KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BATI KARADENİZ TUNA BÖLGESİNDE DENİZDE TOPLANAN İKİ BOYUTLU SİSMİK HATTIN VERİ İŞLEM AŞAMASINDA DE-GHOST UYGULAMASININ MİGRASYONA ETKİSİ

KUTLUAY SELÇUK

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BATI KARADENİZ TUNA BÖLGESİNDE DENİZDE TOPLANAN İKİ BOYUTLU SİSMİK HATTIN VERİ İŞLEM AŞAMASINDA DEGHOST UYGULAMASININ MİGRASYONA ETKİSİ

KUTLUAY SELÇUK

Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Tekin YEKEN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr. Öğr. Üyesi Mahir IŞIK
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 16.01.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Sismik veri işlem aşamaları teknolojinin ilerlemesi ile daha hızlı ve kapsamlı bir ilerleme kaydetmiştir. Bilgisayarları donanımları güçlendikçe jeofizik alan çalışmalarında daha büyük sahalar daha büyük veriler, veri işlemden geçirilmeye başlanmıştır.

Denizde toplanan verinin veri işlemden geçirilmesi çalışmasında danışmanlığımı yapan Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ, Öğr. Gör. Dr. İsmail Talih Güven ve Arş. Gör. Dr. İsmail KAPLANVURAL teşekkürlerimi sunarım. Bana tez çalışması için en önemli katkıyı sağlayan Türkiye Petrolleri A.O. lığına, Barbaros Hayrettin Paşa sismik gemisi çalışanlarına, Veri işlem müdürlüğündeki çalışma arkadaşlarım Suat AKTEPE, Kenan ERDOĞAN, Can ÖZSOY, Ezgi EMİR, Erhan BAŞARAN, Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğündeki çalışma arkadaşım Levent Sait İLKAY'a çok teşekkür ederim.

Son olarak başta eşim Selin SELÇUK olmak üzere beni destekleyen çocuklarıma ve aileme de sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Ocak – 2019 Kutluay SELÇUK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
ÖZET ix
ABSTRACT x
GİRİŞ 1
1. MALZEME VE YÖNTEM 4
1.1. Barbaros Hayrettin Paşa Sismik Gemisi 4
1.2. Sismik Enerji Kaynakları 5
1.2.1. Hava tabancası (Airgun) 5
1.3. Alıcı kablo (Streamer) 8
1.4. Omega Veri İşlem Yazılımı 9
2. DENİZ SİSMİĞİ 10
3. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ İŞLEM AŞAMALARI 14
4. VERİ İŞLEM UYGULAMALARI 15
4.1. Verinin Yüklenmesi 15
4.2. Filtreler 16
4.2.1. Alçak geçişli filtre (low cut filter) 16
4.2.2. Yüksek geçişli filtre (high cut filter) 17
4.2.3. Bant geçişli filtre (band pass filter) 17
4.2.4. Verinin filtrelenmesi uygulama 18
4.3. Kazanç (Gain) 18
4.3.1. Küresel açılım düzeltmesi 20
4.3.2. Genlik Düzeltmesi 21
4.3.3. Otomatik kazanç kontrolü 21
4.3.4. Kazanç uygulama 22
4.4. Dalga Gürültüsünün Atılması 23
4.4.1. Deniz tabanının işaretlenmesi 23
4.4.2. Dalga gürültüsünün atılması uygulaması 24
4.5. Yatay Yöndeki Gürültülerin Atılması 27
4.6. Hayalet Dalgacığını Kaldırma (De-Ghost) 31
4.6.1. Hayalet tekrarlı yansıması 31
4.6.2. Hayalet yansıma operatörü 33
4.6.3. Gerçek veriye uygulama 33
4.7. Kaynağın İkincil Enerjisinin Atılması (Debubble) 39
4.8. Sinyal korumalı gürültü azaltımı (SPNA) 43
4.9. Tekrarlı Yansımalar (Reverberasyonlar) 45
4.9.1. Tekrarlı yansıma giderme uygulaması (Demultiple) 47
4.10.Radon (T-P) Dönüşümü 50
4.10.1.Radon uygulama 52

4.11.Migrasyon (Göç) 55
4.11.1.Migrasyon türleri 59
4.11.2.Kirchhoff migrasyon yöntemi 61
4.11.3.Migrasyon Uygulaması 66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 73
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 75
ÖZGEÇMİŞ 76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. TPAO Barbaros Hayrettin Paşa Sismik Gemisi 4
Şekil 1.2 Hava tabancası kaynağı çalışma şeması 6
Şekil 1.3. Sismik enerji kaynağı hava tabancası (Airgun) 7
Şekil 1.4. Hava tabancası düzeneği (Gun array) 7
Şekil 1.5. Alıcı kablo (Solid Streamer) 8
Şekil 1.6 Schlumberger Omega veri işlem yazılımı 9
Şekil 1.7 Örnek bir veri işlem akış ara yüzü 9
Şekil 2.1 Denizde sismik veri toplama 10
Şekil 2.2. Kaynak koordinatı s, alıcı koordinatı g, açılım (offset) koordinatı f=g−s ve orta nokta (midpoint) koordinatı y=(g + s)/2 arasında ki ilişkiyi gösteren şekil 12
Şekil 3.1. Deniz veri işleminde kullanılan genel sismik veri işlem aşamaları 14
Şekil 4.1. Örnek ham veri 16
Şekil 4.2. Alçak geçişli filtre karakteristiği (a) ideal (b) gerçek 16
Şekil 4.3. Yüksek geçişli filtre karakteristiği (a) ideal (b) gerçek 17
Şekil 4.4. Bant geçişli süzgeç karakteristiği (a) ideal (b) gerçek 17
Şekil 4.5. Filtreden geçirilmiş veri 18
Şekil 4.6. Ham veri ve filtrelenmiş verinin arasındaki fark 18
Şekil 4.7. Sinyalin genliğini etkileyen bazı faktörlerin şematik gösterimi 19
Şekil 4.8. Farklı pencere uzunlukları için AGC işleminin etkisi 22
Şekil 4.9. Kazanç öncesi 22
Şekil 4.10. Kazanç sonrası 23
Şekil 4.11. Deniz tabanının yakınlaştırılmış hali 24
Şekil 4.12. Kesitimizdeki deniz tabanının tümü 24
Şekil 4.13. Dalga gürültüsü temizleme giriş verisi 25
Şekil 4.14. Dalga gürültüsü temizleme çıkış verisi 26
Şekil 4.15. Dalga gürültüsü temizleme giriş-çıkış fark 26
Şekil 4.16. (a) 90 m ve (b) 370 m su derinliklerinde alınmış iki atış kaydında doğrudan gelen dalgaların görünümü ve bunların genlik spektrumları 27
Şekil 4.17. Hız uygulanmış (NMO) bir atış örneğindeki mute işlemi 28
Şekil 4.18. Atış verisi örneği öncesi 29
Şekil 4.19. Atış verisi örneği sonrası 29
Şekil 4.20. Yatay gürültüler atıldıktan sonraki fark 30
Şekil 4.21. Uygulama öncesi yığma kesit 30
Şekil 4.22. Uygulama sonrası yığma kesit 30
Şekil 4.23. Uygulama önce ve sonrası farkı 31
Şekil 4.24. Kaynaktan çıkan dalgacığın gidiş yolu 32
Şekil 4.25. De-Ghost öncesi giriş atış veri örneği 35
Şekil 4.26. De-Ghost sonrası çıkış atış veri örneği 35

Şekil 4.27. a) De-Ghost öncesi giriş b) De-Ghost sonrası çıkış atış verisi örneği yakınlaştırılmış hâli 36
Şekil 4.28. De-Ghost frekans spektrum girişi 36
Şekil 4.29. De-Ghost frekans spektrum çıkış 37
Şekil 4.30. De-Ghost giriş çıkış üst üste çizdirilmesi sonucu 37
Şekil 4.31. De-Ghost öncesi yığma kesit 38
Şekil 4.32. De-Ghost sonrası yığma kesit 38
Şekil 4.33. Hava tabancası far-field katsayıları 40
Şekil 4.34. Kaynak far-field signature 41
Şekil 4.35. Düzenlenmiş kaynak far-field signature 41
Şekil 4.36. Hava tabancası düzenleme öncesi Far-field signature spektrum 41
Şekil 4.37. Hava tabancası düzenleme sonrası Far-field signature spektrum 42
Şekil 4.38. Düzenleme sonrası Far-field signature üstü üste çizilmiş hali 42
Şekil 4.39. Debubble uygulaması öncesi atış örneği 42
Şekil 4.40. Debubble uygulaması sonrası atış örneği 43
Şekil 4.41. Debubble girişi ve çıkışı yakınlaştırılmış hâli 43
Şekil 4.42. SPNA öncesi 44
Şekil 4.43. SPNA sonrası 44
Şekil 4.44. SPNA önce sonra farkı 45
Şekil 4.45. SPNA öncesi ve sonrası frekans spektrumu 45
Şekil 4.46. Tekrarlı yansıma türleri 46
Şekil 4.47. Birincil yansımalar üzerine kısa yollu tekrarlıların etkisi 47
Şekil 4.48. Birincil yansımalar üzerine uzun yollu tekrarlıların etkisi 47
Şekil 4.49. Demultiple öncesi giriş verisi 48
Şekil 4.50. Demultiple sonrası çıkış verisi 48
Şekil 4.51. Demultiple giriş-çıkış farkı 49
Şekil 4.52. Demultiple öncesi yığma kesiti 49
Şekil 4.53. Demultiple sonrası yığma kesit 50
Şekil 4.54. τ-p filtresinin grafiksel ifadesi 51
Şekil 4.55. t-x ortamındaki değişik elemanlar ve bunların τ-p ortamındaki karşılıkları. A ve C, herhangi bir bölümü; B, doğru parçasını; D ise yansıma temsil eder 52
Şekil 4.56. Radon giriş cmp verisi 53
Şekil 4.57. Radon çıkış cmp verisi 53
Şekil 4.58. Radon giriş-çıkış cmp verisi farkı 54
Şekil 4.59. Radon giriş yığma kesit 54
Şekil 4.60. Radon çıkış yığma kesit 55
Şekil 4.61. Göç işlemlerinin tipleri 56
Şekil 4.62. Göç işlemi tiplerinin karşılaştırılması 57
Şekil 4.63. a) Eğimli bir ortamda sıfır açılım için ışın yolu, b) Eğimli tabakalı bir ortamda yansıyan ışının sıfır açılımlı görünüşü 58
Şekil 4.64. a) Eğimli tabakanın göç öncesi görünüşü, b) Eğimli tabakanın göç sonrası görünüşü 58
Şekil 4.65. Yeraltının yapısal durumuna ve hız değişimine bağlı olarak tercih edilebilecek uygun migrasyon türü 60
Şekil 4.66. (a) Derinlik kesitindeki bir nokta kaynağın, (b) Zaman kesitindeki cevabı 61
Şekil 4.67. (a) Derinlik kesitinde birden çok nokta kaynağın (b) Zaman kesitindeki görünümü 62

Şekil 4.68. (a) Birçok nokta kaynatan oluşmuş yansıtıcı yüzeyin (b) Zaman ortamındaki cevabı 63
Şekil 4.69. (a) Şekil 4.66'daki nokta kaynaktan kaynaklanan durumun gerçek sismik kayıttaki görünümü ve (b) Göç işleminden sonraki görünümü. (c) Şekil 4.68'deki fay süreksizliklerinden kaynaklanan saçılmanın gerçek sismik kesitteki görünümü ve (d) Göç işleminden sonraki görünümü 64
Şekil 4.70. De-Ghost uygulanmamış migrasyon sonucu 67
Şekil 4.71. De-Ghost uygulanmış migrasyon sonucu 68
Şekil 4.72. De-Ghost uygulanmamış migrasyon sonucu yakınlaştırılmış hâli. 69
Şekil 4.73. De-Ghost uygulanmış migrasyon sonucu yakınlaştırılmış hâli 70
Şekil 5.1. Migrasyon sonrası De-Ghostlu ve De-Ghostsuz verinin spektral analiz grafiği 71

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Migrasyon türleri ve özellikleri 59
Tablo 4.2. Farklı migrasyon türleri ve kullandıkları yaklaşımlar (T: zaman, D: derinlik) 60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Genlik
c_0	:Yayılma Hızı
k	:Dalga Sayısı
Q	:Kalite Faktörü
r_0	:Akışkan Arayüz
t	:Ölçekleme Faktörü
V	:Ortam Hızı
w	:Dairesel Frekans
z	:Kayıt Derinliği
Δx	:Ardışık Kaynak Noktası Arasındaki Mesafe
Ɵ	:Düşeyden Olan Yayınım Açısı

Kısaltmalar

2B	:İki Boyut
3B	:Üç Boyut
AGC	:Automatic Gain Control (Otomatik Gemlik Kontrol)
BHP	:Barbaros Hayrettin Paşa
CDP	:Common Depth Point (Ortak Derinlik Noktası)
CMP	:Common Mid Point (Verilerin Toplandığı Ortak Nokta)
db	:Desibel
FFID	:Field File Identification (Veri Kayıt Numarası)
fH	:Frequency High (Yüksek Frekansı)
fHC	:Frequency High Cut (Yüksek Kesim Frekans)
fL	:Frequency Low (Alçak Frekansı)
fLC	:Frequency Low Cut (Alçak Kesim Frekans)
Hz	:Hertz
NMO	:Normal Moveout (Normal Kayma Düzeltmesi)
Psi	:Pounds Per Square İnch (Bir alana düşen basınç)
RMS	:Root Mean Square (Ortalama Karekök)
SEG	:Society Of Exploration Geophysicists (Jeofizik Topluluğu)
SEGD	:Toplanan Verinin Ham Hâli Formatı
SEGY	:Toplanan Verinin İşlenmiş Hâli Formatı
SPNA	:Sigranl Protect Noise Attenuation (Sinyal Korumalı Gürültü Azaltımı)
TAR	:True Amplitude Recovery (Düzeltilmiş Öznitelik)
TAU	:Migrasyon Tabaka Kalınlığı Ortamı
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
VSP	:Vertical Seismic Profiles (Düşey Yöndeki Sismik Profil)

BATI KARADENİZ TUNA BÖLGESİNDE DENİZDE TOPLANAN 2D SİSMİK HATTIN PROSES AŞAMASINDA DE-GHOST UYGULAMASININ MİGRASYONA ETKİSİ

ÖZET

Son 50 yıldır, hayalet dalgacığın veri işlem aşamasındaki eliminasyonu birçok bilim adamı tarafından ele alındı. Problemin teorik anlayışı ve çözümü bulunmuş, ancak pratikte uygulama başarılı olmamıştır. Sonuç olarak, mühendislerin veri toplama esnasında hayalet dalgacık etkisini ortadan kaldırmak için genişletilmiş bir bant genişliğine ve streamer dizaynına ihtiyacı vardı. Bu yeni süreç elde edilen verilerin kalitesini de yükseltmiş oldu. Sismik spektrumun genişletilmiş alçak ve yüksek frekanslı kısımları, farklı empedans katmanlarını ayırmak için bile sismik yorumlamada muazzam bir iyileşme sağlamıştır. Yeniden sismik veri toplamak pahalı olacaktı, peki durumda yerbilimciler hali hazırda elde edilen ve geleneksel metotlarla toplanan verileri ne yapabiliriz, sorusu ile karşılaşacaklardı. Yerkürede toplanan binlerce kilometrelik veri ziyan edilmemeliydi.

Hayalet dalgacığı eliminasyonu tekniği daha çok 2009-2011 yılları arasında popüler olmaya başladı. Bu yaklaşım, esas olarak hayalet-zamanlama-derinlik tahminlerindeki hatalar ve hassasiyet nedeniyle çok kararsız kabul edildi. Bugünlerde bazı şirket ve üniversite hayalet dalgacığı eliminasyonu konusunda birçok yaklaşım önerebiliyorlar. Kodlar, gerçek veriler üzerinde çok büyük limitlerle test edilmektedir, yine de hayalet etkisi gözükebilir, böyle bir durumda sığ alanlarda hayalet dalgacığı eliminasyonu kısım kısım kaldırma yoluna gidilmelidir. Endüstrideki en zararlı yaklaşımı "kara kutu teknolojisi" ve onu takip eden "temizlik veri işlem" dir. Bunun sonucu çoğu zaman katmanların yanlış yorumlanmasına, kuyuların boş çıkmasına ve yorumcunun kendine olan güvenini yitirmesine neden olabilir. Hayalet dalgacığın veri işlemi amplitüd spektrumun dolgunlaştırma ve yumuşamasına yardımcı olur.

Anahtar Kelimeler: Dalga Gürültüsü, Denizde Sismik Veri Toplama, Denizde Veri İşlem, Hayalet Yansıma, Tekrarlı Yansımalar.

THE EFFECT OF DE-GHOST APPLICATION ON THE MIGRATION IN THE PROCESS STAGE OF 2D SEISMIC LINE AT THE SEA IN TUNA REGION OF WEST BLACK SEA

ABSTRACT

Over the last 50 years, the process of seismic Ghost elimination has been approached by many scientists. The theoretical understanding and solution of the problem were found, but its practical implementation was not successful. As a results, the engineers were needed to step forward and design steamers which help to eliminate the Ghost during acquisition, and extend the bandwidth. The process strongly uplifted the quality of the acquired data. The extended low and high frequency parts of the seismic spectrum made tremendous improvement in seismic interpretation, even allowing to separate different impedance layers. As to reacquire seismic data again is very expensive, another question faced geoscientists: what should we do with the already acquired by conventional method data? Many thousand kilometers of seismic covering the Globe must not be wasted.

A new wave of mathematical Ghost removal became popular in 2009-2011. The approach was considered very unstable mainly because of errors and sensitivity in Ghost-timing-depth estimates. Today we have several companies and universities who suggest diverse approaches for a Ghost elimination. Testing these codes on the real data show very big limitations: Ghost is still presented, Ghost is partly removed in the shallow part (but not straight after water bottom), no proper restoration of the spectrum removed (e.g. no low frequencies and spectrum still shows that “two wavelets” present; no high frequencies restored). The most harmful approach for the industry is a “black box technology” followed “cleaning process”. It often leads to the wrong impendence layers’ interpretation, dry wells, and results in interpreter's reduced confidence. Such a processes often contain spectral whitening and smoothing.

Keywords: Swell Noise, Marine Seismic Process, Acquisition on Marine Seismic, Ghost Reflection, Multiple Reflection.

GİRİŞ

Sismik Yansıma Yöntemi, yapay şekilde üretilen sismik enerjinin yer içinde sismik dalgalar şeklinde yayınması, tabaka ara yüzeylerinden yansıması ve kayıt edilen yansımaların sinyal analizi tekniklerine göre işlenip yeraltını gösteren sismik kesitler haline getirilmesidir. Sismik Yansıma Yöntemi günümüzde çeşitli amaçlar için kara ve denizlerde uygulanmakla birlikte en önemli uygulama alanı petrol ve doğal gaz aramacılığıdır. Günümüzde sismik yöntemler kara ve denizde uygulanabilir.

Kısaca deniz sismiği (marine seismic) olarak da isimlendirilen uygulama şeklinde sismik dalga üretmek için deniz içinde enerji açığa çıkarılır. Bu enerji sismik dalgalar şeklinde (uygulamada P dalgaları kullanılır) yeraltında yayınır ve tabaka ara yüzeylerinde akustik empedans (akustik empedans = sismik hız x kayaç yoğunluğu) farkı nedeniyle yansımalar meydana gelir. Yansıyan sismik dalgalar yeryüzüne doğru (deniz yüzeyine) geri döner, hidrofon denilen basınca duyarlı algılayıcılar tarafından algılanırlar.

Sismik dalgalar dolayısıyla hidrofon da algılanan basınç değişiklikleri elektrik sinyali şeklinde sismik kayıtçıda sayısal olarak kayıt edilirler. Sahada elde edilen bu kayıtlara ham sismik kayıtlar (raw records) denilir. Ham kayıtlar yeraltını gösterecek nitelikte olmadıklarından sinyal analizi tekniklerine göre işlenerek işlenmiş sismik veriler (processed data) diğer bir deyişle sismik kesitler (seismic stacks) elde edilir. Sismik Yansıma Yöntemi iki boyutlu (two dimensional, 2D) veya üç boyutlu (three dimensional, 3D) şeklinde uygulanabilir. 2D sismik uygulamalarda sadece bir alıcı kablosu (streamer) kullanılır. Bir hat boyunca toplanan sismik verilerden, veri-işlem sonrasında yeraltını gösteren sismik kesitler elde edilir. 3D sismik uygulamalarda birden fazla alıcı kablosu ve birden fazla sismik kaynak kullanılır. Sismik veriler yeraltında bir hacim içerecek şekilde toplanır, veri-işlem sonrasında sismik küp adı verilen veri kümesi oluşturulur. Sismik küp istenilen yönde hatlar boyunca kesilerek sismik hatlar elde edileceği gibi yatay dilimler alınarak zaman dilim kesitleri (time slice sections) oluşturulabilir.

