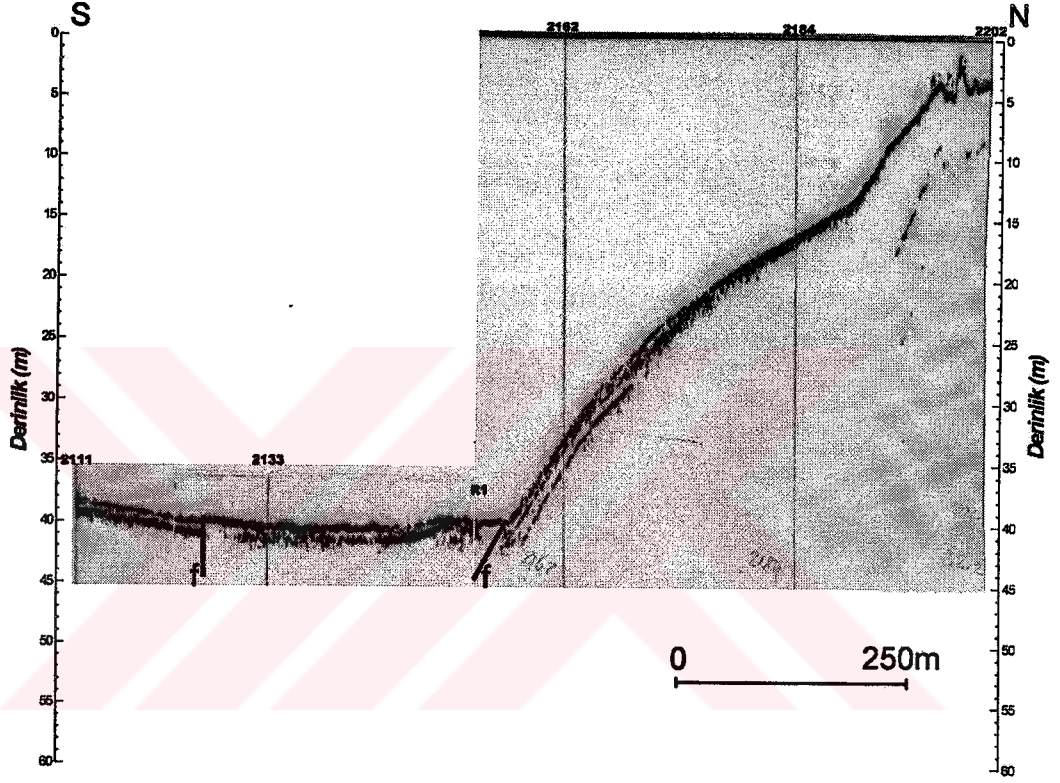
2b2-batimetric kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



2b3-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



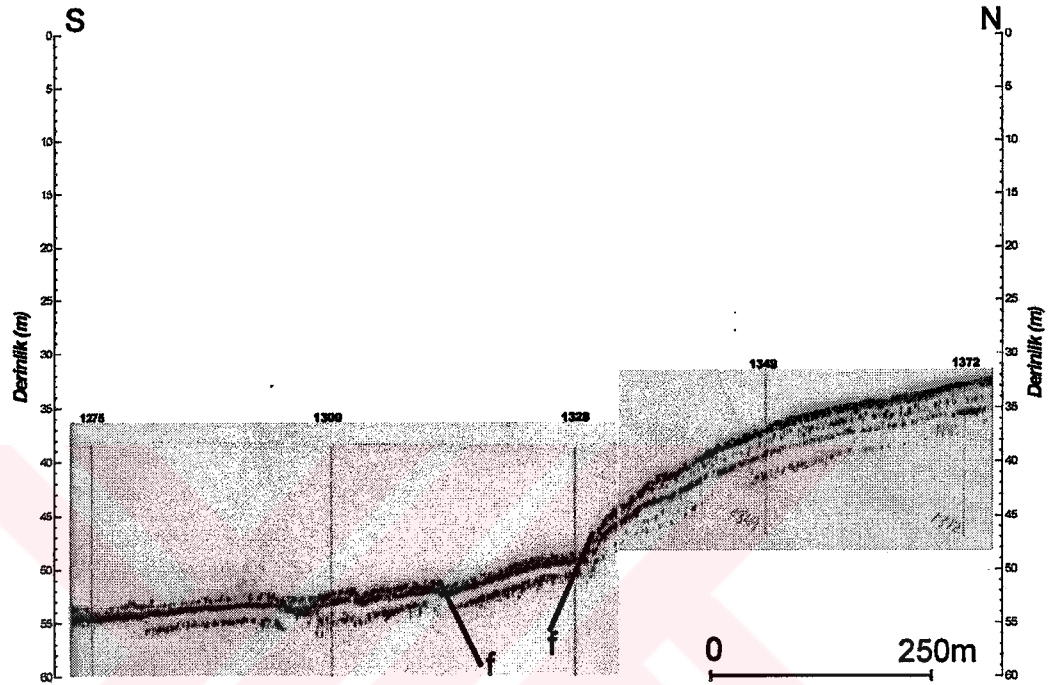
2b4-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



