

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MADEN FAKÜLTESİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**Meksika Körfezi, Rio Grande Deltası Açıklarındaki Tuz Domlarının Tek
Kanallı Sismik Yansıma Verileri ile Araştırılması**

Hazırlayanlar

Zeynep Çetin 050170205
Şeyda Nur Yılmaz 050180117
Samet Ay 050180154
Esra Yılmaz 050190112
İlayda Kaya 050190117
Selcan Sevim 050200709

Danışmanlar

Prof. Dr. Mustafa Emin Demirbağ
Prof. Dr. Hülya Kurt
Prof. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan

İstanbul, Mayıs 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MADEN FAKÜLTESİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

050170205 numaralı Zeynep Çetin, 050180117 numaralı Şeyda Nur Yılmaz, 050180154 numaralı Samet Ay, 050190117 numaralı İl Layda Kaya, 050190112 numaralı Esra Yılmaz ve 050200709 numaralı Selcan Sevim tarafından hazırlanan “Meksika Körfezi, Rio Grande Deltası Açıklarındaki Tuz Domlarının Tek Kanallı Sismik Yansıma Verileri ile Araştırılması” konulu bitirme ödevi tarafimdan okunmuş ve kabul edilmiştir.

12 / 06 / 2024

Danışmanlar

.....

Danışmanı tarafından kabul edilen bitirme çalışması, tarafimca incelenmiş ve sınava girmesi uygun bulunmuştur.

12 / 06 / 2024

Bölüm Başkanı

.....

050170205 numaralı Zeynep Çetin, 050180117 numaralı Şeyda Nur Yılmaz, 050180154 numaralı Samet Ay, 050190117 numaralı İl Layda Kaya, 050190112 numaralı Esra Yılmaz ve 050200709 numaralı Selcan Sevim tarafından hazırlanan Bitirme Çalışması Sınavı tarafımızdan yapılmış ve başarılı bulunmuştur.

SINAV JÜRİSİ

Ünvanı, Adı ve Soyadı

İmza

- | | |
|----------|-------|
| 1. | |
| 2. | |
| 3. | |

ÖZET

Meksika Körfezi yaklaşık 200 milyon yıl önce, Pangea adlı süper kıtanın parçalanmasıyla birlikte deniz tabanının yayılması sebebiyle Kuzey Amerika'daki yarıkların bir sonucu olarak oluşmuştur. Erken Jura döneminde, körfez kenarında başta tuz olmak üzere evaporit yatakları çökelmiştir. Özellikle Rio Grande ve Mississippi nehirlerinin eski nehir yataklarının sağladığı, kıyı kesimlerden gelen sedimanların tuz tabakaları üzerinde birikmesi devam etmiş, bu birikimler alttaki tuzun deformasyonuna sebep olarak tuzların dom yapıları oluşturmasına sebep olmuştur. Kuzeybatı körfez sahanlığının yapısal karakteri üzerindeki başlıca etki, sedimanter dizide çok miktarda tuzun varlığıdır.

Sismik yöntemler, deniz tabanı ve onun altındaki tuz yataklarının incelenmesinde yaygın olarak kullanılan etkili bir araştırma teknigidir. Bunun başlıca sebebi tuz yapılarının, çevre kayaçlardan önemli ölçüde farklı yüksek sismik hızı sahip olmasıdır. Bu hız kontrasti, farklı sismik yansımalar yaratarak tuz yapılarının geometrisinin tanımlanmasını ve haritalanmasını kolaylaştırır.

Teksas Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü tarafından toplanan tek kanallı sismik yansımış verileri açık erişimli, Marine Geoscience Data System (MGDS)'den elde edilmiştir. Kogeo Seismic Toolkit 2.7 yazılımı sismik veri işlem adımları için kullanılmıştır. Sismik kesitler üzerinde deniz tabanı, çökel istifler, farklı sismik karaktere sahip tuz yapıları ve bu yapıların hareketi sonucu oluşan yapısal unsurlar yorumlanmıştır. The Bureau of Ocean Energy Management (BOEM)'den elde edilen batimetrik veriler QGIS ve Global Mapper programları kullanılarak haritalanmıştır. Sismik verilerle entegre edilerek faylar ve tuz yapıları haritalanmış ve yapısal bir harita ortaya çıkarılmıştır. Bölgede iki ana grupta faylanmanın gerçekleştiği, fayların genel olarak KD-GB ve D-B uzanımlı normal faylar olduğu gözlenmiştir. Meksika Körfezi, bir hidrokarbon sahası olup, sismik kesitlerde gözlenen yansız zonlar potansiyel gaz çıkış sahaları olarak yorumlanmıştır.

SUMMARY

The Gulf of Mexico was formed approximately 200 million years ago as a result of rifts in North America caused by seafloor spreading as the supercontinent called Pangea broke apart. During the Early Jurassic period, evaporite deposits, primarily salt, were deposited on the edge of the bay. In particular, sediments from the coastal areas, provided by the old river beds of the Rio Grande and Mississippi Rivers, continued to accumulate on the salt layers, and these accumulations caused the deformation of the underlying salt and caused the salts to form diapir structures. The primary influence on the structural character of the northwest Gulf shelf is the presence of large amounts of salt in the sedimentary sequence.

Seismic methods are an effective research technique widely used in examining the seabed and the salt deposits beneath it. The main reason for this is that salt structures have high seismic velocities that are significantly different from the surrounding rocks. This velocity contrast creates distinct seismic reflections, making it easier to identify and map the geometry of salt structures.

Single-channel seismic reflection data collected by the University of Texas Institute of Geophysics were obtained from the open-access, Marine Geoscience Data System (MGDS). Kogeo Seismic Toolkit 2.7 software was used for seismic data processing steps. The sea floor, sedimentary deposits, salt structures with different seismic characteristics and structural elements formed as a result of the movement of these structures were interpreted on the seismic sections. Bathymetric data obtained from The Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) was mapped using QGIS and Global Mapper programs. By integrating with seismic data, faults and salt structures were mapped and a structural map was created. It has been observed that faulting occurs in two main groups in the region, and the faults are generally normal faults with NE-SW and E-W direction. The Gulf of Mexico is a hydrocarbon field, and the non-reflective zones observed in seismic sections have been interpreted as potential gas seeps areas.

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, aklın ve bilimin önemini bize her firsatta hatırlatan, akıcı yöntemleriyle bize yol gösteren Mustafa Kemal Atatürk'e sevgi ve saygılarını sunarız.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde hazırladığımız projenin planlanma aşamasından, çözüm ve tasarım aşamasına kadar bizlere rehberlik eden, danışmanlarımız **Prof. Dr. Mustafa Emin Demirbağ'a, Prof. Dr. Hülya Kurt'a ve Prof. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan'a** sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Çalışma kapsamında bizlere veri erişiminde yardımcı olan Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University'den **Rose Anne Weissel'a** teşekkürlerimizi sunarız. Sismik veriler açık erişimli Marine Geoscience Data System (MGDS)'dan, batimetri verileri ise The Bureau of Ocean Energy Management'dan elde edilmiştir. Projenin planlanma aşamasından, çözüm ve tasarım aşamasına kadar, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü akademik danışmanlık, ekipman desteği ve veri işlem laboratuvarı olanaklarını sağlayarak projeye katkı sunmuştur.

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET.....	ii
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanı	1
1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Çıktıları	2
1.3 Meksika Körfezi'nin Jeolojisi ve Tektonizması	2
ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE SİSMİK VERİLER.....	5
2.1 Kullanılan Yöntem.....	5
2.2 Mühendislik Standartları.....	7
2.3 Çoklu Kısıtlar	7
2.4 Tek Kanallı Sismik Yansıma Verileri	8
BATİMETRİ VERİLERİİNİN HARİTALANMASI	11
TEK KANALLI SİSMİK VERİLERİN ANALİZİ	13
4.1 Sismik Veri İşlem	13
4.1.1 Sismik Verilerin Okunması	14
4.1.2 Frekans Filtrelemesi	15
4.1.3 Genlik Kazancı Uygulaması.....	19
SONUÇLAR	21
5.1 Batimetrik Sonuçlar	21
5.2 Sismik Kesitlerin Yorumlanması	24
TARTIŞMA	39
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ.....	47

EKLER.....	49
Ek-1 sc15-01 kesitinin ham veri görüntüsü.	49
Ek-2 sc15-15 kesitinin ham veri görüntüsü.	50
Ek-3 sc15-16 kesitinin ham veri görüntüsü.	51
Ek-4 sc15-19 kesitinin ham veri görüntüsü.	52
Ek-5 sc15-20 kesitinin ham veri görüntüsü.	53
Ek-6 sc15-26 kesitinin ham veri görüntüsü.	54
Ek-7 sc15-27 kesitinin ham veri görüntüsü.	55

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.4. Veri toplama parametreleri.	9
Tablo 2.5. Sismik hatların uzunlukları.	9

ŞEKİLLER LİSTESİ

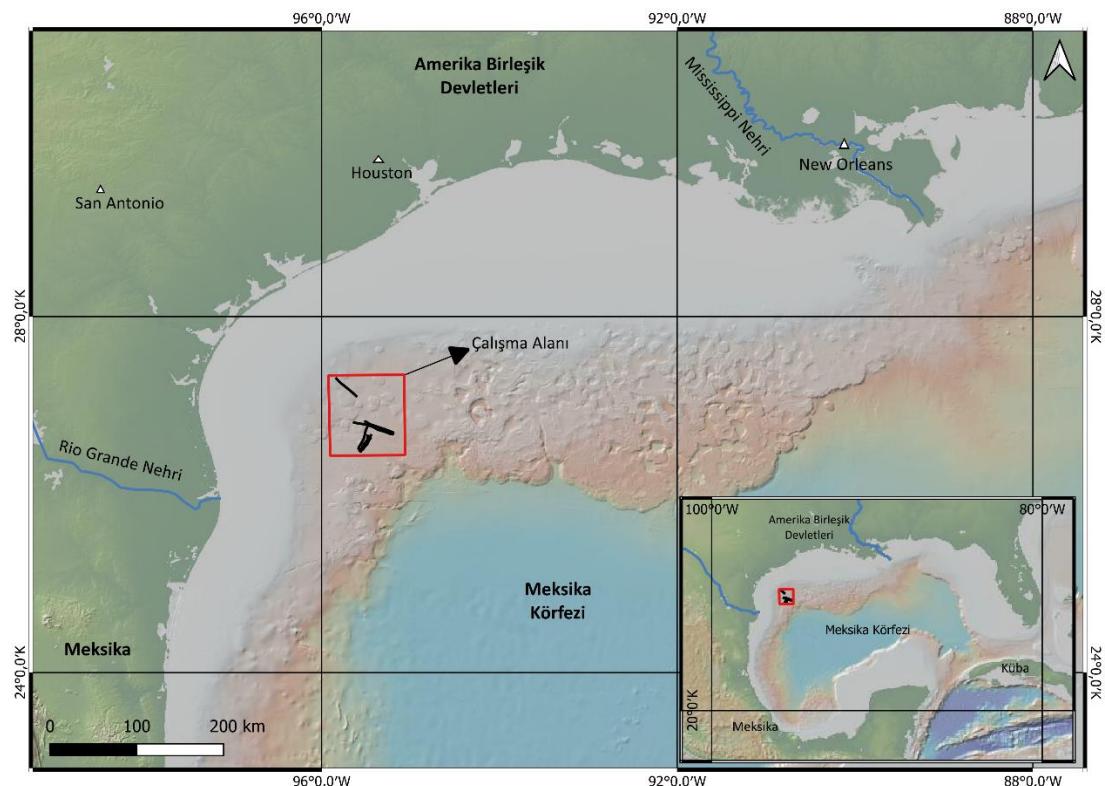
Şekil 1.1. Çalışma sahası yer bulduru haritası. (QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır.)	1
Şekil 1.2. Körfez Kıyısı tuz yataklarının evrimi Halbouty (1967)'den değiştirilmiştir.	4
Şekil 2.1. Deniz sismiği araştırmalarının temsili gösterimi.....	6
Şekil 2.2. Sismik hatların çalışma alanındaki görünümü. QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır.....	10
Şekil 3.1. Batimetri verilerinin haritalama aşamaları.	11
Şekil 3.2. Çalışma alanının batimetri haritası. QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır. (Veri, The Bureau of Ocean Energy Management'dan elde edilmiştir. Ortalama yatay çözümürlük 15,24 m olarak kabul edilmektedir. Toplam ortalama derinlik hatası su derinliğinin %1,3'üdür.)	12
Şekil 4.1. Planlanan temel sismik veri-işlem adımları.....	13
Şekil 4.2. Kogeo programında açılmış sc15-20 kesitinin ham görüntüsü.	14
Şekil 4.3. Filtrelemede izlenecek adımlar ve filtre tasarım özelliklerinin belirlenmesi.	16
Şekil 4.4. Bant geçişli süzgeçlerin geçirim bandı ve kesme frekanslarının şematik gösterimi.....	16
Şekil 4.5. Kogeo programı Band geçişlifiltreleme uygulama ekranı.....	17
Şekil 4.6. sc15-20 kesiti üsttefiltreleme öncesi; alttafiltreleme sonrası. Su kolonu ve sismik kesit içerisindeki gürültülerin oldukça bastırıldığı görülmektedir.	18
Şekil 4.7. sc15-20 kesiti için üstte genlik kazancı öncesi ve altta sonrası görüntüsü.20	20
Şekil 5.1. Batimetrik kesitlerin yerlerini gösteren harita (Global Mapper kullanılarak hazırlanmıştır).	21
Şekil 5.2. Deniz tabanında gözlenen tuz domlarının morfolojik yapısını ortaya koyan batimetrik kesitler.....	22
Şekil 5.3. Deniz tabanı faylanmalarının devamlılığını izlemek için alınan batimetrik kesitler ve olası faylanmalar. Faylar siyah kalın çizgilerle gösterilmiştir.....	23
Şekil 5.4. Tuz domu gelişim aşamaları (Britannica'sitesinden değiştirilmiştir).....	24
Şekil 5.5. sc15-01 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.5$).	26
Şekil 5.6. sc15-01 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2.5$).	26
Şekil 5.7. sc15-01 kesitindeki onlap yapılarını gösteren yakın görünüm.	27
Şekil 5.8. sc15-15 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2$).	28
Şekil 5.9. sc15-15 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2$).	28
Şekil 5.10. sc15-15 kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü.	29
Şekil 5.11. sc15-16 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 1.5$).	30
Şekil 5.12. sc15-16 kesitinin yorumlanmış görüntüsü ($D.A \approx 1.5$).	30

Şekil 5.13. sc15-19 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 3$)	31
Şekil 5.14. sc15-19 kesitinin yorumlanmış görüntüsü ($D.A \approx 3$)	32
Şekil 5.15. sc15-20 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 4$)	33
Şekil 5.16. sc15-20 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 4$)	33
Şekil 5.17. sc15-20 kesitinde gözlenen faylanmaların yakın görüntüsü.....	34
Şekil 5.18. sc15-26 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.5$)	35
Şekil 5.19. sc15-26 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2.5$)	36
Şekil 5.20. sc15-26 kesitinde gözlenen faylanmaların yakın görüntüsü.....	37
Şekil 5.21. sc15-27 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.4$).....	38
Şekil 5.22. sc15-27 kesitinin yorumlanmış görüntüsü ($D.A \approx 2.4$)	38
Şekil 5.23. sc15-27 kesitinde gözlenen fayların yakın görüntüsü	39
Şekil 6.1. Yorumlanmış sismik hat sc15-15 (a) ve tuz yapısının bölgede olası gelişimini gösteren karton yer modeli (b).	40
Şekil 6.2. Çalışma alanının yapısal haritası.	41

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma sahası Meksika Körfezi, Rio Grande Deltası açıklarında, körfezin kuzeybatı şelf alanındadır. Meksika Körfezi, Atlas Okyanusu'nun batısında, Amerika Birleşik Devletleri'nin Florida eyaletinden başlayıp Meksika'nın Yucatán eyaletinde son bulan bir körfezdir. Körfezin doğu, kuzey ve kuzeybatı kıyılarında Amerika Birleşik Devletleri; güney kıyılarında ise Meksika vardır. Bu bölgenin seçilmesindeki amaç, sahanın tuz domları üzerinde olmasıdır. Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Çalışma sahası yer bulduru haritası. (QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır.)

1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Çıktıları

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği bölümü altında hazırlanan bu lisans tez çalışması kapsamında Teksaş Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü (<https://ig.utexas.edu/>) tarafından 1991 yılında eğitim amaçlı olarak Meksika Körfezi Rio Grande Deltası açıklarında toplanmış olan tek kanallı sismik yansımaya verilerinden üretilen kesitlerin işlenmesi ve yorumlanması amaçlanmaktadır. Çalışma sahası Körfezin kuzeybatı şelf alanındaki tuz domlarının üzerindedir. Tuz yapıları jeofizik yöntemler ile araştırılması en problemlı yapılardan biridir. Genellikle karmaşık yapılar halinde bulunan tuz domları geometrisi, alt yüzeyinin homojen olmaması ve çökelmenin düzenli olmaması nedeniyle tahmin edilemezdir. Bu yapılar ve çevreleyen kaya arasındaki dalga geçiş hızı farkı, sismik kesitte altındaki oluşumların bozulmasına neden olarak sahte yapıların yorumlanmasına yol açabilmektedir. İki boyutlu sismik veriler bu sebeple üç boyutlu tuz yapılarını incelenmekte genellikle yetersiz kalmaktadır. Bu tür yapıları doğru bir şekilde analiz etmek için yüksek çözünürlüklü veri toplama ve işleme gereklidir. Yüksek çözünürlük ise jeofizik ölçümelerde maliyetli ve teknik olarak zorlayıcı olabilmektedir. Bu çalışmada iki boyutlu sismik kesitleri Kogeo 2.7 Sismik Veri-İşlem yazılımı kullanılarak analiz edilecek ve deniz tabanı, onun altında bulunan tuz yapıları ve çökel istifi yorumlanmaya çalışılacaktır. QGIS ve Global Mapper programları kullanılarak haritalanan batimetri verileri ile entegre edilerek bölgede yer alan tuz yapıları araştırılacaktır.

Deniz tabanındaki tuz yapıları, genellikle yer altı gaz rezervuarlarının oluşumunda rol oynamaktadır. Bu çalışma Meksika Körfezi'nde yer alan deniz altı tuz yapılarını sismik yöntemler kullanarak incelenmekte olup, Türkiye denizlerinde yürütülen, özellikle doğu Akdeniz gaz arayışlarına bir örnek teşkil etmesi istenmektedir.

1.3 Meksika Körfezi'nin Jeolojisi ve Tektonizması

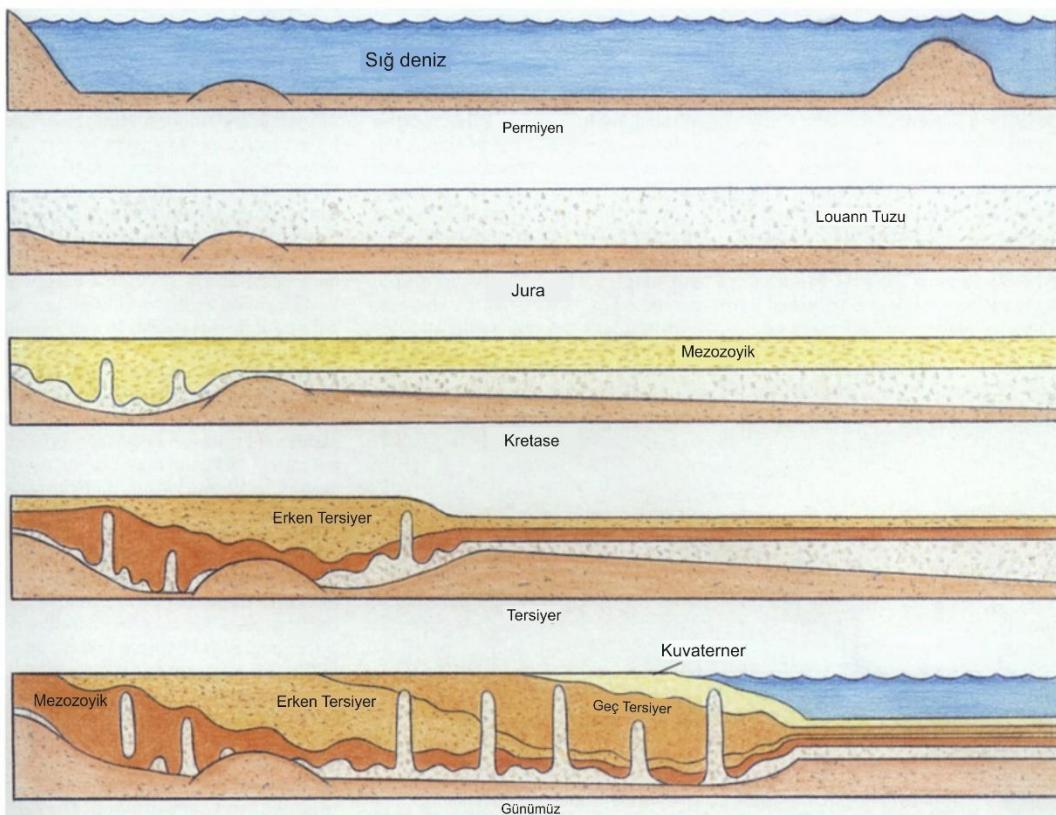
Ortalama derinliği 1,615 metre olan Meksika Körfezi, Körfez'in ABD'deki doğu, kuzey ve kuzeybatı kıyıları ve Meksika'daki güneybatı ve güney kıyıları ile Kuzey Amerika tarafından sınırlanan ve neredeyse karayla çevrili büyük bir su kütlesidir. Körfezin kökenine ilişkin farklı fikirler ortaya atılmıştır (Garrison ve Martin, 1973).

Körfez tarihine ilişkin en iyi bilgiler yalnızca Jura'dan bu yana geçen süreyi kapsamaktadır; bu sebeple Meksika Körfezi'ni inceleyen araştırmacılar arasındaki fikir birliği, Geç Triyas'tan önce Meksika Körfezi'nin var olmadığı, yaklaşık 200 milyon yıl önce, Pangea olarak bilinen süper kıtanın parçalanmaya başlaması ile birlikte deniz tabanının yayılması sebebiyle Kuzey Amerika'daki yarıkların bir sonucu olarak olduğu yönündedir (Salvador, 1987; Sawyer ve diğ., 1991; Buffler ve Thomas, 1994; Pindell ve Kennan 2001, 2009; Jacques ve Clegg, 2002; Harry ve Londono, 2004; Hudec ve diğ., 2013). Havzanın stratigrafisi, Jura'dan Holosen'e kadar çökelmiş olan ve şu anda toplam kalınlığı 15 ila 20 kilometre arasında değişen çökeltileri içermektedir.

Erken Jura döneminde, körfez kenarının büyük bir kısmındaki sıg havzalarda başta tuz olmak üzere evaporit yatakları çökelmiş olup (Murray, 1966; Halbouty, 1967; Kirkland ve Gerhard, 1971) bu evaporit oluşumları Geç Jura'ya kadar devam etmiştir. Evaporitler suyun buharlaşmasına bağlı olarak gelişen kayaçlardır. Kurak ve yarı kurak iklime sahip alanlardaki göl veya sıg denizin buharlaşması sonucu, su içinde çözülmüş halde bulunan bileşiklerin tortulanması ile evaporitler oluşur.

Erken Kretase döneminde, güney körfez bölgesinde organik resifler gelişmiştir. Bu dönemde havzanın doğasına ilişkin kesin bir kanıt mevcut değildir. Mezozoik döneminin sona ermesi ile birlikte, körfez kıyısı çökmesi ve sedimentasyon oranlarındaki eşzamanlı artış, Teksas ve Louisiana'daki Kretase resiflerini kaplayan ve kuzey körfezini doldurmaya başlayan geniş bir tortul kütle yaratmıştır. Kuzey Amerika kıtasından gelen sediment birikimi, başlangıçtan bu yana, esas olarak kuzey ve kuzeybatı kenarların kaymasıyla havzanın neredeyse yarısını doldurmuştur. Bu tortul çökelme, körfezin kuzey kesiminin yapısını değiştirirken, güneydoğu kenarı nispeten değişmeden kalmıştır.