Sismik veri işlemde temel hedef sayısal olarak kaydedilen verilerin kalitesinin arttırılmasıdır. Bu da sismik verilerdeki sinyal seviyesinin yükseltilmesi, gürültü seviyesinin azaltılması yani Sinyal/Gürültü (S/G) oranının arttırılması ile sağlanır. Sismik verilerdeki gürültüler sahip olduğu frekans, yayınım hızı, yayınım yönü gibi herhangi bir özelliği ile sinyalden ayrılıyorsa, bu özellik kullanılarak gürültüyü veriden neredeyse tamamen atmak olanaklıdır. Fakat rastgele olan ve belirleyici bir özellik taşımayan gürültülerin etkisini ortadan kaldırmak zor veya neredeyse olanaksız olarak düşünülmelidir. Bu tür gürültüler elemine edilmeye çalışıldığı sırada gerçek sinyal de yok edilebileceğinden çok dikkatli olmak gerekir. Başarılı bir sismik veri işlem, yalnızca her bir aşamada seçilen parametrelerin uygun olmasıyla sağlanamaz, her bir aşamanın etkinlik dereceside tüm sismik veri işlemin sonuç çıktısı üzerinde oldukça etkilidir (Dondurur, 2009).

Veri işlem yöntemleri zaman veya frekans ortamında uygulanabilirler. Hangi ortamın seçileceği sinyal ile gürültünün hangi ortamda daha iyi ayrıldığına göre değişir. Sismik veri işlem aşamaları temel olarak üç bölümde gerçekleştirilir (Yılmaz, 1987).

1) Dekonvolüsyon
2) Yığma
3) Migrasyon

Bu üçünün dışında kalan tüm veri işlem aşamaları bu üç işlemin etkinliğini arttırmak ve bu işlemler için uygun sismik veri girdisi hazırlamakta kullanılırlar.

Sismik veri işlemde amaç, gerçek yeraltını en düşük maliyetle, en kısa sürede, en doğruya yakın bir şekilde ortaya çıkarmaktır.

Sismik veri işlem yapılırken verinin karakteristik özelliklerini bilinmelidir. Verinin karakteristik özelliklerini veri üzerinde gözlenen ilişkili ve ilişkisiz olaylar belirlemektedir. En uygun veri işlem adımlarının ve veri işlem parametrelerinin seçilebilmesi için, veri üzerinde görünen bu olayların kaynağı bilinmelidir. Birçok durumda yok edilmeye çalışılan gürültü, veri toplama işleminin doğasından meydana gelen bir takım olaylar sonucu ortaya çıkar. Örneğin deniz dalgası, sismik ekipmandan kaynaklanan gürültüler, hayalet yansımaları, reverberasyonlar.

Veri işlem basamakları ve her bir aşamanın sonucu, veri toplama parametreleriyle bağımlıdır. Bu nedenle deniz sismiği verilerinin toplanmasıyla ilgili temel kavramlar bilinmeli ve temel veri işlem kavramları kullanılarak uygun bir veri işlem akış teması oluşturulmalıdır.

Bu tez çalışmasında da kullanılan veriler üzerinde gerçekleştirilen veri işlem adımları verilere en uygun olabilecek kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Veri işlem adımları sırasında parametreler, veri toplama aşamasındaki parametrelere ve verilerin özelliklerine uygun olarak seçilmiştir. Bu anlamda veri işlem aşamaları başarıyla verilere uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Tüm veri işlem aşamaları sonucunda elde edilen sismik kesitler en doğru şekilde yoruma hazır hale getirilmiştir.

Bu tez çalışmasında TPAO tarafından toplanan çok kanallı deniz sismiği yansıma verilerinin, veri işlemi gerçekleştirilmiştir. Deniz veri toplamasının yapıldığı alan Zonguldak ilimizin kuzey kısmında Batı Karadeniz tarafında gerçekleşmiştir.

1. MALZEME VE YÖNTEM

1.1. Barbaros Hayrettin Paşa Sismik Gemisi

Bu çalışma için TPAO ya ait Barbaros Hayrettin Paşa (BHP) gemisinin topladığı veriler kullanılmıştır, toplanılan veri TPAO Arama daire başkanlığı Veri işlem müdürlüğünde Schlumberger firmasının yazılımı olan OMEGA veri işlem yazılımı ve sistemleri kullanılarak veri işlemden geçirilmiştir.

Gemi 2011 model olup Polarcus firmasından 2013 yılında satın alınıp TPAO envanterine girmiştir. 84.2 m uzunluğundaki gemi Ulstein tarafından dizayn edilmiş ve Drydocks World tarafından Dubai de inşaa edilmiştir.

Sadece sismik araştırma amacıyla imal edilen gemi 2D ve 3D veri toplama tekniğine göre veri toplama imkanına sahiptir.

Üzerinde helikopter pisti de bulunan gemi endüstrideki kullanılan en güncel ekipmana sahiptir.



Şekil 1.1. TPAO Barbaros Hayrettin Paşa Sismik Gemisi

1.2. Sismik Enerji Kaynakları

Sinyalin frekans içeriğini kullanılan hava tabancasının hacmi doğrudan etkiler. Küçük hava tabancası hacmi yüksek frekans içeriği ve yüksek ayrımlılık, daha düşük penetrasyon anlamına gelir. Kullanılan hava basıncı arttıkça ana sinyalin genliği ve ana genlik/kabarcık oranı artar. Sinyalin genliği, hava çıkışı alanının kare kökü ile doğrudan orantılıdır. Uygulamada üretilen sinyalin hem düşük ve hem de yüksek frekansları içermesi, yani geniş bantlı olması amacıyla farklı hacimlerde birden fazla hava tabancası aynı anda kullanılarak hava tabancası düzenleri (airgun arrays) oluşturulur. Hava tabancası sayısı arttıkça sinyal genliği artarken, hava tabancaları arasındaki mesafe azaldıkça genlik de azalır.

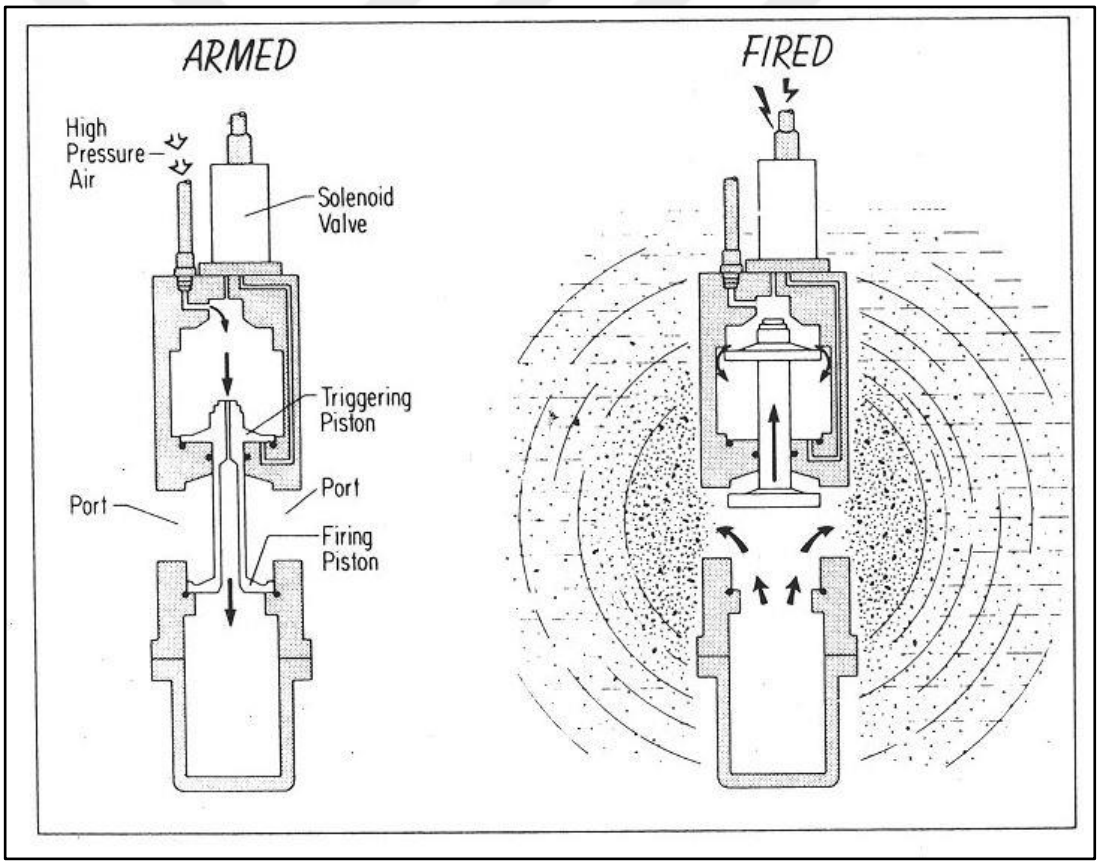
Denizde veri toplama için kullanılan birçok çeşit enerji kaynağı vardır. Bunlar çalışma prensiplerine göre çeşitlere ayrılır.

- Dinamit (patlayıcı)
- Flexotir (patlayıcı)
- Maxiplus (patlayıcı)
- Uniboom,boomer (Elektrikli)
- Sparker (Elektrikli)
- Transduser (Elektrikli)
- Airgun (Hava ile)
- Watergun (Hava ile)
- GI gun (Hava ile)
- Flexichoc (Hava ile)
- Long life gun (Hava ile)
- Vaporchoc Sistemleri (Buhar ile)
- Aquapulse (Gaz ile)

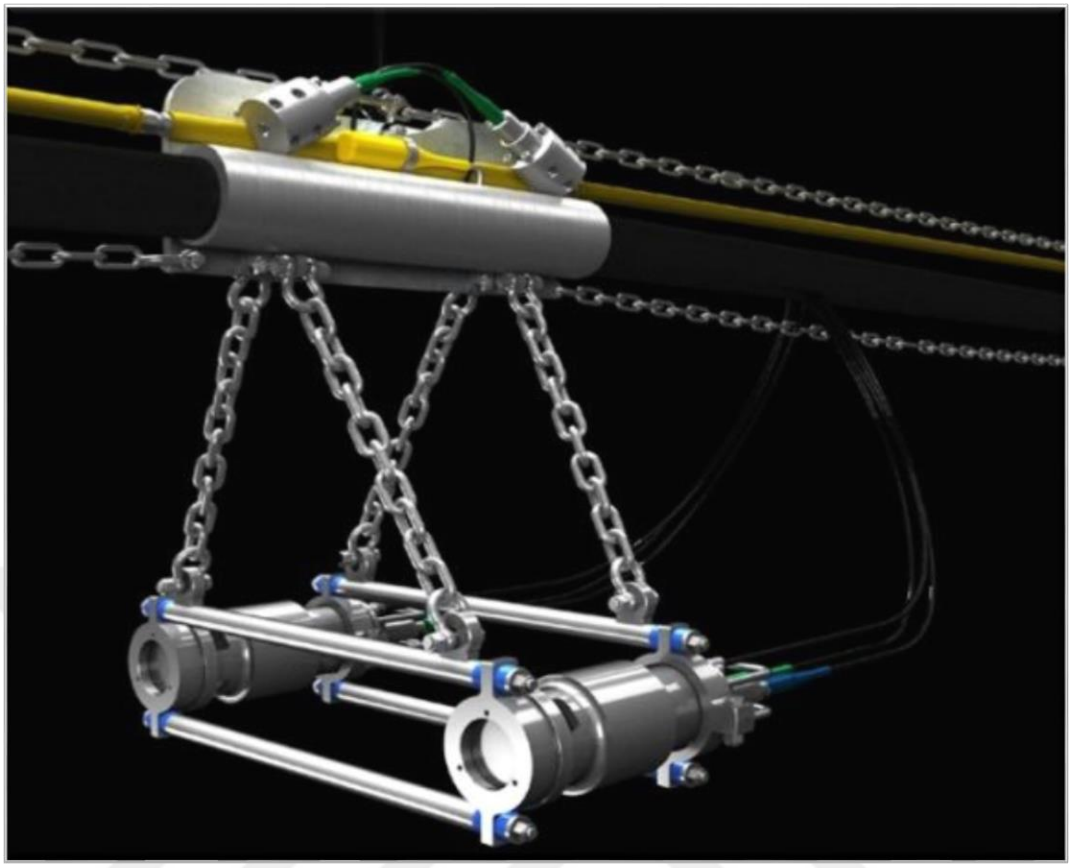
1.2.1. Hava tabancası (Airgun)

Endüstride en çok kullanılan sismik enerji kaynağı hava tabancalarıdır. Kompresörle gönderilen yüksek basınçlı havanın su içerisine ani boşalması sonucunda sismik enerji üreten bir sistemdir. Genel olarak 2000 psi basınçta sıkıştırılmış hava, suyun altında

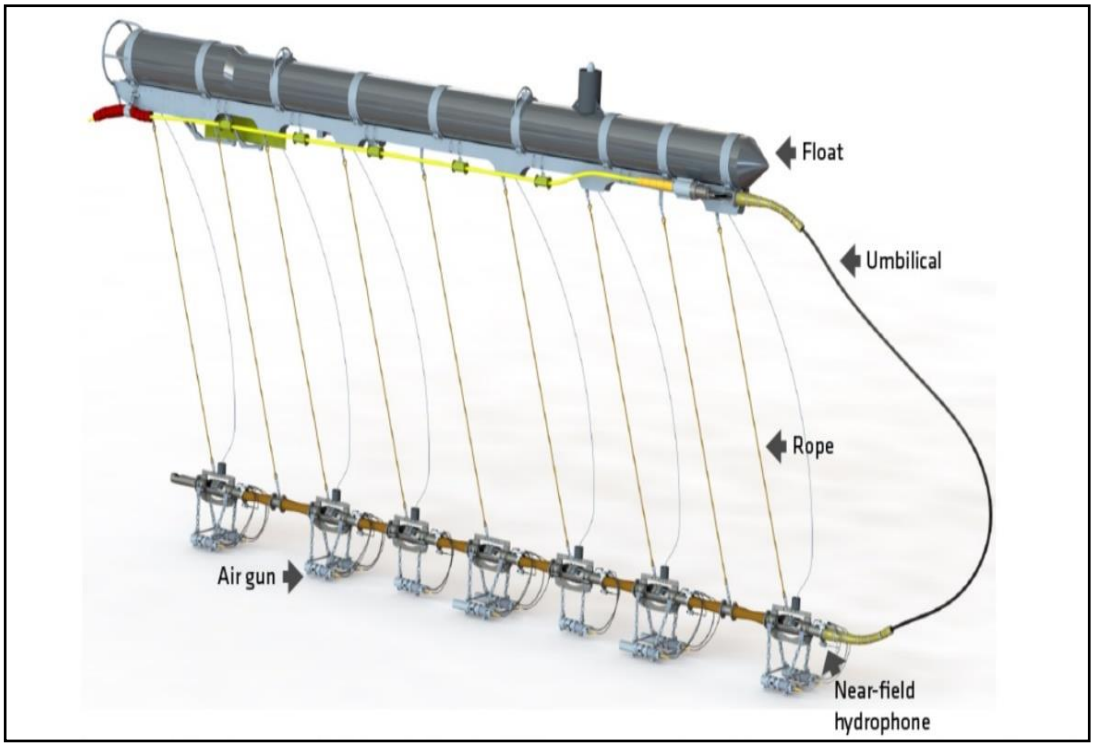
2-10 derinlikte çekilen hava tabancasını gönderilir ve her atış noktasında selenoid adı verilen valflere gemiden gönderilen bir sinyalle su içerisine an olarak boşalır. Hava tabancaları tek başlarına kullanıldıkları gibi birçok hava tabancasının bir araya getirilmesi ile oluşan "hava tabancası düzenleri" oluşturulabilir. Petrol arama amaçlı çalışmalarda toplam hacmi 3000 inc^3 seviyelerine ulaşan uzun ömürlü hava tabancalarından oluşan kaynak düzenleri kullanılmaktadır. Üretilen sinyalin frekans bandı tipik olarak, 10-140 Hz arasındadır. Derin kabuk çalışmaları için kullanılan hava tabancası düzenleri çok daha büyük hacimlere ulaşabilir ve bu kaynak düzenleri çok derinlere ulaşabilen daha düşük frekanslı kaynak sinyali yaratırlar. Yüksek ayrımlı deniz sismiği çalışmalarında hava tabancaları ile ilgili ortaya çıkan en önemli sorun ürettikleri güçlü kabarcık etkisidir.



Şekil 1.2. Hava tabancası kaynağı çalışma şeması (Detrick & Hutchinson, 1984)



Şekil 1.3. Sismik enerji kaynağı hava tabancası (Airgun) (URL-1)



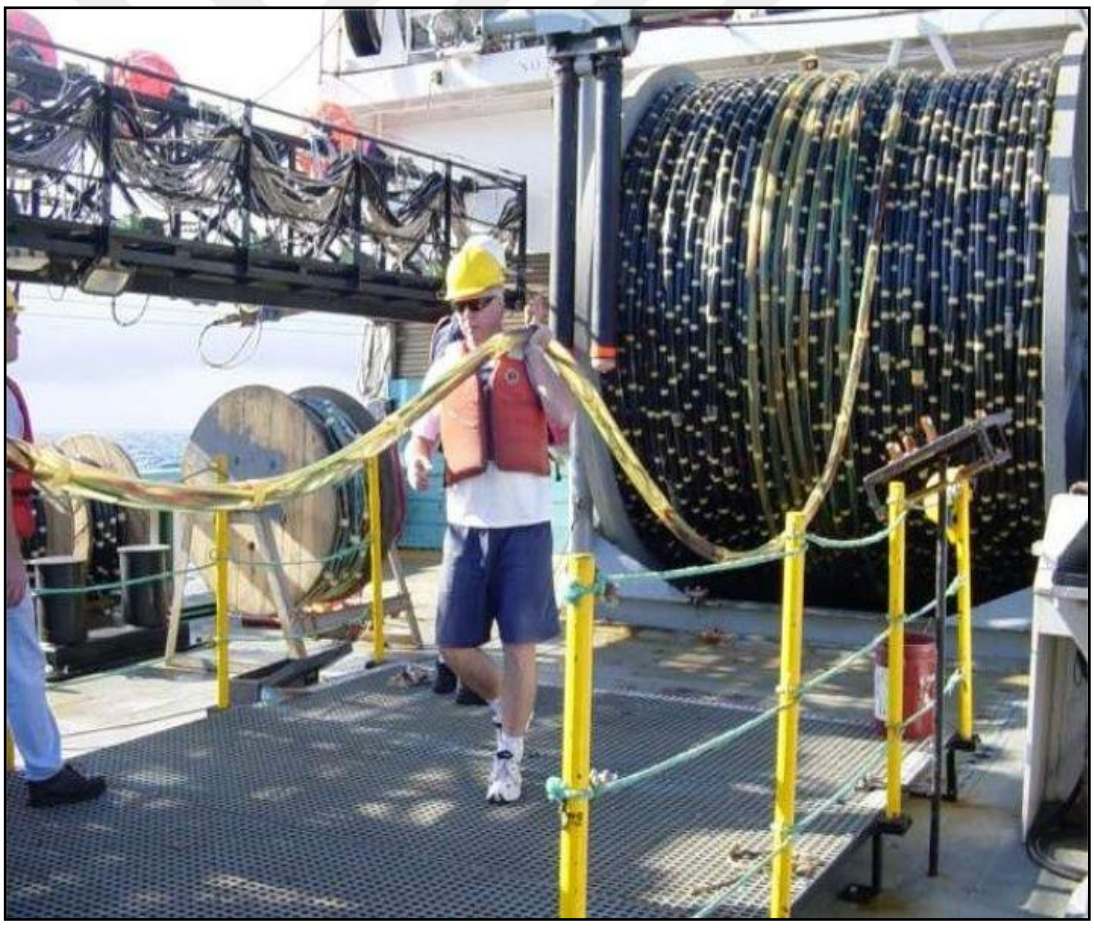
Şekil 1.4. Hava tabancası düzeneği (Gun array) (PGS, 2018)

1.3. Alıcı kablo (Streamer)

Kanal aralıkları genellikler 6,25 m veya 12,5 m olarak düzenlenir. Streamer'lar birbirine eklenebilen genellikle 75 veya 100 m'lik bölümler şeklinde üretirler ve her bir bölüm "aktif bölüm" olarak adlandırılır.

Hidrofonlar seramik piezoelektirk elemanlardan yapılırlar. Bu elemanlar büküldüğünde her iki yüzeyleri arasında voltaj farkı meydana gelir ve iletken yüzey elemanlarıyla bu voltaj farkı ölçülür.

Jeofonlar parçacık hızına duyarlı iken, hidrofonlar basınç değişimlerine karşı duyarlıdır ve kaynaktan üretilen sinyalin su içerisinde meydana getirdiği basınç değişimlerini algılar.



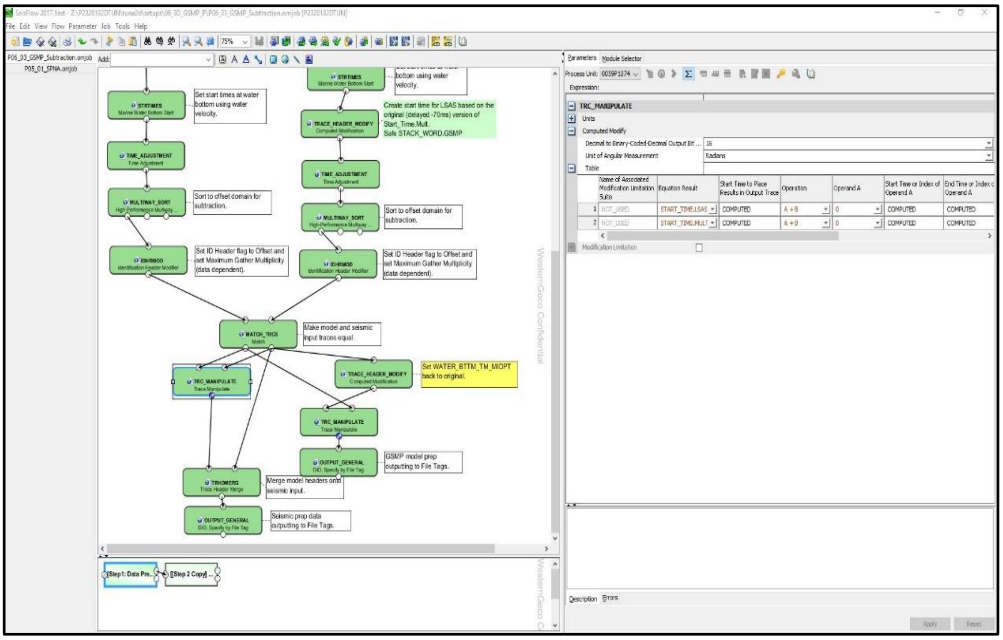
Şekil 1.5. Alıcı kablo (Solid Streamer) (Alptekin & Demirbağ, 2013)

1.4. Omega Veri İşlem Yazılımı

Schlumberger firmasına at Omega veri işlem yazılımı 2017 yılında TPAO Veri İşlem müdürlüğü envanterine girmiş olup, lisansı satın alınmıştır,2 boyutlu ve 3 boyutlu Kara ve Deniz, VSP verilerinde zaman ve derinlik ortamında her türlü veri işlemi yapabilecek ve devamlı olarak güncellenen algoritmalara sahip bir yazılımdır.