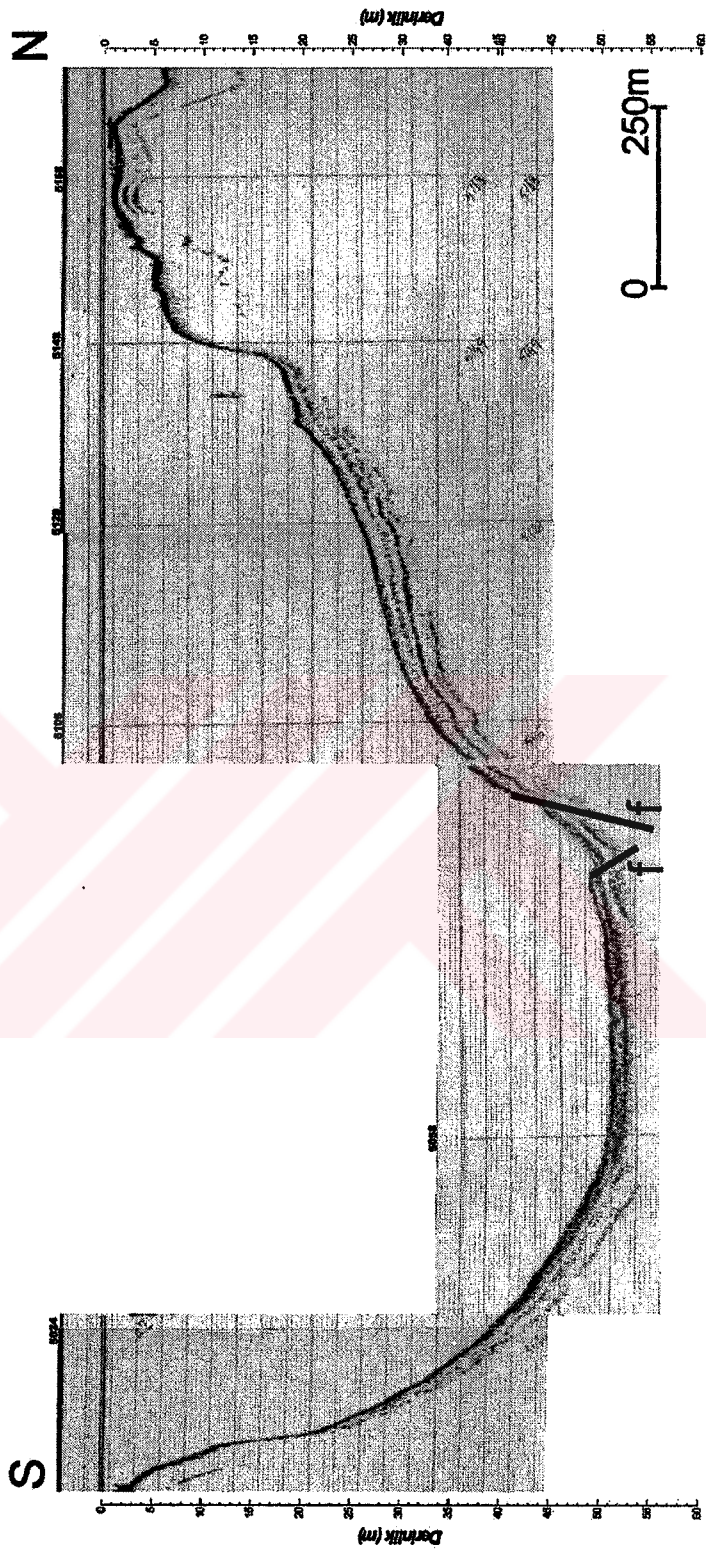
2b5-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



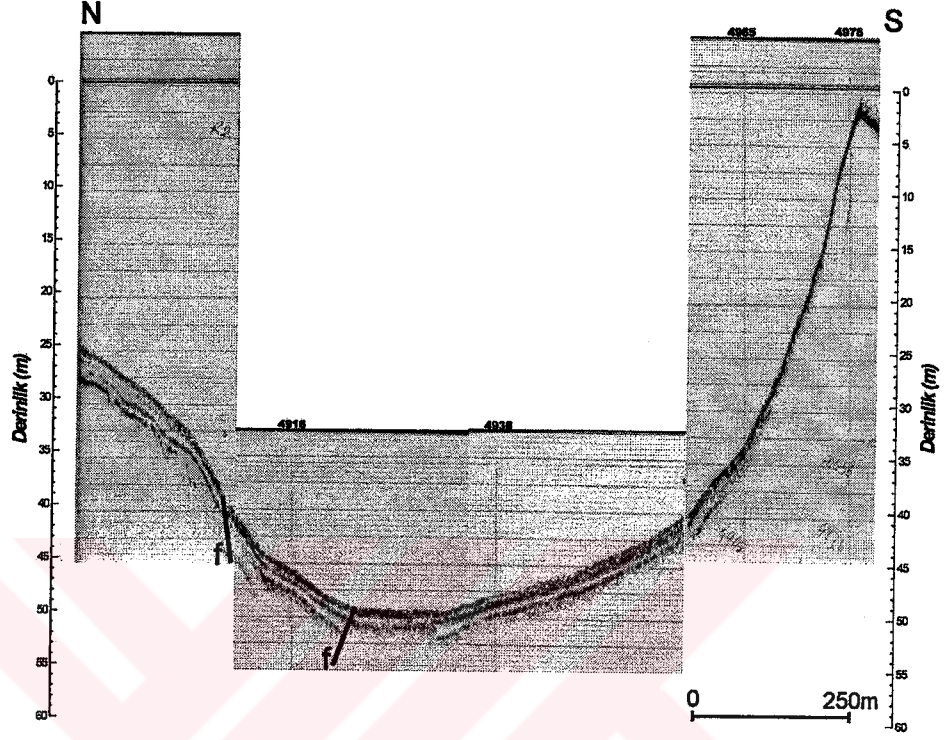
3b1-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



3b2-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



3b3-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.



3b4-batimetrik kesiti. f-fay, Düşey ölçek 1456 m/s'lik ortalama ses hızına göre belirlenmiştir.