

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA DENİZİ KUZEY ŞELFİ  
ÇOK KANALLI SİSMİK VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE  
TEKRARLI YANSIMALARIN BASTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ali CANKURTARANLAR**

**Anabilim Dalı : Jeofizik Mühendisliği**

**Programı : Jeofizik Mühendisliği**

**HAZİRAN 2009**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA DENİZİ KUZEY ŞELFİ  
ÇOK KANALLI SİSMİK VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE  
TEKRARLI YANSIMALARIN BASTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ali CANKURTARANLAR  
(505061401)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 04 Haziran 2009**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Bedri ALPAR (İÜ)  
Yrd. Doç. Dr. Caner İMREN (İTÜ)**

**HAZİRAN 2009**



## ÖNSÖZ

Bu çalışmada, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütülen Marmara Bölgesinin Deprem Aktivitesinin Çok Disiplinli Yöntemlerle İzlenmesi ve İstanbul Kıyı Şeridi/Kıta Sahanelığı Zeminine Olası Etkilerinin Araştırılması projesi kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansıma verileri işlenmiş ve sismik kesitlerde yoğun olarak gözlemlenen tekrarlı yansımalar bastırılarak sismik final kesitler elde edilmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında, bilgi, görüş ve önerilerinden yararlandığım Prof. Dr. Ruhi SAATÇILAR'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimimi desteklediği ve imkan verdiği için TÜBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürü Doç. Dr. Sedat İNAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

TÜBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdür yardımcısı Doç. Dr. Semih ERGİNTAV'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez kapsamında kullanılan sismik kesitlerin yorumlanmasındaki desteklerinden ötürü Dr. Vedat EDİGER'e teşekkür ederim.

Yardım ve tecrübelerinden yararlandığım Dr. Onur TAN ve Yük. Müh. Aynur DİKBAŞ'a teşekkür ederim.

Proje verilerini kullanmama izin verdiği için İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürü Sn. Mahmut BAŞ'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana destek olan aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs 2009

Ali CANKURTARANLAR



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı.....	1
<b>2. ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNİN TOPLANMASI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Veri Toplama .....	5
2.2 Veri Çözünürlüğü .....	6
<b>3. ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNE UYGULANAN VERİ İŞLEM AŞAMALARI .....</b>	<b>9</b>
3.1 Amaç.....	9
3.2 Yığma Öncesi Sismik Veri İşlemler.....	9
3.2.1 İz ayıklama.....	10
3.2.2 Frekans süzgeçleme.....	11
3.2.3 Gerçek genlik kazanımı .....	14
3.2.4 Geometri tanımlaması.....	17
3.2.5 Ortak orta nokta sıralaması (CMP Sorting) .....	17
3.2.6 Hız analizi .....	20
3.2.7 Dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi.....	26
3.2.8 Gerilme etkisi (Stretching) ve kesip atma (Muting).....	27
3.3 Yığma .....	27
3.4 Göç (Migration).....	28
3.5 Tekrarlı Yansıma Problemi Ve Verilerden Ayıklanması .....	31
<b>4. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ .....</b>	<b>37</b>
4.1 Bölgenin Genel Tektonik Özelliklerinin Tanıtılması.....	37
4.1.1 Çek-ayır havza modeli.....	39
4.1.2 Tek fay modeli .....	39
4.2 Kütle Hareketleri .....	39
4.3 Depremsellik .....	40
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....</b>	<b>43</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>47</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>51</b>





## **KISALTMALAR**

<b>SPAC</b>	: Spatial autocorrelation
<b>GPS</b>	: Global positioning system
<b>scfm</b>	: Standard cubic feet per minute
<b>CDP</b>	: Common depth point
<b>CMP</b>	: Common mid-point
<b>NMO</b>	: Normal move out
<b>CVS</b>	: Constant velocity stack
<b>TWT</b>	: Two way traveltime



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Çok kanallı sismik yansıma hatlarına ait bilgiler .....	6
Çizelge 2.2 : Kayıt parametreleri. ....	6
Çizelge 3.1 : Katlanma sayısı ile kalite artışı ilişkisi .....	18



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1</b> : R/V K. Piri Reis gemisi ve çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplanması. ....	2
<b>Şekil 1.2</b> : Çalışma alanı ve çok kanallı sismik yansıma hatları. ....	3
<b>Şekil 3.1</b> : Aletsel gürültü kaydeden 13. kanal yeşil renk ile gösterilmiştir. ....	10
<b>Şekil 3.2</b> : MCSX03 hattına ait 240 numaralı atış topluluğu (Süzgeç uygulanmamış). ....	12
<b>Şekil 3.3</b> : MCSX03 hattına ait, frekans süzgeci uygulanmamış olan 240 numaralı atış topluluğuna ait genlik spektrumu. ....	12
<b>Şekil 3.4</b> : MCSX03 hattı 240. atış topluluğu (frekans süzgeci uygulanmış). ....	13
<b>Şekil 3.5</b> : Aynı atış topluluğunun genlik spektrumu. ....	14
<b>Şekil 3.6</b> : (a) MCSX03 hattına ait 240. atış topluluğunun genlik değişimi. (b) Genlik değişiminin parçalı-doğrusal bir fonksiyonla temsili. (c) Dengelenmiş genlik fonksiyonu. ....	15
<b>Şekil 3.7</b> : (a) Genlik dengelemesi öncesi atış topluluğu. (b) Genlik dengelemesi sonrası atış topluluğu. ....	16
<b>Şekil 3.8</b> : Yığma diyagramı. ....	18
<b>Şekil 3.9</b> : Ortak atış topluluğu. ....	19
<b>Şekil 3.10</b> : Ortak orta nokta topluluğu. ....	20
<b>Şekil 3.11</b> : MCSX03 hattında bulunan 250.-350. Ortak orta nokta toplulukları arasında kalan bölge için hazırlanmış sabit hız yığma panelleri. ....	22
<b>Şekil 3.12</b> : (a) Ortak orta nokta süper topluluğu. (b) Hız spektrumu. Kalın çizgi, en yüksek ilişki katsayılarından geçen fonksiyon olup NMO hızına karşılık gelmektedir. ....	23
<b>Şekil 3.13</b> : Ortak orta nokta süper topluluğu. ....	24
<b>Şekil 3.14</b> : MCSX05 hattına ait hız profili. ....	25
<b>Şekil 3.15</b> : Dik yola kaydırma düzeltmesi uygulanmış bir ortak orta nokta süper topluluğu. ....	26
<b>Şekil 3.16</b> : Mute işlemi uygulanmış bir ortak orta nokta süper topluluğu. ....	27
<b>Şekil 3.17</b> : MCSX05 hattına ait yığma kesiti. ....	29
<b>Şekil 3.18</b> : (a) MCSX05 hattına ait yığma kesiti. (b) Aynı hattın göç kesiti. ....	30
<b>Şekil 3.19</b> : Kuvvetli tekrarlı yansımalar. ....	32
<b>Şekil 3.20</b> : (a) Zaman ortamı NMO düzeltmesi yapılmamış CDP topluluğu. (b) f-k ortamı NMO düzeltmesi yapılmamış CDP topluluğu. (c) Zaman ortamı NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (d) f-k ortamı NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (e) Zaman ortamı ikincil NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (f) f-k ortamı ikincil NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (g) Zaman ortamı süzgeçlenmiş CDP topluluğu. ....	34
<b>Şekil 3.21</b> : f-k süzgeçleme'nin tekrarlı yansımaların giderilmesi üzerine etkisi. ....	35
<b>Şekil 4.1</b> : Anadolu levhası ve genel tektoniği (Okay ve diğ., 1999). ....	38
<b>Şekil 4.2</b> : Çalışma alanında meydana gelen heyelanlar. (İBB Avrupa Yakası Mikro Bölgeleme Çalışması'ndan alınmıştır) ....	40

Şekil 4.3 : Çalışma alanının depremselliği.....	41
Şekil 5.1. : (a) Sabit hız yığma paneli kullanılarak oluşturulmuş final kesit. (b) Hız spektrumu kullanılarak oluşturulmuş final kesit.....	44
Şekil 5.2. : MCSX03 hattına ait final kesitinde gözlemlenen eğimli tabakalar.....	45
Şekil 5.3 : MCS02 hattına ait final kesitinden yorumlanmış bir bölüm.....	46
Şekil A.1 : MCS01 hattına ait final kesit.....	52
Şekil A.2 : MCS02 hattına ait final kesit (1. Bölüm).....	53
Şekil A.3 : MCS02 hattına ait final kesit (2. bölüm). ....	54
Şekil A.4 : MCS02 hattına ait final kesit (3. bölüm). ....	55
Şekil A.5 : MCS02 hattına ait final kesit (4. bölüm). ....	56
Şekil A.6 : MCS03 hattına ait final kesit (1. bölüm). ....	57
Şekil A.7 : MCS03 hattına ait final kesit (2. bölüm). ....	58
Şekil A.8 : MCS03 hattına ait final kesit (3. bölüm). ....	59
Şekil A.9 : MCS03 hattına ait final kesit (4. bölüm). ....	60
Şekil A.10 : MCS_EK1 hattına ait final kesit. ....	61
Şekil A.11 : MCS_EK2 hattına ait final kesit. ....	62
Şekil A.12 : MCS_EK3 hattına ait final kesit. ....	63
Şekil A.13 : MCS_EK9 hattına ait final kesit. ....	64
Şekil A.14 : MCSX01 hattına ait final kesit.....	65
Şekil A.15 : MCSX02 hattına ait final kesit.....	66
Şekil A.16 : MCSX03 hattına ait final kesit.....	67
Şekil A.17 : MCSX04 hattına ait final kesit.....	68
Şekil A.18 : MCSX05 hattına ait final kesit.....	69
Şekil A.19 : MCSX06 hattına ait final kesit.....	70
Şekil A.20 : MCSX07 hattına ait final kesit.....	71

## SEMBOL LİSTESİ

$\lambda$	: dalga boyu
$V$	: ortamın P dalgası yayılım hızı
$f$	: baskın frekansı
$t_0$	: düşey gidiş-geliş zamanı





# MARMARA DENİZİ KUZEY ŞELFİ ÇOK KANALLI SİSMİK VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE TEKRARLI YANSIMALARIN BASTIRILMASI

## ÖZET

Tez çalışmasında kullanılan çok kanallı sismik yansıma verileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından desteklenen ve TÜBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütülmüş olan “Marmara Bölgesinin Deprem Aktivitesinin Çok Disiplinli Yöntemlerle İzlenmesi ve İstanbul Kıyı Şeridi/Kıta Sahaneliği Zeminine Olası Etkilerinin Araştırılması” projesi kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü’ne ait Koca Piri Reis araştırma gemisi tarafından toplanmıştır. Bu tez çalışması, proje kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin işlenmesi ve tekrarlı yansımaların sismik verilerden temizlenmesi amacını taşımaktadır. Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi içerisinde kalan aktif Marmara Fayı ile şu anda aktif olmayan Batı Karadeniz Fayı’nın bulunduğu, jeolojik açıdan karmaşık bir bölgedir. Çalışma alanının Büyükçekmece ile Küçükçekmece gölleri arasında kalan bölgesinde geçmişten günümüze süregelen heyelanlar bulunmaktadır. Bu amaçla, Marmara Denizi kuzey kıta sahanlığında toplanan yaklaşık 235 km çok kanallı sismik yansıma verisi, standart veri işlem aşamalarından geçirilerek tez kapsamında işlenmiştir. Çalışma alanındaki deniz tabanı derinliklerinin sığ olması sebebiyle karşılaşılan tekrarlı yansıma problemi f-k süzgeci temelli bir teknik ile veriden ayrılmaya çalışılmıştır. Sonuçta elde edilen sismik kesitler bölgenin genel tektonik özellikleri göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır. Sismik kesitlerde gözlemlenen en büyük anomali, Küçükçekmece Büyükçekmece gölleri arasında kalan alanda görülen şiddetli deformasyon alanıdır. Bu alanın dışında kalan bölgeler yatay ve yataya yakın tabakalaşma gösterirken, göller arasında kalan bu bölge yaklaşık 23° eğimle dalan tabakalar ile başlayan ve iki gölün arasındaki alanda şiddetli deformasyonun izlerini barındıran bir hal almaktadır.



# **PROCESSING OF THE MULTICHANNEL SEISMIC DATA COLLECTED IN THE NORTHERN SHELF OF MARMARA SEA AND SUPPRESSION OF MULTIPLE REFLECTIONS**

## **SUMMARY**

The multi-channel seismic reflection data which is used in this thesis study, has been collected by K.Piri Reis Research Vessel belongs to Dokuz Eylül University , Marine Sciences and Technology Institute on behalf of “Monitoring the earthquake activity with multidisciplinary methods of Marmara Region and Researching of its possible effects to İstanbul coastline and continental shelf project supported by İstanbul Metropolitan Municipality, Directorate of Earthquake and Ground Analysis and TÜBİTAK-MAM Earth and Marine Sciences Institute. This thesis study is intended to processing and suppression of the seabottom multiples in the multi channel seismic reflection data collected within the project. The study area is located in the zone which has complex geology and where North Anatolian Fault’s part in Marmara sea, the Marmara fault and passive Western Blacksea fault gets together. There are landslides ongoing history in the zone located between Büyükçekmece and Küçükçekmece lakes. In this manner, 235 km long multichannel seismic reflection data which is collected at north continental shelf of Marmara Sea, has been processed with standard data analysis steps. Since the sea bottom depth was shallow at field, the problem of multiples has been removed from the data using f-k filter based technique. Eventually obtained seismic sections has been interpreted in mind the tectonic characteristics of area. The most important anomaly observed on sections are the harsh deformation area between the Küçükçekmece and Büyükçekmece lakes. Regions outside this area show close to the horizontal and horizontal stratification while the region between the two lakes starts with approximately 23° inclined layers and shelters marks of strong deformation.



## 1. GİRİŞ

İstanbul iline bağlı olan Avcılar ilçesi, Büyükçekmece gölünün doğusu ile Küçükçekmece gölünün batısı arasında kalan alanda yer alır. Oldukça yoğun yerleşime sahip olan Avcılar ilçesinin nüfusu 13/03/2008 tarihi itibarıyla 323596 kişidir. Avcılar ilçesi 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Mw=7,4) depreminin episantırına yaklaşık 105 km uzaklıkta olmasına karşın merkez üssüne çok daha yakın olan yerleşim yerlerinden çok daha fazla zarar görmüştür. Bölgede geçmişten günümüze süregelen heyelanların da olması, zeminle ilgili ciddi problemler olduğunu göstermektedir. Ancak bölgenin Kuzey Anadolu Fay zonuna çok yakın olması ve Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi içinde kalan kısmının tektonik yapısı hakkında çeşitli görüşler olması nedeniyle Avcılar bölgesindeki heyelan probleminin sebeplerinin araştırılmasına gereksinim duyulmuştur. Bu amaçla İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü arasında Nisan 2007’de “Marmara Bölgesinin Deprem Aktivitesinin Çok Disiplinli Yöntemlerle İzlenmesi ve İstanbul Kıyı Şeridi/Kıta Sahaneliği Zeminine Olası Etkilerinin Araştırılması” isimli bir proje başlatılmıştır.

Söz konusu proje kapsamında çalışma alanında çok disiplinli bir çalışma yürütülmüştür. Proje iş paketleri arasında, mikrotremör dizin ölçümleri (SPAC), küresel konumlandırma sistemi (GPS) ölçümleri, sığ alanlardaki deniz tabanı morfolojisini ve yapısını belirlemek, denizde meydana gelebilecek olası heyelan alanlarını saptamak ve bu alanların kara ile ilişkilerini ortaya koymak amacıyla multibeam batimetri, sonar, tek kanallı sismik ve çok kanallı sismik yansıma verileri toplanmıştır.

### 1.1 Tezin Amacı

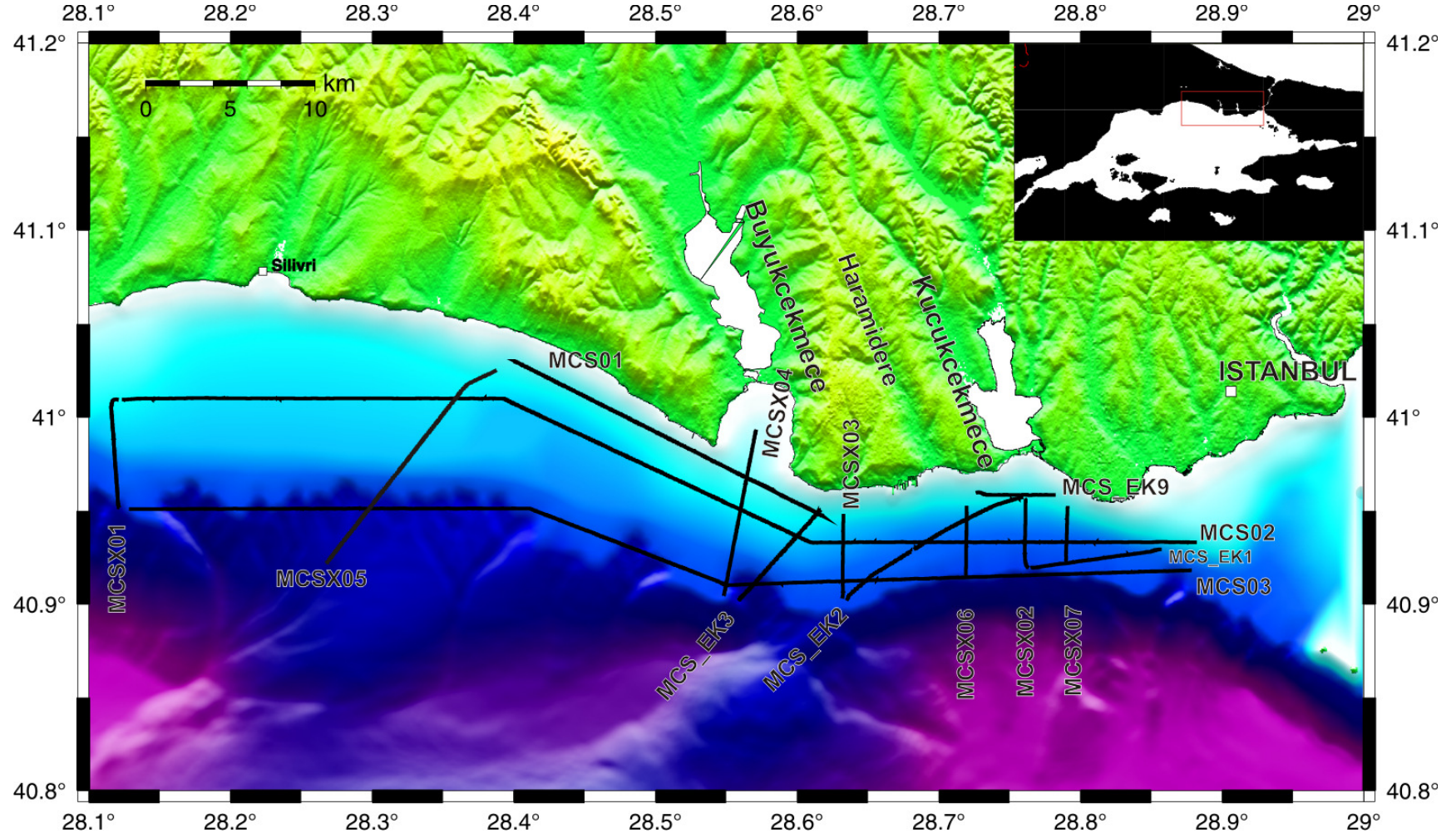
Bu tez çalışması, öncelikle proje kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin işlenmesi ve veri kalitesinin artırılması amacını taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda, çok kanallı sismik yansıma verilerine, standart veri işlem

uygulamalarının yanı sıra, sismik yansıma kesitlerin yorumlanmasında büyük sorun teşkil eden tekrarlı yansımaların verilerden ayıklanması için çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Çok kanallı sismik yansıma verilerinin işlenmesinde kullanılan teknikler, gerek kullanılan ekipmanın teknik özelliklerine (kayıt parametreleri, kaynak parametreleri) gerekse bölgenin jeolojik özellikleri hakkında doğru bilgi sahip olmayı gerektirir.

Proje kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin etkin bir biçimde yorumlanabilmesi, kara alanında meydana gelen heyelanların sebeplerini ortaya koymak açısından önemli bir görev üstlenmektedir. Bu tez kapsamında kullanılan veriler Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsüne ait R/V K. Piri Reis gemisi tarafından Ağustos 2007'de toplanmıştır. Şekil 1.1'de R/V K. Piri Reis gemisinden veri toplama işlemi sırasında alınan görüntüler mevcuttur. Çalışma alanı ve bölgede toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerine ait hat haritası şekil 1.2'de görülmektedir.



**Şekil 1.1 :** R/V K. Piri Reis gemisi ve çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplanması.



Şekil 1.2 : Çalışma alanı ve çok kanallı sismik yansıma hatları.





## 2. ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNİN TOPLANMASI

Bu bölümde, çalışmada kullanılan veri topluluğu hakkında bilgilere değinilecektir. Bu bilgiler arasında, verilerin toplandığı teknik ekipman özellikleri, atış-alıcı düzeni, verilerin yatay ve düşey çözünürlüğü sayılabilir.

### 2.1 Veri Toplama

Proje kapsamında toplanan çok kanallı sismik, tek kanallı (sığ) sismik, multibeam batimetri ve sonar verileri Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsüne ait R/V K. Piri Reis gemisi tarafından toplanmıştır. Bu tez çalışmasında bu veri topluluğuna ait çok kanallı sismik veriler konu alınmış ve bu verilerin işlenmesi ve yorumlanması amaç edinilmiştir.

Çok kanallı sismik yansımaya verileri toplanırken kaynak olarak, 210 (105+105) inch<sup>3</sup> generator/injector (GI gun) hava tabancası kullanılmıştır. Kullanılan kaynak üreticinin 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. Bu sistemin amacı, birincil kaynak sinyalinin kuyruk etkilerini azaltmaktır. Bu da sismik verinin düşey çözünürlüğüne olumlu bir katkı sağlar. Hava tabancası kontrol ünitesi olarak “TGS-Gun System 8” kullanılmıştır. Hava tabancasına basınçlı hava üretici olarak, kapasitesi 200m<sup>3</sup>/saat (117 scfm), uygulama basıncı 2000 psi olan Bauer 1280 D model hava kompresörü mevcuttur. Veriler NTRS-2 Sistem 96 kanallı kayıtçı ile kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan streamer, grup aralığı 6,25 metre olan 96 kanallı ve 600 metre uzunluğundadır. Input/Output Marine Systems marka 5 adet bird, streamerin istenen derinlikte kalmasını sağlamıştır. Konumlama sistemi olarak SeaStar DGPS receiver kullanılmış ve NaviPac navigasyon yazılımını kullanan bir diferansiyel GPS konumlama sistemi ile atış noktalarının koordinatları tayin edilmiştir.

Veri toplama çalışmaları Eylül 2007’de tamamlanmıştır. Toplam 15 hat, yaklaşık 235 km veri toplanmıştır. Verilerin tamamı 1 ms örnekleme aralığı ile toplanmıştır. Kayıt uzunluğu tüm veriler için 3 s’dir. Hat isimleri ve hatlara ait uzunluk, atış sayısı ve ortak orta nokta topluluğu (CDP gather) sayıları ve hat doğrultuları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1 : Çok kanallı sismik yansıma hatlarına ait bilgiler**

	Hat no:	Atış Sayısı	CDP Sayısı	Hat Uzunluğu (m)	Doğrultu
1	mcs01	1642	6663	20821,875	KB-GD
2	mcs02	5259	21131	66034,375	B-D
3	mcs03	5124	20591	64346,875	B-D
4	mcs_ek1	627	2603	8134,375	GB-KD
5	mcs_ek2a	575	2395	7484,375	GB-KD
6	mcs_ek2b	380	1615	5046,875	GB-KD
7	mcs_ek3	569	2331	7284,375	GB-KD
8	mcs_ek9	378	1607	5021,875	B-D
9	mcsx01	514	2151	6721,875	G-K
10	mcsx02	329	1411	4409,375	G-K
11	mcsx03	403	1707	5334,375	G-K
12	mcsx04	804	3311	10346,875	GB-KD
13	mcsx05	1223	4983	15571,875	GB-KD
14	mcsx06	339	1451	4534,375	G-K
15	mcsx07	263	1147	3584,375	G-K
	Toplam	18429	75097	234678,125	

Tüm hatlar için; atış aralığı 12,5 metre, ofset uzaklığı ise yakın hidrofona için 40 metre, uzak hidrofona için 640 metre’dir. Her atış topluluğunda, kanal sayısına bağlı olarak 96 adet iz bulunmaktadır. Kayıt parametreleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2 : Kayıt parametreleri.**

Kayıt Uzunluğu	3 sn	CDP grup aralığı	3,125 m
Örnekleme aralığı	1 ms	Kanal sayısı	96
Atış aralığı	12,5 m	Streamer uzunluğu	600 m
Alıcı aralığı	6,25 m	Offset Uzaklığı	40 m

## 2.2 Veri Çözünürlüğü

Çok kanallı sismik yansıma yönteminde verinin çözünürlüğü yorumlama açısından çok önemlidir. Çözünürlük, düşey ve yanal çözünürlük olarak incelenir. Düşey ve yanal çözünürlüğün belirlenmesinde, kayıt parametreleri ve ortama ait fiziksel parametreler kullanılır.

