

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA DENİZİ GÜNEY ŞELFİNDE
TOPLANAN 2B ÇOK KANALLI SİSMİK
YANSIMA VERİLERİNİN MATLAB İLE KALİTE
KONTROLÜ, VERİ İŞLEMİ VE YORUMU

Burcu BARIN

Ekim, 2012

İZMİR

**MARMARA DENİZİ GÜNEY ŞELFİNDE
TOPLANAN 2B ÇOK KANALLI SİSMİK
YANSIMA VERİLERİNİN MATLAB İLE KALİTE
KONTROLÜ, VERİ İŞLEMİ VE YORUMU**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim

Dalı

Burcu BARIN

Ekim, 2012

İZMİR

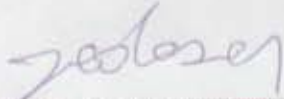
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET ÇETİNER, tarafından DOÇ.DR. OYA PAMUKÇU yönetiminde hazırlanan “İZMİR VE ÇEVRESİNDEKİ MİKROGRAVİTE VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



DOÇ.DR. OYA PAMUKÇU

Yönetici



PROF.DR. HASAN SÖZBİLİR

Jüri Üyesi



DOÇ.DR. MUSTAFA AKGÜN

Jüri Üyesi



Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca tüm bilgisini ve deneyimini benimle paylaşan, yoğun çalışmaları arasında bana da zaman ayıran ve sabırla beni dinleyen değerli hocam Prof. Dr. Güney ÇİFÇİ' ye verdiği desteklerden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, gerekli bütün yardım, tavsiye ve yönlendirmeleri yapan ve asla yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Derman Dondurur ve Dr. Seda OKAY' a üstün sabır ve ilgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması aşamasında çalışma kapsamında verilerin toplanması süresince yardımlarını benden esirgemeyen değerli SeisLab ekibine çok teşekkür ederim.

Ayrıca yaşamım boyunca desteklerini ve sevgilerini benden esirgemeyen, her konuda bana destek olan değerli aileme çok teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan sismik verinin finansal desteğini sağladığı için 036851 nolu National Science Foundation ve The European Seafloor Observatory NETWORK (ESONET) Projesine teşekkür ederiz. Veri toplama aşamasında büyük bir özveri ile çalışan tüm R/V K. Piri Reis kaptan ve personeline, teknik desteklerinden dolayı IFREMER' de çalışan Yannick THOMAS, Bruno MARSSET' e ve Jean-Pierre SUC' a, veri işlem ve veri toplama aşamasında her konuda yardımcı olan Araş. Gör. Savaş GÜRÇAY' a, veri toplama sırasında ve sonrasındaki yakın teknik desteklerinden dolayı Hydroscience Technologies Inc. Firmasına teşekkür ederiz. Ayrıca Missouri Üniversitesi' nden Christopher SORLIEN' e, Lamont - Doherty Earth Observatory - Columbia Üniversitesi' ndeki araştırmacılar; Leonardo SEEBER, Michael S. STECKLER ve Donna J. SHILLINGTON' a tez çalışmamdaki katkılarından ötürü teşekkür ederim. Veri toplama ve işleme sırasında kullanılan sistem, cihaz ve donanımlar, Devlet Planlama Teşkilatı'nın 2003K120360 kodlu DPT projesi kapsamında ülkemize kazandırılmıştır.

Burcu BARIN

MARMARA DENİZİ GÜNEY ŞELFİNDE TOPLANAN 2B ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNİN MATLAB İLE KALİTE KONTROLÜ, VERİ İŞLEMİ VE YORUMU

ÖZ

Kalite kontrol (QC), verinin toplanmasından yorumlama aşamasına gelinceye kadar olan dönemde veri kalitesini değerlendirmeye yönelik yapılan işlemlerin genel adıdır. Hedef; en iyi veri setini elde ederek, yorumlama aşamasında en ideal sonuca ulaşmaktır.

MATLAB ile geliştirilen yazılım grupları (QC Programı) yardımıyla; sismik veri erişimi için sistem bileşenleri ile iletişimi sağlayan veri depolama birimlerinin kontrolü yanı sıra, sismik veri ile eş zamanlı olarak toplanan navigasyon verilerinin kontrolü de yapılmaktadır. Veri toplama süresince, sismik ve navigasyon bilgilerinin görsel denetimini ve kontrolünü içerir.

Çalışma süresince Marmara Denizi' nin güney şelfinden alınan yüksek ayrımlı çok kanallı sismik yansımaya verileri örnek veri seti olarak seçilmiştir. Bu veriler Dokuz Eylül Üniversitesi'ne ait R/V K.Piri Reis ile 2010 yılında Marmara Deniz'i güney şelfinde toplanmıştır. Bu alanda alınan verilere QC Programı ile kalite kontrol işlem adımları uygulanarak, ProMAX veri işlem yazılımı ile karşılaştırılması yapılmıştır. Veri kalite kontrolleri ve ön veri işlem adımlarının hemen ardından ana veri işlem sürecinin başlatılması ve son olarak veri işlemi tamamlanmış verilerin yorumlanması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan yorumlamalarda Marmara Denizi Çanakkale Boğazı çıkışında yer alan Çanakkale Kanyonu'nun varlığı saptanmıştır. Derin fay sistemlerinin ve erozyonel yüzeylerin varlığı, bu kanyonun hem tektonik hem de global su seviyesi değişimlerinin etkisiyle oluştuğunu işaret etmektedir.

Anahtar sözcükler: Sismik kalite kontrol, sismik veri işlem, çok kanallı sismik yansımaya, Marmara Denizi

QUALITY CONTROL, SEISMIC PROCESSING AND INTERPRETATION OF 2D MULTICHANNEL SEISMIC REFLECTION DATA ON SOUTHERN SHELF OF THE MARMARA SEA

ABSTRACT

Quality control (QC) is the general term for the processes that are applied to raw data from acquisition to interpretation step, for the evaluation of data quality. The aim is to get the best data set for the ideal results during interpretation.

With the help of the software developed with MATLAB, the control of data storage units which provide communication with system components for seismic data access. Also the QC of acquired navigation data are performed simultaneously with seismic data. During data acquisition, visual supervision and control of both seismic and navigation information are also performed during the data acquisition.

In this work, high resolution seismic reflection data are used as sample data set. These data were acquired in 2010 from southern shelf of Marmara Sea aboard of R/V K. Piri Reis of Dokuz Eylul University. Quality control process steps are applied with QC program. Then QC is applied and prescriptively processed data are compared. After QC and pre-processing steps, main processing steps were applied to data. Finally seismic profiles were interpreted.

On the profiles close to the Marmara Sea outlet, Çanakkale Canyon is evident. The origin of this canyon is probably related with both tectonics and global sea level changes according to the existence of deep faults and erosional surfaces.

Keywords: Seismic quality control, seismic data processing, multi-channel seismic reflection, Marmara Sea

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2 MATLAB ve Yazılımın Sismik Çalışmalardaki Önemi	2
1.3 Sismikte Kalite Kontrolün Tanımı ve Önemi.....	4
1.4 Tezde Kullanılan Yöntemler	4

BÖLÜM İKİ – MARMARA DENİZİ GÜNEY ŞELFİ 5

2.1 Çalışmada Kullanılan Örnek Veri Seti ve Konumu	5
2.2 Çalışma Alanına Ait Genel Bilgiler	5
2.3 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Tektoniği	6
2.3.1 Alan-1’ in Genel Özellikleri	8
2.3.2 Alan-2’ nin Genel Özellikleri	11

BÖLÜM ÜÇ – SİSMİK YÖNTEM VE VERİ TOPLAMA 14

3.1 Sismik Donanım ve Düzenegi	15
3.1.1 Deniz Sismiği Enerji Kaynakları	16
3.1.2 Sismik Alıcı ve Alıcı Kablosu (Streamer).....	17
3.1.3 Sayısallaştırıcı (Digitizer).....	17
3.1.4 Alıcı Kablo Derinlik Düzenleyicileri (Bird).....	18
3.1.5 Sismik Kayıtçı (Recorder)	19
3.1.6 Konum Belirleme Sistemi (Navigasyon).....	21

3.1.7 Kuyruk Şamandırası (Tailbuoy)	21
3.2 Saha Çalışması	22
BÖLÜM DÖRT – SİSMİK KALİTE KONTROL.....	25
4.1 Veri Toplama Ekipmanları	25
4.2 Sismik Sinyal Kontrolü	26
4.2.1 Sismik Veriyi KK- QC Programına Yükleme	27
4.2.2 Veri Görüntüleme	29
4.2.2.1 Sismik Verinin Tek Kanallı Görüntüsü	29
4.2.2.2 Sismik Verinin Atış Grupları Halinde Görüntülenmesi.....	30
4.2.3 Spektral Analiz	33
4.2.4 Maksimum Genlik Analizi	37
4.2.5 Gürültü Analizi	38
4.2.6 Direkt Varışlar ile Atış Geometrisinin Kontrolü	40
4.3 Konum Bilgisinin Sismik Veri İçine Aktarımı ve Kontrolü	42
4.3.1 Navigasyon Verilerinin Programa Yüklenmesi ve Kontrolü.....	43
4.3.2 Pusulalı Derinlik Düzenleyicilerin Verilerinin Programa Yüklenmesi ve Kontrolü	47
4.3.3 Konum Verilerinin Düzenlenmesi ve Yeni Veri Tabanı Oluşturma	49
4.3.4 Geminin Referans Noktalarının Hesaplanması	50
4.3.5 Geometri Bilgisinin SEG Y Veri Başlıklarına Yazdırılması.....	53
4.3.6 Ortak Derinlik Noktalarını Sıralama (CDP Sort)	56
4.4 Sismik Veri İşlem Yazılımı İçin Çıkış Dosyası Oluşturma	58
BÖLÜM BEŞ – SİSMİK VERİ İŞLEM.....	62
5.1 Ön Veri İşlemlerde Karşılaştırılmalı İşlem Akışları	62
5.1.1 QC Çıkış Dosyasının Veri İşlem Yazılımına Yükleme	63
5.1.2 Sismik Verinin Görüntülenmesi	63
5.1.3 Geometri Tanımlama	68
5.1.4 Bant Geçişli Süzgeç	72

5.1.5 Veriye Genlik Kazanımı Uygulama	77
5.1.5.1 Otomatik Genlik Kazanımı (AGC).....	78
5.1.6 F-K Eğim Süzgeci.....	81
5.2 İleri Veri İşlem Adımları	83
5.2.1 CDP Sıralama	84
5.2.2 Hız Analizi.....	85
5.2.3 Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi (NMO).....	87
5.2.4 Yığıma (Stack).....	88
5.2.5 Göç (Migrasyon).....	89
BÖLÜM ALTI – QC UYGULANMIŞ SİSMİK KESİTLERİN YORUMU	91
6.1 Alan-1’ e Ait Sismik Kesitlerin Yorumu	91
6.2 Alan-3’ e Ait Sismik Kesitlerin Yorumu	92
BÖLÜM YEDİ – SONUÇ.....	100
KAYNAKLAR	102

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Sismik yansıma yöntemi ile elde edilen sismik kesitlerin diğer jeofizik yöntemlere kıyasla, yüksek hassasiyetinin ve yüksek ayrımlılık gücünün olması nedeniyle bütün dünyada en fazla para, zaman ve jeofizikçi gücünün kullanıldığı en yaygın yöntem haline gelmiştir. Gaz, gaz hidrat, hidrokarbon ve petrol aramalarında jeofizik kesitin çıkarılması, yeraltındaki jeolojik yapılarının, elde edilmiş bulguların yanıl değişimlerinin gözlemlenmesi, yeraltına ait jeolojik yapıların haritalanması ve beklenir jeolojik yapının saptanması gerekmektedir. Amaca yönelik yapılacak tektonik ve stratigrafik çalışmalarda sismik yöntemle ihtiyaç duymaktadır. Söz konusu sismik yöntem, uygun veri kalitesine sahip verilerin toplanmasını gerektirir. Veri kalitesine bağlı olarak verinin yorumundaki doğruluk da artış gösterecektir.

Veri toplama, kullanılan donanım bakımından pahalı sistemler içerdiğinden, hedeflenen verinin tek seferde ve kaliteli bir şekilde toplanması gerekmektedir. Kalite-Kontrol (KK, Quality Control-QC), sismik verinin ve deniz navigasyon sisteminden alınan konum bilgilerinin kontrolü için geliştirilmiş bir sistemdir. Temelde bu uygulama, sistem bileşenleri ile bağlantılı olarak sismik veri işlemin koordinasyonu ve tanımlaması haricinde navigasyon bilgilerinin sisteme doğru bir şekilde aktarılmasını kapsar.

Kalite-Kontrol (KK) yöntemleri sayesinde (veri toplama sırasında eş zamanlı olarak) gemi üzerinde rahatça veri kalitesi değerlendirilerek, olası bir problem söz konusu ise o an veriye ve sismik hatta müdahale edilebilir. KK sırasında geometri bilgisinin veriye aktarımı sağlanarak, iyi bir görüntüleme için süzgeç (filtreleme) işlemleri uygulandığından, ana veri işlem basamaklarında bu işlemler ikinci kez tekrarlanmaz. Bu sayede veri işlemede de zaman bakımından avantaj sağlanır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada amaç, sismik verilerin toplanması sırasında ve yorumlama öncesi veri işlem aşamalarında veri kalitesinin kontrolüdür. Aynı zamanda veri yorumlamada ve geometri tanımlamada önemli role sahip olan navigasyon bilgilerinin veri ile doğru bir biçimde ilişkilendirilmesi ve kalite değerlendirme aşamalarının uygulama basamakları sırasıyla aktarılacaktır.

MATLAB ile geliştirilen yazılım yardımıyla, sismik veri erişimi için sistem bileşenleri ile iletişimi sağlayan veri depolama birimlerinin kontrolü yanı sıra sismik veri ile eş zamanlı olarak toplanan konum verilerinin kontrolü de yapılmaktadır. Ayrıca kontrolü yapılmış veriler ProMAX yazılımı ile tarafından işlenerek hazır hale getirilmiş ve çalışmada alanının tektonik evrimi hakkında yoruma gidilmiştir.

Bu amaçla, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü (DBTE) yürütücülüğünde, IFREMER Marine Geosciences Department – Fransa ve Lamont-Doherty Earth Observatory, Amerika ortaklığında gerçekleştirilen ESONET projesine ek olarak 2010 yılında, PirMarmara seferi ile toplanan çok kanallı sismik yansıma verileri örnek veri seti olarak kullanılmıştır.

1.2 MATLAB ve Yazılımın Sismik Çalışmalardaki Önemi

MATLAB teknik programlama dili olup algoritma geliştirme, verilerin grafiksel olarak çizimi, analizi ve sayısal hesaplamalar için yüksek seviyeli bir yazılım paketidir. Bu yazılımının birçok bilimsel ve akademik dallarda uygulamaları bulunmaktadır. Alt sisteminde barındırdığı “toolbox” paketler ile sayısal veri işleme ve görüntüleme, kalite kontrol, modelleme ve analiz gibi birçok alanda kullanılabilir.

Jeofizik de dahil olmak üzere bir çok mühendislik dalında, sayısal hesaplamalar, veri çözümlenmesi ve grafik işlemlerinde kolaylıkla kullanılabilen bir yazılım dilidir. Aynı zamanda sismik veri işlem alanında da yazılım oluşturmaya açıktır. İleri düzeyde gelişmiş birçok program dili ile yapılabilen hesaplamaların hemen hemen

hepsini bu yazılım aracılığı ile yapmak mümkündür. Ek olarak, MATLAB' da geliştirilen yazılım sayesinde daha az sayıda komutla ve kısa zamanda çözüm üretmek mümkündür.

Tez için geliştirilen KK-QC yazılım kodları, Windows tabanlı işletim sistemlerinde de kullanılabilen MATLAB dili ile geliştirilmiştir. Sistem, MATLAB üzerinden değişken alıp değişken göndererek bütünleşik bir biçimde çalışan küçük alt programlardan meydana gelmektedir.

KK-QC için geliştirilen yazılımın ana başlıkları aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Sabit diskten veri okuma, düzenleme ve oluşturulan yeni veri için yeni dosya oluşturup içine aktarma (SEG-Y)
- İstenilen amaca uygun kesit ve grafik oluşturma (wiggly trace, image, contour, surf ...)
- Veri düzenleme (sıfırlama, Zaman-Uzaklık (t-x) Eksenini düzenleme, sıralama (sort))
- Veriye süzgeç uygulama, (Bant Geçişli Süzgeç), Dönüşümler (FFT (TX-FX-TK-FK)) ve Modelleme (Akustik-Sonlu Farklar)
- SEG-Y yapısı üzerinde opsiyonel matematiksel işlemler.

Oluşturulan alt programlar sayesinde yazılan bir komuta, giriş veya çıkış değişkeninin türüne göre ayrı bir işlem yapılmasına gerek yoktur.

MATLAB aktif bellek sistemi ile birçok değişkeni tutabilmesi yönünden çalışmada ve yazılım geliştirmede oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bünyesinde barındırdığı geniş alt program ağı ile çizim olanakları sağlarken ayrıca veri düzenleme, matris hesapları gibi özelliklerin olabildiğince kullanılmasını sağlamaktadır. Verileri sabit bir diskten okuyabilmesi sayesinde işlem hızı açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Oluşturduğu ve bellekten okuduğu veri gruplarını

değişken olarak tanımlamak ve istenildiği zaman işleme sokmak gibi özellikler sağlaması bakımından kullanımı oldukça kolaydır.

1.3 Sismikte Kalite Kontrolün Tanımı ve Önemi

Kalite-Kontrol (KK), verinin toplanmasından yorumlama aşamasına gelinceye kadar olan dönemde veri kalitesini değerlendirmeye yönelik yapılan işlemlerin genel adıdır. Hedef; en iyi veri setini elde ederek, yorumlama aşamasında en ideal sonuca ulaşmaktır. Sismik veri toplama süresince, sismik verinin değerlendirme ve işleme süresince, navigasyon (konum) bilgilerinin denetimini de içerir.

Günümüzde başta büyük petrol şirketleri olmak üzere sismik yansıma yöntemini kullanan gerek akademik birimler gerekse yerli/yabancı jeofizik şirketler bu kontrolleri yapmaktadır. Tüm bu birimlerin kalite kontrol ekipleri, veri kalitesini artırıcı çalışmalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Veri kalitesinin artımı veri kalite kontrol sistemleri ve yazılımları ile mümkündür.

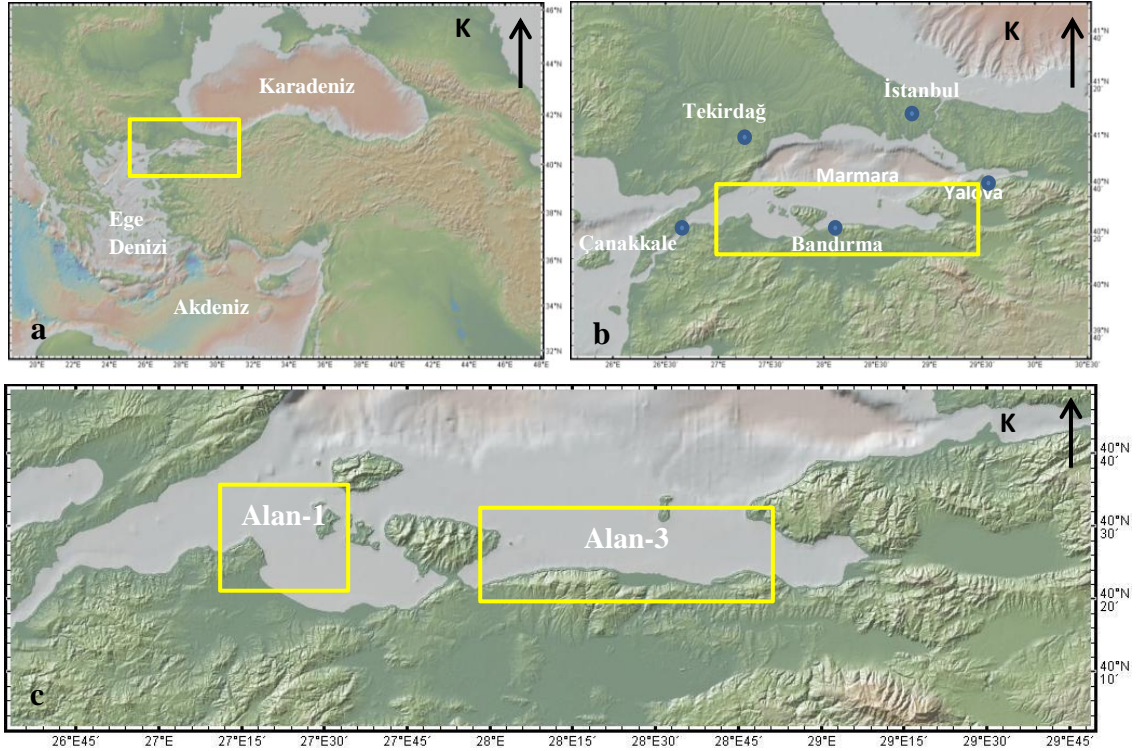
1.4 Tezde Kullanılan Yöntemler

Çalışma süresince uygulanan teknikler temelde dört ana başlık altında toplanabilir. Bunlar sırasıyla, çok kanallı ve yüksek ayrımlı sismik yansıma verilerinin toplanması, toplanan verilerin MATLAB ile oluşturulan bir yazılım yardımıyla veri kalite kontrollerinin yapılarak ön veri işlem adımlarından geçmesi, hemen ardından ana veri işlem sürecinin başlatılması ve son olarak veri işlemi tamamlanmış verilerin yorumudur. DEÜ - Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'nün R/V K. Piri Reis araştırma gemisi ve jeofizik laboratuvarının veri toplama ekipmanları kullanılarak toplanan veriler yine DEÜ– Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait jeofizik laboratuvarı ve Ifremer Marine Geosciences Department – Fransa birimine ait veri-işlem laboratuvarının donanım ve yazılımları kullanılarak sayısal olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca son aşama olan yorumlama aşaması da University of Columbia - Lamont-Doherty Earth Observatory-NewYork ortaklığında çok çeşitli teknikler kullanılarak tamamlanmıştır.

BÖLÜM İKİ MARMARA DENİZİ GÜNEY ŞELFİ

2.1 Çalışmada Kullanılan Örnek Veri Seti ve Konumu

Tez çalışması kapsamında, PirMarmara seferi ile toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin bir bölümü kullanılmıştır. Çalışma alanı, Çanakkale Boğazı' nın Marmara Denizi çıkışından, güney doğu kesimindeki Armutlu Yarımadası' na kadar uzanan güney şelfi içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.1). Kullanılan verilerin tez kapsamı içerisinde tektonik yorumunun da yapılmış olması nedeniyle bu bölümde çalışma alanının tektoniği ve jeolojisi hakkında genel bilgiler verilecektir.



Şekil 2.1 (a) Çalışma alanını gösteren genel harita. (b) Çalışma alanının yakın görüntüsü. (c) Alan-1 ve Alan-3' ün yakın görüntüleri.

2.2 Çalışma Alanına Ait Genel Bilgiler

Marmara Denizi, Türkiye' nin kuzeybatısında yer almaktadır. Marmara Denizi, 280 km uzunluğunda ve 80 km genişliğinde, Asya ve Avrupa' nın birbirine en çok yaklaştığı kısımda yer alan, doğuda İstanbul Boğazı, batıda Çanakkale Boğazı ile

sırasıyla Karadeniz' e ve Ege Denizi' ne bağlanmış bir iç denizdir (Adatepe, 2002). Marmara Denizi' nin önemli morfolojik yapıları kıtasal şelf, yamaç, orta çukur düzlükleri ve yükselim sırtları olup (Şekil 2.2), şelf ve yamaçlar yer yer vadi, kanal ve kanyon türü yapılarla kesilmiş veya yarılmıştır (Le Pichon et al., 2001; Gazioğlu et al., 2002).



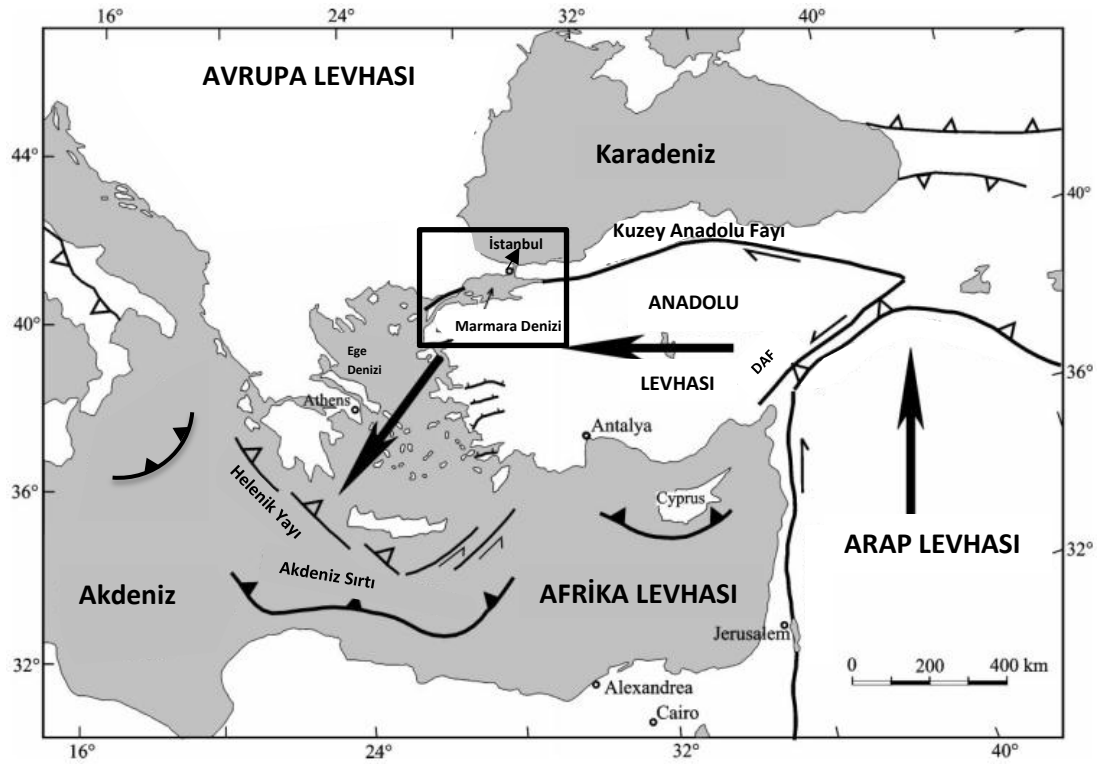
Şekil 2.2 Çalışma alanına ait genel yer bulduru haritası. İB: İstanbul Boğazı, ÇB: Çanakkale Boğazı, GY: Gelibolu Yarımadası, KY: Kapıdağ Yarımadası, AY: Armutlu Yarımadası.

Çalışma alanı, aynı zamanda Marmara Denizi' nin en geniş alanı olan güney şelfinde bulunmaktadır. Marmara Denizi güneyinin şelf alanı, Çanakkale Boğazı çıkışından itibaren, Gelibolu Yarımadası güneyi ve Lapseki-Karabiga kuzeyindeki alanla bir bütün halindedir. Şelfin uzanımı, Kapıdağ Yarımadası ile kuzeyinde Marmara Denizi' nin güneyinin en geniş kesimini oluşturmaktadır. Bu kesimde ayrıca Marmara adaları da yer almaktadır. Şelf doğuya doğru kara ile olan uzaklığını aynı genişlikte devam ettirmektedir.

2.3 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Tektoniği

Türkiye'nin neotektonik dönemi, Geç Miyosen döneminde Anadolu Levhası ile Arap Levhası arasındaki Neotetis' in güney kolunun Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı

uzanımı boyunca kapanması ile başlar (Görür, 1992). Arap Yarımadası' nın Anadolu Levhasıyla çarpışmasından hemen sonra, Arap Levhası kuzey yönüne doğru devam etmiş ve Doğu Anadolu' nun sıkışmasına yol açmıştır. Bölgenin kıta kabuğunun sıkışması ve buna bağlı olarak yükselmesine neden olmuştur. Bu sıkışma ve yükselme kıta kabuğunun kalınlaşmasına yol açmıştır. Bu etkenler sonrasında kabuk daha serbest kalarak, batıya doğru Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayları doğrultusunda ilerlemeye başlamıştır. Anadolu Levhası' nın bu faylar boyunca batıya ilerlemesinin ardından Helenik yayının etkisi ile genişlemiş ve Ege Graben Sistemi' ni meydana getirmiştir (Selim, ve diğ., 2006; Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Türkiye' nin neotektonik durumunu gösteren harita. Marmara Denizi' nin jeolojik konumu gösteren Doğu Akdeniz bölgesinin aktif tektonik haritası. Üçgen dolgulu kalın çizgiler yitim bölgelerini temsil etmektedir. İçi boş üçgen ile konumlandırılmış kalın hatlar ise kıtasal çarpışma bölgelerindeki aktif bindirme fayları göstermektedir. Ok işaretli çizgiler ise normal fayları temsil etmektedir (Okay vd, 2000).

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), dünya üzerinde sismik olarak aktif olan faylarından birisidir. Yaklaşık 1500 km uzunluğunda olan KAFZ tarafından yönetilen doğrultu atımlı tektonik rejim ile Batı Anadolu'nun K-G gerilme rejiminin geçiş zonu olan Marmara bölgesinde 3 kola ayrılır. Kuzey Marmara bölgesi kuzey

kolla kontrol edilirken Güney Marmara Bölgesi orta ve güney kollarla karakterize edilir.

Güney Marmara bölgesi, temelde D-B doğrultulu doğrultu atımlı fayın normal bileşenleriyle sınırlandırılmış yaklaşık D-B uzanımlı eşkenar dörtgene benzeyen horst ve graben karmaşığıyla karakterize edilir (Gürer ve diğ., 2003). Güneydeki kol, Geyve-Mekece İznik boyunca uzanarak, Bandırma ve daha sonra Biga Yarımadası'nı izler ve kuzey Ege Denizi'ne doğru devam eder.

Üç basen ve iki sırt yapısından oluşan Marmara Denizi' nin kuzey şelfi, güney şelfine kıyasla daha dardır. Güney şelfi ise bir çok nehir (Kocasu Nehri, Gönen Nehri ve Biga Nehri) ve bunların taşıdığı malzemelerden dolayı daha geniş bir alana yayılmıştır.

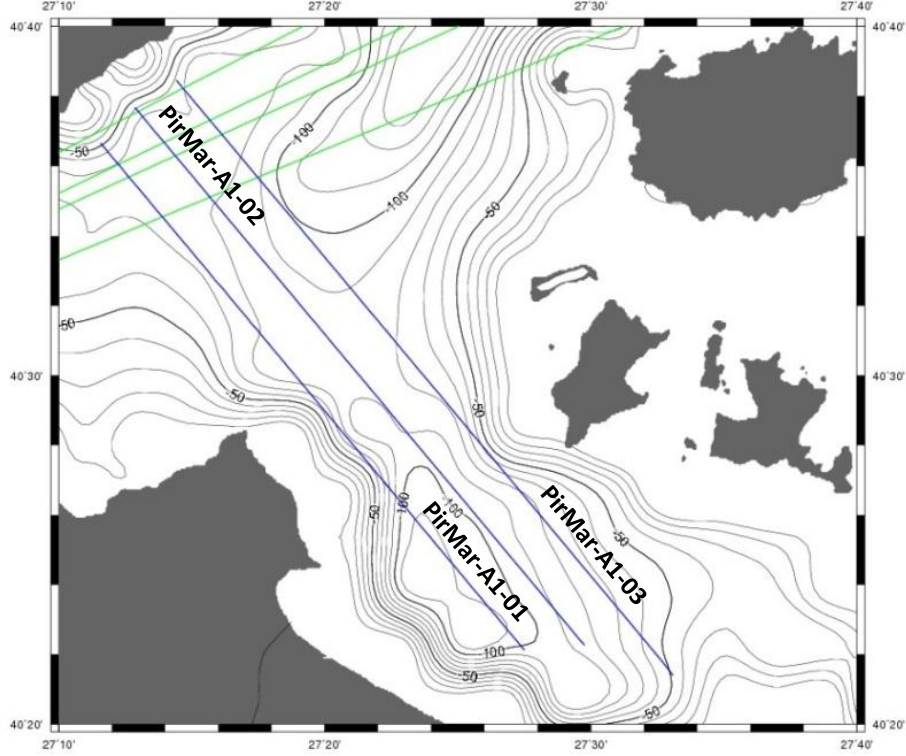
Güney Marmara bölgesi geometri bakımından karmaşık yapıya sahip olup bölgede Neojen-Kuvaterner'de gelişmiş havzalar yer almaktadır. KD-GB gidişli Erken-Orta Miyosen yaşlı havzalar, DB gidişli Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı havzalar ve Kuvaterner yaşlı havzalar bulunmaktadır. Son iki grup havza, Ege gerilme sistemi ile ilişkili havzalara paraleldir (Özburan, 2001).

2.3.1 Alan-1' in Genel Özellikleri

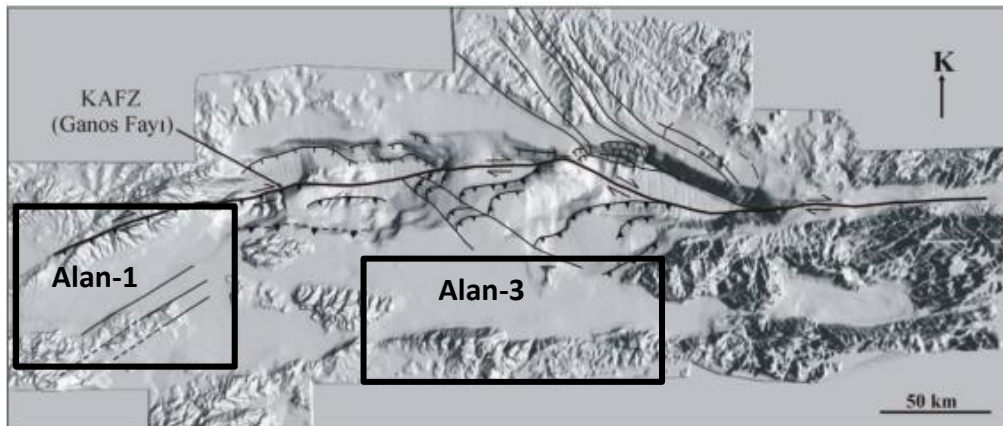
Alan 1, Çanakkale Boğazı' nın Marmara Denizi çıkışında yer alan bölgedir (Şekil 2.4). Bu alan büyük ölçüde Anadolu Levhasının kuzeybatısındaki tektonik faaliyetlerin etkisinde kalmıştır. İnceleme alanının kuzey sınırından bölgenin en aktif fayı olan KAFZ geçmektedir (Yaltırak ve diğ., 2002; Gökaşan ve diğ., 2003; Şekil 2.5).

KAFZ' nin güneydeki kolu Pamukova' dan uzanan kuzeydoğu-güneybatı yönlü bir faydır ve bu güney kol kuzeydeki diğer bir fay sistemi ile Yenişehir çek-ayır havzasını oluşturmaktadır (Yaltırak, 2002). Bölgede en dikkat çekici olan ise Kuzey Anadolu Fayı' nın kuzey kolunun batıdaki uzantısı olan Ganos Fayı' dır (Şekil 2.5).

Bu fay Marmara Denizi' nin batı kısmını keser ve Trakya üzerinden geçerek Ege Denizi' ne doğru ilerler. Diğer bir yandan KAFZ' nun merkezdeki ve güneydeki kesimi, Marmara Denizi ve çevresinin güney kolunu kesmektedir (Şekil 2.5).



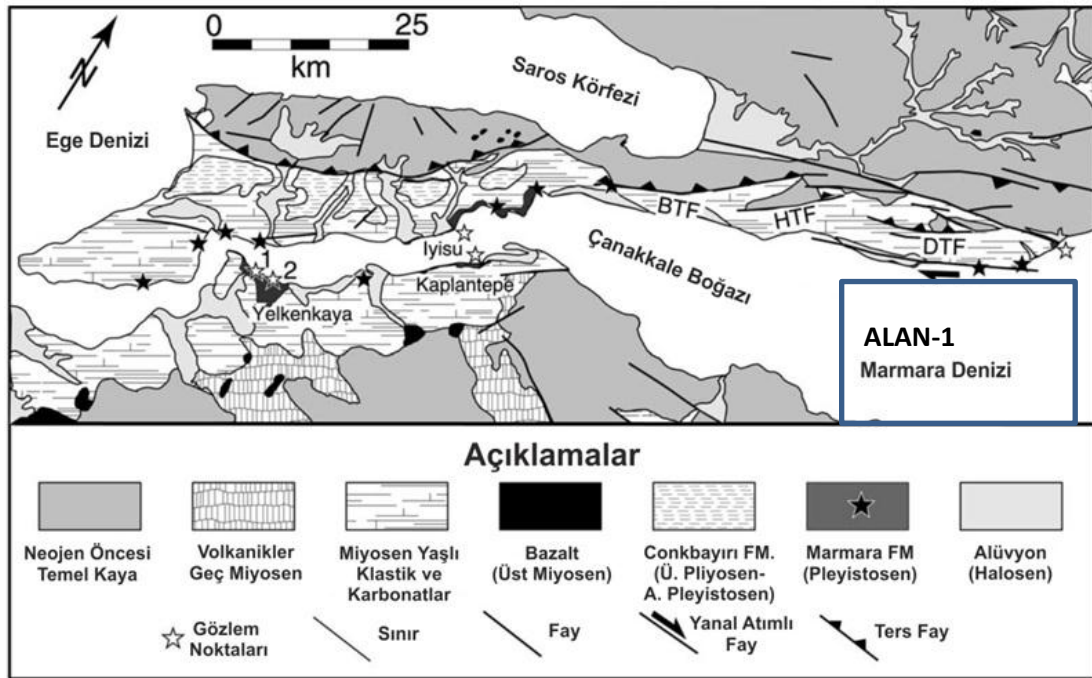
Şekil 2.4 Çanakkale Boğazı' nın Marmara Deniz' i çıkışındaki çalışma alanına ait sismik kesitlerin konum haritası. Yeşil çizgiler deniz trafik ulaşım koridorunu göstermekte olup, mavi ile gösterilen çizgiler o alanda alınan sismik hatları belirtmektedir. Batimetrik kontur aralığı 10 m' dir.



Şekil 2.5 Marmara Denizi Batimetri görüntüsü (Gökaşan ve diğ., 2003' den değiştirilerek alınmıştır).

Yaltırak ve diğ., (2002), Çanakkale Boğazı' nı da kapsayacak şekilde Batı Marmara' nın yaklaşık son 225 bin yıldır, yılda yaklaşık 0.40 mm yükselmekte olduğunu belirlemiştir. Yazarlar ayrıca, bu sıkışmanın KAFZ' nun yarattığı bir sıkışmalı büklüm tarafından geliştirilmiş olduğunu da belirtmişlerdir. Bu nedenle çevre kara alanlarında yer alan jeolojik birimler söz konusu tektonik olaylarda etkilenmiş veya doğrudan bu tektonik aktiviteler tarafından kontrol edilmiştir.

Çanakkale Boğazı Marmara Denizi çıkışı jeolojisi, tektonik kökenli olup, paleotektonik ve neotektonik dönemde gelişen önemli olayların etkilerinin izlerini taşımaktadır. Bu nedenle karmaşık bir yapıya sahiptir. Tetis Okyanusu' nun kapanması sırasında Sakarya Zonu ile İstanbul Zonu arasındaki çarpışma zonu üzerinde yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve diğ., 1994). Bölge daha sonra, bu alanda Geç Miyosen-Pliyosen döneminde gelişen Marmara Denizi' nin içerisinde yer almıştır (Saner, 1985; Barka ve Kadinsky-Cade 1988; Okay ve diğ., 1999; 2000).



Şekil 2.6 Alan-1' e ait jeoloji haritası (Yaltırak, 1996; Sakıncı ve diğ., 1999; Yaltırak ve diğ., 2002).

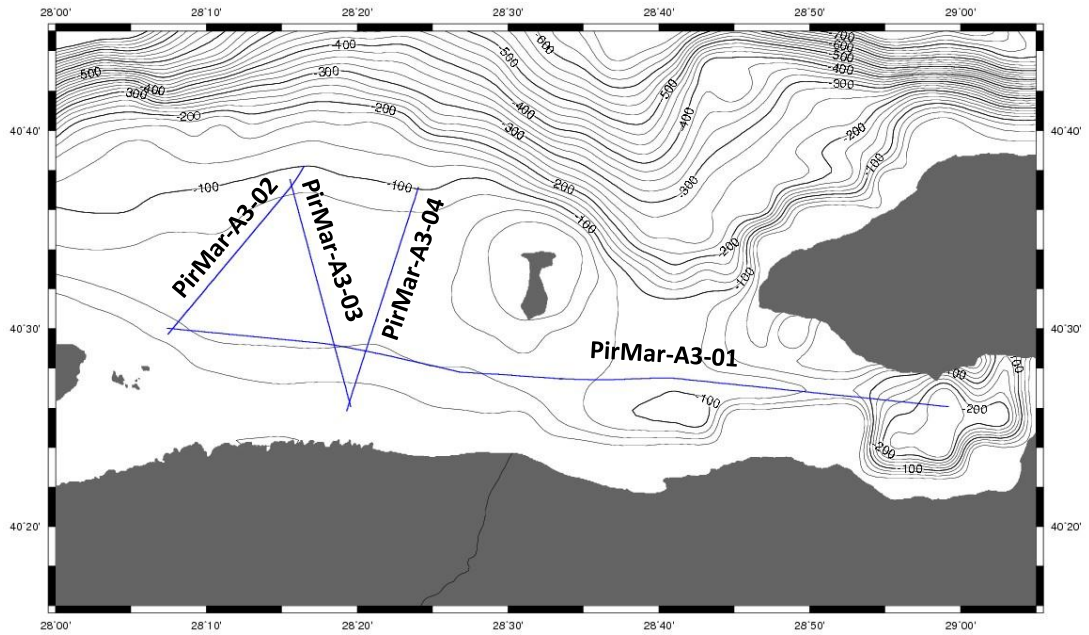
Çalışma alanı çevre karalarında gözlenen jeolojik birimler iki ana gruba ayrılabilir. Çanakkale Boğazı ve bu alanı çevreleyen komşu bölgeleri, alt kısımda

Miyosen öncesi – Miyosen dönemine ait temel kaya birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimler, Triyas-Miyosen dönemlerinde bu alanda gelişen ofiyolitler, metamorfik kayalar, volkanik kayalar ve kırıntılılardır (Erol 1968, 1972, 1981, 1985, 1992; Okay ve Tansel, 1992; Çağatay ve diğ., 1998; Elmas ve Meriç, 1998; Tüysüz ve diğ., 1998; Yaltrak ve diğ., 1998, 2002).