Şekil 1.6 Schlumberger Omega veri işlem yazılımı

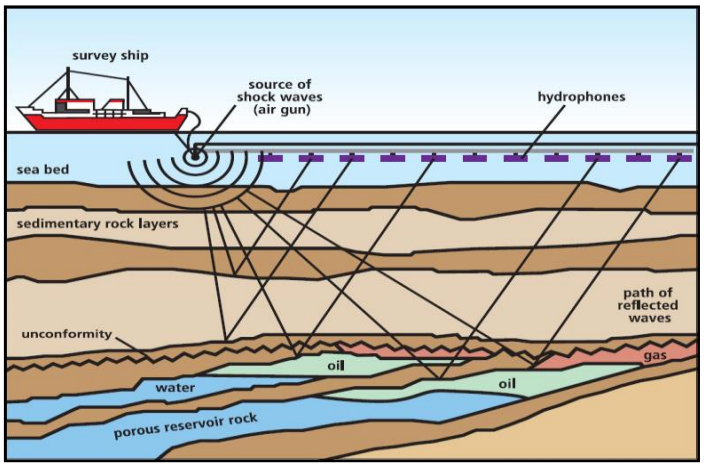


Şekil 1.7 Örnek bir veri işlem akış ara yüzü

2. DENİZ SİSMİĞİ

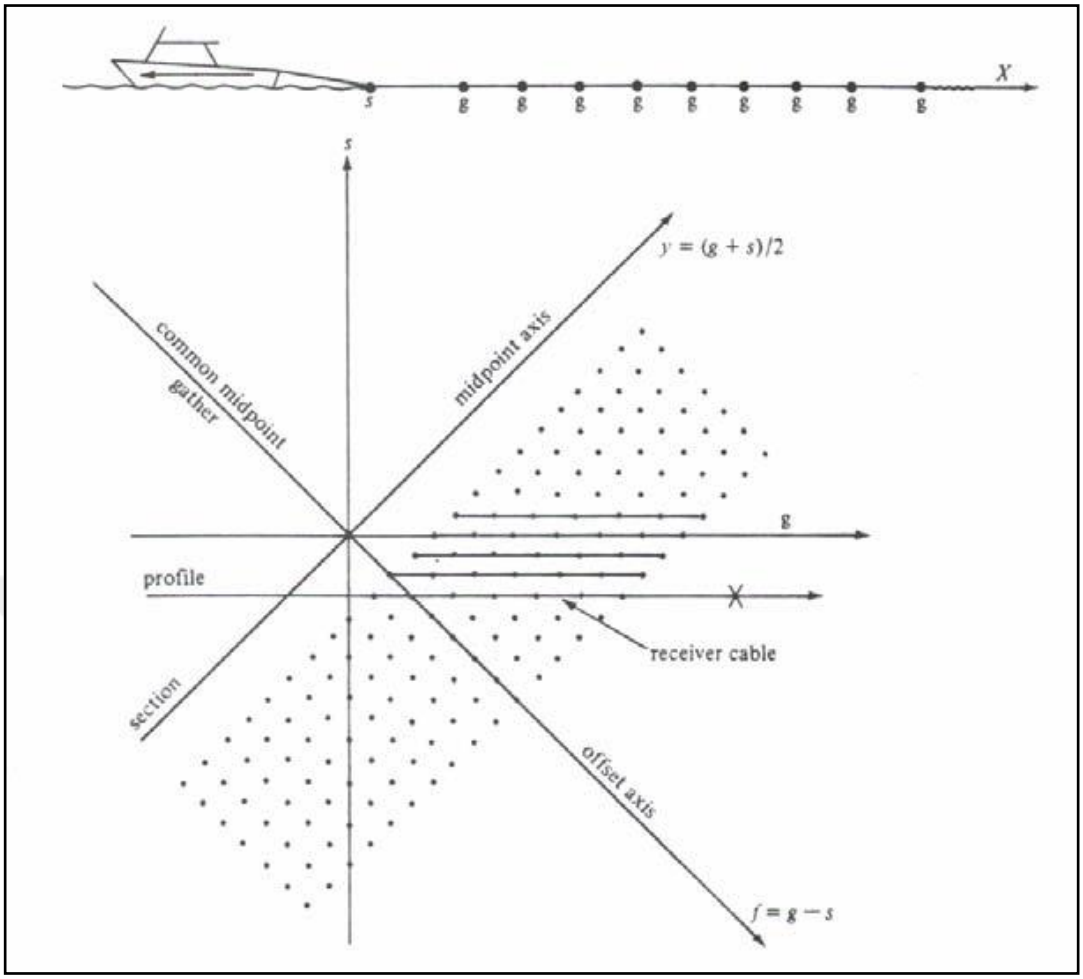
Deniz Jeofiziği araştırmaları yaygınlaşmadan önce büyük petrol şirketleri denizde petrol arama görüşünden çekinirlerdi. Oşinografların da desteklediği denizde Jeofizik yöntemlerin uygulanabilirliği, zamanla kabul görmüş ve geniş uygulanma alanı bulmuştur. Bugün hidrokarbonlar, su derinliğinin 1,5 km'ye ulaştığı sahalardan çıkarılabilmekte ve 3 km'den daha derin sahalarda üç boyutlu çok kanallı sismik yansıma çalışmaları standart olarak uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, tektonik yapıların araştırılmasına yönelik sığ ve derin sismik araştırmalar, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Deniz sismiği araştırmaları tekrarlamalı bir enerji kaynağı ile oluşan sinyalleri kaydedecek alıcıların bulunduğu bir kaynak–alıcı düzeneğinin oluşturulması yardımıyla yapılır (Şekil 2.1). Kaynak-alıcı düzeneği araştırmanın amacına göre sığ veya derin tabaka bilgilerinin hedeflenmesi gibi farklılıklar gösterebilir. Örneğin sığ sismik araştırmalarda kaynağın ürettiği dalgacıklar sıfır açılım (offset) birkaç hidrofonla kaydedilirken, derin sismik çalışmalarında ise daha güçlü enerji kaynakları ile üretilen sinyaller geminin arka tarafına konumlandırılmış ve üzerinde birçok hidrofonun bulunduğu 2–3 km.'lik alıcı kablosunun (streamer) çekilmesi ve sinyallerin açılımlı kaydedilmesiyle elde edilir.



Şekil 2.1 Denizde sismik veri toplama (Mehmood, 2018)

Matematiksel olarak deniz sismiği araştırmalarını tanımlamak mümkündür. Örneğin, idealde sismik araştırma gemisinin rotası X ekseni olarak kabul edeceğimiz yatay bir doğru şeklindedir ve yine idealde sismik kaynaktan çıkan sismik dalgalar geminin rotasına düşey bir düzlemde yayınırlar. Sismik dalgaların yayıldıkları bu düzleme "Kesit Düzlemi" adı verilir. Bir nokta kaynaktan üç boyutlu olarak yayınan dalgaların genliğinde, yolculuk zamanının tersi ile orantılı olacak şekilde bozulmalar oluşur. Kaynaktan uzaklaştıkça küresel dalga cephesi alanı t^2 ile orantılı olarak artar, böylece birim alana düşen enerji miktarı t^2 oranında azalır ve sonuç olarak sismik dalga genliği t^{-1} ile orantılı olur. Bir çizgisel hat şeklinde kaynaktan yayınan itici (impulsive) bir dalganın genliği (bu doğrusal hat, geminin rotasına dik olan deniz yüzeyinde olmalıdır) $t^{-1/2}$ile orantılı olarak azalır. Böylece üç boyutlu bir olayı iki boyutlu veya tek boyutlu bir matematiksel şekle getirmek $t^{1/2}$ veya t ölçekleme faktörü (scaling factor) ile başlar. Bu ölçeklemenin önemli bir pratik faydası vardır, bu da geminin rotası boyunca tek bir düzlemle sınırlanmış giden ve gelen tüm sismik ışınların kaydedilebilmesi veya diğer bir ifadeyle yanal gürültülerden kaçınmayı amaçlamış olmamızdır (Claerbout, 1976). Gemi rotasının dikkatli seçilmesiyle yanal gürültülerin etkisi azaltılabilir, ancak her şekilde kaydedilen sismogramlarda yanal gürültü az da olsa olacaktır. Bu yanal etkileri görmenin tek yolu ise geminin doğrusal rotasının silindirik koordinat sisteminin ekseni olduğunu düşünmektir. Bir gürültünün gecikme zamanının yansıtıcıya olan derinliğin ölçümü olduğu varsayımı yerine, silindirik koordinat sistemindeki yarıçap değerinin yolculuk zamanı olduğu varsayılır. Eğer sismik kesit düzlemi düşeyden çok az eğik ise yorumlama kolaydır. Esasında yorumlama problemleri yerin karmaşık üç boyutlu yapı göstermesi ve geminin hareket halinde olması sebebiyle yansına sinyallerinin üst üste binmesiyle ortaya çıkar. Kısacası yeraltı üç boyutlu karmaşık yapılara sahip ve ortam tekdüze değilse iki boyutlu hesap teknikleri çok iyi sonuç vermemektedir. Şekil 2.2.'de koordinat sistemleri arasında ki ilişkiyi göstermektedir. x ekseni geminin rotası, atış ve alıcı koordinatları ise s ve g olarak seçilir. Ayrıca geminin rotası, yani x boyunca, atış alıcı aralığı koordinatı f ve orta nokta koordinatı y 'de hesaplanır. Atış ve alıcı koordinatlarının bağımsız değişkenler olarak alınması halinde sismik dalga, P(s, g) tanımlanabilir. Gerçekte atış ve alıcılar burada verildiği gibi sürekli ve düzgün bir x düzleminde yer almazlar ve herhangi bir s ve g için P 'yi hesaplamak interpolasyonlar ile mümkündür.



Şekil 2.2. Kaynak koordinatı s, alıcı koordinatı g, açılım (offset) koordinatı f=g−s ve orta nokta (midpoint) koordinatı y=(g + s)/2 arasında ki ilişkiyi gösteren şekil (Claerbout, 1976)

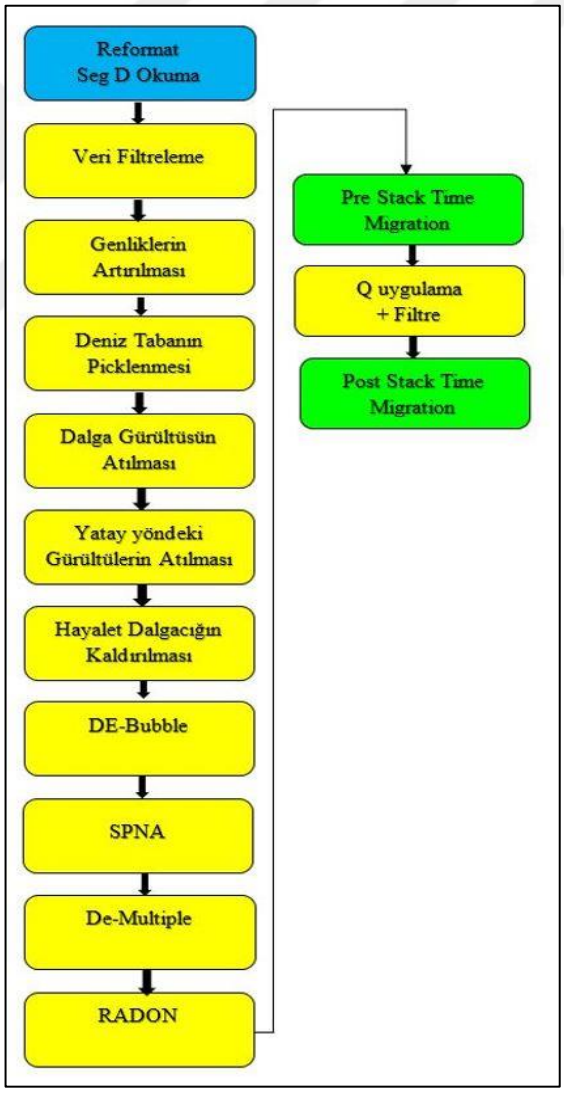
Teorisyenler genellikle dalga cephesi koordinatı s ve g 'yi kullanırlar, ancak yorumcular f ve y 'yi, yani açılım ve orta noktayı kullanırlar.

Deniz sismiği arama yöntemlerinde önemli iki parametreden biri sismik sinyal etki derinliği, diğeri ise kesit çözünürlüğüdür. Bu iki parametre ortamın doğasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bir sismik sinyalin derinlik etki kabiliyeti, frekansına ve genliğine bağlı olarak kontrol edilir. Düşük frekanslı sinyalin etki derinliği yüksektir, buna karşılık yüksek frekanslı bir sinyalin etki derinliği düşüktür. Genelde yüksek frekanslı sistemler ile elde edilen kesit çözünürlükleri daha ayrıntılı bilgiler göstermesi açısından iyidir, ancak yüksek frekanslar soğrulmadan dolayı derinlere inemediğinden yalnızca sığ kesimler hakkında bilgi verebilirler.

Sığ deniz sismiği araştırması yapılacak ise “yüksek frekanslı” sinyal üreten bir kaynak gerekirken, derin deniz sismiği araştırması için “düşük frekanslı” sinyal üreten bir kaynak gerekmektedir. Boomer, Sparker ve Pinger gibi yüksek frekanslı sistemler bir kaç metre kalınlıktaki katmanları çözmekte başarılı olabilirler. Büyük hazneli hava tabancası gibi düşük frekanslı sistemler ise sınırlı çözünürlük gösterirler, ancak kilometrelerce derinlerdeki çökel ve katı kayaçlar hakkında bilgi sağlayabilirler. Derin sismik araştırmalar, genellikle hidrokarbon aramalarında ve son yıllarda özellikle neotektonik olayların gözlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır. Buna karşılık sığ sismik araştırmalar sığ deniz tabanı ve altındaki tabakaların diziliminde, deniz tabanında yükselim veren arkeolojik kalıntıların ayrımlanmasında, kayaç mostralarının, fay hatlarının, çakıl ve mineral depozitlerinin incelenmesinde etkilidir.

3. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ İŞLEM AŞAMALARI

Sismik veri işlem aşamaları için uygun parametrelerin seçimi amacıyla sismik veriye bazı testler uygulanmaktadır. Gerekli parametrelerin seçilmesinin ardından tüm veri işlem akışı, seçilen parametrelerle tüm veri için çalıştırılır. Bir sonraki sayfada 2B deniz sismiği verilerinin işlenmesinde kullanılan genel bir sismik veri işlem akış şeması verilmiştir (Şekil 3.1). Ancak veri toplama sırasında ortaya çıkabilecek özel gürültüler bu akış şemasında farklılıklar oluşmasını gerektirebilir.



Şekil 3.1. Deniz veri işleminde kullanılan genel sismik veri işlem aşamaları

4. VERİ İŞLEM UYGULAMALARI

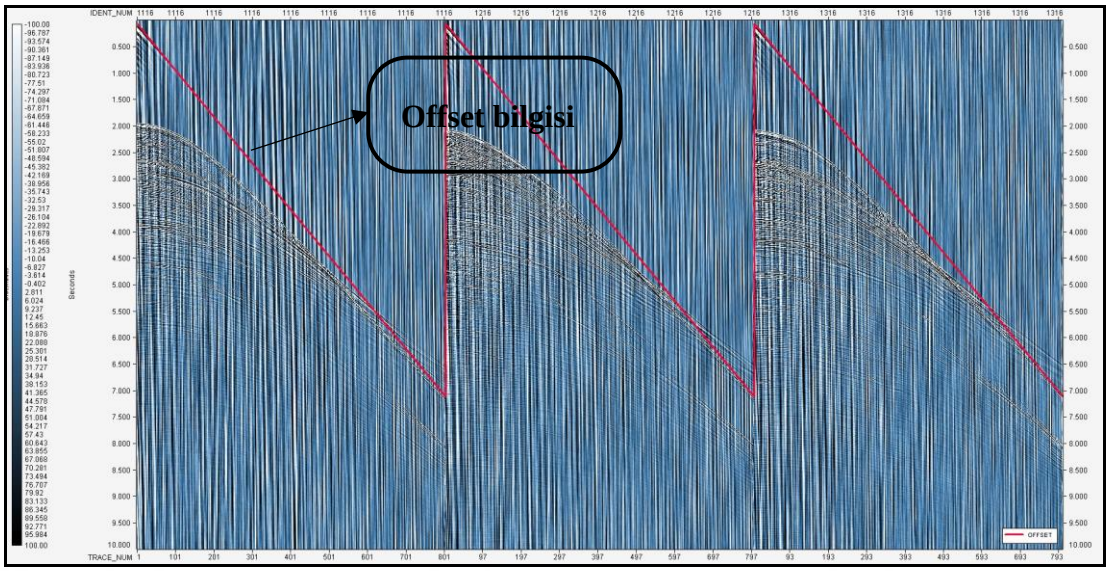
4.1. Verinin Yüklenmesi

Sahadan toplanmış olan ham sismik veriyi, sismik veri işlem sistemine yükleme işlemine veri yükleme adı verilir. Veri yükleme işlemi sırasında sismik verinin kaydedildiği dosya formatı sismik veri işlem yazılımı tarafından okunarak veri işleme hazır hale getirilir. Sismik veri, atış numarası (FFID), örnekleme aralığı, kanal sayısı gibi sismik veriyle ilgili bilgileri içeren ve SEG derneğinin tanımlamış olduğu özel veri formatlarında kaydedilir. Genlik değerlerinin dışındaki bilgilerin kaydedildiği kısma "başlık (header)" adı verilmektedir.

SEG tarafından faklı amaçlarla kullanılmak üzere farklı sismik format türleri oluşturulmuştur. Bunlardan biri, deniz sismiği verilerinin kaydedildiği SEGD formatıdır. SEGY veri formatı ise farklı formatlar arasındaki dönüşümünü sağlayarak sismik verinin farklı formatlara dönüştürülmesinde büyük kolaylık sağlar. Her sismik veri işlem yazılımı kendine özel bir sismik veri formatı kullanarak çalışır. Bu sebeple işlenecek sismik veri önce bu formata dönüştürülerek sisteme yüklenir ve bunun ardından tüm veri işlem adımlarında bu format kullanılır.

Sismik çalışma yapılan alanda toplanan veri SEGD formatındadır. Deniz ortamında Toplanan SEGD ler navigasyon bilgileri, ölü izlerin atılması, yanlış atışların ayıklanmasından sonra oluşturulan başlık bilgileri veri ile birleştirilerek SEGY formatına çevrilir.

Böylece her atışın sonunda toplanan verinin konumu doğrulanmış olur. Toplanan verimiz veri işlem merkezine geldiği haline ham veri (raw data) diyoruz. Şekil 4.1.'de 1 adet atış örneği ham ve offset konumun (navigasyon merge) hâli gözükmektedir.