DüŖey çözünlük, tabaka kalınlığı ve sismik dalgacığın dalga boyu ile tanımlanır. Sismik dalganın baskın dalga boyu, ortamın P dalgası yayınım hızı  $V$  ve baskın frekans  $f$  olmak üzere, (2.1) esas alınarak tanımlanır (Yılmaz, 1987).

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2.1)$$

Yer altında derinlere gidildikçe, kaynak dalgacığının yüksek frekans içeriği hızla soğurulur. Bu nedenle düŖey çözünlük derinliğin artmasıyla birlikte azalır. Sismik dalga boyu  $\lambda/2$ 'den daha ince tabakaların ayrımlılığı güçleşirken,  $\lambda/4$ 'ten daha ince olanların ise ayrımı olası değildir (Yılmaz, 1987).

Yanal çözünlük; sismik kaynağın oluşturduğu küresel dalga cephesinin yatay bir düzleme çarpması sonucu kapladığı dairesel alanın yarı çapı ile tanımlanan Fresnel bölgesi ile ilişkilidir. Fresnel bölgesinin yarı çapı, (2.2) formülü ile hesaplanır. Bu denklemdaki,  $V$ , ara yüzeye kadar olan  $P$  dalgasının yayınım hızı,  $f$  baskın frekansı ve  $t_0$  ise düŖey gidiş-geliş zamanını göstermektedir.

$$r = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t_0}{f}} \quad (2.2)$$

Buna göre yanal çözünlük derinlere doğru sismik hız arttığından dolayı büyüyen Fresnel bölgesinden dolayı düşüş gösterir. Yine artan derinlikle düŖey gidiş geliş zamanı  $t_0$  ile arttığından dolayı büyüyen Fresnel bölgesinden dolayı yanal çözünlük düşüş gösterir.

Yukarıdaki paragraflarda verilen tartışmalara göre bu tez kapsamında kullanılan çok kanallı sismik verilerin düŖey ve yanal çözünlükleri Kuzey Marmara Şelfinde yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir. Şelfte tipik deniz tabanı derinliğini 75 metre alarak, deniz suyunda P dalgası yayınım hızını 1500 m/s alarak ve atış topluluğu verilerinden elde edilen 110 Hz baskın frekansı dikkate alarak, deniz tabanında düŖey çözünlük yaklaşık olarak 7 metre, yanal çözünlük ise 22 metre olarak hesaplanmıştır. Bu değerler en yüksek çözünlük değerleri olup deniz tabanından daha derinlere doğru gidildikçe yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı bu çözünlüğün azalacağı unutulmamalıdır.



### **3. ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNE UYGULANAN VERİ İŞLEM AŞAMALARI**

#### **3.1 Amaç**

Çok kanallı sismik yansımaya verilerinin hiçbir işleme tabi tutulmadan yorumlanması mümkün değildir. Çok kanallı sismik yansımaya 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.

Bu bölümde, tez kapsamında uygulanan tüm veri işlem aşamalarından bahsedilecektir. Uygulanan her yöntemin veri üzerindeki etkileri ve yöntemlerde kullanılan parametreler ayrı ayrı açıklanacaktır.

Bu tez kapsamında kullanılan verilerin değerlendirilmesinde Paradigm Geophysical firmasının geliştirdiği profesyonel bir yazılım olan DISCO/FOCUS yazılımının 5.2 sürümü kullanılmıştır. Veri işlemede kullanılan yazılım, hem batch modda hem de interaktif modda çalışmaktadır. Yazılımın interaktif özellikleri, veri işlemede ihtiyaç duyulan veri özelliklerini hızlı ve doğru analiz edilmesini sağlarken, batch mod ile çalışabilmesi ise belirlenen parametrelerin hızlı ve yinelenebilir biçimde verilere uygulanmasını olanaklı kılmaktadır.

#### **3.2 Yığma Öncesi Sismik Veri İşlemler**

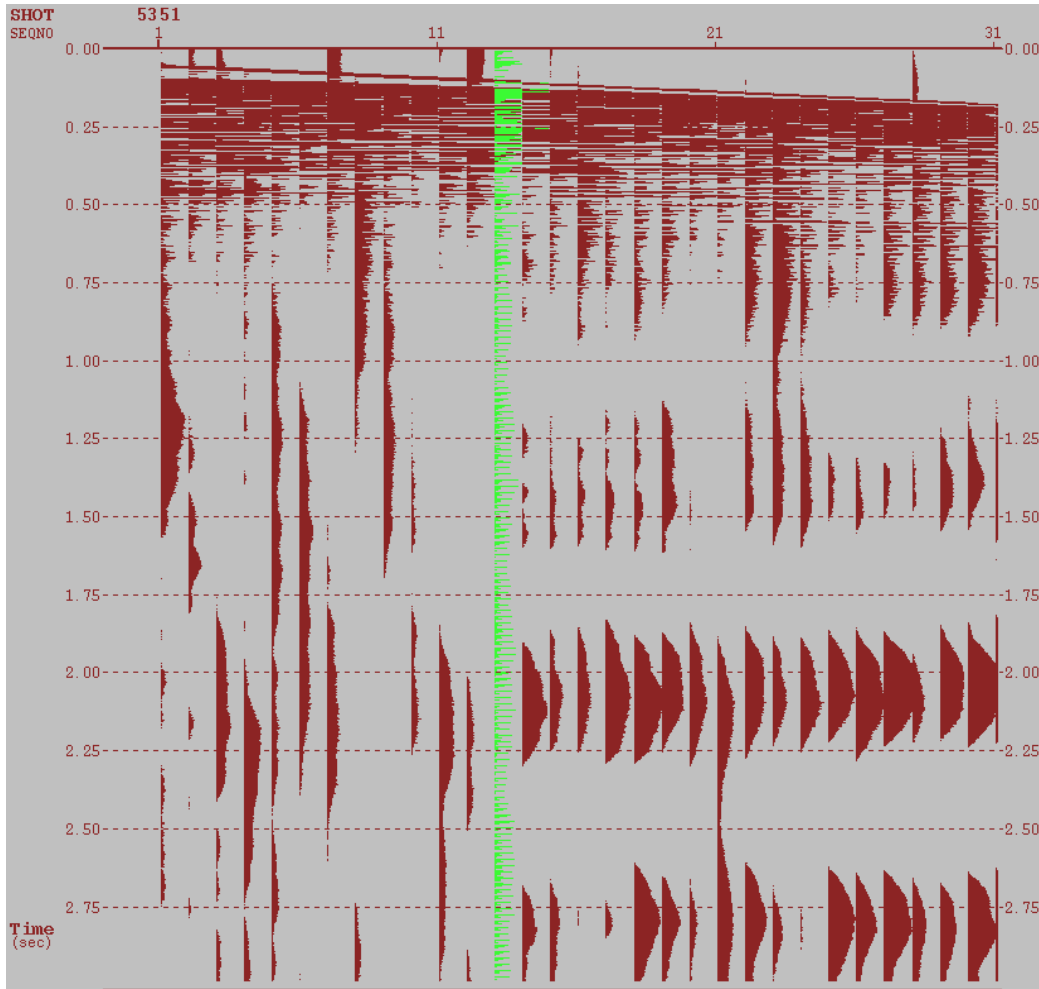
Sismik veri işlemede yığma öncesinde veriye yapılan işlemlere ön veri işlem veya yığma öncesi veri işlemler adı verilir. Ön işlemlerin amacı, arazi verilerini, standart veri işleme hazır hale getirmektir. Çalışmada toplanan çok kanallı sismik yansımaya verileri SEG-Y formatında kaydedilmiştir. SEG-Y formatı, Society of Exploration Geophysicists tarafından geliştirilen bir jeofizik veri saklama formatıdır. Bu format basit olarak, iki kısımdan oluşur. Bunlar, veri hakkındaki kayıt parametrelerini içeren başlık (header) bölümü ve veri bölümünden oluşur. Verilerin kayıt edildiği formatın

bilinmesi sismik veri işlem yazılımının kullandığı formata dönüştürme işlemini doğru yapmada çok önem taşımaktadır.

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

### 3.2.1 İz ayıklama

Sorunlu izler belirlendikten sonra yazılımın iz ayıklama araçları kullanılarak sorunlu atış toplulukları ve sinyal içermeyen izler veriden ayıklanır. Şekil 3.1’de sinyal içermeyen ve sadece aletsel gürültü kaydeden 13. kanal görülmektedir.

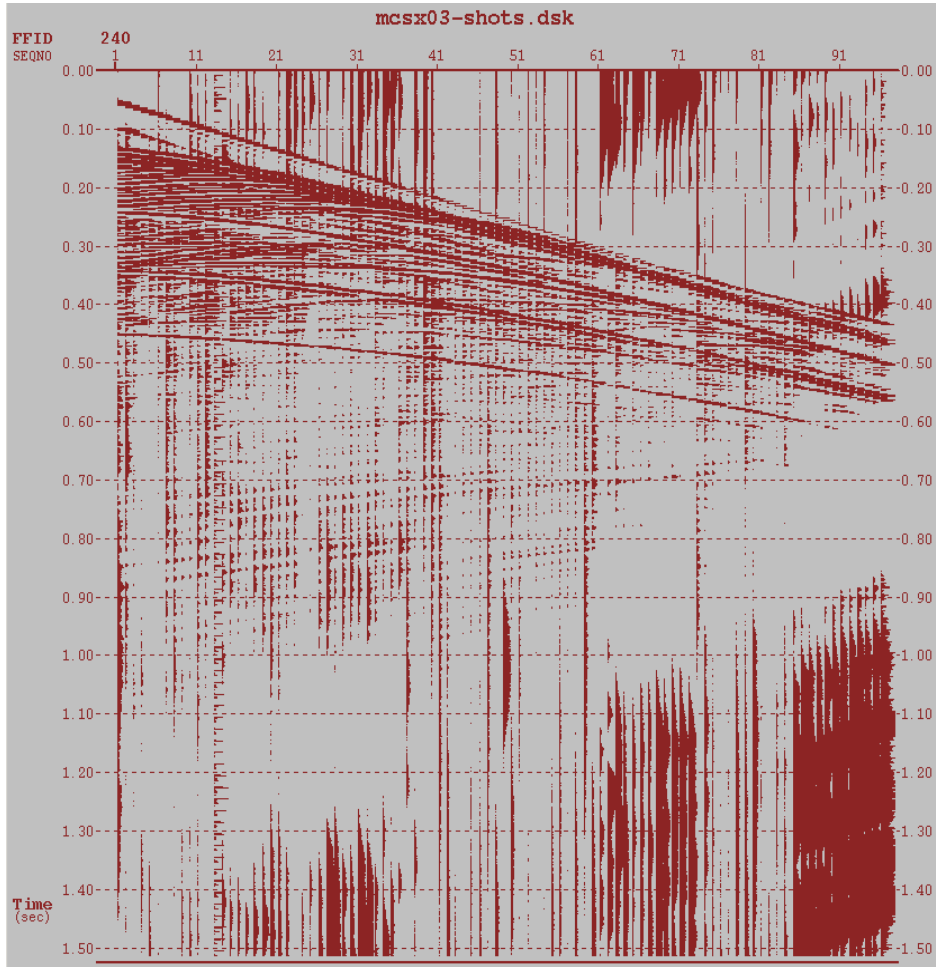


**Şekil 3.1** : Aletsel gürültü kaydeden 13. kanal yeşil renk ile gösterilmiştir.

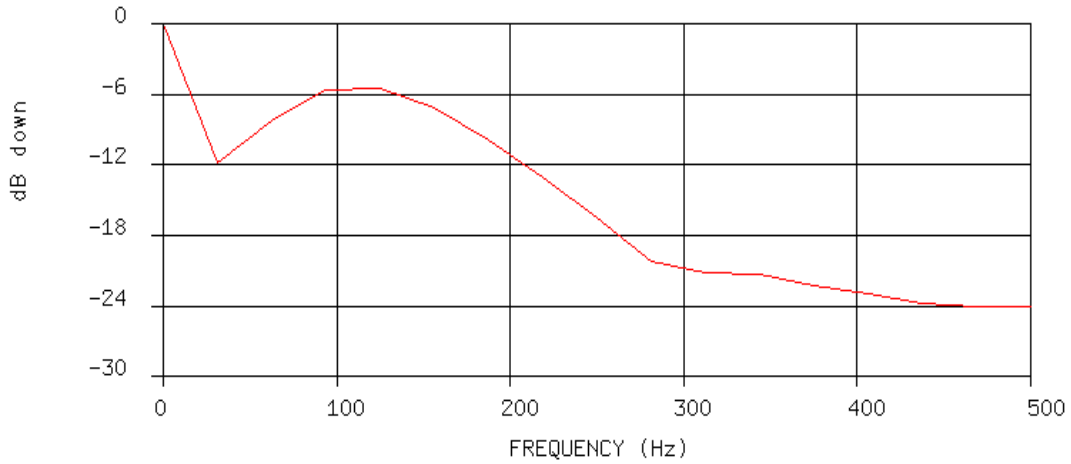
Sorunlu atış topluluklarını ve izleri ayıklamada iki ayrı yol izlenebilir. Bunlardan birincisi, sorunlu izlerin tamamıyla veriden atılmasıdır. İkinci yöntem ise, sorunlu izlerin “0” ile çarpılarak genliklerinin sıfırlanmasıdır. Bu çalışmada ikinci yöntem uygulanmıştır. Bunun nedeni, atış–alıcı geometrisini daha karmaşık hale getirmeden bu işlemi uygulamaktır. Kullanılan ikinci yöntemde sorunlu izlerin genlikleri sıfırlandığından sinyal/gürültü oranında herhangi olumsuz bir etki olmadığı gibi, atış–alıcı geometrisini oluşturmada da basitlik kazanılmıştır. Şekil 3.1’de görülen gürültülü 13. kanal tüm atış topluluklarında bulunmaktadır ve muhtemelen arızalı bir hidrofona ait bir kayıttır. Bu kanaldaki kayıt tüm atış topluluklarında genlik değerleri sıfır ile çarpılarak veriler üzerindeki olumsuz etkisi tamamiyle kaldırılmıştır.

### 3.2.2 Frekans süzgeçleme

Sismik yansıma yönteminde kaydedilen sinyallerin beraberinde “gürültü” olarak tanımlanan, yer altından işe yarar herhangi bir bilgi taşımayan sinyaller de kaydedilir. Gürültüler, düzenli ve düzensiz gürültüler olmak üzere ikiye ayrılır. Deniz sismiğinde düzenli gürültüler; doğrudan gelen sismik sinyaller, kırılarak gelen sismik sinyaller, tekrarlı yansımalar, çalışmayı yapan araştırma gemisinden kaynaklanan motor gürültüsü olarak sıralanabilir. Düzensiz gürültüler ise; deniz trafiğinden kaynaklanan gürültüler, meteorolojik şartların oluşturduğu gürültüler (rüzgar, yağmur, dalgalı deniz), bozuk hidrofonlar olarak sıralanabilir. Bölüm 3.2.5’de değinilen ortak orta nokta sıralaması (CMP) yöntemi ile veriler, düzensiz gürültülerden büyük oranda arındırılır. Ancak düzenli gürültüleri yok etmek için bu yöntem kullanılamaz. Düzenli gürültüler, adından da anlaşılacağı gibi zamana bağlı olaylardır ve zamana bağlı oldukları için belirli bir frekansa sahiptirler. Bu noktadan hareketle, frekansları önceden bilinebilen veya belirlenebilen düzenli gürültüler veriden ayıklanabilir. Şekil 3.2’ de MCSX03 hattına ait frekans süzgeçleme işlemi uygulanmamış olan 240 numaralı atış topluluğu görülmektedir. Frekans süzgeçleme uygulanacak verilerin frekans içeriğini görebilmek için zaman ortamındaki veriler Fourier dönüşümü yapılarak frekans ortamına geçirilir. Şekil 3.3’de MCSX03 hattına ait, frekans süzgeci uygulanmamış olan 240 numaralı atış topluluğuna ait genlik spektrumu görülmektedir.



**Şekil 3.2 :** MCSX03 hattına ait 240 numaralı atış topluluğu (Süzgeç uygulanmamış).



**Şekil 3.3 :** MCSX03 hattına ait, frekans süzgeci uygulanmamış olan 240 numaralı atış topluluğuna ait genlik spektrumu.

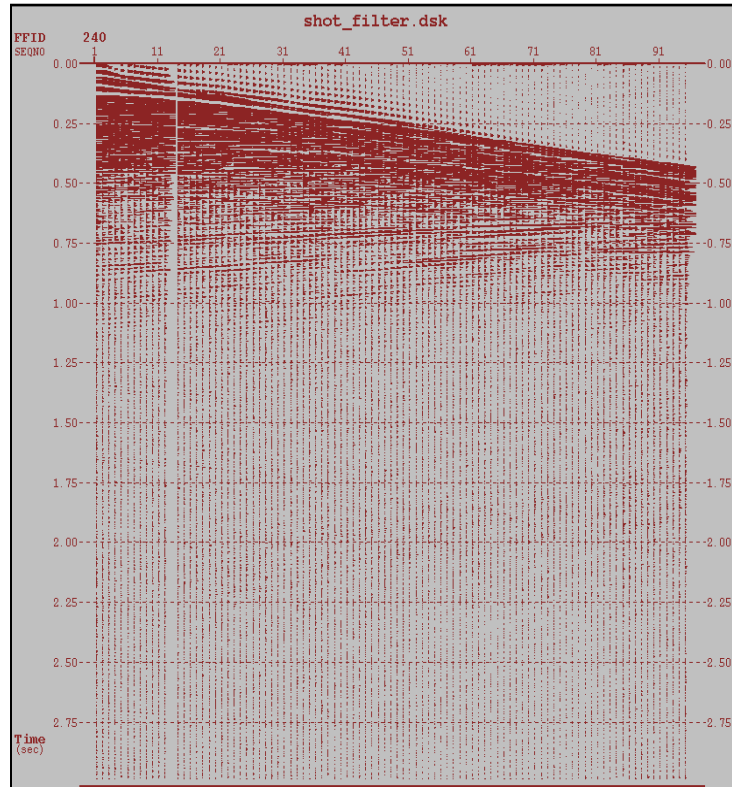
Şekil 3.3’de görülen genlik spektrumunda verinin doğal frekansının 110 Hz civarında olduğu görülmektedir. Düşük frekanslı gürültülerin genliklerinin yüksek olduğu



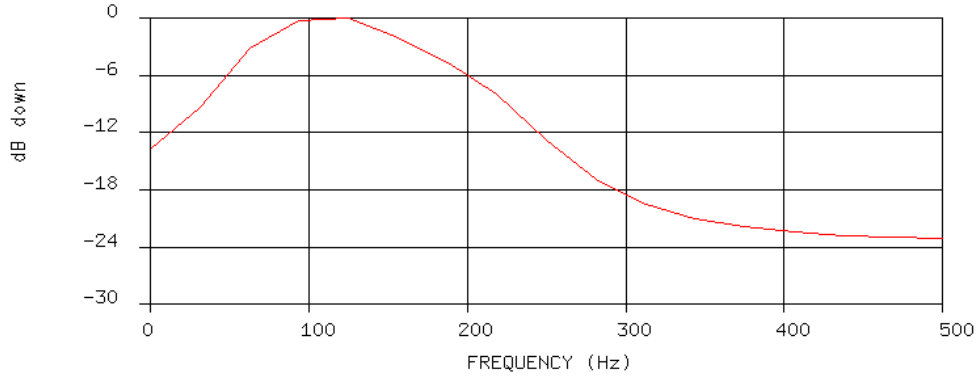
görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan frekans süzgeci; kesme frekansları 40 ve 150 Hz olan, band geçiren, minimum fazlı bir süzgeçtir. Kesme frekanslarının seçiminde, kaynak dalgacığının baskın olduğu frekanslar göz önünde bulundurulmuştur. Pencere fonksiyonu olarak frekans çözünürlüğü yüksek olan ve rastgele gürültülerde daha başarılı olan Hanning penceresi kullanılmıştır. Hanning penceresi fonksiyonu, (3.1) formülü ile verilir.

$$w(n) = 0.5 \left( 1 - \cos \left( \frac{2\pi n}{N-1} \right) \right) \quad (3.1)$$

Şekil 3.4’de, frekans süzgeci uygulanmış olan MCSX03 hattına ait 240 numaralı atış topluluğu, Şekil 3.5’de ise aynı atış topluluğuna ait genlik spektrumu görülmektedir. Kesme frekanslarının dışında kalan frekanslardaki sinyal ve/veya gürültülerin genlikleri sıfırlanmıştır. Bu işlem, sismik veri işlemin amacına uygun olarak, verinin sinyal/gürültü oranını arttırmıştır.