Temel birimlerin üzerinde ise Üst Miyosen ve Pliyosen dönemine ait çökeller, boğazın her iki tarafında kıyı boyunca ortaya çıkmaktadır (Çağatay ve diğ., 1998; Elmas ve Meric, 1998; Tüysüz ve diğ., 1998; Yaltrak ve diğ. 1998, 2002). Genç nehir yataklarının Kuvaterner dönemine ait denizel setleri ve alüvyonal birimleri Çanakkale Boğazı' nın etrafındaki güncel tortulları oluşturmaktadır (Şekil 2.6).

2.3.2 Alan-3' ün Genel Özellikleri

Alan-3 ise, Marmara Denizi' nin güney şelfinde Kapıdağ ve Armutlu Yarımadaları arasında kalan bölgede yer almaktadır (Şekil 2.7).

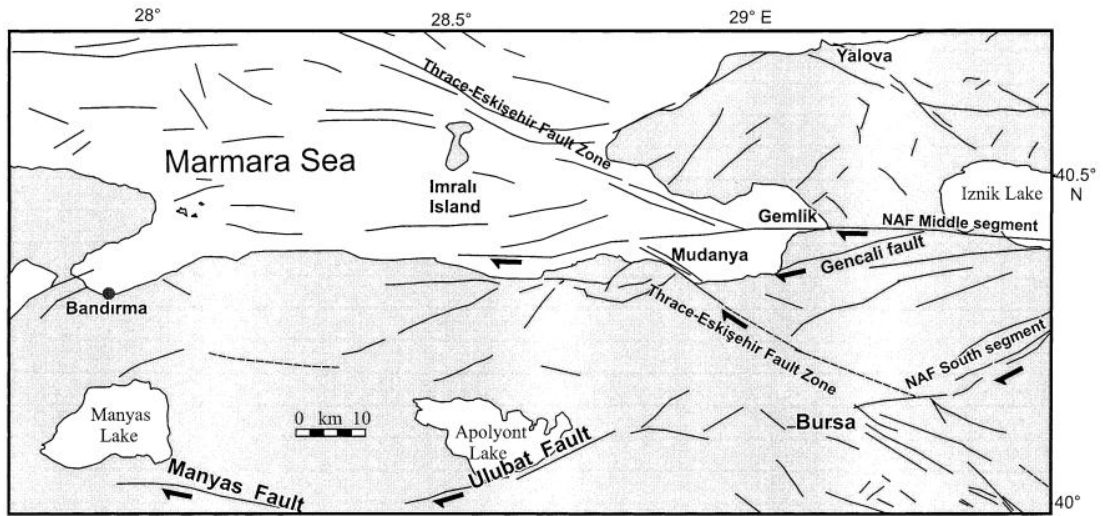


Şekil 2.7 Alan-3' e ait sismik kesitlerin konum haritası. Mavi çizgiler toplanan sismik hatların konumunu göstermektedir.

Bu bölgede yapılan son çalışmalar Marmara Bölgesi' ndeki tektonik rejimin, çökme alanları, havzalar ve yükselim alanlarının Erken Miyosen-Pliyosen

döneminde var olduğunu göstermektedir (Adatepe, 2002). Alanın Uludağ yükseliminin kuzey kesiminde Bursa Fayı bulunmaktadır. Normal bileşenli olan bu fayın etkisi ile oluşan Bandırma-Mudanya yükselimi ise, KAF' ın güney kolunun kuzeyindeki normal fayların kontrolündedir ve bu güney kollar arasında doğu-batı uzanımlıdır. Bu yapıdan yola çıkarak bölgenin tektonik rejiminde ana etkenin sağ yanal doğrultu atımlı Ganos Fay Sistemi ile Trakya-Eskişehir Fayları olduğu söylenebilir (Yaltırak, 1996; Tapırdamaz ve Yaltırak, 1997; Yaltırak ve diğ., 1998; Sakınç ve diğ., 1999; Yaltırak, 2000a).

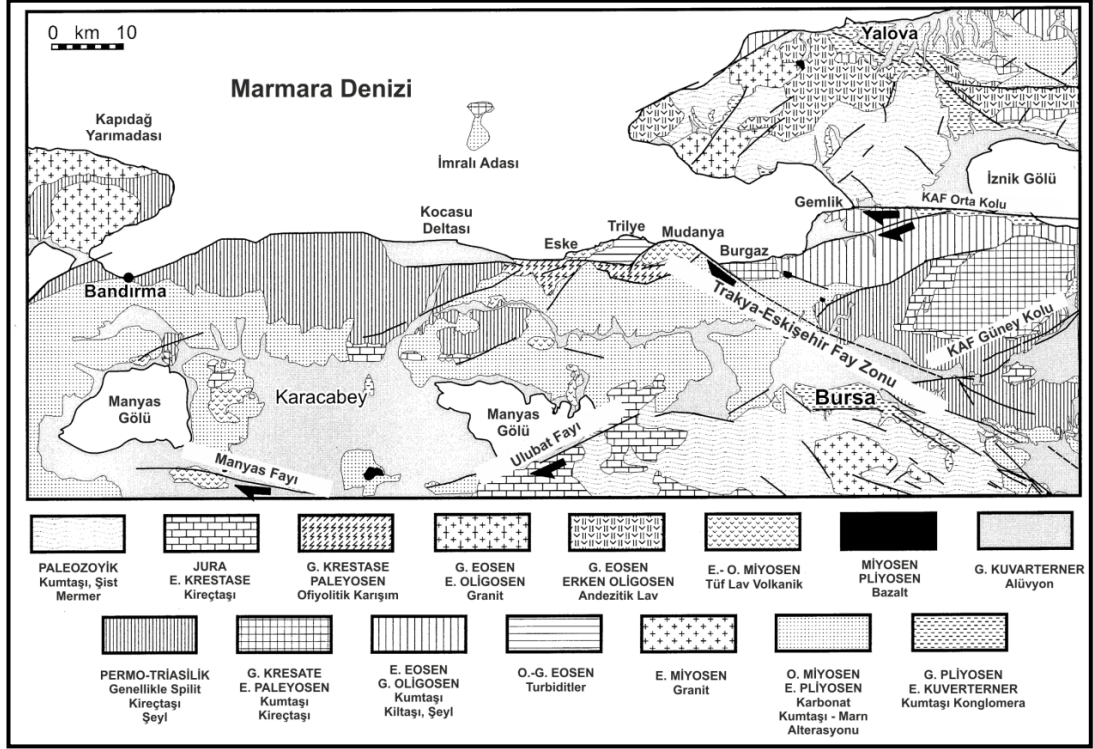
Gemlik ve Gençali fayları, KAFZ' nun güney kolunu oluşturan önemli fay sistemleridir (Şekil 2.8). Marmara Denizi' nin şelf alanındaki bu faylar, güneyde faya paralel bir yükselime meydana getirerek inceleme alanının günümüz şeklini almasında etkin bir rol oynamıştır. Trakya-Eskişehir Fayı Zonu ile birlikte güneydeki diğer faylar, Bandırma-Mudanya yükseliminin oluşmasına neden olmuştur.



Şekil 2.8 Alan-3' e ait tektonik bileşenleri gösteren fay haritası (Adatepe ve diğ., 2002)

Alan-3, Batı Anadolu'nun önemli tektonik birliklerinden olan Sakarya Kıtası üzerinde yer alır. İnceleme alanındaki kayalar, temel birimleri ve örtü birimleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Temel birimleri üzerine çökelmiş örtü birimleri ise Geç Miyosen yaşlı akarsu çökellerinden oluşur. Pliyosen-Pleyistosen yaşlı yine akarsu istifinden oluşan formasyonların yanı sıra, Geç Pleyistosen yaşlı akarsu

tarahaları, alüvyal yelpaze çökelleri, yamaç molozu, moloz akması ve alüvyondan oluşur (Selim, 2006; Şekil 2.10).

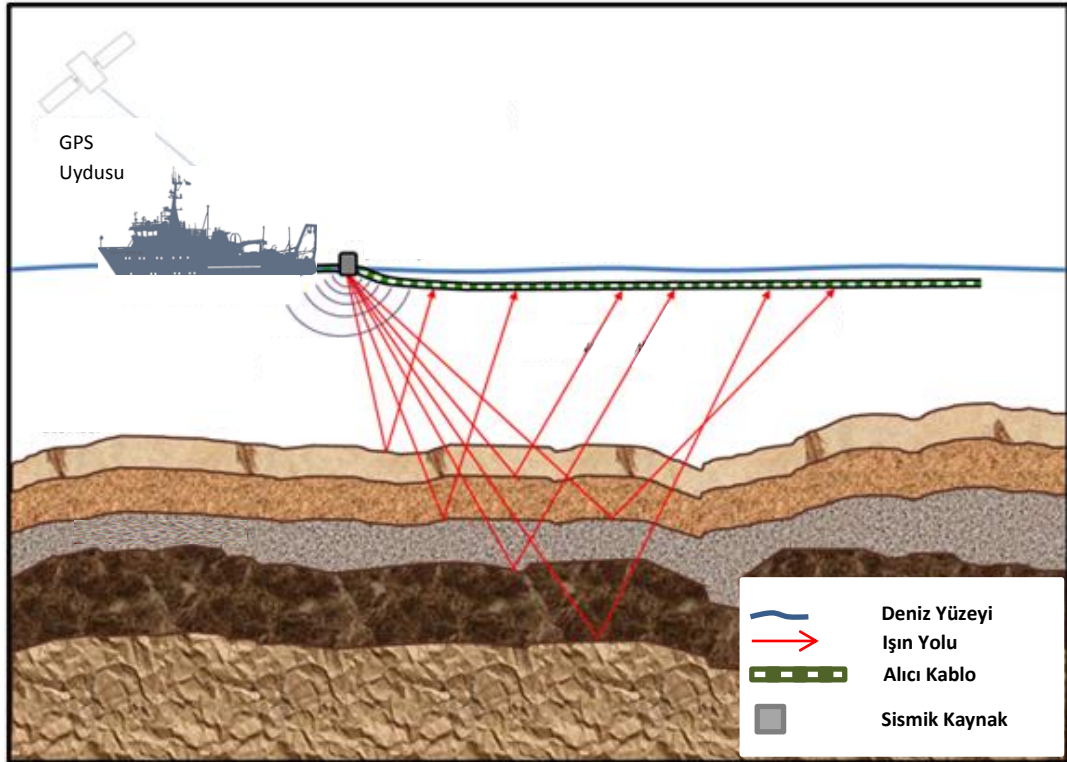


Şekil 2.9 Alan-3' e ait jeoloji haritası (Adatepe, 2002).

BÖLÜM ÜÇ SİSMİK YÖNTEM VE VERİ TOPLAMA

3.1 Sismik Donanım ve Düzenegi

Deniz sismiği araştırmalarında yansıma sismiği, tekrarlamalı bir enerji kaynağı ile oluşan sinyalleri kaydedecek alıcıların bulunduğu bir kaynak–alıcı düzeneğinin oluşturulması yardımıyla yapılır (şekil 3.1). Kaynak–alıcı düzeneği araştırmanın amacına göre sığ veya derin tabaka bilgilerinin hedeflenmesi gibi farklılıklar gösterebilir. Örneğin sığ sismik araştırmalarda kaynağın ürettiği dalgacıklar sıfır açılım (ofset) birkaç hidrofonla kaydedilirken, derin sismik çalışmalarında ise daha güçlü enerji kaynakları ile üretilen sinyaller geminin arka tarafına konumlandırılmış ve üzerinde bir çok alıcının bulunduğu 1-2 km’ lik alıcı kablosunun (streamer) çekilmesi ve sinyallerin açılımlı kaydedilmesiyle elde edilir (şekil 3.1).



şekil 3.1 Denizde yapılan sismik yansıma çalışma prensibinin şematik gösterimi. Enerji kaynağı ile oluşan sinyalleri kaydedecek alıcıların bulunduğu kaynak–alıcı düzeneği.

Proje kapsamında toplanan çok kanallı sismik, tek kanallı (sığ) sismik, multibeam batimetri ve sonar verileri DEU - DBTE’ ye ait R/V K. Piri Reis gemisi tarafından

toplanmıştır (Şekil 3.2). Piri Reis araştırma gemisi ortalama 3-5 knots hızında, 24 saat hiç durmaksızın çalışabilir. Bu tez çalışmasında bu veri topluluğuna ait çok kanallı sismik veriler konu alınmış ve bu verilerin işlenmesi ve yorumlanması amaç edinilmiştir.



Şekil 3.2 Sismik yansıma çalışmalarının gerçekleştirildiği DEU K. Piri Reis araştırma gemisi.

3.1.1 Sismik Donanım ve Düzenegi

Denizde veri toplamak için özel olarak yapılmış bir gemi ve bu iş için gerekli olan ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek ayrımlı çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplanması amacıyla sismik kaydın gerçekleştirilebilmesi için, “HydroScience – NTRS2” sismik kayıtçı, 240 kanallı ve 1500 m uzunluğunda sayısal “SeaMUX” alıcı kablo (streamer), 13 adet pusulalı ve pusulasız derinlik düzenleyici (bird- compass bird) ve bu derinlik kontrol birimlerinin gemiden kumanda edilmesini sağlayan birim, çalışmalar süresince sismik sinyallerin oluşturulabilmesi için, 2 adet hava tabancasından (GI gun) oluşan enerji kaynağı birimi (gun array), enerji kaynağı kontrol ünitesi (gun controller) ve 2 adet yüksek basınçlı kompresör, kayıtların gerçekleştirilmesi sırasında konumlandırma ihtiyacına yönelik olarak “Navipac” bütünleşik navigasyon sistemi ve bu sisteme bağlı olarak çalışan bir “GPS” sistemi ve gemi rotasının belirlenmesi amacıyla elektronik “Gyro” pusulası kullanılmıştır. Ayrıca kayıtların alınması sırasında var olan bütün geometrik ve fiziksel değiştirgenler (parametreler) Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1 PirMarmara seferinde uygulanan çok kanallı yansıma sismiğinin fiziksel değıştirgenleri.

Kanal Sayısı	120-240	Hava Tabancası Sayısı	2
Grup Aralığı	6.25	Basınç (psi)	2000
CDP Aralığı	3.125	Hacim(ich³)	2x(45+45)
Maksimum Katlanma	15-20	Hava Tabancası Derinliğı	3 m
Alıcı Kablo Uzunluğı	750	Derinlik Düzenleyici Sayısı	5-13
Alıcı Kablo Derinliğı	3 m	Atış Aralığı	18.75
Modül Sayısı	9	Kayıt Uzunluğı	5000 ms
Alıcı Kablo Bölüm	18	Örnekleme Aralığı	1 ms
Ofset	15-70 m	GPS Alıcısı	DGPS
Hava Tabancası Tipi	G.I. Gun	Ortalama Geni Hızı	5-5.5 knots

3.1.1.1 Deniz Sismiğı Enerji Kaynakları

Sığ deniz sismiğı araştırması yapılacak ise “yüksek frekanslı” sinyal üreten bir kaynak gerekirken, derin deniz sismiğı araştırması için “düşük frekanslı” sinyal üreten bir kaynak gerekmektedir. Boomer, Sparker ve Pinger gibi yüksek frekanslı sistemler bir kaç metre kalınlıktaki katmanları çözmekte başarılı olabilirler. Büyük hazneli hava tabancası gibi düşük frekanslı sistemler ise sınırlı çözünürlük gösterirler, ancak kilometrelerce derinlerdeki çökel ve katı kayalar hakkında bilgi sağlayabilirler.

Hava tabancaları sismik yansıma da en çok kullanılan enerji tipidir. Hava tabancasının içindeki odacığa hapsedilen basınçlı havanın aniden su içerisine bırakılması ile sismik sinyal oluşur. GI hava tabancasının çalışma ilkesi kısaca; hava kompresörünün sıkıştırdığı havanın hava tabancası tarafından suya salınması, salınan havanın su içinde oluşturduğu kabarcığın maksimum genliğe ulaştığı anda ikincil bir hava kabarcığının enjekte edilmesi olarak açıklanabilir. Çok kanallı sismik yansıma verileri toplanırken kaynak olarak, (45+45) inch³ “generator/injector” 2 adet (GI gun) hava tabancası kullanılmıştır (Şekil 3.3). Kaynak basıncı genelde 2000 psi olsa da 10000 psi’ a kadar çıkan hava tabancaları da vardır.



Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan GI tipi hava tabancası.

Hava tabancalarının kullanıldığı çalışmalarda genelde büyüklükleri 10 ila 2000 inç³ arası değişen çoklu sistem kullanılır. Bunu yaparken amaç daha geniş bir frekans spektrumu elde etmektir.

3.1.1.2 Sismik Alıcı ve Alıcı Kablosu (Streamer)

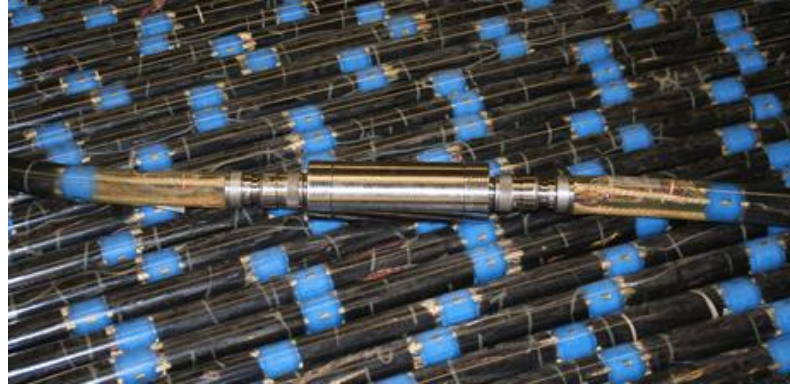
Deniz sismiğinde yansıma sinyallerinin kayıtçı birimlere iletimi, alıcı kablo (streamer) içerisindeki sismik alıcılar (hidrofonlar) yardımıyla olmaktadır (Şekil 3.4). Streamer içerisinde belirli aralıklarla dizilen bu hidrofonlar, su içerisine indirilerek yansıyarak gelen sinyalin bu birimler vasıtasıyla kayıtçı sisteme iletilmesi sağlanır. Burada kaynaktan gelen sinyalin su içerisinde meydana getirdiği basınç değişimi algılanır. Alıcı kablolar birbirine eklenebilen 75 veya 100 metrelik bölümler halinde üretilir ve alıcı grup aralıkları 6.25 veya 12.5 metre olarak düzenlenir. Bu çalışmada, 6.25 m grup aralığı olan sırasıyla 750 m uzunluğunda alıcı kablo kullanılmıştır.

3.1.1.3 Sayısallaştırıcı (Digitizer)

Sismik sinyalin kayıtçı birimlerine iletilirken, algılanan sinyal önce bu birimde sayısal hale dönüştürülerek gönderime hazır hale getirilir. Sayısallaştırma işlemi, belirli aralıklarla takılan alıcı kablo üzerine ve digitizer adı verilen cihazlar ile gerçekleştirilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Sismik yansıma çalışmalarında kullanılan dijital sismik alıcı kablosu (sismik streamer).



Şekil 3.5 Sismik sinyal kayıtçı birimine gönderilmeden önce bu cihazlar tarafından sayısallaştırılır.

3.1.1.4 Alıcı Kablo Derinlik Düzenleyicileri (Bird)

Veri toplama sırasında alıcı kablonun düşey konumunu kontrol etmeye yarayan birimlerdir. Genelde alıcıların deniz yüzeyi dalgalarından en az derecede etkilenmesi için alıcı kablonun deniz seviyesinden yaklaşık olarak 2-3 m aşağıda çekilmesi gerekmektedir. Bu değer havanın durumuna göre değişim gösterebilir. Kablo üzerine belirli aralıklar yardımı ile monte edilen derinlik düzenleyicileri sayesinde sistem

belirli derinliklere kadar indirilebilmektedir (Şekil 3.6). Acil bir durumda ise yine bu derinlik düzenleyiciler sayesinde sistem 25 m derinliğe kadar indirilebilir. Bu cihazlar ile iletişim yine alıcı kablo üzerinden sağlanır. Kablo içinde bulunan elektromanyetik iletişim bobini sayesinde derinlik düzenleyicilere bilgi aktarımı yapılabilir.



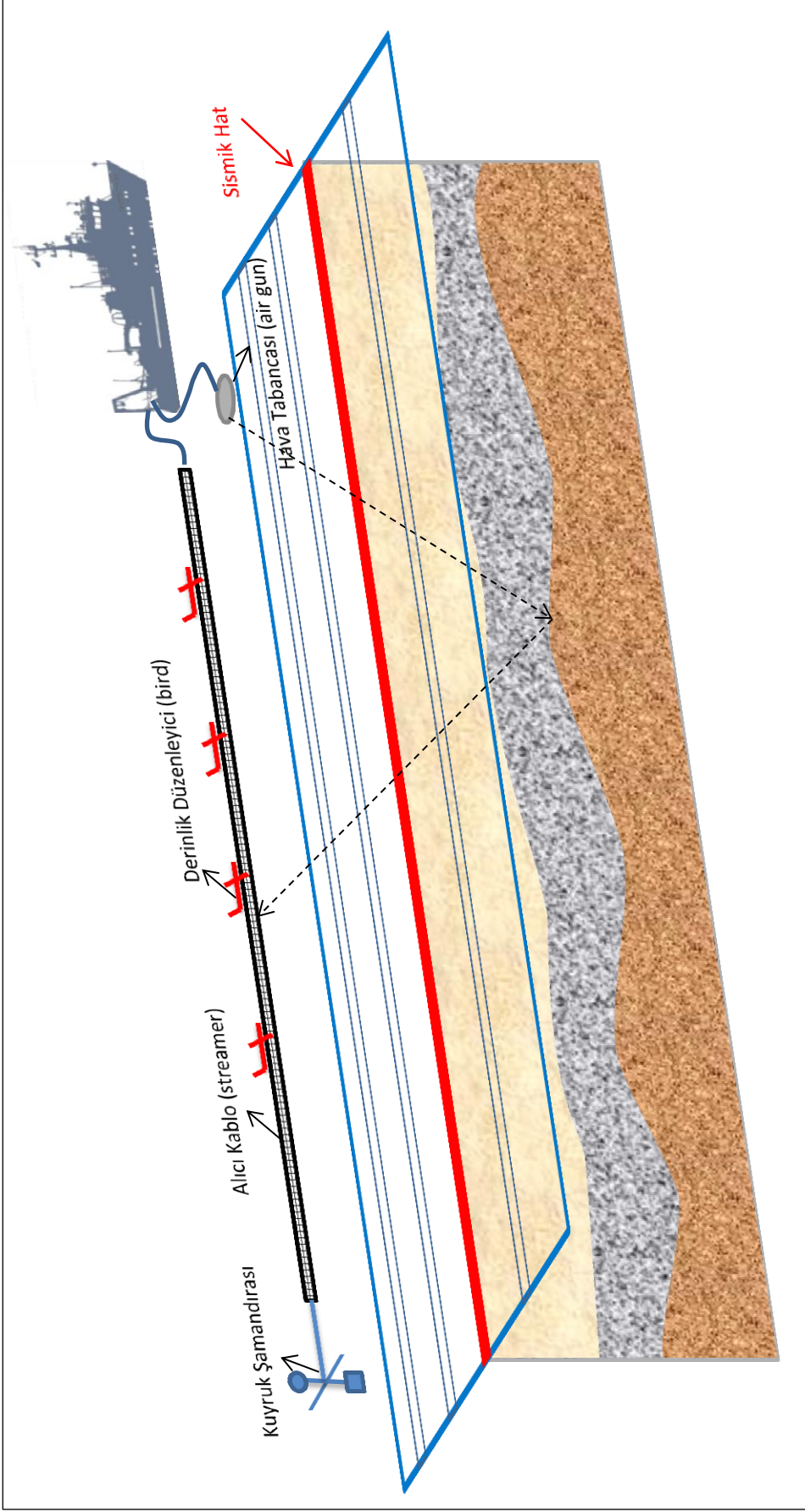
Şekil 3.6 Alıcı kablo üzerine monte edilen derinlik düzenleyicileri (Bird).

3.1.1.5 Sismik Kayıtçı (Recorder)

Tüm alıcı sistemlerden gelen anlık sismik genlik bilgilerinin kayıt edildiği sistemdir (Şekil 3.7). Sıfır zamanı sinyali ile birlikte sismik kayıtçı, alıcı kablodan gelen sismik veri akışını önceden belirlenen kayıt süreci boyunca kaydedilerek atış gruplarını oluşturur. Bu tez çalışmasında toplanan veriler için 5 s' lik bir kayıt uzunluğu belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Çok kanallı sismik yansıma sistemine ait kayıtçı birimi.



Şekil 3.8 Sismik yansıma çalışmasında kullanılan kaynak, alıcı kablo ve diğer gerekli ekipmanlar. Sismik kaynağın yeraltına gönderdiği sinyal yansıdıktan sonra bu yansıyan sinyal alıcı kablo (streamer) tarafından algılanarak sismik kayıtları gönderilir. Bu sırada derinlik düzenleyiciler alıcı kabloyu istenilen derinlikte tutarken, kuyruk şamandırası üzerinde bulunduğu flaşör ve reflektör ile diğer gemilerin seyir sırasında alıcı kabloyu fark etmesini sağlar.

3.1.1.6 Konum Belirleme Sistemi (Navigasyon)

Toplanan verinin konumu bu tür çalışmalarda oldukça önemlidir. Konum belirleme işlemi Küresel Konum Sistemi – Global Positioning System (GPS) ile yapılır (Şekil 3.9). Sismik veriyi toplamaya uygun olarak hazırlanan navigasyon yazılımları sayesinde konum bilgisi temin edilir. Buna ek olarak sistemde bulunan elektronik bir pusula (gyro compass) sayesinde azimut bilgisi de girilebilir. Veri toplanırken navigasyon sistemi, her atış noktası için konum bilgilerini, atışın zamanını, geminin ve atış noktasının konumunu ve geminin hızını log dosyasına kaydeder.



Şekil 3.9 Global DGPS alıcı.

3.1.1.7 Kuyruk Şamandırası (Tailbuoy)

Sefer sırasında denize bırakılan alıcı kablonun gemiden uzak olan ucuna kuyruk şamandırası takılmaktadır. Bu şamandıra üzerindeki uyarıcı ışıkları ile diğer gemileri uyarır ve alıcı kablonun üzerinden geçmelerine engel olur. Bazı kuyruk şamandıralarının üzerinde RGPS (rölatif GPS sistemi) takılıdır. RGPS hareket halindeki cisimlerin konumlarını diğer bir cisme göreceli olarak tespit etmek amacıyla kullanılan bir sistemdir. Bu çalışmada alıcı kablonun sonunda bulunan kuyruk şamandırasının konumunu belirlenerek “feather açısı” yani sapma açısının hesaplanması alıcı kablonun şeklinin ve konumunun belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 3.10 Çalışmada kullanılan kuyruk şamandırasına ait bir görüntü.

Kuyruk şamandırasının hareketini izleyen bu sistem, alıcı kablonun sonundaki kuyruk şamandırası üzerine sabitlenmiş halde ve gemini hareketiyle uyumlu bir şekilde sürekli aktif konumda bulunan bir cihaz aracılığı ile bilgileri ana merkez olan gemideki kontrol ünitesine radyo dalgaları ile veya bir kablo aracılığı ile aktarır.

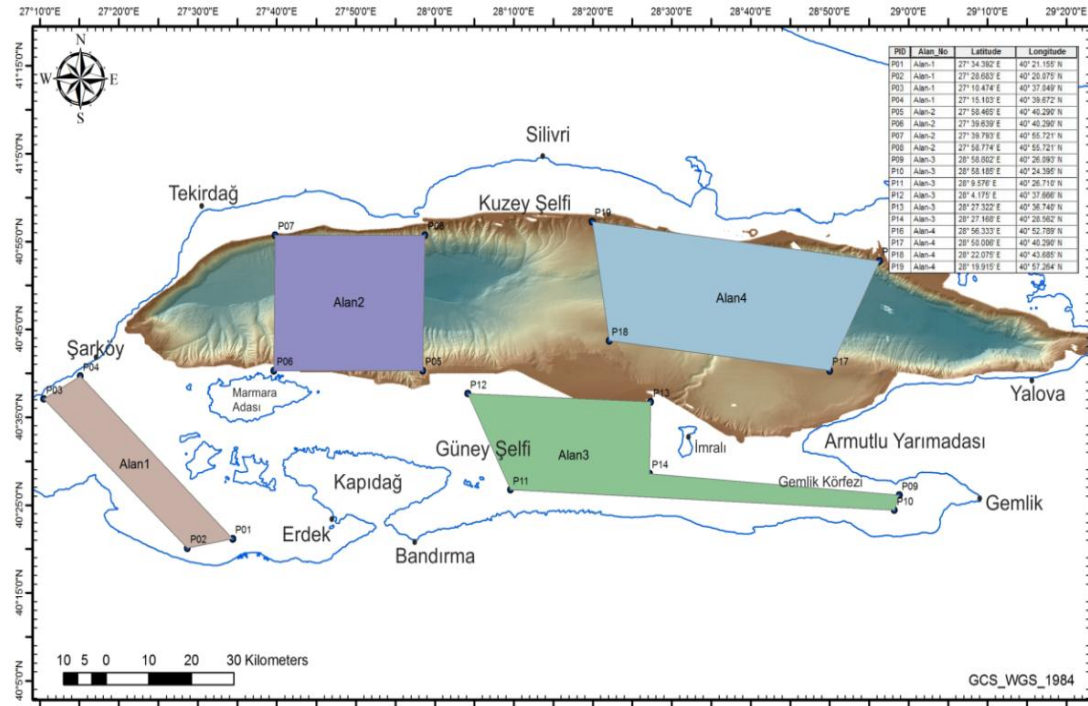
3.2 Saha Çalışması

Veri toplama 2010 yılı içerisinde K. Piri Reis araştırma gemisi ile Sismik laboratuara (Seislab) 'a ait sismik sistemler kullanılarak Ifremer Marine Geosciences Department–Fransa' dan ve LDEO, Columbia Üniversitesi-Amerika' dan araştırmacıların da katılımıyla ortak olarak yürütülmüştür. Veri toplama işlemi 24 saat vardiyalı olarak yapılmıştır. Sefer süresince Marmara Denizi' nin 4 ayrı alanında veri toplanırken bu tez çalışması için Alan1 ve Alan3' teki hatlar kullanılmıştır. İki alanda toplam 220 km' lik bir alanda yüksek ayrımlı çok-kanallı sismik veri toplanmıştır. Şekil 3.11' de çalışma alanı lokasyonu ve toplanan sismik yansıma hatlarının konumları verilmiştir. Ayrıca yukarıda bahsedilen tüm sistemleri içerisinde barındıran blok diyagram Şekil 3.12' de verilmiştir.

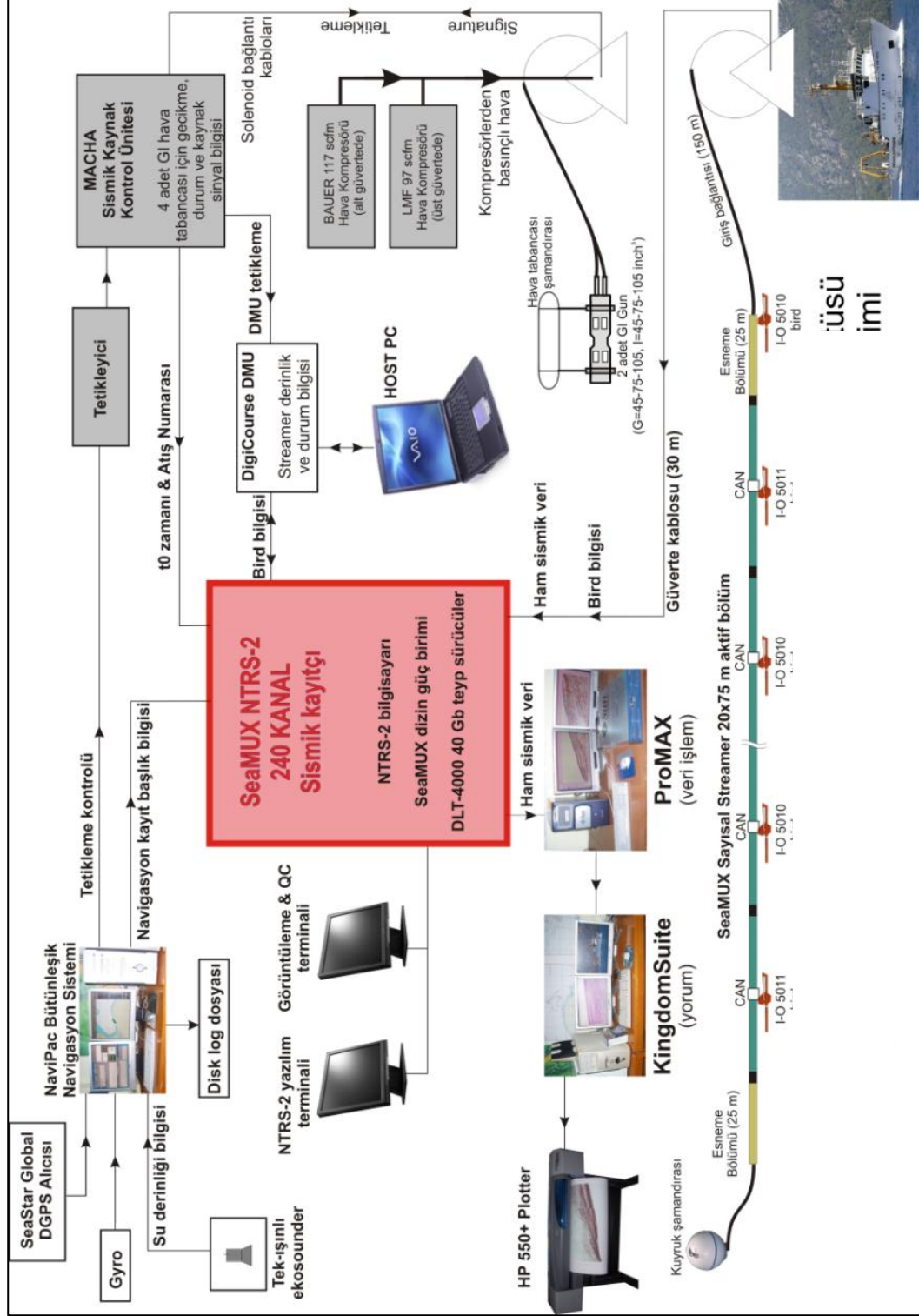
Buna ek olarak tez çalışmasında kullanılan hatlara ait bilgiler Tablo 3.2’ de verilmektedir. Toplam 6 tane hat üzerinde veri işlem ve KK uygulamaları gerçekleştirilmiş olup, veri yoruma hazır hale getirilmiştir.

Tablo 3.2 Tezde kullanılan PirMarmara hatlarına ait bilgiler.

Hat İsmi	Atış sayısı	CDP sayısı	Hat uzunluğu (m)
PirMar-A1-01	1306	11676	24487
PirMar-A1-02	2048	11910	38400
PirMar-A1-03	2268	13189	42525
PirMar-A3-01	4021	23569	75393
PirMar-A3-02	1048	6485	19650
PirMar-A3-03	1121	7058	21018
Toplam uzunluk (m)			221473 m



Şekil 3.11 PirMarmara seferinde toplanan sismik hatlara ait konum lokasyon haritası. Sefer sırasında 4 ayrı alanda veri toplanmıştır. Tez kapsamında, Alan-1 ve Alan-3’ te toplanan sismik hatlar kullanılmıştır.



Şekil 3.12 DEU Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü yüksek ayrıklı sismik yansımaya sisteminin şematik gösterimi (Dondurur, 2009)

BÖLÜM DÖRT

SİSMİK KALİTE KONTROL

4.1 Veri Toplama Ekipmanları

Tezin bu bölümünde, çalışmanın da büyük bir bölümünü oluşturan Kalite Kontrol (KK) ve uygulamalarına değinilmiştir. Bu bölümde MATLAB tabanlı oluşturulan programlarda sismik ham veri programa tanıtılarak ön veri işlem aşamaları uygulanmıştır.

Sismik veri görüntüleme kalitesi büyük ölçüde veri toplama ekipmanlarının doğru şekilde kurulumu, kullanımı ve kontrolüne bağlıdır. Bu anlamda veri kaliesinden kasıt, sismik verinin çözünürlüğün S/N arttırıp yorumlanabilir hale getirilmesidir. Deniz sismik araştırmalarında hedef, deniz tabanı altındaki formasyonların jeolojik yapısını ortaya koymak ve jeolojik yoruma gitmektir.

Çok kanallı sismik yansıma ekipmanları ham sismik verinin yanı sıra aynı zamanda veriye ait navigasyon verilerini de kaydetmektedir. Toplanan ham sismik verisi, veri kalitesini de bozabilecek çeşitli parametreleri de içinde barındırmaktadır (Rüzgar, deniz yüzeyinde meydana gelen dalgalar, gemi hareketine bağlı olarak alıcı kablosunda oluşabilecek konum sapmaları, vb.). Bu sebeple veri kalitesini etkileyebilecek unsurlar her zaman kontrol edilmelidir.

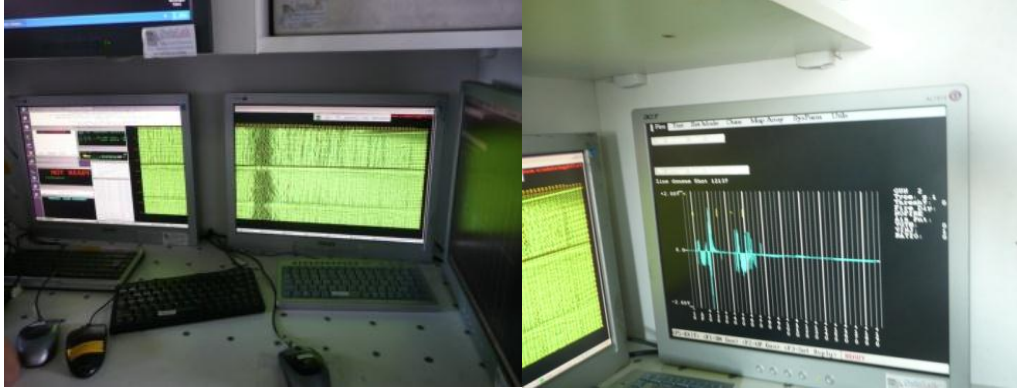
Veri toplama esnasında, hat boyunca kaynağın ve alıcıların, hedeflenen (bilgi alınmak istenen) hattın üzerinde olduğuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Kaynağın ve alıcıların konumu hat boyunca kontrol altında tutulmalı, veri kalitesini etkileyecek herhangi bir problem meydana gelmesi durumunda hat ya durdurulmalı ya da baştan başlatılmalıdır. Burada en önemli nokta;

- Alıcıların konumu, çalışan kanalların kontrolü, alıcı kablosunun derinliği,
- Kullanılan derinlik düzenleyicilerin konumu, derinliği ve gyro bilgileri,

- Hattın her bir atışına karşılık gelen navigasyon bilgisidir.

4.2 Sismik Sinyal Kontrolü

Sismik sinyal veri kalitesinin kontrolünde büyük rol oynamaktadır. Örneğin, bazı zamanlarda donanım ya da kötü hava koşullarından kaynaklanan durumlarda, sismik veride beklenmedik gürültüler meydana gelebilir. Bu nedenle sismik verilerin gürültü seviyeleri, veri toplama esnasında eş zamanlı olarak ya da daha sonrasında kontrol edilmelidir. Veri toplama sırasında yapılan kontrollerde, hattın her bir atışı için atış grupları görüntülenir (Şekil 4.1). Burada amaç, her atış için olası gecikme olup olmadığının ve kaynak kontrolünün yapılmasıdır. Hattın bir atış için tüm izleri görüntülenir ve bu her 50 atışta bir yapılabilir. Olası ölü izler, gürültüler ve ters polariteye sahip izlerin olup olmadığı kontrol edilir.



Şekil 4.1 Atış anında hatta ait atış grupları ve hattın lokasyonu gemideki kayıtçı ve navigasyon sistemine ait monitörlerden gözlemlenebilmektedir. Veri toplama sırasında eş zamanlı kontroller bu monitörler aracılığı ile yapılmaktadır.

Ham verideki gürültü seviyelerinin kontrolü ve spektrum kontrolü bize ön-veri işlem öncesi ihtiyaç duyduğumuz çeşitli parametreleri verecektir. Ancak bu kontrolü yapmadan önce sismik verinin ilgili programa okutulması ve veri formatının bu programa tanıtılması gerekmektedir.

4.2.1 Sismik Veriyi KK-QC Programına Yükleme

Veri yükleme, toplanmış olan ham sismik verinin veri işlem sistemine yüklenmesi anlamına gelir. Bunun için veri formatının yazılım tarafından okunması gerekir. Sismik veri özel veri formatlarında BINARY dosyalar olarak kaydedilir, ASCII değildir ve bu nedenle genlik değerleri text olarak doğrudan görüntülenemez (Dondurur, 2009).

Sismik genlik bilgilerinin dışında bu veri dosyaları, atış numarası, örnekleme aralığı, kanal sayısı gibi bilgileri de bünyesinde barındırır. Bu bilgilerin kaydedildiği bölümlere ise “header” yani başlık adı verilir (Şekil 4.2).