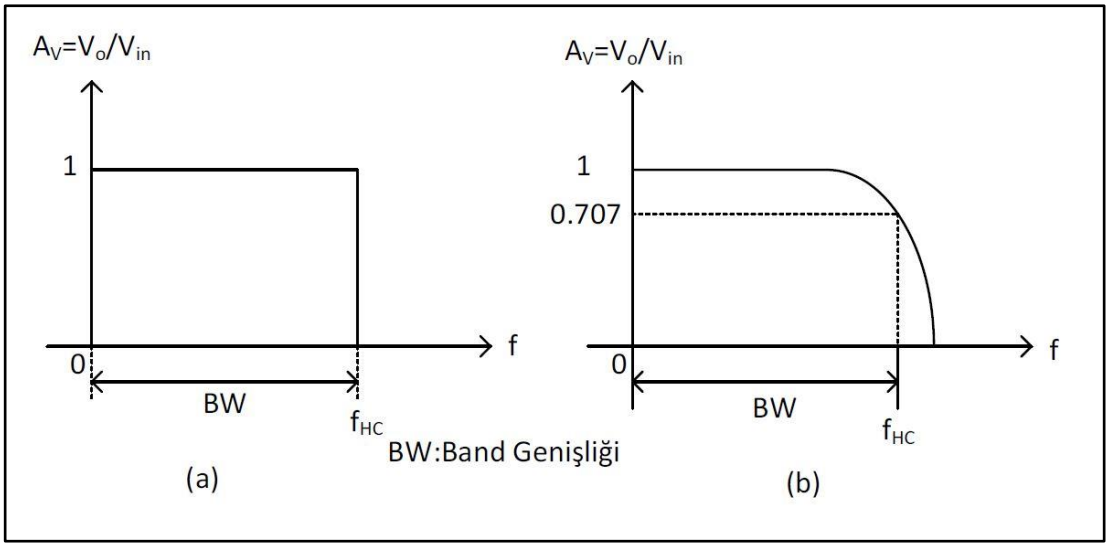


Şekil 4.1. Örnek ham veri

4.2. Filtreler

4.2.1. Alçak geçişli filtre (low cut filter)

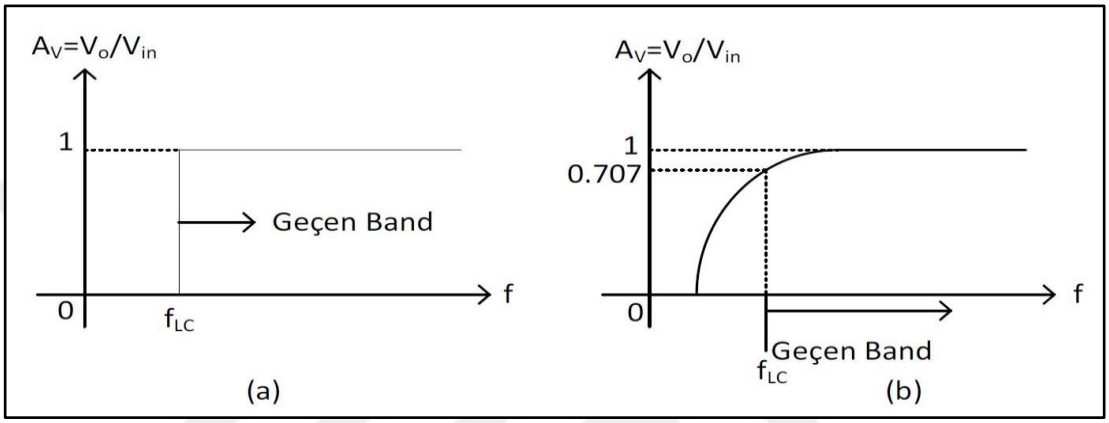
Alçak geçiren süzgeç yapısında O Hz ile kesim frekansı (fH) arasında sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, alçak frekans kazancı 3 dB azalır. O Hz ile kesim frekansı arasındaki frekanslar bant geçirme frekansı, kesim frekansından büyük frekanslar ise bant söndürme frekansıdır. Bant söndürme frekansında kazanç oldukça azalır.



Şekil 4.2. Alçak geçişli filtre karakteristiği (a) ideal (b) gerçek (URL-2)

4.2.2. Yüksek geçişli filtre (high cut filter)

Yüksek geçiren süzgeç yapısında kesim frekansından (fL) daha büyük frekanslarda sabit bir kazanç vardır (genellikle birim kazanç). Kesim frekansında, yüksek frekans kazancı 3dB azalır. O Hz ile kesim frekansı arasındaki frekanslar bant söndürme frekansı, fi'den büyük frekanslar ise bant geçirme frekansıdır. Bant söndürme frekansında kazanç oldukça azalır.

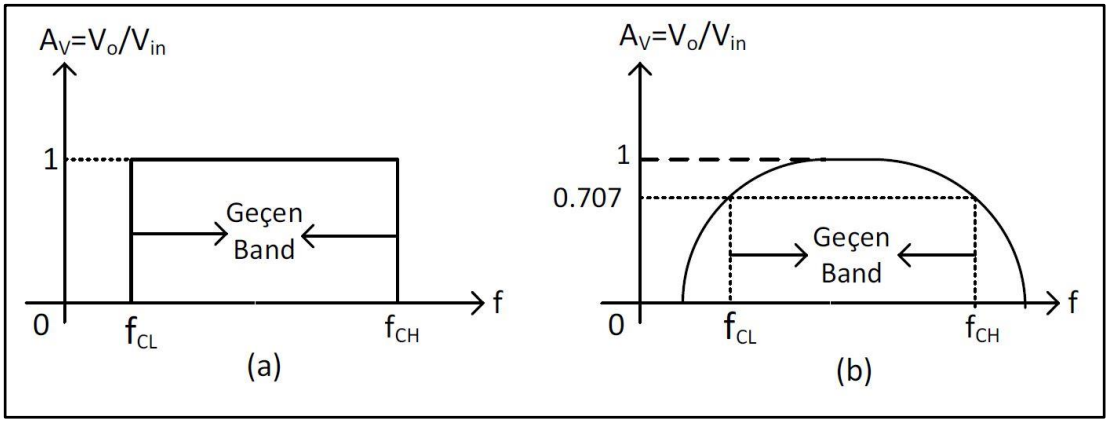


Şekil 4.3. Yüksek geçişli filtre karakteristiği (a) ideal (b) gerçek (URL-2)

4.2.3. Bant geçişli filtre (band pass filter)

Genellikler kazanç vardır. Kesim frekansında, yüksek frekans kazancı 3dB azalır. Bu tür süzgeçlerde Alt kesim frekansı (f LC**)** ve Üst kesim frekansı (f HC) olmak üzere iki frekans sınırı vardır. Bant genişliği de, Denklem (4.1)'de gösterilen bu iki frekansın farkına eşittir.

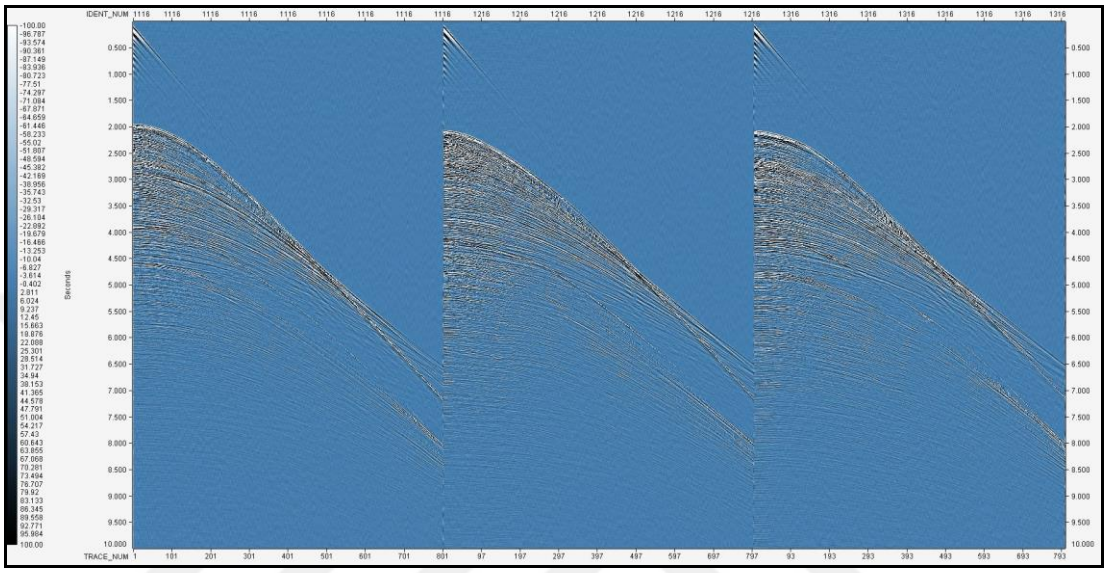
(BW= fCH – fLH) (4.1)



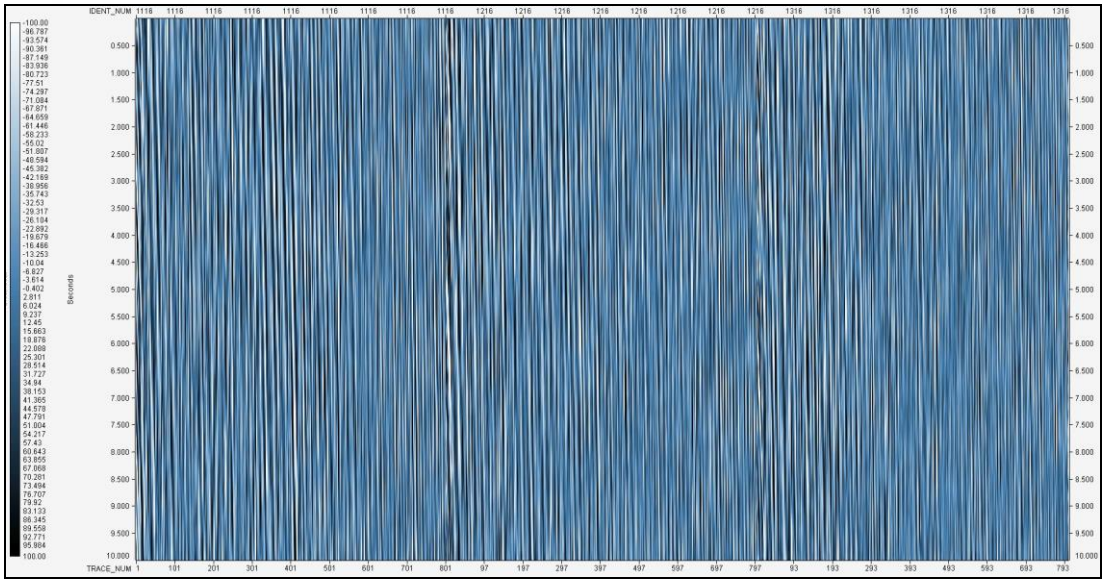
Şekil 4.4. Bant geçişli süzgeç karakteristiği (a) ideal (b) gerçek (URL-2)

4.2.4. Verinin filtrelenmesi uygulama

Veri toplanırken denizin, geminin, alıcı kablonun oluşturduğu olağan düşük frekansı gürültüler verimizin içine girer. İlk aşamada bu gürültüleri low cut filtre yaparak atarız. Burada 3 Hz altı frekanslar bastırılmıştır.



Şekil 4.5. Filtreden geçirilmiş veri

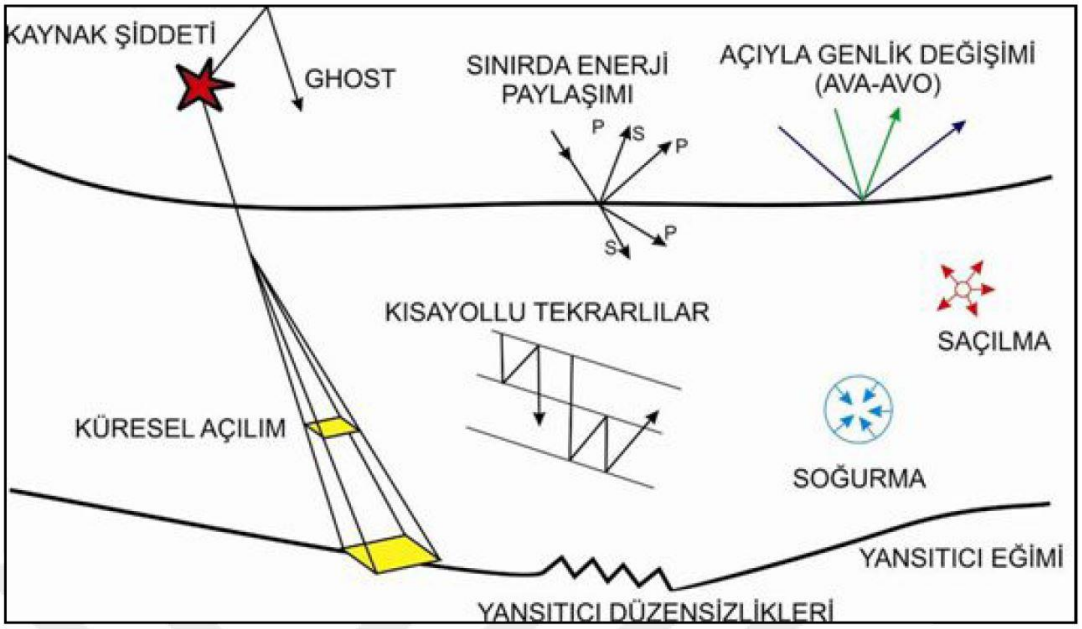


Şekil 4.6. Ham veri ve filtrelenmiş verinin arasındaki fark

4.3. Kazanç (Gain)

Sinyalin yayıldığı ortamın fiziksel özelliklerine bağlı olarak, kaynaktan yayılan sinyalin genliği pek çok faktörden etkilenir. Kaynaktan uzaklaştıkça yer, sinyalin

genliğini düşürür. Temel olarak ara yüzeydeki düzensizlikler, tekrarlı yansımalar, enerjinin ara yüzeyde paylaşılması ve saçılma gibi olaylar da sinyalin genliğini etkilememekle birlikte en önemli etkiyi küresel açılım ve soğurma yapmaktadır.



Şekil 4.7. Sinyalin genliğini etkileyen bazı faktörlerin şematik gösterimi (Dondurur, 2009)

Nokta kaynaktan oluşan tek atış sabit hızlı ortamda küresel dalga alanı oluşturur. Yerin yayınan bu dalga alanına iki önemli etkisi mevcuttur, dalga cephesi yarıçapı r olmak üzere, ortamın homojen olması durumunda enerji yoğunluğu $1/r^2$ ile orantılı olarak azalır. Dalga genliği enerjinin karekökü (1/r) ile orantılı azalmasına "küresel açılım (spherical divergence)" denir ve sinyal yayınırken genliğin azalmasına neden olur. Sinyal yayınırken sinyalin frekans içeriğini değiştirerek sinyalin genliği azalırken frekansının da düşmesi olayına ise "soğurma (absorbtion) adı verilir. Kaynağın ürettiği sinyal genliği A(0) ve kaynaktan r kadar uzaklıkla sinyalin genliği A(r) olmak üzere, soğurma etkisi Denklem (4.2)' deki gibi,

$$A(r)=A(0)\frac{e^{-\alpha r}}{r} \qquad (4.2)$$

Şeklinde gösterilir. Bu bağıntıda Denklem (4.3) de gösterilen α soğurulma katsayısıdır ve

$$\alpha = \frac{\pi f}{QV} \tag{4.3}$$

ile gösterilir. Bu bağıntıda f etkin frekans, Q kalite faktörü ve V ise ortamın hızıdır. Ortamın soğurulma katsayısı α ile sinyalin soğurulma miktarı doğru orantılıdır.

Soğurulmanın nedenleri sinyalin yayınması sırasında kayaç partiküllerinin hareketleri nedeniyle ortaya çıkan sürtünmenin doğurduğu ısı enerjisi ve kayaç boşluklarındaki sıvı içeriğidir. Sinyal yayınırken ortaya çıkan ısı, genleşmede harcanır ve geri kazanılamaz. Yayınan sinyalin yüksek frekansları soğurulur ve sinyalin etkin frekansı düşer. Derin kısımlardan gelen yansımaların genlikleri, sığ kısımlardan alınan yansımaların genliklerine oranla çok daha küçüktür ve frekansları da soğurulma etkisiyle düşmüş olur. Sismik veride derin kısımlardaki ayrımlılığın sığ kısımlardaki ayrımlılığa göre düşük olmasının nedeni soğurulma nedeniyle sinyalin dalga boyunun artmasıdır.

Kazanç uygulaması, sismik izin zamanla değişecek şekilde örneklenmesi işlemidir. Bu amaçla uygulanan ve "gerçek genlik kurtarımı (true amplitude recovery -TAR)" adı verilen yöntemlerde kazanç fonksiyonu belirli zaman pencereleri için tanımlanır ve bu pencere içerisinde sismik iz genlikleri ile çarpılır. Kazanç uygulaması sonrasında sığ kısımlardaki yüksek genlikli enerjinin genliği azaltılır ve derin kısımlardaki çok düşük genlikli olayların genlikleri yükseltilir ve çok düşük genliğe sahip geç varışlar görülebilir hale getirilir. Ancak kazanç işlemi, görülemeyen düşük genlikli olayların genliklerini yükseltirken bu kısımlardaki gürültünün de genliğini yükseltir.

4.3.1. Küresel açılım düzeltmesi

Küresel açılım sonucu genlik azalımı homojen ortamlar için 1/r, tabakalı ortamlar için ise $1/(tV^2)$'dir. Homojen ve tabakalı ortamlar için küresel açılımı karşılama işlemi Denklem (4.4) ve Denklem (4.5)'deki sırasıyla,

$$g(t) = V \times t \tag{4.4}$$

$$g(t)=\left[\frac{v(t)}{v(0)}\right]^2\left[\frac{t}{t(0)}\right] \quad (4.5)$$

Olarak tanımlanan bir kazanç fonksiyonunun uygulanması ile gerçekleştirilebilir. Bu bağıntıda hız kök ortalama kare (RMS) hızı, V(0) ise t(0) anındaki hızı ifade etmektedir.

4.3.2. Genlik Düzeltmesi

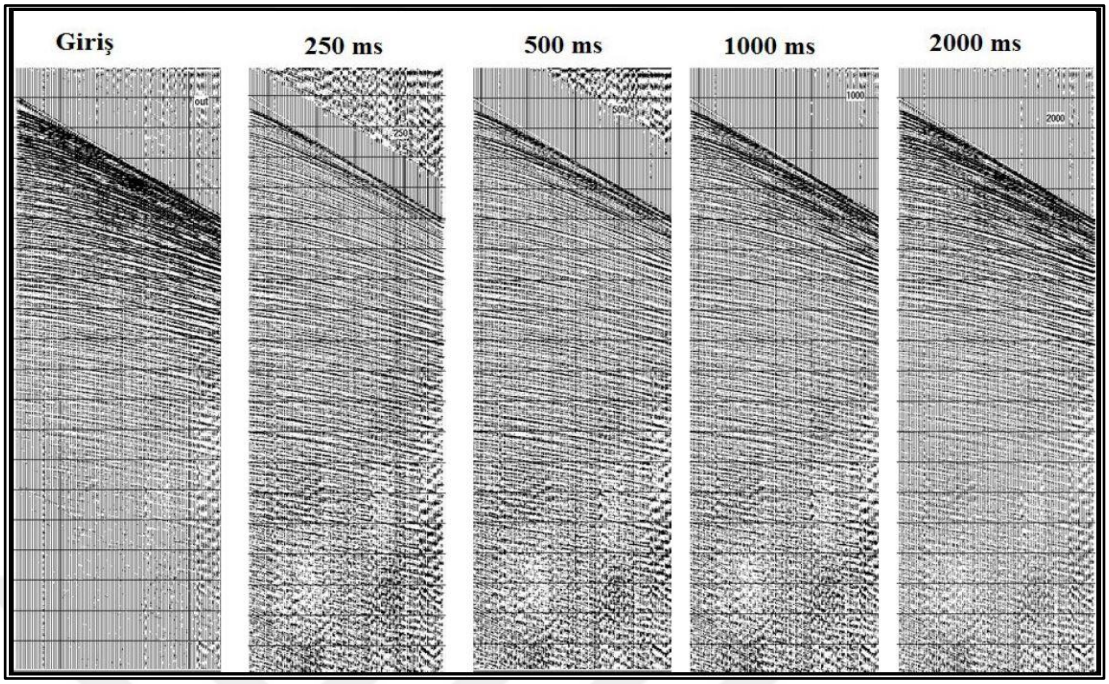
Özellikle deniz sismiği verilerindeki geç varışların genliklerinin yükseltmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntem, Denklem (4.6)'deki veriye iz-iz,

$$g(t)=t^P \qquad 1<P<2 \quad (4.6)$$

ile tanımlanan bir kazanç uygulanmasına dayanır. Yöntem, ortamın hız bilgisine gereksinim duymaz, uygulanması basittir ve izlerin göreceli genlik farkları korunur.

4.3.3. Otomatik kazanç kontrolü

Otomatik kazanç kontrolü (Automatic Gain Control-AGC) uygulaması, en çok kullanılan kazanç şeklidir. Fiziksel bir temeli yoktur ve belirlenen pencere içerisinde iz genliklerinin ortalama mutlak değerleri hesaplanarak istenilen RMS seviyesi ile bu ortalama değerin birbirlerine oranı olarak elde edilir. Elde edilen bu değer, pencerenin herhangi bir noktasına atanabilir ve ardından pencere bir örnek ileri kaydırılarak işlem tekrarlanır. AGC uygulamasının ardından tüm izler, eşdeğer genlik seviyesindedir. AGC uygulamasında seçilmesi gereken tek parametre AGC pencere boyudur ve zaman uzunluğu olarak ifade edilir.