**Şekil 3.4 :** MCSX03 hattı 240. atış topluluğu (frekans süzgeci uygulanmış).

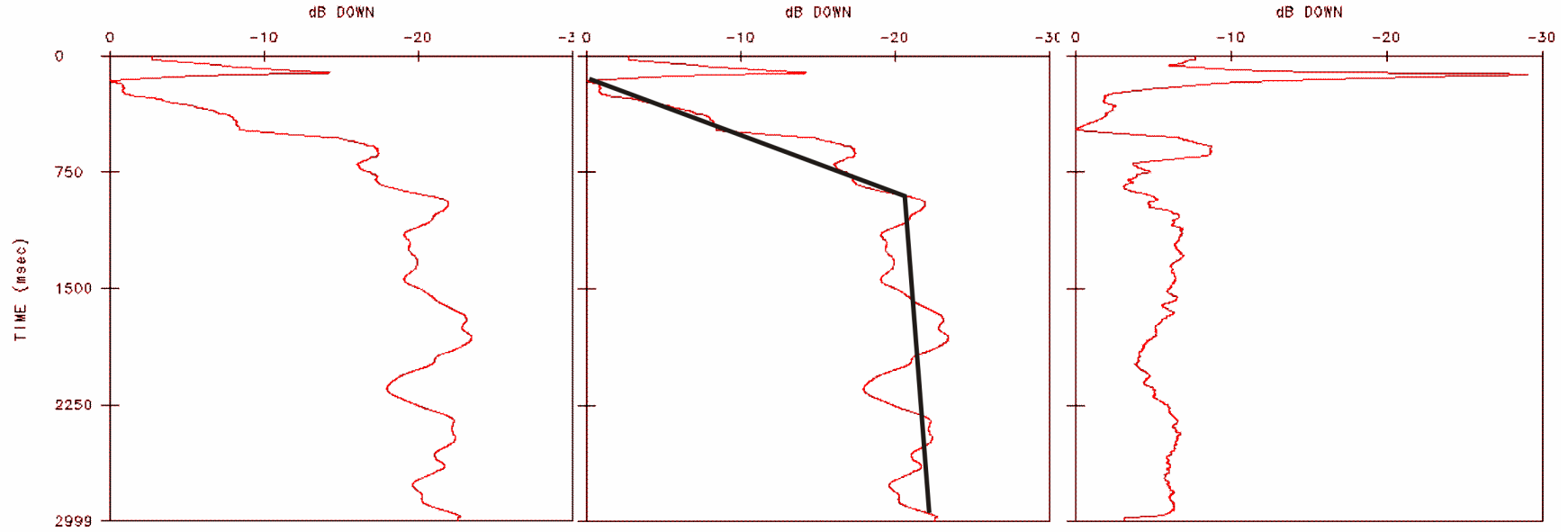


**Şekil 3.5 :** Aynı atış topluluğunun genlik spektrumu.

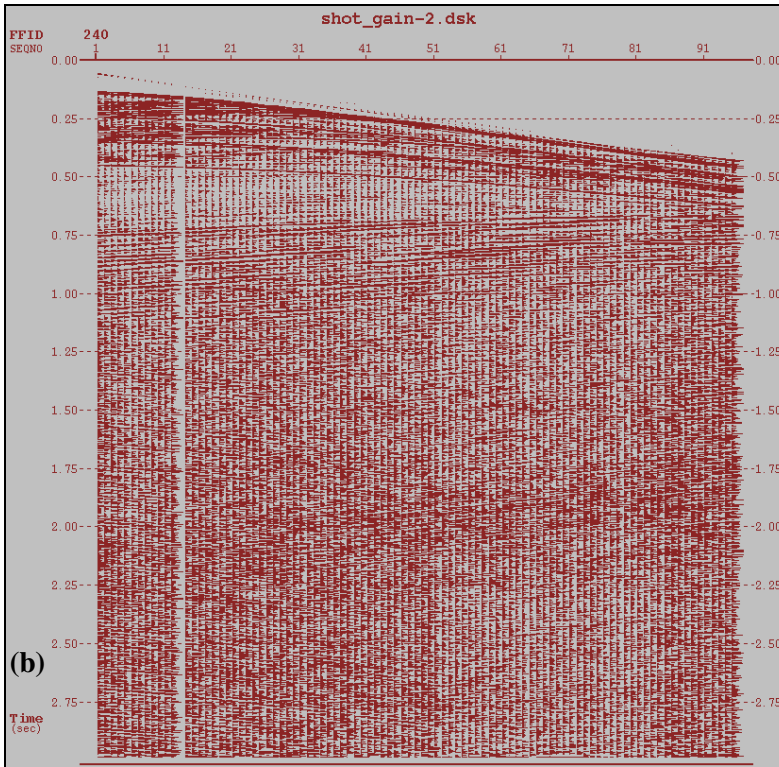
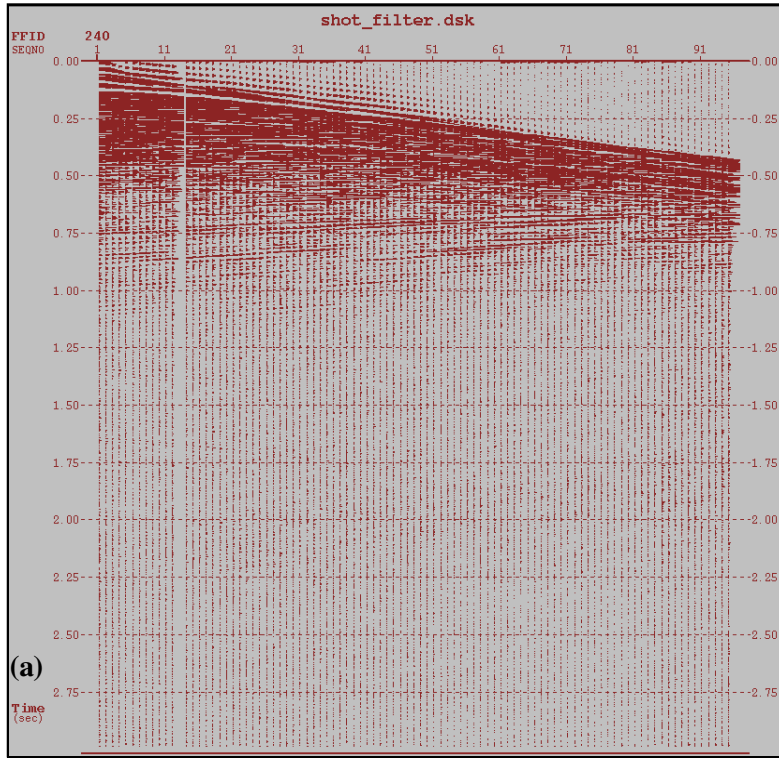
### 3.2.3 Gerçek genlik kazanımı

Sismik enerji, kaynaktan çıktıktan sonra, zamanla küresel olarak yayılır (Küresel açılma). Bu yayılma ilerledikçe, birim alana düşen sismik enerji (enerji yoğunluğu) miktarı azalır. Yer içinde ilerleyen sismik sinyallerin enerjileri derinlere ve uzak offsetlere gittikçe azalır. İşte bu nedenle azalan enerjinin veriye geri kazandırılması işlemine küresel genlik kazanımı denir. Verilere küresel genlik kazandırma işlemi farklı yöntemlerle yapılabilir. Bu çalışmada, ön işlemler aşamasında, doğrusal tabanlı küresel genlik kazanımı yöntemi uygulanmıştır.

Bu yöntemi uygulayabilmek için, öncelikle atış topluluklarına ait derinliğe bağlı genlik değişiminin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analiz işlemi, bu çalışmada deniz tabanı derinliğinin değişmediği kesimlerde 250 atış topluluğunda bir, deniz tabanı derinliğinin değiştiği yerlerde ise ihtiyaca göre daha sık yapılmıştır. Bu analizi yapmadaki amaç; atış topluluklarına ait genlik azalımını temsil eden doğrusal ve parçalı matematiksel fonksiyonları belirlemektir. Şekil 3.6.a'da MCSX03 hattına ait 240. atış topluluğunun derinlikle genlik değişimi görülmektedir. Şekil 3.6.b'de ise aynı genlik değişiminin doğrusal ve parçalı bir fonksiyonla temsil edilmiş hali görülmektedir. Şekil 3.6.c'de ise küresel genlik kazanımı işlemi sonrası elde edilen genlik değişimi görülmektedir. Bu fonksiyonlar belirlendikten sonra, ilgili atış topluluklarındaki izler belirlenen fonksiyonların tersi ile çarpılmaktadır. Şekil 3.7.a'da MCSX03 hattına ait 240 numaralı atış topluluğunun gerçek genlik kazanımı işlemi öncesindeki durumu görülmektedir. Şekil 3.7.b'de ise aynı atış topluluğunun, doğrusal ve parçalı genlik kazanımı uygulandıktan sonraki durumu görülmektedir.



**Şekil 3.6 :** (a) MCSX03 hattına ait 240. atış topluluğunun genlik değişimi. (b) Genlik değişiminin parçalı-doğrusal bir fonksiyonla temsili. (c) Dengelenmiş genlik fonksiyonu.



Şekil 3.7 : (a) Genlik dengelenmesi öncesi atış topluluğu. (b) Genlik dengelenmesi sonrası atış topluluğu.

### 3.2.4 Geometri tanımlaması

Bir sismik hata ait atışların nerede yapıldığı, alıcıların nerede konumlandığı, atış aralığı, alıcı aralığı, ofset uzaklığı, kanal sayısı gibi bilgiler daha sonraki veri işlem adımı olan Ortak Orta Nokta sıralaması işlemi için gerekli olan geometri bilgilerinin tanımlanmasında kullanılır. Bu bilgilere dayanılarak, geçerli olan atış ve kayıtlar ile, geçersiz olan atış ve kayıtlar bir birlerinden ayrılır, ortak orta nokta sıralaması için hangi atışın hangi kanalının bir başka atışın hangi kanalı ile aynı grupta yer alacağına dair bilgiler üretilir. Bütün bu bilgiler kullanılarak bir sonraki adım olan Ortak Orta Nokta Sıralaması işlemi yapılır. Bu çalışmada Bölüm 2.1'de verilen veri toplama parametreleri kullanılarak ve Focus 5.0 yazılımının GEOMETRY modülü kullanılarak her hat için ayrı bir geometri düzeni oluşturulmuştur.

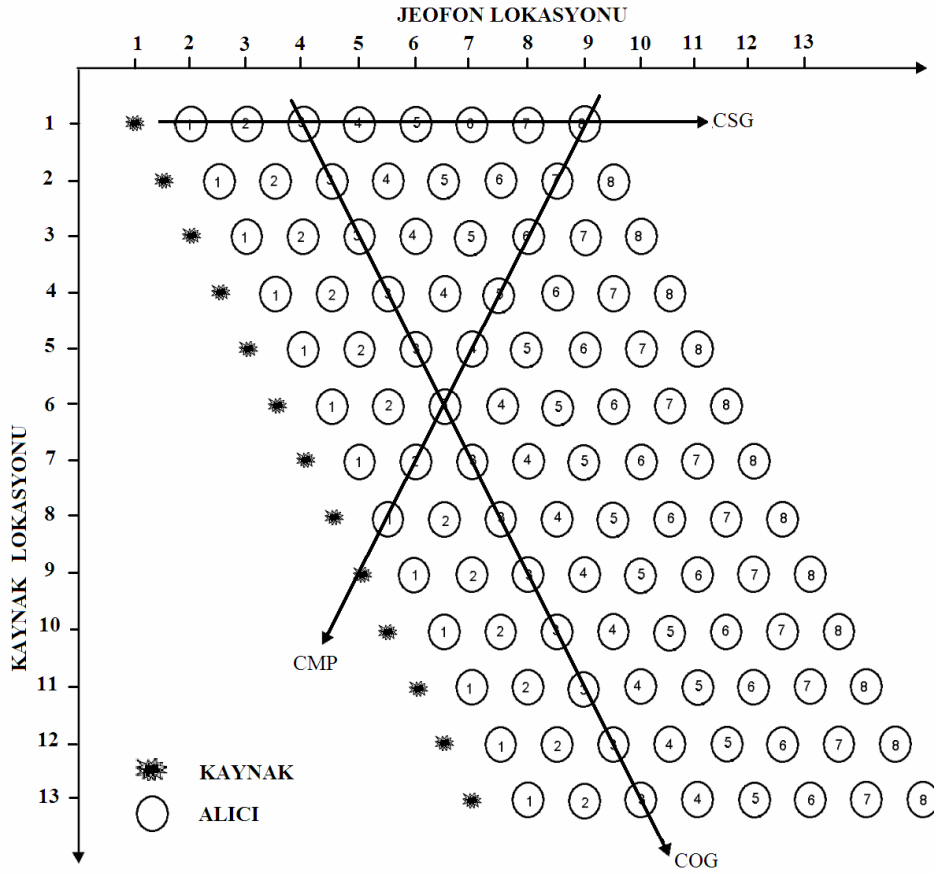
### 3.2.5 Ortak orta nokta sıralaması (CMP Sorting)

Çok kanallı sismik yansıma yönteminde, her bir atış topluluğunda, kaydedilen kanal sayısı kadar iz (bu çalışmada 96 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 alıcılar bulunur (Şekil 3.8) (Yılmaz, 1987). Ortak orta nokta sıralaması işlemi, farklı atış - alıcı düzenlerine ait ve yer altında aynı yansıma noktasından yansıyan sinyallerin bulunduğu alıcıların 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. Ortak orta nokta sıralaması, çok kanallı sismik yansıma veri işleminin, sinyal/gürültü oranını en çok arttıran aşamasıdır. 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 parametrelere bağlıdır ve (3.2) bağıntısı ile verilir.

$$\text{Katlanma Sayısı} = (\text{Alıcı aralığı} * \text{Kanal Sayısı}) / (2 * \text{Atış Aralığı}) \quad (3.2)$$

Bu çalışmada kullanılan kaynak-alıcı düzenine ait parametrelere bölüm 2.1'de değinilmişti. Bu formüle göre, bu çalışmada, ortak orta nokta sıralaması işlemi

sonrasında elde edilen katlanma sayısı 24'tür. Bununla birlikte hattın başında ve sonunda katlamaya daha az sayıda sismik iz girdiğinden katlanma sayısı bu maksimum katlanma sayısından azdır.



CMP : Common Midpoint    CSG : Common Shot Gather    COG : Common Offset Section

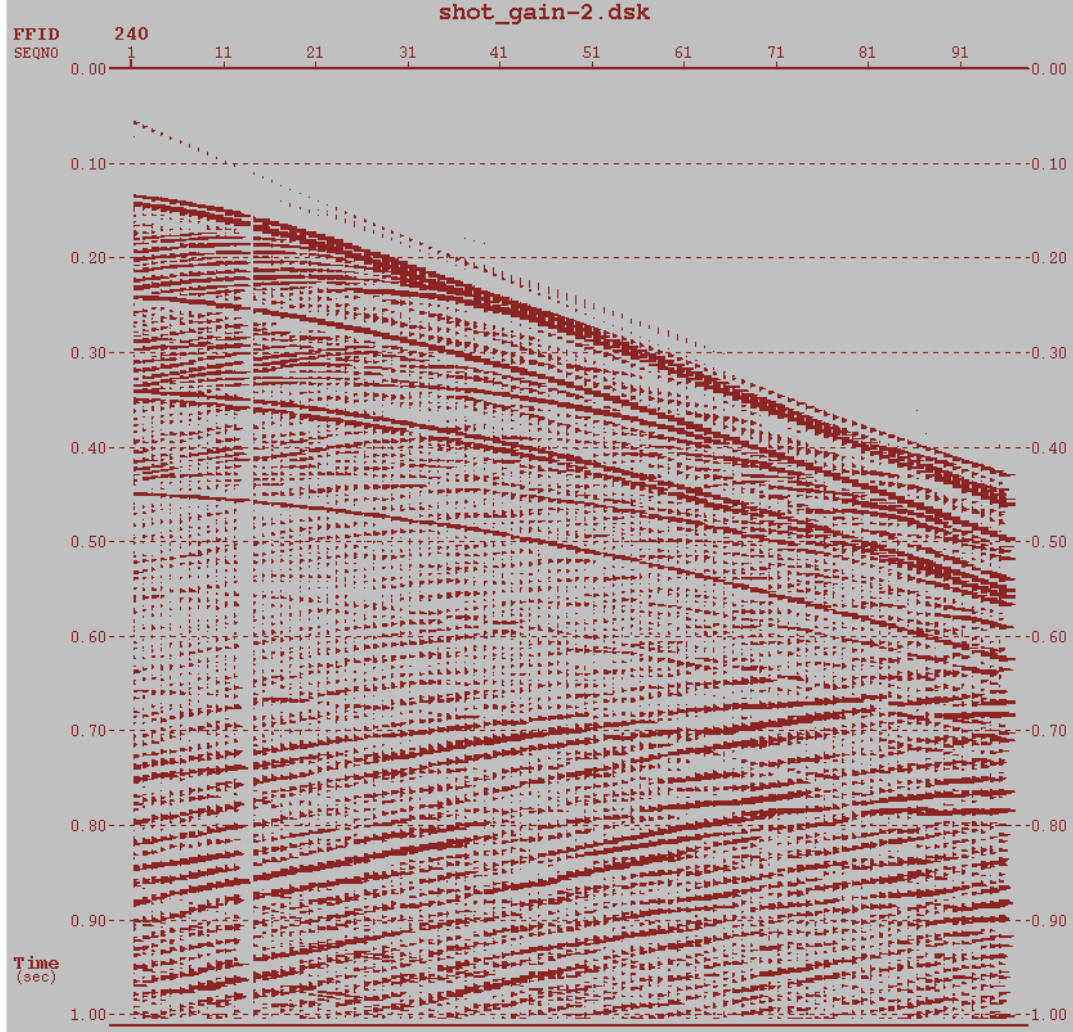
**Şekil 3.8 : Yığma Diyagramı**

Katlanma sayısının veri kalitesini artırma oranı yaklaşık olarak  $\sqrt{\text{Katl.Say.}}$  olarak verilir (Yılmaz, 1987). Çizelge 3.1'de örnek katlanma sayısına karşılık S/G oranındaki beklenen artış gösterilmektedir.

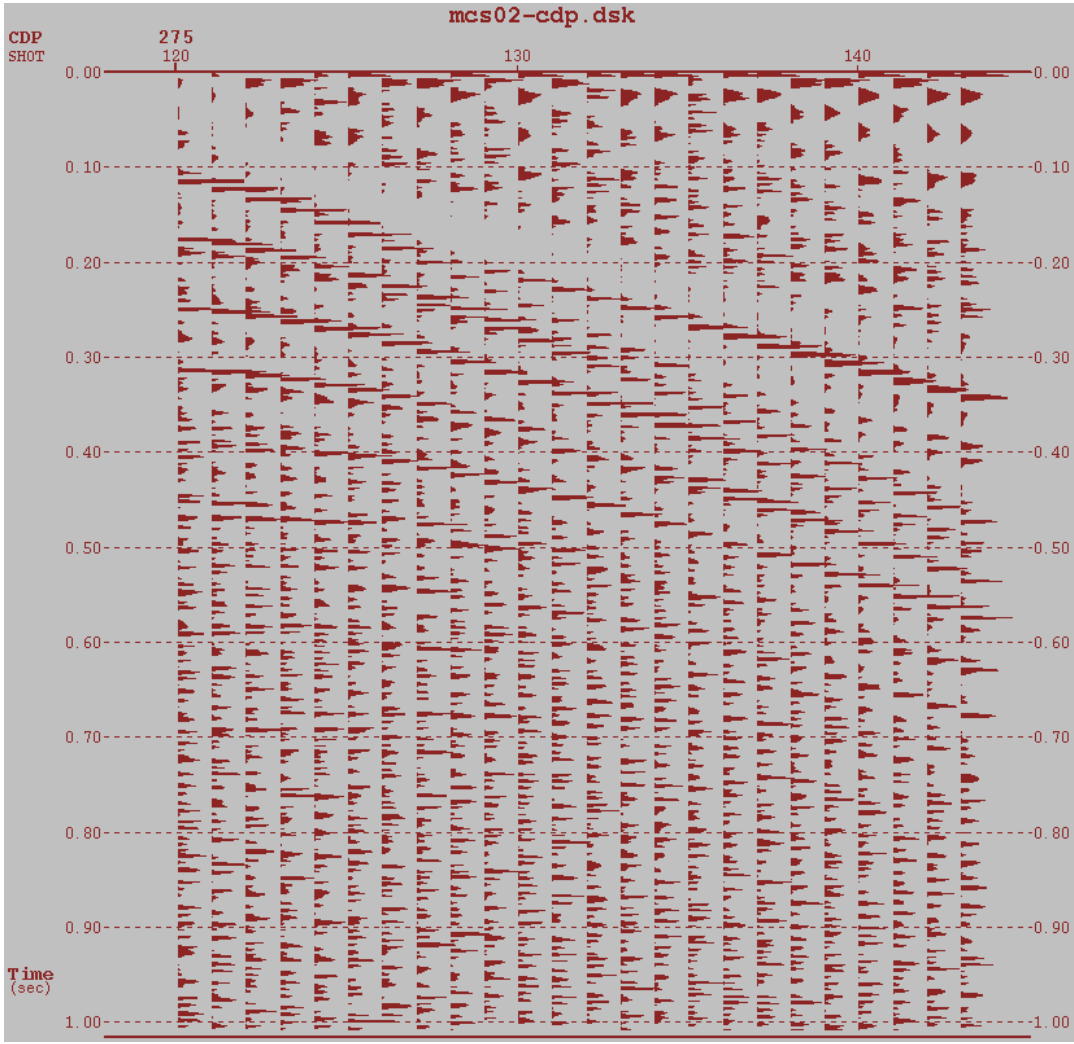
**Çizelge 3.1 : Katlanma sayısı ile kalite artışı ilişkisi**

Katlanma sayısı	9	16	25	36	49	64	81	100
S/G artış oranı	3	4	5	6	7	8	9	10

Dikkat edilirse S/G oranında yaklaşık iki katı bir artış sağlayabilmek için katlanma sayısında yaklaşık 4 kat bir artış gerekmektedir. Katlanma sayısında 4 katı kadar bir artış sağlamak ise arazide veriler toplanırken çok daha fazla emek, masraf, işçilik artışı demek olduğundan çalışma amacına uygun optimum bir katlanma sayısı seçilmelidir. Bu çalışmada seçilen veri toplama parametrelerine göre katlanma sayısı 24 olup ortak orta nokta sıralaması işlemi sonucunda verilerin kalitesi yaklaşık olarak 5 kat artmıştır.



Şekil 3.9 : Ortak atış topluluğu.



Şekil 3.10 : Ortak orta nokta topluluğu.

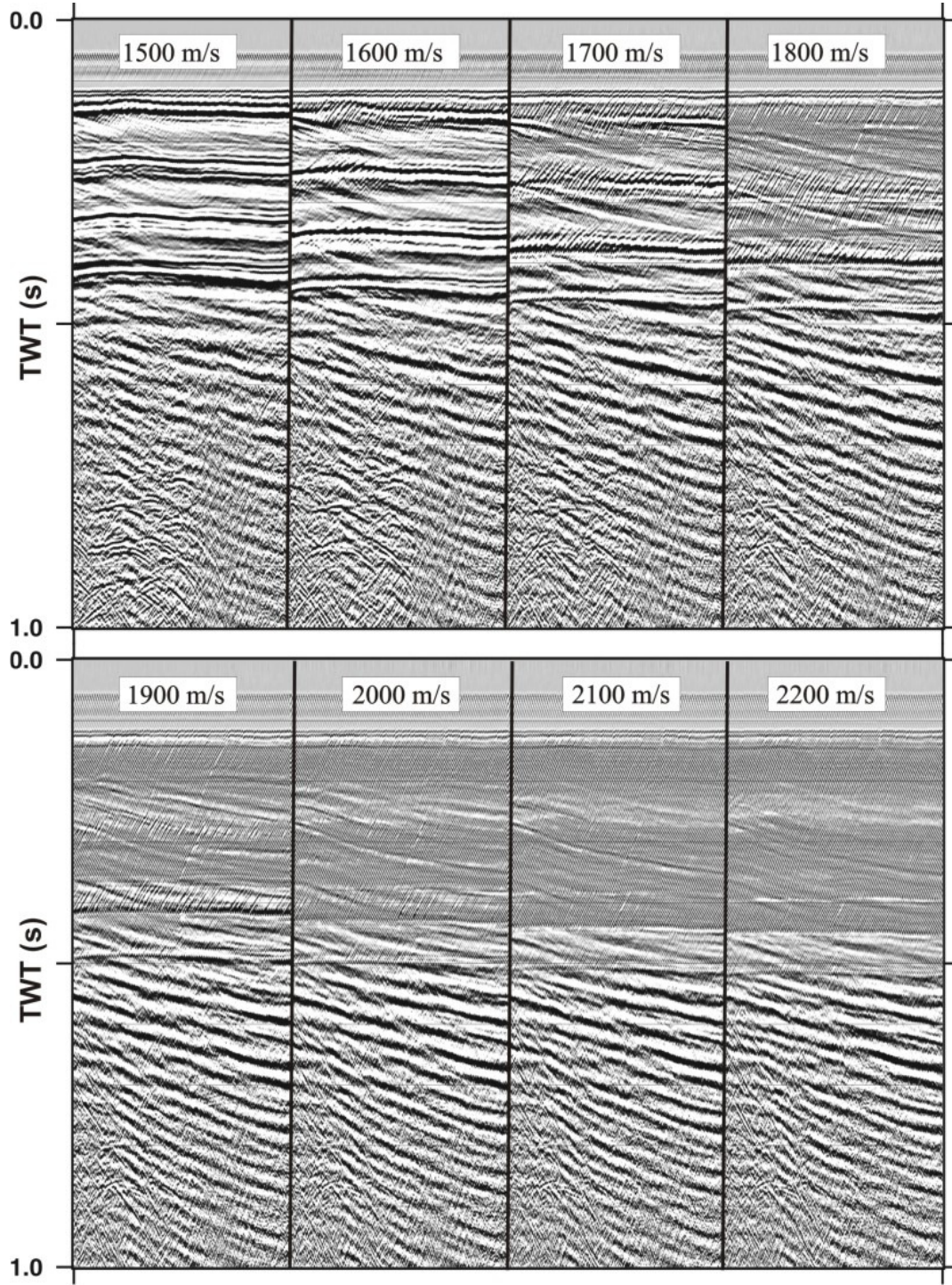
### 3.2.6 Hız analizi

Hız analizi, sismik veri işlemin en önemli aşamalarında biridir. Hız analizi ile elde edilen hız bilgisi, diğer veri işlem aşamalarında kullanılabildiği gibi, veri işlem tamamlandıktan sonra elde edilen sismik kesitlerin yorumlanmasına da katkı sağlamaktadır. Sismik dalga hızları, yer altındaki kayaların fiziksel özelliklerine göre değişmektedir. Yer içindeki kayaların P dalgası yayılım hızları yaklaşık olarak 350 m/s – 6400 m/s arasında değişir (Fitch, 1976) ve genellikle derinlere doğru gidildikçe artar. Yer altında belirli bir derinlikte bulunan bir arayüzeyden yansıyan sinyallerin ortak orta nokta topluluğundaki dizilimi, sabit hızlı bir üst katman olması halinde hiperbol şeklinde bir yansıma seyahat zamanı eğrisi ile temsil edilir. Herhangi bir offset ile sıfır offset arasındaki seyahat zamanı farkına ise normal move-out (dik yola kaydırma) denir. Dik yola kaydırma düzeltmesi için gereken hız

