

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIBRIS VE HELENİK YAYININ KESİŞİM
BÖLGESİNİN SİSMİK YANSIMA
ÇALIŞMALARIYLA İNCELENMESİ

Hilmi Mert KÜÇÜK

Mayıs, 2010
İZMİR

**KIBRIS VE HELENİK YAYININ KESİŞİM
BÖLGESİNİN SİSMİK YANSIMA
ÇALIŞMALARIYLA İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

**Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim
Dalı**

Hilmi Mert KÜÇÜK

Mayıs, 2010

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HİLMİ MERT KÜÇÜK, tarafından **DOÇ.DR. DERMAN DONDURUR** yönetiminde hazırlanan “**KIBRIS VE HELENİK YAYININ KESİŞİM BÖLGESİNİN SİSMİK YANSIMA ÇALIŞMALARIYLA İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Derman DONDURUR

Doç.Dr. Cenk YALTIRAK

Danışman

İkinci Danışman

Prof.Dr. Mustafa ERGÜN

Prof.Dr. Günay ÇİFÇİ

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için hiçbir desteğini benden esirgemeyen mesleğimde yoluma ışık olan tez danışmanım Doç.Dr. Derman DONDURUR'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tezime eş danışmanlık yapan ve çalışmalarımın hemen her noktasında beni yönlendiren Doç.Dr. Cenk YALTIRAK'a teşekkür ederim. Tezime ait verilerin 107Y005 no'lu "Doğu Akdeniz'de Helen ve Kıbrıs Yaylarının Birleştiği Alanın Miyosen'den Güncele Kadar Geçirdiği Tektonik ve Sedimanter Evrim ve Bu Evrimin Batı Toros' ların Aktif Tektonik Evrimi ile Karşılaştırılması" konulu Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu – TÜBİTAK projesi kapsamında karşılanmış oluşundan ötürü TÜBİTAK'a, proje kapsamında verilerin toplanması için cihazların Kanada'dan buraya getirilmesini finanse eden Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada – NSERC'e, ve tüm bu çalışmalar sırasında büyük özveri ile çalışan Araştırma gemisi K.Piri Reis çalışanlarına teşekkür ederim.

Veri toplama aşamasında kullanılan cihazlar için Hydrosience'a, verilerin işlenmesi aşamasına katkılarından dolayı Landmark'a ve verilerin görüntülenmesi ile yorumlanması konularındaki destekleri için Seismic Micro Technology' ye teşekkür ederim. Bu çalışmanın yürütülebilmesi için Seislab jeofizik laboratuvarına ve bu laboratuvarın kurulmasına katkı sağlayan Devlet Planlama Teşkilatı – DPT' ye ve çok ışınlı batimetri verisini bizlere sağlayan Louis Geli, Bruno Marset ve IFREMER' e teşekkür ederim.

Bu proje kapsamında yüksek lisans tezimi yapmamı sağlayan, Prof.Dr. Günay ÇİFÇİ'ye, Prof.Dr. Jeremy HALL'a ve yorumlama aşamasında beni Kanada'da misafir etmiş, çalışmalarında bana yardımcı olmuş olan Prof.Dr. Ali Engin AKSU'ya teşekkür ederim. Ayrıca, mesleğim konusunda beni hep doğru yönlendiren ve bu günlere gelmemde emekleri çok büyük olan meslek büyüğüm ve hocam Dr. Mustafa Ali ENGİN' e ve lisans dönemim boyunca bugünlere gelmemde emeği olan bütün hocalarıma ayrıca teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında yanımda ve destek olan bütün öğrenci arkadaşlarıma, yüksek lisansımın ilk yılında bana çalışma

olanağı sağlamış olan ağabeyim Sinan SÜMER ve Alize Yatçılık ailesine sonsuz teşekkürler.

Öğrencilik yıllarımda beni sabırla destekleyen, varlıklarını hep arkamda hissettiğim, bugünlere gelebilmemin sebebi olan değerli aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

SEISMIC INVESTIGATION OF THE JUNCTION ZONE OF CYPRUS AND HELLENIC ARCS

ABSTRACT

Multichannel seismic reflection data were collected in the Eastern Mediterranean in 2007. In this thesis, a part of seismic data consisting of Eastern Anaximander Mountains, Antalya Basin and Finike Basin were used for data processing and interpretation. Some special data processing methods related to salt tectonics were applied to data due to the complex geological structure of the area. Because of the Messinian salinity crisis, salt and evaporite structures exist in the area which are also evidenced by the seismic data. Multichannel seismic reflection data indicates thrust faults as a consequence of compressional tectonics. Interpretation of the seismic data revealed the existence of fold belts, basins and underwater mountains, which are defined using their geological situations, formation conditions, stratigraphic and tectonic elements.

Keywords : Eastern Mediterranean, Anaximander Mountains, seismic reflections, salt tectonics, thrust faults

KIBRIS VE HELENİK YAYININ KESİŞİM BÖLGESİNİN SİSMİK YANSIMA ÇALIŞMALARIYLA İNCELENMESİ

ÖZ

2007 yılında Doğu Akdeniz’de gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında çok kanallı sismik yansıma verileri toplanmıştır. Tez kapsamında bu verilerin bir kısmı olan Doğu Anaximander dağları, Antalya baseni ve Finike baseni civarına ait veriler, veri-işlem ve yorumlama için kullanılmıştır. Bölgenin çok karmaşık bir jeolojiye sahip olması, veri-işlem aşamalarını zorlaştırmıştır. Bu sebeple, bölge için tuz tektoniğinin hakim olduğu alanlara uygun veri-işlem adımları uygulanmaya çalışılmıştır. Messiniyen krizi sebebiyle bölgede tuzların varlığından bahsetmek mümkün olup mevcut sismik veriler de buna işaret etmektedir. Sismik veriler çalışma alanında genel olarak sıkışma tektoniği sonucu oluşan bindirme faylarının varlığını göstermektedir. Toplanan veriler ışığında bölgede belirgin olarak var olan kıvrım kuşakları, basenler ve denizaltı dağları gibi jeolojik olaylar, oluşumları, stratigrafik unsurları ve tektonik unsurları ile tanımlanmaya çalışılmıştır.

Anahtar sözcükler : Doğu Akdeniz, Anaximander dağları, sismik yansıma, tuz tektoniği, bindirme fayları

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ABSTRACT.....	v
ÖZ.....	vi

BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....1

1.1 Tez Amacı ve Problemler.....	1
1.2 Çalışma Sahasının Jeolojik Konumu.....	2
1.3 Tezde Kullanılan Teknikler.....	3
1.3.1 Sismik Veri Toplama.....	4
1.3.2 Sismik Veri İşleme.....	6
1.3.2.1 Ön Veri-işlem Aşamaları.....	7
1.3.2.1.1. Sismik Verinin Yüklenmesi	7
1.3.2.1.2. Statik Düzeltmeler	7
1.3.2.1.3. Sismik Verinin Tek Kanallı Olarak Gösterimi.....	9
1.3.2.1.4. Geometri Tanımlama.....	10
1.3.2.2 İleri Veri-işlem Aşamaları.....	12
1.3.2.2.1. Süzgeçler ve İstenmeyen Kısımların Veriden Atılması.....	13
1.3.2.2.2. Dekonvolüsyon.....	21
1.3.2.2.3. Ortak Derinlik Noktası Sıralamasına Geçiş.....	27
1.3.2.2.4. Hız Analizi.....	27
1.3.2.2.5. Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi ve Yığma.....	29
1.3.2.2.6. Migrasyon.....	29
1.3.2.2.7. Migrasyon Sonrası İşlemler.....	30
1.3.3 Sismik Veri Yorumlama.....	32
1.4 Önceki Çalışmalar.....	34

1.5. Morfoloji.....	37
1.5.1. Anaximander Denizaltı Dağları ve Çevresi.....	37
1.5.1.1 Sırrı Erinç Platosu.....	38
1.5.1.2 Antalya Baseni.....	39
1.5.1.3. Finike Baseni.....	41
1.5.1.4. Doğu Anaximander Dağları.....	43
1.6. Çalışma alanının depremselliği.....	44

BÖLÜM İKİ - ANAXİMANDER DENİZ ALTI DAĞLARININ VE DOĞUSUNUN SİSMİK STRATİGRAFİSİ.....48

2.1. Akustik Temel.....	48
2.2. Miyosen Sismik Stratigrafik Birimleri.....	50
2.2.1. Tortoniyen Sismik Stratigrafik Birimi.....	51
2.2.2. Mesiniyen Sismik Stratigrafik Birimi.....	53
2.3. Pliyo-Kuvaterner Sismik Stratigrafik Birimi.....	63

BÖLÜM ÜÇ - ANAXİMANDER DENİZ ALTI DAĞLARININ VE DOĞUSUNUN YAPISAL ÖZELLİKLERİ.....69

3.1. Miyosen Dönemi Yapıları.....	69
3.1.1. Faylar.....	69
3.1.2. Kıvrımlar.....	74
3.1.3. Basenler.....	75
3.2. Pliyo-Kuvaterner Dönemi Yapıları.....	79
3.2.1. Faylar.....	79
3.2.2. Kıvrımlar.....	83

BÖLÜM DÖRT - TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....88

REFERANSLAR.....	98
-------------------------	-----------

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Karmaşık ve aktif tektoniği ile doğu Akdeniz bölgesi pek çok araştırmacının çalışma alanı olmuştur. Bölgenin Miyosen'den güncele kadar geçirdiği tektonik evrim ile birlikte bu süreçte birden fazla evaporasyon meydana gelmiş ve bu evaporasyonlara bağlı olarak bölge için tuz tektoniği farklı şekilde değerlendirmelere yol açmıştır. Bölge üstünde yoğun olarak çalışan bilimsel ekiplerin ortaya attıkları birbirinden farklı iki görüş olmakla beraber doğu Akdeniz bölgesinin jeolojik evrimi henüz kesin olarak tanımlanamamıştır. Bölgede aktif tektonizma ve tuzun varlığından bahsedilebildiği gibi, çamur volkanlarına, hidrokarbon varlığını araştırmaya ve bölgenin batimetrisini ortaya koymaya yönelik çok sayıda çalışma günümüze değin gerçekleştirilmiştir.

Bugüne kadar gerçekleştirilen jeolojik ve jeofizik çalışmalar, bölgede yitim kuşakları (subduction zone), çukurluklar (trench), denizaltı dağları, basenler, deniz tabanına kadar kendini göstermiş kıvrımlar ve yükselimler gibi çok belirgin olarak var olan ve oluşum süreçlerini henüz tamamlamamış pek çok jeolojik yapıya işaret etmektedir. Ayrıca jeolojik süreçler içerisinde yer alan ve Messiniyen krizi olarak tabir edilen döneme ait süreç içerisinde Akdeniz'in kuruması (evaporasyon) durumu da, mevcut tektonizmanın içerisinde tuzun da belirgin olarak varlığına işaret etmektedir.

1.1 Tezin Amacı ve Problemler

Bu çalışma, Doğu Akdeniz'de yer alan Anaxagoras Deniz Dağı ve çevresinde yer alan jeolojik yapıların, bölgenin aktif tektonizmasının ve stratigrafisinin ortaya konulmasını kapsamaktadır. Bu amaçla, 2007 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü ile Memorial University of Newfoundland – Kanada ortaklığında gerçekleştirilen Doğu Akdeniz projesi kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin bir bölümü kullanılmıştır. Bu veriler gerek Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü jeofizik laboratuvarında

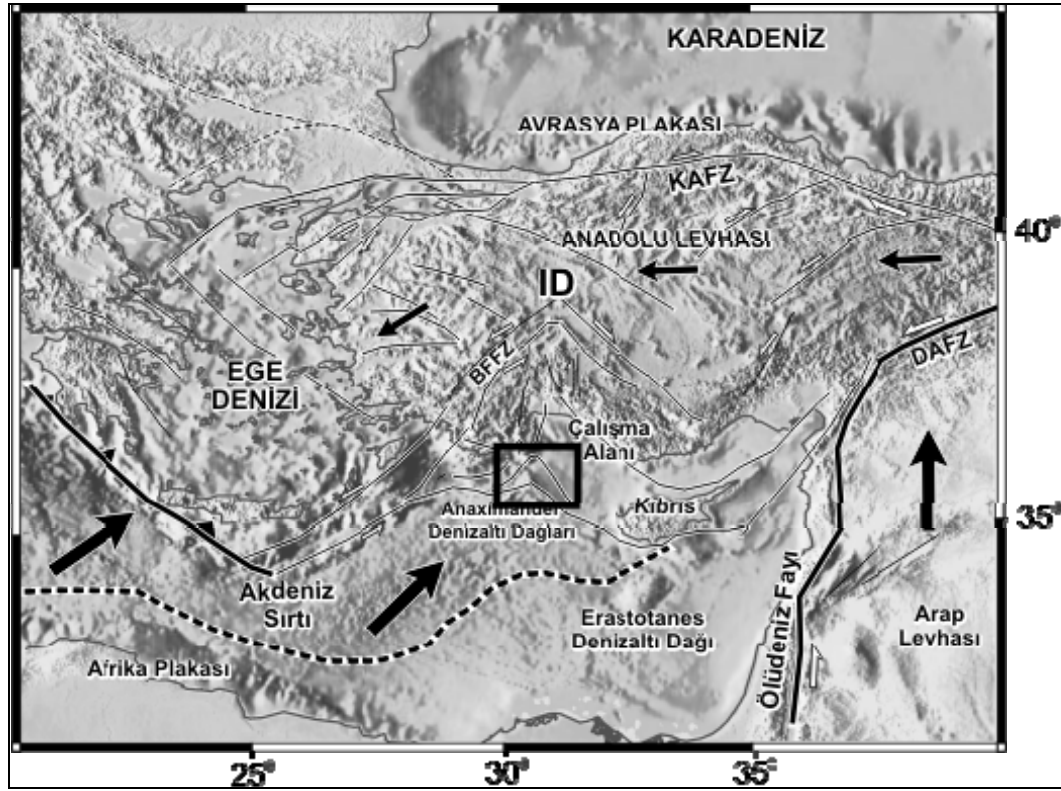
gerekse de Memorial University of Newfoundland – Kanada, Jeoloji bölümünün jeofizik veri-işlem laboratuvarında 2008 ve 2009 yılları içerisinde işlenmiştir.

İşlenen veriler ışığında bölgede yer alan ve Anaximander dağlarının parçası olan Anaxagoras ve Anaximenes dağlarının, Finike Baseni'nin doğu ucu ve dağ grubunun kuzeyinde kalan Antalya baseninin deniz tabanı morfolojisi ve taban altı jeolojik yapıları tanımlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca mevcut sismik profiller geçmişte yapılan batimetri haritaları ve yorumlanmış sismik kesitler ile de karşılaştırılmaya çalışılmıştır.

1.2 Çalışma Alanının Jeolojik Konumu

Çalışma alanı, kuzeyde Anadolu levhası, güneyde Afrika levhası, güneydoğuda Kıbrıs yayı, güney batıda Helen yayı ve doğuda Arap levhasının sınırladığı alandır. Çalışma alanını sınırlayan jeolojik süreçler ise kuzeyde Anadolu plakasının güney batıya doğru yaptığı rotasyon hareketi, güneyde Afrika levhasının kuzeydoğuya doğru yaptığı ilerleme hareketi ile Arap levhasının kuzeye doğru gösterdiği ilerleme hareketidir (Şekil 1.1). Bu hareketler Kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı, kuzeydoğuda Doğu Anadolu Fayı, doğuda Ölüdeniz Fayı ile güney ve güneybatı kolunda uzanan Kıbrıs ve Helen yayları boyunca günümüze kadar hareketlerini devam ettirmiş ve bu hareketlerin sonucu olarak, Doğu Akdeniz günümüz karmaşık tektoniğine ve çok çeşitli jeolojik yapılara sahip olmuştur.

Çalışma alanı konumunun diğer bir jeolojik önemi ise, Messiniyen dönemine ait evaporasyonların da gerçekleştiği Akdeniz bölgesinde yer alışıdır. Mevcut evaporasyonlar ve günümüze değin gerçekleştirilen çalışmalar bölgede tuzun varlığına ve tektonizma ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 1.1 Doğu Akdeniz'e ait tektonik harita ve çalışma alanı.

1.3. Tezde Kullanılan Yöntemler

2007 yılında başlanan çalışmalar üç aşamada tamamlanmıştır. Bu aşamalar sırasıyla çok kanallı ve yüksek ayrımlı sismik yansıma verilerinin toplanması, toplanan verilerin muhtelif veri-işlem aşamalarından geçirilmesi ve işlenmiş verilerin yorumlanması olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar kapsamında verilerin toplanması için Dokuz Eylül Üniversitesi – Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait olan R/V K.Piri Reis araştırma gemisi ve jeofizik laboratuvarının veri toplama ekipmanları kullanılmıştır. Ayrıca verilerin işlenmesi aşaması, yine Dokuz Eylül Üniversitesi – Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait jeofizik laboratuvarı ve Memorial University of Newfoundland – Kanada yerbilimleri bölümüne ait veri-işlem laboratuvarının donanım ve yazılımları kullanılarak sayısal olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca son aşama olan yorumlama aşaması da çok çeşitli teknikler kullanılarak ve önceden yapılan çalışmalar ihmal edilmeksizin tamamlanmıştır.

1.3.1 Sismik Veri Toplama

2007 yılında gerçekleştirilen yüksek ayrımlı çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplanması amacıyla sismik kaydın gerçekleştirilebilmesi için, “HydroScience – NTRS2” sismik kayıtçı, 72 kanallı ve 450 m uzunluğunda sayısal “SeaMUX” alıcı kablo (streamer), 9 adet derinlik kontrol ünitesi (bird) ve bu derinlik kontrol birimlerinin gemiden kumanda edilmesini sağlayan birim, çalışmalar süresince sismik sinyallerin oluşturulabilmesi için, 5 adet hava tabancasından (Sleeve 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. Bu sistemleri içinde barındıran blok diyagram Şekil 1.2’ de gösterilmiştir. Ayrıca kayıtların alınması sırasında var olan bütün geometrik ve fiziksel parametreler Tablo 1.1’ de verilmiştir.

Tablo 1.1 Geometrik ve fiziksel kayıt parametreleri

Kanal sayısı	72
Grup aralığı	6,25 m
Atış aralığı	25 m
Alıcı kablo uzunluğu	450 m
Alıcı kablo derinliği	3 m
Minimum ofset	70 m
Kaynak türü	Sleeve Gun hava tabancası
Kaynak sayısı	5
Toplam kaynak hacmi	210 inç ³
Kaynak derinliği	3 m
Kaynak basıncı	2000 psi
Max. Katlanma	9
Kayıt süresi	4 s (+ gecikme değeri)
Örnekleme aralığı	1 ms

Toplanan verilere ait lokasyon haritası batimetri haritasının üstüne oturtulmuş olarak Şekil 1.3’de verilmiştir.

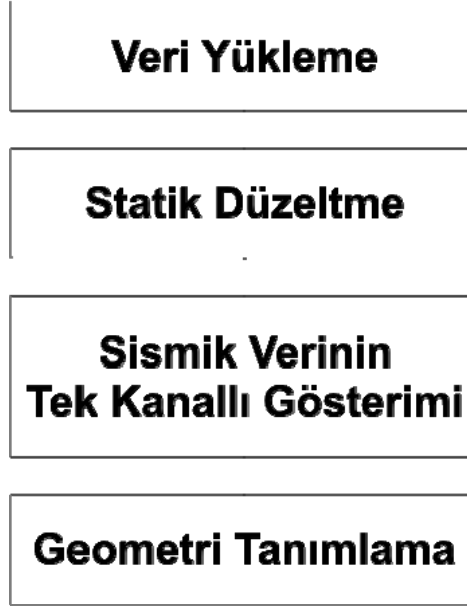
1.3.2 Sismik veri işlem

2007 yılında toplanan çok kanallı sismik yansıma verilerinin sismik veri-işlem aşamalarından geçirilmesi çalışmalarına 2008 yılında başlanmıştır. Tez kapsamında, proje için toplanan verilerden yaklaşık toplam uzunluğu 850 km olan 15 hat sismik veri-işlem ve yorum aşamalarından geçirilmek üzere kullanılmıştır.

Verilerin işlenmesi için, günümüzde özellikle petrol endüstrisinin yaygın olarak kullandığı veri-işlem yazılımı olan LANDMARK - ProMAX sismik veri-işlem yazılımı kullanılmıştır. Veri-işlem aşamaları, ön veri-işlem aşamaları ve ileri düzey veri-işlem aşamaları olarak iki farklı başlık altında gerçekleştirilmiştir. Ön veri-işlem aşamaları, verilerin toplandığı formattan veri-işlem yazılımının formatına dönüştürülmesi, statik düzeltmeler, mevcut sismik profillerden tek kanallı görüntüleme yapılarak ön gözlemlerin yapılması ve geometri tanımlama olarak gerçekleştirilmiştir. İleri veri-işlem aşamaları ise ön veri-işlem aşamalarının tamamlanması ile gerçekleştirilen ve veri setinin değişik süzgeçlerden geçirilerek istenmeyen kısımların (gürültü) veriden atılması, sismik sinyalin küresel açılma ve soğurulmaya bağlı enerji kayıplarını gidermek amaçlı otomatik kazanç kontrolü (AGC) ve/veya gerçek genlik düzeltmesi (TAR), sismik izlerin ayrımlılığını arttırmak ve tekrar eden gürültülerin veri setindeki etkisinin azaltılmasına yönelik gerçekleştirilen ters evrişim (dekonvolüsyon) uygulamaları, veri setinin atış gruplarından ortak derinlik noktası gruplarına dönüştürülmesi (sort), veri setinde derinlikle değişen sismik dalga hızlarının belirlenmesi için hız analizi, kaynak-alıcı mesafesinin sürekli olarak artışına bağlı olarak oluşan kayma zamanlarının düzeltilmesine yönelik normal kayma zamanı (NMO) düzeltmesi, ortak derinlik noktası gruplarına göre sıralanmış veri setine yığma (Stack) işlemi uygulanması ve veri-işlemin son aşaması olan, yığma izlerinin gerçek yerlerine taşındığı göç (migration) işlemi olarak sıralanabilir.

1.3.2.1 Ön Veri-İşlem Aşamaları

Bu aşama veri – işlem aşamalarının ilki ve verinin ileri veri-işlem aşamalarına hazırlanması olarak düşünülebilir. Ön veri-işlem aşamaları için genel akış diyagramı Şekil 1.4’ de verilmiştir.



Şekil 1.4 Ön veri işlem aşamalarına ait modüller.

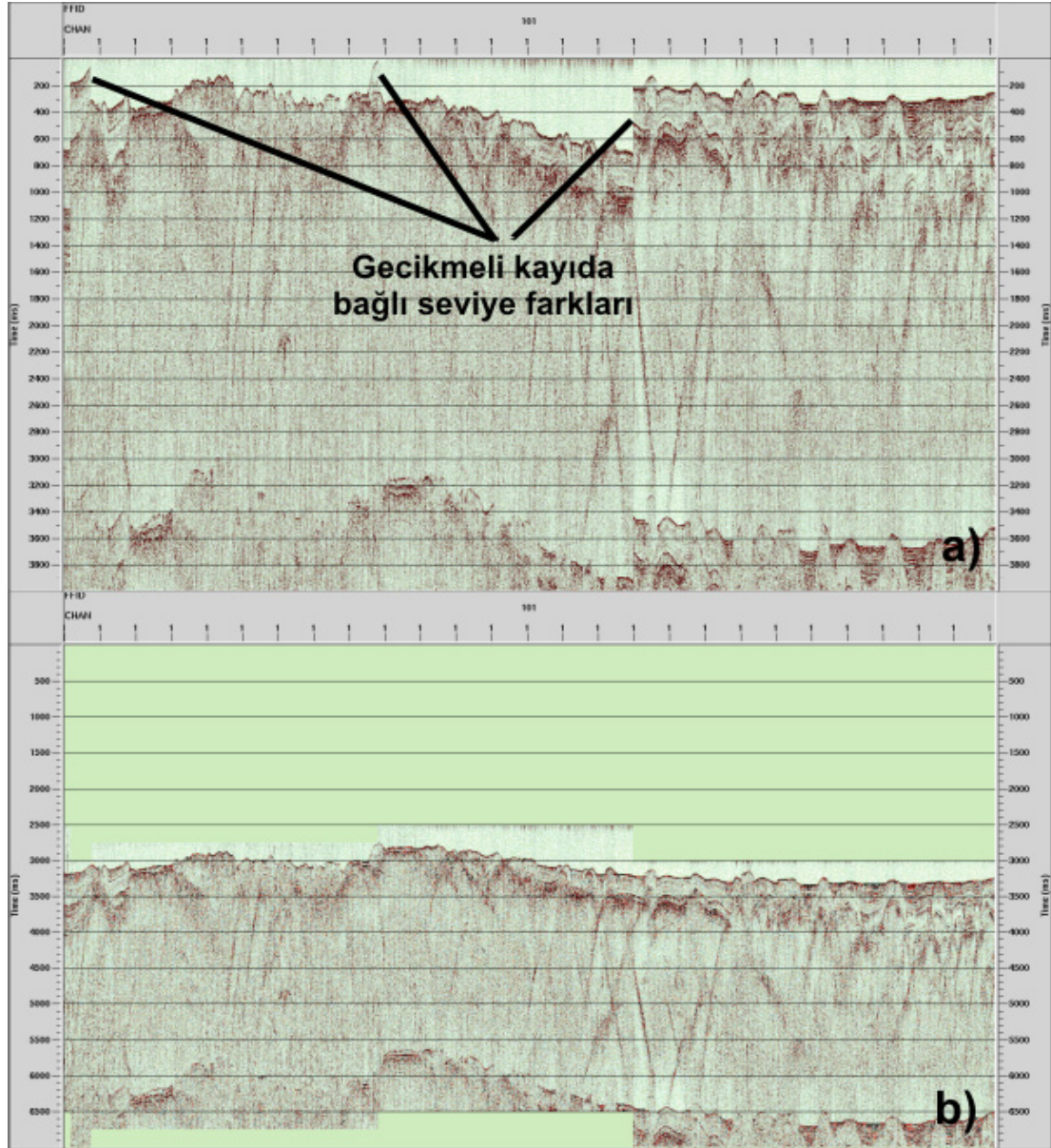
1.3.2.1.1. Sismik Verinin Yüklenmesi (Data Loading)

Bu aşamada “Segy” formatında kayıt edilmiş atış grupları, veri-işlem yazılımının formatına dönüştürülür ve yeni oluşturulan dosya bu aşamadan sonraki veri-işlem uygulamaları için bilgisayar hafızasına yazılır. Bu uygulama veri-işlem adımlarının ilki olup her bir hat için bir sefer yapılan bir işlem olup ham verinin programa tanıtılması olarak düşünülebilir.

1.3.2.1.2. Statik Düzeltmeler (Hand Statics)

Her ne kadar denizel sismik yansıma çalışmalarında alıcı kablo genellikle belirli bir derinlikten çekilse ve statik bir düzeltmeye ihtiyaç yokmuş gibi gözükse de, denizel sismik yansıma çalışmalarında gecikmeli kayıt alma uygulamalarından dolayı veri setine statik bir düzeltme uygulamak durumu söz konusu olabilir.

Gecikmeli kayıt almanın temel nedenlerinden bir tanesi, derin sularda yansıma sismiği veri toplama çalışmaları yapılırken su kolonu varlığı nedeniyle geçen sürenin veriye dahil edilmemesi isteğidir ve tamamen toplanan verinin depolanması ile ilgili oluşabilecek sıkıntıları ortadan kaldırmaya yönelik olarak uygulanmaktadır. Bununla birlikte gecikmeli kayıt, deniz tabanı topoğrafyasına bağlı olarak ve su kolonunun belirli bir kısmının kayıda alınmamasından dolayı deniz sismiği verisinde doğrudan gelen sismik dalgaların (direct waves) kayıda alınmamasına yardımcı olabilir. Statik düzeltme yapılırken sismik veri için düşeyde bir zaman uzunluğu belirlemek gerekir ve bu uzunluk, kayıt süresi ile kayıtlar boyunca kullanılan gecikme değerlerinin azami olanının toplamına eşit olmalıdır. Örneğin, su kolonunun 3 saniyeye kadar ulaştığı bir bölgede ilk 2.5 saniyenin kayıda alınmaması için gecikme değeri 2.5 saniye ve bu seviyeden itibaren kayıt süresi 5 saniye seçilmişse zaman uzunluğu bu iki değer toplamı olan 7.5 saniyeye eşit olmalıdır. Ayrıca gecikme değeri bir veri setinde su derinliğinin en sık olduğu değere göre seçilip kayıt boyunca seçilen değer kullanılabileceği gibi, deniz tabanı topoğrafyasının çok değişken olduğu bölgelerde bu değer, kayıt boyunca değişkenlik gösterebilir. Veri-işlemin bu aşamasının gerçekleştirilebilmesi için giriş dosyası hiçbir veri-işlem aşamasından geçirilmemiş ham veri olmalıdır. Dolayısıyla “segy” formatlı atış gruplarından elde edilen ön veri işlem aşamalarının ilki olan sismik verinin yüklenmesi işleminde çıktı olarak oluşturulan veri, statik düzeltmelerin yapılacağı giriş verisi için uygundur. Ayrıca statik düzeltmesi yapılmış bir veri ile yapılmamış bir veri Şekil 1.5a ve Şekil 1.5b’ de gösterilmektedir. Veriye statik düzeltme yapılmadan veri-işlem aşamalarına devam edilmesi durumunda, geometri tanımlamasından sonra hesaplanacak ortak derinlik noktalarında (cdp) hatalar oluştuğu gözlenmiş, bu yüzden bu aşama ön veri-işlem aşamalarında veri yüklenmesinin hemen ardına koyulmuştur. Denizel verilerin işlenmesi sırasında bir diğer statik düzeltme ise alıcı kablo ile kayıtçı arasındaki iletim kablolarının uzunluğuna bağlı olarak da gerçekleştirilebilir. Buna göre alıcı kablodan kayıtçıya iletilen veri kablo uzunluğuna bağlı olarak belirli bir gecikmeyle gelir. Bu durumu gidermek için de aynı veri-işlem adımı izlenebilir. Öte yandan bu çalışmada toplanan veriler için kaynak ile ilk alıcı arası mesafe (ofset) küçük bir değer olduğu için bu tarz bir statik düzeltmeye ihtiyaç duyulmamıştır.

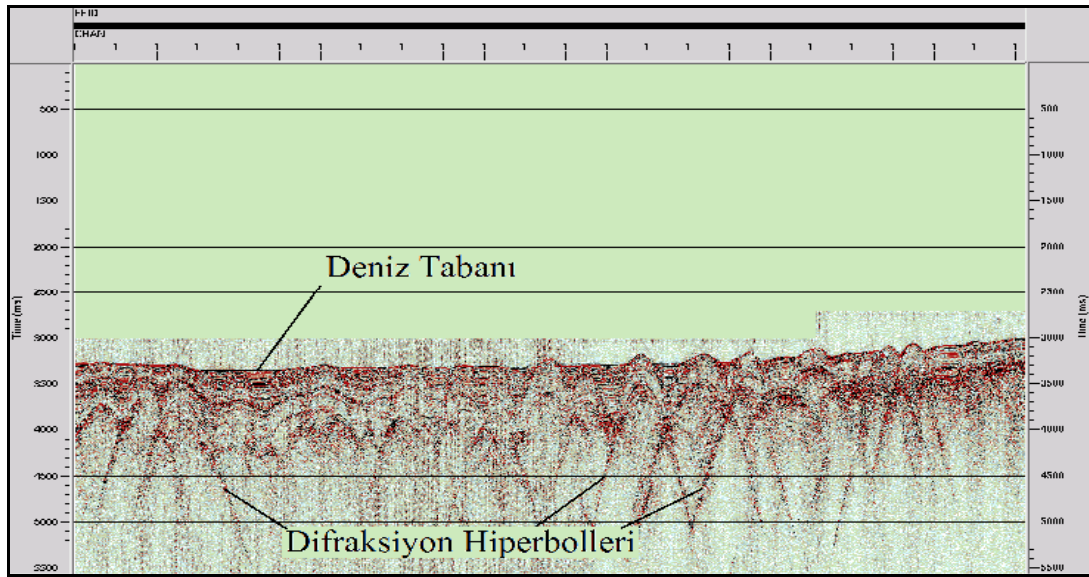


Şekil 1.5 Emed07-14 hattının statik düzeltme uygulamasına ait; a) düzeltme yapılmamış, b) düzeltme yapılmış sismik veri.

1.3.2.1.3. Sismik Verinin Tek Kanallı Olarak Gösterimi (Common Offset Section)

Bu uygulama sadece sismik verinin görüntülenmesine yönelik olup, sismik kaydın veri-işlem aşamalarından önce gözlenmesi amacıyla ve isteğe bağlı olarak gerçekleştirilebilir. Giriş verisinde, her atış grubunun belirlenen aynı kanalının yan yana getirilmesi verinin tek kanallı olarak görüntülenmesini sağlayacaktır (Şekil 1.6). Burada her atış grubunun aynı kanalının yan yana getirilmesinden elde edilen kesitin yatay ayrımlılığı atış aralığı kadar olacaktır. Ayrıca uygulamanın gerçekleştirilmesi,

bir önceki veri-işlem adımı olan statik düzeltmelerin doğru yapıp yapılmadığının da tespit edilmesine yardımcı olabilmektedir. Bununla birlikte deniz sismiği yansıma verisi çok miktarda gürültü içerdiği için ilk etapta enerji kaynağının maksimum ürettiği sinyal frekansına bağlı olarak kabaca seçilecek köşe frekansları ile veriye bant geçişli bir süzgeç uygulanması da görseelliği arttırabilir. Giriş verisi olarak statik düzeltmenin yapıldığı dosyanın seçilmesi, önceden de belirtildiği gibi statik düzeltmenin de kontrolünün yapılmasına yardımcı olur. Bu veri-işlem adımı sadece verinin görüntülenmesine yönelik bir adım olduğu için herhangi bir çıkış dosyası oluşturmak gerekmemektedir. Ayrıca gerek ön gerekse de ileri veri-işlem aşamalarının herhangi birinde, bu akış diyagramı tekrar açılıp görülmek istenen veri-işlem adımına ait çıkış dosyası bu akış diyagramında giriş olarak seçilerek istenen adımlar da görüntülenerek kontrolü sağlanabilir.



Şekil 1.6 Sismik verinin tek kanallı gösterimi.

1.3.2.1.4. Geometri Tanımlama

Veriye ait geometrik parametreler çok çeşitli olup, bu parametreler verilerin toplanması amacıyla, sefer bilimsel ekibi tarafından ve çalışmanın amacına yönelik olarak belirlenir. Bu parametreler her sismik hatta ait olan ve gözlem loglarında yer almaktadır (Şekil 1.7).



SeisLab
Dokuz Eylül Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ ENSTİTÜSÜ
ÇOK KANALLI DENİZ SİSMİK YANSIMA ÇALIŞMALARI GÖZLEM LOGU



AREA: EASTERN MEDITERRANEAN	LINE NAME: Emed07-16	CLIENT: SeisLab - MUN	DATE: 17-18.09.2007	SEA CONDITION: x SMOOTH ☐ CHOPPY ☐ ROUGH ☐ YES ☒ NO	RAIN?: ☐ YES ☒ NO
---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	--	--

STREAMER PARAMETERS	
LENGHT (m)	800 m
DEPTH (m)	3
GROUP INT. (m)	6,25 m
# OF MODULES	4
# OF SECTIONS	8
I-O 5010 BIRDS	6
I-O 5011 BIRDS	3

GUN PARAMETERS	
# OF GUNS	7
TYPE OF GUNS	Sleeve
PRESSURE (psi)	2000
TOW DEPTH (m)	3
VOLUME (inch")	220

RECORD PARAMETERS	
RECORDER	Hydrosience NTRS-2
DEVICE and SN	MFG43 / 111
DATA FORMAT	SegD rev 1.0 / SegY IEEE Float
# OF CHANNELS	96
SHOT INTERVAL	☒ 25 meter ☐ sec
REC. LENGTH (ms)	7000
SAMPLE RATE (ms)	1
OFFSET (m)	70
FIRST SHOT (FFID)	101
LAST SHOT (FFID)	5780
FIRST SegY FILE	Ds20070917-175507-0101.sy
LAST SegY FILE	Ds20070918-093808-5780.sy
LOW-CUT / SLOPE	5 Hz / 12 dB / oct
HIGH-CUT / SLOPE	412 Hz / 225 dB / oct

NAVIGATION PARAMETERS		
FIRST NAVIPAC EVENT NO	101	
LAST NAVIPAC EVENT NO	5760	
LINE LENGTH / BEARING (m / °)	138574 / 226	
NOMINAL VESSEL SPEED (knots)	4,5	
NAVIPAC CUSTOM LOG FILE NAME	Emed07-16.log	
NAVIPAC EVENTS LOG FILE NAME	N/A	
LINE START TIME	17:55	
LINE END TIME	09:30	
COORDINATES	LATITUDE & LONGITUDE	UTM (Zone: 35)
	START	Lat: 35 50 49.93 E: 904802.22 Lon: 31 28 52.88 N: 3976283.33
	END	Lat: 35 01 06.62 E: 804945.37 Lon: 30 20 30.06 N: 3880202.22
	DATUM	☒ WGS84 ☐ ED 50 ☐ Other:.....

OPERATORS	
NAME(s)	SHIFT TIME
	08.00-16.00
	08.00-16.00
	16.00-00.00
	16.00-00.00
	00.00-08.00
	00.00-08.00

DELAYS	
FFID to FFID	Delay (sec)
101-1929	3
1930-2850	2.7
2851-5558	2.5
5559-5760	2.75

SURVEY NOTES
FFID 303 Navipac yeniden başlatıldı. 2 yada 3 tane muhtemel kayıp atış var.

© SeisLab@IMST

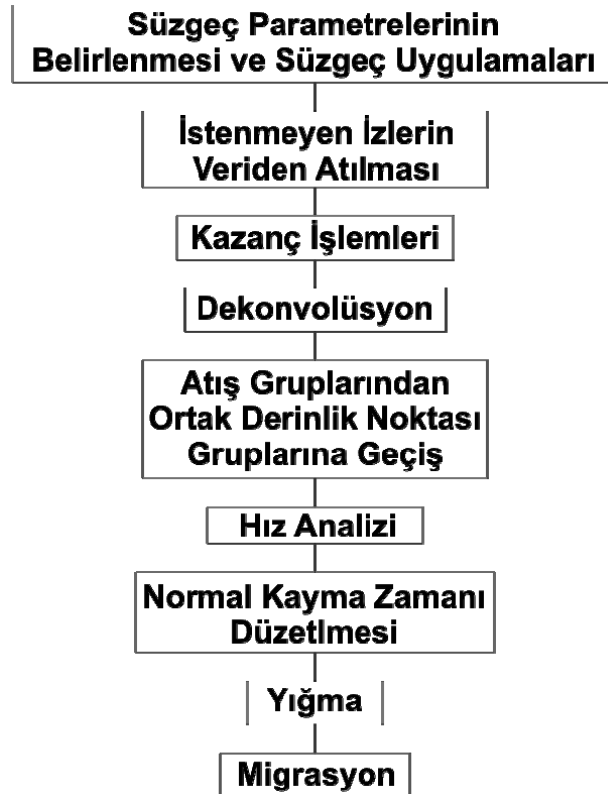
Şekil 1.7 2007 yılı Doğu Akdeniz çok kanallı sismik yansıma çalışmalarına ait örnek gözlem logu.

Bu gözlem loglarının el ile doldurulmasının sebebi alıcı birim derinliği, ofset (alıcı ile kaynak arasındaki mesafe) gibi ve diğer farklı geometrik parametrelerin anlık olarak değişebilmesidir. Geometri tanımlama; alıcı aralığı ve atış aralığı mesafesi, toplam alıcı miktarı, alıcı artım değeri, kayıt boyunca toplam atış miktarı, ilk atış değeri, hattın başlangıç ve bitiş koordinatları, gemi rotasının azimut değeri, ortak derinlik noktası aralık mesafesi, alıcı biriminin ve enerji kaynağının su yüzeyinden olan derinlik değeri gibi parametrelerin tanımlanmasını kapsamaktadır. Yazılımın geometri tanımlamadaki akış diyagramı şu ana kadar anlatılan veri-işlem aşamalarından daha farklı olarak uygulanmaktadır. Öncelikle veri-işlem yazılımına geometrik parametreler veri tabanı olarak girilir. Daha sonra bu parametreler veri-işlem yazılımının bir modülü yardımı ile ve yazılım tarafından sismik veriye eklenir. Burada giriş dosyası bir önceki veri-işlem aşamasında oluşturulan dosya ve çıkış dosyası da veri-işlemi gerçekleştiren kişinin oluşturacağı yeni bir dosya olmalıdır. Buna göre statüğü yapılmış olan veri, giriş verisi olarak tanımlanır. Daha sonra yazılım, veri tabanı olarak oluşturduğu geometrik parametreleri veri setine ekler ve geometrisi tanımlanmış veri yeni bir çıkış dosyası olarak oluşturulur. Bu şekilde her akış diyagramında bir önceki aşamada oluşturulan ve giriş dosyası olarak tanımlanan

verinin üstüne yazmak (overwrite) metodu yerine, yeni bir çıkış dosyası oluşturmak, olası bir hatalı veri-işlem adımında en baştan başlamak yerine, hatalı gerçekleştirilen veri-işlem adımının bir önceki adımından başlanmasını sağlayacaktır. Bu durum veri-işlemi gerçekleştiren mühendisin zaman kaybetmemesi adına önemli bir kolaylıktır. Veri-işlemin bu adımıyla ilgili bilinmesi gereken bir diğer durum ise geometrik verilerin sismik veriyle ilişkilendirilmesinin veriye görsel olarak bir şey katmaması durumudur.

1.3.2.2 İleri Veri-İşlem Aşamaları

İleri veri-işlem aşamaları, gerek uygulama süreleri ve uygulama parametrelerinin mevcut veriye istinaden belirlenmesi, gerekse de uygulama farkları ile ön veri-işlem aşamalarından daha karmaşıktır. Bu aşamaların gerçekleştirilmesi için kullanılan veri-işlem akış diyagramı Şekil 1.8’de verilmektedir.

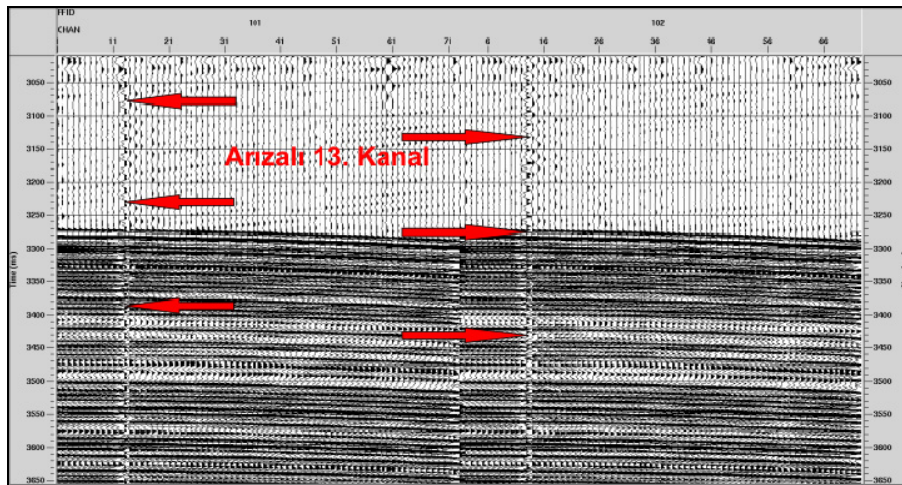


Şakil 1.8 İleri veri-işlem aşamalarına ait akış diyagramı.

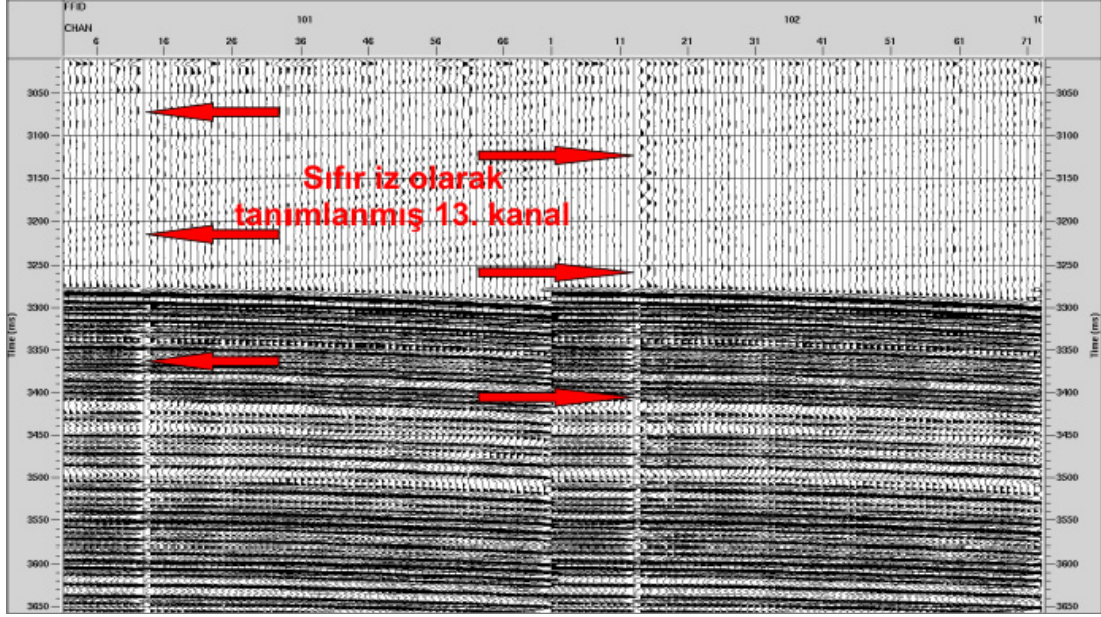
1.3.2.2.1. Süzgeçler ve İstenmeyen Kısımların Veriden Atılması

İleri veri-işlem aşamalarının ilki olan bu aşama, çeşitli veri analizlerine bağlı süzgeçleri ve verinin istenmeyen bir kısmının yada arızalı bir kanalın düzgün olmayan sinyallerinin veriden atılması gibi işlemleri kapsar. Bu amaçla, belirlenecek parametrelere bağlı olarak her bir süzgeç modülü veriye ayrı ayrı uygulanabileceği gibi parametrelerin tamamı belirlenerek uygulanmak istenen modüller sırasıyla akış diyagramına eklenerek tek seferde bütün işlemler de uygulanabilir. Bu bölümde ikinci yöntem olan parametreleri belirlenmiş bütün modüllerin tek seferde uygulanması gerçekleştirilmiştir ancak görsellik açısından modüllerin uygulamaları ve anlatımı ayrı ayrı gösterilecektir.

