

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEY MARMARA DENİZİ'NDEKİ SIĞ GAZ
BİRİKİMLERİNİN DAĞILIMI VE NİTELİK
ANALİZLERİ**

Seval AYDEMİR

**Ekim, 2015
İZMİR**

**GÜNEY MARMARA DENİZİ'NDEKİ SIĞ GAZ
BİRİKİMLERİNİN DAĞILIMI VE NİTELİK
ANALİZLERİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

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

Seval AYDEMİR

Ekim, 2015

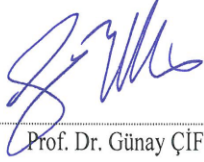
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEVAL AYDEMİR, tarafından YRD. DOÇ. DR. SEDA OKAY yönetiminde hazırlanan “GÜNEY MARMARA DENİZİ’NDEKİ SIĞ GAZ BİRİKİMLERİNİN DAĞILIMI VE NİTELİK ANALİZİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd.Doç. Dr. Seda OKAY

Yönetici



Prof. Dr. Günay ÇİFÇİ

Prof. Dr. Bedri ALPAR

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Önceliki olarak Seislab jeofizik laboratuvarını kurarak bize eşsiz bir çalışma ortamı sağlayan aynı zamanda bilgi ve donanım sahibi olmamıza her anlamda katkı koyan, Prof. Dr. Günay ÇİFÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın ortaya çıkmasını sağlayan, tez hocam Yrd.Doç. Dr. Seda OKAY'a bilgi ve deneyimlerinden dolayı teşekkür ederim.

Hem mesleki anlamda gelişmemi hem de hayata bakış açımı sürekli yenilememi sağlayan, aynı zamanda tezimi geliştirmemde büyük katkı koyan Prof. Dr. Derman DONDURUR'a sonsuz teşekkürler.

Bütün eğitim hayatım boyunca hem maddi hem manevi olarak desteklerini hep omzumda hissettiren sevgili anne babama ve kardeşlerime minnettarım ve teşekkürlerimi sunarım.

Benim için bir arkadaştan çok öte olan, ben olmama büyük katkı koyan aynı anneden doğmadığım yeryüzünde bulduğum kardeşim, dostum, Araş. Gör. Aslıhan NASIF'a çok teşekkür ederim.

Bilgi ve donanımını her zaman benimle paylaşan, Yük. Jeof. Müh. Hilmi Mert KÜÇÜK'e teşekkür ederim.

Aynı çalışma ortamında bulunmaktan büyük keyif aldığım öğretmekten hiç vazgeçmeyen Uzm. Orhan ATGIN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Özkan ÖZEL'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında katkı koyan, Yük. Jeof. Müh. Burcu BARIN'a teşekkür ederim.

Arkadaşlığını benden esirgemeyen ve özgür yanımla bulmama yardım eden asi kız Elif Büşra TATLI'ya teşekkür ederim.

Bunun dışında tüm çalışma arkadaşlarıma ve Seislab ekibine teşekkür ederim.

Veri toplama aşamasında büyük bir özveri ile çalışan tüm R/V K. Piri Reis kaptan ve personeline, teknik desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tez kapsamında kullanılan veriler Marmara Denizi'ndeki Kuzey Anadolu Transform Fay Sistemi-Çok Kollu Transform Fayının Kuvaterner Sonrası Evriminin İncelenmesi amacıyla 112Y026 no'lu proje kapsamında toplanmıştır ve maddi destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Laboratuvarımızın kurulmasında maddi katkı sağlayan Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) ve laboratuvardaki sistemlerin kurulmasını gerçekleştiren, sayın Erdal ÖZCAN'a teşekkür ederim.

Teknik desteklerinden dolayı Hydroscience Technologies Inc. Firmasına teşekkür ederim.

Son olarak tezimin yazım aşamasında hiçbir yardımı esirgemeyen, sahip olduğu tüm imkan ve olanakları kullanımına açan, ve bu stresli süreçte her türlü sabrı gösteren, birlikte gülmekten büyük keyif aldığım Araş. Gör. Murat ÖZAYDINLI'ya sonsuz teşekkürler.

Seval AYDEMİR

GÜNEY MARMARA DENİZİ'NDEKİ SIĞ GAZ BİRİKİMLERİNİN DAĞILIMI VE NİTELİK ANALİZLERİ

ÖZ

Bu çalışmanın amacı Marmara Denizi, Güney Marmara Şelfi'nde Kuzey Anadolu Fayı ve kolları boyunca sığ gaz birikimlerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla Güney Marmara Şelfi'nde 2013 ve 2014 yıllarında 1000 km 2B çok kanallı sismik yansıma, 1300 km chirp verisi ile 967 km sparker verisi toplanmıştır. Toplanan veri seti üzerinde sığ gaz birikimi anomalisi sayılabilecek pockmark, gömülü pockmark, akustik boşluklar, gaz bacası, su kolonuna gaz çıkışı, parlak nokta, güçlü yansıma ve hız sarkması gibi gaz anomalileri saptanmıştır. Çok kanallı sismik yansıma verisi ve sparker verisi standart veri işlem adımlarına tabi tutulduktan sonra yorumlanmıştır. Ayrıca çok kanallı sismik yansıma ve sparker kesitlerinin bir kısmına nitelik analizleri uygulanmıştır. Nitelik analizleri sonucunda elde edilen zarf, anlık frekans, görünür polarite, anlık faz, integral ve türev kesitlerin yorumu Güney Marmara Şelfi'nin gaz potansiyeline bir diğer kanıt niteliği taşımaktadır.

Güney Marmara Şelfi'nde görülen sığ gaz birikimi anomalileri haritalanmıştır. Çalışma alanında gaz çıkışlarına ve aktif pockmarklara rastlanmıştır. Gaz çıkışı ve pockmarkların aktif tektonizma ile alakalı olduğu ve bazı pockmarkların faya bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Güney Şelf boyunca gömülü pockmarklar Holosen öncesi deniz seviyesi sedimanları üzerinde meydana gelmiştir. Kocasu, Gönen ve Biga Çayı ağzlarındaki organik maddece zengin malzemeler akustik maske ve gaz kolonlarına neden olmuş ve bu anomalilerin son deniz seviyesi değişimi öncesi sedimanlarla içiçe olduğu görülmüştür. Bu anomaliler genellikle pozitif polariteli güçlü yansıma ve ters polariteli parlak noktalar ile birlikte görülmüştür. Gaz bacalarından bir kısmının deniz tabanına ulaştığı ve su kolonuna gaz çıkışında bulunduğu chirp verisi ile ekosounder çıktılarında gözlemlenmiştir. Gaz birikimlerinin altında hızın düşmesi hız sarkmasına sebep olmuştur. Ayrıca kesitler üzerinde çamur tepesi olarak adlandırılan yapılar mevcuttur ve bu yapıların pockmark oluşumu ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Güney Marmara Şelfi'nde görülen gaz birikimlerinin nehir ağızlarında ve delta üzerinde biyojenik kökenli ve şelf dışında derin faylar yoluyla yüzeye göçen termojenik kökenli hidrokarbonlar olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Marmara Denizi, Güney Marmara Şelfi, sığ gaz birikimleri, sismik yansıma, karmaşık nitelik analizi



DISTRIBUTION AND COMPLEX TRACE ANALYSIS OF SHALLOW GAS ACCUMULATION IN THE SOUTHERN MARMARA SEA

ABSTRACT

The aim of this study is the investigation of shallow gas accumulations along North Anatolian Fault and its branches in Southern Marmara Shelf in Sea of Marmara. For this purpose, 1000 km 2D multi-channel seismic reflection data, 1300 km chirp data and 967 km sparker data have been collected in 2013 and 2014. In collected data set, the units which can be considered as shallow gas accumulation anomalies, such as pockmark, buried pockmark, acoustic blanket, gas chimney, gas seep to water column, bright spot, strong reflection and velocity pull-down have been determined. Multi-channel seismic reflection and sparker data has being subjected to standart data processing and then interpreted. Moreover, Complex Trace Analysis (Attribute) are applied to some of the multi-channel seismic reflection and sparker data. The interpretations of envelope, instantaneous frequency, apparent polarity, instantaneous phase, integral and derivative sections, have another evidential value for the gas potential of Southern Marmara Shelf.

Shallow gas accumulation anomalies are mapped in the Southern Marmara Shelf. In study area, gas seep and active pockmarks have been discovered. It is interpreted that gas seeps and pockmarks are associated with active tectonics and some of the pockmarks occurred along fault. Buried pockmarks are evident below the Holocene deposits. Organic-rich materials from rivers during lowstands caused formation of acoustic blankets and gas columns in front of the Kocasu, Gönen and Biga Rivers and these anomalies are associated with the sediments that are before the last sea level change. These units have been mainly observed together with strong reflection with positive polarity and bright spots with inverse polarity. In chirp data and onboard echosounder data, it has been observed that some of the gas chimneys reached to seafloor and form seeps to the water column. Decrease in velocity because of the gas accumulations caused velocity pull-downs. There are also structures,

which are called mud diapirs on sections and these structures are thought to be related with the pockmark formation.

It is thought that gas accumulations in the Southern Marmara Shelf are hydrocarbons, which has biogenic origin in front of the river and in delta areas, and at the outer shelf the gas accumulations could be thermogenic origin migrating through deep faults.

Keywords: Sea of Marmara, Southern Marmara Shelf, shallow gas accumulations, seismic reflection, complex trace analysis



İÇİNDEKİLER

| | Yer | Sayfa işareti |
|--------------------------------------|-------|------------------|
| YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU | Hata! | |
| tanımlanmamış. | | |
| TEŞEKKÜRLER..... | | iii |
| ÖZ..... | | v |
| ABSTRACT | | vii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | | xii |
| TABLolar LİSTESİ | | xvi |

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

| | |
|--|----|
| 1.1 Amaç..... | 2 |
| 1.2 Çalışma Alanının Genel Özellikleri..... | 2 |
| 1.3 Sığ Gaz Birikimleri..... | 4 |
| 1.4 Sığ Gaz Birikimleri ve Akustik Anomalileri | 7 |
| 1.4.1 Parlak Nokta..... | 8 |
| 1.4.2 Güçlü Yansıma..... | 9 |
| 1.4.3 Hız Düşmesi..... | 9 |
| 1.4.4 Gaz Kolonları..... | 10 |
| 1.4.5 Akustik Maskeleye | 10 |
| 1.4.6 Pockmark | 10 |
| 1.4.7 Gömülü Pockmark | 10 |
| 1.4.8 Gaz Bacaları..... | 11 |
| 1.4.9 Çamur Tepeleri | 11 |

BÖLÜM İKİ - MARMARA DENİZİ’NİN JEOLojİK, JEMORFOLOJİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ 12

| | |
|--|----|
| 2.1 Marmara Denizi’nin Jeomorfolojik Özellikleri | 12 |
| 2.2 Marmara Denizi’nin Genel Jeolojisi..... | 13 |
| 2.3 Marmara Denizi’nin Tektonik Yapısı..... | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Güney MarmaraŞelfi'nin Jeomorfolojisi..... | 16 |
| BÖLÜM ÜÇ - VERİ TOPLAMA VE VERİ İŞLEM..... | 19 |
| 3.1 Çok Kanallı Sismik Veri Toplama | 20 |
| 3.2Çok Kanallı Sismik Veri İşlem..... | 21 |
| 3.2.1 Sismik Veri İşlem Adımları..... | 23 |
| 3.2.1.1 Veri Yükleme | 23 |
| 3.2.1.2 Geometri Tanımlama..... | 23 |
| 3.2.1.3 Bant Geçişli Süzgeç İşlemi..... | 24 |
| 3.2.1.4 Frekans-Dalga Sayısı Eğim Süzgeci | 27 |
| 3.2.1.5 İstenmeyen Alanların Atılması (Top Mute) | 29 |
| 3.2.1.6 Gerçek Genlik Kurtarımı (TAR) | 30 |
| 3.2.1.7 İz Sıralama (CDP) | 30 |
| 3.2.1.8 Brute Yığıma | 31 |
| 3.2.1.9 Hız Analizi | 31 |
| 3.2.1.10 Normal Kayma Düzeltmesi (NMO) ve Yığıma | 32 |
| 3.2.1.11 Final Mute | 34 |
| 3.2.1.12 Migrasyon..... | 34 |
| 3.3 Mühendislik Sismiği (Chirp) Veri Toplama..... | 34 |
| 3.4 Mühendislik Sismiği (Chirp) Veri İşlem | 35 |
| 3.5 Sparker VeriToplama..... | 36 |
| 3.6 Sparker Veri İşlem..... | 37 |
| 3.6.1 Veri Yükleme..... | 37 |
| 3.6.2 Geometri Yükleme..... | 38 |
| 3.6.3 Bant Geçişli Süzgeç | 38 |
| 3.6.4 İz Öldürme | 39 |
| 3.6.5 İz Karıştırma | 39 |
| 3.6.6 İstenmeyen Alanların Atılması (Mute)..... | 39 |
| 3.6.7 Stolt Migrasyonu..... | 40 |
| BÖLÜM DÖRT - NİTELİK ANALİZLERİ..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Karmaşık İz Analizleri..... | 41 |
| 4.1.1 Anlık Genlik (Zarf)..... | 43 |
| 4.1.2 Anlık Frekans..... | 43 |
| 4.1.3 Görünür Polarite..... | 44 |
| 4.1.4 Anlık Faz..... | 44 |
| 4.1.5 Zamanın İntegrali..... | 44 |
| 4.1.6 Zamanın Türevi..... | 44 |
| BÖLÜM BEŞ - BULGULAR VE TARTIŞMA | 45 |
| BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR | 91 |
| KAYNAKLAR..... | 98 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1 Çalışma alanı..... | 3 |
| Şekil 1.2 Denizel tortullarda biyojenik metan üretiminde, tortullar içerisindeki 3 farklı biyokimyasal zon (a), Rice ve Claypool, 1981) ve bu zonlar içerisindeki farklı kimyasal işlemler (b)..... | 6 |
| Şekil 1.3 Parlak nokta ve hız düşmesi anomalisi. | 9 |
| Şekil 2.2 Marmara Denizi ve çevresinin jeolojik gelişimi..... | 15 |
| Şekil 2.3 Levha hareketleri. | 16 |
| Şekil 3.1 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan çok kanallı sismik yansıma, chirp ve sparker verilerinin konumu..... | 19 |
| Şekil 3.2 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan çok kanallı sismik yansıma verileri ve konumu. | 20 |
| Şekil 3.3 Çok kanallı sismik yansıma veri işlem adımları. | 22 |
| Şekil 3.4 Ham veri atış grupları. | 23 |
| Şekil 3.5 Geometrisi yüklenmiş ham veri ortak offset kesit. | 24 |
| Şekil 3.6 Çok kanallı sismik yansıma verisi gözlem logu örneği. | 24 |
| Şekil 3.7 Hat başından (FFID 150), ortasından (FFID 500), ve sonundan (FFID 900) bant geçişli filtre öncesi ve 500 ms AGC uygulanmış üç atış grubunun görünümü (altta) ve genlik spektrumları (üstte). | 25 |
| Şekil 3.8 Hat başından (FFID 150), ortasından (FFID 500), ve sonundan (FFID 900) bant geçişli filtre ile (8-12-180-200) filtrelenmiş ve 500 ms AGC uygulanmış üç atış grubunun görünümü (altta) ve genlik spektrumları (üstte). | 26 |
| Şekil 3.9 Hattın 1. Kanalı kullanarak elde edilen ortak offset kesit (veri yükleme 8-200 Hz Bant geçişli filter ve 500 ms AGC uygulanmıştır). | 27 |
| Şekil 3.10 a) f-k eğim süzgeci uygulanmamış bir atış grubu b) Frekans-Dalga sayısı ortamında aynı eğimli olan olayları içine alan polygon. | 28 |
| Şekil 3.11 a) f-k eğim süzgeci uygulanmış bir atış grubu b) Frekans-dalga sayısı ortamında seçilen poligon dışında kalan gürültülerin veriden atılmış hali | 28 |
| Şekil 3.12 Atış grupları üzerinde istenmeyen alanların seçilmesi işlemi..... | 29 |
| Şekil 3.13 Atış grupları üzerinde istenmeyen alanların atılması işlemi..... | 29 |

| | |
|--|----|
| Şekil 3.14 CDP sıralama işlemi sonrası ardışık 9 CDP grubu. | 30 |
| Şekil 3.15 Hız analizi penceresi, (a) Semblans çizimi, (b) çoklu CDP grubu (supergather) ve (c) sabit hız yığıma kesitleri (constant velocity stacks)... | 31 |
| Şekil 3.16 2 boyutlu hız tablosu. | 32 |
| Şekil 3.17 (a) Dokuz adet ardışık CDP grubu, (b) aynı CDP gruplarının NMO düzeltmesi uygulanmış hali. | 33 |
| Şekil 3.18 Nmo sonrası yığıma ve final mute uygulanmış kesit. | 33 |
| Şekil 3.19 Final migrasyon kesit. | 34 |
| Şekil 3.20 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan chirp verileri ve konumu. | 35 |
| Şekil 3.21 Chirp verisi. | 36 |
| Şekil 3.22 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan sparker verileri ve konumu..... | 36 |
| Şekil 3.23 Sparker Ham veri | 38 |
| Şekil 3.24 Bantpass süzgeçleme, iz öldürme iz karıştırma ve mute yapılmış sparker verisi. | 39 |
| Şekil 3.25 Stolt migrasyon uygulanmış sparker kesiti. | 40 |
| Şekil 4.1 Analitik sinyal ve bunun gerçel ve sanal bileşenleri..... | 42 |
| Şekil 4.2 (a) Kaydedilen sismik iz (analitik sinyalin gerçel bileşeni), (b) bundan Hilbert dönüşümü ile hesaplanan analitik sinyalin sanal bileşeni, (c) anlık genlik (zarf) izi, (d) anlık faz izi, (e) anlık frekans izi ve (f) görünür polarite (Dondurur, 2009' dan alınmıştır). | 42 |
| Şekil 5.1 Gemlik Körfezi'nde D-B uzanlı Gm13-01B no'lu sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz bacası, güçlü yansıma, pockmark ve faylar gözlemlenmektedir. | 51 |
| Şekil 5.2 a) Gemlik Körfezi'nde D-B uzanlı Gm13-01B no'lu chirp kesit, b) P3, P4 ve P5 pockmarklarına ait chirp çıktısı ile batimetri kesiti, c) P1, P2, P3, P4 ve P5 pockmarklarının ekosounder çıktıları..... | 52 |
| Şekil 5.3 Gemlik Körfezi'nde yer alan Gm13-01no'lu sismik kesit ve lokasyonu ile a), b) ve c) alanları içerisinde gaz anomalileri (altta) ve bunların yakınlaştırılmış hali (üstte)..... | 54 |
| Şekil 5.4 Gm13-01 no'lu chirp kesit ve kırmızı dikdörtgen içerisinde gaz anomalileri (altta) ve bunların yakınlaştırılmış hali (üstte). | 55 |

| | |
|--|----|
| Şekil 5.5 Gemlik Körfezi'nde yer alan Gm13-02 no'lu sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde akustik maske ve güçlü yansıma anomalileri ile delta görülmektedir..... | 57 |
| Şekil 5.6 Chirp-02 kesiti üzerinde dikdörtgen alanlar içerisinde pockmark ve çamur tepelerine rastlanmıştır. Yeşil renk ile gösterilen sismik kesit üzerinde gözlemlenen deltanın üst sınırı olup altından alınan güçlü yansıma anomalisi kırmızı ok ile gösterilmiştir..... | 58 |
| Şekil 5.7 Gm13-03 Sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde turuncu renk ile gösterilen kısım delta olup a) alanında parlak nokta ve hattın kuzeyinde pockmark anomalileri gözlemlenmiştir..... | 60 |
| Şekil 5.8 Chirp-03 kesiti üzerinde güçlü yansıma anomalisi, P1 ve P2 olmak üzere iki adet pockmark ile çamur tepesi gözlemlenmiştir. Sismik kesitte gözlemlenen delta, chirp sinyalinin yeterli derinliğe inememesinden dolayı gözlemlenememiş sadece üst yüzeyi görülmüştür ve yeşil renk ile gösterilmiştir..... | 61 |
| Şekil 5.9 Gm13-03 Sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, .e) İntegral kesiti,f) Türev kesiti..... | 62 |
| Şekil 5.10 Gm 13-11 sismik kesiti ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz birikimi ve üzerinde parlak nokta anomalisi görülmüştür..... | 67 |
| Şekil 5.11 Chirp-11 kesiti üzerinde gaz çıkışı ve gaz çıkışına ait ekosounder çıktısı ile gaz anomalileri görülmektedir..... | 68 |
| Şekil 5.12 Gm13-11 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev kesiti..... | 69 |
| Şekil5.13 Gm13-15 sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde akustik boşluk ve üzerinde parlak nokta anomalisi ile güçlü yansıma anomalileri görülmektedir..... | 71 |
| Şekil 5.14 Chirp-15 kesiti..... | 72 |
| Şekil 5.15 Gm13-15 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti,c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev kesiti..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Şekil 5.16 Gm13-16 sismik kesit ve lokasyonu ile birlikte verilmiştir. Sismik kesit üzerinde parlak nokta anomalisi ve altındaki gaz birikimlerinden dolayı tabakalardaki bozulan yansımalar açıkça görülmektedir..... | 74 |
| Şekil5.17 Chirp-16 kesiti ve kesit üzerinde sıg gaz birikimi gösterilmiştir..... | 75 |
| Şekil 5.18 Gm13-16 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev kesiti..... | 76 |
| Şekil 5.19 Gm13- 40 B sismik kesit ve lokasyonu, a), b) ve c) olmak üzere üç alanda sıg gaz anomalisi ile birlikte parlak nokta anomalisi gözlemlenmiştir. | 79 |
| Şekil 5.20 Chirp- 40 B hattı ve hat üzerinde gözlenen çamur tepesi, pockmark, gaz bacası ve gaz birikimleri görülmektedir. | 80 |
| Şekil 5.21 Sp-01 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. Sismik kesit üzerinde gaz bacası, gaz kolonu ve güçlü yansıma anomalileri ile hız sarkması gözlemlenmiştir. | 82 |
| Şekil 5.22 Sp-01 sparker kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti..... | 83 |
| Şekil 5.23 Sp-11 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. a) alanında akustik maskeleme şeklinde sıg gaz birikimi gözlemlenmiştir..... | 85 |
| Şekil 5.24 Sp-29 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz birikimi, gaz bacası, güçlü yansımave gaz kolonuna rastlanmıştır. | 86 |
| Şekil 5.25 Chirp-39 hattı ve lokasyonu.Hat üzerinde ,pockmark, gömülü pockmark, gaz bacası ve çamur tepelerine rastlanmıştır. | 88 |
| Şekil 5.26 Çalışma alanında gözlemlenen pockmark, gömülü pockmark, çamur tepeleri, akustik maske ve deltatik birikimlere örnekler..... | 90 |
| Şekil 6.1 Güney Marmara Şelfi boyunca gözlemlenen gaz anomalilerinin modeli... | 91 |
| Şekil 6.2 Güney Marmara Şelfi'nde toplanan, a) çok kanallı sismik yansıma, b) chirp ve c) sparker kesitlerinde görülen gaz bacası, gaz kolonu, akustik maske, pockmark, gömülü pockmark, güçlü yansıma, parlak nokta gibi gaz birikimi anomalilerinin dağılımı..... | 93 |
| Şekil 6.3 Şekil 6.2 de görülen gaz haritası Sorlien (2012) tarafından hazırlanan fay haritası ile üst üste konulmuştur. | 94 |

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Tablo 3.1 Çok kanallı sismik yansıma veri toplama parametreleri..... | 21 |
| Tablo 3.2 Chirp Mühendislik Sismiği Veri Toplama parametreleri. | 35 |
| Tablo 3.3 Sparker veri toplama parametreleri..... | 37 |



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Asya ve Avrupa kıtalarını birbirinden ayıran Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi gibi iki farklı iklim ve coğrafik özelliklere sahip olan havzalar arasında yer almakta olup, aynı zamanda jeolojik, tektonik, jeokimyasal ve biyolojik bakımdan da zenginlik gösteren bir havzadır. İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile Marmara Denizi'nden oluşan sistem, Ege Denizi vasıtası ile Doğu Akdeniz ve Karadeniz arasındaki su taşınımını sağlayan yarı kapalı bir iç deniz konumundadır.

17 Ağustos 1999 depreminden sonra Marmara Denizi ve Marmara Denizi içerisinde üç kola ayrılan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) yerbilimcilerin dikkatini çekmeye başlamıştır. Ancak deprem sonrası yaşanan tartışmalı süreç göstermiştir ki deniz araştırmaları konusunda Marmara Denizi ve deprem üreten Kuzey Anadolu Fayı ve kollarına ait yeterli derecede veri bulunmamakta, varolan kısıtlı verilerin çoğu ise petrol arama odaklıdır. 17 Ağustos 1999 depreminden sonra Marmara Denizi'nde Türk ve yabancı bilim adamları tarafından yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular kapsamında Marmara Denizi bugün daha iyi bilinen bir deniz haline gelmiştir.

Bu bağlamda 112Y026 kodlu TÜBİTAK-NSF ikili işbirliği projeleri kapsamında Marmara Denizi'ndeki Kuzey Anadolu Transform Fay Sistemi-Çok Kollu Transform Fayının Kuvaterner Sonrası Evriminin İncelenmesi amacıyla Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü tarafından R/V K. Piri Reis araştırma gemisi ile Ağustos 2013 tarihinde projenin ilk ayağı olarak yaklaşık 1000 km yüksek çözünürlüklü 2B çok kanallı sismik yansıma verisi, 1300 km chirp verisi ve 300 km sparker verisi, Temmuz 2014'te ise 697 km sparker verisi toplanmıştır.

Proje kapsamında toplanan veri üzerinden Güney Marmara Şelfi boyunca sıg gaz birikimlerinin varlığı, bunların Kuzey Anadolu Fayı ve kolları ile ilişkisi ve kökeni araştırılmaya çalışılmıştır. Toplanan sismik yansıma, sparker ve chirp verileri üzerinde gaz birikimlerinin varlığına işaret olarak kabul edilebilecek pockmark

(opur), gömülü pockmark, akustik boşluk, akustik kolon, gaz bacası, parlak nokta (bright spots), kuvvetli yansıma ve hız sarkması (velocity pulldown) anomalileri gözlemlenmiştir.

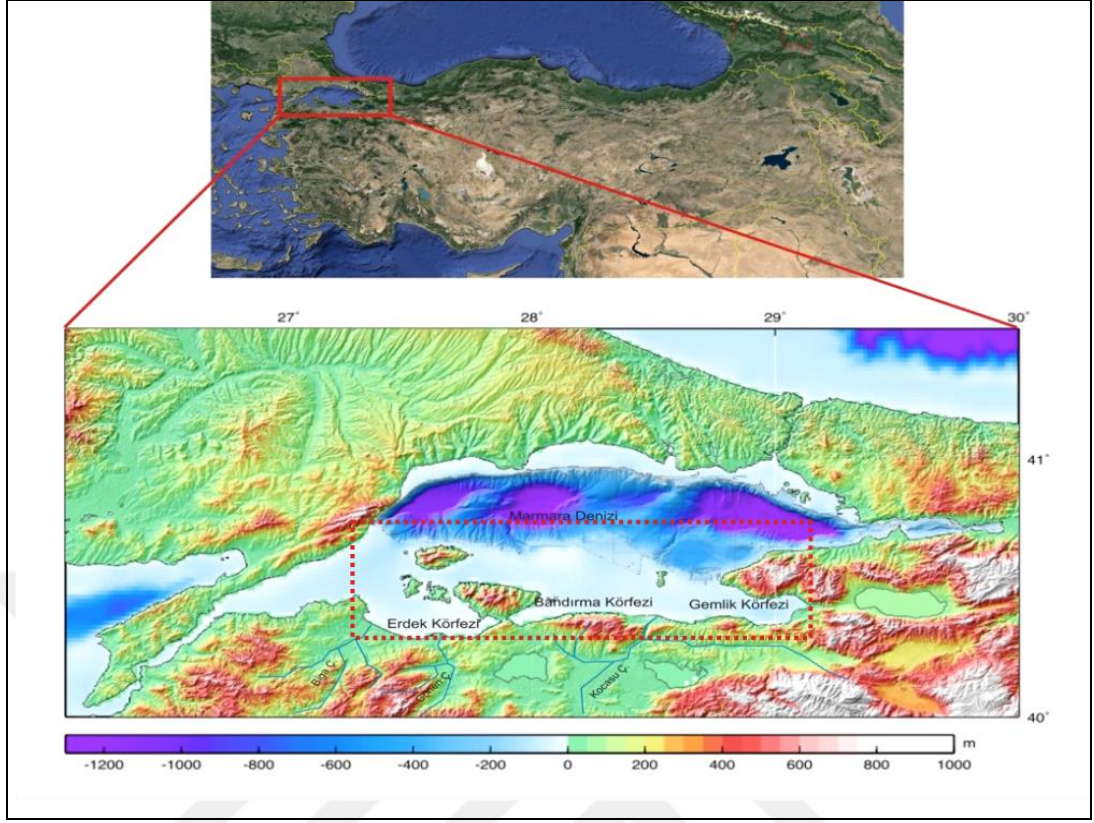
Çok kanallı sismik yansıma ve sparker verilerine standart veri işlem adımları uygulanarak migrasyon kesitler elde edilmiş ve elde edilen bu migrasyon kesitlere karmaşık iz analizleri uygulanarak sığ gaz alanlarının daha belirgin şekilde görüntülenmesi sağlanmıştır.

1.1 Amaç

Toplanan akustik veriler ışığında Güney Marmara şelfi'nin sığ gaz potansiyelini araştırmak, bu birikimlerin Kuzey Anadolu Fayı ve kolları ile ilişkisini ve gaz birimlerinin kökenini saptamak bu çalışmanın amaç ve kapsamını oluşturmaktadır. Güney Marmara şelfi boyunca gözlenen sığ gaz birikimleri ile ilgili yapıları araştırarak gazın varlığı hakkında detaylı bilgi edinilmeye ve gaz birikimleri haritalanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bölgede var olan sığ gaz birikimlerinin kökeni de bir diğer araştırma konusudur.

1.2 Çalışma Alanının Genel zellikleri

Marmara Denizi, 40° 20' ve 41° 10' enlemleri ve 27° ve 29° 30' boylamları arasında yer alan 278 km uzunluğunda ve 74 km genişliğinde Türkiye toprakları içerisinde yer alan bir i denizdir (Barka ve diğer., 1988). Yüzölçümü 11352 km² ve hacmi 3378 km³ olan Marmara Denizi uzun eksenini 240 km olan ve D-B yönünde uzanan K-G eksenini ise 70 km olan bir elips şeklindedir (Barka ve diğer., 1988; zsoy, 1986,)(şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanı.

Marmara Denizi morfolojik olarak doğu-batı doğrultulu iki şelften meydana gelmektedir. Bunlar ; Marmara Denizi'nde yer alan ve Kuzey Anadolu Fayı nedeniyle 1200 m derinliğindeki kuzey şelf ve kuzey şelften Armutlu Yarımadası çizgisi boyunca çok keskin bir denizaltı topografik eğimi ile ayrılmış olan, 100 m'den daha sığ kıta sahanlığı bölgesinden oluşan güney şelfdir. Ayrıca bu derin kısım birbirinden 600 m'lik sırtlarla bölünmüş dört derin havzadan oluşmaktadır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Wong ve diğer., 1995). Bu havzalar; Tekirdağ havzası (1152 m), Orta Marmara Havzası (1256 m), Kumburgaz Havzası (830 m) ve Çınarcık Havzası (1276 m) 'dir ve Marmara Denizi'nin her iki ucundaki sığ kıta sahanlıkları ile İstanbul ve Çanakkale Boğazlarına bağlanmaktadır.

Marmara Denizi'nin oluşumu ve güncel gelişimi tamamen Dünyanın en önemli faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı'nın kollarının kontrolünde gelişmiştir. Bununla birlikte özellikle buzul ve buzularası dönemlerde transgresyon ve regresyon tamamen iklim değişimleri sonucunda meydana gelmiştir. Özellikle Güney Marmara

Şelfi'ne dökülen nehirlerin getirdikleri malzeme, güney şelfin daha sığ ve geniş olmasında etkin rol oynamaktadır (Smith ve diğer., 1995).

1.3 Sığ Gaz Birikimleri

Sığ gaz birikimleri uzun yıllardır jeofizik bilim dalının önemli araştırma konularından biridir (Kvenvolden ve diğer., 1981 ; Schroot ve Schuttenhelm, 2003). Dünyada enerjiye olan talebin artması petrol bilimcileri dünyadaki sığ gaz birikimlerini araştırmaya yöneltmiştir (Judd ve Curzi, 2002). Bu anlamda sığ gaz birikimleri, yeterli miktarda oldukları zaman petrol endüstrisi açısından değerli bir kaynak haline gelebilirler. Sığ gazlar kolay ulaşılabilir ve önemli derecede yaygın olması ile, gelecekte önemli bir enerji kaynağı olabilirler (Çukur ve diğer., 2013). Gaz taşıyan çökeller, dünya çapında meydana gelen (Laier ve Jensen, 2007; Mazumdar ve diğer., 2009), tipik olarak 50 m ve daha az derinliklerde sığ ortamlarda oluşabilmektedir (Fleischer ve diğer., 2001). Kıyıdan uzak bölgelerde düşük sıcaklıklı kimyasal ve biyolojik süreçler ile sığ sedimentlerde metan oluşumu oldukça yaygındır (Judd ve diğer., 2002).

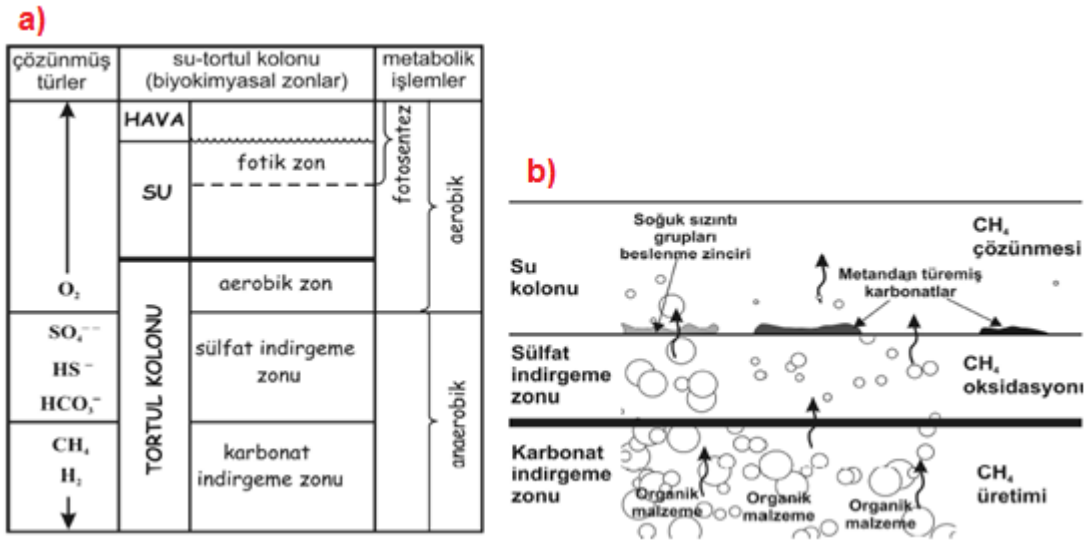
Denizel çökelleri içerisinde serbest metan gazı oluşumu çok yaygın olup jeolojik açıdan da varlığı ispatlanmıştır (Hovland ve Judd,1988; Judd ve Hovland, 1992; Judd 2003; Okyar ve Ediger,1999; Fleischer ve diğer., 2001; Ergün ve diğer., 2002; Garcia-Gil ve diğer., 2002; Gay ve diğer., 2007; Naudts ve diğer., 2009; Dondurur ve diğer., 2011). Sığ gaz birikimleri, körfezler veya şelfler, kıtasal yamaçlar, delta alanları ve hidtokarbon basenleri gibi birçok ortamda meydana gelebilir (Okyar ve Ediger, 1999; Ivanov ve diğer., 1998; Yun ve diğer., 1999). Ticari olarak işletilebilir gaz rezervuarları tortullar içerisinde derin kısımlarda oluşma eğilimindedir, ancak birikim her derinlikte oluşabilir (Dondurur, 2005).

Metan, en genel jeolojik gaz olup denizel sedimentlerde gömülü organik maddelerin oksijensiz bozulması ile oluşmaktadır (Rice ve Claypool, 1981; Çukur ve diğer., 2013). Denizel ortamlarda metan gazı, ya derin tortullarda “termojenik” olarak, ya da sığ kısımlarda “biyojenik” olarak üretilmektedir (Rice ve Claypool,

1981). Termojenik metan 1000 m' den daha büyük derinliklerde yüksek sıcaklık ve basınç koşulları altında uzun dönemler boyunca oluşmaktadır. Biyojenik gaz ise daha düşük sıcaklık koşulları altında planktonik malzemeler, bitkiler, balıklar ve katı atıklardan türeyen malzemedir. Bu organik malzemenin var olduğu ve yüksek tortul birikim oranına sahip olan denizel ortamlar, biyojenik metan üretimi ve birikimi için uygun alanlardır (Hovland ve Judd, 1988; Davis, 1992).

Biyojenik (mikrobiyal) metan, “metan üreten bakteriler (methanogenic archaea)” tarafından, organik malzemenin bozunmasının bir son ürünü olarak üretilir. Bu işlem organik malzemenin depolanmasından kısa süre sonra başlar ve “sülfat indirgeyen bakterilerin (sulphate reducing bacteria)” aktivitesi sonucu sülfat seviyesinin yok olduğu tortullarda, sığ derinliklerde meydana gelir. Biyojenik gaz üretiminde, tortullar içerisinde biyokimyasal işlemleri ifade eden farklı derinliklerde 3 farklı zon bulunmaktadır (Şekil 1.2). Bunlar aerobik zon, sülfat indirgeme zonu ve karbonat indirgeme (veya metan üretim) zonu olarak isimlendirilir (Dondurur, 2005).

Aerobik zon, genel olarak '0,2-0,5' m kalınlığındadır (Hovland ve Judd, 1988). Aerobik solunum sırasında, bu bölgede oksijen hızla harcanır. Oksijenin tükenmesiyle, sülfat indirgenmesi baskın solunum haline gelir ve “sülfat indirgeyen bakterilerin” aktivitesiyle H₂S üretimi meydana gelir. Sülfat indirgeme zonunun altında CO₂ indirgemesi, organik malzemenin oksijensiz (anaerobik) ortam içerisinde oksidasyonu ile üretilen hidrojen yoluyla metan üretimine neden olur. CO₂ indirgemesi, sığ denizel tortullarda biyojenik metan üretiminin ana mekanizmasını oluşturmaktadır (Whiticar ve diğer., 1986). Denizel ortamlarda biyojenik metan üretimi için, genel olarak yüksek tortulaşma (sedimentasyon) oranları (30 m/My) ve en az %0,5 oranında toplam organik karbon (Total Organic Carbon, TOC) gerekmektedir (Rice ve Claypool, 1981) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Denizel tortullarda biyojenik metan üretiminde, tortullar içerisindeki 3 farklı biyokimyasal zon (a), Rice ve Claypool, 1981) ve bu zonlar içerisindeki farklı kimyasal işlemler (b).

Metan üretildikten sonra, yüzeye doğru (yeryüzü veya deniz tabanı) göç eder, bu sıradabir kısmı boşluk suyu içerisinde çözünür, bir kısmı da sülfat indirgeme zonu içerisinde oksidize olarak yok edilir. Oksidize edilemeyecek kadar hızla yükselen metanın bir kısmı geçirimsiz birimlerin altında kapanlanarak gaz rezervuarlarını, bir kısmı da su ile birleşerek gaz hidratları oluşturur. Üretilen bu gazın göçü, üstte uzanan ince daneli ve daha az gözenekli yapılar tarafından durdurulduğu zaman, gaz kabarcıkları seyrek daneli tortulların gözenek boşluklarında birikirler. Deniz tabanından itibaren 1000 m içerisinde oluşan birikim, “sığ gaz birikimi” olarak adlandırılır (Judd ve diğer., 2002).

Birçok denizel alanda, tortullardaki sığ gaz varlığı akustik yöntemler kullanılarak ortaya konulmuştur. Sığ gaz birikimlerine yanlışlıkla yapılan sondajlarda meydana gelen patlamalar, büyük miktarlarda gaz birikimi olabileceğini göstermektedir. Ticari olarak işletilebilir gaz rezervuarları tortullar içerisinde derin kısımlarda oluşma eğilimindedir, ancak birikim her derinlikte oluşabilir (Dondurur, 2005).

Sığ denizel tortullarda gaz birikimi birkaç nedenden dolayı önem taşımaktadır. Sığ gaz birikimleri, tortullar içerisinde daha derin kısımlarda, çok daha geniş çaplı hidrokarbon oluşumlarının sinyallerini verebilmektedir. Geçirimsiz bir tabakanın

altında biriken gaz, sondaj sırasında patlamalara neden olur. Tortullarda kabarcık fazındaki gaz birikimi nedeniyle oluşan boşluk basıncı artışı, tortulların kayma dayanımını azaltarak tortulların duraysızlaşmasına ve denizel mühendislik yapılarının hasar görmesine neden olmaktadır. Sismik, gelgit veya dalga etkisi nedeniyle, kabarcık fazındaki gazda oluşan dönemsel genişleme ve daralmalar, tortul dayanımını daha da azaltmakta ve kıtasal yamaçlarda potansiyel heyelan alanları meydana getirmektedir (Çifçi ve diğer., 2005).