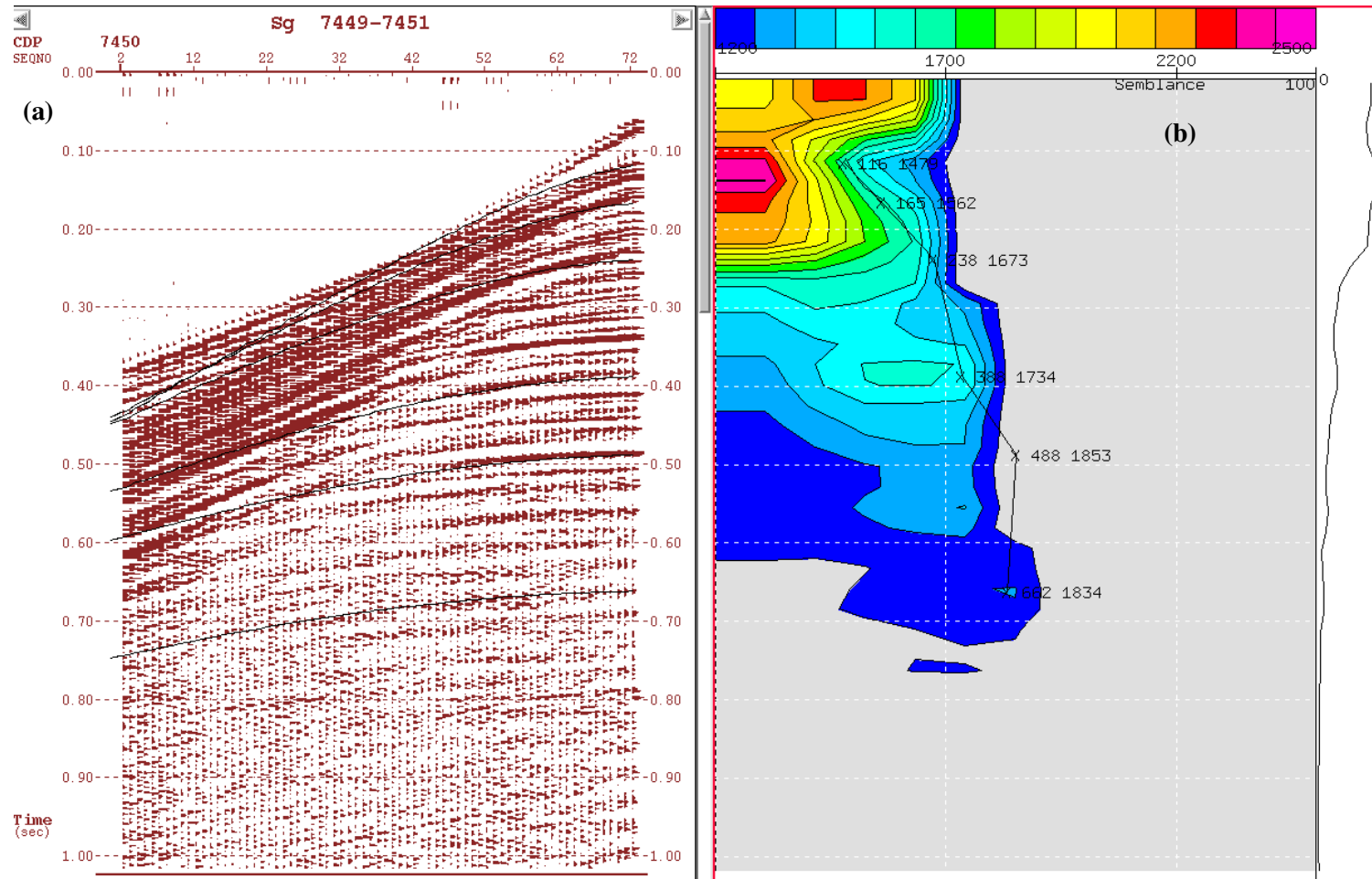


NMO hızı denir. Tek katmanlı basit bir yer modeli için NMO hızı, yansıtıcının üzerinde kalan ortamın hızına eşittir. Tek katmanlı ve eğimli bir yer modeli için ise NMO hızı; ortam hızının, eğimli yansıtıcının eğim açısının kosinüsüne bölünmesiyle elde edilir. Yığma hızları pratikte NMO hızlarına denk kabul edilir (Yılmaz 1987). Bir ortak orta nokta (CMP) topluluğunda bulunan tüm izler yer altında aynı yansıma noktasına ait olmasına karşın, offset uzaklığının değişmesi sebebiyle sinyallerin varış zamanlarında farklılıklar vardır. Bu zaman farklılığı offset ile doğru orantılıdır. Yani uzaklık arttıkça varış süresi de artmaktadır. Bu sebeple ortak orta nokta topluluklarında bulunan yansıma sinyalleri tıpkı atış topluluklarındaki izlerde olduğu gibi hiperboller şeklinde görülmektedir. Bu durum veri işleme daha karmaşık hale getirirse de, yer altındaki yansıma noktaları ve bu noktaların bulunduğu derinliklerdeki tabakaların hızları hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Hız analizi, öncelikle dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi için gereklidir. Hız analizi farklı yöntemler ile yapılabilir. Bu yöntemlerden ilki; bir ortak orta nokta (CMP) topluluğuna sabit hızlar ile dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi uygulayarak, sabit hız yığma panelleri (Constant Velocity Stack Panel) elde edilmesi esasına dayanır. Elde edilen panellerde yansıma noktalarını en iyi ve doğru temsil eden panele ait hız ve zaman değerleri birleştirilerek derinliğe bağlı bir hız profili oluşturulur. Şekil 3.11'de MCSX03 hattında bulunan 250-350 Ortak orta nokta toplulukları arasında kalan bölge için hazırlanmış sabit hız yığma panelleri görülmektedir.

Hız analizinde kullanılan diğer bir yöntem ise, benzerlik (coherency) fonksiyonundan yararlanarak hızların tespit edilmesidir. Benzerlik (coherency) fonksiyonu, belirli zaman aralıkları boyunca, bir ortak atış topluluğunda bulunan sismik izlerdeki benzerliklerin hesaplanması sonucu oluşturulur (Neidell ve Taner, 1971). Bu yöntemde, çıkış/giriş dalgasının enerjisi normalize edilir. Hesaplanan benzerlik katsayıları 0-1 değerleri arasında değişir. Değer, 1'e eşit olduğunda bu iki sinyalin birbirinin aynısı olduğu anlamına gelir. Her bir ortak orta nokta topluluğu için benzerlik katsayıları hesaplanabilir. Oluşturulan hız spektrumu yardımı ile ortak orta noktasında bulunan yansıma hiperbollerine en uygun hız değerleri seçilebilir (Şekil 3.12).

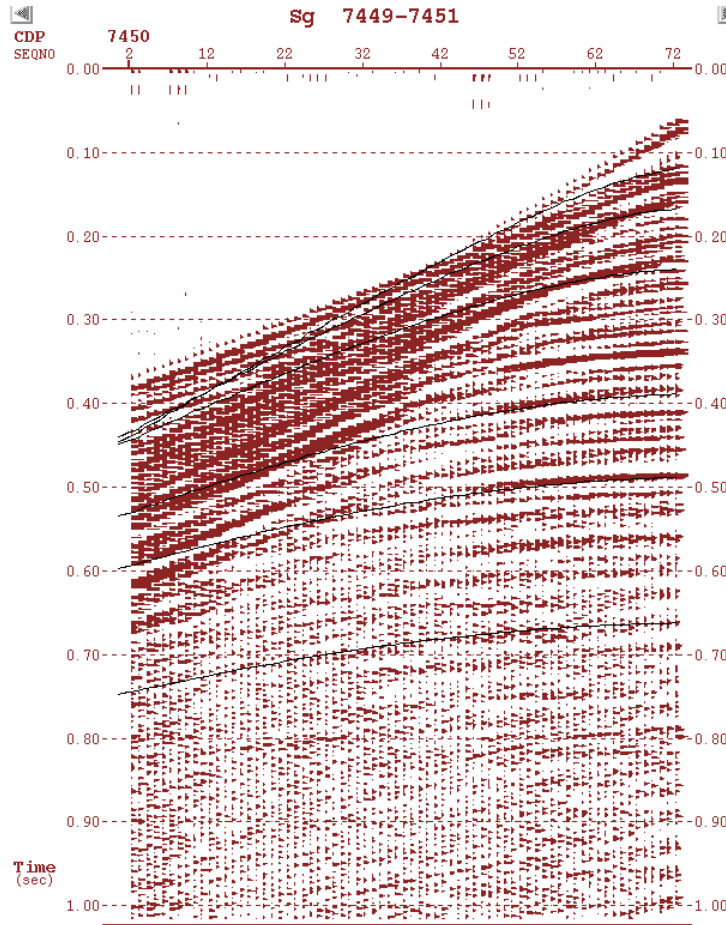


**Şekil 3.11** : MCSX03 hattında bulunan 250.-350. Ortak orta nokta toplulukları arasında kalan bölge için hazırlanmış sabit hız yığıma panelleri.

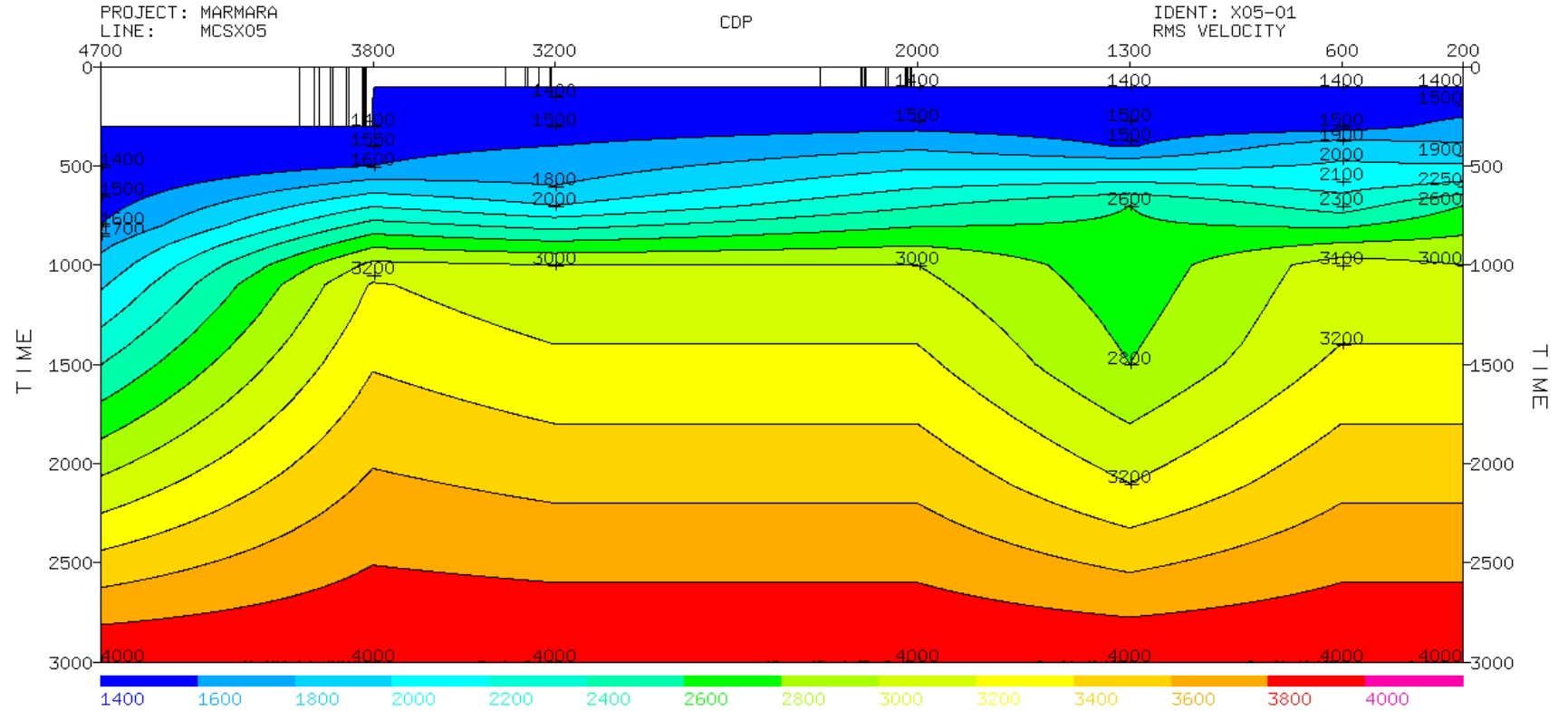


**Şekil 3.12 :** (a) Ortak orta nokta süper topluluğu. (b) Hız spektrumu. Kalın çizgi, en yüksek ilişki katsayılarından geçen fonksiyon olup NMO hızına karşılık gelmektedir.

Bu çalışmada hız spektrumu yardımı ile hız analizi işlemi yaparken ortak orta nokta süper topluluğundan (CDP Supergather) faydalanılmıştır. Bir supergather oluşturulurken Fresnel bölgesi genişliği ve CMP topluluğu aralıkları dikkate alınır. Bu çalışmada Fresnel bölgesi genişliği, 22,6 metre, CMP topluluğu aralığı 3,125 metre olduğundan en fazla 7 adet CMP topluluğu birleştirilerek bir supergather uygulaması yapılabilir. Bu çalışmada 3 adet CMP topluluğu seçilmiştir. Fresnel bölgesinin içinde kalacak şekilde seçilen bir grup ortak orta noktası topluluğunda bulunan izler, offset uzaklıklarına göre sıralanıp bir süper topluluk oluşturulmuştur (Şekil 3.13). Bu işlem sayesinde yansıma hiperbollerinin seçilmesi ve bu doğrultuda, hız analizinin daha etkili bir biçimde yapılması olanaklı hale gelmiştir. Sismik hat boyunca belirli aralıklar ile yinelenen sismik hız analizi ile birçok noktada derinliğe bağlı NMO hızları elde edilmiş ve bunların birleştirilmesi ile Şekil 3.14'de görülen yığıma hızı kesiti elde edilmiştir. Bu hız kesitleri tüm sismik hatlar için ayrı ayrı oluşturulmuştur.



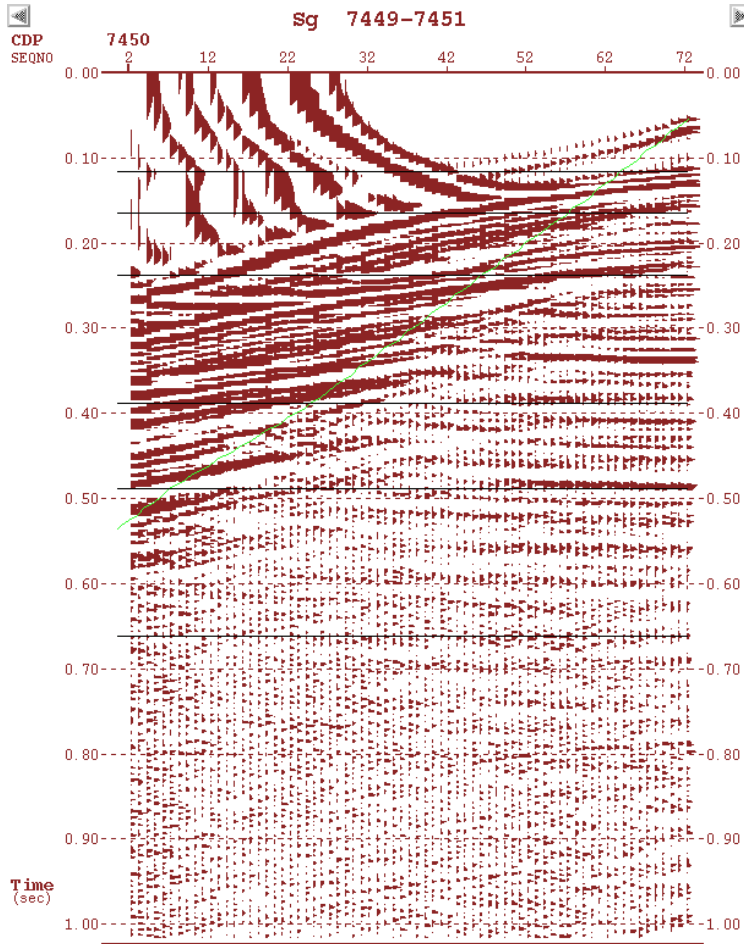
Şekil 3.13 : Ortak orta nokta süper topluluğu.



Şekil 3.14 : MCSX05 hattına ait hız profili.

### 3.2.7 Dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi

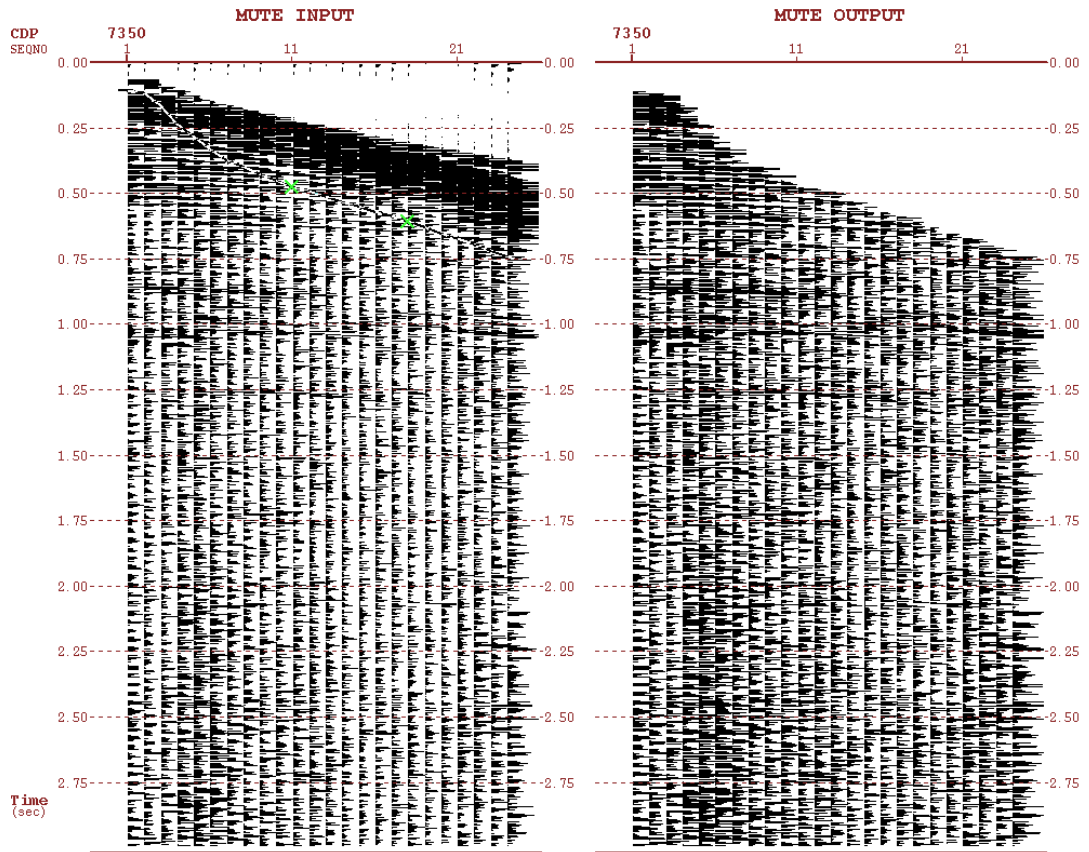
Hız analizi sonucunda elde edilen hız bilgisi kullanılarak verilere dik yola kaydırma düzeltmesi uygulanır. Bu işlem sonucunda bir ortak orta nokta topluluğunda bulunan tüm izlerdeki yansıma sinyallerinin varış zamanları eşit hale gelir ve ortak orta nokta topluluklarında bulunan yansıma hiperbollerini doğrusal hale gelir. Dik yola kaydırma düzeltmesinde, pratikte dik yola kaydırma hızlarına eşit olan ve hız analizinde elde edilen yığılma hızları kullanılır. NMO düzeltmesinde kullanılan hızların, yansıma sinyallerine ait olan hızlardan farklı olması durumunda yansıma hiperbollerini tam yatay hale gelmezler. Yığılma işlemi sonrası elde edilecek olan sismik kesitlerin sinyal/gürültü oranının yüksek olması birinci derecede dik yola kaydırma düzeltmesinin doğruluğuyla ilişkilidir. Şekil 3.15 de dik yola kaydırma düzeltmesi uygulanmış bir ortak orta nokta süper topluluğu görülmektedir.



Şekil 3.15 : Dik yola kaydırma düzeltmesi uygulanmış bir ortak orta nokta süper topluluğu.

### 3.2.8 Gerilme etkisi (Stretching) ve kesip atma (Muting)

Şekil 3.12 de görülen düzeltilmiş CMP topluluğu verisinde büyük ofsetler ve küçük yansıma zamanlarında bulunan sinyaller gerilme etkisi nedeniyle önemli ölçüde bozulmaya uğrarlar. Bu sinyallerin yığma işlemi esnasında S/G oranında bir azalmaya neden olmaması için veriden kesilerek atılması gerekmektedir. Bu işleme mute işlemi denir. Bu çalışmada sismik CMP topluluğu verilerine Şekil 3.16'da görüldüğü gibi mute işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3.16 : Mute işlemi uygulanmış bir ortak orta nokta süper topluluğu.

### 3.3 Yığma

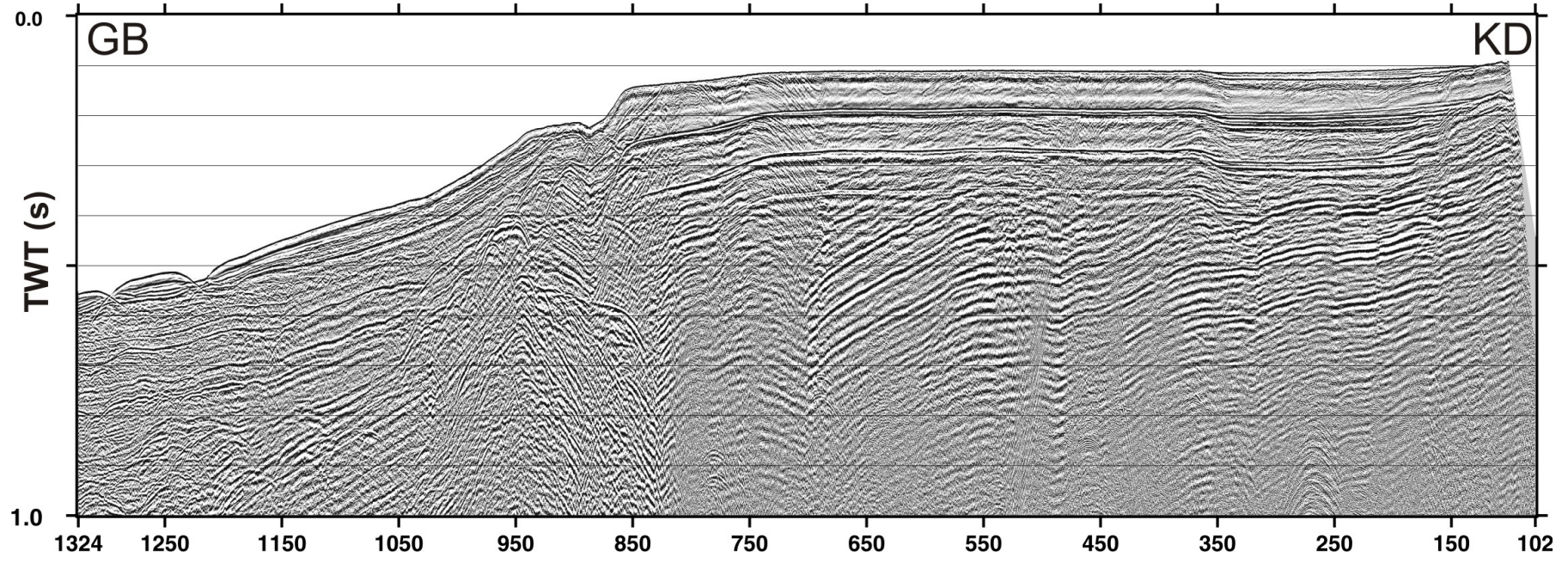
Dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi uygulanmış ortak orta nokta (CMP) topluluklarında bulunan tüm izlerin toplanması işlemidir. Bu işlem sonucunda toplanan tüm izlerdeki sinyaller süperpozisyon ilkesi doğrultusunda kuvvetlenir, rasgele gürültüler birbirini sönmeler ve verilerin sinyal/gürültü oranı artar. Katlanma sayısı 24 olan ortak orta nokta topluluklarının yığma işleminden sonra kalitesi

$\sqrt{\text{Katl.Say.}}$  kat kadar artmıştır. Bazı durumlarda ortak orta nokta topluluğundaki yakın izler kullanılarak yığma işlemi yapılabilir. Doğal gaz, gaz hidrat, kömür gazı araştırmalarında, yansıma sinyal genliklerinin offset ile değişimini gözlemek amacıyla yakın offset ve uzak offset yığma kesitleri hazırlanabilir. Yakın offset ve uzak offset yığma kesitlerindeki genlik farklılıklarından faydalanarak yer altındaki gaza doygun katmanlar tespit edilebilir. Bu çalışma, yer altının tektonik olarak incelenmesini gerektirdiğinden tam katlanma yığma kesitleri hazırlanmıştır. Yorumlamaya yardımcı olması için yakın offset (ilk 9 iz) yığma kesitleri de hazırlanmıştır. İlk 9 izi içeren yakın offset yığma kesitlerinin kalitesi yaklaşık olarak 3 kat artmıştır. Tam katlanma yığma kesitlerinin kalitesi ise yaklaşık olarak 5 kat artmıştır. Yığma işleminden sonra yeraltını gösteren ilk sismik kesit elde edilir. Şekil 3.17'de MCSX05 hattına ait yığma kesiti görülmektedir.