(i) Kötü izlerin veriden atılması: Bu aşamada, veriden istenmeyen bir kısmın, bir veya birden fazla kanalın veriden atılması gibi işlemler gerçekleştirilmiştir. Veri setinde düzgün olmayan atış birikimleri ve arızalı kanallardan ileri gelen bozuk sinyaller bu aşamada veriden atılmıştır. Veri setinin en belirgin problemi olan alıcı kanal 13'ün arızalı oluşu (Şekil 1.9), bütün atış gruplarında bu kanaldan düzgün veri elde edilememesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla veri setinden her atış birikimi için bu kanalın kaldırılması veya başka bir deyişle o kanal için sıfır iz tanımlanması gerekmektedir. Veri-işlem yazılımının uygun modülü yardımı ile veri setinde bu kanal için sıfır iz tanımlanmıştır (Şekil 1.10).



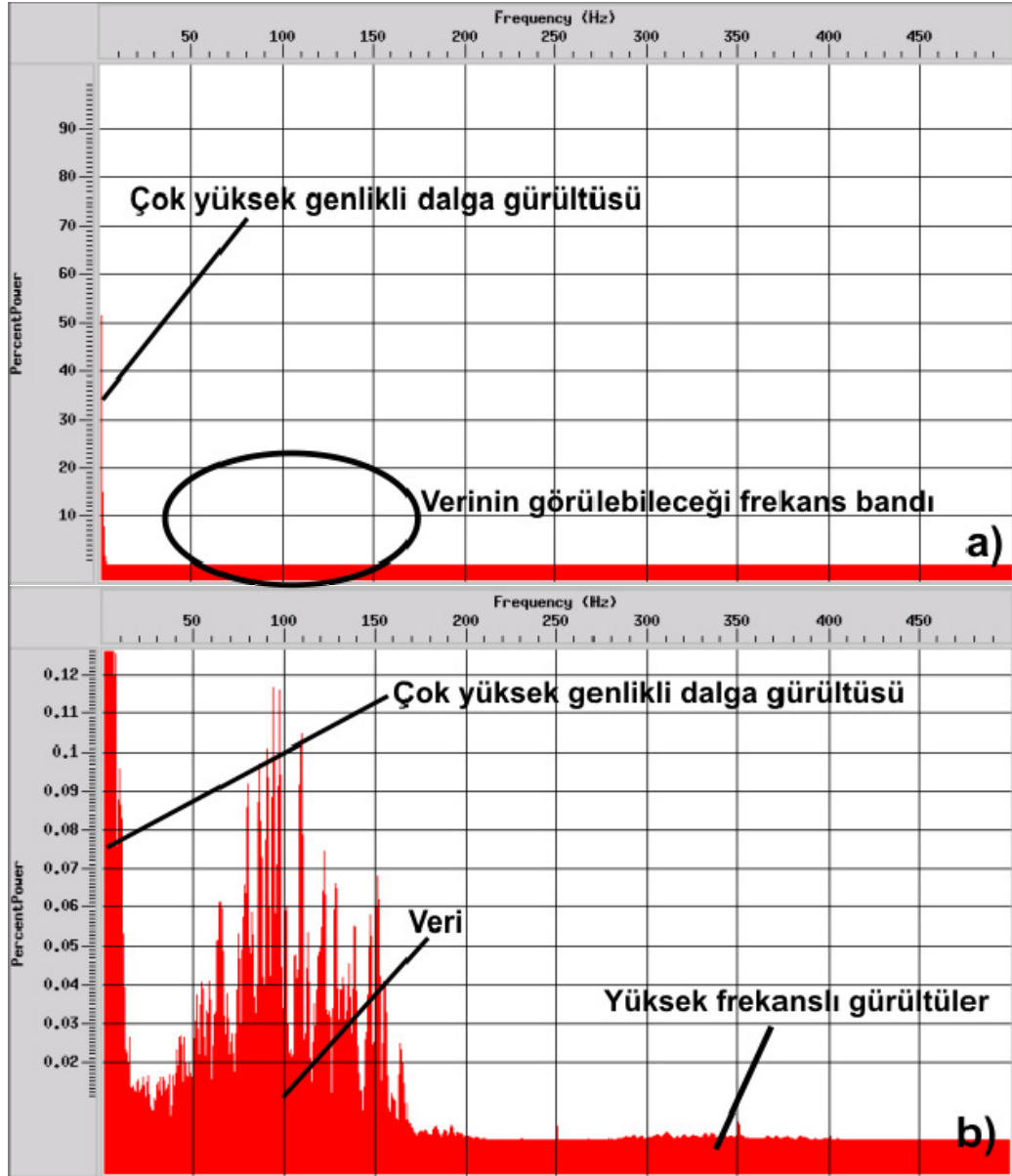
Şekil 1.9 Yan yana getirilmiş iki atış grubunda arızalı 13. kanalın görünümü.



Şekil 1.10 Sıfır iz olarak tanımlanmış 13. kanal.

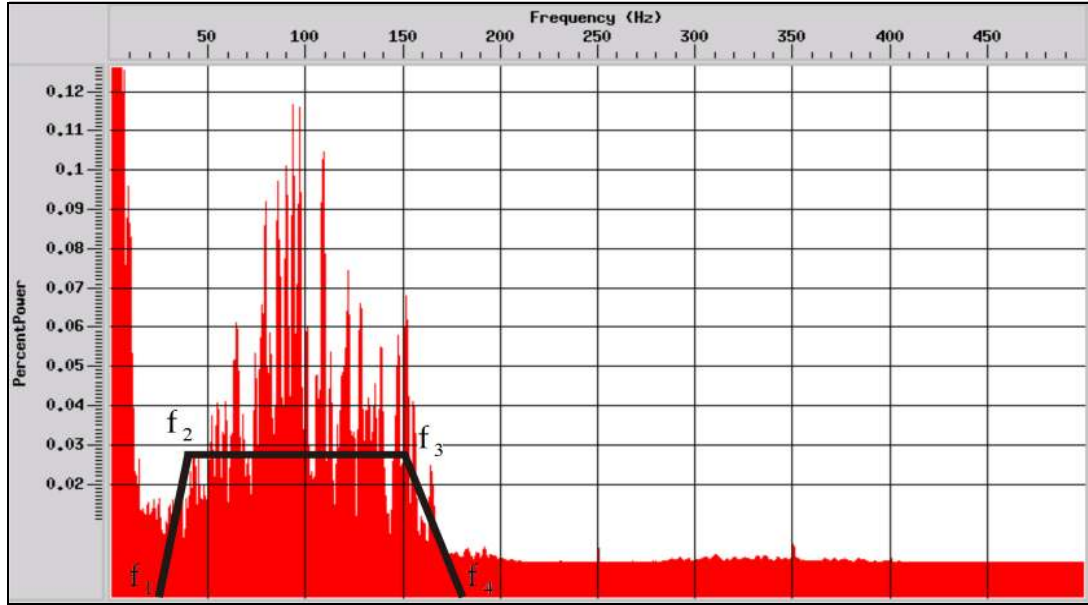
(ii) Filtre uygulamaları: Toplanan verinin belirli bir frekans bandında olması ve bu bandın dışında kalan kısmın gürültü olması nedeniyle bant geçişli süzgeç uygulanmıştır. Ancak bant geçişli filtre uygulamalarında uygun köşe frekanslarının belirlenmesi amacıyla öncelikli olarak her sismik hat için ayrı ayrı spektral analiz gerçekleştirilmiştir. Spektral analiz, istenen her atış noktası için, atış gruplarının frekans içeriğinin görülmesini ve veri olarak sayılabilecek kısmın frekans bandının seçilmesini sağlamıştır.

Giriş verisi olarak ön veri-işlem aşamalarının sonuncusu olan, geometrisi tanımlanmış veri seçilmiştir. Spektral analiz penceresinin, ilk etapta yüksek genlikli bir sinyalden başka bir şey göstermesi mümkün olmayacaktır. Bunun sebebi, su kolonu içerisindeki muhtelif gürültülerdir. Bu gürültüler gemi kaynaklı gürültüler ve deniz üstündeki solugan olarak tabir edilen kaba dalgalar (swell) olarak düşünülebilir. Spektral analiz penceresinde böyle büyük genlikli bir gürültünün oluşu, asıl verinin frekans bandının görülmesine engel olmaktadır. Verinin frekans bandını görmenin yolu ise spektral analiz penceresinde yakınlaştırma (zoom) yapmaktan geçmektedir (Şekil 1.11a ve Şekil 1.11b). Böylece verinin hangi frekans bandında olduğu rahatlıkla seçilebilir hale gelecektir.

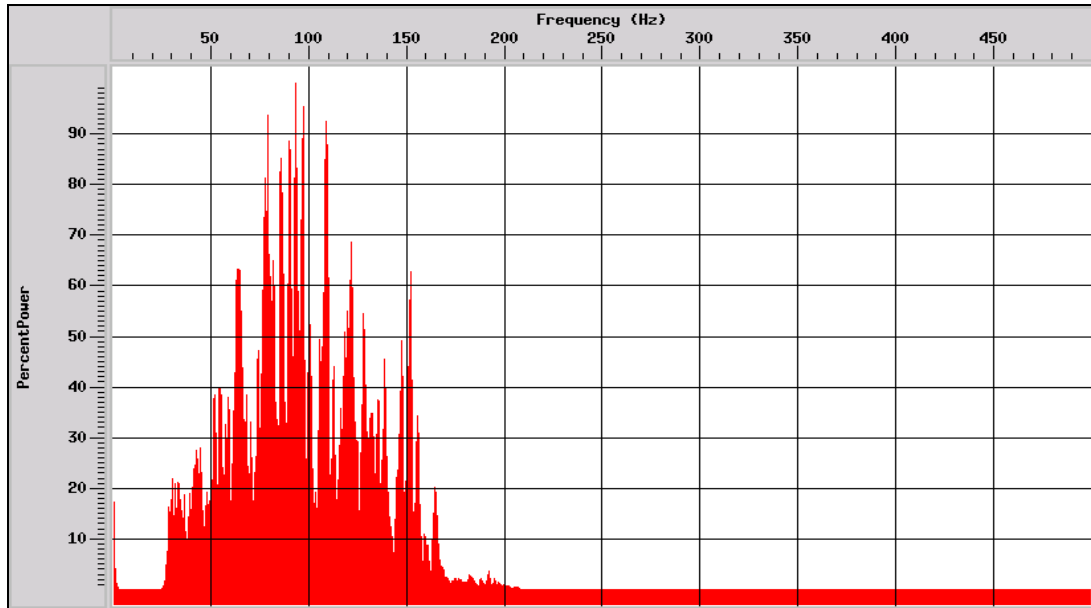


Şekil 1.11 Sismik verinin spektral analizine ait; a) yakınlaştırma yapılmamış, b) yakınlaştırma yapılmış penceresi.

Bu aşamadan sonra bant geçişli süzgeç parametreleri seçilecektir. Bant geçişli süzgeç uygulaması için “Ormsby” süzgeç türü tercih edilmiştir. Bu süzgeç türü, sadece köşe frekanslarına (f_1 , f_2 , f_3 ve f_4) ihtiyaç duyması ile kolaylık sağlamaktadır. Zaman ortamında uygulanan süzgeç, köşe frekansları 25,40,150 ve 180 Hz olarak ve süzgeç boyu 800 ms seçilerek bant geçişli süzgeç (Şekil 1.12) verilere uygulanmıştır. Daha sonra, süzgeç işlemi uygulanmış veriye spektral analiz yapılırsa, seçilen frekans bandının dışında kalan kısmın, yani gürültülerin veriden atıldığı görülür (Şekil 1.13).



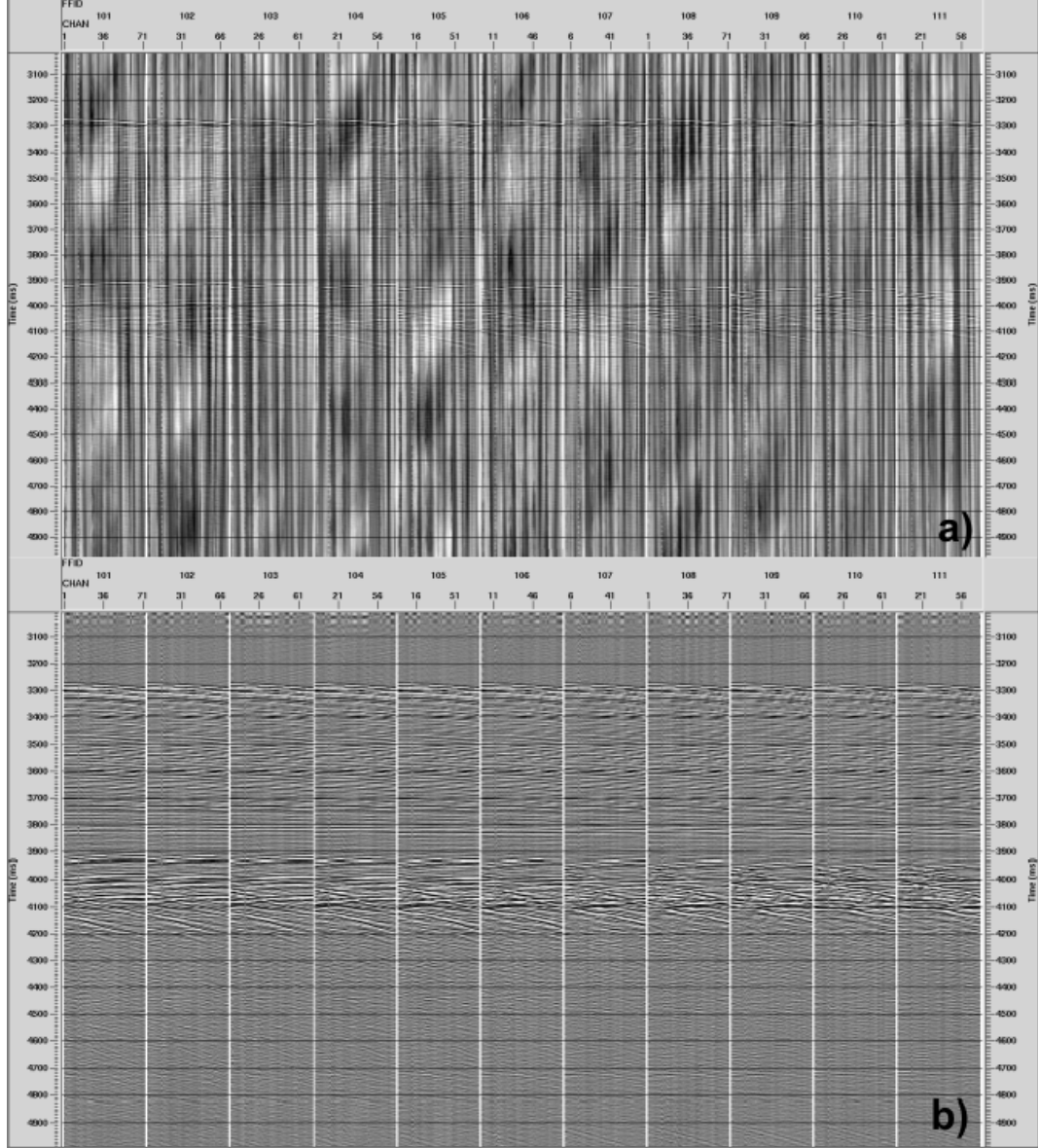
Şekil 1.12 Köşe frekanslarının seçimini gösteren spektral analiz penceresi.



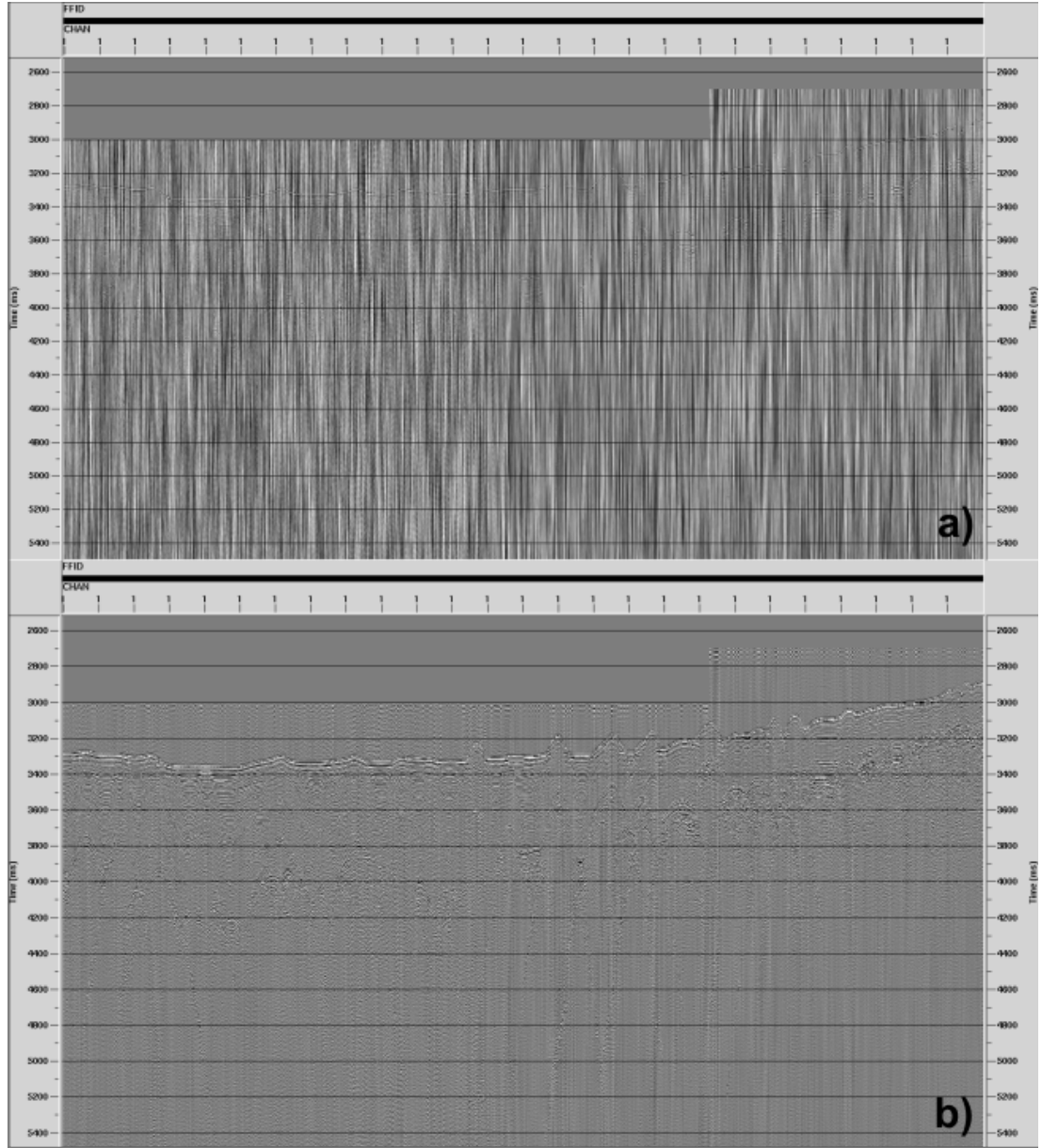
Şekil 1.13 Bant geçişli süzgeç uygulamasından sonra elde edilen verinin spektral analizi.

Bu aşamada süzgecin frekans ortamında değil de zaman ortamında uygulanmasının sebebi işlem süresini kısaltmaktır. Şayet zaman ortamında olan veri frekans ortamında filtrenmek istenirse, veri setinin tamamının “Fourier” dönüşümü ile frekans ortamına aktarılması, daha sonra filtrenmesi ve son olarak da ters “Fourier” dönüşümü ile tekrar zaman ortamına aktarılması gerekmektedir. Öte yandan, veri-işlem yazılımının sunduğu kolaylık olarak ve işlem süresinin kısılacağı

sebebiyle zaman ortamında süzgeç uygulamak bu aşamada tercih edilmiştir. Ayrıca belirlenen parametreler yardımı ile uygulanan süzgeç sonrası verinin atış birikimi olarak (Şekil 1.14a ve Şekil 1.14b) ve tek kanallı olarak (Şekil 1.15a ve Şekil 1.15b) gösterimi gürültünün büyük bir kısmının veriden atıldığını göstermektedir.

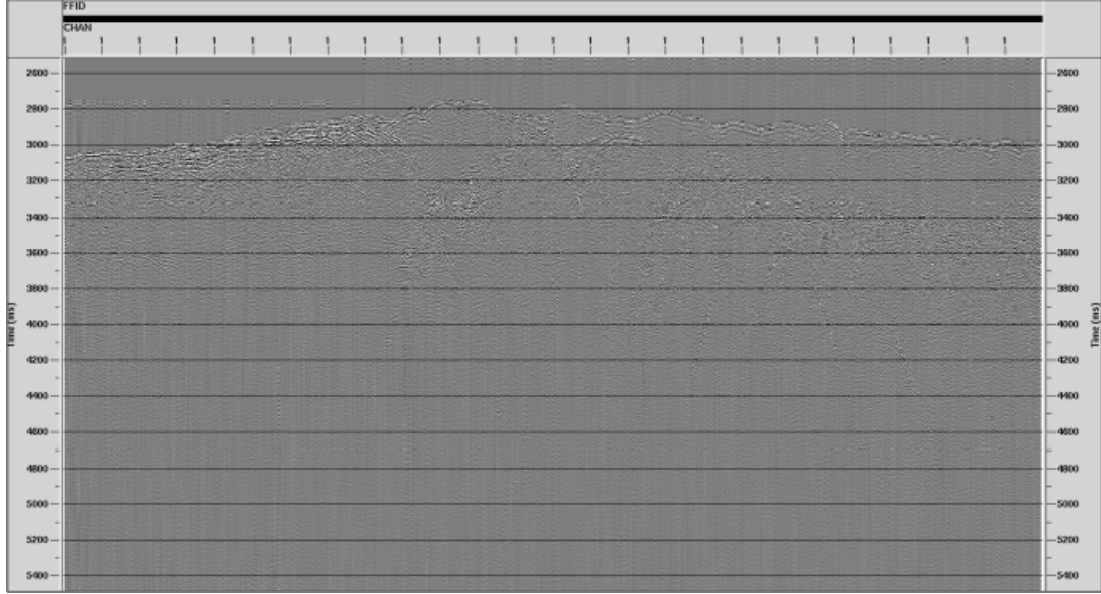


Şekil 1.14 Atış birikimlerine ait; a) süzgeç uygulanmamış, b) süzgeç uygulanmış sismik veri.



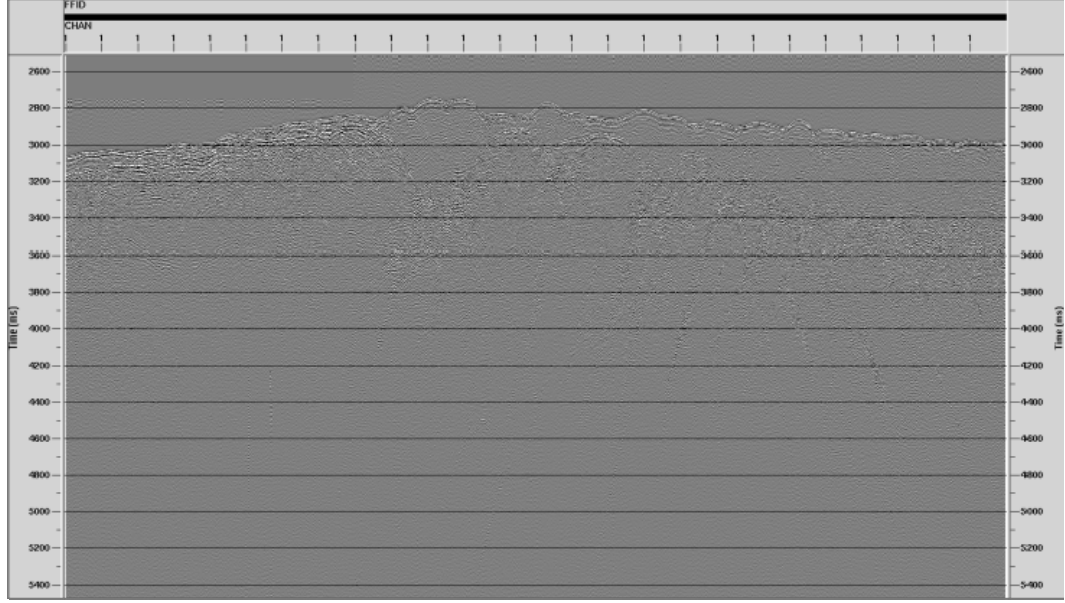
Şekil 1.15 Tek kanallı veriye ait; a) süzgeç uygulanmamış, b) süzgeç uygulanmış sismik veri.

Süzgeç uygulamaları içerisinde yer alan diğer bir süzgeç türü ise şekillendirme süzgeçleri arasında yer alan spektral şekillendirme süzgecidir. Veri setinde bant geçişli süzgece rağmen veriden atılması mümkün olmayan ve düşeyde bir profil boyunca kendini desen gibi gösteren bazı gürültüler de mevcuttur (Şekil 1.16). Bu tipteki gürültüleri frekans özellikleri ile veriden atmak mümkün olmadığı için genlik farkları yardımıyla veriden atmak mümkün olmaktadır.



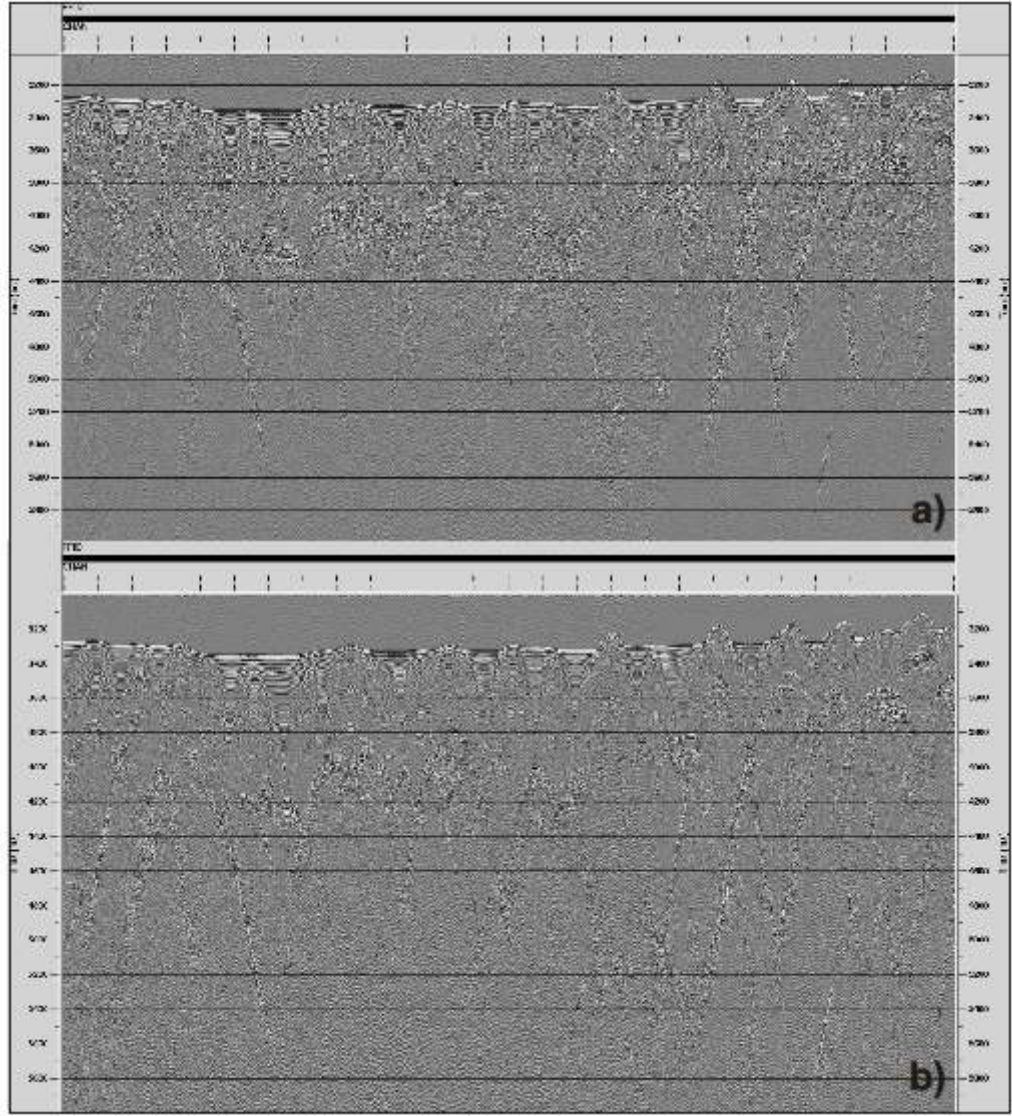
Şekil 1.15 Veri setinden atılamayan ve düşeyde kendini desen şeklinde gösteren gürültüleri gösteren tek kanallı veri görünümü.

Spektral şekillendirme süzgeci tercihe bağlı olarak hem beyazlatma hem de genlik bağımlı süzgeç uygulamalarında kullanılabilir. Bu aşamada sadece genlik bağımlı süzgeç tercih edilmiştir. Süzgeç ile ilgili dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta ise süzgecin sıfır fazlı bir filtre gibi davranması, buna karşılık da veri setinin minimum fazlı sinyallere sahip olmasıdır. Bu durumda veriye zarar vermeden süzgeci uygulayabilmek için parametrelerin çok keskin değerler olmaması gerekmektedir (Adam GOGACZ ile kişisel görüşme, 2009). Önceki anlatımlarda bant geçişli filtreden sonra yapılan spektral analiz penceresine bakılacak olursa genliği normal veri setine göre çok yüksek değerlere ulaşan kısımlar dikkati çekmektedir ve gürültünün, genliği yüksek kısımlardan kaynaklandığı filtre sonrası çıktılardan da anlaşılmaktadır (Şekil 1.16). Filtrenin uygulanması sırasında 25 Hz için genlik değeri sıfır, 40 Hz için 100, 300 Hz için 100 ve 500 Hz için 0 genlik değeri olan ve çok geniş trapezoid şekilli bir süzgeç kullanılmıştır. Süzgeç sonrası çıktı incelenecek olursa veri üstünde bu tip gürültülerin atılması adına çok faydalı olduğu açıkça görülmektedir. Ancak bu gürültünün kaynağının ne olduğu ile ilgili bir sonuca ulaşılamamıştır. Bununla birlikte gürültünün genlik değeri 100 olarak görülmektedir.



Şekil 1.16 Spektral şekillendirme filtresi sonrası çıktı verisinin tek kanallı gösterimi.

(iii) Kazanç işlemi: Veri işlem uygulamalarının bu aşamasında sismik sinyalin kaynaktan itibaren küresel olarak yayılmasına ve kat ettiği ortamlar boyunca soğurulmasına bağlı olarak oluşan enerji kayıpları giderilmeye çalışılmıştır. Bu kayıplar için iki farklı genlik dengeleme işlemi olan gerçek genlik düzeltmesi (TAR) ve otomatik kazanç kontrol (AGC) işlemleri uygulanmış ancak veri setinin tamamında otomatik kazanç kontrolü daha yeterli sonuçlar vermiştir. Verinin neredeyse tamamında operatör uzunluğu 1500 ms olarak alınmıştır. Bu işlem yardımıyla düşeyde varlığı belli olmayan pek çok sinyal görünür hale getirilmiştir. Bu işlem ayrıca migrasyon işleminden sonra da bant geçişli filtre ile tekrar uygulanacaktır. Migrasyon sonrası işlemlerde de görüleceği gibi neredeyse 4 saniyeye ulaşan su derinliklerinde yaklaşık 7 saniyeye kadar penetrasyonun varlığı kazanç işlemleri sayesinde ortaya çıkarılmıştır. İlerleyen kısımlarda migrasyon sonrası işlemlerde de bu duruma görsel olarak değinilecektir. Ayrıca veri setindeki hatlardan birine kazanç işlemi uygulanmış ve uygulanmamış veri Şekil 1.17a ve Şekil 1.17b’de gösterilmektedir. Şekil 1.17’ den de anlaşılacağı gibi kazanç işlemi uygulanmamış veri de genlikler verinin üst kesimlerinde baskınken kazanç işlemi uygulanmış veri de derin kesimlerde de genlikler gözükmeye başlamaktadır.

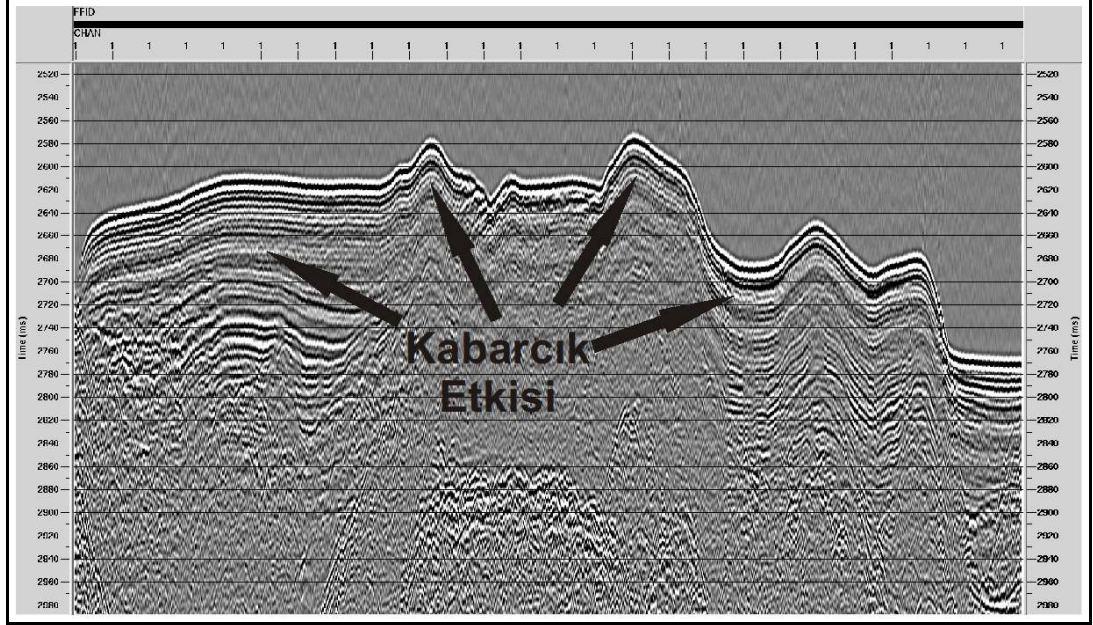


Şekil 1.17 AGC işlemine ait; a) kazanç uygulanmamış, b) kazanç uygulanmış tek kanallı sismik veri.

1.3.2.2.2. Dekonvolüsyon

Veri-işlem adımlarının bu aşamasında ayrımlılığı arttırmak ve tekrar eden sismik izleri ortadan kaldırmak üzere iki farklı dekonvolüsyon türü olan iğnecikleştirme (spiking) dekonvolüsyonu ile kestirim (predictive) dekonvolüsyonu türlerinden kestirim dekonvolüsyonu tercih edilmiştir. Oluşturulan veri-işlem akış diyagramı içerisinde iki farklı ve minimum fazlı kestirim dekonvolüsyonu art arda uygulanmıştır.

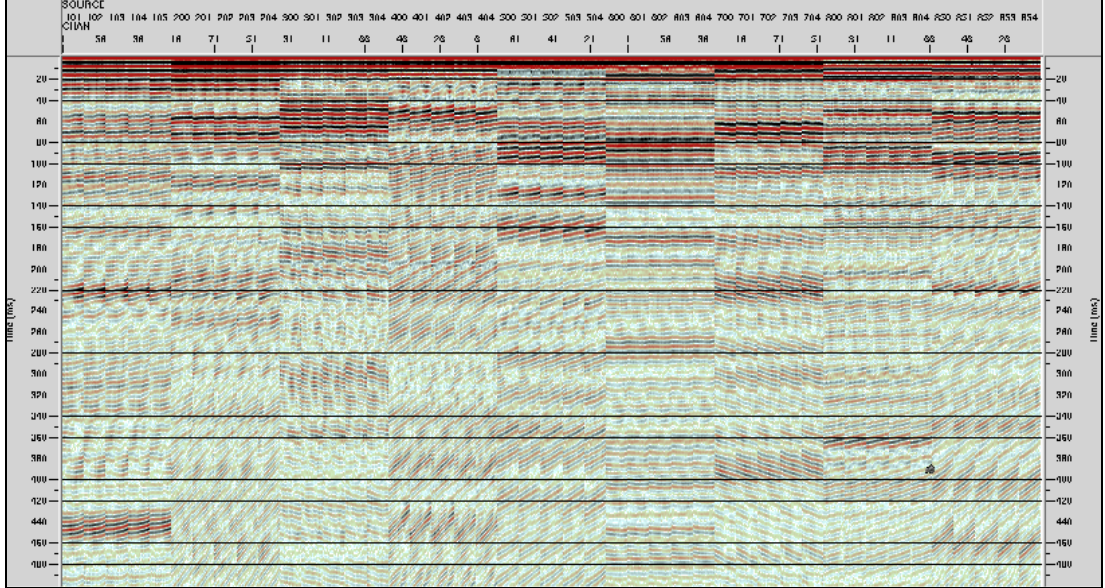
İlk dekonvolüsyon uygulaması, izlerde istenmeyen kısımların sinyallerin kuyruklarının bastırılması için yapılmış ve parametreleri bu duruma uygun olarak belirlenmiştir. İkinci dekonvolüsyon uygulaması ise deniz tabanından itibaren kendini tekrar eden kabarcık (buble) etkisini (Şekil 1.18) gidermeye yönelik uygulanmıştır.



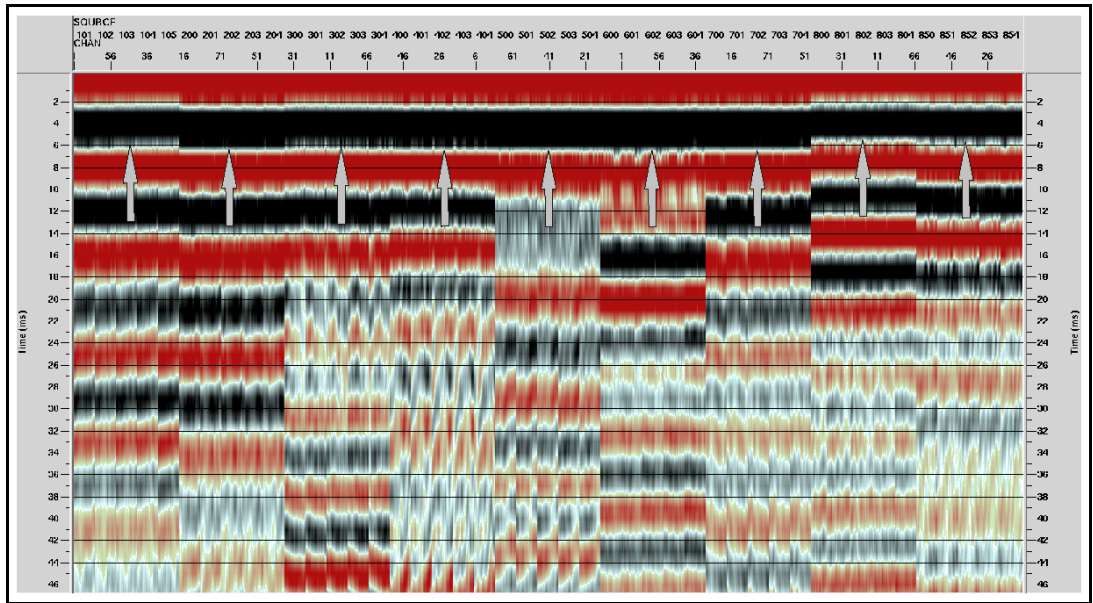
Şekil 1.18 Kabarcık (buble) gürültüsünün görüldüğü verinin tek kanallı görünümü.

Dekonvolüsyon için ilk olarak özilişki (otokorelasyon) sonucunun görüntülenmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.19). Özilişki sonucunun görüntülenebilmesi için atış grupları, hatların toplam atış miktarına göre, hat kısa ise 10 - 15 atışta bir, hat uzun ise 15 - 30 atışta bir görüntülenmiş ve deniz tabanının 100 ms kadar üstünden özilişki penceresi işaretlenmiştir. Bu noktada deniz tabanının 100 ms kadar üzerinden işaretlenmesinin sebebi ise atış gruplarının tamamının ekrana getirilememesidir. Tamamı ekrana getirilmesi halinde bu işaretleme uzun süreceğinden dolayı hattın uzunluğuna göre 10, 15, 20 veya 30 atışta bir görüntüleme yapıldığı için arada görülemeyen atışlarda mevcuttur. Her atış grubundaki işaretlemeye göre gözükmeyen atışlar için enterpolasyonla yazılım otomatik olarak işaretlemeyi yapmaktadır ve görülmeyen atışlarda deniz tabanı seviyesinde değişimler olması ihtimaline karşılık deniz tabanının yansımasının 100 ms üstünden işaretlemeler yapılmıştır. İşaretlemeler sonrası yazılım her atış grubu için işaretleme

seviyesinden itibaren bütün izlerin özilişkisini hesaplar ve görüntüler. Ekranda seçilecek parametreler ise en üstte ekrana gelen sinyalin eksenini ikinci kesiş zamanı ve özilişki penceresi içerisinde operatör uzunluğu belirleme işlemleridir (Şekil 1.20 ve Şekil 1.21).



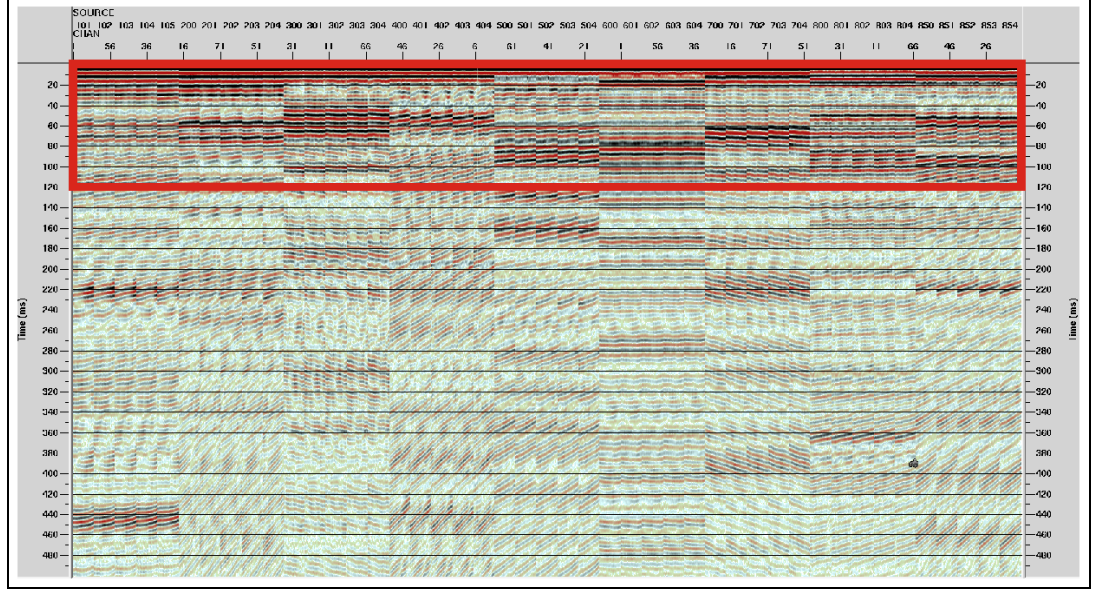
Şekil 1.19 Özilişki sonucu.



Şekil 1.20 Özilişki sonucunda sinyalin zaman eksenini ikinci kesişinin belirlenmesi.