Metan gazı, CO₂' den yaklaşık 20 kat daha etkin sera etkisi özelliğine sahip olduğundan, deniz tabanından atmosfere olan metan akışı, küresel karbon içeriği ve iklimümüzde de önemli etkide bulunabilmektedir. Lowe ve Walker (1997), özellikle CO₂ ve metanın atmosferik yoğunlaşmaları ile iklim değişimi arasındaki görünür ilişkiyi inceleyerek, bu gazların yoğunluklarındaki değişimi, Kuvaterner iklim kaymalarındaki değişimlerde önemli rol oynayabilecek faktörlerden biri olarak dikkate almışlardır. Woodwell ve diğer., (1998), okyanusların, son buzul çağından bu yana ısınma periyodu sırasındaki ana atmosferik metan kaynağı olduğu sonucuna varmışlardır. Hovland Judd ve Burke (1993), kıtasal şelflerden metan sızıntılarının toplam küresel metan çıkışının %3-9'u arasında olduğunu öne sürmüşlerdir. Judd (2000), tüm dünyada doğal gaz sızıntılarından atmosfere yılda 0,4-12,2 Tg (Teragram) metan yayıldığını, Judd ve diğerleri, (2002) ise, atmosfere tüm jeolojik kaynaklardan yılda 16-40 Tg metan girişi olduğunu, bunun büyük kısmının fosil kaynaklardan meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir.

1.4 Sığ Gaz Birikimleri ve Akustik Anomalileri

Sığ gaz birikimleri akustik bir problem olarak bilinirler ve sedimanların gözlemlenmesine engel olurlar (Toth ve diğer., 2014). Akustik dalgalar gazlı sedimentlerde kuvvetli atenüasyona uğrar ve buda gaz bulunan sedimentlerde penetrasyonu sınırlar. Bununla birlikte gazın sadece üst kısmı görünür (Judd ve Hovland, 2007).

Denizel tortullarda serbest gaz varlığı, gaz içeren tortullar ile içermeyen çevre ortam arasındaki akustik direşim farklılığıyla ilişkili olan ve yüksek akustik yansıma ve saçılma sonucu oluşan tipik akustik anomalilere neden olmaktadır (Çifçi ve diğer., 2005).

Sedimentlerdeki gaz birikimlerinin kaydedilen sismik verideki etkileri şu şekildedir ;

- Gaz içeren sedimentler içerisinde sinyal yüksek soğurulma,
- Gaz birikiminin üst sınırında yüksek genlikli yansıma,
- Gaz birikiminin üst sınırında negatif polarite,
- Gaz birikiminin altından alınan yansılarda bozulma,
- Gaz birikiminin alt sınırında hız sarkması,

Akustik yöntemlerde gazın varlığına işaret edebilecek yapılar parlak nokta, güçlü yansıma, pockmark, gömülü pockmark, hız sarkması, akustik maskeleyme (akustik blanking), gaz kolonu ve gaz bacasıdır. Bu yapılar aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

1.4.1 Parlak Nokta

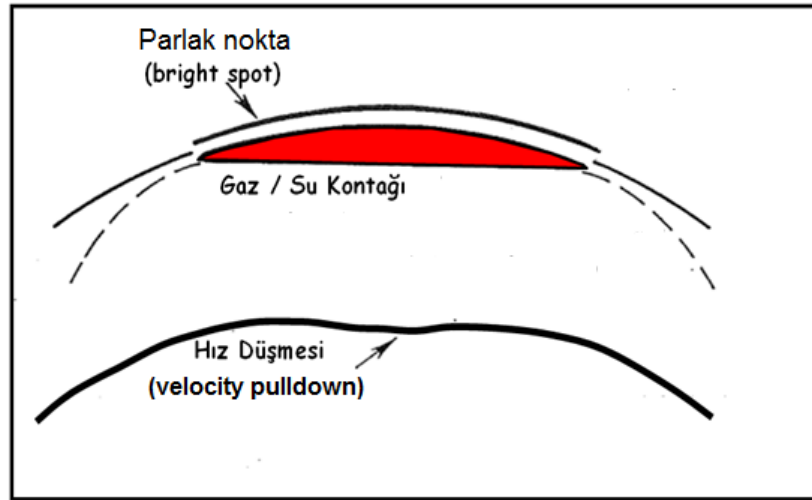
Çok kanallı sismik yansıma yönteminde P dalga hızı gazlı sedimanlar içerisinde hızla düşer ve buda gazlı sedimanlar ile gaz içermeyen çevre ortamlar arasında yüksek akustik empedans farkına sebep olur. Böylece gaz içeren sedimanın üst sınırı ile çevre ortam arasında yüksek genlikli ve ters polariteli yansımalar oluşur. Sismik kesitte genliğin hidrokarbon nedeni ile artması parlak nokta olarak tanımlanır. Parlak nokta anomalileri, ya sığ kısımlarda biriken biyojenik kökenli gazlar ya da derin kısımlarda gözenekli tabakalar içerisinde hapsolmuş termojenik kökenli gazlar sebebiyle meydana gelirler (Çukur ve diğer., 2013). Parlak nokta anomalilerinin bir diğer önemi de daha derinlerdeki gaz veya gaz hidrat birikimlerinin göstergesi olabilmeleridir.

1.4.2 Güçlü Yansıma

Gaz birikimleri üzerindeki tortullar ile gazlı sedimanlar arasından akustik empedans farklılığı sebebiyle alınan yüksek genlikli yansımalar (Schroot and Schuttenhelm, 2003). Güçlü yansımaları parlak noktalardan ayıran kriter genellikle deniz tabanı ile aynı polarite özellikleri göstermeleridir. Güçlü yansımalar genellikle gaz anomalisi sayılmasına rağmen her güçlü yansımanın altında gaz olacak diye bir kaide yoktur. Çalışma alanında en yaygın olarak görülen anomalilerden olup güney şelf boyunca yaklaşık 120 lokasyonda görülmüşlerdir. Yanal olarak genişlikleri 300-1300 m arasında değişiklikler görüldükleri derinlikler deniz tabanından itibaren 10-20 arasındadır.

1.4.3 Hız Düşmesi

Genelde çamur volkanları, gaz çıkışları ve resiflerin tabanında görülürler. Hız düşmesinin birincil nedeni gaz içerisinde P dalga hızının çevre hızlara göre düşük olmasından kaynaklanır.



Şekil 1.3 Parlak nokta ve hız düşmesi anomalisi.

1.4.4 Gaz Kolonları

Sismik kesit üzerinde dikey olarak uzanmış sütun şekilli, sinyalin enerjisinin kaybolduğu zonlarıdır. Bu saydam zonların altında tabaka devamlılığını görmek pek mümkün değildir. Bu yapılar genelde parlak nokta veya güçlü yansıma anomalileri ile birlikte görülmektedirler. Genelde genişlikleri 500-1000 m arasında değişmekte ve görüldüğü derinlikler 10-30 m arasındadır.

1.4.5 Akustik Maskeleye

Bir diğer sismik anomali olan akustik boşluklar akustik perdeleme veya akustik maskeleye olarakta bilinirler. Bu tip anomaliler sismik veriyi tamamen görünmez hale getirmektedirler. Birikim zonunun yapısı daha dik kenarlı ve keskin yapıya olup yüksek oranda gaz içermektedir (Çifçi ve diğer., 2005). Akustik maskeleye ifadesi genelde genişlikleri 1000 m ve üzeri gaz birikimleri için kullanılmıştır.

1.4.6 Pockmark

Jeolojik olarak pockmark terimi, “çamurlu deniz tabanlarında geniş çapta oluşan konkav krater benzeri çöküntüler” olarak tanımlanmaktadır (King ve MacLean, 1970). Genelde deniz tabanına olan sıvı-gaz çıkışları ile ilgilidirler. Sürekli tortul birikimi ve aşırı basınç altında kalan sıvı ve gazların, aniden ve patlama şeklinde deniz tabanına çıkışları sonucunda, deniz tabanında krater şekilli çöküntüler (pockmark) oluşur (Çifçi ve diğer., 2005).

1.4.7 Gömülü Pockmark

Gömülü pockmarklar, deniz tabanına sürekli bir gaz/sıvı göçünün olmadığını, göçün uzun jeolojik zamanlar boyunca dönemsel olarak tekrarlandığını göstermektedir. Denizel tortullarda gaz püskürmesinin periyodik olarak kesilip tekrar başlamasının nedeni deniz seviyesi değişimleri ya da aşırı basınç koşullarındaki değişimler olabilir.

1.4.8 Gaz Bacaları

Dikey akustik bozukluklar gaz bacası olarak yorumlanmaktadır (Heggland ve diğer., 2000; Meldahl ve diğer., 2001). Gaz bacaları genelde üzerlerinde güçlü yansımalar ile birlikte görölmektedir. Gaz bacalarının genişlikleri 40 m'den 200 m'ye kadar değişmekte ve derinlikleri deniz tabanından itibaren 10 ile 15 m'dir. Gaz bacaları çok yaygın olmamakla birlikte 30'dan fazla lokasyonda görölmüşlerdir (Şekil 6.2).

1.4.9 Çamur Tepeleri

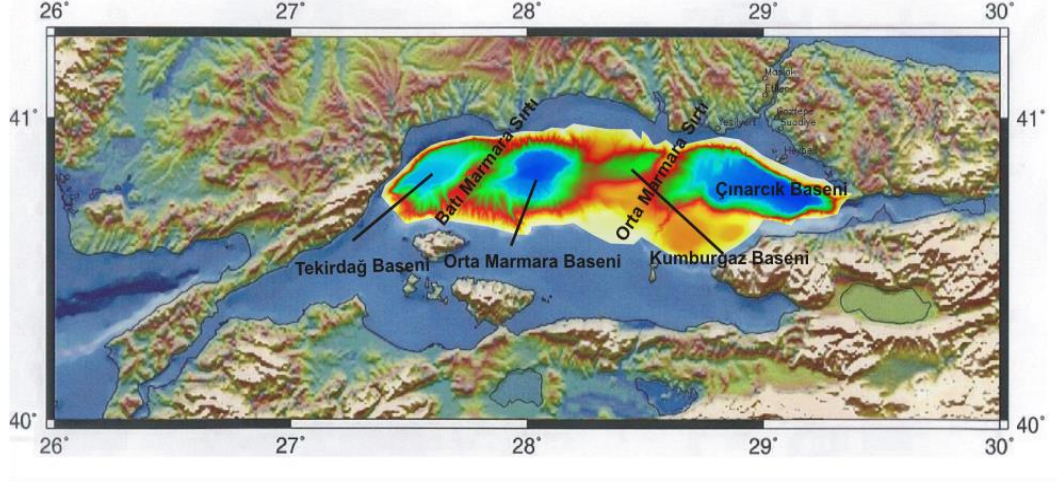
Düşeyde genellikle sıvı akışına sahip ve deniz tabanında kubbemsi şekilli düzensiz yapılardır. Gaz birikimlerine işaret eden bu yapılardan çamur volkanı (Çukur ve diğer., 2013) veya kumul tepeleri (Aksu, 1999) olarak bahsedilmektedir.

BÖLÜM İKİ

MARMARA DENİZİ'NİN JEOLJİK, JEMORFOLOJİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

2.1 Marmara Denizi'nin Jeomorfolojik Özellikleri

Yaklaşık olarak 240 km uzunluğa, 70 km'lik bir genişliğe ve 11.500 km²' lik bir alana sahip olan ve Türkiye sınırları içerisinde kalan Marmara Denizi jeolojik açıdan genç bir iç denizdir (Adatepe, 1988; Görür ve diğer., 1997; Özsoy ve diğer., 1988). Denizin çukurlukları içerisinde 1200 metreyi geçen derinlikteki Kuzey Şelfi, 100 metreden daha sığ olan Güney Şelfi'nden bariz bir batimetrik eğimle ayrılır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Wong ve diğer., 1995). Kuzey şelfin boyu karadan itibaren yaklaşık 10 km iken, Güney Şelf'in boyu yaklaşık 40 km'dir (Le Pichon ve diğer., 2001). Kuzeydeki derin kesim içerisinde birbirinden eşiklerle ayrılmış dört derin çukurluk bulunur (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Wong ve diğer., 1995). Bunlar batıdan doğuya doğru; Tekirdağ Çukurluğu (en derin noktası 1125 m), Orta Marmara Çukurluğu (en derin noktası 1256 m), Kumburgaz Çukurluğu (en derin noktası 820 m) ve Çınarcık Çukurludur (en derin noktası 1270 m). İçleri kalın çökellerle dolu olan ve hala da dolmakta olan (Okay ve diğer., 2000) bu çukurluklar birbirinden 600 ile 800 metre derinliğe sahip kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı sırtlarla ayrılmıştır. Bu sırtlar; Tekirdağ Çukuru ile Orta Marmara çukurunu ayıran Batı Marmara sırtı ile Kumburgaz Baseni ile Çınarcık Çukurunu ayıran Orta Marmara sırtıdır (Yaltırak., 2002) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Marmara Denizini oluşturan havza ve sırtlar.

2.2 Marmara Denizi'nin Genel Jeolojisi

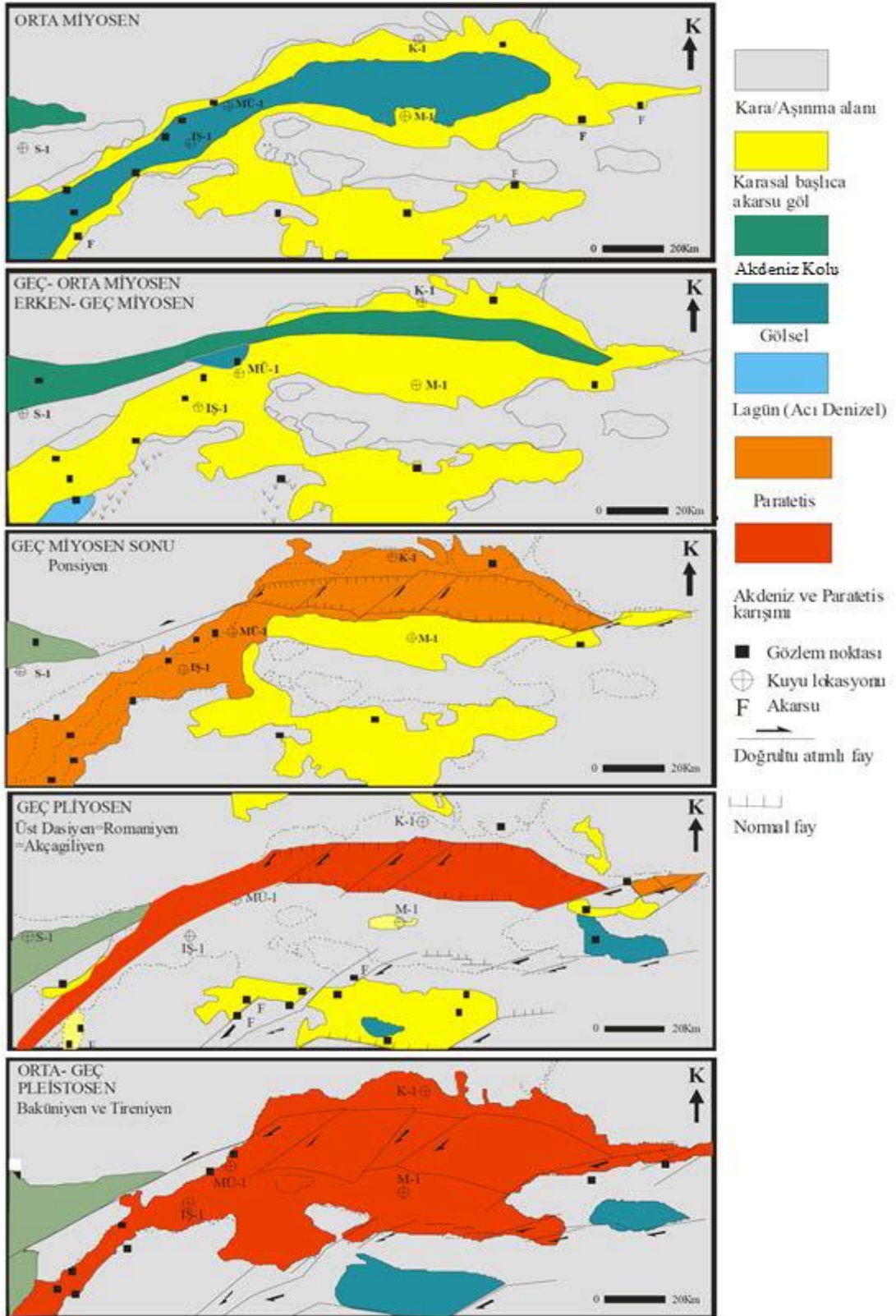
Günümüzden yaklaşık 20 milyon yıl kadar önce Miyosen başında Marmara Denizi ve Karadeniz'in de içerisinde bulunduğu büyük bir kuşağın dünya denizleri ile bağlantısı kesilerek, doğuda Hazar Denizi'ne kadar uzanan ve Paratetis adı ile bilinen sığ ve kapalı bir deniz haline gelmiştir. Tektonik etkilerin yanısıra deniz seviyesindeki değişimlerle, dolayısı ile iklimle doğrudan ilişkili olan bu durum sonucu, Paratetis birbirinden kara parçaları ile ayrılan, ya da birbirine dar su yolları ile bağlanan havzalara ayrılmıştır. Akdeniz ile Karadeniz arasında bir geçit durumunda olan Marmara Denizi İstanbul ile Paratetis'e, Çanakkale Boğazı ile de Akdeniz'e ve dolayısı ile dünya okyanuslarına bağlanmaktadır (Barka, Sakıncı ve Yaltrak, 1988; Tüysüz.,1990).

Marmara Denizi ve çevresi ile ilgili olarak yapılan çalışmalara göre gölsel bir havza niteliğinde olan Marmara Çukurluğu'nun kuzey kesimleri Orta Miyosen sonu-Geç Miyosen (6-10 milyon yıl önce) başında deniz istilasına uğramıştır (Görür ve diğer., 1997). Bu deniz girdisi, Ege Denizi'nden Saros Çöküntüsü kanalı ile ilerlemiştir. Bu dönemde, bugünkü Marmara Denizi'nin güney şelf kesimleri de dahil diğer kesimleri kara halinde kalmıştır. En üst Miyosen'de Akdeniz ile olan bağlantı kesilmiş ve Paratetis'in acı suları bugünkü Marmara Denizi'ni istila etmiştir. Güney şelf bu dönemde de kara halinde kalmıştır. Pliyosen'de (5 milyon yıl önce)

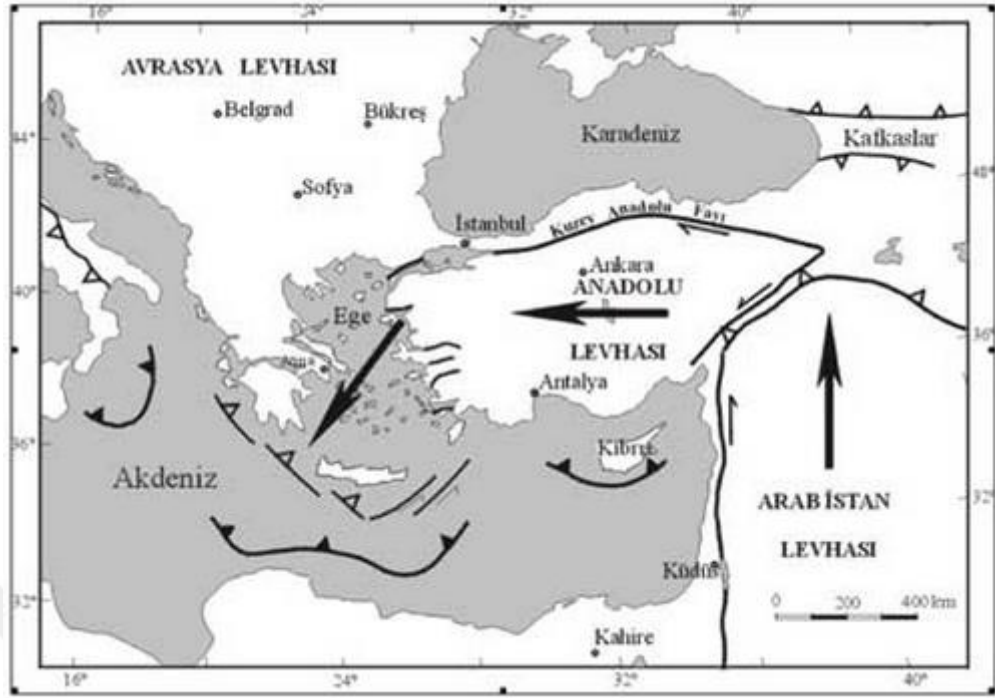
gelecekteki Marmara Denizi içerisinde Akdeniz ve Paratetis suları birbirine karışmıştır. Orta ve Geç Pliyosende (2-3 milyon yıl önce) Marmara Denizi büyük ölçüde bugünkü yapısını kazanmıştır. Tüysüz ve diğer., (1998)'e göre, Kuzey Anadolu fayı erken Pliyosen'de gelişmeye başlamış, başlangıçta sıkışmalı bir etki yaratarak bölgeyi yükseltmiş, geç Pleistosen - Kuvaterner'de (1 milyon yıl önce) ise Saros Körfezi'nin ve Marmara Denizi'nin açılımından sorumlu olan gerilmeli rejim gelişmiştir. Marmara Denizi'nin başlangıçta Ege Graben sisteminin etkisi ile açılmaya başladığı, daha sonra da Kuzey Anadolu Fayı etkisi ile genişlediği kabul edilmektedir.

2.3 Marmara Denizi'nin Tektonik Yapısı

Türkiye'nin neo-tektonik dönemi Arap Yarımadası'nın Anadolu'ya çarpması ile yaklaşık 11 milyon yıl önce başlamıştır. Bu çarpışmanın etkisiyle doğudan başlayarak Anadolu'nun tamamı sıkışıp kalınlaşmış, bu kalınlaşma kıta kabuğunun karşılamayacağı bir seviyeye ulaştığında ise Anadolu, batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Anadolu'nun batıya doğru hareketi sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı ve sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fayı boyunca gerçekleşmiştir (Ketin, 1948; Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981). Kuzey Anadolu Fayı'nın sağ yanal atımlı bir fay haline gelmesi günümüzden yaklaşık 5 milyon yıl kadar önceye dayanmaktadır. Anadolu'nun batıya doğru hareketi ile güneybatıya doğru saat ibresinin tersi yönünde dönmesi, Akdeniz'deki Hellenik dalma-batma zonunun etkisi ile birleşerek bir gerilme oluşturmuş ve böylece Batı Anadolu'da bir horst-graben yapısı meydana gelmiştir. Kuzey Anadolu Fayı doğuda sıkışmalı bir yapıya sahipken Batı Anadolu'nun güneybatıya doğru dönmesi, fayın batı tarafında gerilmeli bir nitelik kazanmasına yolaçmıştır. Bunun neticesinde Kuzey Anadolu Fayı batı kesiminde kollara ayrılmış ve bu kollar boyunca çöküntü alanları gelişmiştir (Görür ve diğer., 1997).



Şekil 2.2 Marmara Denizi ve çevresinin jeolojik gelişimi (Görür ve diğer., 1997; Taner, 1983).



Şekil 2.3 Levha hareketleri.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), tarafından yönetilen doğrultu atımlı tektonik ile Batı Anadolu'nun K-G gerilme rejiminin geçiş zonu olan Marmara bölgesinde 3 kola ayrılır. Kuzey Marmara bölgesi kuzey kolla kontrol edilirken Güney Marmara Bölgesi orta ve güney kollarla karakterize edilir. Güney Marmara bölgesi, temelde D-B doğrultulu, doğrultu atımlı fayın normal bileşenleriyle sınırlandırılmış yaklaşık D-B gidimli eşkenar dörtgene benzeyen horst ve graben yapılarıyla karakterize edilir (Gürer, ve diğer.,2003).

2.4 Güney MarmaraŞelfi'nin Jeomorfolojisi

Güney Marmara kıyılarında Holosen döneminde deniz su seviyesinin yükselmesi ve aktif tektonik hareketler özellikle bu yöredeki kıyıların biçimlenmesinde ve Manyas, Ulubat gölleri ile Gönen ve Kocası deltaların oluşumunda etkili olmuştur.

Marmara denizi güneyinde Kapıdağ Yarımadası dışında kalan kıyıları D-B doğrultusunda uzanım sunarlar. Bu hat üzerinde Kapıdağ Yarımadası bir çıkıntı oluşturur ve bir tombala ile ana karaya bağlanmıştır. Kıyı boyunca Erdek, Bandırma

ve Gemlik körfezleri dikkati çeker.Doğu'daki (Bandırma Gemlik) kıyı şeridi aktif fayların kontrolü altındadır ve fay sarplıklarına yaslanmış küçük koylar içeren falezli kıyı tipleri oluşmuştur. Kapıdağ'ın doğu kesiminde kalan bu kıyı şeridinde bölgenin en büyük alüvyon birikiminin bulunduğu Kocasu Deltası yer alır.Batıda ise Gönen Çayı Deltası ile Karabiga arasının morfolojisi deniz, akarsu-deniz etkileri ile şekillendirilmiş alçak kıyı tipleri şeklindedir (Güneysu, 1988).

Güney Şelf'in en önemli unsurlarından biri de İmralı Adası'nın hemen batısından geçerek Çınarcık Çukurluğu'nun batısına uzanan ve bugün Marmara Denizi'nin suları altında kalmış bir nehir yatağıdır. Bu yatak Marmara Denizi'nin henüz olmadığı dönemlerde güney alanlardan kuzeye, olasılıkla Karadeniz'e kadar uzanıyordu. Nehir yatağının menderesli yapısı yatak eğiminin düşük olduğunu işaret etmektedir (Güneysu, 1988).

Gönen ve Biga çaylarının getirdiği alüvyonlarla beslenen bu kesim kumsal, kıyı düzlükleri ve deltalardan oluşur. Erdek körfezi Güney Marmara Şerifi'yle morfolojik uyum içerisindedir. Doğuda Bandırma ve Gemlik Körfezi'ndeki kıyılar önlerindeki şelfe doğru KAF'ın oluşturduğu tektonik kökenli oluklarla açılır. Güney Marmara kıyılarındaki bu morfoloji Holosen döneminde gelişmiştir (Emre ve diğer., 1998). Holosen dönemi son deniz ilerlemesi bölgede etkin olmuş ve deniz düzeyi değişimleri akarsu ağzındaki deltalarda belirgin kayıtlar bırakmıştır. Bunlar Karasu ve Gönen Çayı Deltaları'nda izlenir. Bu kesimde 4-6 m kotlarında bulunan eski delta bölümleri denizin Holosen'deki yüksek seviyelerini tanımlayan oluşumlardır. Bu dönemdeki 5 m seviyesi Biga Çayı Deltası'nda günümüz kıyı çizgisinden yaklaşık 13,5 km kadar kara içine sokulan eski kıyı izleriyle tanınmaktadır (Güneysu, 1988).

Holosen'de global deniz suyu seviyesinde meydana gelen yükselmeler Güney Marmara'da da etkili olmuş bu bölgede bulunan vadiler ve havzaların tabanlarında alüvyon boğulmaları meydana gelerek günümüz ovaları bu zaman içinde şekillenmişlerdir (Emre ve diğer., 1998).

Marmara denizi güneyindeki şelf alanı üzerinde batımetre haritasının gösterdiği bir diğer özellik birçok çukur alanının varlığıdır. Son buzul dönemi (Würm) eski göl tabanları olarak yorumlayabileceğimiz bu çukurlardan en önemlisi Gemlik Körfezi çukurluğudur . -55 m’de başlayan ve batı-doğu uzanımlı Gemlik Körfezi Çukurluğu kapanımı -70 m’lerde kuzeybatı güneydoğu uzanımı göstererek -105 m’lere kadar takip edilebilmektedir. Çukurluğa gerek batıdan gerekse doğrudan akarsu vadi uzanımları kavuşmaktadır. Gemlik Körfezi çukurluğu dışındaki çukurluklar fazla belirgin değildirler. Bunlardan Marmara Adası ile Kapıdağ Yarımadası arasında kalan çukurluk -50, -70 m’ler arasında yer alır. Bu çukurluk Marmara Adası güneyinde bir denizaltı eşiği ile başlar Kapıdağ Yarımadası kuzeyinde son bulur. Gerek Kapıdağ Yarımadası’ndan gerekse Marmara Adası’ndan çukurluğa doğru vadi uzanımları dikkati çeker. Bu çukurluklar dışında Kapıdağ Yarımadası güneydoğusunda Bandırma Körfezi çukurluğu ile Kapıdağ Yarımadası doğusu açıklarındaki çukurluklar dikkati çeker (Güneysu, 1988).

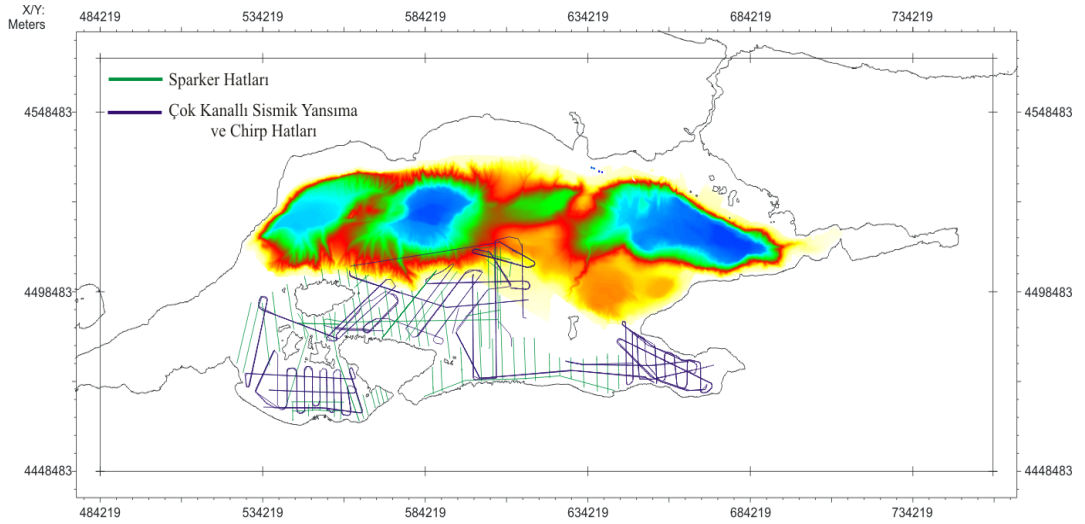
Güney Marmara Şelfi üzerinde dikkati çeken şekillerden bir diğeri de deltaların varlığıdır. Batımetri haritasına göre Gönen Çayı’nın oluşturduğu Gönen Çayı Deltası ve daha da doğuda Kocasu Çayı’nın oluşturduğu Kocasu Çayı Deltası, Güney Marmara Şelfi üzerinde deniz altında devamlılığı olan deltalardır. Gönen Çayı Deltası deniz içerisinde ortalama 5,5 km kadar ilerlemiş ve -40 metrelere kadar izlenebilmektedir. Kocasu Çayı Deltası deniz içerisinde ortalama 3,5 km kadar ilerlemiş ve -50 m’lere kadar devam etmektedir. Güney Marmara şelfi üzerinde yer alan karasal döneme ilişkin şekillerin oluşumunda, o döneme ait şekillendirici süreçlerin yanında tektonik hareketlerinde yer yer aktif rol oynadığı söylenebilir.

BÖLÜM ÜÇ

VERİ TOPLAMA VE VERİ İŞLEM

Tez çalışması kapsamında kullanılan veriler 2013-2014 yılları arasında ‘Marmara Denizi’ndeki Kuzey Anadolu Transform Fay Sistemi-Çok Kollu Transform Fayının Kuvaterner Sonrası Evriminin İncelenmesi’ amacıyla 112Y026 proje kodlu TÜBİTAK Projesi kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü tarafından R/V K. Piri Reis ile Güney Marmara Şelfi’nde toplanmıştır.

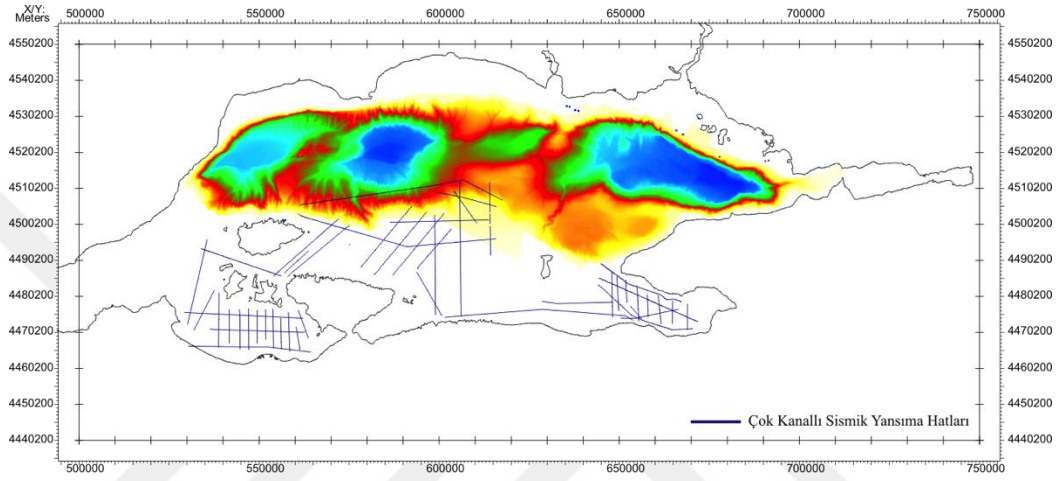
Proje kapsamında Güney Marmara şelf alanında 2 boyutlu yüksek ayrımlı çok kanallı deniz sismiği verisi, chirp mühendislik sismiği verisi ve sparker verisi olmak üzere, 3 farklı veri seti toplanmıştır. Bunun yanında da ekosounder yöntemi ile de gaz çıkışı olan yerlerde ekran çıktısı alınmıştır. Chirp ve batimetri verisi çok kanallı sismik yansıma verileri ile eş zamanlı toplanmıştır. Yüksek frekanslı ve çok yüksek ayrımlı bir yöntem olan chirp ve sparker verisi ile birkaç metre derinlikteki gaz birikimleri çok daha net gözlemlenebilirken sismik veri derin yapıların incelenmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 3.1 Güney Marmara Şelfi’nden toplanan çok kanallı sismik yansıma, chirp ve sparker verilerinin konumu.

3.1 Çok Kanallı Sismik Veri Toplama

Tez kapsamında Güney Marmara Şelfi'nden 1000 km yüksek ayrımli çok kanallı 2B sismik yansıma verisi toplamıştır. Çok kanallı sismik verinin toplanması aşamasında SeaMUX NTRS2 (HydrosciencesTechnologies Inc.) veri toplama sisteminden faydalanılmıştır.



Şekil 3.2 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan çok kanallı sismik yansıma verileri ve konumu.

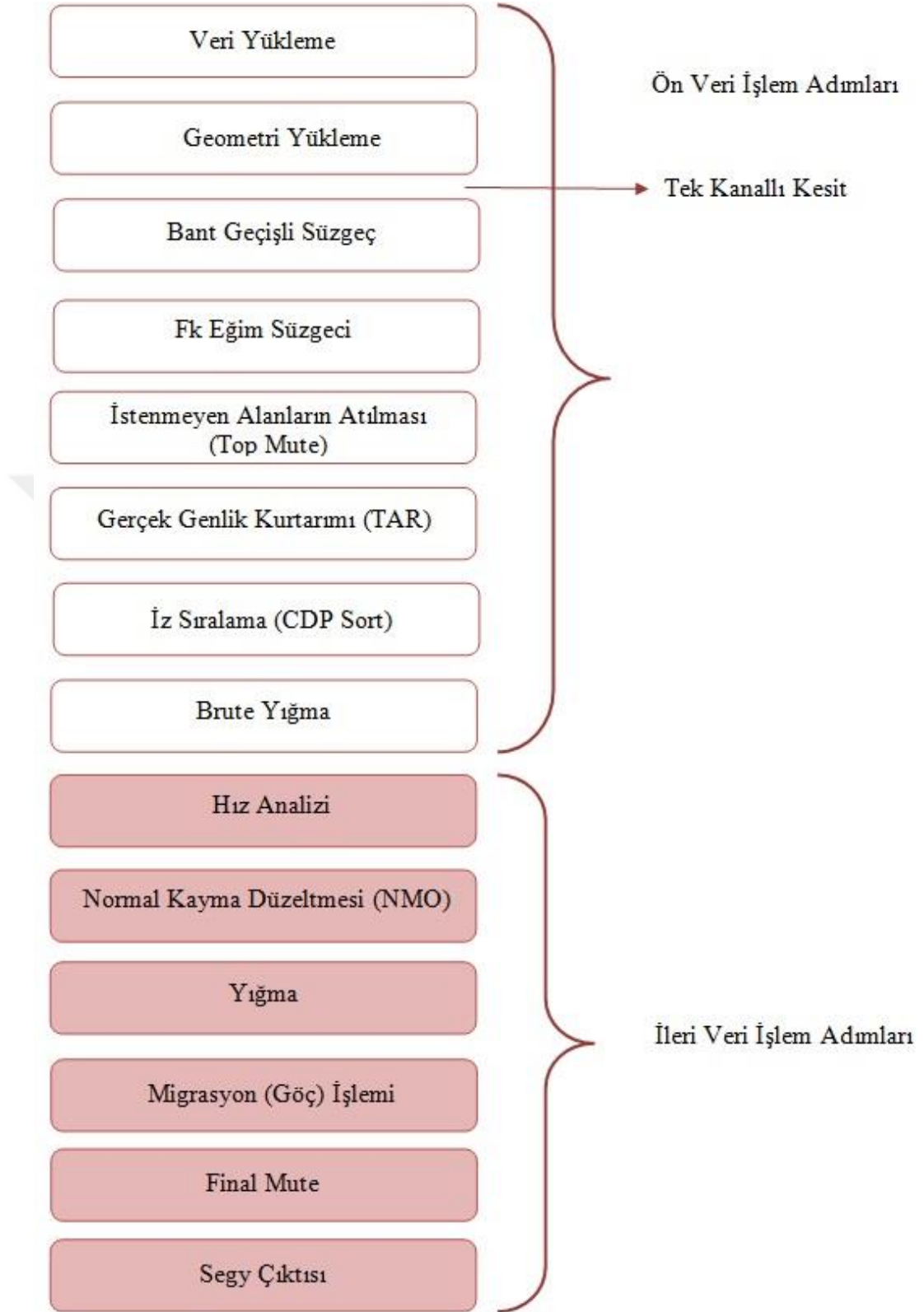
Toplanan veriler kanal aralığı 6,25 m olan 144 veya 168 kanallı alıcı kablo (streamer) aracılığı ile toplanılmıştır. Alıcı kablo derinliği olarak 4 m' belirlenmiştir. Alıcı kablo üzerinde 3'ü pusulalı (compass) ve 7'si pusulasız olmak üzere toplam 10 adet derinlik düzenleyici (bird) kullanılmıştır. Sismik kaynak olarak (140 bar) 2000 psi basıncında ve 45+45 inç³ hacminde GI gun tipi hava tabancası kullanılmış ve her 12,5, 18,75 veya 25 m' de bir patlatılmıştır. Kaynak genellikle 10-200 Hz frekans bandında sinyal üretmekte ve baskın frekansı 120 Hz'dir. Kaynak derinliği 3 m'dir. Toplanan verilerin kayıt uzunluğu 3000 ms ve örnekleme aralığı 1 ms'dir. Verilerin minimum ofseti 50 m olup veri toplama formatı olarak dünya standardı olan 'Seg Y' veri formatı kullanılmıştır. Çok kanallı sismik yansıma veri toplama parametreleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.1 Çok kanallı sismik yansıma veri toplama parametreleri.

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Kanal Sayısı | 144-168 |
| Kanal Aralığı (m) | 6,25 |
| Atış aralığı (m) | 12,25-25 |
| Kayıt Uzunluğu (ms) | 3000 |
| Örnekleme Aralığı (1) | 1 |
| Min Ofset (m) | 50 |
| Streamer Uzunluğu | 900-1050 |
| Streamer Derinliği | 4 |
| Kaynak Tipi | GI (45+45) inç ³ |
| Kaynak Derinliği | 3 |
| Kaynak Basıncı (psi) | 2000 |
| Veri Formatı | Seg Y |

3.2 Çok Kanallı Sismik Veri İşlem

Çok kanallı sismik yansıma verilerinin yorumlanabilir hale getirilmesi için klasik veri işlem adımları uygulanmış ve verinin işleme aşamasında Landmark PROMAX yazılımından faydalanılmıştır. Veri yorumlama ve haritalama aşamasında ise IHS Kingdom Suite (version 8.8) yazılımından faydalanılmıştır. Sismik veri, ön veri işlem ve ileri veri işlem olmak üzere iki aşamada işlenmiştir. Ön veri işlem aşaması, ham verinin işlenmek üzere sisteme yüklemesi ve veri formatının Promax yazılımına uygun hale getirilmesi, sismik verinin atış grupları ve tek kanallı gösterilmesi ve veri setinin geometrisine ait bilgilerin (kanal sayısı, kanal aralığı, atış aralığı vb) girilmesi işlemlerinden oluşmaktadır. İleri veri işlem aşamasında ise , geometrisi yüklenmiş veriden uygun süzgeçleme parametreleri seçilerek deniz dalgası gibi istenmeyen gürültüler atılır. Frekans-dalga sayısı süzgeci ile derinlik düzenleyicilerin oluşturduğu gürültüler atılmaya çalışılır. Küresel açımdan dolayı zayıflayan sismik sinyalin genliği ‘Gerçek Genlik Kurtarımı (TAR) ile geri kazandırılır. Veriye, atış gruplarından ortak derinlik grupları şeklinde düzenlenmesi (CDP Sort), hız analizi ile hız bilgisinin elde edilmesi, sıfır offset kesite göre normal kayma zamanı düzeltilmesi, verinin basitçe toplanması işlemi olan yığılma ve son olarak sismik kesitin jeolojik kesite en yakın hale getirme işlemi olan migrasyon işlemi uygulanır. Şekil 3.1 ‘de sismik veriye uygulanan veri işlem adımları gösterilmektedir. Tez kapsamında ön veri işlem ve ileri veri işlem aşamalarına ait uygulamalar aşağıdadır.