Kuzeybatı körfez sahanlığının yapısal karakteri üzerindeki başlıca etki, sedimanter dizide çok miktarda tuzun varlığıdır. Bu tuz oluşumunun üst kısımları hafifçe kıvrılmıştır ve bu nedenle tuz domları olarak bilinmeye başlanmıştır.



Şekil 1.2. Körfez Kıyısı tuz yataklarının evrimi Halbouty (1967)'den değiştirilmiştir.

Louann tuzu adı verilen ana tuz yatağı, sonraki jeolojik çağlarda, kilometrelerce derinliğe ulaşan tortul birikintilerle kaplanmış, bu aşırı yükün uyguladığı ısı ve basınç, genellikle kuzeyden güneye doğru akan Mississippi ve Rio Grande nehirlerinin eski nehir yataklarından kalma drenaj sistemi tarafından ortaya konmuştur. Rio Grande Deltası, 1940'lardan bu yana inşa edilen yukarı havza rezervuarları nedeniyle günümüzde aktif değildir (Ewing ve Gonzalez, 2016).

Dom yapıları ana katmandan yukarıya doğru büyüyen parmaklar olarak düşünülebilir. Bu yukarı doğru hareketi yönlendiren kuvvet kaldırma kuvvetidir: tuz, üstteki çökeltilerden daha az yoğundur. Bu hareket yukarıdaki tortul katmanları deformede edebilir. Genel olarak tuzun havza tarihinin erken dönemlerinde deform olmaya başladığı ve ilave tortu katmanlarının birikmesiyle eş zamanlı olarak yükselmeye devam ettiği kabul edilmektedir. Tuz domlarının altında, Louann tuzunun bir parçası güneye doğru göç etmiş ve kıyıdan 160 km açıkta Sigsbee Kayalıkları adı verilen büyük bir tuz duvarı ile sonuçlanmıştır (Martinez, 1991). Tortu birikimi ile alttaki tuzun deformasyonu arasındaki etkileşim Kuvatner boyunca devam etmiştir.

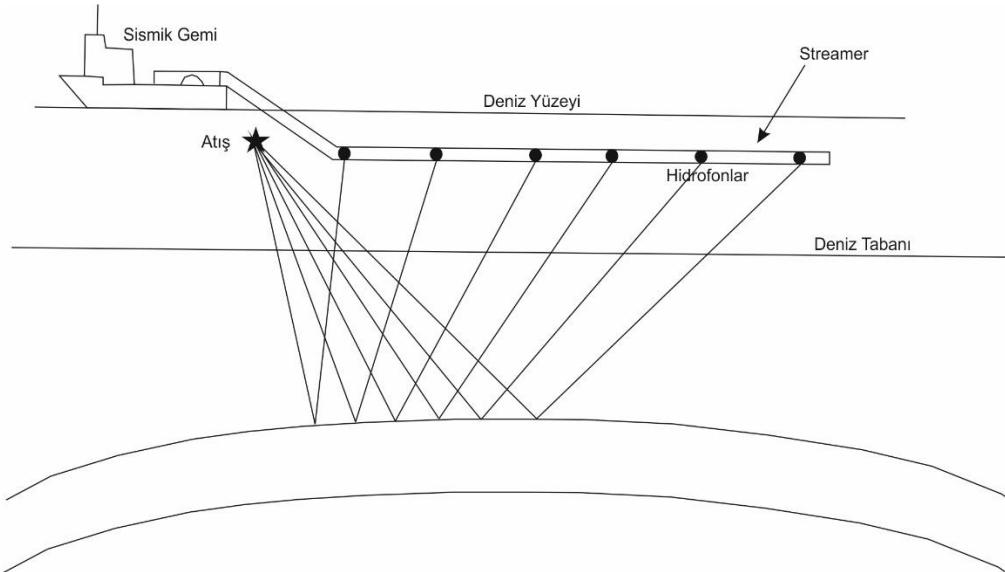
Meksika Körfezi'nin orta kesimindeki tortu kalınlıkları 12-14 kilometreyi aşmaktadır (US Department of Commerce, 2014). Jura çağındaki tuz birikintileri üstlerinde biriken daha genç çökeltiler tarafından kaplanıp basınç altında kalır ve bu daha az yoğun olan evaporitler deform olur. Bu durum "Diapir" olarak bilinen karmaşık sütunlar veya kubbeler oluşmasına sebep olmuştur.

Bu tuz domları sıvı akışına karşı dayanıklıdır, ancak hidrokarbonların derinliklerden kenarları boyunca deniz tabanına doğru yukarı hareket etmesine izin verir. Meksika Körfezi'nin tabanı bu sebeple petrol ve gaz sızıntısı alanıdır. Kimyasal bileşim açısından, Körfez Kıyısı domları oldukça saf kaya tuzu (NaCl) veya halit ile az miktarda kalsiyum sülfat (CaSO_4) veya anhidritten oluşur (Martinez, 1991).

ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE SİSMİK VERİLER

2.1 Kullanılan Yöntem

Jeofizik, yerkürenin fiziksel özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Jeofizikçiler, yerin iç yapısını anlamak için çeşitli fiziksel yöntemler kullanır. Yer ile iletişim iki yolla gerçekleşir. Bunlar pasif veya aktif iletişimdir. Pasif yöntemler, doğal olaylardan elde edilen verilerin analiz edilmesiyle gerçekleştirilen gözlemlerdir. Aktif yöntemler ise yeryüzüne enerji verilerek gerçekleştirilen gözlemlerdir. Bu yöntemlerde, jeofizikçiler tarafından yeryüzüne veya yeryüzünün altına enerji kaynağı gönderilir ve bu enerjinin yansımıası, yutturulması veya yayılması incelenir. Sismik prospeksiyon yöntemi de yapay kaynaklı bir yöntem olarak karşımıza çıkar. Yere çeşitli enerji kaynakları gönderilir ve bu kaynakların yeryüzüne yer içindeki seyahati sonucu geri dönüşü kaydedilir. Hem sismik yansımıma hem de sismik kırılma çalışmaları bu prensibe dayanır.



Şekil 2.1. Deniz sismiği araştırmalarının temsili gösterimi.

Deniz sismiği, deniz tabanı ve altındaki jeolojik yapıları incelemek için kullanılan bir jeofiziksel araştırma yöntemidir. Denizlerde sismik veri toplama işlemi, kara sismiğiyle aynı temel prensipleri takip eder, ancak toplanma yöntemleri ve kullanılan ekipmanlar deniz ortamına uygun olarak farklılık gösterir. Denizlerde veri toplama sürecinde kullanılan temel ekipmanlar arasında sismik kaynaklar ve algılayıcılar yer almaktadır. Ses dalgaları mekanik olarak üretilip gönderilir. Bu enerjinin bir kısmı, kayıt sensörlerine, bu enerjinin gücünü ve bu enerjinin yer kabuğundaki çeşitli katmanlardan geçerek sensörlerin konumlarına geri dönmesi için geçen süreyi doğru bir şekilde kaydeden ölçüm cihazlarına geri yansıtılır. Daha sonra bu kayıtlar alınır ve özel sismik veri işlem adımları kullanılarak sismik araştırma alanında yerinin görsel görüntülerine dönüştürülür. Deniz ortamının dalgalanması, derinlik değişiklikleri, sualtı topografyası ve çevresel etkiler gibi faktörler, denizlerde sismik veri toplama sürecini karmaşık hale getirebilir. Bu nedenle, veri toplama işleminin planlanması ve uygulanması sırasında bu faktörlerin dikkate alınması önemlidir.

İdeal olarak deniz sismik enerji kaynaklarının, yeterli taban altı penetrasyonunun sağlanması için güçlü ve aynı zamanda yeterli ayrımlılığın sağlanması için de geniş frekans bantlı ve ortalama 100 Hz. civarında yoğunlaşan bir spektruma sahip sinyal üretmesi istenir (Dondurur, 2009). Günümüz deniz sismiği çalışmalarında birçok değişik enerji kaynağı kullanılmaktadır. Bunlar, Sparker sistemleri ve hava tabancası sistemleridir (LL gun, Sleeve gun, G gun, Water gun, GI gun). Hava tabancasının

çalışma prensibi ürettiği anlık enerji patlaması, yani sıkıştırılan basınçlı havanın çıkışlarıyla birlikte gerçekleşir.

Denizde yansımı sinyalleri hidrofonlar yardımıyla algılanır ve kayıtçıya gönderilir. Hidrofonların yapımında genellikle sentetik piezoelektrik maddeler kullanılır. "Streamer" adı verilen alıcı kablosu içerisinde belirli aralıklarla konumlandırılarak su içerisinde indirilirler. Geminin arkasından belirli bir derinlikten çekilirler. Hidrofonlar basınç değişimlerine karşı duyarlıdır ve kaynaktan üretilen sinyalin su içerisinde meydana getirdiği basınç değişimlerini algılarlar.

Sismik Kayıtçı (Recorder), sismik verinin depolandığı ve alıcı kablodan gelen tüm anlık sismik genlik bilgilerinin aktığı sistemdir. Alıcı kablosu doğrudan sismik kayıtçıya bağlıdır ve kablo üzerinden veri akışı sürekli dir. Sismik kayıtçı, sıfır zaman sinyali ile alıcı kablosundan gelen sismik veri akışını önceden belirlenen kayıt süresi boyunca diske kaydederek atış gruplarını (shot gathers) oluşturur. Bu kayıt genellikle Society of Exploration Geophysicists (SEG) tarafından belirlenen standartlara uygun olarak gerçekleştirilir.

2.2 Mühendislik Standartları

Bu çalışmada aşağıda belirtilen prensipler ve şartnameler dikkate alınmıştır.

Yeraltı araştırmalarında Sismik Yansıma Yöntemi kullanımında uyulması gereken mühendislik standartları uluslararası "Standard Guide for Using the Seismic Reflection Method for Shallow Subsurface Investigation: "ASTM-: D7128 – 18" numaralı şartname ile tanımlanmıştır.

2.3 Çoklu Kısıtlar

Meksika Körfezi, Rio Grande Deltası açıklarındaki tuz domlarının tek kanallı sismik yansımı verileri ile araştırılması üzerine yapılan çalışmada bazı kısıtlamalar söz konusudur. Bu kısıtlar bu bölümde yer almaktadır.

Sismik yansımı yöntemi ile veriler toplanırken uygun hava şartları olması gereklidir. Çalışmaya ait raporlar incelendiğinde, veri toplanan belli günlerde uygun olmayan hava şartlarına maruz kalınmış, veriler düzgün görüntülenmemiştir (Behrens, 1991). Bu çalışmada deniz sismiği yapıldığı için denizin dalga rejimi de verinin kalitesini

etkiler. Bu kısıtlar sonucu gürültülü veriler elde edilmiş olur. Ayrıca sismik yansımaya yöntemiyle belli bir derinlikten sonrasında ait veriler elde edilememesi de ayrıca bir kısıttır.

Bu çalışmanın araştırma konusu olan tuz domları yüksek hıza sahiptir. Bu sebeple, tuz yapıları araştırılırken derin penetrasyon bilgisi alınması güçtür. Tuz yapılarının karmaşık geometrisi sebebiyle bu domların sınırlarını ve altında kalan bölgeyi görüntülemek zorlaşır. Bu çalışmanın amacı, bu güçlüklerle rağmen tuz domlarının deniz tabanı ve altındaki sıç girişimleri haritalamaktır.

Ayrıca bu çalışmada sismik yansımaya yöntemi kullanılarak iki boyutlu (2B) sismik hatlar üzerinde sismik verileri analiz edilecektir. Tuz domlarının üç boyutlu (3B) uzanımlarını 2B veriler ile elde etmek oldukça güçtür. 2B verilerden 3B veri kalitesi elde etmek için veri işleme aşamaları uygulanmalıdır. Bunun dışında sınırlı sayıda hat ile çalışmak verilerin yorumlanması zorlaştırılabilir.

Batimetri verilerinin çözünürlüğü deniz sismiği çalışmalarında önemli bir rol oynar. Çözünürlüğün düşük olması veri yorumlama açısından önemli bir kısıttır. Bu çalışmada, yatay ortalama çözünürlük 15 metre olarak kabul edilmiştir. Bu sonuca göre, bu çalışmada batimetri rezolüsyonu yeterli seviyededir

2.4 Tek Kanallı Sismik Yansıtma Verileri

Proje kapsamında, Teksas Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün, çalışma alanında topladığı tek kanallı, iki boyutlu sismik yansıtma verileri kullanılmıştır. Tek kanallı sistemlerde, veri tek bir kanala sahip kısa bir alıcı kablosu ve kayıtçı sistemi kullanılarak toplanır. Sismik kaynak ve alıcı kablosu birbirine yakındır, her patlama sonrasında alıcı kablosu tarafından, tek bir sismik iz verisini kayıtçuya gönderilir ve bu sismik izler yan yana çizilerek tek kanallı sismik yansıtma kesiti oluşturulur. Tek kanallı sismik veri toplama yöntemi, çok kanallı yönteme göre daha basit ve uygulanması daha kolaydır.

Bu çalışmada sismik kaynak olarak GI gun hava tabancası, alıcı olarak da hidrofonlar kullanılmıştır. Kaynağın derinliği dört metre, kaynak ile yakın kanal arasındaki mesafe 186 m'dir. Kullanılan navigasyon Sistemi LORAN-C, GPS WGS84 ile desteklenmiştir. Veri uzunluğu 6 saniyedir ve örneklemeye aralığı 2 milisaniye olarak

verilmiştir. Toplamda yedi adet sismik hatta ölçümler alınmıştır. Bu hatların uzunlukları farklılık göstermektedir. Gerçekleştirilen çalışma ile deniz tabanı litolojik birimlerinin, tuz yapılarının ve bunların oluşturduğu deniz tabanındaki değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır.

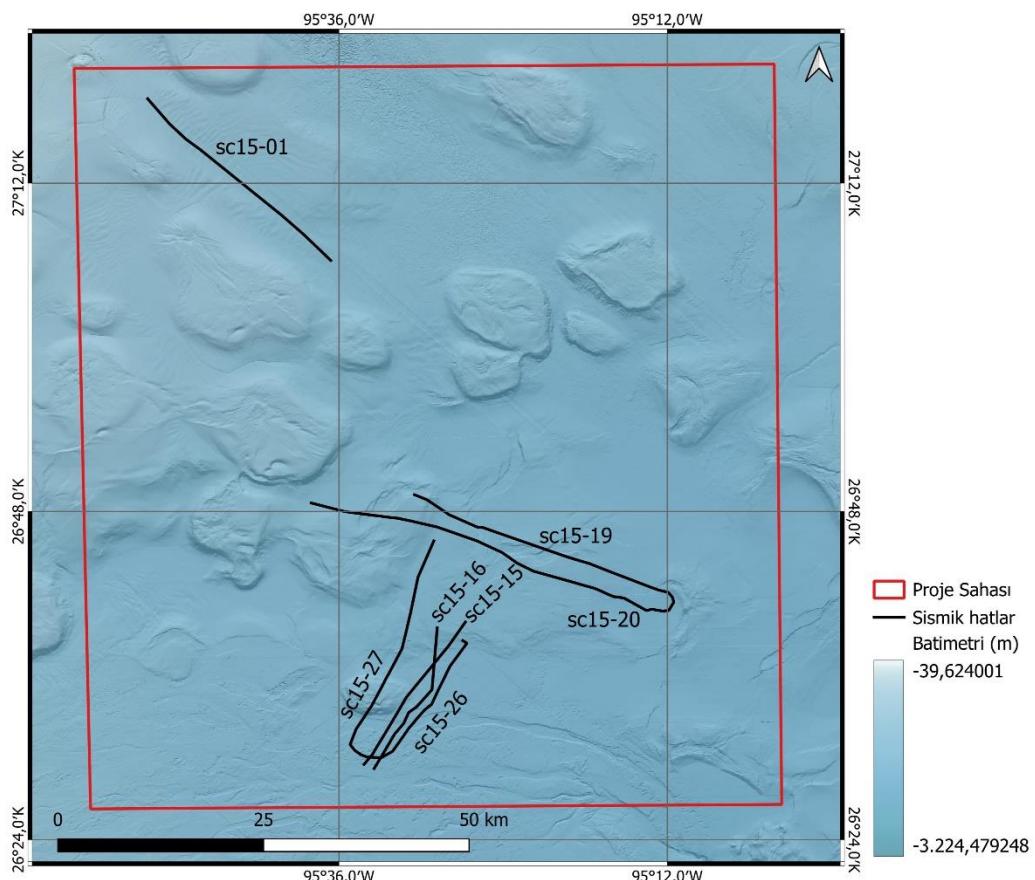
Tablo 2.4. Veri toplama parametreleri.

Kaynak Türü	GI Hava Tabancası
Alicı Türü	Hidrofon
Navigasyon Sistemi	LORAN-C (GPS ile desteklenmiş)
Kaynaktan Yakın Kanala Mesafe (m)	186
Veri uzunluğu (s)	6
Kaynak Sayısı	1
Kaynak Derinliği (m)	4
Örnekleme aralığı (ms)	2

Tablo 2.5. Sismik hatların uzunlukları.

Sismik Hat	Uzunluk (m)
Sc15-01	31140,474
Sc15-15	22828,145
Sc15-16	21355,382
Sc15-19	33851,104
Sc15-20	45121,801
Sc15-26	22034,536
Sc15-27	30251,784

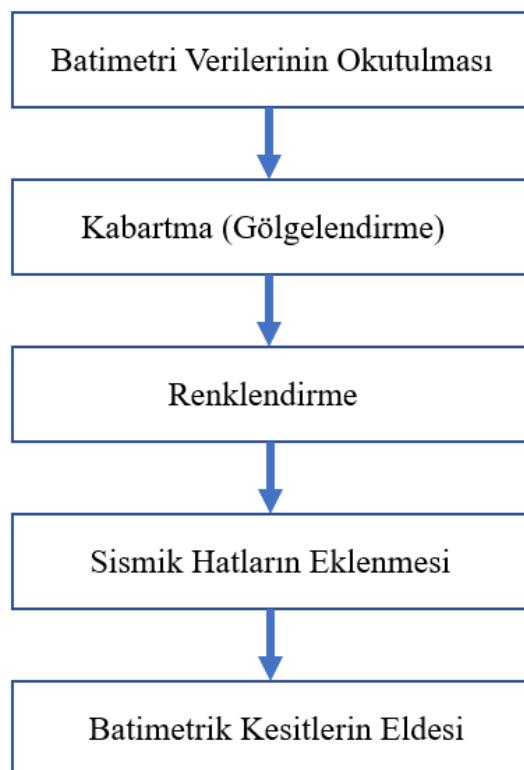
Yukarıdaki tabloda yaklaşık uzunlukları verilen sismik hatların çalışma alanındaki görüntüsü Şekil 2.2'de verilmiştir. Ölçümler alındıktan sonra elde edilen ham verilerin uygun bir programda veri işlem aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir. Bu proje kapsamında açık erişimli veri tabanlarından elde edilen yedi adet sismik kesit üzerinde, Kogeo Seismic Toolkit 2.7 programı kullanılarak veri işlem adımları uygulanmıştır.



Şekil 2.2. Sismik hatların çalışma alanındaki görünümü. QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır.

BATİMETRİ VERİLERİİN HARİTALANMASI

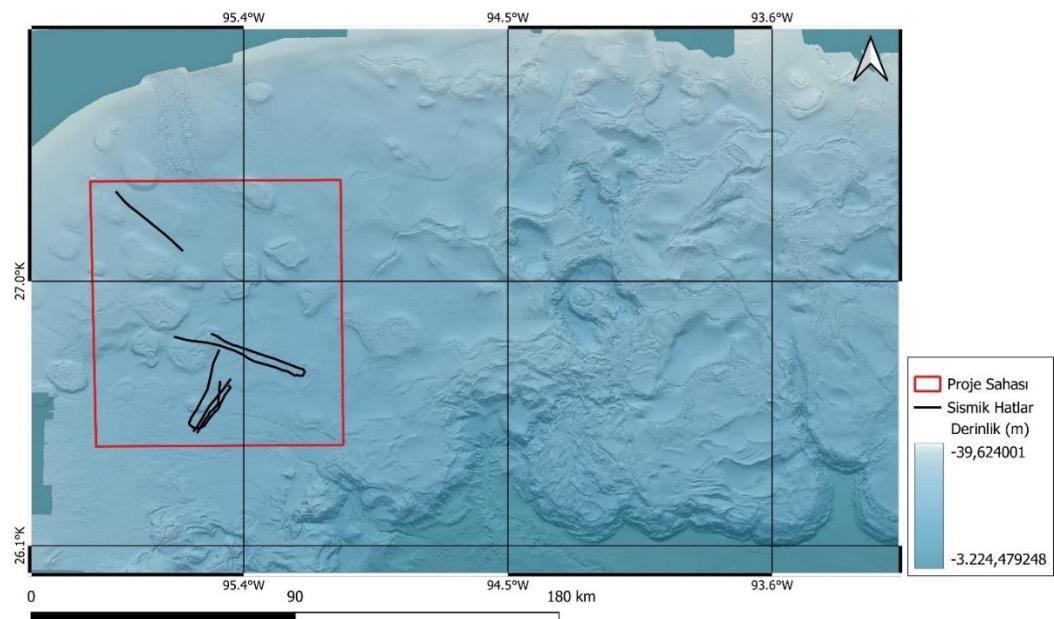
Batimetri, su altındaki yüzeyin topografyasının derinlik ölçümleri ile incelenmesidir. Batimetri haritaları deniz veya göl tabanının şeklini, derinliğini ve diğer su altı özelliklerini gösteren haritalardır. Batimetri çalışmaları genellikle deniz tabanının yüksek çözünürlüklü haritalarını oluşturmak için uzaktan algılama ve akustik ölçüm tekniklerini içerir. Deniz tabanının derinlikleri, genellikle ses dalgalarının deniz yüzeyine gönderilip yansıtılması prensibine dayanarak ölçülür. Bu teknik, su altındaki yapıları, dağları, çukurları ve diğer jeolojik özellikleri belirleme konusunda oldukça etkilidir. Çok azınlıkla klasik iskandil yöntemleriyle yapılabileceği gibi, gelişmiş ve yaygın olarak kullanılan akustik sonar sistemler ile lazer ve LIDAR sistemleri de kullanılarak da yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Batimetri verilerinin haritalama aşamaları.

Bu projede çalışma alanına ait batimetrik veriler internet üzerindeki açık veri tabanı The Bureau of Ocean Energy Management (BOEM)'den elde edilmiştir. BOEM Kuzey Meksika Körfezi derin su batimetri haritasını, 3 boyutlu sismik araştırmalardan oluşturmuştur. Elde edilen bu veriler Global Mapper ve QGIS programları kullanılarak

çeşitli haritalama teknikleriyle deniz tabanı morfolojisi daha belirgin hale getirilmiştir. Hazırlanan çalışma alanına ait harita Şekil 3.2'de verilmiştir. Kabartma haritası 5 derecelik dikey abartma ile 45 derecelik güneş açısı parametreleri kullanılarak oluşturulmuştur. Renklendirmeler yapılmış ve daha sonra sismik hatların konumları haritaya eklenmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının batimetri haritası. QGIS programı kullanılarak hazırlanmıştır. (Veri, The Bureau of Ocean Energy Management'dan elde edilmişdir. Ortalama yatay çözünürlük 15,24 m olarak kabul edilmektedir. Toplam ortalama derinlik hatası su derinliğinin %1,3'üdür.)