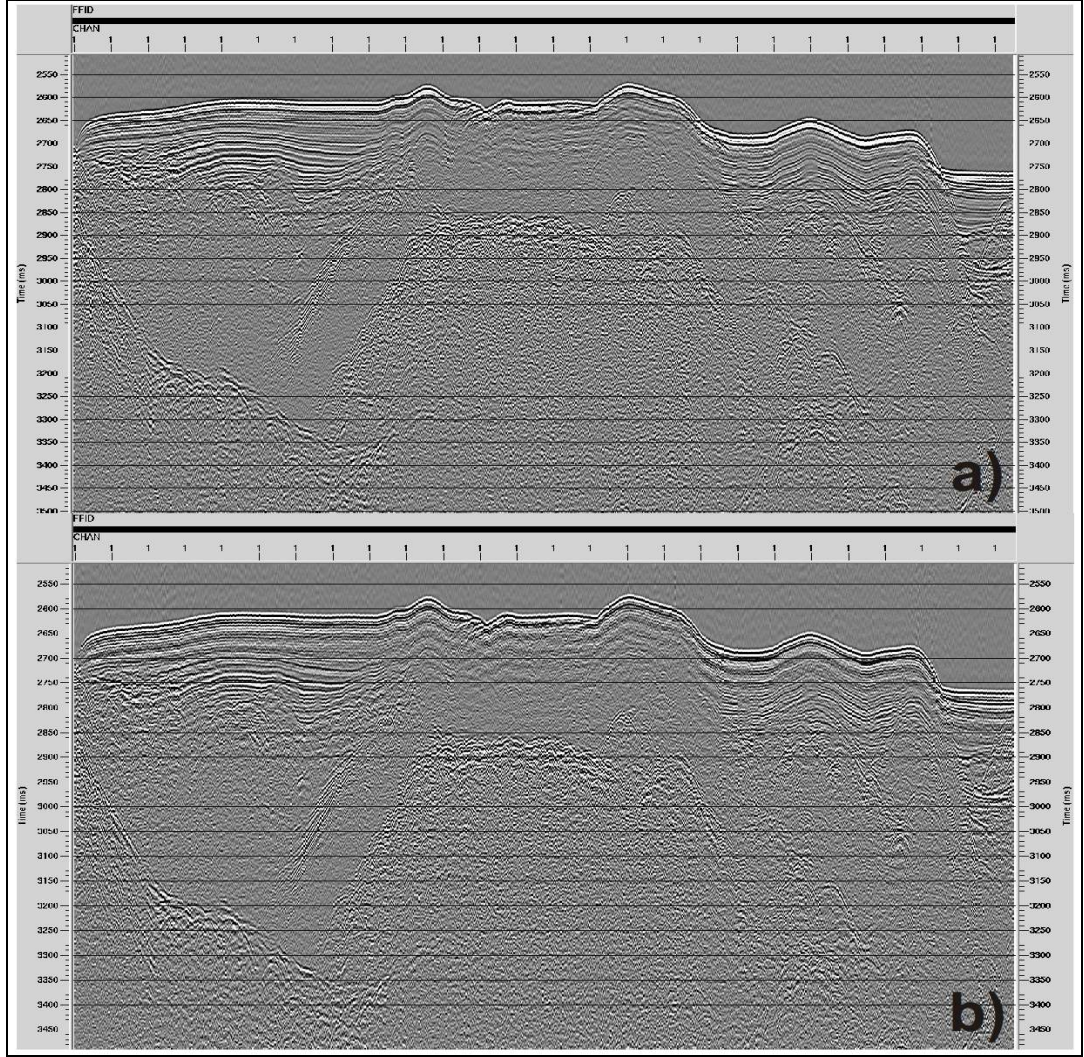
Bu aşamadan sonra yapılacak ikinci bir işlem ise dekonvolüsyon penceresinin belirlenmesidir. Özilişki penceresi için yapılan işaretleme bu aşamada da tekrar edilir

ancak bu kez iki farklı seviye belirlemek gerekmektedir. Deniz tabanının hemen üstünden işaretleme işlemi bütün hat için tamamlandıktan sonra bu sefer taban altında ikinci bir seviye işaretlenir. Çalışmada kullanılan veriler için bu seviyelerin farkı 1 s olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 1.21 Dekonvolüsyon operatör boyunun belirlenmesi.

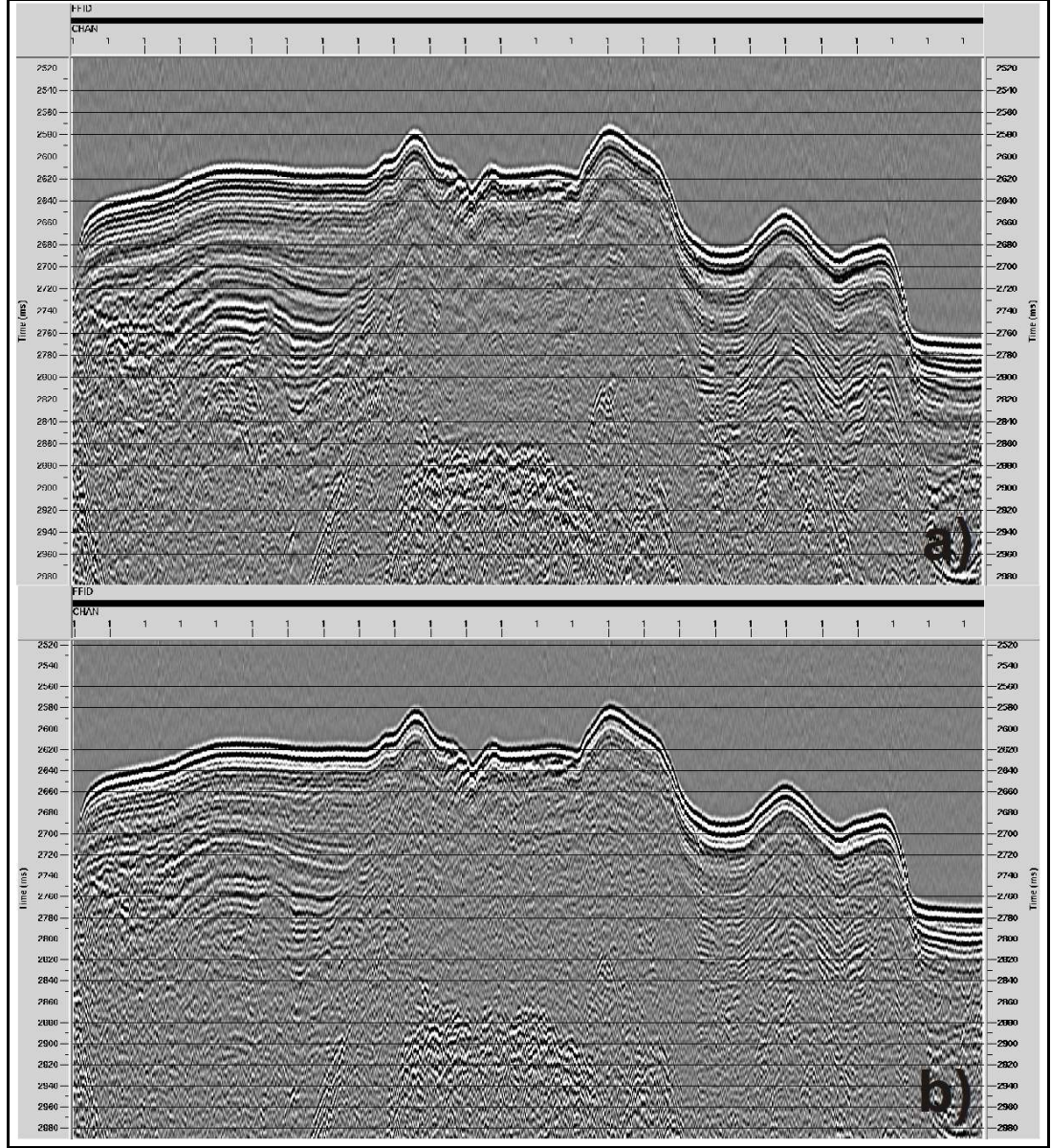
Belirlenen bu parametreler, yazılımın dekonvolüsyon modüllerine girildikten sonra dekonvolüsyon başlatılır ve dekonvolüsyon uygulanmış veri için ikinci bir özilişki penceresi ekrana getirilir. Bunun sebebi kabarcık etkisinin giderilmesi için kabarcık gürültüsüne ait ilk sinyalin eksenini ikinci kez kestiği zamanı tayin etmektir. Kabarcık etkisini gidermek için veri işlemi yapılan her hatta dekon operatör uzunluğu 250 ms civarında alınmıştır. Bütün bu işlemler sonucu yukarda geçen dekonvolüsyon uygulamaları gerçekleştirilmemiş veri ile dekonvolüsyon uygulaması gerçekleştirilmiş veri Şekil 1.22a ve Şekil 1.22b’ de verilmiştir.



Şekil 1.22 Emed07-22 hattında ayrımlılığı arttırmaya yönelik uygulanmış dekonvolüsyona ait; a) dekonvolüsyon uygulanmamış, b) dekonvolüsyon uygulanmış tek kanallı sismik veri.

Ayrımlılığı arttırmaya yönelik yapılan dekonvolüsyon istenilen sonuçları verirken başka bir gürültü türü olan kabarcık gürültülerinin de ortaya çıkmasına yada daha belirgin hale gelmelerine sebep olmuştur (Şekil 1.20). Bu durumun düzeltilmesi için veriye, tekrar eden kabarcık gürültülerinin bastırılması için yine sıfır fazlı kestirim dekonvolüsyonu uygulanmıştır. Ayrımlılığı arttırmak için kullanılan parametrelerin birçoğu ikinci dekonvolüsyonda da kullanılmış ancak özilişki penceresinde sinyalin zaman eksenini ikinci kez kestiği nokta yeniden belirlenirken önceki özilişki sonucundan yararlanılmıştır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken bir durum ise özilişki penceresi için seçilecek giriş dosyasının, ayrımlılığı arttırmak için uygulanan dekonvolüsyondan sonra alınan çıktı dosyasının olması gerektiğidir. Hemen her hatta kabarcık etkisini gidermek üzere uygulanacak dekonvolüsyon

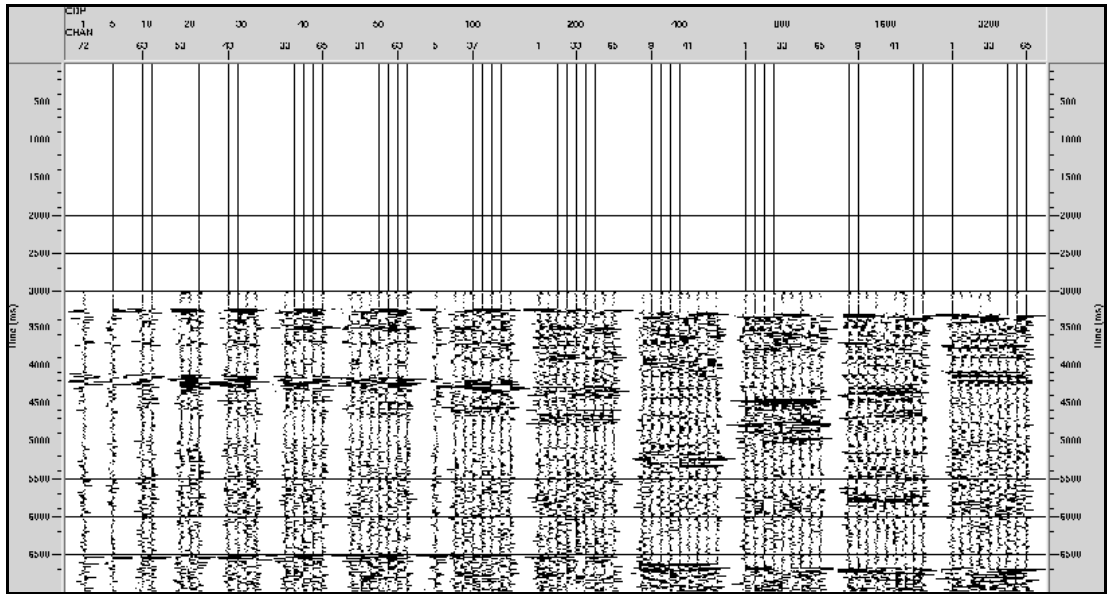
operatör uzunluğu da ayrımlılığı arttırmaya yönelik yapılan dekonvolüsyondan farklı olarak 250 ms alınmıştır. Kabarcık etkisini gidermeye yönelik uygulanan dekonvolüsyon öncesi ve sonrası verinin tek kanallı görünümü Şekil 1.23a ve Şekil 1.23b’ de verilmiştir.



Şekil 1.23 Emed07-22 hattında kabarcık etkisini gidermeye yönelik uygulanan dekonvolüsyona ait; a) dekonvolüsyon uygulanmamış, b) dekonvolüsyon uygulanmış tek kanallı sismik veri.

1.3.2.2.3. Ortak Derinlik Noktası Sıralamasına Geçiş

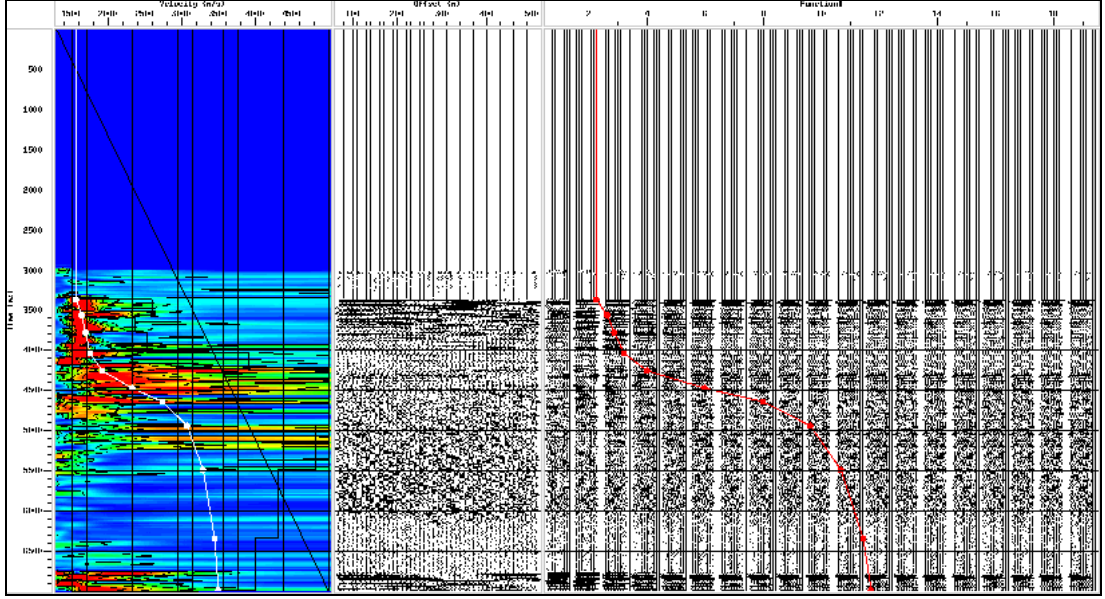
Veri işlemin bu aşaması veri setinin atış gruplarından ortak derinlik noktası gruplarına geçirildiği bölümdür. Bu aşamada herhangi bir parametre belirlenmemekle birlikte ortak derinlik noktalarından gelen sinyaller bir araya getirilmektedir. Yapılması gereken ise bunun için sadece veri-işlem yazılımına ait uygun modüllerin seçilmesidir. Giriş verisi olarak gösterilen veri şayet bu aşamaya kadar bahsi geçen aşamalardan geçirilmiş ise geometrisi de tanımlandığı için katlanma sayısının hesaplanması da dahil olmak üzere bütün ortak derinlik noktası işlemleri yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Veri seti bu dönüşüm tamamlandıktan sonra hattın başı ve sonunda az ve ortalarına doğru artan katlanma sayılarına sahip olur. Bu durumu gösteren ve 6000 cdp lik bir hattın ilk yarısını gösteren ortak derinlik noktası grubu Şekil 1.24’ de verilmiştir.



Şekil 1.24 Ortak derinlik noktası gruplarını gösteren pencere.

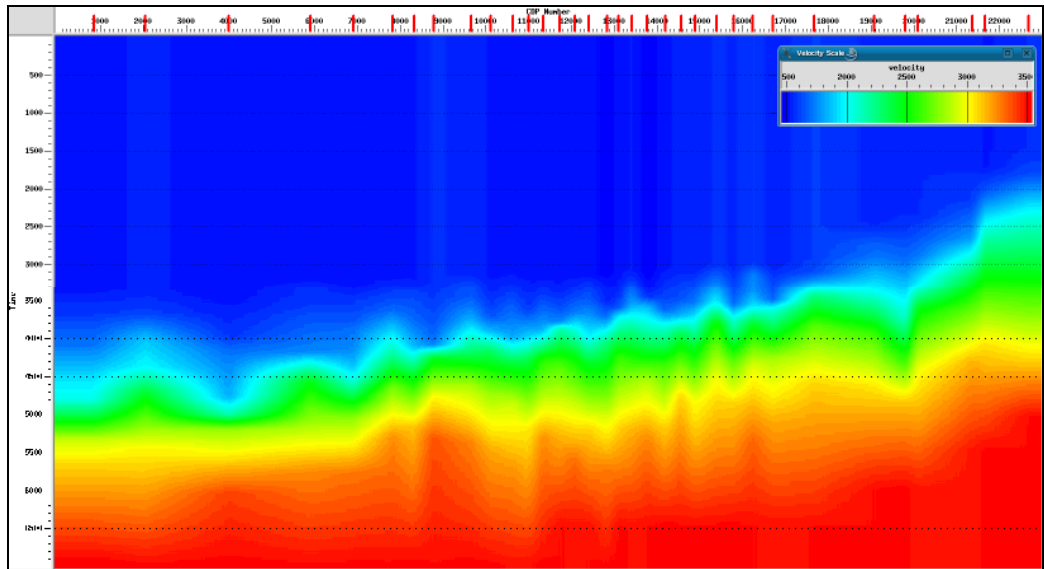
1.3.2.2.4. Hız Analizi

Veri işlemin en zor ve zahmetli kısmı bu aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamada ortak derinlik noktası grupları için düşeyde zaman ile değişen hız değerleri seçilmektedir (Şekil 1.25).



Şekil 1.25 Hız analizine ait örnek işaretleme.

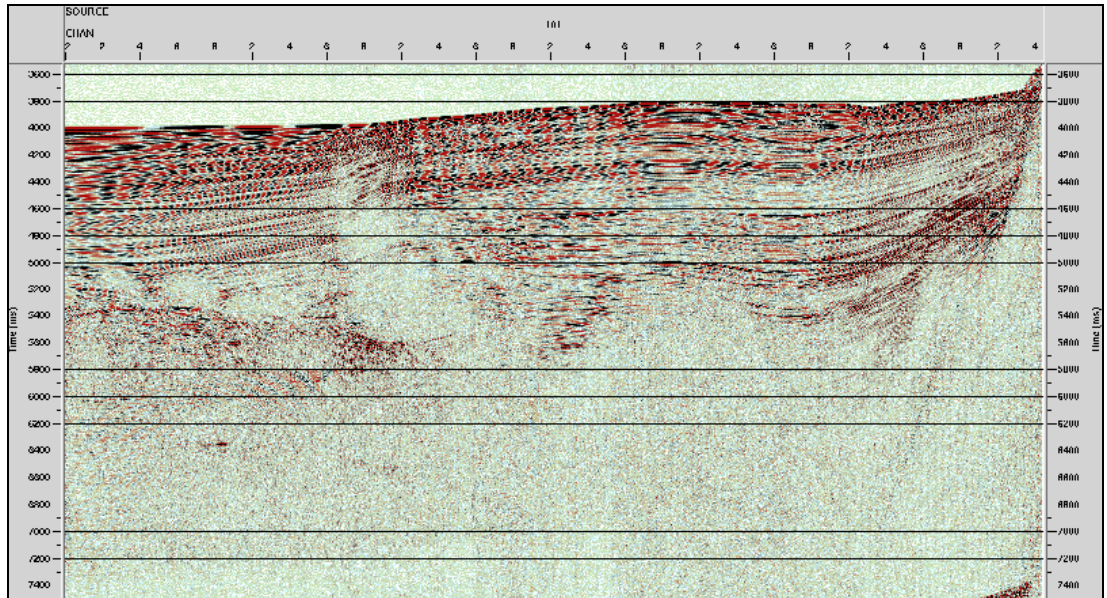
Hız analizi uygulaması belirlenen ortak derinlik noktası aralıklarında uygulanabildiği gibi önceden tayin edilen bazı ortak derinlik noktalarına da uygulanabilmektedir. Bu çalışmada her iki uygulamada gerçekleştirilmiştir. Hattın uzunluğu ile deniz tabanı ve taban altı yapılarının karmaşıklığına göre çok sık yada geniş aralıklarla hız analizi çalışmaları tamamlanmıştır. Her hat için ayrı gerçekleştirilen bu işlem neticesinde hız fonksiyonlarından oluşan hız modelleri elde edilmektedir (Şekil 1.26).



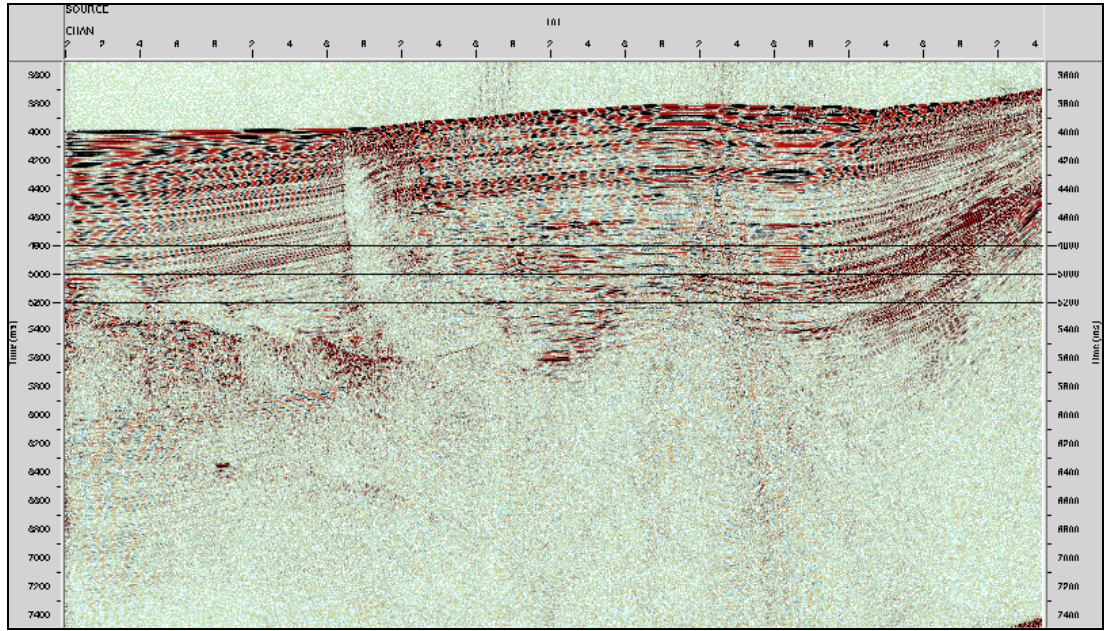
Şekil 1.26 Hız analizi gerçekleştirilen Emed07-20a hattının hız modeli.

1.3.2.2.5. Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi ve Yığma (Stack)

Normal kayma zamanı düzeltmesi ve yığma işlemleri iki farklı veri-işlem aşaması olmasına karşılık hatlar için oluşturulan akış diyagramlarında normal kayma zamanı işlemi, yığma işlemine ait akış diyagramında ve yığma işleminden önce gerçekleştirilmiştir. Bu aşama ortak derinlik noktası sıralamasında olduğu gibi herhangi bir analiz yapılmaksızın gerçekleştirilir. Ancak Şekil 1.25’de de görülen ve hız fonksiyonlarını içeren hız modelleri normal kayma zamanı modülüne her hat için giriş dosyası olarak tanıtılmıştır. Yığma işlemi sonrası elde edilen yığma kesiti Şekil 1.27’ de verilmiştir.



oluşturulmuştur. Bunun sebebi yumuşatılmış olan yığma öncesi oluşturulmuş hız modellerinin migrasyon işleminde bozulmalara yol açmasıdır. Yeni model oluşturma işlemi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada veriye sabit bir hız uygulanarak migrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu değer bütün hatlarda sabit olarak 1500 m/s alınmıştır. Daha sonra migrasyonu yapılmış hatlar ekrana getirilmiş ve 1500 m/s hız değerinin hangi seviyeler için uygun, hangi seviyeler için yüksek yada düşük olduğu belirlenmiştir. İkinci aşamada ise sabit hız migrasyon kesiti için el ile istenilen ODN aralıklarında yeni hız fonksiyonları oluşturulmuş ve sonuç olarak yeni hız modelleri elde edilmiştir. Elde edilen yeni hız modelleri ile yığma kesitlerine tekrar migrasyon işlemi uygulanmış ve migrasyon işlemi her hat için bu şekilde tamamlanmıştır. Migrasyon işlemi tamamlanmış kesit için uygun örnek Şekil 1.28’de verilmiştir.

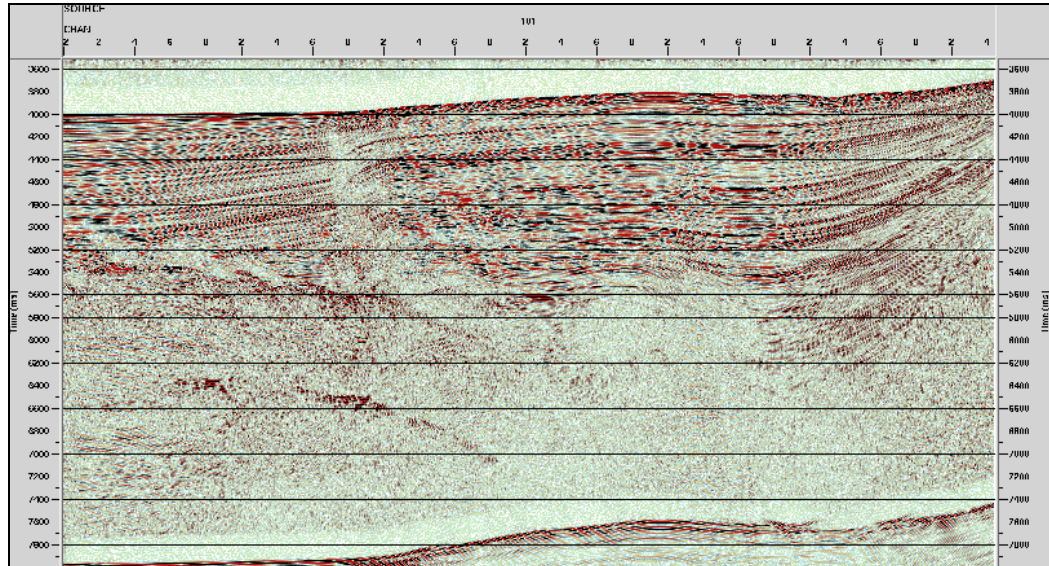


Şekil 1.28 Migrasyon işlemi sonrası kesitin görünümü.

1.3.2.2.7. Migrasyon Sonrası İşlemler

Bu aşamada tamamen görselliği değiştiren ve iyileştirmeye yarayan veri-işlem uygulamalarına yer verilecektir. Migrasyon işleminden geçirilmiş veri, veri-işlem aşamalarının sonlanması olarak düşünülmemelidir. Bunun sebebi, önceki adımlarda bahsi geçen süzgeçler, kazanç işlemleri, istenmeyen kısımların atılması işlemleri olmasına karşılık ilerleyen adımlarla birlikte başka gürültülerin, varlığını o ana kadar

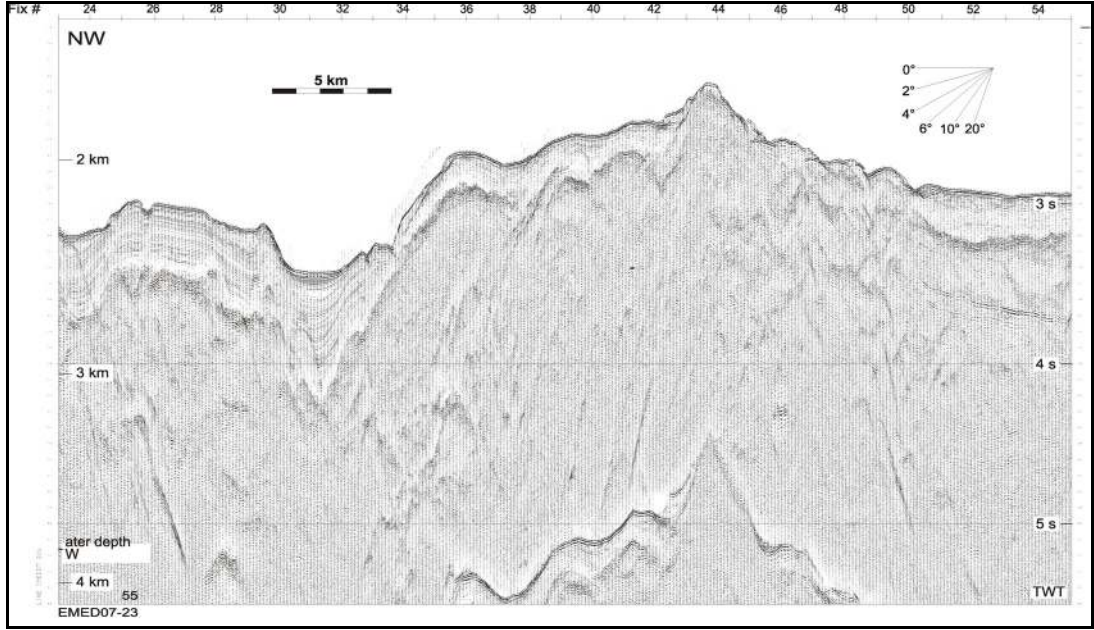
belli etmemiş gürültülerin veya uygulanan veri-işlem adımından sonra ve bu işleme bağlı olarak ortaya çıkan gürültülerin giderilmesi, ayrıca ihtiyaca göre tekrar kazanç ve genlik dengeleme işlemlerine ihtiyaç duyulmasıdır. Bu amaçla migrasyon işlemi sonrası her hatta otomatik kazanç kontrolü, bant geçişli filtre ve iz karıştırma (Trace Mix) işlemleri uygulanmıştır. Otomatik kazanç kontrolü daha önceki adımlarda bahsedildiği gibi aynı parametrelerle düzgün sonuçlar vermiş ve derinlerdeki genlikler daha belirgin hale gelmiştir. Bant geçişli filtre ise bu ana kadar ortaya çıkmış görülen yada görülmeyen gürültülerin giderilmesi amacıyla akış diyagramında kazanç işleminden hemen sonra uygulanmıştır. İz karıştırma ise bu aşamada iki farklı nedenden uygulanmıştır. Nedenlerden ilki sinyal/gürültü oranının yükseltilmesi, diğeri ise üçüncü boyuttan gelen yan etkilerin (side effect) giderilmesidir. Bahsi geçen bütün işlemler olması beklenen sonuçları vermiştir. Bu işlemleri gerçekleştirmek amacıyla kazanç işleminde operatör uzunluğu 1500 ms, bant geçişli filtrede köşe frekansları sırasıyla 25-40-150-170 Hz, ve iz karıştırma işleminde ağırlandırılacak iz sayısı 9 olarak alınmıştır. Ayrıca bu aşamada isteğe bağlı olarak deniz tabanının hemen üstünde işaretleme yapılarak deniz tabanı üstünde yer alan su kolonu kısmıda veriden atılabilir. Parametreleri verilen işlemler sonucu elde edilen çıktı verisi Şekil 1.29'da verilmiştir.



Şekil 1.29 Migrasyon sonrası işlemleri de içeren final kesit.

1.3.3 Sismik Veri Yorumlama

Çalışmaların bu kısmına iki farklı süreçte devam edilmiştir. İlk süreç, Memorial University of Newfoundland – Kanada ‘nın Doğu Akdeniz Laboratuvarında tamamlanmıştır. Bu süreçte yine çeşitli bilgisayar yazılımları, genişletilmiş çıktılar üzerinde el ile yapılan yorumlar ve mevcut yapıların sismik kesitlerden batimetri ve hat haritasına taşınması gibi işlemler kısmen tamamlanmıştır. İkinci süreç ise ilk süreçte tamamlanamayan ve ihtiyaç duyulan diğer jeolojik haritalama işlemlerinin sonuçlandırıldığı aşamadır. İlk süreç içerisinde final kesitler eski bir veri-işlem yazılımı olan “StarPAK” yazılımından geçirilerek bilinen resim dosya biçimleri arasından “Tiff” biçiminde çıktı olarak alınmıştır (Şekil 1.30). Programın en fazla alabileceği ODN sayısı 15000 ve en geniş zaman aralığı 3,5 s olabildiğinden uzun hatlar ve taban morfolojisi çok değişken olan kısımlar birkaç parçaya bölünerek, resim dosyaları halinde çıktıları alınmıştır. Bu aşamadan sonra resim dosyaları uygun çerçeveye oturtulmuş ve gemide verinin toplanması sırasında 10 dakika aralıklarla alınan “Fix” değerleri hatların üstlerinde gerçek yerlerine taşınmıştır (Şekil 1.30). Bu noktada bilinmesi gereken durum ise, koordinat, gemi doğrultusu ve diğer geometrik parametreler gibi “Fix” değerlerinin, zaman ortamında alınmasından kaynaklı “Fix” numaraları arasındaki mesafenin geminin hız değişimine bağlı olarak arttığı yada azaldığı ve dolayısıyla “Fix” aralıklarının eşit olmadığıdır. Bu durum, aralığı eşit olan atış noktalarının hatların üzerine geçirilmesi işleminden daha zor ve zahmetli bir çalışma gerektirmektedir. “Fix” numaraları ve uygun çerçeve resim dosyasının üstüne oturtulduktan sonra resim basılması istenen kağıt boyutuna göre ayarlanmış ve bütün kesitler için A0 kağıt boyu tercih edilmiştir. Daha sonra uygun çizici yardımıyla her hattın parçaları basılmış ve ardından el yordamıyla bu basılan kesitler birleştirilmiştir. Basılan kesitlerin düşey abartısı yaklaşık 16 kat olacak şekilde arttırılmıştır. Bu durum el ile yapılan fayların kesitler üzerinde tayin edilmesi ve birimlerin kesitler üzerinde baştan sona kadar taşınması işlemi olan “Junk Correlation” gibi işlemlerin gerçekleştirilmesini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 1.30 Uygun çerçeve ve fix numaralarının üstüne oturtulduğu kesit.

Kesitlerin baskı ve birleştirme işlemleri ile hazırlanmasının ardından ilk olarak bölgede adından sıkça bahsedilen ve Messiniyen dönemine ait olan yansıtıcı ara yüzey tayin edilerek önce bütün hatları kesen 01a, 01b ve 01c hattlarında “Junk Correlation” işlemi tamamlanmış daha sonra da hatların kesiştiği noktalardan itibaren diğer bütün hatlarda aynı işlem bu ara yüzeyin görülebildiği yerlerde işaretlenmiştir. Aynı işaretleme işlemi, sırasıyla deniz tabanı, Pliyo-Kuvaterner’i iki birime ayıran ara yüzey ve Tortoniyen ara yüzeyi için de gerçekleştirilmiştir. İşaretleme tamamlandıktan sonra kesitler üzerindeki mevcut uyumsuzluklar ve fayların tayini yapılmış ve daha sonra fay, basen, kıvrım gibi yapıların bazıları hat ve batimetri haritalarına taşınmıştır. Bu aşamadan sonra, batimetri haritası üzerine aydınlar kağıdı oturtularak yapıların çizgisellikleri işaretlenmiş ve böylelikle bölgenin kabaca çizgisellik haritası ortaya çıkmıştır. İkinci süreçte veri-işlem aşamaları tamamlanmış hatlar “Pdf” formatında çıktılar halinde kaydedilmiştir. Ayrıca yatayda devam eden olayların işaretlenmesi ve bütün hatlara taşınması işlemiyle deniz tabanı da dahil olmak üzere istenilen birimlerin üst sınırları belirlenerek deniz tabanı kontur haritası, istenilen birimlerin paleo deniz tabanı kontur haritaları ve istenilen birimlerin izopak haritaları çıkarılmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Doğu Akdeniz günümüzde yaygın olarak çalışılan bir alan olmasına karşılık henüz bilim dünyasında kabul görmüş tek ve gerçek bir tektonik ve jeolojik modele sahip olamamıştır. Pek çok bilimsel grup tarafından farklı disiplinlerde çalışmalar gerçekleştirilmiş, ancak bölge üstünde iki farklı grubun ortaya attığı farklı görüşler günümüzde hala en sık karşımıza çıkanlar arasında yer almıştır. Çalışma yapmış grupların ve bölgede günümüze kadar yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı da Tablo 1.2’de gösterilmektedir.

Tablo 1.2 Bölgede gerçekleştirilen çalışmaların yıllara göre dağılımı

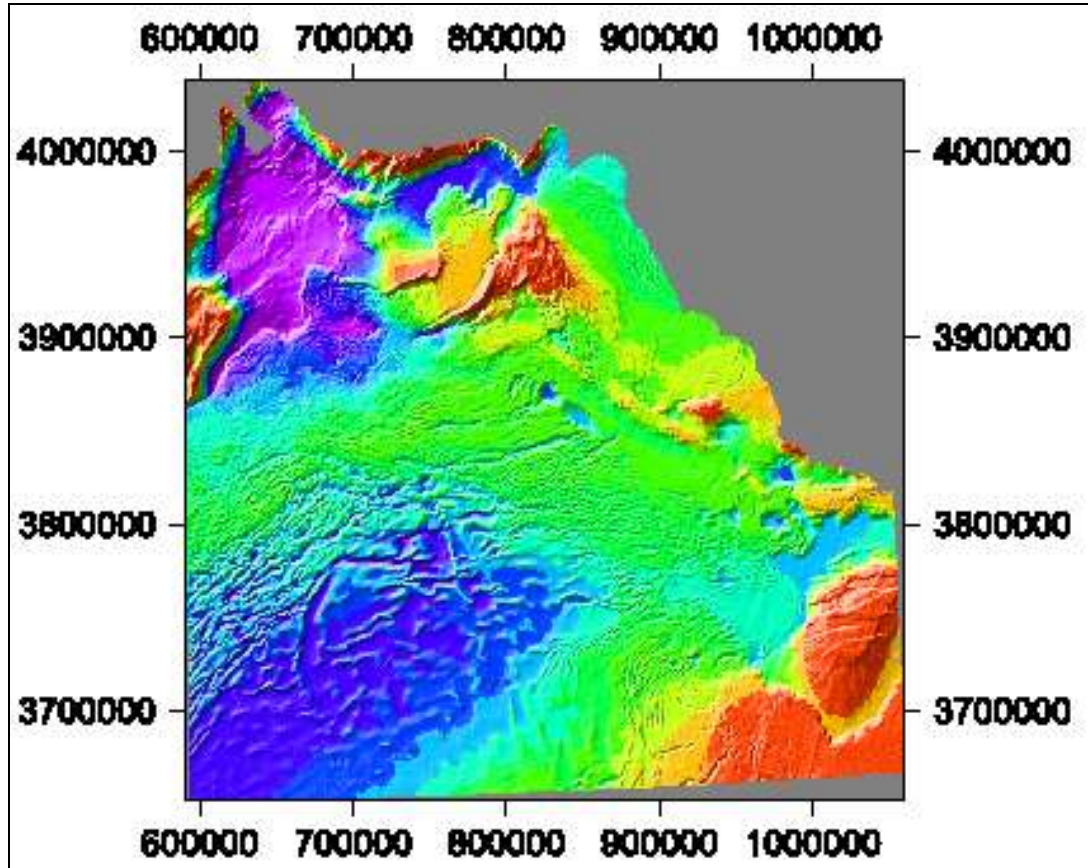
Araştırma Gemisi	Yılı	Toplanan Veri Türü
R/V Chain	1961	Oşinografik veri
R/V Conrad	1965	Gravite verisi
R/V Shackleton	1972	Gravite, Manyetik ve Sismik veri
R/V Shackleton	1974	Gravite, Manyetik ve Sismik veri
D/V Glomar Challenger	1975	Sondaj verisi
R/V Sismik 1	1980	Sismik veri
R/V Bannock	1983	Manyetik ve Sismik veri
R/V Bannock	1986	Manyetik ve Sismik veri
R/V K.Piri Reis	1991	Çok kanallı ve Tek kanallı sismik yansıma verisi ile echosounder verisi
R/V Gelendzhik	1991	Gravite, Manyetik, Sismik, Yanal Tarama Sonarı ve Karot verisi
R/V K.Piri Reis	1992	Çok kanallı ve Tek kanallı sismik yansıma verisi
R/V L'atalante	1995	Batimetri ve Tek kanallı sismik yansıma verisi
R/V Gelendzhik	1996	Gravite, Manyetik, Yanal tarama sonarı ve Karot verisi
R/V Academic Boris Petrov	1997	Oşinografik veri
R/V L'atalante	1998	Batimetri verisi
R/V K.Piri Reis	2001	Çok kanallı ve Tek kanallı yansıma sismiği verisi
R/V Poseidon	2005	Yanal Tarama Sonarı verisi
R/V Meteor	2006	Batimetri, Sub-bottom profiler ve Karot verisi
R/V K.Piri Reis	2007	Çok kanallı ve Tek kanallı yansıma sismiği verisi
R/V K.Piri Reis	2008	Çok kanallı ve Tek kanallı yansıma sismiği ile Chirp verisi

Yapılan çalışmalar incelendiğinde Anaximander ve Anaximenes denizaltı dağlarının karada yer alan Bey Dağları’nın devamı olduğu ancak Anaxagoras denizaltı dağının bu dağlardan tektonik ve jeolojik olarak farklı süreçler geçirdiği ortaya atılmıştır (Oral, 1999). Bu duruma paralel olarak tektonik açıdan Anaximander dağlarının batı kesimlerinin litolojik olarak Bey Dağları’na ait

kireçtaşları ile ilişkili olabileceği ve doğu kesiminin ofiyolitik Antalya karmaşığı ile ilişkili olduğu ortaya atılmıştır (Veen ve diğer., 2004). Ayrıca, Anaximander ve Anaximenes denizaltı dağının Pliyo-kuvaterner boyunca yükselme ve rotasyon hareketlerine uğradığı, Anaximenes dağının eş zamanlı olarak saat yönünün tersine rotasyon yaptığı ve bu sırada Anaxagoras dağı ile Florans yükseliminin saat yönünde rotasyon yaparak günümüz morfolojisine geldiği ileri sürülmüştür (Aksu ve diğer., 2009). Bununla birlikte, Anaximander dağlarının Helenik ve Kıbrıs yayı ile ilişkisi açısından önemli bir bağlantı olduğu ve Anaximander dağlarının Türkiye’ den güneydoğuya doğru “Riftleşme” ile ayrıldığı öne sürülmüştür (Zitter ve diğer., 2003). Çalışma alanının diğer bir kısmı olan Antalya baseni ile ilgili, basenin Anaxagoras denizaltı dağı sınırlarına yakın kısmında görülen ve “Cobblestone” olarak adlandırılan yapıların sıkışma tektoniğine bağlı olduğu ileri sürülmüştür (Oral, 1999). Bununla birlikte, basenin Miyosen’den güncele kadar iki aşamalı olarak deformasyon geçirdiği ve bu aşamaların ilkinin, orta-geç Miyosen’de ikincisinin Pliyosen’den güncele kadar gerçekleştiği ve iki faz arasında Mesinyen geçişi olduğu ortaya konulmuştur (İşler ve diğer., 2005). Antalya baseninin hemen batısında yer alan Finike baseninin oluşumu ile ilgili olarak, Beydağları bloğundaki “Riftleşme” ile etrafındaki yükseltilerden ileri gelen taban eğimlerinden dolayı sedimentlerin bu basene taşındığı, ortaya konan çalışmalar arasındadır (Oral, 1999). Çalışma alanı yakınlarında yer alan Florans yükselimi ile ilgili, Kıbrıs’ın yakınlarında yer alan kesimlerinin topoğrafik bir yükselim gösterirken merkez kısımlarının göreceli olarak daha az bir yükselim gösterdiği ve bu alana ait ana elemanların faylarla bağlantılı olduğu ortaya konan çalışmalar arasındadır (Woodside ve diğer., 2002). Anaximander denizaltı dağları ile ilgili ortaya atılan bir diğer jeolojik olgu ise çamur volkanlarıdır. Anaxiprobe çalışması kapsamında çamur volkanlarının Anaxagoras denizaltı dağında geniş yayılım gösterdiği belirtilmiştir (Oral, 1999). Ayrıca çamur volkanlarının kökenine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bölgede yer alanların genelde biyojenik kökenli olduğu ve bununla birlikte çok az miktarda termojenik kökene dayanan etkiler de içerdiği savunulmuştur (İlhan 2007). Ayrıca, Anaximander denizaltı dağlarında çamur volkanlarının aktifliği ve bu hususta bölgenin önem arz ettiği de ortaya atılan sonuçlar arasında yer almıştır. (Lykousis ve diğ., 2008). Bölgede gerçekleştirilen batimetrik çalışmalar sonucu elde edilen

verilerin büyük bir kısmı bir araya getirilmiş ve 2008 yılında IFREMER tarafından Akdeniz Bölgesi'ne ait ve geniş bir alanı kapsayan batimetri haritası oluşturulmuştur. Bu haritanın Anaximander denizaltı dağları ve yakın çevresine ait olan kısmı Şekil 1.31'de verilmiştir.

Doğu Akdeniz ile ilgili önemli sayılabilecek diğer görüşler ise, Gravite anomalilerinin bölgenin doğusu ile batısı arasında önemli ve keskin bir fark oluşu ve bu farkın kabuk yapısının farklılığından ileri geldiği düşüncesidir (Oral, 1999). Öte yandan, Akdeniz genelinde ve Antalya baseni içerisinde geniş yayılım gösteren evaporitlerin, bütün Anaximander dağlarında takip edilebildiği de bugüne kadar ortaya konulan çalışmalar arasındadır (Oral, 1999).