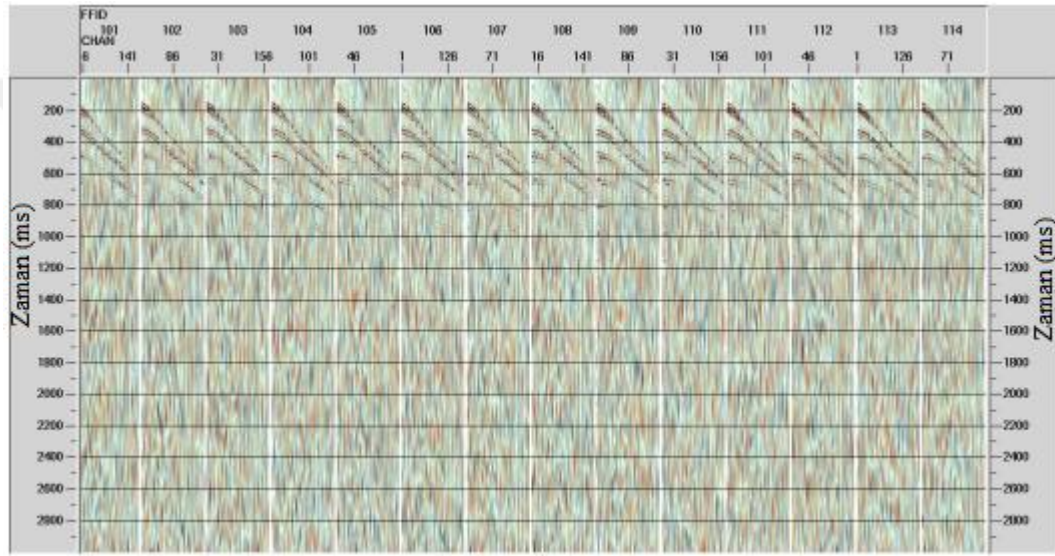


Şekil 3.3 Çok kanallı sismik yansıma veri işlem adımları.

3.2.1 Sismik Veri İşlem Adımları

3.2.1.1 Veri Yükleme

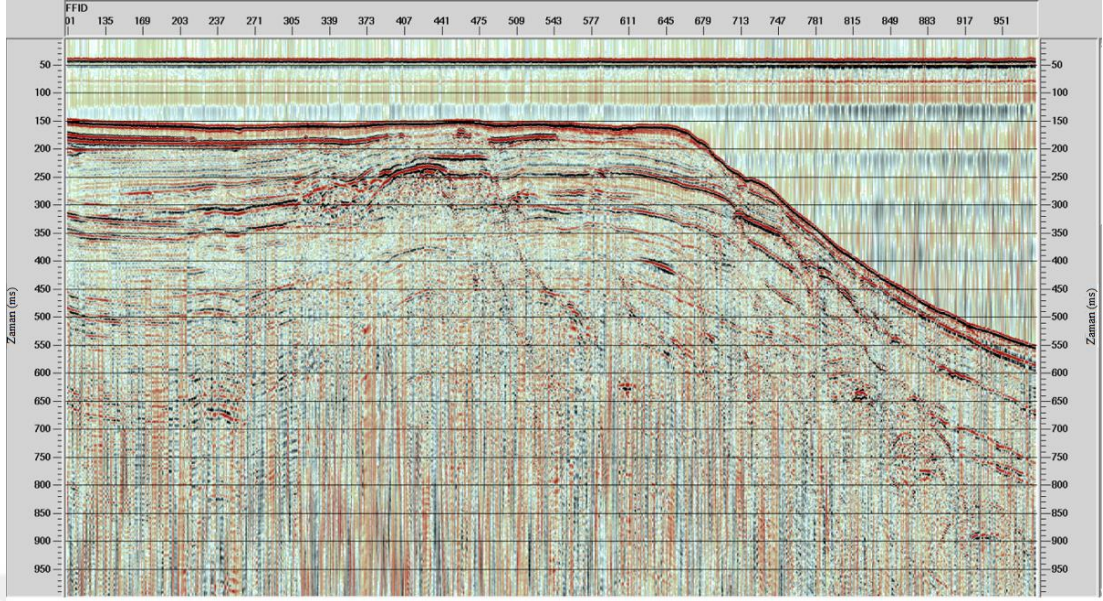
Veri İşlem aşamasının ilk adımı olup, kabaca, toplanan sismik verinin veri işlem yapılacak yazılıma yüklenmesi anlamına gelir. Bu tez kapsamında toplanan veriler ‘SegY’ formatında toplanmış olup, veri yükleme işlemi her bir hat için ayrı ayrı yapılır.




Şekil 3.4 Ham veri atış grupları.

3.2.1.2 Geometri Tanımlama

Geometri tanımlama genel olarak kaynak-alıcı geometrisinin ve bunların gerçek coğrafik koordinatlarının tanımlanmasına dayanır (Dondurur 2009). Geometrik parametreler toplanan her bir sismik hatta özgü olup sismik veri toplanırken gözlem loglarına kaydedilir ve veri işlem sırasında geometri yükleme modülü ile sisteme tanımlanır. Bir gözlem logu; alıcı kablo (streamer) ‘ya ait derinlik ve uzunluk bilgisi, kaynağın derinliği, hacmi ve sayısı, derinlik düzenleyicilerinin sayısı ve derinliği, hattın başlangıç ve bitiş navigasyon bilgileri, kanal sayısı, alıcı-atış aralığı, atış sayısı ve azimut bilgileri gibi parametreleri içermektedir.



Şekil 3.5 Geometrisi yüklenmiş ham veri ortak offset kesit.


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

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|---------------------------|--------------------------|---|--|-------------------------|-------------------------------|---|----------------|---|--|--|
| AREA: Marmara | | LINE NAME: GM13-15 | | CLIENT: TÜBİTAK | | DATE: 23/08/2013 | | SEA CONDITION: <input checked="" type="checkbox"/> SMOOTH <input type="checkbox"/> CHOPPY <input type="checkbox"/> ROUGH | | RAIN?: <input type="checkbox"/> YES <input checked="" type="checkbox"/> NO | | |
| STREAMER PARAMETERS | | | RECORD PARAMETERS | | | | NAVIGATION PARAMETERS | | | | | |
| LENGTH (m) | 1050 m | | RECORDER | Hydrosience NTRS-2 | | | FIRST NAVIPAC EVENT NO | 100 | | | | |
| DEPTH (m) | 3 | | DEVICE and S/N | MFG43 / 111 | | | LAST NAVIPAC EVENT NO | | | | | |
| GROUP INT. (m) | 6.25 m | | DATA FORMAT | SegD rev 1.0 / SegY IEEE Float | | | LINE LENGTH / BEARING (m / °) | 262 | | | | |
| # OF MODULES | 7 | | # OF CHANNELS | 168 | | | NOMINAL VESSEL SPEED (knots) | 4,1 | | | | |
| # OF SECTIONS | 14 | | SHOT INTERVAL | <input checked="" type="checkbox"/> 12,5 meter <input type="checkbox"/> sec | | | NAVIPAC CUSTOM LOG FILE NAME | | | | | |
| I-O 5010 BIRDS | 5 | | REC. LENGTH (ms) | 3000 | | | NAVIPAC EVENTS LOG FILE NAME | N/A | | | | |
| I-O 5011 BIRDS | 3 | | SAMPLE RATE (ms) | 1 | | | LINE START TIME | 02:00 | | | | |
| GUN PARAMETERS | | | OFFSET (m) | 50 | | | LINE END TIME | 03:59:09 | | | | |
| # OF GUNS | 1 | | FIRST SHOT (FFID) | 101 | | | COORDINATES | LATITUDE & LONGITUDE | | UTM (Zone: 35) | | |
| TYPE OF GUNS | G1 | | LAST SHOT (FFID) | 980 | | | | START | Lat: 40.423606 | E: 666326.7 | | |
| PRESSURE (psi) | 2000 | | FIRST SegY FILE | ds20130823-065223-0101.sy | | | | | Lon: 28.960647 | N: 4476620.8 | | |
| TOW DEPTH (m) | 3 | | LAST SegY FILE | ds20130823-090202-1396.sy | | | | END | Lat: 40.404785 | E: 650346.4 | | |
| VOLUME (inch ³) | 45+45 | | LOW-CUT / SLOPE | 5 Hz / 12 dB / oct | | | DATUM | Lon: 28.771789 | N: 4474193.0 | | | |
| OPERATORS | | | HIGH-CUT / SLOPE | 412 Hz / 225 dB / oct | | | | | | | | |
| NAME(s) | SHIFT TIME | | DELAYS | | | | SURVEY NOTES | | | | | |
| Anne Bécel | 24-08 | | FFID to FFID | Delay (sec) | | | 2013082211535.odc | | | | | |
| Özkan Özel | | | | | | | We observed mud volcano | | | | | |
| Gökberk Tokat | | | | | | | | | | | | |

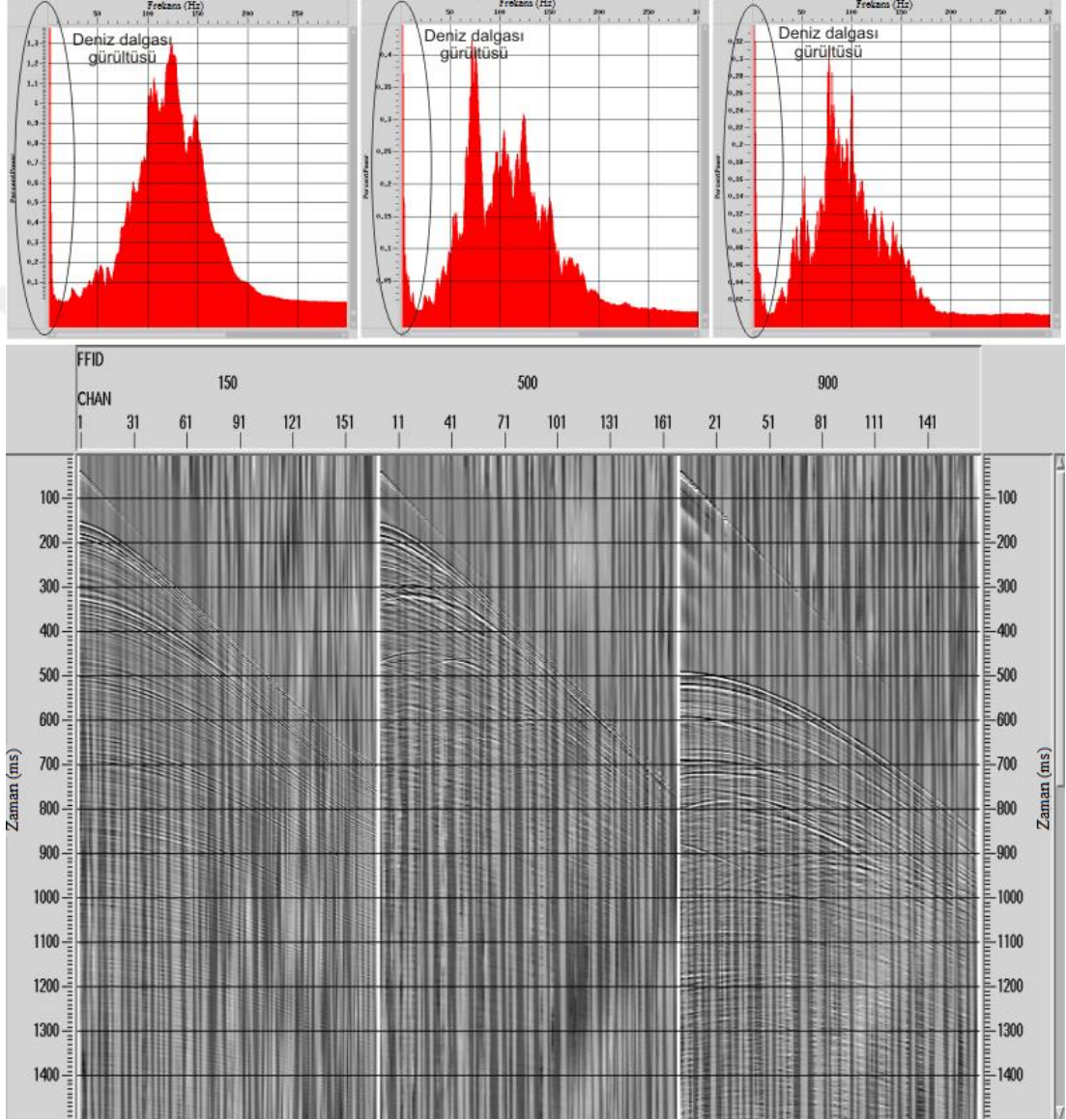
© SeisLab@IMST

Şekil 3.6 Çok kanallı sismik yansımaya verisi gözlem logu örneği.

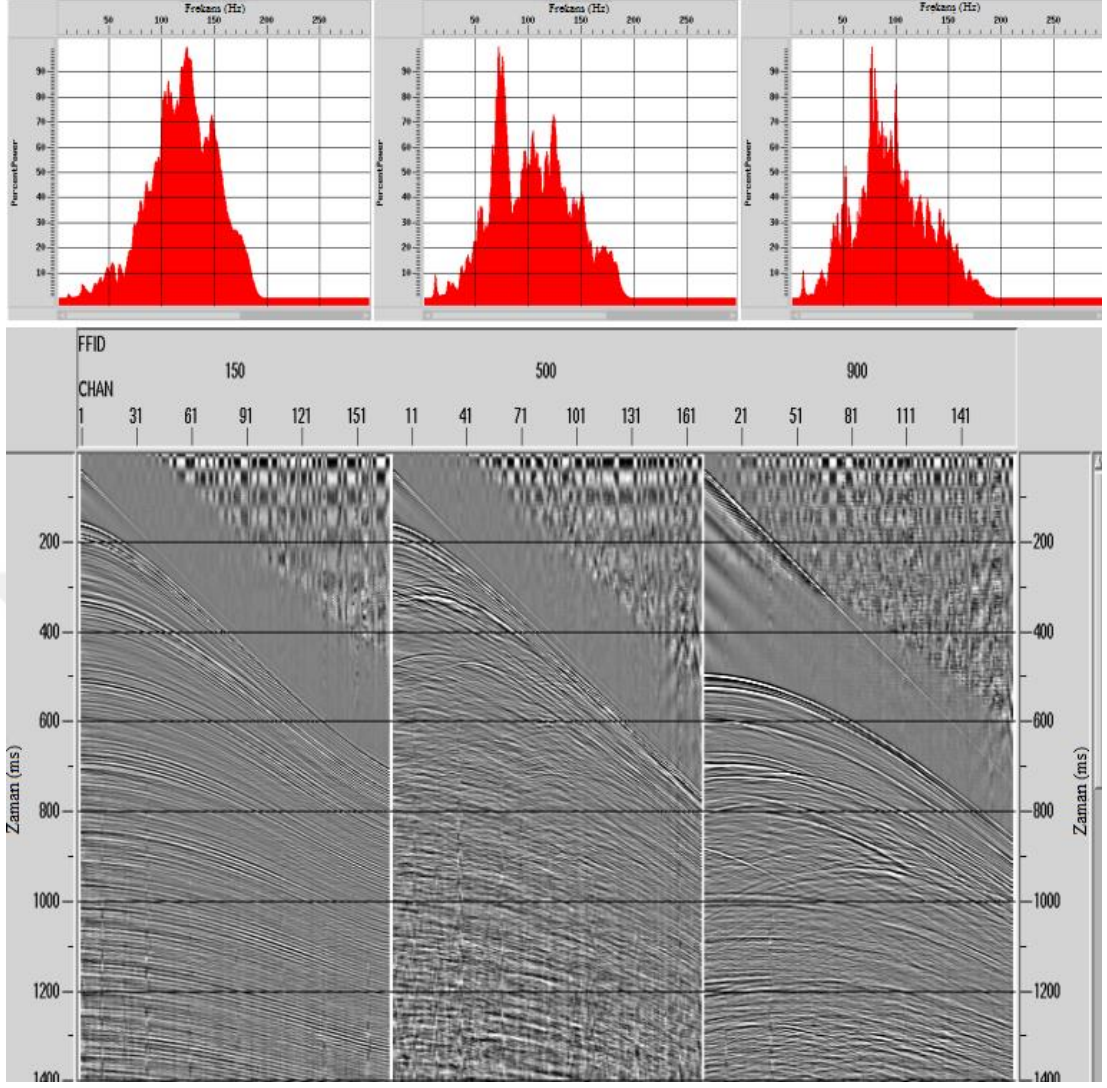
3.2.1.3 Bant Geçişli Süzgeç İşlemi

Süzgeçleme işlemi, belirli bir frekans aralığında (10-200 Hz) toplanan sismik veriden deniz dalgası gibi düşük frekanslı yüksek genlikli gürültülerin

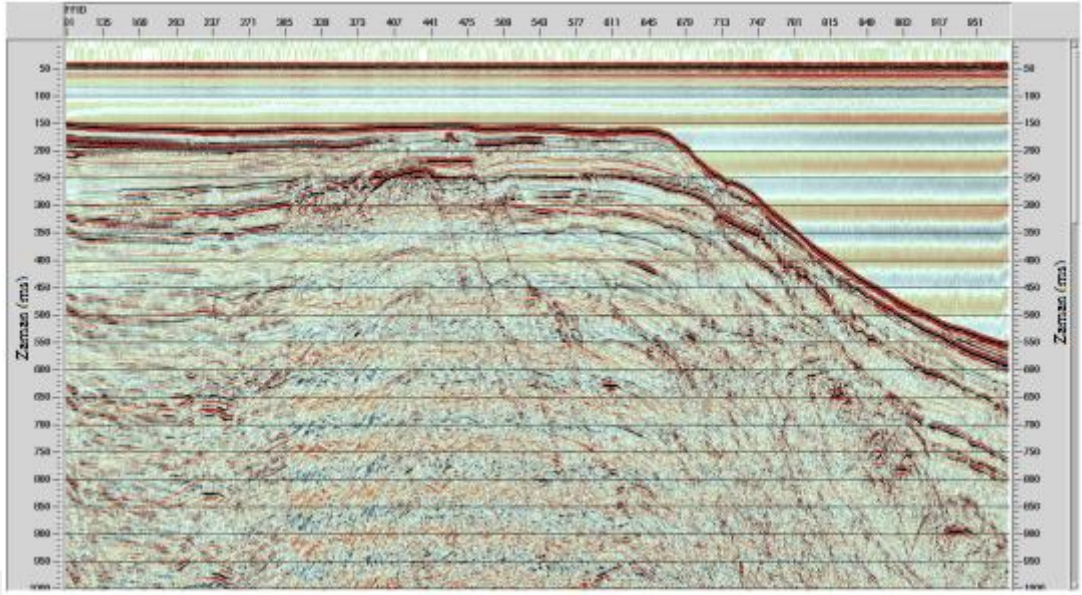
atılmasıdır. Süzgeleme işlemi ile verinin istenilen frekans bileşenleri korunup istenilmeyen frekanslar veriden atılabilir. Veri spektral analiz ile 50 atışta bir açılarak verinin frekans içeriğine bakılır ve Ormsby süzgeç operatörü için 4 adet köşe frekansları belirlenir ve bunun dışında kalan alanlar veriden atılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7 Hat başından (FFID 150), ortasından (FFID 500), ve sonundan (FFID 900) bant geçişli filtre öncesi ve 500 ms AGC uygulanmış üç atış grubunun görünümü (altta) ve genlik spektrumları (üstte).



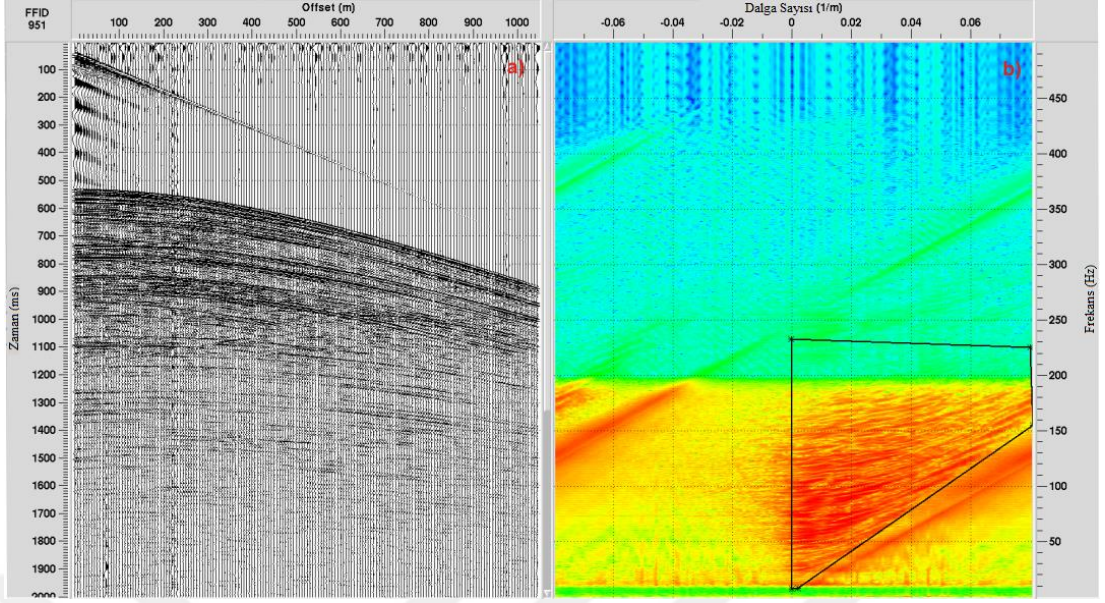
Şekil 3.8 Hat başından (FFID 150), ortasından (FFID 500), ve sonundan (FFID 900) bant geçişli filtre ile (8-12-180-200) filtrelenmiş ve 500 ms AGC uygulanmış üç atış grubunun görünümü (altta) ve genlik spektrumları (üstte).



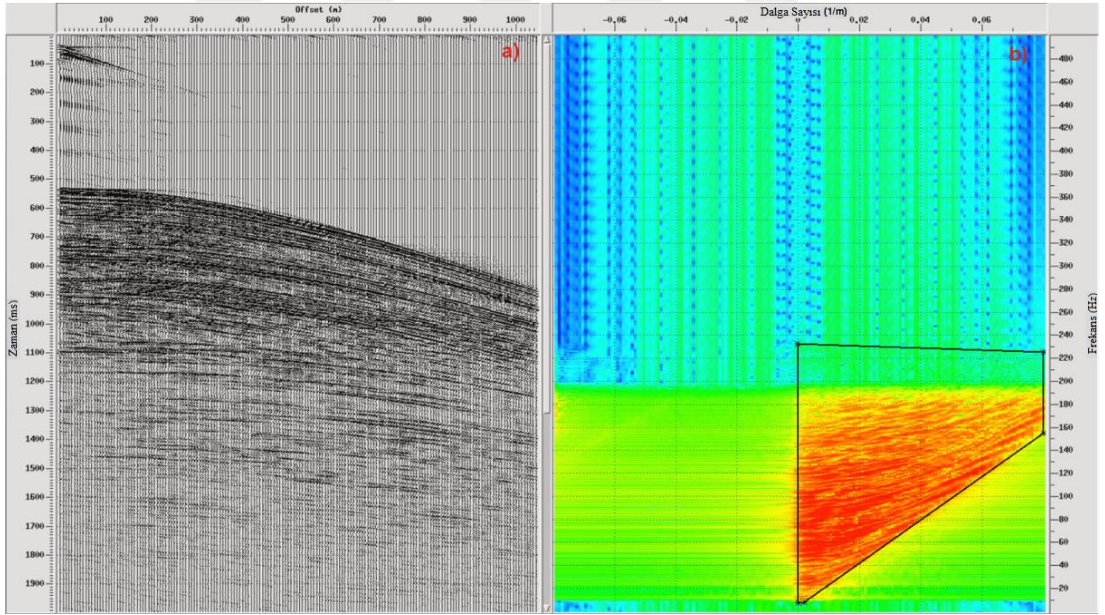
Şekil 3.9 Hattın 1. Kanalı kullanarak elde edilen ortak offset kesit (veri yükleme 8-200 Hz Bant geçişli filter ve 500 ms AGC uygulanmıştır).

3.2.1.4 Frekans-Dalga Sayısı Eğim Süzgeci

Zaman-uzaklık ortamında birbiri içerisine geçmiş olarak görünen olaylar 2B Fourier Dönüşümü ile frekans-dalga sayısı ortamına taşınır. Böylece farklı eğimlerdeki olaylar birbirinden ayrılmış olur. Zaman ortamında görülen kuyruk şamandırası, elektrik şebekesi, derinlik düzenleyici vb. gürültüler F-k eğim süzgeci sayesinde veriden atılır.



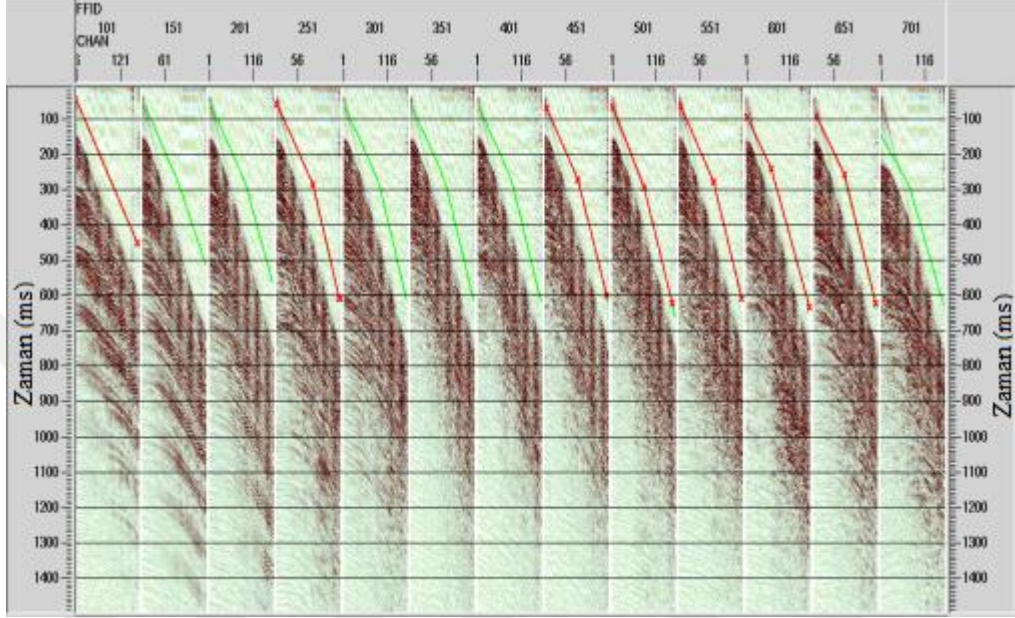
Şekil 3.10 a) f-k eğim süzgeci uygulanmamış bir atış grubu b) Frekans-Dalga sayısı ortamında aynı eğimli olan olayları içine alan polygon.



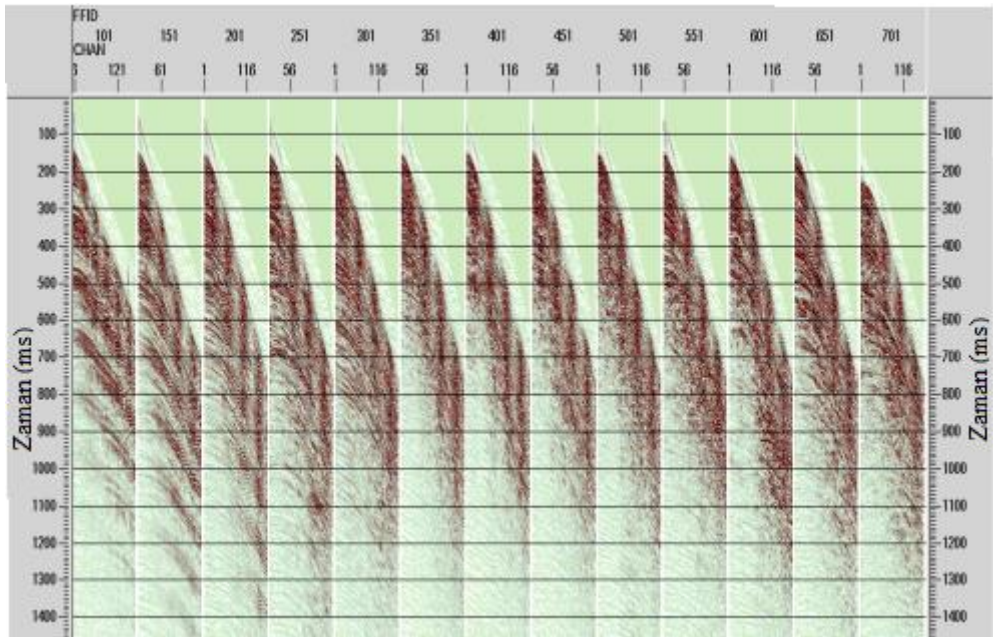
Şekil 3.11 a) f-k eğim süzgeci uygulanmış bir atış grubu b) Frekans-dalga sayısı ortamında seçilen poligon dışında kalan gürültülerin veriden atılmış hali

3.2.1.5 İstenmeyen Alanların Atılması (Top Mute)

Birincil yansımalarından önce alıcıya ulaşan doğrudan gelen dalgalar ve veri işlem zamanını kısaltmak için su kolonunun atılması işlemidir. Atış gruplarına uygulanır.



Şekil 3.12 Atış grupları üzerinde istenmeyen alanların seçilmesi işlemi.



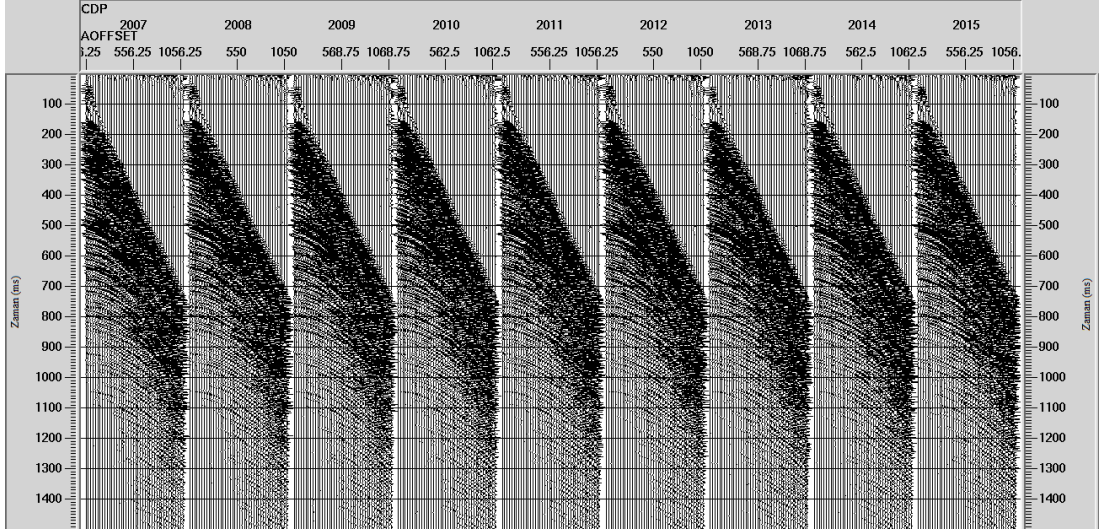
Şekil 3.13 Atış grupları üzerinde istenmeyen alanların atılması işlemi.

3.2.1.6 Gerçek Genlik Kurtarımı (TAR)

Sismik kaynaktan çıkan sinyalin genliği, kaynaktan uzaklaştıkça küresel açılım ve soğurulmaya bağlı olarak düşer. Bu nedenle geç varışlardaki yansıma genlikleri çok zayıf veya görünmezler. Bu etkinin giderilmesi için kazanç işlemi uygulanır. Kazanç işlemi ile sığ yansımaların genlikleri bastırılırken derin kısımlardaki yansıma genlikleri arttırılmaya çalışılır. Gaz anomalisi içeren alanlarda genlik bilgisini kaybetmemek için ‘gerçek genlik kurtarımı’ (TAR) uygulanır. Kazanç sonrası derin kısımlardaki genlikler artarken sığ kısımlardaki genlikler azalır.

3.2.1.7 İz Sıralama (CDP)

İz sıralama, ileri veri işlem adımları için sismik verinin atış gruplarından CDP gruplarına dönüştürülme işlemidir. Yer altında aynı noktadan yansıyan sinyaller ile bir CDP grubu oluşturulur. Bu tez kapsamında işlenen verilerin maximum katlanması 43’tür. Katlanmanın büyük olması sinyal/gürültü oranının artmasını sağlar ve böylece verinin ayrımlılığı artar.



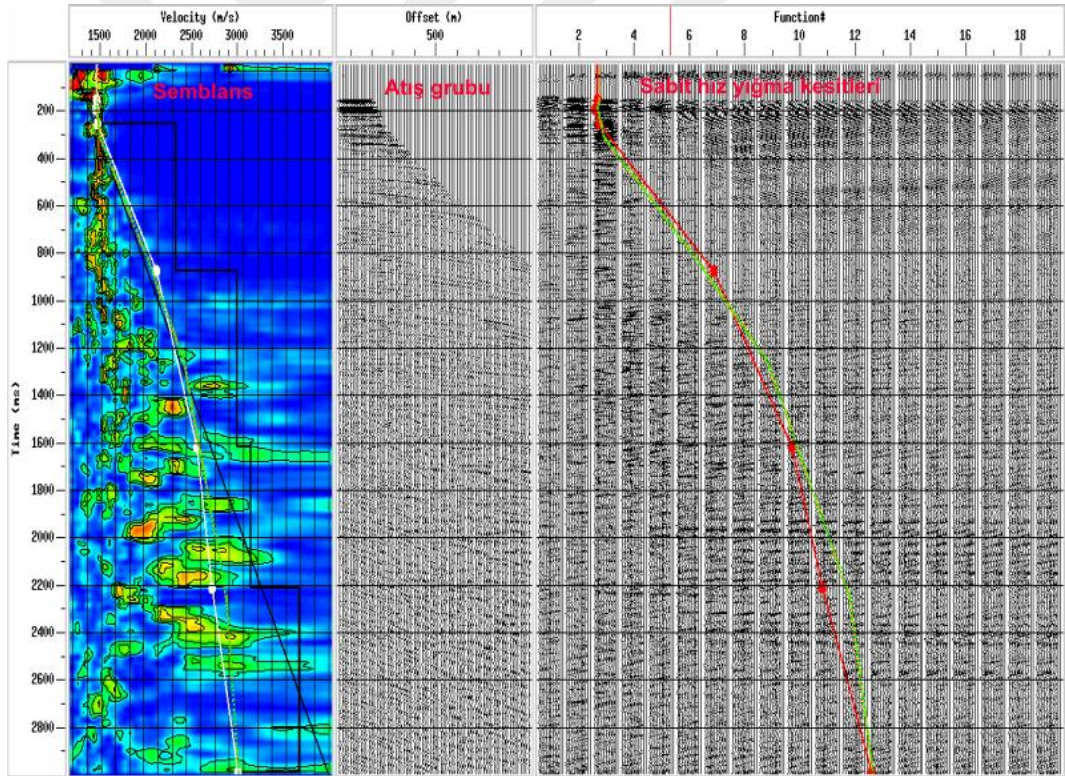
Şekil 3.14 CDP sıralama işlemi sonrası ardışık 9 CDP grubu.

3.2.1.8 Brute Yiğma

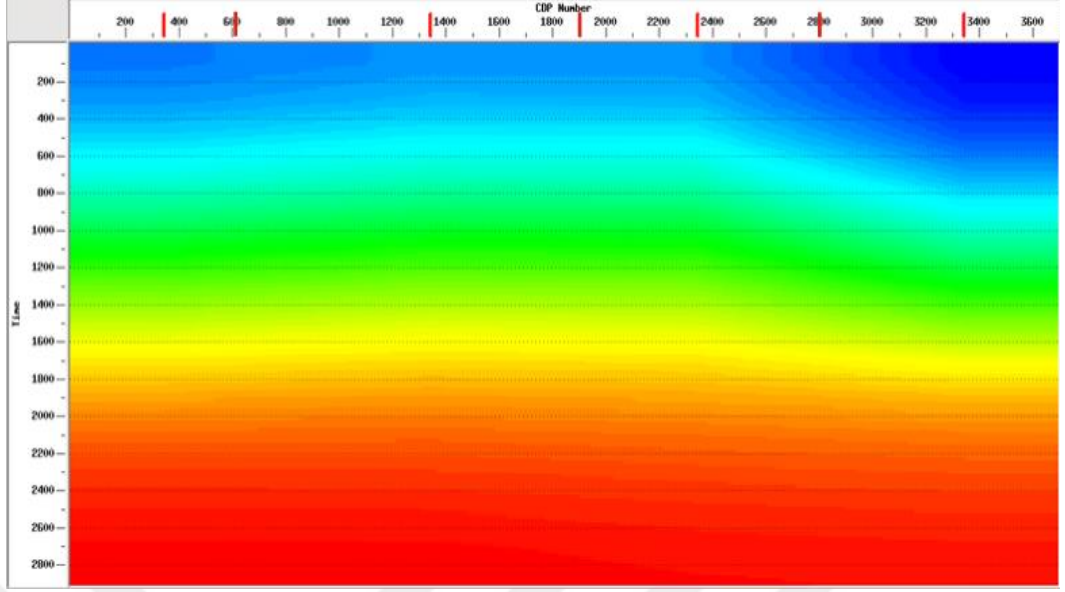
Brute yiğma, çok kanallı yiğma kesitlerine göre veri kalitesi çok düşük olup verinin hızlıca görüntülenmesini sağlar.

3.2.1.9 Hız Analizi

Hız analizi, tabaka hızlarının elde edilmesi işlemidir. Elde edilen CDP gruplarına ortalama 500 CDP'de bir hız analizi uygulanmıştır. Hız analizi ile seçilen hızlardan 2B hız tablosu elde edilir ve böylece her bir CDP grubuna hız analizi yapmadan bütün verinin hız analizi yapılmış olur. Hız analizi ile Normal Kayma Düzeltmesi (NMO) için gerekli olan hızlar seçilmiş olup bütün hiperboller sıfır zamanına çekilir.



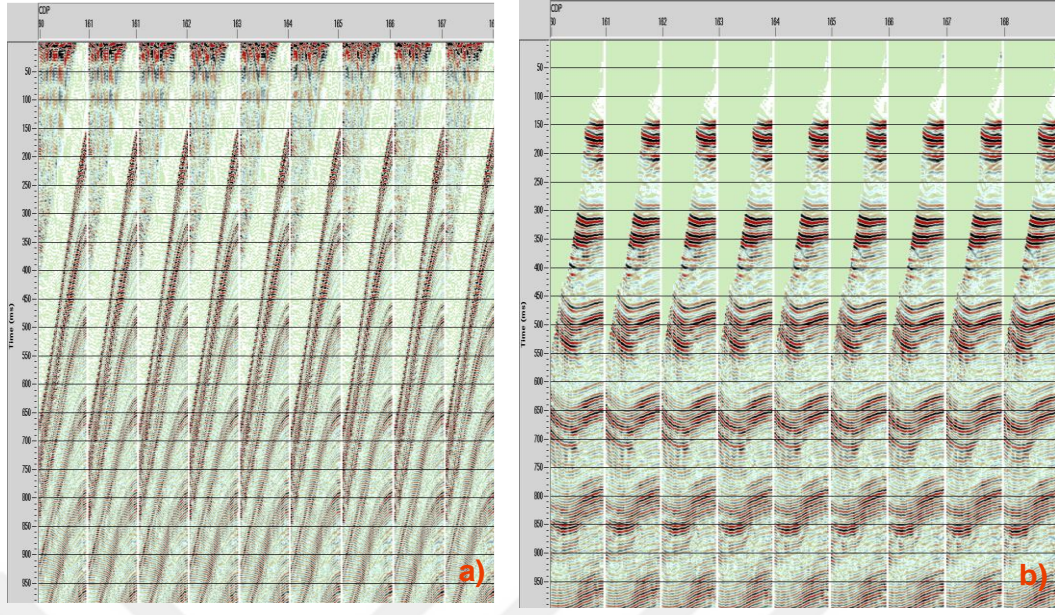
Şekil 3.15 Hız analizi penceresi, (a) Semblans çizimi, (b) çoklu CDP grubu (supergather) ve (c) sabit hız yiğma kesitleri (constant velocity stacks).