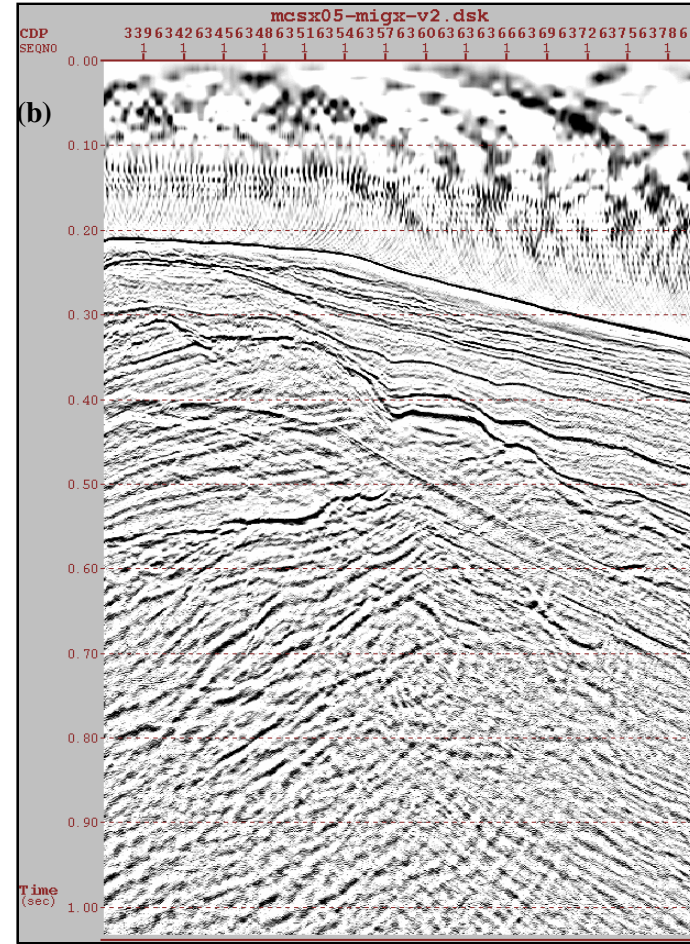
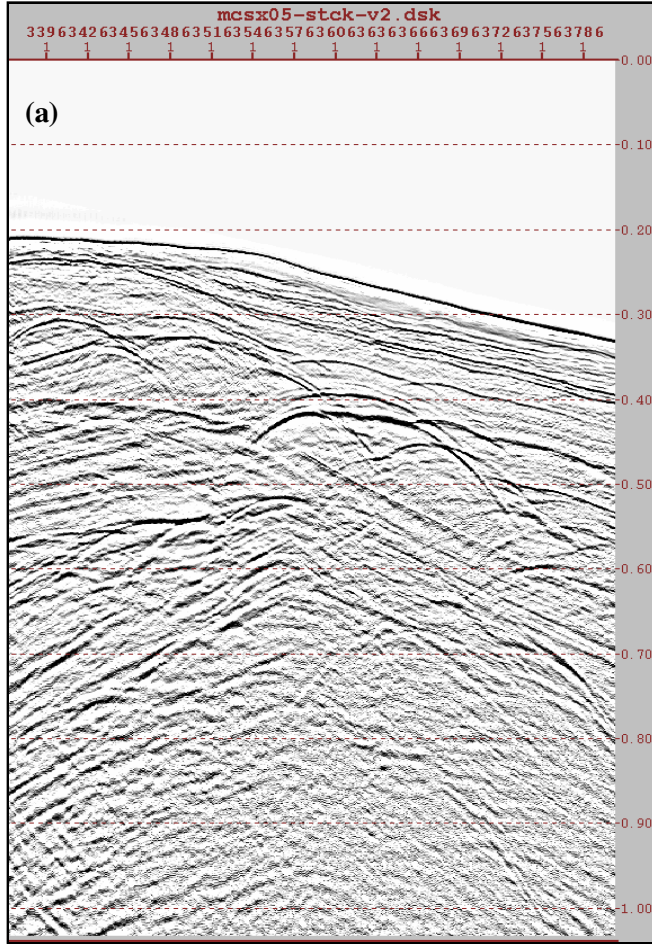
### **3.4 Göç (Migration)**

Yer altında eğimli tabakalar, yatay süreksizlikler gibi yapılardan yansıyarak gelen sinyaller, yığma kesitlerinde gerçekte oldukları noktalarda görünmezler. Göç işlemi, yansıma sinyallerini gerçek yerlerine taşıma işlemidir. Göç işlemi farklı yöntemlerle yapılabilir. Bu çalışmada, zaman ortamı sonlu farklar yöntemi göç işlemi uygulanmıştır. Sonlu farklar yönteminde aşağı uzanım yöntemiyle yansıtıcı yüzeye yaklaştırma yapılır. Kademeli olarak alıcılar yansıtıcı yüzeye yaklaştırılır. Alıcılar yansıtıcı yüzeyin üzerine geldiğinde hiperbol eğrisi üzerindeki varış zamanlarından en erkeni kaydedilecektir. Böylece hiperbol tepe noktasına toplanmış olur. Bunun sonucunda ise elde edilen göç kesitidir (Clearbout, 1985). Şekil 3.18.a'da MCSX05 hattının bir bölümüne ait yığma kesiti görülmektedir. Şekil 3.18.b'de aynı bölümün göç işlemi sonrasındaki kesiti görülmektedir. Göç işlemi; eğimli yansıtıcıları eğim yukarı taşır, boylarını kısaltır ve eğimlerini arttırır. İlave olarak sismik göç işlemi uygulanmış sismik verilerin yatay çözünürlüğü ve S/G oranı artar.





Şekil 3.17 : MCSX05 hattına ait yığma kesiti.



Şekil 3.18 : (a) MCSX05 hattına ait yığma kesiti. (b) Aynı hattın göç kesiti.

### 3.5 Tekrarlı Yansıma Problemi Ve Verilerden Ayıklanması

İki kuvvetli yansıtıcı yüzey arasında yer alan ve sönümü az olan bir ortam, tekrarlayan sinyallerin oluşmasına neden olur. Bu tip ortama enerji kapanı ismi verilir. Deniz sismiği uygulamalarında su-hava ara yüzeyi ile su-deniz tabanı ara yüzeyi kuvvetli birer yansıtıcı ara yüzeylerdir. Homojen bir ortam olan su tabakası bir enerji kapanı meydana getirecek ve kapanda üretilen enerji, sözü geçen iki arayüzey arasında, zaman aralığı su tabakası çift-yol alış zamanına eşit bir dizi yansıma yapacaktır. Tekrarlayan sinyallerin genliklerinde ve polaritelerinde görülen değişme sözü geçen iki ara yüzeyin yansıma katsayılarına bağlıdır. Sonuçta, su tabanı altında yer alan ara yüzeylerden gelen gerçek sinyaller, tekrarlayan sinyaller nedeniyle örtülecek veya bozulacaktır. Benzeri olay kara çalışmalarında belirli bir derinlikte yer alan enerji kapanı için de söz konusudur, (Backus, 1959).

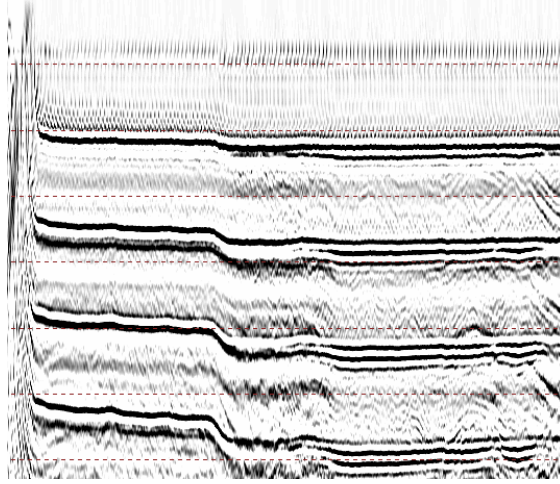
Deniz sismiği çalışmalarında su-hava arayüzeyi düzdür ve yansıma katsayısı -1'e yakın olan bir kuvvetli yansıtıcıdır. Aynı şekilde su-deniz tabanı ara yüzeyi de kuvvetli bir yansıtıcıdır. Bu iki kuvvetli ara yüzeyin oluşturduğu enerji kapanı, açığa çıkarılan enerjinin su tabakası içerisinde sürekli tekrarlanmasına neden olacaktır. Sismik kaynaktan çıkan basınç dalgacığı, ortamın bir enerji kapanı olması nedeniyle su tabakası içinde tekrarlayan sinyalleri meydana getirir. Sinyalin şekli, su tabakasının kalınlığına ve enerji kapanı içinde yer alan alıcının pozisyonuna bağlıdır. Basınç dalgacığı ayrıca deniz tabanı altında yer alan ara yüzeylerden de yansıtılır ve alıcıya ulaşır. Doğrusal sistem şartlarında  $\delta(t)$  impulsif girişi için  $S(t)$  çıkışı elde edilir.  $S(t)$  (3.3) bağıntısı ile verilir.

$$S(t) = \delta(t) - \delta(t - T_a) + R_1 \delta(t - T_s - T_a) + R_1^2 \delta(t - 2T_s) - R_1^2 \delta(t - 2T_s - T_a) \dots \quad (3.3)$$

Burada,  $T_s$  su yüzeyi ile su tabanı arasındaki çift-yol gidiş geliş zamanı,  $T_a$  su yüzeyi ile alıcı arasındaki çift-yol gidiş geliş zamanı,  $R_1$  su-deniz tabanı arayüzeyinin yansıma katsayısıdır. Tekrarlı yansımaların verilerden ayıklanması için kullanılan çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanı, tekrarlı yansıma sinyallerini içeren sismik izlerden elde edilen ön kestirme hata filtresi ile tekrarlı yansımaların sismik izlerden arındırılması işlemidir (Peacock ve Treitel, 1969).

Çalışma alanının deniz tabanı derinliğini değişken olduğundan, ön kestirimli ters evrişim yöntemi bu çalışmada başarılı sonuçlar vermemiştir.

Bu çalışmada tekrarlı yansımaların veriden ayıklanması için frekans-dalga sayısı ortamı süzgeçleme tekniği kullanılmıştır. Çalışma alanının ortalama deniz tabanı derinliği 75m derinliğe sahiptir. Bu nedenle deniz tabanı tekrarlı yansımaları oldukça yüksek genliklere sahiptir, (Şekil 3.19).



**Şekil 3.19** : Kuvvetli tekrarlı yansımalar.

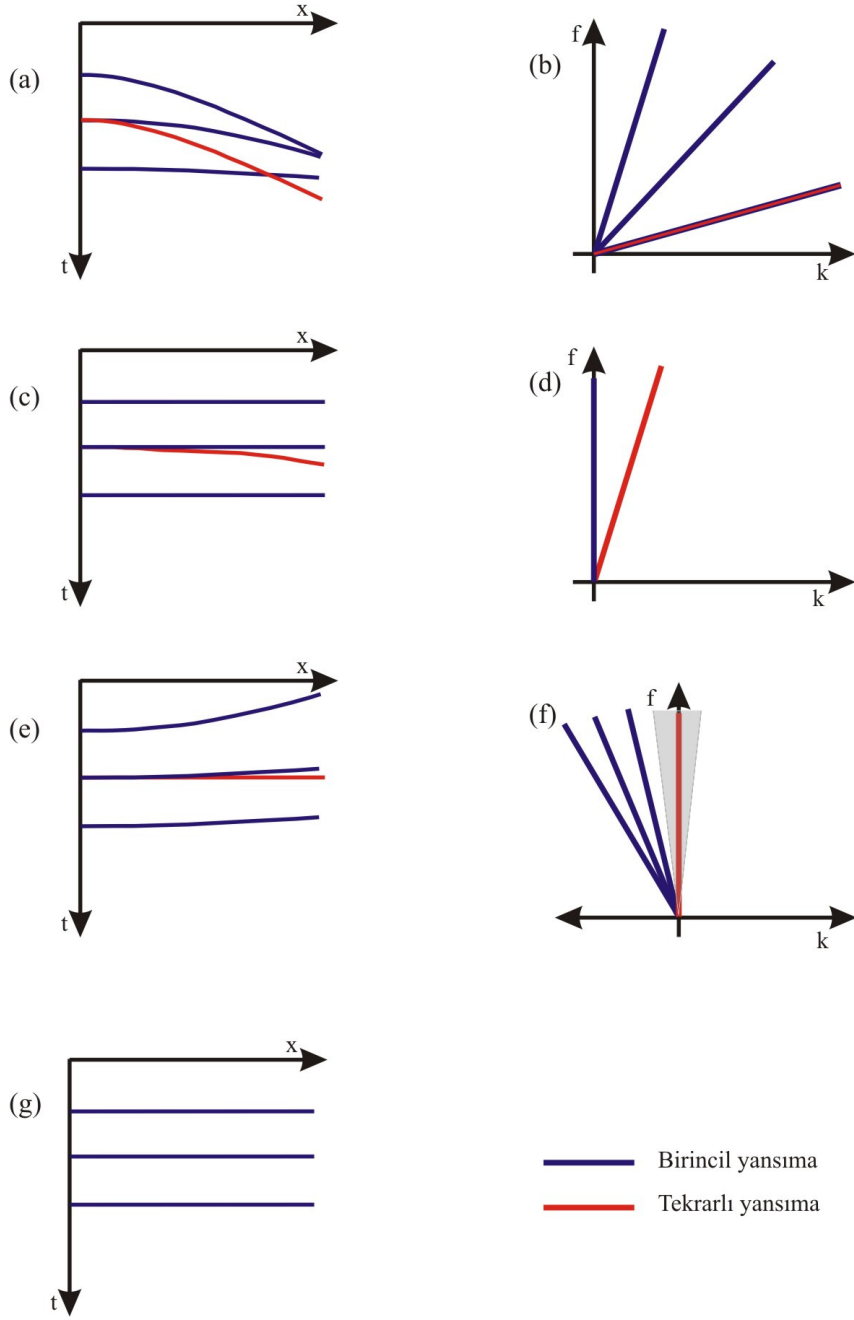
Tekrarlı yansımalara ait sinyaller, sismik kesitlerde görüldükleri derinliklerdeki birincil yansıma sinyallerinden daha düşük hızlara sahiptirler. Bu farklılık, dik yola kaydırma (NMO) düzeltmesi yapılmadan önceki ortak orta nokta topluluklarındaki yansıma hiperbollerinde de kendini gösterir. Deniz tabanından derinlere doğru gidildikçe, kayaç hızlarının artması sebebiyle, yer altındaki tabakalardan yansıyarak gelen sinyaller, ortak orta nokta topluluklarında daha düşük eğimli hiperboller oluşturan sinyal dizileri şeklinde gözlemlenir. Derinlere doğru azalan yansıma hiperbollerinin eğimlerinin aksine, aynı yansıma zamanlarında gözlemlenen tekrarlı yansımalara ait yansıma hiperbollerini, tekrar ettikleri birincil yansımanın hızına eşit oldukları için meydana getirdikleri yansıma hiperbollerinin eğimleri de birincil yansıma hiperbollerinin eğimleriyle aynıdır. Aynı yansıma zamanlarında gözlemlenen birincil ve tekrarlı yansımalara ait sinyallerinin oluşturduğu yansıma hiperbollerini, eğim farklılıklarından faydalanılarak ayrımlanabilirler. Frekans–dalga sayısı düzlemi, ortak orta nokta topluluklarında bulunan, farklı eğimlere sahip olan yansıma hiperbollerinin birbirinden ayrımlanabildiği bir düzlemdir.

Bir sismik dalga alanı, zamanın bir fonksiyonu olduğu gibi, uzayın da bir fonksiyonudur. Zaman değişkeninin Fourier dönüşümü birim zamandaki döngü olan “zamansal frekans” olarak adlandırılır. Bir sinüs dalgasının zamansal frekansı, o sinüs dalgasında birim zamanda bulunan tepe (peak) noktalarının sayısıdır. Uzay değişkeninin Fourier dönüşümü ise, birim uzaklıktaki döngü veya dalga sayısı olarak adlandırılır (uzamsal frekans). Eğimli bir olayın dalga sayısı, birim uzaklıktaki tepe (peak) noktalarının sayısına eşittir. Frekans–dalga sayısı düzlemi, ortak orta nokta topluluklarında üst üste binmiş olarak (superpose) bulunan, farklı eğimlere sahip yansıma hiperbollerinin birbirinden ayrılmış olarak bulunduğu bir düzlemdir.

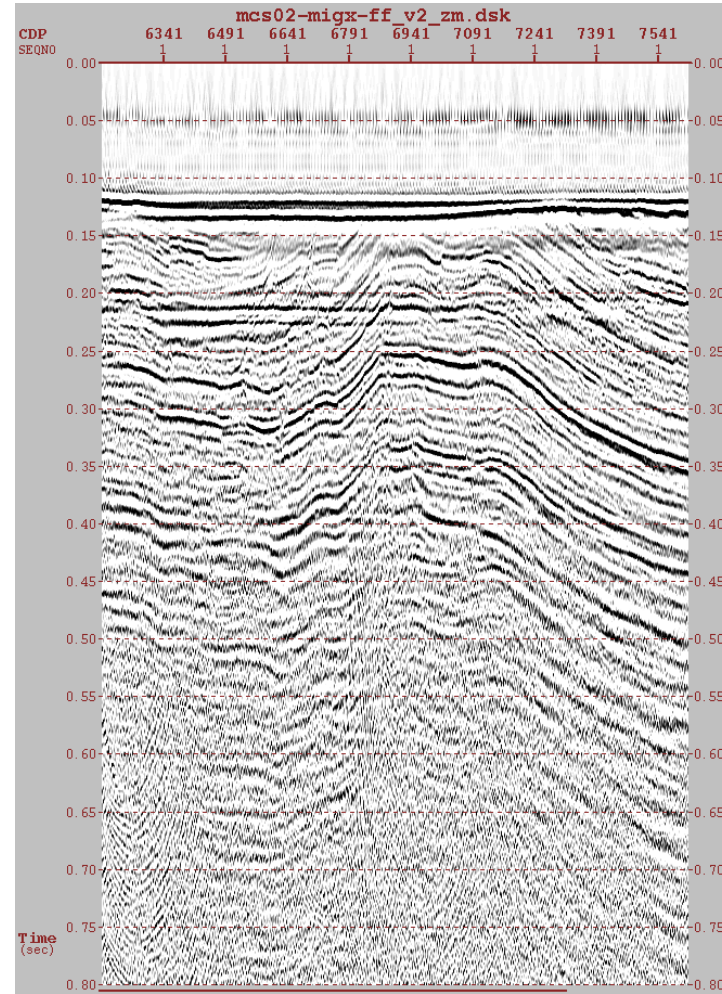
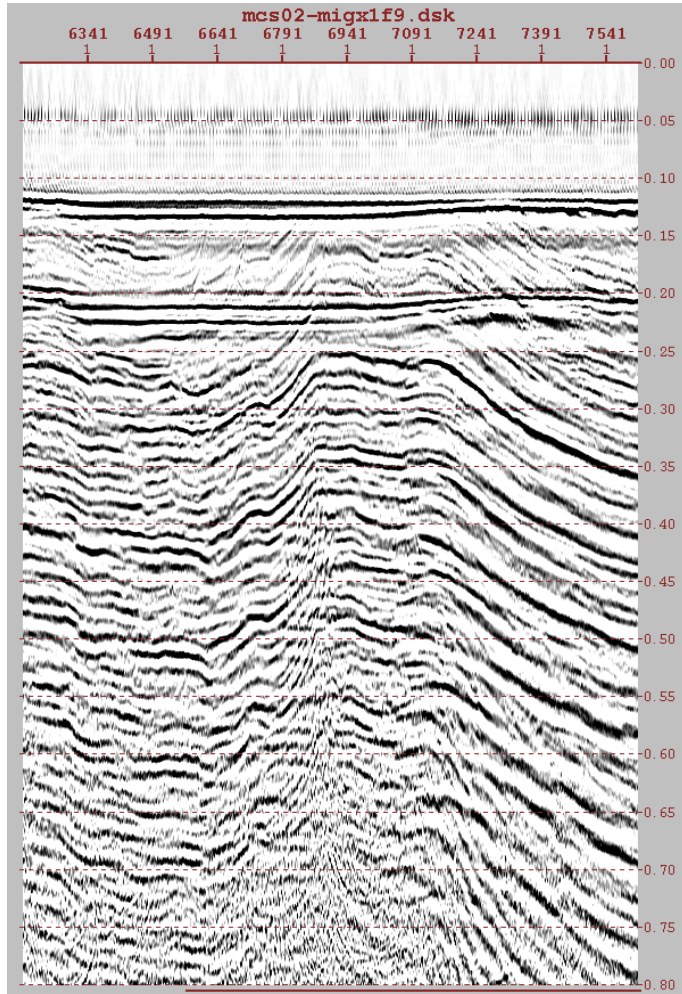
Frekans–dalga sayısı düzleminde yapılacak olan süzgeçleme işlemi, ortak orta nokta topluluklarına uygulanabilir. Dik yola kaydırma düzeltmesi yapılmış ortak orta nokta topluluklarındaki birincil yansıma sinyalleri yatay biçimde gözlemlenirken, tekrarlı yansımalar, eğimleri azalmış olsa da halen hiperboller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.20.c). Bunun sebebi, tekrarlı yansımaların tekrar ettikleri tabaka kayaç hızlarının, aynı derinlikteki kayaç hızlarından daha düşük hızlara sahip olmalarıdır. Dik yola kaydırma düzeltmesi yapılmış olan ortak orta nokta topluluklarına ikincil bir dik yola kaydırma düzeltmesi uygulanarak (overcorrection) tekrarlı yansımalar yatay hale getirilir. Bu işlem, birincil yansımaların yeniden tersine hiperboller şeklinde temsil edilmesini sağlar (şekil 3.20.e). Yatay hale gelmiş tekrarlı yansımalar, frekans – dalga sayısı ortamında birincil yansılardan ayrımlanabilmiş hale gelmiştir (Şekil 3.20.g).

Zaman-Uzaklık Düzlemi

Frekans-Dalga sayısı Düzlemi



**Şekil 3.20 :** (a) Zaman ortamı NMO düzeltmesi yapılmamış CDP topluluğu. (b) f-k ortamı NMO düzeltmesi yapılmamış CDP topluluğu. (c) Zaman ortamı NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (d) f-k ortamı NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (e) Zaman ortamı ikincil NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (f) f-k ortamı ikincil NMO düzeltmesi yapılmış CDP topluluğu. (g) Zaman ortamı süzgeçlenmiş CDP topluluğu.