TEK KANALLI SİSMİK VERİLERİN ANALİZİ

4.1 Sismik Veri İşlem

Veri işlem çalışmasının en önemli aşaması ilk önce hedeflerin belirlenmesidir. Çalışmanın amacına göre veri işlem adımları değişiklik göstermekte, proses sonuçları aynı data üzerinde farklı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Meksika Körfezi Rio Grande Deltası açıklarında toplanmış olan tek kanallı sismik yansımaya verilerinden üretilen kesitlerin veri işlem aşamaları sonucunda yorumlanabilir sismik kesitler haline getirilmesiyle birlikte deniz tabanındaki litolojik birimlerin, yapısal unsurların ve tuz yapılarının veri işlem aşamaları tamamlanmış sismik kesitler üzerinde gözlemlenmesi amaçlanmaktadır.

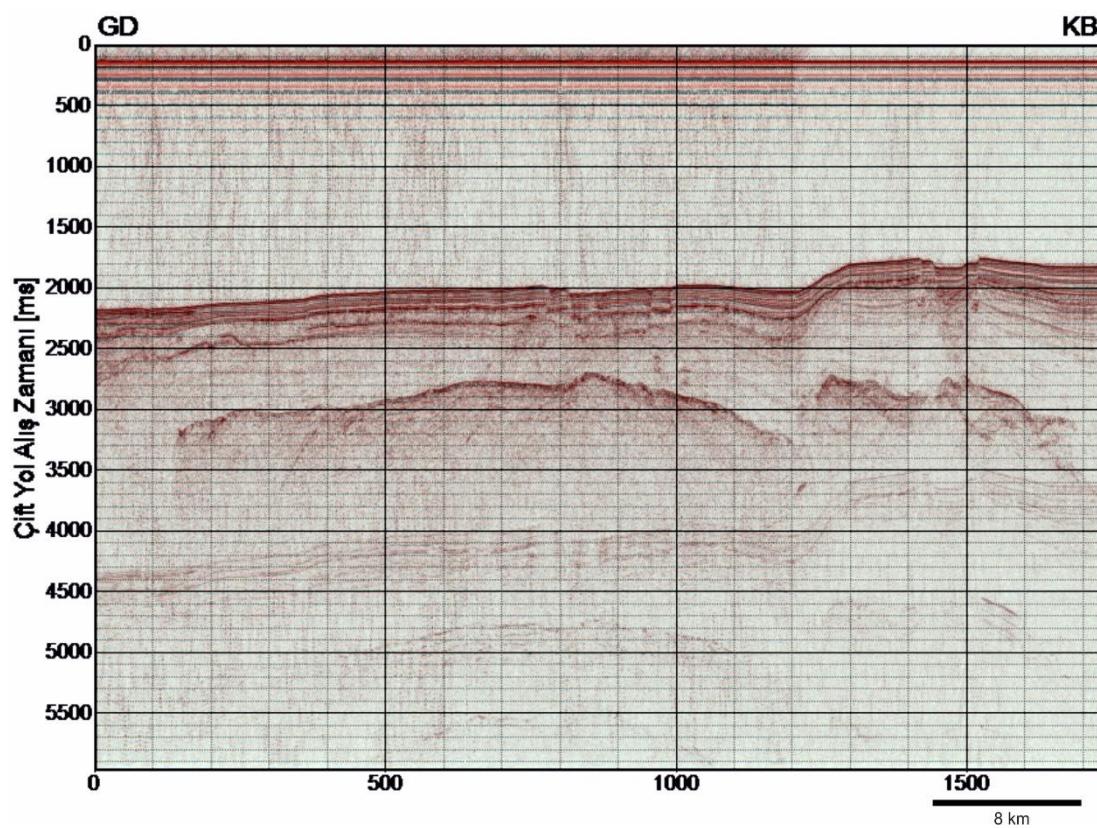
Veri işlem aşamasındaki amaç sinyal-gürültü oranını yükselterek, gürültülerden arındırılmış, yorumla hazır kesitler elde etmektir. Bu bölümde, Kogeo veri işlem programı aracılığıyla verilere düzeltmeler uygulanacak, nasıl değişime uğradığı ve son çıktıların nasıl gözüktüğü inceleneciktir. Veri işlem olanakları içerisinde verilerin derinlik değişimlerinden dolayı değiştirilen zaman kaymalarının düzeltilmesi (time shift), kazanç uygulaması (fixed gain, AGC), zaman ortamında frekans filtreleme (time domain frequency filter), predictive (kestirimci) deconvolution, çok-izli alphatrimfiltresi, spektral analiz ve yeniden örneklemeye (resampling) vardır. Sismik yansımaya verilerine görüntü kalitesini artırmak için bazı veri işlem aşamaları uygulanmıştır.



Şekil 4.1. Planlanan temel sismik veri-işlem adımları.

4.1.1 Sismik Verilerin Okunması

İlk adım, verilerin okutulması adımdır. En temel tanımıyla veri yükleme, toplanmış olan ham sismik verinin veri işlem sistemine yüklenmesi anlamına gelir. Sismik veri, Society of Exploration Geophysicists (SEG) Derneği tarafından farklı amaçlar için kullanılan farklı sismik format türleri tanımlanmıştır. Bunlardan biri, deniz sismiği verilerinin kaydedildiği SEGD formatıdır. Tüm veri işlem ve sismik yorum yazılımlarının okuyabildiği standart sismik veri formatı ise SEGY formatıdır. SEGY formatındaki veri paketi program içinde açıldıktan sonra ham veriye (Şekil 4.2) iyileştirme sağlayacak veri işlem aşamaları uygulanabilmektedir.



Şekil 4.2. Kogeo programında açılmış sc15-20 kesitinin ham görüntüsü.

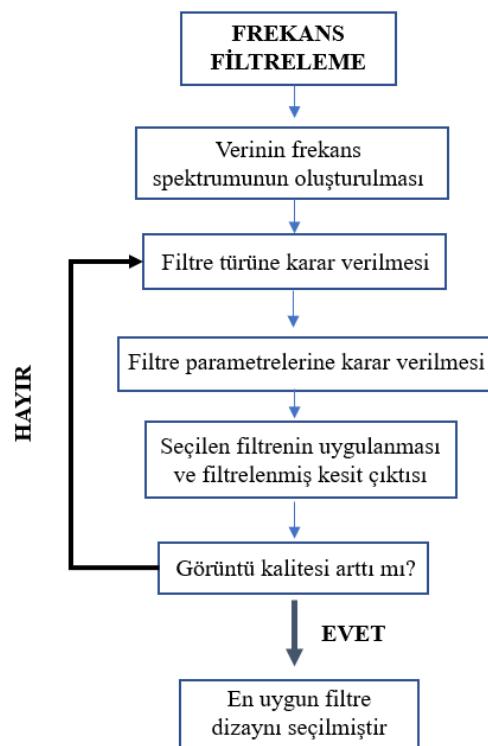
4.1.2 Frekans Filtrelemesi

Frekans süzgeçlemesi sismik verinin doğrudan doğruya genlik spektrumunun değiştirilmesi işlemidir (Dondurur, 2009). Veri işlem aşamasının bu aşamasında veri, zaman ortamından frekans ortamına aktarılır ve genlik spektrumu üzerinde işlem yapılır. Buradaki amaç işlem sırasında istenmeyen gürültülerin frekanslarına sahip aralıklar seçilerek bu frekans aralığında filtreleme yapmaktadır.

Birçok filtre türü vardır, belirli bir frekansın altını geçiren alçak geçişli ve üstünü geçiren yüksek geçişli süzgeçler, belirli bir frekans aralığını geçiren bant geçişli süzgeçler, tek bir frekansı veya çok dar bir frekans bandını kesen çentik (notch) süzgeçler olarak gruplandırılabilir.

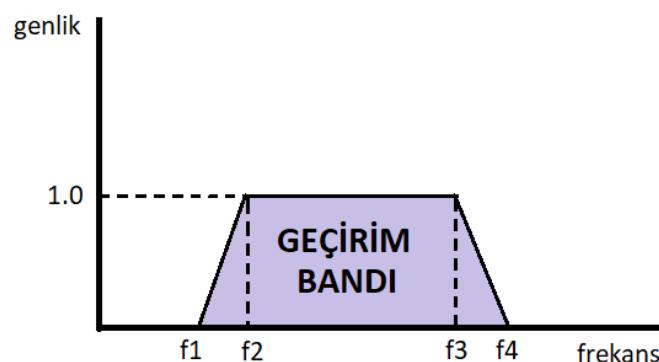
Sismik yansımıza yönteminde bir kayıtçı, 0 ile Nyquist frekansı (f_N) arasında tüm frekans bileşenlerini kaydeder. Örneklemme aralığı 2 ms olan bu verinin Nyquist frekansı 250 Hz'dır. Ham sismik veri, 0 ve f_N arasında değişen neredeyse bütün frekans bileşenlerinde genlikler içerir. Bu genliklerin bir kısmı yansımıma sinyallerini içerirken bir kısmı da doğrudan gürültü bileşenlerini barındırmaktadır ve yansımıma sinyallerinin genlikleri, sismik kaynağın ürettiği frekans bandı ile sınırlıdır.

Frekans filtrelemede verilerdeki istenmeyen gürültü, çevresel faktörler gibi çeşitli kaynaklardan gelen bileşenler giderilir. Frekans filtreleri uygulayarak, ilgilenilen frekans aralığının dışındaki gürültüyü bastırmak mümkündür. Bu işlemler uygulanırken bazı tasarım özellikleri ve çözüm kriterleri (Şekil 4.3) göz önünde bulundurulmuştur. İkinci adım olarak verilere zaman ortamında frekans filtreleme işlemi yapılmıştır. Programda “Time Domain Frequency Filter” seçeneği bu amaç için uygundur.



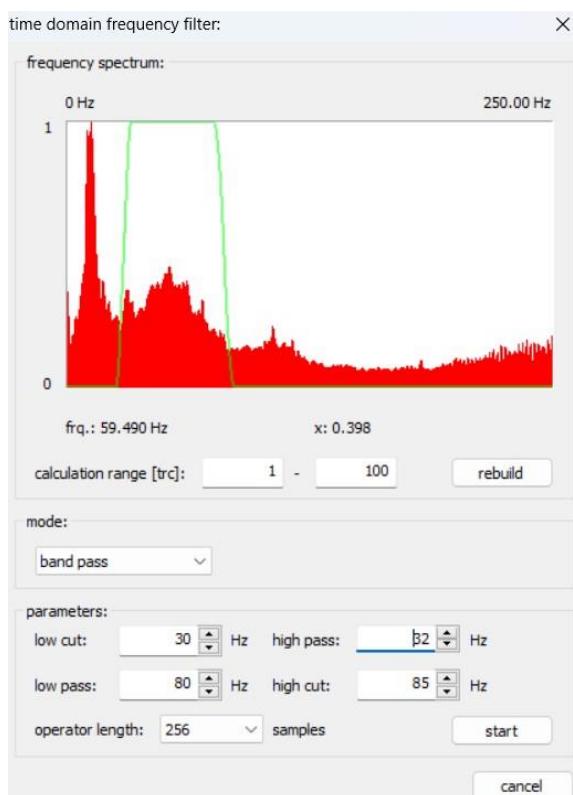
Şekil 4.3. Filtrelemede izlenecek adımlar ve filtrə tasarım özelliklerinin belirlenmesi.

Sismik verilerin süzülmesinde genellikle bant geçişli süzgeçler kullanılır. Bu çalışmada da band-geçişli filtre kullanılmıştır. Bu filtreler belirlenen bir frekans bandındaki bileşenleri geçirirken bu bandın dışında kalan bileşenleri veriden atar. Band-geçişli filtrenin şematik gösterimi Şekil 4.4'de verilmiştir. Bir dikdörtgen pencere şeklindedir. f_1 ve f_2 kesme frekansları dışında kalan tüm frekans bileşenlerine ait genlikler veriden atılır.



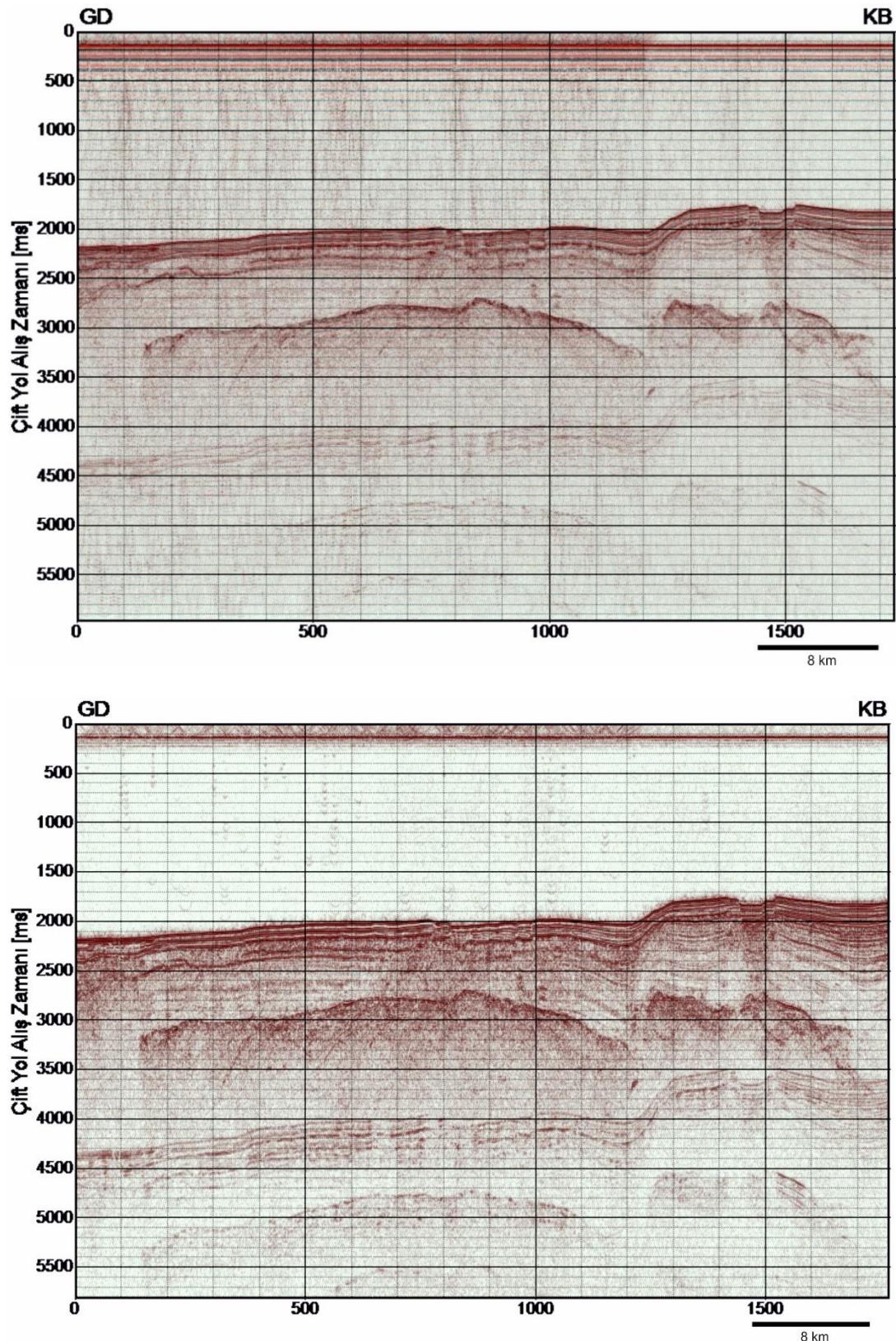
Şekil 4.4. Bant geçişli süzgeçlerin geçirim bandı ve kesme frekanslarının şematik gösterimi.

Filtrelenmiş iz, sadece süzgeç operatörünün sahip olduğu frekans bant aralığını kapsayacaktır. Bant genişliği arttıkça süzgeç operatörü daralır ve daha az sayıda süzgeç katsayıları kullanılır. Frekans bandının genişliği, operatörün uzunluğu ile ters orantılıdır. Frekans ortamında bant genişliği arttıkça, süzgeç operatörünün zaman ortamında genişliği azalır.



Şekil 4.5. Kogeo programı Band geçişli filtreleme uygulama ekranı.

Sayısal süzgeçler kullanılarak sismik verinin istenilen frekans bileşenleri korunup istenmeyen frekans bileşenlerindeki genlikler bastırılabilir. Programda seçilen frekanslara göre istenen filtre ekranında frekans spektrumu üzerinde yeşil renkte görülebilmektedir. Tez kapsamında band-geçirimli filtreler denenmiştir. Şekil 4.5'de aynı kesit için seçilmiş band geçişli filtre özelliklerini verilmektedir.



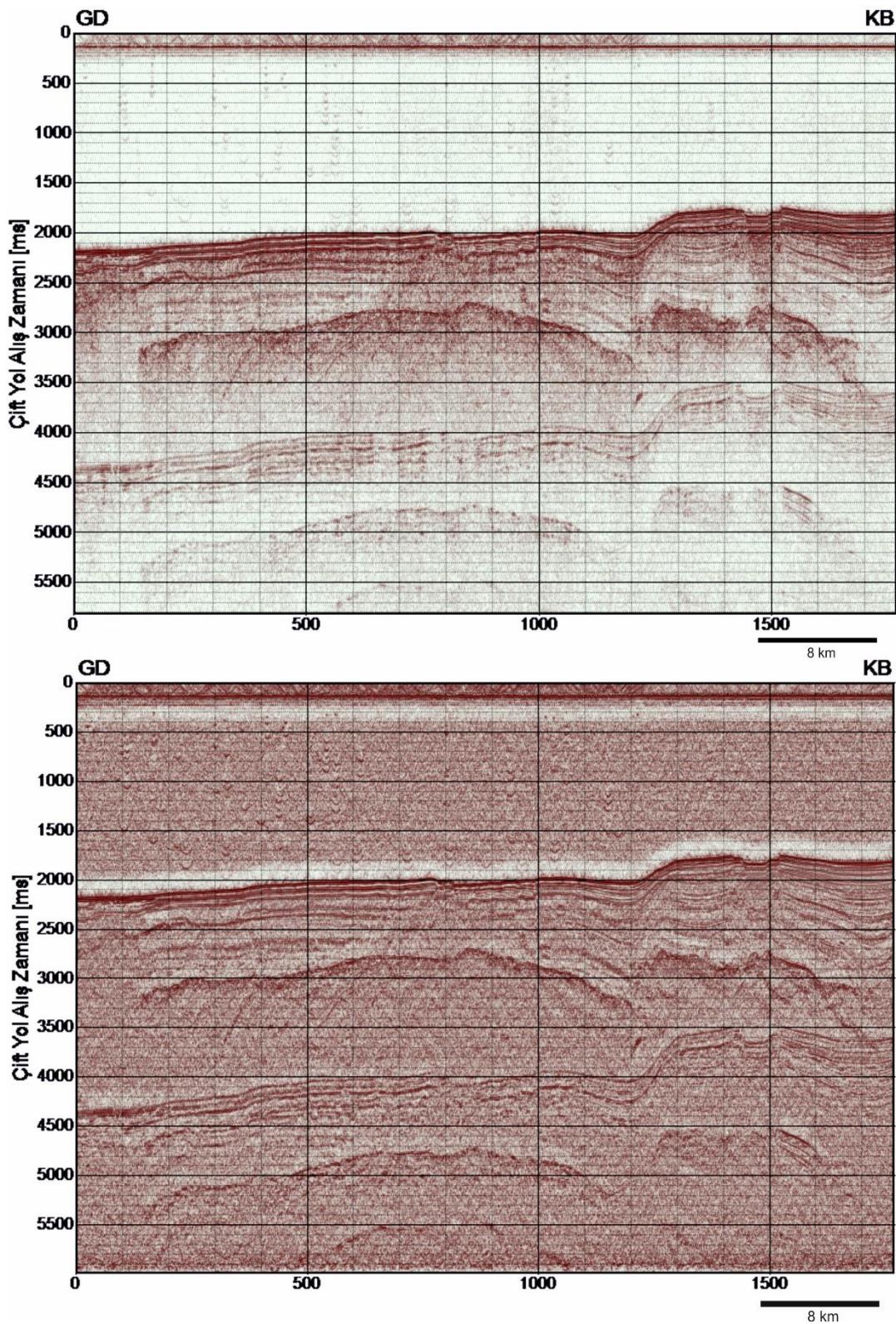
Şekil 4.6. sc15-20 kesiti üstte filtreleme öncesi; altta filtreleme sonrası. Su kolonu ve sismik kesit içerisindeki gürültülerin oldukça bastırıldığı görülmektedir.

4.1.3 Genlik Kazancı Uygulaması

Sismik kaynaktan çıkan elastik deformasyon enerjisi uzaklık artımı ile enerji kaybeder, yani sökümlenir. Sinyalin yayıldığı ortamın fiziksel özelliklerine bağlı olarak, kaynaktan yayılan sinyalin genliği pek çok faktörden etkilenir. Kaynaktan yayılan sinyalin genliği, ara yüzeydeki düzensizlikler, tekrarlı yansımalar, enerjinin ara yüzeyde paylaşılması, saçılma, küresel açılım ve soğurma gibi olaylar sebebiyle etkilenmektedir. Etkisi altında kaldığı bu faktörler, zamanla sismik dalgacığın genliğinde azalmaya sebep olmaktadır. Bu sebeple frekans filtrelemenin hemen ardından tüm sismik izlerin aynı genlik seviyesinde dengelenmesini sağlayan genlik kazancı veri işlem adımı uygulanmıştır.

AGC (Automatic gain correction) genlik kazanç işleminde seçilmesi gereken tek parametre AGC pencere boyu olup, zaman uzunluğu olarak ifade edilir. Bu otomatik kazanç kontrolü işleminin yapılmasının sebebi temel olarak belirlenen pencere içerisinde iz genliklerinin ortalama mutlak değerini hesaplamaktır. İstenen RMS değeri ile bu ortalama değerin birbirine oranı kazanç fonksiyonu olarak atanır. AGC işlemi sonucunda tüm izler aynı genlik seviyesinde bulunmaktadır. AGC pencere boyu seçilirken çok küçük pencere boyları tercih edilirse küçük genlikler fazla miktarlarda yükselp sinyal görüntüsünün bozulmasına neden olabileceği unutulmamalıdır. Bunun yanı sıra çok büyük pencere boylarının seçilmesi de veri işlem verimini düşürecektir. Otomatik kazanç kontrolünün en önemli dezavantajı ise göreceli genlik değişimlerini yok etmesidir.

Bu amaçla Kogeo programında yer alan Otomatik Kazanç Kontrolü (AGC) modülünde pencere boyu seçiminde filtreleme adımda yapılacaklara benzer testler kullanılmıştır. Anlık ve RMS genlik olmak üzere 2 tip otomatik kazanç kurtarımı (AGC) yapılmaktadır. İki tip genlik kazanımı da veriler üzerinde denenmiş olup, pencere sayısına deneme-yanılma yöntemiyle karar verilmeye çalışılmıştır. Ancak veri kalitesinde iyileşme gözlenmemesi, kesitin yorumlanmasında sıkıntılar yaşanması sebebiyle genlik kazancı uygulamaktan vazgeçilmiştir. Şekil 4.7'de örnek bir kesite uygulanmış olan genlik kazanımı öncesi ve sonrası görüntüsü yer almaktadır. Bu örnekte pencere boyu 200 nokta sayısı (400 ms) olarak alınmıştır.