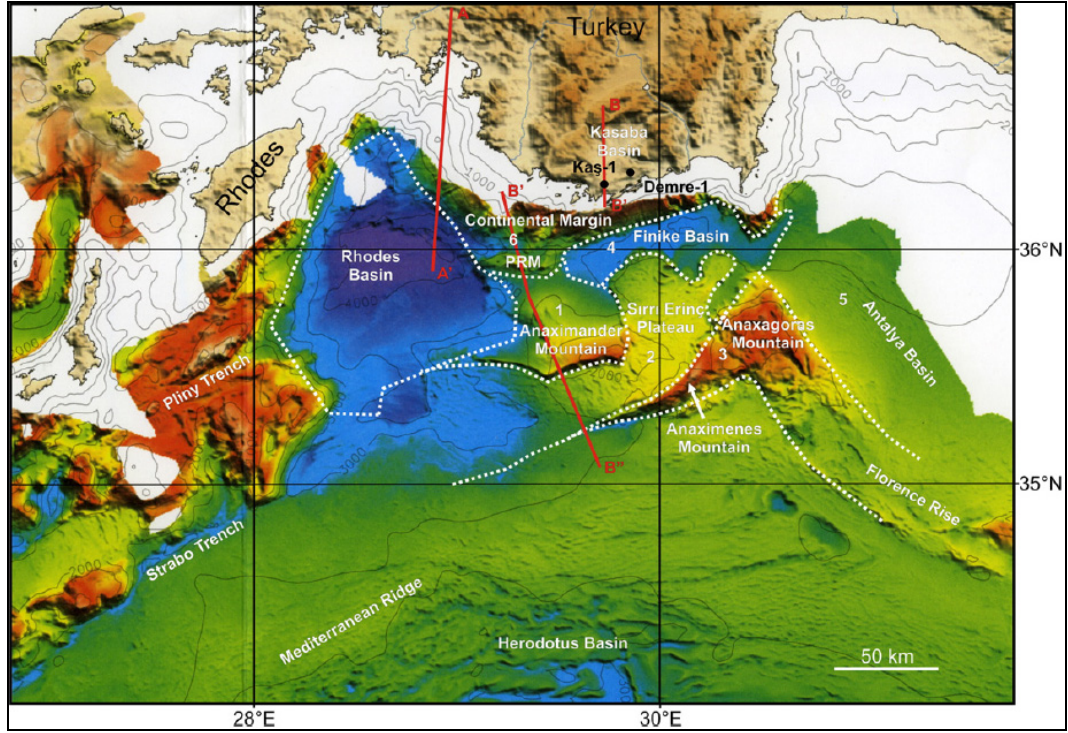


Şekil 1.31 Doğu Akdeniz'e ait genel batimetri haritasının Anaximander denizaltı dağları ve yakın çevresine ait olan kısmı (Medimap Group, 2007)

1.5. Morfoloji

1.5.1. *Anaximander Denizaltı Dağları ve Çevresi*

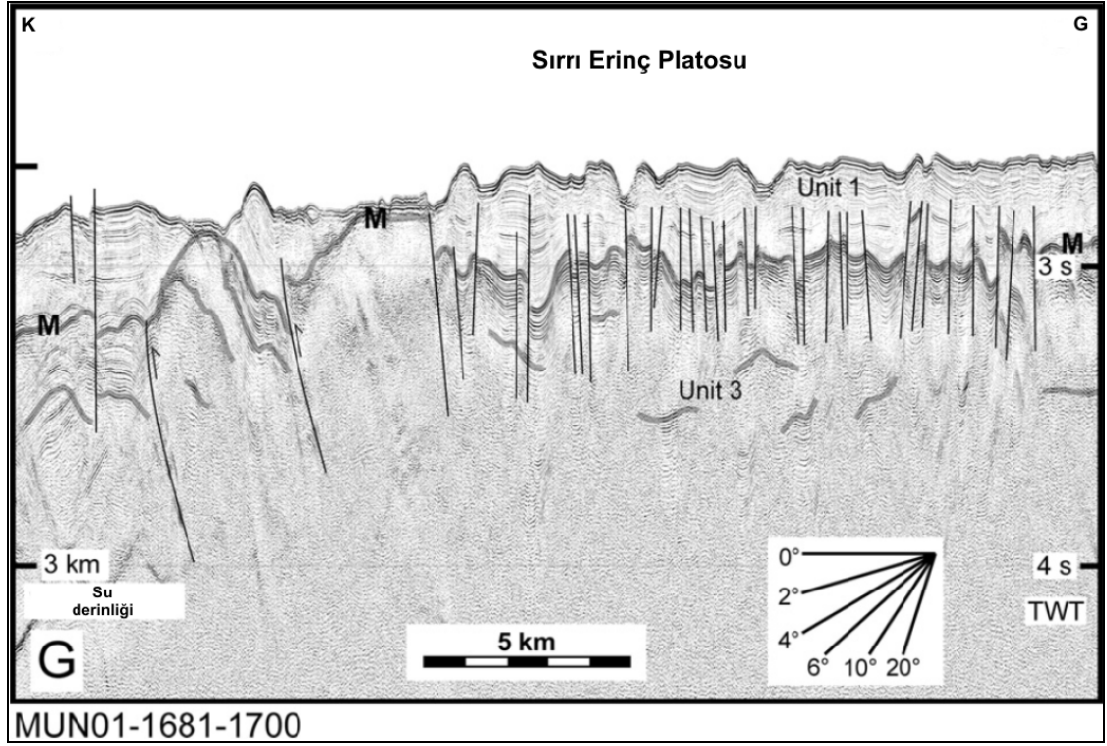
Çalışma alanı, Anaximander denizaltı dağlarının parçası olan Anaxagoras ve Anaximenes denizaltı dağları, Sırrı Erinç Platosunun doğu kesimindeki çok sınırlı bir alanı ve Antalya baseninin güney kesimini kapsamaktadır (Şekil 1.32, Aksu ve diğer., 2009). Çalışma alanının çevresinde yer alan genel jeolojik yapılara bakılacak olursa, alanın kuzeyinde Türkiye'nin güney kıyısını takip eden Toros' ların batı kolu olan Bey Dağları, kuzeydoğusunda Antalya baseni, doğusunda Kilikya baseni, güneydoğusunda Florans yükselimi, güneyinde Heredot baseni, güneybatısında Plini ve Strabo çukurları ile Akdeniz sırtı, batısında sırasıyla Sırrı Erinç Platosu, Anaximander Denizaltı dağı ve Rodos baseni ile kuzeybatısında Finike baseni ve Piri Reis denizaltı dağı yer almaktadır. Ayrıca bu alan, Helen yayı ile Kıbrıs yayının birleştiği alan olarak dikkat çekmektedir. Çalışma alanının en fazla su derinliği, Finike baseninin doğusu civarında ve yer yer 3000 metreden daha derinken en sığ bölge olan Anaximander denizaltı dağlarında yaklaşık 1250 metre civarındadır.



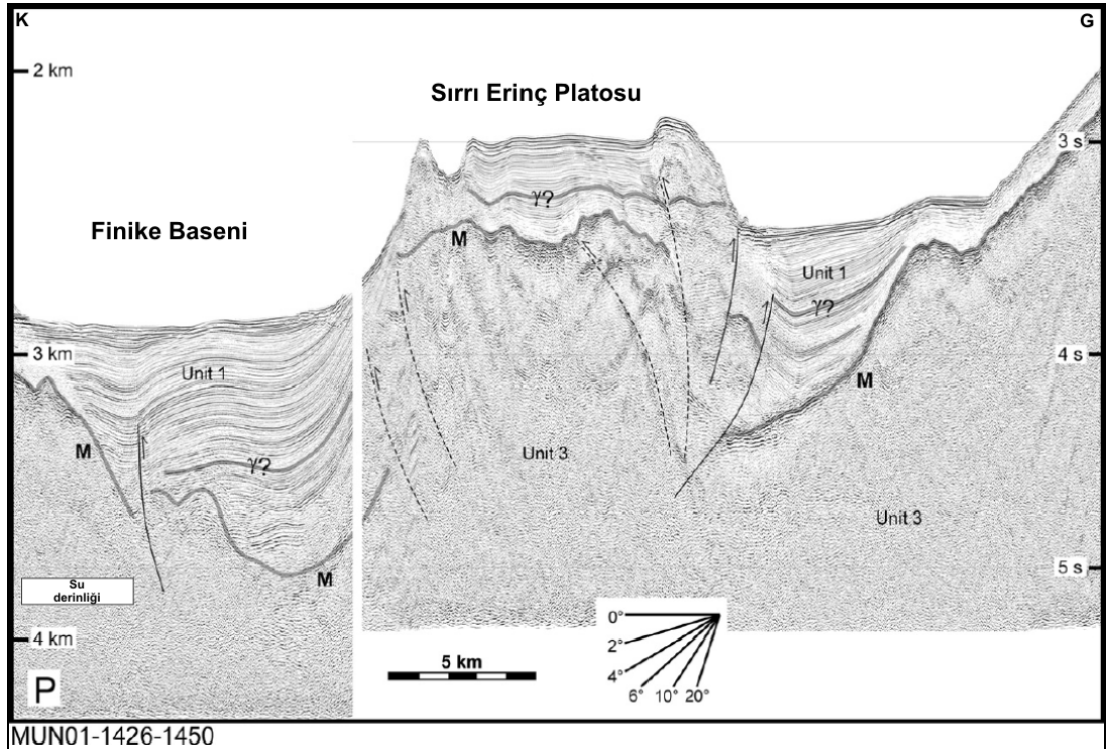
Şekil 1.32 Çalışma alanı ve çevresi (Aksu ve diğer., 2009).

1.5.1.1 Sırrı Erinç Platosu

Sırrı Erinç Platosu, batısında Anaximander, doğusunda Anaximenes ve kuzeydoğusunda Anaxagoras denizaltı dağları ile kuzeyinde Finike baseninin sınırladığı alandır (Aksu ve diğer., 2009). Çalışma alanının batısında ve Anaximander denizaltı dağ silsilesinin ortasında kalan alan ile ilgili bu çalışmadaki sismik verilerin çok kısıtlı olmasına karşılık geçmiş çalışmalarda bu alanda toplanmış sismik veriler bulunmaktadır. Alanın ortalama derinliği 2000 m civarındadır. Plato, batimetri haritasında (Şekil 1.32), Anaximander denizaltı dağlarının arasında kalmış bir düzlük gibi gözükse de geçmiş çalışmalarda yer alan sismik kesitlerden deniz tabanı topoğrafyasının görünenden daha engebeli olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 1.33 ve Şekil 1.34, Aksu ve diğer., 2009). İleriki bölümlerde de gösterilecek olan sismik kesitlerde de yer alan bindirme fayları ve ters faylar, bu alanda da diğer alanlar da olduğu gibi sıklıkla görülmektedir (Şekil 1.37 ve Şekil 1.38).



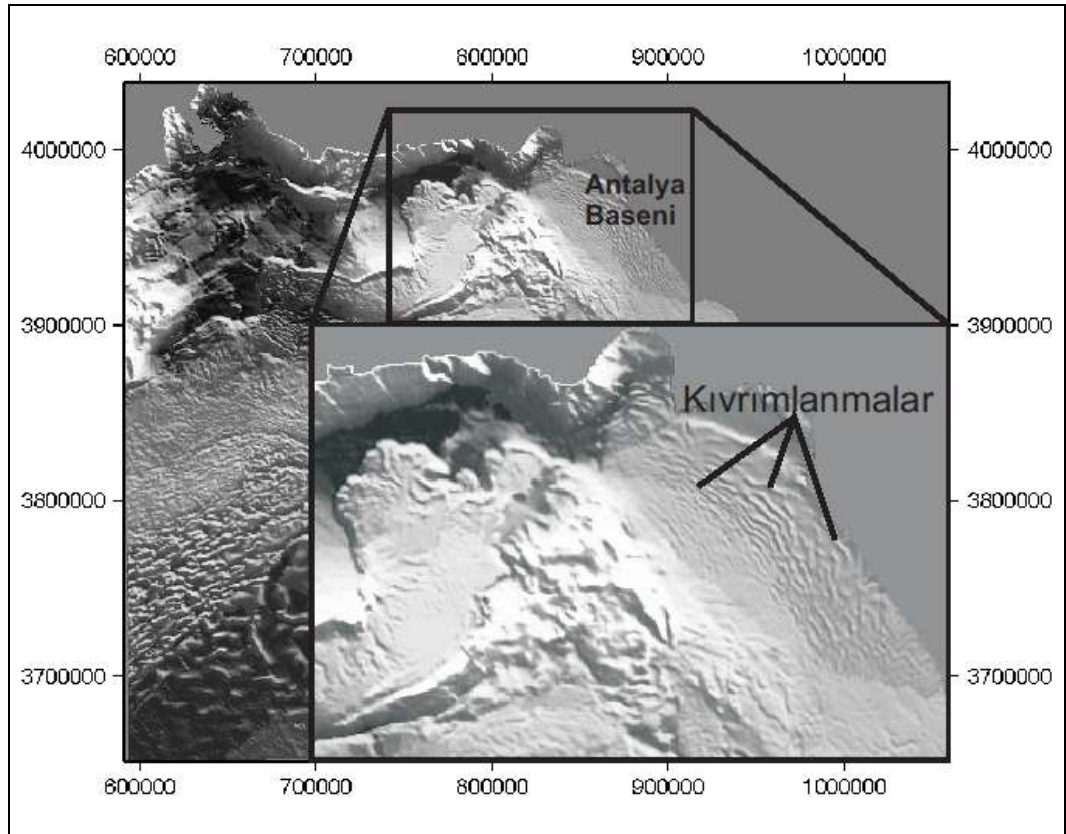
Şekil 1.33 Sırrı Erinç Platosu'na ait K-G sismik kesit (Aksu ve diğer., 2009).



Şekil 1.34 Sırrı Erinç Platosu'na ait K-G kesit (Aksu ve diğer., 2009).

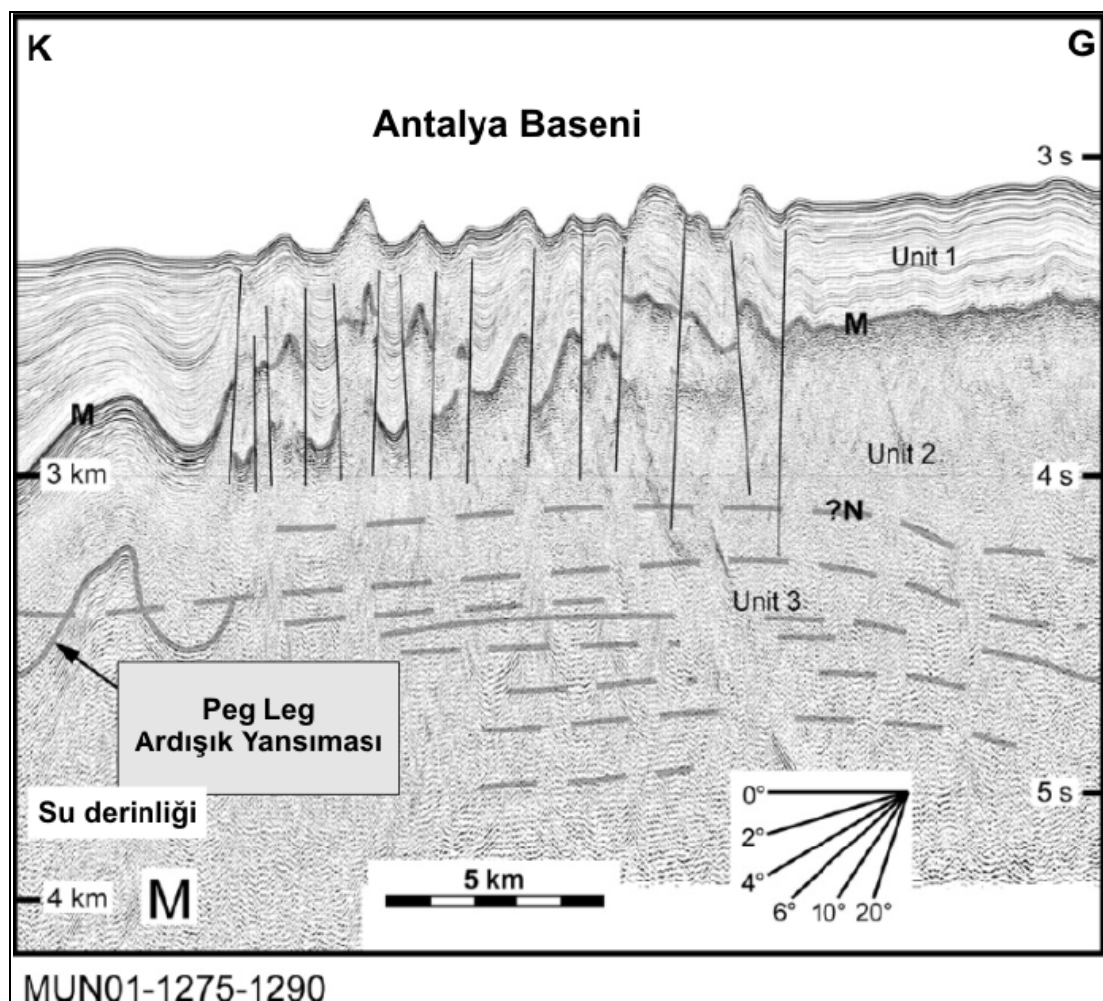
1.5.1.2 Antalya Baseni

Antalya Baseni kuzey ve kuzeydoğuda Türkiye kıyılarının ve kıyırı takip eden Batı Torosların, doğuda Kilikya baseninin, güneyde Florans yükseliminin, güneybatıda Anaxagoras denizaltı dağının ve batıda Finike baseninin sınırladığı alandır. Çalışma alanı Antalya Baseni'nin güney kesimini de kapsamaktadır. Geçmişte yapılan batimetrik ölçümler bu alanın tamamını kapsamamakla birlikte henüz Antalya baseninin tamamını kapsayan bir batimetrik çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle alanın güney kesimleri hariç, deniz tabanı topoğrafyası ile ilgili bilgiler, uydu verilerinden ve sismik kesitlerden elde edilen değerlerden ibaret olup günümüze değin gerçekleştirilen çalışmalarda da yorumlar bu durumla sınırlı kalmıştır. Antalya baseninin güney kesimleri, batimetrik çalışmalardan incelenecek olursa, deniz tabanında gözle görülür dalgalanmalar dikkati çekmektedir (Şekil 1.35). Bu yüzey şekillerinin gerek geçmiş yıllarda yapılmış gerekse de bu çalışmadaki sismik verilerden deniz tabanında oluşmuş kıvrımlanmalar olduğu görülmektedir.



Şekil 1.35 Antalya basenine ait batimetrik harita ve basende oluşmuş kıvrımlar (Medimap Group, 2007).

Ayrıca, yine geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar incelenecek olursa Antalya baseni içerisinde KB-GD doğrultulu bindirme fayları ile alanın güney kesiminde pozitif çiçek yapılarına sıklıkla rastlanmaktadır (İşler ve diğer., 2005). Basen içerisinde dikkati çeken bir diğer durum ise, sediment kalınlığının gözle görülür varlığıdır. Bölgede Antalya körfezine dökülen, Köprüçay Nehri, Manavgat Nehri, Aksu Çayı, Alara Çayı, Kargı Çayı, Dim Çayı, Karpuz Çayı, Acısu (Serik), Kömürcüler ile Ilıca dereleri, baseni dolduran sediman açısından önemli kaynaklar olarak düşünülebilir. Çalışma alanının iki baseninden biri olan Antalya baseni, diğer basen olan Finike basenine göre bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların en belirginleri, su derinliği ve sediment kalınlığı olarak sıralanabilir. Antalya baseni daha sık ve sediment bakımından daha az kalınlığa sahiptir (Şekil 1.36). Ayrıca iki basenin deniz tabanı morfolojilerine bakılacak olursa, Antalya baseni daha karmaşık bir deniz tabanı topoğrafyasına sahipken, Finike baseni daha düze yakın bir deniz tabanı topoğrafyasına sahiptir.



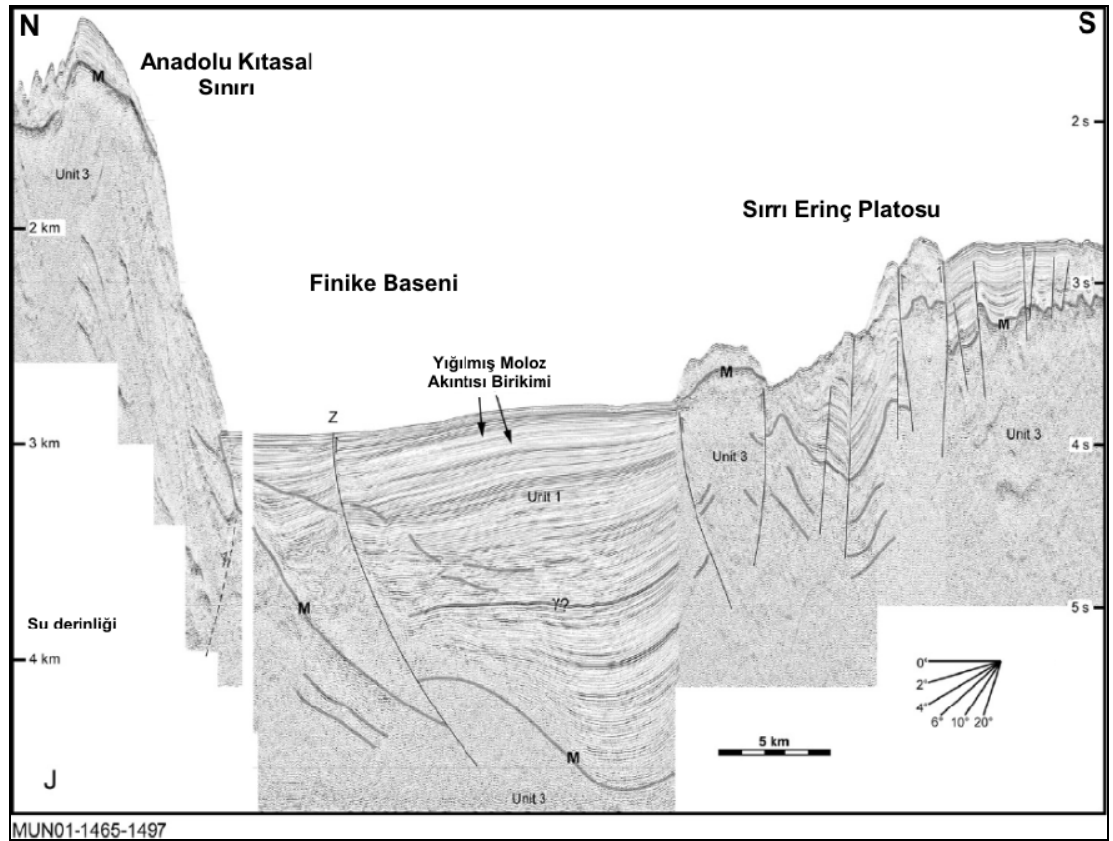
MUN01-1275-1290

Şekil 1.36 Antalya basenine ait sismik kesit ve deniz tabanında kendini göstermiş olan kıvrımlar (Aksu ve diğer., 2009).

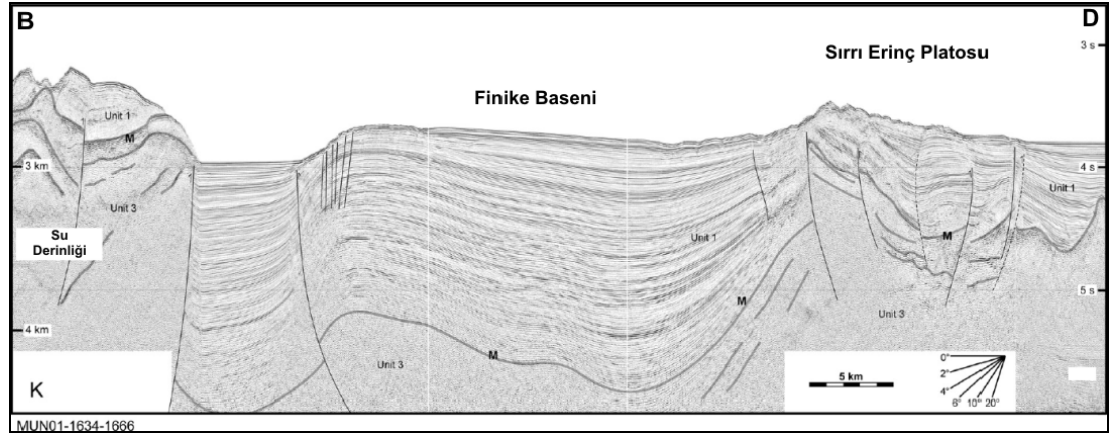
1.5.1.3 Finike Baseni

Çalışma alanının kuzeybatısında kalan Finike baseni, kuzeyinde Türkiye kıyıları ve şelfi ile kıyıyı takip eden Batı Torosların, doğusunda Antalya baseninin, güneyinde Anaximander denizaltı dağları ile Sırrı Erinç Platosunun ve batısında Rodos baseninin sınırladığı alandır. Doğu kesimi çalışma alanının içinde kalan alan, genel olarak bütün çalışma alanının en derin kesimidir. Alanın yaklaşık derinliği 3000 m civarında olmakla birlikte topoğrafyası oldukça düzgündür.

Bölgede, baseni sediman bakımından besleyebilecek birkaç akarsu bulunmaktadır. Bu akarsular; Akçay (Tatlısu), Karaçay (Acısu), Göksu (Saklısu), Alakırçayı ve Gavurçayı'dır. Daha önceden gerçekleştirilmiş çalışmalarda yorumlanmış sismik kesitler incelenecek olursa basendeki sediman kalınlığı da oldukça fazladır (Şekil 1.37 ve Şekil 1.38).



Şekil 1.37 Finike basenine ait yorumlanmış kesit (Aksu ve diğer., 2009).



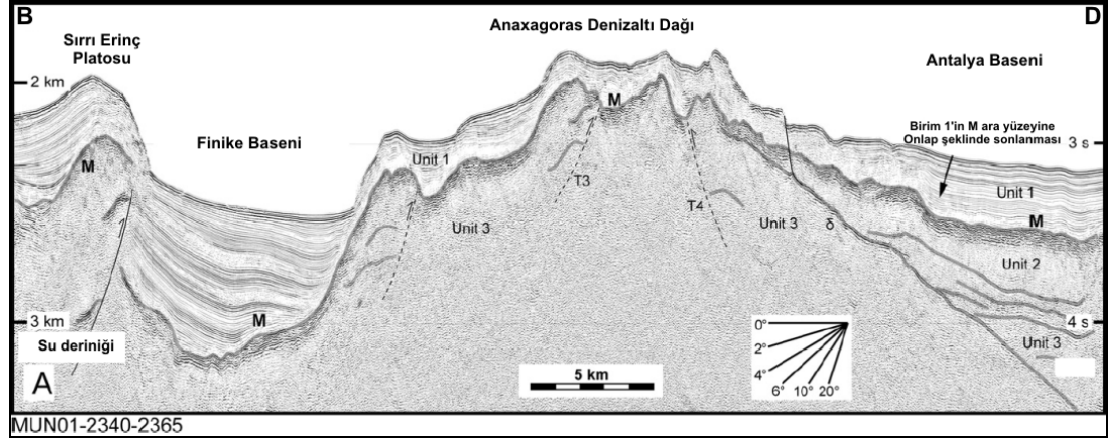
Şekil 1.38 Finike basenine ait yorumlanmış ve sediman birikiminin görüldüğü kesit (Aksu ve diğer., 2009).

1.5.1.4 Doğu Anaximander Dağları

Çalışma alanının merkezi konumundaki alandır. Anaximander dağlarının bu kısmını Anaximenes ve Anaxagoras denizaltı dağı oluşturur. Kuzeyinde Finike baseninin doğu ucu ile Bey dağlarının, kuzeydoğu ve doğusunda Antalya baseninin, güneydoğusunda Florans yükseliminin, güneyinde Heredot baseninin ve batısında Sırrı Erinç platosunun sınırladığı alandır. Bu alan tektonik açıdan farklı bir öneme sahip olup bu önem alanın, Kıbrıs yayı ile Helenik yayının birleştiği bölgenin hemen bitişiği olmasıdır. Bir dağ grubunun parçası olarak deniz tabanı morfolojisi bu duruma uygun bir şekilde karmaşıktır. Alan ile ilgili yapılan geçmiş çalışmalara bakılacak olursa, sedimentin varlığı çok azdır. (Şekil 1.39). Çalışma alanının en sığ bölgesi olan Anaxagoras denizaltı dağının en yüksek noktasındaki su derinliği yaklaşık olarak 1250 metredir.

Anaxagoras ve Anaximenes denizaltı dağları ile Florans yükselimine batimetri haritasında bakılacak olursa, bu yapıların birbirileri ile bağlantılı oldukları düşünülebilir. Bu duruma, Aksu ve diğer., (2009) tarafından da dikkat çekilmektedir. Dirsek şeklinde dikkati çeken bu yapının bir ucu Anaximenes denizaltı dağı, diğer

ucu Florans yükselimi ve bu uçların birbirilerine bağlandığı noktanın da Anaxagoras denizaltı dağı olduğu şeklinde düşünülebilir.



Şekil 1.39 Anaxagoras denizaltı dağına ait yorumlanmış sismik kesit (Aksu ve diğer., 2009).

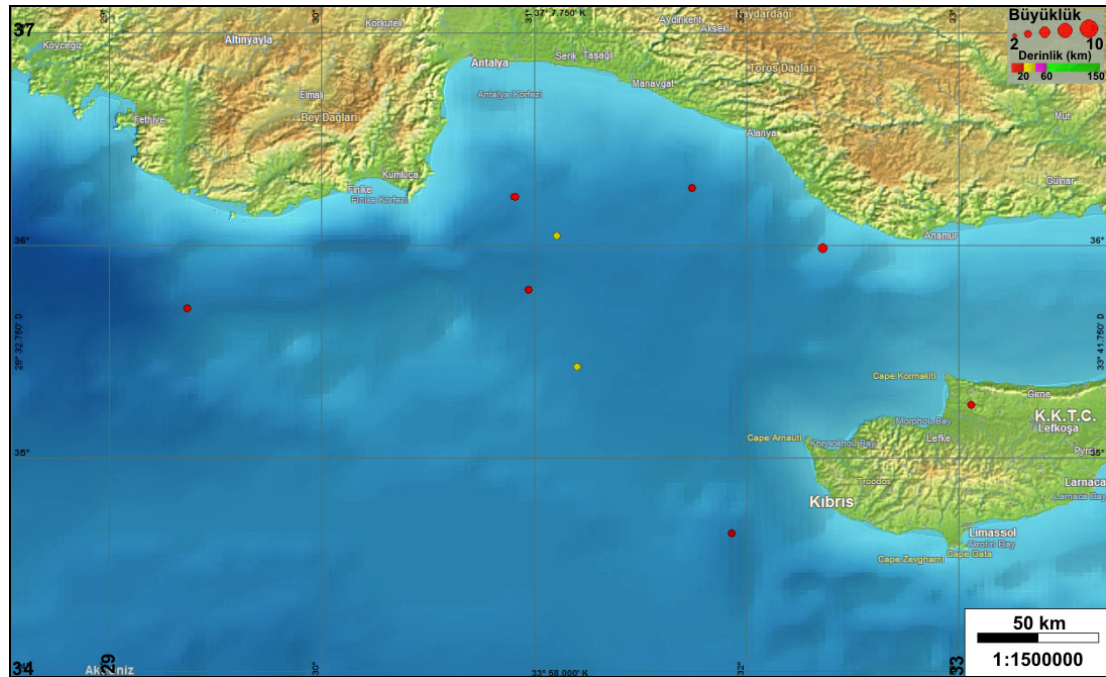
Bölgeye ait stratigrafik unsurlar Aksu ve diğer., (2009) çalışmasında derleme olarak verilmiştir (Şekil 1.40)

		SİSMİK BİRİMLER	KASABA BASENİ	AKSU, ANTALYA KÖPRÜ, MANAVGAT BASENİ	MESORYA BASENİ	KİRENYA DAĞLARI
MİYÖSEN	PLİYOSEN	Birim 1		Antalya Tufa	Fanglomerate	
				Alakilise	Athalassa	
				Yenimahalle	Nikosia	Mirtou
	MESSİNYEN	Birim 2		Taşlık	Kalavasos	Lapatza
	TORTONİYEN	Birim 3	Elekdağ	Karpuzçay	Koronia	
	SERRAVALİYEN		Kasaba	Gecelme	Pakhna	Kythrea Group
	LANGİYEN		Sinekli	Oymapınar	Terra	
	BURDIGALİYEN			Aksu		
	AKİTANİYEN					
	OLİGOSEN		Gedikbaşı		Lefkara	Lapithos Group
EOSEN						
EOSEN ÖNCESİ TEMEL			Beydağları Karmaşığı	Antalya Karmaşığı	Trodos Karmaşığı	Tripa Grubu

Şekil 1.40 Anaximander denizaltı dağlarının kronostratigrafisine ait karada Kasaba baseni (Hayward, 1984; Şenel, 1997a,b; Şenel ve Bölükbaşı, 1997), denizde Antalya baseni (İşler ve diğer., 2005), karada Aksu, Köprü ve Manavgat baseni (Akay ve diğer., 1985; Karabıykoğlu ve diğer., 2000), karada Mesorya baseni ile Kirena dağlarını (Cleintaur ve diğer., 1977; Robertson ve diğer., 1995) içeren model.

1.6 Çalışma Alanının Depremselliği

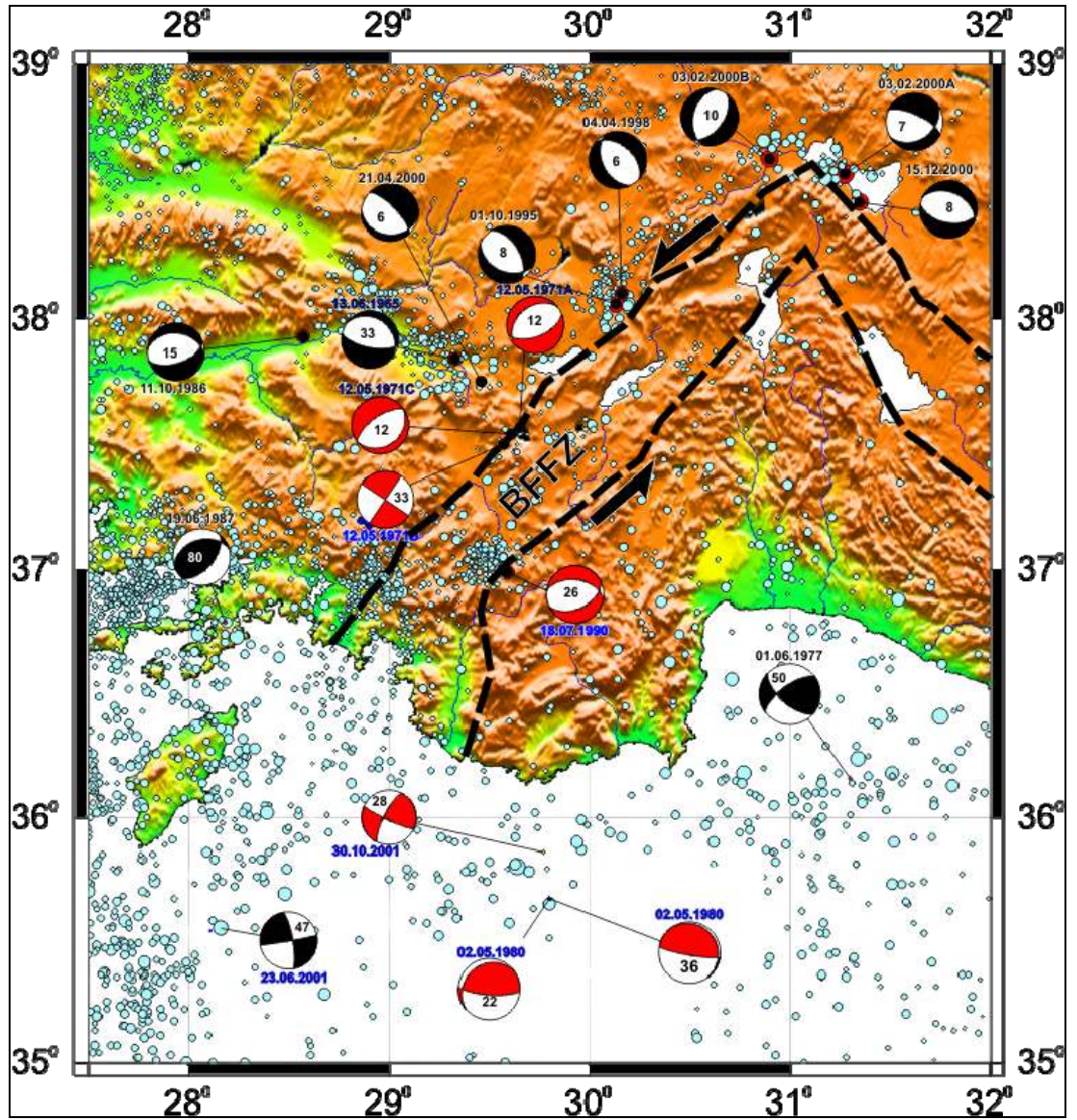
Çalışma alanı bölgede gerçekleşmiş depremler açısından incelenecek olursa, alanın Kıbrıs ve Helen yaylarının kesişim bölgesinde olması ve morfolojide belirgin değişimler yaratabilecek fay sistemlerinin bulunmasına karşılık 1900-2010 yılları arasında büyüklüğü 4 ve daha büyük olan depremlerin sayısı oldukça azdır (Şekil 1.41).



Şekil 1.41 Çalışma alanı civarında 1900-2010 yılları arasında gerçekleşen 4 büyüklüğünde ve daha büyük depremler (<http://www.gezdirici.net/>).

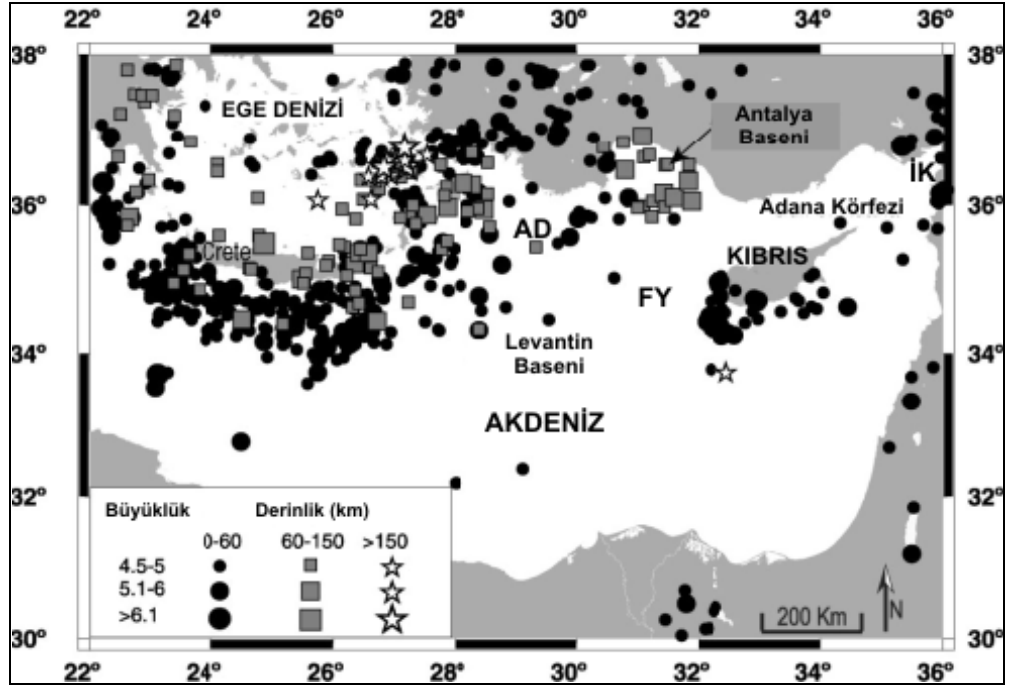
Bu durum, tarihsel depremlerin bu alan için önemine işaret etmektedir. Bununla birlikte çalışma alanı için gerek verilerin bulunduğu alan gerekse de bölge civarındaki kara ve deniz morfolojisi bu bölgenin depremler açısından aktif olduğunu göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmalar ışığında çalışma alanında odak çözümü yapılmış depremler incelenecek olursa ters bileşenli faylar dikkat çekmektedir. Bununla birlikte çalışma alanı civarında depremlerin derinlik dağılımları 20 ile 40 km arasında değişirken, özellikle Anaximander denizaltı dağlarını ile Antalya baseni civarında 10 yıl arayla gerçekleşmiş depremler görülmektedir (Şekil 1.42).

Bir başka olgu ise, kara kesimlerindeki deprem sayısının denize nazaran çok daha fazla olduğu harita üzerinde de açıkça görülmektedir. Bölgede yer alan odak çözümü yapılmış fayların ters bileşenli oluşu da ilerleyen bölümlerde anlatılacak yorumlama kısmına ve bölge için geçmişte yapılmış pek çok çalışmaya uyumluluk göstermektedir.



Şekil 1.42 Çalışma alanı ve civarının odak çözüm haritası (Yaltrak, 2010).

Çalışma alanını da kapsayan ve bölge genelinde deprem dağılımlarını derinlikleri ile gösteren, Zitter ve diğer., (2003) hazırladığı 1973 ile 2003 yılları aralığına ait depremsellik haritası da Şekil 1.43' de gösterilmiştir.



Şekil 1.43 Çalışma alanını da (AD) kapsayan, 1973-2003 yılları arası bölgenin genel depremsellik haritası (Zitter ve diğ., 2003).

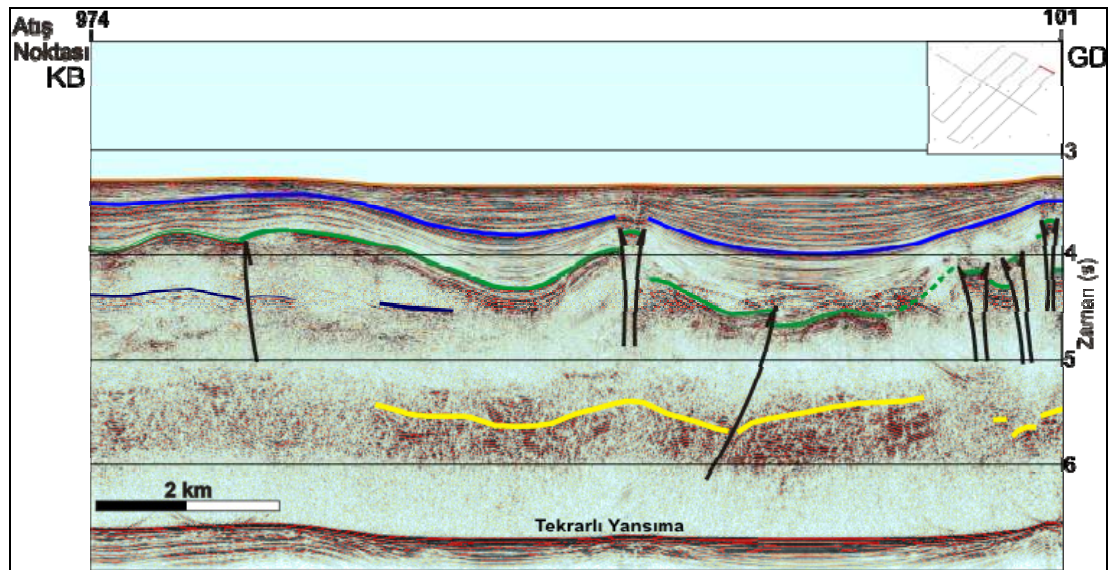
BÖLÜM İKİ

ANAXIMANDER DENİZ ALTI DAĞLARININ VE DOĞUSUNUN SİSMİK STRATİGRAFİSİ

Çalışma alanında toplanan veriler ışığında birkaç farklı birimden bahsetmek mümkündür. Bunlar sırasıyla, akustik temel (sarı), Tortoniyen ara yüzeyi (lacivert), Messiniyen ara yüzeyi (yeşil), Pliyo-Kuvaterneri ikiye ayıran ara yüzey (mavi) ve deniz tabanı (turuncu) şeklindedir. Bu aşamada belirtilmesi gereken bir diğer durum tez kapsamında yorumlama için kullanılan verilerin tamamında düşey abartı yaklaşık sekiz kat olacak şekilde ayarlanmıştır.