Deniz sismiği verileri genellikle SEG-D adı verileri veri formatında kaydedilir. Ancak farklı yazılımlar arasında veri değişimin yapılmasına olanak sağlayan tüm veri işlem ve sismik yorum yazılımlarının okuyabildiği standart sismik veri formatı ise SEG-Y formatıdır. Bu format MATLAB tarafından da okunabilmektedir. Formatı okutmak için oluşturulan program temelde dosya içinde her karakteri tanımlayan bir imleç sayesinde, istenilen bölümün giriş verisi olarak okutulmasını sağlamaktadır.

Optional SEG Y Tape Label	3200 byte Textual File Header	400 byte Binary File Header	1 st 3200 byte Extended Textual, File Header (Optional)	~	N th 3200 byte Extended Textual File Header (Optional)	1 st 240 byte Trace Header	1 st Data Trace	~	M th 240 byte Trace Header	M th Data Trace
------------------------------------	---	--------------------------------------	--	---	---	--	----------------------------------	---	--	----------------------------------

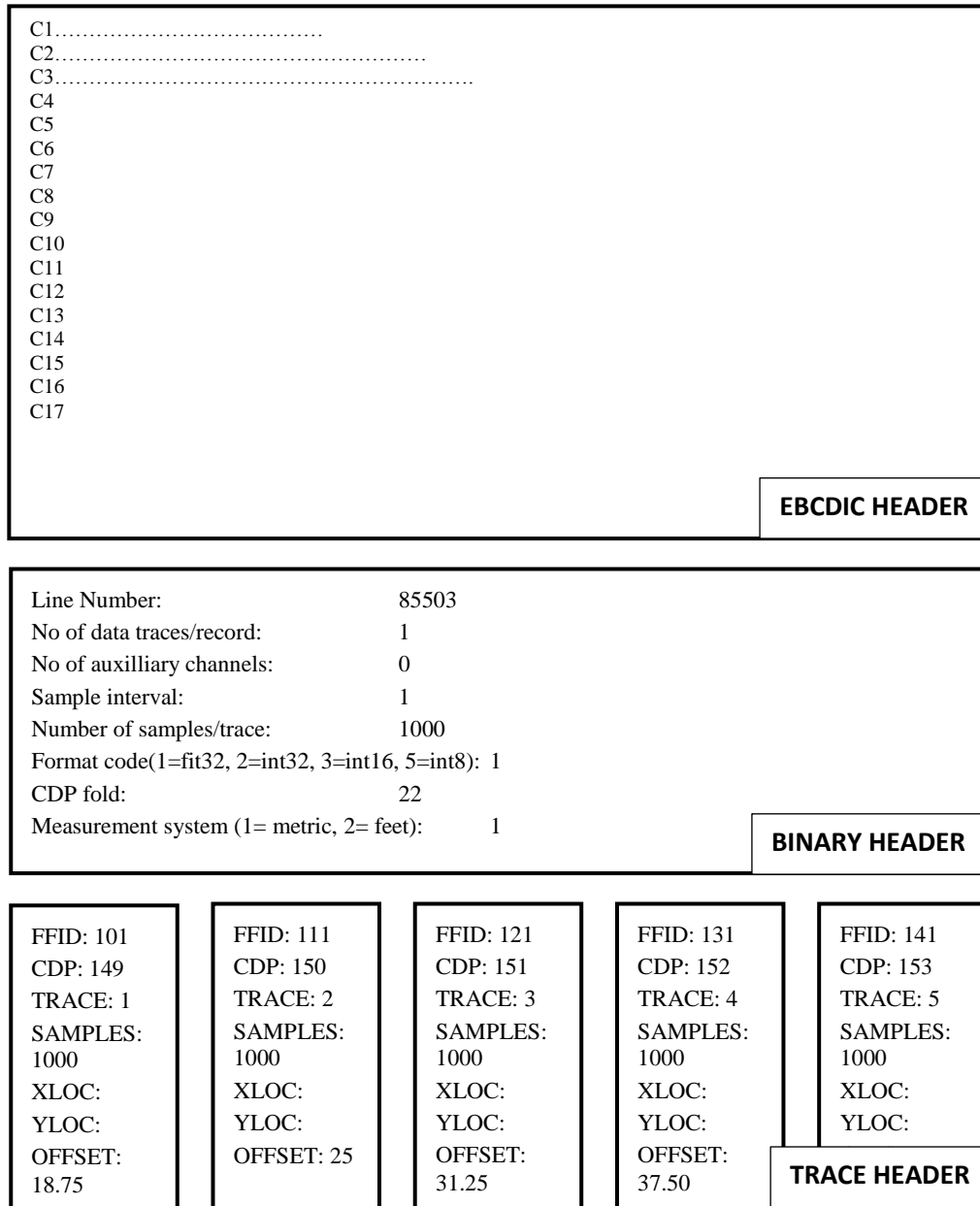
Şekil 4.2 Bit sisteminin SEG-Y veri dosyasındaki başlıklarının açılımı.

En temel anlamda, yüklenen veri dosyasının içindeki bilgilerin erişim sağlandıktan sonra program ASCII karakterli verilerle sayısal verileri birbirinden ayırt ederek gerekli iz ve atış bilgilerini bize vermektedir.

SEG-Y veri formatı;

- EBCDIC Header → 3200 byte, ASCII karakterli 80 kolon 40 satırdan oluşmaktadır.

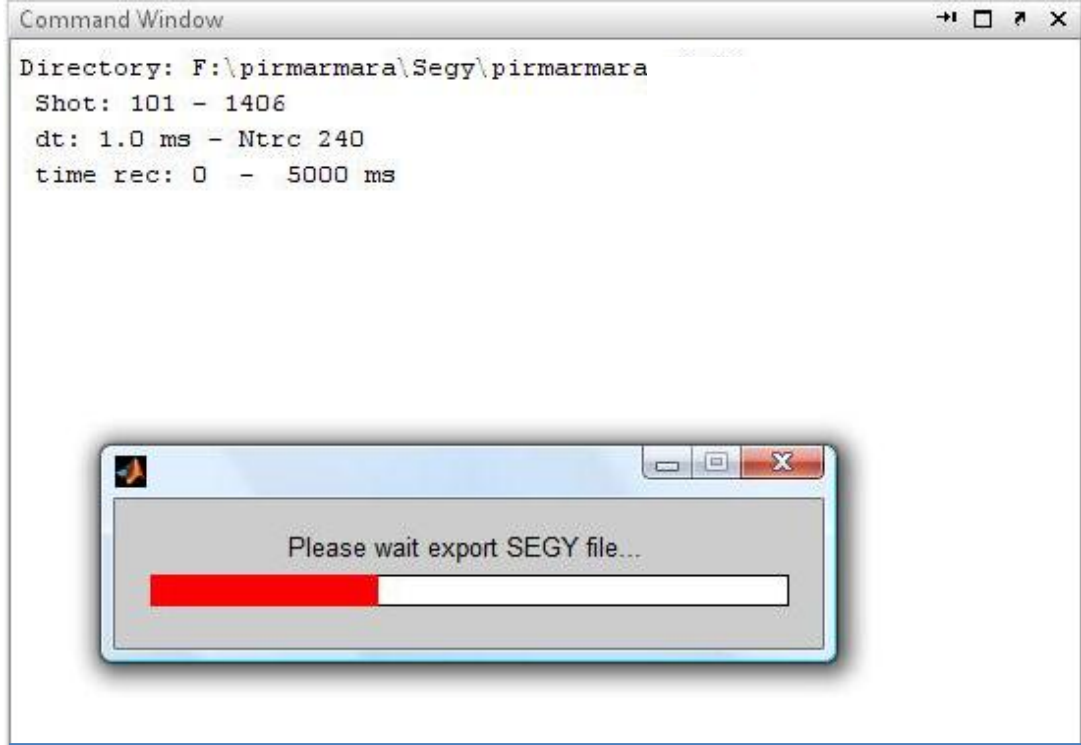
- BINARY Header → 400 byte, kanal sayısı, örnekleme aralığı gibi her iz için aynı olan bilgileri içermektedir.
- TRACE Header → 240 byte, her bir ize ait bilgileri içerir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 SEG-Y veri formatının şematik gösterimi (Dondurur, 2009)

MATLAB ile hazırlanan program dosya bilgisi, dosya başlığı ve sismik veriyi sabit diskten okumak için kullanılır. Ayrıca bu program ile okunan bilgi ekran üzerinde görüntülenebilir ve/veya “plot” işlemi ile çizdirilebilir. Programın sağladığı menü ile dosya ismi, ilk iz numarası, okunacak iz sayısı, veri kayıt parametreleri gibi

bilgiler elde edilebilir (Şekil 4.4). Bu aşamadan sonra MATLAB' a tanıtılan veri formatı görüntüleme ve sismik veri işleme hazırdır.



Şekil 4.4 Ham verinin programa yüklendikten sonra ekrandaki bilgilerinin gösterimi.

4.2.2 Veri Görüntüleme

MATLAB' da hazırlanan görüntüleme programı, sismik veri dosyasını okumak, ekranda göstermek, grafik formatta çıkış dosyası üretmek veya bir yazıcıdan çıkış almak için kullanılır. Oluşturulan grafik formattaki dosyalar diğer resim işlem programları ile işlenir ve yorumlanabilir.

4.2.2.1 Sismik Verinin Tek Kanallı Görüntüsü

Bu aşamada, programın formatına uygun okunmaya hazır hale getirilen veri görüntülenir. MATLAB' da veri görüntüleme ve grafiklendirme için kullanılan bir çok komut genel olarak matris ve vektör mantığına dayanır. SEG-Y veri formatında da durum aynıdır. Tranzpozisi alınan veri matrisi çizdirilmeye hazır hale dönüştürülür. Yani her kanalın sahip olduğu tüm örnekler aynı kolonda toplanır. Her

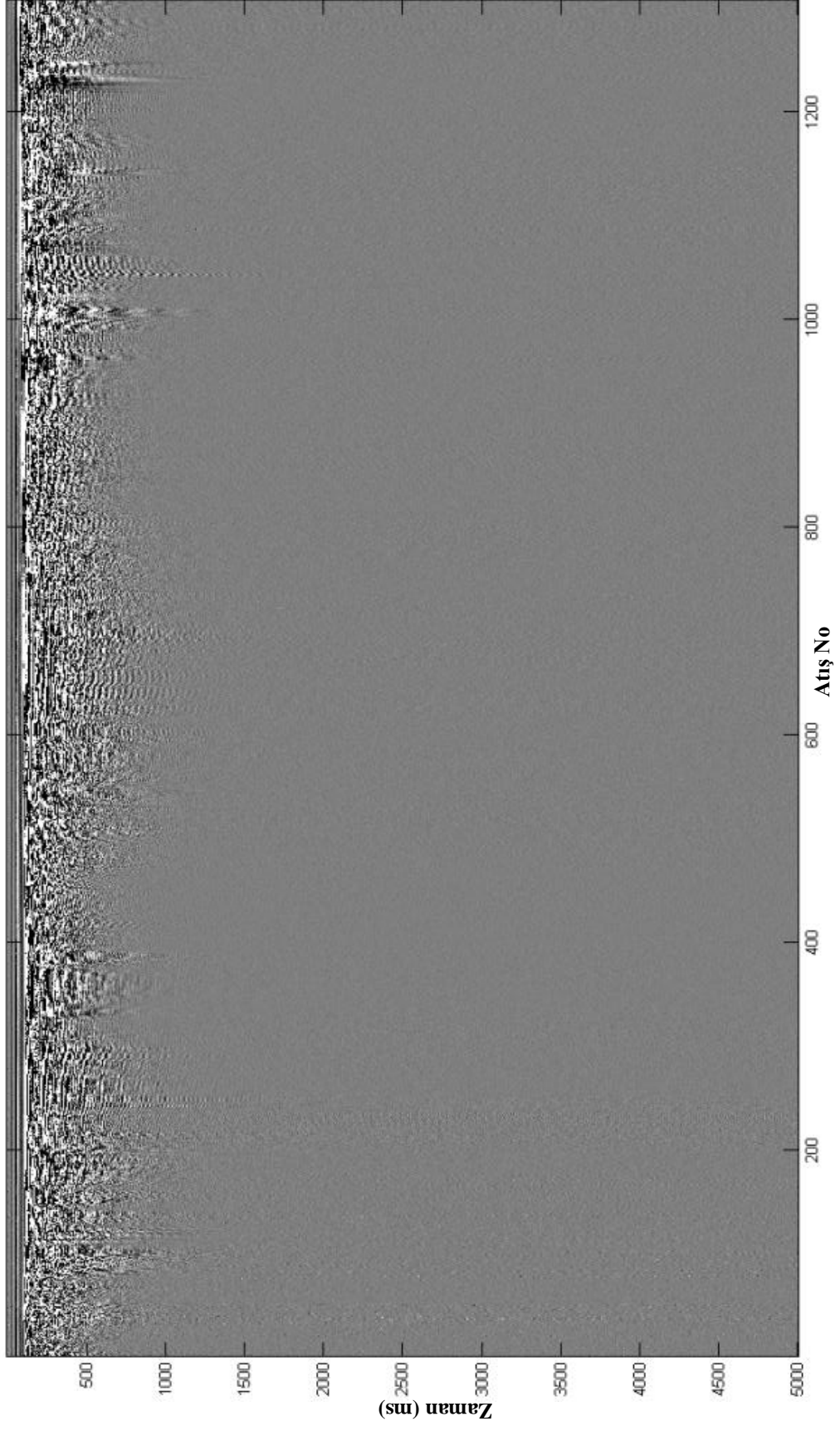
atış dosyasındaki izler, “kanal numarası - varış zamanı” matrisine göre çizdirilir. Yani satır, varış zamanı bilgisini taşıırken kolon ise kanal sayılarını ifade eder.

Şekil 4.5’ te PirMar-A1-03 sismik hattından okunan her atış dosyasının ilk izleri ile oluşturulan ortak ofset kesiti gösterilmektedir. Yatay eksen uzaklık ve düşey eksen zaman bilgisini vermektedir. Veri 5 s’ lik kayıt uzunluğuna sahip olduğu için burada tüm veriyi göstermek adına ilk etapta tüm pencere boyu alınarak görüntüleme yapılmıştır. Bu aşamadan sonraki görüntülemelerde veriyi daha net ve yakından takip edebilmek için sismik kaydın ilk 1 s’ lik bölümü çizdirilecektir (Şekil 4.6). Bu görüntüleme bize veri hakkında ön bir bilgiye sahip olmamızı sağlar. Verinin daha net görülebilmesi veriye ilk etapta 20 Hz’ lik bir yüksek geçişli filtre uygulanarak yüzey gürültülerinden arındırılmıştır.

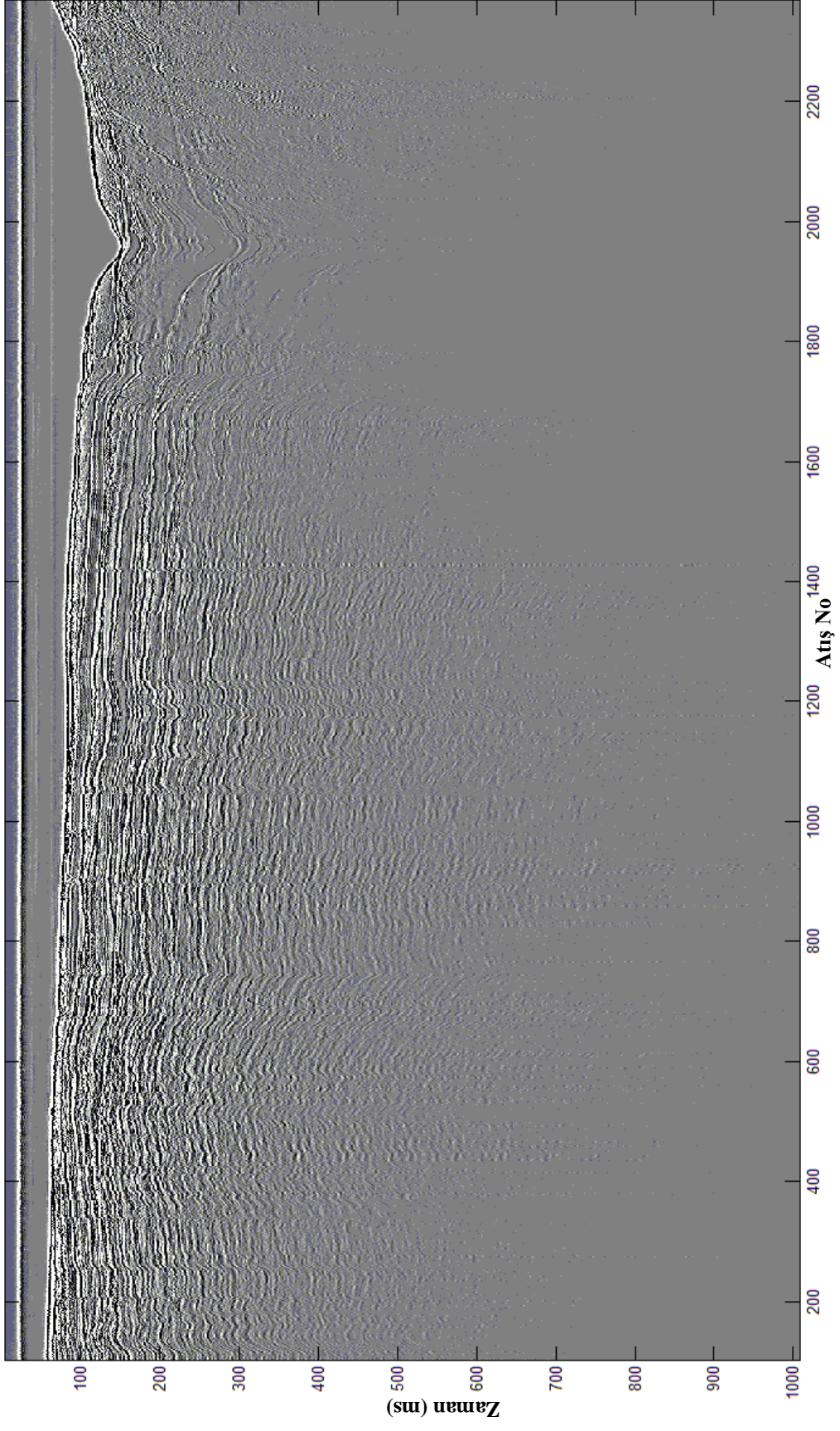
4.2.2.2 Sismik Verinin Atış Grupları Halinde Görüntülenmesi

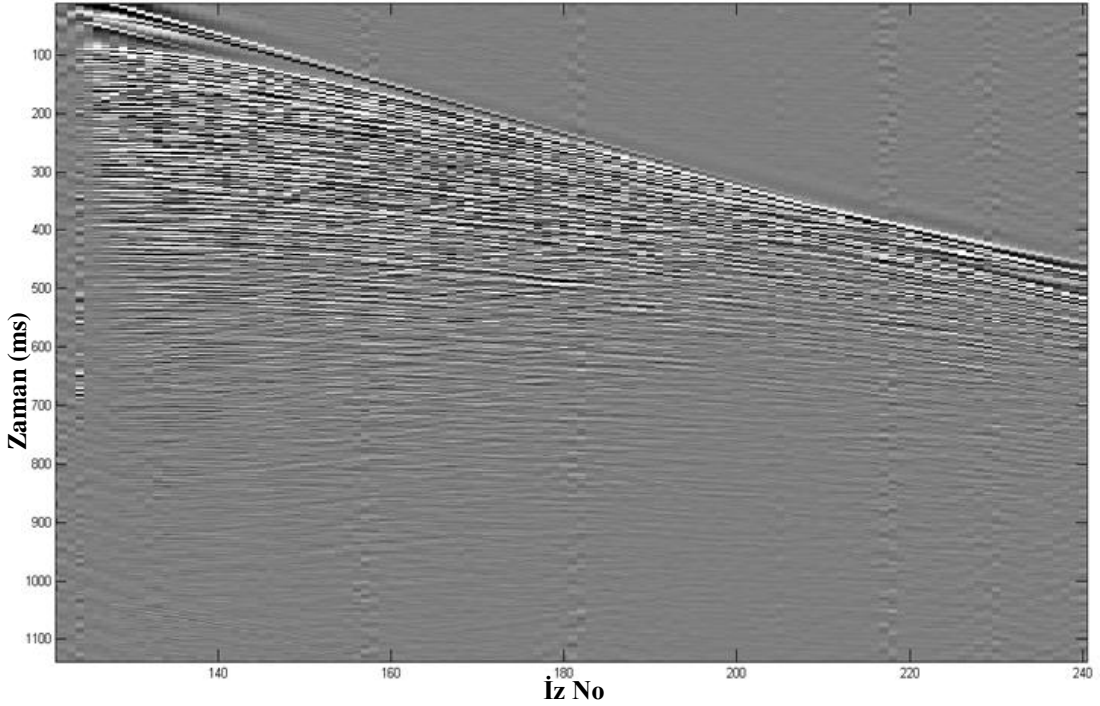
Bu bölümde ise, sismik verinin seçilen atış gurubu için görüntüleme yapılır (Şekil 4.7). Bir önceki görüntülemelerde sistem tüm atışların ilk izlerini okuyup çizdirirken bu bölümde ise durum tam tersi şekilde ifade edilebilir. Yani yalnızca istenilen bir atış dosyasına ait tüm izler okutulup, çizdirilmektedir. Giriş dosyası aynı olup komut farklıdır. Tek bir atış dosyasının tüm izleri programa çağırılarak görüntülenir.

Program yazılımını birden fazla atış gruplarını görüntülemek için hazırlanmış olsa da kullanılan bilgisayarın işlemcisine bağlı olarak bu uygulama tekli atış gruplarının çizdirilmesi şeklinde de gerçekleştirilebilir. Amaç, CPU zamanını minimuma indirgeyerek atış gruplarının hızlı bir şekilde görüntülenmesini sağlayarak, kontrol edilmesine dayanmaktadır.



Sekil 4.5 Formata uygun tanıtılan sismik verinin tek kanallı görüntüsü.





Şekil 4.7 Sismik verinin atış grubu halinde gösterimi. PirMar-A1-03 hattının ilk atış dosyasına ait atış grubu çizdirilmiştir (101. Atış dosyası). Pencere boyu 1 s olacak şekilde seçilmiştir. Alınan veri sığ bir alandan toplandığından dolayı doğrudan gelen dalga ile birincil ve tekrarlı yansımaların ayrımı net olarak yapılamamaktadır. Buna ek olarak verinin daha net görülebilmesi için veriye ilk etapta yüksek geçişli bir filtre uygulanmıştır.

4.2.3 Spektral Analiz

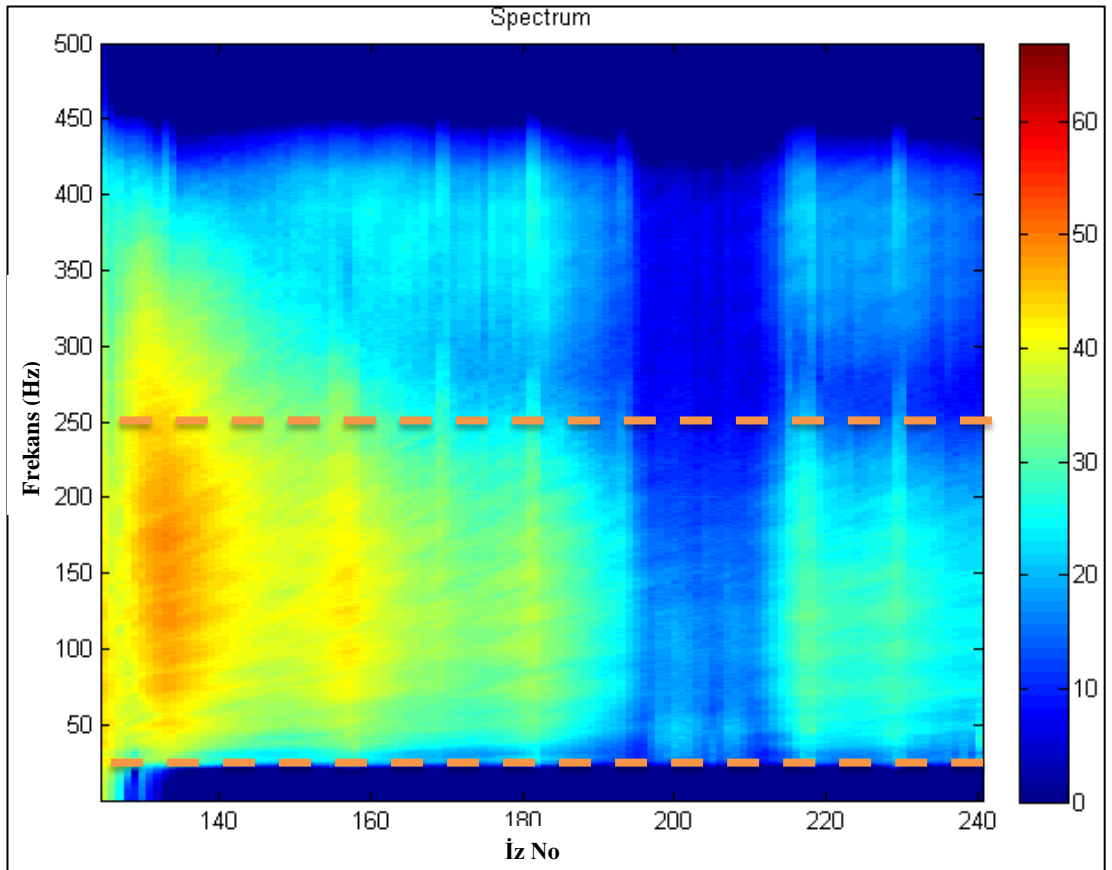
Sismik sinyaller genel olarak zaman ve uzay ortamında tanımlanmaktadır. Veri işleminde sismik sinyalin frekans ortamında incelenmesi, sağladığı kolaylık bakımından çoğu zaman tercih sebebidir. Bu sebepten verilerin analizi için frekans ortamına taşınması gerekir. Zaman ortamında tanımlanamayan veya ayırt edilemeyen değişimler, frekans ortamında daha rahat bir şekilde gözlemlenebilmektedir (Pınar ve Akçığ, 1995). Veri 1B Fourier dönüşümü ile frekans ortamına taşınarak burada incelemeye alınır.

Sismik veri zaman-uzaklık ortamında olduğundan bu verilerin frekans ortamına taşınması ile veriye ait baskın frekanslar belirlenir. Bunun için bir boyutlu (1B) Fourier dönüşümü kullanılır. Fourier dönüşümü sonrası zaman değişkeni frekans ile nitelendirilir. 1B Fourier dönüşümü, sinyalin zaman-uzaklık ($t-x$) ortamından frekans-uzaklık ($f-x$) ortamına geçişini sağlar (Şekil 4.8). Bu ortamda verinin genlik

spektrumu, frekans ve dalga sayısı eksenlerine göre çizilir ve bu grafik “f-x spektrumu” olarak isimlendirilir.



Şekil 4.8 1B Fourier dönüşümü ile veri zaman ortamından frekans ortamına geçer.

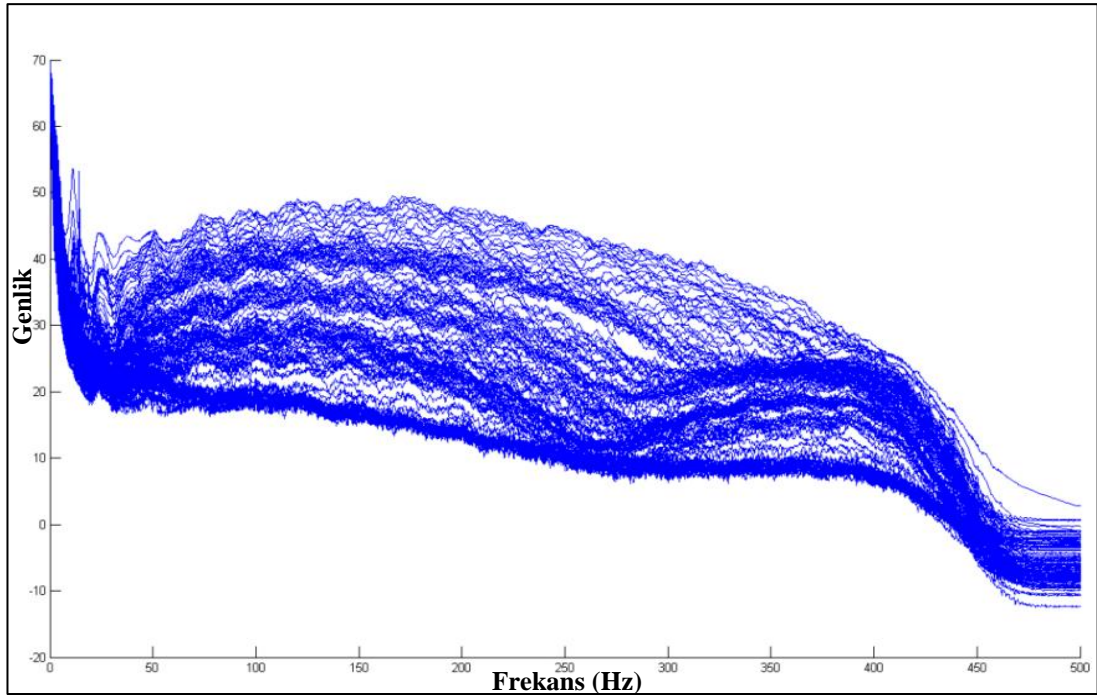


Şekil 4.9 Sismik atış kaydına ait ortalama f-x spektrumunun pencere görüntüsü.

Sismik veriyi frekans ortamına taşıdığımızda ilk etapta verinin baskın frekanslarını gözlemlemekteyiz. Şekil 4.9’ da tek bir atış dosyasına ait verinin frekans spektrumu görülmektedir. Yatay eksen sismik izi düşey eksen ise izlere ait frekans bilgisini vermektedir. Düşey ekseninde izlerin 120 ile 240 arasında

görülmesinin sebebi ise veri toplama sırasında alan-1 için alıcı kablonun son yarım bölümünün kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Kısaca ilk iz 120. Kanala karşılık gelirken son iz 240. kanala karşılık gelmektedir. Atış grubunun 190-210 kanalları arasında donanım kaynaklı bir sebepten ötürü baskın frekans bilgisi gözlemlenememektedir. Buna ek olarak bu bölümle alıcı kablonun deniz yüzeyine çıkmış olabileceği de söylenebilir. Bununla ilgili hesaplamalar 4.1-4.2-4.3 bağlantıları ile verilmektedir. Alıcı kablo deniz yüzeyine çıktığı anda frekans değeri düşmektedir. Ancak frekans ortalamasına bakılacak olursa verinin frekans aralığının 20-250 Hz arasında değiştiği söylenebilir.

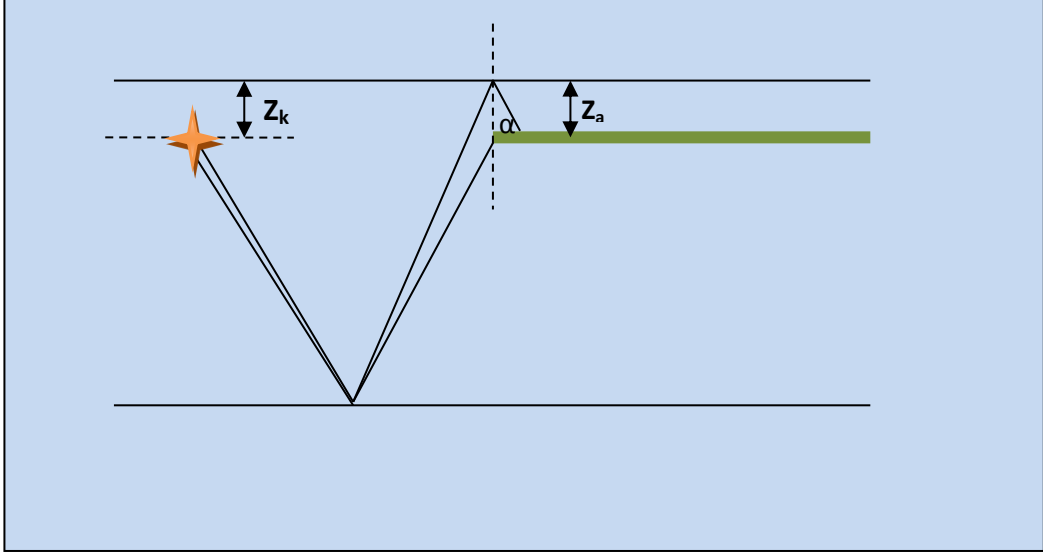
Sismik sinyal, farklı genlik, frekans ve fazlarda kosinüs ve sinüs temel bileşenlerinin toplamı olarak ifade edilir. Sinyal içindeki her bileşen frekans ve genliği ile birlikte ayırık hale getirilerek spektral analiz penceresi elde edilebilir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Tek bir atış kaydına ait izlerin spektral analiz penceresi.

Spektral analiz penceresi veriye uygulanacak olan alçak geçişli süzgeç için uygun frekans değerini seçmek için görüntülenir. Şekil 4.10' da tek bir atış dosyasına ait tüm izlerin spektral analiz penceresi görülmektedir. Yatay eksen veriye ait frekans

bilgisini verirken dişey eksen ise izlerin genlik bilgisini vermektedir. Alıcı kabloya (streamer) ait derinlik bilgisi spekturum penceresinden belirlenen kesme frekansı ile hesaplanır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Sismik kaynak ve alıcı kablonun deniz yüzeyinden olan derinliği hesaplanmasına ilişkin şematik gösterim.

$$z_{alıcı} = \frac{v}{2fc_{alıcı}} \quad (4.1)$$

Ancak Marmara Denizi' nin Güney Şelfinde de olduğu gibi çok sığ alanlarda alıcı kablo ile deniz yüzeyi arasındaki sinyalin doğrultu eğimine ait kosinüsüne ihtiyaç duyulur. Bu durumda derinlik formülü;

$$z_{alıcı} = \frac{v \cos \alpha}{2fc_{alıcı}} \quad (4.2)$$

Kaynak derinliği ise;

$$z_{kaynak} = \frac{v}{2fc_{kaynak}} \quad (4.3)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Alan1-3 hattına ait spekturum penceresine bakıldığında; alıcı kablo ve kaynak derinliği yaklaşık 2 m olarak hesaplanmıştır. Gözlem loğunda bu değer 3 m olarak girilse de yapılan kontroller sonucu bu değer 2 m olarak bulunmuştur.

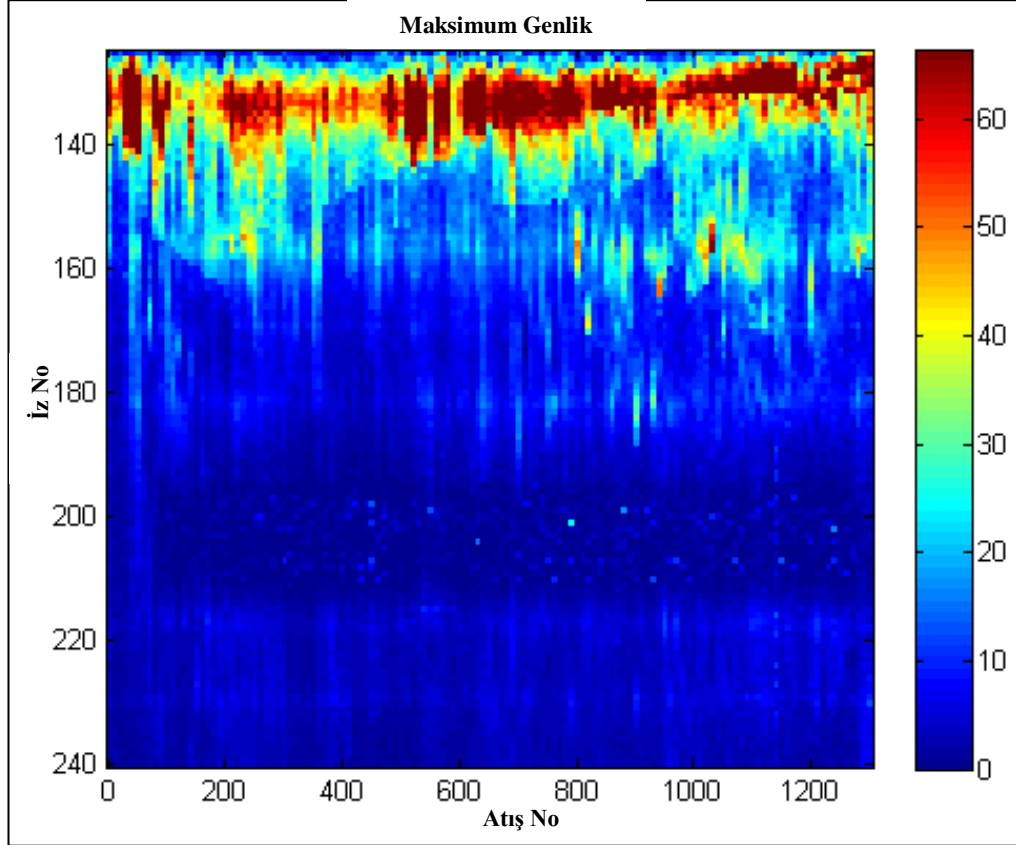
4.2.4 Maksimum Genlik Analizi

Kaynaktan çıkan yüksek basınçlı hava aniden suyun içerisine doğru dışarı yayılır ve dinamit patlamasına benzer bir hava kabarcığı yaratır. Yaratılan hava kütesine salınım periyoduna bağlı olarak belirli bir aralıkta tekrarlanan sinyallerin yardımı ile patlamanın şiddeti artar. Havanın en geniş hacmi en uzun periyodu oluşturur.

Başlangıçta genlik her defasında oluşan ardışık salınımların genişliğinden sönümlenme nedeniyle daha büyüktür. Çoğu zaman sismik kayıt birim sinyali gösterir ve bu diğer giriş sinyallerine göre daha güçlü olur. Bu birim sinyallere kıyasla daha güçlü olan anomalinin yayılımı giriş ve ardışık sinyallerinin frekans içeriklerinin açıklanması ile yapılır. Çünkü başlangıç sinyali sıkışmış havanın mekanik olarak serbest bırakılması ile oluşturulur. Akustik sinyal çok keskin bir yerleşime sahip olup çoğu akustik enerji başlangıçtaki sinyalin birkaç milisaniyesi içerisinde yer alır. Diğer bir deyişle başlangıçtaki sinyalin enerjisi yüksek frekanslı sinyalleri içerir (Şekil 4.12). Sönümlenen hava kabarcıkları, sinyal tarafından yaratılan sönümlenmelerle yavaş yavaş azalır. Böylece hava kabarcıklarının enerjisi sismik bandın düşük frekansları içerisine yerleşir. Bu durumda çoğu zaman sismik kayıt cihazları, daha derinden gelen yansımaları kaydedebilmek için sınırlanmış enerji bandına yerleştirilir. Bunlar başlangıç enerji sinyalini kesebilir ve diğer bütün hava kabarcığı enerjisini geçirir. Bu etki başlangıçta patlayan kaynaklar tarafından üretildiğinde daha büyüktür.

Şekil 4.12, atış gruplarının tüm izlerine ait maksimum genlik bilgisini verir. Düşey eksen maksimum her bir izin genlik bilgisini verirken yatay eksen ise atış numaralarıdır. Mbar değeri ise mV değerinde kaydedilen genliğin bir ölçütüdür. Şekle bakıldığında maksimum genliğin son izlere doğru gittikçe sönümlendiği

görülmektedir. Bu azalmanın temel nedeni, yansıma sinyalinin geliş açısının mesafeye bağlı olarak artmasıdır. Teoride de böyle olması beklenmektedir. İlk alıcı kanallara gelen genliğin maksimum olması olağandır. Aynı şekilde düşey eksene bakıldığında kanal numaralarının 120 den başladığı görülmektedir. 120. kanal atış guruplarında ilk ize karşılık gelmektedir.

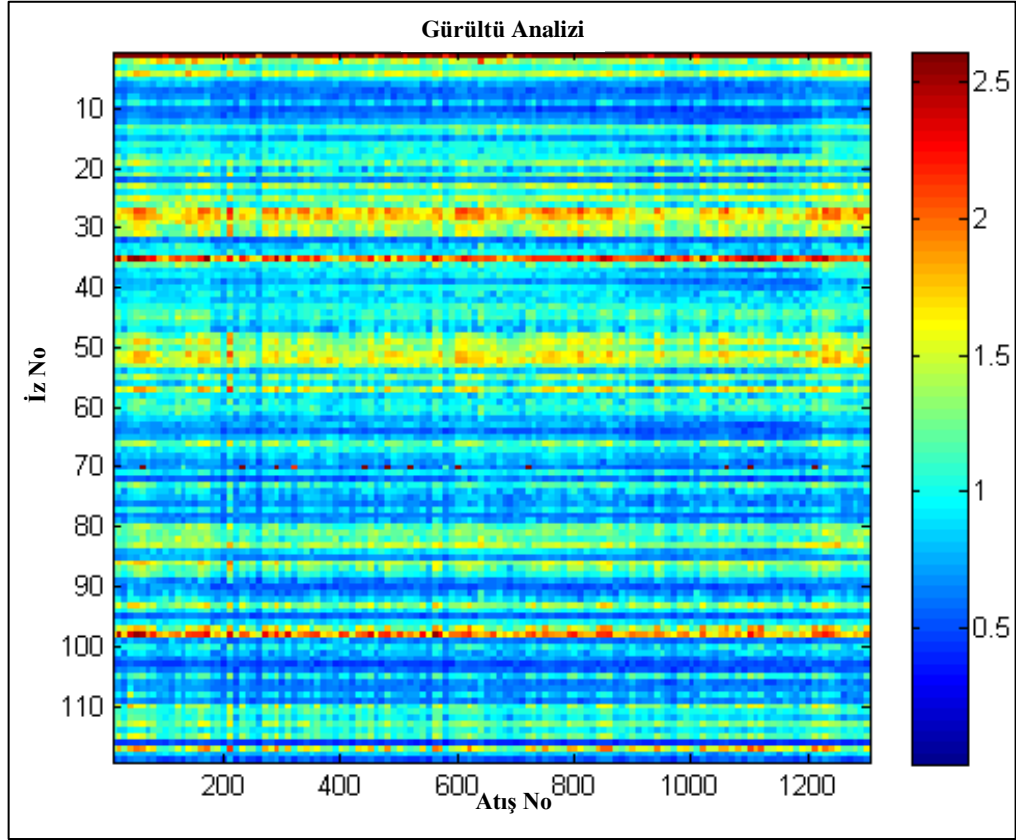


Şekil 4.12 PirMAR A1-03 hattına ait maksimum genlik analiz penceresi.