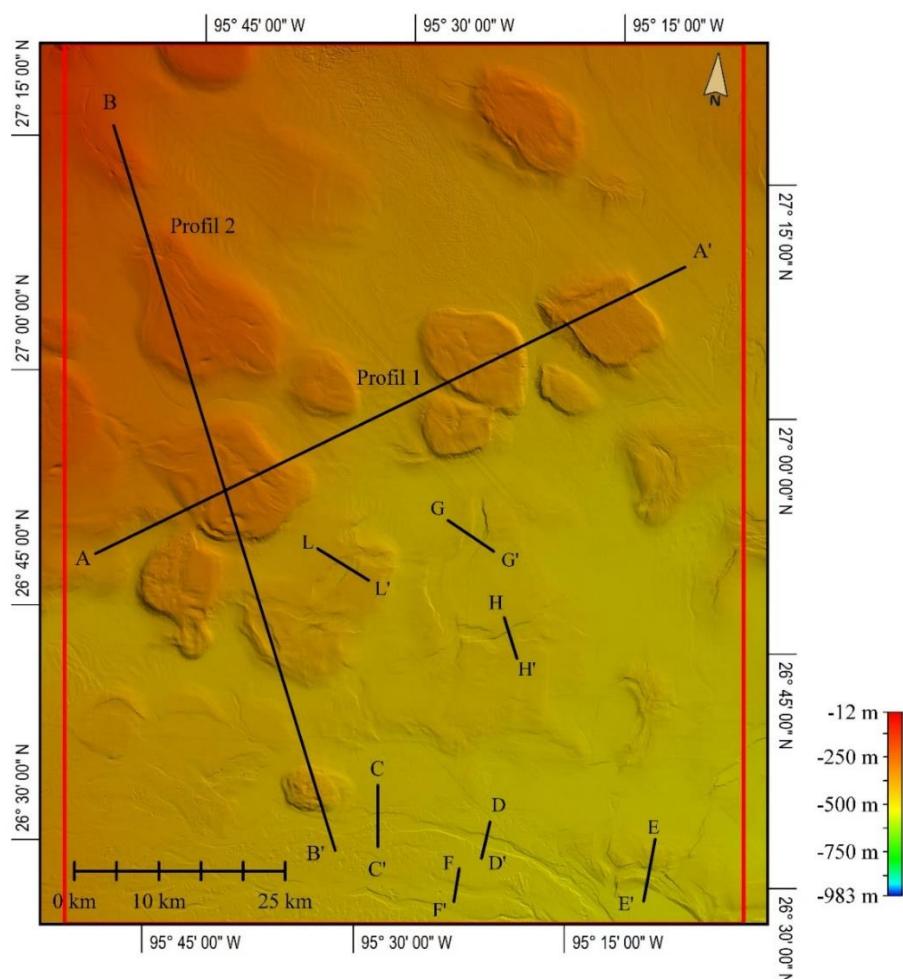
Şekil 4.7. sc15-20 kesiti için üstte genlik kazancı öncesi ve altta sonrası görüntüsü.

SONUÇLAR

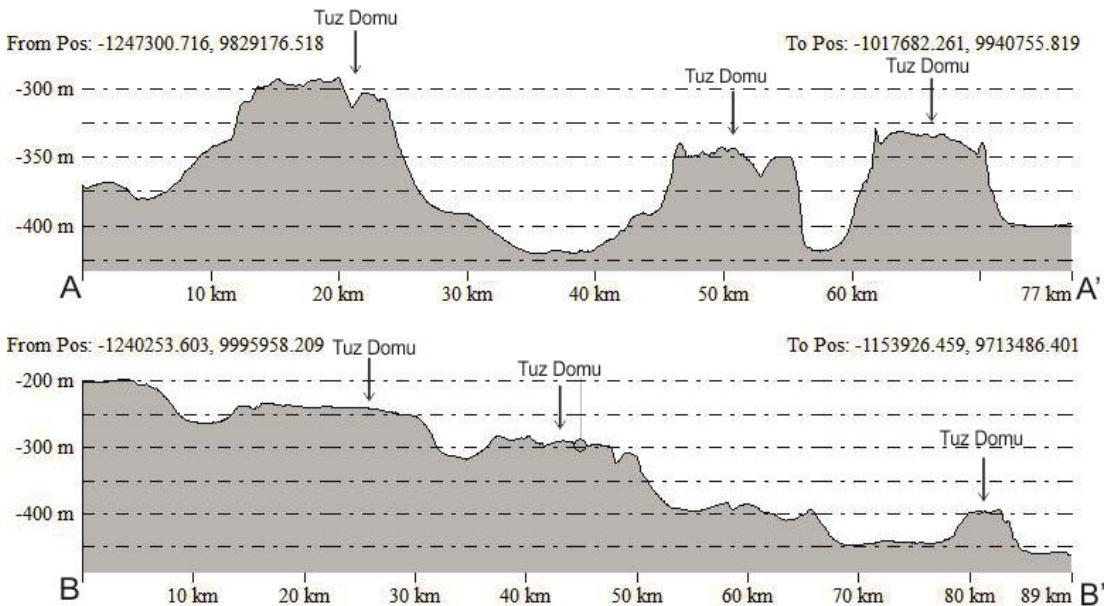
5.1 Batimetrik Sonuçlar

Meksika Körfezi'nin jeolojisi levha tektoniği tarafından değil, yer altı tuz kütelerinin hareketi tarafından yönlendirilir (Kramer, 2021). Pasif bir kıta kenarı olmasına rağmen, Meksika Körfezi'nin kuzeyi, hareketli tuz nedeniyle tektonik olarak aktif ve karmaşıktır (Pindell, 1985; Worrall ve Snelson, 1989; Salvador, 1991).

Tuz yatakları, nehirler aracılığı ile havzaya taşınarak üzerinde biriken ağır çökellerin yarattığı basınç etkisi altında sıkıştırılır, deform olur, çatlaklara sıkışır ve üstteki malzemeye doğru yükselirler. Yükselen bu kütle üzerindeki eski yataklar yukarı doğru itilir ve deniz tabanında erozyona maruz kalır. Tuzun bu yapısı, Meksika Körfezi deniz tabanının engebeli batimetrisinden de net bir şekilde anlaşılmaktadır.



Şekil 5.1. Batimetrik kesitlerin yerlerini gösteren harita (Global Mapper kullanılarak hazırlanmıştır).



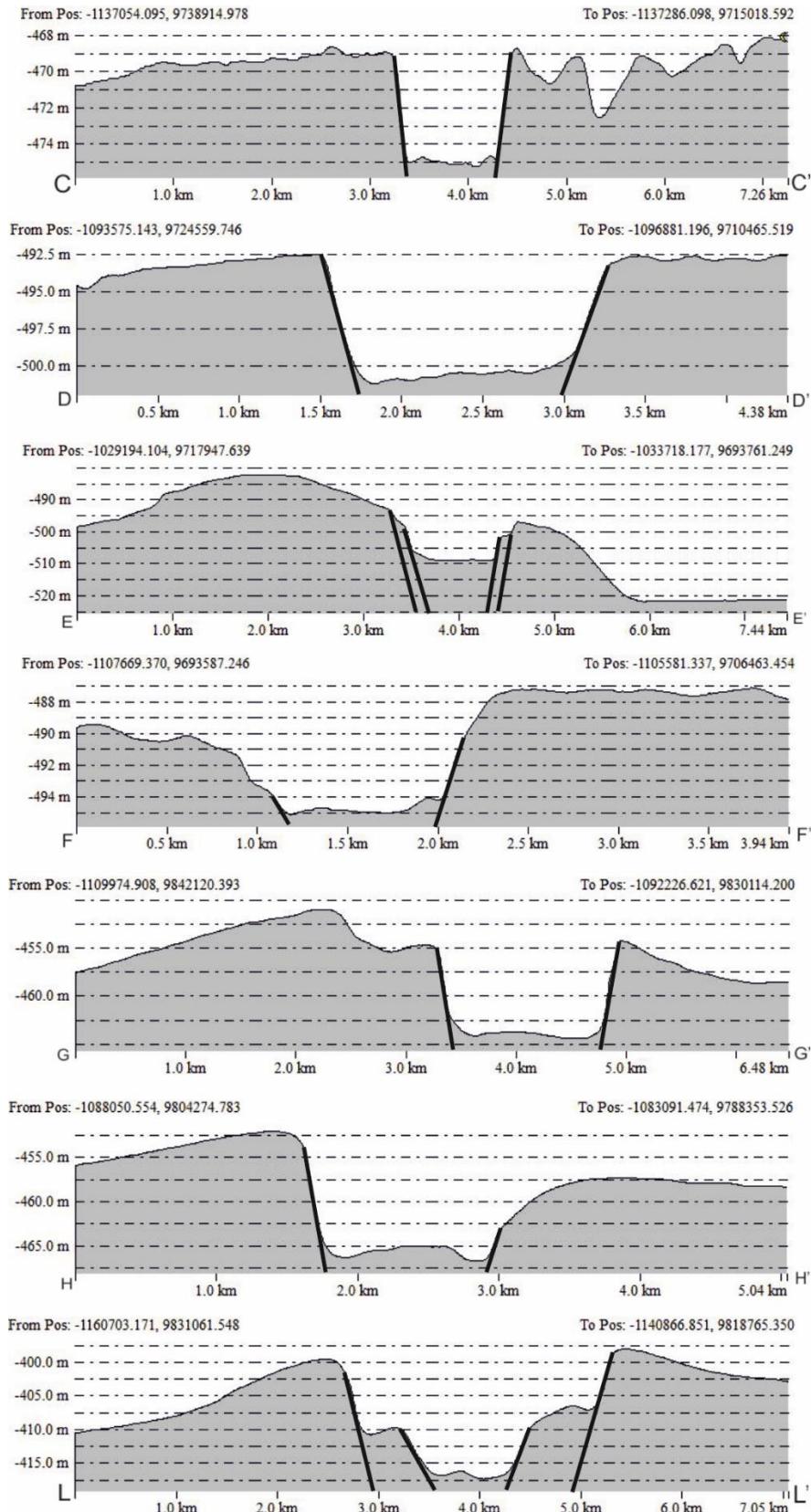
Şekil 5.2. Deniz tabanında gözlenen tuz domlarının morfolojik yapısını ortaya koyan batimetrik kesitler.

Oluşturulan batimetrik harita üzerinden Global Mapper programı kullanılarak farklı doğrultularda batimetrik kesitler alınmıştır. Örnek kesikler deniz tabanında gözlenebilen tuz yükseltilerinin ortaya konması amacıyla hazırlanmıştır.

Batimetrik kesitlerin konumları Şekil 5.1'de verilmiştir. Profil 1 ve profil 2 olarak gösterilen kesitlerde (Şekil 5.2) deniz tabanında yer alan, büyüklükleri ve morfolojik yapıları değişiklik gösteren tuz domları net bir şekilde gözlenmektedir. Derinlik bazı noktalarda 450 metrenin altına kadar inmekte, tuz domlarının genişlikleri ise yaklaşık 4 km ile 15 km arasında değişiklik göstermektedir.

Çalışma alanı içerisinde, batimetrik haritalarda deniz tabanında gözlenen tuz domları genellikle masif yapıdadır. Bölge içerisindeki tuz yükseltileri incelendiğinde, mantar yapısına sahip bir yükselmenin olmadığı gözlenmiştir.

Çalışmanın devamında bahsedilecek olan sismik kesitlerin az olması sebebiyle batimetrik kesitlere başvurulmuştur. Sismik kesitlerde deniz tabanında gözlemlenen faylanmalar işaretlenmiş olsa da bu kesitler çalışma alanının tamamını temsile etmeye yeterli değildir. Bu sebeple sismik kesitlerin olmadığı alanlarda, batimetrik kesitlerden yararlanılarak faylanmaların devamlılığı incelenmiş, olası faylar son bölümde yer alan yapısal haritada işaretlenmiştir.

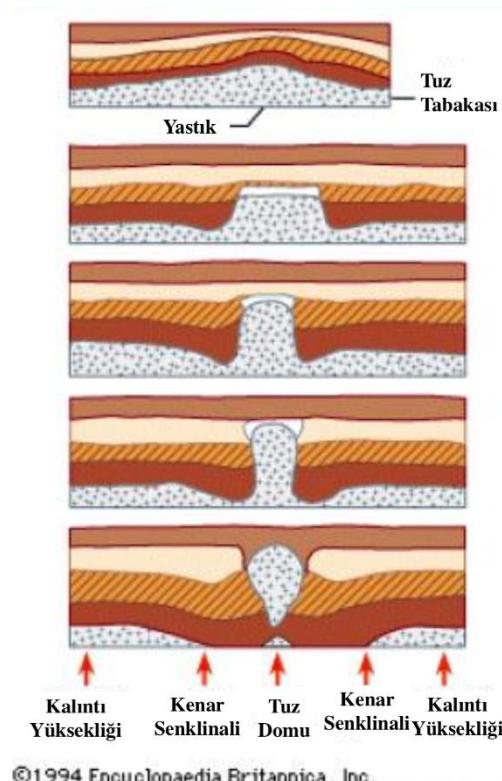


Şekil 5.3. Deniz tabanı faylanmalarının devamlılığını izlemek için alınan batimetrik kesitler ve olası faylanmalar. Faylar siyah kalın çizgilerle gösterilmiştir.

5.2 Sismik Kesitlerin Yorumlanması

Kuzeybatı körfez sahanlığının yapısal karakteri üzerindeki temel etkinin, sedimanter dizide bulunan yüksek miktardaki tuzun varlığı olduğu daha önce belirtilmişti. Bu yapılar körfezin kuzey kesiminde yüksek derecede tektonik hareketlilik sağlar. Derin tuz yastıkları, tuz duvarları ile yukarı doğru göç eden tuz tarafından delinmiş kıvrımlı kayalar olan tuz antiklinalleridir. Faylanma, çökme gibi süreçlere sebep olarak deniz tabanını tekrar şekillendirirler. Bu tuz yapılarının varlığı tabandaki yükselimler ve gömülü tuz yapılarının üzerinde fayların kümelenmesiyle belirgindir.

Sediman biriktiren açılma havzalarında, tuz yapıları esas olarak genişleme hareketi ile tetiklenir. Bu genişleme, tuzun üzerindeki katmanları üç şekilde etkileyebilir: yükseltilebilirler, alçaltılabilirler veya etkilenmeden bırakılabilirler. Yükselmiş katmanlar, dom yapısının üzerinde veya çevresinde kubbe şeklinde dirler ve çevre senklinallere doğru eğimlidirler. Yükselen katmanlar genellikle faylarla bölünür. Alçalan tabakalar senklinallere dönüşür ve kenar senkinalı adı alarak yükselen yapıyı çevreleyebilirler. Etkilenmeyen katmanlar, kalıntı yüksekliği veya kaplumbağa sırtlı olarak adlandırılır, tuz kubbeleri kadar dikey bir kabartmaya sahip değildir.

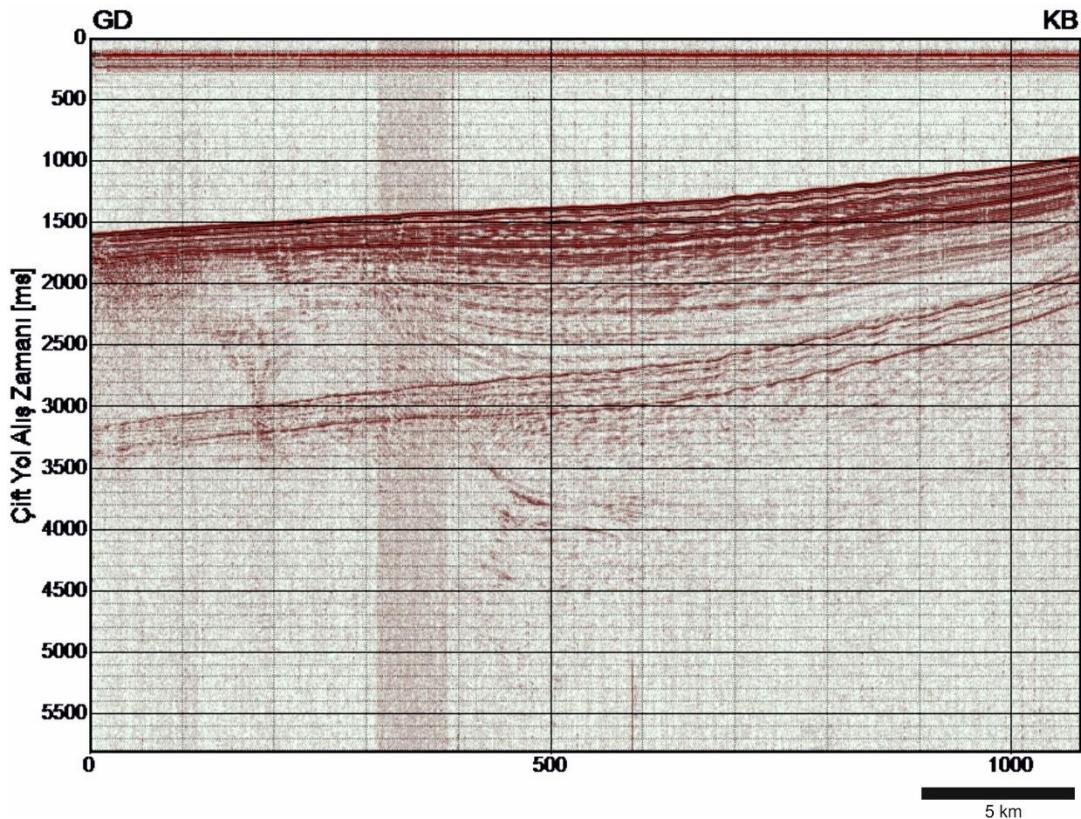


©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

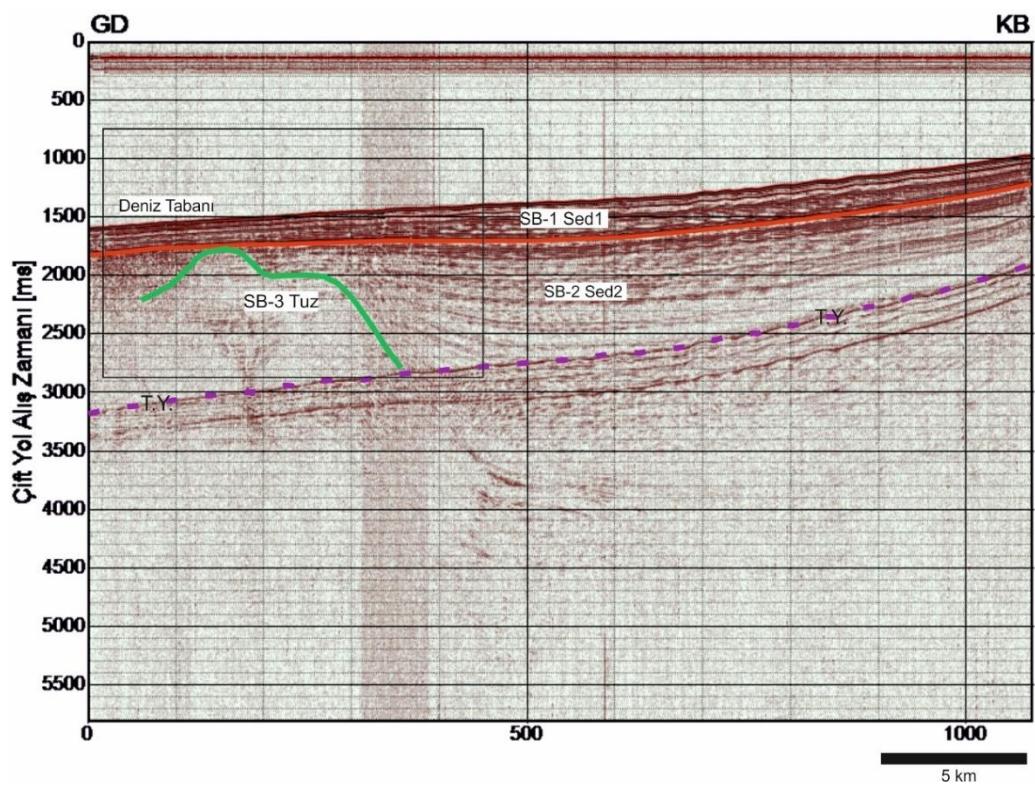
Şekil 5.4. Tuz domu gelişim aşamaları (Britannica'sitesinden değiştirilmiştir).

Tuz domları sismik görüntülerde genellikle karmaşık geometrik şekil, dik eğimli yan kenarlar, içsel kaotik yansımıma, yer yer yansımaz zonlar ve çevredeki sedimanlara kıyasla daha yüksek sismik dalga yayılma hızları ile tanımlanır. Yansımalı sismik görüntülemede, tuz kubbesinin sınırları genellikle tuz kubbesi içindeki sismik dokunun çevredeki sismik dokudan farklılaştiği sınırlar olarak belirlenir (Berthelot ve dig., 2013).

Bu raporda sunulan sismik profiller, orijinal saha kayıtlarının üzerinde iyileştirme ve yorumlanma yapılarak sunulmuştur. Tuz yapıları bahsedilen özellikler göz önünde bulundurularak tanımlanmıştır. Tuz yapılarının üst yüzeyleri kuvvetli yansımıma yüzeyleri ile takip edilirken, içsel yansımaları oldukça kaotik ve çoğu yerde zayıftır. Faylar ise sismik kesitlerde yansımıma yüzeylerinde yanal yönde kesilmeler ve deniz tabanında oluşan olası atımlar takip edilerek işaretlenmiştir. Tavan blokların hareketine göre sismik kesitlerde faylar normal faylar, ters faylar olarak isimlendirilir. Blokların yanal hareketleri ise doğrultu atımlı faylar olarak sismik kesitlerde dik açılı süreksızlıklar oluşturur. Bu çalışmada çoğunluk olarak sismik kesitlerde normal faylanmalar yorumlanmıştır.



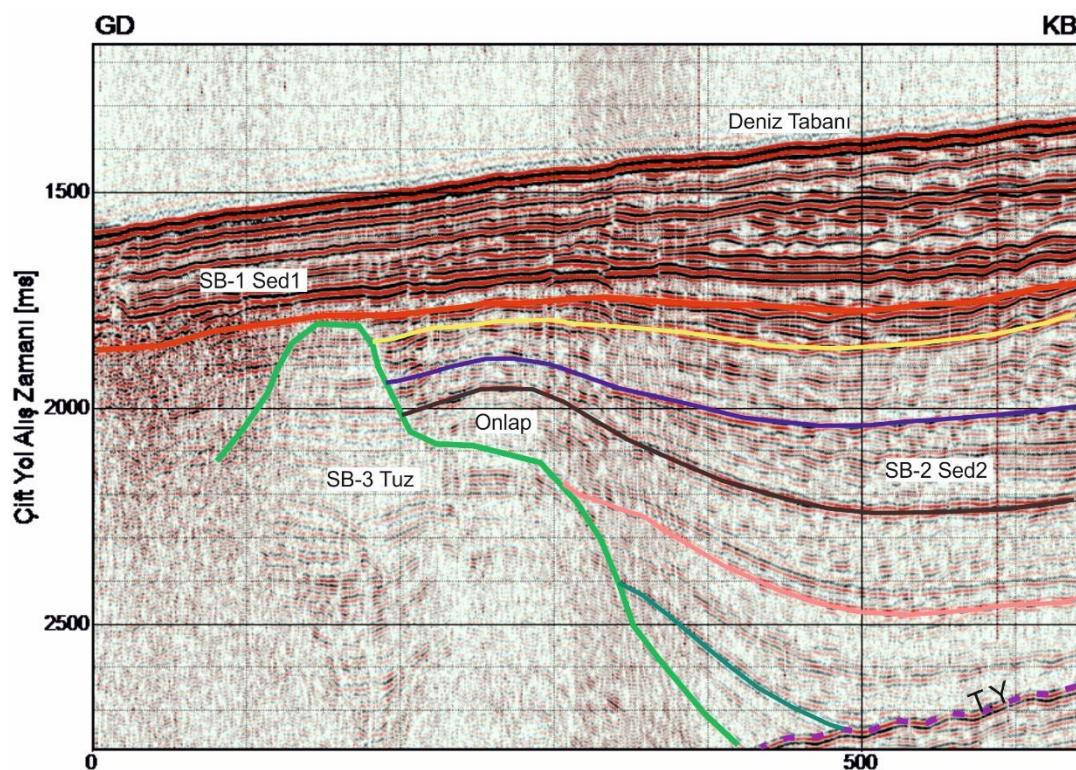
Şekil 5.5. sc15-01 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.5$).