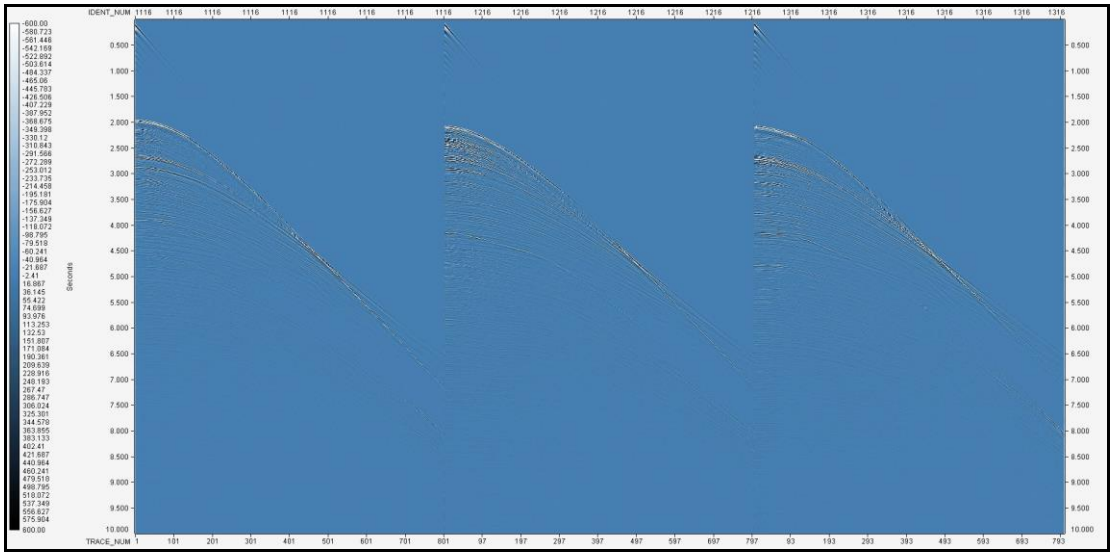


Şekil 4.8. Farklı pencere uzunlukları için AGC işleminin etkisi (Dondurur, 2009)

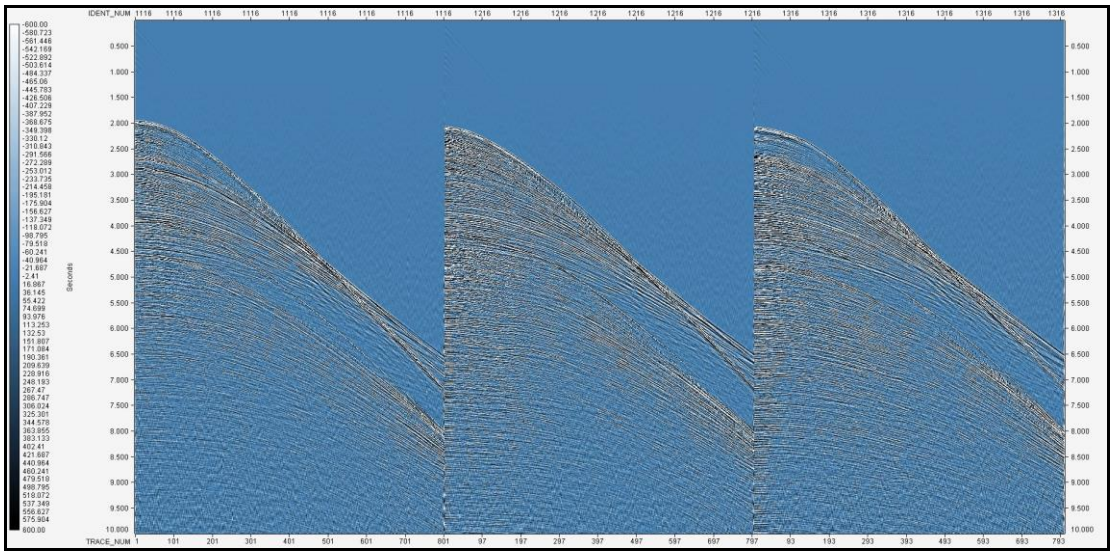
AGC uygulaması, göreceli genlik değişimlerini yok etmektedir. İzden ize olan göreceli genlik değişimleri bazen taban altındaki stratigrafik değişimleri işaret edebilir ancak veriye AGC uygulanması durumunda bu değişimler kaybolur.

4.3.4. Kazanç uygulama

Bu aşamadı verinin özniteliklerin genliğini artırırız. Uyguladığımız Genlik katsayımız $T^{1.5}$'tur.



Şekil 4.9. Kazanç öncesi



Şekil 4.10. Kazanç sonrası

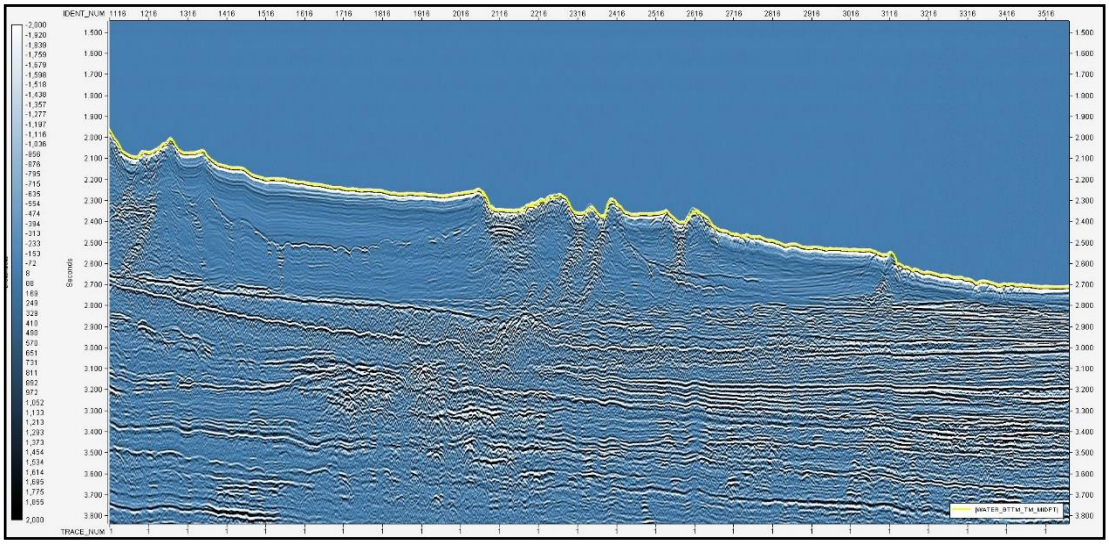
4.4. Dalga Gürültüsünün Atılması

Deniz dalgası gürültüsü, ham sismik atış gruplarında gözlenen en baskın gürültü şekli olup, deniz yüzeyindeki deniz dalgalarından meydana gelir. Alıcı kablo yüzeye yakın çekildiğinde ve dalgalı havalarda daha da belirginleşirler ve genlikleri yansıma genliklerine oranla çok daha yüksek olması nedeniyle ham atış gruplarında birincil yansımaları neredeyse tamamen maskelerler. Bu tür gürültüler genlik olarak oldukça baskın olmalarına karşın, frekans içerikleri açısından birincil yansımalardan hemen ayrılabilirler. Gürültünün büyük kısmının genliği 10 Hz ve altında toplanmaktadır.

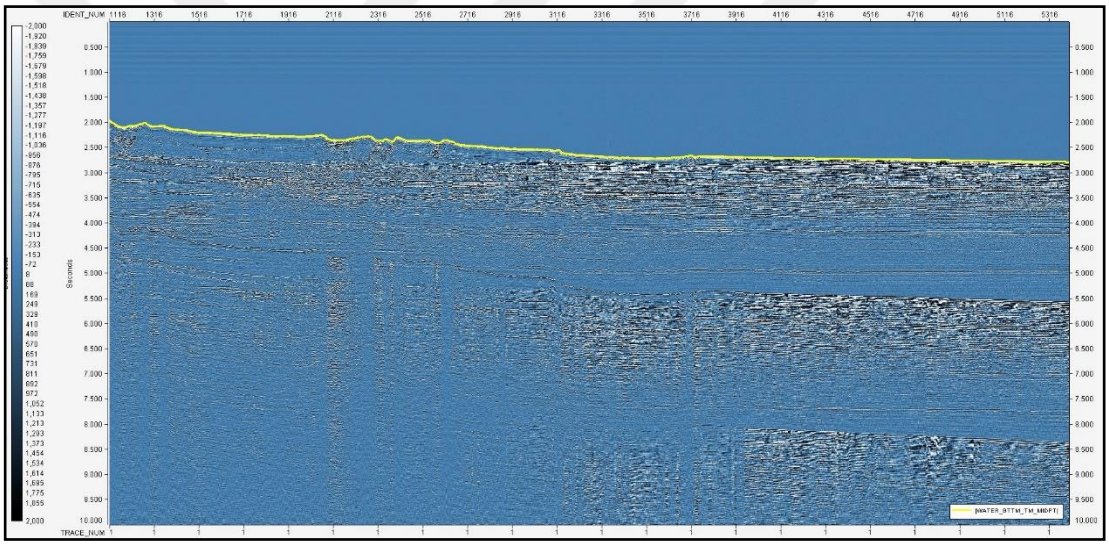
Dolayısıyla bant geçişli süzgeçler kullanılarak dalga gürültüsünün hemen hemen tamamını veriden atmak mümkündür.

4.4.1. Deniz tabanının işaretlenmesi

Burada deniz tabanını işaretleme işlemi yapıyoruz, bunun için kaynaktan çıkan sinyalin tüm atışlar boyunca ilk kanaldan gelen bilgiler yığma kesit edilir. Buradaki amacımız deniz tabanı ile su kolonunu hesaplayarak dalga gürültüsü atma işleminde kullanmaktır.



Şekil 4.11. Deniz tabanının yakınlaştırılmış hali

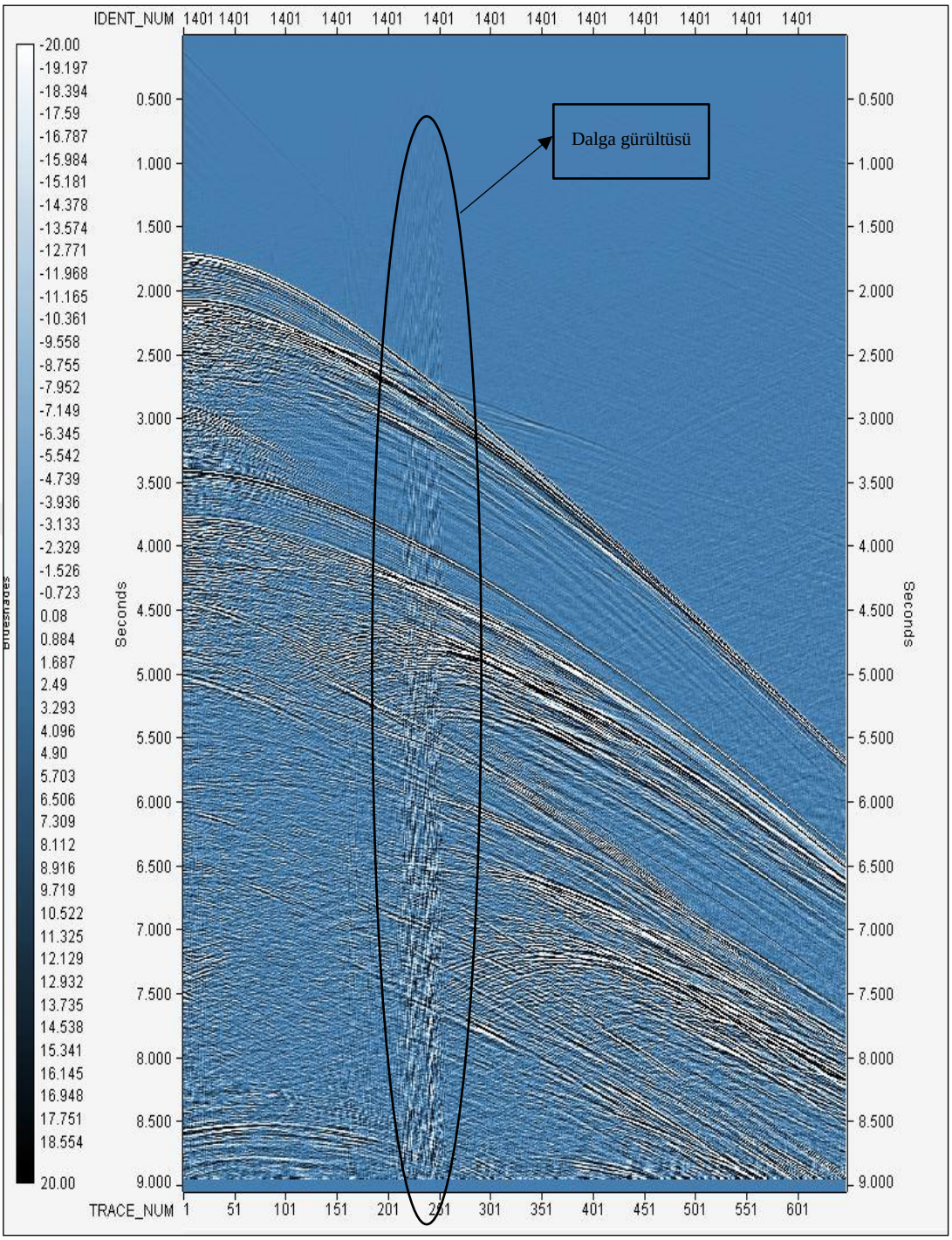


Şekil 4.12. Kesitimizdeki deniz tabanının tümü

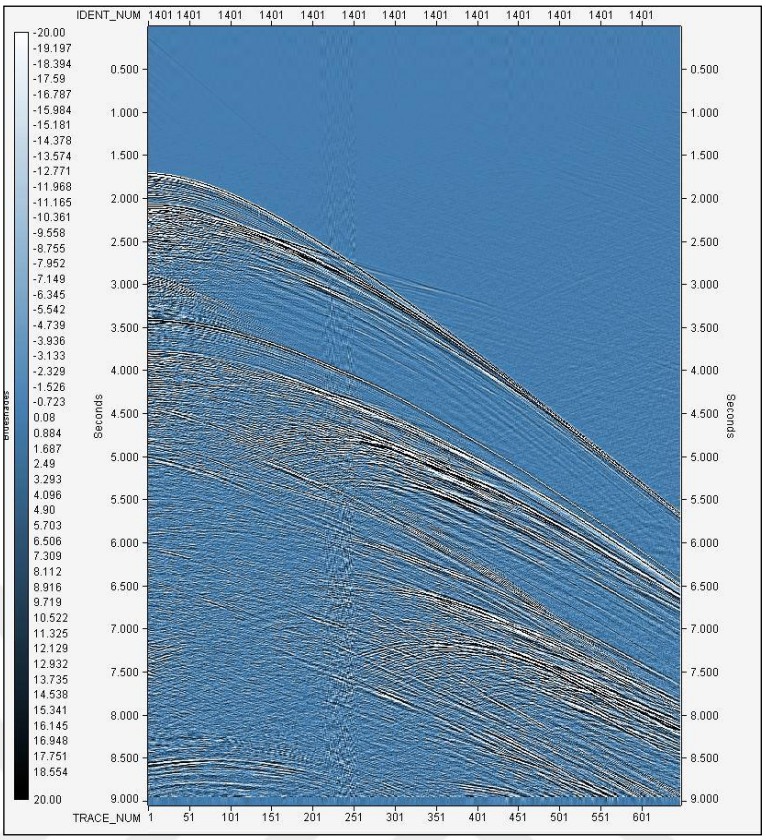
Su kolonu ve deniz tabanı arasındaki kısmın sayısal limit bilgileri atış verilerinde başlık bilgilerine yazıldıktan sonra, bant geçişli süzgeç uygulaması bu limitlere göre filtreleme işlemi gerçekleştirecektir.

4.4.2. Dalga gürültüsünün atılması uygulaması

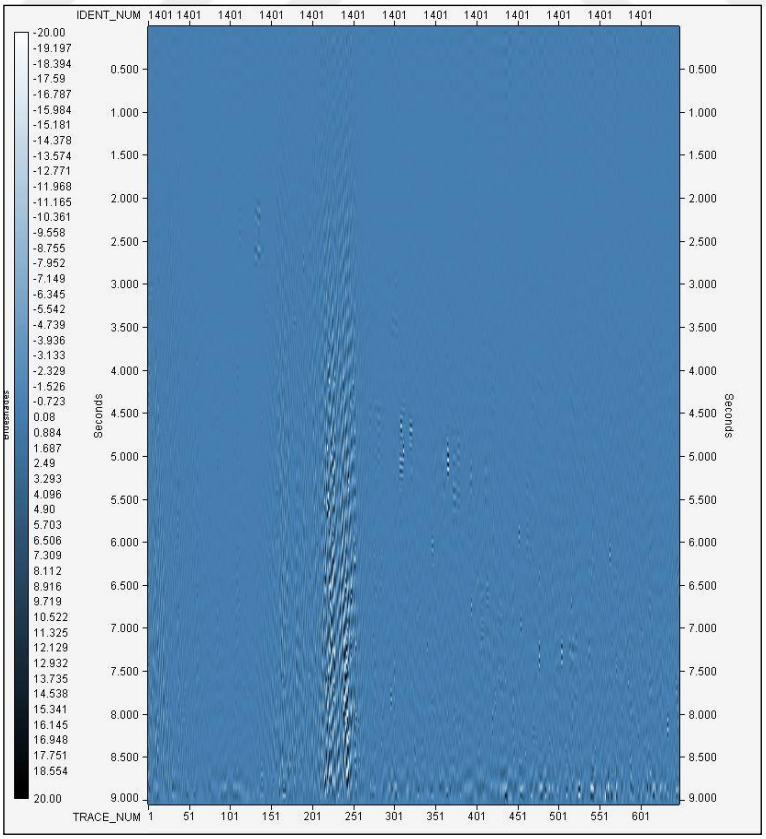
Bu aşamada veri toplanma esnasında dalgaların oluşturduğu olağan gürültüleri temizliyoruz.



Şekil 4.13. Dalga gürültüsü temizleme giriş verisi



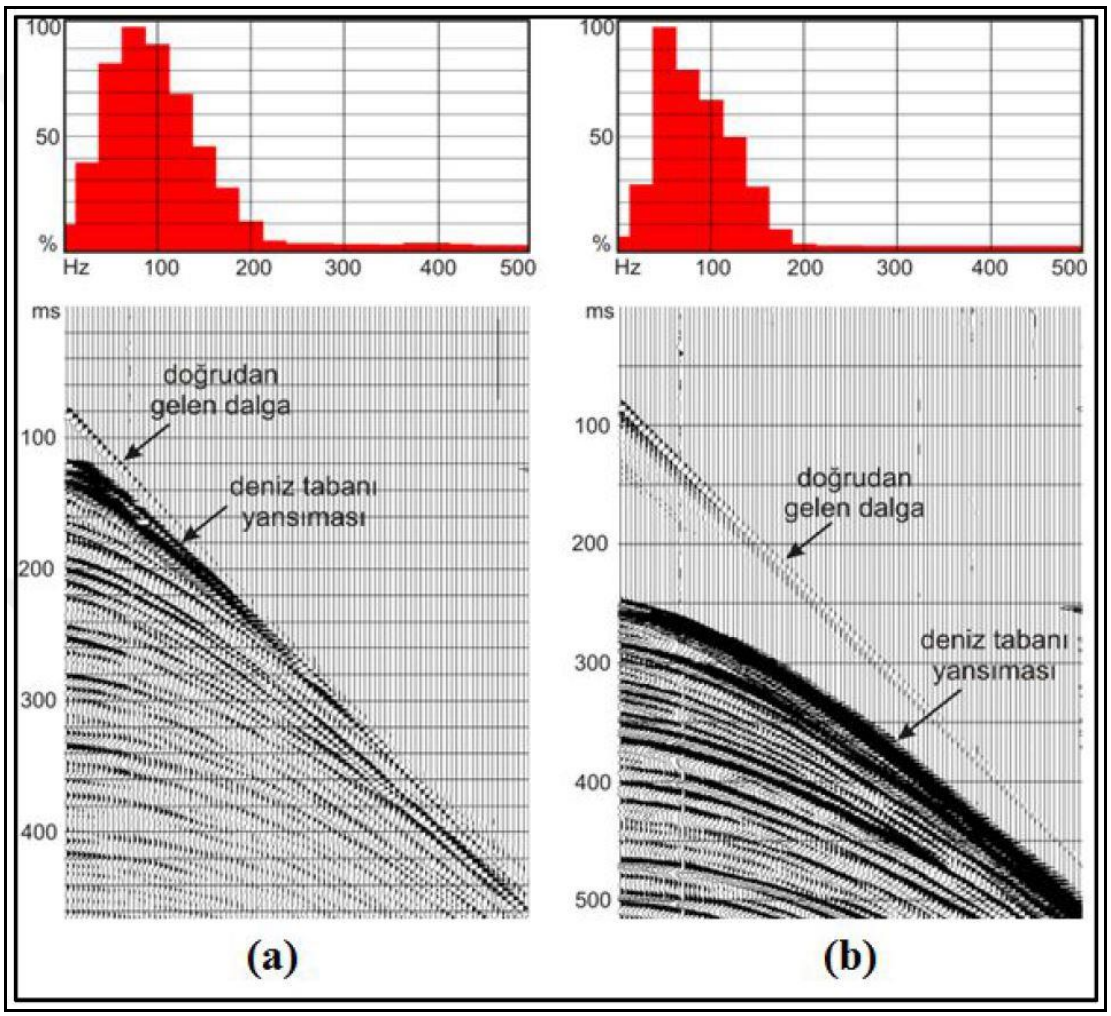
Şekil 4.14. Dalga gürültüsü temizleme çıkış verisi