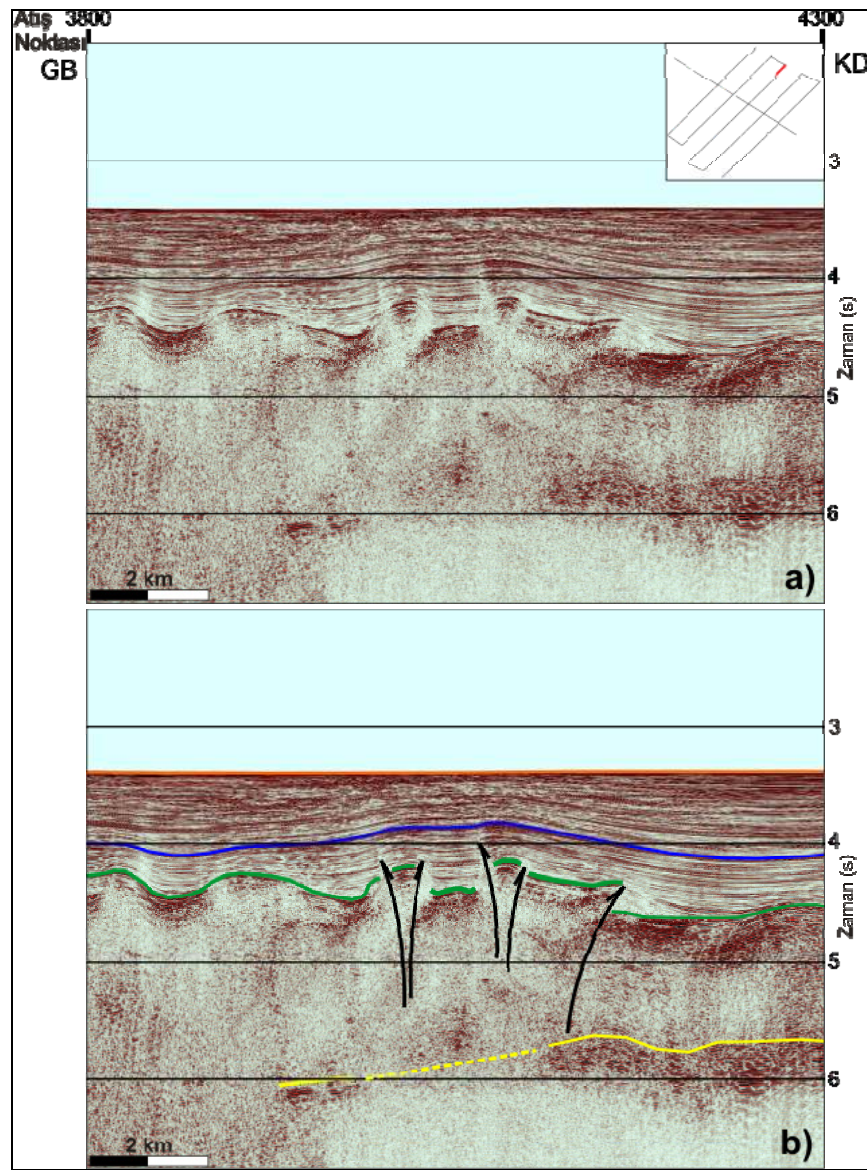
2.1 Akustik Temel

Migrasyon sonrası muhtelif filtre, kazanç ve iz ağırlıklandırma gibi veri-işlem aşamaları ile kesitlerde derinlikle görülemeyen yada az görülen genlikler, daha görünür hale getirilmiştir. Bu işlem neticesinde çalışma alanının bazı kesimlerinde kendini gösteren bir birim gözlenmiştir. Bu birim, 5 ile 6 saniye arasında (Şekil 2.1) ve çalışma alanı genelinde Antalya basenine doğru daha belirgin olarak görülmektedir (Şekil 2.2).



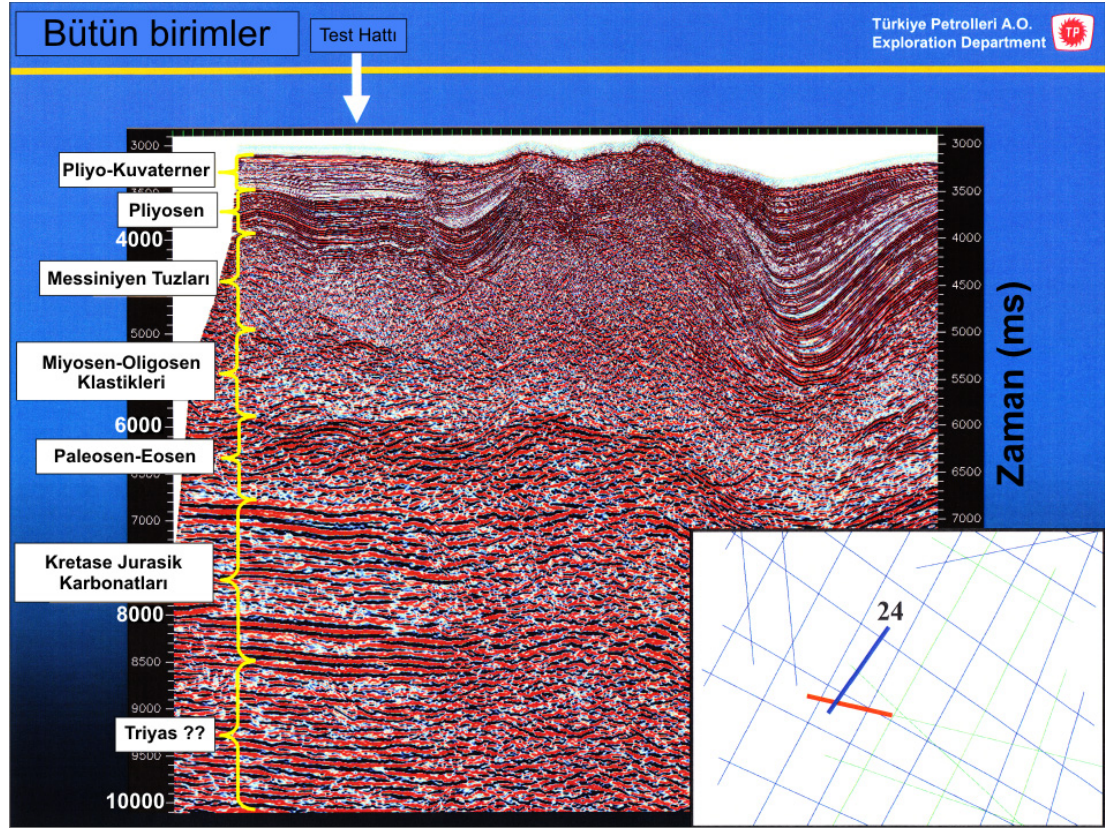
Şekil 2.1 Emed07-15 sismik hattı üzerinde Miyosen-Oligosen ara yüzeyi olarak yorumlanan akustik temel (sarı).

Birim, Tortoniyen olarak yorumlanan yansıtıcı ara yüzeyden sonra gelmektedir ve dolayısıyla Tortoniyen dönemini takip eden jeolojik süreçlerden biri olarak yorumlanmıştır. Ara yüzeyin, kendini gösterdiği kesimlerde, taban altı yapılar kadar değişken bir morfolojiye sahip olmadığı görülmektedir (Şekil 2.1). Öte yandan birim çok nadiren görüldüğü için çalışma alanı genelinde izopak ve paleotaban haritaları hazırlanamamıştır. Ayrıca penetrasyonun yetersiz kalışı ve ara yüzeyin bulunduğu derinlikte veri ayrırlılığının düşük oluşundan dolayı, birimle alakalı herhangi bir uyumsuzluktan bahsetmek de mümkün olamamıştır.



Şekil 2.2 Emed07-18b hattının Antalya baseni civarında belirgin olarak görülebilen ve Miyosen-Oligosen sınırı olarak yorumlanan yansıtıcı ara yüzey (sarı).

Benzer yapıda ve yaklaşık olarak aynı derinlikte ve aynı alanda yer alan yansıtıcı ara yüzeyler, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na ait verilerin sunulduğu 2007 yılı “Farm Out” sunumlarında da görülmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı 2008 yılı “Farm Out” sunumlarına ait sismik kesit (T.P.A.Ö., 2007).

Birim, 2007 yılında gerçekleştirilen bu sunumda Miyosen-Oligosen Klastikleri'nin alt sınırı olarak görülmektedir ve tez kapsamında gösterilen kesitlerde yer alan benzer yansıtıcı, aynı ara yüzey olarak yorumlanmıştır.

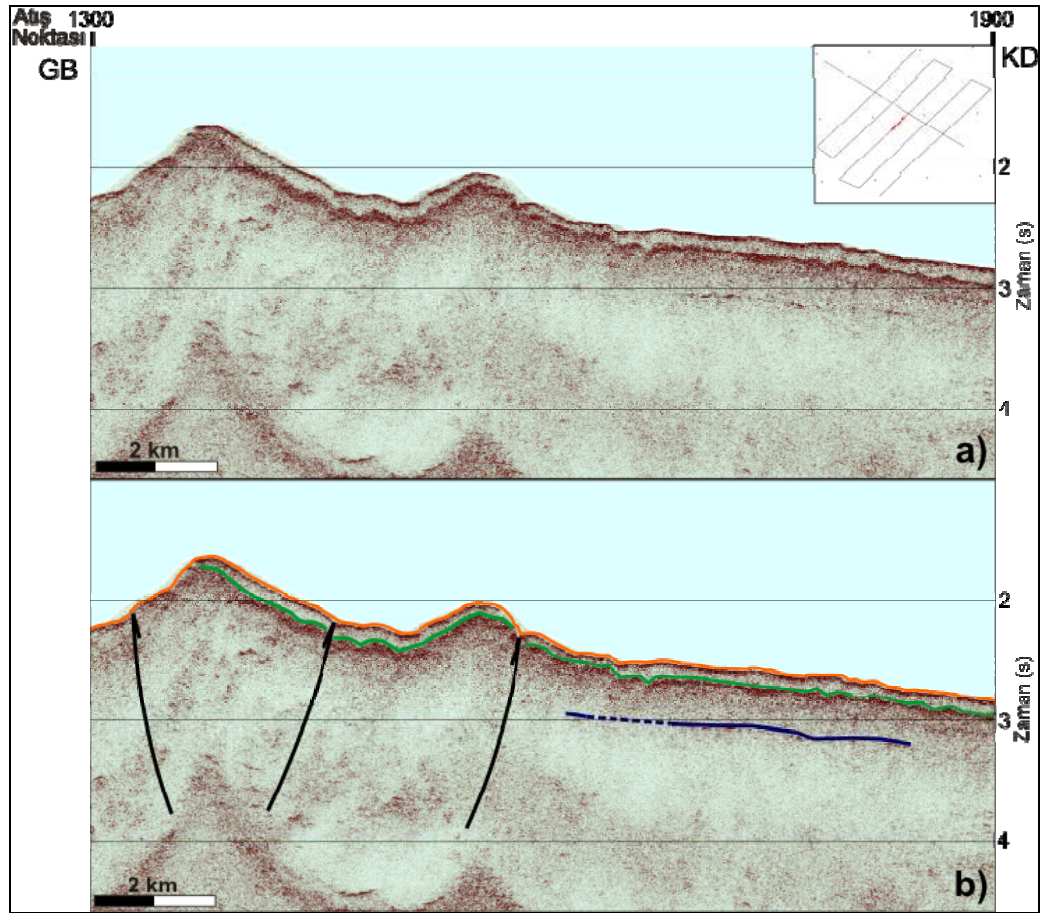
2.2 Miyosen Sismik Stratigrafik Birimleri

Yorum aşaması tamamlanmış sismik kesitlerde Miyosen dönemine ait iki farklı ara yüzeyden bahsetmek mümkündür. Bunlardan ilki, veri-işlem aşamalarını güç kılan ve bölgede tuz tektoniğinin varlığını gösteren Messiniyen ara yüzeyi, ikincisi ise Messiniyen ara yüzeyinden daha derinlerde ve bazı yerlerde görülebilen Tortoniyen ara yüzeyidir. Bu ara yüzeylerin morfolojileri incelenecek olursa daha

genç olan Messiniyen ara yüzeyinin daha fazla deformasyona uğradığı ve genlikleri itibariyle farklı bir malzeme ihtiva ettiği, bu malzemenin aynı dönemde Akdeniz'in kurumasına bağlı oluşan tuz çökelleri olduğu düşünülebilir.

2.1.1 Tortoniyen Sismik Stratigrafik Birimi

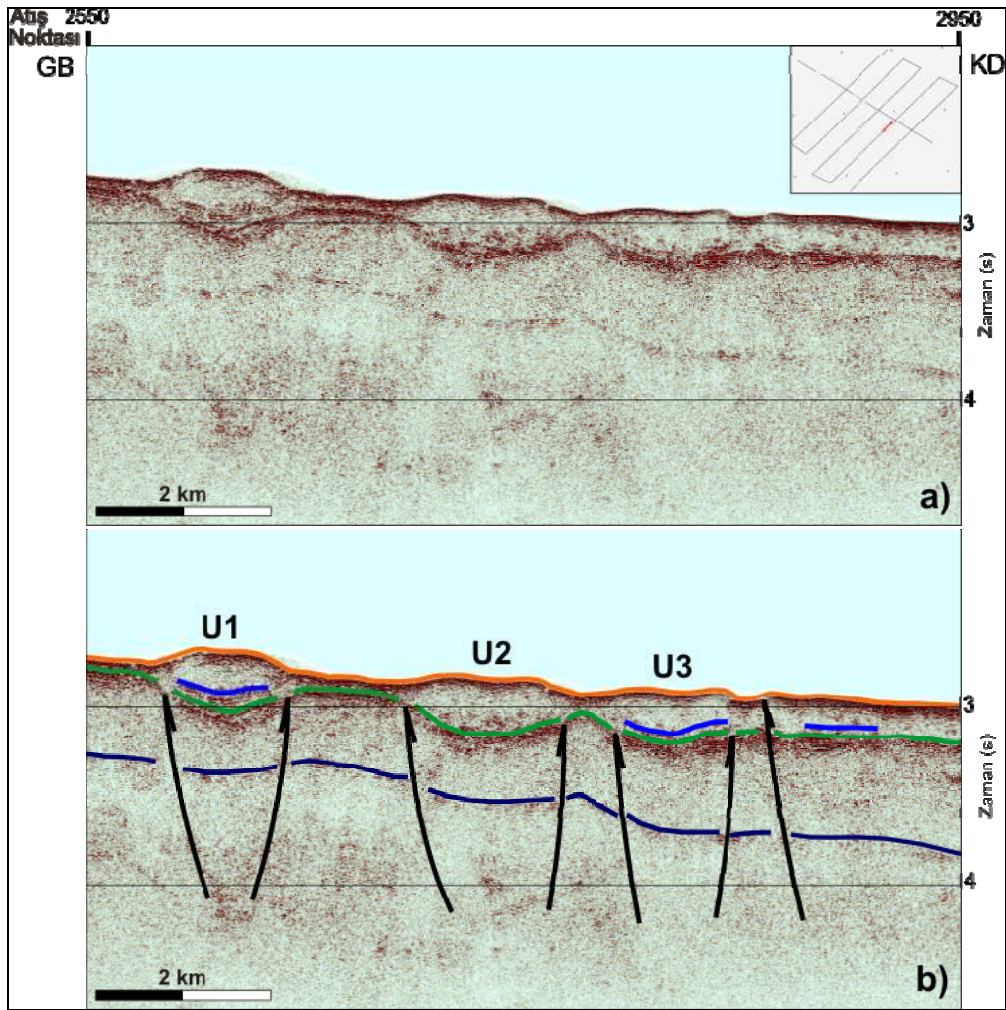
Çalışma alanının genelinde Miyosen dönemine ait, yer yer kendini gösteren ve en derin yansıtıcı, Tortoniyen olarak yorumlanan ara yüzeydir. Bu yansıtıcı ara yüzey, Doğu Anaximander dağlarının kuzey kesimlerinde ve daha kuzeyde yer alan Antalya basenine doğru, sismik sinyal penetrasyonunun zaman zaman yetersiz kalışından dolayı bazı yerlerde görülebilmektedir (Şekil 2.4a ve Şekil 2.4b).



Şekil 2.4 Emed07-18b sismik hattının Anaxagoras Denizaltı dağı civarında Tortoniyen yansıtıcı ara yüzeyini gösteren (mavi), a) yorumlanmamış, b) yorumlanmamış, sismik kesit.

Ara yüzeyin gözlemlendiği alanlarda deniz tabanı morfolojisi ile bazen uyumsuz, Messiniyen ara yüzeyi ile uyumlu olduğu ve bunun dışında herhangi bir jeolojik

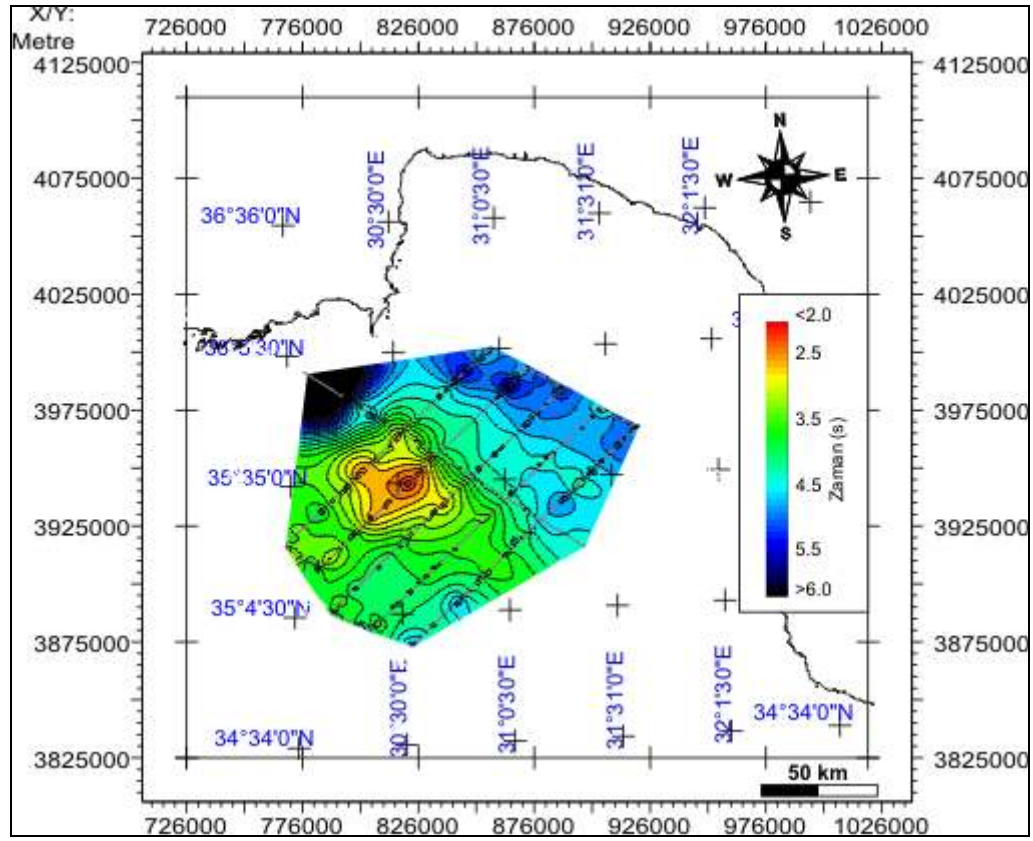
uyumsuzluk göstermediği anlaşılmaktadır (Şekil 2.5a ve Şekil 2.5b). Ancak, mevcut veriler ışığında bütün bölge için bu ara yüzeyin hangi jeolojik süreçlere maruz kaldığı, sismik veri kalitesinin o derinliklerde yeterli olamaması nedeniyle tanımlanamamıştır. Tortoniyen ara yüzeyinin deniz tabanı ile olan uyumsuzluğu ve Messiniyen ara yüzeyi ile olan uyumluluğu; deniz tabanı morfolojisinin yukarı doğru eğim gösterdiği yerlerde taban altı yapılar olan Messiniyen ve Tortoniyen ara yüzeylerinin aşağı doğru eğim göstermesi veya tam tersi şeklinde olup, Şekil 2.5b’ de U1,U2 ve U3 yapılarında gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Emed07-16 sismik hattı üzerinde Tortoniyen yansıtıcı ara yüzeyi ve bu ara yüzeyin deniz tabanı ile olan uyumsuzluğunu gösteren, a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Bahsedilen uyumsuzluğun, sedimentolojik olarak mümkün olmadığı ve bölgedeki aktif tektoniğin sonucu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, sismik kesitlerden anlaşıldığı kadarıyla, bir üst yansıtıcı ara yüzey olan Messiniyen ile bu

ara yüzey arasında herhangi bir yansıtıcı görülmemiştir. Bu durum, iki ara yüzey arasındaki ortamın daha rijit olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Tortoniyen olarak yorumlanan ara yüzeyin çalışma alanında genel olarak kendini gösterdiği derinlikler, Finike baseninde 6,3 - 7,0 saniye, Antalya baseninde 3,5 – 4,0 saniye ve Doğu Anaximander dağlarında 2,3 – 4,0 saniye değerleri arasında değişmektedir. Birimin, çalışma alanında gözlendiği kesimlerde “Junk Correlation” işlemi yorumlama aşamasında yapılmış ve paleotaban haritası zaman cinsinden Şekil 2.6’ de gösterilmiştir. Bu birim için, akustik temel olduğu düşünülen bir alt ara yüzey nadiren görüldüğünden dolayı izopak haritası hazırlanamamıştır.

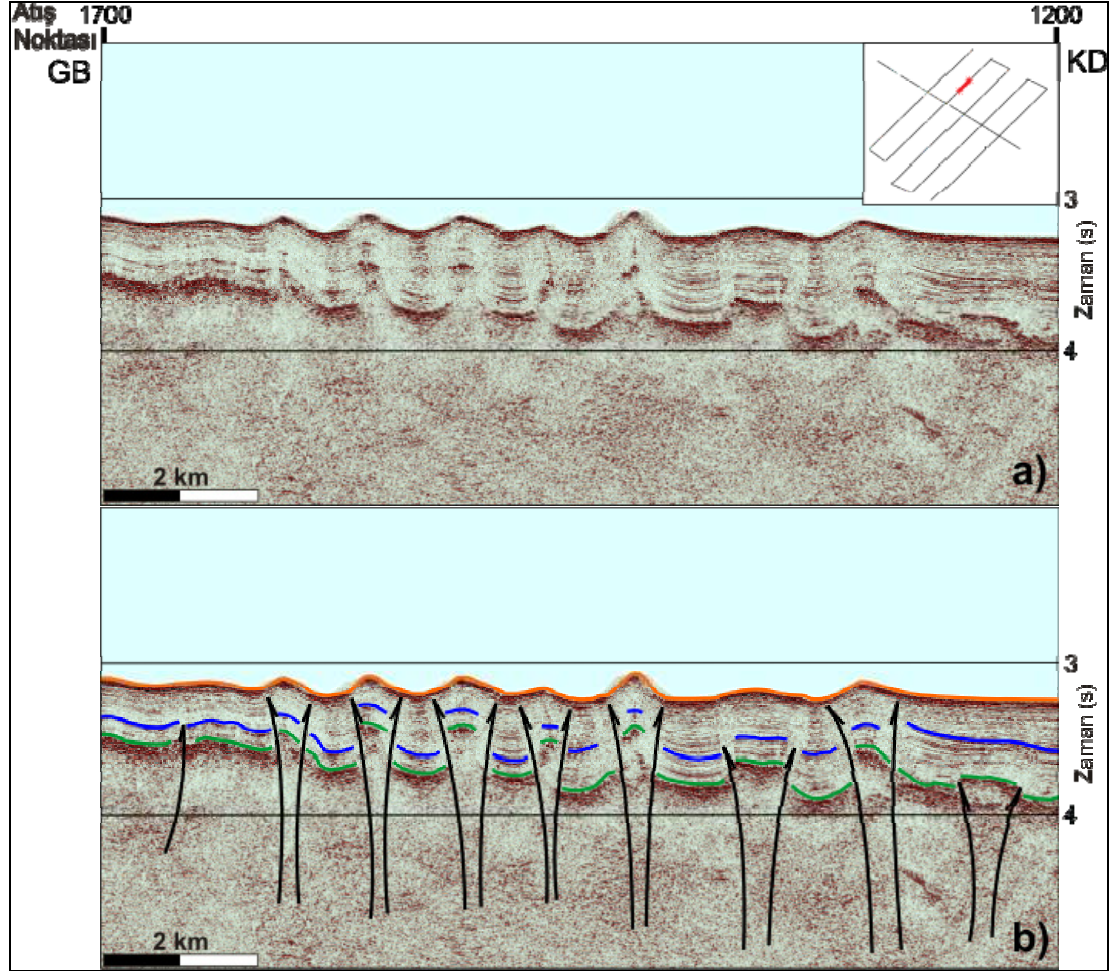


Şekil 2.6 Tortoniyen ara yüzeyine ait paleo-taban haritası.

2.1.2 Messiniyen Sismik Stratigrafik Birimi

Çalışma alanı ve bölgenin varlığında önemli bir yere sahip olan ara yüzey, Messiniyen sismik ara yüzeyidir. Bu jeolojik süreç içinde bilindiği gibi Akdeniz, buharlaşmanın yüksek oluşu ile birlikte Sakınç ve diğer., (2005) öngördüğü gibi Cebeli Tarık Boğazı'nın da birkaç defa kapanması ile kurumuş ve tuz çökelleri

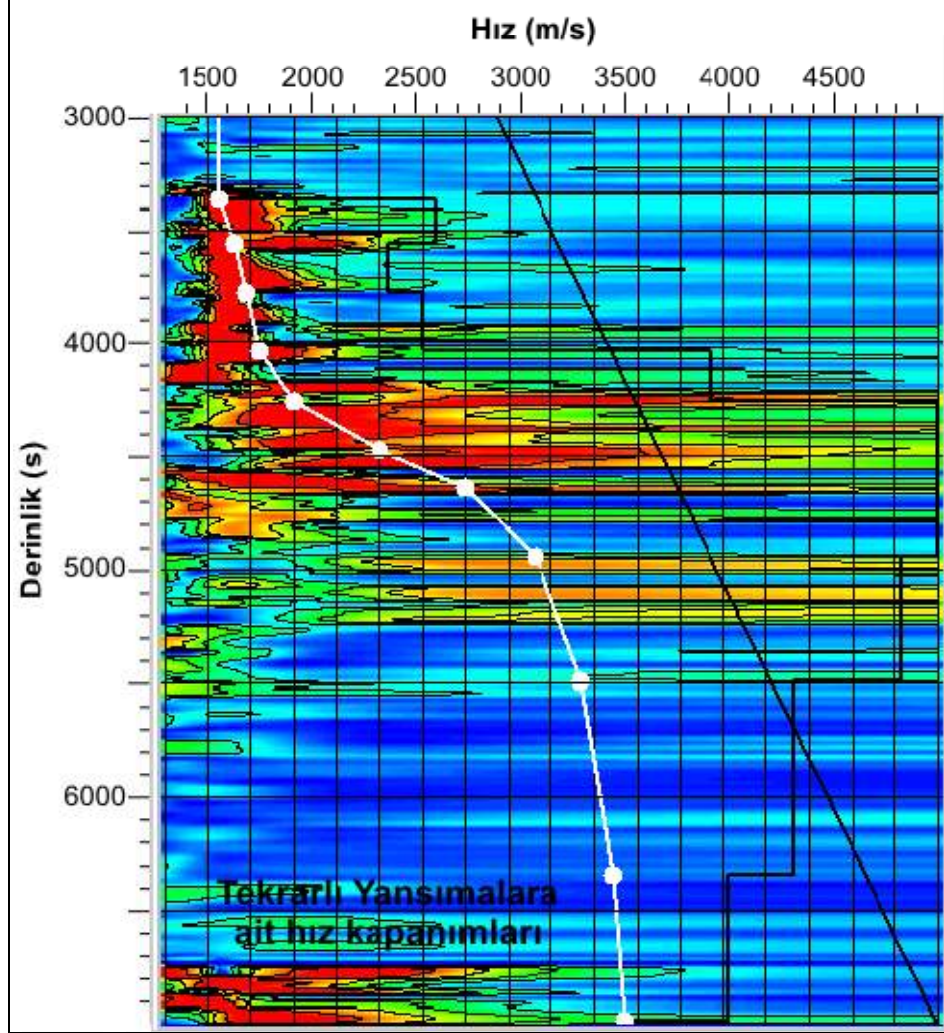
oluşturmuştur. Bu olayın bir sonucu olarak Pliyo-Kuvaterner birimlerinden sonra en belirgin yansıtıcı olarak görülen ara yüzeydir ve bu ara yüzey, sismik kesitlerden de görülebileceği gibi çok yüksek genlikli yansımalar üretmektedir (Şekil 2.7a ve Şekil 2.7b).



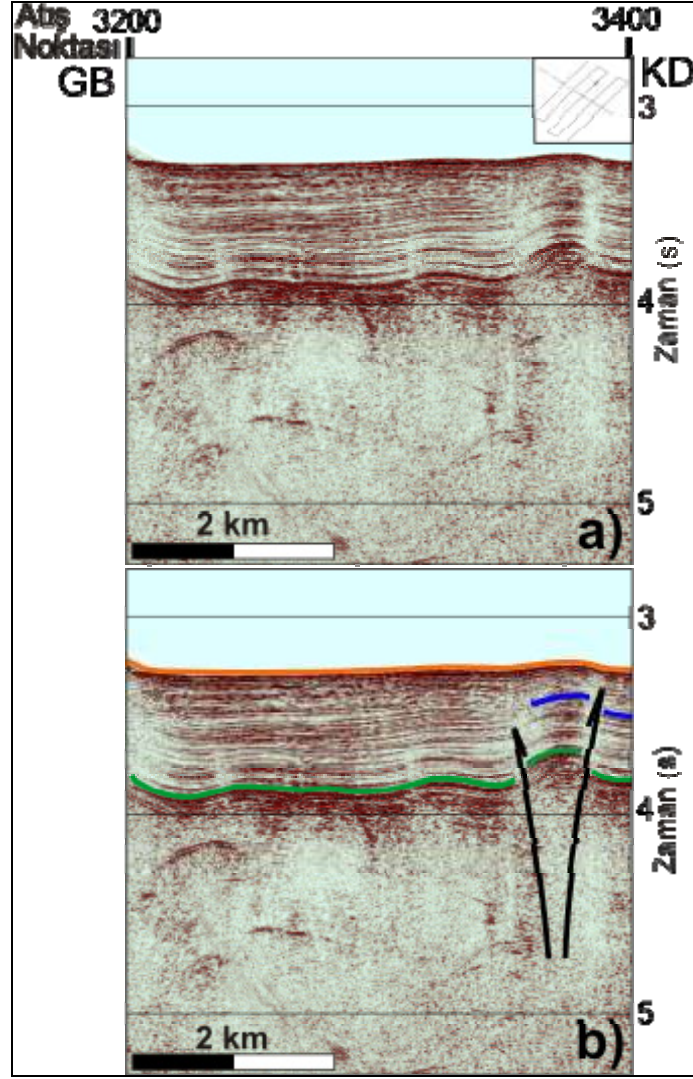
Şekil 2.7 Emed07-20a sismik hattına ait yüksek genlikli Messiniyen ara yüzeyini (yeşil) gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış, sismik kesit.

Veri-işlem aşamalarının en hassas adımı olan hız analizi uygulamaları sırasında da tuz olduğu düşünülen derinliklerde hız kapanımlarında ani artışlar gözlenmiş ve hız seçimleri bu duruma uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.8). İşler ve diğer., (2005) gösterdiği gibi Messiniyen birimi, alt sınırı Tortoniyen ara yüzeyine kadar uzansa da sismik kesitlerde kendini ince bir paket olarak göstermektedir. Birimin, ince bir paket görünümündeki bu üst yüzeyi çalışma alanının kuzey kesimlerinde ve Antalya basenine doğru daha düzgün genlikler gösterirken (Şekil 2.9a ve Şekil 2.9b),

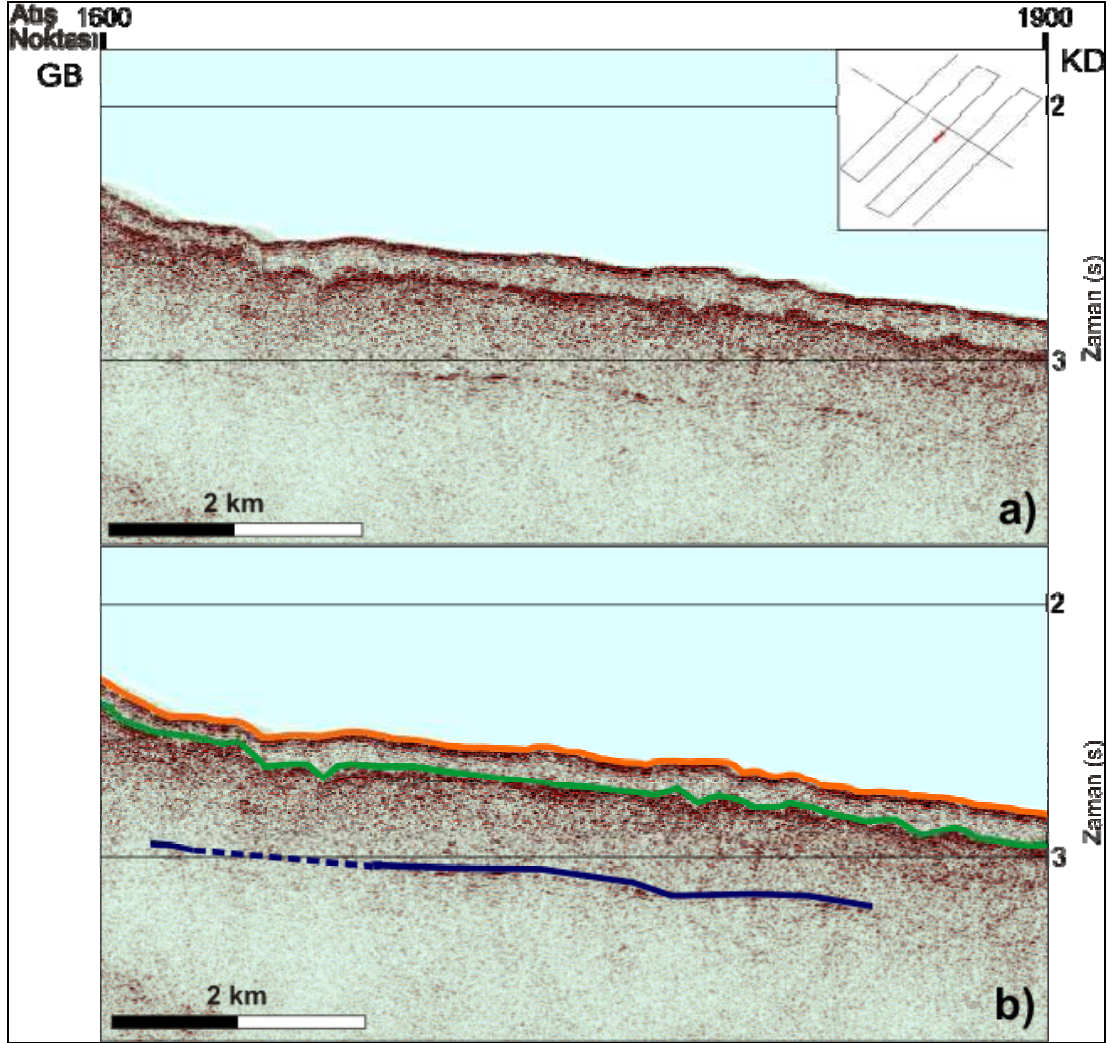
Doğu Anaximander dağları civarında daha karmaşık bir genlik yapısına sahip olmaya başlamaktadır (Şekil 2.10a ve Şekil 2.10b).



Şekil 2.8 Hız kapanımlarını ve belirli derinliklerde ani hız artışlarını gösteren hız analizi penceresi.

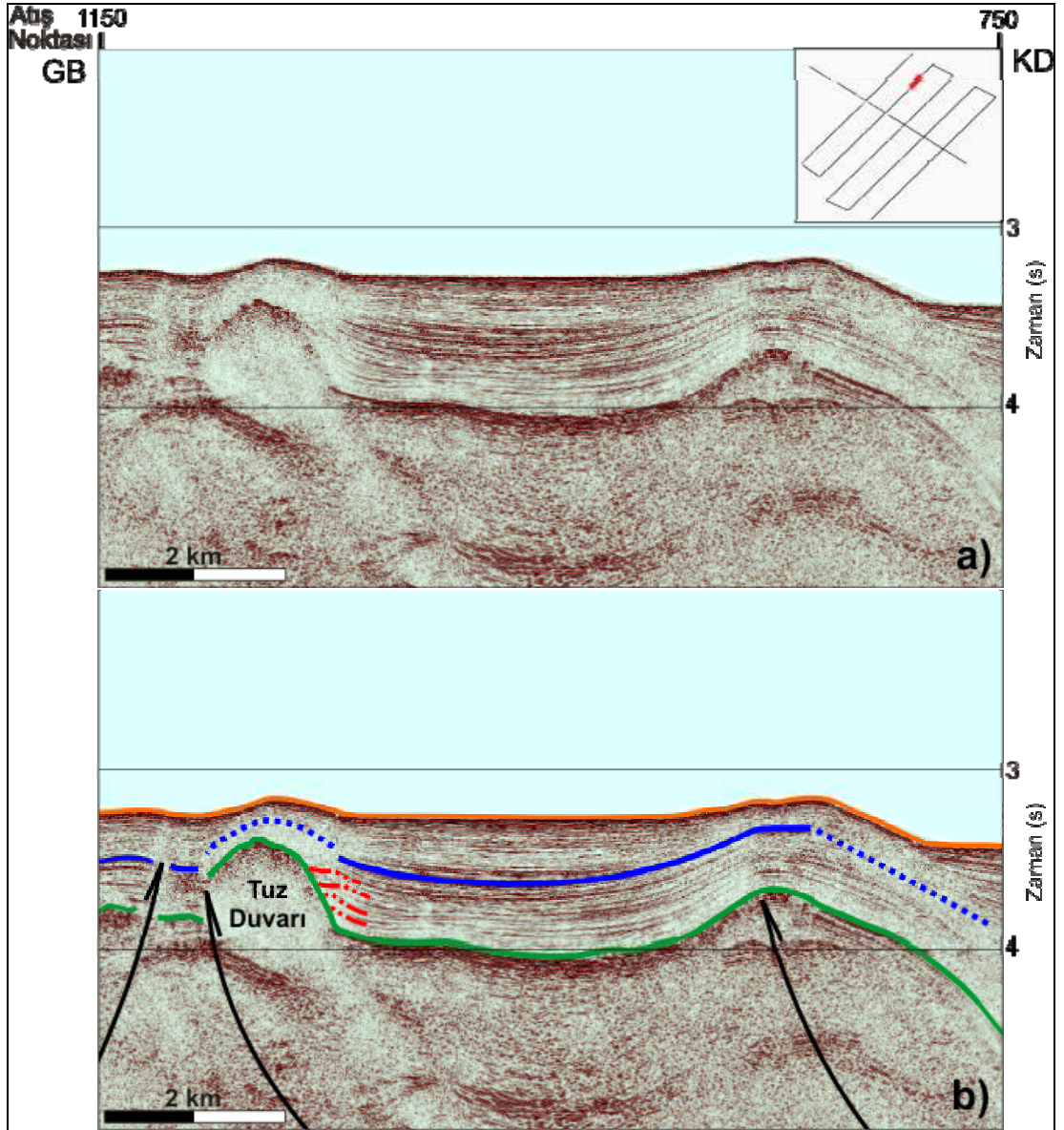


Şekil 2.9 Emed07-18b hattına ait Messiniyen ara yüzeyinin Antalya baseni civarında gösterdiği genlik karakteristiğine ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.



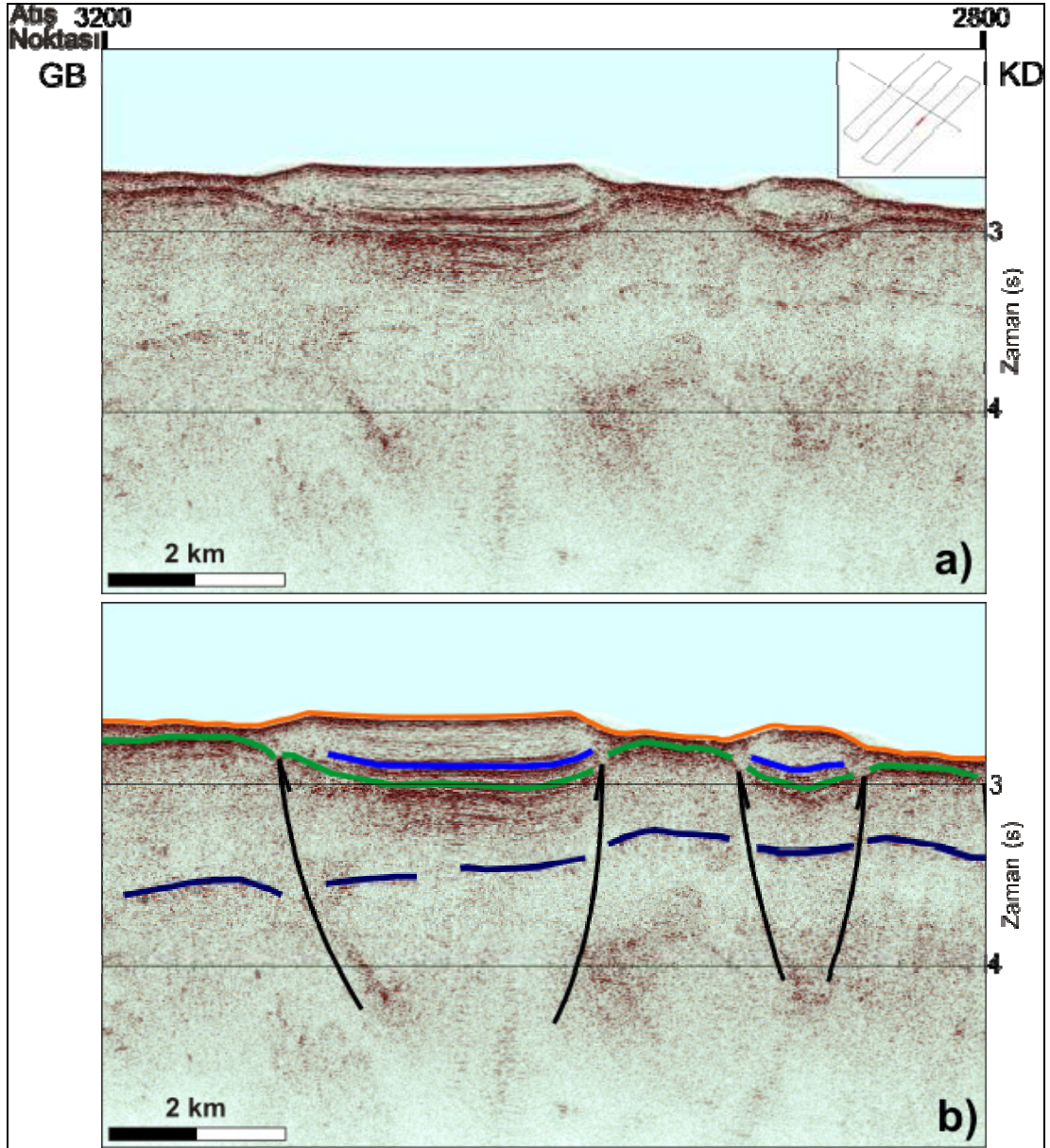
Şekil 2.10 Emed07-18b hattına ait Messiniyen ara yüzeyinin Doğu Anaximander dağları civarında gösterdiği kaotik genlik yapısına ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Antalya baseninde görülen diğer bir olgu ise, İşler ve diğer., (2005) işaret ettiği tuz duvarları (salt wall) yapılarıdır. Bu yapılar çalışma alanlarının yakınlığından da anlaşılacağı gibi tez kapsamında kullanılan verilerde de görülmektedir (Şekil 2.11a ve Şekil 2.11b).



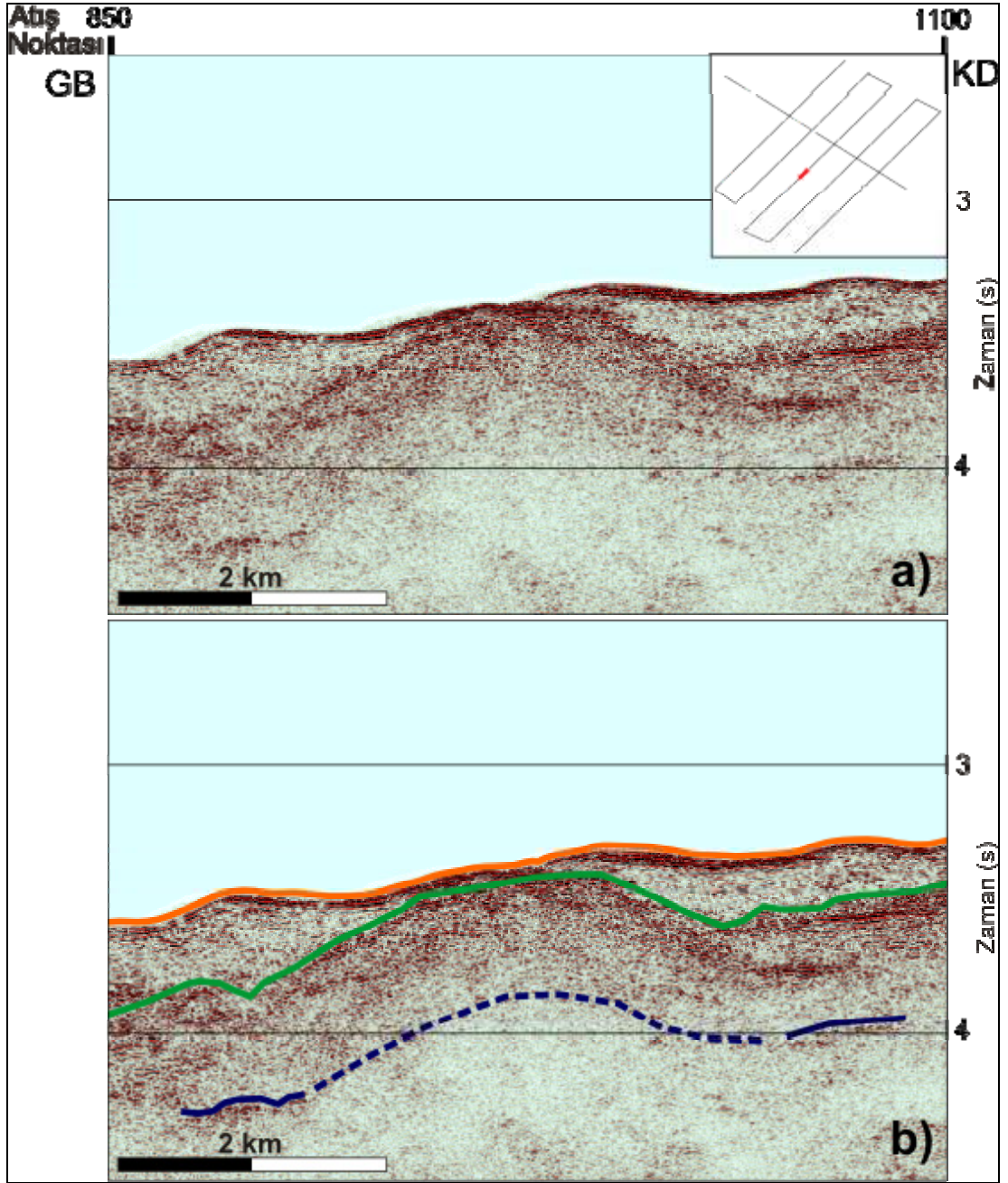
Şekil 2.11 Emed07-20a hattında Antalya baseni civarında görülen tuz duvarı yapısına ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Ara yüzeye ait en önemli uyumsuzluk, bir önceki başlıkta da değinilen ve Tortoniyen ara yüzeyinde de rastlanan deniz tabanı ile deniz tabanı altında yer alan ara yüzeylerin birbirilerinin tersine eğim göstermesidir. Bu durum, yine Tortoniyen ara yüzeyinde gözlemlendiği gibi deniz tabanı yukarı doğru eğim gösterirken ara yüzeyin aşağı doğru veya tam tersi şeklinde eğim göstermesi şeklinde gözlenmektedir (Şekil 2.12a ve Şekil 2.12b). Bu uyumsuzluk süreçleri, Şekil 2.2’de U1, U2 ve U3 ile gösterildiği gibi deniz tabanı ile Messiniyen ara yüzeyinin (yeşil) merccek şeklinde yapılar oluşturması şeklinde görülmektedir.