4.2.5 Gürültü Analizi

Atış yapıldıktan sonra kaynaktan çıkan sinyal bir kısmı kırılıp yer içinde ilerlerken, bir kısmı yansıyarak alıcı kabloya geri döner. Burada bir diğer önemli nokta sinyalin ilk alıcıda daha yüksek genliğe sahipken son alıcılara doğru bu genliğin giderek sorulduğu ve sinyalin zayıfladığı ilkesidir. Ancak alıcı kablo üzerindeki derinlik düzenleyicilerin (bird), gemi pervanesi ve kuyruk şamandırasının ürettiği gürültü sabit bir genliğe sahip olduğundan, son alıcıların üzerinde soğrulmuş yansıma bilgisinin yanı sıra sabit genliğe sahip yukarıda da bahsedilen gürültüler de

mevcuttur. Bu özellik baz alınarak sistemin gürültü analizi yapılırken her atış grubunun son kanalındaki yansıma sinyalinin içeriğine bakılır. Böylelikle sistemin gürültü seviyesi rahatlıkla gözlemlenebilir (Şekil 4.13).

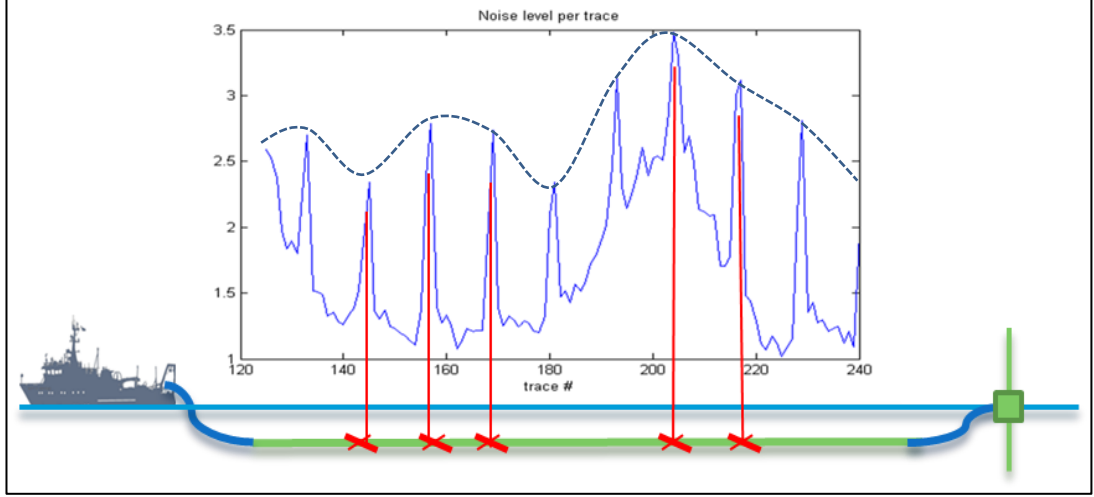


Şekil 4.13 Örnek veriye ait gürültü analiz penceresi.

Şekil 4.13 bize tüm atışların her bir izindeki gürültü seviyelerini göstermektedir. Yatay eksen, tüm atışların son izlerindeki gürültü seviyelerini verirken buna karşılık gelen düşey eksen de her atış grubunun son kanalına karşılık gelmektedir. Ölçek ise genliğin bir ölçütü olup μ bar değerindedir.

Sabit bir zaman penceresi içerisinde ortalama zarf değeri kullanılarak sismik verinin gürültü analizi yapılmaktadır. Zarf değeri; alçak frekans eğrilerinin yüksek frekans sapmalarından sınırlandırılması olarak tanımlanabilir (Şekil 4.14' te kesikli çizgi ile gösterilmiştir). Zarf değeri tüm izlerin ortalaması alınarak çizdirilebilir. Bu şekilde görüldüğü üzere yüksek gürültü seviyelerinin alıcı kablo üzerindeki derinlik

düzenleyicilerinden kaynaklandığı görülmektedir. Aynı zamanda alıcı kablonun baş ve kuyruk bölümlerindeki gürültülerinde veri üzerinde etkisi olduğu söylenebilir.



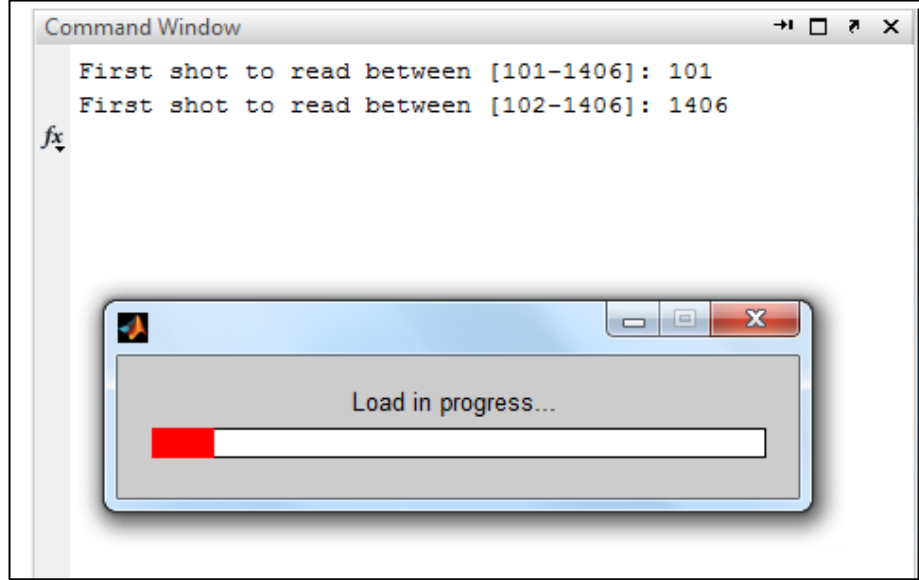
Şekil 4.14 Tüm atış gruplarına ait zarf diyagramı.

4.2.6 Doğrudan Gelen Dalgalar ile Atış Geometrisinin Kontrolü

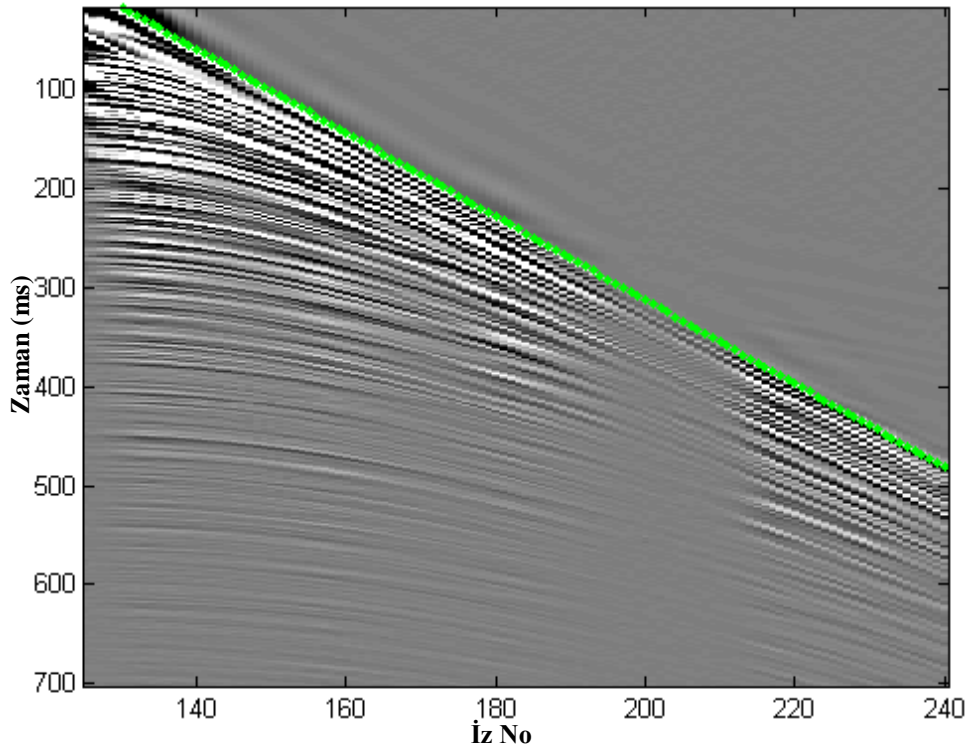
Doğrudan gelen dalgalar kaynaktan çıkarak su yüzeyi boyunca yatay yayınan ve alıcılara ulaşan dalgalardır. Sadece su kolonunda yayıldıkları için, yayınım hızları su kolonundaki ses hızına eşittir. Atış kaydının ilk kanalında kaydedilen doğrudan gelen dalganın varış zamanına bakarak sismik sistemdeki minimum ofsetin değerini kontrol edebiliriz. Veri toplama ekipmanlarının geometrisi sismik izlerin direk varışları üzerinden kontrol edilebilmektedir. Veri setinin kontrolü için ilk etapta kontrolü yapılacak atış gruplarının seçimi yapılır (Şekil 4.15). Yazılım bize istenilen atış gruplarını seçme şansı verirken isteğe bağlı olarak tüm atış gruplarının da tek seferde kontrol etme olanağı sağlamaktadır. Örnek veri seti için ilk atış dosyası ile son atış dosyası arasındaki tüm atış grupları seçilmiştir.

İlk olarak, teorik varış zamanları deniz suyunun hız bilgisi kullanarak (1495 m/s) hesaplanır. Bu hesaplamada kaynak tetikleyicisi ile kaydın başlaması arasında sıfır gecikme olduğu varsayılır. İkinci adımda ise teorik olarak hesaplatılan ilk yansıma hiperbolüne ait varış zamanı ile gözlemlenen atışa ait yansıma hiperbolü karşılaştırılır (üst üste çizdirilir). Şekil 4.16' da görüldüğü üzere hesaplatılan varış

zamanı ile gözlemlenen varış zamanı uyumludur. Şekil üzerindeki yeşil hat teorik olarak hesaplatılan direkt varışı temsil etmektedir.

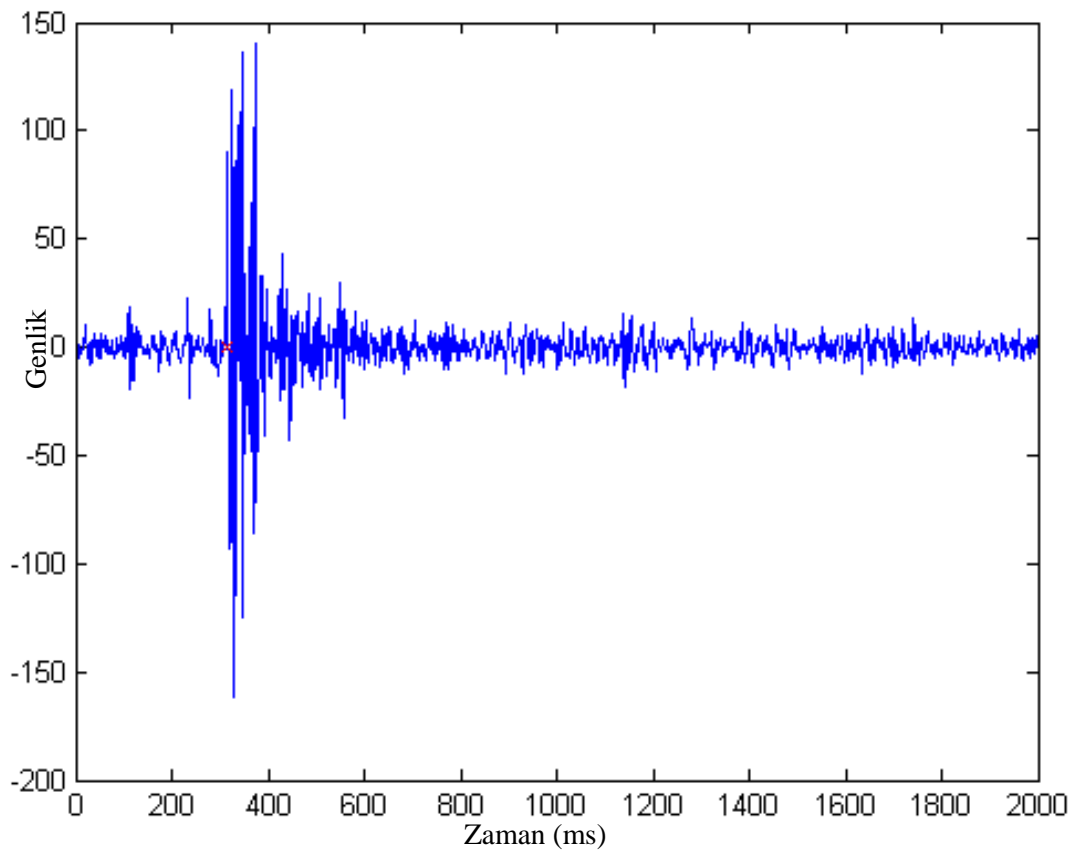


Şekil 4.15 Atış gruplarını seçme menüsü.



Şekil 4.16 Hesaplatılan varış zamanı ile gözlemlenen varış zamanının karşılaştırılması ve kontrolü.

Sismik yöntemde ilk patlatma ile kaynaktan alıcıya gelen sinyaller kayıt cihazını uyarır ve kaydı başlatır. Patlatma anında kayıtçıya gelen ilk sinyalin gecikmesi hesaplanır ve kontrol edilebilir. Pratikte, patlatma ile birlikte eş zamanlı olarak kaydın başlaması istenir. Kaynak imzası, kaynağın patladığı anda ürettiği sinyal şeklindedir. Sistem kaynağın patladığı anda eş zamanlı olarak sismik kayıtçıya bir sinyal göndererek kayıt işleminin başlamasını sağlar. Kontrol, kayıt dosyasına ilk gelen sinyal ile patlatma anına ait kayıt sürelerinin karşılaştırılması mantığına dayanmaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Kaynak imzasının kontrolü. Kaydın başladığı andaki sinyalin anlık görüntüsü.

4.3 Konum Bilgisinin Sismik Veri ile İlişkilendirilmesi ve Kontrolü

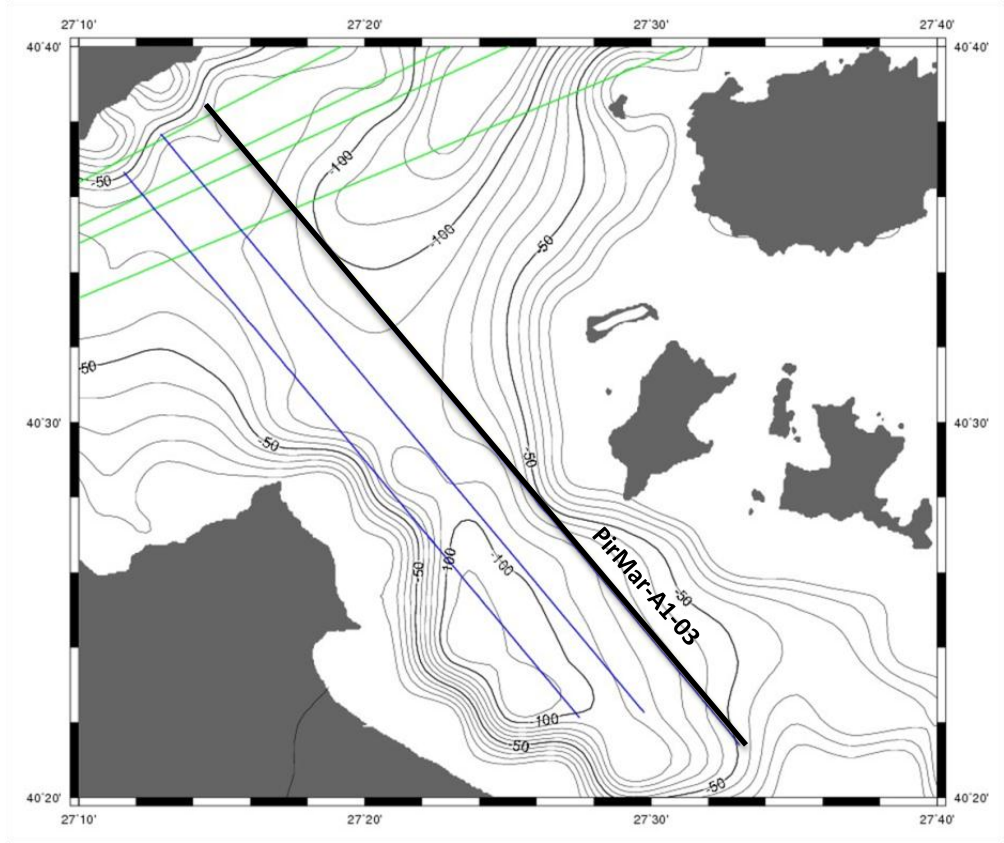
Yeraltındaki yapıların doğru bir şekilde tarifi ancak doğru kayıt edilecek koordinat verisi ile mümkündür. Bu sebeple denizde yapılan sismik araştırmaların, son derece dikkat edilerek navigasyon cihazları eşliğinde ve sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Sismik verinin kalitesi doğru orantılı olarak konum

verisinin kalitesine de bağılıdır. Sismik veriye doğru bir şekilde geometri tanımlaması yapılırsa yorumlama aşamasında geometriden doğacak olan yanlışma olasılıkları da azalacaktır. Kaynak ve alıcı sisteminin konumlarının doğru şekilde veriye aktarılması son derece önemlidir.

Sismik yansıma çalışması genel olarak, hat boyunca sismik, navigasyon ve diğer ölçme verilerinin toplanması şeklinde yürütülmektedir. Gemi, konfigürasyonu önceden belirlenmiş olan “kaynak” (gun), “alıcı kablo” (streamer), “pusulalı derinlik düzenleyicileri” (compass bird) ve eğer var ise kablonun sonunda bulunan GPS alıcısını taşıyan “kuyruk şamandırası” (tailbuoy) tüm hat boyunca daha önceden belirlenmiş parametrelere uygun olarak çeker. Her “gun” patlamasında oluşan ses dalgalarının deniz tabanı ve yeraltı katmanlarından yansıyan sinyalleri “streamer” kablosunda bulunan alıcılar tarafından alınır ve “gun” patlamaları anındaki geminin koordinatları GPS sistemi tarafından kayıt edilir ve kayıt edilen tüm veriler gemideki sistem odasında bulunan ilgili veri işlem birimleri tarafından değerlendirilir. Ayrıca yine pusulalı derinlik düzenleyicilerden gelen konum verileri de bu sistem odasına gönderilerek ayrı bir dosyada kaydedilir. Sonuç olarak konum verileri iki ayrı donanımdan elde edilir.

4.3.1 Navigasyon Verilerinin Programa Yüklenmesi ve Kontrolü

Deniz sismik çalışmalarında ilk olarak araştırılmak istenen yapı için sismik hatların yerinin tespiti yapılır ve çalışma sahasının haritası oluşturularak harita üzerindeki konumları belirlenir (Şekil 4.18). Konum belirlendikten sonra araştırma gemisi üzerindeki gemi konum bilgisayarına bu hatlar girilir. Çalışma esnasında bu hatta ait veri toplanırken, geminin hattın doğrultusuna uyumlu bir seyir haline olması gerekmektedir. Araştırılmak istenen yapının doğru yorumlanabilmesi açısından konum verilerinin doğru girilmesi ve sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir.



Şekil 4.18 PirMarmara seferine ait kalite kontrol işlem adımlarının uygulanacağı örnek PirMar-A1-03 hattına ait lokasyon haritası (siyah ile gösterilen). Mavi çizgi ile gösterilenler ise bu alanda toplanmış diğer sismik hatlardır. Yeşil çizgi ile gösterilen hatlar ise gemi trafiğinin güzergahını ifade etmektedir.

Çok kanallı sismik yansıma çalışmaları, harita üzerindeki konumları belirlenen hatların uygulama esnasındaki yapılış sırası ve yönü, navigasyon ünitesi tarafından belirlenir. Sismik veri toplama açısından önemli olan ve çalışma boyunca belirli doğruluklarla korunması zorunlu olan hattın konumu, aynı zamanda navigasyon ünitesi tarafından sürekli kontrol edilmez.

Navigasyon, bulunduğumuz yerden başka bir yere güvenli ve etkin bir şekilde hareket etmek ve istenen hedefe ulaşmak için kullanılan sistemlere verilen bir isimdir. Denizde ise bu, geminin istenen hedefe belirlenen rota üzerinden kendi konumunu belirleyerek kontrollü bir şekilde ulaşması anlamına gelir.

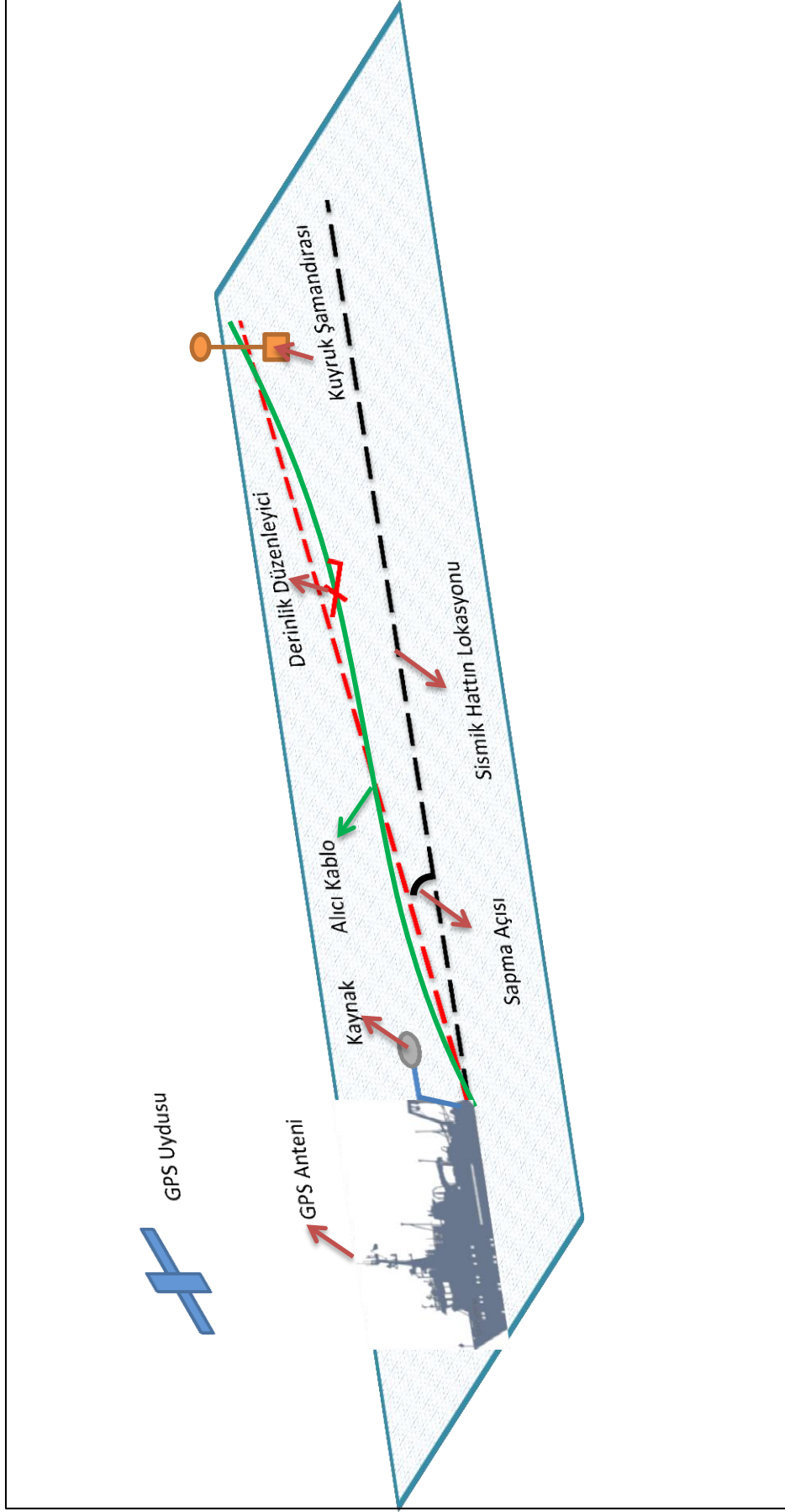
Günümüzde hassas konum gerektiren mühendislik ve diğer tüm navigasyon ölçmelerinde etkin ve hassas bir konum kontrolü sağlanması nedeniyle GPS kullanılmaktadır. Bu deniz sismik veri toplama çalışmalarında da navigasyon sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Akıntı, rüzgar ve dalga gibi dış etmenlere bağlı olarak geminin hareket doğrultusu ile azimut doğrultusunda farklılıklar meydana gelir. Geminin hareket doğrultusuna göre geminin son ve bir önceki konum değerlerinden GPS okumaları sonucunda hesaplanır (Şekil 4.19). Bu durumda gyro okumalarından elde edilen Φ açısı ve gemi ofset değeri yardımıyla alıcı kablo ve kaynak referans noktasının koordinatları hesaplanır.

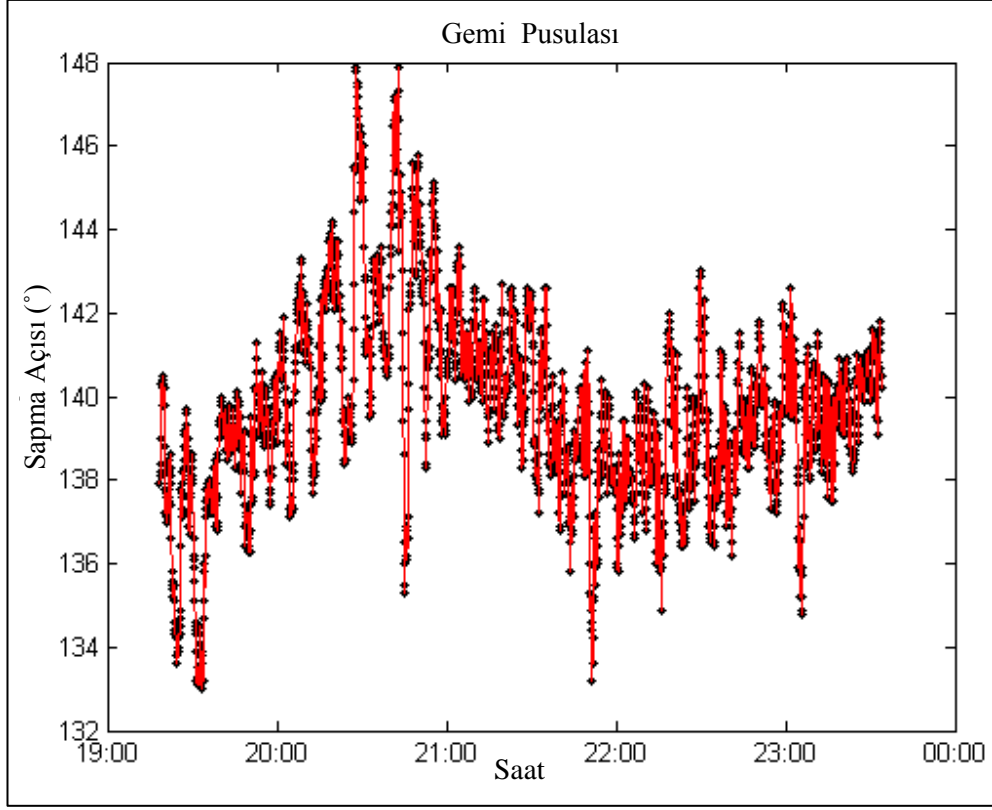
Navigasyon bilgisi, GPS, pusulalı derinlik düzenleyicileri, gyro okumaları, geminin çalışılan hat üzerindeki konumuna ait bilgiler ve sapma açısının hat boyunca değişimine ait bilgileri içerir. Bu okumalar MATLAB aracılığı ile grafiksel olarak gösterilebilmektedir (Şekil 4.20; 4.21; 4.22).

Navigasyon programına ait (Navipac) dosyası; atış numarası, atış zamanı, gemi ve atış UTM (x, y) koordinat bilgisini, gemi ve atış (lat-lon) bilgisini ve gyro bilgilerini içerir. Bu dosya içinde bizim için önemli olan ve kontrol gerektiren atış numarası, atış zamanı, atışın gyro bilgisi ve gemi konumunun anlık bilgisidir. Dosyadan bu bilgiler okutularak her atış için çizdirilir.

Şekil 4.20' de PirMar-A1-03 hattına ait sapma açılarını göstermektedir. En açık ifadesiyle alıcı kablonun belirlenen hat hizasından kaç derece saptığını göstermektedir. Yatay eksen verinin toplandığı andaki lokal saati göstermektedir. Düşey eksen ise gyro okumalarından elde edilen sapma (Φ) açısıdır.



Şekil 4.19 Dış etmenlere bağlı olarak gemi hareket doğrultusundan sapmaktadır.



Şekil 4.20 Hatta ait sapma açısının hat boyunca değişimine ait bilgileri grafiksel olarak göstermektedir.

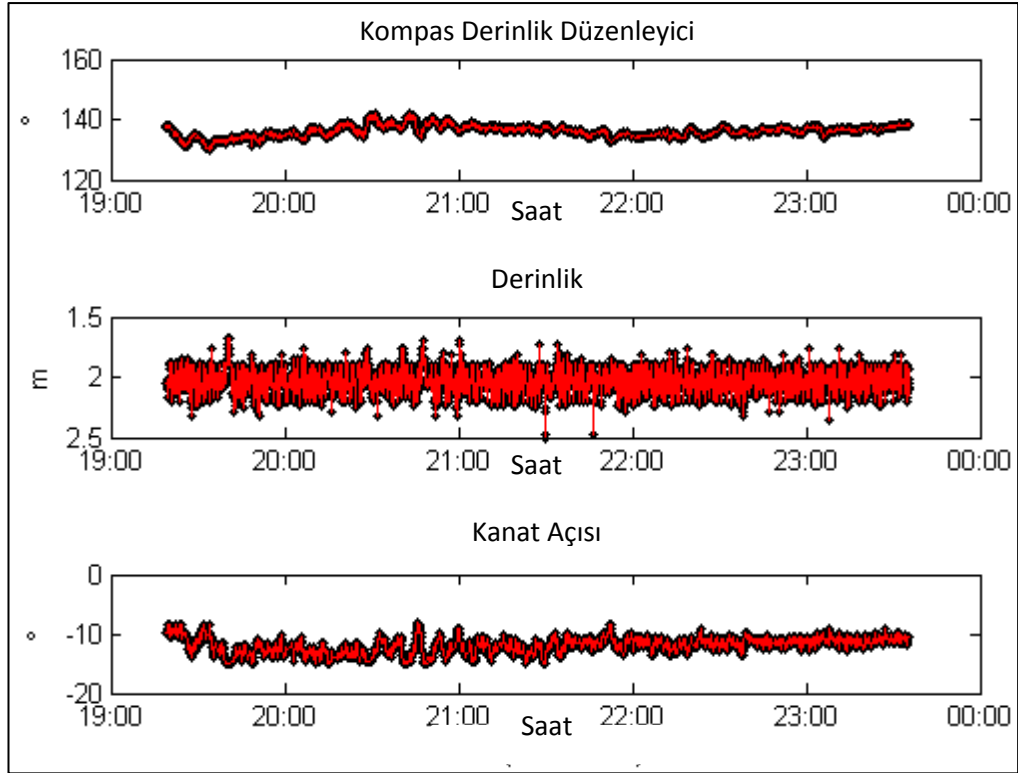
4.3.2 Pusulalı Derinlik Düzenleyici Verilerinin Programa Yüklenmesi ve Kontrolü

Belirli uzunluktaki alıcı kablosunun üzerine belirli aralıklarla sabitlenmiş ve alıcı kablunun deniz yüzeyinden itibaren istenen derinlikte kalmasını sağlayan ve bird adı verilen bu cihazın üzerinde monte edilmiş vaziyette bulunan pusula (compass) bulunmaktadır. Derinlik düzenleyicilerin hareket doğrultularının kuzeyden itibaren olan açılarını belirler. Bu bilgiler ana navigasyon sistemine gönderilir ve burada uygulanan birtakım düzeltmelerden sonra varsa kuyruk şamandırasından gelen bilgileri de kullanarak “bird” lerin bulunduğu noktaların konumları hesaplanır. Bunun yanısıra alıcı gruplarının her atış anındaki konumlarının hesaplanmasına, dolayısıyla alıcı kablunun mevcut şeklinin ve konumunun belirlenmesine de yardımcı olur.

MATLAB’ da geliştirilen yazılım sayesinde, gerçek zamanlı (real time) olarak elde edilen navigasyon verilerinin gözlemlenmesi, gemi sismik ölçmelerinde yüksek

çözüm gerektiren 3B ya da 2B alıcı kablo ve kaynak konumlandırma işlemlerinin yapılmasını, buradan aldığı veriler ile tüm gemi ölçmelerinin konfigürasyonunu sağlar.

Yazılım, navigasyon birimi tarafından yapılan ve takip edilen tüm ölçme işlemlerine ait bilgileri grafiksel olarak hazırlar. Bu sayede, sismik ve akustik sistemlerin eş zamanlı olarak uzaktan kontrolü sağlanır. Tüm verilerin kalite kontrolünü yapar, aksi bir durum gözlemlenmesi halinde önlem almamızı sağlar. Hat bitiminde tüm navigasyon verilerinin grafik olarak raporlanmasını da sağlamaktadır.



Şekil 4.21 Pusulalı derinlik düzenleyicilerinden alınan sapma açısı, derinlik ve kanat açısı eğimlerinin grafikleri.

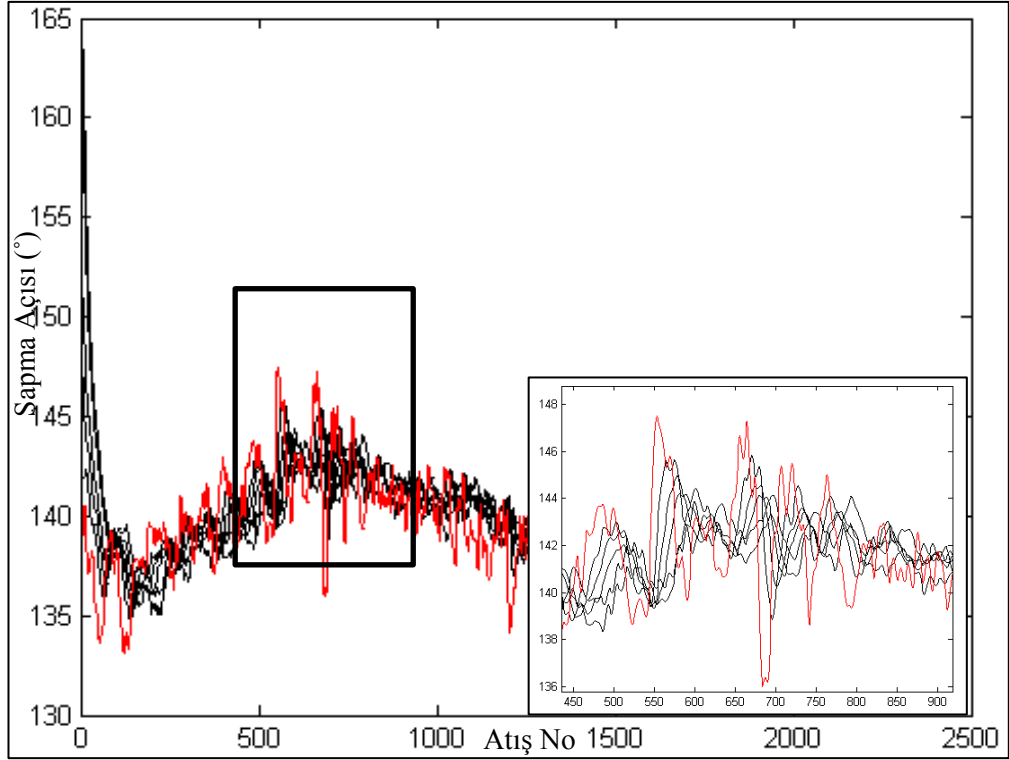
Şekil 4.21’ de düşey eksen sırasıyla manyetik bileşenin kuzeyle yaptığı açının eğimi, derinlik ve derinlik düzenleyicilerin kanat açılarının eğimini vermektedir. Yatay eksen ise hattın hangi saatte toplandığını yerel saate göre olan zaman bilgisini vermektedir. Bu bilgiler ışığında alıcı kablonun yönü, konumu ve derinlik bilgilerinin kontrolü rahatlıkla yapılabilmektedir. Bu sayede, sismik ve akustik

sistemlerin eş zamanlı olarak uzaktan kontrolünü sağlar. Yazılım, navigasyon birimi tarafından yapılan ve takip edilen tüm ölçme işlemlerine ait bilgileri grafiksel olarak hazırlar.

4.3.3 Konum Verilerinin Düzenlenmesi ve Yeni Veri Tabanı Oluşturma

Navigasyon sistemi, geminin ve tüm diğer sistemlerin koordinatlanması için gerekli olan GPS, “gyrocompas”, ve “compasbird” cihazlarından meydana gelmektedir. Bu çalışmadaki veri seti için konumlandırma en genel anlamıyla GPS ile bütünleşmiş bir sistem ile yapılmaktadır. Derinlik düzenleyicilerin konum bilgisi akustik manyetik bir pusula ile elde edilmektedir. Geminin konum verisi ise GPS den alınmaktadır. Veri toplama esnasında navigasyon kayıt dosyasındaki atış süreleri bilgileri kimi zaman pusulalı derinlik düzenleyicilerden gelen atış süreleri bilgilerinden farklılık göstermektedir. Veri toplama işlemi boyunca, alınan navigasyon bilgisi daha sonrasında pusulalı derinlik düzenleyicilerden alınan konum bilgisinin kaydedildiği log dosyasındaki veriler ile entegre edilerek yeni bir konum veri bilgi bankası oluşturulur. Bu işlem sırasında program tarafından oluşturulan yazılım ile aynı atış sürelerine karşılık gelen derinlik düzenleyici konum bilgileri veri içine aktarılır.

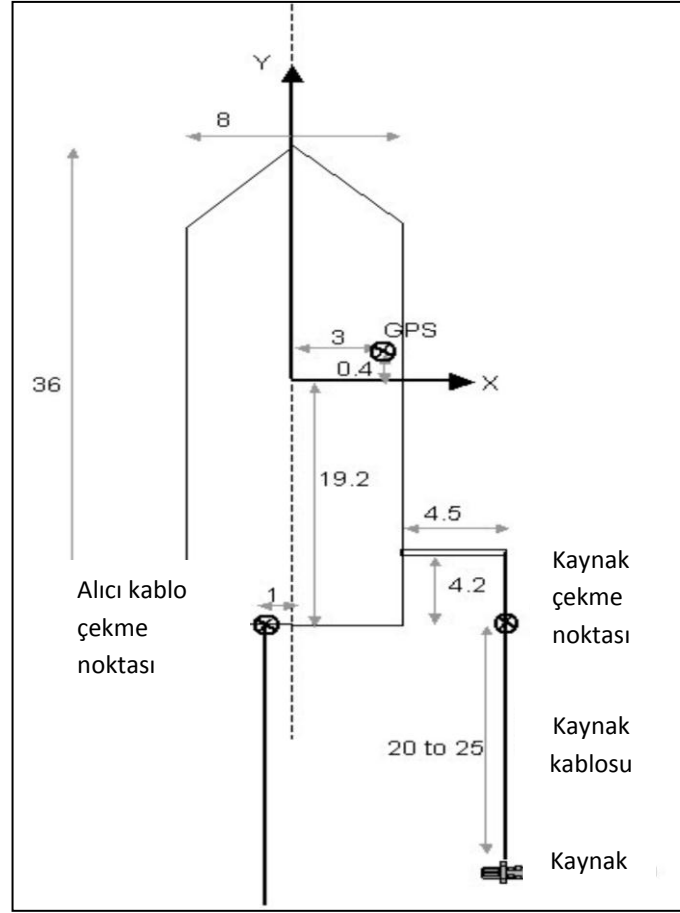
Şekil 4.22’ de kırmızı çizgi gemi, siyah çizgiler ise 5 adet pusulalı derinlik düzenleyiciden alınan gyro bilgisini vermektedir. Yatay eksen hatta ait tüm atışları düşey eksen ise sapma (Φ) açısıdır. Grafiklendirme sonrası, tüm konum bilgilerinin uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Ortalama sapma değeri ise 4° - 6° arasında değişmektedir. Bu sapma değeri sismik yasıma çalışmalarındaki uzun hatlar için düşük sayılabilecek bir değerdir. Siyah pencere ile seçilen alanın 450-1000 numaralı atışlar arasındaki bölümün yakınlaştırılmış görüntüsü yine aynı pencerenin sol alt kesiminde verilmektedir.



Şekil 4.22 Tüm atış gruplarının gyro bilgisi ile pusulalı derinlik düzenleyicilerden alınan konum verilerinin karşılaştırılması. Dikdörtgen pencere 450-1000 numaralı atışlar arasındaki kısmın yakın görüntüsünü vermektedir.