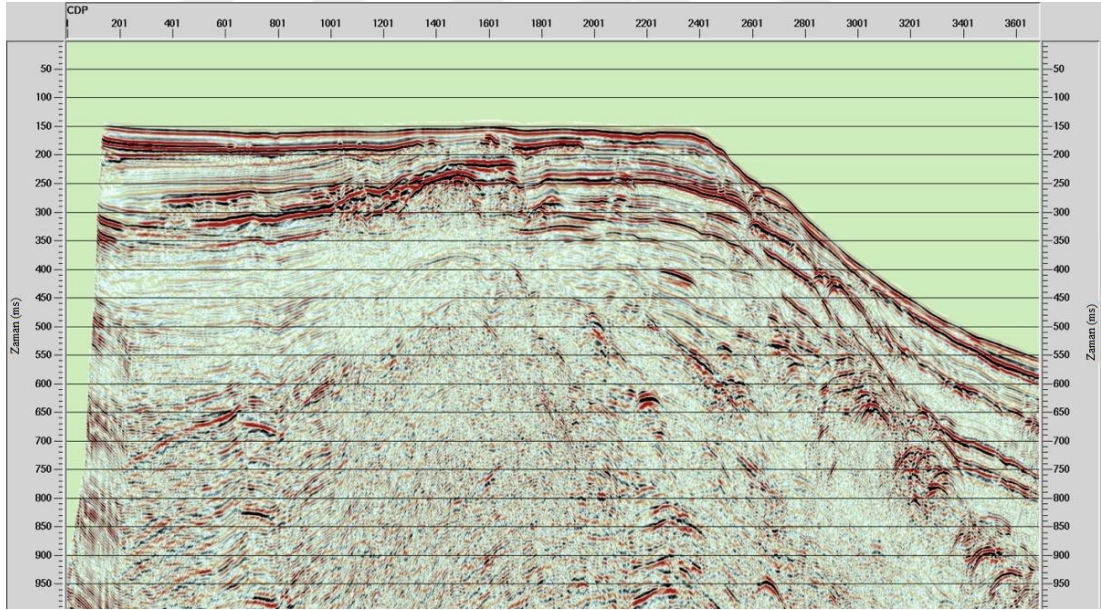
Şekil 3.16 2 boyutlu hız tablosu.

3.2.1.10 Normal Kayma Düzeltmesi (NMO) ve Yığma

Kaynaktan çıkan sinyal ilk alıcılara en erken daha uzaktaki alıcılara ise geç varır. Varış zamanlarındaki bu fark, hız analizi sırasında ortak derinlik noktasından yansıyan izlerin oluşturduğu hiperboller aynı zamana çekilerek giderilmeye çalışılır. Bu işleme NMO düzeltmesi denir. CDP grupları üzerinde aynı zamana çekilen hiperboller toplanarak daha yüksek genlikli tek bir sinyal haline getirilirken gelişigüzel gürültüler de birbirini sönmürler. Bu işleme yığma denir.



Şekil 3.17 (a) Dokuz adet ardışık CDP grubu, (b) aynı CDP gruplarının NMO düzeltmesi uygulanmış hali.



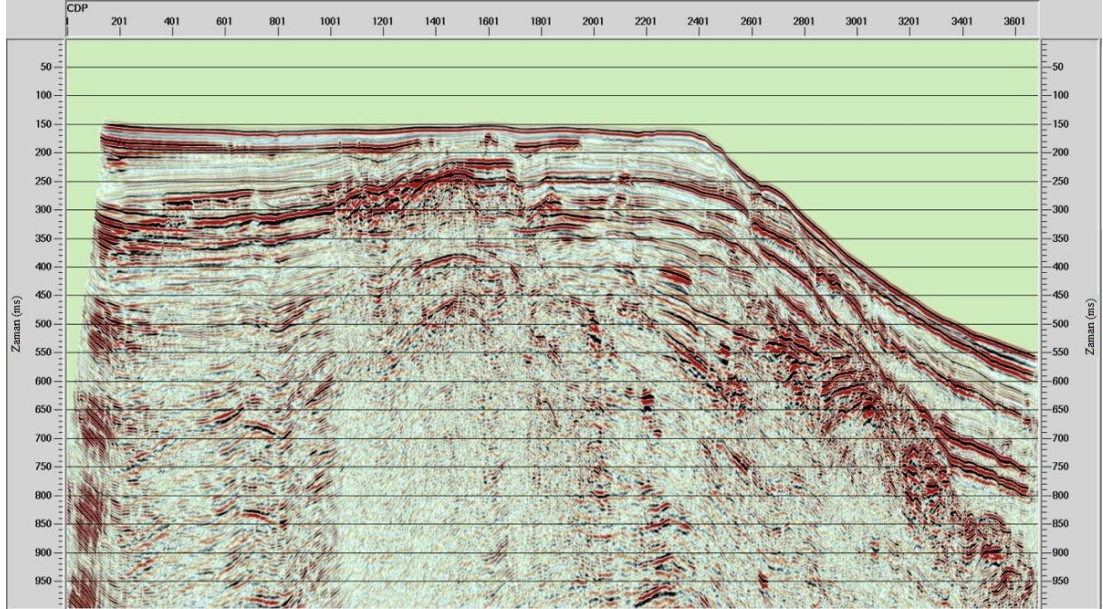
Şekil 3.18 Nmo sonrası yağma ve final mute uygulanmış kesit.

3.2.1.11 Final Mute

Migrasyon öncesi veri işlem zamanını kısaltmak ve yığma kesitte su kolununda kalan gürültüleri yok etmek için uygulanan bir yöntemdir.

3.2.1.12 Migrasyon

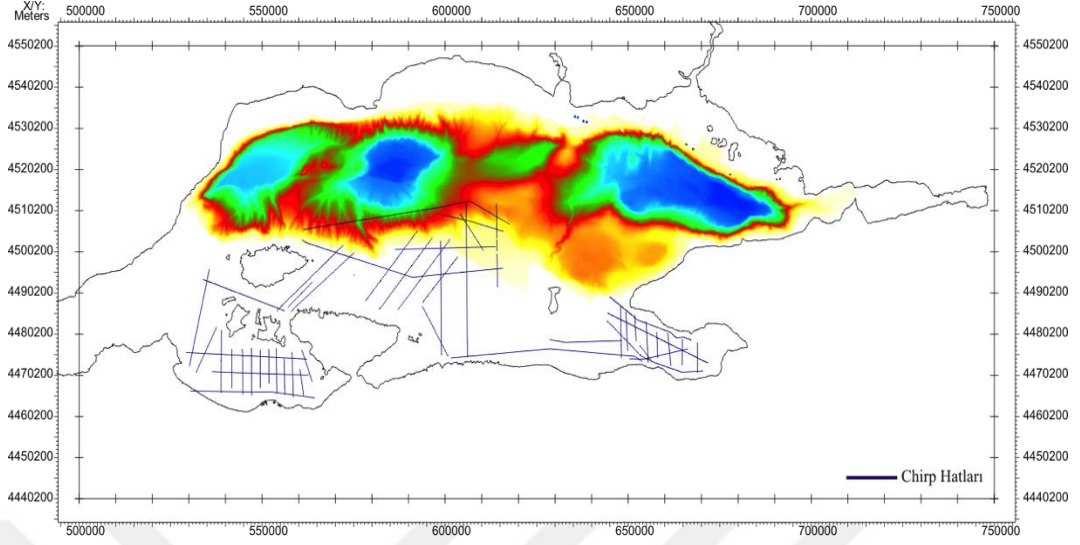
Migrasyon ileri veri işlem adımlarının son adımı olup, sismik yığma kesiti jeolojik kesite benzetmeye yarayan bir işlemdir. Migrasyon eğim bazlı bir işlemdir ve yatay tabakalar migrasyondan etkilenmezler. Bu tez kapsamında kullanılan bütün sismik kesitlere Kirchhoff zaman migrasyonu uygulanmıştır. Elde edilen kesitlerde tabakalar gerçek yerlerine taşınmış ve papyon-kravat etkileri giderilmiştir.



Şekil 3.19 Final migrasyon kesit.

3.3 Mühendislik Sismiği (Chirp) Veri Toplama

2,75-6,75 Hz akustik frekanslarda çalışan ve yüksek ayrımlı bir yöntem olan chirp mühendislik sismiği verisi ile deniz tabanından itibaren ortalama 30 m derinliklere kadar üst tortul katmanları görüntülemek, deniz tabanına sıvı-gaz çıkışlarının varlığı ve pockmark gibi çöküntü alanlarının araştırılması hedeflenmiştir (Dondurur ve diğer., 2005).



Şekil 3.20 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan chirp verileri ve konumu.

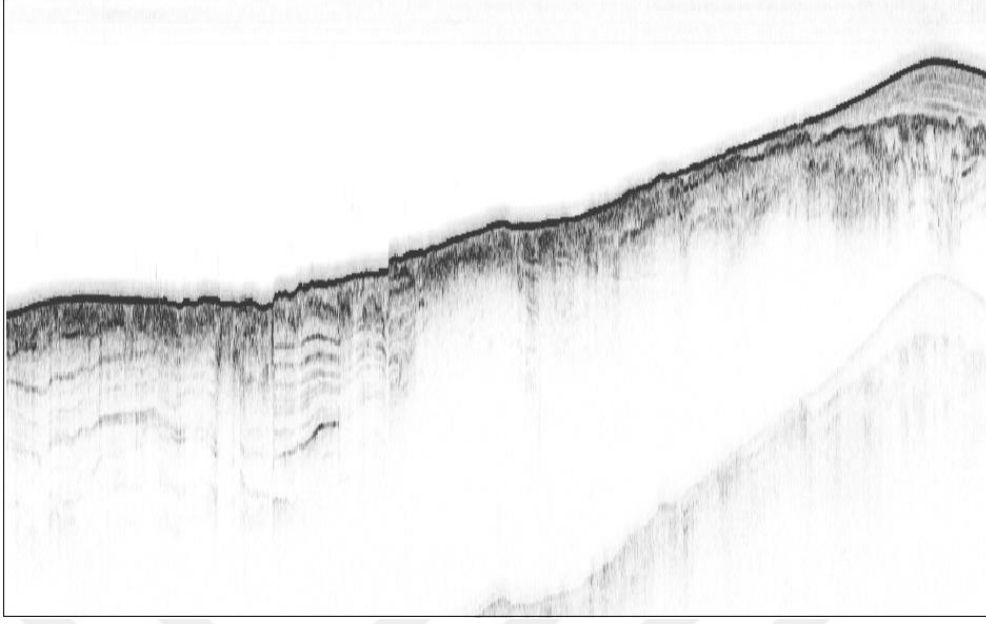
Chirp mühendislik sismiği verileri, Bathy2010 sistemi ile geminin yan tarafına monte edilen ve üzerinde 9 adet transduser bulunan bir alıcı verici sistemi yardımı ile toplanmıştır. Veri toplama parametreleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

3.4 Mühendislik Sismiği (Chirp) Veri İşlem

Chirp verilerinin işlenmesi ilişkilendirme ve süzgeçleme olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir (Dondurur ve diğer., 2005). Ancak bu veri işlem adımları veri toplama sırasında gerçekleşmekte olup, veri toplama sonrası veriye herhangi bir veri işlem adımı uygulanmamaktadır. Bunu dışında elde edilen chirp verisi Bathy 2010 yardımı ile, anlık genlik (zarf) hesabı yaptırılmış olarak kaydedilmektedir.

Tablo 3.2 Chirp Mühendislik Sismiği Veri Toplama parametreleri.

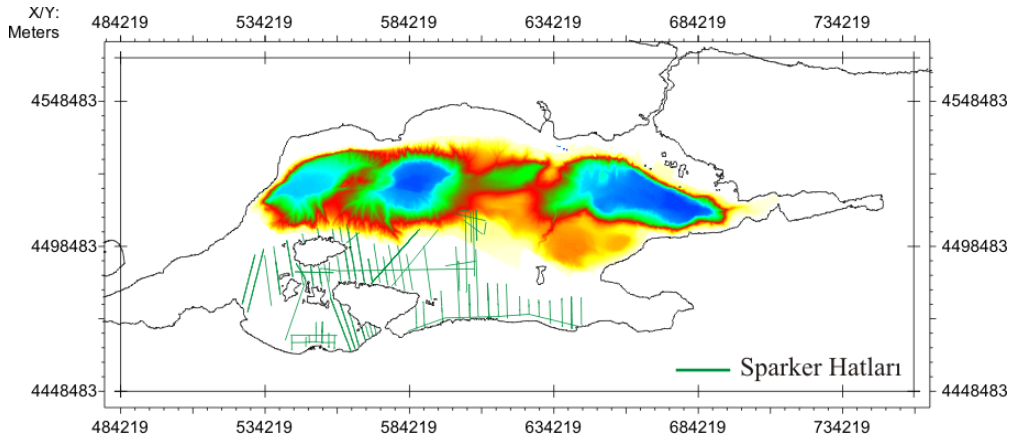
| | |
|-------------------|-------------------------|
| Kayıt uzunluğu | 50 ms |
| Örnekleme aralığı | 20 kHz (0.05 ms) |
| Sinyal frekansı | 3,5 kHz |
| Bant genişliği | 4 kHz (2,75 – 6,75 kHz) |
| Veri formatı | 16 bit SegY ve ODC |



Şekil 3.21 Chirp verisi.

3.5 Sparker Veri Toplama

Deniz suyuna elektrik arkı yoluyla akustik enerji verilmesi esasına dayanan ve tek kanallı sismik yöntem olan sparker verisi sığ sismik etüdüde kullanılan yüksek ayrımlı bir yöntemdir. Tez kapsamında toplanan sparker verileri Ağustos 2013 ve Temmuz 2014 olmak üzere iki ayakta toplanmıştır. Toplam hat uzunluğu 967 km olup 17 m uzunluğunda bir alıcı kablo yardımı ile toplanmıştır. Kullanılan kaynağın gücü 1000 ve 2000 Joule'dür.



Şekil 3.22 Güney Marmara Şelfi'nden toplanan sparker verileri ve konumu

Tablo 3.3 Sparker veri toplama parametreleri.

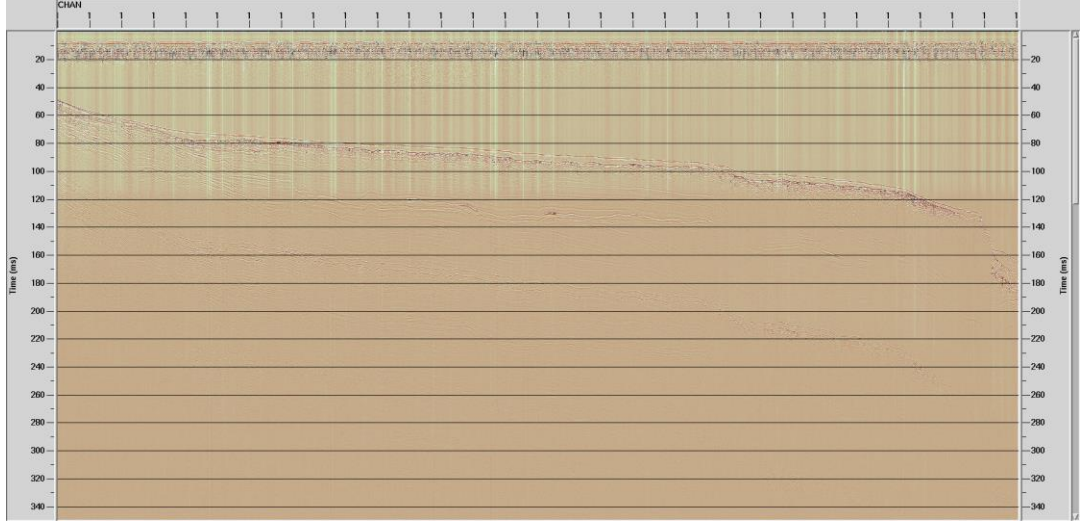
| | |
|------------------------|--------------------|
| Atış aralığı (m) | 1000 ms |
| Kayıt Uzunluğu (ms) | 1000 ms |
| Örnekleme Aralığı (ms) | 0,25 ms |
| Streamer Uzunluğu (m) | 17 m |
| Hidrofon Sayısı | 12 |
| Kaynak Gücü | 1000-2000 J |
| Veri Formatı | IBM floating point |

3.6 Sparker Veri İşlem

Tek kanallı sparker verilerinin işlenmesi ve yorumlanabilir hale getirilmesi için bir dizi veri işlem adımları uygulanmıştır. Verinin işleme aşamasında PROMAX yazılımından faydalanılmıştır. Sparker verilerinin işlenmesi aşamasında ilk adım olarak ham verinin işlenmek üzere sisteme yüklemiş ve veri formatının PROMAX yazılımına uygun hale getirilmiştir. Veri setinin geometrisine ait bilgilerin PROMAX yazılımına tanıtılmış, ve uygun süzgeçleme parametreleri ile verinin istenmeyen frekansları atılmıştır. Küresel açımdan dolayı zayıflayan sismik sinyalin genliği ‘Gerçek Genlik Kurtarımı’ (TAR) ile geri kazandırılmıştır. Verinin bazı yerlerinde kaçan atışlar gözlemlenmiştir. Bu bozuk izler öldürülmüş ve öldürülen bu izlerin hemen öncesindeki ve sonrasındaki izler baz alınarak enterpole edilmiştir. Veriye sabit hızlı normal kayma zamanı düzeltmesi, ve verinin basitçe toplanması işlemi olan yığma işlemi uygulanmıştır. Son olarakta veriye olan migrasyon işlemi uygulanmıştır.

3.6.1 Veri Yükleme

Veri işlem aşamasının ilk adımıdır. Toplanan sparker verisinin veri işlemi yapılmak üzere PROMAX yazılımına yüklenmesi anlamına gelir. Bu tez kapsamında toplanan veriler ‘SegY’ formatında toplanmış olup, veri yükleme işlemi her bir hat için ayrı ayrı yapılır.



Şekil 3.23 Sparker Ham veri

3.6.2 Geometri Yükleme

Geometri tanımlama, veri işlem öncesinde kaynak ve alıcı sistemlere ait bazı parametrelerin sisteme tanımlanması işlemidir. Geometrik parametreler veri toplanırken gözlem loglarına kaydedilir ve veri işlem sırasında geometri yükleme modülü ile sisteme tanımlanır.

3.6.3 Bant Geçişli Süzgeç

Süzgeçleme işleminin amacı düşük frekanslı yüksek genlikli gürültüleri veriden atmaktır. Süzgeçleme işlemi ile verinin istenilen frekans bileşenleri korunup istenilmeyen frekanslarını veriden atmak mümkündür. Bant geçişli süzgeçleme işlemi için kullanılan Ormsby süzgeç operatörü için spektral analiz yöntemi ile sparker verisine ait 4 adet köşe frekansı belirlenir ve bunun dışında kalan alanlar veriden atılır.

3.6.4 İz Öldürme

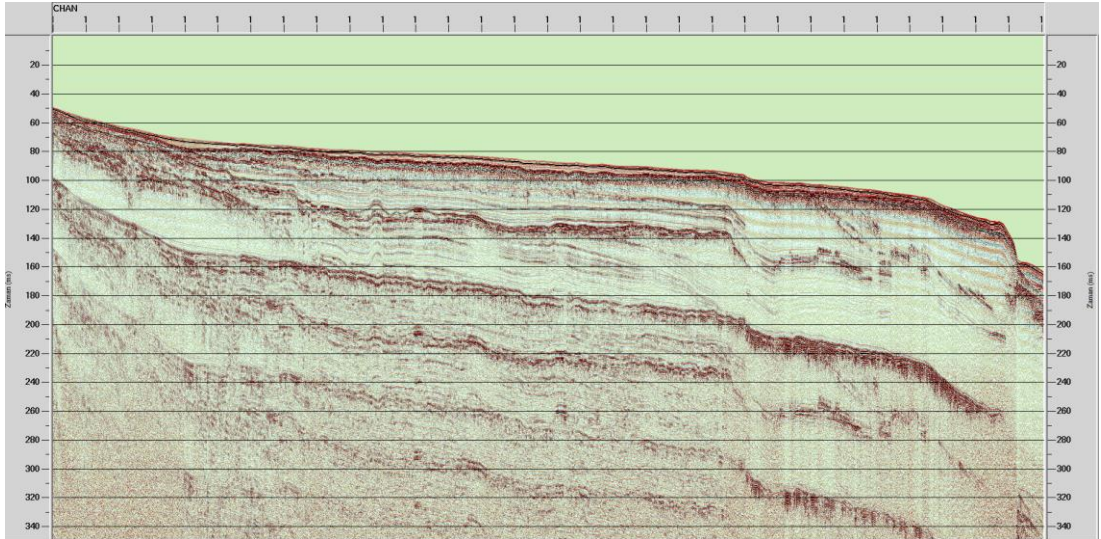
Sparker verisi toplama aşamasında kaçan atışları veriden atmak için kullanılan bir yöntemdir. Ortak offset kesit açılarak kaçan atışların tümünün seçilmesi esasına dayanır. Daha sonra 'Kill Trace' modülü ile bu bozuk izler öldürülür.

3.6.5 İz Karıştırma

Kill Trace modülü ile öldürülen izlerin yerine, öldürme işlemi yapılan izin hemen öncesindeki ve hemen sonrasındaki izlerden ölü izler yerine ortalama bir iz atanması işlemidir.

3.6.6 İstenmeyen Alanların Atılması (Mute)

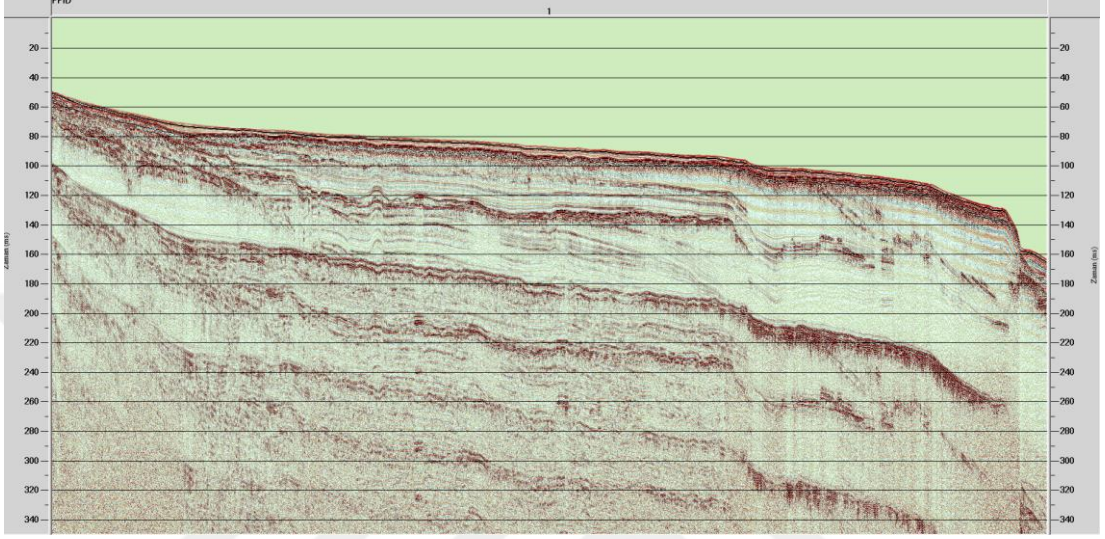
Deniz tabanı üzerinde bulunan su kolonunun atılması işlemidir. Veri işlem zamanının kısa tutulması hedeflenir. Atış grupları 50 atışta bir açılarak deniz tabanının yaklaşık 50-100 ms üzerinden işaretlenir ve bu piklerin üzerinde kalan kısım veriden atılır.



Şekil 3.24 Bantpass süzgeçleme, iz öldürme iz karıştırma ve mute yapılmış sparker verisi.

3.6.7 Stolt Migrasyonu

Veri işlem aşamasının son adımdır. Tez kapsamında toplanan sparker verilerine diğer migrasyon çeşitlerine göre daha hızlı olan stolt migrasyonu uygulanmıştır.



Şekil 3.25 Stolt migrasyon uygulanmış sparker kesiti.

BÖLÜM DÖRT NİTELİK ANALİZLERİ

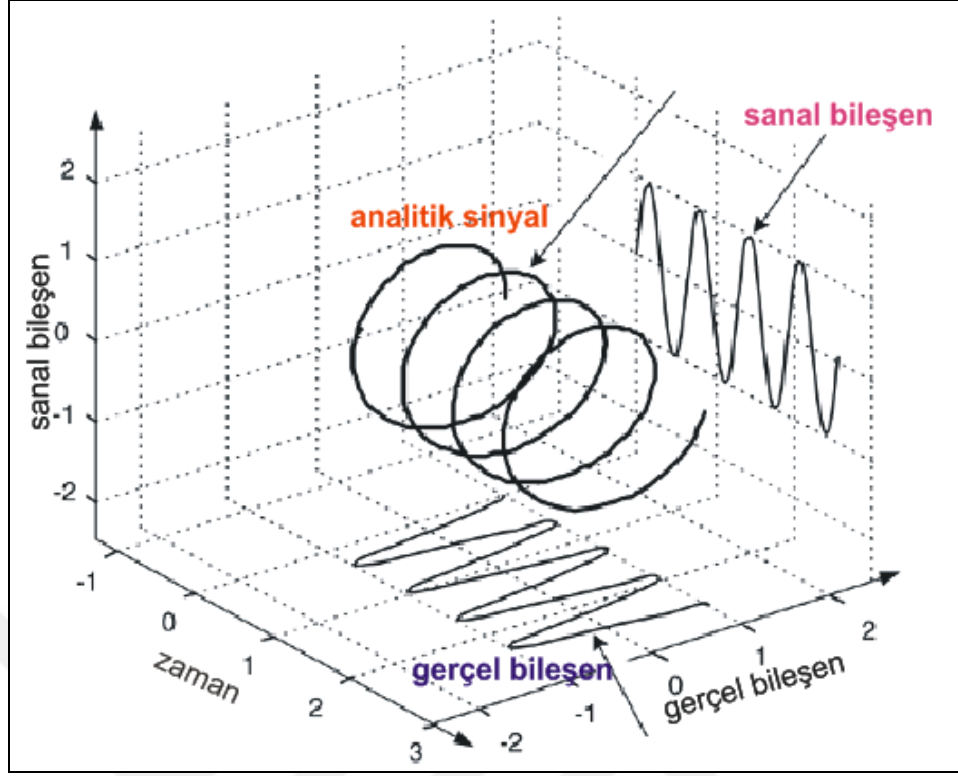
4.1 Karmaşık İz Analizleri

Sismik veri analizlerinden elde edilen, ölçülen, hesaplanan, mantıksal veya tecrübe dayalı olarak elde edilen bütün bilgilere sismik niteliyici (attribute) denir (Taner, 1978). Sismik nitelikler sismik veriden daha ayrıntılı bilgi elde edebilmek ve yorumu kolaylaştırmak için kullanılırlar. Sismik nitelikler iki boyutlu ve üç boyutlu sismik verilerden, yığma öncesi veya sonrası, migrasyon öncesi veya sonrası elde edilebilir (Özer ve diğer., 2002). En çok kullanılan sismik nitelikler karmaşık iz analizleri olup, sismik bir sinyalin analitik sinyal olarak tanımlanmasından elde edilir (Taner, 1978). Kaydedilen sismik iz analitik sinyalin gerçel bileşeni ve bunun Hilbert dönüşümü ise analitik sinyalin sanal bileşeni olup gerçel bileşenin 90° faz kaydırılmış halidir. Her iki bileşen kullanılarak ‘karmaşık iz nitelikleri (complex trace attributes)’ veya ‘anlık nitelikler (instantaneous attributes)’ adı verilen bazı özel parametreler hesaplanabilir (Dondurur, 2009).

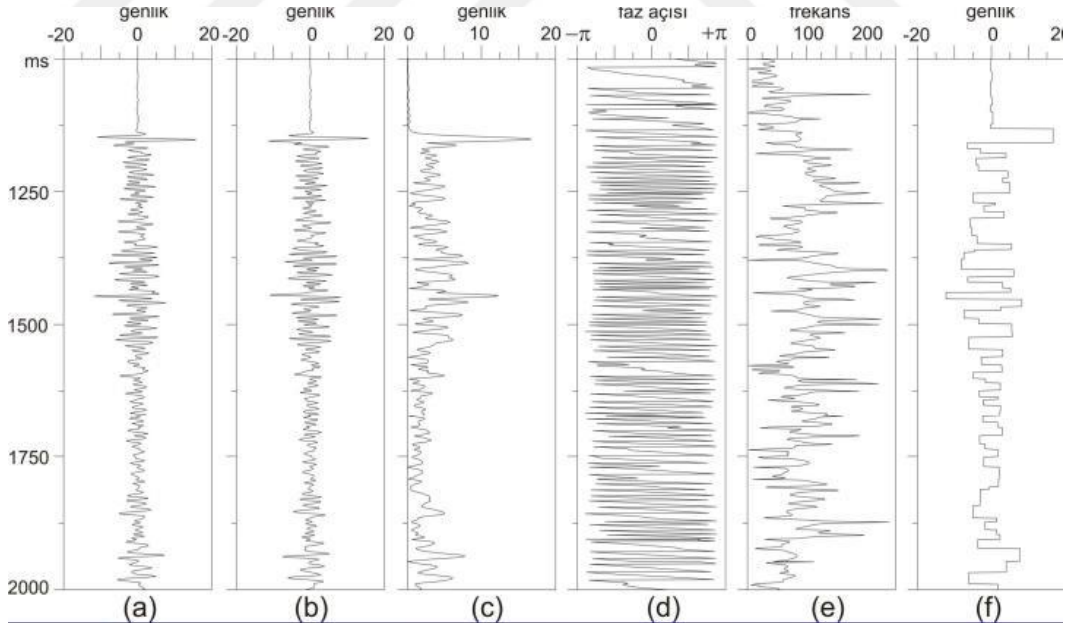
Sismik veriden elde edilen analitik fonksiyon ;

$$u(t) = x(t) + y(t) \quad (4.1)$$

olmak üzere $x(t)$ analitik sinyalin gerçel bileşeni ve $y(t)$ analitik sinyalin sanal bileşeni olup Hilbert dönüşümü yardımıyla hesaplanırlar. Gerçel ve sanal bileşenden yola çıkarak anlık genlik veya zarf (instantaneous amplitude), anlık frekans (instantaneous frequency), ve anlık faz (instantaneous phase) gibi niteleyiciler hesaplanabilir.



Şekil 4.1 Analitik sinyal ve bunun gerçel ve sanal bileşenleri.



Şekil 4.2 (a) Kaydedilen sismik iz (analitik sinyalin gerçel bileşeni), (b) bundan Hilbert dönüşümü ile hesaplanan analitik sinyalin sanal bileşeni, (c) anlık genlik (zarf) izi, (d) anlık faz izi, (e) anlık frekans izi ve (f) görünür polarite (Dondurur, 2009' dan alınmıştır).

4.1.1 Anlık Genlik (Zarf)

Sismik iz zarfı analitik sinyalin gerçel ve sanal bileşenlerinin karelerinin toplamının kareköküdür ve toplam enerjiyi gösterir (Özer. ve diğer., 2002). Yansıma gücü de denen bu niteleyici, fazdan bağımsızdır (Dondurur, 2009). Anlık genlik, akustik empedans farkı, parlak nokta, gaz birikimleri, uyumsuzluklar, sedimanların depolanma koşulları, litolojideki değişimler, ince tabaka etkileri gibi durumlarla yakından ilişkilidir ve aşağıdaki (4.2) denklemi ile ifade edilir (Brown, 2000; Dondurur, 2009)

$$g(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2} \quad (4.2)$$

Gaz birikimleri anlık genlik kesitlerinde gazlı sedimanlar ve çevre kayalar arasındaki akustik empedans farklılığından dolayı yüksek genlikli parlak noktalar olarak görülür (Dondurur, 2009). Kaydedilen yansıma gücü, akustik empedans farkının görülmesinde, uyumsuzluk yüzeylerinin belirlenmesinde, parlak noktaların belirlenmesinde, yapı sınırlarının, olası hidrokarbonların tespitinde, porozite değişimlerinin incelenmesinde ve ince tabakalanmalarda yansıma karakterlerindeki farklılıkların gözlemlenmesinde yararlı olabilir (Dondurur, 2009; Özer. ve diğer., 2002).

4.1.2 Anlık Frekans

Sismik sinyalin faz değişim oranı olarak ifade edilebilir (Dondurur 2009). Anlık frekans sismik dalgacığın genlik spektrumunun ortalama frekansına karşılık gelir (Brown, 2000; Dondurur, 2009). Anlık frekans fay zonlarında yapıların nasıl devam ettiği veya tabakalardaki değişimlerin tespitinde, ince tabaka etkilerinin gözlemlenmesinde ve porozite hakkında bilgi verebilir (Brown, 2000; Özer. ve diğer., 2002). Anlık frekans kesitlerinde gözlemlenen düşük frekans anomalisi hidrokarbon göstergesi olabilir (Dondurur, 2009). Anlık frekans denklemi aşağıdaki gibidir ;

$$\omega(t) = \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t} \quad (4.3)$$

4.1.3 Görünür Polarite

Görünür polarite zarf izinin tepe noktalarının polaritelerini verir. Görünür polarite kesitlerinde gaz bulunan sedimanlarda düşük akustik empedans nedeniyle genelde negative polarite görülür

4.1.4 Anlık Faz

Anlık faz sismik olayların sürekliliğinin izlenmesinde kullanılır (Dondurur 2009). Yanal yönde sürekliliğin veya süreksizliğin takibinde, sekans sınırlarının görüntülenmesinde kullanılır (Brown, 2000). Anlık faz genlik bilgisinden bağımsızdır ve çoğu zaman zayıf olayları belirginleştirmeye yarar. Anlık faz kesitleri sürekliliğin kesildiği yerlerde tabaka takibinde kullanılır (Dondurur, 2009). (4.4) Anlık faz (4.4) denklemi ile ifade edilir.

$$\varphi(t) = \text{atan} \frac{y(t)}{x(t)} \quad (4.4)$$

4.1.5 Zamanın İntegrali

Zaman kesitinin integralini almak derin kısımlardakki düşük frekanslı yansıma genliklerini daha baskın hale getirirken (Derman Dondurur ile kişisel iletişim 2015). zaman ortamındaki sismik sinyalin dalga boyunu arttırır.

4.1.6 Zamanın Türevi

Zaman kesitinin türevini aldığımızda sığ kısımlardaki yüksek frekanslar belirgin hale gelir.

BÖLÜM BEŞ

BULGULAR VE TARTIŞMA

En az 50 m derinlikli sığ ortamlarda gaz içeren sedimentler dünyanın birçok yerinde mevcuttur (e.g. Emeis ve diğer., 2004; Fleischer ve diğer., 2001; Laier ve Jensen, 2007; Mazumdar ve diğer., 2009). Düşük sıcaklık koşulları altında, kimyasal ve biyolojik süreçler sonunda meydana gelen metan gazı, kıyı alanlarda yüzeye yakın sedimanlarda en yaygın ve en bol bulunan hidrokarbon gazıdır (Judd ve diğer. 2002). Türkiye denizleri göz önüne alındığında çok sayıda gaz taşıyan alan, Karadeniz, Ege Denizi ve bunların arasındaki Marmara Denizi'nde keşfedilmiştir (Ergün ve diğer., 2002; Çifci ve diğer, 2003, Dondurur, 2005; Bange ve diğer., 1996; Dondurur ve diğer., 2011; Zitter, 2008).

1999 Kocaeli depreminden sonra KAF araştırmacıların odak noktası haline gelmiştir. İlk olarak Kuzey Anadolu Fayı'na (KAF) bağlı deniz tabanına metan sızıntısı 1999 yılında METEOR gemisi ile yapılan seferde görüntülenmiştir. Marmara Denizi'nde gaz sızıntısı ve sıvı çıkışları, çoğunlukla aktif tektonizma ile ilişkilidir. Aktif alanlarda deniz tabanına soğuk çıkışların ve hidrokarbon oksidasyonun olduğu yerlerde karbonat kabuklu zeminler veya bacalar oluşur. (Aloisi ve diğer., 2000; Ritt ve diğer.,2010; Tryon, 2012; Henry ve diğer., 2002). 17 Ağustos 1999 Kocaeli yıkıcı depreminden sonra, İzmit Körfezi'ndeki fay çatlğından yüzeye doğru gaz çıkışını gösteren çok sayıda su kolonu örneği kaydedilmiştir (Alpar,1999; Kuşçu ve diğer., 2005). Bununla birlikte Marmara Denizi'nin aktif fay zonunun yakınındaki derin basende soğuk sıvı ve metan sızıntıları gözlemlenmiştir (Armijo ve diğer., 2005), 2007 yılında gerçekleştirilen MARNAUT seferi ile KAF'nın kuzey kolu boyunca gaz ve sıvı çıkışları haritalanmaya ve gaz çıkışı-sismisite ilişkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Yine aynı seferde fay boyunca karbonat kabukları örneklenmesi yapılmış ve siyah sülfidli çökellere rastlanmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda Marmara Denizi'nin doğu baseninde termojenik etan ile karışık biyojenik metan gözlemlenmişken, Batı ve orta basende ana faylar boyunca örneklenen metan termojenik, Çınarcık Çukurluğu güneyinde ise biyojenik kökenli olduğu sonucuna varılmıştır (Bourry ve diğer., 2009).

Güney şelfteki çalışmalar ise Kuzey şelfe göre oldukça sınırlıdır. Güney Marmara Şelfi'nde KAF'nın orta kolu boyunca akustik maske, akustik kolon, pockmark, gaz bacası, gibi gaz birikimleri ile ilişkili yapılara rastlanmıştır. Çanakkale Boğazı çıkışından başlayarak güney şelf boyunca gaz içeren tortullar deniz seviyesi değişimleri ve deltatik sedimanlarla ilişkilidir.

Bu bölümde Güney Marmara Şelfi üzerinde oluşan gaz birikimlerinin, pockmarkların ve gaz çıkış alanlarının 2B yüksek çözünürlüklü sismik yansıma verileri, chirp verileri ve sparker verileri ile incelenmiştir.

Bu amaçla tüm şelf alanından toplanan sismik, chirp ve sparker kesitleri üzerinde gözlenen pockmark, güçlü yansıma, parlak nokta, hız sarkması, gaz bacası, gaz çıkışı, gaz kolonu ve akustik maskelenme gibi yapılar gaz birikimleri belirteci olarak nitelenmektedir. Aynı anda sismik kesitler üzerinde gözlenen bazı gaz birikimlerine nitelik analizleri uygulanarak zarf, anlık frekans, görünür polarite, anlık faz, integral ve türev kesitleri elde edilmiştir.

Şekil 5.1'de Bandırma ve Gemlik Körfezi arasında sahile yakın kesimde, D-B yönünde uzanan Gm13-01B no'lu sismik hat ile birlikte hattın lokasyonu gösterilmiştir. Hattın en batısında 10 ile 15 kilometreler arasında yaklaşık 4 km uzunluğunda akustik örtü biçiminde gaz birikimi dikkat çekicidir. Bu gaz birikiminin hemen üstünden alınan yansıma genlikleri çevre sediman genliklerinden birkaç kat yüksektir. Akustik örtü biçimindeki gaz birimi deniz tabanından yaklaşık 20 m derinde (90 ms civarı) yer alır. Akustik örtü şekilli gaz biriminin içerisinde yer yer baca şeklinde gaz yükselimleri mevcuttur. Gaz biriminin derinlere doğru uzanımı yaklaşık 140 ms'de başlayan tekrarlı yansımalar nedeniyle gözlenememiştir.

Hattın doğusuna doğru ilerlediğimizde tepesinde yüksek genlik anomalisi olan 1000 m genişliğinde bir gaz kolonu gözlemlenmiş ve gaz kolunun devamında da güçlü yansıma anomalilerine rastlanmıştır. Gaz kolununun deniz tabanından itibaren derinliği yaklaşık 20 metredir.

Hat üzerinde doğruya doğru ilerledikçe ‘V’ şekilli beş adet pockmark gözlemlenmiştir. Deniz tabanında çöküntü oluşturan ve üstü sedimanla örtülü olmayan bu pockmarkların son jeolojik zaman olan Holosen zamanda oluşmuş güncel pockmarklar oldukları düşünülmektedir. Sismik kesit üzerindeki pockmarklardan en batıda yer alan P1 no’lu pockmarkın ağız genişliği yaklaşık 150 m ve deniz tabanında oluşturduğu çöküntü derinliği 5 m’dir. Pockmarkın deniz tabanında oluşturduğu çökme etkisi deniz tabanından itibaren birkaç metrelik kısımda da açıkça görülmektedir. Pockmarkın hemen altında gaz bacası şeklinde deniz tabanına doğru gaz yükselimi pockmarkın aktif olduğu düşüncesini güçlendirmiştir.

P1 no’lu pockmarkın hemen yanındaki P2 no’lu pockmarkın oluşturduğu ‘V’ şekilli çöküntü yapısının iki kolu arasındaki genişlik yaklaşık 100 m ve ‘V’ nin tepe ve çukurları arasındaki derinlik yaklaşık 4 m’dir.

Sismik kesit üzerinde görülen diğer pockmarklara göre daha geniş olan P3 pockmarkı asimetrik bir ‘V’ şekli sunmakta ve altında yatay uzanan tabakaların birkaç m’lik kısmında bozulmalar görülmektedir. Diğer pockmarklara göre deniz tabanında daha geniş bir çöküntü oluşturan bu pockmarkın genişliği yaklaşık 250 m ve derinliği yaklaşık 5 m’dir.

P3 ile P5 pockmarkı arasında P4 no’lu küçük ölçekli bir pockmark gözlemlenmiştir. Bu pockmark chirp ve batimetri kesitinde daha ayrıntılı şekilde görülmektedir.

P5 no’lu pockmark yaklaşık 100 m genişliğindedir ve simetrik bir ‘V’ görünümü sunmaktadır. Çöküntü derinliği 3 m olan pockmarkın altındaki gaz bacası ve hemen hemen yatay uzanan tabakalardaki meydana gelen bozunma açıkça görülmektedir. Tekrarlı yansılardan dolayı gaz bacasının kaç metre derinlere kadar indiği hesaplanamamaktadır. Pockmarkla birlikte gaz bacasının görülmesi ve gaz bacasının üstünde meydana gelen kubbemsi yapı yakın zamanda pockmarktan su kolonuna doğru akışkan transferini olası kılmaktadır.