Şekil 2.12 Emed07-16 hattına ait deniz tabanı ve Messiniyen yansıtıcı ara yüzeyinin uyumsuzluğu ile oluşmuş mercek şeklindeki yapılara ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

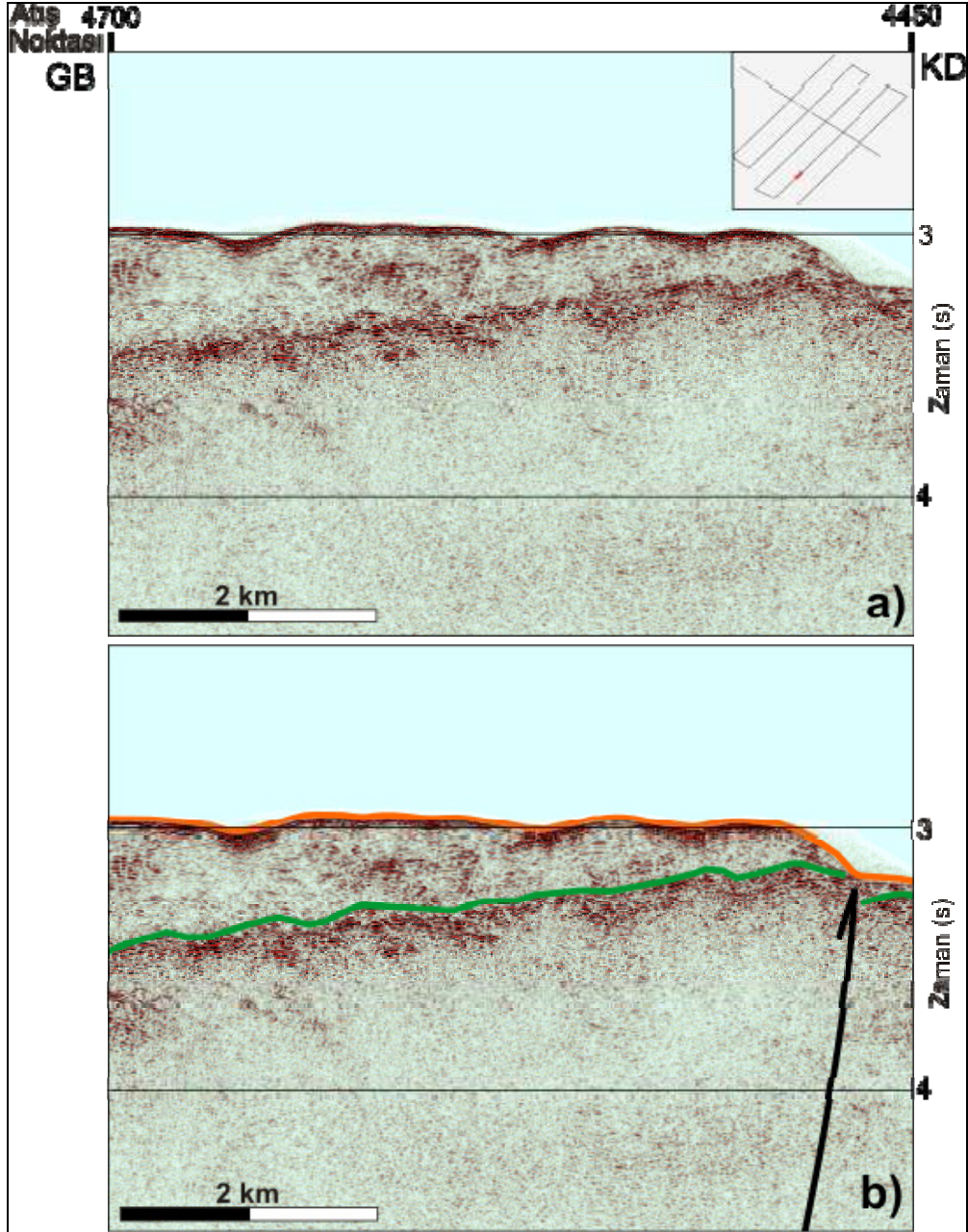
Çalışma alanında gözlenen bir diğer uyumsuzluk ise, Doğu Anaximander dağları ve civarında gözlenen Messiniyen ara yüzeyinin deniz tabanı ile uyumlu davranmayarak zaman zaman yükselmesi ve bir temel kayanın yükselmesi şeklinde davranması durumudur (Şekil 2.13a ve Şekil 2.13b).



Şekil 2.13 Emed07-18b hattında Messiniyen ara yüzeyinin Anaxagoras dağı civarında yükselim gösterdiği; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit

Bu uyumsuzluk bazı kesimlerde Messiniyen sismik ara yüzeyinin deniz tabanına kadar ulaşması ile bu seviyede sonlanması (toplap) şeklinde gözlenmiştir. (Şekil 2.14a ve Şekil 2.14b). Bu durumun oluşumunda, Akdeniz'in kuruması ve irtifadan dolayı suyun çekildiği kesimlerde gerçekleşen atmosferik süreçlerinin rol aldığı düşünülmektedir. Deniz seviyesi değişimleri ile ilintili olarak etkinlik gösteren atmosferik süreçte, denizel ortamda biriken sedimentler erozyona maruz kaldığı (sub-aerial erosion) ve arayüzeylerin sürekliliklerinde ani kesilmeler meydana

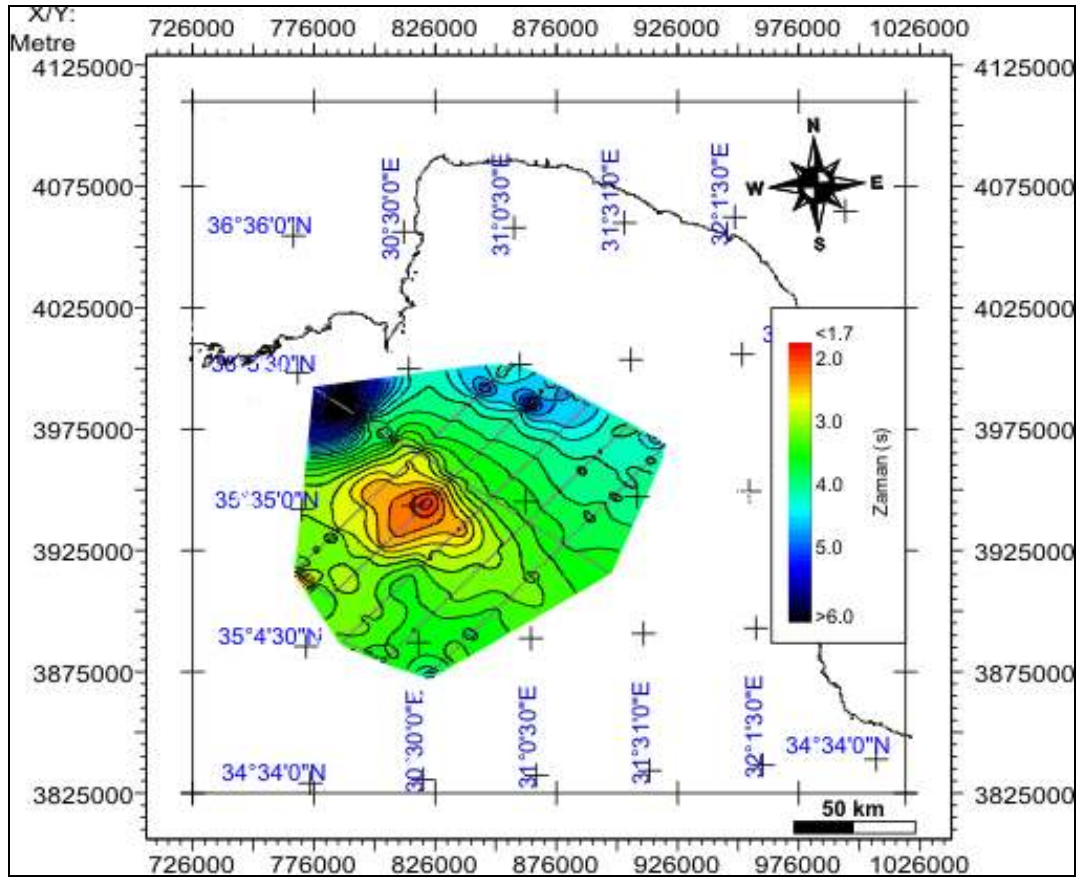
geldiği sonucuna varılmıştır. Messiniyen arayüzeyinin yer yer toplam kesilmeleriyle deniz tabanında sonlanması da atmosferik erozyon işlemlerinin etkisi olarak yorumlanmıştır.



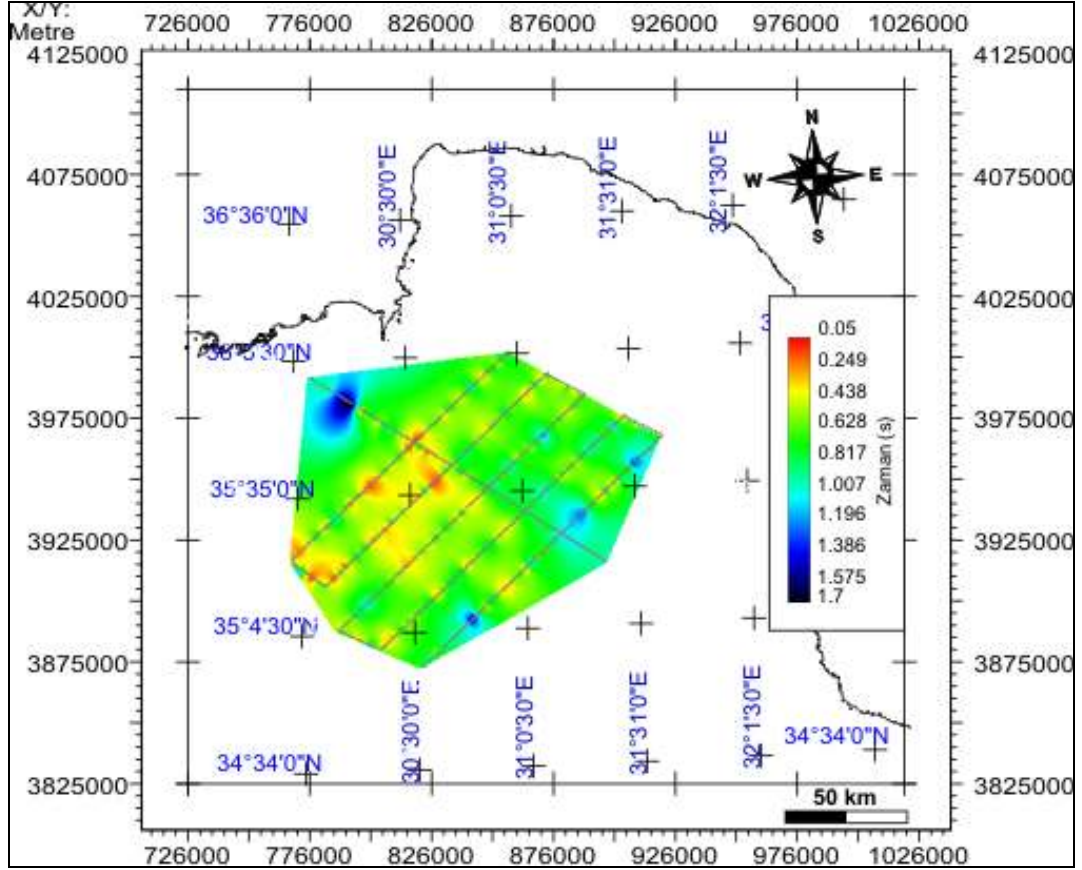
Şekil 2.14 Emed07-16 hattına ait, Anaxagoras Denizaltı dağının güneydoğu ucunda gözlenen Messiniyen sismik ara yüzeyinin deniz tabanına kadar yükselerek sonlanmasını gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Messiniyen sismik ara yüzeyinin bütün kesitlerde tayini yapıldıktan sonra mevcut veriler ışığında çalışma alanına ait 500 metre grid aralıklı paleo-taban (Şekil 2.15) ve

Messiniyen biriminin izopak haritası (Şekil 2.16) oluşturulmuştur. Çalışma alanı için oluşturulan izopak haritası, bir alt birim olan Tortoniyen sismik ara yüzeyinin kendini Doğu Anaximander dağları ve yakın çevresinde göstermesi ancak daha kuzeyde yer alan Antalya basenine doğru nadiren görülmesinden dolayı haritanın oluşturulması sırasında enterpolasyon yapılmış ve bu sebeple haritanın güvenilirliği özellikle Antalya baseni civarında çok düşük olarak verilmiştir.



Şekil 2.15 Messiniyen ara yüzeyine ait paleo-taban haritası.

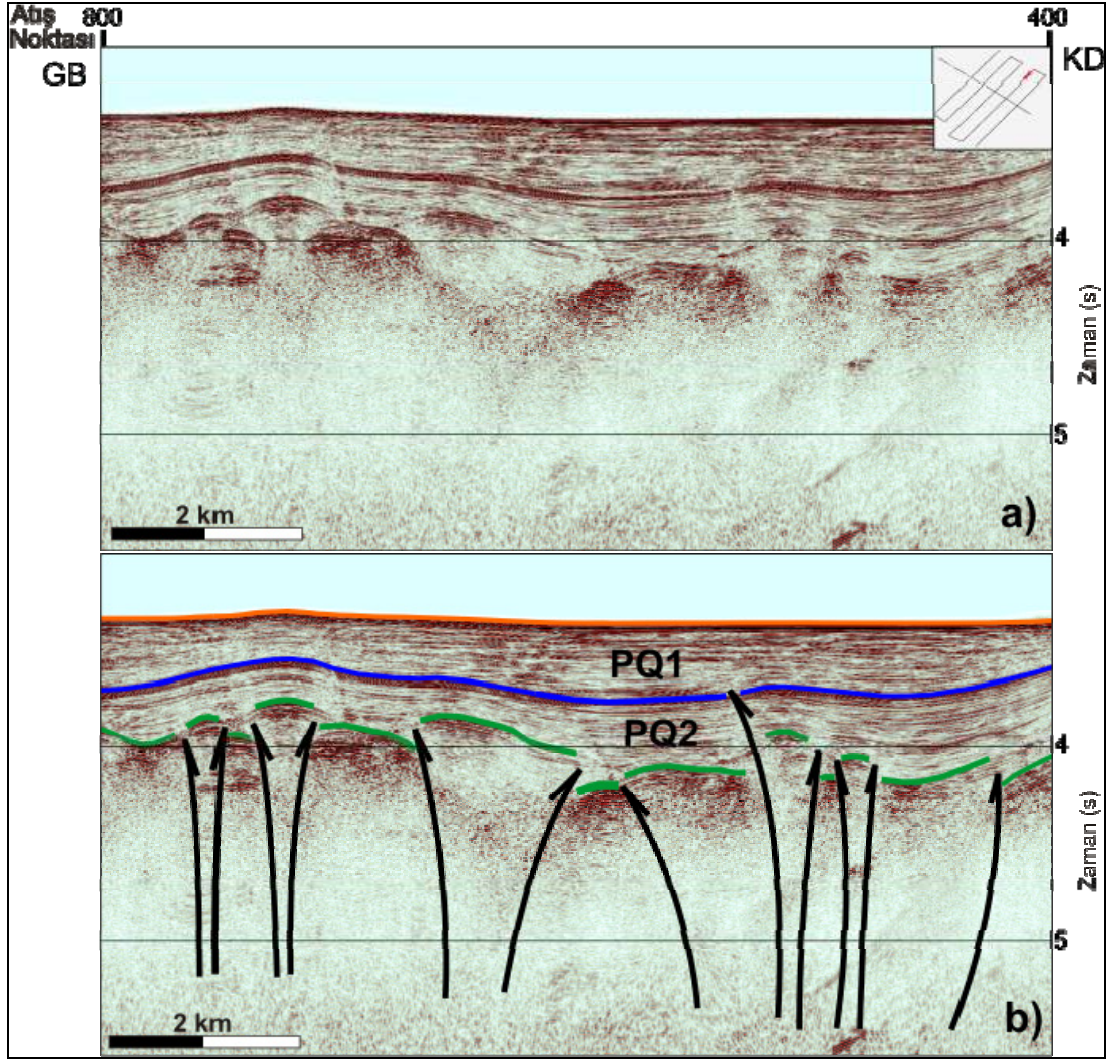


Şekil 2.16 Çalışma alanında gözlenen Messiniyen birimine ait kalınlık haritası.

Kalınlık haritası incelenecek olursa, çalışma alanında en fazla değişimin gözlemlendiği bölge Doğu Anaximander dağları ve civarıdır. Bu durum, önceki konularda da deniz tabanı altındaki ara yüzeylerin deniz tabanında farklı eğimler göstermesi durumu ile paralellik arz etmektedir.

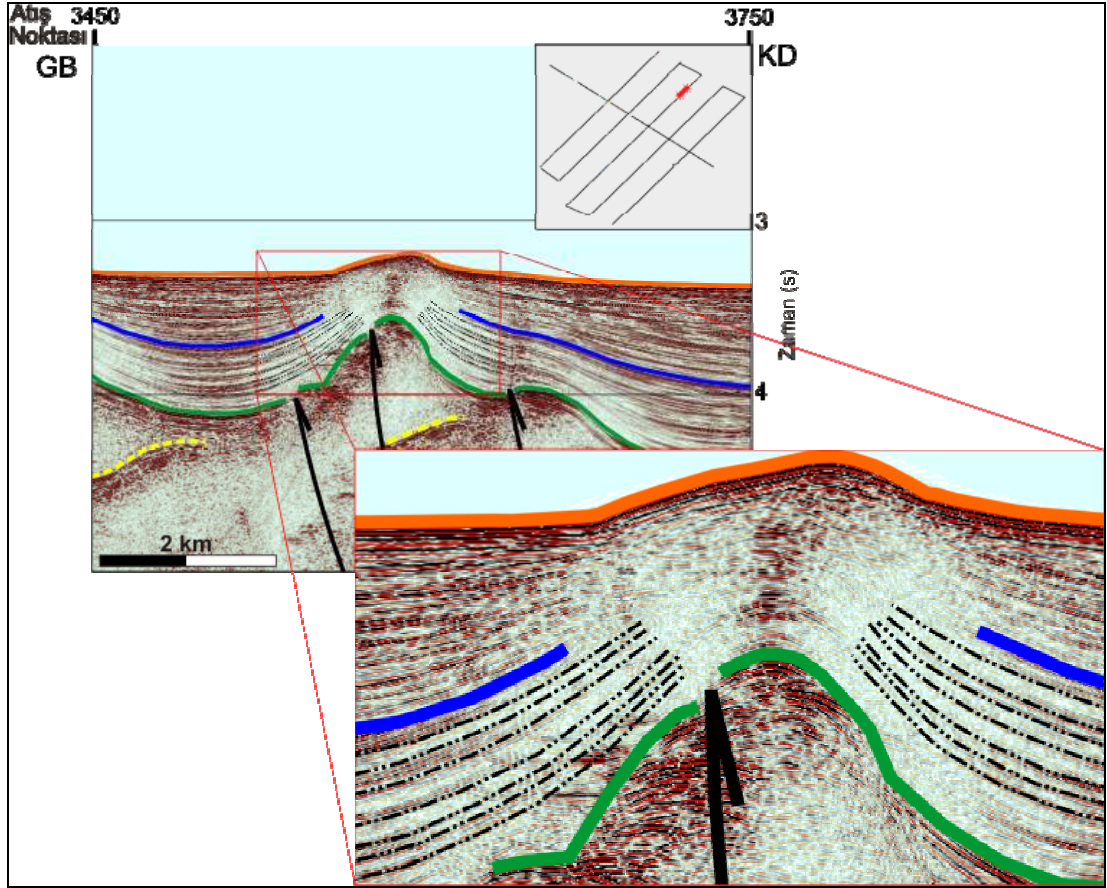
2.1.3 Pliyo-Kuvaterner Sismik Stratigrafisi

Sediment birikimlerinin en yoğun olarak gözlemlendiği bu birim deniz tabanı topoğrafyasında gözlenen belirgin değişimlerin izlerini de kendi içinde göstermektedir. Çalışma alanının özellikle Antalya Baseni kesiminde Pliyo-Kuvaterner birimini ikiye bölen çok belirgin bir yansıtıcı ara yüzey kendini göstermektedir. Bu yansıtıcı ara yüzey Pliyosen – Kuvaterner ara yüzeyi olarak düşünülmüş ancak yorumlama aşamasında Pliyo-Kuvaterner için Özer'in de (2009) "Unit1" ve "Unit2" tanımlamasına paralel olarak, PQ1 ve PQ2 birimleri ile ayrı paketler olarak gösterilmiştir (Şekil 2.17a ve Şekil 2.17b).



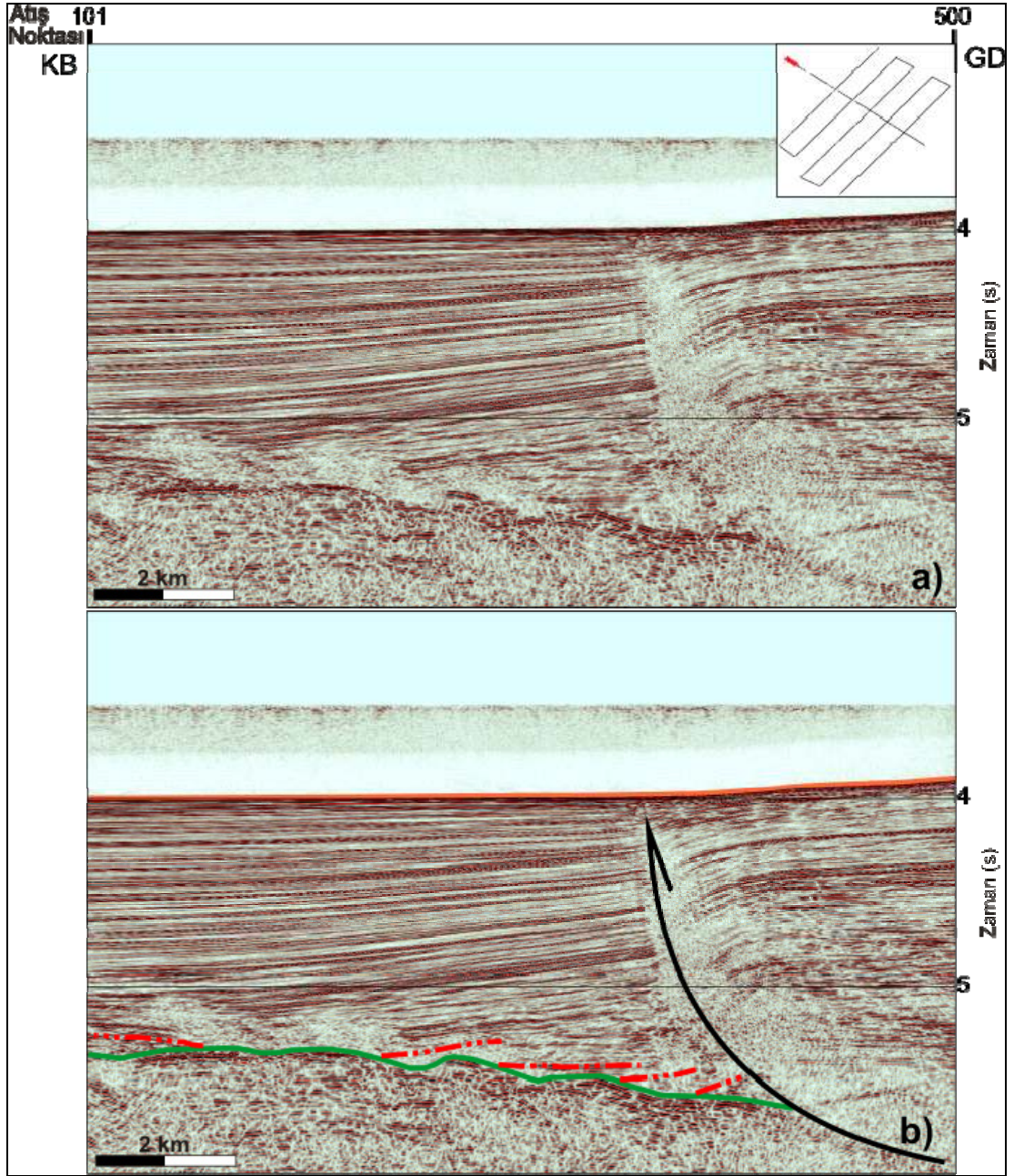
Şekil 2.17 Emed07-16 hattına Pliyo-Kuvaterner birimini ikiye ayıran ara yüzeye ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit

Pliyo-Kuvaterner stratigrafik birimi içerisinde kendini belirgin olarak gösteren uyumsuzluk, İşler ve diğer., (2005) ile uyumlu olarak tektonizma ile eş zamanlı olarak gelişen uyumsuzluk (Syntectonic Progressive Unconformity) tipidir (Şekil 2.18). Buna göre, özellikle Antalya baseni civarında gözlenen kıvrımlar ve bu kıvrımların arasında kalan sediment birikimleri, iki kıvrım arasında belirli bir kalınlıkla gözlenirken kıvrımlara doğru birimlerin yükseldiği ve daraldığı açıkça görülmektedir. Bu durum, süregelen tektonik deformasyonla (kıvrımlanma ve diyapirleşme) birlikte gelişen ve kıvrım kanatlarında gözlenen onlap uyumsuzluklarına birer örnektir.



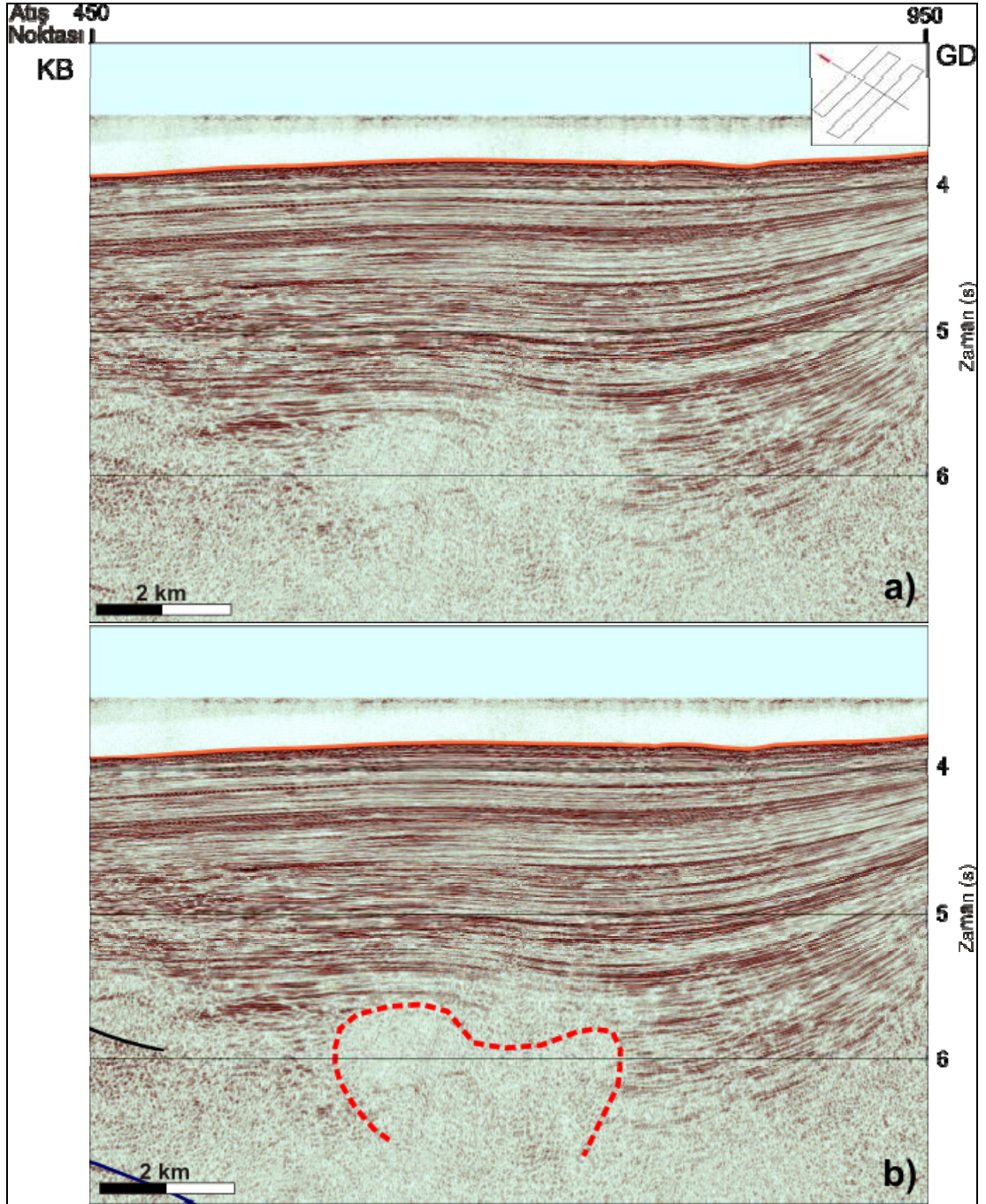
Şekil 2.18 Emed07-18b hattında tektonizma ile eş zamanlı oluşan uyumsuzlukları gösteren yorumlanmış sismik kesit

Messiniyen sismik stratigrafik biriminde değinilmiş olan tuz duvarları da Pliyo-Kuvaterner içerisinde ve Antalya Baseni civarında uyumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu uyumsuzluk tuz duvarının sınırladığı küçük basenin içerisindeki sedimentlerin duvara doğru yükselerek (kırmızı) yapının üstüne sonlanması (onlap) şeklinde görülmektedir (Şekil 2.11). Benzer bir uyumsuzluk çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Finike baseninde de görülmektedir. Bu alanda yer alan kısa sismik hatta bakılacak olursa, bölgede Pliyo-Kuvaterner birimi içerisinde iki önemli durum dikkat çekmektedir. Bunlardan ilki hattın kuzeybatısında kalan sediment birikimlerinin deniz tabanından farklı eğim göstererek yer yer Messiniyen biriminin üzerine (kırmızı) sonlanması (onlap) uyumsuzluğudur (Şekil 2.19a ve Şekil 2.19b).



Şekil 2.19 Emed07-01a hattında ve Finike baseninde yer alan uyumsuzlukları gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

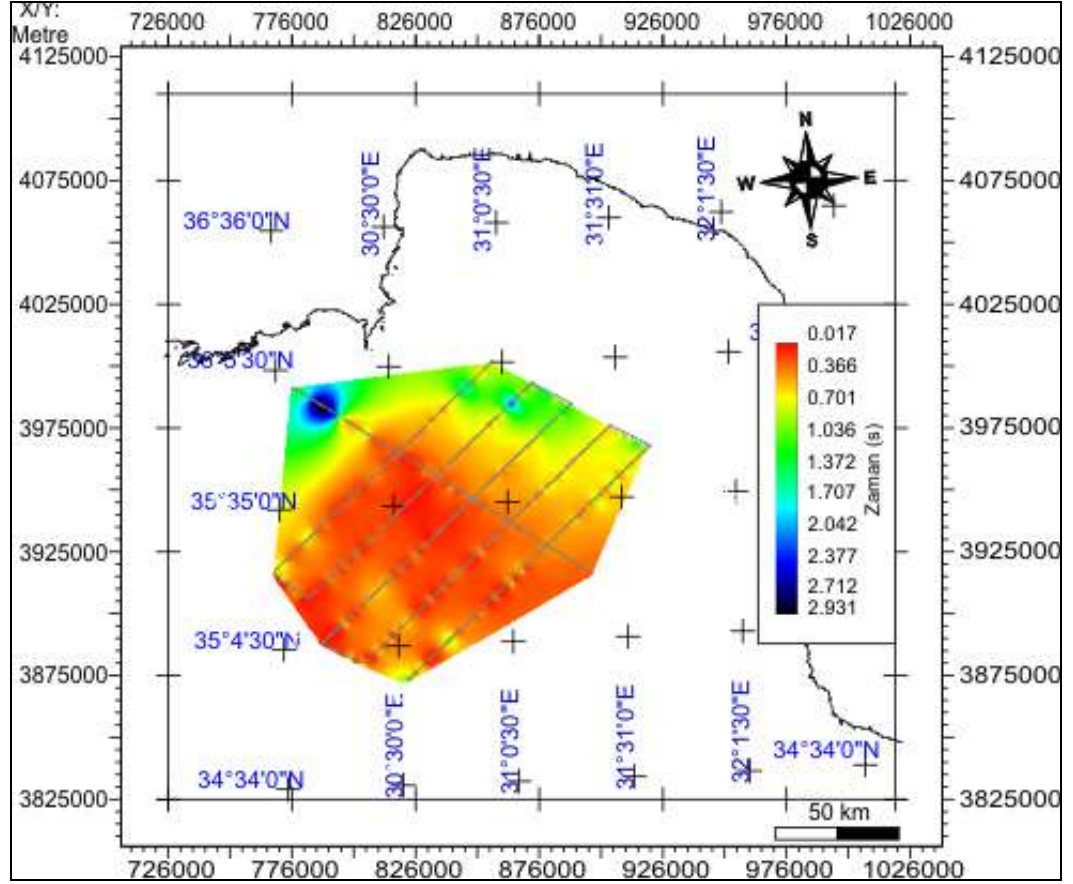
Bir diğer jeolojik olgu ise aynı hattın güneydoğusunda yer alan sediment birikimlerinin 5.5 - 7 saniye civarında ve belirli bir alanda görünürlüğünü yitirmekte (kırmızı) olduğudur (Şekil 2.20a ve Şekil 2.20b).



Şekil 2.20 Emed07-01a hattında Finike basenine ait sedimentlerin görünürlüğüne yitirdiği derinliği gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Bu akustik belirti bölgede gaz birikimlerinin de olabileceğine işaret etmektedir. Öte yandan, mevcut kısa hat ve Finike baseninde sadece bu profilin yer alması, bu alan için daha belirgin yorumlar yapılmasına engel olmaktadır. Bütün bunlara ek olarak, Antalya baseni civarında görülen ve Pliyo – Kuvaterner birimini ikiye bölen yansıtıcı, bu alanda görülememektedir. Ayrıca Pliyo – Kuvaterner için 500 metre grid aralığı ile hazırlanan kalınlık haritası da Şekil 2.21’ de gösterilmektedir. Verilen

sismik kesit örneklerinde de görüldüğü gibi özellikle Pliyo- Kuvaterner kalınlığı, çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan Antalya basenine doğru yüksek değerlere sahipken, güneyli kesimlerde yer alan Doğu Anaximander dağlarına doğru kalınlık iyice azalmaktadır.



Şekil 2.21 Pliyo – Kuvaterner birimi için hazırlanmış kalınlık haritası.

BÖLÜM ÜÇ

ANAXIMANDER DENİZ ALTI DAĞLARININ VE DOĞUSUNUN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

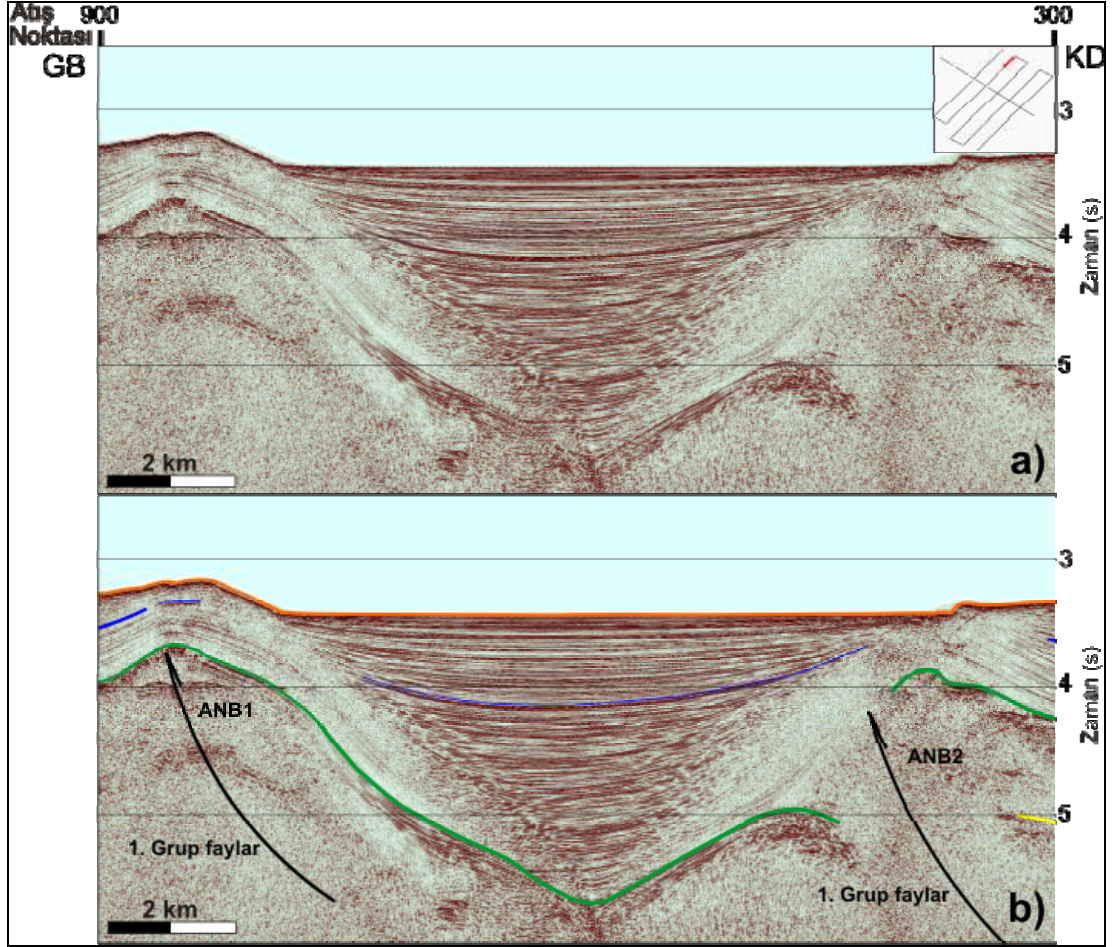
Çalışma alanı içerisinde belirgin olarak görülebilen yapılar; kıvrımlar, yükselimler, basenler ve bu yapıları sınırlayan ters bileşenli faylar olarak sıralanabilir. Çalışma alanı içerisinde yer alan mevcut yapıları sınırlayan ve oluşumunda rol alan fay tipi, Aksu ve diğer., (2009) tarafından da gösterilen bindirme fayları olarak yorumlanmıştır. Kesitler üzerinde görülen faylar özelliklerine göre iki farklı gruba ayrılabilir. Bunlardan 1.Grup faylar deniz tabanına kadar ulaşmayan üstü örtülü bindirme fayları, 2.Grup faylar ise deniz tabanına kadar ulaşan bindirme faylarıdır.

3.1 Miyosen Dönemi Yapılar

Miyosen dönemi yapılar mevcut veriler üzerinde incelenecek olursa, başlıca üç farklı jeolojik olgu dikkati çekmektedir. Bunlar, Antalya baseninin temeli, kıvrımlar ve bu yapıları sınırlayan fay sistemleridir.

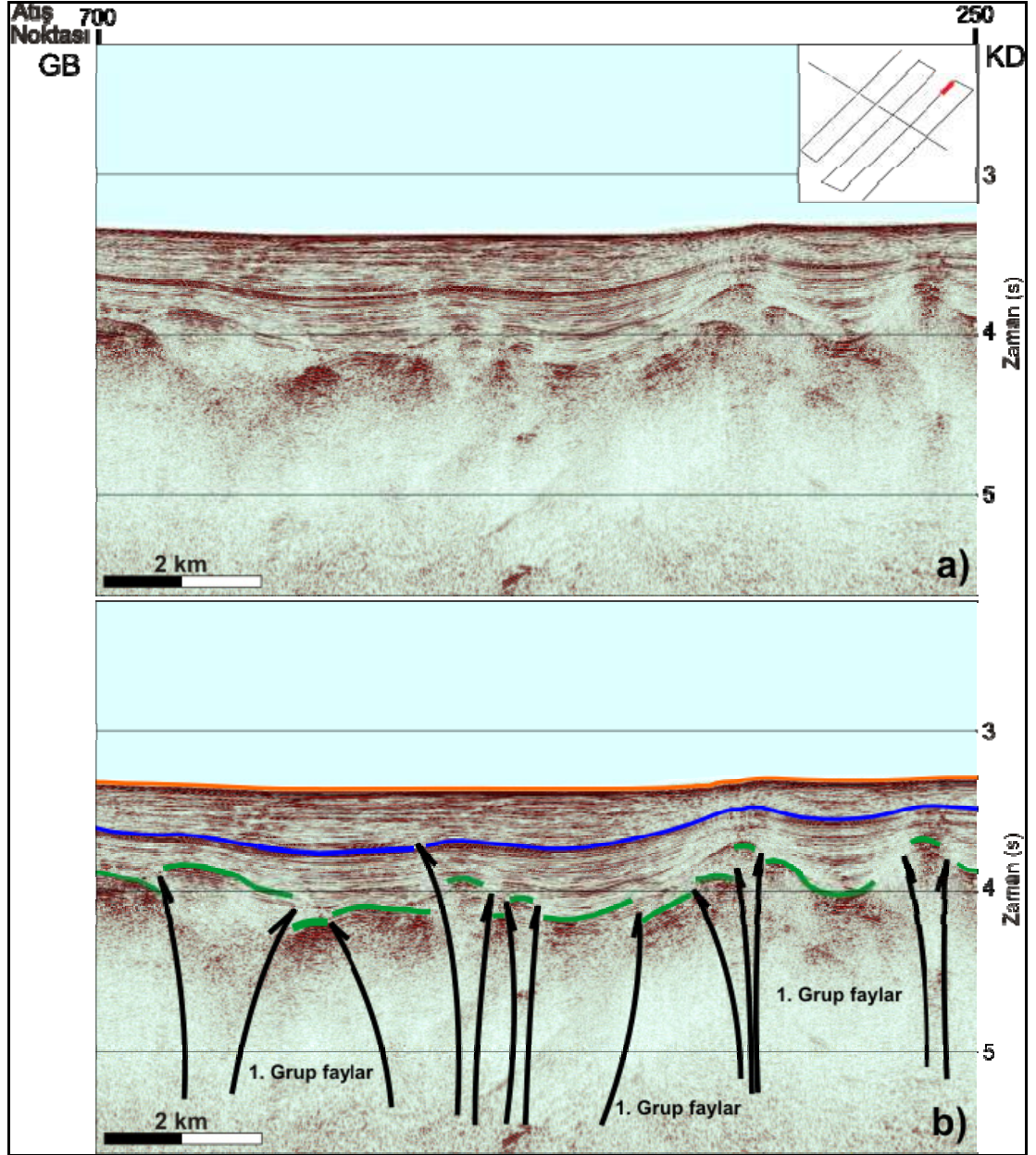
3.1.1 Faylar

Daha önceden de bahsedildiği gibi faylar çalışma alanı için iki farklı gruba ayrılmıştır. Bunlardan 1.Grup faylar Miyosen dönemi içerisinde görülebilen faylar arasında olup üzerleri örtülü kör bindirmelerdir (blind thrust). Çalışma alanının hemen her kesiminde Miyosen dönemi içerisinde bu fay tipi yaygınlıkla görülmektedir. Antalya baseni civarında bu faylar baseni sınırlayan ve oluşumunda etkin olarak rol alan kürek tipi bindirmeler (ANB1 ve ANB2) şeklinde görülmektedir (Şekil 3.1a ve Şekil 3.1b). Antalya baseninden daha da kuzeyde özellikle sismik kesitlerin kuzeydoğu uçlarında yer alan aynı grup faylar görülmektedir. Ancak bu faylar daha küçük faylar olup Messiniyen reflektörünün o alanda çok kırıklı bir yapıya sahip olması sonucunu doğurmuştur (Şekil 3.2a ve Şekil 3.2b).