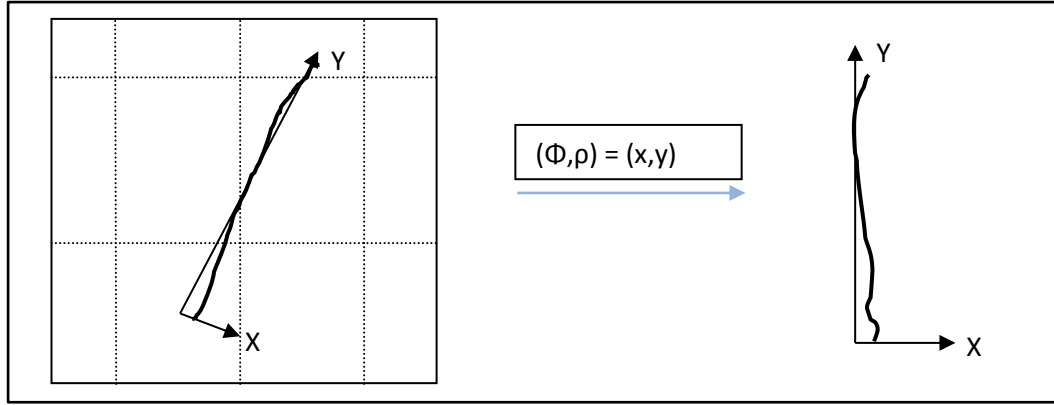
4.3.4 Geminin Referans Noktalarının Hesaplanması

Çalışma başlamadan önce, kaynak ve alıcı kablo dizaynı ve ofset değerleri, pusulalı derinlik düzenleyicilerin sayısı ve alıcı kablo üzerindeki konumları belirlenir. Belirlenen hat için tüm sistemin aynı hat üzerinde olduğu varsayılır. Burada sistemden kasıt; veri toplama ekipmanlarının yani gemi, gemi üzerindeki GPS, sismik kaynak ve alıcı kablo gibi aynı referans çizgisi üzerinden geçtiği varsayılan cihazların tümüdür. Gerçekte ise bu durum daha farklıdır. Gemi üzerindeki GPS, kaynak ve alıcı kablo birbirlerinden belirli mesafelerde konumlandırılmıştır. Şekil 4.23' te örnek verinin alımı esnasındaki ekipmanların konumları ve GPS' in gemi üzerindeki konumları, sayısal olarak birbirlerine olan mesafeleri (ofsetler) verilmiştir.



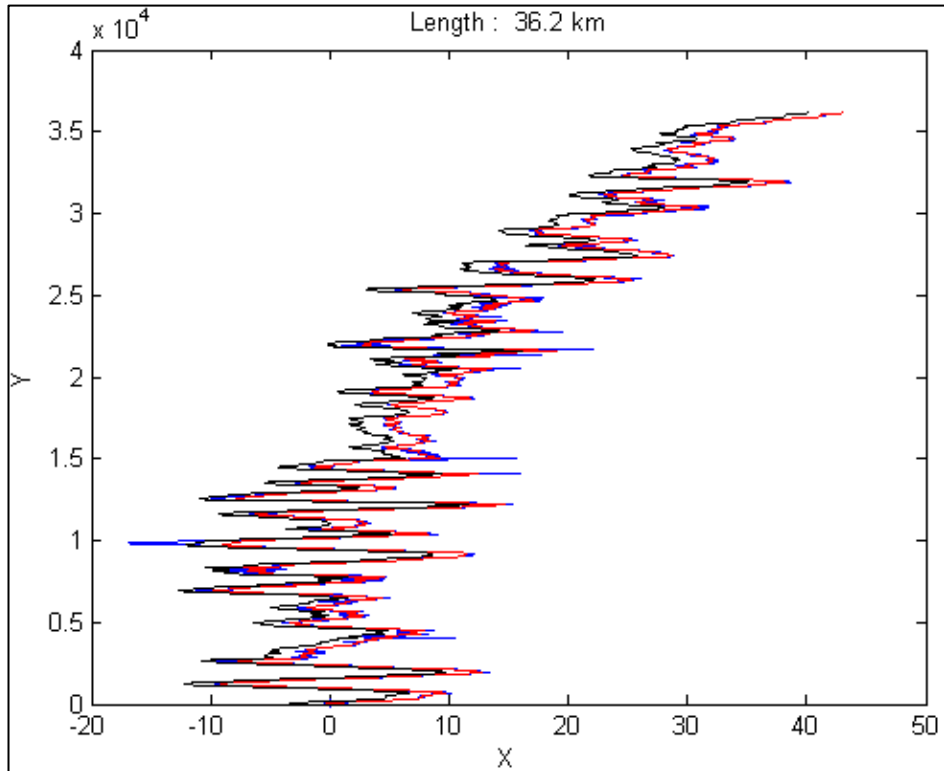
Şekil 4.23. Araştırma gemisine ait GPS, alıcı kablo ve kaynağa ait referans noktaları.

Tüm bu değerler MATLAB' da oluşturulan yazılıma önceden girilir ve GPS anteninin bulunduğu yer referans alınır. Tanımlanmış olan lokal koordinat sistemine göre bu ofset değerleri ve alıcı kablo üzerindeki alıcı gruplarının ve pusulalı derinlik düzenleyici konumları, gyro okumaları yardımıyla kaynak yazılım tarafından hesaplatılır. Bu bilgilerden yola çıkarak, Geminin (x, y) referans noktaları GPS' ten gelen Navigasyon verisi (long, lat) kullanılarak her atış için hesaplatılır ve yeni bir ASCII dosyasına aktarılır. Bu dosya içerisindeki (x-y) koordinat sisteminin UTM koordinat sistemi ile bir ilgisi yoktur. Bu dosyadaki veriler, sismik hatta göre uyarlanmış (x-y) koordinat sistemidir. Böylece sismik hat, y eksenine boyunca uzanır ve x ekseninde yanıl değişimler gösterir (Şekil 4.24).



Şekil 4. 24 Sismik hatta göre uyarlanmış (x-y) koordinat sistemi.

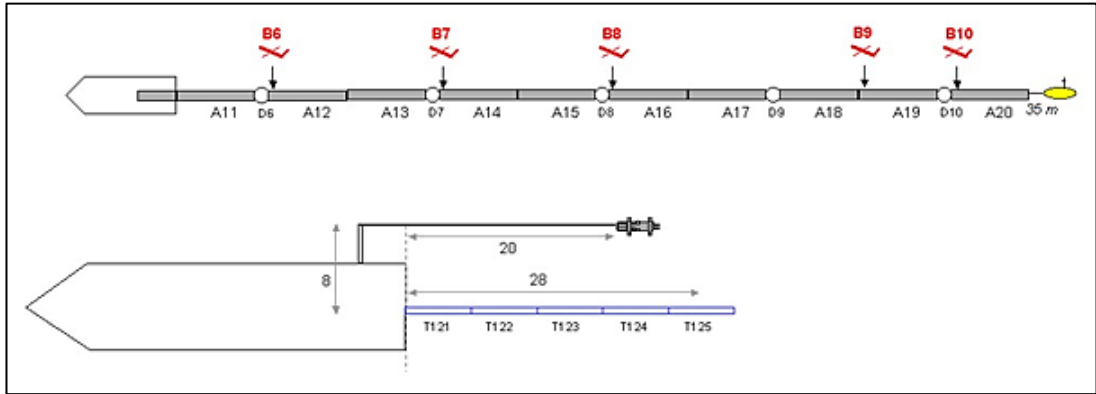
Yapılan tüm kontroller sonucunda hattın doğrultusu, alıcı kablo üzerindeki pusulalı derinlik düzenleyicilerden ve gemi navigasyon biriminden gelen konum verileri ile aynı grafikte çizdirilir. Buna ek olarak hattın başlangıçtan itibaren olan mesafesi hesaplanır (Şekil 25). PirMar A1-03 hattının uzunluğu 36.2 km olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.25 Hattın gerçek konumu hesaplandıktan sonraki çizimi. Hattın boyu 36.2 km olarak bulunmuştur. Siyah çizgi alıcı kabloyu, kırmızı çizgi derinlik düzenleyicilerden gelen konum verisini, mavi çizgi ise gemi sisteminden alınan navigasyon verisini temsil etmektedir.

4.3.5 Geometri Bilgisinin Veri Başlıklarına Yazdırılması

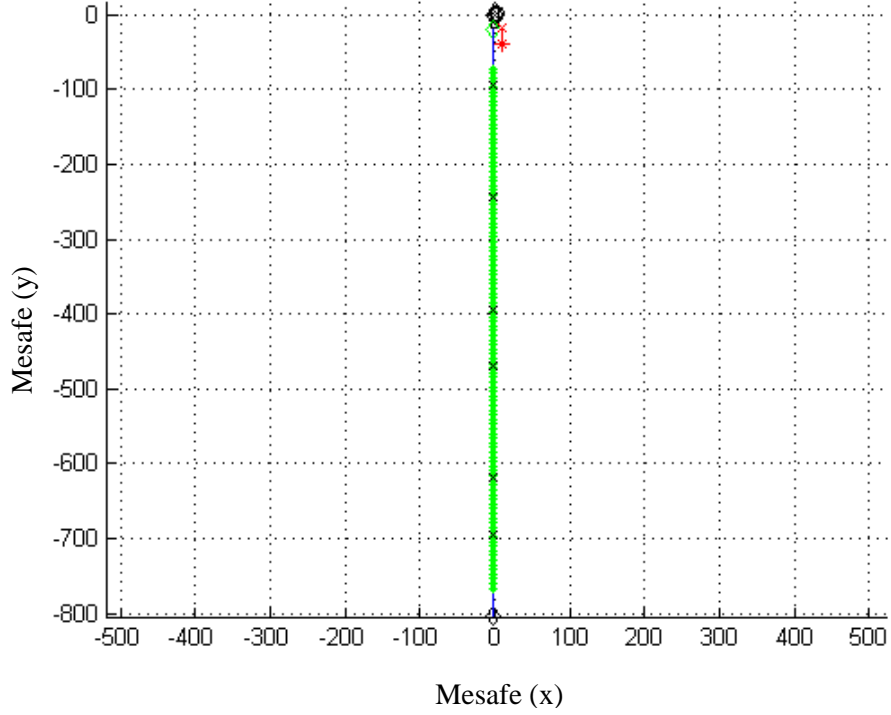
Geminin referans noktaları programa tanıtıldıktan sonra alıcı kablo üzerindeki derinlik düzenleyicilerin konum bilgileri ve ilk alıcıdan itibaren olan uzaklıkları da sisteme girilir. Şekil 4.26 da alıcı kablo üzerine yerleştirilen derinlik düzenleyicilerin konumları şematik olarak gösterilmektedir. B6-B-10 derinlik düzenleyicilerin kod numaraları, T121-T125 ise tambur ile alıcı kablodan arasındaki çekme kablosudur.



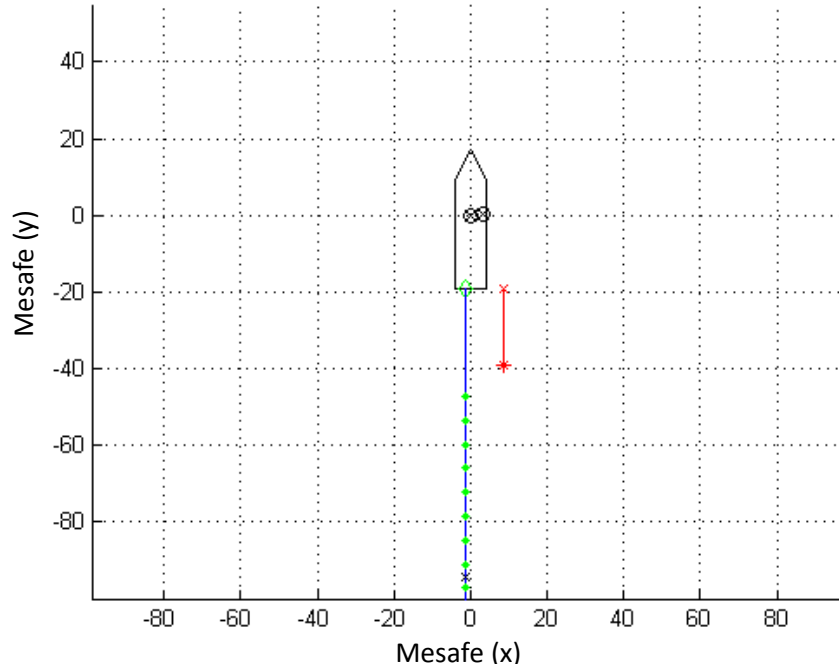
Şekil 4.26 PirMar-A1-03 hattına ait derinlik düzenleyicilerinin alıcı kablo üzerindeki konumları.

Şekil 4.23' te verilen değerler yazılıma girilir. Sismik düzeneğe ait kaynak ve alıcıların yerleri, pusulalı veya pusulasız derinlik düzenleyicilerin alıcı kablo üzerindeki konumları, GPS' in gemi üzerindeki gerçek konumları bu değerlerden yararlanarak belirlenir. Geminin referans noktaları programa tanıtıldıktan sonra tüm sismik sistemin teorik geometrisi çizdirilir (Şekil 4.27, Şekil 4.28).

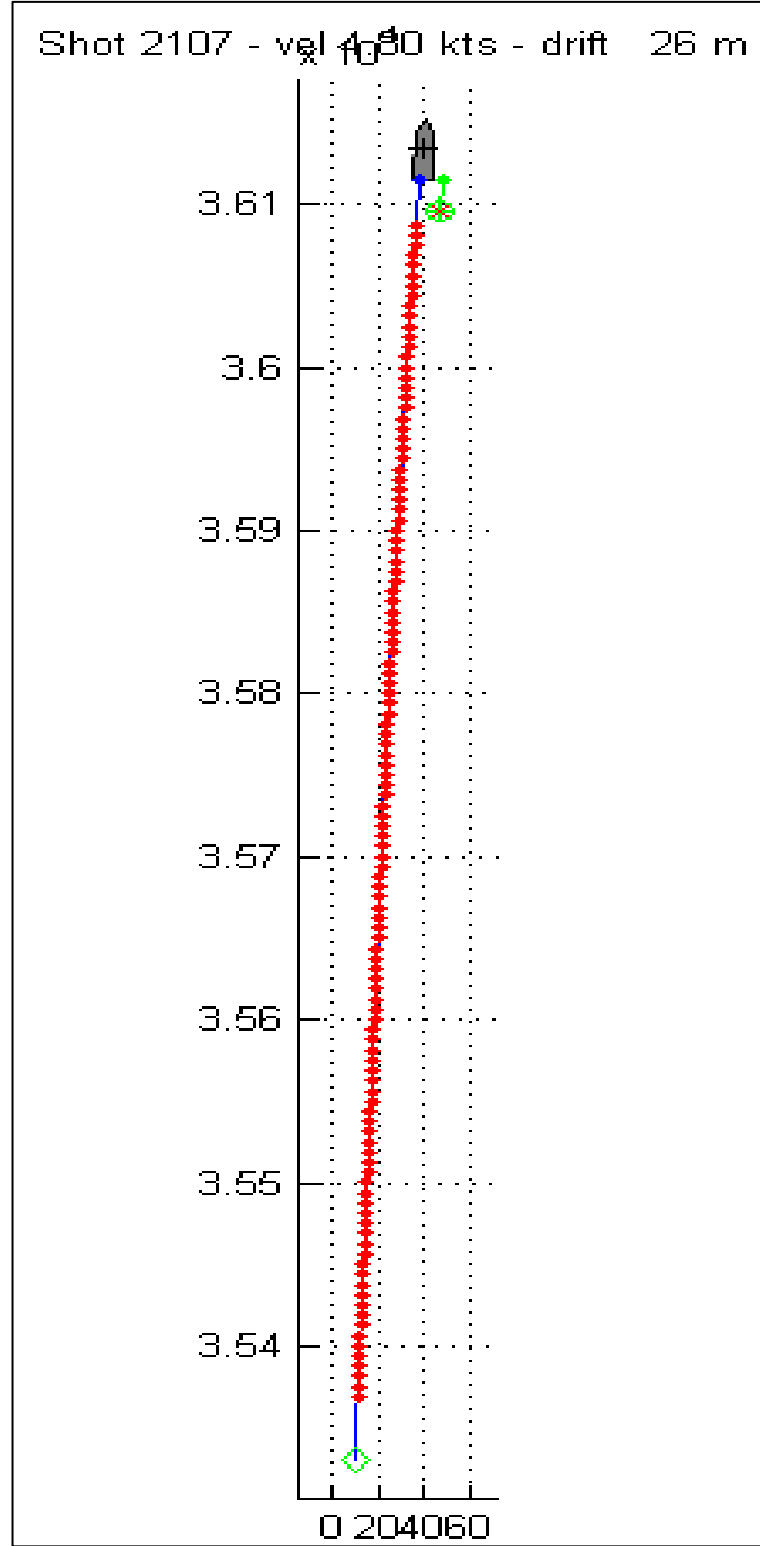
Kaynak ve alıcıların her bir atış anındaki konumları, geminin (x,y) konum bilgisi, geminin gryo bilgisi ve pusulalı derinlik düzenleyicilerden gelen sapma miktarı değerleri alınarak hesaplatılır ve görüntülenerek hattın genel doğrultusu çizdirilir (Şekil 4.29). Bu yazılım, alıcı kablunun hattın sapma değerlerini dikkate alarak gerçek konumunun hesaplatılmasını sağlamaktadır. Son olarak, hatta ait her bir alıcının ofset mesafesi program tarafından hesaplanır (Şekil 30).



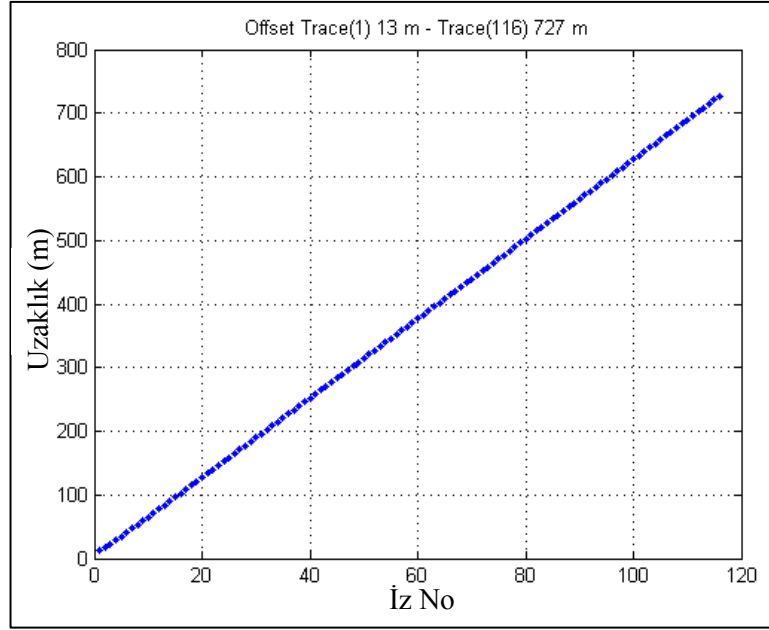
Şekil 4.27 PirMar-A1-03 hattına ait çizdirilen sismik düzeneğin teorik geometrisi. Yeşil noktalar alıcı konumlarını, “x” işaretleri ise alıcı kablo üzerindeki derinlik düzenleyicilerinin konumlarını vermektedir. Kırmızı yıldız ise sismik kaynağın yerini göstermektedir.



Şekil 4.28 Sismik düzeneğin yakınlaştırılmış görüntüsü. GPS' in gemideki gerçek noktasındaki yerini göstermektedir (⊗ işareti).



Şekil 4.29 Kayıt süresi boyunca her bir atış anında alıcı kablonun konumu, navigasyon dosyasından okutulularak da çizdirilebilir. Bu “plot” işlemi sırasında hattın doğrultusundan kayma miktarı ve geminin ortalama hızı da gözlemlenebilir.



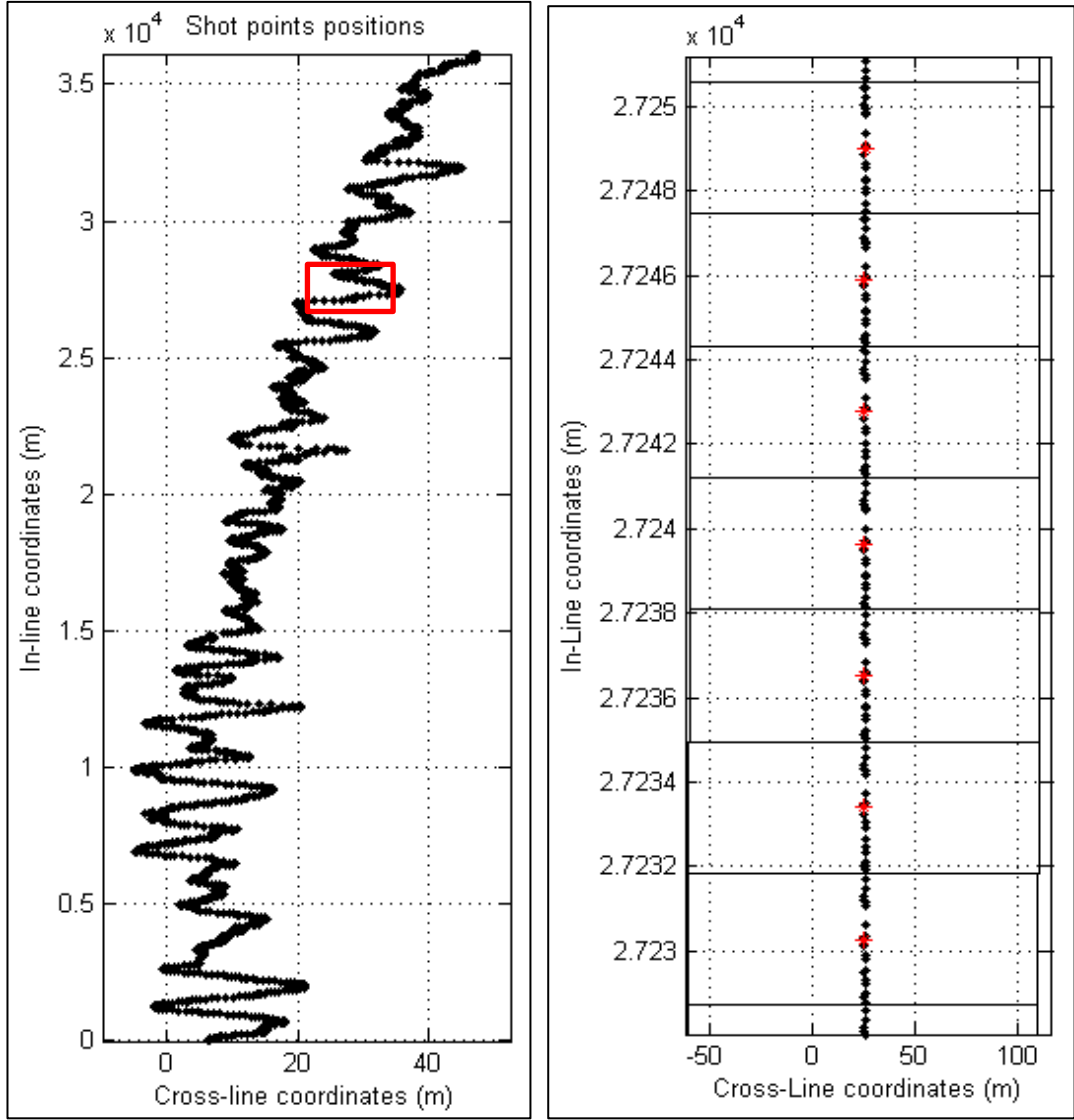
Şekil 4.30 Hatta ait her bir alıcının ofset mesafesi program tarafından hesaplanır. İlk alıcının ofseti 13 m. ve son alıcının uzak ofseti ise 727 m. olarak bulunmuştur.

4.3.6 Ortak Derinlik Noktalarına Sıralama (CDP Sort)

Bu bölümde ise, geometri bilgisi yüklenmiş verinin ortak derinlik noktaları hesaplanır ve aynı noktadan yansıyan izler bir grupta toplanır. Kaynak ve alıcı kablo konumlarından hesaplanan derinlik noktalarının konum bilgileri ile bir veri tabanı oluşturularak SEG-Y dosyasının başlığına yazdırılır.

İlk olarak alıcıların konumları hesaplatılmış ve geometri bilgisinin SEG-Y veri başlıklarına yazılmış olan veri çıkış dosyası programa yeni giriş dosyası olarak çağrılır. Bu veri başlıklarından okuma yapılarak ortak noktadan yansıyan sinyaller bir araya getirilerek CDP grupları oluşturulur. Bu gruplar daha sonra yeni bir çıkış dosyasına yazdırılır.

Oluşturulan CDP grupları bin merkezlerinde toplanır. CDP Bin, küçük bir kare veya dikdörtgen alanıdır. Bütün orta noktalar bu alanın (bin) içerisine yayılır ve aynı Ortak Orta Nokta'ya sahipmiş gibi kabul edilir (Şekil 4.31). Aynı bin içerisine düşen izlere “ CDP Yığılma ” yapılır ve bu izlerin sayısı o CDP için katlama sayısını verir.

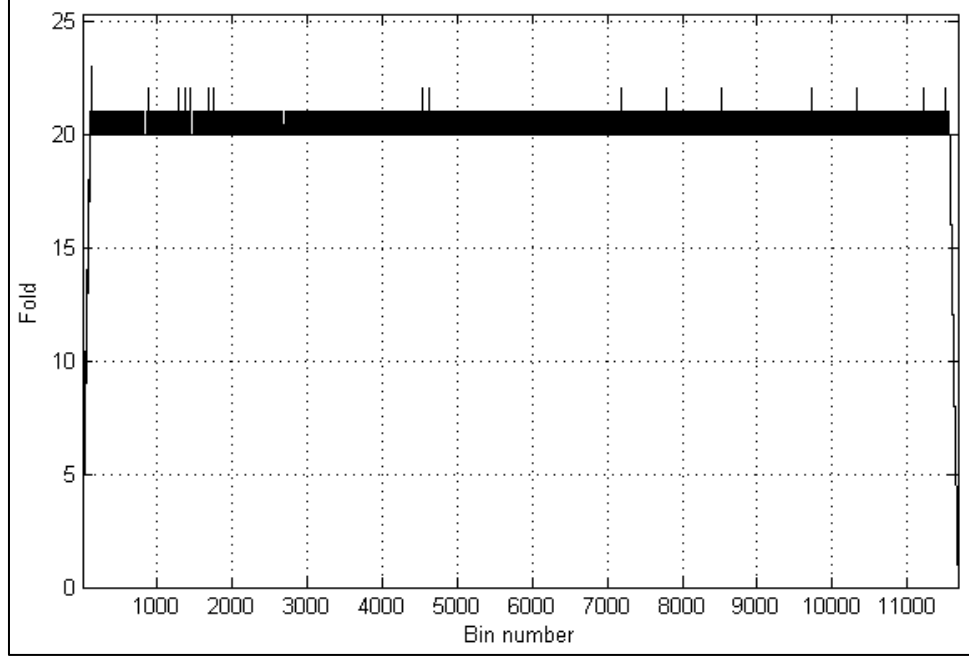


Şekil 4.31 Bin merkezlerinde toplanmış CDP grupları. Kırmızı yıldızlar ise bin merkezlerin orta noktasıdır. Siyah çerçeve ise bin sınırlarıdır. Kırmızı çerçeve ile gösterilen alanı yakınlaştırılmış görüntüsü sağ yanda gösterilmiştir.

Şekil 4.31’ de örnek verinin hesaplatılmış CDP bin merkezleri ve onun küçük bir bölümünün yakınlaştırılmış görüntüsü verilmiştir. Her bir CDP aralığı 3,125 m.’ dir. Siyah noktalar ilişkili izlerin orta noktasını gösterir. CDP sıralaması yapıldıktan sonra KK-QC programında ASCII formatlı bir çıkış dosyası oluşturulur ve bu dosya CDP’ lerin konumlarını içerir.

Bir ortak orta nokta topluluğunda bulunabilecek en fazla iz sayısı "Katlanma Sayısı" kavramı ile ifade edilir. Katlanma sayısı; alıcı grup aralığı, atış aralığı ve toplam kanal sayısı gibi geometrik değiştirgenlere bağlıdır ve (4.1) bağıntısı ile

verilir. Bu bağıntı programa girildikten sonra hesaplatılarak hatta ait maksimum katlanma belirlenerek çizdirilir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 Örnek veri hattına ait CDP'ler boyunca katlanma sayısının değişimi.

$$Katlanma = \frac{Alıcı sayısı \times Alıcı Aralığı}{2 \times Atış Aralığı} \quad (4.1)$$

Örnek veri için aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

- CDP sayısı: 11676
- CDP aralığı: 3.125 m
- Maksimum Katlanma: 21

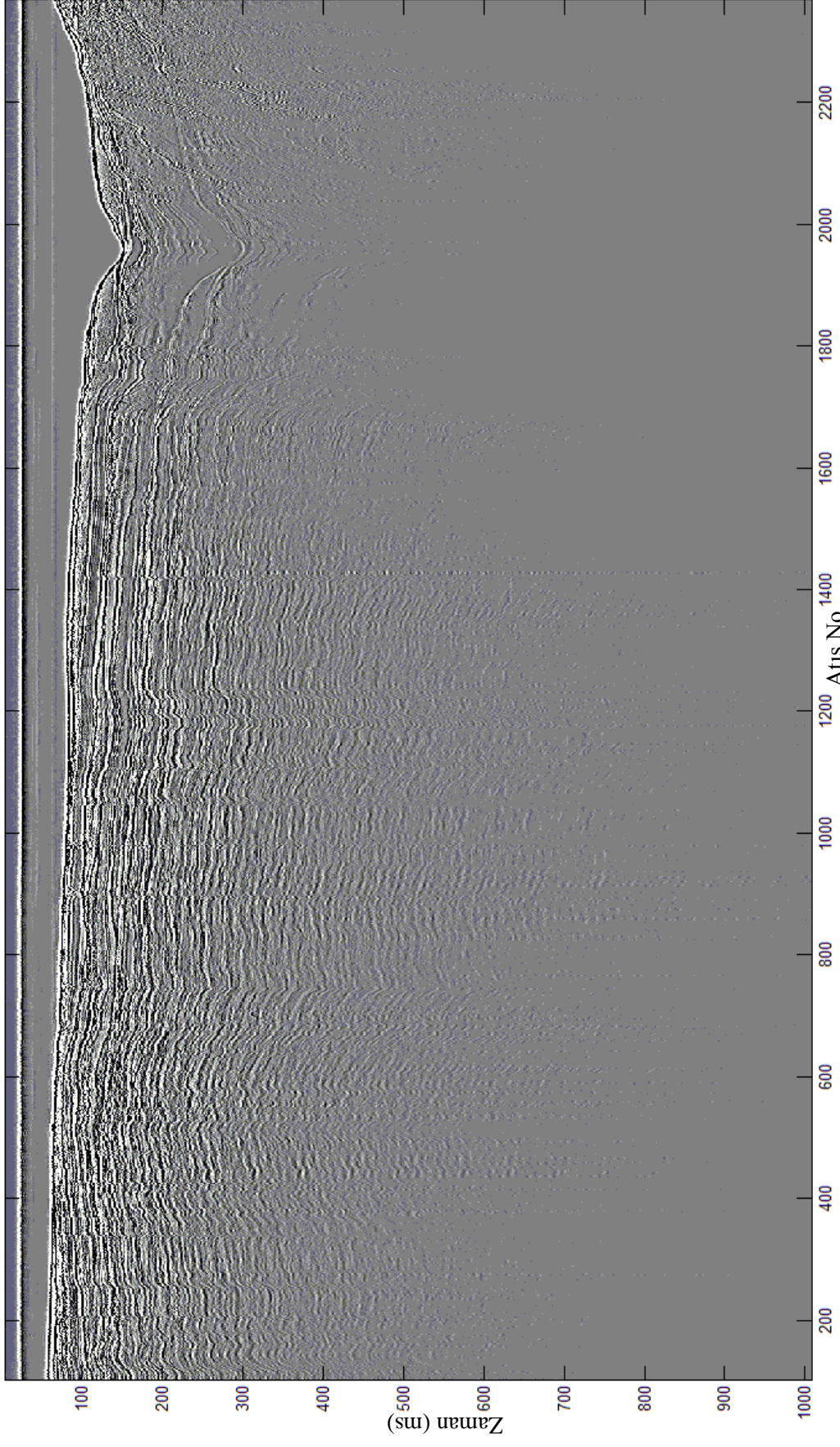
4.4 Sismik Veri İşlem Yazılımı İçin Çıkış Dosyası Oluşturma

Sismik sinyal kontrolü, geometri bilgilerinin hesaplanması gibi işlemler, ön veri işlem adımları olarak isimlendirilir. Kısaca veriye uygulanan ön veri işlem adımları aşağıda verilmiştir;

- Veriye bant geçişli süzgeç uygulanmıştır (20-200 Hz),

- 5 s kayıt uzunluğu olan verinin veri işleme sokmadan önceki iz uzunluğu belirlenmiştir (Sığ alanlar için bu değer 1000 ms' ye düşürülmüştür),
- Kaynak ve alıcıların gerçek konumları hesaplatılmıştır.

Bu işlemler uygulandıktan sonra MATLAB da yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur. KK-QC ve ön veri işlemler sonucu hattın geometri bilgisi, ofset uzaklıkları, CDP sayısı, katlanma sayısı, kaynak ve alıcıların gerçek konumları gibi bilgilerin içinde yer aldığı bir veri tabanı elde edilir. Tüm bu işlemler bittikten sonra oluşturulan veri tabanı SEG-Y dosyasının iz başlıklarına aktararak SEG-Y dosyası yeniden güncellenir ve verinin son hali görüntülenir (Şekil 33). Bu aktarma işleminden sonra laboratuvar ortamında bulunan veri işlem yazılımına yüklenerek burada ana veri işlem adımlarına devam edilir. Tekrar hatta geometri bilgisinin yüklenmesine ve ya CDP sıralama yapılmasına gerek yoktur. Veriye daha önceden yapılan süzgeç işlemleri mevcut olduğundan tekrar bu işlemlerin uygulanmasına da gerek kalmaz. Ancak veri işlem operatörünün isteğine bağlı olarak süzgeç işlemleri veri çözünürlüğünü artıracak şekilde tekrar uygulanabilir.



Şekil 4.33 KK-QC sonrası elde edilmiş sismik kesitin tek kanallı (single trace) görüntüsü.

BÖLÜM BEŞ

SİSMİK VERİ İŞLEM

Çok kanallı sismik yansıma verilerinin hiçbir işleme tabi tutulmadan yorumlanması mümkün değildir. Çok kanallı sismik yansıma verilerinin yorumlanabilecek hale gelebilmesi ve jeoloji ile ilişkilendirilebilmesi için bir dizi düzenleme ve iyileştirme işlemi gerekmektedir. Bu işlemlerin bütününe sismik veri işlem denir ve ön veri işlem, standart veri işlem ve özel amaçlar için uygulanan veri işlem yöntemlerinden oluşur. Standart veri işlem akışından farklı olarak ön veri işlem aşaması, KK-QC sırasında MATLAB yardımı ile gerçekleştirildiğinden ana veri işlem aşamalarından devam edilmiştir. Ancak bu bölümde tüm işlem akışları aktarılarak MATLAB ile karşılaştırılmalı olarak örneklere değinilecektir. Hemen ardından ana veri işlem akışlarına geçiş yapılır. Tablo 5.1’ de veriye uygulanan genel veri işlem adımları verilmiştir.

Tablo 5.1 Veriye uygulanan genel veri işlem adımları ve ProMAX sismik veri işlem yazılımındaki karşılığı.

Veri-işlem aşaması	Veri-işlem akışındaki ismi
Veri Yükleme	SEG-Y Input
Geometri Tanımlama	2D Marine Geometry Spreadsheet
Geometri Yükleme	Inline Geometry Header Load
Bant Geçişli Süzgeç	Bandpass Filter
Genlik Kazanımı	Automatic Gain Control (AGC)
F-K Süzgeci	F-K Filter
CDP Sıralama (Sort)	Inline Sort
Hız Analizi	Velocity Analysis
NMO	Normal Moveout Correction
Yığıma	CDP/Ensemble Stack
Migrasyon	Kirchhoff Time Migration

5.1 Ön Veri İşlemlerde Karşılaştırılmalı İşlem Akışları

Ön işlemlerin amacı, arazi verilerini, standart veri işleme hazır hale getirmektir. Verilerin kayıt edildiği formatın bilinmesi sismik veri işlem yazılımının kullandığı formata dönüştürme işlemini doğru yapmada önem taşımaktadır. Ön işlemlerin ilk

adımı, verilerin formatının, kullanılan yazılımın formatına dönüştürülmesi işlemidir. Bu işlem tamamlandıktan sonra tüm ortak atış toplulukları, bir kalite kontrolünden geçirilir. Bu işlemin amacı, sorunlu atış topluluklarının ve izlerin bulunduğu kayıtları belirlemek ve bunları ayıklamaktır.

MATLAB uygulaması sırasındaki ön veri işlem adımları Bölüm 5’ te ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde ProMAX’ da uygulanan ön veri işlemler ile MATLAB’ dan alınan veri çıktısının görüntülerinin karşılaştırılması yapılacaktır. Böylelikle laboratuvarındaki yazılımda ön veri işlem adımlarına neden ihtiyaç duyulmadığı şekillere dayalı olarak anlatılacaktır.

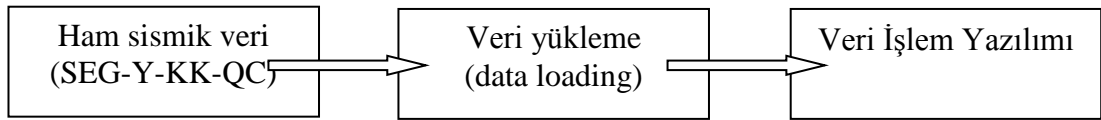
Şekil 5.1’ de standart ön veri işlem akışı (solda) ve KK-QC sırasında MATLAB yardımıyla uygulanan veri işleme ait akış diyagramı (sağda) verilmiştir.



Şekil 5.1 İki ayrı uygulamaya ait verilen veri işlem akışı blok diyagramı.

5.1.1 QC Çıkış Dosyasını Veri İşlem Yazılımına Yükleme

Veri toplanırken her atış ayrı bir dosya olarak kaydedilmektedir (shot gather). Jeofizik Laboratuvarı'nda kullanılan kayıtçının formatı SEG-Y formatıdır. Bu formatta ham sismik veriye ait atış sayıları, örnekleme aralığı, ofset, her bir atış için sismik verinin genlik değeri gibi bilgiler bulunur. Çok kanallı sismik yansıma çalışmaları sonucu toplanan ham sismik veri, veri işlem esnasında kullanılan yazılıma uygun bir formata dönüştürülerek sisteme, hatta ait tüm atışların bir arada olduğu tek bir dosya halinde yüklenmesi gerekmektedir. Bu işleme veri yükleme adı verilir. Sismik kayıtçıya kaydedilen verilerin okunabilmesi için, veri işlem yazılımı, kendine özel bir veri formatına dönüştürerek veriyi işlenmeye hazır bir giriş dosyası haline getirir. Bu aşamadan sonra veri artık işlenmeye hazır hale gelmiş demektir.



Şekil 5.2 Ham veri, veri işlem yazılımına uygun bir formata dönüştürüldükten sonra yüklenir.

5.1.2 Sismik Verinin Görüntülenmesi

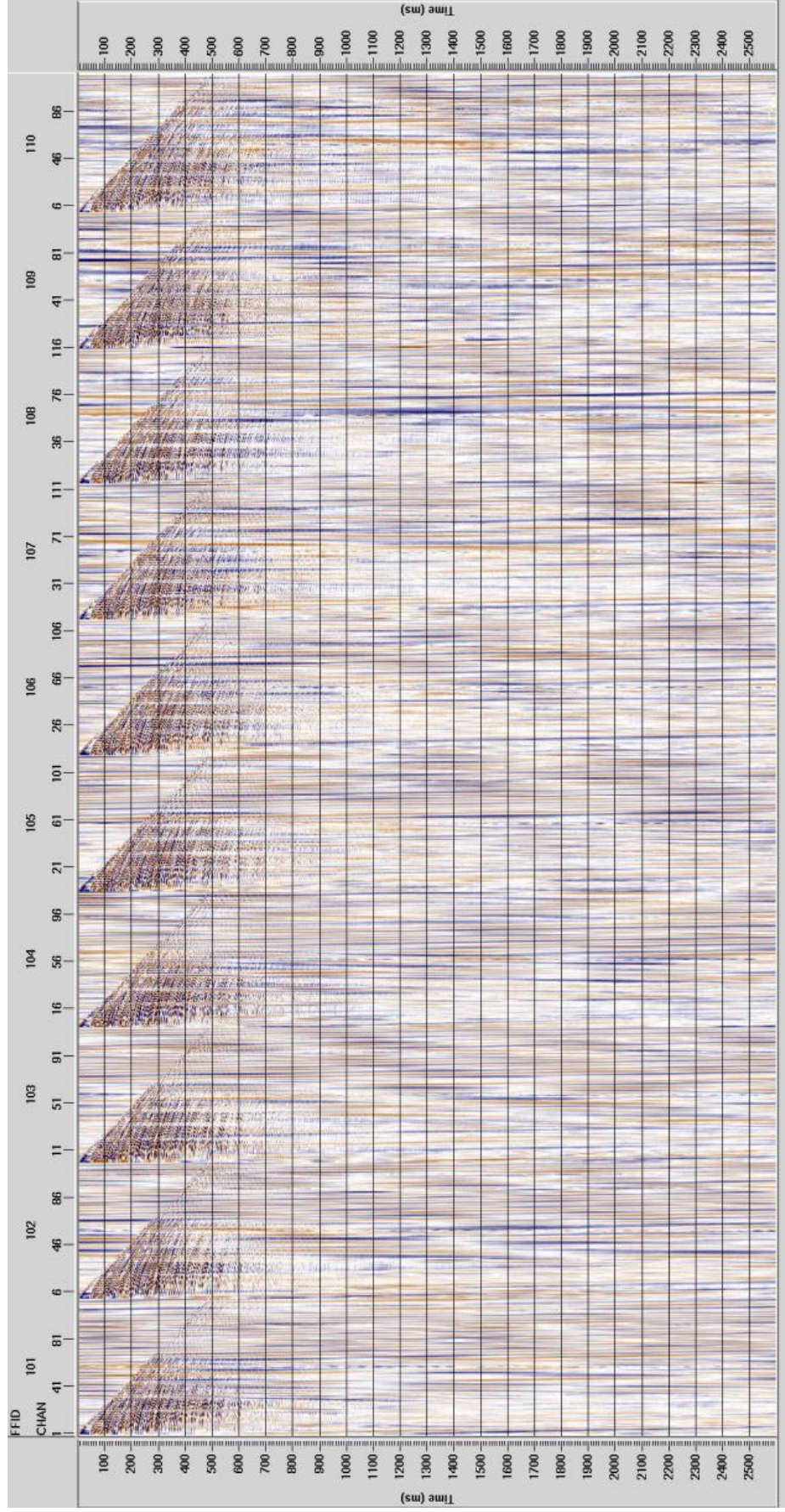
Bu aşamada sismik veri, atış grupları ya da tek kanallı olarak görüntülenerek, uygulanan veri işlem adımlarının veri üzerindeki etkileri ve değişimleri incelenir. Ayrıca yüklenen verinin ilk etapta hat boyunca deniz tabanı ve taban altında neler içerdiğini görebilmek için de tek kanallı sismik kesitler üretilir. Veri yükleme esnasında oluşturulan giriş dosyası, görüntüleme için sisteme çağrılarak işlem yapılır. Sismik veri, bir hat boyunca toplanan ve ardışık olarak elde edilen atış grupları şeklinde yan yana görüntülenebilirken (Şekil 5.3), her atış grubunun belirlenen aynı kanalının yan yana getirilmesi ile tek kanallı olarak görüntülenmesi şeklinde de olabilir (Şekil 5.4). Aşağıdaki şekillerde ham sismik verinin atış grupları ve her atış grubunun birinci izlerinden elde edilen görüntüler verilmiştir.