Son olarak hattın en doğusunda üzerinden güçlü yansıma alınan yaklaşık genişliği 100 m olan gaz bacası mevcuttur.

Sığ yapılar için çok yüksek ayrımlı bir yöntem olan chirp kesitlerde sismik kesitte gözlemlenen gaz bacası, pockmark ya da gözlemlenemeyen gaz çıkışı gibi yapıları daha ayrımlı bir şekilde görmemizi sağlamaktadır. Chirp kesit üzerinde, batıdan başlayarak 5 adet pockmark ve en doğuda ise bir adet gaz bacasına rastlanmıştır. P3, P4 ve P5 no'lu pockmarklar chirp ve batımetri kesitleri üzerinde 'b' alanı ile ifade edilmektedir. Pockmarklara ait ekosounder çıktısı Şekil 5.2 c'deki gibidir. Ekosounder çıktısı ve chirp kesit üzerinde, pockmarklardan su kolonuna olan sıvı çıkışı açıkça görülmektedir.

Gaz bacası olarak nitelendirilen en batıdaki yapının hemen yanında fay görülmesi gaz bacasının fayın kontrolünde geliştiğini ortaya koymaktadır.

Chirp kesitin 48-50 km'leri arasında iki adet birbirine çok yakın pockmark gözlemlenmiştir (Şekil 5.2). Bunlardan batıdaki (P1) simetrik bir 'V' şekli sunarken doğudaki (P2) asimetrik bir 'V' şeklindedir. P1 pockmarkı P2 pockmarkına göre daha geniş ve derin olup sırasıyla, genişlikleri 150 m ve 100 m derinlikleri ise 5 m ve 4 m'dir. Her iki pockmarkta da su kolonuna gaz çıkışı olması aktif güncel pockmark olduklarına bir kanıt niteliği taşımaktadır.

P3 pockmarkı P1, P2 ve P4 ve P5 pockmarklarına göre daha derin ve geniş olup sırasıyla 5 m ve 250 metredir. Asimetrik bir görünüm sunan 'V' şekilli pockmarkın hemen altındaki tabakaların kubbemsi şekilli olması pockmarktan su kolonuna gaz çıkışının bir diğer göstergesi olarak görülebilir.

P4 pockmarkı, derinliği 1.5 m ve genişliği 25 m olan ve üzerinde az da olsa sıvı çıkışı gözlemlenen bir pockmarktır.

P5 pockmarkı yaklaşık 100 m genişliğinde ve 3 m derinliğindedir. P5 pockmarkının hemen altındaki sedimanlar yatay uzanmakta olup bu tabakalardan

herhangi bir bozulma gözlemlenmiştir. Deniz tabanındaki çöküntüden itibaren su kolonu boyunca sıvı akışı ise chirp kesitte açıkça görülmektedir. 5 ayrı lokasyonda gözlenen pockmarklar bu alandaki gaz aktivitesinin de yoğun olduğunu işaret eder.

P1, P2, P3, P4 ve P5 pockmarklarından su kolonuna fişkırmaya şeklinde olan sıvı veya gaz çıkışlarının derinde fazla basınca maruz kalarak aniden tabakaları etkilemesiyle ortaya çıktığı söylenebilir.

Holosen birimlerin hemen altında yüksek genlikli tabakalar son deniz seviyesi değişimi ile ilgilidir.

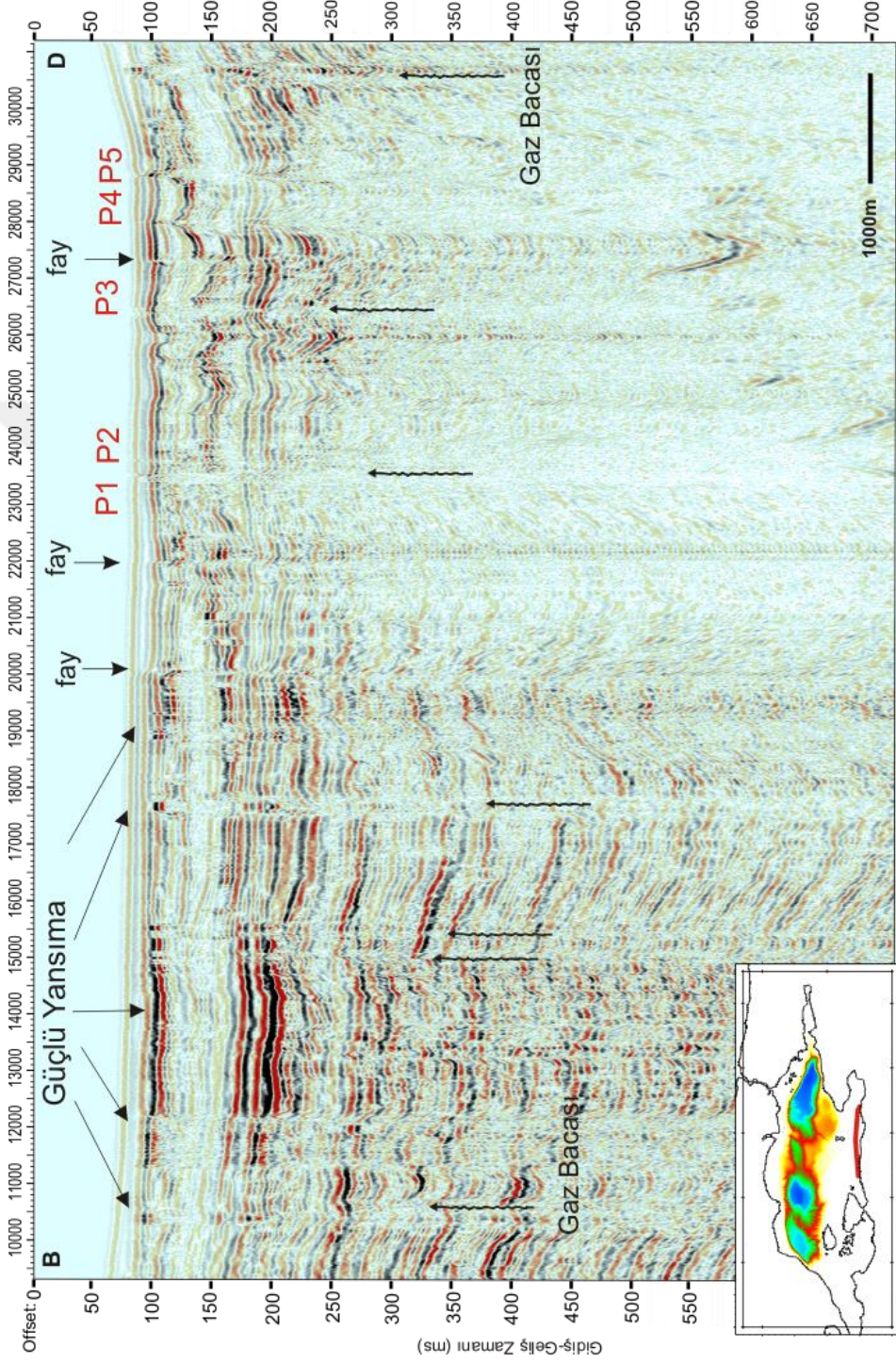
Hattın en doğu ucunda ise yaklaşık 100 m genişliğinde gaz bacası bulunmaktadır. Gaz bacasından su koluna sıvı akışı açıkça görülmekte ve hemen hemen su kolonu boyunca gazın varlığını gözlemlemek mümkündür. Holosen birimlerin hemen altında yüksek genlikli tabakalar son deniz seviyesi düşmesi sırasındaki erozyonel yüzey ile ilgilidir.

Gemlik Körfezi'nde GB-KD uzanımlı Gm13-01 sismik kesit Şekil 5.3'te görülmektedir. Hattın uzunluğu 16 km olup hat Gm13-01B no'lu sismik kesitin devamı niteliğindedir. Sismik kesit üzerinde dikdörtgen şekil ile gösterilen 'a), b) ve c)' alanları içerisinde gaz anomalileri görülmüştür. 'b' alanı içerisinde 'V' şekilli pockmark (P1) görülmektedir. Güncel bir pockmark olduğu düşünülen bu yapının hemen altında ve batısında görülen faylar pockmarkın fay kontrolünde gelişmiş olması düşüncesini güçlendirmektedir. Pockmarkın ağız genişliği 150 m ve deniz tabanında oluşturduğu derinlik ise 1 m civarındadır. Pockmarktan kuzeydoğuya doğru gidildikçe 6000-9500 m'leri arasında yaklaşık 3 km genişliğinde ve deniz tabanından itibaren yaklaşık 20 m derinlikte üzerinde parlak nokta anomalisi bulunan akustik bir boşluk görülmektedir. Gazın varlığından dolayı sismik sinyal genliğini kaybetmiş ve tabakaların devamlılığı gaz birimi içerisinde ani bir şekilde kaybolmuştur. Öte yandan verinin çok sığ olması, tekrarlı yansımaların başlamasına buda akustik maskeleye şekilde gaz yapısının kaç metre derinlere kadar uzandığının

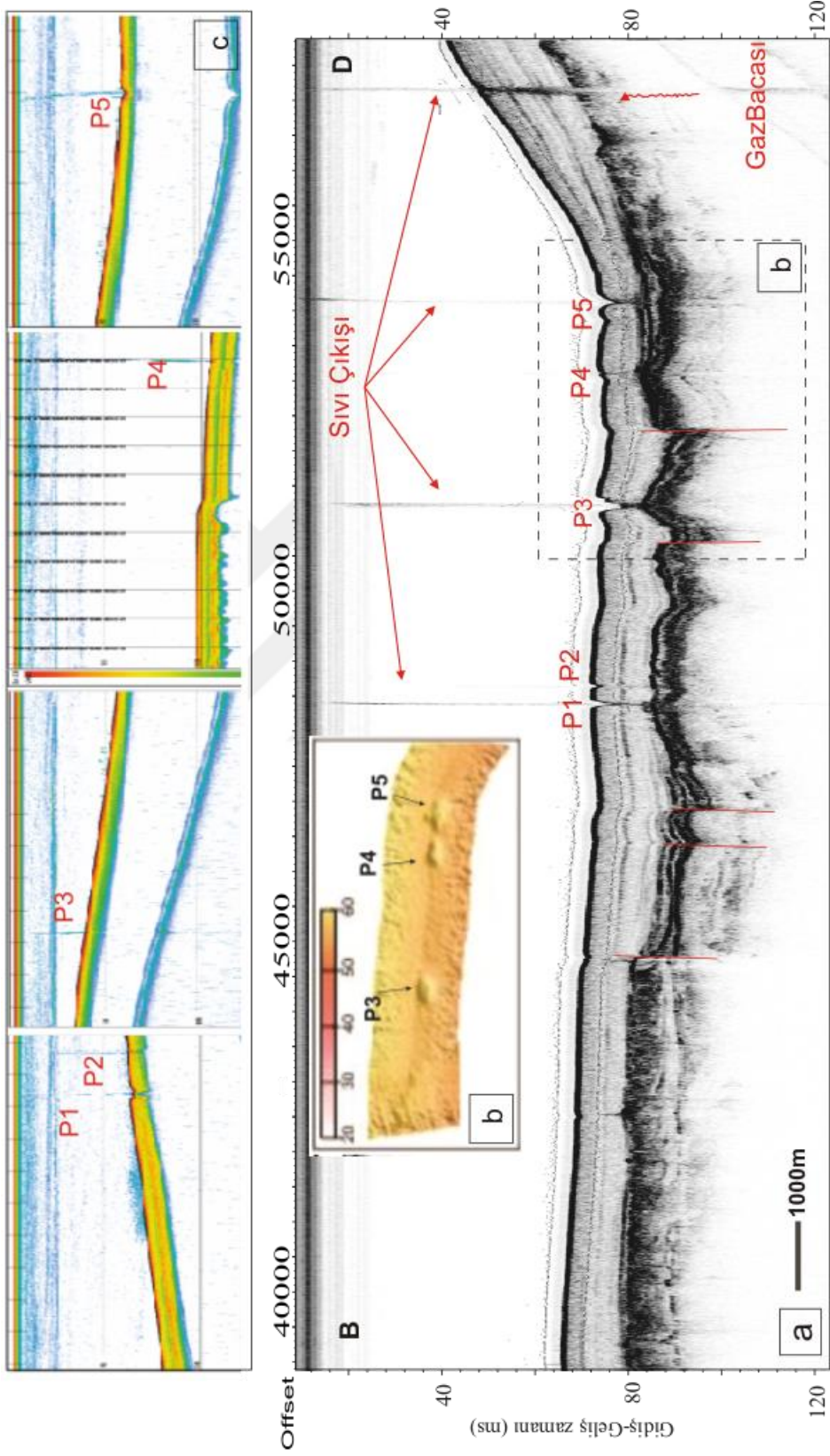
gözlemlenememesine yol açmıştır. Hattın kuzeydoğu ucunda 15000-15500 metreleri arasında bir pockmark daha gözlemlenmiştir (P2).

Şekil 5.4'te GB-KD uzanımlı Chirp-01 hattının yaklaşık 7000-7500 metreleri arasında 'V' şekilli yaklaşık 150 m genişlikli pockmark gözlemlenmiştir. Pockmarkın derinliği su kolonundan itibaren 60 m derinliktedir. Pockmarkın tepe ve çukur noktaları arasındaki mesafe yaklaşık 1 m'dir. Pockmarkın hemen altında görülen fayın pockmarkın meydana gelmesinde etkin rol oynadığı söylenebilir.

Pockmarkın hemen devamında yaklaşık 3 km genişliğinde 7500-10500 metreleri arasında GB-KD yönünde uzanan akustik maske şeklinde gaz birikiminin varlığından söz etmek mümkündür. Bu gaz birikimi holosen öncesi son deniz seviyesi değişiminden önceki sedimanlarının hemen altında yer almaktadır. Hattın kuzeydoğusunu doğru ilerlediğinizde 1600-1650 m'leri arasında yaklaşık 25 m genişliğinde 'V' şeklinde pockmark gözlemlenmiştir. Su kolunu yaklaşık 100 m olup pockmarkın tepe ve çukur noktaları arasındaki derinlik yaklaşık 1 m'dir.



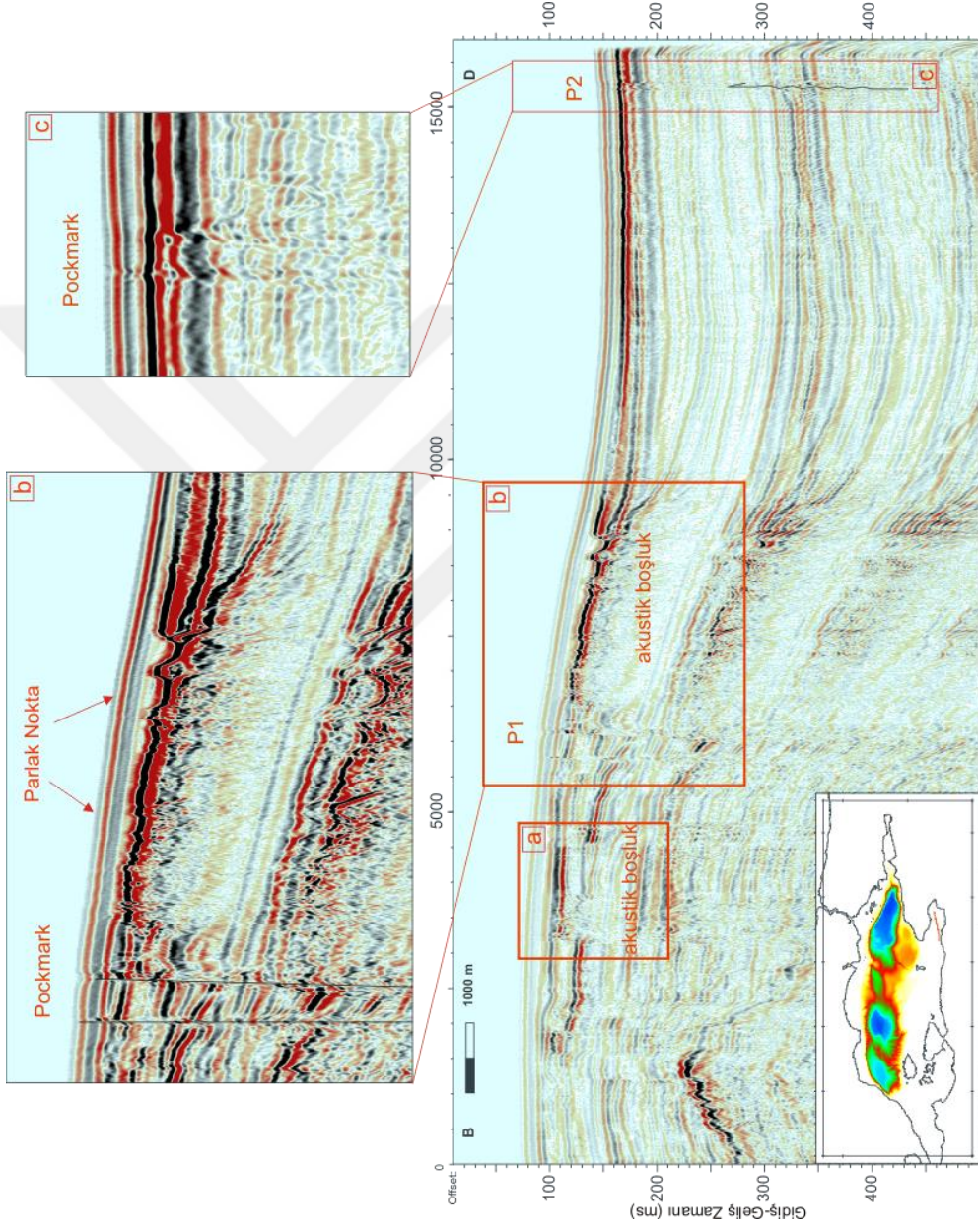
Şekil 5.1 Gemlik Körfezi'nde D-B uzanımı Gm13-01B no'lu sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz bacası, güçlü yansımalar, pockmark ve faylar gözlemlenmektedir.



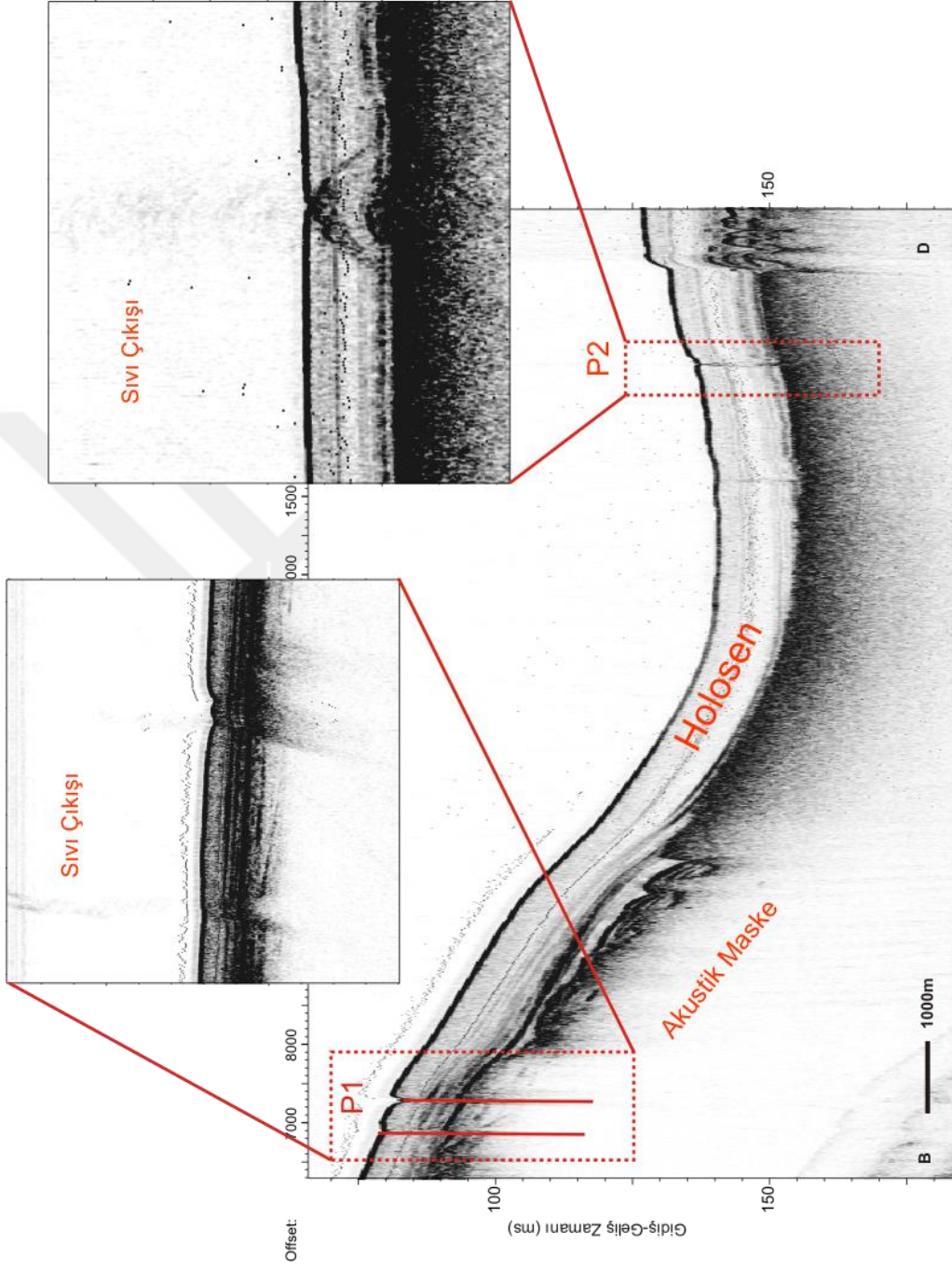
Şekil 5.2 a) Gemlik Körfezi'nde D-B uzanımı Gm13-01B no'lu chirp kesiti, b) P3, P4 ve P5 pockmarklarına ait chirp çıktısı ile batimetri kesiti, c) P1, P2, P3, P4 ve P5 pockmarklarının ekosounder çıktıları.

Şekil 5.6’da görülen Gm13-02 no’lu sismik hat Gemlik Körfezinde K-G uzanımlı ve yaklaşık 10 km uzunluğundadır. Bu hat Gm13-03 sismik hattı ile paralel olup hattın güney ucundan başlayarak kuzeyde hattın sonuna kadar devam eden delta turuncu renk ile gösterilmiştir. Deltalar, kıyı ile kıyı gerisindeki aşınma-taşınma olaylarının dengesinin kurulduğu ve bu denge neticesinde büyük boyutlarda depolanmanın olduğu birikim sistemleridir (Coleman ve Roberts, 1988; Orton ve Reading, 1993) ve uygun basınç ve sıcaklık koşulları altında gaz birikimi oluşması için ideal ortamlardır. Kocası Deltası’nın son buzul dönemde su seviyesi düşükken oluştuğu düşünülmektedir ve bu deltanın izi deniz tabanının 20 m altında görülmektedir.

Son jeolojik dönem Holosen’in hemen altında oluşan bu delta üzerinde sıg gaz birikimleri meydana gelmiştir (Şekil 5.6). Hattın güney ucundaki, deniz tabanından yaklaşık 15 m derinlikten başlayıp kuzeye doğru derinleşen gaz birikiminin genişliği yaklaşık 800 m’dir. Gaz birikiminin kuzeyindeki tabakalar gaz birikiminin yanal olarak başladığı yerde ani kesilmeleri uğramıştır. Akustik maskeleye şeklindeki bu gaz birimi içerisinde tabakaların devamlılığını gözlemlemek pek mümkün olmamıştır.



Şekil 5.3 Gemlik Körfezi'nde yer alan Gm13-01no'lu sismik kesit ve lokasyonu ile a), b) ve c) alanları içerisinde gaz anomalileri (altta) ve bunların yakınlaştırılmış hali (üstte)

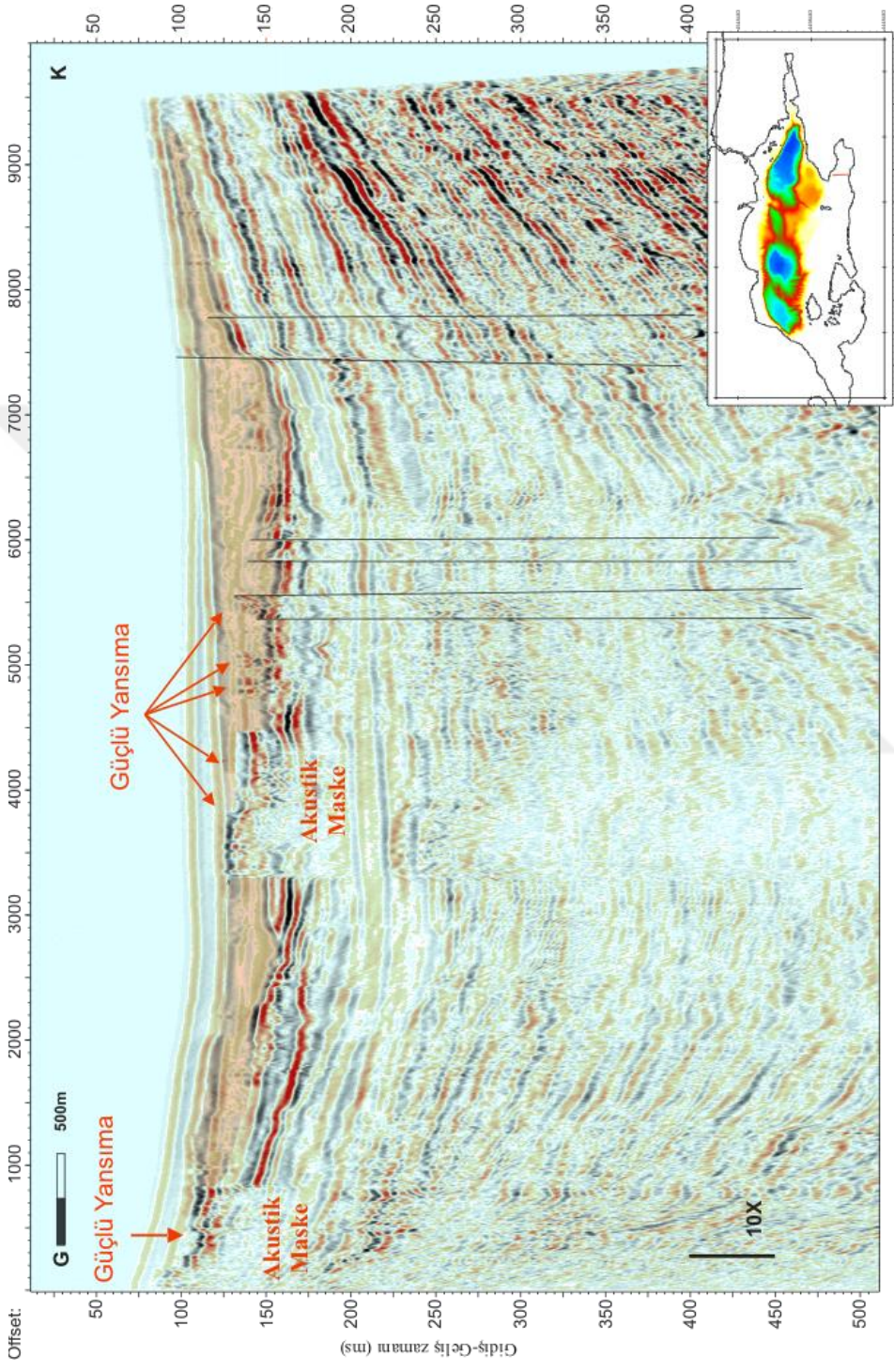


Şekil 5.4 Gm13-01 no'lu chirp kesit ve kırmızı dikdörtgen içerisinde gaz anomalileri (altta) ve bunların yakınlaştırılmış hali (üstte).

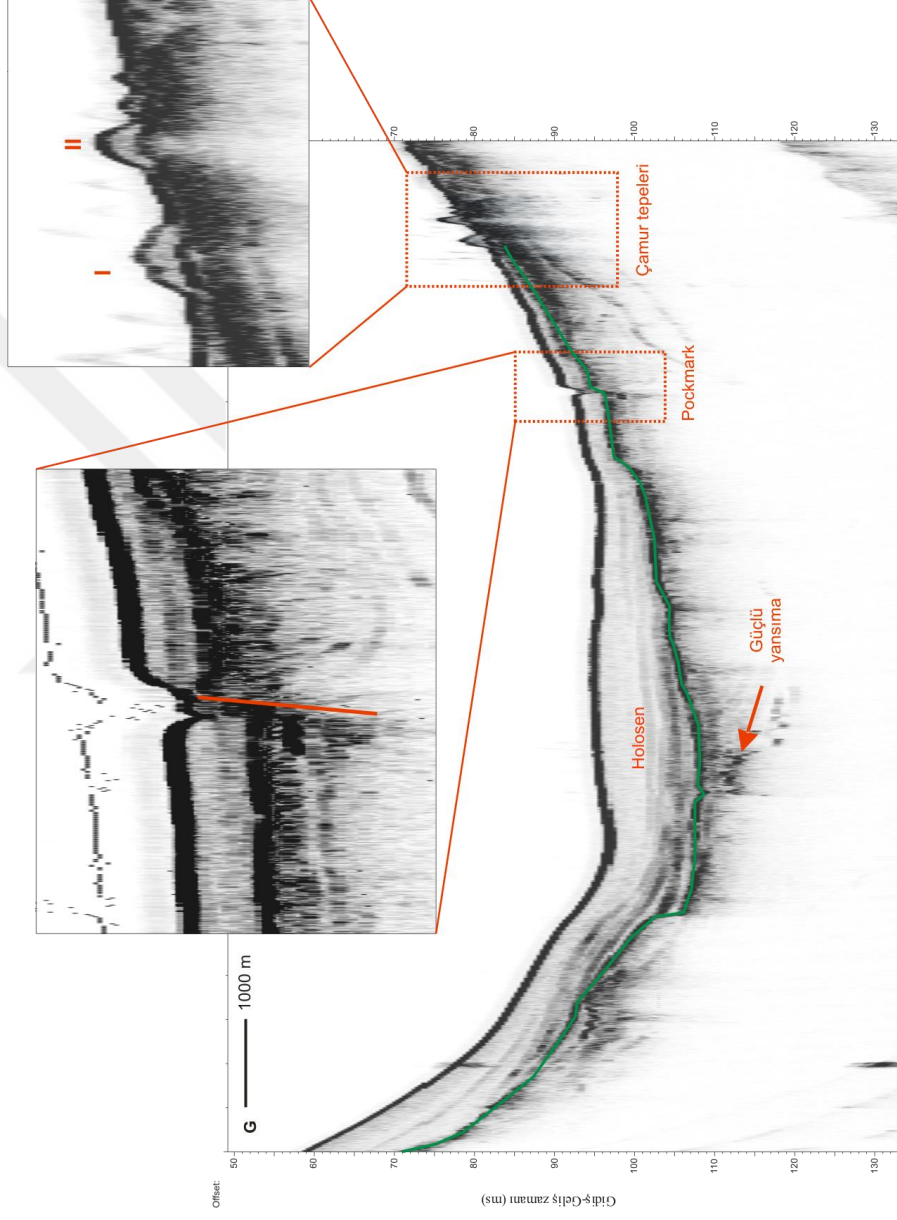
Kuzeye doğru gidildiğinde 3300 m'den başlayarak 4500 kilometrelerde son bulan bir gaz birikimi daha gözlemlenmiştir. Gaz birikiminin tepe noktasının deniz tabanına olan derinliği yaklaşık 20 metredir ve bu derinlik millisaniye cinsinden 125 ms'ye denk gelir. Gaz biriminin devamındaki tabakalardan alınan genlik değerleri ile gazın hemen üstündeki yansıma genlikleri arasında büyük fark olup bunlar güçlü yansıma olarak nitelendirilmiştir. Gazın hemen devamındaki yüksek genlikli yansımaların fay kontrolünde yukarıya taşınan gazlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hattın kuzeyine devam edildiğinde ise deniz tabanında atımı olan güncel faylar ile gömülü faylar görülmektedir.

Şekil 5.7'de yaklaşık 12 km uzunluğundaki K-G uzanımlı Chirp-02 hattı görülmektedir. Sismik hat üzerinde Kocasu Deltası olduğu düşünülen delta, chirp yönteminin sığ bir yöntem olması ve derinlere penetre edememesinden dolayı chirp kesitte gözlemlenememiştir. Ancak chirp kesitte holosen sedimanların altında sadece deltanın üst sınırı olduğu düşünülen tabaka yeşil renkle gösterilmiştir. Bu tabakanın hemen altından ise güçlü yansıma alınmıştır. Bu güçlü yansımanın sismik kesitte görülen gaz birikiminin üstünden alındığı düşünülmektedir (Şekil 5.7).

Hattın kuzeyine doğru kırmızı renkli dikdörtgen içerisinde simetrik bir 'V' şekline sahip pockmarka rastlanmıştır. Pockmarkın yaklaşık olarak genişliği 125 m ve derinliği 3 metredir. Pockmarkın chirp-03 hattığında gözlenen pockmarkla aynı olduğu düşünülmektedir. Pockmarkın altında uzanan yatay tabakalardan herhangi bir bozulma gözlemlenmiştir. Hattın en kuzeyinde ise gaz birikimi göstergelerinden biri sayılan iki adet çamur tepesi görülmektedir. Bunlardan I.si bioherm şeklindeki II'si çamur tepesi formundadır ve altındaki tabakalardan yansıma alınamamıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.5 Gemlik Körfezi'nde yer alan Gm13-02 no'lu sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde akustik maske ve güçlü yansima anomalileri ile delta görülmektedir.

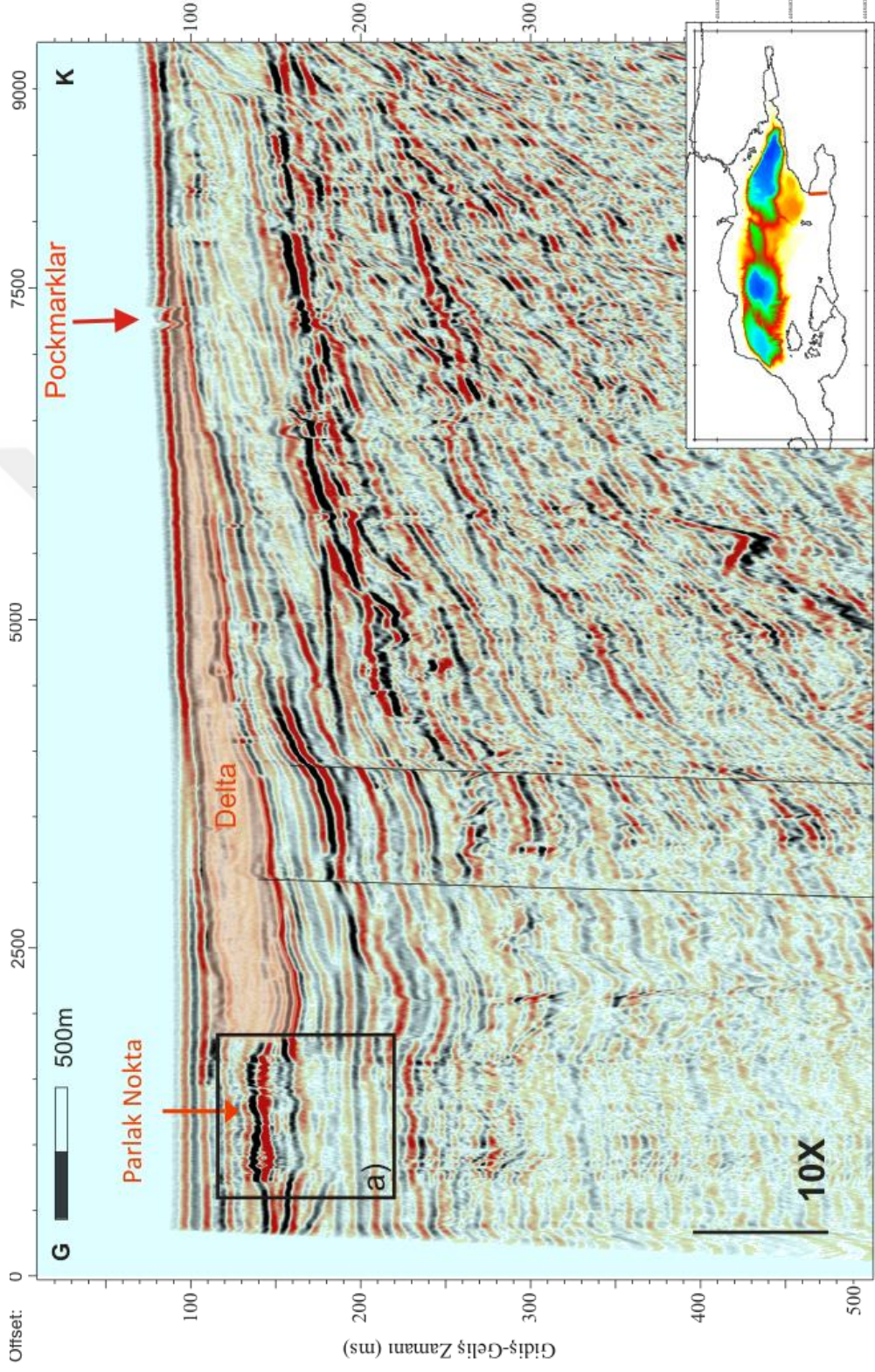


Şekil 5.6 Chirp-02 kesiti üzerinde dikdörtgen alanlar içerisinde pockmark ve çamur tepelerine rastlanmıştır. Yeşil renk ile gösterilen sismik kesit üzerinde gözlemlenen deltanın üst sınırı olup altından alınan güçlü yansımaya anomalisi kırmızı ok ile gösterilmiştir.

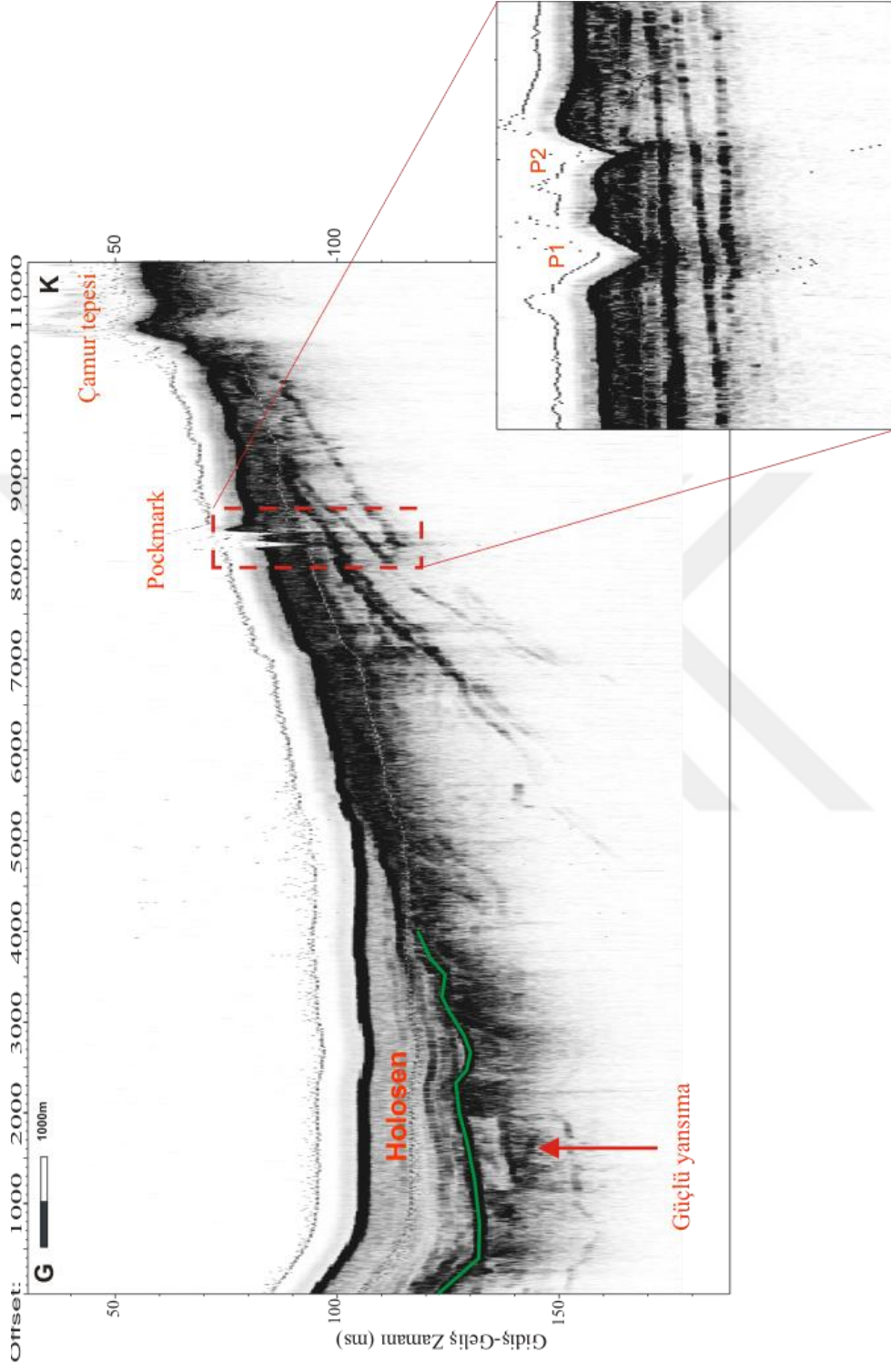
Gemlik Körfezinde K-G uzanımlı Gm13-03 no'lu sismik hat Şekil 5.7'da görülmektedir. Hattın uzunluğu 10 km olup, en güneyinde a) alanı içerisinde, yaklaşık 1 km genişliğinde akustik maskeleye şeklinde gaz birikimi gözlemlenmiştir. Gaz birikiminin hemen üzerinde çevre tabakalar ile gazlı sedimanlar arasındaki akustik empedans farkından dolayı parlak nokta anomalisi görülmüştür. Parlak nokta anomalisi deniz tabanına paralel olup 130 ms civarında ve deniz tabanından itibaren 30 m derinliktedir. Nehir yataklarının taşıdığı organik madde açısından zengin alüvyonların oluşturduğu delta, gaz birikiminide içine alarak kuzeye doğru uzanmaktadır. Deltanın kalınlığı hattın güneyinde 35 m civarında iken kuzeye gittikçe kalınlığı azalmakta ve yaklaşık 5 m'ye kadar düşmektedir. Bu deltanın Kocasu Çayı'nın getirdiği alüvyonlarla beslenen Kocasu Deltası'nın bir kısmı olabileceği düşünülmektedir.