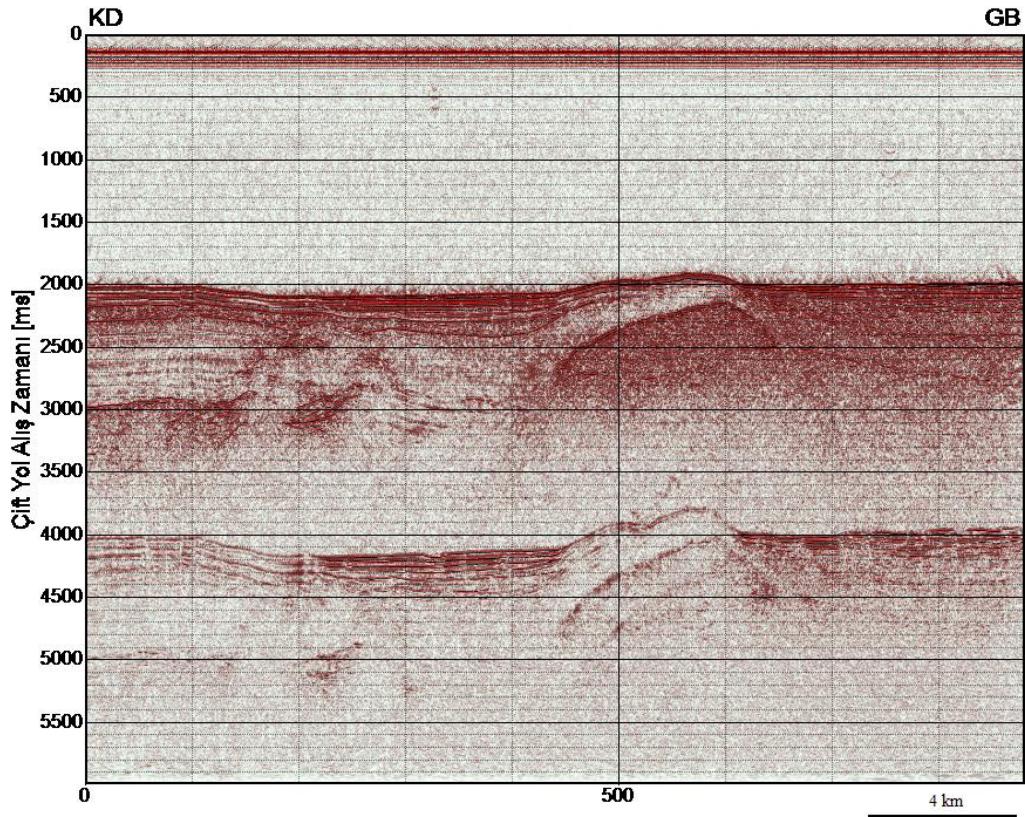
Şekil 5.6. sc15-01 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2.5$).

Yukarıdaki şekillerde sc15-01 kesitin veri işlem sonrası görüntüsü ve yorumlanmış görüntüsü verilmiştir. Kesitlerde ‘SB’ sismik birimi, ‘Sed’ ise sedimanter birimi temsil etmektedir. Sed1 daha genç sedimanter istifi, Sed2 ara birimi göstermektedir. ‘T.Y.’ ifadesi tekrarlı yansımaları ifade eder.

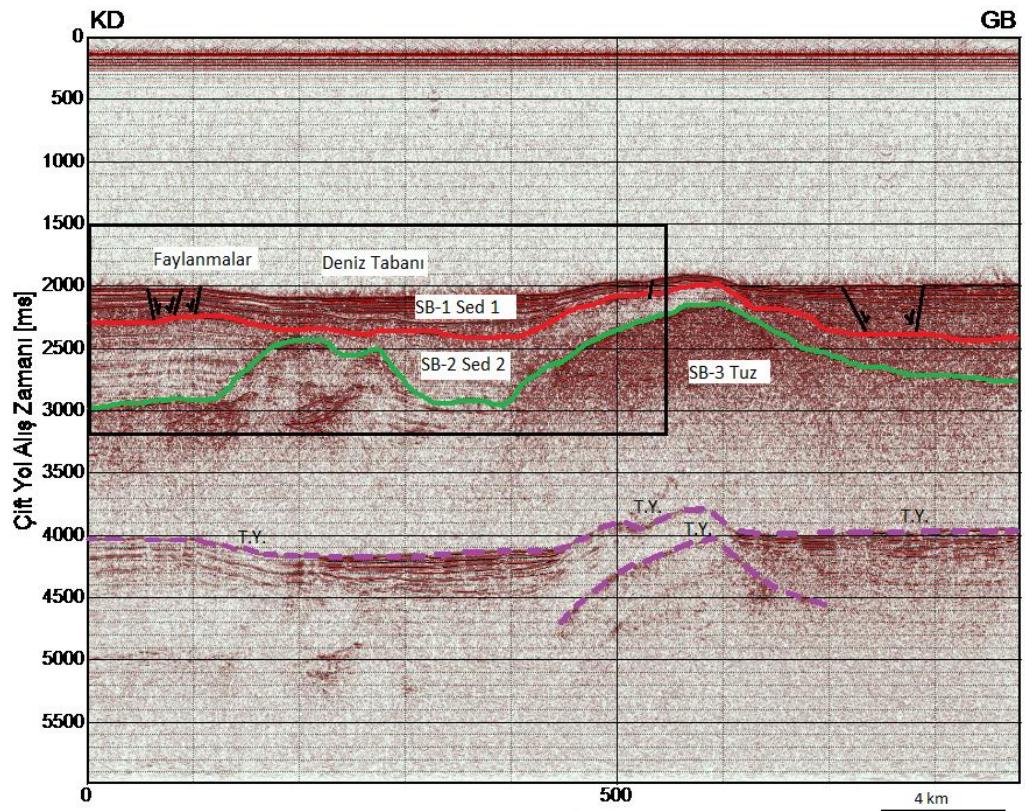
Kesitin GD kenarında tuz yapısının yükseldiği, Sed2 olarak tanımlanan sismik ünitenin bu tuz yapısının kenarında onlap ile sonlandığı gözlenmiştir. Onlap, başlangıçta yatay katmanların eğimli bir yüzeye karşı kademeli olarak sonlandığı veya eğimli bir yüzeye karşı giderek yukarı eğimde sona erdiği bir uyumsuz ilişkidir.



Şekil 5.7. sc15-01 kesitindeki onlap yapılarını gösteren yakın görünüm.

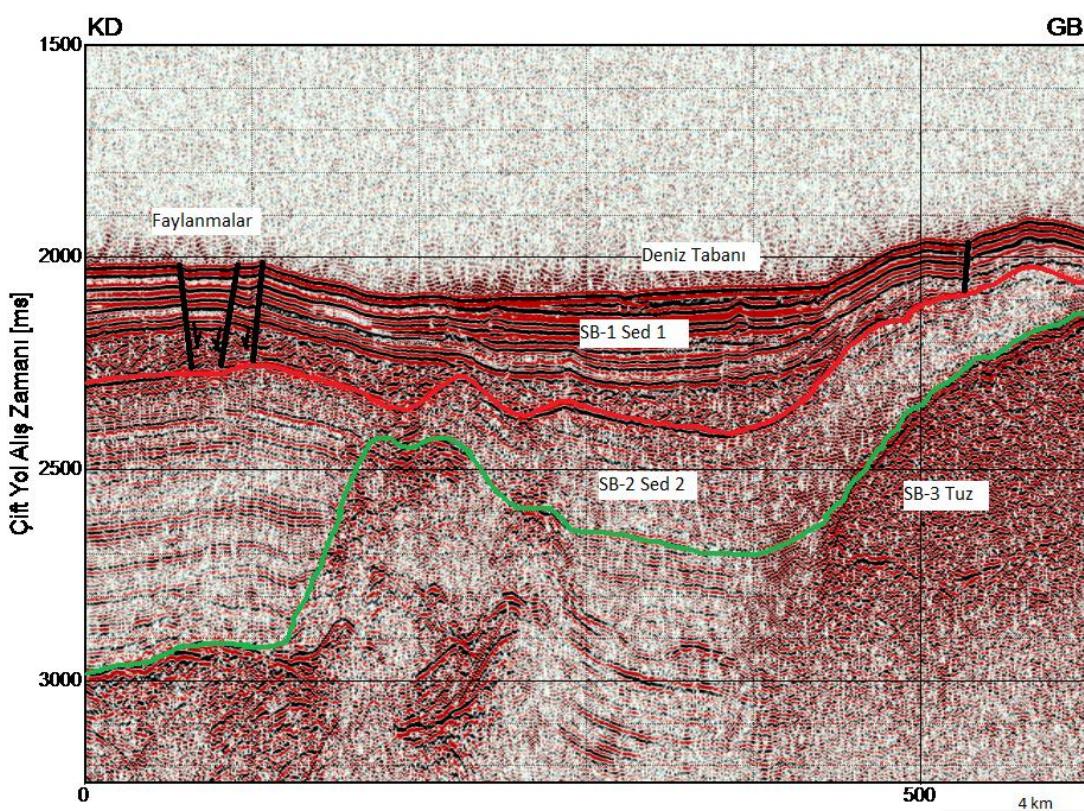


Şekil 5.8. sc15-15 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2$).

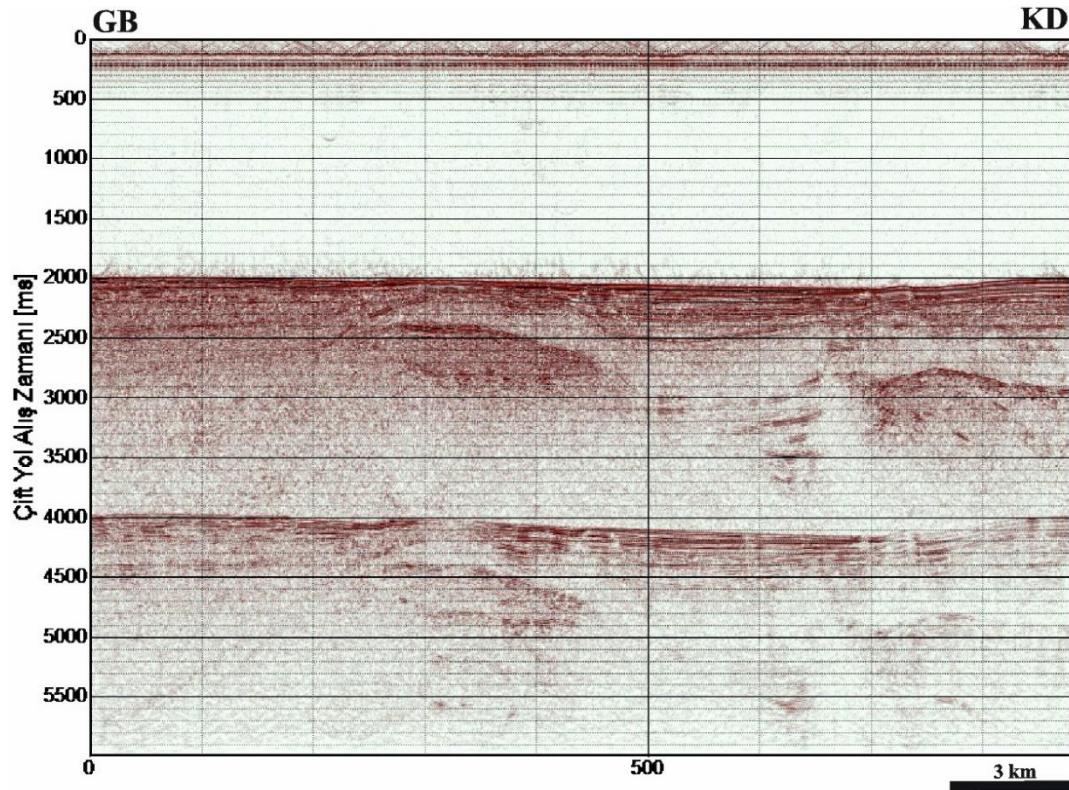


Şekil 5.9. sc15-15 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2$).

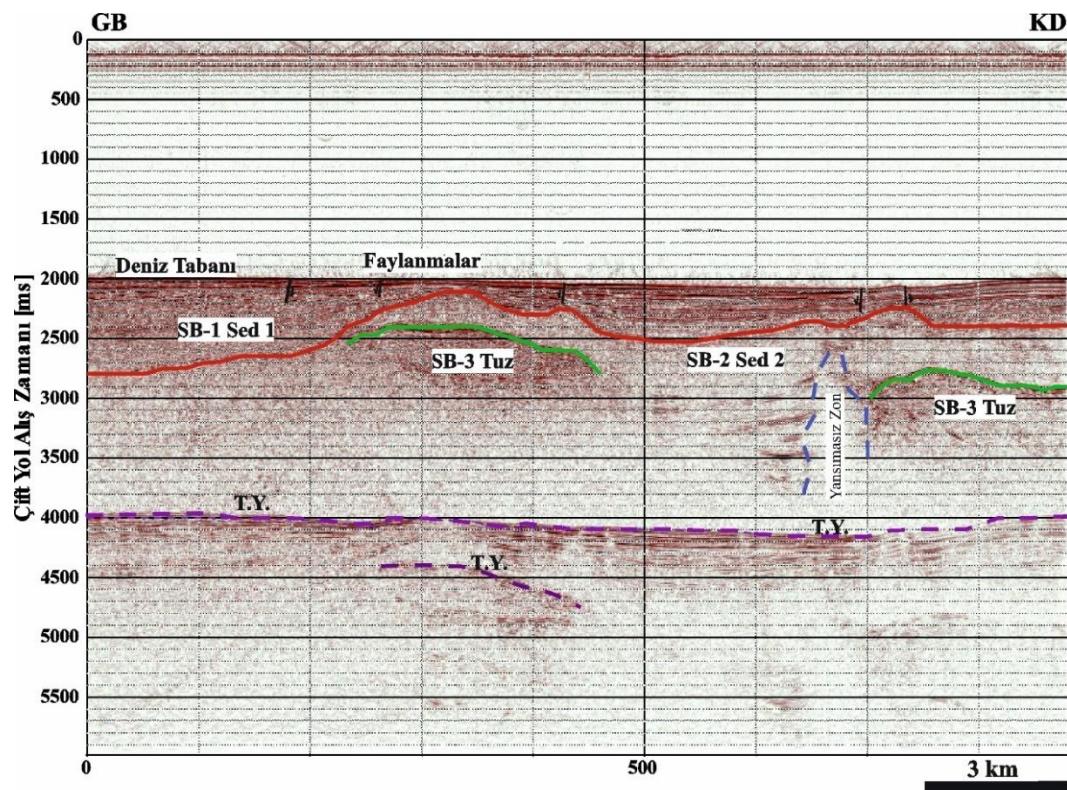
Yukarıda sc15-15 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ve yorumlanmış görüntüsü verilmiştir. Deniz tabanı yaklaşık 2000 ms derinliktedir. Kesitlere bakıldığından tuz domu yapıları dikkat çekmektedir. Yaklaşık 3000 ms derinlikte tuz yapıları görülmüştür. Bu tuz yapılarının etrafında senkinal ve antiklinal şekillerde kıvrımlar görülmüştür. Deniz tabanında faylanmalar meydana gelmiştir. Bu faylanmalar deniz tabanında çökmelere neden olmuştur. Faylar sedimanter birimleri kesmektedir. Deniz tabanının tekrarlı yansımısyaklaşık 4000 ms gözlenmektedir. Tuz yapısının tekrarlı yansımısyaklaşık 5000 ms derinlikte oluşmuştur. Şekil 5.10' da bölgedeki faylanmaların ve bu faylanmanın neden olduğu çökmenin yakından görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.10. sc15-15 kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü.

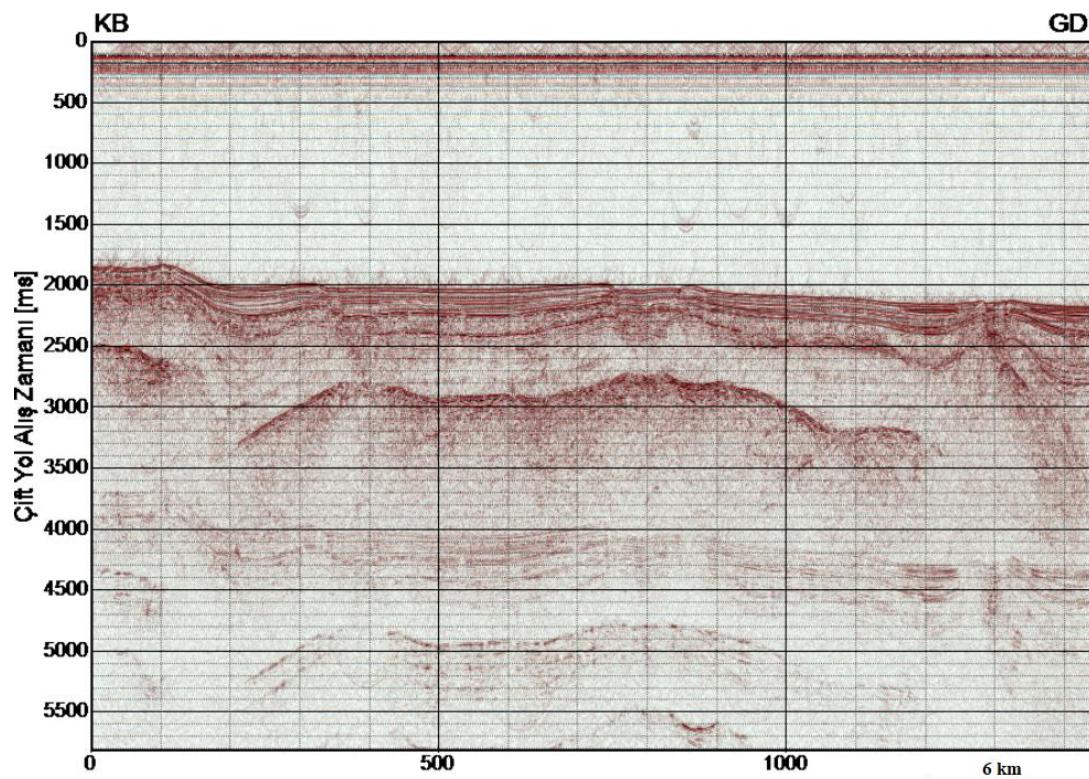


Şekil 5.11. sc15-16 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 1.5$).

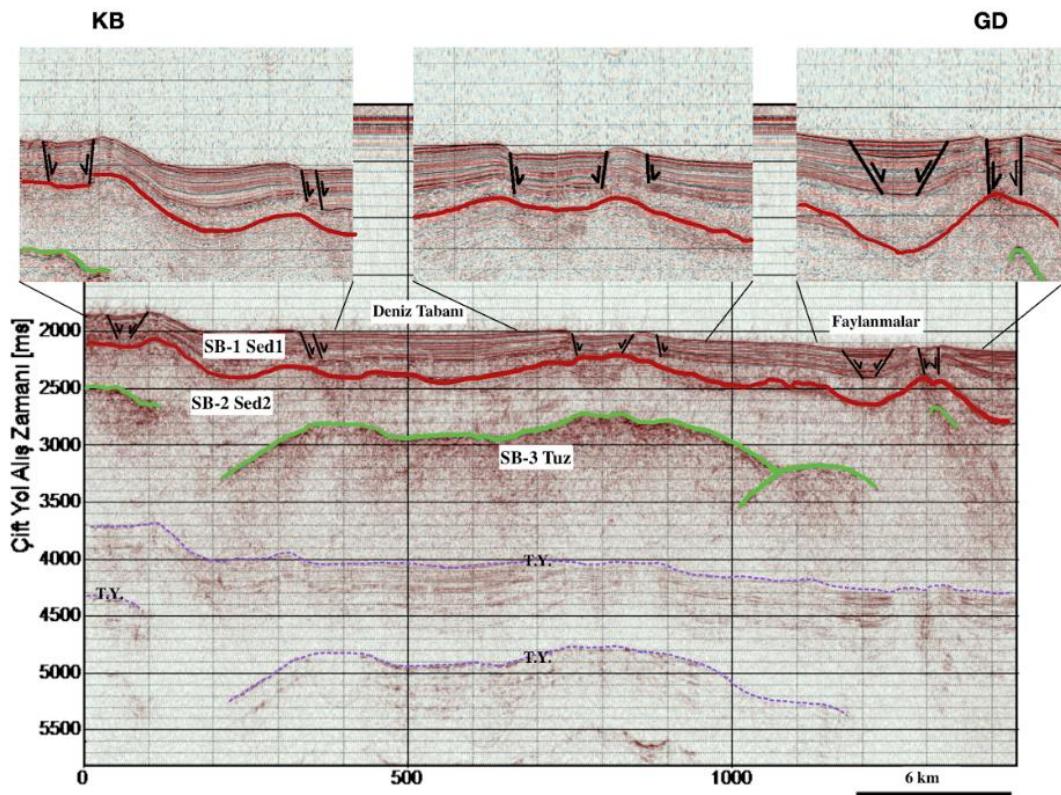


Şekil 5.12. sc15-16 kesitinin yorumlanmış görüntüsü ($D.A \approx 1.5$).

Yukarıda veri işlem sonrası ve yorumlanmış görüntüsü verilen sc15-16 kesitinde 2000 ms derinliğindeki deniz tabanında faylanmalar görülmüştür. Yaklaşık 2500-3500 milisaniye derinliklerinde tuz yapıları yer alır. Bu tuz yapılarının etrafında senkinal ve antikinal yapılar gözlenmektedir. 4000 milisaniyede deniz tabanının tekrarlı yansımıası yer almaktadır.

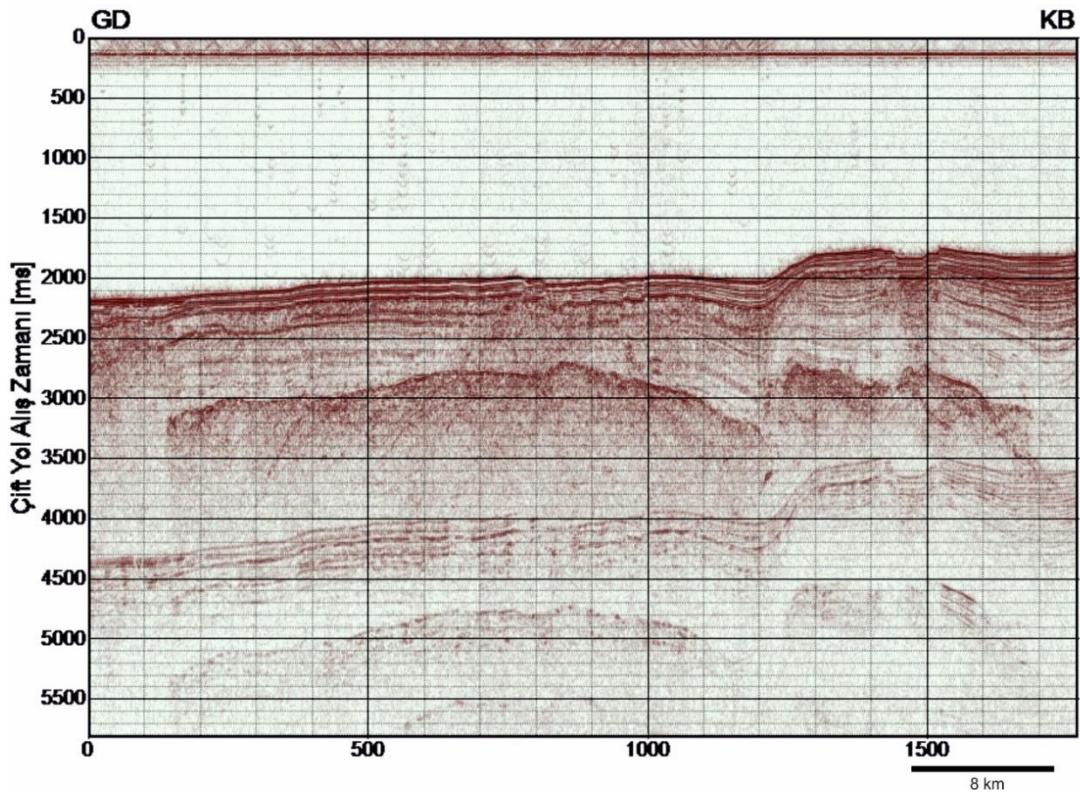


Şekil 5.13. sc15-19 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 3$).