KK-QC programı olmaksızın veri işlem yazılımına yüklenen veri Şekil 5.3 ve 5.4' teki gibi görülmektedir. Baskın gürültülerin hakim olduğu ham veriye ilk etapta bant

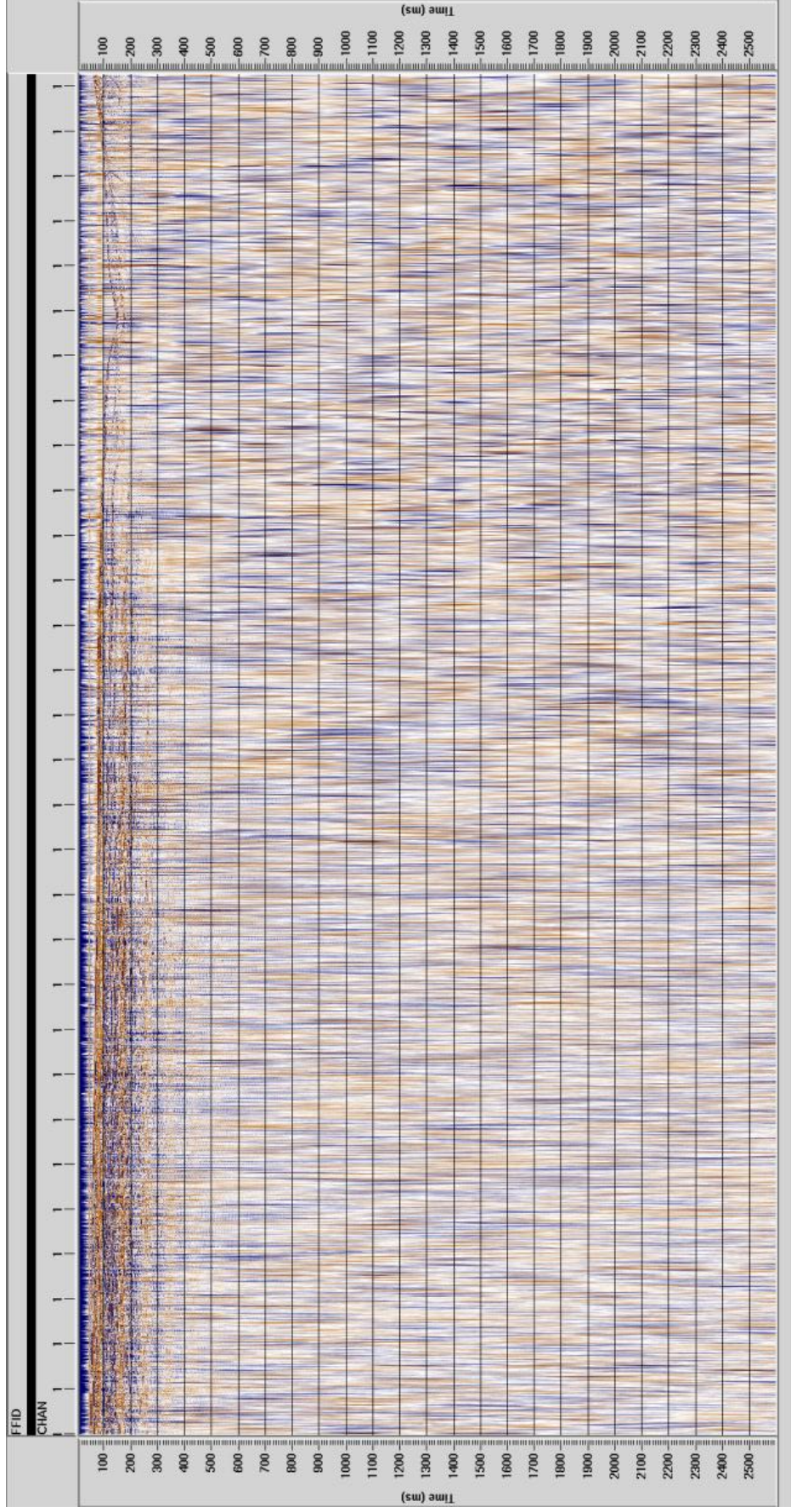
geçişli bir süzgeç uygulanır ve görüntüleme yapılır. Hemen ardından verinin geometri bilgisi yüklenir. KK-QC programı sonrasında ise veri işlem yazılımına yüklenen veri, Şekil 5.5' te gösterilmektedir. Veriye süzgeç işlemi uygulanmış, geometri bilgisi yüklenmiş olduğundan bu işlemlerin ikinci kez tekrarlanmasına gerek yoktur. Laboratuvar ortamındaki ProMAX veri işlem yazılımında bant geçişli süzgeç uygulaması ve geometri bilgisi daha sonraki başlıklarda anlatılarak, KK-QC programı ile karşılaştırılması yapılacaktır. İki ayrı uygulama sonrası elde edilen tek kanallı sismik kesitler üzerinde karşılaştırma yapılarak KK-QC programının çalışabilirliği denetlenecektir.

Bu veri-işlem adımı sadece verinin görüntülenmesine yönelik bir adım olduğu için herhangi bir çıkış dosyası oluşturulmasına gerek yoktur. Buna ek olarak, veri-işlem aşamalarının herhangi bir bölümünde, bu akış diyagramı tekrar açılarak veri görüntülenmesi yapılabilmektedir. Ayrıca görülmek veri işlem adımına ait çıkış dosyası, bir sonraki işlem adımı için giriş dosyası olacak şekilde seçilerek istenen adımların ayrı ayrı görüntülenmesi yapılır ve kontrolü sağlanabilir.

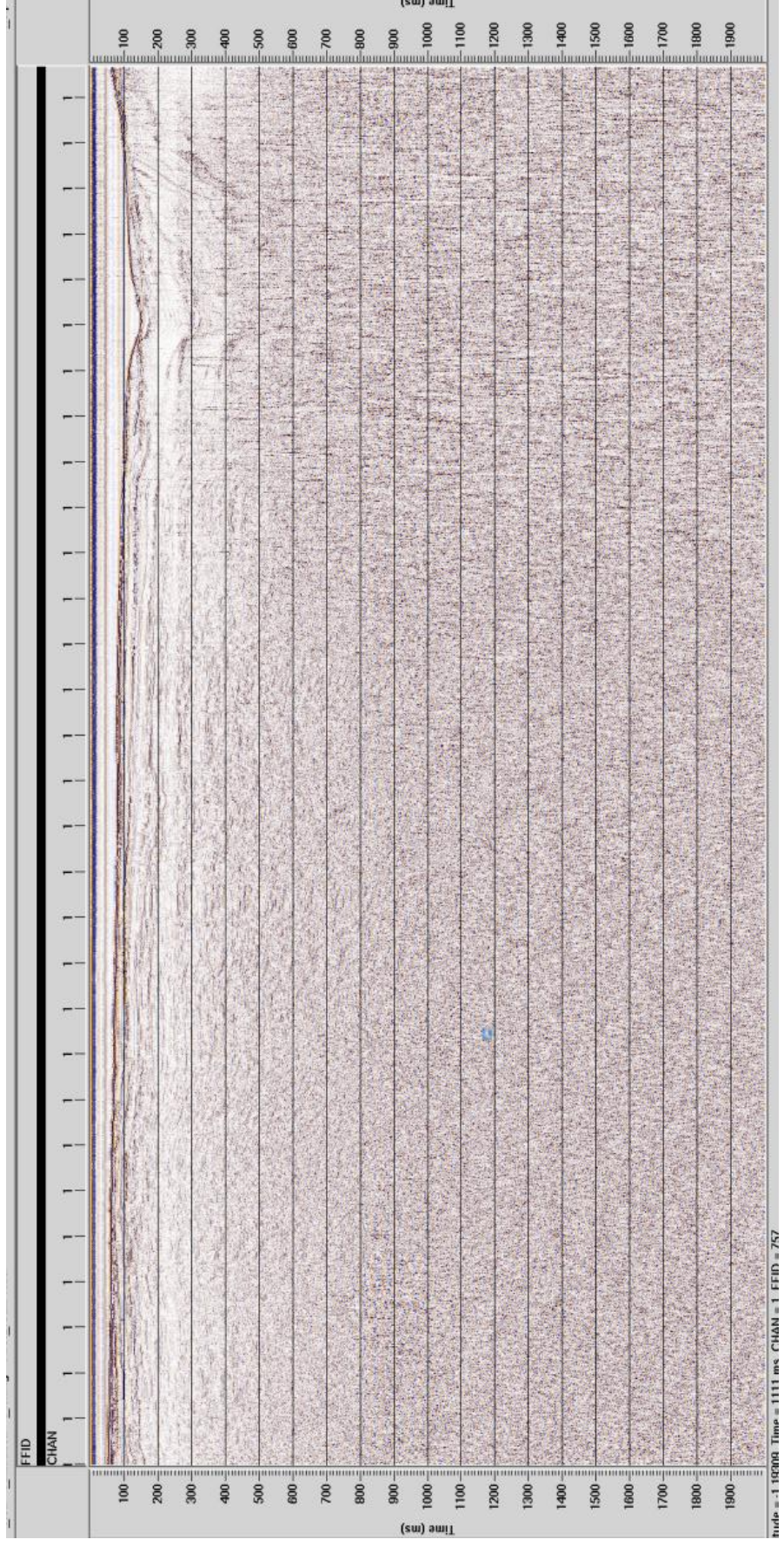
MATLAB' da hazırlanan KK-QC programından elde edilen çıkış dosyası yine SEG Y formatında olduğundan dolayı, ProMAX' da standart veri yükleme işlemi uygulanır ve veri programa tanıtılırken aynı işlemler gerçekleştirilir. Bu bakımdan veri yükleme sırasında herhangi değişiklik yapılmaksızın QC çıkış dosyası ProMAX' a rahatlıkla tanıtılabilir. Her iki yazılıma uygun formatta çalışılması sayesinde QC programından elde edilen çıkış dosyası ProMAX' a tanıtılırken, aynı zamanda ProMAX' tan alınan çıkış dosyası QC programına giriş dosyası olarak tanıtılabilmektedir. Bu sayede iki yazılımda da veri işlem adımları arasında geçiş sağlanabilmektedir.



Şekil 5.3 Ham sismik verinin atış grupları şeklinde gösterimi.



Şekil 5.4 Ham sismik verinin tek kanallı gösterimi



Şekil 5.5 Sismik verinin KK-QC den sonraki ortak ofset kesitiningörüntüsü.

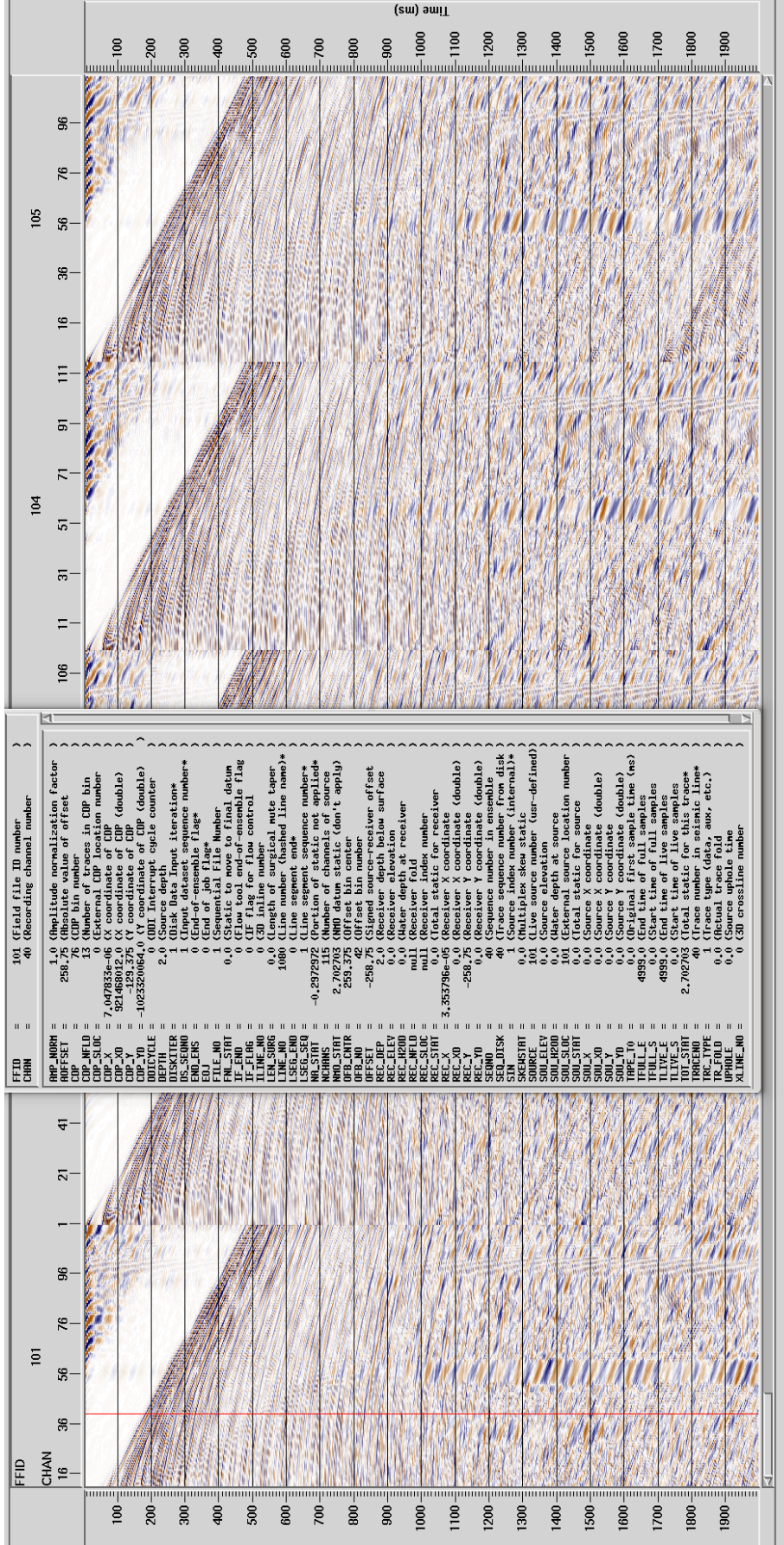
5.1.3 Geometri Tanımlama

Bu aşamada sismik hatta ait geometri bilgileri programa girilerek verinin geometri bilgisi tanıtılır. Geometri tanımlamada amaç, kaynak ve alıcı geometrisinin gerçek coğrafik koordinatlarının tanımlanmasına dayanır. Atış düzeninden ortak derinlik noktası (CDP) düzenine geçilirken, her atışın doğru yerinde tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle atış-alıcı düzeneğinin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Pratikte her bir izin mutlak olarak kaynak noktasından uzaklığı hesaplanır. Bütün sismik veri parametrelerinin tanımı yapılır. Atış ve alıcı istasyonları tanımlanır.

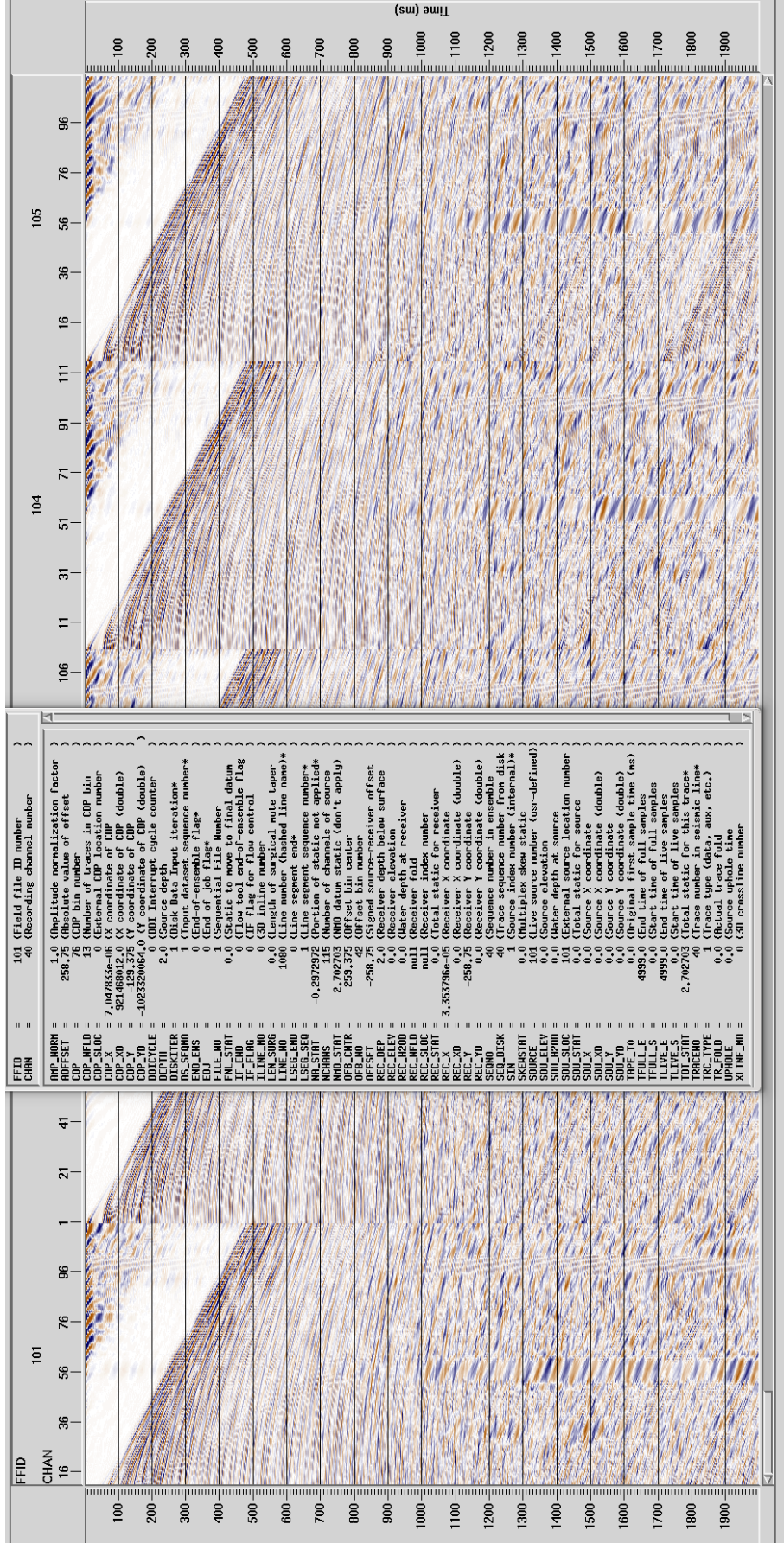
Verilerin toplanması sırasında tutulmuş olan gözlem çizelgelerinin (observer log) dikkatli bir biçimde incelenmesi, varsa kaçan atışlar ile alınamayan kayıtların ve hataların kontrol edilmesinin ardından gerekli olan geometri bilgisine geçilebilir. Bu parametrelerin sisteme tanıtılabilmesi için Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü tarafından kullanılan sismik yansıma gözlem logu kullanılmıştır. Şekil 5.6' da 2010 PirMarmara Seferi' ne ait geometri tanımlamada kullanılan parametrelerin bulunduğu gözlem loglarından bir örnek gösterilmiştir.

Gözlem logundaki veri toplama parametreleri ile diğer kaynak, alıcı ve kayıt parametreleri bu noktada sisteme tanıtılır. Alıcı kablonun ve sismik kaynağın su yüzeyinden itibaren olan derinliği, alıcı ve atış aralığı, toplam kanal sayısı, kayıt boyunca toplam atış miktarı, ilk atış değeri, hattın başlangıç ve bitiş koordinatları, ortak derinlik noktası aralık mesafesi gibi parametrelerin bilgisi bu loglardan alınır. Tüm bu bilgiler, yazılım içerisindeki veri tabanına girilerek, veriye aktarılarak çıkış dosyası elde edilir. Bu aşamadan sonra geometrisi yüklenmiş olan veri üzerinde işleme devam edilir.

Bu işlem klasik bir ön veri işlem adımına ait geometri tanımlamasıdır. Ancak KK sırasında konum verilerinin kontrolü yapıldıktan sonra alıcı ve kaynak noktalarına ait geometri bilgilerinin MATLAB yardımı ile veri içine aktarımı gerçekleştirildiğinden bu aşamaya gerek kalmamıştır. İki yöntemle de aktarım yapıldığında her bir izin hesaplanmış ofset bilgilerinin aynı olduğu görülmektedir (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8).



Şekil 5.7 ProMAX veri işlem yazılımında geometri bilgisi yüklenen verinin başlık bilgisi



Şekil 5.8 MATLAB da geometri yüklenen verinin başlık bilgisi

5.1.4 Bant Geçişli Süzgeç

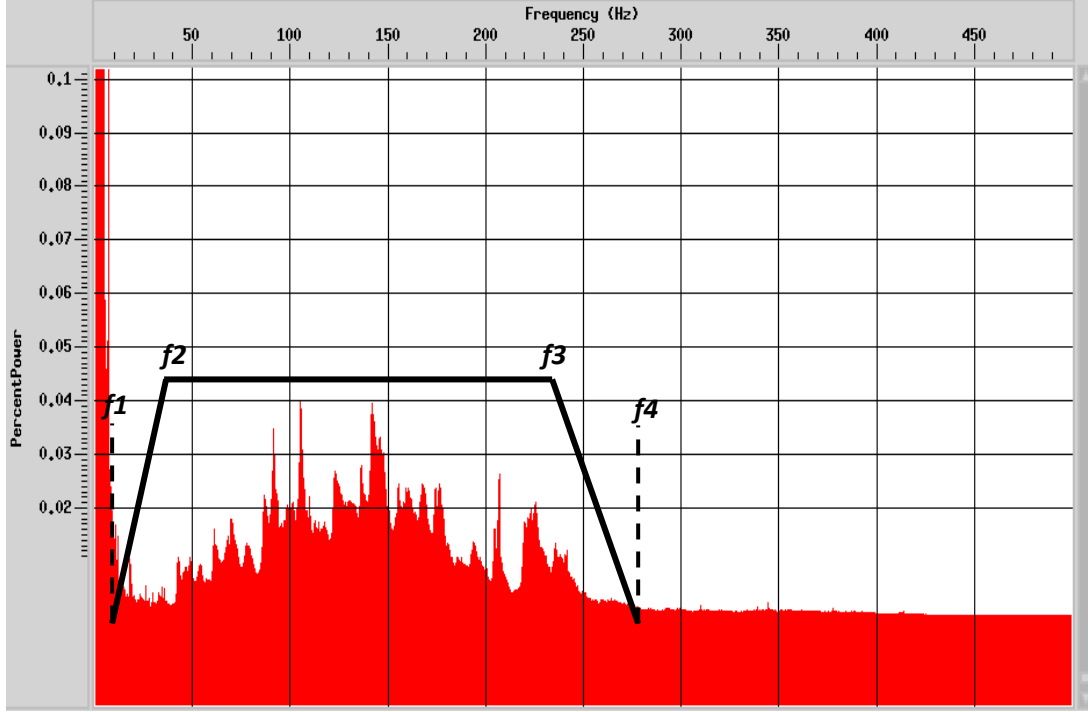
Sismik veride istenilen frekanslardaki genlikleri diğerlerinden ayırabilmek için süzgeçleme işlemi yapılır. Bir aralıktaki frekansların geçirilmesi isteniyorsa, bu aralığa geçirim aralığı veya bandı adı verilir. Veride ortaya çıkabilecek farklı olayların frekans karakterlerini saptamak için atış kayıtlarına bant geçişli süzgeç uygulanmıştır. Sismik izler üzerinde verinin frekans içeriği ve bant geçişli süzgeç uygulamalarında uygun f_1 ve f_2 frekansları arasındaki köşe frekanslarının belirlenmesi amacıyla belirli aralıklar boyunca spektral analizi yapılarak incelenir. Bu işlemin amacı veride ortaya çıkan farklı olayların frekans bandını belirlemektir.

Sismik izler üzerinde verinin frekans içeriği, belirli aralıklar boyunca Fourier analizi yapılarak incelenir. Hemen sonrasında sinyali oluşturan baskın frekanslara ve gürültü içeren kısımlara bakılarak uygun parametrelere (süzgeç tipi, kesme frekansı, süzgeç boyu gibi) karar verilir. Bir aralıktaki frekansların geçirilmesi isteniyorsa, bu aralığa geçirim aralığı veya geçirim bandı adı verilir. Eğer bir aralıktaki frekanslar atılmak istenirse, bu aralığa kesme aralığı veya bandı denir. Genlik fonksiyonuna göre süzgeçler; alçak geçişli, yüksek geçişli, bant geçişli, bant kesmeli, tüm geçişli ve çok bantlı olmak üzere sınıflandırılır. Bu tez çalışmasında bant geçişli süzgeç (band pass filter) kullanılmıştır. Orijinal verinin bozulmasını önlemek amacıyla da eğim kuralına uyan bant aralıkları seçilmiştir.

Spektral analiz, istenen her atış noktası için, atış gruplarının frekans içeriğinin görülmesini ve veri olarak sayılabilecek kısmın frekans bandının seçilmesini sağlamıştır. Ardından sinyali oluşturan baskın frekanslara ve gürültü içeren kısımlara bakılarak uygun parametrelere (kesme frekansı, süzgeç boyu) karar verilir.

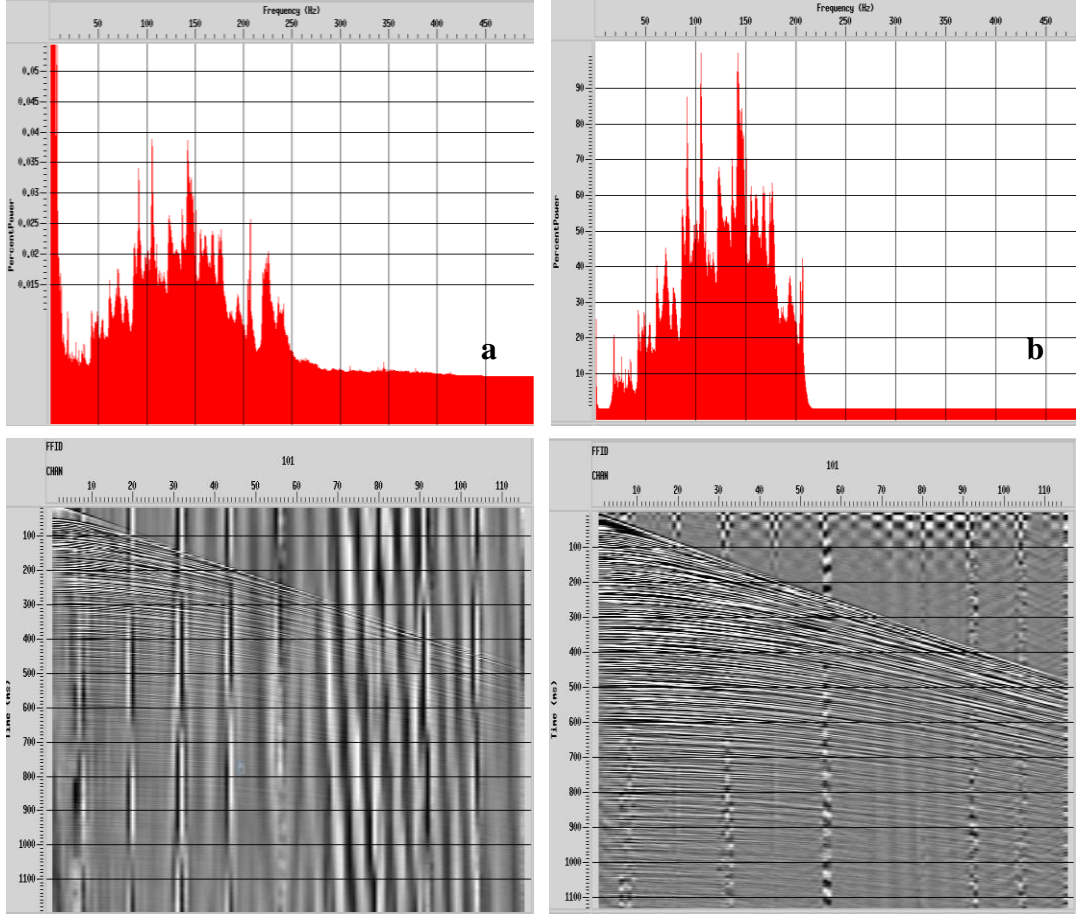
Bant geçişli süzgeç ile sismik verinin belirlenen bant genişliği dışında kalan kısımları süzgeçlenir. Şekil 5.9’ da da görüldüğü üzere süzgeç işlemi için “Ormsby bandpass” operatörü kullanılmıştır. Yani süzgeç kesme frekanslarının ve trapezoidin eğimli kanatlarının tanımlanmasında köşe frekans değerleri kullanılmıştır. Zaman

ortamında uygulanan süzgeç, köşe frekansları 15-20-180-200 Hz olarak ve süzgeç boyu 500 ms seçilerek bant geçişli süzgeç verilere uygulanmıştır.



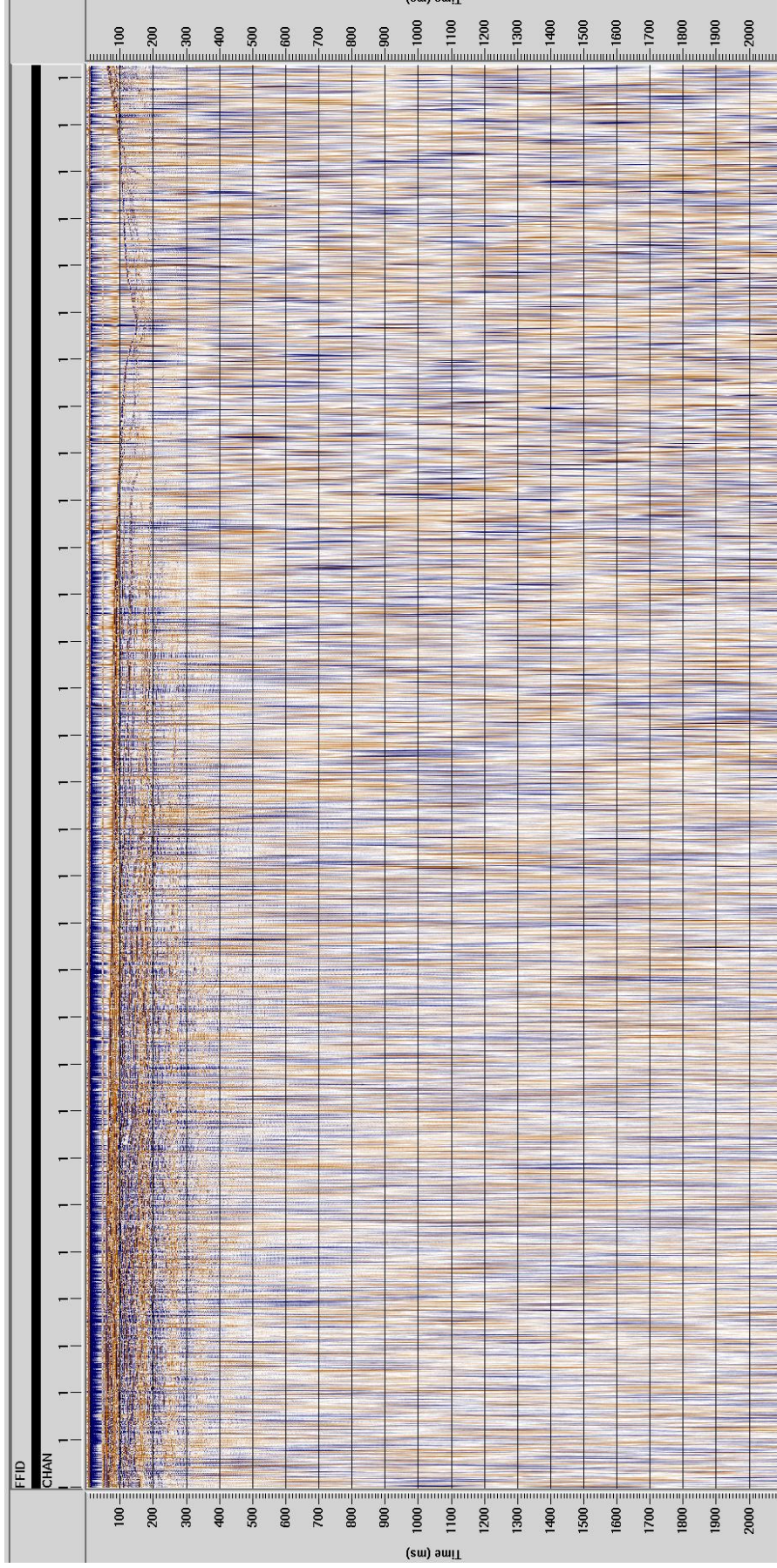
Şekil 5.9 Sismik verinin spektral analizinde köşe frekanslarının seçimini gösteren pencere görünümü.

Yapılan frekans analizi sonucu sismik yansıma verisine belirlenen frekans aralığında bant-geçişli süzgeç uygulandığında en uygun sinyal/gürültü oranı elde edildiği anlaşılmıştır. Süzgeç uygulanmış ve uygulanmamış atış kayıtları Şekil 5.10’ da gösterilmiştir. Uygulanan bant-geçişli süzgeç ile deniz dalgası gürültüsü gibi önemli gürültü kaynaklarının veriden büyük ölçüde atıldığı görülmektedir.

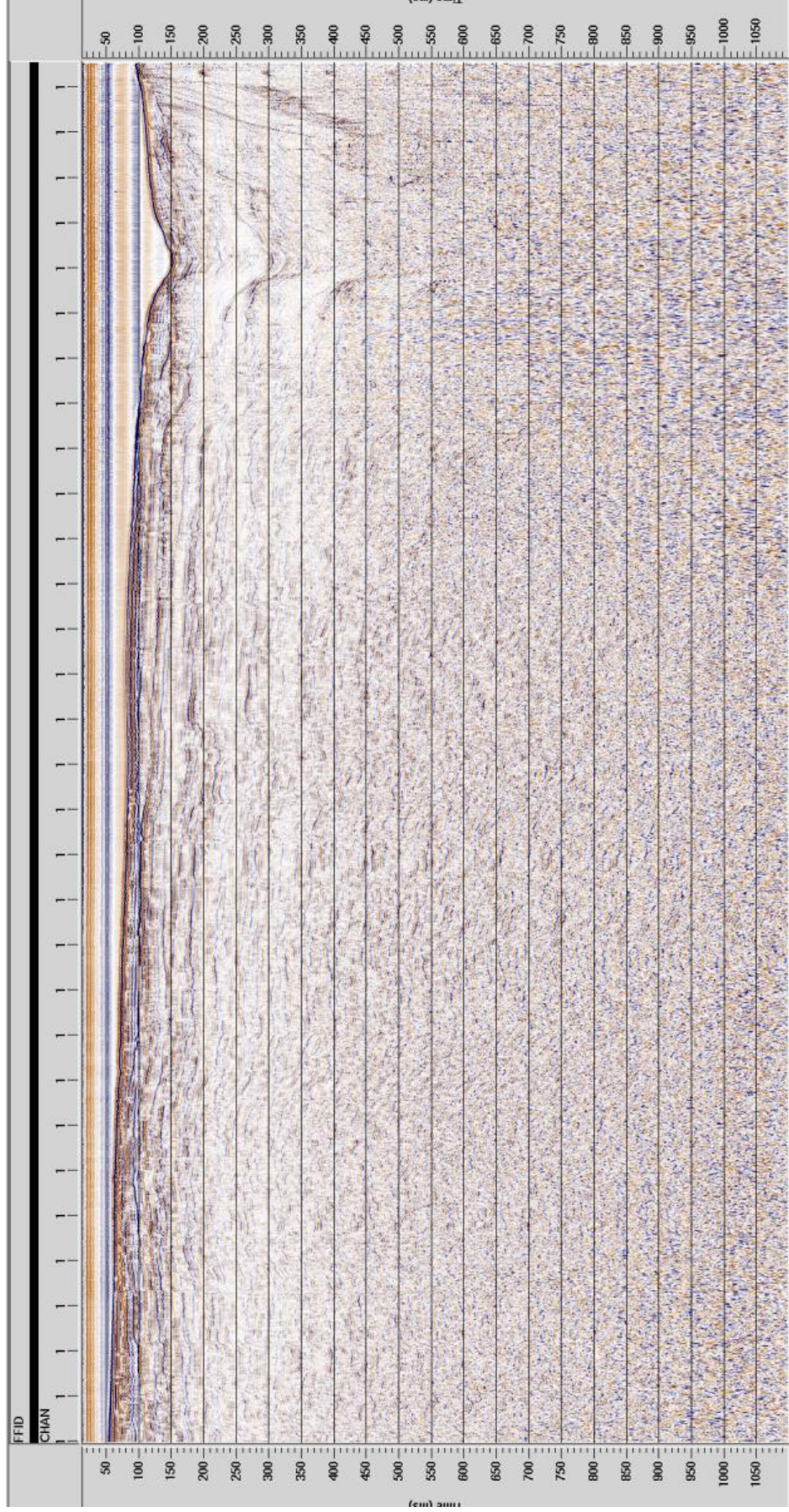


Şekil 5.10 Tek bir atış dosyasına ait (a) Bant geçişli süzgeç uygulanmamış, (b) bant geçişli süzgeç uygulanmış spektral analiz penceresi ve atış kaydı görüntüsü.

İşlem süresinin kısalığı açısından süzgeçleme işlemi zaman ortamında uygulanmıştır. Ayrıca belirlenen değiştirgenler yardımı ile uygulanan süzgeç sonrası verinin tek kanallı sismik kesiti elde edilmiştir. Sırasıyla veriye bant geçişli süzgeç uygulanmamış (Şekil 5.11) ve uygulanmış (Şekil 5.12) kesitleri elde edilerek iki kesit arasındaki fark ve süzgeç operatörünün çalışabilirliği denetlenmiştir. Şekil 5.12’ de süzgeç işlemi uygulanmış verinin tek kanallı sismik kesitinde, deniz dalgası gürültüsünün büyük bir kısmının veriden atıldığı açık bir şekilde görülmektedir.



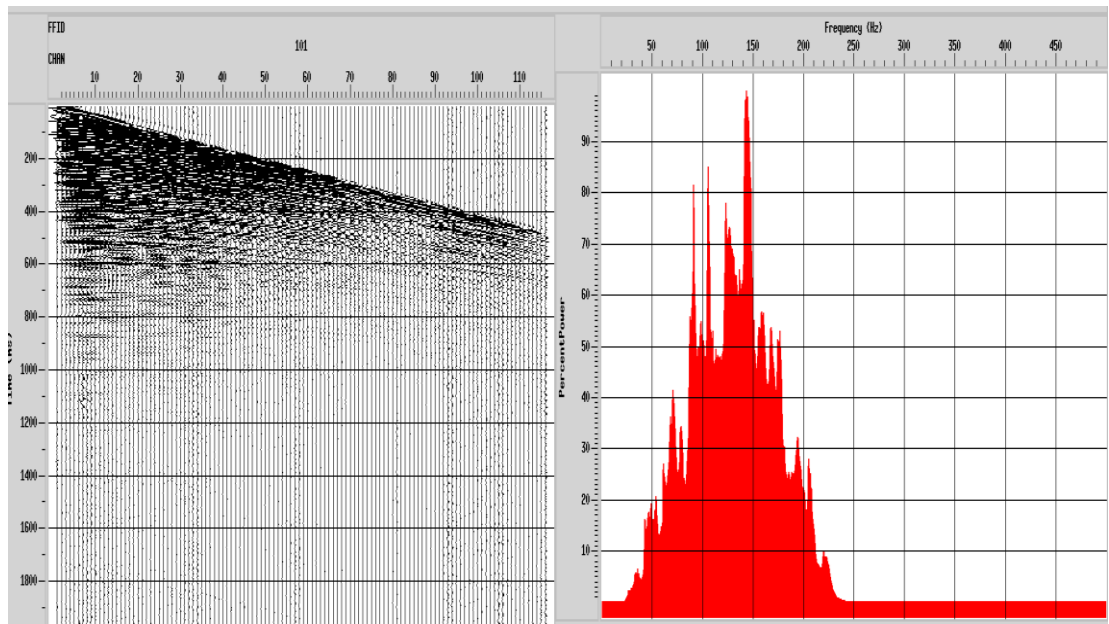
Şekil 5.11 Süçgeç işlemi uygulanmamış olan tek kanallı sismik verinin görüntüsü.