Şekil 4.15. Dalga gürültüsü temizleme giriş-çıkış fark

4.5. Yatay Yöndeki Gürültülerin Atılması

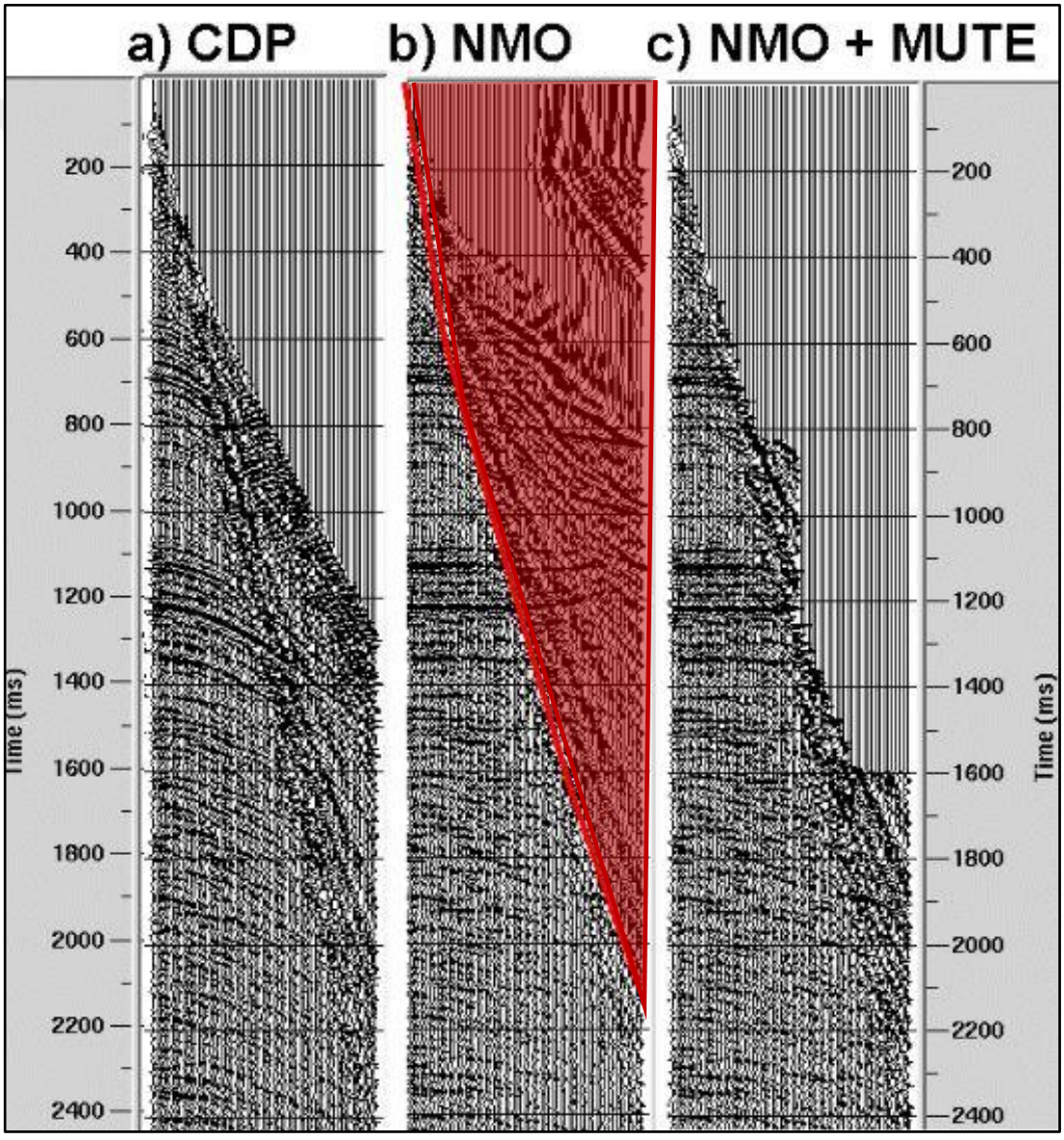
Kaynaktan çıkarak su kolonundan yayınan ve doğrudan alıcılara ulaşan dalgalardır ve doğrudan gelen dalgalar (direct waves), deniz tabanından kırılarak gelen baş dalgaları (head waves), dispersif yönlenmiş dalgalar (guided waves) olarak sıralanırlar. Bu tür gürültüler her zaman yakın ofsetten uzak ofsete doğrudur. Doğrudan gelen dalgalar, kaynaktan çıkarak su yüzeyi boyunca yatay yayınan ve alıcılara ulaşan dalgalardır ve su kolonunda yayınmaları nedeniyle hızları her zaman su içerisindeki P dalgası hızına eşittir ve genlikleri ofsetle ters orantılıdır.



Şekil 4.16. (a) 90 m ve (b) 370 m su derinliklerinde alınmış iki atış kaydında doğrudan gelen dalgaların görünümü ve bunların genlik spektrumları (Dondurur, 2009)

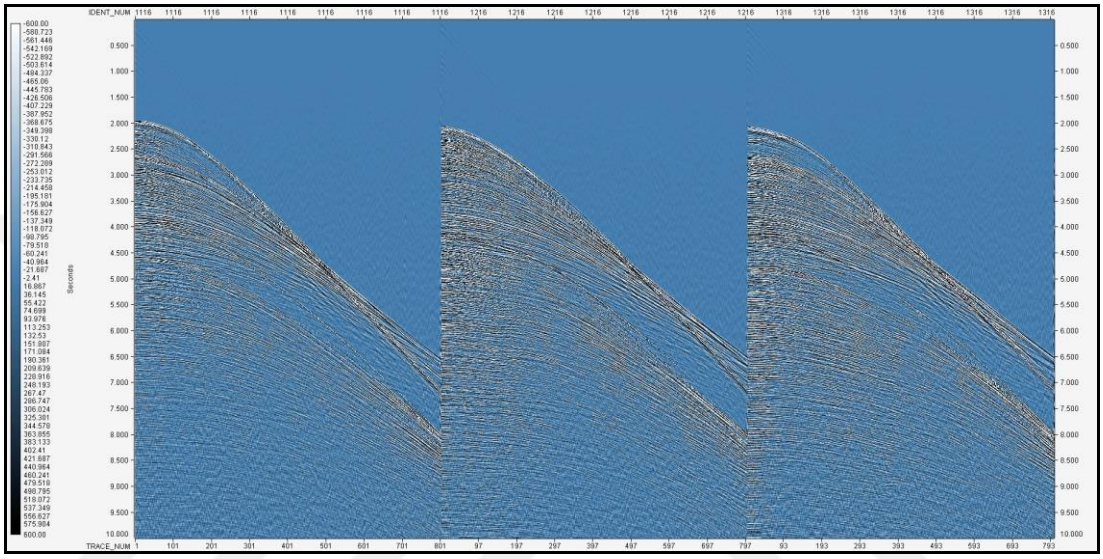
Tekrarlı yansımaların bastırılması amacıyla uygulanan bazı yöntemler için bilinmesi gereken su kolonundaki P dalgası hızı, doğrudan gelen dalgaların varış gruplarındaki eğimi kullanılarak hesaplanabilir.

Deniz tabanı sedimentlerinde yatay yönde bir süre yol alarak kırılan ve alıcılara ulaşan dalgalar “kırılma ve baş dalgaları” adı verilir. Bu dalgalar sediment içerisinde yol aldıklarından ve sediment içerisindeki P dalga hızı sudaki dalga hızından her zaman yüksek olduğundan atış gruplarında daha düşük eğimli görünürler. Bu tür gürültülerin tamamı atış grubundaki ilk yansıma olan deniz tabanı yansımasından önce alıcılara ulaşmaktadır. Dolayısıyla deniz tabanı yansımasından önceki varışların veriden atılması, bu gürültülerin yok edilmesi anlamına gelir. Bu ilk varışların atılması işlemine “mute” adı verilir.

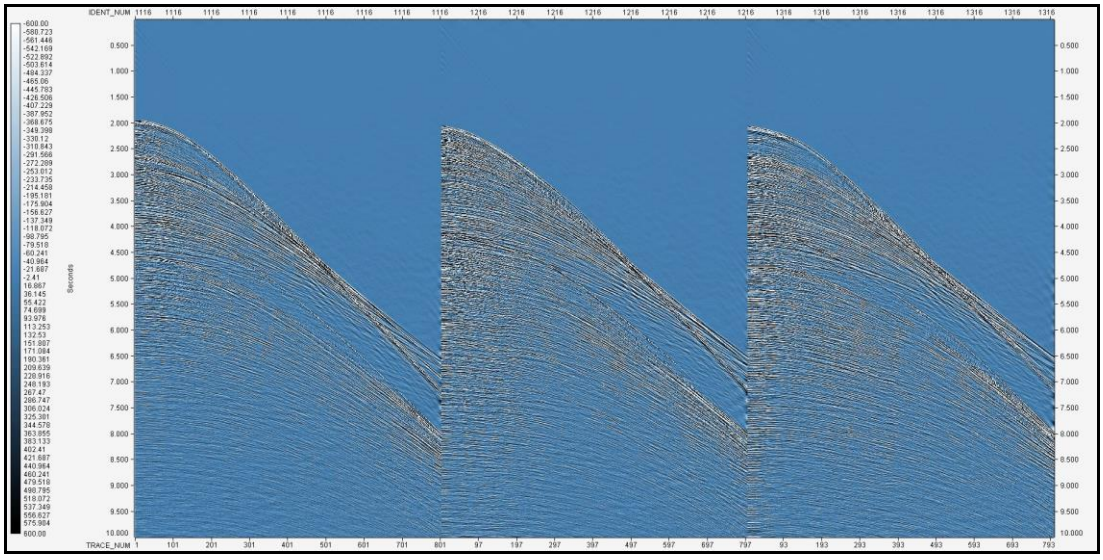


Şekil 4.17. Hız uygulanmış (NMO) bir atış örneğindeki mute işlemi (Dondurur, 2009)

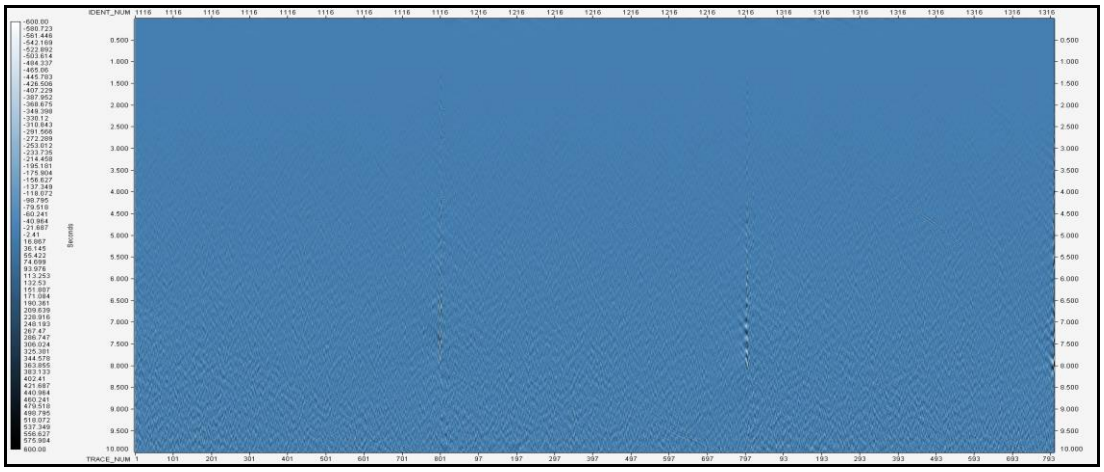
Yönlenmiş dalgalar, eğimli yığma (slant stack) işlemi ve doğrusal olaylar olmaları nedeniyle f-k süzgeçleri ile veriden atılabilirler. Ancak atış gruplarının büyük kısmında yer almaları nedeniyle yığma öncesi yöntemlerle elimine edilemeyebilirler. Yönlenmiş dalgalar, yığma kesitlerinde genellikle çok dik eğimli sıçramalar olarak görülürler ve genellikle bu gürültülü kısımların verilerden tamamen kesilip atılması ile yok edilirler.



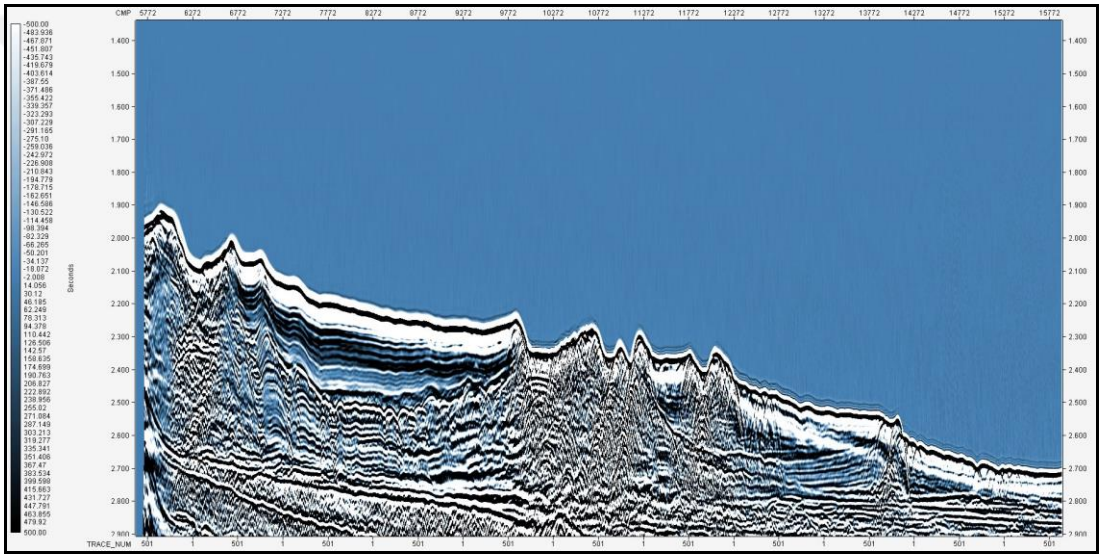
Şekil 4.18. Atış verisi örneği öncesi



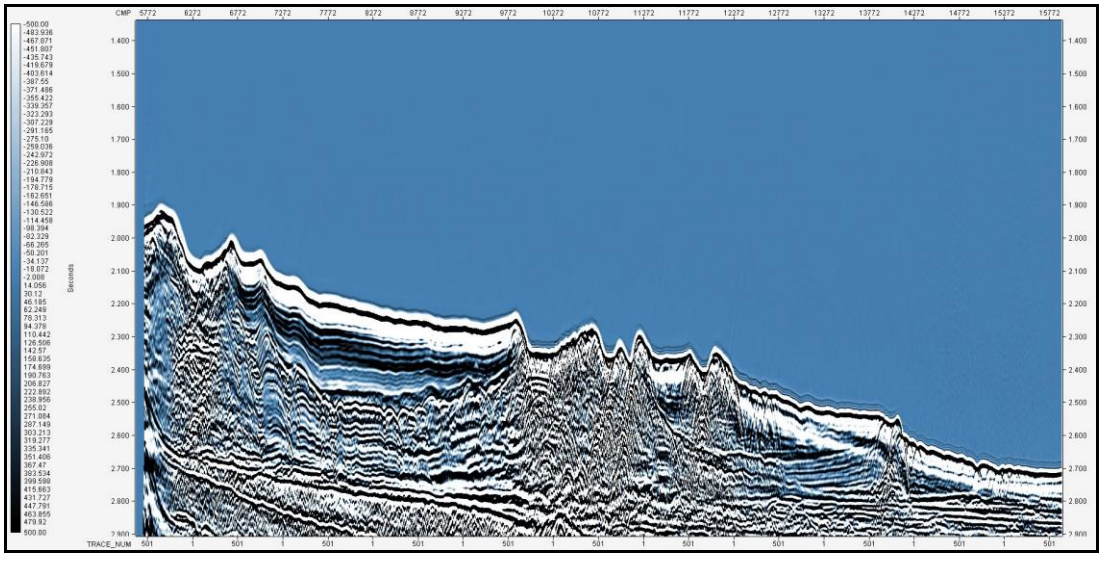
Şekil 4.19. Atış verisi örneği sonrası



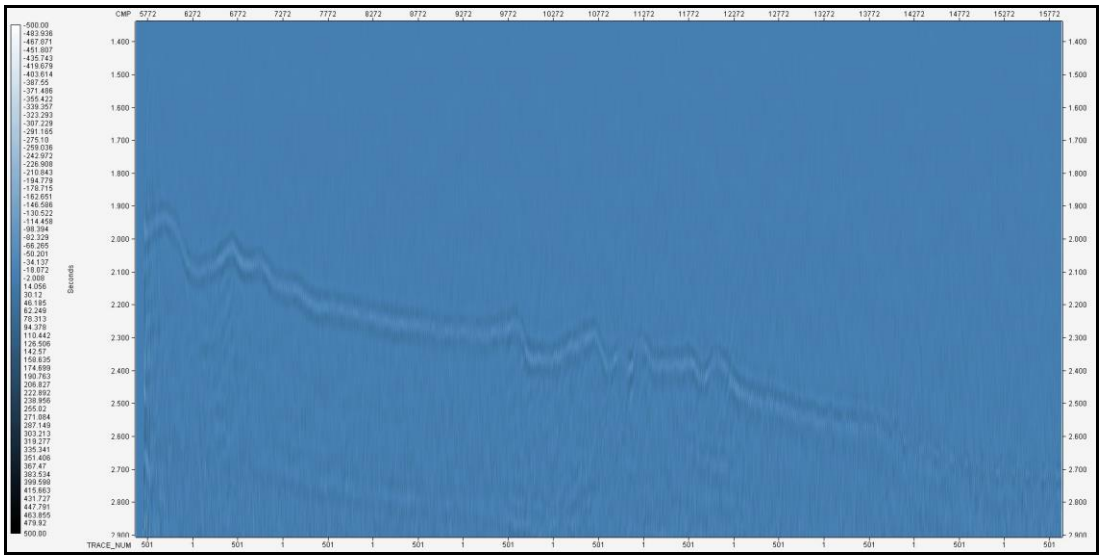
Şekil 4.20. Yatay gürültüler atıldıktan sonraki fark



Şekil 4.21. Uygulama öncesi yığma kesit



Şekil 4.22. Uygulama sonrası yığma kesit



Şekil 4.23. Uygulama önce ve sonrası farkı

Atış örnekleri ve yığma kesitler ve bunların farkları göstermektedir ki, yatay eğimli gürültüler düzgün bir şekilde temizlenmiştir.

4.6. Hayalet Dalgacığını Kaldırma (De-Ghost)

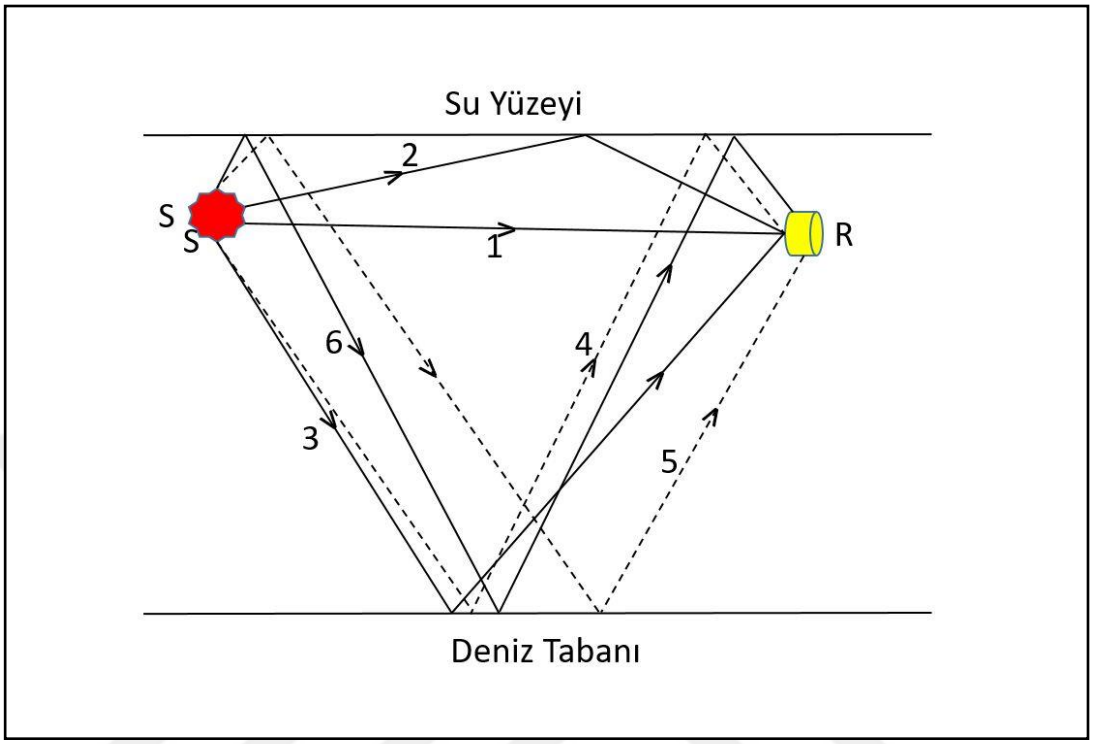
4.6.1. Hayalet tekrarlı yansıması

Hava tabancası bir nokta kaynak olarak kabul edilirse, bu noktadan çıkan basınç dalgaları her yöne ilerleyeceklerdir. Hava tabancası su yüzeyinden çekilirse, sismik enerjinin atmosfer içerisine kaçan bölümü bizi ilgilendirmeyecektir. Fakat bu durumda, su üzerine çıkan sinyaller arasında yansımalar, tuzlu deniz suyunda zaman zaman kesintiler oluşacak ve arzu edilmeyen kör atışlarla karşılaşacaktır. Söz konusu teknik kısıtlama hava tabancasının bir miktar su yüzeyinin altından çekilmesini gerektirmektedir. Diğer yandan, hava tabancasının türü sismik kaynaklara ait frekanslar f_e 500 Hz ile birkaç kHz aralığına düşmektedirler. Sismik dalgaların deniz suyu içindeki yayılım hızları yaklaşık V_{su}= 1500 m/s alındığında oluşan λ dalga boyları en çok Denklem (4.7)'nin sonucundaki 3 metre gibi çok kısa uzunluklara sahip olacaklardır;

$$\lambda = \frac{V_{sU}}{f_e} = \frac{1500\text{m/s}}{500\text{Hz}} = 3\text{m} \qquad (4.7)$$

Bu durumda gerek kaynağın, gerekse alıcının su yüzeyinde olan derinlikleri, Birincil ve onu hemen arkasından izleyen Hayalet Tekrarlı Yansımaların oluşturduğu Birleşik

Dalgacık biçimini önemli ölçüde etkileyeceklerdir. Söz konusu sismik olayları ayrıntılı olarak şekil 4.24 de inceleyelim.