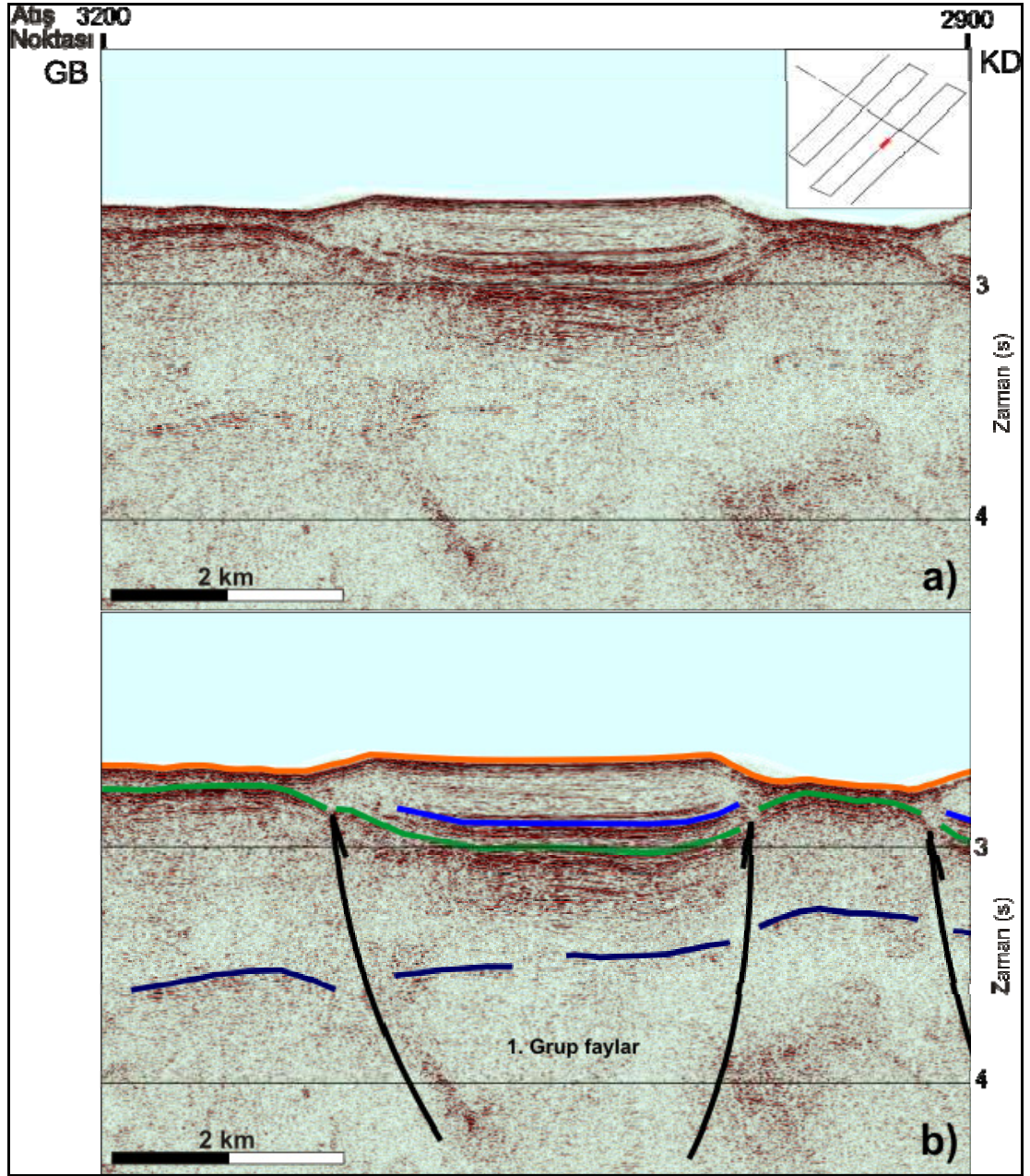


Şekil 3.1 Emed07-20a hattının Antalya baseni civarında yer alan 1.grup fayları gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

İlk gruptaki faylar Doğu Anaximander dağları civarında incelenecek olursa, ilerleyen konularda kıvrımlarda anlatılacak olan mercek benzeri yapıları sınırlayan bindirme fayları görülmektedir (Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b).



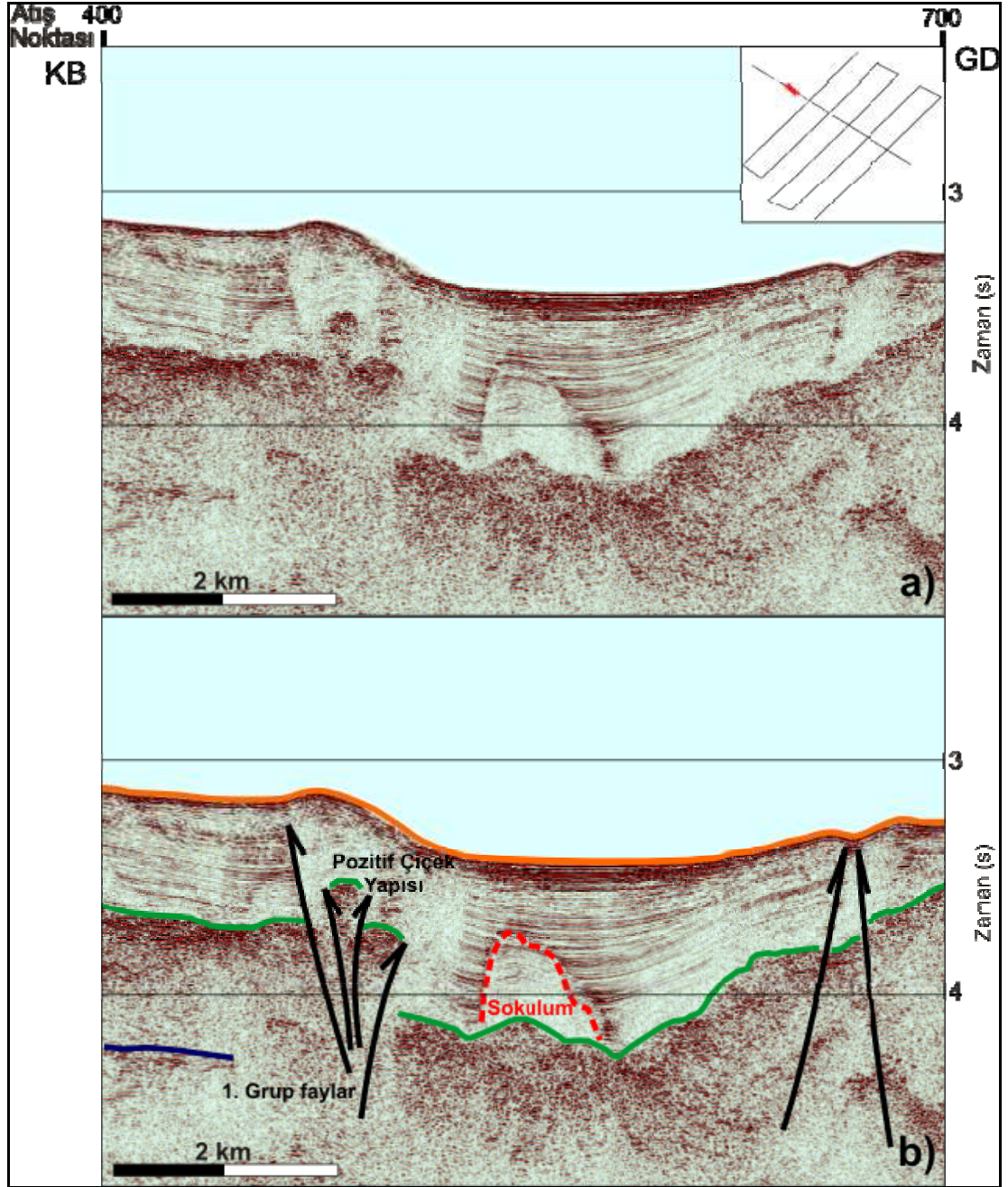
Şekil 3.2 Emed07-16 hattında Antalya baseninin kuzeyinde kalan ve 1.grup fayları gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.



Şekil 3.3 Emed07-16 hattının doğu Anaximander dağları civarında görülen mercer benzeri yapıları sınırlandıran 1.grup faylara ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Doğu Anaximander dağlarının kuzeybatısında 1.grup fayların yer aldığı ve pozitif çiçek yapısı şeklinde faylanmalar da çalışma alanı içerisinde görülebilen faylar arasındadır (Şekil 3.4a ve Şekil 3.4b). Ayrıca kesit üzerinde işaretli olarak gösterilen sokulum şeklindeki farklı bir yapı da (kırmızı) dikkat çekmektedir. Yapının geometrisi, ve bir alt ara yüzey olan Messiniyenin üzerinde oluşu, bu birimden Pliyo-Kuvaterner birimine tuzun hareketi olarak düşünülebilir. Ayrıca yapının ortaya çıkış nedenlerinden biri de bölgedeki pek çok yapının oluşumunu

sağlayan sıkışma olarak da öne sürülebilir. Ancak, tek bir sismik profilden yola çıkarak bu yapının ne olabileceği konusunda daha belirgin bir yoruma gitmek mümkün olamamıştır.

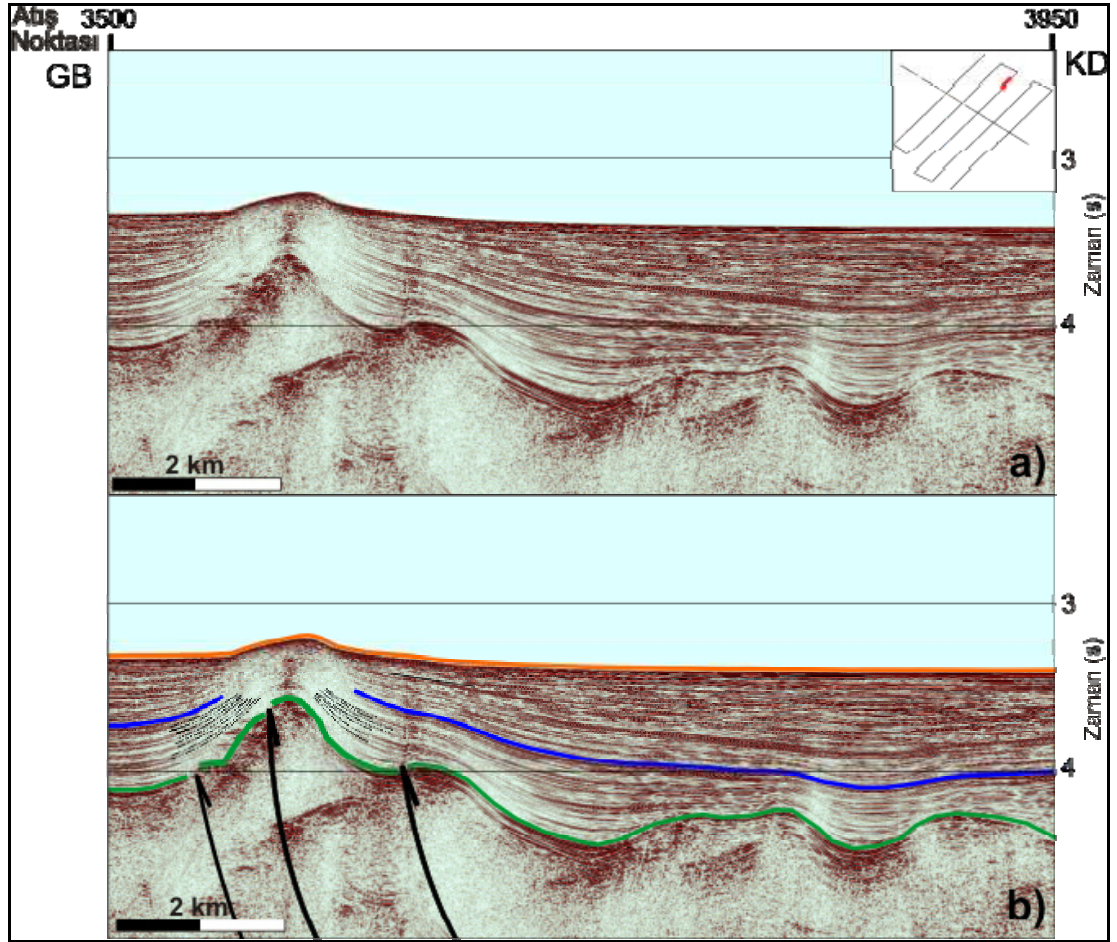


Şekil 3.4 Emed07-01b hattının doğu Anaximander dağları civarında görülen çiçek yapısı türü faylanmalara ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Yapının geometrisi, ve bir alt ara yüzey olan Messiniyenin üzerinde oluşu, bu birimden Pliyo-Kuvaterner birimine tuzun hareketi olarak düşünülebilir.

3.1.2 Kıvrımlar

Bölgede belirgin deniz tabanı morfolojisinde kendini gösteren yapılardır. Bu yapılar doğu Anaximander dağlarının kuzeyinde sıklıkla görülmekte olup oluşumunda her iki grup fayların varlığından bahsedilebilir. Ancak, bu bölümde kıvrım yapılarından Pliyo-Kuvaterner dönemi kıvrımlarla aynı sıklıkta bahsetmek mümkün değildir. Bu dönemde gösterilecek olan kıvrımlar aslında güncelde görülen kıvrımların tabanı niteliğindedir. Bu yapıların, çalışma alanının sadece kuzeyinde ve Antalya baseni civarında görülmesinin, sıkışma ve basendeki sediment varlığı ile doğrudan ilişkisi olduğu yorumuna gidilmiştir. Stratigrafi konusunda bahsedilen tuz duvarları yapılarında, yapının üst seviyesi bir kıvrım şeklinde olup Miyosen dönemi kıvrımlara en iyi örneklerden biridir (Şekil 2.7). Ayrıca yine Antalya baseni civarında, Messiniyen ara yüzeyi incelenecek olursa karmaşık bir morfolojiye sahip olduğu görülmektedir. Bu morfoloji dalgalı olarak ve paleo-kıvrım yapıları şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 3.5a ve Şekil 3.5b).



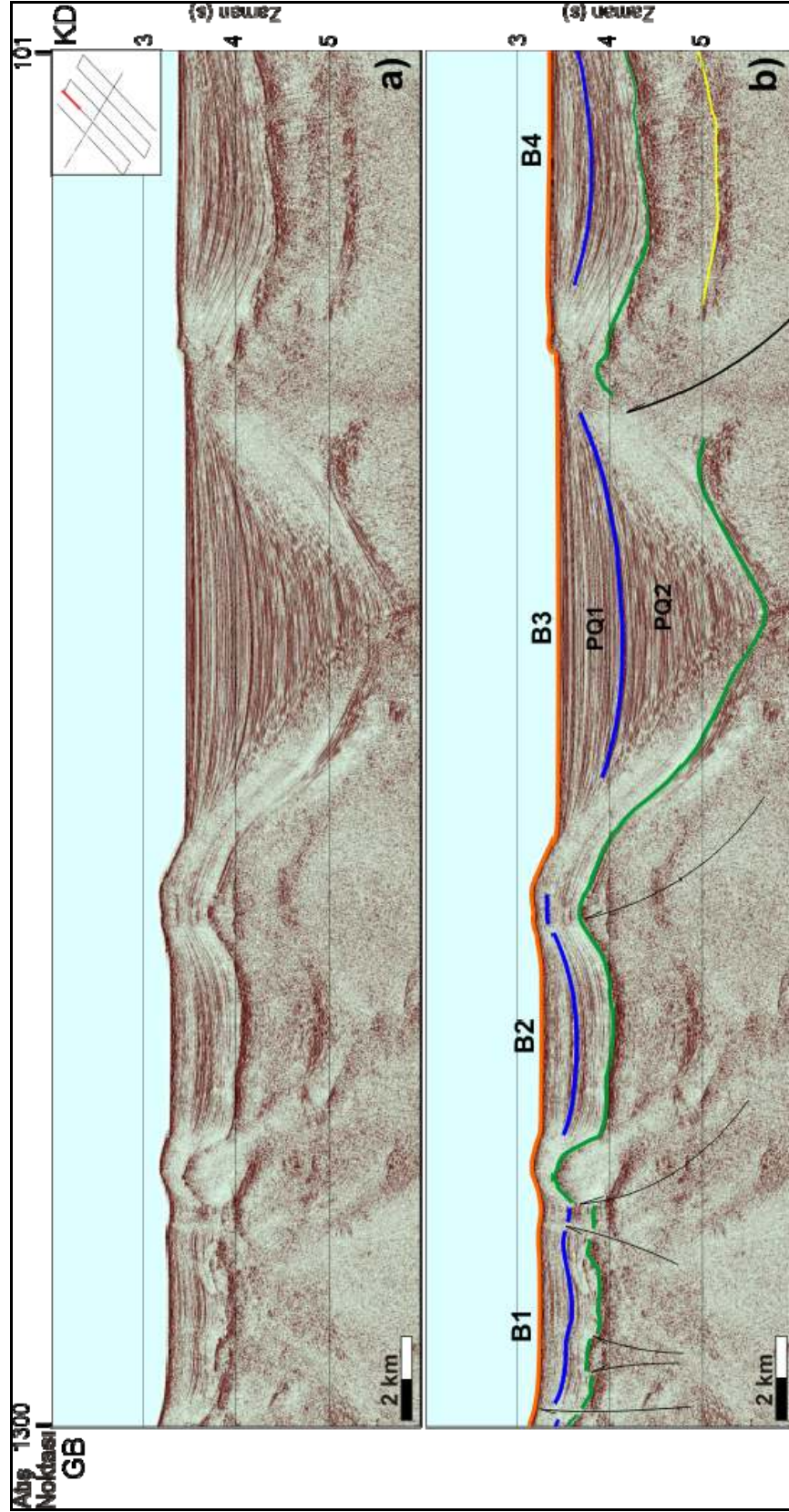
Şekil 3.5 Emed07-18b hattının Antalya baseni civarında görülen Messiniyen morfolojisine ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

3.1.3 Basenler

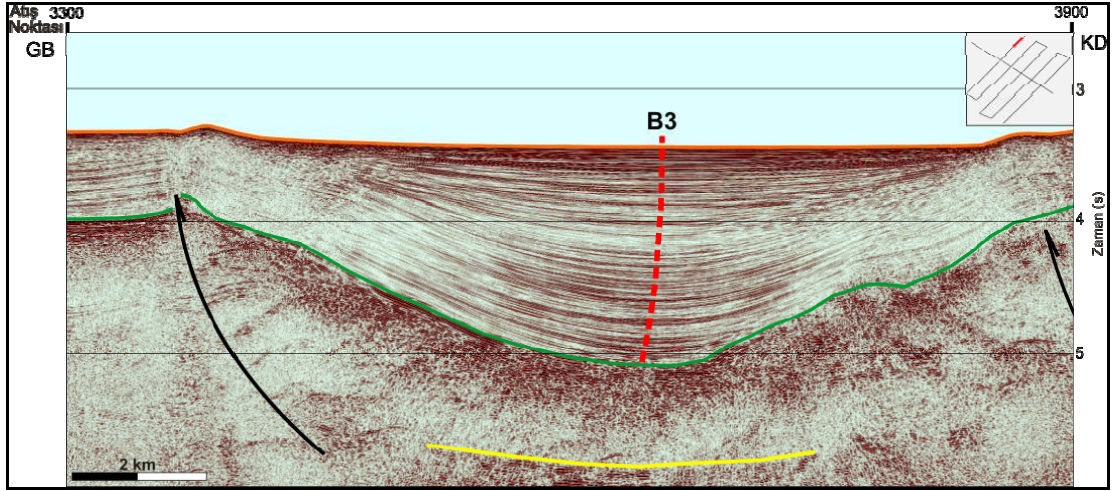
Çalışma alanında iki önemli basenin varlığından bahsetmek mümkündür. Bunlardan birincisi sediment kalınlığının en fazla olduğu Finike baseni olup bu alanda sadece kısa bir sismik hat mevcuttur. Bu sebeple, Finike baseni ile ilgili yapılan yorumlar sadece Emed07-01a hattında görülenlerle sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte Antalya baseni ile Finike baseninin oluşumlarının aynı sebeple oluştuğu sonuçlar kısmında da irdelenecektir.

Antalya baseni incelenecek olursa, birkaç farklı parçadan oluştuğu sismik kesitlerde görülmektedir. Basenin en büyük parçası ortada olmak üzere etrafına toplanmış birkaç küçük basenden oluşan ve B1, B2, B3 ve B4 ile tanımlanan Antalya baseni Şekil 3.6a ve Şekil 3.6b’de gösterilmiştir. Antalya baseni olarak

bahsedilen bu çoklu basen yapısı, çalışma alanının en güneydoğusunda yer alan Emed07-14 ve Emed07-16 hatlarında Messiniyen reflektörün daha düz bir morfolojiye sahip oluşu ile diğer hatlarda görülen basen yapısından farklılaşmaktadır. Diğer hatlarda ise özellikle B3 ile tanımlanan ortadaki en büyük basenin ise kuzeybatıya doğru genişlemekte olduğu gerek sismik kesitlerden oluşturulan blok diyagramda (Şekil 3.7) gerekse de batimetri haritasında açıkça görülmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 3.6 Emed07-20a hattının Antalya baseni civarında basenleri gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.



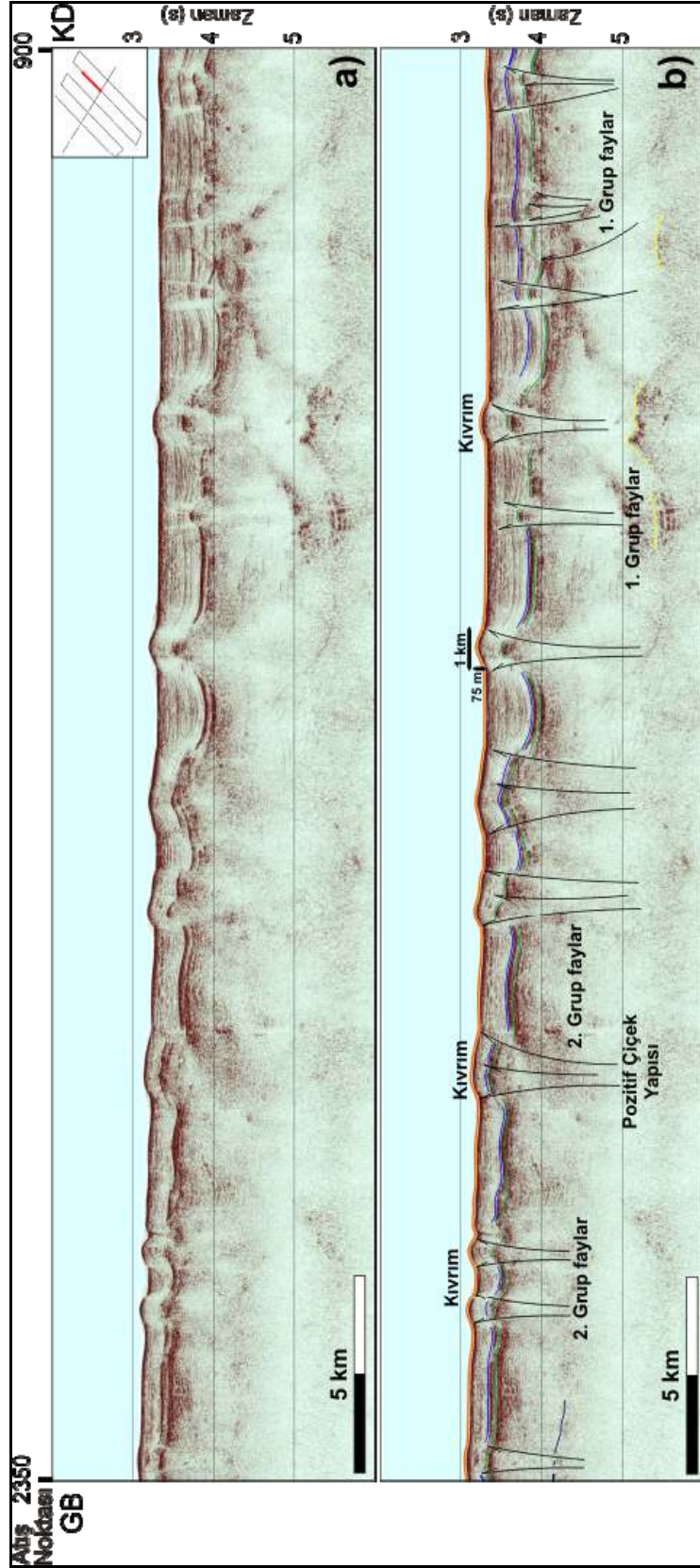
Şekil 3.8 Emed07-22b hattının Antalya baseni civarında basenin simetrisindeki değişimi gösteren yorumlanmış sismik kesit.

3.2 Pliyo – Kuvaterner Dönemi Yapılar

Batimetri haritası ve sismik kesitlerde, çalışma alanının en belirgin yapıları bu döneme ait yapılar olarak görülmektedir. Bu dönem içerisinde görülebilecek kıvrım, mercek benzeri yapılar, basenler ve bu yapıları sınırlayan birçok fay kendini deniz tabanında göstermektedir. Dönem içerisinde her iki grup fayın varlığından bahsedilebileceği gibi bu faylar önceki konularda da anlatıldığı gibi bindirme fayları olarak yorumlanmıştır. Ayrıca bu bölümde mercek benzeri yapılar ve oluşumuna ait yorumlar da yer almaktadır.

3.2.1 Faylar

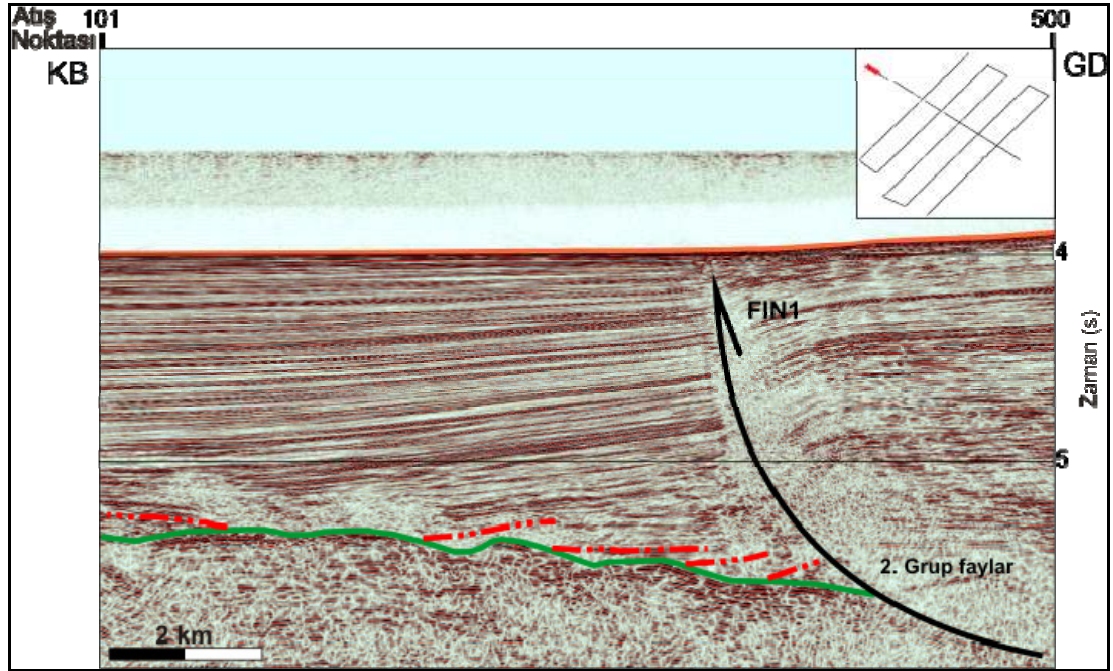
Çalışma alanında her iki gruptaki faylar da yaygınlıkla görülmektedir. Ancak, Pliyo – Kuvaterner dönemi için daha çok 2. Grup fayların varlığı hakimdir. Bu gruptaki faylar özellikle Antalya baseni civarında çok yoğun olarak ve batimetri haritasında yer alan kıvrım kuşaklarını sınırlayan faylar şeklinde görülmektedir (Şekil 3.9a ve Şekil 3.9b). Sismik kesitler üzerinde bu faylar, derinlerde birleşmiyor gibi gösterilmiştir. Ancak yapılar pozitif çiçek yapısı şeklinde yorumlanmış ve birleşebilecekleri derinlikler için veri ayrımlılığı ve sinyal penetrasyonunun yetersiz kalışı nedeniyle kesitler üzerindeki gösterimden öteye geçilmemiştir.



Şekil 3.9 Emed07-16 hattında Pliyo-Kuvaterner dönemi fayları gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

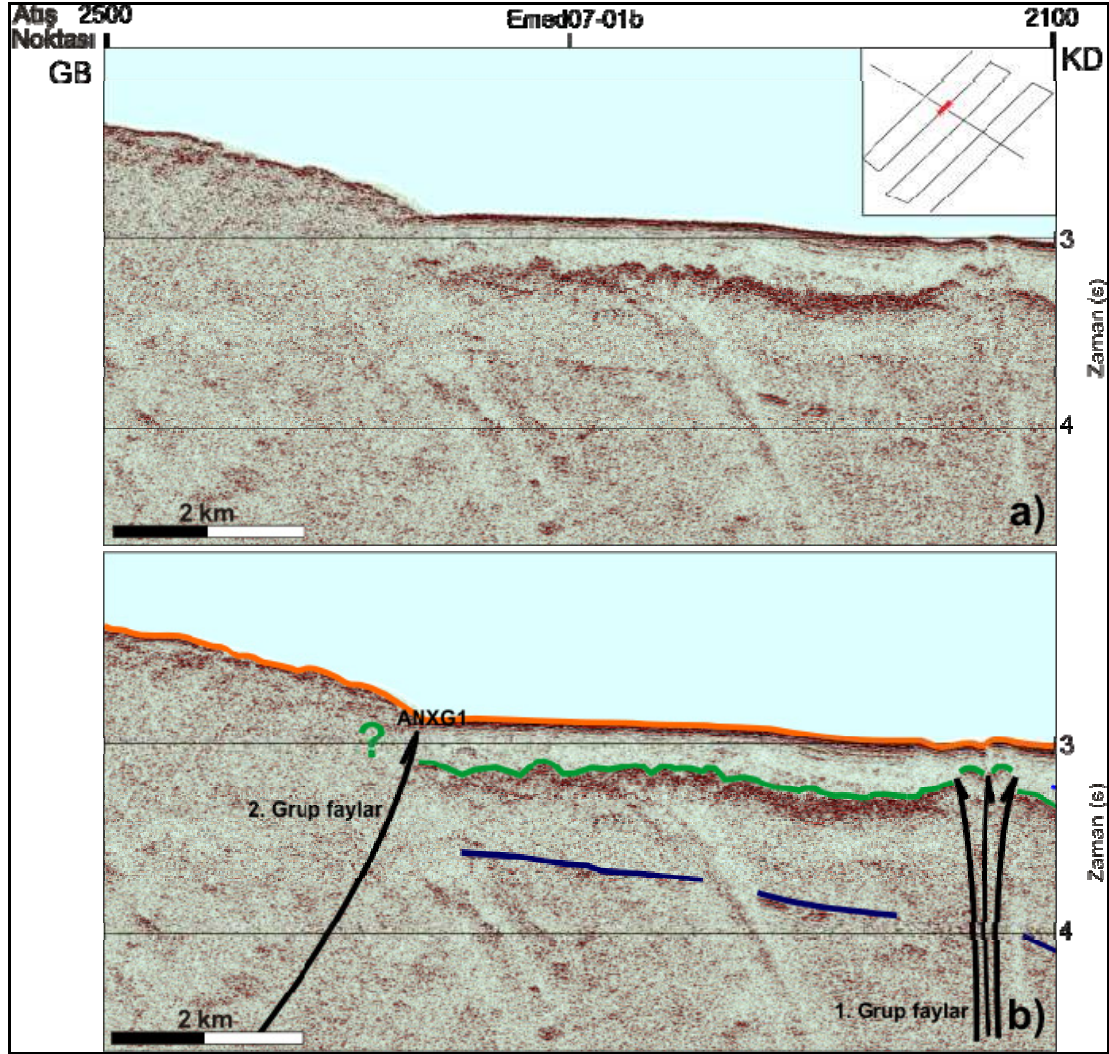
Verilerden anlaşılacağı gibi, bu kıvrım kuşakları her iki kanadında bindirme faylar ile sınırlanmış ve bu faylar bütün kıvrımlar için pozitif çiçek yapısı şeklini almıştır. Bütün bunlara ek olarak Emed07-01c hattındaki benzer yapılar Özer (2009) tarafından Florans yükselimine doğru da tanımlanmıştır.

Finike baseni içinde görülen bindirme fayı (FIN1) ise yüzeyin hemen altında sonlanıyor ve 1.Grup faylar içerisinde yer alıyor gibi görünse de (Şekil 3.10) düşey abartının az olmasından dolayı bu şekilde görülmekte ancak ileride verilecek olan batimetri üstüne tektonik haritanın incelenmesi durumunda bu fayın 2.Grup faylar arasında yer aldığı anlaşılmaktadır. Buna göre fayın batimetri haritası üzerinde görüldüğü alanda morfolojide çok keskin bir değişim görülmektedir (Şekil 4.2).



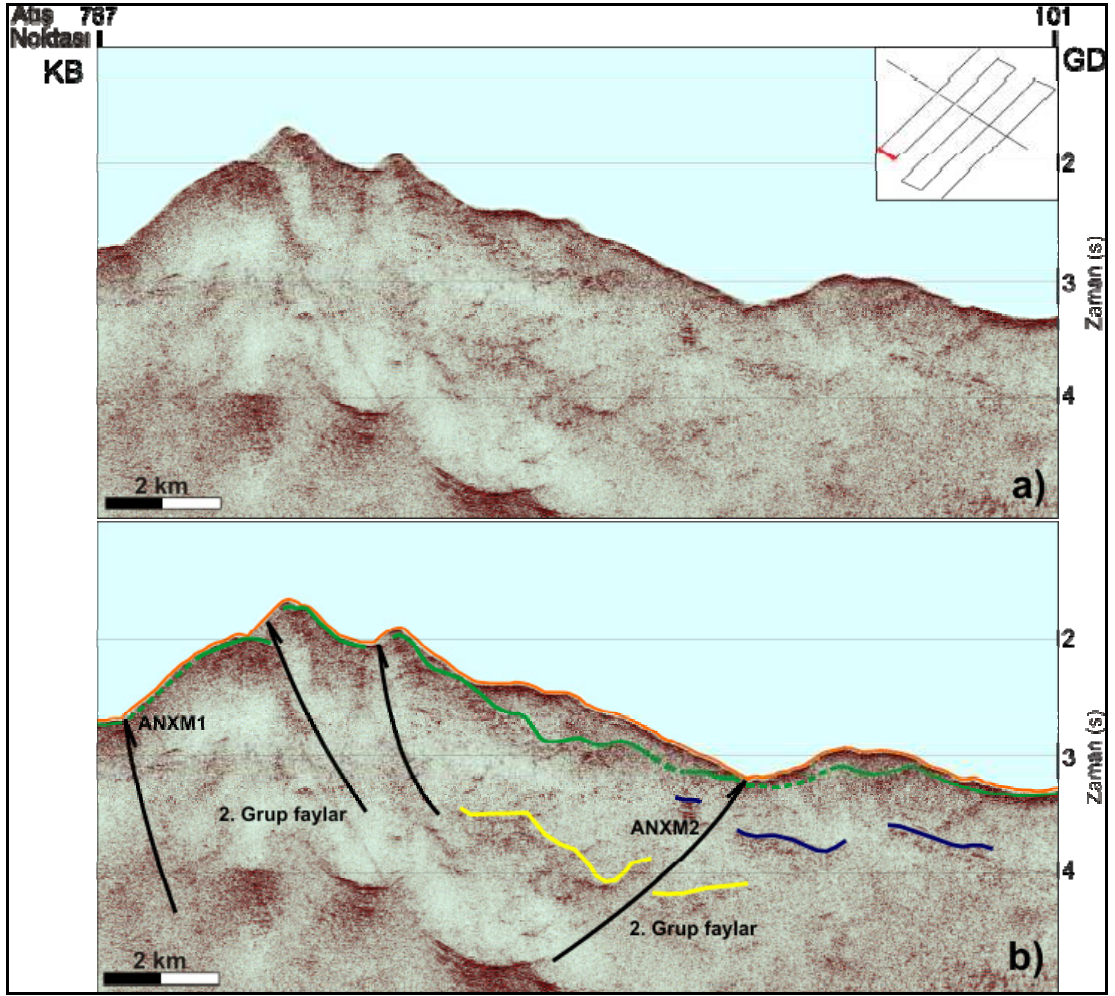
Şekil 3.10 Emed07-01a hattında Finike basenine ait FIN1 fayını gösteren yorumlanmış sismik kesit.

Doğu Anaximander dağları civarında 2.Grup faylar incelenecek olursa, Anaxagoras denizaltı dağına kuzeydoğu sınırı boyunca çevreleyen büyük bir bindirme fayı (ANXG1) görülmektedir (Şekil 4.2). Bu bindirme fayı için aynı zamanda Aksu ve diğer., (2009) tarafından sağ yanal bileşen de ileri sürülmüştür. Hatların tamamında bu duruma uyan bir iz kesin olarak görülmesi de Emed07-20a hattında fayın olduğu yerde Messiniyen yansıtıcı ara yüzeyinin dağ kesiminde aniden kaybolması (Şekil 3.11a ve Şekil 3.11b) bu fay için yanal bileşen durumuna işaret etmektedir.



Şekil 3.11 Emed07-20a hattında Anaxagoras denizaltı dağı'nın kuzey kesimini sınırlayan ANXG1 bindirme fayını gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Doğu Anaximander dağları ile ilgili dikkati çeken bir diğer olgu ise dağların sınırlarını çevreleyen farklı yön ve eğimdeki fayların varlığı kadar özellikle Anaxagoras denizaltı dağı'nın pek çok yerinde hem 1.Grup hem de 2.Grup fayların varlığıdır (Şekil 4.2). Anaximenes denizaltı dağına bakılacak olursa doğrultusu boyunca her iki kanadını da sınırlayan bindirmeler (ANXM1 ve ANXM2) görülmektedir (Şekil 3.12a ve Şekil 3.12b).



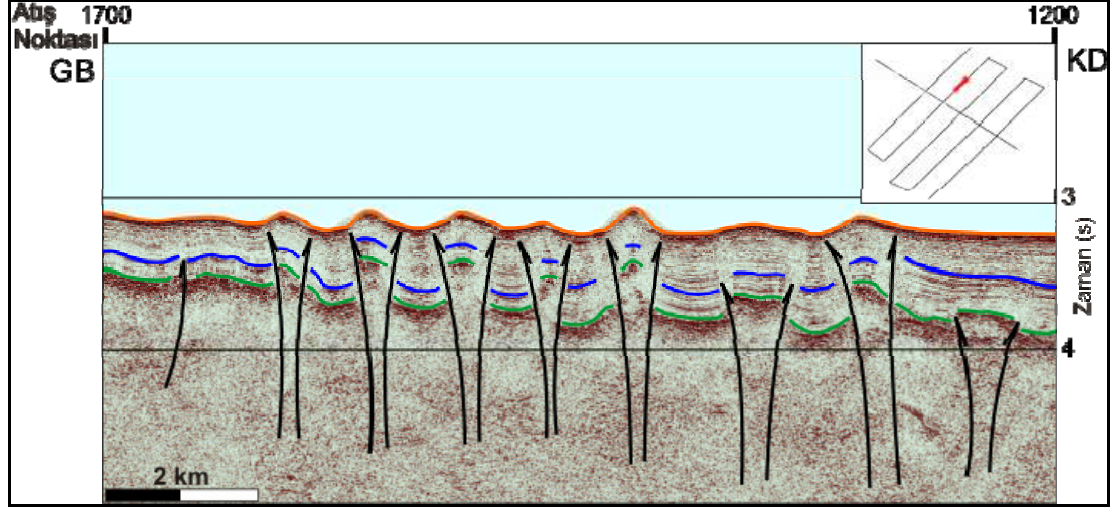
Şekil 3.12 Emed07-21 hattında Anaximenes denizaltı dağları ve bu yapıyı sınırlayan fayları gösteren; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

Anaxaagoras ve Anaximenes dağları ile ilgili bilinmesi gereken bir diğer durum, Aksu ve diğer., (2009) gösterdiği gibi bu iki dağı ayıran sınır boyunca yine bir bindirme fayının (ANXG2) varlığıdır (Şekil 4.2). Anaximenes denizaltı dağı yeteri kadar büyük bir yapı olsa da çalışma kapsamında kullanılan sismik hatların birbirine olan dik uzaklığı yaklaşık 15 km olduğu için yorumlama aşamasında bu yapıyla ilişkili olabilecek faylar yapıyı kesen sismik verinin az oluşu nedeniyle batimetri haritası yardımı ile devamlı hale getirilmiştir.

3.2.2 Kıvrımlar

Antalya baseni boyunca geniş yayılım gösteren yapı türü kıvrımlardır. Deniz tabanında önceden de bahsedildiği gibi dalgalı bir morfoloji oluşturmuş bu kıvrımlar,

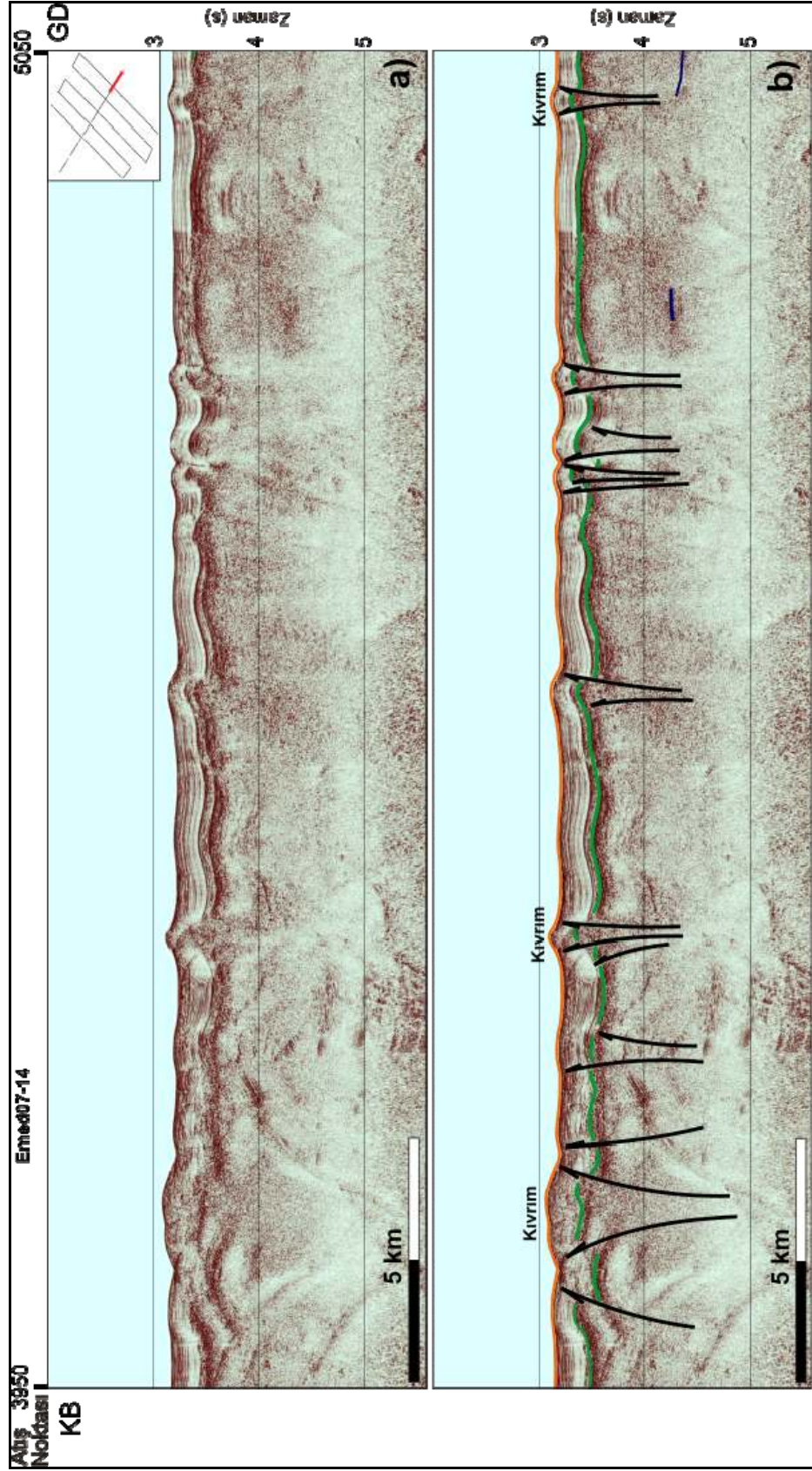
faylarla sınırlanmış ve bölgedeki sıkışmanın bir sonucu olarak günümüz morfolojisine Antalya baseni civarında kavuşmuştur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Emed07-20a hattının Antalya baseni civarında oluşmuş kıvrımları gösteren yorumlanmış sismik kesit.