Şekil 5.12 Sızgeç işlemi uygulanmış verinin tek kanallı görüntüsü.

Kalite kontrol sırasında veriye 15-220 Hz aralığında bant geçişli süzgeç uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın çalışabilirliğini göstermek adına laboratuvar ortamındaki veri işlem yazılımında KK-QC veri çıktısının da spektral analizi yapılmış ve yazılımın çalışabilirliği denetlenmiştir (Şekil 5.13).

Şekil 5.13’ te ise KK-QC programından alınan verinin sismik veri işlem yazılımına yüklenmesinden sonraki spektral analizi verilmiştir. Atış grubuna bakıldığından sinyalin baskın gürültülerden arındığı görülmektedir.



Şekil 5.13 KK-QC programından alınan sismik verinin veri işlem yazılımındaki spektral analizi.

5.1.5 Veriye Genlik Kazanımı Uygulama

Kaynaktan çıkan enerji yer içinde ilerlerken ısıya dönüşür. Bunun sonucu olarak uzaklığa ve sönümlenme sabitine bağlı olarak dalgacığın genliğinde azalma olur ve frekansı da düşer.

Yansıma sinyaline etki eden faktörler; kullanılan sismik kaynağın gücü, küresel yayılma ve açılma, ara yüzeylere ait yansıma katsayıları, kritik açıya bağlı olarak yansıma katsayılarının değişimi, soğurulma, ince yansıtıcılardan kaynaklanan peg-leg yansımaları, yansıtıcı yüzeyin özellikleri (eğriliği), saçılma, donanım ve

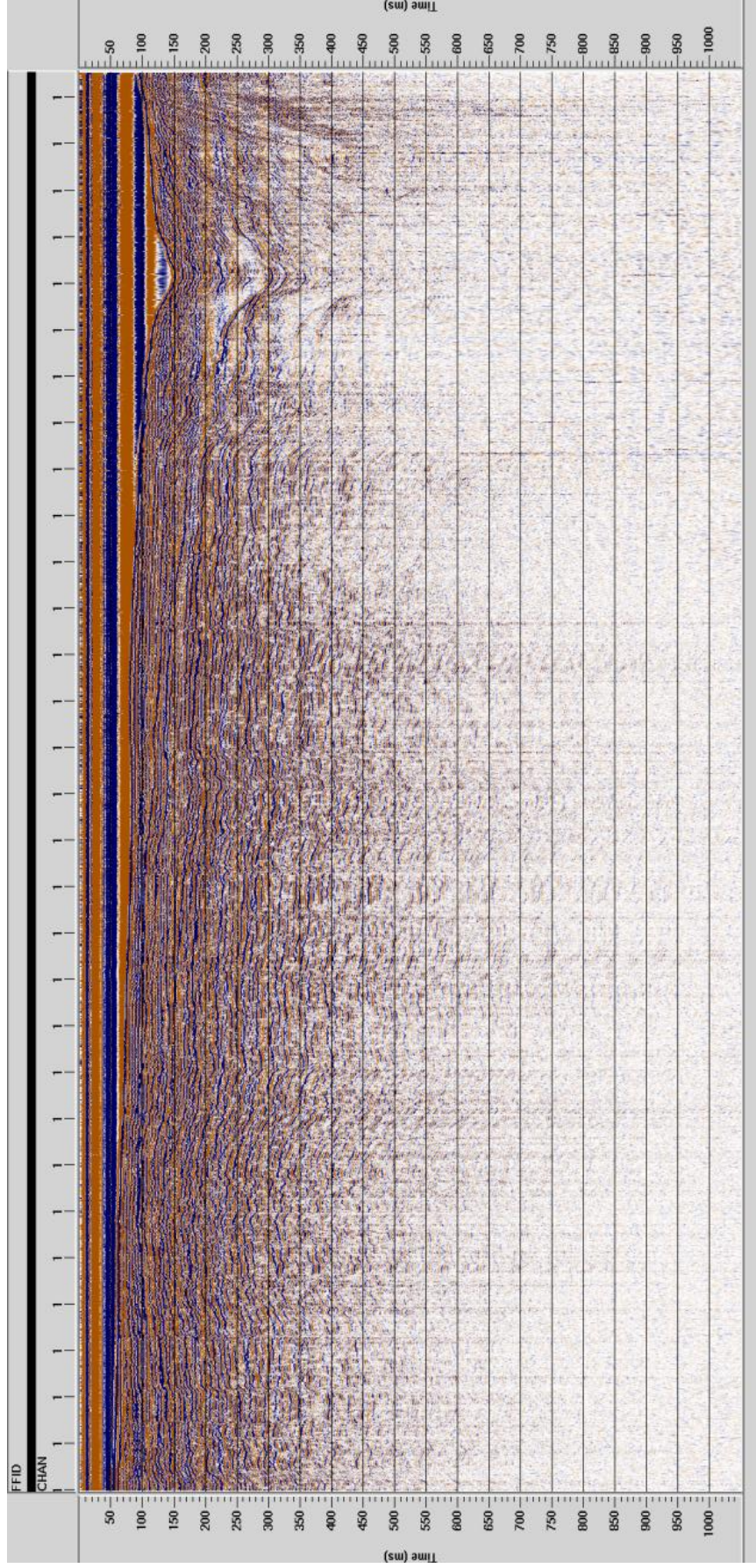
kalibrasyon özellikleri, alıcı duyarlılığı ve ortamda yayınan gürültülerin girişiminden oluşan etkiler olarak sıralanabilir.

Sismik veri de derinliğe bağlı olarak, hız parametresi artışa rağmen, bağıntılarında sismik dalgaların genliğinde önemli ölçüde düşüş gözlenmektedir (Yılmaz, 1987). Kaybedilen genliğinde sismik veride yerine konması verinin yorumlanabilirliği açısından önemlidir. Kazanç uygulama, sinyalin genliği ile ilgili bir işlemdir ve en basit haliyle; her zaman biriminde sinyalin genliğini olabildiğince eşitleme olarak açıklanabilir.

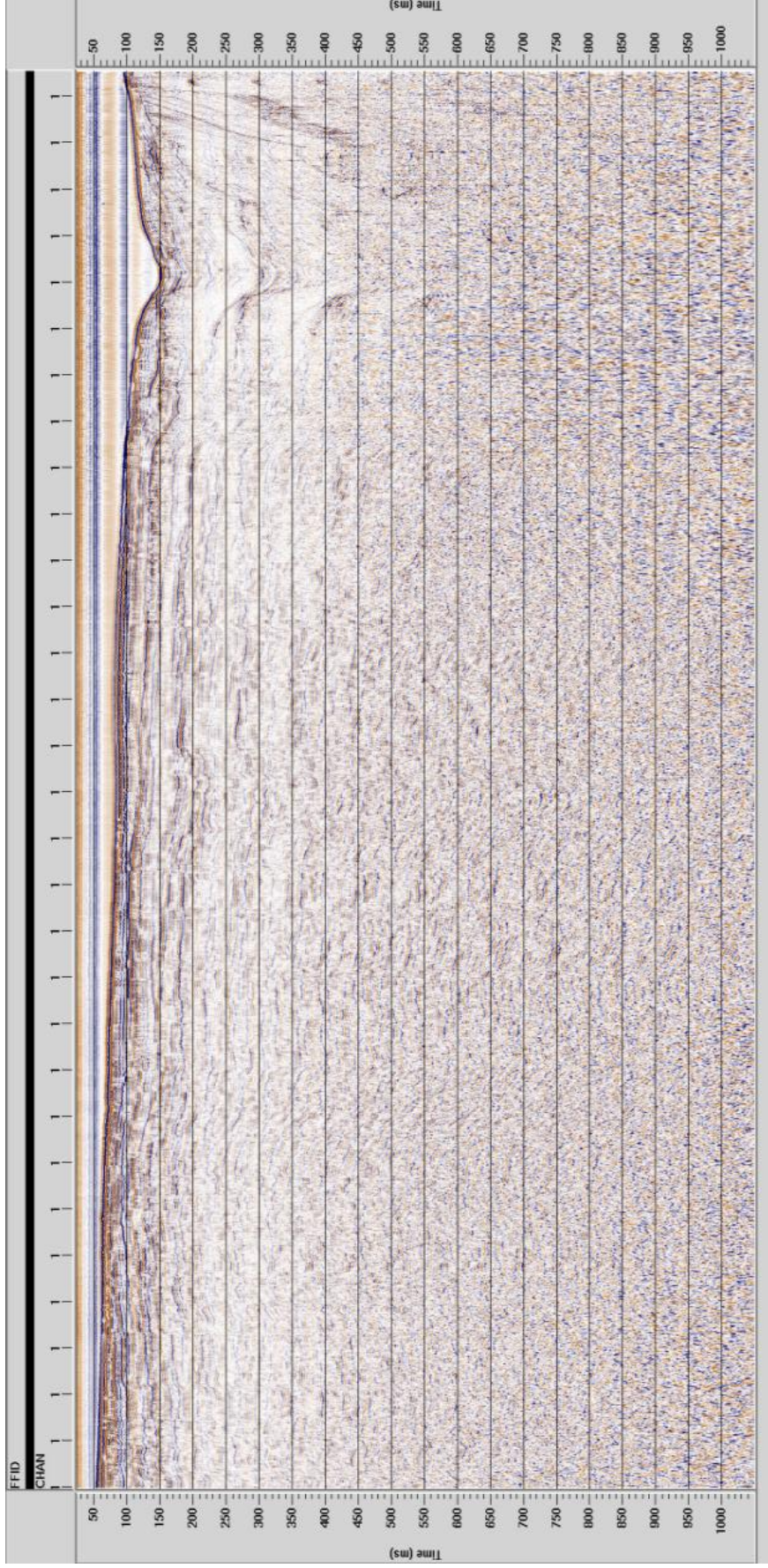
Günümüzde genlik kazancı için en çok AGC (Otomatik Kazanç Kontrolü) ve TAR yöntemleri kullanılır (Gerçek Genlik Kurtarımı). Bu yöntemlerin kullanılabilirliği sismik veriye sağladığı katkı ile ölçülür.

5.1.5.1 Otomatik Genlik Kazanç Kontrolü (AGC)

Yer içinde derinlere doğru ilerledikçe ortamın hızı artar. Bu yüzden düzeltmeler zamana ve ortamın ortalama hızına bağlı olarak değişen genlik, düzeltme fonksiyonu ile çarpılarak yapılır. Otomatik kazanç kontrolü sismik verilere çok sıklıkla uygulanan bir genlik düzeltmesidir. Belirli bir fonksiyonun veriye uygulanmasıyla birlikte, genlik kazanımı uygulanmasında da anlatıldığı üzere küresel kaynaklı genlik azalmalarının en aza indirilmesi hedeflenmektedir. AGC uygulanacağı sırada, seçilmesi gereken tek değiştirgen AGC zaman pencere boyutudur. Bu zaman penceresi uzunluğu genelde 256-1024 ms arasında seçilmektedir ama en doğru uzunluk deneme yanılma yöntemi ile bulunur (Dondurur, 2009). Bu çalışmada genlik kontrolü için AGC kullanılmıştır ve pencere boyu 500 ms olarak alınmıştır. Otomatik kazanç kontrolü (AGC) öncesi ve sonrasına ait tek kanallı kesitlerdeki farkı ortaya koymak için AGC uygulanmamış (Şekil 5.13) ve uygulanmış (Şekil 5.14) verinin karşılaştırılmalı görüntüleri gösterilmiştir. Daha net şekilde görülebilmesi için 5 s kayıt uzunluğu olan verinin 1 s' lik olan kesimi gösterilmiştir.



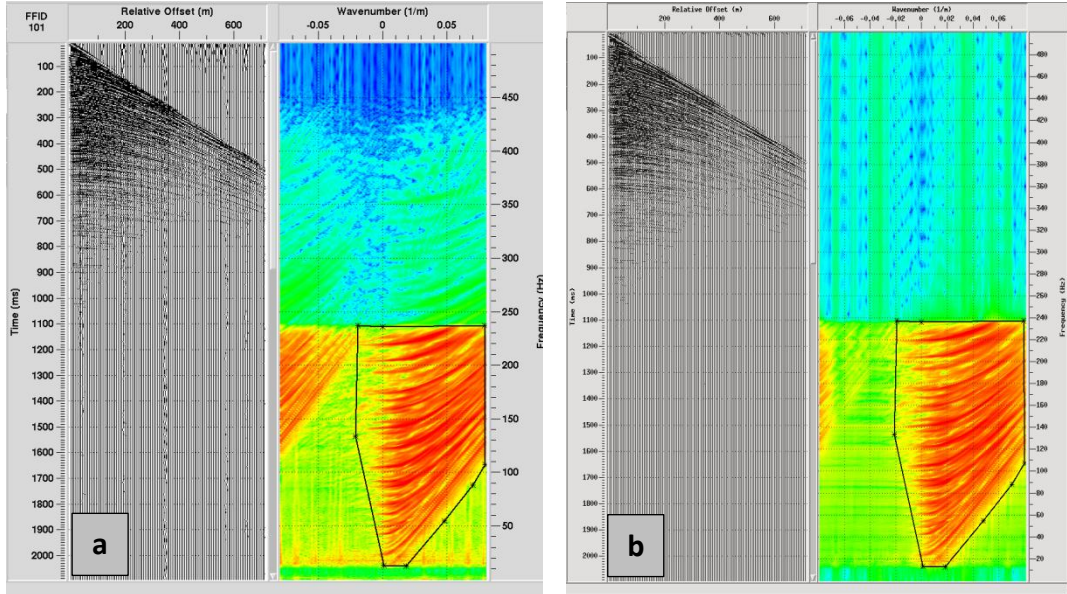
Şekil 5.13 Veriye genlik kazancı (AGC) uygulamadan önceki görüntüsü.



Şekil 5.14 Veriye genlik kazancı (AGC) uygulandıktan sonraki görüntüsü.

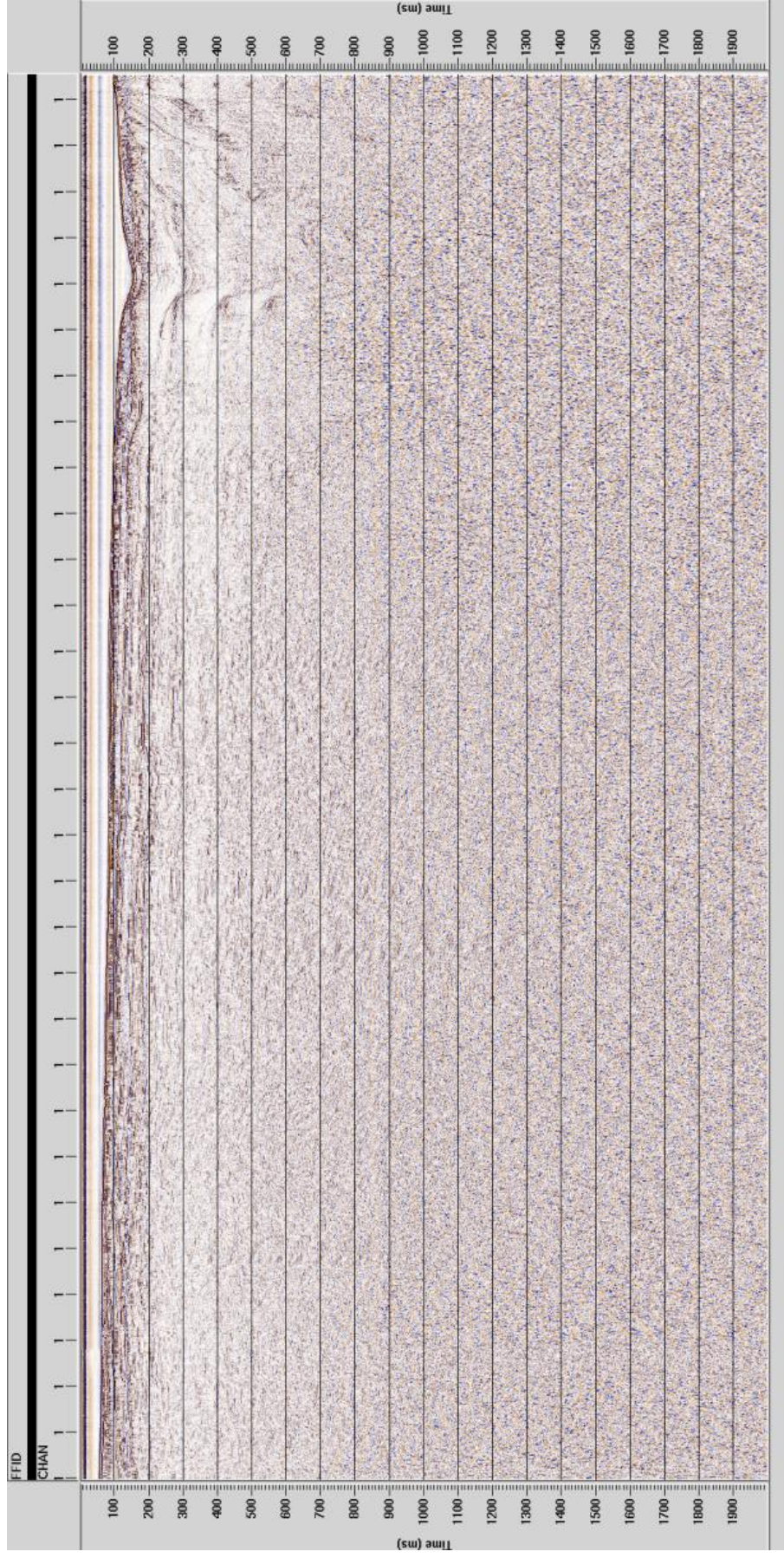
5.1.6 F-K Eğim Süzgeci

Frekans-dalgasayısı (f-k) eğim süzgeçleri sismik veri işlem için büyük önem taşımaktadır. Bu süzgeç türündeki amaç zaman ortamında istenmeyen gürültüleri, frekans-dalga sayısı ortamında süzgeçleyerek ayıklamaktır. f-k ortamında seçilen alan içindeki veya dışındaki genlikleri ortadan kaldırarak, istenmeyen gürültülerin veriden temizlenmesi mümkündür. f-k süzgeçleri en genel ifadesiyle sinyali güçlendirmek ve gürültüyü bastırmak için kullanılır. Derinlik düzenleyici gürültüleri, doğrudan varışların oluşturduğu sinyaller yansıma sinyali üzerindeki gürültüleri oluşturur. f-k eğim süzgeci, sinyal bileşenlerini frekans-dalgasayısı farklılıklarına göre ayırarak gürültüyü veriden atmaya yarar (Şekil 5.15).



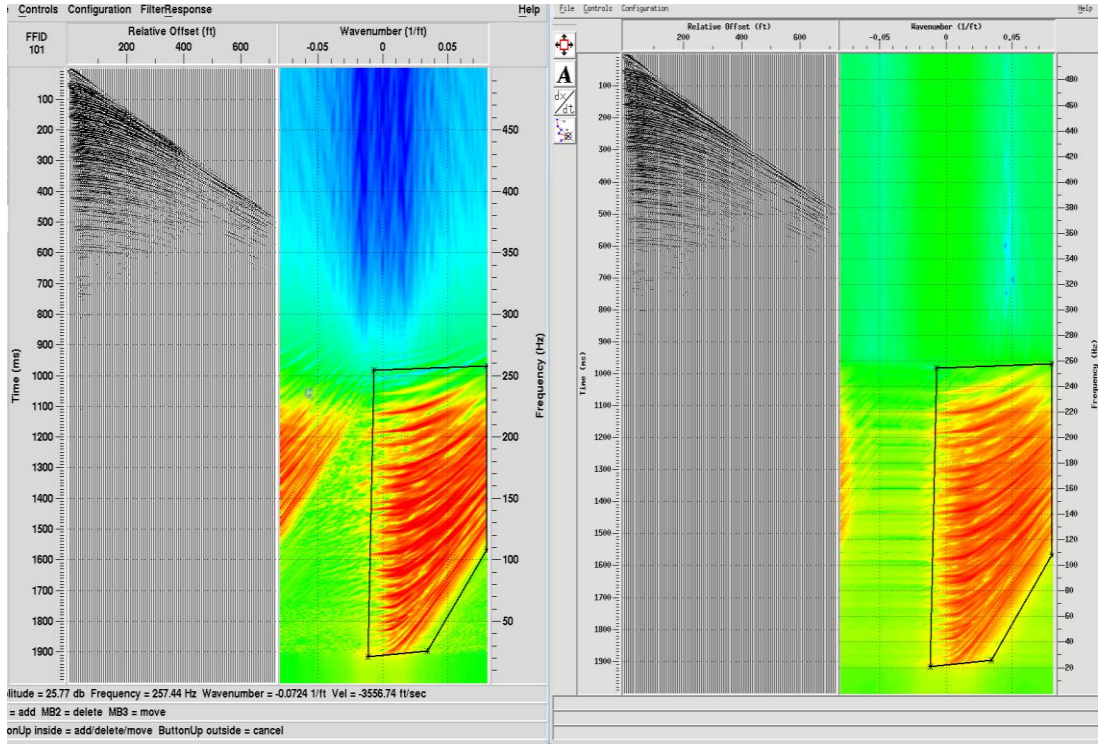
Şekil 5.15 ProMAX yazılımına ait f-k analiz penceresi. Sol paneller zaman-uzaklık ortamındaki atış grupları iken sağ paneller ise frekans-dalga sayısı ortamında sismik atış grubuna ait f-k spektrumu görülmektedir. (a) veri için seçilen uygun poligonun ve f-k süzgecinin uygulanmamış hali, (b) seçilen poligonun doğrultusunda veriye uygulanan f-k süzgecinin sonucu.

Teorik olarak istenen veriler düşey düzleme yakın olarak bilinmektedir. Doğrudan gelen dalganın kendisi ve katlanma izleri açıkça görülmektedir. Poligon içerisinde kalan kısım frekans ortamında tutularak diğer bozucu etkilerin veriden atılması sağlanmıştır. Daha sonra ters Fourier dönüşümünü alınarak verinin f-k süzgeci sonrası zaman ortamındaki değişimi Şekil 5.16' da gösterilmiştir.



Şekil 5.16 f-k eğim süzgeci uygulanmış verinin tek kanallı görüntüsü.

KK-QC programında gürültü analizinden elde edilen sonuçlara dayanarak alıcı kablo üzerindeki derinlik düzenleyicilerin oluşturduğu gürültünün frekansı belirlenerek bu konuma karşılık gelen sinyaller üzerinde de süzgeç işlemi yapıldığından, veri bu tip gürültülerden de ayıklanmıştı. Yine KK-QC programının çalışabilirliğinin denetlenmesi açısından KK-QC sonrası elde edilen verinin f-k analizi şekil 5.17' de gösterilmektedir. Ancak veri işlem operatörü veri kalitesini değerlendirirken isteğe bağlı olarak yine veriye f-k süzgeci uygulayabilmektedir.



Şekil 5.17 KK-QC programından alınan veriye uygulanan f-k analizi.

5.2 İleri Veri İşlem Adımları

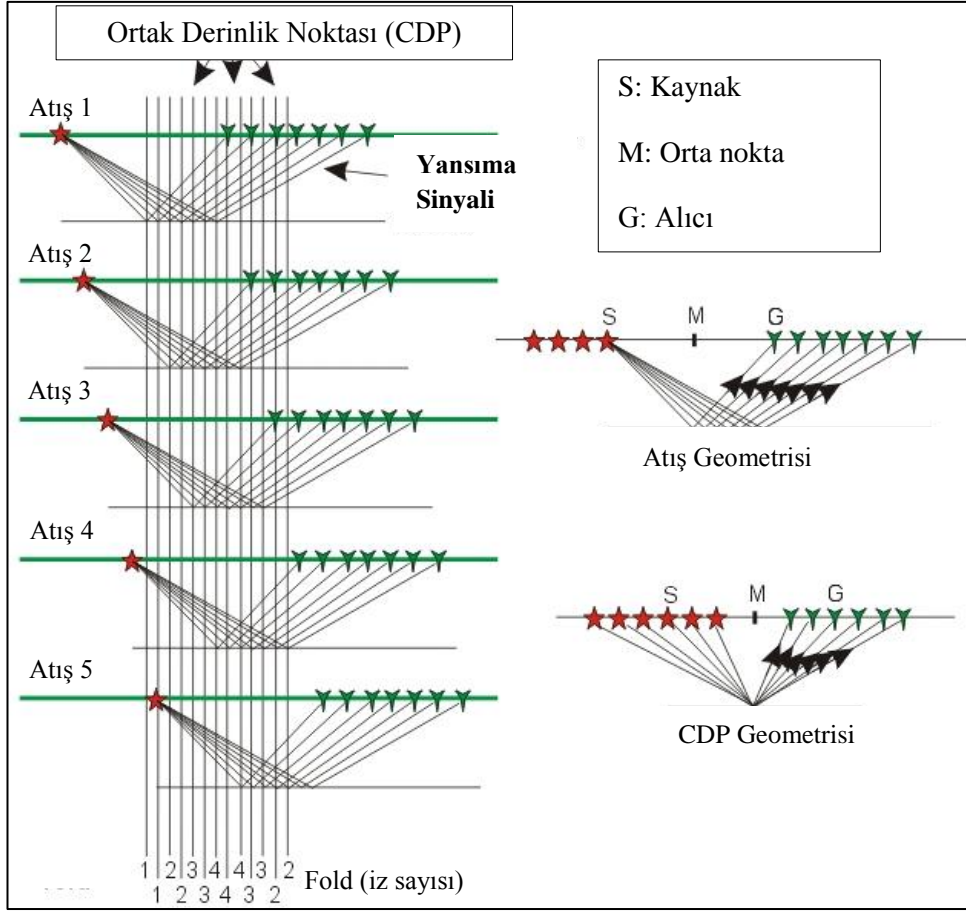
Bu bölümde iki ayrı uygulama sonrasında veriye ortak olarak uygulanan veri işlem adımlarına yer verilecektir. KK-QC' li veya KK-QC' siz tüm veri çıkışları için kullanılan standart veri işlem adımları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.18 Ön veri işlem adımları sonrası uygulanan ana veri işlem akış şeması.

5.2.1 CDP Sıralama (Sort)

Çok kanallı sismik yansıma yönteminde, her bir atış topluluğunda, kaydedilen kanal sayısı kadar iz (bu çalışmada 120 kanal) bulunur. Fakat bir atış topluluğunda bulunan tüm alıcılar, yer altındaki farklı yansıma noktalarına ait sinyalleri içermektedir. Çok kanallı sismik yansıma yönteminde, veriler bir hat boyunca ilerleyerek toplandığı için, farklı atış topluluklarında, yer içinde aynı noktadan yansıyan sinyallerin bulunduğu izler bulunur (Şekil5.19) (Yılmaz, 1987). Ortak orta nokta sıralaması işlemi, farklı atış - alıcı düzenlerine ait ve yer altında aynı yansıma noktasından yansıyan sinyallerin bulunduğu izlerin bir araya toplanması işlemidir. Bu işlem sonrasında, bir hat üzerinde toplanmış verilerde bulunan ve yer altında aynı yansıma noktasından yansıyan tüm sinyaller ayrı birer topluluk olarak yeniden düzenlenmiştir.



Şekil 5.19 Aynı noktadan alınan yansıma sinyalleri bir araya getirilerek CDP grupları oluşturulur.

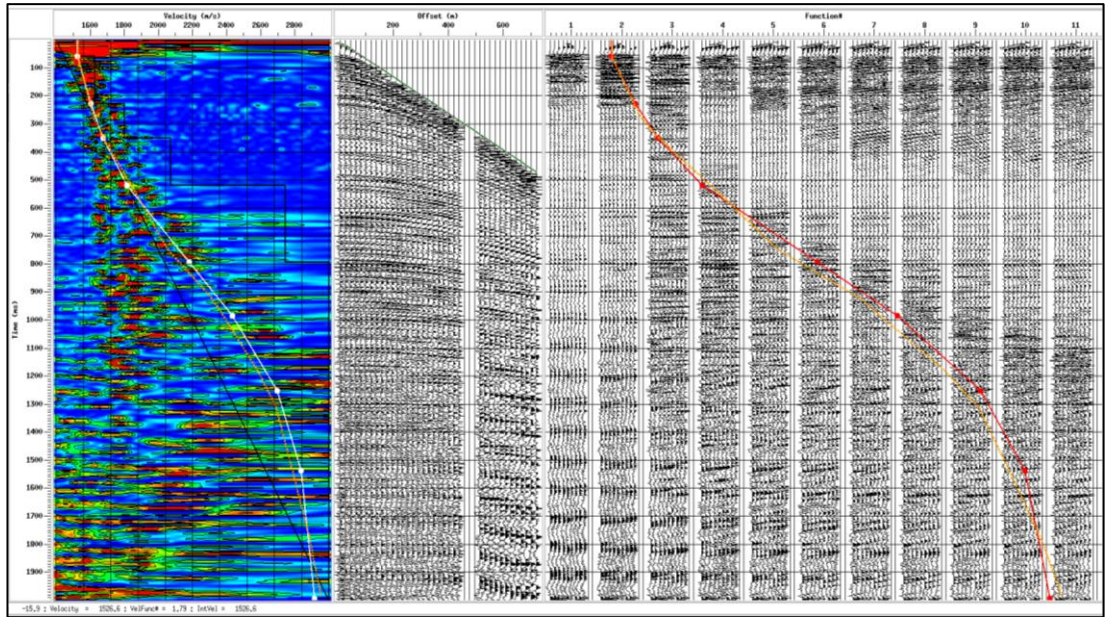
Oluşturulan bu gruplara CDP grupları (CDP gathers) ve yapılan işleme CDP sıralama (sort) adı verilir. Hat boyunca bu şekilde farklı yolları izleyen ancak aynı ortak noktadan yansıyan izler, kaydedilen atış gruplarının arasından seçilerek bir araya getirilirse, CDP grupları oluşturulmuş olur. Geometrik olarak CDP sort işlemi, atış grupları olarak toplanan sismik veriden, bu şekilde düzenlenen CDP gruplarına geçilmesi işlemidir.

5.2.2 Hız Analizi

Yeraltındaki tabakaların konumlarının doğru olarak saptanabilmesi için, doğru hız tanımlamalarının yapılması gerekmektedir. Kayaç içerisinde ilerleyen sismik dalganın hızı, yerel jeoloji ve kayaç bileşimi gibi bir çok etmen ile ilişkilidir.

Bu aşamada ortak derinlik noktası grupları için düşeyde zamanla değişen hız değerleri seçilmektedir. Her hat için ayrı gerçekleştirilen bu işlem neticesinde hız fonksiyonlarından oluşan hız modelleri elde edilmektedir. Hız analizi aşamasında CDP hiperbollerine, model hiperboller karşılaştırılmaya çalışılarak doğru hızın kestirimi hedeflenmiştir (Şekil 5.20). Bu aşamada gerek tekrarlı yansımaların etkisi gerekse diğer sismik olaylar, gerçek yansıma hızlarının seçilmesinde problem yaratabilmektedirler. Yer içerisindeki kayaçların hızı genel olarak derinlere inildikçe artmaktadır. Bu nedenle hız değerinin genellikle derinlere inildikçe artan şekilde seçilmesi gerekmektedir. Tekrarlı yansımalarının hız değeri gerçek veriden daha düşük bir hız değerine sahip olduğu bilgisi de unutulmamalıdır.

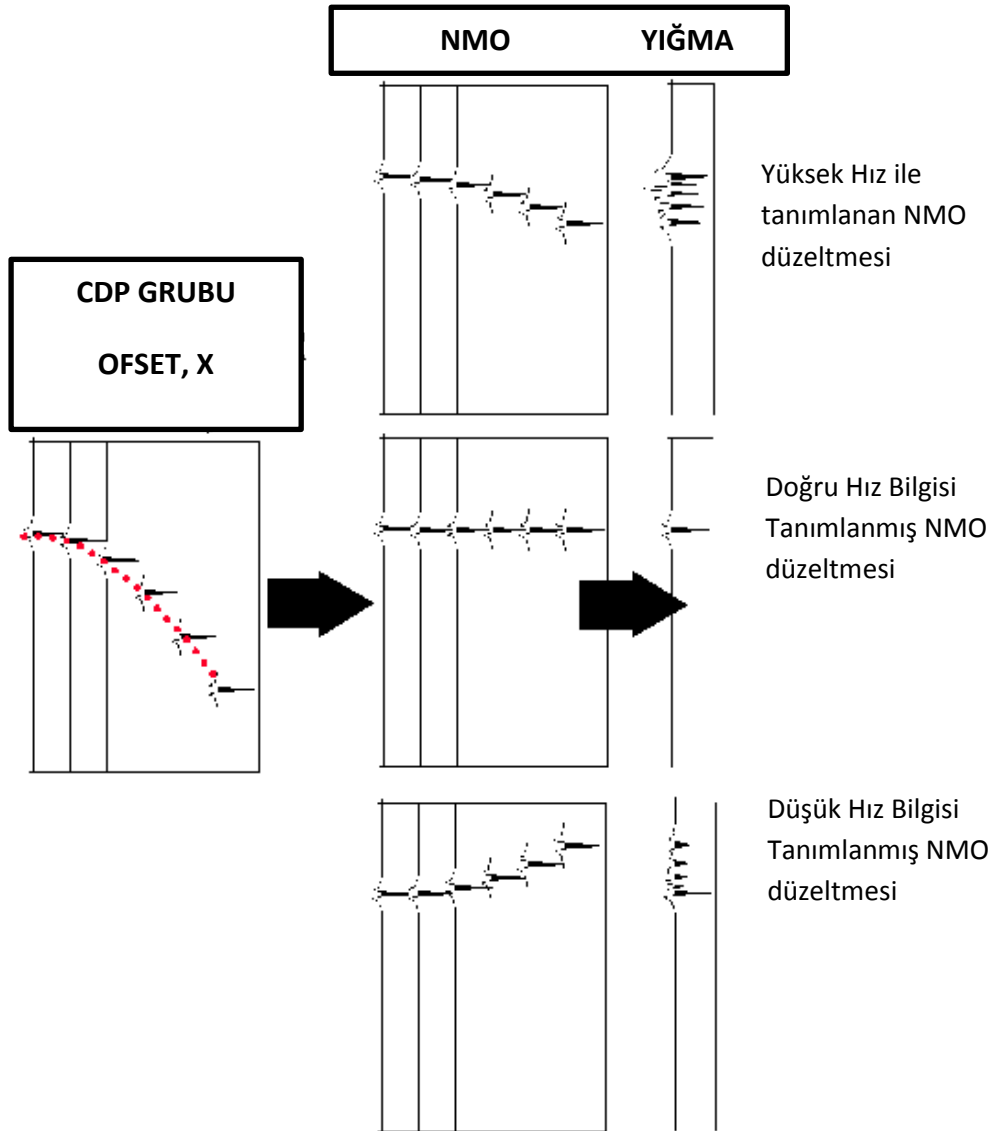
Hız analizi için verinin deniz tabanının üst kısımlarındaki gürültülerin atılmış, süzgeç işleminden geçirilmiş, genlik düzenlemesi yapılmış (AGC) ve Sort yapılmış olması gerekmektedir. Hız seçimi CDP grupları üzerinden yapılır.



Şekil 5.20 ProMax yazılımına ait hız analizi penceresi.

5.2.3 Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi (NMO)

Normal kayma, herhangi bir ofset uzaklığındaki seyahat zamanı ile sıfır ofsetteki varış zamanı arasındaki farka denir. Alıcıya gelme zamanları uzaklık ile bağlantılı olduğundan çok kanallı yansıma sismiği çalışmalarında her atış grubu hiperbolik şekildedir. Yansıma ilk önce en yakın alıcıya gelir, daha sonra kaynak ile alıcılar arasındaki uzaklık, varış zamanlarında gecikmeye neden olur ve bu şekilde iz grubu hiperbolik bir fonksiyon halini alır. Normal kayma zamanı düzeltmesi, bütün yansıma izlerinin seyahat zamanlarının, dik gidiş-geliş zamana indirgenmesi işlemidir (Şekil 5.21).

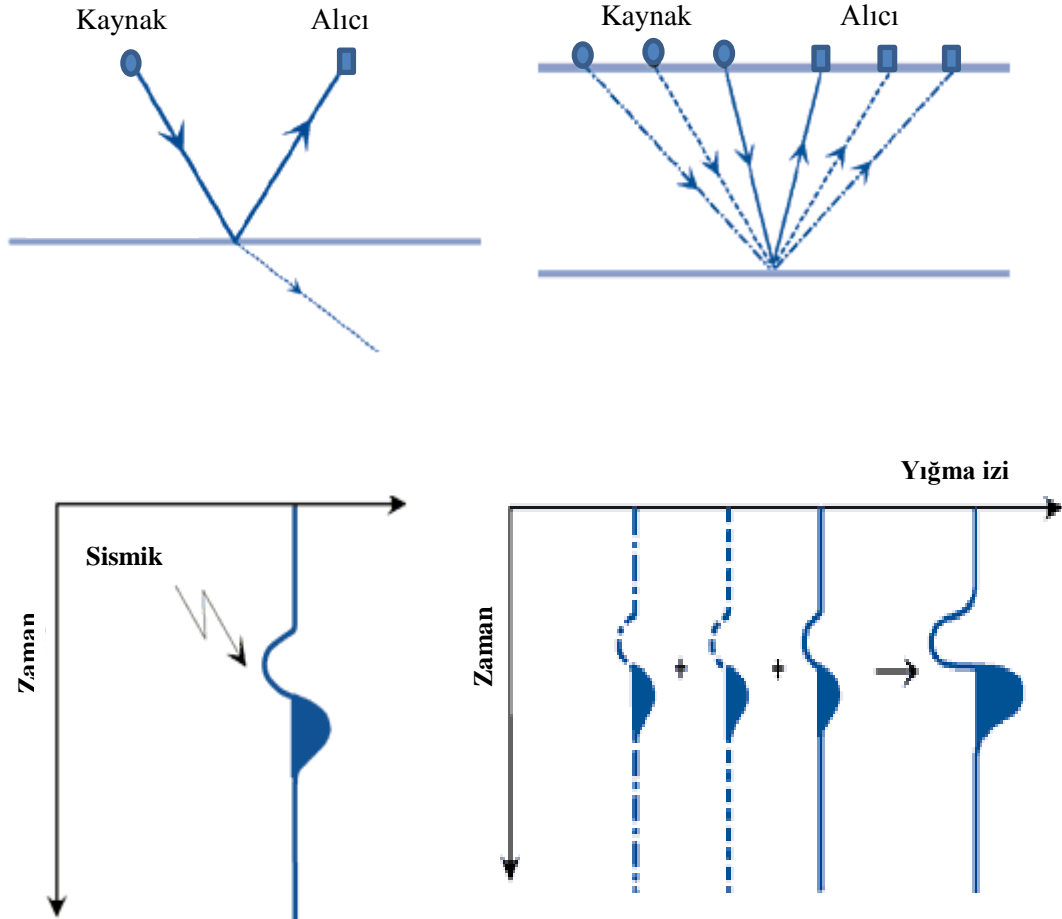


Şekil 5.21 Normal kayma zamanı düzeltmesinin şematik anlatımı.

Yansıma hiperbolünü sıfır ofset zamanına getirmek için gereken hız değeri doğru seçilmez. Doğru hızdan daha düşük bir hız seçildiğinde normal kayma fazla düzeltilmiş olur ve hiperbol yukarı kıvrılır, bunun yanı sıra daha yüksek bir hız seçildiğinde ise normal kayma az düzeltilmiş olur ve hiperbol tam olarak düzleşmez.

5.2.4 Yığma (Stack)

Yığma işlemi, NMO düzeltmesi yapılmış CDP gruplarında aynı noktadan yansıdığı bilinen tüm izlerin basitçe toplanması anlamına gelmektedir. Yığma kesitleri sinyal/gürültü oranının artırılması ve yanal sürekliliğin belirginleşmesi açısından büyük önem taşır.

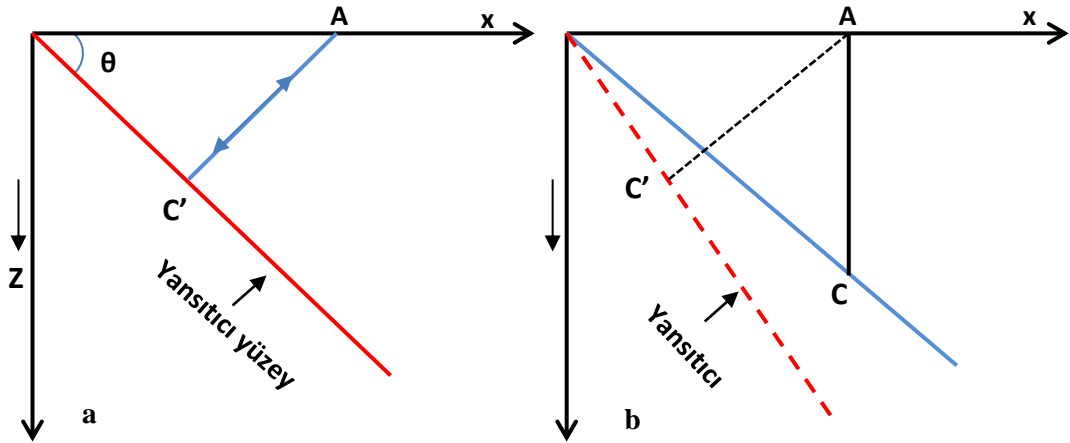


Şekil 5.22 Yığma işlemimin şematik olarak gösterimi.