Şekil 4.24. Kaynaktan çıkan dalgacığın gidiş yolu

Şekil 4.24 de toplam 6 adet sismik olayla ilgili ışınlar görülmektedir. Bunlardan (1) ve (2) numaralı sismik olaylar tamamen su yüzeyine yakın oluşmakta ve derinlerden gelen sismik sinyalleri hiçbir şekilde etkilememektedirler. (1) inci sismik olay kaynak (S) ile alıcı (R) arasındaki Direk varışı göstermektedir. (2) inci sismik olay ise kaynaktan yola çıkıp su yüzeyinin altından yansıyarak Polarite Terslenmesi ile alıcıya ulaşan yansımayı göstermektedir. (3) üncü sismik olay bizim için asıl önem taşıyan deniz tabanından gelen birincil Yansımayı göstermektedir. (4) üncü sismik olay Alıcı taraflı Hayalet Tekrarlı yansımasını göstermektedir. Sismik dalgacık alıcıya ulaşmadan hemen önce su yüzeyinin altından hemen yansıyarak polarite terslenmesine uğramaktadır. (5) inci sismik olay Kaynak tarafı Hayalet Tekrarlı yansımanın göstermektedir. Sismik dalgacık kaynaktan çıktıktan hemen sonra su yüzeyinin altından yansıyarak polarite terslenmesine uğramaktadır. En nihayetinde (6) ıncı sismik olayda Kaynak ve Alıcı tarafı Hayalet Tekrarlı yansıması görülmektedir. (S) kaynağından yola çıkan sismik dalgacık su yüzeyinin altından yansıyarak ikinci kez

polarite terslenmesine uğramakta dolayısıyla ilk orijinal polaritesine kavuşarak (R) alıcısına ulaşmaktadır.

4.6.2. Hayalet yansıma operatörü

1993 yılında, (Amundsen, Geopysics, 1993)yatay alıcı kablo için hayalet fonksiyonunu tanımladı. Frekans yatay dalga sayısı ortamında hayalet fonksiyonunun dalga denklemi (4.9)'deki gibi revizyon edildiğinde;

$$G(k_x,k_{y,}z)=1+r_0\exp(2ik_zz) \tag{4.9}$$

Burada $k_z=\left(k^2-k_x^2-k_y^2\right)^{1/2}$ dikey yöndeki dalga sayısı, $k=\omega/c_0$ dalga sayısı, ω dairesel frekans, z kayıt derinliği, c_0 yayılma hızı ve r_0 = -1 akışkan ara yüz. Daha sonra, hayalet işlevinin tersi olarak Denklem (4.10)'da tanımlanan De-Ghosted işlevi;

$$D\left(k_x,k_y\right)=1/\left(G\left(k_x,k_{y\cdot z}\right)\right)=1/(1+r_0\exp(2ik_zz)\ ) \tag{4.10}$$

(Amundsen & Zhou, Geophysics, 2013) Taylor serisi olarak De-Ghosting fonksiyonunu Denklem (4.11)'deki gibi genişleterek;

$$D\left(k_x,k_y\right)=\sum_{n=0}^{\infty}(-r_0)^n\exp(2ik_zz) \tag{4.11}$$

Yansıma katsayısı sayılabilir, deniz yüzeyi mükemmel bir yüzey değildir. (Øverås & Kalashnikova)

4.6.3. Gerçek veriye uygulama

De-Ghost işlemindeki ana fikir uygun De-Ghost operatörlerini uygulayarak kaynak ve alıcının sebep olduğu Ghost etkisini kaldırmak.

Farklı saha / alıcı kablo konfigürasyonları ve jeolojik ortama bağlı olarak, De-Ghosting çözümü farklı ortamlardaki verilerden türetilebilir. Bu, F-K, Tau-P ve XT-alanları olabilir ya da çok değişken streamer derinliği için, yerel Dip-XT ortamında çalışan özel bir algoritma kullanılabilir.

Başarılı bir sismik kesit sonucu elde edebilmek için Ghost gecikmesi ve yansıma katsayıları hesaplanması kayan bir pencere sistemi ile yapılmalıdır. Ortaya çıkabilecek

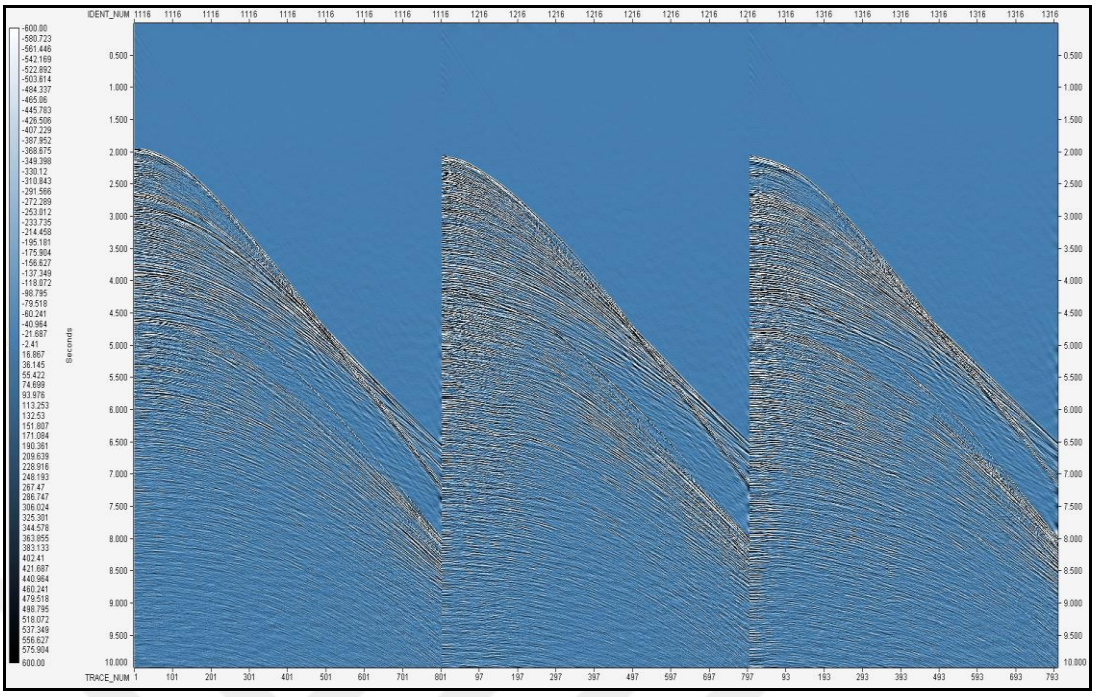
De-Ghost edilmiş bir verinin yanlış veya hatalı bir sonuçlanmasından kaçınmak için kusursuz, temiz bir De-Ghost sinyali olmalıdır. Hesaplamalar en küçük kareler ters çözümü yöntemi ile yapılmalı, optimum De-Ghost hesaplanmalı ve alıcıya gelen statik düzeltmelerden gecikme zamanından yararlanılmalıdır.

De-Ghost aşaması veri işlemin herhangi bir fazında uygulanabilir, fakat daha çok gürültü eliminasyonundan sonra tercih edilmelidir. Alıcı derinliklerinde küçük değişikliklere sahip veriler için, migrasyon sonrası De-Ghost'u da başarılı bir şekilde elde edilebilir. Bu gibi durumlarda, sonuçlar genellikle uygun bir yığma öncesi veya migrasyon öncesi sonuçları ile karşılaştırılabilir.

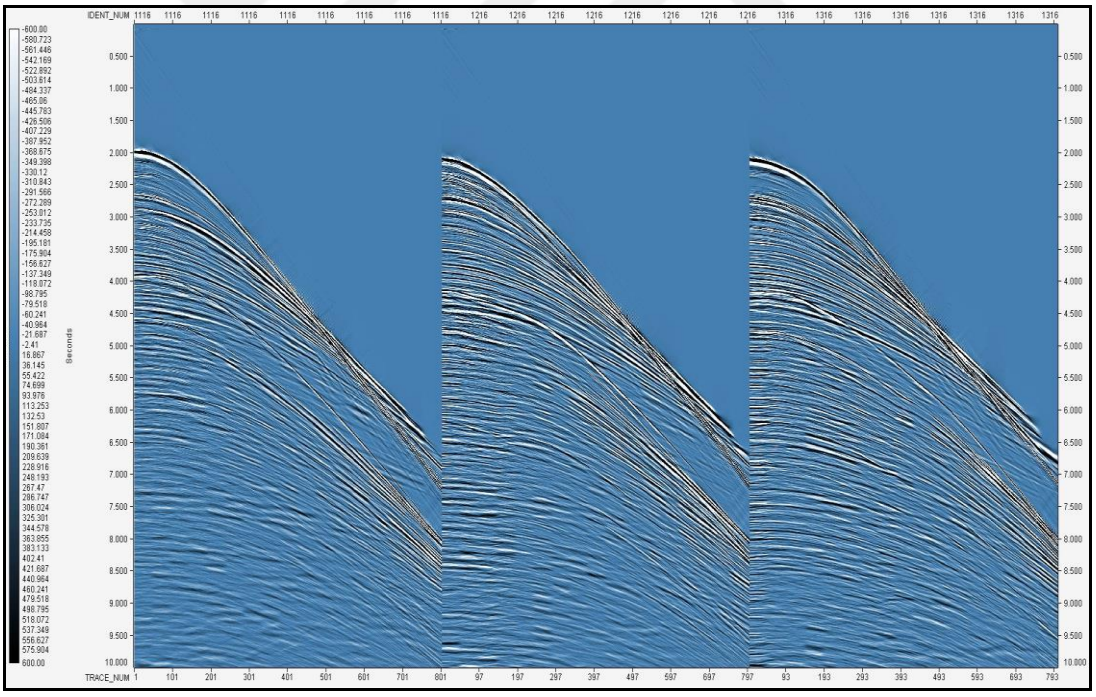
De-Ghosting işlemi zaman ortamında sadece enerji kaynak ya da alıcı kaynaklı Ghostların temizlenmesine katkı sağlar ki bu da spektrumun genişlemesine sebep olur.

De-Ghost parametreleri;

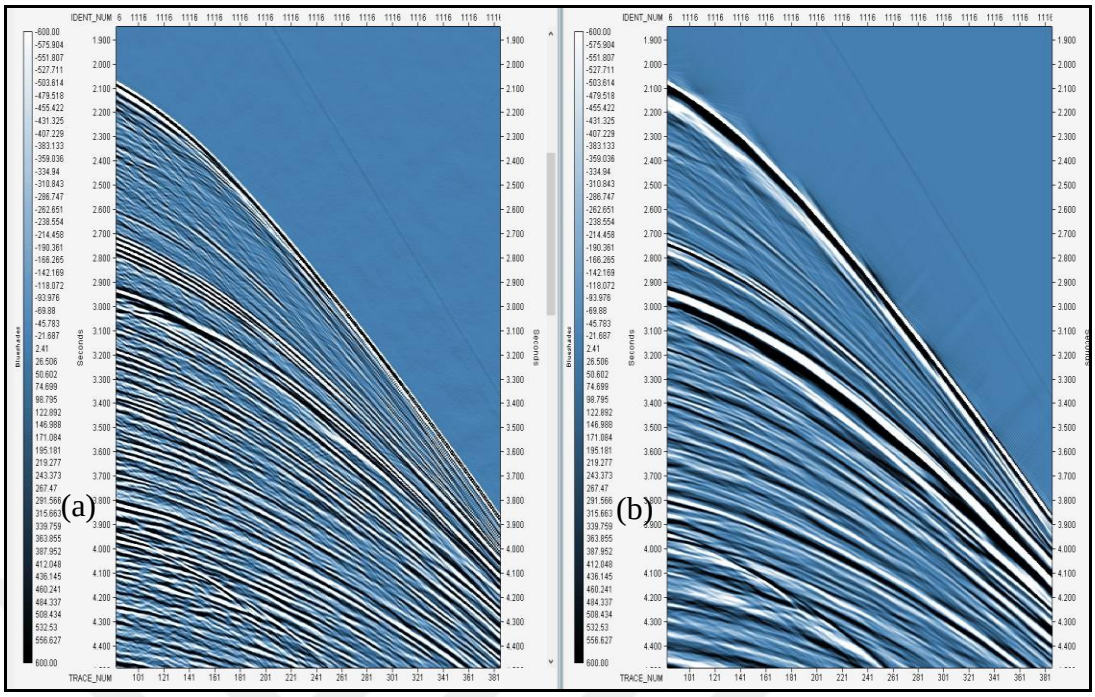
Tau yumuşatma filtresi uzunluğu	:1,0
P yumuşatma filtresi uzunluğu	:10,0
Kabul edilebilir streamer derinlik hatası	:± 2,5 m
Adaptive Ghost modeli iterasyon sayısı	:10
Enerji kaynağı su derinliği	:6 m
Streamer su derinliği	:7 m



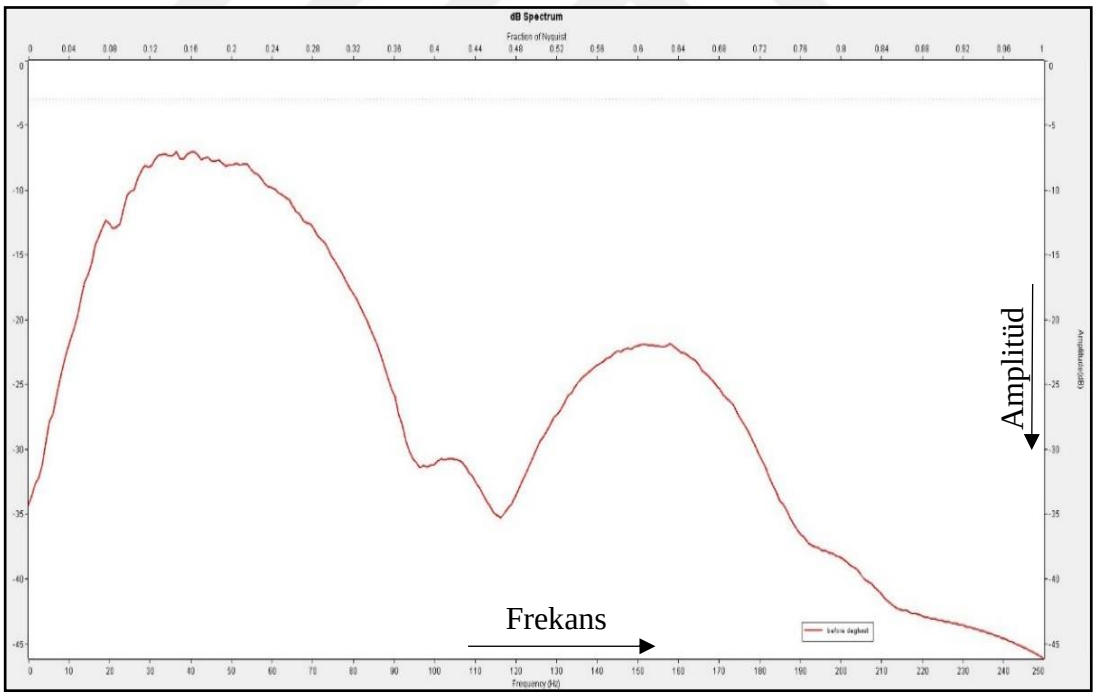
Şekil 4.25. De-Ghost öncesi giriş atış veri örneği



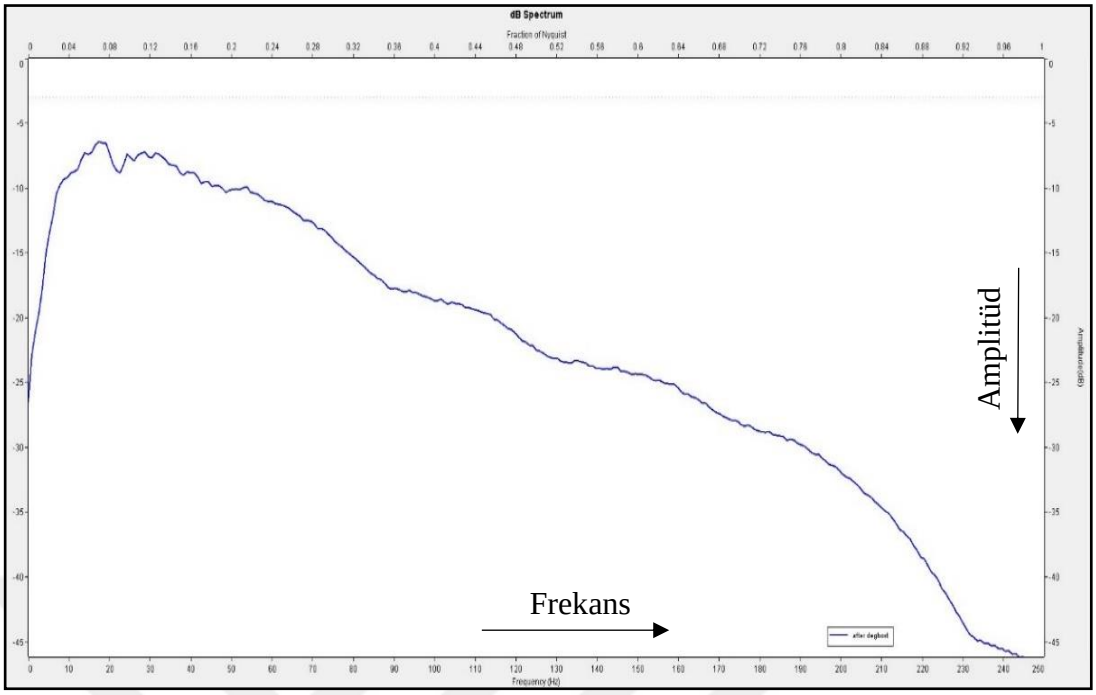
Şekil 4.26. De-Ghost sonrası çıkış atış veri örneği



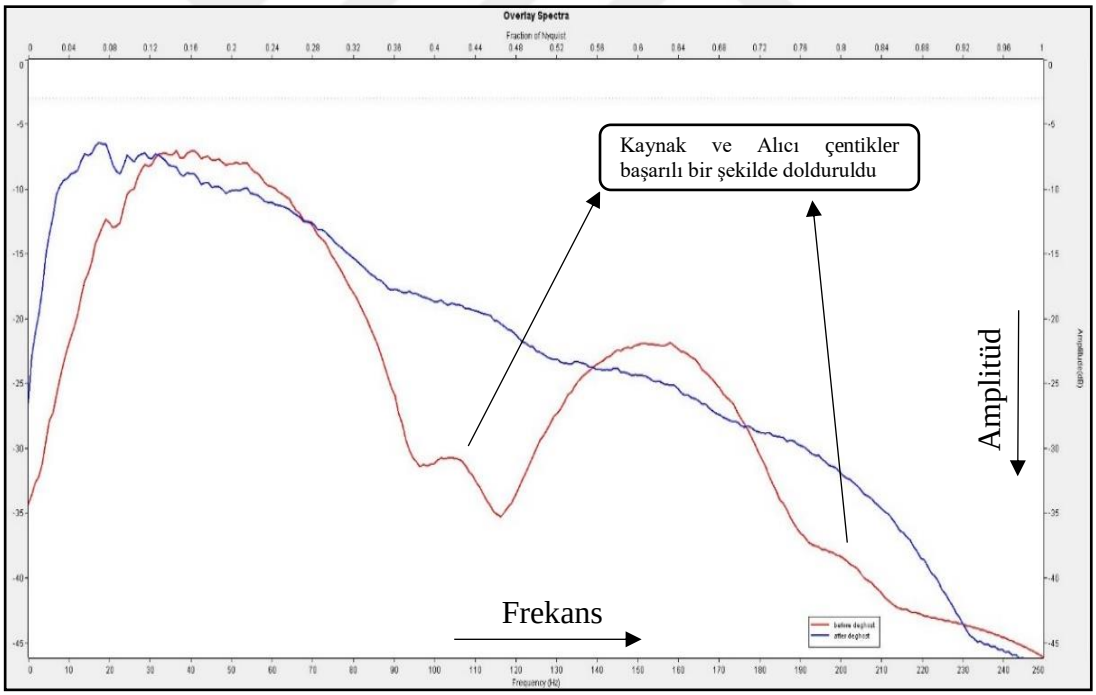
Şekil 4.27. a) De-Ghost öncesi giriş b) De-Ghost sonrası çıkış atış verisi örneği yakınlaştırılmış hâli