Deltanın hemen altından başlayan faylar derinlere doğru uzanmakta ve sismik kesit boyunca devam etmektedir. Deltanın hemen bitişiğinde iki adet pockmark gözlemlenmiştir. Bunlardan P1 pockmarkı simetrik bir 'V' şeklinde meydana gelmiş iken P2 asimetrik bir 'V' şeklindedir. P1 ve P2'nin yarattığı çöküntü derinliği 5 m ve genişlikleri sırasıyla 100 m ve 50 m'dir. Pockmarkların kuzeyinde ve güneyinde tabakalar yapay uzanırken pockmarkların altındaki tabakaların ilk 20 metrelik kısmında yüzeyde görülen çöküntünün etkisi devam etmektedir

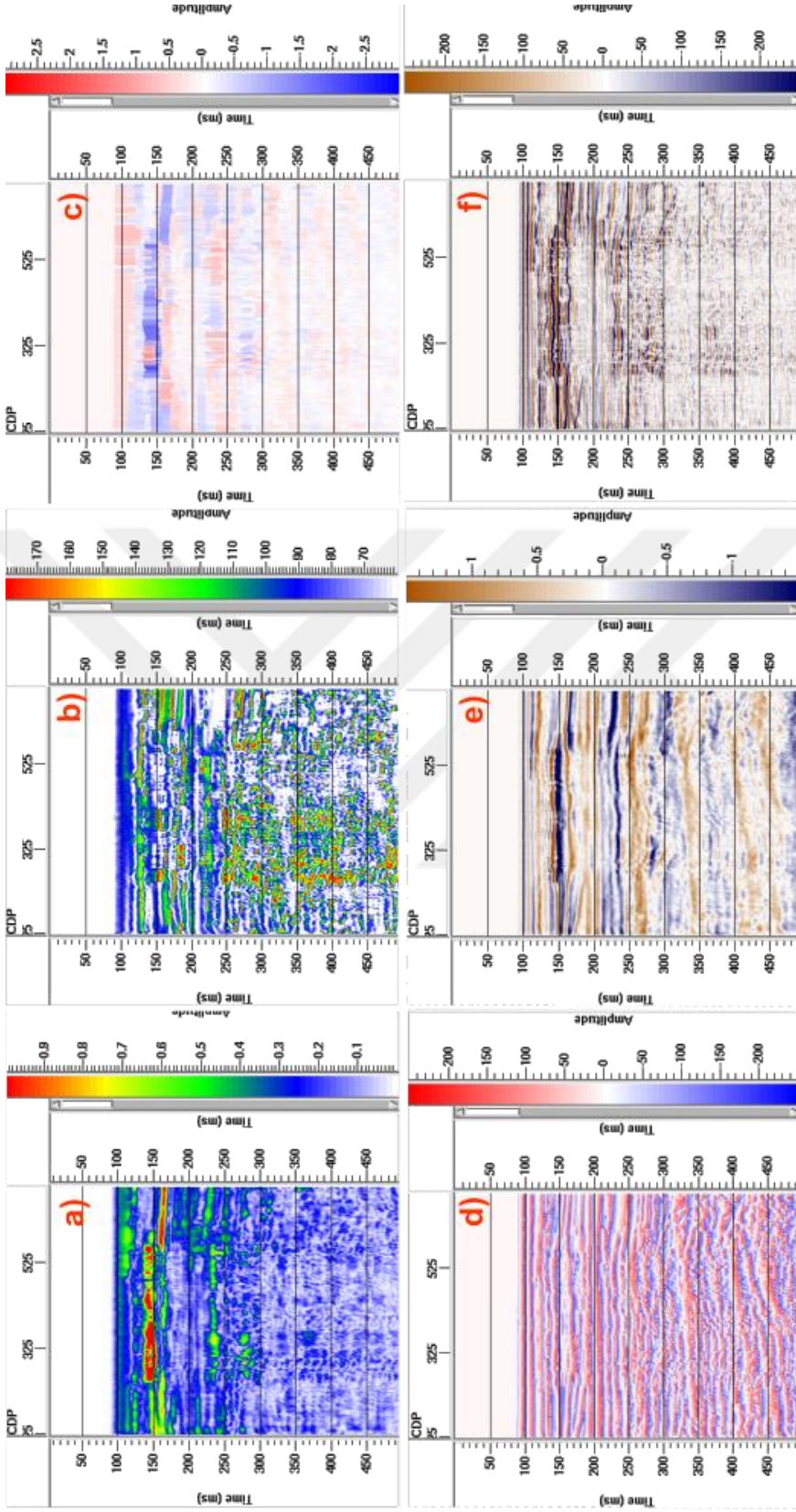
Sismik kesitte renkli gösterilen delta Chirp-03 kesitinde, chirp sinyalinin derinlere nüfuz edememesinden dolayı sadece deltanın üst sınırının bir kısmı görülmüştür (Bu tabaka yeşil ile renklendirilmiştir) (Şekil 5.9). Bununla birlikte yüksek çözünürlüklü sığ bir yöntem olan Chirp-03 kesiti üzerinde güçlü yansıma anomalisi gözlemlenmiş bunun sismik kesitte gaz birikimi olarak nitelendirilen yapının üzerinden alındığı düşünülmüştür. Kesit üzerinde kuzeye gittiğimizde P1 ve P2 olmak üzere iki adet pockmark gözlemlenmiştir. Bunlardan P1 pockmarkı simetrik bir 'V' şekline sahipken P2 pockmarkı asimetrik bir 'V' görünümündedir. Pockmarkların genişliği sırası ile 100 m ve 50 m ve derinlikleri ise ortalama 5 m'dir. Hattın en kuzeyinde ise 300 m genişliğinde ve 2 m yüksekliğinde bir çamur tepesine rastlanmıştır.



Şekil 5.7 Gm13-03 Sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde turuncu renk ile gösterilen kısım delta olup a) alanında parlak nokta ve hattın kuzeyinde pockmark anomalileri gözlemlenmiştir.



Şekil 5.8 Chirp-03 kesiti üzerinde güçlü yansımalar, P1 ve P2 olmak üzere iki adet pockmark ile çamur tepesi gözlemlenmiştir. Sismik kesitte gözlemlenen delta, chirp sinyalinin yeterli derinliğe inememesinden dolayı gözlemlenmemiş sadece üst yüzeyi görülmüştür ve yeşil renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Gm13-03 Sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev kesiti

Şekil 5.10' da sismik kesit üzerinde 'a' alanında gözlemlenen parlak nokta anomalisinden elde edilen nitelik kesitler görülmektedir. Elde edilen zarf kesitte parlak nokta anomalisinin genliği kırmızı renkle gösterilmekte ve bu genlik değeri çevre genliklerden yaklaşık 10 kat daha yüksektir (Şekil 5.10 a).

Anlık frekans kesitinde sığ gaz anomalisinin üzerinden alınan yansımalarda yüksek frekans içeriğini temsil eden yeşil ve kırmızı renkler baskın iken gaz birimi içerisinde düşük frekansları temsil eden mavi ve beyaz renkleri baskındır (Şekil 5.10 b). Bunun nedeni olarak gaz birimleri içerisinde P dalga hızının düşmesinden dolayı verinin yüksek frekanslarının soğurulmasıdır.

Polarite kesitleri gaz birikimlerinin olduğu tortullarda düşük akustik empedansa bağlı olarak negatif polariteli anomali sunar (Şekil 5.10 c). Elde edilen görünür polarite kesitindeki gaz birikimi üzerindeki yansımaların ters polariteli olması gazın varlığına bir diğer gösterge olarak düşünülebilir.

Anlık faz kesitleri anlık genlik bilgisi içermezler. Düşük ve yüksek genlikli yansımaları aynı büyüklükte gösterirler. Şekil 5.10 d' de görülen anlık faz kesitinde gaz birimi içerisinden alınan yansıma genlikleri daha net bir şekilde görülmektedir.

Gm13-03 Sismik kesitte 'a' alanından elde edilen integral kesitte, gaz birikimi içerisinden ve altından alınan düşük frekans içerikli yansımalar daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 5.10 e).

Zaman ortamında uygulanan türev kesitte ise yüksek frekans içeriğine sahip yansıma genlikleri güçlenmiştir (Şekil 5.10 f).

Şekil 5.11'de Kapıdağ Yarımadası'nın kuzeybatısında yer alan yaklaşık 22 km uzunluğundaki GB-KD uzanımlı Gm13-11 sismik kesiti görülmektedir. Hattın güneybatı ucunda 5500-8500 m'leri arasında yaklaşık 3 km genişliğine yayılan bir alanda sığ gaz birikimi gözlemlenmiştir. Bu gaz birikiminin deniz tabanından itibaren derinliği yaklaşık 15 m'dir. Akustik boşluklar biçimindeki gaz birikimi sivri

köşeli bir yapı sunmakta ve çevresinde hemen hemen yatay uzanan tabakalar gaz birimi içerisine girdiği noktada ani kesilmelere uğramıştır. Gazlı sedimanlar gazın varlığından dolayı maskelenmiş olup çok net bir şekilde gözükmemektedir. Gaz birikiminin üstündeki tabakalar gazın varlığından dolayı bozulmalara uğramıştır. Gaz birikimi içerisindeki tabakalardan alınan yansıma genlikleri çevre sedimanlara göre birkaç kat yüksek olup ters polariteli parlak nokta anomalisi şeklindedir. Bunun dışında hattın GB ve KD ucunda faylar mevcut olup bunlardan güneybatıdakilerin Kapıdağ Fayı en kuzeybatıdakinin ise deniz tabanında belli bir atıma sahip doğrultu atımlı güncel fay olan İmralı Sırtı Fayı olduğu düşünülmektedir (Sorlien 2012).

Şekil 5.12’de GB-KD uzanımlı Chirp-11 kesitinin güneybatı kısmında gaz birikimleri indikatörlerinden biri olan gaz çıkışına rastlanmıştır. Bu çıkış bir gaz bacası boyunca deniz tabanına yükselen sıvının yüksek basınç ve düşük sıcaklık etkisiyle su kolanına fişkırması şeklinde olmaktadır. Gaz çıkışının hemen sağında yer alan ve deniz tabanının hemen altında yaklaşık 1000 m genişliğinde sık gaz birikimi dikkat çekicidir. Gazın çevresindeki tabakalar deniz tabanına paralel uzanırken gaz birimleri içerisinde sedimanlar ani kesilmelere uğramıştır. Akustik boşluk içerisinde tabakaların devamlılığına dair herhangi bir bulgu yoktur.

Kuzey doğuya doğru ilerlediğimizde 7300-9200 metreleri arasında 2 km genişliğinde görülen sık gaz birikimi sismik kesit ile uyum içerisinde. Bu gaz birikiminin denizden yaklaşık derinliği 15 m’dir. Gazın varlığından dolayı alttaki sediman birimler maskelenmiş olup belli bir derinlikten sonra sinyalin soğulması ve saçılmasına bağlı olarak sinyalin penetrasyon oldukça düşmüş, ve gazın derinlikle uzanımı tam olarak gözlemlenememiştir.

Gm13-11 kesitinden elde edilen nitelik analizleri Şekil 5.13’teki gibidir. Şekil 5.13 a’da zaman kesitinden elde edilen zarf kesitte gaz birikiminin üzerinden alınan güçlü yansıma belirgin şekilde görülmektedir. Bu güçlü yansıma genliği çevre tabaka genliklerinden 9 kat daha büyüktür.

Anlık frekans kesitlerinde sinyalin yüksek frekanslarının soğurulması düşük frekans zonlarını belirgin hale getirir. Şekil 5.13 b’de görülen anlık frekans kesitte gazın üzerinden alınan yansıma frekansları mavi tonlar ile ifade edilirken gaz birimi içerisinde baskın beyaz tonlar saçılmış olarak görülmektedir.

Görünür polarite kesitine baktığımızda deniz tabanı kırmızı renk ile temsil edilirken sıg gaz birikiminin üzerinden alınan yansıma mavi renkli olup deniz tabanı ile ters polaritelidir (Şekil 5.13 c).

Anlık genlik bilgisinden tamamen bağımsız özellik gösteren anlık faz kesiti Şekil 5.13 d’deki gibidir. Sismik kesitte akustik maskeleye şeklinde olan gaz birikimi tabaka takibine olanak vermezken anlık faz kesitinde tabakalar açıkça görülmektedir.

Şekil 5.13 e ve Şekil 5.13 f zaman kesitine uygulanan integral ve türev kesitlerini göstermektedir. İntegral kesitte sismik dalgacık genişlemiş ve dalga boyu artmıştır. Bununla birlikte kesitin zamansal ayrımlılığı da artmıştır. Türev kesitine ise yüksek frekanslı bileşenler daha güçlü hale gelmiştir (Şekil 5.13 f).

Gm13-15 no’lu sismik kesit ve lokasyonu Şekil 5.14’te görülmektedir. Bu hat dış şelfte GD-KB doğrultusunda uzanmakta ve GM13-16 hattını dik kesmektedir. Hattın yaklaşık 3000-4500 m’leri arasında 1500 m genişliğinde ve 230 ms derinliğinde deniz tabanından yaklaşık olarak 60 m derinde üzerinde deniz tabanı ile ters polariteli parlak nokta anomalisi bulunansığ gaz birikimine rastlanmıştır. Gaz birikimi boyunca tabakalar maskelenmiştir.

Gaz birikiminin bir fay boyunca meydana gelmesi gazın fay kontrolünde geliştiği ve fay aracılığıyla deniz tabanına doğru göç ettiği söylenebilir. Hattın derin kısımlarında da 6000-7000 metreler arasında güçlü yansımalar rastlanmıştır

Yüksek ayrımlı bir yöntem olan ve deniz tabandan itibaren birkaç 10 metrelere kadar penetre edebilen deniz tabanından yaklaşık 60 m derinde yer alan parlak nokta ve hemen altındaki gaz birikimini gözlemlemeye yetmemiştir (Şekil 5.15).

Gm13-15 sismik kesitinden elde edilen nitelik analizleri sonuçları Şekil 5.16'de verilmiştir. Şekil 5.14'teki sismik kesitte sıg gaz birikiminin üzerinden alınan parlak nokta anomalisi zarf kesitte yüksek genlik anomalisi olarak görülmektedir. Bu anomali zarf kesit üzerinde kırmızı renk ile ifade edilmekte ve yansıma genliği çevre tabaka genliklerinden 5 kat daha büyüktür (Şekil 5.16 a).

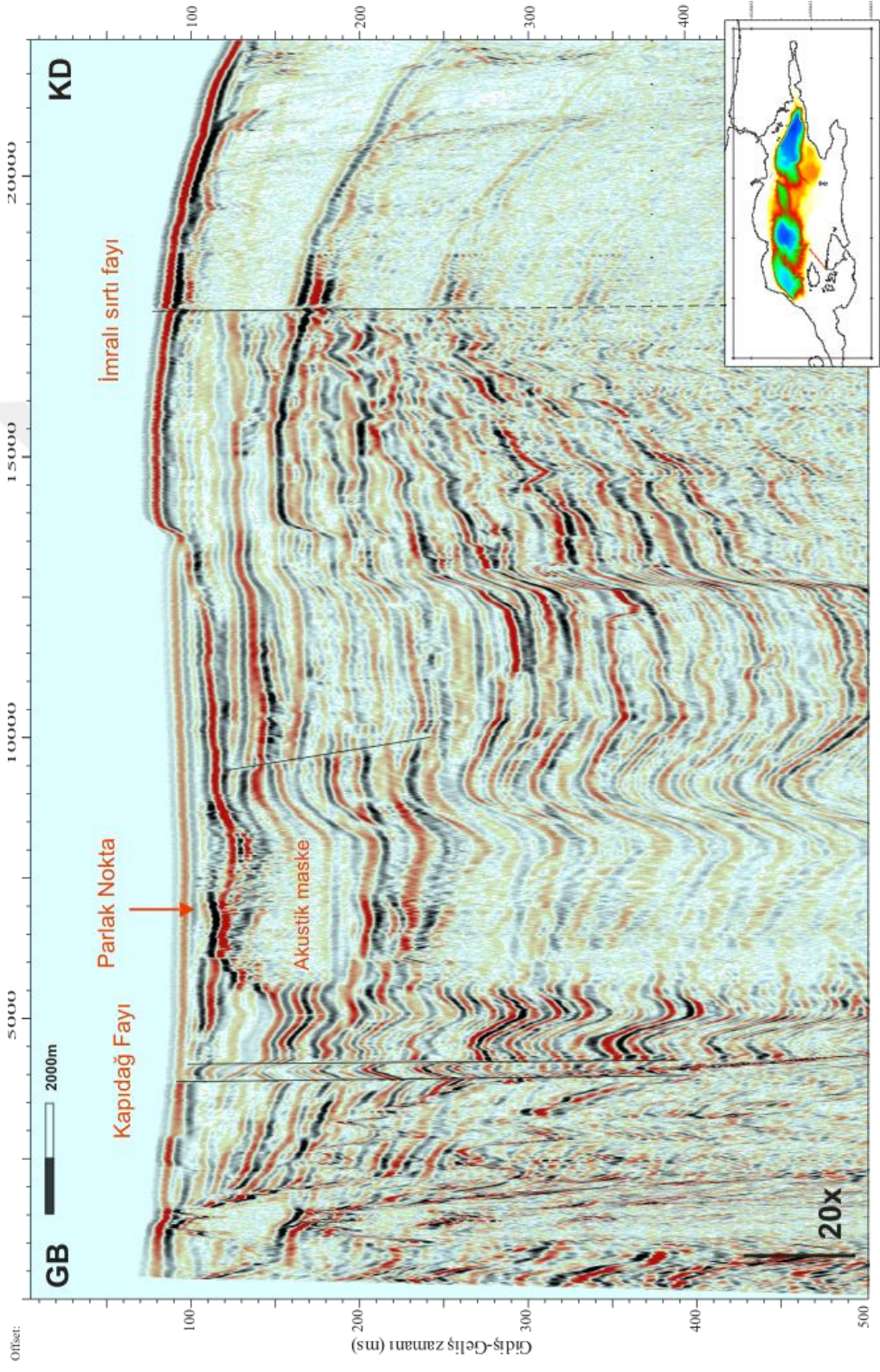
Gaz birimleri içerisinde sismik sinyalin yüksek frekansları soğurulur.Şekil 5.16 b'deki anlık frekans kesiti düşük frekans zonuyla birlikte sinyalin yüksek frekanslı bileşenleri de saçınmış bir şekilde görülmektedir.

Şekil 5.16 c'deki görünür polarite kesitinde, sismik kesitteki parlak nokta anomalisi deniz tabanı ile ters polarite sunarken parlak nokta üzerindeki küçük bir alan deniz tabanı ile aynı polariteye sahiptir. Bunun nedeni ; yansıma gücü kesitlerinden elde edilen görünür polarite kesitindeki maksimum genliğin fazının polariteyi etkilemesidir. Yansıma gücü kesitindeki ilk genlikdeğeri bazen ikincigelik değerinden küçüktür. Bu durumda ikinci genlik değerinin fazı alınır ve bu ilk genlik değerinin polaritesine göre ters olduğundan pozitif ve negatif polariteler bir arada görülebilir.

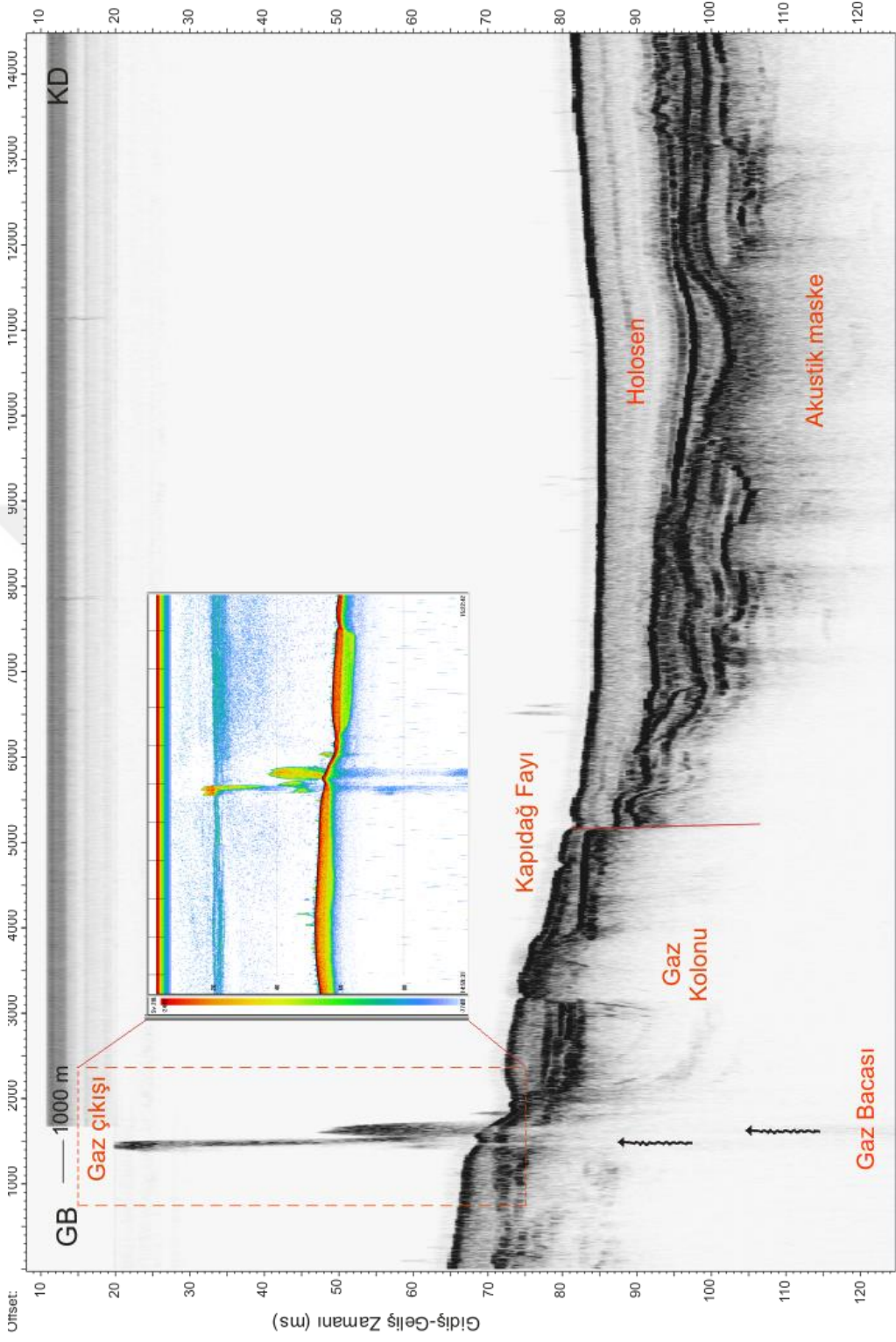
Şekil 5.16 d'de anlık faz kesiti verilmiştir. Sismik kesitte gaz tarafından maskelenen ve gözükmeyen tabakaları faz kesit üzerinden takip etmek çok daha kolaydır.

Şekil 5.16 e'de sismik niteliklerden olan integral kesit görülmektedir. İntegral kesit frekans ortamında uygulanmıştır ve kesit üzerinde yüksek frekans bileşenleri soğurulmuştur.

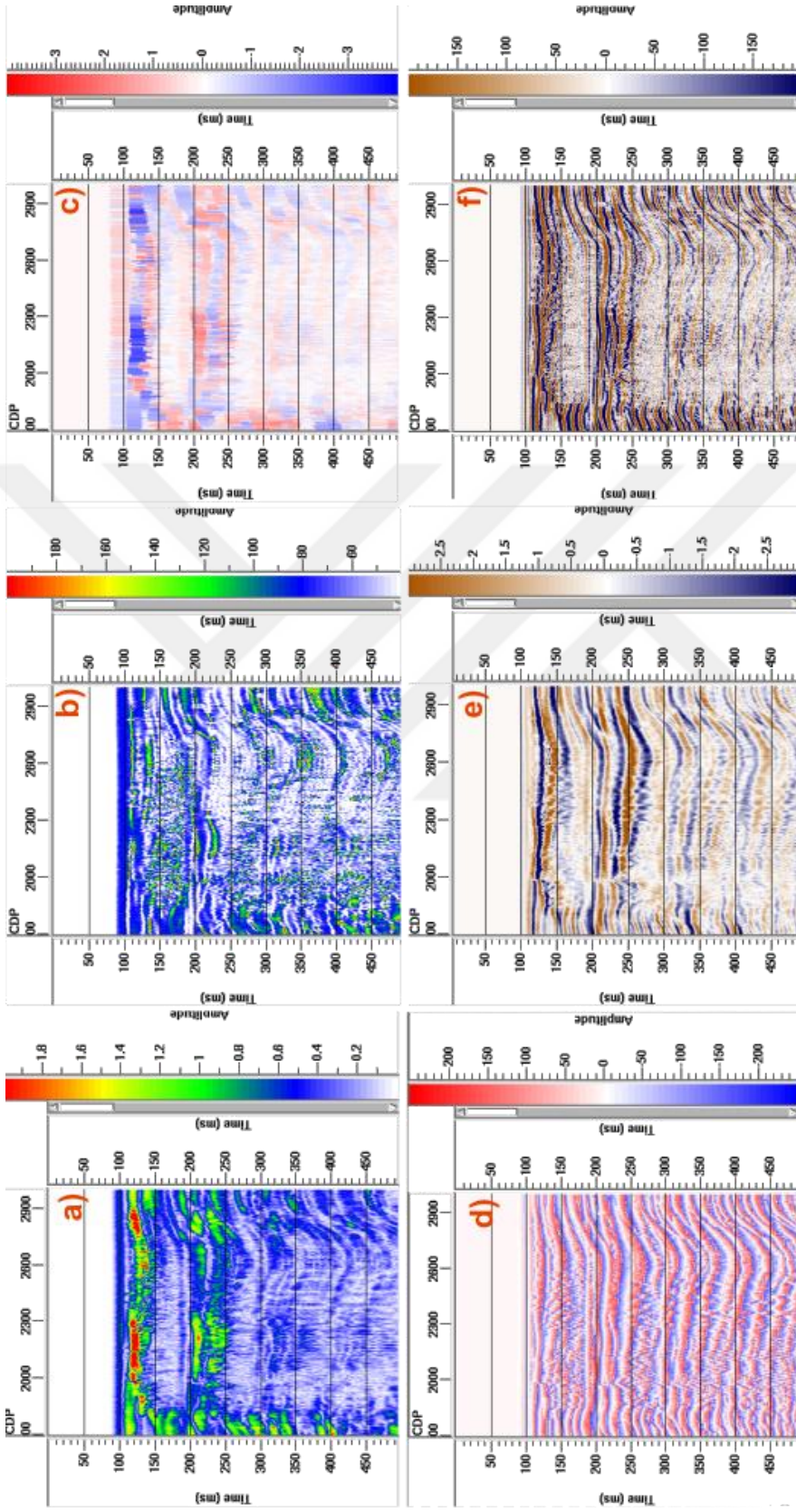
Şekil 5.16 f'de ise aynı hatta ait türev kesit görülmektedir. Zaman kesitine uygulanan türev kesit üzerinde yüksek frekanslı bileşenler daha güçlenmiştir.



Şekil 5.10 Gm 13-11 sismik kesiti ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz birikimi ve üzerinde parlak nokta anomalisi görülmüştür.



Şekil 5.11 Chirp-11 kesiti üzerinde gaz çıkışı ve gaz çıkışına ait ekosunder çıktısı ile gaz anomalileri görülmektedir.



Şekil 5.12 Gm13-11 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) Anlık frekans kesiti, f) İntegral kesiti.

GB-KD uzanımlı Gm13-16 no'lu şelf dışında yer alan 2B yüksek çözünürlüklü sismik kesit Şekil 5.17'de görülmektedir. Hattın GD ucunda 200 ms civarlarında deniz tabanından itibaren yaklaşık 15 m derinlikte deniz tabanı ile ters polariteli parlak nokta anomalisi ve bunun hemen altında sıg gaz birikimi meydana gelmiştir. Gaz birikiminin akustik maske şeklinde gaz kolonunun altındaki tabakaların takibini belirli bir ölçüde sınırlamıştır. Bununla birlikte gaz birimlerinin güneydoğusunda derinlere doğru uzanan aktif olmayan normal faylar gözlenirken hemen kuzeydoğusunda ise fay kırıkları ile parlak nokta anomalisi gözlemlenmiştir.

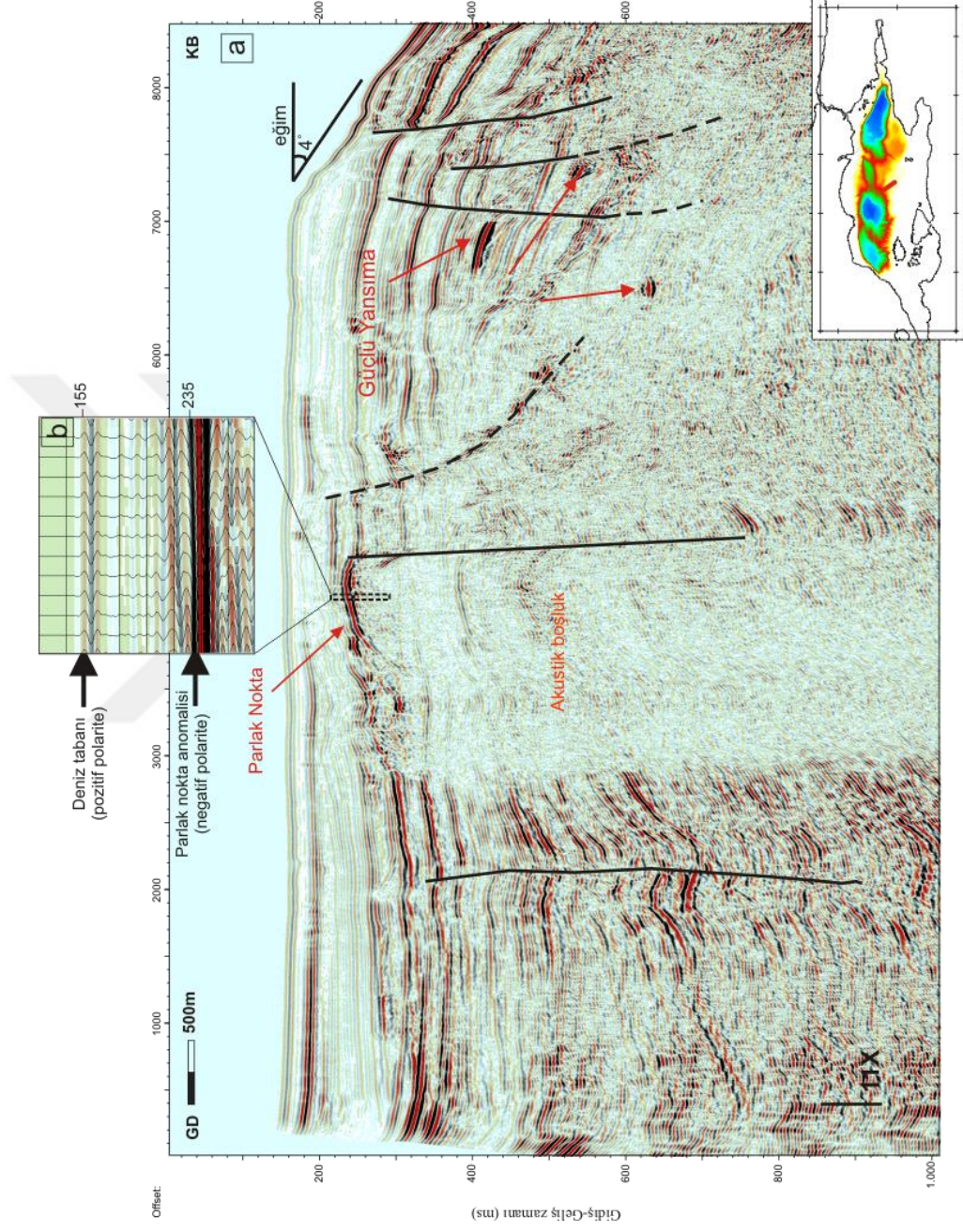
Çok kanallı sismik yansıma verisine göre çok daha ayrımlı ve sıg bir görüntü sunan Chirp-16 kesitinde 1 km genişliğinde sıg gaz birikimi ve hemen üstünde ise güçlü yansıma karakterleri çok kanallı sismik kesit ile uyum içerisindedir (Şekil 5.18).

Şekil 5.17'de görülen Gm13-16 hattı migrasyon kesitine ait nitelik analizleri Şekil 5.19'daki gibidir. Migrasyon kesit üzerinde görülen parlak nokta anomalisi sismik niteleyicilerden elde edilen zarf kesitte çevre genliklere göre 7 kat daha büyük güçlü yansıma karakterine sahiptir (Şekil 5.19 a).

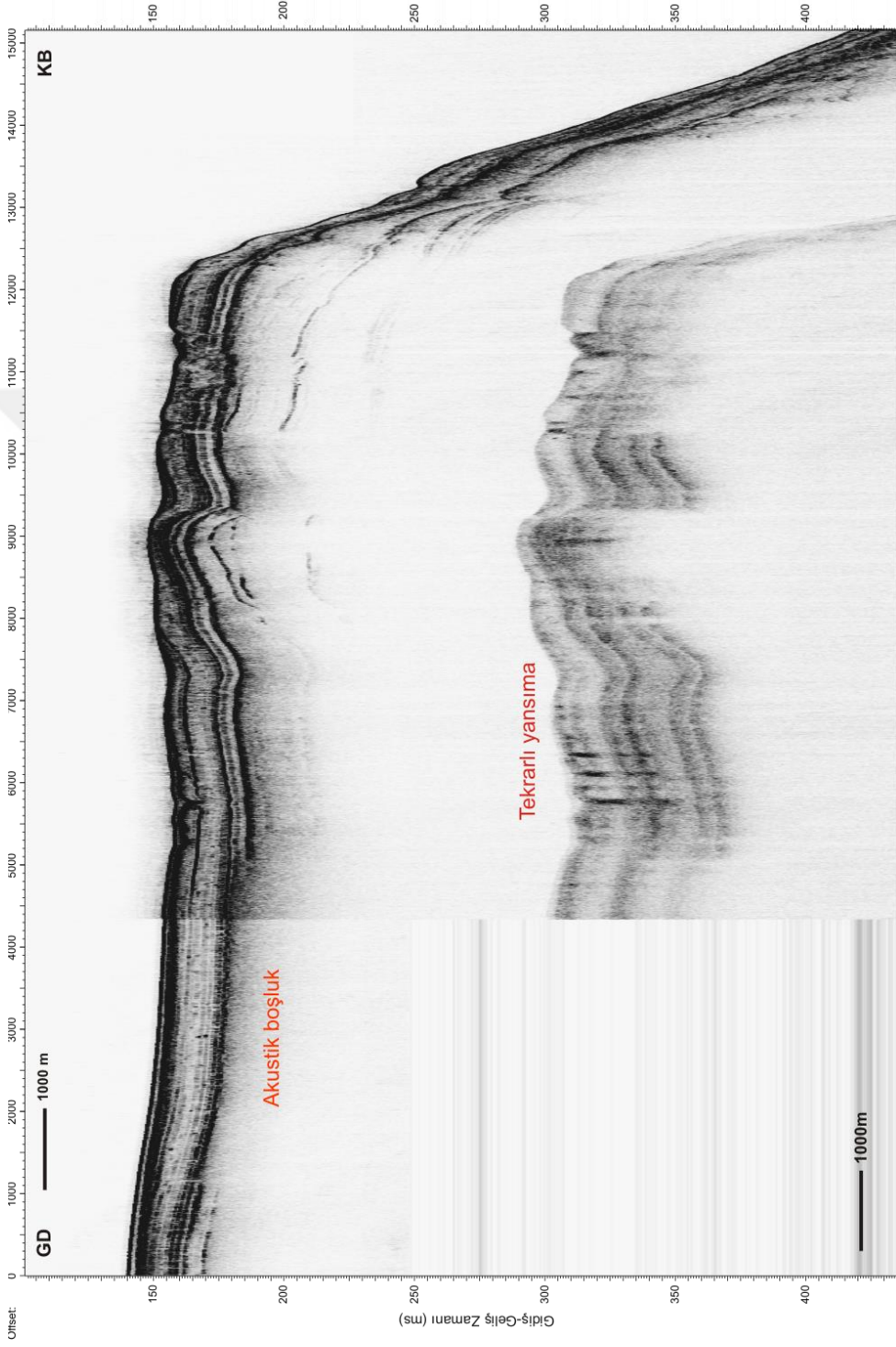
Aynı hattın anlık frekans kesiti parlak nokta anomalisine ait frekanslar yeşil renk ile temsil edilirken hemen bunun altındaki düşük frekanslı yansımalar mavi-beyaz renk ile temsil edilmektedir (Şekil 5.19 b).

Görünür polarite kesitlerinde parlak noktaların deniz tabanı ile ters polarite vermesi beklenir. Ancak Şekil 5.19 c'de anomali üzerinde negative polariteler baskın olmakla birlikte pozitif polaritelerle içiçedir.

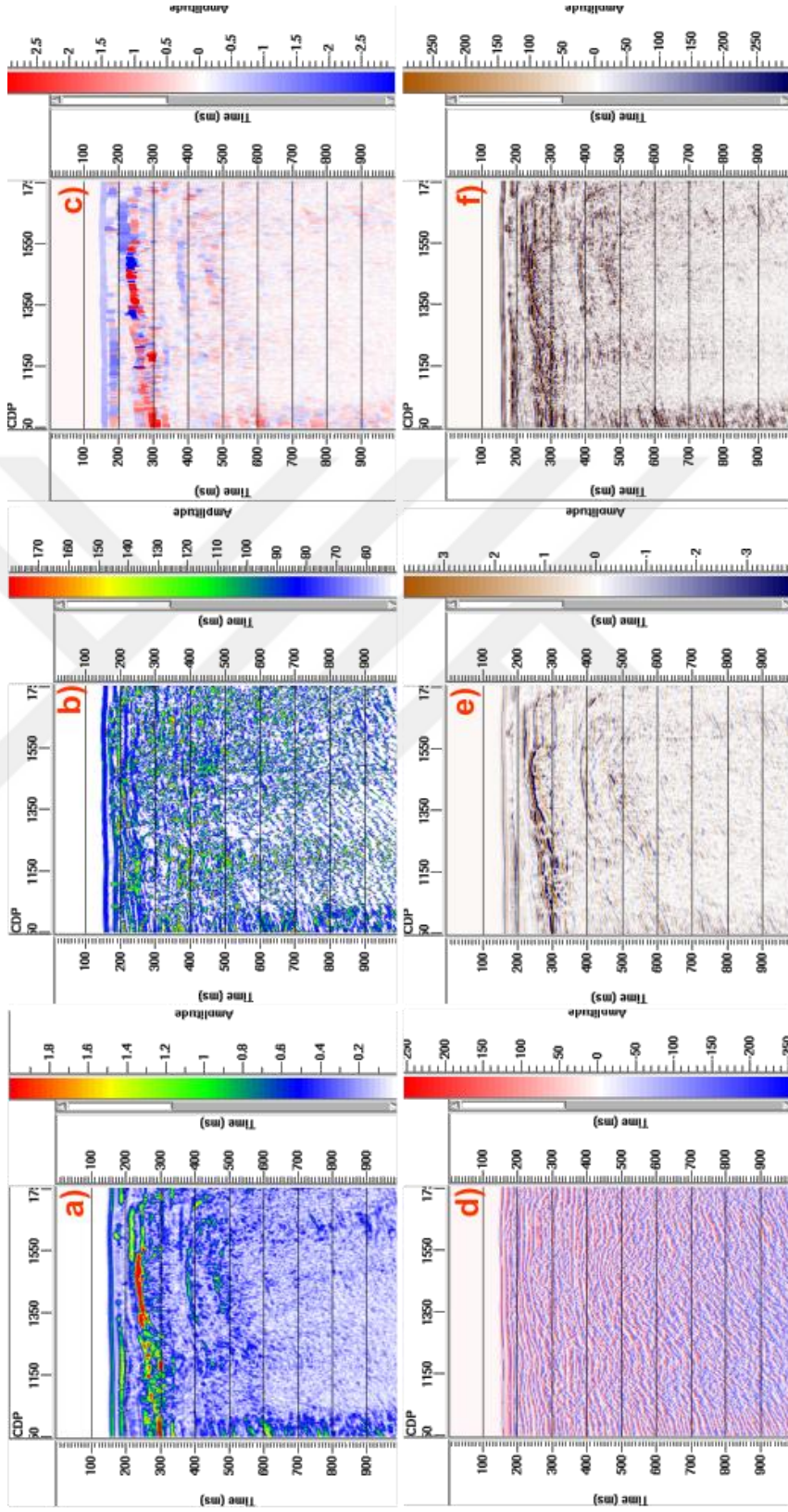
Şekil 5.19 d'de görülen anlık faz kesiti parlak nokta anomalisi altında deniz tabanı ile paralel uzanım sunan tabakaları net bir şekilde görmemize olanak sağlar.