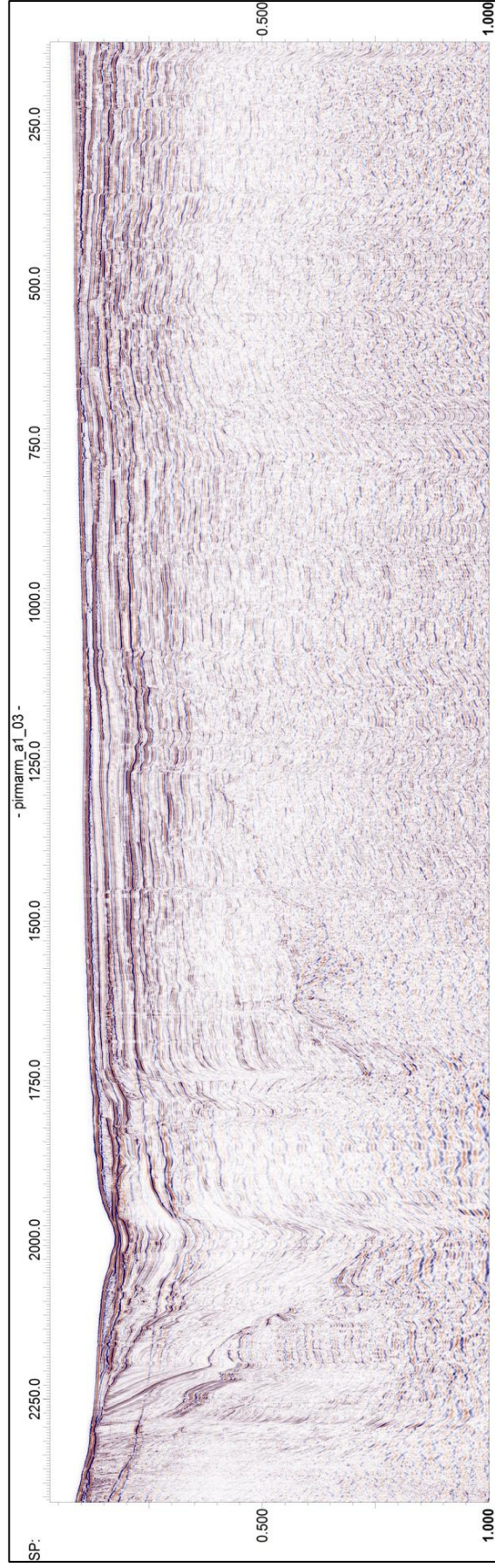
5.2.5 Göç (Migrasyon)

Göç işlemi yansımaların ve saçılmaların gerçek yerlerine taşınabilmesini sağlayan bir tür ters çözüm yöntemi olarak değerlendirilebilir (Şekil 5.23). Yer içerisindeki eğimli yapıların gerçek yerlerinde görüntülenebilmesi, saçılımların yok edilmesi ve jeolojik yapının ortaya çıkmasının sağlanabilmesi, yansıtıcı yüzeylerin devamlılığının ve eğiminin doğru olarak saptanabilmesinin yansıra, Fresnel Zonu'nun yarıçapının küçülmesiyle birlikte yanal çözünürlüğünün artırılması da sismik göç işleminin hedefleri arasındadır (Yılmaz, 1987).

Şekil 5.23' te A ve B şemalarında sırasıyla model ve sismik kesit gösterilmektedir. A noktasındaki alıcı C' noktasından gelen sinyali kaydeder. Sismik kesitte ise A noktasından kayıt edilen sinyal C noktasında görülür. Göç işlemi C noktasındaki sinyali C' noktasına taşımaktadır. Son olarak, Şekil 5.24' te hattın göç işlemi uygulandıktan sonraki final kesiti verilmiştir.



Şekil 5.23 (a) Eğimli tabakalı bir ortamda sıfır ofset için ışın yolu, (b) Eğimli tabakalı bir ortamda yansıyan ışının sıfır ofset için görünüşü.



Şekil 5.24 Tüm veri işlem adımları sonrası elde edilen yorumlanmaya hazır PIRMar-A1-03 hattının migrasyon kesiti.

Zaman (s)

BÖLÜM ALTI

QC UYGULANMIŞ SİSMİK KESİTLERİNİN YORUMLANMASI

Bu bölümde, PirMar-A1 ve PirMar-A2 alanlarında toplanan hatlara ait yorumlanmamış ve yorumlanmış sismik kesitler verilmiştir. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel tortul birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası ara yüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki olası devamını belirtmektedir.

Yorumlamada ara yüzeylerin ayrımı yapılırken, yansıtıcı yüzeyden gelen sinyallerin oluşturduğu polarite ve yansıma sürelerinin devamlılığı dikkate alınmıştır. Bu yorumlamanın doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca tekrarlı yansımaların baskın olduğu yerler yorumcu ve okuyucuyu şaşırtmaması için farklı renkte belirtilmiştir. Bunun yanı sıra fay yorumlamaları yapılırken de kesitlerde gözlenen fay kaynaklı oluşabilecek süreksizlikler incelenmiştir. Sıkışma ve açılma rejiminin hakim olduğu bölgelerdeki düzensiz deformasyonlara bakılmıştır. Fay yapıları deniz tabanına kadar ulaşıyorsa bunlara genç ve aktif fay tanımlaması yapılmış, aksi durumlarda ise bunlar yaşlı faylar olarak yorumlanmıştır. Güncel tortullar üzerindeki genç faylar ile temel kaya içindeki ve/veya güncel tortul birimlerinin altında kalmış yaşlı fayların yorumu yapılarak kesit üzerinde gösterilmiştir. Akustik temel kaya 500-1000 ms derinlikleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

6.1 Alan-1' e Ait Sismik Kesitlerin Yorumu

Bu bölümde Çanakkale Boğazı' nın Marmara Denizi çıkışında toplanan verilerin sismik kesit yorumları yapılmış ve gözlemlenen değişimleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu alana ait sismik kesitlerin görüntüleri şekil açıklamalarından sonra verilmiştir.

Şekil 6.1' de PirMar-A1-01 hattının yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesitleri verilmiştir. Hattın kuzey batısında yer alan V şekilli gömülü büyük kanyon Çanakkale Boğazı' nın Marmara Denizi çıkışında yer almaktadır. Boğazdaki kuvvetli akıntıların temel kayayı aşındırarak Çanakkale kanyonunu oluşturduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, akarsu aşınımı ve fay sistemlerinin boğazdaki bu kanalı oluşturmuş olması da olasıdır. Sismik hattın doğu tarafında ise yükselim gösteren ve çok sığ bir seviyede bulunan akustik temelin deniz tabanına kadar olan kısımlarda tortul tabakalarını etkilediği söylenilebilir. Bu alanda gelişen küçük faylar temel birimin hemen üzerinde görülmektedir.

Şekil 6.2' de verilen PirMar A1-02 sismik kesitinde yine aynı şekilde Çanakkale Kanyonu görülmektedir. Kanyon içerisinde kıvrımlanmış tortullar ve kesit boyunca düşey yönde farklı erozyonel yüzeyler gözlenmektedir. Akustik temel ile deniz tabanı arasında zaman zaman yüzeye kadar ulaşan faylar yer almaktadır. İnce tortul paketlerinin hemen altında küçük ve iç içe geçmiş delta yapıları gözlemlenmektedir. Akustik temel hattın GD kısmına doğru yükselim göstermemektedir. PirMar-A1-01 sismik kesitinin doğusunda ince bir çökel gözlemlenen güncel paketlerin daha ince olduğu kısımlar Pirmar-A1-02 hattında daha kalındır. Bu kalınlığın Marmara Denizi çıkışına doğru arttığı görülmektedir.

Şekil 6.3' de verilen PirMar A1-03 sismik kesitinde kanyon tabanı yaklaşık 800 ms civarında gözlenmekte olup, temel kaya ile deniz tabanı arasında 3 farklı erozyonel yüzey olduğu gözlenmektedir. Yine diğer hatlarda olduğu gibi temel kaya ile deniz tabanı arasında birçok paralel fay gözlenmektedir. Kanyonun olduğu bölgede deniz tabanında da erozyon gözlenmektedir.

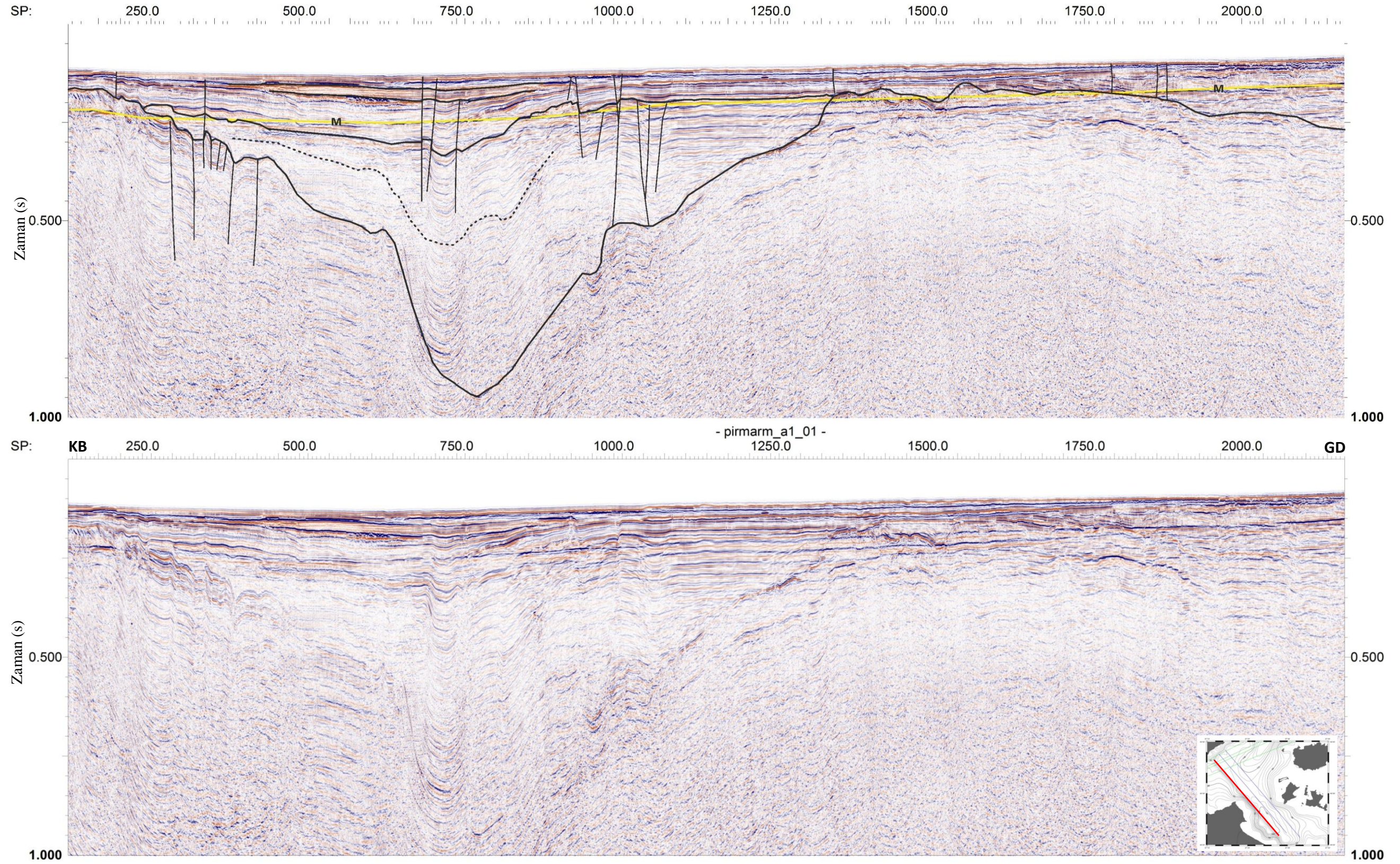
6.2 Alan-3' e Ait Sismik Kesitlerin Yorumu

Bu bölümde de Marmara Denizi' nin Kapıdağ ile Armutlu Yarımadaaları arasında kalan güney şelfinde bulunan sismik kesitlere ait yorumları verilmiştir. Yine aynı şekilde sismik kesitlerin yorumlanmamış ve yorumlanmış görüntüleri şekil açıklamalarından sonra sırayla verilmiştir.

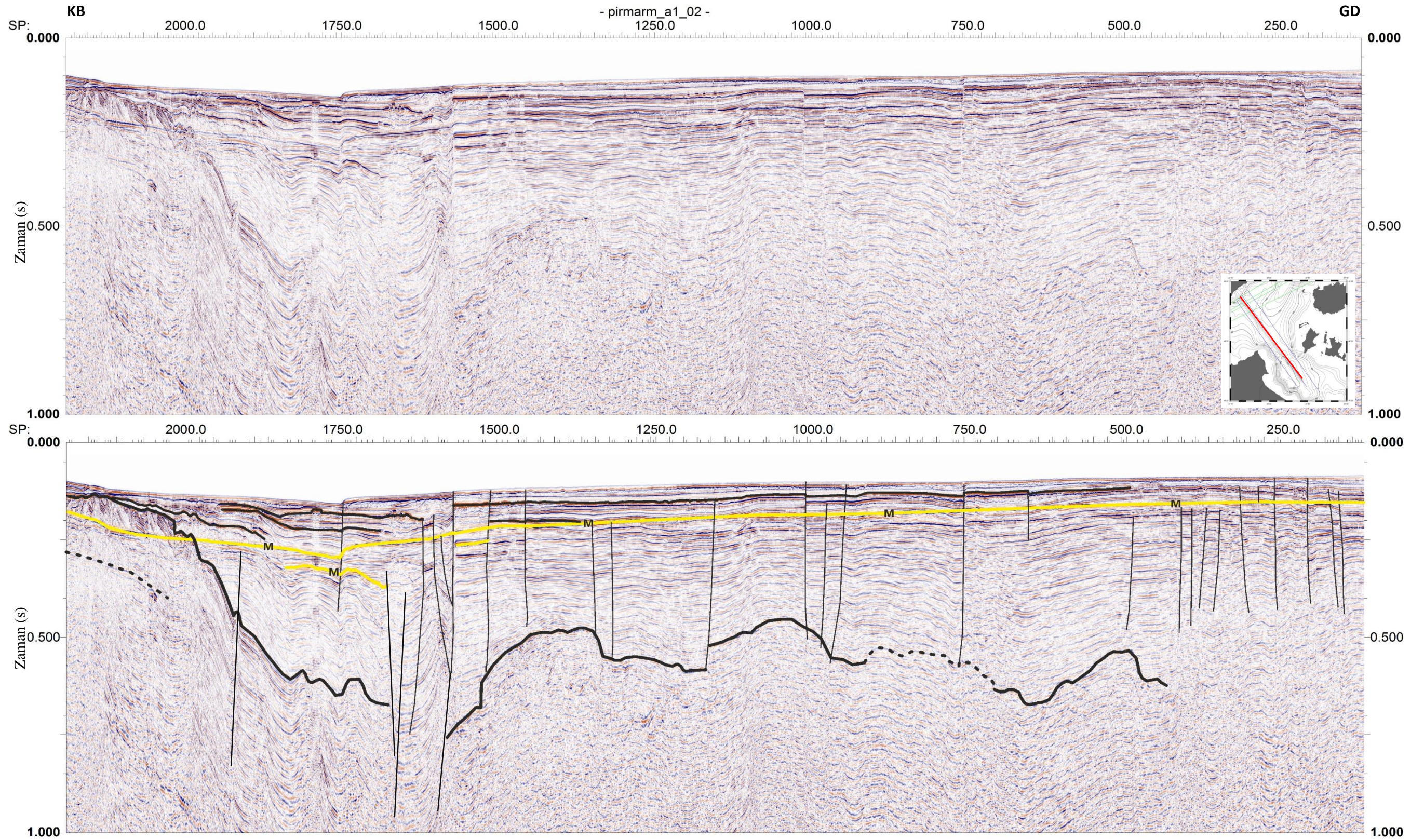
Şekil 6.4' de verilen PirMar A3-01 sismik kesitinde akustik temel belirgin olarak izlenebilmektedir. Akustik temel, kesitin doğusunda yükselim göstermekte ve en doğuda yine bir paleo-kanyon yapısı göze çarpmaktadır. Bu iki yükselim arasında düzgün paralel tortullar yer almaktadır. Bu tortullarda faylarla deforme olmuştur. Yükselimin batı tarafında deniz tabanına kadar ulaşan daha yoğun faylar gözlenmektedir.

Şekil 6.5' te verilen PirMar A3-02 sismik kesitinin orta kısmında belirgin bir sırt yapısı gözlenmektedir. Kıvrım yapısının tepesinde birçok fay yer almakta ve kesitin KD' sında yine tortulların deformasyonuna neden olan fay sayısı artmaktadır.

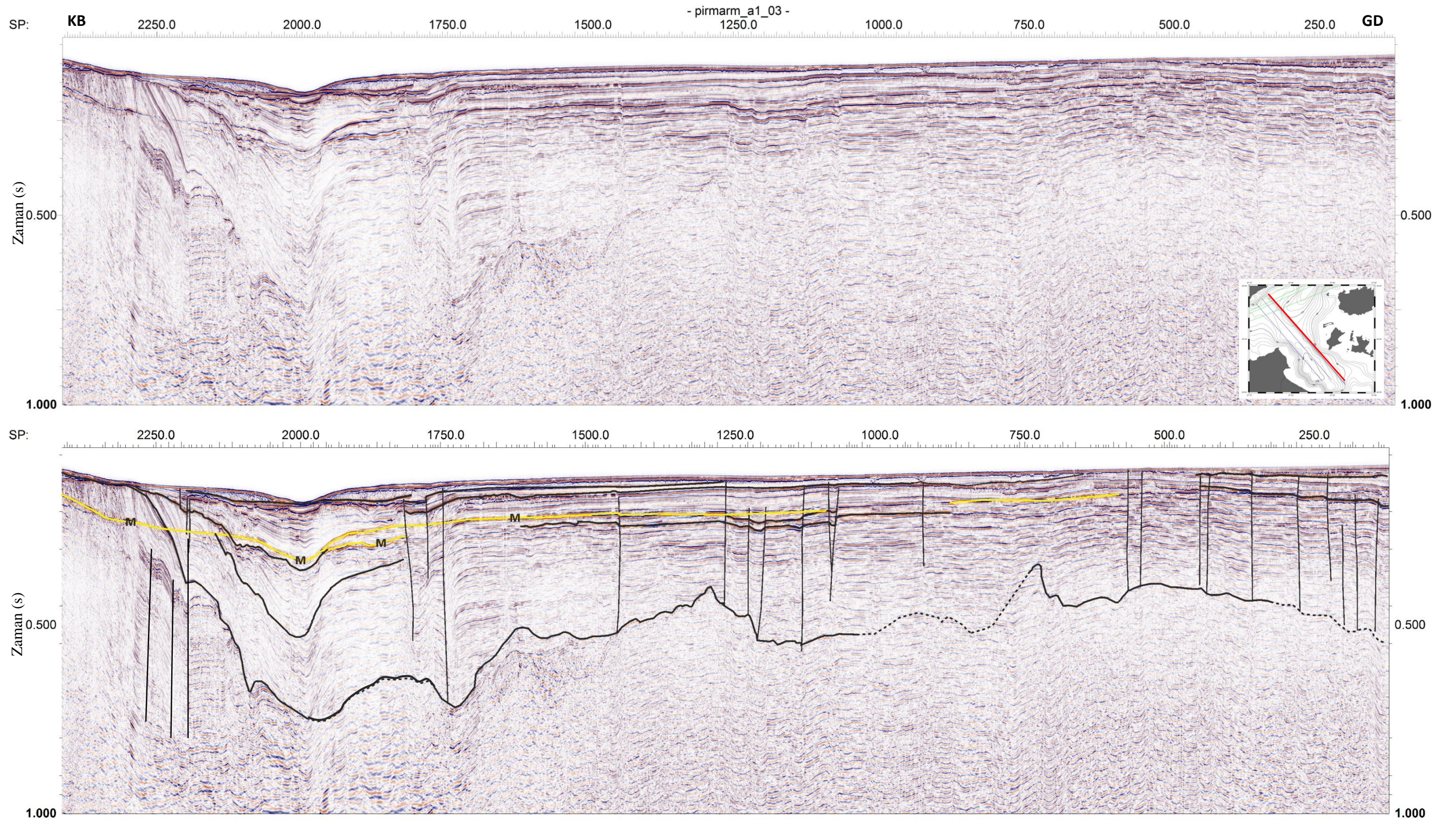
Şekil 6.6' da verilen PirMar A3-03 kesitin GD'sunda eğimli tabakalar gözlenmektedir. Ayrıca sismik kesitin KB'da faylarla deforme olmuş sığ alanlarda delta alanları yer almaktadır.



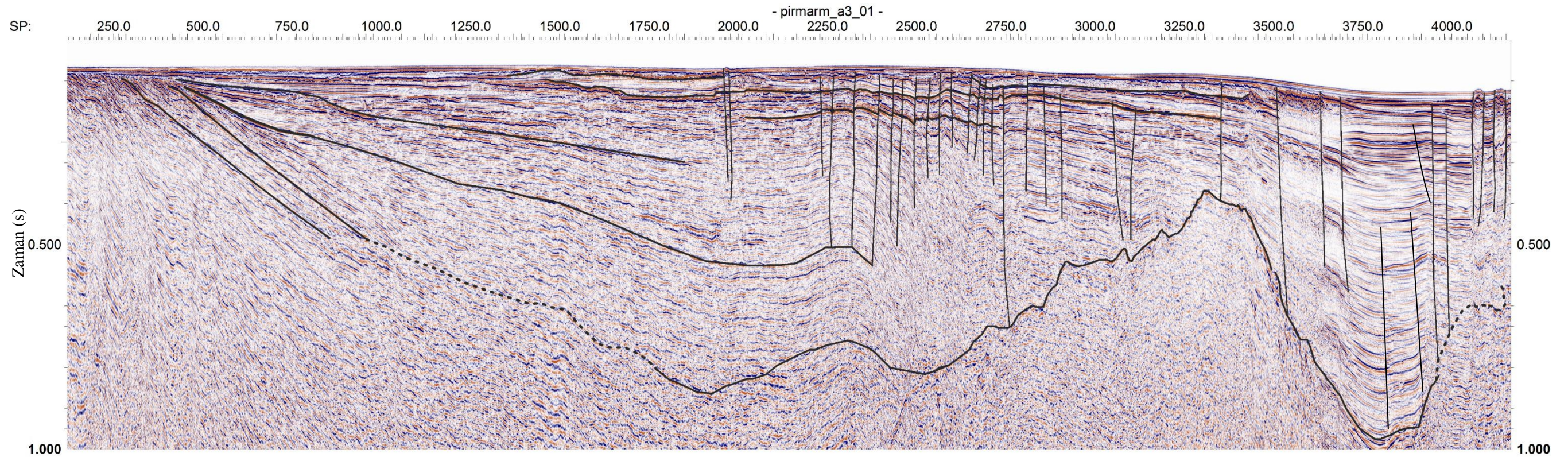
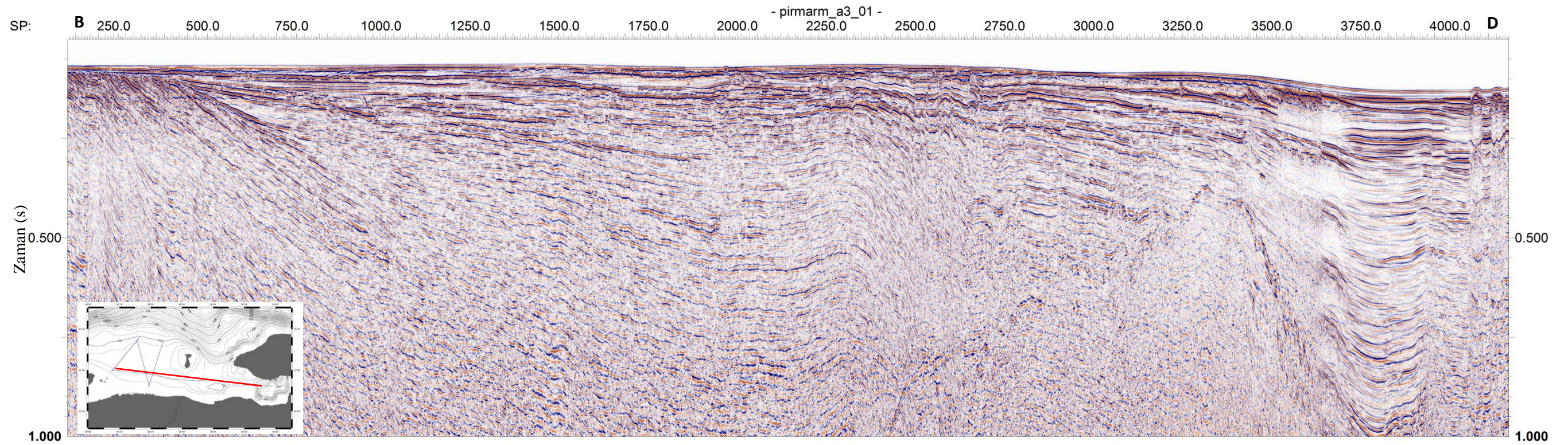
Şekil 6.1 Pirmar A1-01 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.



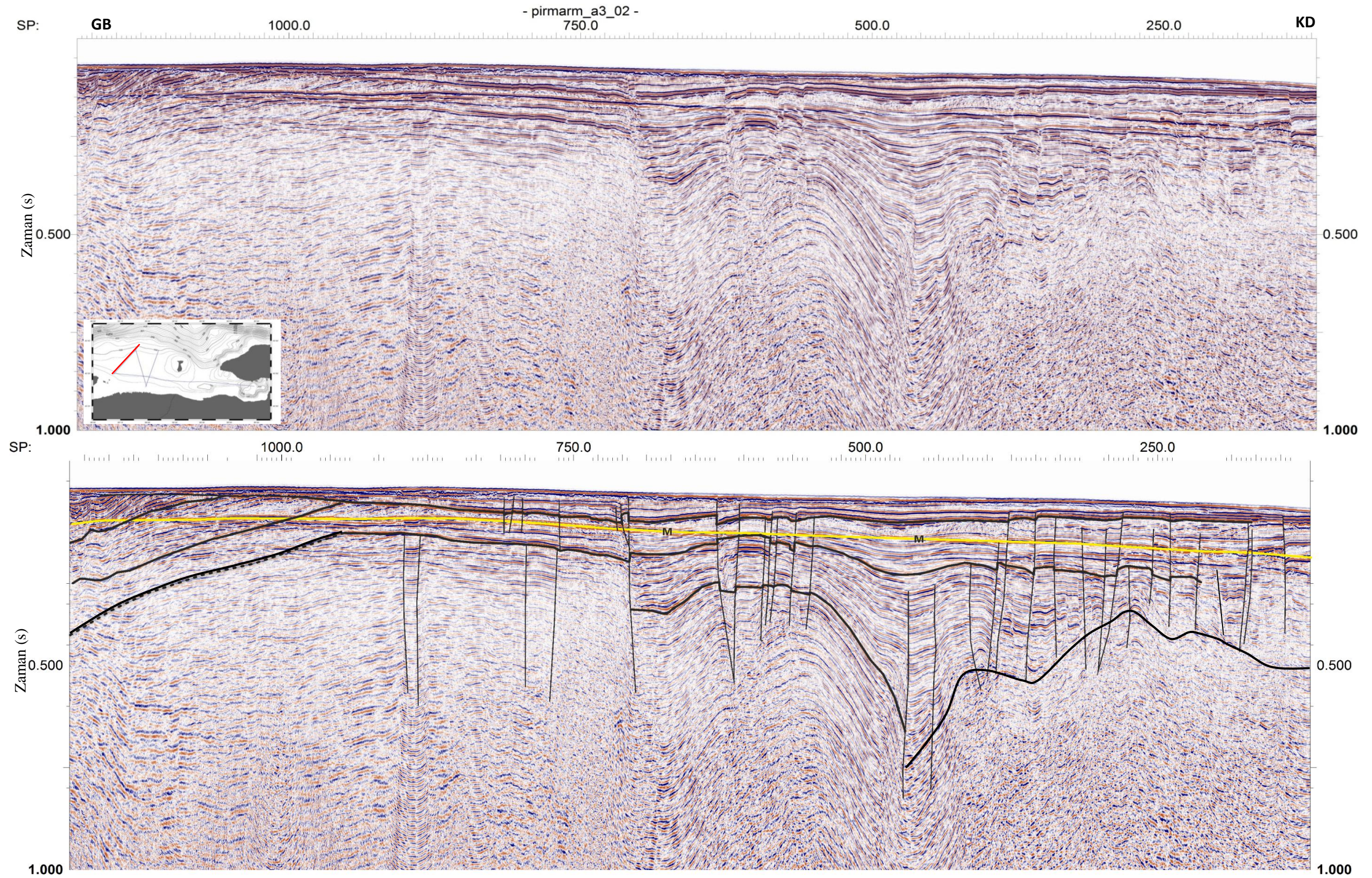
Şekil 6.2 Pirmarm A1-02 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.



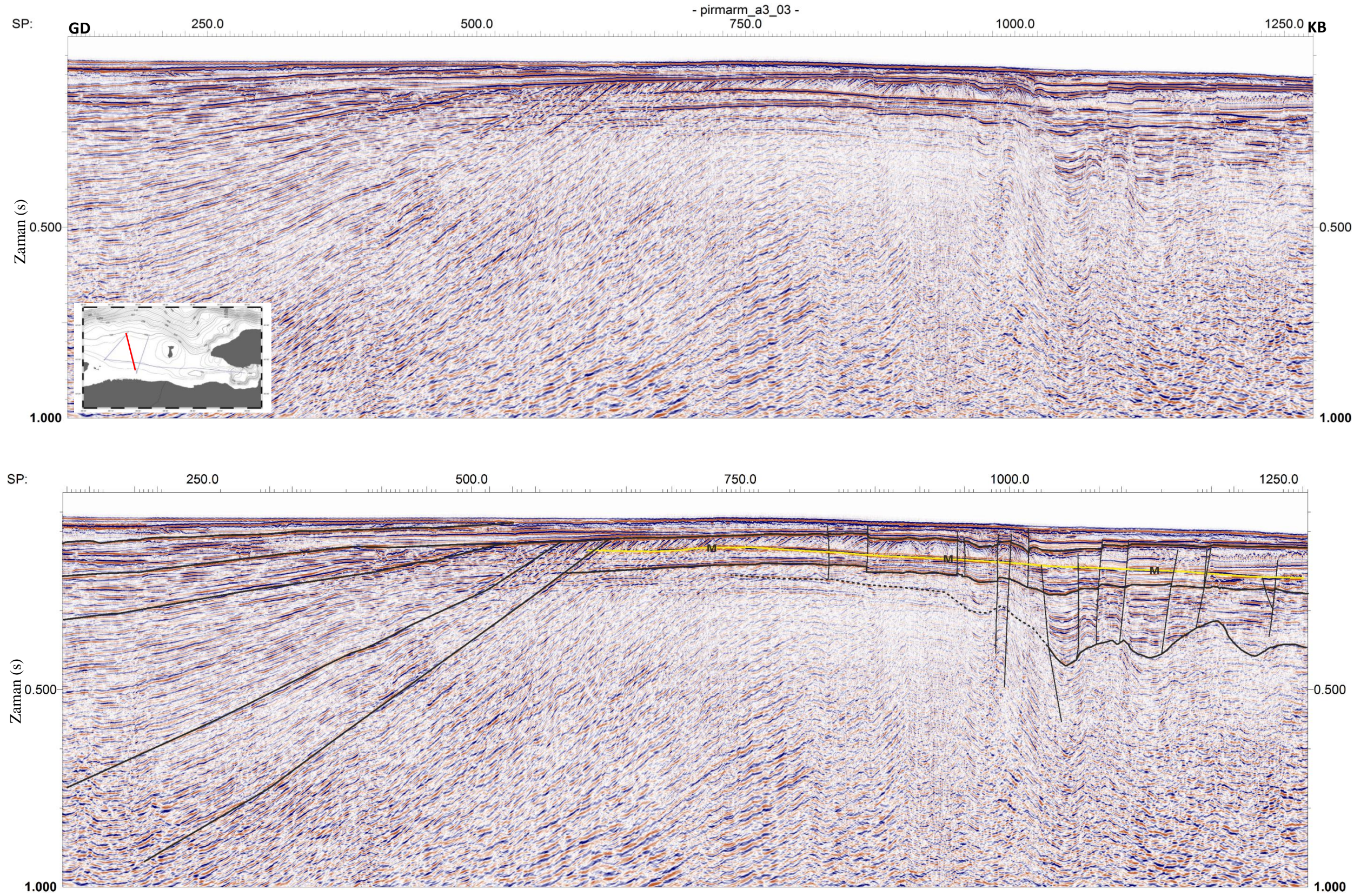
Şekil 6.3 Pirmar A1-03 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.



Şekil 6.4 Pirmarm A3-01 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.



Şekil 6.5 Pirmarm A3-02 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.



Şekil 6.6 Pirmar A3-03 hattına ait yorumlanmamış (üstte) ve yorumlanmış (altta) sismik kesiti. Sismik kesit üzerinde güncel fayların yorumu yapılmıştır. Ayrıca temel kaya ve güncel sediman birikimlerine ait paketler yine sismik kesit üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Sarı ile gösterilen çizgiler, veri üzerindeki tekrarlı yansımaları göstermektedir (M). Siyah kesikli çizgiler ise olası arayüzeylerin sınırlarını ve yer içindeki devamını belirtmektedir.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

Marmara Denizi' nin güney şelfinde, 2010 yılında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerine kalite kontrol ve temel veri işlem adımları uygulanmıştır.

Veri toplama aşamasında gemi üzerinde de kalite değerlendirilmesi yapılarak, olası bir problem söz konusu ise o an veriye ve sismik hatta müdahale edilebilirliği yazılımın en önemli avantajlarından birisidir. Ayrıca KK-QC sırasında geometri bilgisinin veriye aktarımı ve iyi bir görüntüleme için süzgeç işlemleri uygulandığından, ana veri işlem basamaklarında bu işlemler ikinci kez tekrarlanmayarak veri işlemede de zaman bakımından avantaj sağlanmıştır.

Hem GPS hem de pusulalı derinlik düzenleyicilerden gelen konum bilgisi kullanılarak, alıcı noktaların her bir atış anındaki gerçek koordinatları yazılım tarafından hesaplatılmıştır. Böylece yakın ve uzak ofset arasında kalan diğer alıcıların gerçek konumları belirlenmiş ve verilere geometri bilgisi başarılı şekilde yüklenmiştir.

Kalite kontrol sırasında yapılan işlemler ile laboratuvar ortamındaki ProMAX yazılımındaki ortak uygulama adımları arasında karşılaştırma yapılmıştır. KK-QC programının yararı ve çalışılabilirliği denetlenmiştir.

Verilerin toplandığı alanların sığ olması, sismik kesitler üzerindeki tekrarlı yansımaların etkinliğini arttırmıştır. Bu sebeple verilerin kalite kontrolü ve veri işlemi uygulama esnasında şelfin bozucu etkileri, veri kalitesini de etkilemiştir. Özellikle tekrarlı yansımaları bastırıcı işlemler uygulansa da bu yansıma türlerinin bozucu etkisi tamamıyla giderilememiştir.

KK-QC yazılım kodlarının, Windows tabanlı işletim sistemlerinde de kullanılabilmesi ve verileri SEG-Y veri formatında tutması sebebiyle her ortamda özel yazılım ve donanıma ihtiyaç duyulmadan çalışmayı sağlaması açısından da

oldukça rahat olup uygulaması kolay bir programdır. Bu sebeple veri işlem operatörüne de kolaylık sağlanmıştır.

Alan 1' deki kesitlerde gözlenen en belirgin yapı Marmara Denizi çıkışında yer alan Çanakkale kanyonudur. Bu kanyonun oluşumunda hem aktif tektonizma hem de su seviyesi değişimlerinin etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Gözlenen yoğun fay sistemleri Kuzey Anadolu Fayı sistemi ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Alan 2' de Kuzey Anadolu Fayı'nın orta kolunun etkisi olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Gözlenen delta yapıları su seviyesi değişimleri ile bağlantılıdır.

KAYNAKLAR

- Adatepe, F., Demirel, S., ve Alpar, B., (2002). Tectonic setting of the southern Marmara Sea region: based on seismic reflection data and gravity modelling. *Marine Geology*, 190, 383–395.
- Alpar, B., Yaltırak, C., (2000). Tectonic Setting of the Eastern Marmara Sea, NATO Advanced Research Seminar. *Integration of Earth Sciences Research on the 1999 Turkish and Greek Earthquakes and Needs for Future Cooperative Research*, Abstracts, 9-10, Istanbul, Turkey.
- Barka, A. A., Kadinsky-Cade, K., (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Çağatay N., Görür N., Alpar B., Saatçılar R., Akkok R., Sakınc M., Yüce H., Yaltırak C., ve Kuşçu I., (1998). Geological evolution of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Geo-Mar Lett.*, 18, 1–9.
- Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X., ve Celal Şengör, A., (2003). Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data. *Tectonophysics*, 361(1-2), 1-19.
- Dondurur, D. (2009). *Deniz Sismiğinde Veri İşlem* (1. Baskı). Ankara: TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası.
- Elmas A., Meric E., (1998). The seaway connection between the Sea of Marmara and Mediterranean: tectonic development of the Dardanelles. *Int Geol Rev.*, 40(2), 144–163.
- Erinç, S., Karacabey Boğazı, (1957). *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü. Dergisi*, 4, 95-97.
- Erol O., (1968). A preliminary report on the geomorphology of the Çanakkale area, the Dardanelles, Turkey. *Bull. Geogr Res.*, 2, 53–71.

- Erol, O., (1972). Photo-geomorphological map of the area surrounding Troy (in Turkish). *Geomorphol Bull.*, 4(4), 9–20.
- Erol, O., (1981). Morphotectonic results of the geomorphological study of the Biga Peninsula, Northwestern Turkey. *Inqua Neotectonics Commission Bull.*, 4, 31–42.
- Erol, O., (1985). Geomorphology of the southern part of the Çanakkale (Dardanelles) district (in Turkish). *Bull Geomorphol.*, 13, 1–7.
- Erol, O., (1992). Geomorphology and tectonics of the Çanakkale Region (in Turkish). *Bull Turkish Assoc Petrol Geol*, 4(1), 147–165.
- Gazioğlu, C., Yücel, Z. Y., ve Doğan, E. (2005). Morphological Features of Major Submarine Landslides of Marmara Sea Using Multibeam Data. *Journal of Coastal Research*, 214, 664-673.
- Göktaşan, E., Ustaömer, T., Gazioğlu, C., Yucel, Z. Y., Öztürk, K., Tur, H., Ecevitoglu, B., ve diğer., (2003). Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data. *Geo-Marine Letters*, 23(1), 19-33.
- Görür, N., (1992). A tectonically controlled alluvial fan which developed into a marine fan-delta at a complex triple junction: Miocene Gildirli Formation of the Adana Basin, Turkey, *Sedimentary Geology*, 81, 243-252.
- Gürer, O. F., Kaymakçı, N., Çakır, S., ve Özburan, M., (2003). Neotectonics of Southeast Marmara Region (NW Anatolia, Turkey). *Journal of Asian Earth Science*, 21, 1041–51.
- İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitoglu, B. ve Görür, N., (2001). The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new evaluation

based on multichannel seismic and multibeam data. *Earth and Planetary Science Letters*, 186(2), 143-158.

Le Pichon, X., A. M. C. Sengor, E. Demirbag, C. Rangin, C. Imren, R. Armijo, N. Gorur, N. Cagatay, B. Mercier de Lepinay, B. Meyer, R. Saatçılar, ve B. Tok, (2001). The active Main Marmara fault, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 192, 595–616.

Okay O., Şengör, A., M., C., ve Görür N., (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology*, 22, 267-270.

Okay, A. I., ve Kas, A., (2000). Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study. *Tectonophysics*, 321, 189-218.

Okay, A.I., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N., Kuşçu, I., (1999). An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey. *Tectonics*, 18, 129–148.

Okay, I.A., Tansel, I., (1992). New data on the upper age of the Intra-Pontide Ocean from north of Şarköy (Thrace). *MTA Dergisi*, 114, 23–26.

Özburan M., Sanğu E. ve Gürer Ö., F., (2005). Güneybatı Marmara Bölgesi'nin Genç Tektonizması, *Kocaeli Deprem Sempozyumu- Kocaeli*.

Pınar, R., ve Akçığ Z., (1995). Jeofizikte Sinyal Kuramı ve Dönüşümler. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları*, 3, 1-5.

Saner, S., (1985). Saroz körfezi dolayının çökeltme istifleri ve tektonik yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye. *Türkiye jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 1-10.

- Sarkınç, M., Yaltrak, C., Oktay, F.Y., (1999). Palaeogeographical evolution of the Trace Neogene Basin and the Tethys- Para Tethys relations at northwestern Turkey (Thrace). *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.* 153, 17-40
- Selim, H. H., Tüysüz, O., ve Barka, A. A. (2006). Güney Marmara bölümünün neotektoniği. *İTÜ Dergisi*, 212, 151-160.
- Şengör, a. M. ., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., ve diğ. (2005). The North Anatolian Fault: a New Look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33(1), 37-112.
- Şengör, A. M. C., ve Y. Yılmaz, (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Tapırdamaz, C., Yaltrak, C., (1997). Trakya’da Senozoyik volkaniklerinin paleomanyetik özellikleri ve bölgenin tektonik evrimi. *Bull. Min. Res. Exp.*, 119, 27–42.
- Tüysüz, O., Barka, A., Yiğitbaş, E., (1998). Geology of the Saros Graben: its implications on the evolution of the North Anatolian Fault in the Ganos–Saros region, NW Turkey. *Tectonophysics*, 293, 105–126.
- Yaltrak, C., (2002). Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Mar. Geol.*, 190, 493-529.
- Yaltrak, C., Alpar, B., & Yüce, H. (1998). Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (northeastern Aegean Sea, Turkey). *Tectonophysics*, 300(1-4), 227-248.
- Yaltrak, C., Alpar, B., (2002a). Evolution of the middle strand of North Anatolian fault and shallow seismic investigation of the Southeastern Marmara Sea (GemlikBay). *Mar. Geol.* 190, 307-327.

Yaltırak, C., Alpar, B., Yüce, H., (1998a). Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saroz (Northeastern Aegean Sea). *Tectonophysics*, 300, 227-248

Yaltırak, C., ve Sakinc, M. (2002). Late Pleistocene uplift history along the southwestern Marmara Sea determined from raised coastal deposits and global sea-level variations. *Marine Geology*, 190, 283-305.

Yilmaz, Ö., (1987). Seismic Data Processing, *Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa, OK.