Şekil 3.21 : f-k süzgeleme'nin tekrarlı yansımaların giderilmesi üzerine etkisi.





#### **4. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ**

Çok kanallı sismik yanıt kesitlerinin doğru yorumlanabilmesi, çalışma alanının yer özelliklerinin iyi bilinmesini gerektirmektedir. Bu bölümde, çalışma alanının bölgenin genel tektonik özelliklerinden bahsedilecektir.

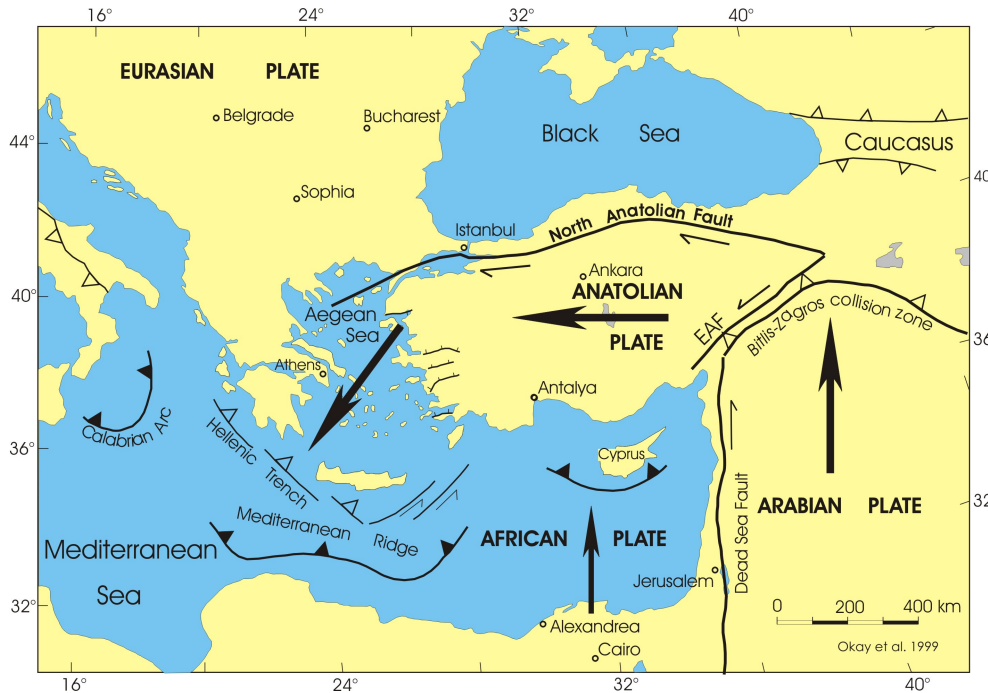
##### **4.1 Bölgenin Genel Tektonik Özelliklerinin Tanıtılması**

Neotektonik, herhangi bir bölgede meydana gelmiş olan son tektonik rejim değişikliğinden günümüze kadar geçmiş olan zaman içerisindeki tektonizmanın tümüne denir. Bu tanıma göre Türkiye'deki neotektonik devre, Bitlis kenet kuşağı boyunca Anadolu-Arap kıtası çarpışması ile başlamıştır. Miyosen yaşlı bu çarpışma ile birlikte, normal kalınlıktaki litosfer, okyanusal litosfer gibi rahatlıkla dalamayacağından, Arap kıtası-Avrasya yakınlaşması Türk-İran platosu sınırları içerisinde kıta kabuğunun yamulması ile karşılaşmaya başlamıştır. Çarpışma cephesinin arkasındaki kıta kabuğu yaklaşmayı kısalıp kalınlaşarak (kıvrım ve bindirme tektoniği) karşılaşmış, ancak gittikçe artan kabuk kalınlığı ve buna paralel olarak yükselen litostatik basınç bu tür yamulmayı giderek güçleştirmiştir. Sonunda, orta ve batı Anadolu'yu kapsayan bir Anadolu levhası, meydana gelen Kuzey ve Doğu Anadolu Transform fayları boyunca doğu Anadolu sıkışma bölgesinden batıya, kolaylıkla dalabilen doğu Akdeniz litosferinin üzerinde itilmeye başlamıştır. Böylece, Türkiye'nin neotektoniği; batıda Ege graben sistemi, ortada ova rejimi ve doğuda da doğu Anadolu sıkışma rejimi olmak üzere üç ana tektonik bölgeye bölünebilir (Şengör, 1980). Çalışma bölgesindeki tektonik rejimin en önemli unsuru olan Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Bingöl Karlıova'dan başlayarak batıda Marmara Denizi'ne uzanan yaklaşık 1500 km uzunluğunda ve sağ yanal atımlı bir faydır (Şekil 4.1). Kuzey Anadolu Fayının, Marmara bölgesinde bulunan batı kısmı fayın genel karakterinin aksine daha karmaşık hale gelir.

Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi içerisinde kalan aktif Marmara Fayı ile şu anda aktif olmayan Batı Karadeniz Fayı'nın bulunduğu yerdedir (Şekil 4.2) (Okay ve diğ., 1994). Batı Karadeniz Fayı, orta Eosen'de, Sakarya Kıtası

ile çarpışan İstanbul zonunun güneye doğru hareketini olanaklı kılmaktadır (Okay ve diğ., 1994; Görür, 1998). Kuzey Anadolu Fayı Geç Miyosen-Erken Pliyosen'den beri aktiftir (Ketin, 1969; Barka ve Hancock, 1985). Batı Karadeniz Fayı'nın aktivitesi, iki bloğun orta Eosen'de çarpışmasıyla bitmiştir. Buna karşın, sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu fayının yanındaki bu süreksizlik, levha sınırı deformasyonları şeklinde kendini göstermektedir.

Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi içerisinde kalan bölümü hakkında farklı görüşler mevcuttur. Deniz tabanı topografyası ve sismik araştırmalar 1980'lerin sonunda başlamıştır. Mevcut kapsamlı deniz sismiği verilerine karşın, deniz tabanını kesen fay geometrisi hakkında görüş ayrılıkları vardır (Barka & Kadinsky-Cade 1988; Barka, 1992; Ergün & Özel, 1995; Wong vd., 1995; Okay ve diğ., 1999, 2000; Parke ve diğ., 1999; Le Pichon ve diğ., 1999, 2001; Armijo ve diğ., 1999; Armijo, 2000; Aksu ve diğ., 2000; İmren ve diğ., 2001; Rangin ve diğ., 2001; Yaltırak, 2002; Demirbağ ve diğ. 2003; Le Pichon ve diğ., 2003). Tüm bu çalışmalar fay geometrisi görüşlerine göre iki ana grupta sınıflanabilir. Bunlardan birincisi; kuzay Marmara'daki aktif sınır faylarını çek-ayır havza modelleriyle açıklar (Barka & Kadinsky-Cade 1988; Barka, 1992; Armijo ve diğ., 1999; Armijo, 2000). İkinci model ise, Marmara Denizi boyunca tek ve devamlı bir fay sistemidir (Le Pichon ve diğ., 1999,2001; İmren ve diğ., 2001).



**Şekil 4.1 :** Anadolu levhası ve genel tektoniği (Okay ve diğ., 1999).

#### **4.1.1 Çek-ayır havza modeli**

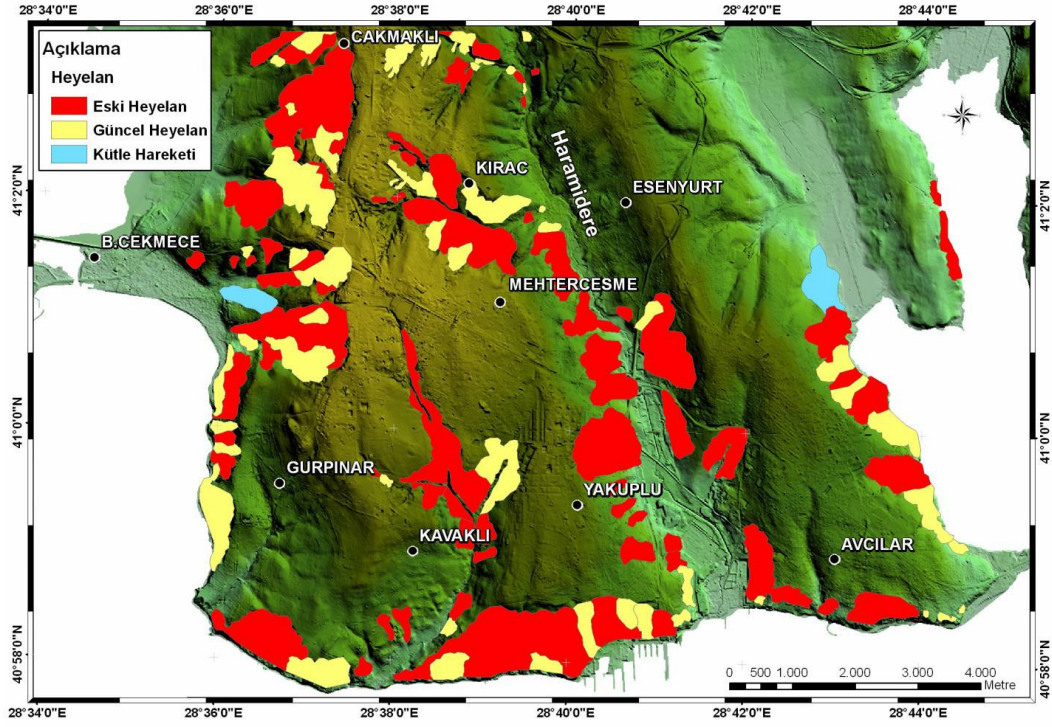
Bu model kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı aşamalı (en-echelon) fay sistemleri tarafından oluşturulan bir çek-ayır havza modelini öngörmekte ve mevcut basenler ile sırtların oluşumu bu fay sistemiyle ilişkilendirilmektedir (Barka & Kadinsky-Cade, 1988). Daha sonra yapılan yüzey sismiği çalışmalarının ardından bu model üç ana baseni açıklayacak şekilde geliştirilmiş ve sıkışmalı-gerilmeli rombohedral şekilli bir blok modeli geliştirilmiştir (Wong ve diğ., 1995).

#### **4.1.2 Tek fay modeli**

Daha önce oluşmuş yapısal unsurları, basen ve sırtları kesen tek ana fay kolunu öneren bir modeldir. Fayın bugünkü hareketinin Marmara'da deniz tabanında görülen karmaşık morfolojik yapıları oluşturamayacağı, tamamen farklı bir mekanizma altında oluşan bu yapıların günümüzde bir ana fay kolu tarafından kesilmiş olduğu belirtilir. 17 Ağustos 1999 depreminin ardından yapılan çalışmalarda, derinlerde yer alan ana fay kolu ve bunun sorumlu olduğu yüzey deformasyonunu içeren model önerilmiştir (İmren ve diğ., 2001; Le Pichon ve diğ., 1999, 2001; Demirbağ ve diğ., 2003).

#### **4.2 Kütle Hareketleri**

Ayrışma ile oluşmuş malzemenin veya kütlelerin yerçekiminin etkisiyle yamaçlardan aşağıya doğru yavaş veya hızlı bir şekilde kütleli olarak yer değiştirme olayına kütle hareketi denir. Yamaç dengesinin bozulması kütle hareketlerinin oluşumunun en önemli nedenidir. Yamaç malzemelerinin türü, malzemenin su içeriği, yamaç eğimi, kütle hareketlerini başlatan başlıca unsurlardır. Çalışma alanında meydana gelen heyelanların bulunduğu harita Şekil 4.2'de görülmektedir. Bu tez kapsamında, bölgedeki heyelanlara sebep olabileceği düşünülen fayların deniz içindeki olası uzantıları araştırılmıştır.

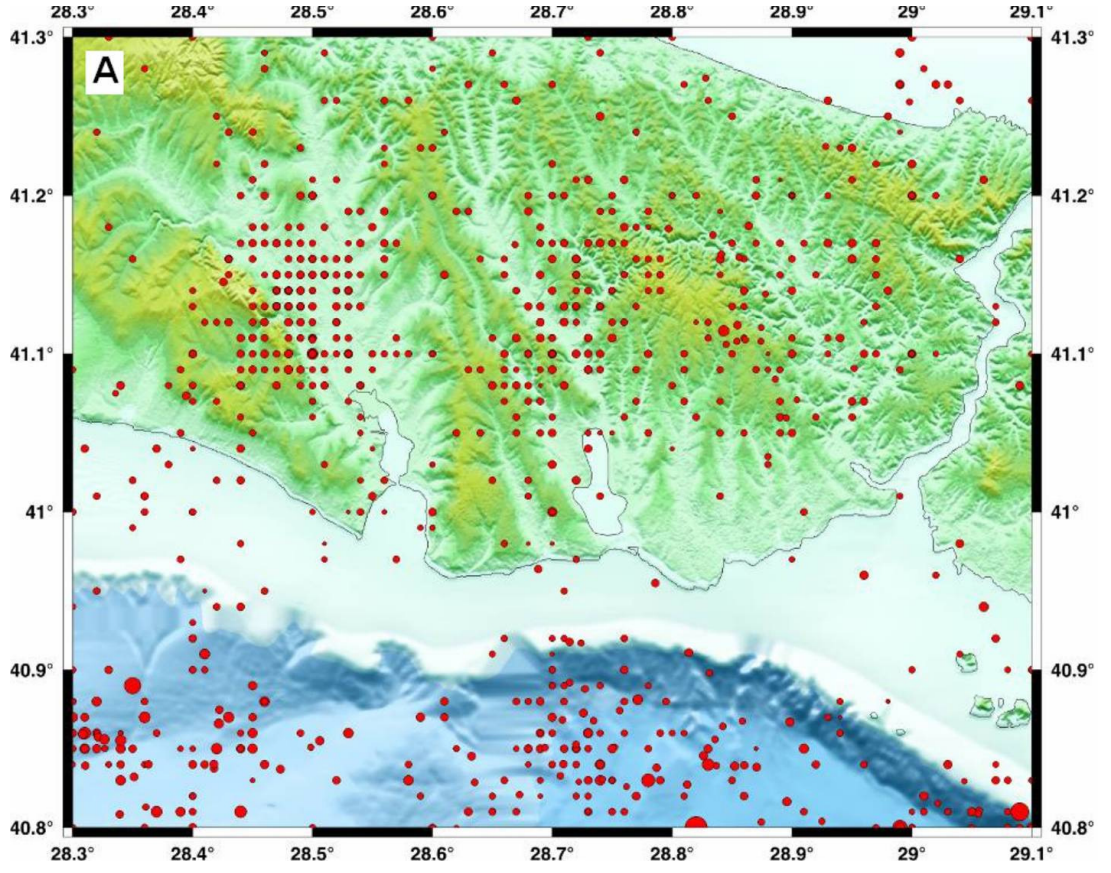


**Şekil 4.2 :** Çalışma alanında meydana gelen heyelanlar. (İBB Avrupa Yakası Mikro Bölgeleendirme Çalışması'ndan alınmıştır)

### 4.3 Depremsellik

Uzun dönem deprem aktivitesini içeren Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü deprem kataloğu temel alınarak, Silivri-Sarayburnu arasını çevreleyen alana ait aletsel dönem sismik etkinliği haritasına bakıldığında belirgin depremsellik sıralanmaları ve kümelenmeleri gözlenmektedir (Şekil 4.3). Bilindiği gibi, aktif fayların doğrudan belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden biri, aktivitesi araştırılan faya ait mikro deprem etkinliklerini kaydetmek ve değerlendirmektir. Bir çok araştırmacı bu bölgedeki deprem etkinliğini fayların aktivesi ile ilişkilendiren çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bununla birlikte bölgede bir çok güçlü patlatmalar yapan taş ocakları da mevcuttur ve KRDAE kataloğu bu taş ocağı gibi yapay patlatmaları sanki bir depremiş gibi içermektedir (KRDAE kataloğunun bulunduğu [www.koeri.boun.edu.tr](http://www.koeri.boun.edu.tr) adresinde bu bilgi açık olarak verilmiştir). Kırmızı noktalarla gösterilen deprem lokasyonlarının gözle görülebilecek şekilde yatay ve düşey çizgisel dizilimi, KRDAE tarafından lokasyonların ondalıklı kısmının 2 basamak verilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle deprem lokasyonları minimum 1 km aralıklarla harita üzerine konulabilmektedir. KRDAE kataloğunda yer alan depremlerin oluş zamanları ve dalga biçimi analizleri sonucu temel olarak taş ocağı patlatmalarından

oluştukları görülmektedir. Bununla birlikte, Haramidere-Küçükçekmece açıklarında önemli bir sismik aktivitenin olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.3 : Çalışma alanının depremselliği.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez kapsamında Marmara Denizi kuzey şelfinde toplanmış çok kanallı sismik yansıma verileri işlenmiş ve tüm hatlara ait sismik yansıma final kesitleri hazırlanmıştır. Tez kapsamında kullanılan çok kanallı sismik yansıma verileri, bölgede (şelf üzerinde) bugüne kadar toplanmış ilk çok kanallı veri grubudur. Bu bölümde, çalışmanın sismik veri işlem ile ilgili sonuçlarının yanı sıra, veri işlem sonucunda elde edilen sismik kesitlerde gözlemlenen anomalilerden örnekler sunulacaktır. Elde edilen sismik yansıma kesitlerindeki düşey abartma yaklaşık 5,5 kattır.

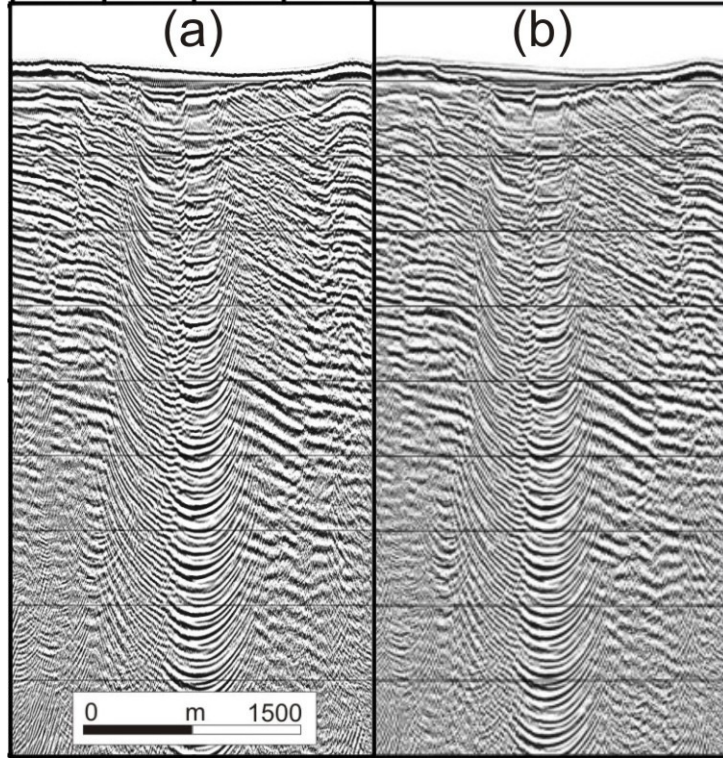
Hız spektrumu yardımı ile hızların belirlenmesi işleminde kullanılan supergather topluluğu hızların daha doğru seçilmesine imkan sağlamıştır. Ortak orta nokta süper topluluğu oluşturulurken dikkat edilmesi gereken nokta, topluluğu oluşturan ortak orta nokta topluluklarının Fresnel zonu içerisinde bulunmasıdır. Böylelikle ortak orta nokta topluluğunda 24 iz ile izlenebilen yansıma hiperbollerini, ortak orta nokta süper topluluğunda 72 iz ile izlenmiştir. Bu yöntem, katlanma sayısının, yansıma hiperbollerini izlemek için yetersiz kaldığı durumlarda oldukça etkili bir biçimde kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında, hız analizi iki farklı yöntemle uygulanarak sonuçların birbirini desteklemesi amaçlanmıştır. Uygulanan birinci yöntem, sabit hız yığma panelleri oluşturarak hızların belirlenmesi yöntemidir. Uygulanan ikinci yöntem ise, hız spektrumu yardımı ile hızların belirlenmesi yöntemidir. Tekrarlı yansımaların yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerde hızların hız spektrumu yardımı ile seçilmesi oldukça güçleşmiştir. Sabit hız yığma panellerinde karşılaşılan problem ise, oluşturulan panellerin, hızların belirlenmesinde hız spektrumuna göre daha az hassasiyete sahip olmasıdır (Şekil 5.1).

Tekrarlı yansımaların bastırılmasında kullanılan f-k süzgeçleme yöntemi, yüksek hızlı bölgelerde daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışma alanının ortalama deniz tabanı derinliğinin 75 metre olması, deniz tabanı tekrarlı yansımalarının çok güçlü ve fazla sayıda gözlemlenmesine neden olmaktadır. Sismik hızların, tekrarlı yansıma

hızlarına yakın olduğu sığ derinliklerde gözlemlenen tekrarlı yansımalar tümüyle olmasa da büyük oranda veriden süzgeçlenmiştir.

Çalışma alanında gözlemlenen en çarpıcı anomali, Büyükçekmece ile Küçükçekmece gölleri arasında kalan bölgede bulunan aşırı deforme olmuş tabaka silsilesidir. Söz konusu anomali MCS02 hattında oldukça net bir biçimde gözlemlenmektedir (Şekil 5.2). Küçükçekmece gölünün doğusu ile Büyükçekmece gölünün batısında kalan bölgelerde yatay ve yataya yakın tabakalanma gözlemlenirken, bu iki gölün arasında kalan bölgeye karşılık gelen alanda şiddetli deformasyon, yani kıvrımlanma ve faylanma mevcuttur. İki göl arasında kalan deformasyon zonu ile bu alan dışında kalan bölgeler arasında yaklaşık  $23^\circ$  eğimli tabakalar görülmektedir. Bu eğimli tabakaların görece daha sert katmanlarına ait yüzey anomalileri de sismik kesitlerde izlenmektedir.



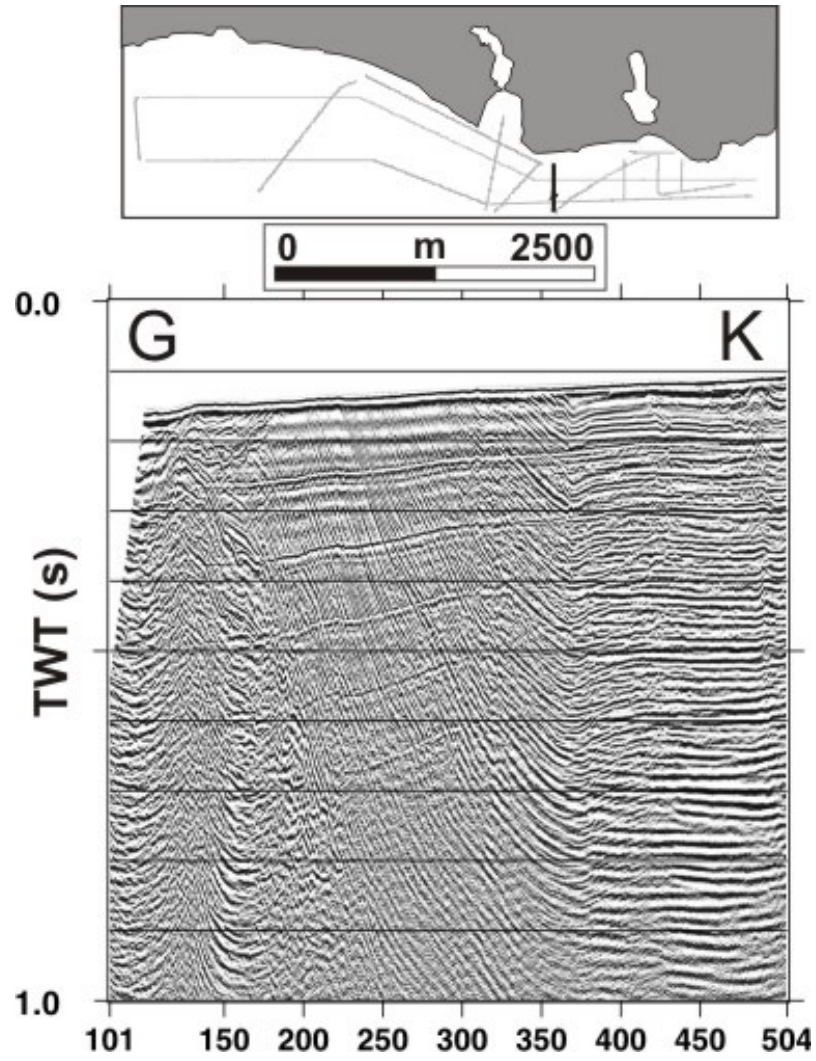
**Şekil 5.1. :** (a) Sabit hız yığıma paneli kullanılarak oluşturulmuş final kesit. (b) Hız spektrumu kullanılarak oluşturulmuş final kesit.