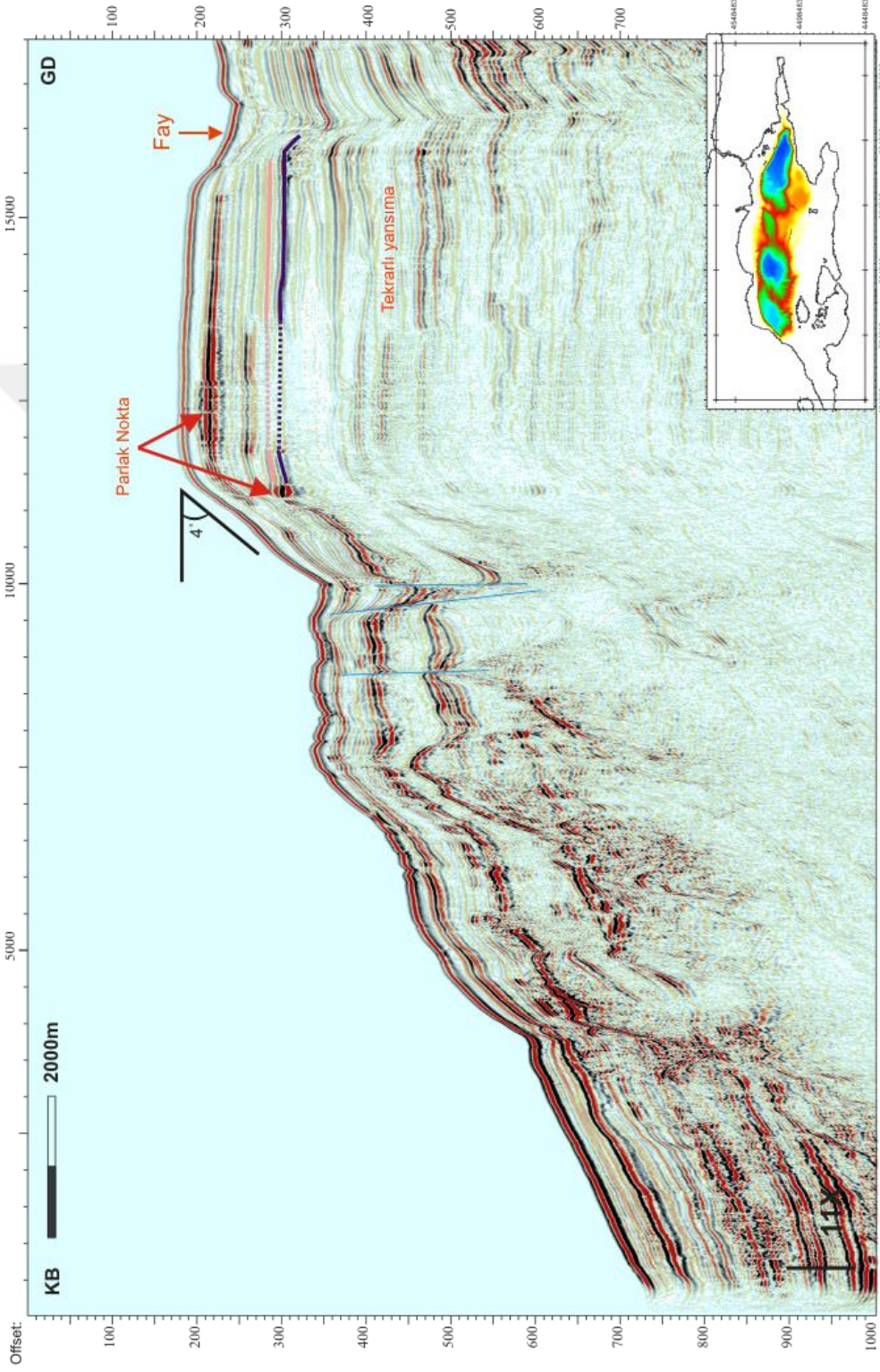
Şekil 5.13 Gm13-15 sismik kesit ve lokasyonu. Kesit üzerinde akustik boşluk ve üzerinde parlak nokta anomalisi ile güçlü yansımalar görülmektedir.



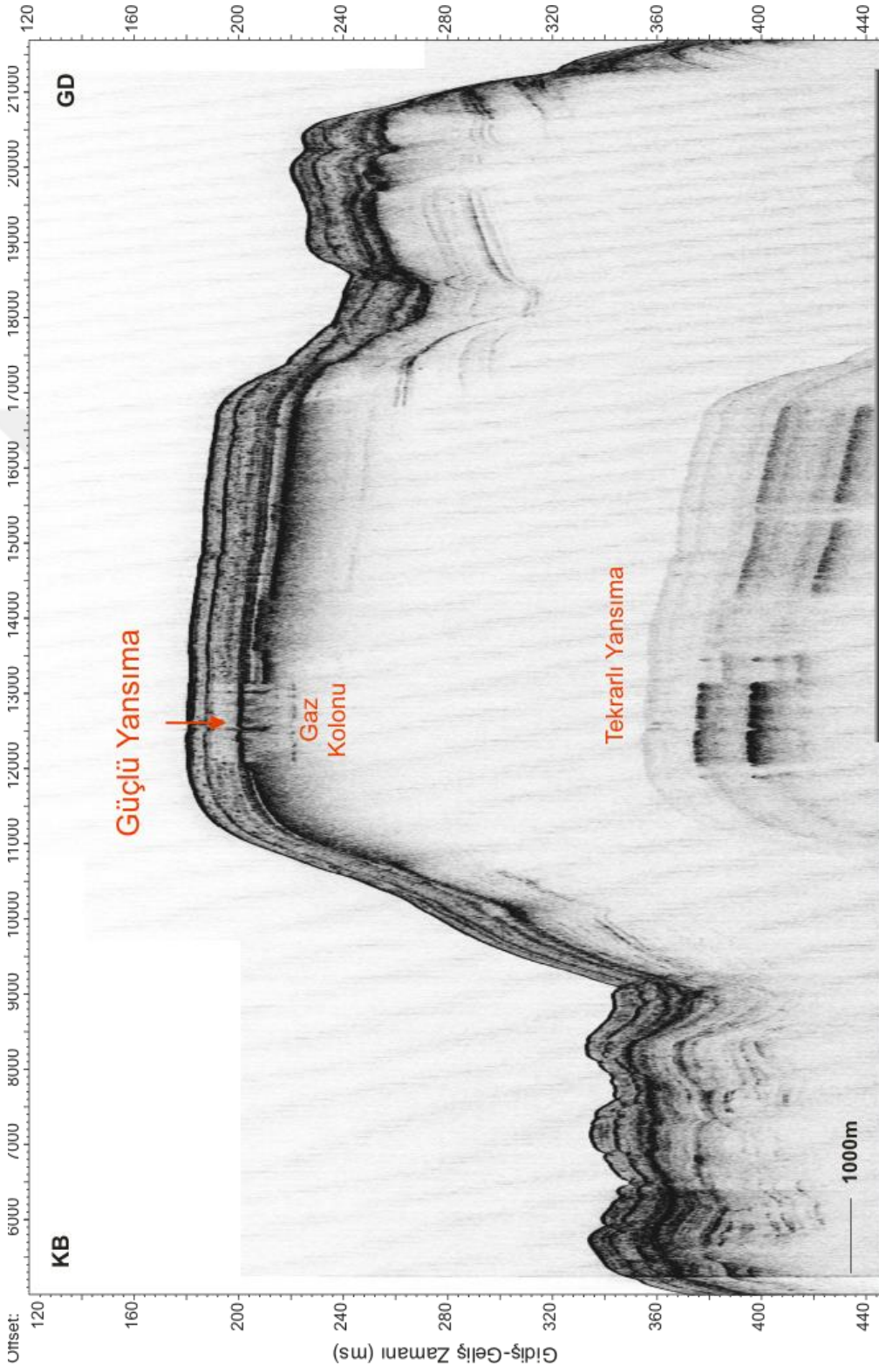
Şekil 5.14 Chirp-15 kesiti.



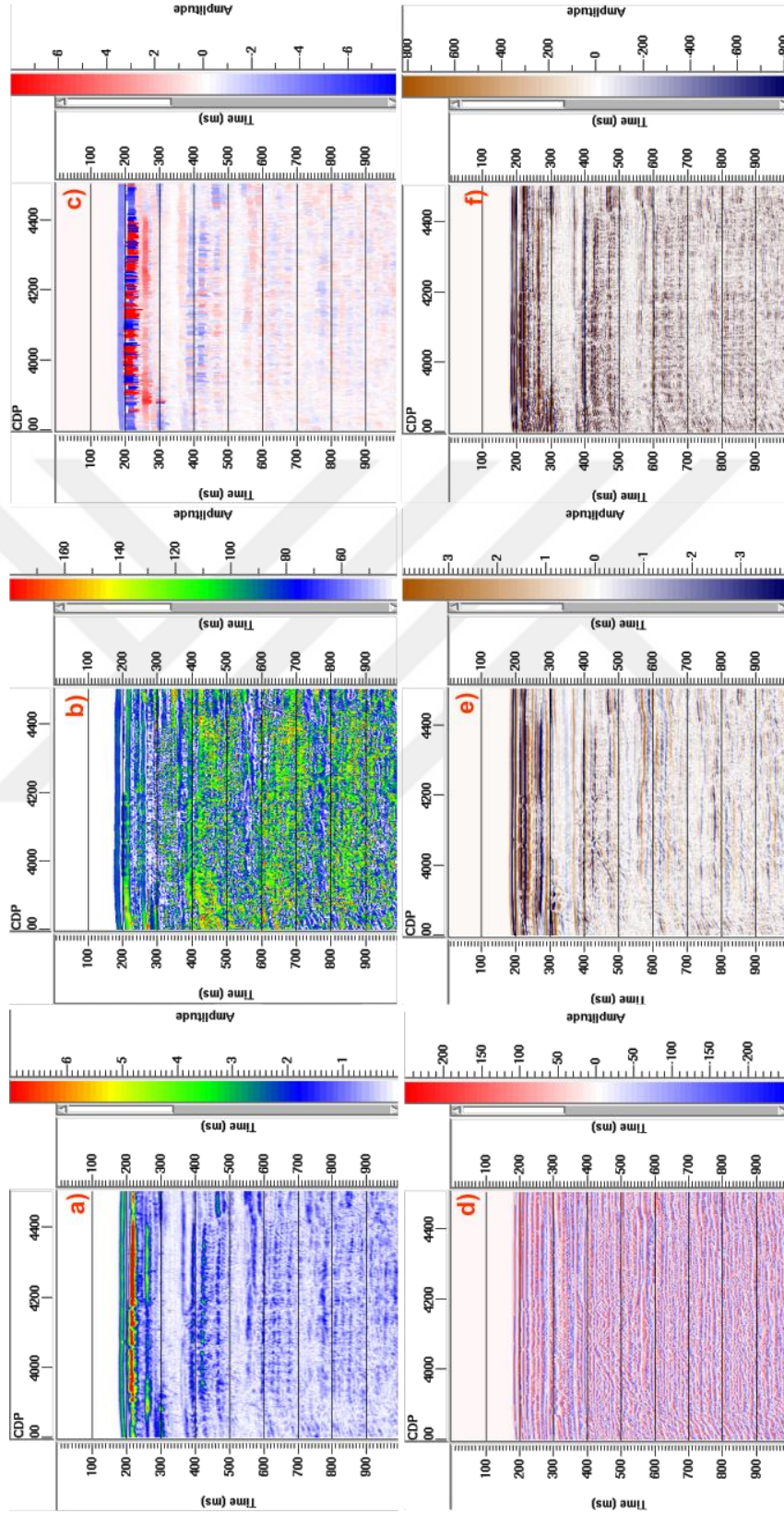
Şekil 5.15 Gm13-15 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev



Şekil 5.16 Gm13-16 sismik kesit ve lokasyonu ile birlikte verilmiştir. Sismik kesit üzerinde parlak nokta anomalisi ve altındaki gaz birikimlerinden dolayı tabakalardaki bozulan yansımalar açıkça görülmektedir.



Şekil 5.17 Chirp-16 kesiti ve kesit üzerinde sığ gaz birikimi gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Gm13-16 sismik kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti, d) Anlık faz kesiti, e) İntegral kesiti, f) Türev kesiti.

Şekil 5.19 e ve Şekil 5.19 f integral ve türev kesitler olup bu kesitler birbirinin zıttı anomali vermektedir. Yani zaman kesitine uygulanan bu iki niteleyiciden integral sismik kesit üzerindeki düşük frekans bileşenlerini güçlendirirken, türev kesiti yüksek frekans bileşenlerini güçlendirmektedir.

Gm13-40 B hattına ait sismik kesit Gemlik Körfezi'nde yaklaşık olarak D-B doğrultusunda uzanır (Şekil 5.20). Hattın uzunluğu 30 km'dir ve Gm 13-01 ile Gm13-01B hattı ile paraleldir. Hat üzerinde a, b, c olmak üzere dikdörtgenle belirtilen alanlar içerisinde gaz anomalisi gözlemlenmiştir. Hattın batı ucunda 1700-3200 m'leri arasında 1500 m genişliğinde sıg gaz birikimi gözlemlenmiştir. Gaz birikiminin hemen üzerinde yüksek akustik empedans farkından dolayı parlak nokta anomalisi meydana gelmiştir. Parlak noktanın derinliği zaman cinsinden 85 ms civarı olup metre olarak deniz tabanından itibaren 8 m'ye denk gelmektedir. Gaz biriminin doğu ucunun fay ile sınırlı olması ve gaz birikimini 2700 m civarında kesen bir fayın olması gaz birikiminin fay kontrolünde geliştiğini söylenebilir.

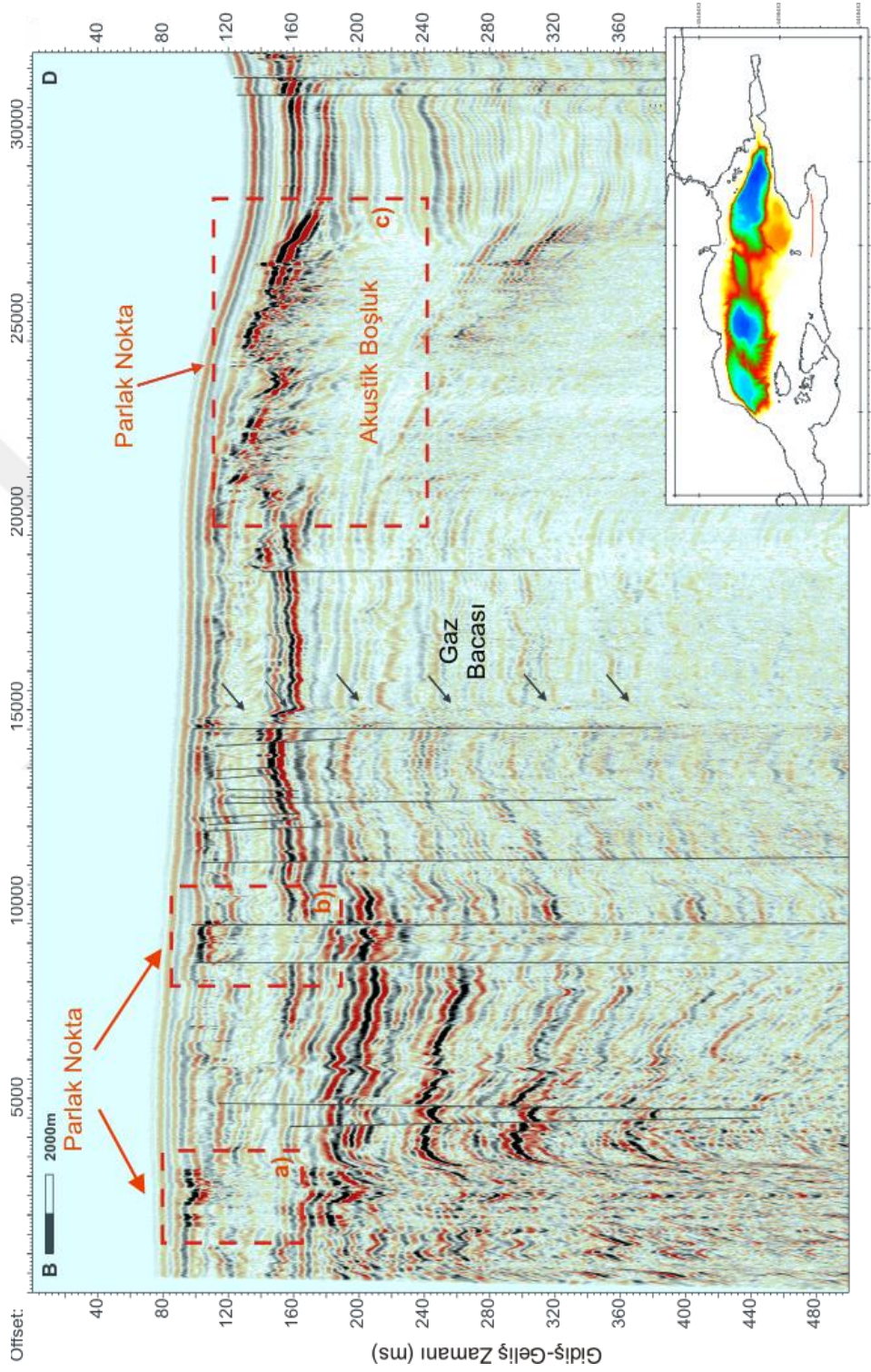
8500-9600 metreleri arasında 1100 m genişliğinde akustik boşluk mevcuttur. Gazın içerisinde sinyalin soğurulmasına bağlı olarak yansıma genlikleri düşmüş ancak yine de tabaka takibi yapmak mümkündür. Gazın derinliği, deniz tabanından itibaren hemen hemen 8-10 m civarında ve üstünde parlak nokta anomalisi görülmektedir. Hattın en doğu ucunda ise 20-27 km'ler arasında yaklaşık 6 km genişliğinde gaz birikimi mevcuttur. Gaz biriminin üzerinde parlak nokta anomalisi gözlemlenmiştir ve derinliği 110 ms civarındadır (bu derinlik yaklaşık olarak deniz tabanından 30 m'ye tekkabül etmektedir). Akustik maskelenme şeklindeki bu gaz birikimi içerisindeki yansımaların görülmesi çok olanaklı değildir. Hattın en doğu ucunda ise doğrultu atımlı güncel faylar mevcuttur.

Gm13-40B sismik hattından yaklaşık 10 km batıdan başlayan Chirp-40 B hattı Şekil 21'de görülmektedir. Hattın yaklaşık uzunluğu 40 km'dir. Hattın en batı ucunda 1900-2000 m'leri arasında kubbe görünümlü çamur tepesi yapısı mevcut olup bu yapı altından yansıma alınamamış ve tabakalar bir miktar bozulmaya uğramıştır. Bu kubbe görünümlü yapıya bioherm denilen biyojenik kökenli kabukların neden

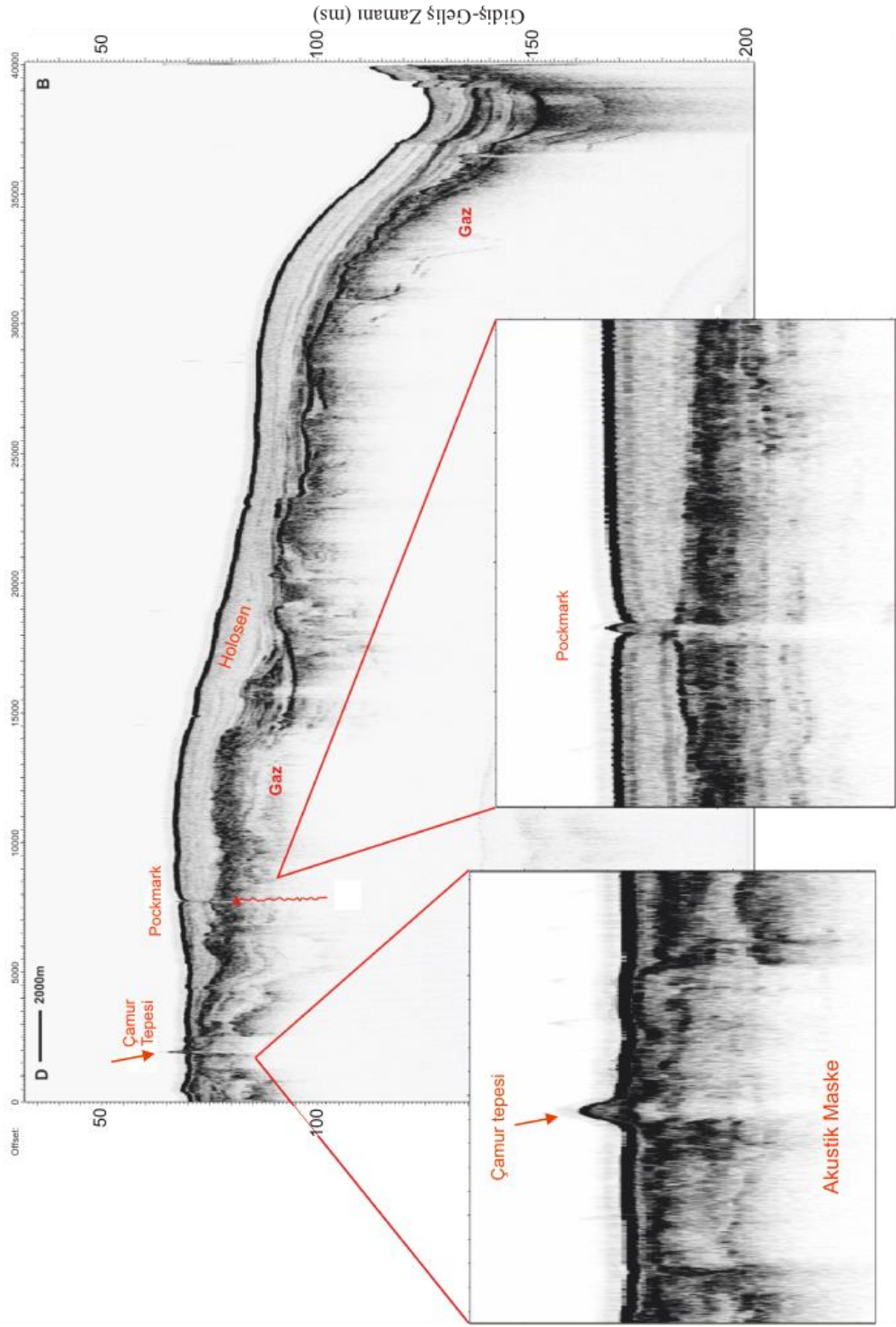
olduğu düşünölmektedir. Çamur tepelerinin altından yansıma alınamamakla birlikte erozyonel yüzeyi görmek mümkündür. Bu yapıların doğusunda 7500-8000 metreleri arasında ‘V’şekilli pockmark gözlemlenmiştir. Pockmarkın genişliği yaklaşık olarak 200 m ve çöküntü alanının yarattığı derinlik yaklaşık 2 m’dir. Pockmarkın hemen altındaki gaz bacası açıkça görölmekte ve deniz tabanından su kolonuna olan küçük sıvı akışı pockmarkların aktif güncel bir pockmark olduğunu göstermektedir. Bu sıvı çıkışı fişkıрма şeklinde olmayıp küçük ölçeklidir.

Sismik hatta 1700-3200 ve 8500-9600 m’leri arasında görölen parlak nokta ve sığ gaz anomalisi düşük penetrasyondan dolayı chirp kesitte gözlemlenememiştir. Hattın en doğu ucunda ise 33000-37000 arasında aynı hatta ait sismik hatta da görölen 4000 m genişliğinde ve akustik maskeleme şeklinde gaz birikimi gözlemlenmiştir. Gaz birikimi tabana paralel olup eğimli bir yapıya sahiptir. Gaz biriminin doğu ve batı uçlarında ise tabakalar gazın varlığı nedeniyle ani kesilmeler göstermiş ve gaz birikimi tabakaları tamamen maskelenmiştir. Hattın en doğu ucunda ise güncel faylar mevcuttur.

Sp-01 no’lu sparker hattı ve konumu Şekil 5.22’de görölmektedir. Hattın toplam uzunluğu 17 km olup G-K uzanımlidir. Hattın 6400-6600 m’leri arasında yaklaşık 150 m genişliğinde baca şeklinde gaz birikimi gözlemlenmiştir. Gaz birikimi 120 ms civarında yani deniz tabanından 30 m derinlikte başlamış ve gaz birikiminin üst noktasından güçlü yansıma anomalisi alınmıştır



Şekil 5.19 Gm 13- 40 B sismik kesit ve lokasyonu, a), b) ve c) olmak üzere üç alanda sıg gaz anomalisi ile birlikte parlak nokta anomalisi gözlemlenmiştir.



Şekil 5.20 Chirp- 40 B hattı ve hat üzerinde gözlenen çamur tepesi, pockmark, gaz bacası ve gaz birikimleri görülmektedir.

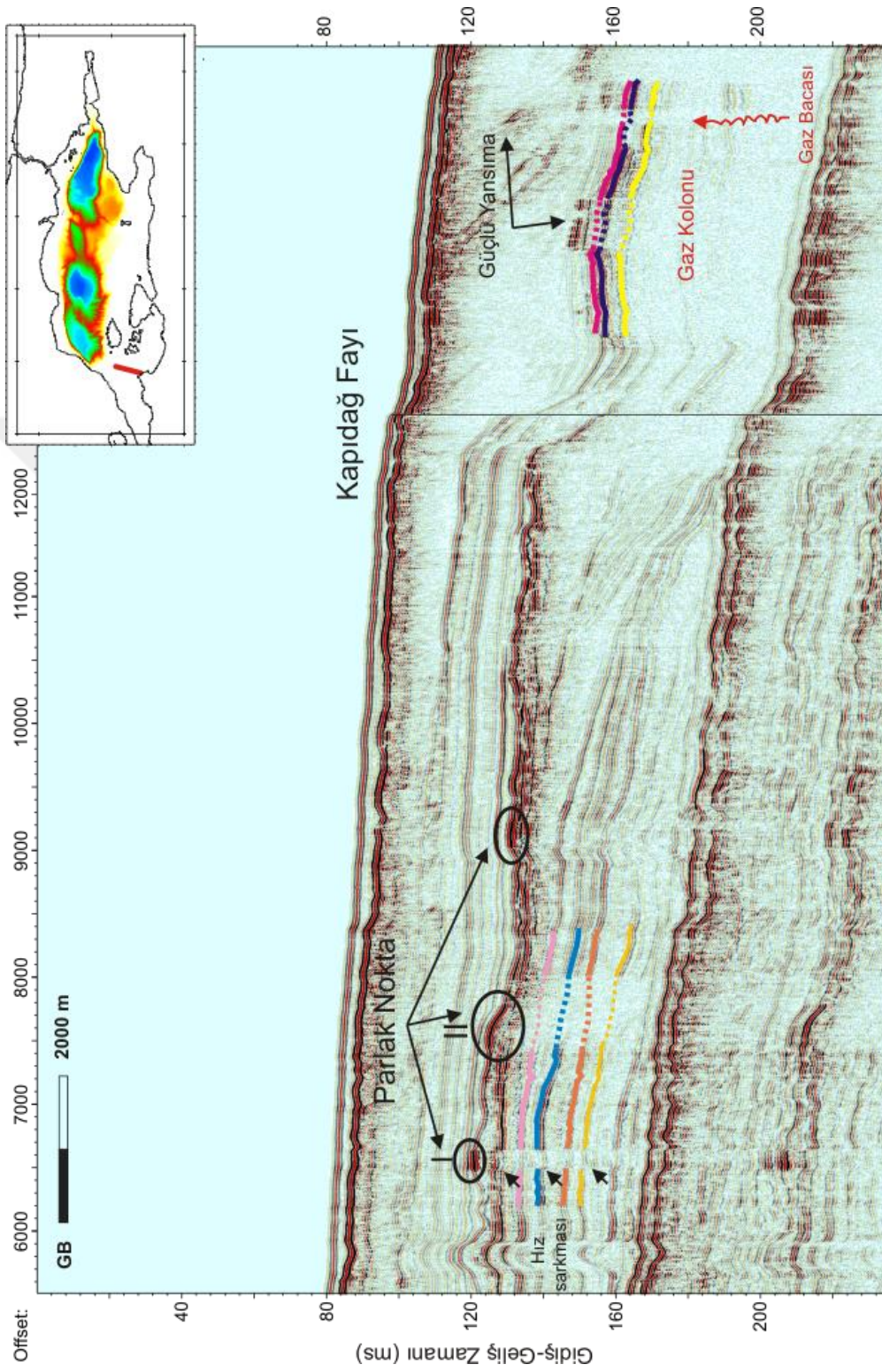
Gaz birikimleri içerisinde giren sinyalin hızı düşer ve gazın altında bulunan tabakalarda hız sarkmasına neden olurlar. Şekil 5.22 'deki hattın en güneybatı ucundaki gaz birikimi altında düşük hız anomalisi olan hız sarkması gözlemlenmiştir. Gaz birikimlerinin çevresindeki tabakalar gaz birikimi sınırlarında ani kesilmeler göstermiştir. Hattın kuzeydoğusuna doğru 7400-8000 m'leri arasında sık gaz birikimi gözlemlenmiştir. Gaz birikiminin genişliği 600 m ve derinliği hemen güneybatıdaki gaz birikimi ile aynı seviyelerde olup deniz tabanından itibaren yaklaşık 30 m'dir (120 ms civarı). Bu gaz birikiminin tepe noktasından alınan yansıma genlikleri çevre tabakaların genliklerinden birkaç kat daha yüksektir. Gaz birikimi akustik maske şeklinde olup çevresinde tabaka takibi çok net yapılırken gaz birikimi içerisinde tabaka devamlılığı gözlemlenememiştir.

Hattın 9000-9250 metreleri arasında güçlü yansıma anomalisi kaydedilmiştir. Bu yansımanın derinliği 130 ms civarında ve tabandan yaklaşık 30 m derindedir.

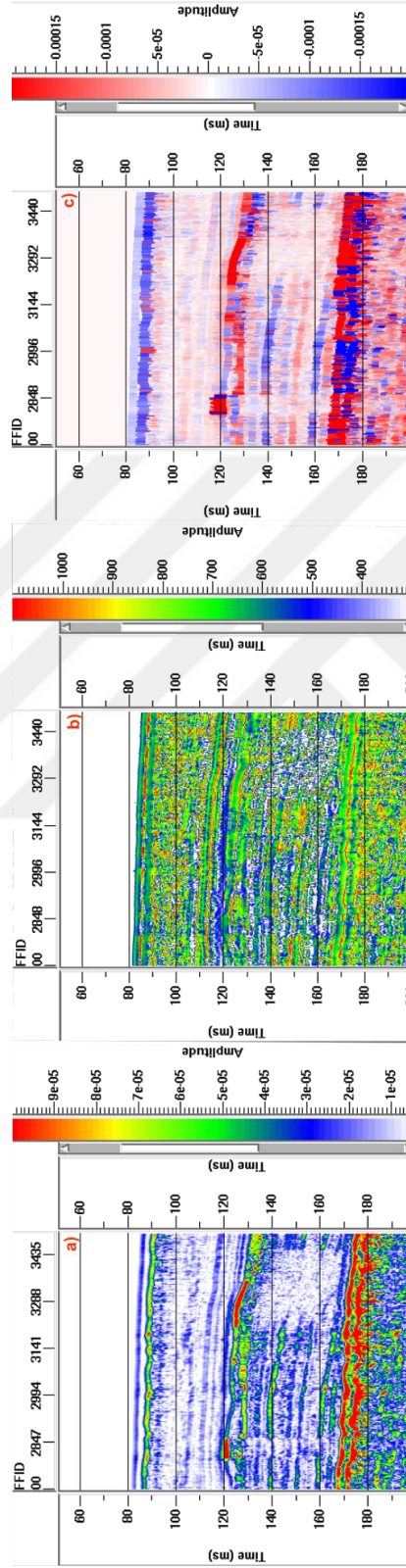
Sp-01 sparker hattı migrasyon kesitinde I ve II nolu alandan elde edilen nitelik kesitler Şekil 5.23'teki gibidir. Şekil 5.23 a)'da elde edilen zarf kesitte gaz bacası ve gaz kolonu üzerinden çevre yansıma genliklerine göre yaklaşık 10 kat daha fazla güçlü yansıma genlikleri alınmıştır. 170 ms civarında görülen kırmızı renki güçlü yansımanın sebebi ise ince tabaka etkisi olduğu düşünülmektedir.

Anlık frekans kesitine baktığımızda, migrasyon kesitteki güçlü yansıma anomalisinin hemen altında saçınmış şekilde düşük frekans zonları görülmektedir (Şekil 5.23 b).

Şekil 5.23 c'de görülen görünür polarite kesitinde, migrasyon kesitindeki güçlü yansıma anomalisi deniz tabanı ile ters polarite vermiştir. Bunun sebebi yüksek hızların gaz birikimi içerisinde düşerek polarite terslenmesine sebep olmasıdır.



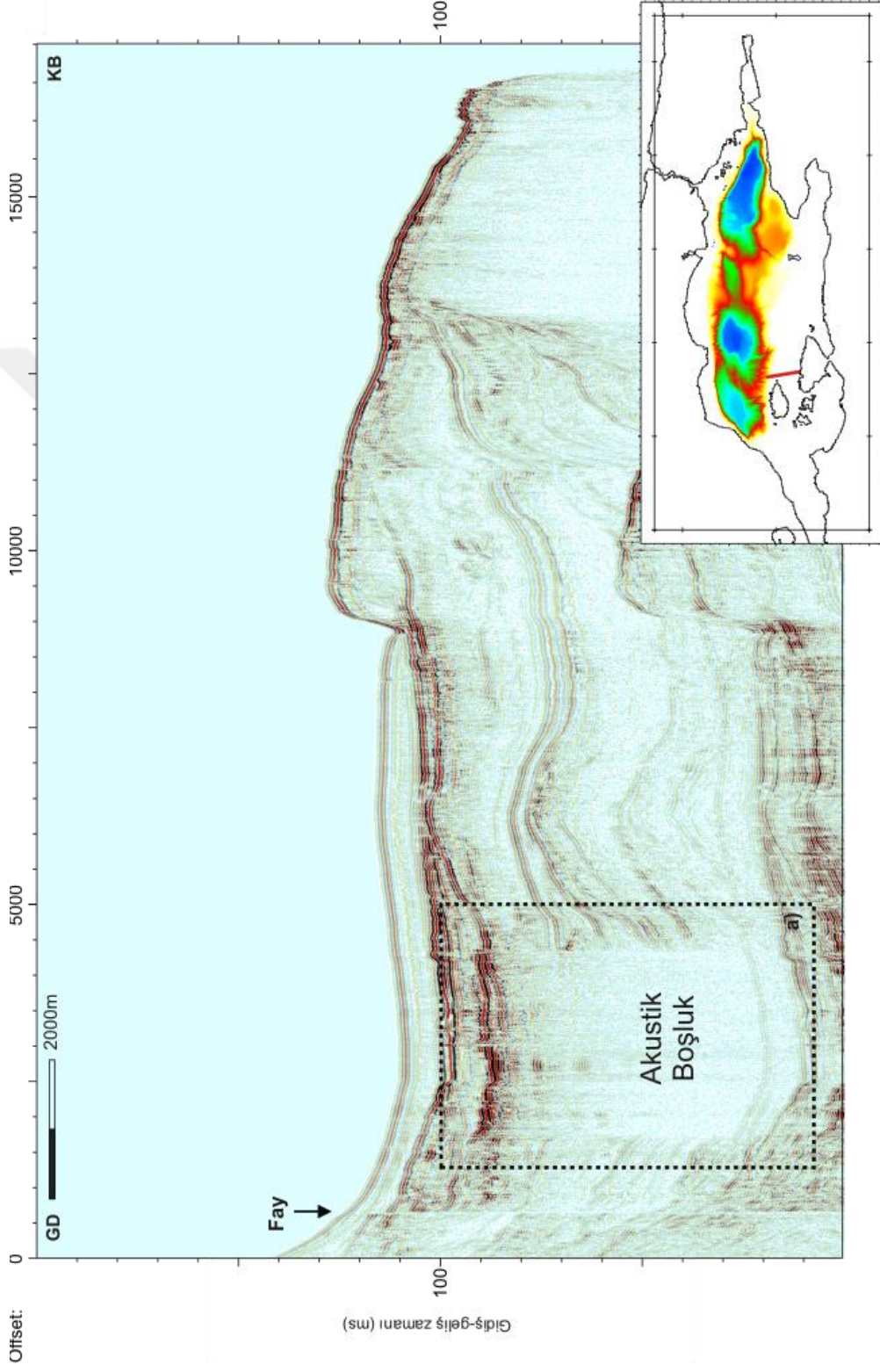
Şekil 5.21 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. Sismik kesit üzerinde gaz bacası, gaz kolonu ve güçlü yansımaya anomalileri ile hız sarkması gözlemlenmiştir.



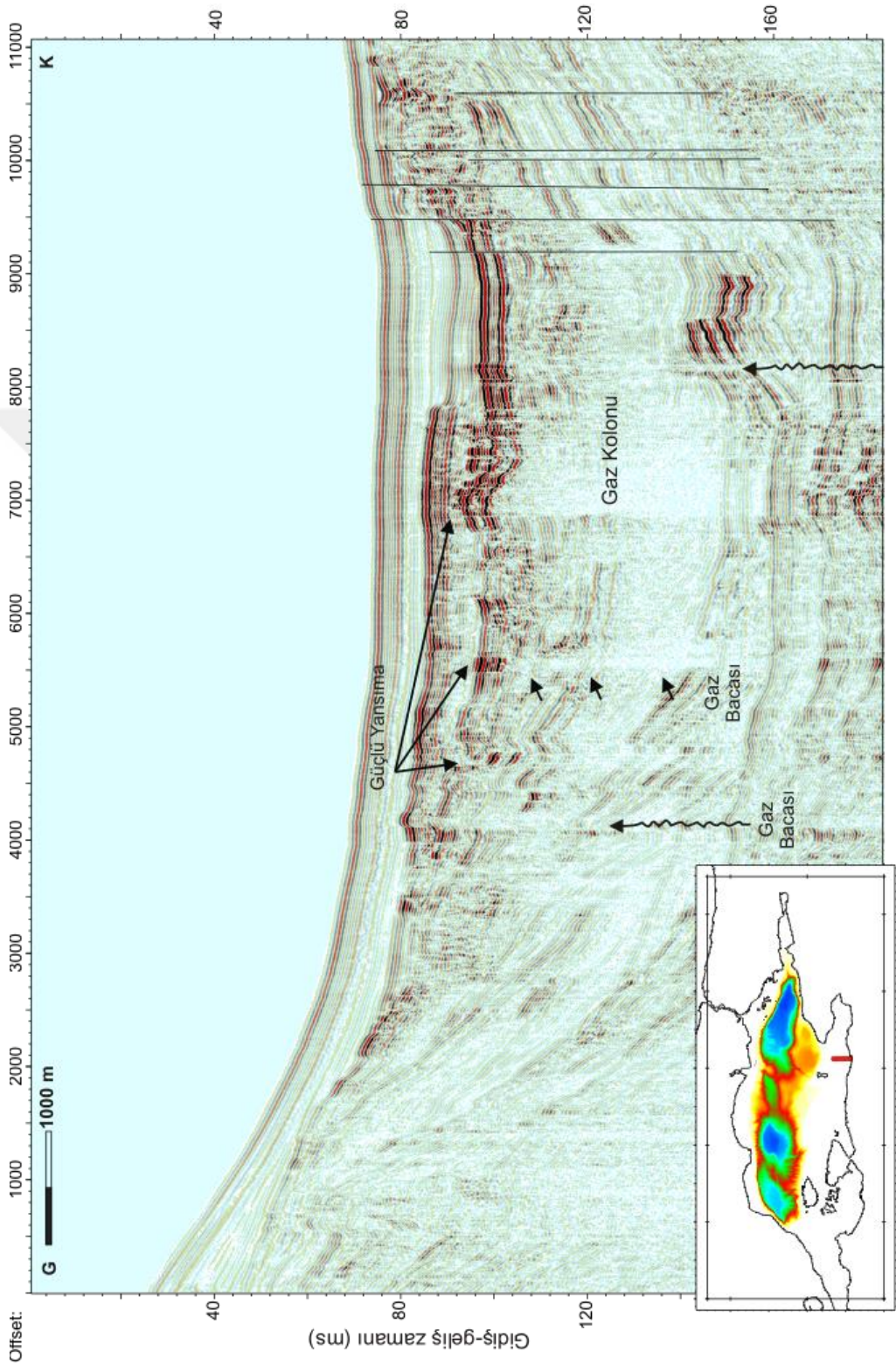
Şekil 5.22 Sparker kesitine ait a) Anlık genlik (zarf) kesit, b) Anlık frekans kesiti, c) Görünür polarite kesiti.

Şekil 5.24'te Kapıdağ Yarımadası'nın hemen üzerinde yaklaşık K-G uzanımlı Sp-11 sparker hattı görülmektedir. Hattın uzunluğu yaklaşık 17 kilometredir. Dikdörtgen şekil içerisinde gösterilen 'a' alanında akustik maske şeklinde gaz anomalisi görülmüştür. 'a' alanı içerisinde görülen gaz birikiminin genişliği yaklaşık 2.6 km'dir. 105 ms civarındaki yansıma genlikleri çevre tabaka genliklerinden birkaç kat daha yüksektir. Sismik kesitte görülen gaz birikiminin sınırları çok net belli olup gaz birikimi içerisinde tabaka devamlılığı izlenememektedir.