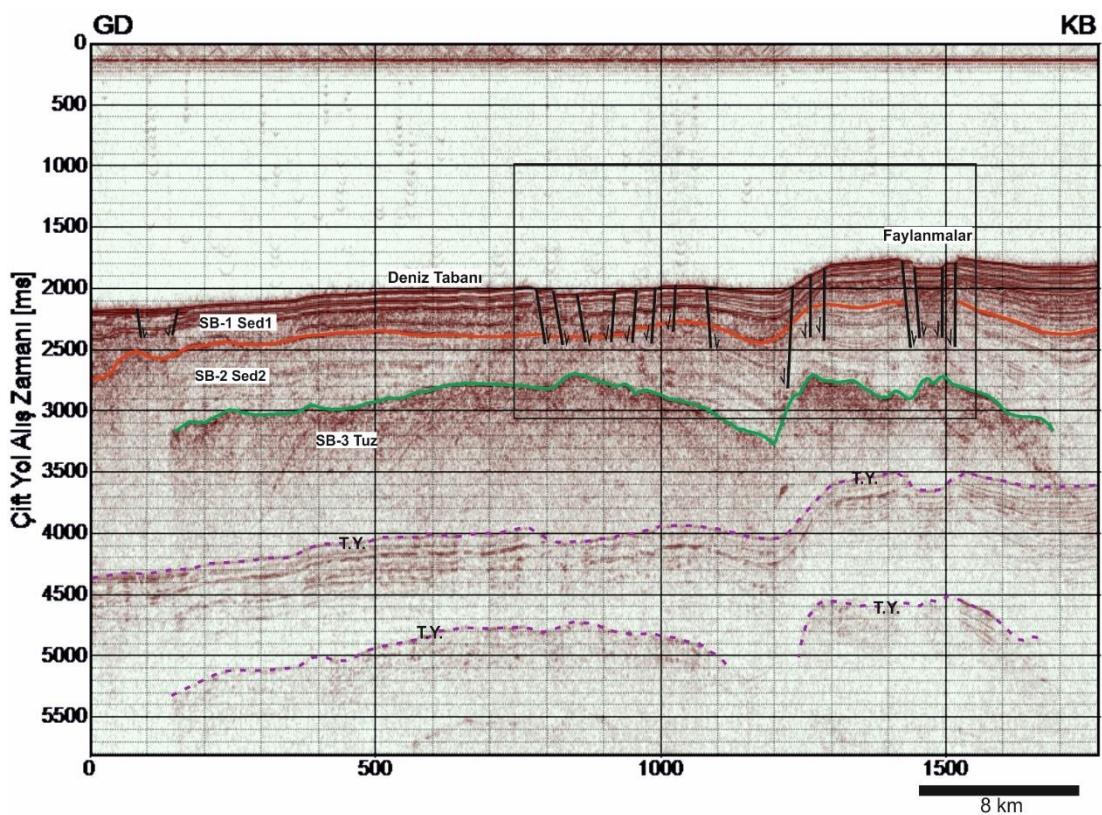


Şekil 5.14. sc15-19 kesitinin yorumlanmış görüntüsü (D.A \approx 3).

Kesit sc15-19'da ortalama 2000 milisaniye derinliğinde bulunan deniz tabanında gözlemlenen 10 adet normal fay bulunmaktadır. Tuz yapısına ulaşana kadar sismik kesitte bir ara yüzeyin ayırdığı iki adet sedimanter kayaç formasyonu kesit görselinde tespit edilmiştir. 2500-3600 milisaniye arasında tuz yapıları bulunmakla beraber bu tuzların, henüz yastık formunda olup yükselmeye devam edeceği öngörülmüştür. 2500 milisaniyede kesitin Kuzeybatı tarafında ayrı olarak varlığını sürdürten tuz yapısı gözlemlenmiştir. Frekans filtrelemesi işlemiyle bastırılan su kolonu ve tekrarlı yansımalar kesitin daha net görüntü vermesini sağlamıştır.

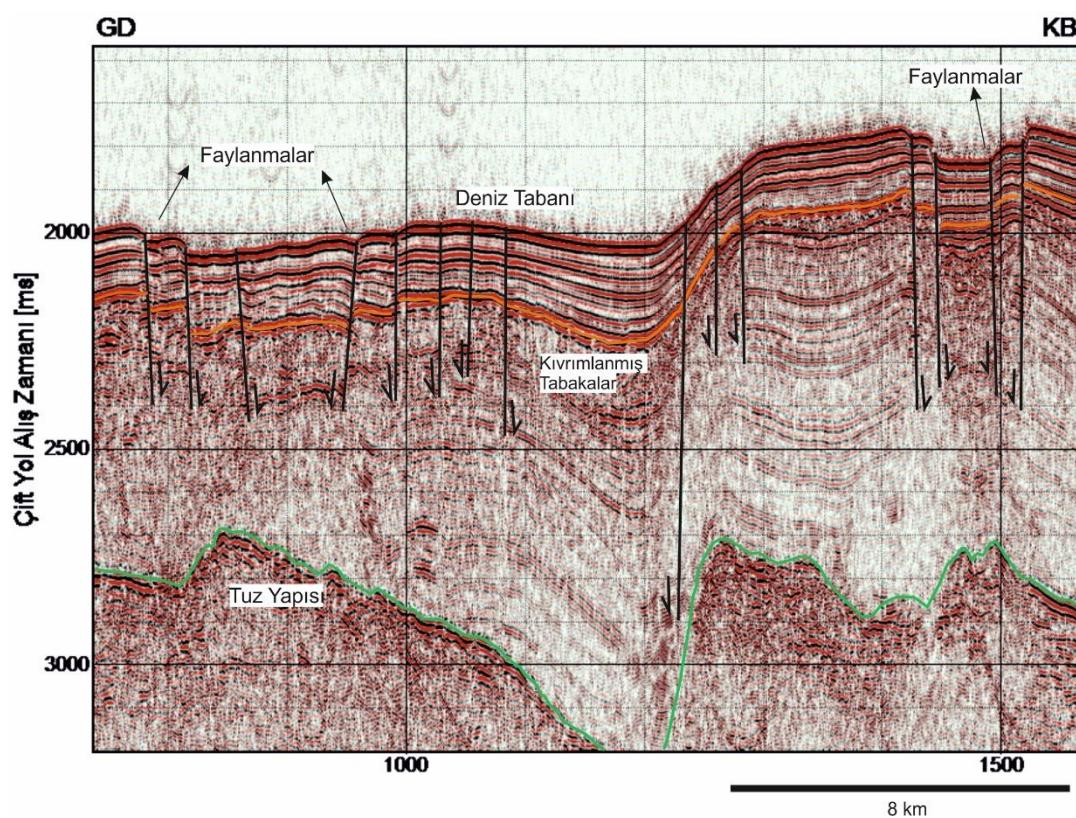


Şekil 5.15. sc15-20 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 4$).

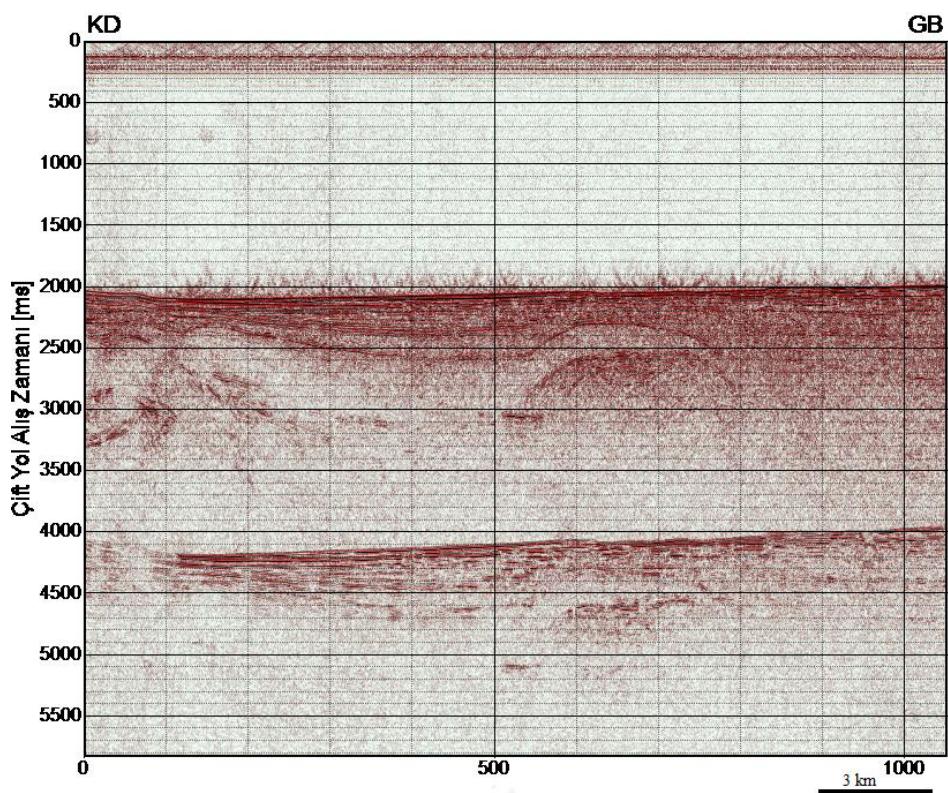


Şekil 5.16. sc15-20 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 4$).

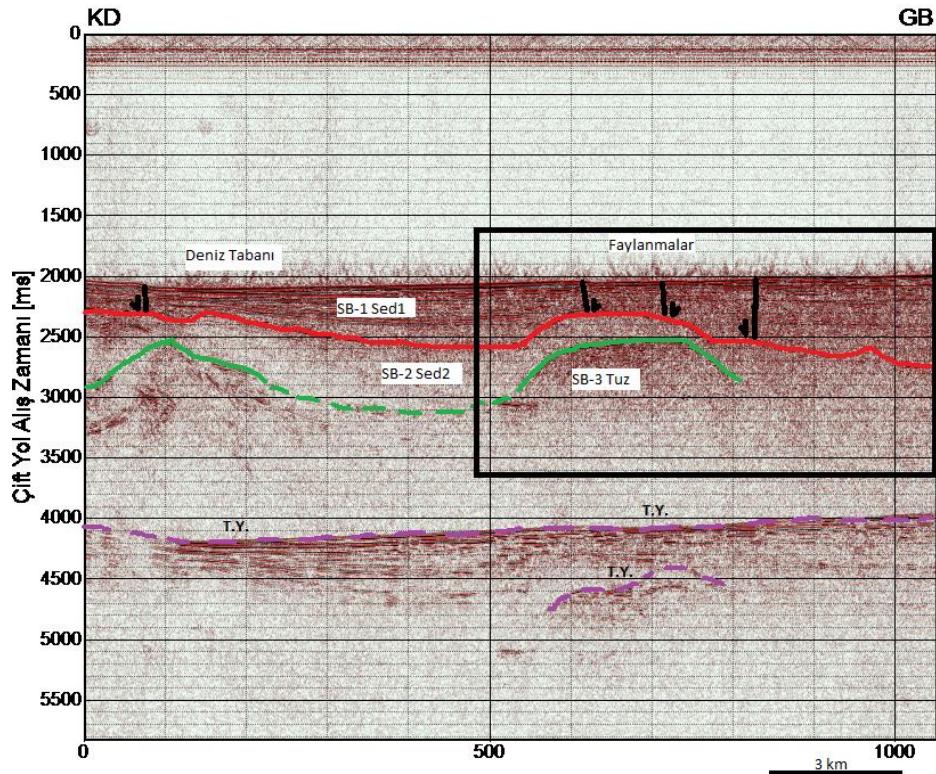
Yukarıda veri işlem sonrası ve yorumlanmış görüntülerini verilmiş olan sc15-20 kesitinde masif bir tuz yapısı gözlenmektedir. Yaklaşık olarak 3000 ms derinlikte bulunan bu tuz yapısı henüz deniz tabanına ulaşmamış olup, gömülü durumdadır. Yükselmekte olan bu yapı üzerinde çökelmiş olan daha genç litolojik birimlerin kıvrımlanmasına, eğim kazanmasına sebep olmaktadır. Tuz yapısının kenarlarında senkinal yapılar gözlenirken üzerinde antiklinaller oluşmaktadır. Bölgenin bir açılma sahası olması sebebiyle tuz yapılarının üzerinde, deniz tabanında faylanmalar gözlenmektedir. Deniz tabanında bir çökmeye sebep olan bu faylanmalar normal atımlı faylardır. Kesme ilişkisi incelendiğinde bu fayların genç çökelleri de kestiği, yani daha genç olduğu belirlenmektedir.



Şekil 5.17. sc15-20 kesitinde gözlenen faylanmaların yakın görüntüsü.

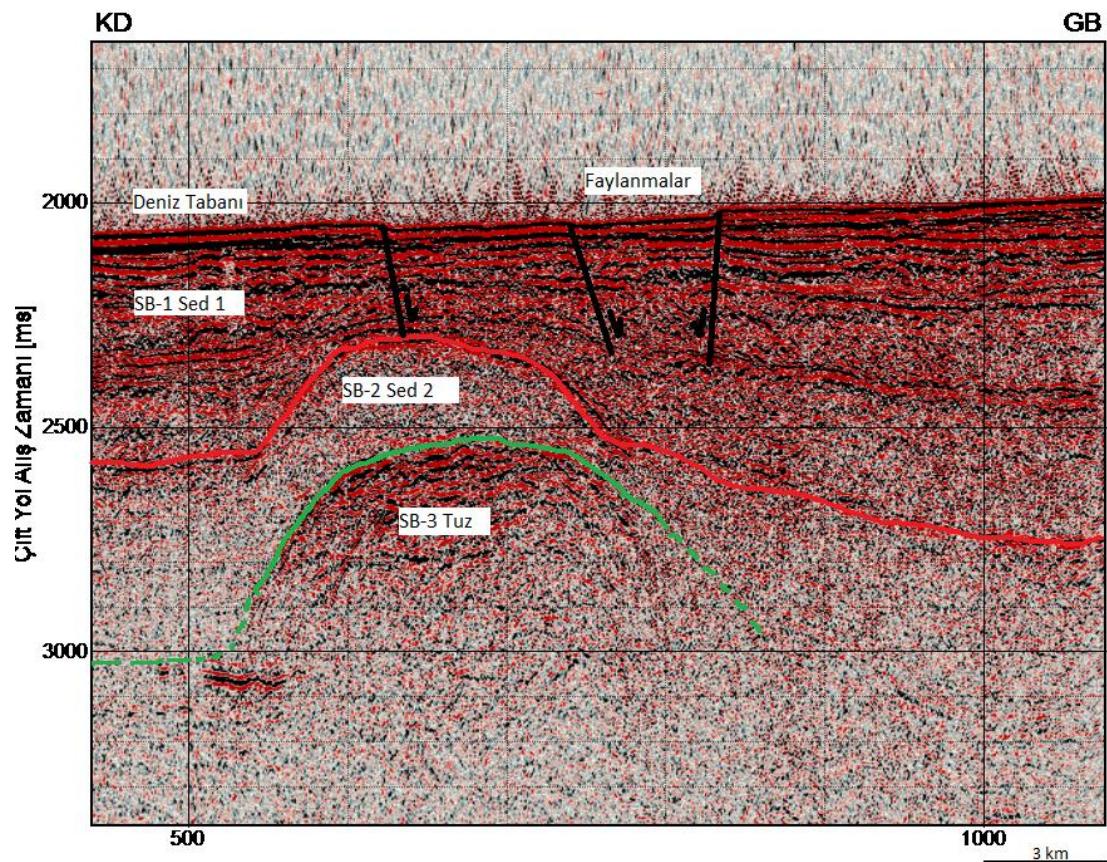


Şekil 5.18. sc15-26 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.5$).

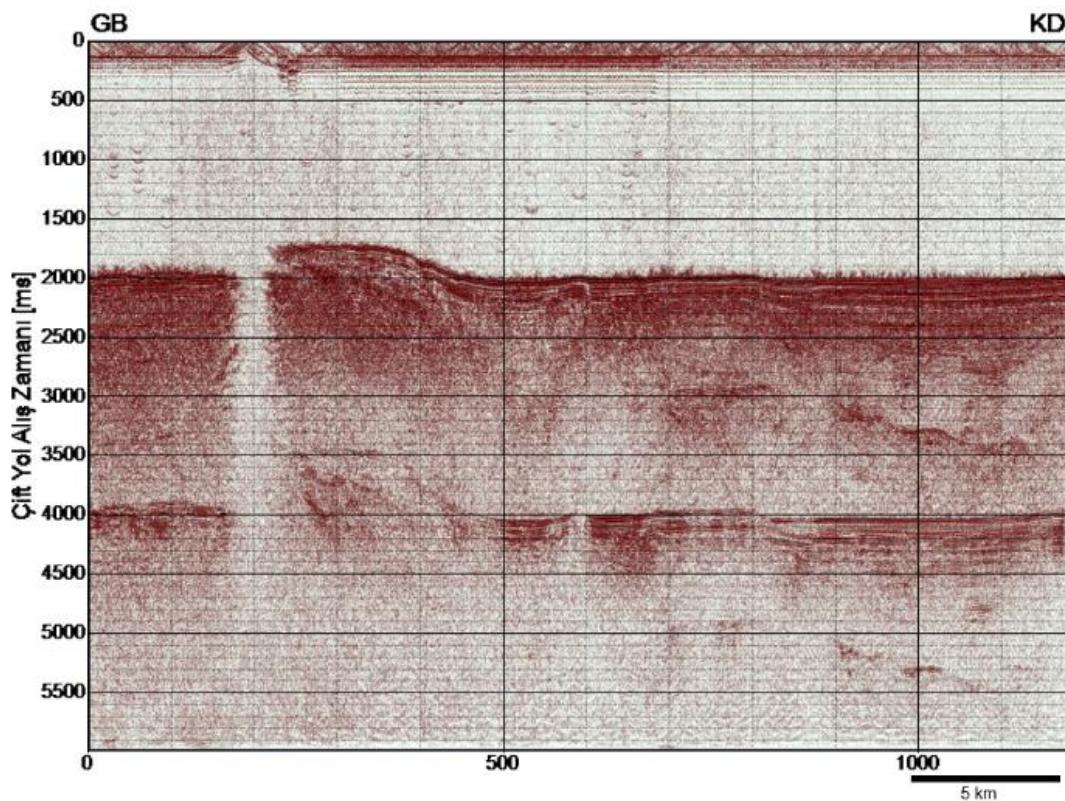


Şekil 5.19. sc15-26 kesitinin yorumlanmış hali ($D.A \approx 2.5$).

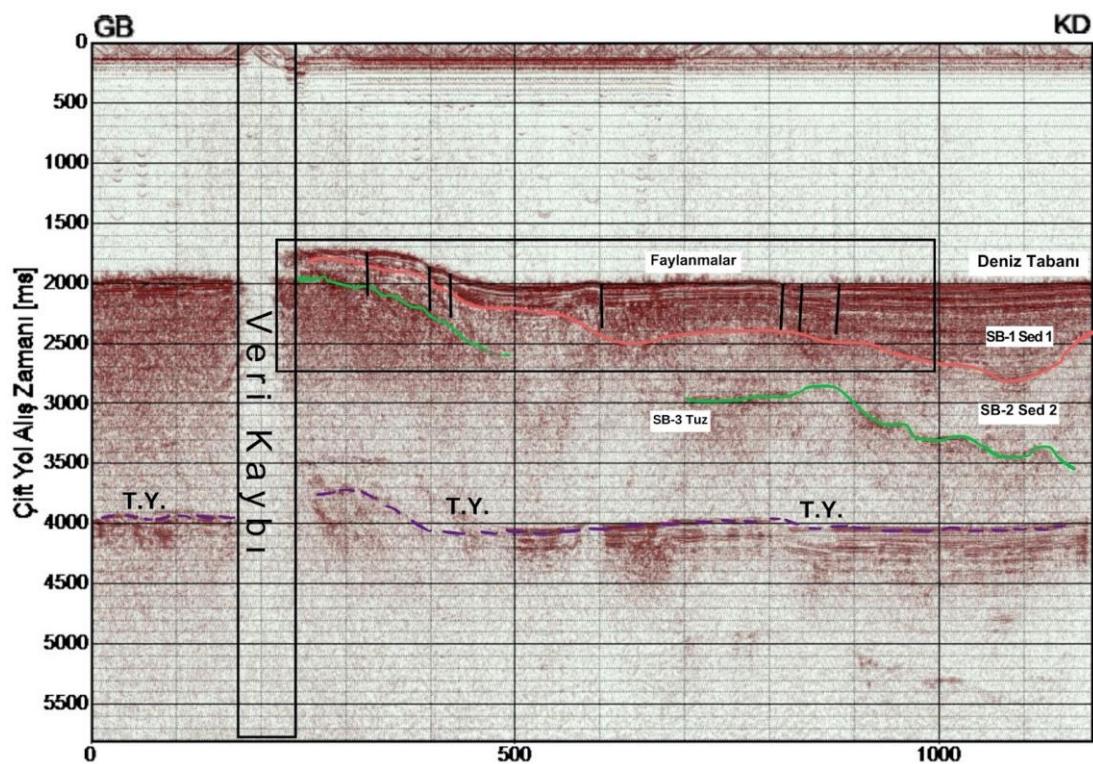
Yukarıdaki şekilde sc15-26 kesitinin veri işlem sonrası ve yorumlanmış görüntüsü verilmiştir. Yaklaşık 2000 ms derinlikte deniz tabanı vardır. Yaklaşık 3000 ms derinlikte ise tuz yapıları gözlenmiştir. Bu tuz yapıları deniz tabanına doğru yükselmiş, üzerindeki sedimanter istiflerde kıvrımlar oluşturmuştur. Tekrarlı yansımalar yaklaşık 4000 ms derinlikte kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



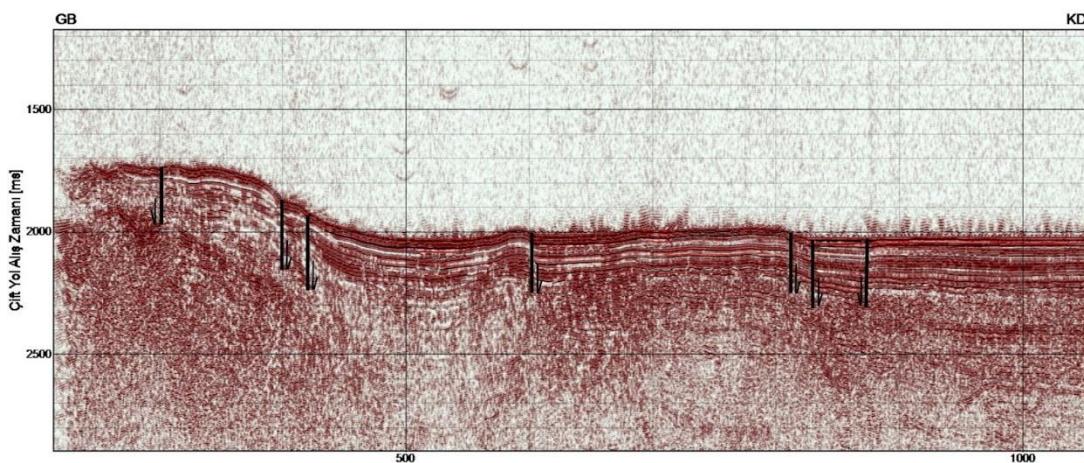
Şekil 5.20. sc15-26 kesitinde gözlenen faylanmaların yakın görüntüsü.