Avcılar ve Küçükçekmece açıklarında kıyıya dik doğrultuda uzanan MCSX02, MCSX06 ve MCSX07 hatlarında kuzeyden güneye doğru gidildikçe, kuzeybatı güneydoğu doğrultulu MCS\_EK2 hattında da güneybatı yönüne doğru gidildikçe MCS02 hattında görülen eğimli tabakalar gözlemlenmektedir. Aynı eğimli yapılar

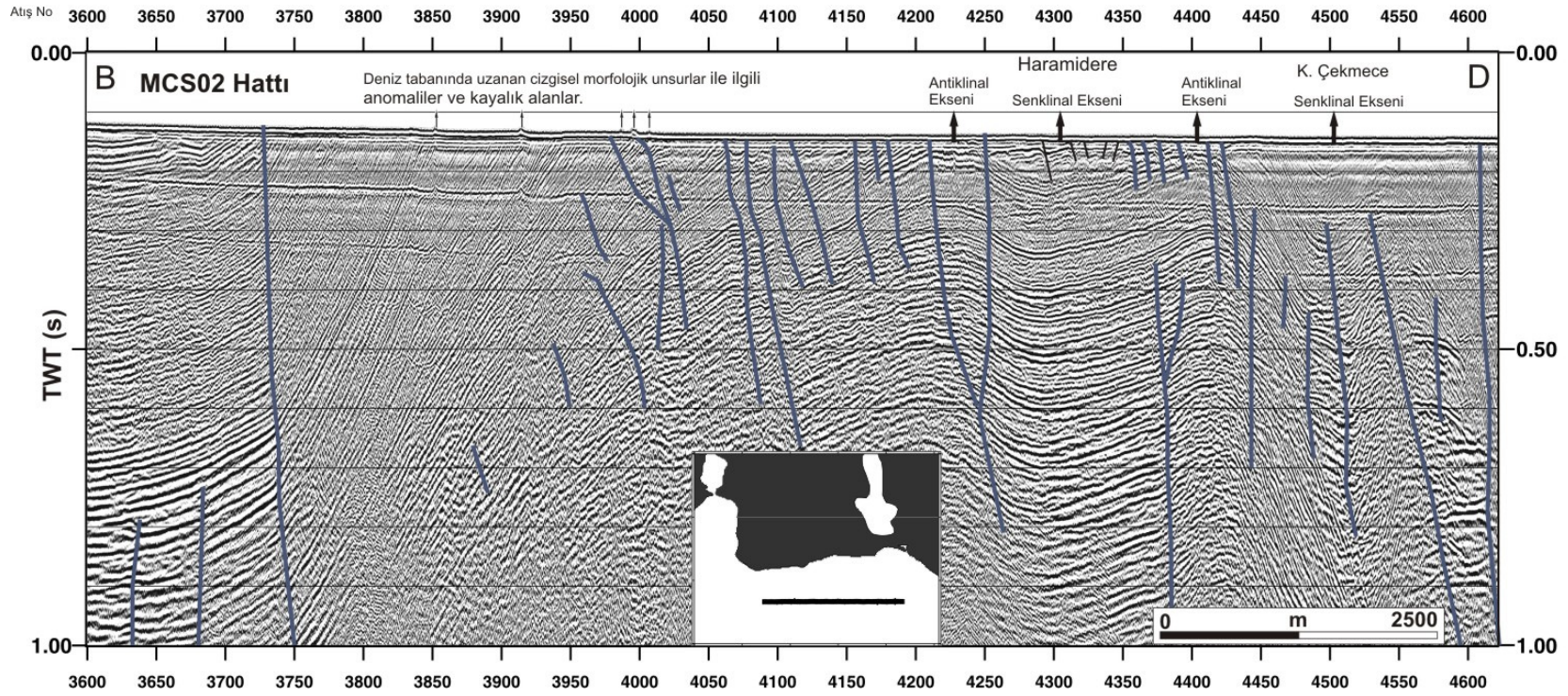


Büyükçekmece açıklarında kuzey güney doğrultulu uzanan MCSX03 hattında da görülmektedir (Şekil 5.3). Çalışma alanının aktif Kuzey Anadolu Fay zone ile aktif olmayan Batı Karadeniz fayının kesiştiği bir bölge olması sismik kesitlerde gözlemlenen anomalileri daha anlamlı hale getirir.

Batı Karadeniz Fayının batısında kalan alanda ciddi bir anomali gözlemlenmemektedir ve bu alanda yatay ve yataya yakın tabakalar bulunmaktadır.



Şekil 5.2. : MCSX03 hattına ait final kesitinde gözlemlenen eğimli tabakalar.



Şekil 5.3 : MCS02 hattına ait final kesitinden yorumlanmış bir bölüm.

## KAYNAKLAR

- Aksu, A. E., Calon, T. J., Hiscott, R. N. ve Yaşar, D.,** 2000. Anatomy of the NorthAnatolian Fault zone in the Marmara Sea, western Turkey: Extensional basins above a continental transform. *GSA Today* **10**, No: 6, 3-7.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A. ve Barka, A.,** 1999. Westward propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics. *Geology* **27**, 267-270.
- Armijo, R.,** 2000. The fault breaks of the 1999 earthquakes in Turkey and the tectonic evolution of the Sea of Marmara and the Aegean. In: N. Görür, A. Papadoloulos ve N. Okay (eds), NATO Advanced Research Seminar: Integration of earth sciences research on the 1999 Turkish and Greek earthquakes and needs for future cooperative research, TÜBİTAK, İstanbul, p.5.
- Backus, M.M.,** 1959. Water reverberations-their nature and elimination. *Geophysics*, vol.**24**, p. 233-261.
- Barka ve Hancock,** 1985. Tectonic interpretation of enigmatic Structures in the North Anatolian fault zone. *J. Struct. Geol.*, **5**, 217-220.
- Barka, A. ve Kadinsky-Cade, K.,** 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* **7**, 663-684.24.
- Barka, A.,** 1992. The North Anatolian Fault. *Annales Tectonicae* **6**, 174-195.
- Bayındır, E.,** 1997. Marmara Denizi'nde Büyükçekmece-Silivri arasında kalan bölgenin açıklarında toplanmış sığ sismik verilerin yorumlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Clearbout, J. F.,** 1985. Imaging the earth's interior, Blackwell Scientific Publications, Amsterdam.
- Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X. ve Şengör, A. M. C.,** 2003. Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data. *Tectonophysics* **361**, 1-19.
- Düşünür, D.,** 2004. Orta Marmara Havzası'nın aktif tektonik yapısının deniz jeofiziği akustik yöntemlerle araştırılması , Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Ergün, M. ve Özel, E.,** 1995. Structural relationship between the Sea of Marmara Basin and the North Anatolian Fault Zone. *Terra Nova* **7**, 278-288.
- Fitch, A.A.,** 1976. Seismic reflection interpretation, Geopublication Associates, London.
- Görür N.,** 1998. "Türkiye'nin Triyas-Miyosen Paleocoğrafya Atlası", İTÜ-MTA Ankara, 55 s.

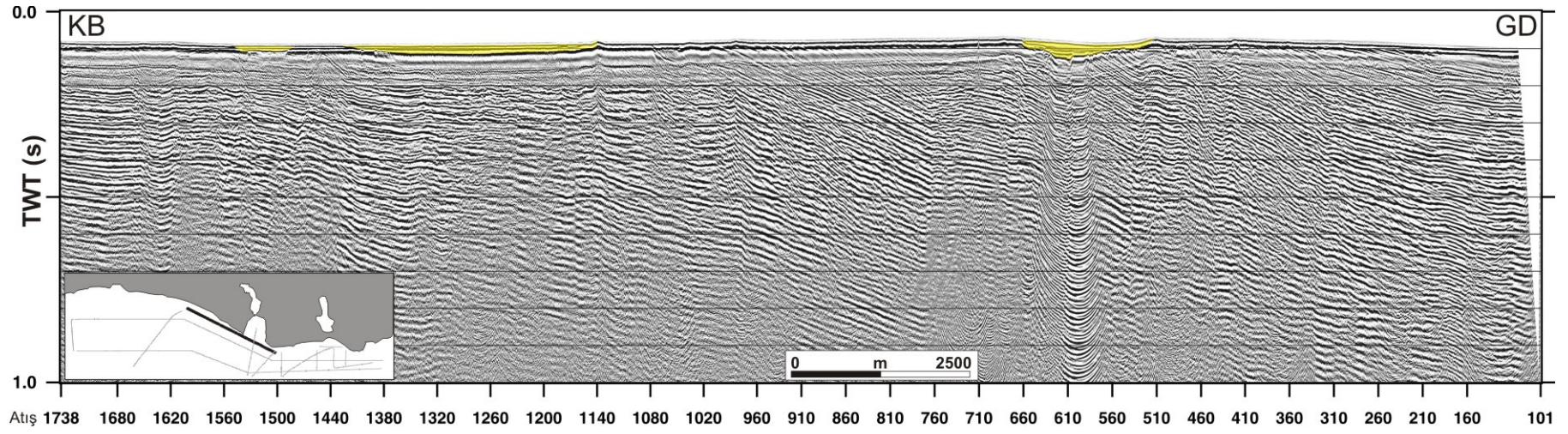
- İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitöğlü, B. ve Görür, N.**, 2001. The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new interpretation based on multi-channel seismic and multi-beam bathymetry data. *Earth Planetary. Science Letters* **186**, 143-158.
- Ketin, İ.**, 1969. Kuzey Anadolu Fayı Hakkında, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* **72**, s. 1-27.
- Le Pichon, X., Taymaz, T., Şengör, A. M. C.**, 1999. The Marmara Fault and the future Istanbul earthquake. In: M. Karaca, D. N. Ural (eds), Proceedings of ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake, 17 August 1999, Istanbul Technical University Press House, Istanbul, 1999, 41-54.
- Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbag, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Cagatay, M. N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., ve Tok, B.**, 2001. The active main Marmara fault. *Earth and Planetary Science Letters*, **192**, 595-616.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Rangin, C. ve Şengör, A. M. C.**, 2003. The North Anatolian Fault in the Sea of Marmara. *Journal of Geophysical Research* **108**, No. B4, doi. 10.1029/2002JB001862.
- Neidell, J., Taner, M.T.**, 1971. Semblance and other coherency measures for multichannel data, *Geophysics*, **36**, 482-497.
- Okay, A.I., Şengör, A.M.C. & 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., Tüysüz, O.**, 1999. Tethyan sutures of northert Turkey. In: Durand, B., B., Jolivet, L., Horvath, F. Serrane, M (ed). The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogone. Geological Society, London, Special Publications, **156**, 475-515.
- Okay, A., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. ve Kuşçu, İ.**, 1999. An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey. *Tectonics* **18**,129-147.
- Okay, A., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ.**, 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multi-channel reflection study. *Tectonophysics* **321**, 189-218.29.
- Parke, J. R., Minshull, T.A., Anderson, G., White, R. S., Mckenzie, D. P., Kuşçu, İ., Görür, N. ve Şengör, A. M. C.**, 1999. Active faults in the Sea of Marmara, western Turkey, imaged by seismic reflection profiles. *Terra Nova* **11**, 223-227.
- Peacock and Treitel**, 1969. K.L. Peacock and S. Treitel, Predictive deconvolution: theory and practice. *Geophysics* **26** (1969), pp. 754–760.
- Rangin, C., Demirbağ, E., İmren, C., Crusson, A., Normand, A., Le Drezen, A. ve Le Bot, A.**, 2001. Marine Atlas of the Sea of Marmara (Turkey), Ifremer.
- Şengör, A.M.C.**, 1979. The North Anatolian Fault its age offset and tectonic significance, *J. Geol. Soc. London*, **136**, pp. 269-282.

- Şengör, A. M. C.**, 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları (Fundamentals of the neotectonics of Turkey). *Publication of Geological Society of Turkey*, 40p.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Rangin, C.**, 2005. The North Anatolian Fault: A New Look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*,
- Wong, H.K., Lüdmann, T., Ulug, A. ve Görür, N.**, 1995. The Sea of Marmara as a plate boundary sea in an escape tectonic regime. *Tectonophysics* **244**, 231-250.
- Yaltırak, C.**, 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology* **190**, 492-529.32.
- Yılmaz, Ö.**, 1987. Seismic Data Processing. Investigations in Geophysics vol. No: **2**. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.



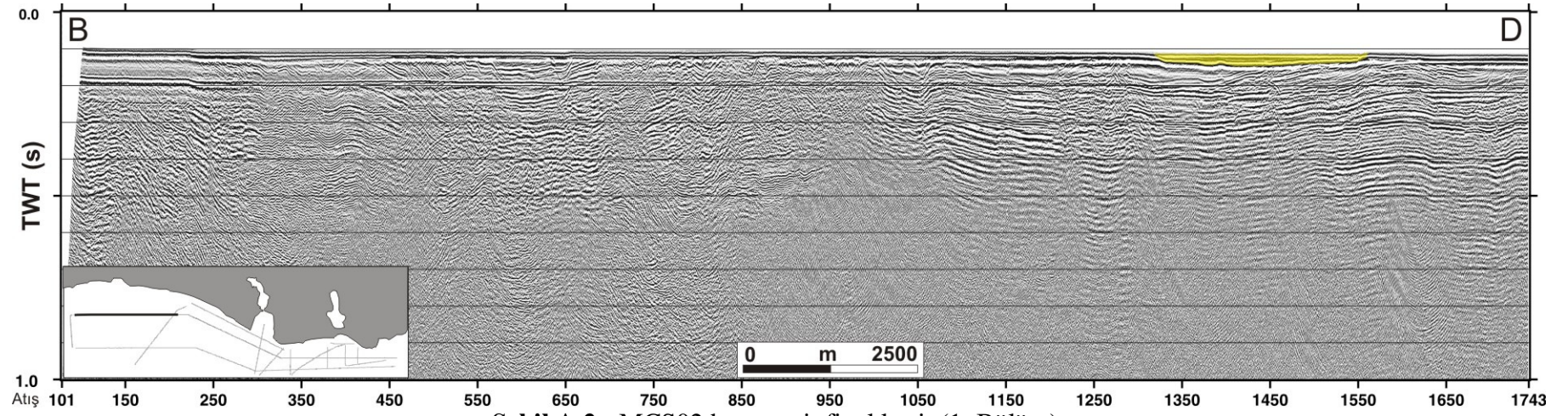
## **EKLER**

**EK A.1 : Final Kesitler**

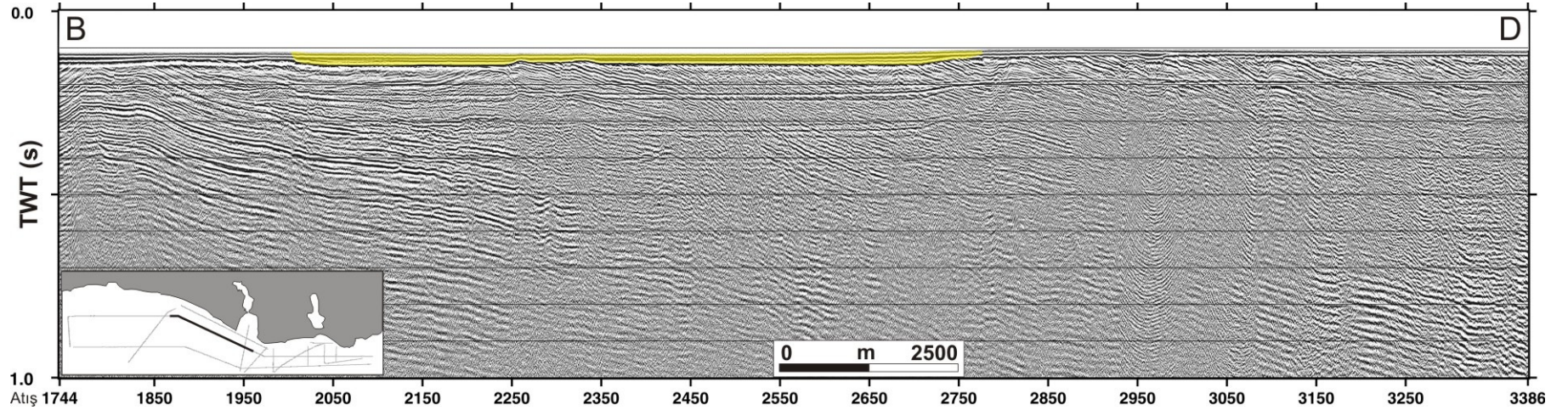


Şekil A.1 : MCS01 hattına ait final kesit.

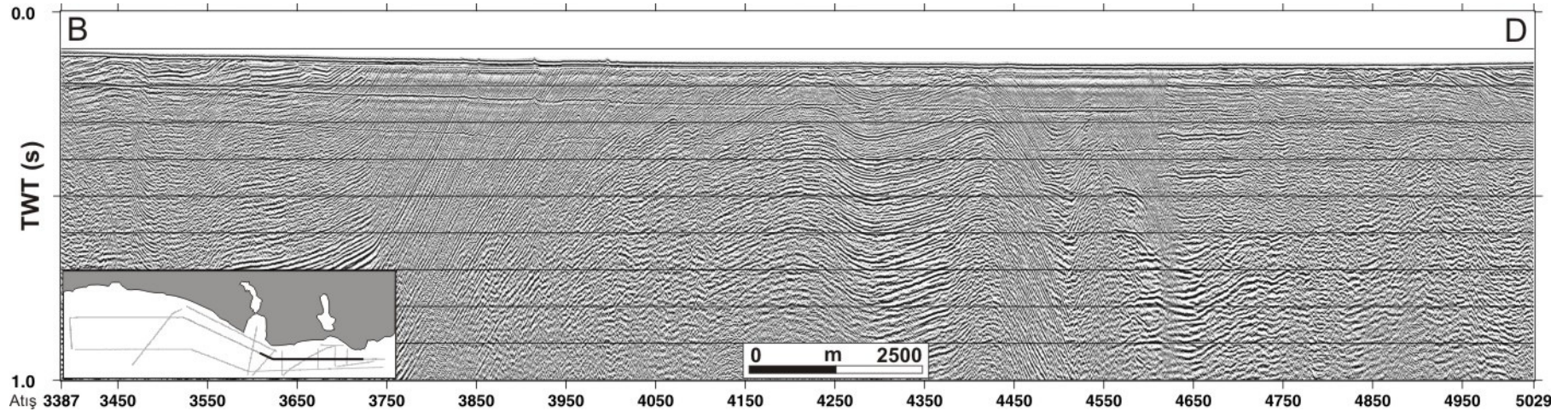




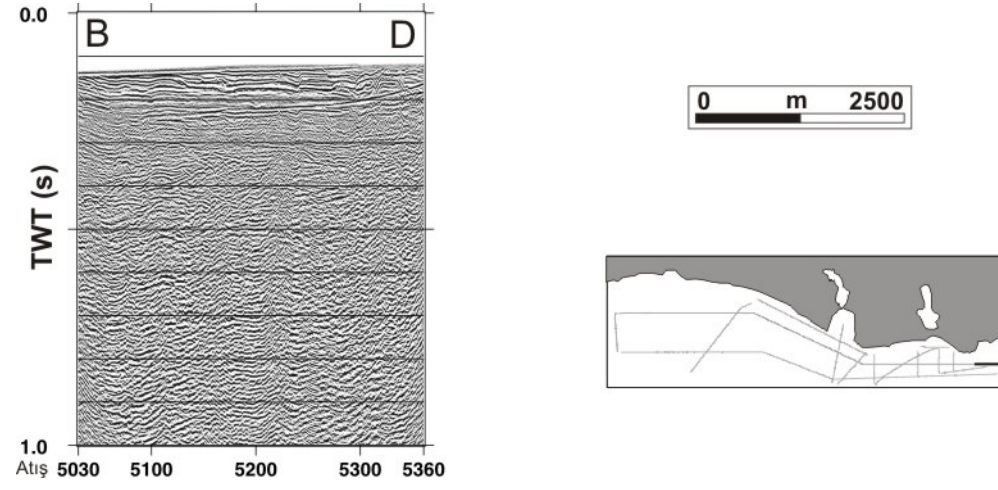
Şekil A.2 : MCS02 hattına ait final kesit (1. Bölüm).



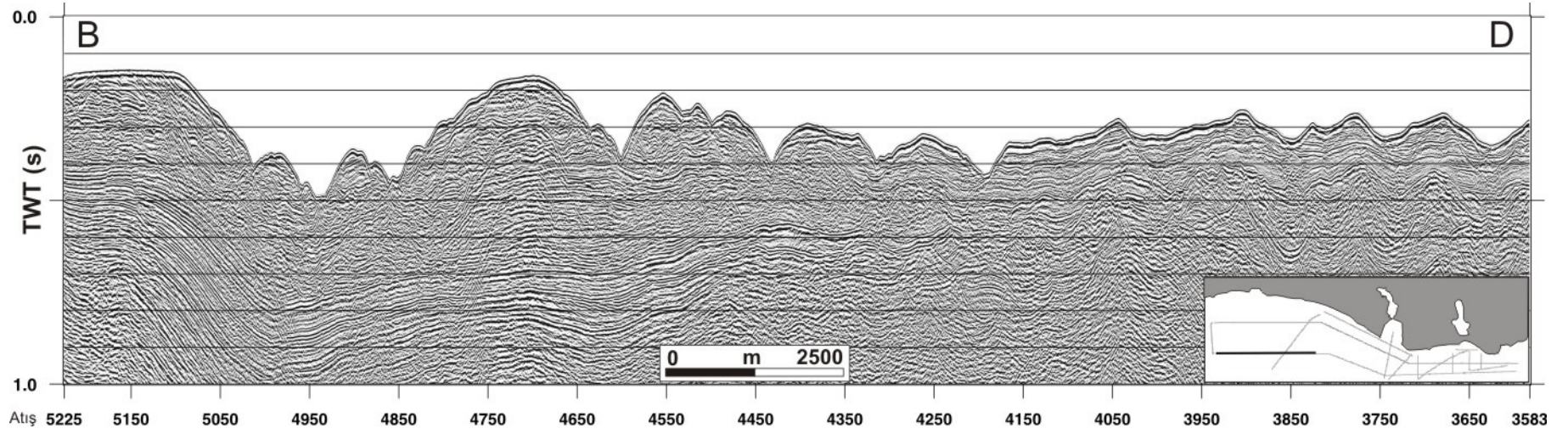
Şekil A.3 : MCS02 hattına ait final kesit (2. bölüm).



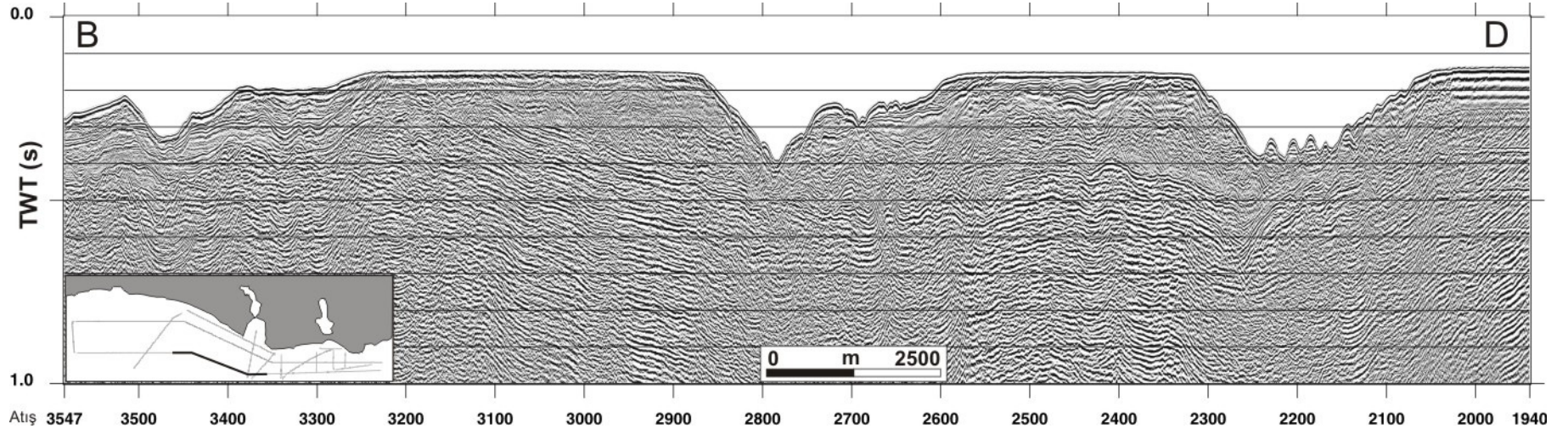
Şekil A.4 : MCS02 hattına ait final kesit (3. bölüm).