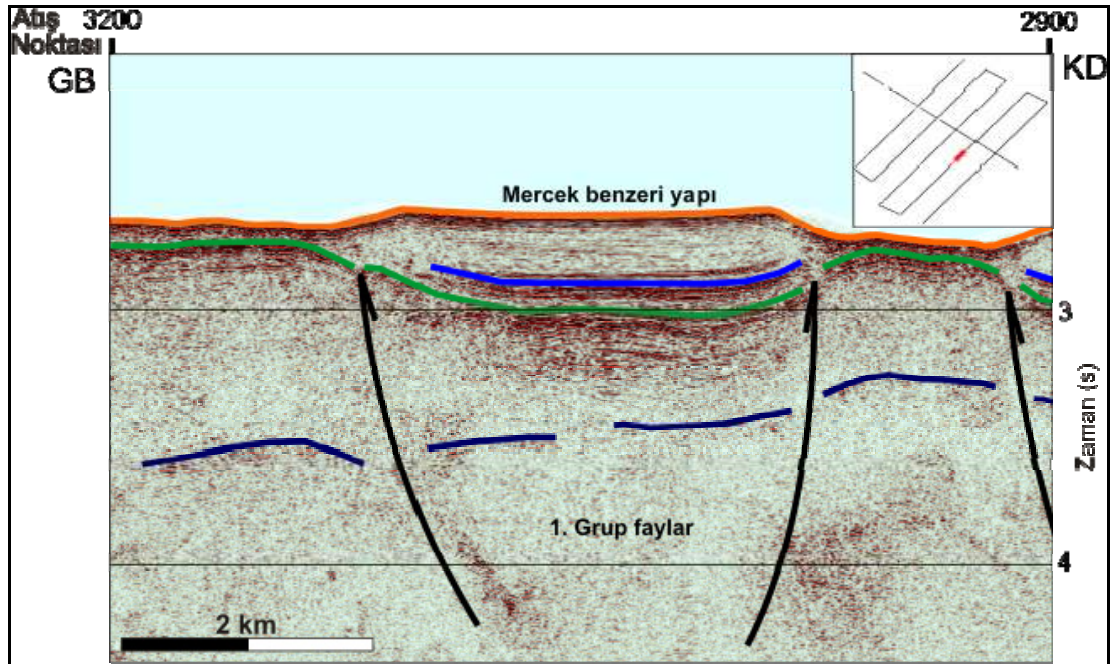
Bu yapılar kuzeydoğu – güneybatı hatların tamamında ve dikine hatlardan Emed07-01b (Şekil 3.4) ile Emed07-01c (Şekil 3.13a ve Şekil 3.13b) hattında da görülmektedir. Bu yapıların batimetri haritası kullanılmadan paralel hatlara taşınması bölgede çok fazla ve birbirine paralel kıvrım olmasından dolayı çok güç olmakla beraber, mevcut batimetri haritası yapıların paralel hatlara taşınmasında kullanılmış ve oluşturulan haritaların güvenilirliği bu sayede arttırılmıştır.

Kıvrımlarla ilgili diğer dikkati çeken bir durum ise batimetri haritasında kıvrımların kuzeybatıdan güneydoğuya doğru yay şeklinde dönerek devamlılık göstermesidir (Şekil 4.2). Çalışma alanı ile ilgili en büyük bilmece ise kıvrımlara benzer ancak kıvrımlardan daha geniş geometriye sahip mercer benzeri yapılardır (Şekil 3.14).



Şekil 3.13 Emed07-01c hattı üzerinde görülen kıvrımlara ait; a) yorumlanmamış, b) yorumlanmış sismik kesit.

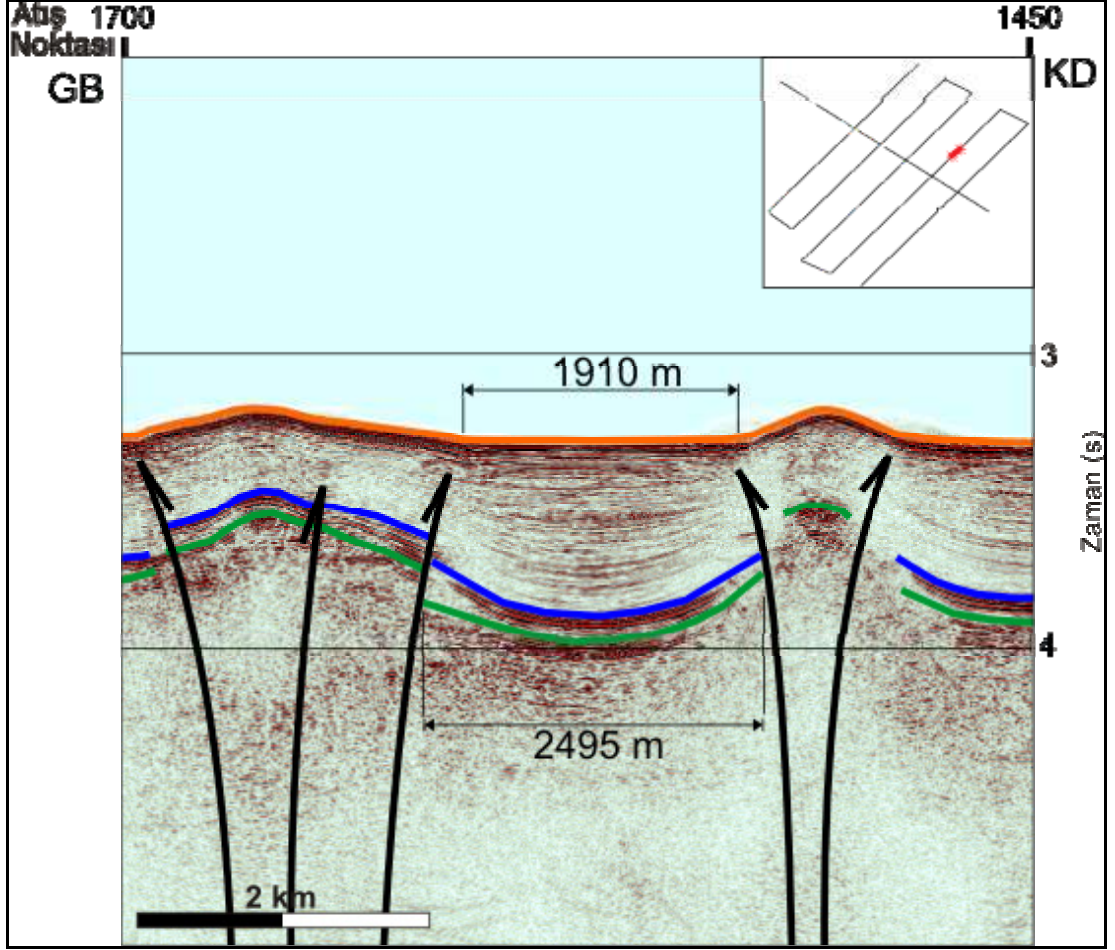
Bu yapıların geometrisi Messiniyen ara yüzeyinden itibaren incelenecek olursa, normal bir çökme ile oluşamayacağı ancak tektonik kuvvetlerle böyle bir yapının varlığından bahsetmenin mümkün olabileceği anlaşılmaktadır. Daha önceki konularda da bahsedildiği gibi yapının en anlaşılması zor kısmı deniz tabanı yukarı doğru eğim gösterirken taban altı reflektörlerin aşağı doğru eğim göstermesidir. Yapıların görüldüğü iki farklı alandan bahsetmek mümkündür. Bu alanlar Anaxagoras denizaltı dağının güneydoğu ucunun kuzeyi ile güneyi olarak batimetri haritalarından görülmektedir. Yapılar batimetri haritasında zaman zaman daralmakta zaman zaman da genişlemekte olup bu durum sismik kesitlerde de görülmektedir. Bu durum, mercek benzeri yapıların oluştuğu alanın belirli bir yer olması açısından dikkat çekmekte olup bu durumun mevcut tektonizmayla ilişkili olduğu şeklinde bir yoruma gidilmiştir. Yapıyı sınırlayan 1.Grup bindirme fayları yapının oluşum aşamasına ait verilecek modelde de gösterileceği gibi oluşumunda etkin olarak rol almaktadır.



Şekil 3.14 Emed07-16 hattı üzerinde görülen mercek benzeri yapıya ait yorumlanmış sismik kesit.

Kıvrımlı bölgeler boyunca, iki kıvrım arası yatay uzunluk ile derinlerdeki ara yüzeylerin yatay yönde uzunlukları arasında bir fark olduğu kesitlerden açıkça görülmektedir. Bu durum bölgedeki sıkışmaya bağlı daralmanın bir sonucu olarak yorumlanmıştır. Bu olguya göre Messiniyen reflektörü ile deniz tabanı yatay

uzunlukları ölçülmüş ve aradaki fark yaklaşık 580 metre civarında hesaplanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Emed07-16 hattı üzerinde küçük basenler boyunca yansıtıcılara ait toplam yatay mesafeyi gösteren yorumlanmış sismik kesit.

BÖLÜM DÖRT

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışma alanına ait veriler ışığında bölge ile ilgili stratigrafik ve tektonik unsurlar tanımlanmaya çalışılmıştır. Stratigrafik unsurlar, sismik kesitlerden görüldüğü kadarıyla mevcut birimler ve bu birimlerin içerdiği uyumsuzluklar şeklinde olup, tektonik unsurlar ise mevcut yapılar ve yapıları denetleyen faylar ile bölgenin tektonik evrimi şeklindedir.

Stratigrafik unsurlar çalışma alanında bölge bölge incelenecek olursa, akustik temel haricinde bahsedilebilecek birimler yer yer görülebilen Tortoniyen birimi, alanın varlığında önemli bir yere sahip Messiniyen birimi ve Pliyo-Kuvaterner birimidir. Bu birimler, tektonizmanın sonucu olarak çok karmaşık bir yapıya sahip olmuştur. Buna göre stratigrafik unsurlardan bahsedilecek olursa, kuzeydoğuda Antalya baseni civarında Pliyo-Kuvaterner birimi içinde gözlenen tektonizma ile eş zamanlı gerçekleşmiş uyumsuzluklar, kıvrım kuşağının olduğu alanlarda görülmekte ve kıvrımlara doğru birimlerin daralması şeklindedir. Bu durum bölgedeki sıkışmanın bir sonucu olarak Şekil 2.16' da görüldüğü gibi kıvrımların olduğu kesimlerde kıvrım kanatlarında yer alan sedimentlerin sıkışması şeklinde yorumlanmış ve İşler ve diğer., (2005) gösterimi ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca mevcut sedimentin sıkışabilirliğinin bir eşiği olduğundan, bu eşik aşıldığı an deniz tabanı topoğrafyasında görülen kıvrımların yükselim aşamasının başlamakta olduğu açıktır.

Aynı alan ve yine aynı birim içerisinde Şekil 2.7'de görülen ve Messiniyen dönemi yapıların güzel bir örneği olan İşler ve diğer., (2005) gösterdiği tuz duvarları, yükselimlerden dolayı Pliyo-Kuvaterner birimi içerisinde sedimentlerin bu yapının üzerine sonlanmasına (onlap) sebep olmuştur. Bu durum, tuz duvarının oluşumunun o alanda görülen sedimentasyondan daha erken olduğuna işaret etmektedir. Tuz duvarı ise geometrisi ile Messiniyen döneminin önemli uyumsuzluklarından biridir. Bu yapının, üst birimlerden farklı bir morfolojiye sahip olarak mevcut durumunu alması tuzun belirli derinliklerde ve belirli sıcaklık ile

basınç koşullarında akışkan gibi davranarak boşluklara doğru hareket etmesinden ileri gelmektedir. Antalya baseni içerisinde İşler ve diğer., (2005) gösterdiği kıvrım kuşaklarının veya içlerinden bazılarının da tuzun bu hareketleri ile oluşmuş olabileceği olasılıklar arasındadır. Antalya baseni civarında görülen küçük basenlerden birinde iki kıvrım arası yatay mesafe ile Pliyo-Kuvaterner reflektörünün alt sınırına ait aynı kıvrımlar arası mesafe Şekil 3.15’de gösterilmiştir. Bu durum, bölgedeki daralmaya açık bir kanıt olup yıllık daralma miktarı da bu mesafeler yardımı ile hesaplanmıştır. Buna göre Pliyo-Kuvaterner’in yaklaşık 5 milyon yıl önce başladığından ve mesafeler arası farkın 585 metre oluşundan, yaklaşık 12 cm / 1000 yıl değeri bulunmuştur. Buna karşılık aynı hesaplama B3 adı verilen büyük basende yapılırsa daralma miktarının daha büyük çıktığı anlaşılmış bu durumda küçük basenlerin ve buna bağlı olarak kıvrım kuşaklarının, B3 adlı büyük basenden daha günümüze yakın bir dönemde oluşmaya başladığı sonucuna ulaşılmıştır. Öte yandan aynı alanda gerçekleştirilen en kapsamlı çalışma olan İşler ve diğer., (2005) çalışması ile bu çalışma kapsamında bahsedilen çalışma alanı sınırlarda kesişmekte olup her iki çalışmada da görülebilen her yapıyı mukayese etmek mümkün olamamıştır.

Finike baseni civarında ise Antalya basenine göre çok daha fazla sediment birikimi görülmektedir. Pliyo-Kuvaterner birimi içinde görülebilecek en önemli belirsizlik bu birime ait sedimentlerin Messiniyen ara yüzeyi üzerine sonlanmasıdır (onlap). Bu durumun sismik hattı ortadan ikiye ayıran bindirme fayı ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre fayın yakın çevresi ve üzerinde yarattığı deformasyon sismik hattın kuzey batısında stratigrafinin bozulmasına ve Pliyo-Kuvaterner sedimentlerinin birimin en derin kesimlerinde Messiniyen reflektörünün üzerine hem güneydoğudan kuzeybatıya hem de kuzeybatıdan güneydoğuya doğru sonlanmasını sağlamıştır. Öte yandan, Messiniyen ara yüzeyinin deniz tabanından farklı bir eğime sahip oluşu ve kavisli yapısı da bir anakaya sokulumu gibi görülmekte olup, bu sokulumun sedimentasyondan daha sonra gerçekleşmiş olma ihtimali de mevcut “onlap” uyumsuzluğuna sebep olmuş olabilir. Finike baseni civarında sadece tek bir sismik hat olması ve bu hattın baseni sadece güneydoğusunda kesiyor olması Finike baseni için yapılacak her türlü yorumu sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte baseni kesen FIN1 fayının güneydoğusunda yer

alan ve sedimentlerin görünürlüğü yitirdiği alan olası bir gaz birikimi şeklinde yorumlanmıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi Messiniyen ara yüzeyi ve Tortoniyen ara yüzeyinin deniz tabanından farklı bir eğim ve geometriye sahip oluşu, bu alandaki jeolojik süreçlerin eş zamanlı olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Doğu Anaximander denizaltı dağlarının stratigrafik özellikleri incelenecek olursa, bu kesiminin bir dağlık alan oluşu sedimentin varlığından bahsetmeyi pek mümkün kılammıştır. Öte yandan, dağlık alanın özellikle çukurluk kesimlerinde bazı stratigrafik süreçler görülmüştür. Anaxagoras dağının kuzeydoğu ucunda Şekil 3.42’ de gösterildiği gibi yer alan sokulum yapısı bu bölge için görülebilecek belirgin uyumsuzluklardandır. Yapının oluşumu ve ihtiva ettiği malzeme ile ilgili olarak değişik yorumlar yapmak mümkündür. Geometrisi itibariyle bir sokulum olduğu çok bariz olan yapının, Messiniyen reflektörünün üzerinde oluşu bir tuz sokulumuna işaret etmektedir. Buna göre altta yer alan tuz önceden de bahsedildiği gibi uygun sıcaklık ve basınç koşullarında akışkan gibi davranarak ve hareket ederek bu şekilde bir yapı oluşturmuş olabilir. Buna karşılık yapı, sıkışmanın sonucu olarak oluşmuş ve içinde sediment barındıran bir sokulum da olabilir. Ayrıca yapı ile ilgili bilinmesi gereken diğer bir durum ise yapıyı çevreleyen sedimentlerin bu yapıya çok uyumlu olmadığıdır. Bu durum yapının sedimentasyondan sonra oluşmaya başladığının bir göstergesidir. Anaxagoras denizaltı dağının orta kesimlerinde görülen başka bir uyumsuzluk Messiniyen ara yüzeyinin deniz tabanı morfolojisine uyumlu olmaması ile yükselim göstermesi veya deniz tabanında sonlanması şeklindedir. Aynı durum Aksu ve diğer., (2009) gösterdiği kesitlerde görülmemekte olup bu durum aynı alan için farklı miktar ve doğrultuda veriye sahip olmaktan ileri gelmektedir. Bu durumun oluşumunda Akdeniz’in Messiniyen döneminde kuruması ve bu denizaltı dağların gün yüzüne çıkması durumunun etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre Akdeniz’in kuruması sonucu bölgede atmosferik süreçlerin başlamış olduğu ve aşınma süreçleri sonucunda Messiniyen ara yüzeyi ile üstüne biriken malzeme arasındaki kalınlığın oldukça azalmış olduğu hatta yer yer Messiniyen ara yüzeyinin deniz tabanına kadar ulaştığı sonucuna varılmıştır. Benzer bir durum Anaxagoras denizaltı dağı ile Antalya baseni arasında geçmiş konularda da anlatıldığı gibi görülmekte olup bahsedilen alanda Messiniyen ara yüzeyinin genlikleri daha

karmaşık bir halde gözükmekte bu da daha bozuşmuş bir ara yüzey olduğuna işaret etmektedir. Bu durumun oluşmasında da Messiniyen döneminde deniz çekilmesi ve buna bağlı olarak atmosferik süreçlerin rol aldığı sonucuna varılmıştır (Ali Engin AKSU, kişisel görüşme, 2009). Anaxagoras dağının güneydoğu ucunda ve dağın iki kanadında görülen mercek benzeri yapılar da ara yüzeylerin uyumsuzluğu şeklinde bir yapıya sahip olup bu yapıların oluşumuna tektonik unsurlarda değinilecek ve oluşum modeli verilecektir.

Bölge için tektonik unsurlardan bahsetmek gerekirse, sıkışmanın bir başka sonucu olarak ters bileşenli faylar bölgeye hakim olmakta ve gösterilen akustik temelden itibaren bölgedeki bütün oluşumları denetlemektedir. Önceki konularda bahsedildiği gibi bölgede iki farklı grupta ve bileşenleri aynı olan faylar Aksu ve diğer., (2009) tanımladığı faylarla uyumludur. Faylanmanın türü hakkında ise yakın alanda mevcut veriler Veen ve diğer., (2004) tarafından önerilen fay modelleri ile uyum arz etmemektedir. Bunun nedeni geçmiş yıllarda yakın alanda çalışmış olan birçok ekibin daha sık ve tek kanallı sismik verilere sahip olmasıdır. Buna bağlı olarak daha derinlerdeki oluşumların araştırmacılar tarafından görülemediği ve bu sebeple yorumlama konusunda farklı düşüncelerin ortaya atıldığı düşünülmektedir. Bu faylar kıvrım, basen, mercek benzeri yapılar ve denizaltı dağlarının oluşumunda etkin olarak rol almaktadır. Alanın kuzeydoğusunda Antalya baseni civarında görülen B3 baseninin bu fay sistemleri ile oluştuğu sonucuna varılmıştır. Buna göre, B3 baseninin oluşum mekanizmasına dair, iki kanadında kürek tipi kör bindirmelerle sınırlanmış olan basen kanatlarının bu faylanmanın sonucunda yükselmiş olduğu ve basenin güncel halini aldığı sonucu çıkarılmıştır. Bahsi geçen B1, B2 ve B4 basenleri ise B3 baseni kadar büyük basenler olmayıp kıvrım kuşağı içerisinde yer almakta ve bu küçük basenleri sınırlayan yapıların kıvrımlar olduğu görülmektedir. Ayrıca B3 baseninin, gerek geçmiş konulardaki basenlere ait blok diyagramda gerekse de batimetri haritasında güneydoğuya doğru sonlandığı görülmektedir. Basenin hemen güneyinde oluşmuş kıvrım kuşakları ise deniz tabanına kadar ulaşan ve pozitif çiçek yapısı biçiminde bindirme fayları ile sınırlanmıştır. Kıvrımların oluşumu ile ilgili olarak stratigrafik unsurlarda bahsedildiği gibi sedimentlerin sıkışma eşiğinin aşılmasından sonra mevcut birimler bu kıvrımları sınırlayan faylar boyunca iki

kanadından yükselmekte olup bu durum yine bölgedeki aktif tektonizmaya bağlı sıkışmanın bir eseridir. Bu faylar kesitlerde de görüldüğü ve Aksu ve diğer., (2009) gösterdiği gibi pozitif çiçek yapısı biçimindeki faylardır ve kesitlerde derinlikle izleri takip edilemediği için derinlikle birleştirilmedilerse de derinlikle birleştiği düşünülmektedir. Ancak bunun verinin görülebilir alanda olduğu yerler çok nadirdir.

Antalya baseni ile ilgili bilinmesi gereken diğer bir durum ise, Şekil 3.2' de gösterildiği gibi basenin kuzeydoğusunda yer alan ve deniz tabanına kadar ulaşmayan bindirme faylarının Messiniyen ara yüzeyini aşırı deforme etmesi durumudur. Bu noktada bilinmesi gereken deniz tabanına kadar ulaşmayan bindirme faylarının yani kör bindirmelerin gömülü ve aktifliğini yitirmiş faylar olmadığıdır. Bu faylar kırılmış ancak henüz deniz tabanına kadar ulaşmamış faylardır. Deniz tabanına ulaşan aynı tipteki fayların da deniz tabanında yarattığı morfoloji değişimi bu durumu doğrular niteliktedir. Bahsedilen alandaki faylanma ise kesitlerde görülen ve deniz tabanına kadar ulaşan fayların oluşturduğu yapıların oluşumlarına ait başlangıç aşaması olarak düşünülmüştür ve gelecekte o bölgede de sediment birikimlerinin aynı olduğu düşünülerek benzer yapıların oluşacağı tahmini yürütülmektedir.

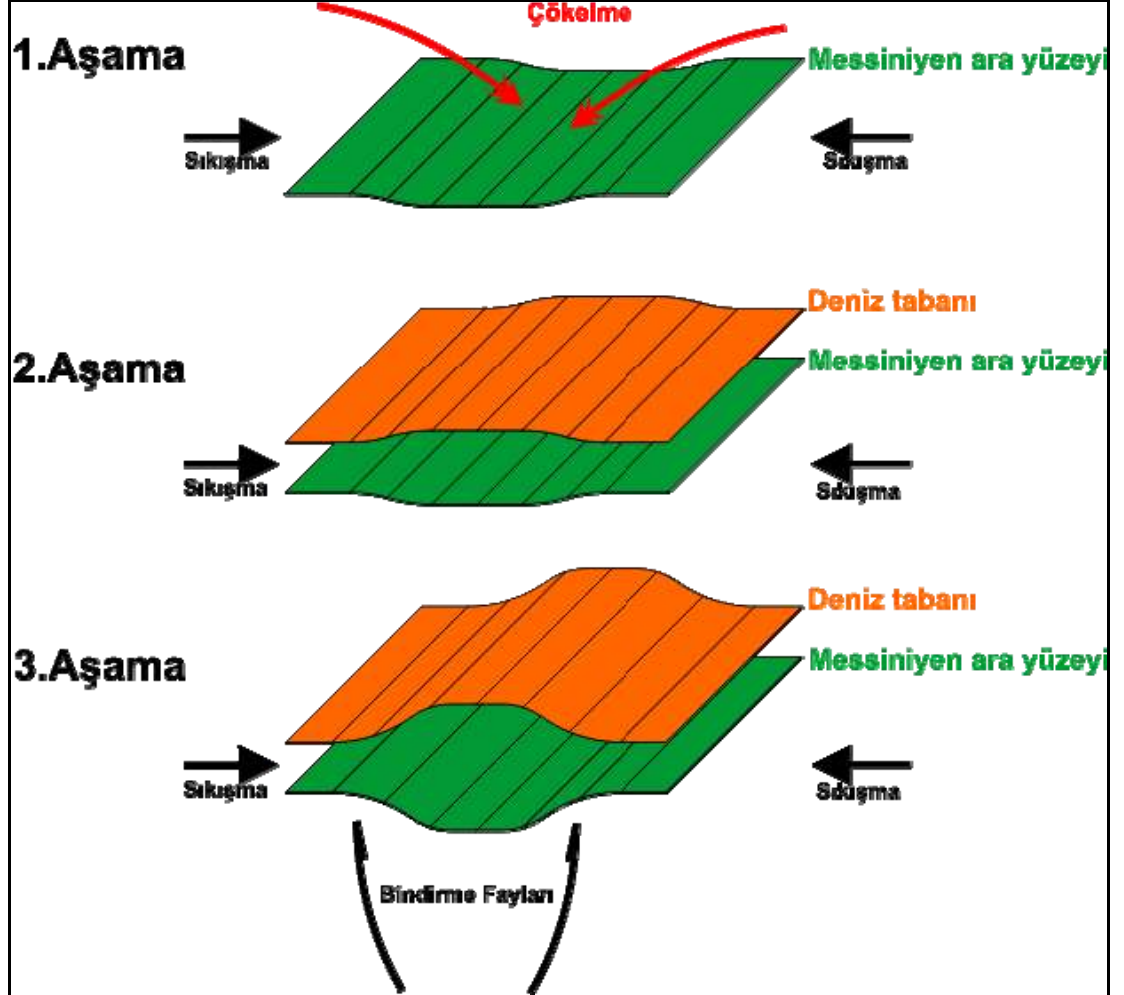
Finike baseni ile ilgili olarak mevcut sismik hattın ışığında basenin tamamının oluşumu hakkında yorum yapmak mümkün olamamıştır. Ancak basenin doğu kanadını sınırlayan ve Antalya baseninde olduğu gibi kanadını yükselten fay FIN1 adı verilen bindirme fayıdır. Önceden de belirtildiği gibi düşey abartının düşük bir değer olarak tayin edilmesinden dolayı deniz tabanı morfolojisinde belirgin bir değişim görülmesi de bu fayın batimetri haritası üstüne oturtulmuş tektonik haritada (Şekil 4.2) görünümü basenin oluşumuna dair belirtilen açıklamayı doğrular niteliktedir. Finike basenine ait geçmiş çalışmalar mevcut hattın olduğu alana yakın olamadığı için diğer çalışmalarla mukayese yapmak mümkün olamamıştır.

Doğu Anaximander dağlarına dair tektonik unsurlar ise, dağlık alanı sınırlayan büyük bindirme fayları şeklinde olup özellikle bu dağlık rejimin oluşumunda bu fayların varlığı esastır. Anaxagoras denizaltı dağını sınırlayan kuzeydoğuda ANXG1

ve güneybatıda ANXG2 bindirme fayları, bu dağın blok olarak yükselmesini sağlayan bindirme fayları olarak yorumlanmıştır. Aynı zamanda ANXG2 fayı Anaxagoras ve Anaximenes dağlarını birbirinden ayıran fay olarak düşünülmektedir. Aynı faylar Aksu ve diğer., (2009) tarafından da gösterilmiş ve ANXG1 fayı T3 olarak, ANXG2 fayı da T5 olarak tanımlanmıştır. Benzer durum Anaximenes denizaltı dağı için de görülmektedir. Buna göre tez kapsamında Anaximenes denizaltı dağını sınırlayan ve oluşumunda etkili olan bindirme fayları ANXM1 ve ANXM2 olarak adlandırılırken Aksu ve diğer., (2009) aynı fayları F2 ve TT2 olarak tanımlamıştır. Bütün bunların yanı sıra Aksu ve diğer., (2009) bu fayların yanal bileşenleri de olduğunu ileri sürmüş ancak buna paralel bir olgu bu çalışma kapsamında toplanan verilerin sadece Emed07-20a hattında görülmüştür. Dolayısıyla, yanal bileşen olgusu Anaxagoras dağını kuzeydoğuda sınırlayan Şekil 3.10' da da gösterilen ANXG1 fayı için söylenebilirken, Anaximenes dağını sınırlayan faylar için bu yorum mevcut verinin az oluşundan dolayı söylenememekte olup bu durum tektonik rejimden yola çıkılarak bir sonuca ulaştırılmaya çalışılmıştır. Anaxagoras dağı için Messiniyen ara yüzeyinin Antalya baseninden dağlık kesime geçerken aniden kaybolması yanal bileşenin varlığına işaret etmektedir.

Anaximenes denizaltı dağı için ise mevcut tektonik modellerden yola çıkılarak Aksu ve diğer., (2009) tektonik haritasına paralel bir harita oluşturulmuştur. Doğu Anaximander denizaltı dağlarının güneydoğu ucunda yer alan mercek şeklindeki yapılar ise bölgeye dair en önemli soru işaretlerindendir. Buna göre ters eğimli reflektörlerin mercek benzeri yapı oluşturduğu geçmiş konularda anlatılmış ve bu yapıları da sınırlayan 2.grup bindirme faylarının varlığından bahsedilmiştir. Yapının oluşumu ile ilgili model ise, ilk aşamada çukurluk bir alanı dolduran sedimentler ve beraberinde başlayan sıkışma, ikinci aşamada sıkışmanın sonucu olarak çukurluğun büyümesi ve içine dolan sedimentlerin artışı, üçüncü aşamada ise bu çukurluğun kanatlarını sınırlayan bindirme faylarının oluşması ile yapının yükselmesi şeklinde olup Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Benzer bir yapı, Woodside ve diğer., (2002) tarafından gösterilmiş ve burulma zonu olarak (wrench zone) tanımlanmıştır. Tanımlanan yapının mercek benzeri yapıdan en büyük farkı üzerinde çok sayıda fay

bulundurmasıdır. Ayrıca mevcut verinin anlaşılır olamamasından dolayı yapıların birbirileri ile olan benzerlikleri de tartışmalıdır.

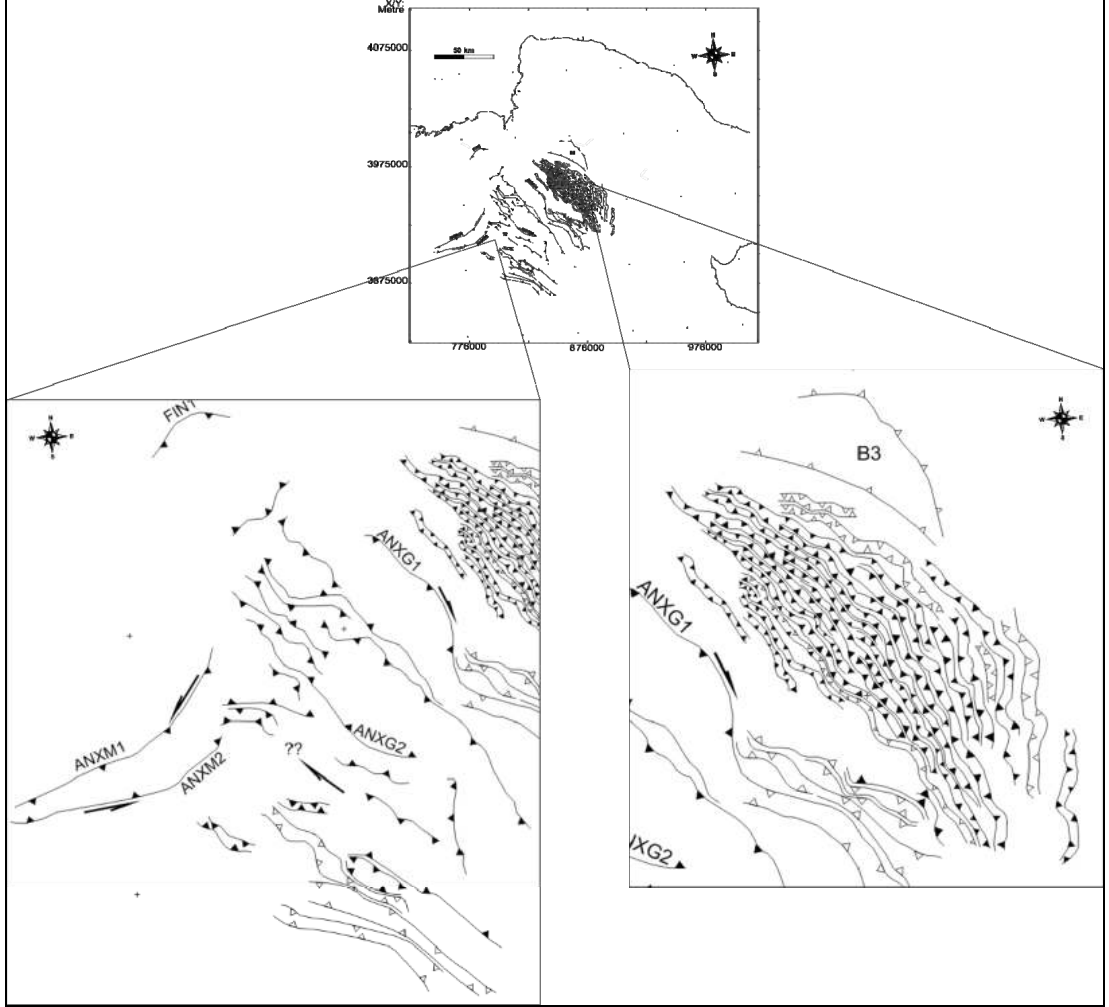


Şekil 4.1 Mercek benzeri yapıların oluşumu için önerilen model.

Bu yapı ile ilgili olarak söylenebilecek diğer bir olgu ise, yapının bir resif olamayacağı durumudur. Mevcut sismik verilerin incelenmesi sonucu resife işaret edebilecek türde bir genlik değişimi, sismik hız değişimi ve polarite farkı görülmemiştir.

Bütün veriler ışığında ve yapılan yorumlar neticesinde oluşturulan detaylı tektonik harita ise Şekil 4.2’ de gösterilmektedir. Haritaya göre büyük yapıları sınırlayan faylar haritada isimleri ile gösterilmiş önemli yapıları sınırlayan faylar her iki grupta gösterilmiştir. Buna göre fay çizgiselliklerinin üzerinde yer alan dolu üçgenler tabana kadar ulaşan fayları, içi boş üçgenler ise henüz tabana kadar

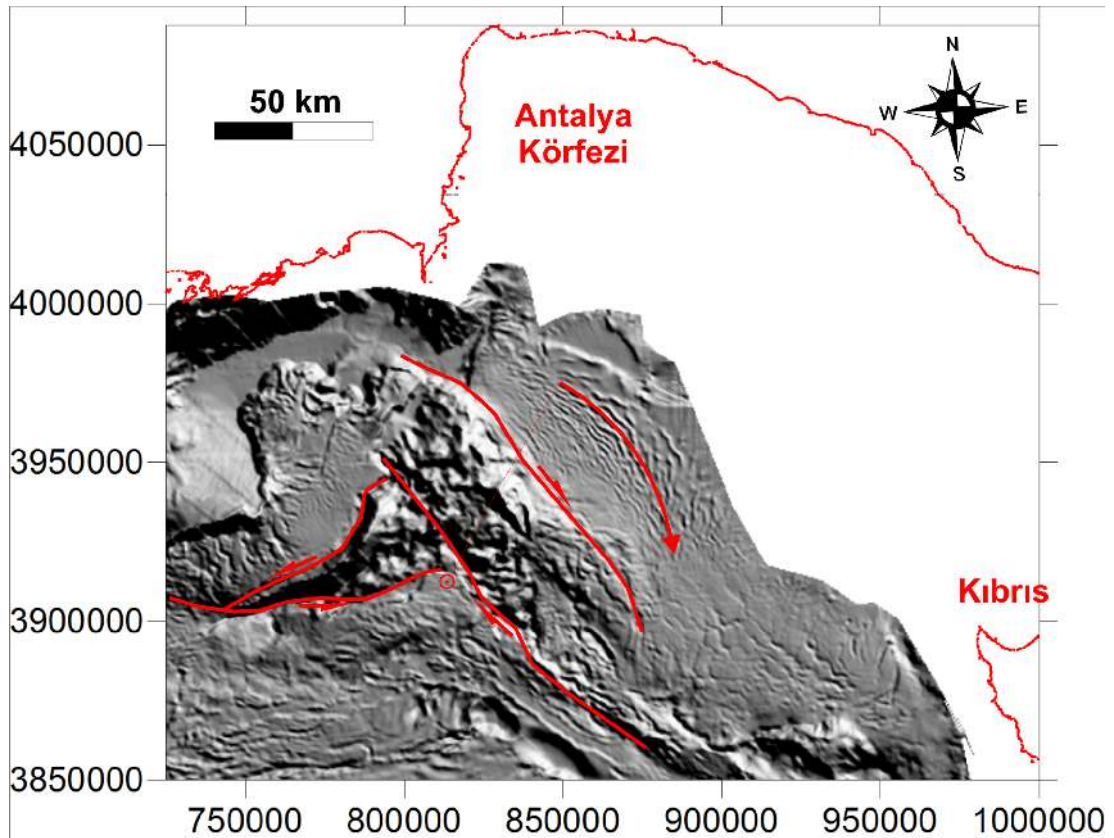
ulaşmamış fayları göstermektedir. Ayrıca tektonik harita, batimetri haritası üzerinde incelenecek olursa çizgisellikler dikkati çekmekte bu durum da mevcut sıkışmalar doğrultusunda, Aksu ve diğer., (2009) önerdiği Anaxagoras denizaltı dağıının saat yönünde yaptığı rotasyon hareketini doğrulamaktadır.



Şekil 4.2 Çalışma alanına ait veriler ışığında hazırlanmış fay haritası.

Harita üzerinde sağ altta verilen yakınlaştırma penceresi kıvrım kuşağına ait olup sismik kesitlerdeki gibi çok sık aralıklar kıvrımlar ve kıvrımları sınırlandıran bindirme fayları görülmektedir. Bu noktada bilinmesi gereken, fayların üzerlerindeki üçgenlerdir. Buna göre, içi boş olan üçgenler, deniz tabanına kadar henüz ulaşmamış kör bindirmeler yani 1. grup faylardır, içi dolu üçgenlerle gösterilen faylar ise deniz tabanına kadar ulaşan bindirme fayları yani 2. grup faylardır. Bu noktada dikkati çeken bir diğer husus Aksu ve diğer. (2009) gösterdiği yanal bileşenli faylar

durumudur. Anaximenes dağını sınırlayan ANXM1 ve ANXM2 faylarında, kesitler üzerinde yanal atıma dair bir olgu görülemezken ANXM1 sol yanal, ANXM2 sağ yanal olarak bu dağların içe doğru büküldüğü düşüncesinden yola çıkılarak verilmiştir. Anaxagoras dağını sınırlayan ANXG1 fayının yanal bileşeni olabileceği daha önceki konularda sismik kesitlerden birinde belirtisi ile gösterilmiştir. Aynı yorumdan yola çıkarak bu dağ silsilesinin içe doğru bükülmesinden dolayı Anaxagoras dağının güneyinde sol yanal bir fay olabileceği buna karşılık dağın kuzey kanadında bu durumu karşılayacak bir sağ yanal fayın varlığı (ANXM1) olduğu sonucu çıkarılmıştır. Ancak Anaxagoras dağının güneyinde olduğu düşünülen sol yanal fayın varlığına mevcut veriler ışığında rastlanamamıştır. Bütün bu sonuçlar ve geçmiş çalışmalar ışığında hazırlanan ve tektonik modeli içeren harita ise Şekil 4.3' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Çalışma alanına ait tektonik modeli gösteren harita.

Bölge ile ilgili olarak söylenebilecek jeofizik olgular ise, Aksu ve diğer., (2005) öne sürdüğü gibi daha derin çalışmaların önemidir. Buna göre bölge için Yüksek ayrımlı çok kanallı sismik yansıma verilerinin bölgenin genelinde diğer çalışmalara

göre çok daha iyi sonuç verdiği ve mevcut yapıların daha iyi anlaşılmasını sağladığı düşünülmektedir. Öte yandan, sinyal penetrasyonunun yer yer 3,5 saniyeye çıkmasına karşılık, çalışma kapsamında kullanılan yüksek ayrımlı çok kanallı sismik yansıma verilerinin yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu sebeple, bölgede daha derin, özellikle tuz seviyelerini aşırp daha derinlerden kayıt alabilecek kadar derin sistemlerin kullanılması bu alanın gelecekte daha iyi anlaşılması adına bir gereklilik olarak düşünülmüştür. Ayrıca, bu çalışma kapsamında alanın Florans yükselimine doğru olan alanda morfolojinin daha da karmaşık oluşu sismik verilerde yanıl etkilerin (side effect) varlığına sebep olmuş bu durum bazı ileri düzey veri-işlem aşamaları ile giderilmeye çalışılmış ama bu gürültüler veriden tamamen kaldırılamamıştır. Bununla birlikte çalışma bölgenin genel tektoniğine yönelik olduğu için hatların dik uzaklıkları yaklaşık 15 km olarak ayarlanmıştır. Bu durum çalışmanın amacına aykırı olmazken ve ulaşılmak istenen sonuçlar için elverişli bir veri setiyken, daha detaylı bir yorumlamaya olanak sağlayamamıştır. Bu nedenle bölgede gelecek yıllarda gerçekleştirilecek sismik çalışmaların, üç boyutlu ve daha detaylı olmasına izin vericek sık profillerle yapılması önerilmesi kaçınılmaz bir durumdur.

Ayrıca, bölgede pek çok araştırmacının ve çalışmaların işaret ettiğı gibi tuzun varlığı, hidrokarbon açısından değerlendirilmesi gereken bir olgudur. Bölgede yer alan morfoloji, basenler, sediment birikimleri, gaza dair bazı anomaliler bir araya getirildiğinde, Doğı Akdeniz bölgesi, olası hidrokarbon rezervleri açısından büyük bir önem arz etmektedir.

REFERANSLAR

- Akay, E., Uysal, S., Poisson, A., Cravette, J., Müler, C., (1985). Antalya Neojen havzasının stratigrafisi, *Bulletin of the Geological Society of Turkey* 28, 105-119
- Aksu, A., E., Hall, J., Yaltrak, C., (2009). Miocene - Recent evolution of Anaximander Mountains and Finike Basin at the junction of Hellenic and Cyprus Arcs, Eastern Mediterranean, *Marine Geology*, 258 (2009), 24-47
- Aksu, A., E., Hall, J., Yaltrak, C., (2005). Miocene – Recent tectonic evolution of the eastern Mediterranean: New pieces of the old Mediterranean puzzle, *Marine Geology*, 221 (2005), 1-13
- Cleintaur, M., R., Knox, G., J., Ealey, P., J., (1977). The geology of Cyprus and its place in the eastern Mediterranean framework, *Geologie en Mijnbouw* 56 (1), 66-82
- Gezdirici, Y. (2000) Türkiye için yaklaşık gerçek zamanlı Deprem Monitr, 30 Nisan 2010, <http://www.gezdirici.net/>
- Hayward, A., B., (1984). Sedimentation and basin formation related to ophiolite nappe emplacement: Miocene, SW Turkey, *Sedimentary Geology* 40, 105-129
- İlhan, T., (2007), Gneybatı Anadolu Neotektoniğinin Jeofizik Yntemlerle Araştırılması (Anaximander Deniz altı Dağ Topluluğ rneğinde), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmr, Yüksek lisans tezi

- İşler, F.I., Aksu, A.E., Hall, J., Calon, T.J., Yaşar, D., (2005). Neogene deveopment of the Antalya Basin, Eastern Mediterranean; An active forearc basin adjacent to an arc junction, *Marine Geology*, 221 (2005), 299-330
- Karabıyıkoglu, M., Çiner, A., Monod, O., Deynoux, M., Tuzcu, S., Örçen, S., (2000). Tectonosedimentary evolution of the Miocene Manavgat Basin, wetern Taurides, Turkey. In: Bozkurt, E., Winchester, J., A., Piper, J., D., A., (Eds), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society, London, Special Publication, vol. 173, pp. 271-294
- Kick - off Meeting - Antalya Deep Sea 5200 km 2D Seismic Survey, Turkish Petroleum Corpration (T.P.A.O.) Antalya, November 2007, <http://www.tpao.gov.tr/>
- Medimap Group Morpho-Bathymetry of the Mediterranean Sea, CIESM / IFREMER (2007). Temmuz, 2009, <http://www.ifremer.fr/>
- Oral, E., Z., (1999), Anaximander bölgesi ve çevresinin Jeofizik veriler ışığında Aktif Tektoniğinin ve Sedimantasyonunun incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Doktora tezi
- Özer, P., G., (2009), Miocene to Recent Stratigraphy, structural architecture and Tectonic evolution of the Florence Rise, Eastern Mediterranean Sea, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek lisans tezi
- Robertson, A., H., F., Eaton, S., Follows, E., J., Payne, A., S., (1995). Depositional processes and basin analysis of Messinian evaporites in Cyprus, *Terra Nova* 7, 233-253
- Sakıncı, M., Yaltrak, C., (2005). Messinian crisis: What happened around the northeastern Aegean? *Marine Geology*, 221 (2005), 423-436

- Şenel, M., (1997a). Geological Map of Fethiye, L8 quadrangle, No:2, 1:100.000 General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey. 22 pp.
- Şenel, M., (1997b). Geological Map of Fethiye, M8 quadrangle, No:4 1:100.000 General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey, 15 pp.
- Şenel, M., Bölükbaşı, A., S., (1997). Geological Map of Fethiye, M9 quadrangle, No:5 1:100.000 General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey, 11 pp.
- ten Veen, J., H., (2004). Extension of Hellenic forearc shear zones in SW Turkey: the Pliocene – Quaternary deformation of the Esen Çay Basin, *Journal of Geodynamics*, 37 (2004), 181-204
- ten Veen, J., H., Woodside, J., M., Zitter, A., C., Dumont, J., F., Mascle, J., Volkonskaia, A., (2004). Neotectonic evolution of the Anaximander Mountains at the junction of the Hellenic and Cyprus arcs, *Tectonophysics*, 391 (2004), 35-65
- Woodside, J., M., Mascle, J., Zitter, T., A., C., Limonov, A., F., Ergün, M., (2002). The Florence Rise, the Western Bend of the Cyprus Arc, *Marine Geology*, 185 (2002), 177-194
- Yaltrak, C., Elitez, İ., Aksu, A., Hall, J., Çifçi, G., Dondurur, D., Akkök, R., Küçük, M., Güneş, P., (2010) Doğu Akdeniz'in Miyosen – Güncel Tektoniğinde Burdur Fethiye Fay Zonu, Rodos Baseni, Anaksimander Denizaltı Dağları, Antalya Körfezi ve Isparta Dirseği' nin birbiriyle ilişkisi ve Evrimi, Jeoloji Kurultayı, Ankara

Zitter, T., A., C., Woodside, J., M., Mascle, J., (2003). The Anaximander Mountains: a clue to the tectonics of southwest Anatolia, *Geological Journal*, 38 (2003), 375-394