Sp-29 sparker hattına ait migrasyon kesit Şekil 5.25'te görülmektedir. K-G uzanımlı bu hat yaklaşık 11 km uzunluğundadır. Hat üzerinde 4100-4200 m'leri arasında yaklaşık 100 m genişliğinde baca şeklinde gaz birikimine rastlanmıştır. Gaz bacasının derinliği deniz tabanından itibaren 8 m derinlikte ve 80 ms civarındadır. Hat üzerinde 5500-5600 m'ler arasında 100 m genişliğinde baca şekilli sığ gaz birikimi mevcut olup gaz bacasının üzerinden çevre tabaka genliklerinden birkaç kat büyük genlikli güçlü yansıma alınmıştır. Güçlü yansıma 95 ms civarında olup 15 m derinliktedir. 6750-8000 m'leri arasında sığ gaz birikimi niteliğinde bir anomaliye daha rastlanmıştır. Yaklaşık 1 km genişliğindeki gaz birikiminin derinliği 15 m civarındadır. Gaz birikiminin üstünde güçlü yansıma anomalisi mevcuttur. Gaz birikiminin devamında 8100-8200 m arasında 50 m genişliğinde gaz bacası mevcuttur. Gaz bacasının hemen üstünde ise güçlü yansıma anomalisi gözlemlenmiştir. Hattın kuzey ucunda ise aktif ve inaktif faylar mevcuttur.



Şekil 5.23 Sp-11 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. a) alanında akustik maskeleye şeklide siğ gaz birikimi gözlemlenmiştir.

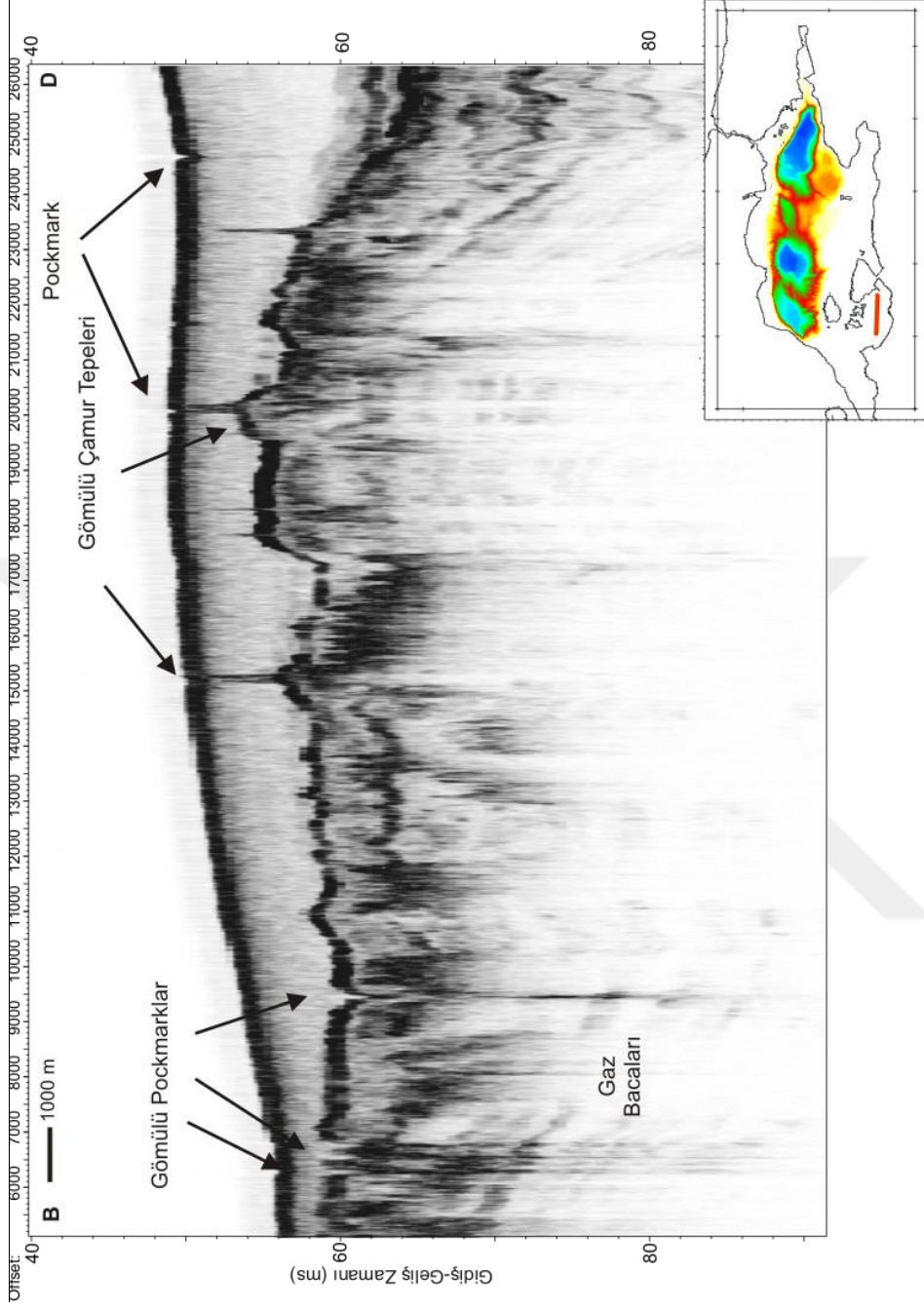


Şekil 5.24 Sp-29 Sparker hattı migrasyon kesiti ve lokasyonu. Kesit üzerinde gaz birikimi, gaz bacası, güçlü yansımave gaz kolonuna rastlanmıştır.

Şekil 5.25’de Erdek körfezi boyunca D-B yönünde uzanan Chirp-39 hattı ve lokasyonu görülmektedir. Kesit üzerinde aktif ve gömülü pockmarklar ile çamur tepeleri görülmektedir. Gömülü pockmarkların deniz tabanından itibaren yaklaşık derinliği 4 m’dir ve genişlikleri 100-125 m arasında değişmektedir. Gömülü pockmarklar son düşük su seviyesi döneminde oluşmuş ve daha sonra son jeolojik zaman olan Holosen boyunca üzeri denizel çökeller ile kaplanmıştır.

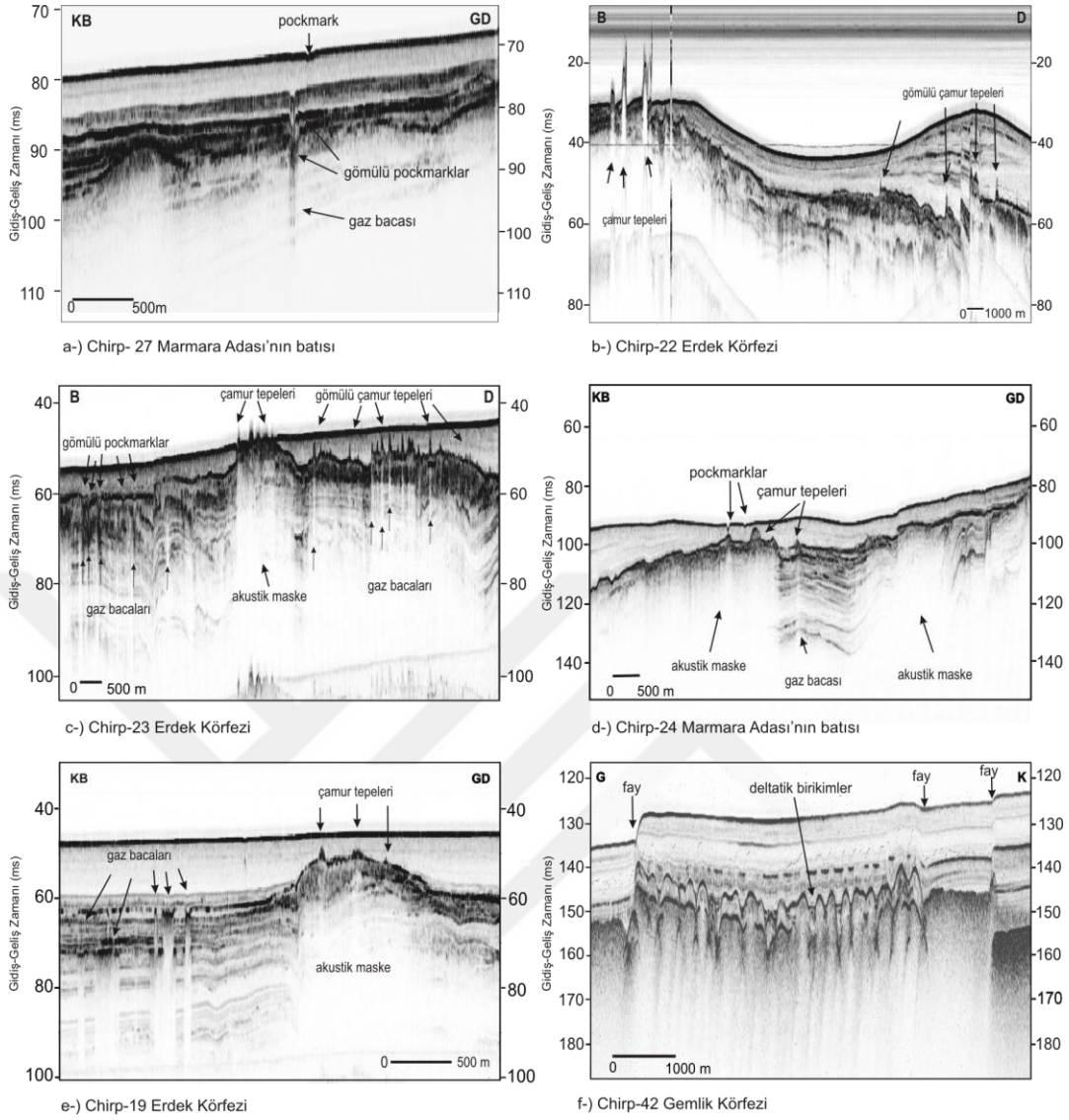
Çamur tepeleri holosen öncesi düşük su seviyesi sedimanları sınırında meydana gelmiştir ve bazıları deniz tabanına ulaşmıştır. Bu yapıların pockmark oluşumu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.





Şekil 5.25 Chirp-39 hattı ve lokasyonu.Hat üzerinde ,pockmark, gömülü pockmark, gaz bacası ve çamur tepelerine rastlanmıştır.

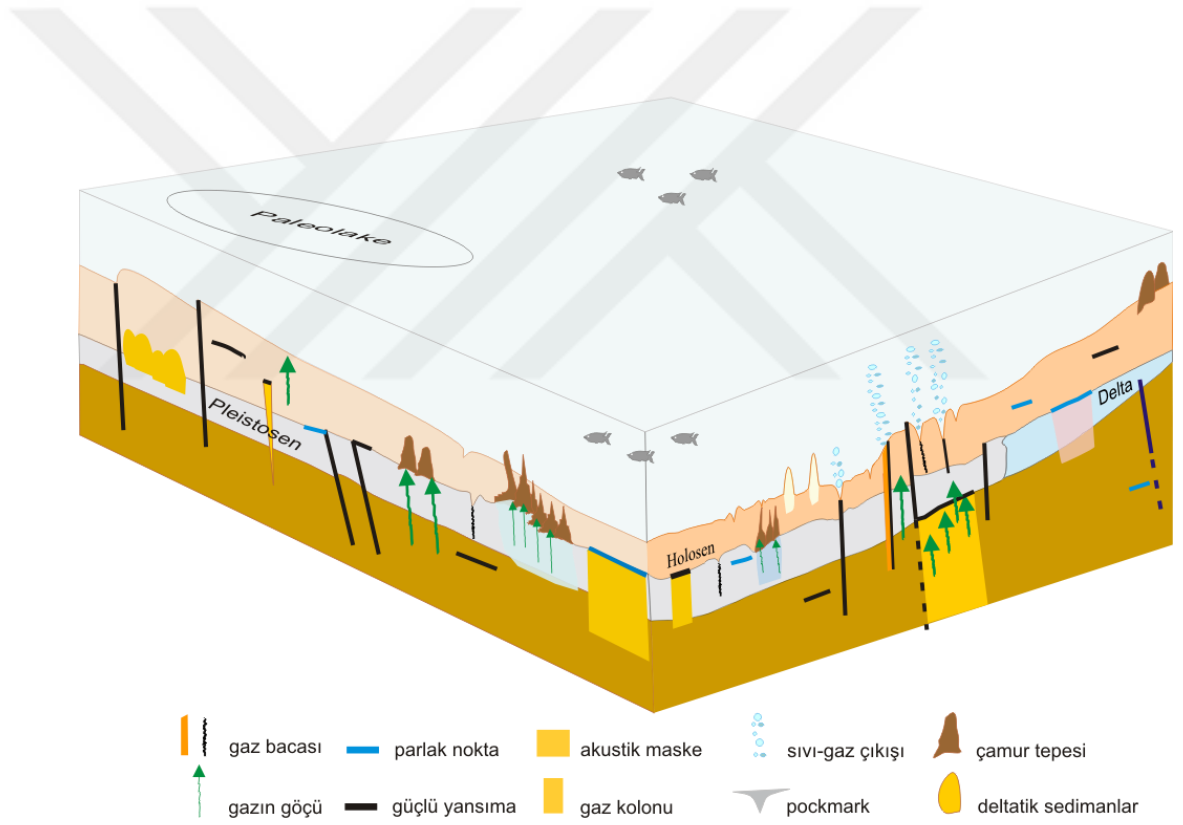
Şekil 5.26' da çalışma alanının gözlemlenen çamur tepeleri, pockmark, gömülü pockmark, akustik maske, gaz bacası ve deltatik sediman birikimlerine örnekler gösterilmiştir. Bu kesitlere baktığımızda Şekil 5.26 a)' da Marmara Adası'nın batısından alınan kesitte gömülü pockmarkın hemen üzerinde meydana gelen pockmark GD yönünde belli bir miktar kayma yaşamıştır. Bunun sebebinin gazların göç yollarının değişimi ve yerin iç yapısının tektonik rejimler altında kolayca değişebilmesidir. Şekil 5.26 b) Erdek Körfezi'nde D-B uzanımlı Chirp-22 hattı görülmektedir. 2000-5000 m'ler arasında 3 adet çamur tepesi gözlemlenmektedir. Bu yapılar, altından sinyal alınamayan yükselimler şeklindedir. Bunlardan I'in deniz tabanından itibaren yüksekliği 2 m ve genişliği 325 m civarındadır. II'nin genişliği 350 m ve yüksekliği yaklaşık olarak 7.5-8 m arasındadır. III ise 325 m genişliğinde ve yüksekliği 7.5-8 m'dir. . Şekil 5.26 c) Erdek Körfezi'nde D-B uzanımlı Chirp-23 hattı üzerinde gömülü pockmarklar ile hemen altlarında dikey yükselim şeklinde olan beslenme kanalları görülmektedir. Yine hat üzerinde akustik maske üzerinde meydana gelen çamur tepeleri deniz tabanına çıkarak yüzlek vermişlerdir ve hattın hemen batısında gaz bacalarının hemen üzerinde gömülü çamur tepeleri görülmektedir. Şekil 5.26 d)' de Marmara Adası'nın batısından Chirp-24 hattı üzerinde akustik maske üzerinde meydana gelmiş çamur tepeleri ve ilişkili yapılar olan pockmark ile meydana gelmiştir. Çamur tepeleri holosen birimlerin hemen altında düşük su seviyesi sedimanları ile içiçedir. Şekil 5.26 e)' de Erdek Körfezi'nde KB-GD uzanımlı Chirp-19hattı görülmektedir. Bu hat üzerinde gömülü pockmarklar ile akustik maske üzerinde gözlemlenen çamur tepeleri açıkça görülmektedir. Son olarak Gemlik Körfezinde K-G uzanımlı chirp-42 hattı üzerinde deltatik birikimler net bir şekilde gözlemlenmiştir Şekil 5.26 f).



Şekil 5.26 Çalışma alanında gözlemlenen pockmark, gömülü pockmark, çamur tepeleri, akustik maske ve deltatik birikimlere örnekler.

BÖLÜM ALTI SONUÇLAR

Tez kapsamında toplanan çok kanallı sismik yansımaya, sparker ve chirp verileri üzerinde gaz birikimleriyle ilişkili, gaz bacası, gaz kolonu, akustik maskeleme, güçlü yansımaya, gömülü pockmark, pockmark, parlak nokta, gaz çıkışı, ve çamur tepesi yapıları haritalanmış, elde edilen bu harita Sorlien (2012) tarafından oluşturulan fay haritası ile birleştirilmiş ve aynı Güney Şelf boyunca gözlemlenen gaz birikimi anomalilerinin modeli oluşturulmuştur. Aynı zamanda bazı çok kanallı sismik yansımaya ve sparker kesitlerine nitelik analizleri uygulanmıştır.



Şekil 6.1 Güney Marmara Şelfi boyunca gözlemlenen gaz anomalilerinin modeli

Oluşturulan bu modele bakıldığında, Gaz bacaları, aktif ve gömülü pockmarklar ile çamur tepeleri altında görülmüştür. Bazı gaz bacalarının ise gazın fay boyunca bir baca yoluyla yüzeye göç etmesi yoluyla meydana geldiği düşünülmektedir.

Parlak noktalar, akustik maske veya gaz kolonu üzerinde ve fay zonu yakınlarında gözlemlenmişlerdir. Pockmarkların çoğu su kolonu içerisinde aktif gaz sızıntıları ile ilişkili iken bazılarında gaz çıkışı gözlemlenmemiştir.

Bazı pockmarklar ise çamur tepelerinin tamamen üzerinde oluşmuşlardır. Bütün gömülü pockmarklar Holosen birimlerin hemen altında son düşük su seviyesi sınırında görülmüşlerdir.

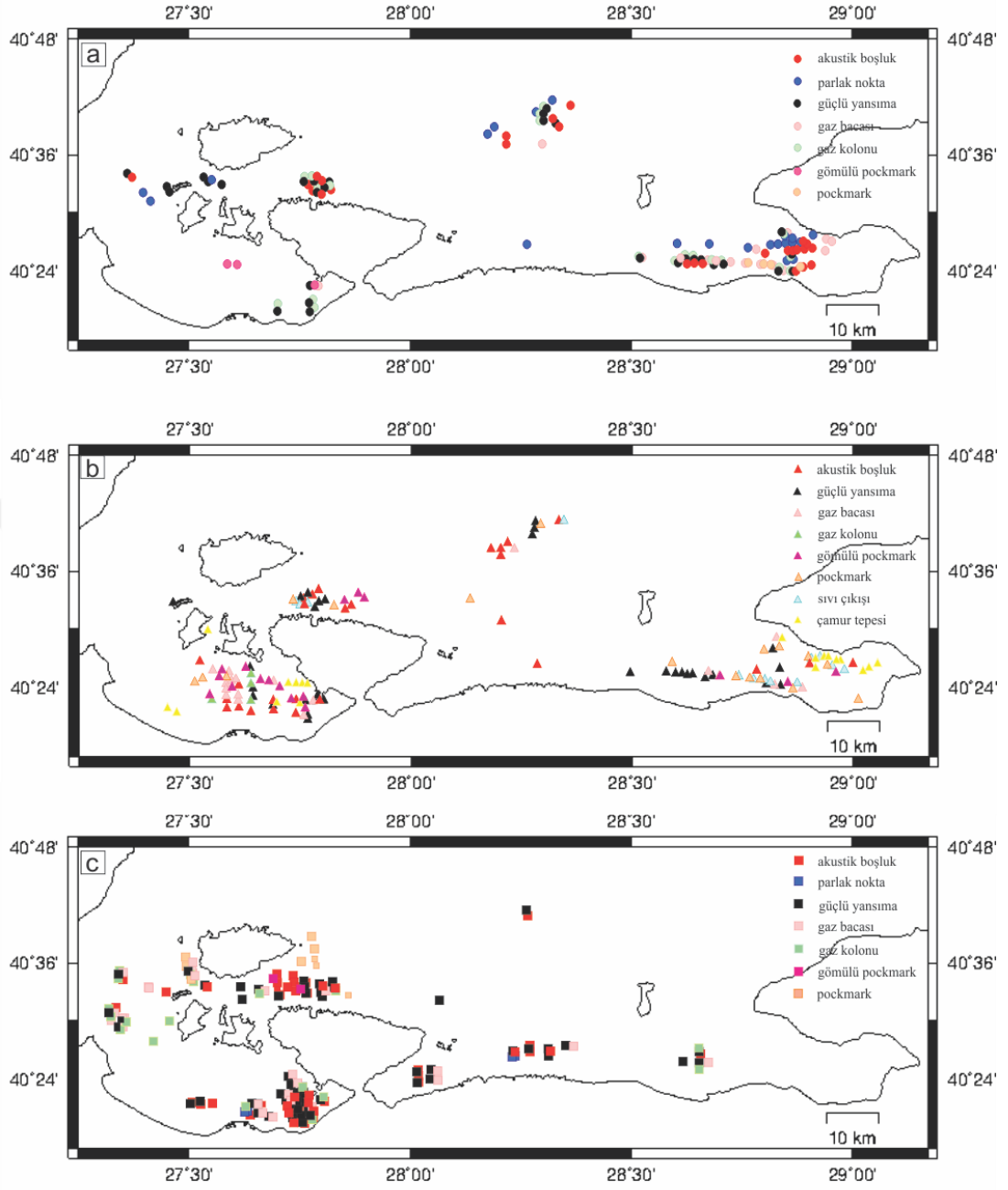
Bazı bölgelerde hem gömülü pockmark hemde deniz tabanında meydana gelmiş olan pockmarklar birarada gözlemlenmiştir.

Bazı gömülü pockmarklar, çamur tepelerinin hemen yakınında görülmüştür.

Çamur tepeleri dikey yönde akışkan akışının göstergelerinden biri olup chirp kesitlerde deniz tabanında veya gömülü olarak birçok noktada gözlemlenmiştir.

Gömülü çamur tepelerinin bazı chirp kesitlerde gömülü veya deniz tabanındaki pockmarkların yanında görülmesinden dolayı, bu yapıların gaz veya sıvı çıkışı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma alanında az miktarda görülen gaz sızıntıları genellikle doğrultu atımlı faylarla ilişkilidir.



Şekil 6.2 Güney Marmara Şelfi'nde toplanan, a) çok kanallı sismik yansımaya, b) chirp ve c) sparker kesitlerinde görülen gaz bacası, gaz kolonu, akustik maske, pockmark, gömülü pockmark, güçlü yansımaya, parlak nokta gibi gaz birikimi anomalilerinin dağılımı.

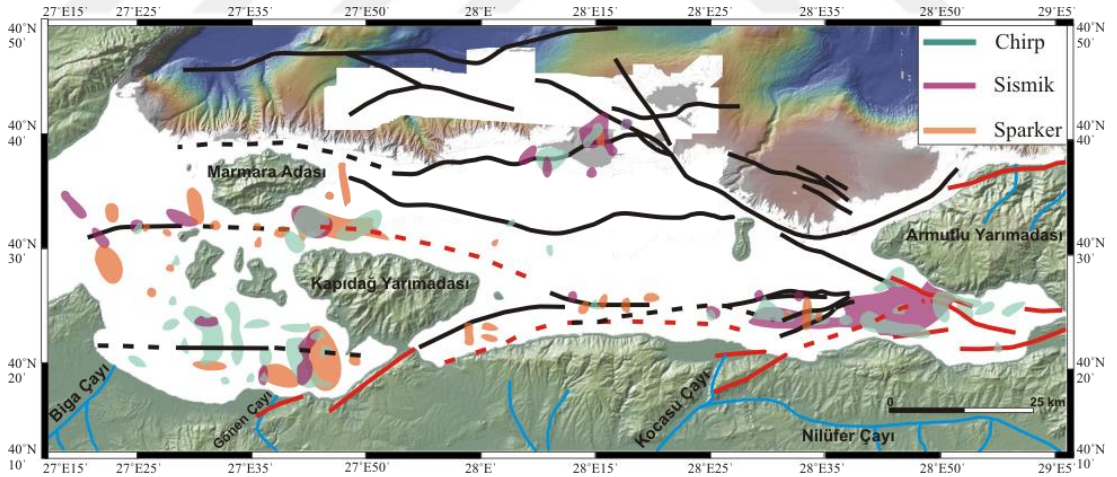
Akustik maskeler, gaz kolonları ve güçlü yansımalar chirp, sparker ve sismik kesitlerde çalışma alanı boyunca en baskın olarak gözlemlenen yapılar olup akustik maske ve gaz kolonları genellikle, güçlü yansıma ya da parlak nokta anomalileri ile birlikte fay zonları boyunca gözlemlenmiştir.

Güçlü yansımalar ise çevre sedimanlarla ve farklı stratigrafik seviyelerle uyum içerisinde olup akustik boşluk zonları, gaz kolonları, fay, pockmark ve gaz bacalarının yakınında veya üzerlerinde oluşurlar.

Güçlü yansımalar Gemlik Körfezi'nde pockmarklara yakın alanlarda meydana gelmiş ve gazın varlığına dair bir diğer gösterge olarak kabul edilmiştir.

Ani şekilde gaz çıkışı ile oluşan 'V' şekilli deniz tabanı çöküntüleri olan pockmarklar Gemlik Körfezi'nde yoğun şekilde gözlemlenmiştir.

Gemlik Körfezi'nde bazı pockmarklar direk faylar ile oluşurken bazıları da akustik maskelerin yakınında veya üzerinde meydana gelmişlerdir.



Şekil 6.3 Şekil 6.2 de görülen gaz haritası Sorlien (2012) tarafından hazırlanan fay haritası ile üst üste konulmuştur.

Birçok akustik boşluk zonu sınırı son dönem düşük su seviyesi tabakaları sınırı ile kesişmektedir. Su seviyesi değişimleri ve hızlı sedimantasyon oranı, gaz birikimlerini vegazın sedimanlar boyunca göçünü kontrol ettiği söylenebilir.

Fay yakınlarında meydana gelen akustik boşlukların ise daha derin yapılarla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Fay zonlarında meydana gelen parlak nokta ve güçlü yansıma anomalileri, gazın geçirgen tabakalar aracılığıyla fay zonu boyunca taşınması ihtimalini güçlendirmiştir.

Parlak noktalara uygulanan nitelik analizlerinden elde edilen zarf, anlık frekans, görünür polarite gibi kesitler gazın varlığına destekler niteliktedir.

Bazı güçlü yansıma ve parlak nokta anomalileri, deltatik sedimanların içerisinde meydana gelmiştir ve bu deltatik sedimanlar gaz birikimleri oluşması için bir kapan görevi görebilirler.

Gaz bacalarının, sıvı veya gaz çıkışları, pockmarklar ve faylarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu ilişki, gevşek sedimanlar boyunca gaz bacası ve deniz tabanında pockmark oluşumuna yol açabilir.

Aktif pockmarkların fay zonları üzerinde gözlemlenmesi bölgenin sismik aktivitesi ile ilişkilidir.

İnaktif pockmarkların üzerinde aktif pockmarkların meydana gelmiş olması, gazın, göç yolundaki değişimler ile sığ sedimalarda yerin iç yapısı ve küçük fayların sebep olduğu bozulma zonlarının lokal geçirgenliğinin tektonik rejim altında kolayca değişebilmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Marmara Denizi'nde periyodik olarak su seviyesi değişimleri gerçekleşmiştir. Düşük su seviyesi boyunca kesintiye uğrayan gaz çıkışları, su seviyesinin yükselmesiyle birlikte sığ sedimentlerde pockmarkların aktif hale gelmesinin nedeni olabilir.

Erdek Körfezi'nin güneybatısında gözlemlenen çamur tepeleri Aksu ve diğ. (1999) tarafından Biga Çayı'nın ağzından alınan core bilgisi ışığında gömülü yükselti ve kum bariyerleri olarak yorumlanmıştır.

Gömülü çamur tepeleri, Marmara Denizi'ndeki düşük su seviyesi sonrası yüksek sedimentasyon oranına işaret etmektedir

Sığ sedimanlarda gözlemlenen gazların iki kaynağı olabilir. 1.si düşük sıcaklık koşulları altında organik maddenin bozulmasıyla ortaya çıkan biyojenik gaz ve diğeri ise yüksek sıcaklık koşulları altında daha çok derin kısımlardaki organik bileşiğin bozunması esasına dayanan termojenik kökenli gazdır.

Çalışma alanında derinde oluşan gazların termojenik kökenli olduğu bununla birlikte organik maddece zengin sığ sedimentler içerisinde de gaz oluşumunun mevcut olduğu düşünülmektedir.

Sığ gaz birikimi göstergeleri Sorlien ve diğ., (2012) tarafından hazırlanan fay haritası ile üst üste konulmuştur. Çalışma alanında gaz birikimleri Kuzey Anadolu Fayının Orta kolu boyunca meydana gelmiştir. Su kolonunda gözlenen gaz çıkışları fay boyunca gözlemlenmiş ve sismik aktivitenin kanıtı olarak yorumlanmıştır. Benzer şekilde Kuşçu ve diğ., (2005) 17 Ağustos 1999 depreminden sonra İzmit Körfezi'nde su kolonuna gaz çıkışlarının arttığını belirtmiştir.

Marmara Adası'nın batısındaki alandaki akustik maskeler fay hattı ile sınırdır.

Şelf dışındaki sığ gaz birikimleri genelde deniz tabanının 120-150 m altında gözlemlenmiştir. Bununla birlikte gaz içeriği ve gazın kökeni hala bilinmemektedir. Ancak akustik maske ve gaz anomalilerinin fayla sınırlı olması termojenik gazın derin faylar ile birlikte derin seviyelerden yukarı doğru hareketini olası kılmaktadır.

Güney Marmara Şelfi'nde son buzul çağı boyunca taşınan nehirsal malzeme, gölsel koşullar altında meydana gelmiştir. Gaz birikimi zonlarının yanında delta

ilerlemesi görülmüş ve bu gaz tip gaz birikimlerinin kaynağı biyojenik gaz olarak yorumlanmıştır. Aynı zamanda çamur tepelerinin de biyojenik gaz ile ilişkili olduğu ve bu yapıların pockmarklar ile görülmesi bu savı kuvvetlendirmektedir.

Erdek körfezi'ndeki gaz birikimlerinin yoğun dağılımı nehirsal malzemenin varlığından dolayı biyojenik kökenli, Gemlik Körfezi'nde ise gaz birikimlerinin fay boyunca uyumlu bir şekilde görülmesi termojenik, Kocasu Nehri'nin taşıdığı organik malzemenin varlığından dolayı da biyojenik kökenli olduğu düşünülmektedir.

Deniz seviyesi değişimlerinden dolayı organik maddece zengin malzemenin yüksek çökelme oranı ile ortaya çıkan çamurlu sedimanlar çalışma alanında görülen gaz indikatörlerinin kaynağı olarak görülebilir.

KAYNAKLAR

- Adatepe, F. M. (1988). *Marmara Denizi jeofizik verilerinin degerlendirilmesi*.İstanbul Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul
- Aloisi, G., Pierre, C., Rouchy, J.-M., Foucher, J.-P.ve Woodside, J. (2000). Methane-related authigenic carbonates of eastern Mediterranean Sea Mud Volcanoes and their possible relation to gas hydrate destabilisation. *Earth and Planetary Science Letters*, 184 (1), 321–338.
- Barka, A.A., Sakınç, M. ve Yaltrak, C. (1988).Marmara Denizi'nin jeolojisi ve jeofiziği.*Türkiye Denizlerinin ve Yakın Çevresinin Jeolojisi* (editör: N. Görür), 131-210.
- Barka, A. A. ve Kadinsky-Cade, K. (1988).Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity.*Tectonics*, 7, 663-684.
- Brown R. A. (2000). Understanding seismic attributes, *Geophysics*, 66 (1), 47–48
- Coleman, J.M. ve Roberts, H.H. (1988).Deltaic coastal wetlands. (Eds.: Van der Linden, W.J.M., Cloeting, S.A.P.L, Kaasschieter, J.P.K, Vanderberghe, J., Van der Graaf, W.J.E ve Van der Gun, J.A.M.) *Coastal Lowlands Geology and Geotechnology*; Kluwer Academic Publishers, 1-24, Dordrecht.
- Cukur, D., Krastel, S.,Tomonaga Y.M., Çağatay N., Meydan, A.F. ve The PaleoVan Science Team. (2013). Seismic evidence of shallow gas from Lake Van, eastern Turkey, *Marine and Petroleum Geology*
- Çifçi, G., Dondurur, D. ve Okay, S. (2005).*Yüksek ayrımlı deniz jeofiziği yöntemleri*. Ankara. Mirza Tanıtım.

- Davis, A.M. (1992). Shallow gas: an overview. *Continental Shelf Research*,12, 1077e1079.
- Dondurur, D. (2005). *Doğu Karadeniz 'de gazı doymuş tortullar ve bunların sismik ve sonar verileri ile araştırılması*, Dokuz Eylül Üniversitesi. Doktora Tezi İzmir
- Dondurur, D. (2009).*Deniz sismikliğinde veri işleme*.Ankara.: TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Eğitim Yayınları
- Dondurur, D., Özel, Ö., Çifçi, G., Gürçay, S., Küçük, H.M., Er, M. ve diğer., (2012). Batı Karadeniz kıtasal yamacından bir resif yapısının sismik analizi, *Jeofizik*,16, 3-15.
- Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E. (1998).Doğu Marmara Bölgesinin Neojen-Kuvaternerdeki evrimi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 120, 233-258.
- Ergün, M., Dondurur, D. ve Çifçi, G. (2002).Acoustic evidence for shallow gas accumulations in the sediments of the Eastern Black Sea, *Terra Nova*, 14, 313-320.
- Fleischer, P., Orsi, T.H., Richardson, M.D. ve Anderson, A.L. (2001). Distribution of free gas in marine sediments: a global overview. *Geo-Marine Letter*, 21, 103-122.
- Garcia-Gil, S., Vilas, F. ve Garcia-Garcia, A. (2002). Shallow gas features in incised-valley fills (Ria de Vigo, NW Spain): A case study. *Continental Shelf Research*, 22, 2303-2315.
- Gay, A., Lopez, M., Berndt, C. ve Seranne, M. (2007). Geological controls on focused fluid flow associated with seafloor seeps in the Lower Congo Basin. *Marine Geology* 244, 68e92.

- Güneysu, A. C. (1988). Marmara Denizi güneyinin denizaltı ve kıyı jeomorfolojisi. *Deniz jeolojisi, 4. Türkiye Deniz Araştırmaları Sempozyumu*, 14-15 Mayıs 1998, s.166-171
- Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş., ve Özburan, M. (2003). Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 1041-1051.
- Görür, N., Çağatay, M.N., Sakıncı, M., Sümengen, M., Şentürk, K., Yalıtırak, C. ve diğer., (1997). Origin of the Sea of Marmara as deduced from Neogene to Quaternary paleogeographic evolution of its frame. *International Geology Review*, 39, 342-352.
- Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş. ve Özburan, M. (2003). Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 1041-1051.
- Judd, A.G. ve Hovland, M. (1992) The evidence of shallow gas in marine sediments. *Continental Shelf Research*, 12, 1081-1095.
- Judd, A.G. (2000) Geological sources of methane, In : Khail MAK (rd) *Atmospheric methane: Its role in the global environment*. New York, Springer-Verlag,
- Judd, A.G. ve Curzi, P.V. (2002) The rising influence of shallow gas: an introduction to the Bologna Conference on Gas in Marine Sediments. *Continental Shelf Research*, 22, 2267-2271
- Judd, A.G., Hovland, M., Dimitrov, L.I., Garcia-Gill, S. ve Jukes, V. (2002). The geological methane budget at Continental Margins and its influence on climate change, *Geofluids*, 2, 109-126.

- Judd, A.G. (2003). The global importance and context of methane escape from the seabed. *Geo-Marine Letters*, 23 (3-4), 147-154.
- Judd, A.G., ve Hovland, M. (2007). *Seabed fluid flow, the impact on geology, biology and the marine environment*. New York, Cambridge University Press.
- Hovland, M., ve Judd, A.G. (1988). *Seabed pockmarks and seepages, impact on geology, biology and marine environment*. London: Graham and Trotman.
- Hovland, M., Judd, A.G., ve Burke Jr., R.A. (1993). The global flux of methane from shallow submarine sediments. *Chemosphere*, 26 (1-4), 559-578
- Ivanov, M. V., Limonov, A. F., ve Weering, T. C. E. (1996). Comparative characteristics of the Black Sea and Mediterranean Ridge mud volcanoes. *Marine Geology*, 132, 253–71.
- Ketin, İ. (1948). Über die tektonisch-mechanischen folgerungen aus der grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. *Geologische Rundschau*, 36, 77-83. Neotectonics of the southeast Marmara Region, NW Anatolia, Turkey
- King, L.H. ve MacLean, B. (1970). Pockmarks on the Scotian Shelf. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 141-148.
- Kvenvolden, K.A., Vogel, T.M., ve Gardner, J.V. (1981). Geochemical prospecting for hydrocarbons in the outer continental shelf, southern Bering Sea, Alaska. *Journal of Geochemical Exploration*, 14, 209-219.
- Laier, T. ve Jensen, J.B. (2007). Maps and acoustic profiles of free gas distribution, Western Baltic Sea and Kattgat-Skagerrak area. *Geological Survey of Denmark and Greenland*, doi:10.1594/Pangaea.659094

- Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R. ve diğer. (2001). The active main Marmara Fault. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.
- Lowe, J.J. ve Walker, M.J.C. (1997). *Reconstructing Quaternary environments*, London: Longman Publishing.
- Mazumdar, A., Peketi, A., Dewangan, P., Badesab, F., Ramprasad, T., Ramana, M.V., ve diğer. (2009), Shallow gas charged sediments off the Indian west coast: Genesis and distribution, *Marine Geology*, 267, 71–85
- Naudts, L., De Batist, M. Greinert, J., ve Artemov, Y. (2009). Geo- and hydro-acoustic manifestations of shallow gas and gas seeps in the Dnepr paleodelta, northwestern Black Sea. *Lead. Edge*, 28, 1030e1040.
- Okay, A.İ., Kaslılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2000). Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara sea, Northwest Turkey: A multichannel seismic reflection study. *Tectonophysics*, 321, 189-218.
- Okyar, M., ve Ediger, V. (1999). Seismic evidence of shallow gas in the sediment on the shelf off Trabzon, southeastern Black Sea. *Continental Shelf Research*, 19, 575e587.
- Orton G.J., ve Reading H.G. (1993). Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size *Sedimentology*, 40 (3), 475–512
- Özer Z. ve Kayıran T. (2002). Yıgma sonrası sismik niteleyici analizi. *MTA Dergisi* (123-124), 99-105.

Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, M.A., Ünlüata Ü., Sur, H.İ. ve Beşiktepe, Ş. (1988). *Oceanography of the Turkish Straits - Second Annual Report*, Volume I. Physical Oceanography of the Turkish Straits, Institute of Marine Sciences.

Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, M.A., ve Ünlüata, Ü. (1986). *Oceanography of the Turkish Straits - First Annual Report*, Volume I, Physical Oceanography of the Turkish Straits, Institute of Marine Sciences, 223.

Rice, D.D. ve Claypool, G.E. (1981). Generation, accumulation and resource potential of biogenic gas, *AAPG Bulletin*, 65, 5-25.

Sakınç, M. ve Yaltrak, C. (1995). Güney Trakya sahillerinin denizel Pleyistosen çökelleri ve paleocoğrafyası: *Trakya Havzası Jeolojisi Sempozyumu*, 30 Mayıs-3 Haziran Lüleburgaz/Kırklareli, 38.

Schroot, B.M. ve Schuttenhelm, R.T.E. (2003). Expressions of shallow gas in the Netherlands North Netherlands *Journal Of Geosciences*, 82, 91e105.

Sloan, E.D. (1998). *Clathrate hydrates of natural gases*. New York, Marcel Dekker, 705.

Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F., Yüce, H., Alpar, B., Başaran H. ve diğer. (1995). High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes. *Bulletin of Geological Society of America*, 107 (8), 923-936.

Şengör, A.M.C. (1979). The North Anatolian Transform Fault: Its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society* 136, London, 269-282.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241

- Taner, T., Koehler, F. ve Sheriff, R. (1979). Complex seismic trace analysis: *Geophysics*, 44, 1041-1063.
- Taner, G. (1983). Hamzaköy formasyonunun Çavda (Bakuniyen) bivalvleri, Gelibolu Yarımadası. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 59-64.
- Toth Z., Spiess V., ve Jensen J. (2014). Seismo-acoustic signatures of shallow free gas in the Bornholm Basin, Baltic Sea. *Continental Shelf Research*, 228–239
- Yaltırak, C. (2002). Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190, 493-529
- Yun, J.W., Orange, D.L. ve Field, M.E. (1999). Subsurface gas offshore of northern California and its link to submarine geomorphology. *Marine Geology*, 154, 357–368.
- Whiticar, M.J., Faber, E. ve Schoell, M. (1986). Biogenic methane formation in marine and freshwater environments: CO₂ reduction vs. acetate fermentation isotope evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50, 693-709.
- Woodwell, G.M., Mackenzie, M.T., Houghton, R.A., Apps, A., Gorham, E. ve Davidson, E. (1998). Biotic feedbacks in the warming of the earth. *Climatic Change*, 40, 495-518.
- Wong, H.K., ve Degens, E.T. (1978). The bathymetry of Lake Van: a preliminary report. In: Degens, E.T., Kurtman, F. (Eds.), *Geology of Lake Van*, vol. 169. M.T.A. Press, Ankara, Turkey, pp. 6e10.