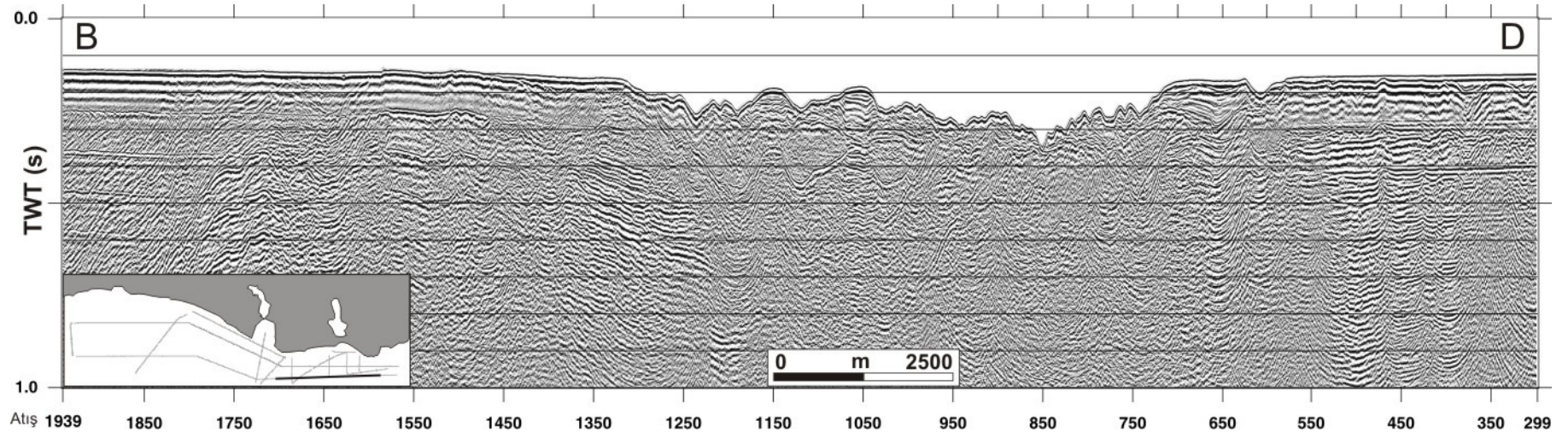
Şekil A.5 : MCS02 hattına ait final kesit (4. bölüm).



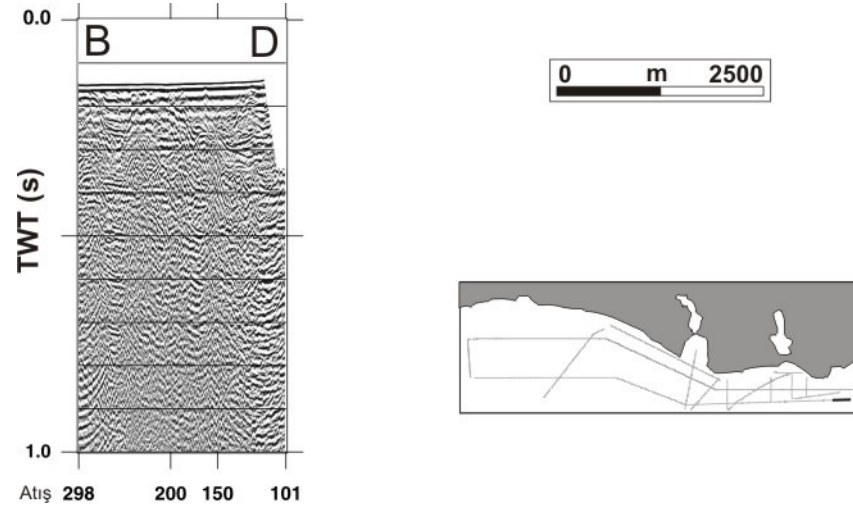
Şekil A.6 : MCS03 hattına ait final kesit (1. bölüm).



Şekil A.7 : MCS03 hattına ait final kesit (2. bölüm).

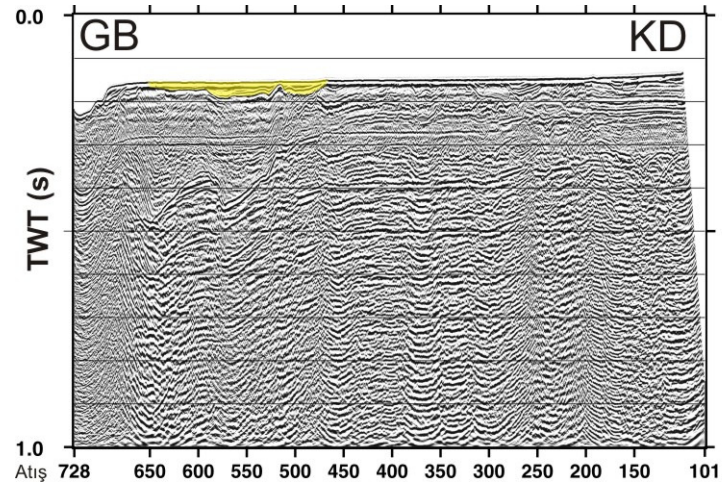


Şekil A.8 : MCS03 hattına ait final kesit (3. bölüm).

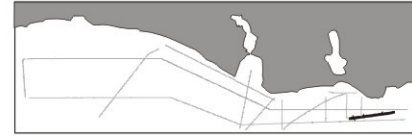


Şekil A.9 : MCS03 hattına ait final kesit (4. bölüm).

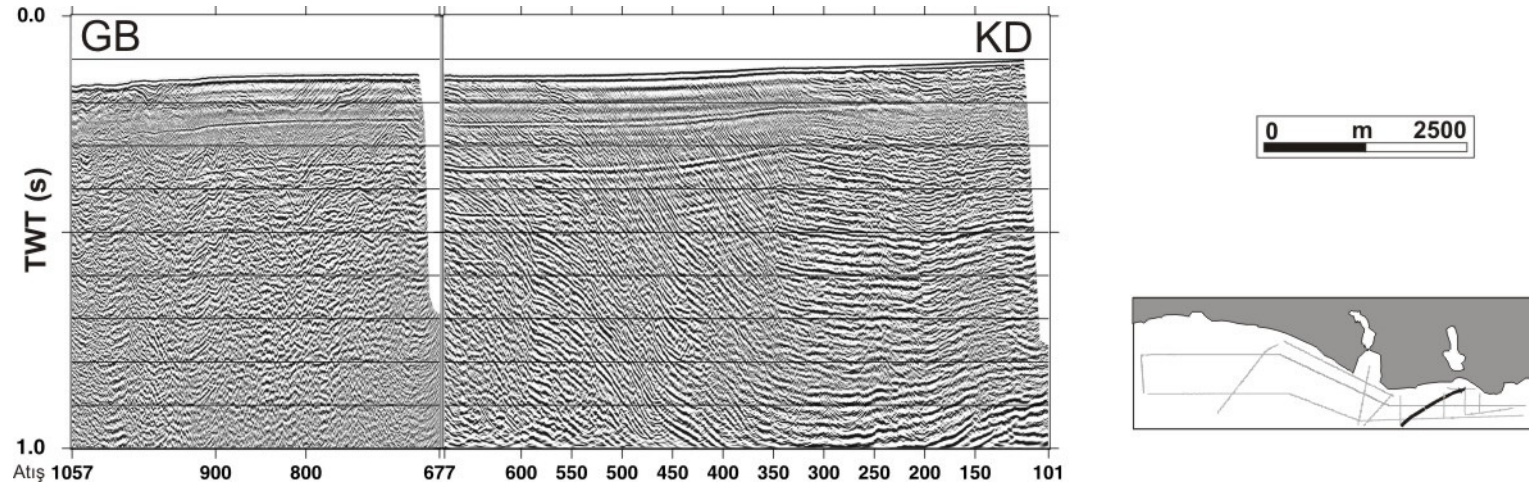




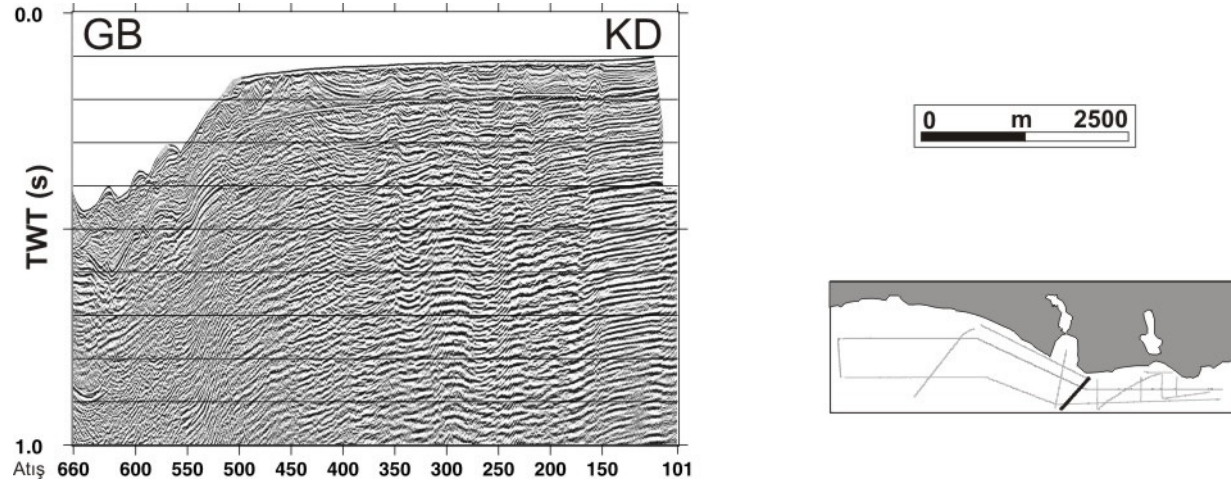
0 m 2500



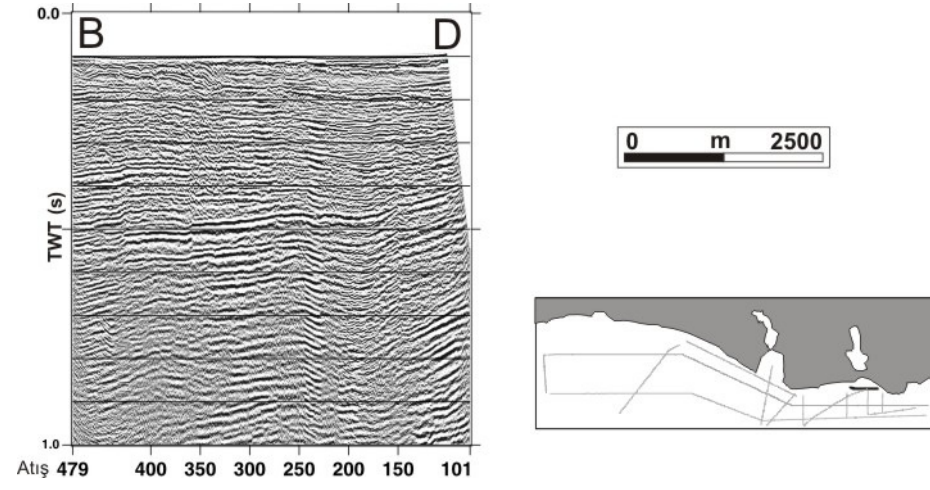
Şekil A.10 : MCS\_EK1 hattına ait final kesit.



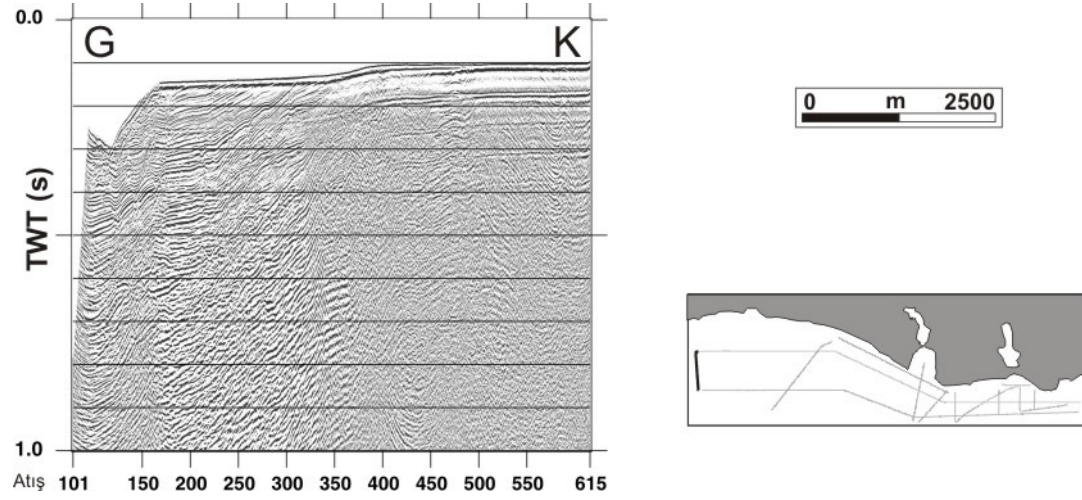
Şekil A.11 : MCS\_EK2 hattına ait final kesit.



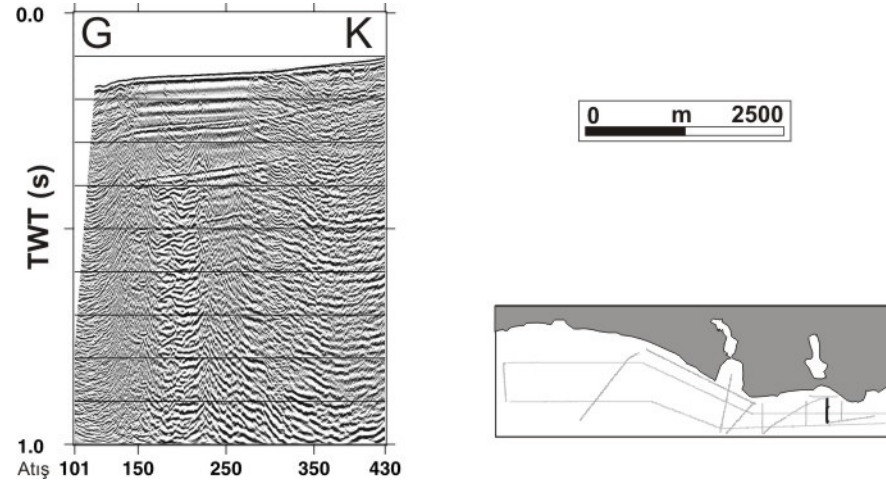
Şekil A.12 : MCS\_EK3 hattına ait final kesit.



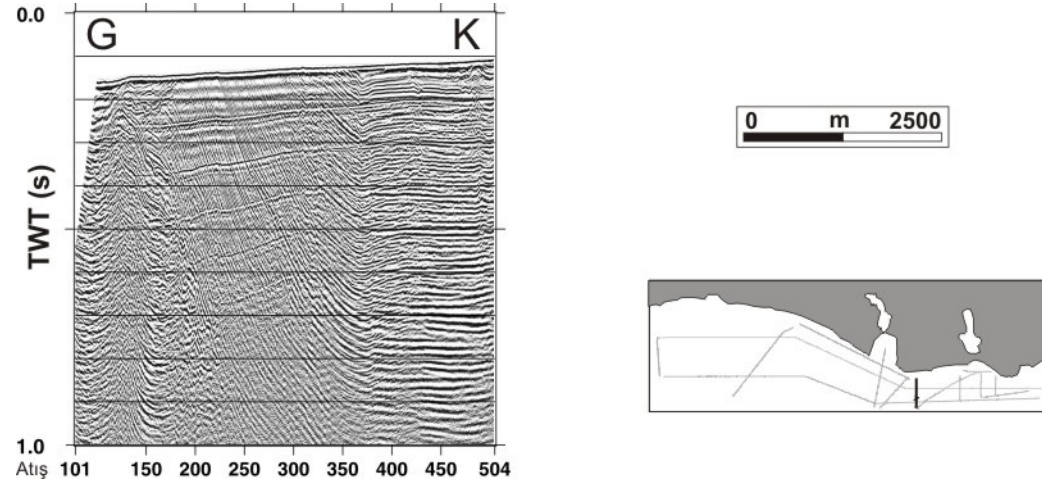
Şekil A.13 : MCS\_EK9 hattına ait final kesit.



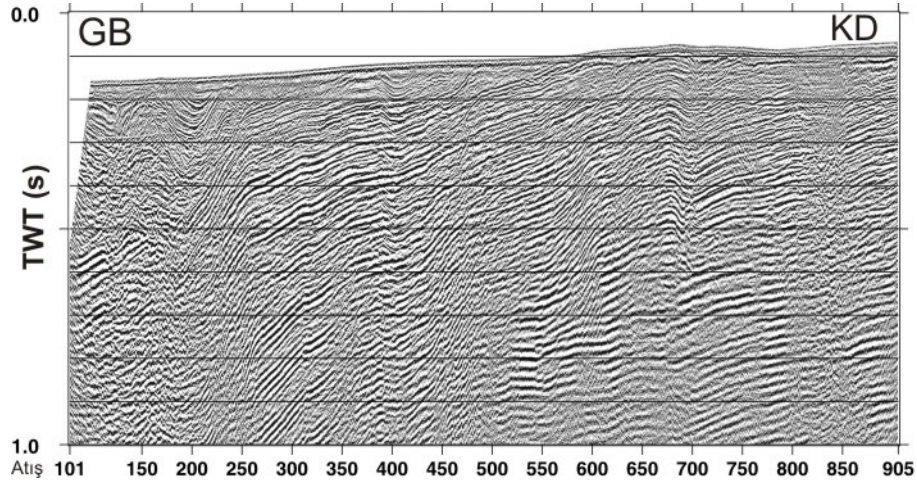
**Şekil A.14 :** MCSX01 hattına ait final kesit.



Şekil A.15 : MCSX02 hattına ait final kesit.



Şekil A.16 : MCSX03 hattına ait final kesit.

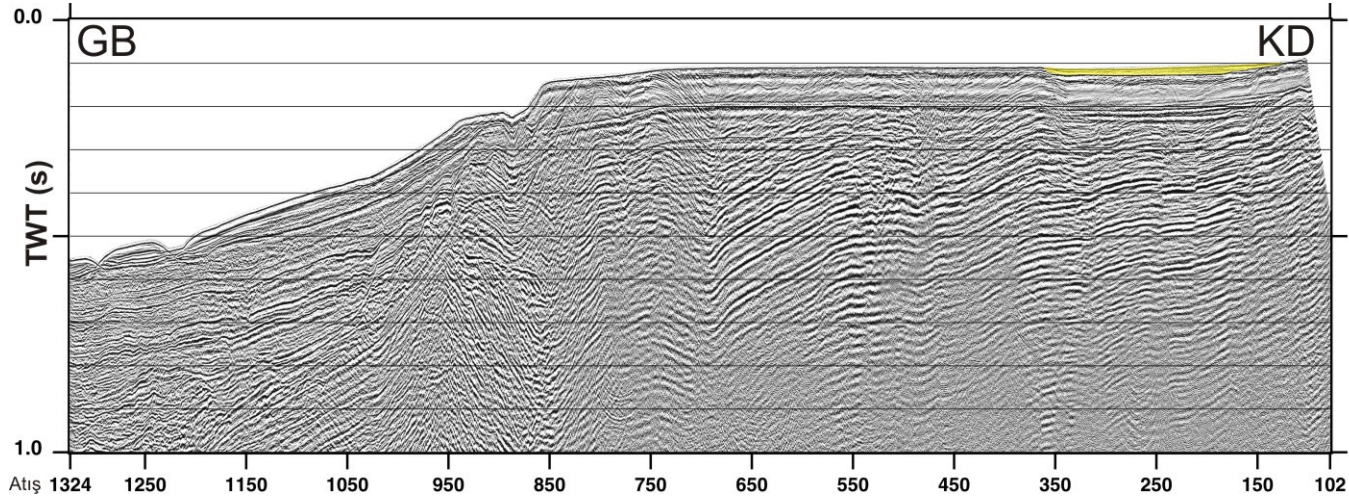


0 m 2500



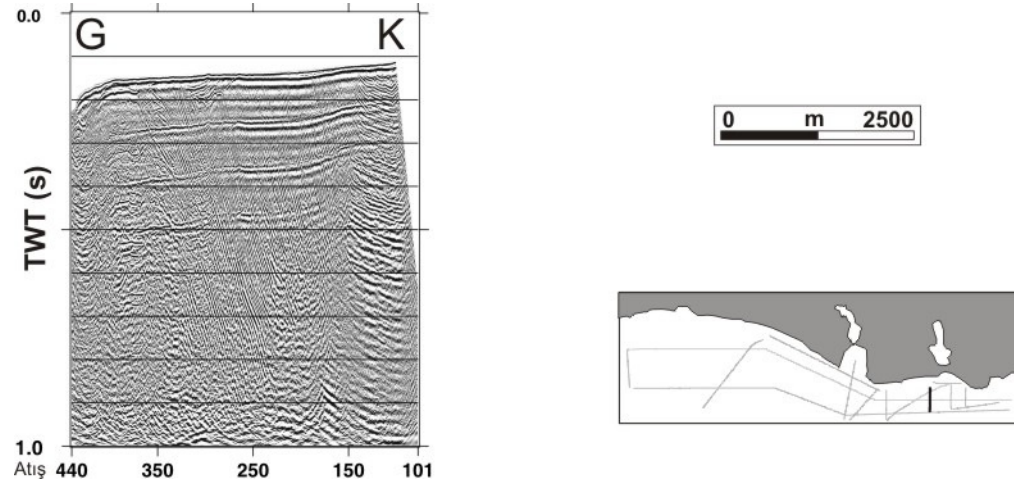
Şekil A.17 : MCSX04 hattına ait final kesit.



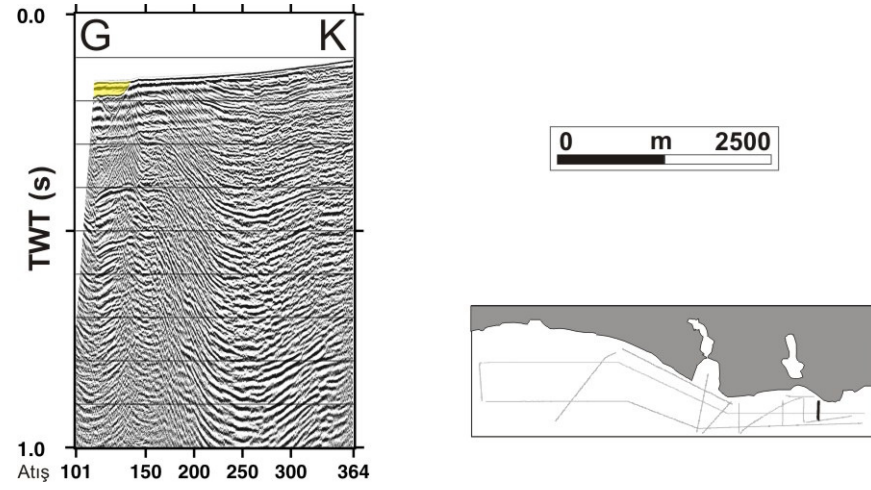


0 m 2500

Şekil A.18 : MCSX05 hattına ait final kesit.



**Şekil A.19** : MCSX06 hattına ait final kesit.



Şekil A.20 : MCSX07 hattına ait final kesit.



## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mudanya'da tamamladı. 2002 yılında Mudanya Sami Evkuran Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü kazandı. Haziran 2006'da D.E.Ü. Jeofizik Mühendisliği Bölümünden mezun olarak lisans öğrenimini tamamladı. Eylül 2006'da İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsünde araştırmacı olarak çalışmaktadır.