Şekil 5.21. sc15-27 kesitinin veri işlem sonrası görüntüsü ($D.A \approx 2.4$).



Şekil 5.22. sc15-27 kesitinin yorumlanmış görüntüsü ($D.A \approx 2.4$).



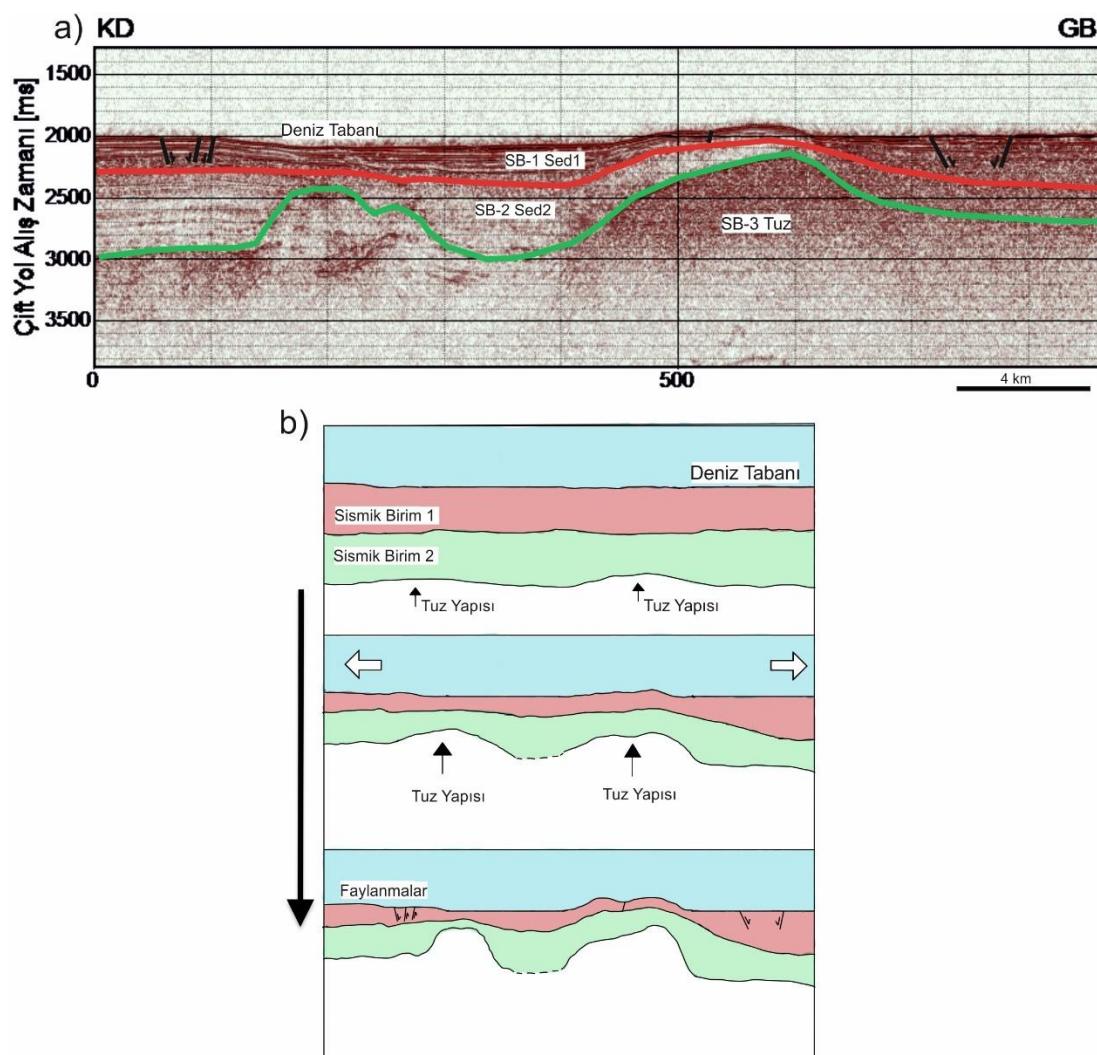
Şekil 5.23. sc15-27 kesitinde gözlenen fayların yakın görüntüsü.

Yukarıda şekilde frekans filtrelemesi yapılmış veri işlem sonrası ve yorumlanmış sc15-27 kesitinin görüntüleri verilmiştir. Yaklaşık 3000-3500 ms arasında kesitin sağında bir tuz yapısı gözlemlenirken 4000 ms varlığında ise deniz tabanı tekrarlı yansımıası da görülmüş ve kesikli çizgiyle gösterilmiştir. Tuz domları kesitin sol tarafında da deniz tabanına kadar ulaşmıştır fakat verideki kayıptan dolayı oluşan boşluktan tam olarak görülmemektedir. Deniz tabanında aynı zamanda normal fayların oluşturduğu faylanmalar gözlemlenmiştir.

TARTIŞMA

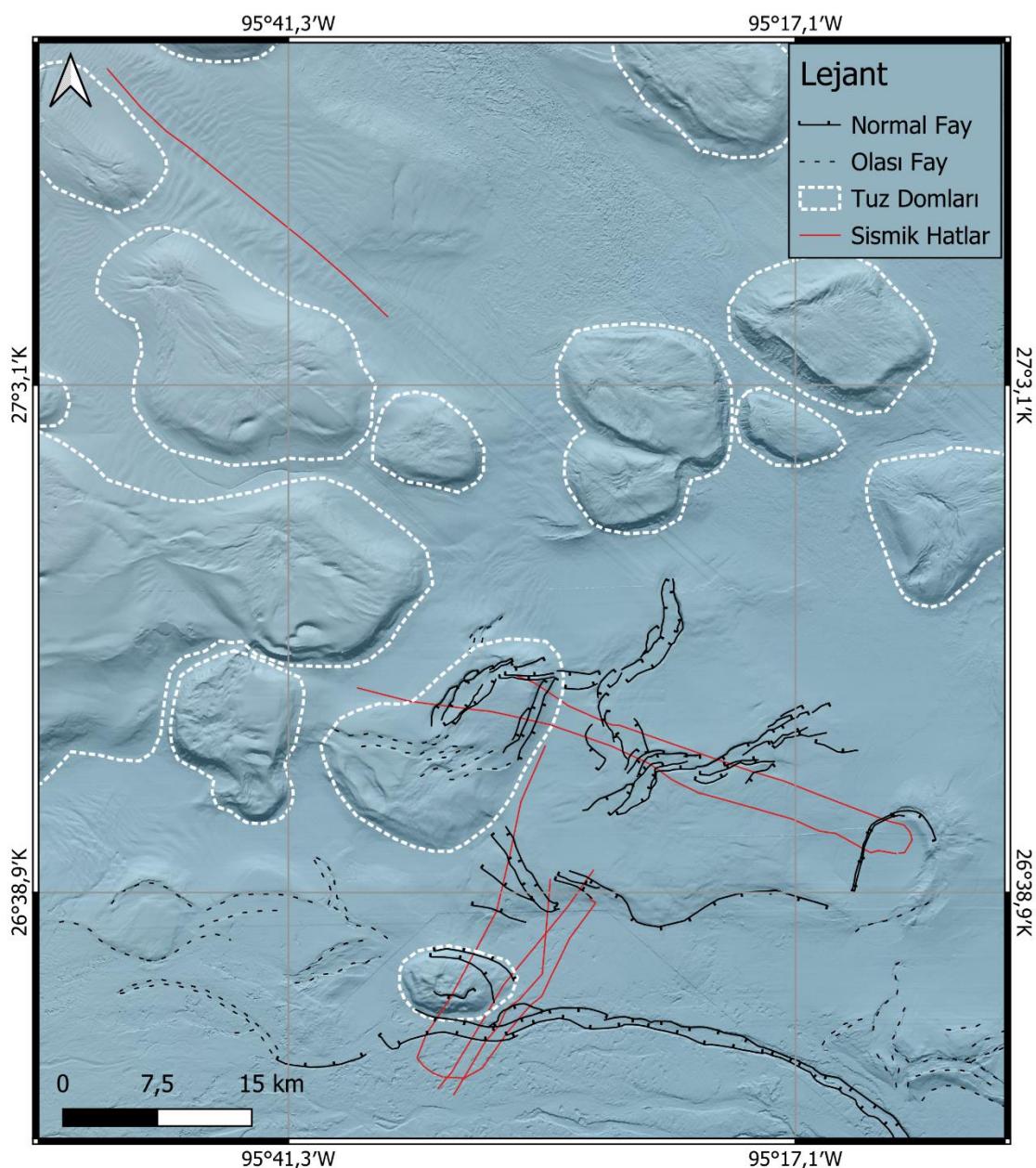
Çalışma sahası Meksika Körfezi, Rio Grande Deltası açıklarında, körfezin kuzeybatı şelf alanındadır. Meksika Körfezi Pangea'nın parçalanmaya başlaması ile birlikte deniz tabanının yayılması sebebiyle oluşmuştur. Jura döneminde, başta tuz olmak üzere evaporit yatakları çökelmiştir. Daha sonraki jeolojik dönemlerde kuzey körfezi geniş bir tortul kütle ile dolmuştur. Tortul birikintilerle kaplanan tuz yapısı, bu aşırı yükün uyguladığı ısı ve basınç etkisi altında deform olmuş ve üstteki malzemeye doğru yükselterek dom yapılarını oluşturmuştur. Yükselen bu kütle üzerindeki birimler yukarı doğru itilmiş ve deniz tabanında erozyona sebep olmuştur. Meksika Körfezi'nin jeolojisi bu sebeple tuz kütelerinin hareketi tarafından yönlendirilmektedir.

Çalışması kapsamında Teksas Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü tarafından toplanmış olan tek kanallı sismik yansımaya verilerinden üretilen toplamda yedi adet kesit işlenmiş ve yorumlanmıştır. Tuz domları sismik görüntülerde kuvvetli üst yüzey yansımaları, karmaşık geometrik şekilleri, dik eğimli yan kenarları, farklı içsel yansımaya karakterleri ile tanımlanmıştır. Bu yapıların oluşturduğu bölgede çoğunlukla normal faylanmalar sismik kesitlerde yorumlanmıştır.



Şekil 6.1. Yorumlanmış sismik hat sc15-15 (a) ve tuz yapısının bölgede olası gelişimini gösteren karton yer modeli (b).

Buna ek olarak bölgeye ait batimetrik veriler The Bureau of Ocean Energy Management (BOEM)'den elde edilmiş ve haritalanmıştır. Saha içerisinde yer alan tuz yapılarının ve diğer yapısal unsurların incelenmesi için batimetrik veriler ile sismik veriler entegre edilmiş, bir yapısal harita ortaya çıkarılmıştır. Şekil 6.1'de tuz yapılarının yükselmesi sonucu ortaya çıkan yapısal unsurların ve deniz tabanı değişimlerinin şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 6.2. Çalışma alanının yapısal haritası.

Şekil 6.2'de gösterildiği üzere, bir kısmı deniz tabanına ulaşmış ve bir kısmı ise halen gömülü halde bulunan tuz domları, deniz tabanında engebeli bir batimetriye sebep olmaktadır. Bu yapılar yükselirken üzerlerinde ve çevrelerinde genellikle normal faylanmalara sebep olmuştur. Sismik hatlarda gözlenen faylanmalar yapısal haritaya geçirilmiş, bu işlem sırasında batimetriden faydalılmıştır. İki verinin korelasyonu, deniz tabanında izleri gözlenen, genç çökelleri de kesen aktif faylanmaların haritalanmasını kolaylaştırmıştır. Fayların sismik bilginin yetersiz kaldığı noktalardaki devamlılıkları, batimetrik kesitler kullanılarak takip edilmiştir.

Bölgede üç ana grupta faylanmanın gerçekleştiği söylenebilir. İlk bölge ortasında yer alan KD-GB uzanımlı normal faylar; ikinci grup hemen bu grubun güneyinden geçen D-B uzanımlı daha kısa mesafelerde takip edilen normal faylardır. Üçüncü grup normal faylar ise sahanın gene güneyinde yer alan ve uzun mesafeler boyunca sahada devamlı olarak haritalanan normal faylardır. Bazı fayların uzunluğu 46 km'yi aşmaktadır.

Sismik kesitler üzerinde tespit edilen normal fayların atımları incelendiğinde, en büyük atımların kesit 19 ve 20'de bulunduğu tespit edilmiştir. Kesit 19'da tuz yapısının yükselerek aşındırıldığı sedimanter birimlerde, deniz tabanındaki faylanmalarının en büyük atımı 217 metre olarak belirlenmiştir. Kesit 20'de ise aynı şekilde yükselen tuzun aşındırıldığı sedimanların faylanması sonucu oluşan en büyük atım miktarı 108 metre olarak hesaplanmıştır. Bu atımları tartışma kısmında Şekil 6.2'de tuz yükselmelerinin oluşturduğu normal faylanmalarla birlikte deniz tabanındaki tuz domlarıyla eşzamanlı olarak da gözlemleyebilmekteyiz. Deniz tabanındaki fayların atımları deniz tabanı ortalama hızı 1500 m/s kabul edilerek hesaplanmıştır.

Deniz tabanında var olan tuz yapıları, genellikle yer altı gaz rezervuarlarının oluşumunda rol oynamakta, potansiyel hidrokarbon sahalarına ev sahipliği yapmaktadır. Tuzun yukarı yönlü hareketi, üstteki çökelleri kırar ve faylandırır, bunun sonucunda petrol ve gazın çatlaklardan yukarıya doğru sızmazı ve daha sık jeolojik katmanlar içinde rezervuarlar oluşturulması için doğal yollar oluşturulur (Buffler ve Sawyer, 1985; Hudec ve diğ., 2013). Petrol milyonlarca yıldır Meksika Körfezi bölgesinde yüzeye sızmıştır (Geyer 1980; Geyer ve Giannona 1980). Günümüzde de halen üretimin devam ettiği bu sahada, sismik kesitlerin bazlarında, örneğin sc15-16

(Şekil 5.12) kesitinde tuz yapısının hemen yan sınırında yansımaz bir zon gözlenmiştir. Bu zonun potansiyel gaz çıkış sahaları olduğu yorumuna gidilmiştir. Bu çalışma Meksika Körfezi’nde yer alan deniz altı tuz yapılarını bölgeye ait yedi adet sismik hat ve batimetrik veriler kullanarak incelenmektedir. Ancak yalnızca bu verilerle bölgede yer alan tuz yapılarının tam anlamıyla incelenmesi mümkün değildir. Bu sebeple ileride yapılacak çalışmalarında, jeofizik yöntemlerin çeşitlendirilip ayrıntılı hale getirilmesi, özellikle sismik hat sayısının artırılması ve sondaj bilgileri ile desteklenmesi önerilmektedir. Bu çalışmanın aynı zamanda Türkiye denizlerinde yürütülen, özellikle doğu Akdeniz gaz arayışlarına bir örnek teşkil etmesi istenmektedir.

KAYNAKLAR

- Behrens, E.W., 2005.** Single-channel seismic processed data in the Gulf of Mexico, acquired by the R/V Longhorn in 1991 (91L580). IEDA. doi:10.1594/IEDA/500203
- Berthelot, A., Solberg, A. H. S., & Gelius, L.J., 2013.** Texture attributes for detection of salt. *Journal of Applied Geophysics*, 88, 52–69. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.09.006>
- Buffler, R. T., and D. S. Sawyer 1985.** Distribution of crust and early history, Gulf of Mexico Basin, *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 35, 333–344.
- Buffler, R.T., and Thomas, W.A., 1994.** Crustal structure and evolution of the southeastern margin of North America and the Gulf of Mexico basin, in Speed, R.C., ed., Phanerozoic Evolution of North American Continent-Ocean Transitions: Boulder, CO, Geological Society of America, p. 219–264
- Carbotte, S.M., R. Arko, D.N. Chayes, W. Haxby, K. Lehnert, S. O'Hara, W.B.F. Ryan, R.A. Weissel, T. Shipley, L. Gahagan, K. Johnson, T. Shank, 2004.** New Integrated Data Management System for Ridge2000 and MARGINS Research, *Eos Trans. AGU*, 85(51), 553, doi:10.1029/2004EO510002.
- Carbotte, S.M., W.B.F. Ryan, S. O'Hara, R. Arko, A. Goodwillie, A. Melkonian, R.A. Weissel, V.L. Ferrini, 2007.** Antarctic Multibeam Bathymetry and Geophysical Data Synthesis: An On-Line Digital Data Resource for Marine Geoscience Research in the Southern Ocean, U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1047, doi:10.3133/of2007-1047.srp002
- Dondurur, D., 2009.** Deniz Sismiğinde Veri İşlem, TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI, 2009 42-218.
- Encyclopædia Britannica, inc. (n.d.).** *Origin of salt domes*. Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/science/salt-dome/Origin-of-salt-domes>
- Ewing, T. E., & Gonzalez, J., 2016.** The Late Quaternary Rio Grande Delta— A Distinctive, Underappreciated Geologic System. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, vol. 66, pp. 169–80.
- Garrison, L. E., & Martin, R. G., 1973.** Geologic structures in the Gulf of Mexico Basin. *Professional Paper*. <https://doi.org/10.3133/pp773>
- Geyer, R. A., 1980.** Marine environmental pollution, 1. Hydrocarbons. Elsevier Oceanography Series. Elsevier Scientific, New York, NY, USA. p. 591.

- Geyer, R.A., Giammona C.P., 1980.** Naturally occurring hydrocarbon seeps in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Elsevier Oceanography Series. 27:37–106
- Halbouty, M. T., 1967.** Salt domes-Gulf region, United States and Mexico: Houston, Tex., Gulf Pub. Go., 425 p.
- Harry, D.L., and Londono, J., 2004.** Structure and evolution of the central Gulf of Mexico continental margin and coastal plain, southeast United States: Geological Society of America Bulletin, v. 116, p. 188–199. <https://doi.org/10.1130/B25237.1>.
- Hudec, M.R., Norton, I.O., Jackson, M.P.A., and Peel, F.J., 2013.** Jurassic evolution of the Gulf of Mexico salt basin: AAPG Bulletin, v. 97, p. 1683– 1710. <https://doi.org/10.1306/04011312073>.
- Jacques, J.M., and Clegg, H., 2002.** Late Jurassic source rock distribution and quality in the Gulf of Mexico: Inferences from plate tectonic modeling: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 52, p. 429–440.
- Kramer, K.W., 2021.** *A 1.4-billion-pixel map of the Gulf of Mexico seafloor*. Eos. <https://eos.org/science-updates/a-1-4-billion-pixel-map-of-the-gulf-of-mexico-seafloor>
- Kirkland, D. W., and Gerhard, J. E., 1971.** Jurassic salt, central Gulf of Mexico, and its temporal relation to circum-Gulf evaporites : Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 55, no. 5, p. 680-686.
- Martinez, J. D., 1991.** Salt Domes. *American Scientist*, 79(5), 420–431. <http://www.jstor.org/stable/29774476>
- Murray, G. E., 1966.** Salt structures of Gulf of Mexico basin-A review: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 50, no. 3, pt. 1, p. 439-478.
- Northern Gom Deepwater Bathymetry Grid from 3D seismic.** Northern GoM Deepwater Bathymetry Grid from 3D Seismic | Bureau of Ocean Energy Management. <https://www.boem.gov/oil-gas-energy/mapping-and-data/map-gallery/northern-gom-deepwater-bathymetry-grid-3d-seismic>
- Pindell, J. L., 1985.** Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean: Tectonics, v. 4, p. 1–39
- Pindell, J.L., and Kennan, L., 2001.** Kinematic evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean, in Proceedings, Gulf Coast Section SEPM Foundation 21st Perkins Research Conference, p. 193–220.

Pindell, J.L., and Kennan, L., 2009. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: An update, in James, K.H., Lorente, M.A., and Pindell, J.L., eds., The Origin and Evolution of the Caribbean Plate: Geological Society of London Special Publication 328, p. 1–55.

Salvador, A., 1987. Late Triassic-Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico basin: AAPG Bulletin, v. 71, p. 419–451

Sawyer, D.S., Buffler, R.T., Pilger, R.H., Jr., 1991. The crust under the Gulf of Mexico basin, in Salvador, A., ed., The Geology of North America, v.J: The Gulf of Mexico: Boulder, CO, Geological Society of America, p. 53–72.

US Department of Commerce, N. O. and A. A. 2014. *Exploration of the Gulf of Mexico 2014*. Background: Geologic History: NOAA Office of Ocean Exploration and Research. <https://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1402/background/geology/welcome.html>

Behrens E.W., 1991. *Cruise Report For Student Cruise XV*

Worrall, D. M., and S. Snelson, 1989. Evolution of the northern Gulf of Mexico, with emphasis on Cenozoic growth faulting and the role of salt, in A. W. Bally and A. R. Palmer, eds., The geology of North America, v. A: An overview: Geological Society of America, Boulder, Colorado, p. 97–138.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Çetin

Çalışmayı hazırlayan Zeynep Çetin, 1999 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretim eğitimini Semih Şakir İlköğretim okulunda, lise eğitimini ise Bahariye Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimine 2017'de İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde başladı. Laboratuvar stajını İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarında, arazi stajını da Setra Teknik Sondaj ve Proje Müşavirlik Ltd. Şti'de tamamladı. 2022 yılında birinci anadolu olan Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Jeofizik Mühendisliği bölümü ile 2020 yılında çift anadal yapmaya başladı. İlk stajını Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklı çatısı altında veri işlem müdürüüğünde yaptı. İkinci stajını ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde tamamladı. 2023 yılında İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır ve eğitimine halen devam etmektedir.

Şeyda Nur Yılmaz

Çalışmayı hazırlayan Şeyda Nur Yılmaz 1999 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğretimini Şehit Öğretmen Nurgül Kale ilköğretim okulunda, orta öğretimini Büyükçekmece Atatürk Anadolu Lisesinde tamamladı. Yüksek öğrenimine 2018'de İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi'nde Jeofizik Mühendisliği bölümune girerek başladı. Stajlarını Almanya'nın Leipzig şehrindeki Geophysik GGD ve Sondershausen şehrindeki K-UTEC şirketlerinde gerçekleştirmiştir. Bilgisayar programlarından Grapher, Surfer, SurfSeis, QGIS, Vista, Petrel programları üzerinde yeteneklerini geliştirmiştir. İleri düzeyde ingilizce ve giriş seviyesinde almanca bilmektedir.

Esra Yılmaz

Çalışmayı hazırlayan Esra Yılmaz 2000 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğretimini Çekmeköy Çamlık İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini ise Kadıköy İstanbul Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Yüksek öğrenimine ise 2019'da İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi'nde başladı. Stajlarını B.Ü Kandilli Rasathanesi Jeodezi Bölümü'nde yapmıştır. 2021 yılında İnşaat Mühendisliği ile çift anadal yapmaya başlamıştır ve eğitimine halen devam etmektedir. İngilizce ve orta düzeyde Almanca bilmektedir.

Selcan Sevim

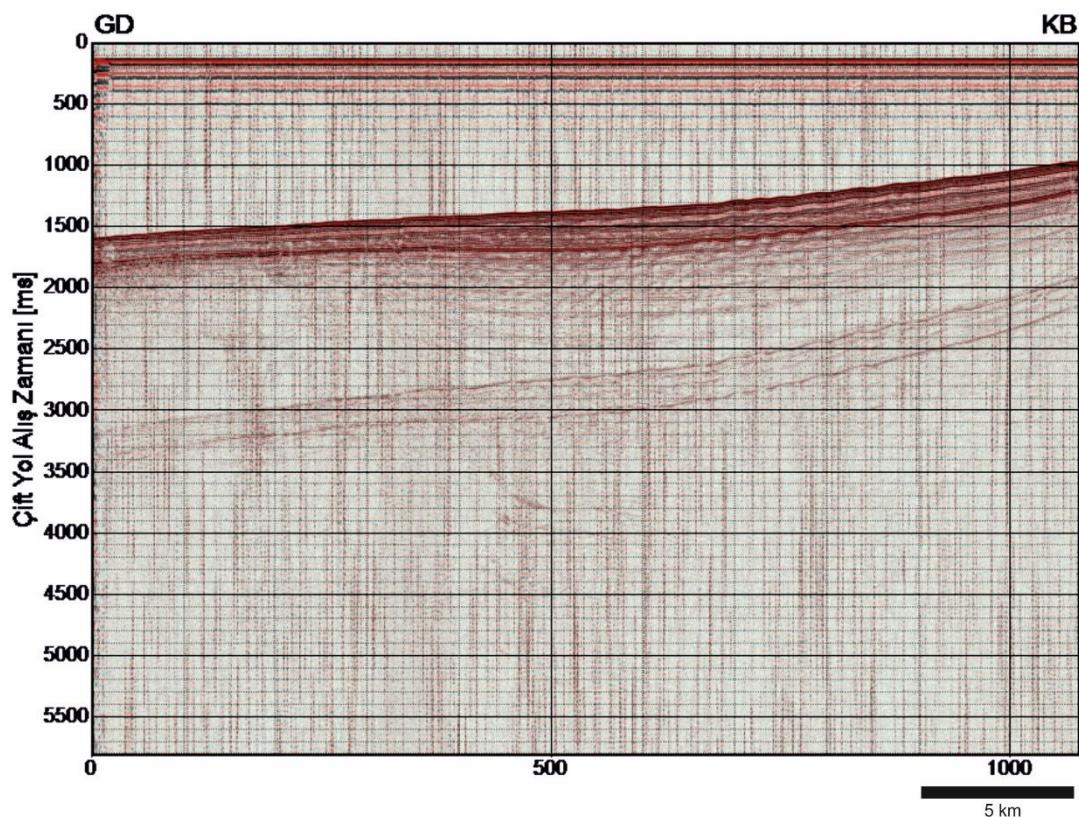
Çalışmayı hazırlayan Selcan Sevim, 2000 yılında Sinop'ta doğdu. İlköğretim eğitimini Atatürk İlköğretim okulunda, lise eğitimini Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimine 2020 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde başladı. Stajını TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsünde yaptı. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir.

İlayda Kaya

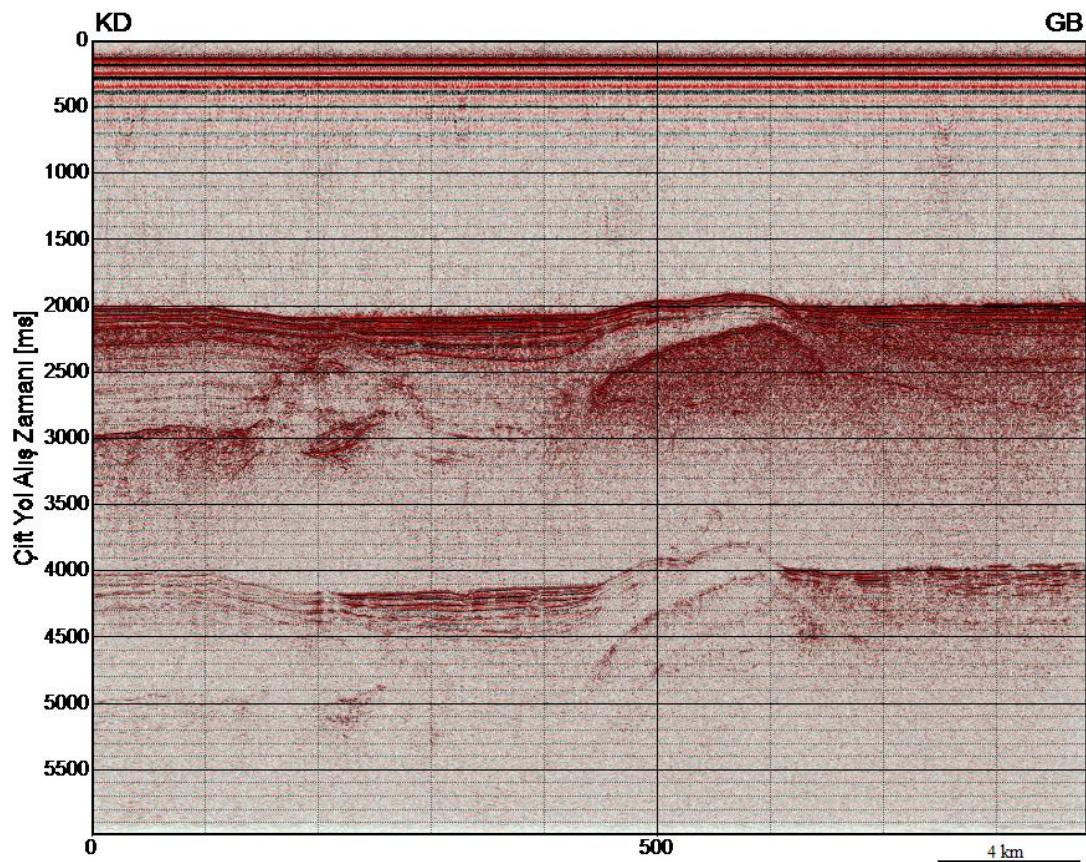
Çalışmayı hazırlayan İlayda Kaya, 2000 yılında İzmir'de doğdu. İlköğretimini Fatih İlköğretim Okulu'nda, orta öğretimini Mustafa Kemal Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Yüksek öğretimine 2019 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği'ne başladı. Stajını Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nde Jeofizik departmanında gerçekleştirmiştir. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir.

Samet Ay

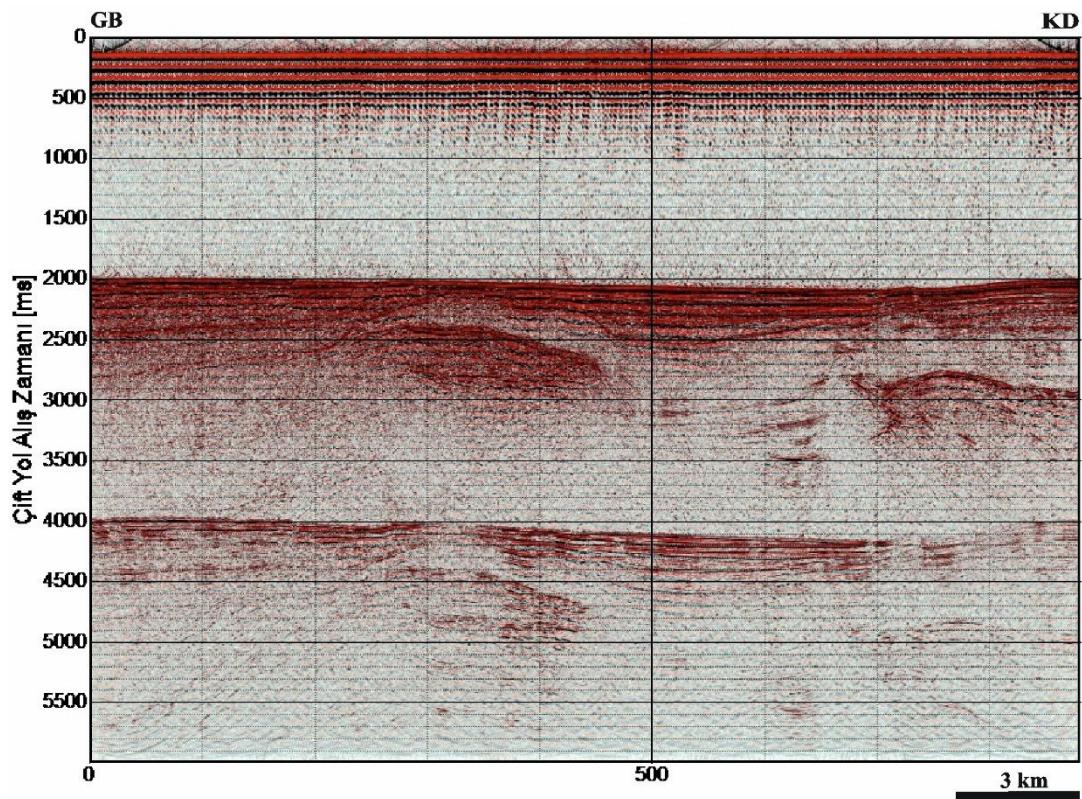
Çalışmayı hazırlayan 2000 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğretimini İncirlibahçe İlköğretim Okulu'nda, orta öğretimini Ergün Öner Mehmet Öner Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Yüksek öğrenimine ise 2018'de İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi'nde başladı. Stajlarını Mavi Girişim Mühendislik ve Bulgu Mühendislik firmasında gerçekleştirdi. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir.

EKLER

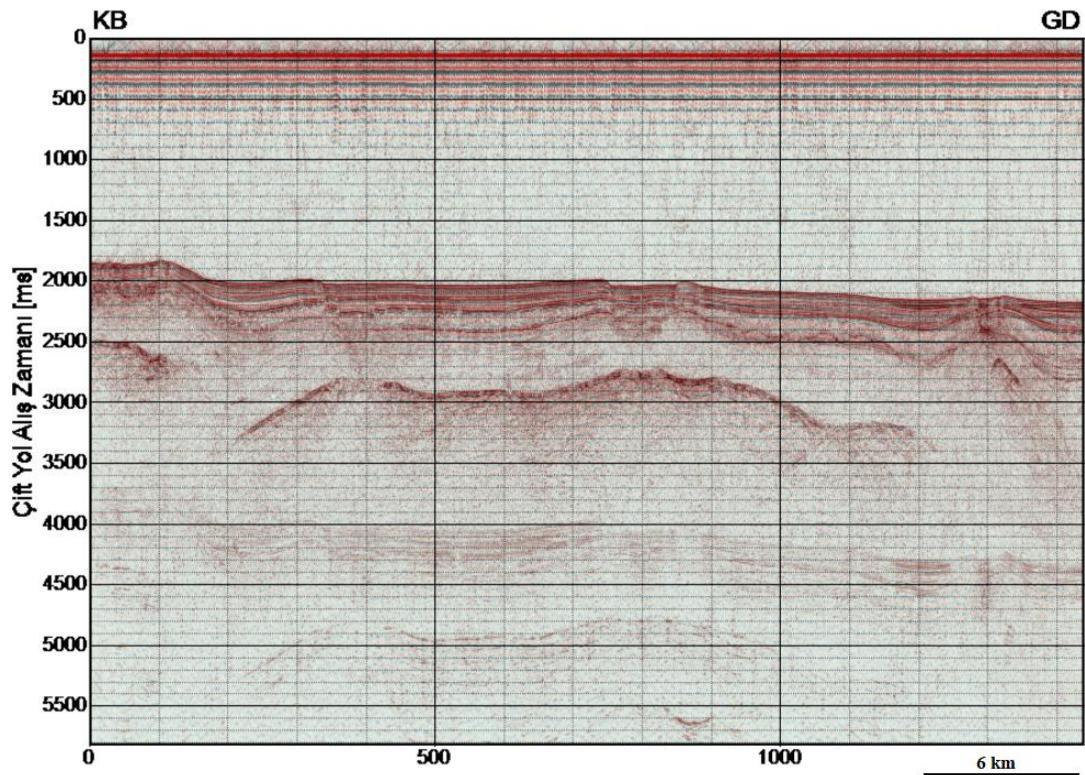
Ek-1 scl5-01 kesitinin ham veri görüntüsü.



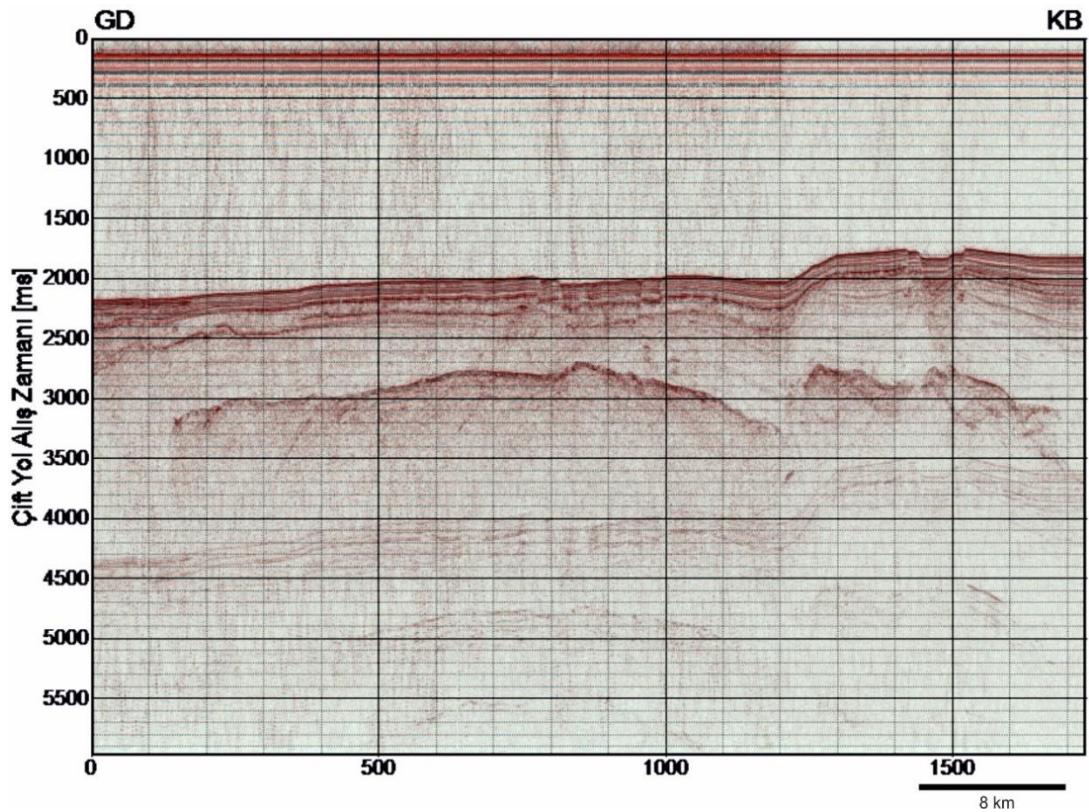
Ek-2 sc15-15 kesitinin ham veri görüntüsü.



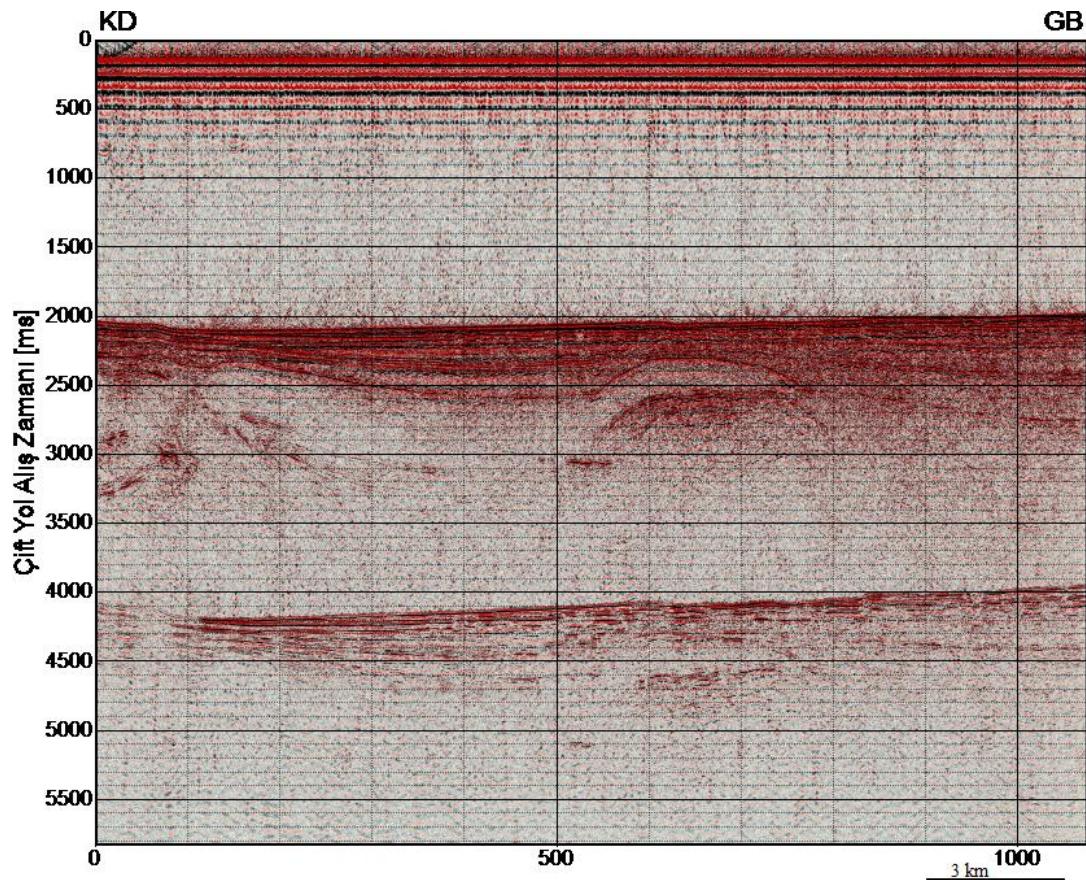
Ek-3 sc15-16 kesitinin ham veri görüntüsü.



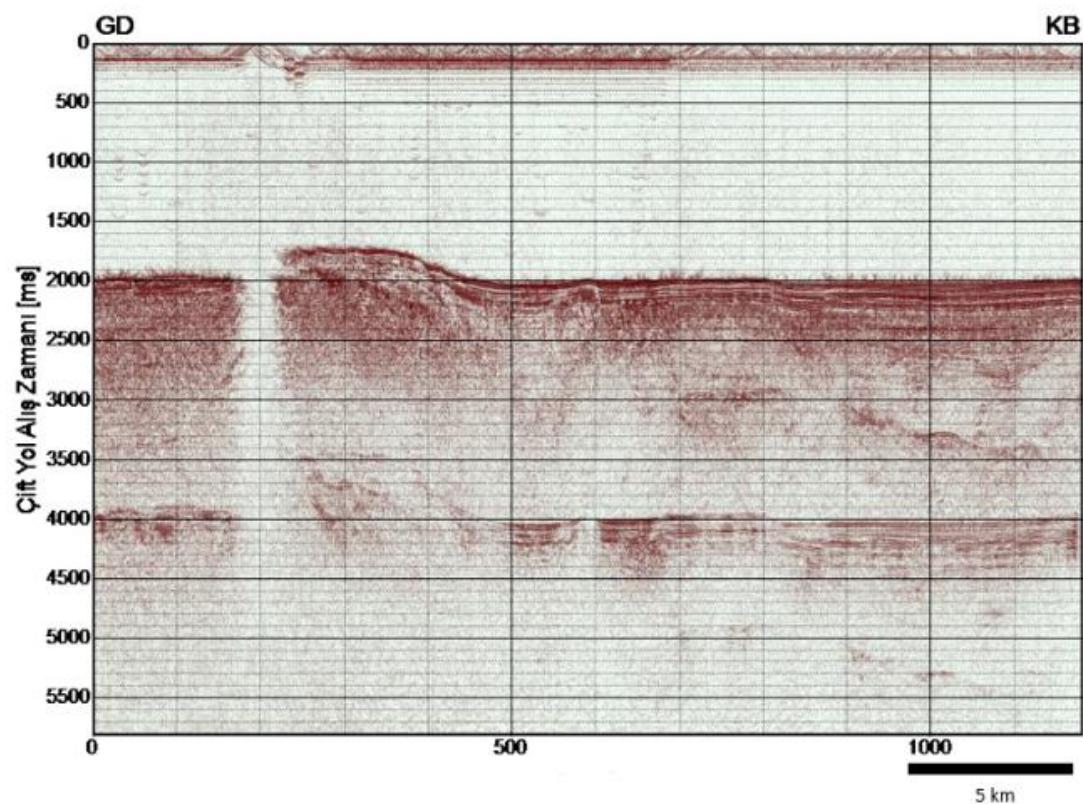
Ek-4 sc15-19 kesitinin ham veri görüntüsü.



Ek-5 sc15-20 kesitinin ham veri görüntüsü.



Ek-6 sc15-26 kesitinin ham veri görüntüsü.



Ek-7 sc15-27 kesitinin ham veri görüntüsü.

İstanbul Technical University
Faculty of Mines
Department of Geophysical Engineering

Senior Design Project Proposal Form

Project Title	Investigation of Salt Domes Off the Rio Grande Delta, Gulf of Mexico, with Single Channel Seismic Reflection Data
Brief Description of Project	<p>It is aimed to analyze and interpret shallow salt structures and underlying sediments off the Rio Grande Delta in the Gulf of Mexico by using 2D single channel seismic sections and bathymetric data. Frequency filtering is applied to the seismic data to obtain increased S/N ratio seismic images. Thus, we will provide the best visualization of the salt structures in the region with the help of the bathymetry. Then, the distribution of salt bodies within the recent sediments were mapped including the structural and stratigraphic features.</p>
Student(s)	050170205 Zeynep Çetin 050180117 Şeyda Nur Yılmaz 050180154 Samet Ay 050190112 Esra Yılmaz 050190117 İlayda Kaya 050200709 Selcan Sevim
Required knowledge/skills acquired earlier	<p>Theoretical and practical background for data collection phase of geophysical methods</p> <p>Theoretical and programming knowledge in data processing for associating processed data with each other.</p> <p>Sufficient geological information to make interpretations</p> <p>Engineering background to meet the objectives with a specific order and a specific methodology, within the specified time.</p>

Work Packages and Outcome (final product) of the project	<p>Work Packages</p> <p>Project management Background Study Data Analysis and Interpretation Report Writing</p> <p>Outcomes</p> <p>Bathymetric map and sections Processed and interpreted seismic sections Structural map integrating bathymetry and seismic data</p>
Design/Solution Criteria/Specifications	<p>Seismic Data processing (Seismic data processing parameter selection and testing on data to obtain the best view seismic image)</p> <p>Bathymetric maps (Selection of shading and coloring parameters in the preparation of bathymetric maps to view of the salt dome structures in the seabed morphology)</p> <p>Taking sections from bathymetric maps in various directions and associating them with seismic sections.</p>
Engineering Standards	<p>ASTM -: D7128 – 18 “Standard Guide for Using the Seismic Reflection Method for Shallow Subsurface Investigation”</p>
Constraints (accessibility, aesthetics, codes, constructability, cost, ergonomics, extensibility, functionality, interoperability, legal considerations, maintainability, manufacturability , marketability, policy, regulations, schedule, standards, sustainability, or usability.)	<p>Noises in seismic data.</p> <p>Limited number of seismic lines.</p> <p>Side wipe effect due to the interpretation of three-dimensional salt dome structures with 2D seismic data</p>

Required Equipment/Tools	Kogeo Seismic Toolkit 2.7 for seismic data processing and imaging. Quantum Geographic Information System (QGIS) and Global Mapper for bathymetry and mapping.
Geological Data	-
Geophysical Data	Seven seismic sections provided by Marine Geoscience Data System (MGDS) with the permission of Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) of Columbia University. Bathymetric data provided by The Bureau of Ocean Energy Management.
Supporting Institution(s)	Istanbul Technical University Department of Geophysical Engineering Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) of Columbia University Marine Geoscience Data System (MGDS)