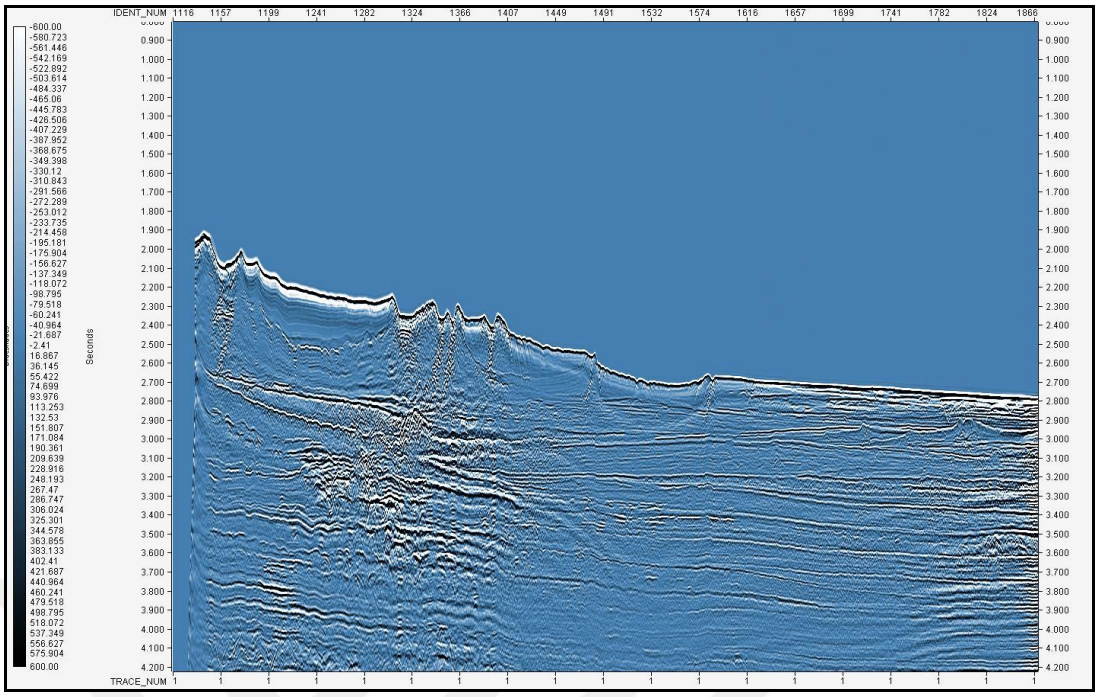
Şekil 4.28. De-Ghost frekans spektrum girişi



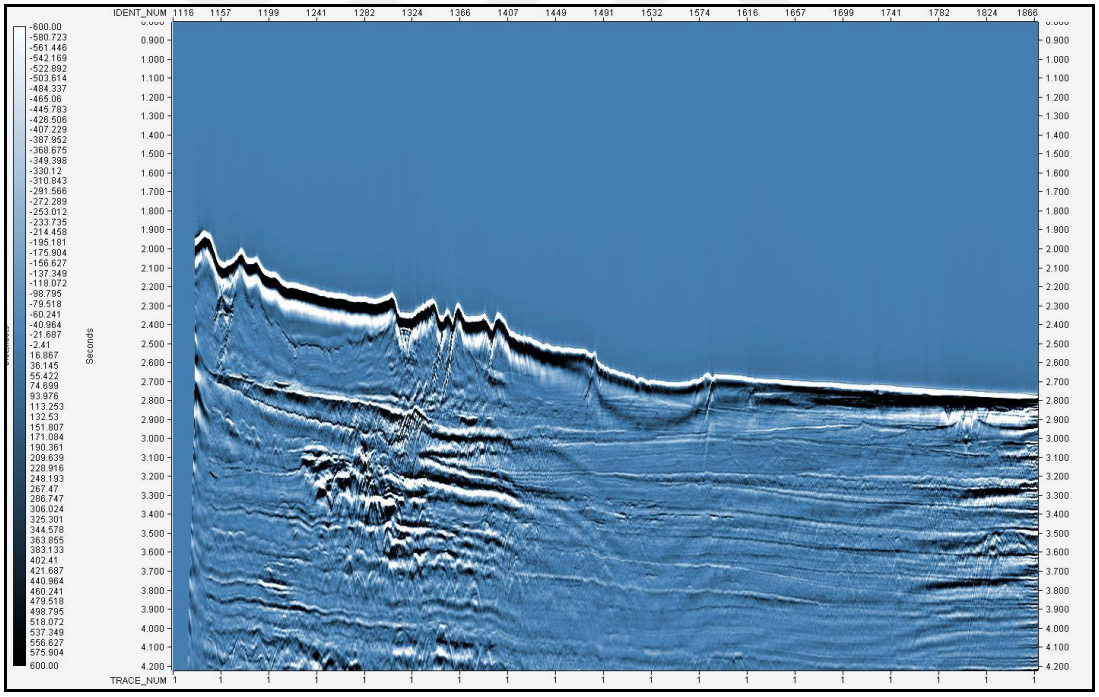
Şekil 4.29. De-Ghost frekans spektrum çıkış



Şekil 4.30. De-Ghost giriş çıkış üst üste çizdirilmesi sonucu



Şekil 4.31. De-Ghost öncesi yığma kesit



Şekil 4.32. De-Ghost sonrası yığma kesit

Atış veri örneği, yığma kesitler ve yığma kesitlere ait öncesi/sonrası frekans spektrumları göstermektedir ki ofsetlerdeki Ghost etkisi giderilmiştir.

4.7. Kaynağın İkincil Enerjisinin Atılması (Debubble)

Sismik kayıt yapılırken, tek bir hava tabancası kullanılırsa, hava tabancasının oluşturduğu kabarcık etkisi önemli sorunlara neden olabilir. Atış yapıldığında hava tabancası patlatılır ve içerisinde topladığı yüksek basınçlı hava aniden su içerisine boşaltılır. Bu büyük hava kabarcığının hava basıncı, ilk durumda etrafındaki suyun basıncından büyük olması sebebiyle kabarcık genişlemeye başlar. Bu genişleme sonucu kabarcık en büyük hacmine ulaştığında, kabarcığın içerisindeki hava basıncı çevredeki suyun basıncından daha düşük hale gelir ve çevresindeki yüksek basınç nedeniyle kabarcık aniden küçülür. Bu küçülme hareketi, su içerisine ikinci bir akustik kaynak gibi sinyal yayar. Ancak bu ikinci sinyal, kabarcığın küçülmesi sırasında oluştuğundan, ilk sinyale göre ters polaritelidir. Daha sonra kabarcık hacminin küçülmesi nedeniyle artan iç basınç sonucu kabarcık tekrar büyümeye başlar ve su içerisinde bir sinyal daha oluşturur. Kabarcığın su içerisindeki bu hareketleri, su yüzeyine çıkana kadar tekrarlar ve her bir genleşme-büzülme yeni bir kaynak gibi davranır. Bu sinyallerden her biri diğerine göre ters polariteli olup genlikleri de gittikçe azalır. Kabarcık etkisi, sismik veride kendisini tekrarlayan birbirine göre ters polariteli sinyaller şeklinde gözlenir. Genliği en büyük olan ilk kabarcığın etkisi final yığma kesitlerinde gözlenebilir. Bazı durumlarda kabarcık etkisi, tekrarlı yansımaları görülecek kadar güçlüdür ve genellikle deniz tabanından bir süre sonra ortaya çıkan ve deniz tabanını taklit eden yalancı yansımalardır ve asıl yansımaları keserler. Bunların elimine edilmesi için kestirim dekonvolüsyon kullanılmaktadır. Ancak kabarcık etkisini veri işlem yöntemleriyle giderebilmek çok zor olması nedeniyle veri toplanması sırasında farklı hacimlerde birden fazla hava tabancası kabarcıklarının ortaya çıkış zamanlarının farklarına dayanan bir sistem kullanılarak kabarcığın sönümlenmesi sağlanır. Ayrıca GI (Generator/Injector) adı verilen bir hava tabancası çeşidi, iki ayrı hava odacığı kullanarak kendi ürettiği kabarcık etkisini yok edebilme özelliğine sahiptir ve bu nedenle yüksek ayrımlı deniz sismiği çalışmalarında tercih edilmektedir.

Bu işlem için elimizde bulunan “hava tabancası atış katsayıları(far field signature)” kullanılmıştır. Dalgacıkta (Wavelet) bulunan kaynak hayalet izi (source Ghost) silinerek örnekleme aralığı 4 ms yapılmıştır. Sonrasında sıfır faz dalgacığını elde

etmek adına dalgacığa ait spike elde edilmiş ve bunun üzerinde omega yazılımında dönüşüm yaparak dalgacığın sıfır faz eşleniği bulunup veriye uygulanmıştır.

Öncelikle gemideki hava tabancalarının atış katsayı parametreleri sisteme okutulup çizdirilir.

```
FARFIELD SIGNATURE LISTING

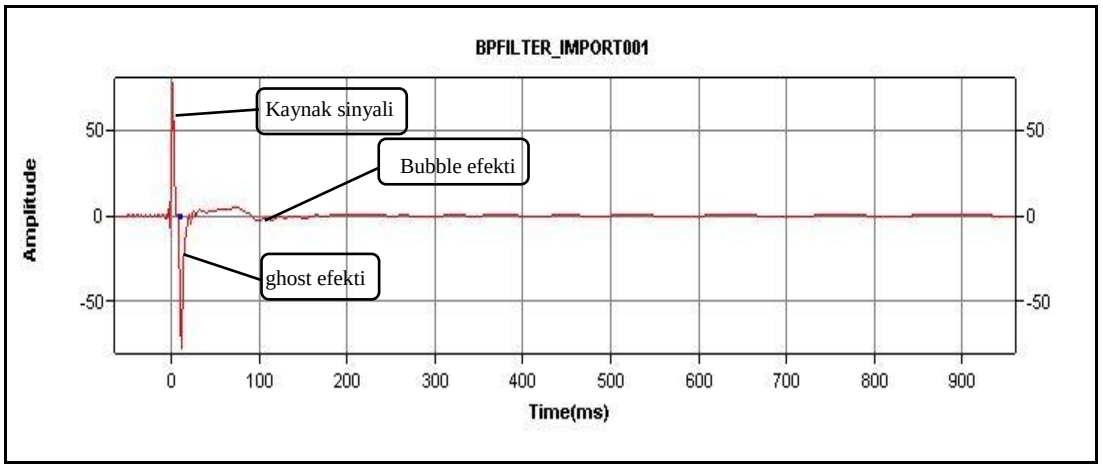
Farfield signature was generated by Nucleus version 6.5.8
Farfield signature was generated by Marine source modelling version
5.3.2

Array name          :  Bolt_4300_2D_d6m_Tuna
Total volume        :    4300 cu.in.
Source depth        :    6.00 m
Streamer depth      :    7.00 m
Group length        :   12.50 m
Average pressure    :    2000 psi
Ghost strength      :   -1.00
Primary amplitude   :   78.16 bar m
Peak-peak amplitude :  216.23 bar m
P/B-ratio           :   36.58
Bubble period (+)   :  109.00 msec
Bubble period (-)   :   90.50 msec
Seawater temperature:   12.00 C
Seawater velocity   :  1497.0 m/s
Filter              :
  Low-cut frequency :    3.00 Hz
  Low-cut slope     :   12.00 dB/oct
  High-cut frequency:  200.00 Hz
  High-cut slope    :  370.00 dB/oct
  Instrument        :  Sercel SEAL mp
  Time of 1st sample:  -64.00 msec i.e. index of time zero =   33.00
Sample interval     :    2.00 msec
Farfield position   :
  Distance          : 9000.00 m
  Azimuth           :    0.00 deg
  Angle of vertical :    0.00 deg

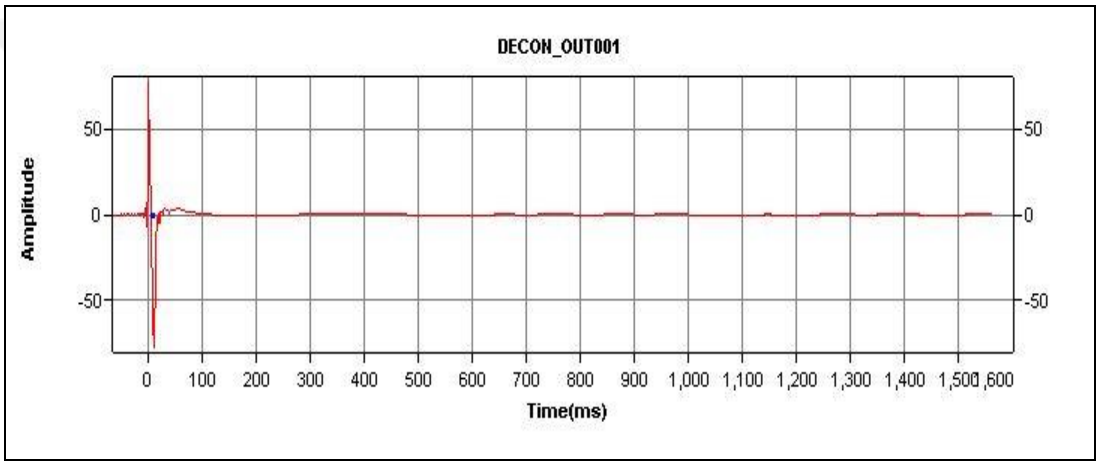
Amplitudes are in bar m
Time is increasing horizontally

     0.000     0.000     0.000     0.000     0.000     0.000     0.000
    -0.001     0.003    -0.005     0.007    -0.003    -0.008     0.027
    -0.050     0.062    -0.044    -0.022     0.135    -0.266     0.349
    -0.300     0.052     0.396    -0.943     1.377    -1.423     0.829
     0.537    -2.640     5.383    -9.308    25.517    78.164    31.768
     8.425   -29.213  -128.488  -107.623   -38.467   -11.906    44.829
    68.301    34.721    17.004     9.321     2.958     5.699     2.635
     0.250     2.481     0.253    -1.714    -0.432     0.280     0.449
     1.072     0.762     0.269     0.483     0.307     0.261     0.433
     0.315     0.393     0.467     0.378     0.483     0.615     0.618
     0.639     0.539     0.117    -0.597    -1.468    -2.179    -2.436
    -2.204    -1.765    -1.667    -2.207    -3.140    -3.880    -3.797
    -2.674    -0.894     0.816     1.815     1.809     0.908    -0.306
    -1.181    -1.356    -0.710     0.437     1.450     1.876     1.557
     0.737    -0.050    -0.391    -0.188     0.344     0.861     1.105
     0.992     0.585    -0.009    -0.654    -1.176    -1.435    -1.322
    -0.810    -0.069     0.655     1.177     1.393     1.308     1.016
     0.619     0.213    -0.119    -0.318    -0.360    -0.265    -0.096
     0.082     0.224     0.317     0.370     0.402     0.426     0.431
     0.391     0.302     0.171     0.002    -0.171    -0.320    -0.433
    -0.485    -0.460    -0.363    -0.205    -0.012     0.178     0.333
     0.436     0.482     0.479     0.438     0.364     0.263     0.142
     0.002    -0.149    -0.296    -0.428    -0.525    -0.568    -0.553
    -0.487    -0.384    -0.265    -0.142    -0.024     0.079     0.160
     0.207     0.215     0.184     0.119     0.030    -0.079    -0.198
    -0.317    -0.422    -0.492    -0.510    -0.469    -0.373    -0.241
```

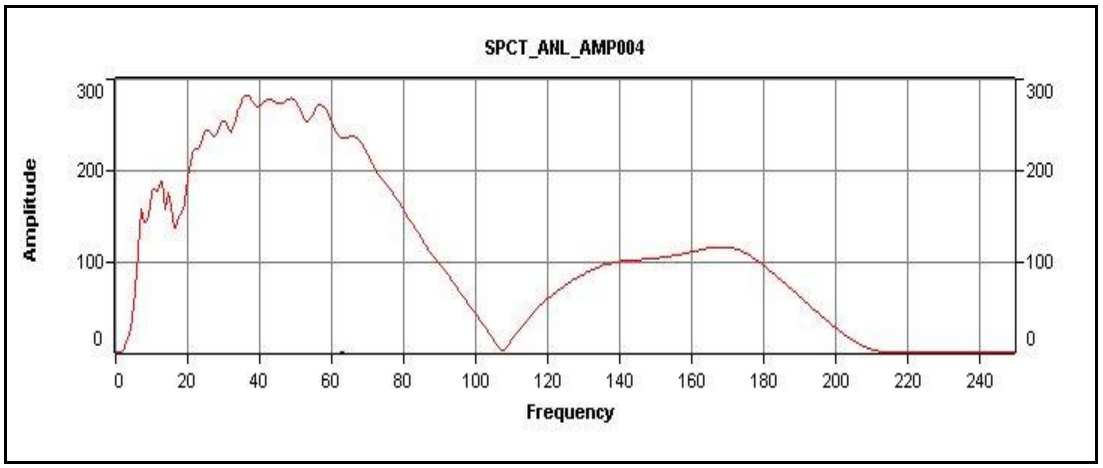
Şekil 4.33. Hava tabancası far-field katsayıları



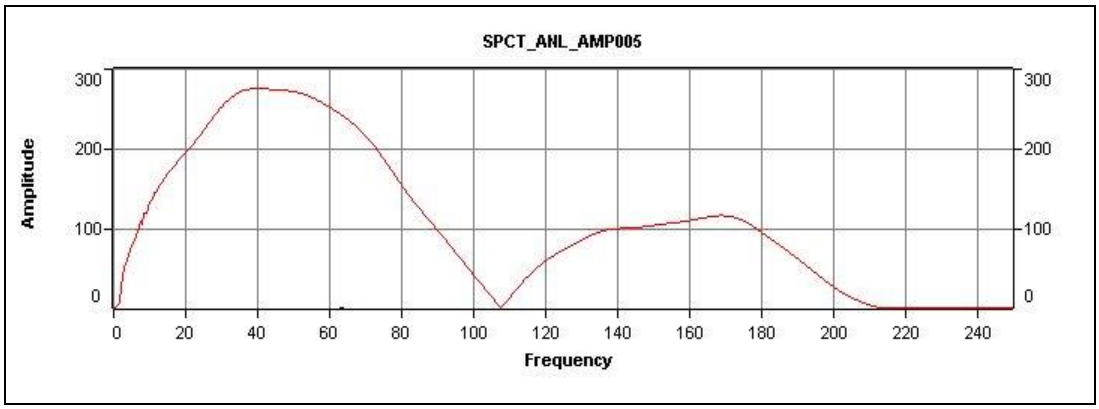
Şekil 4.34. Kaynak far-field signature



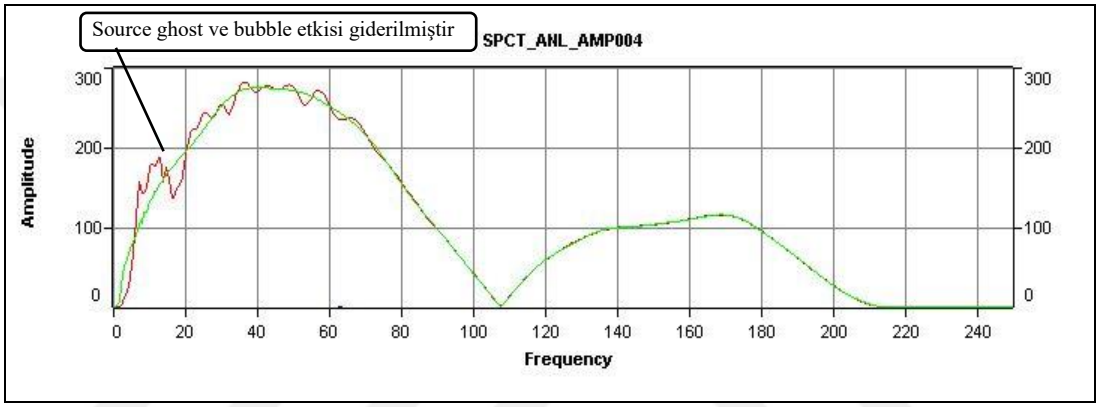
Şekil 4.35**.** Düzenlenmiş kaynak far-field signature



Şekil 4.36. Hava tabancası düzenleme öncesi Far-field signature spektrum

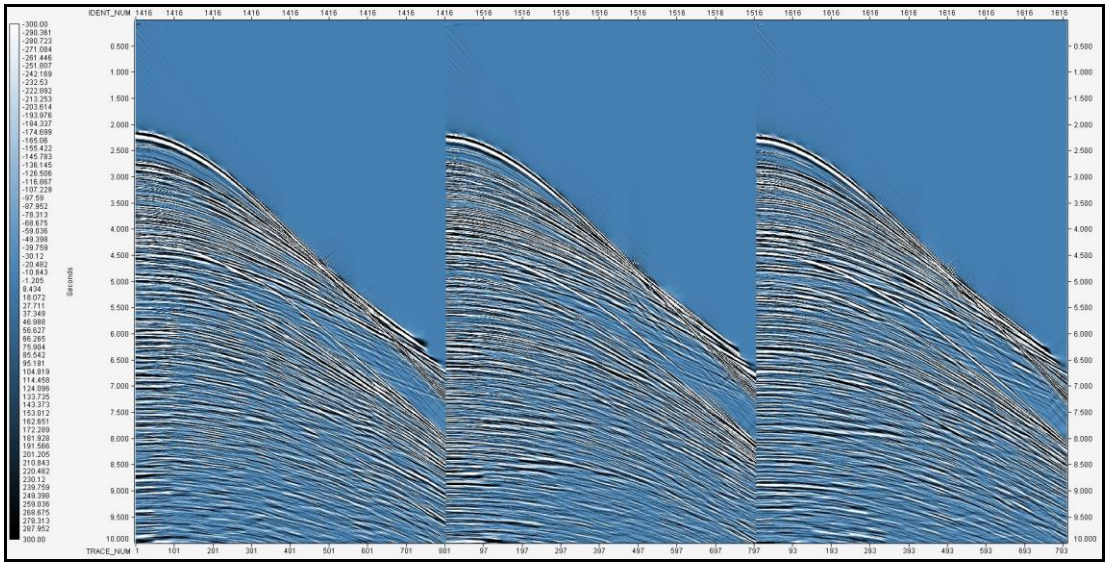


Şekil 4.37. Hava tabancası düzenleme sonrası Far-field signature spektrum

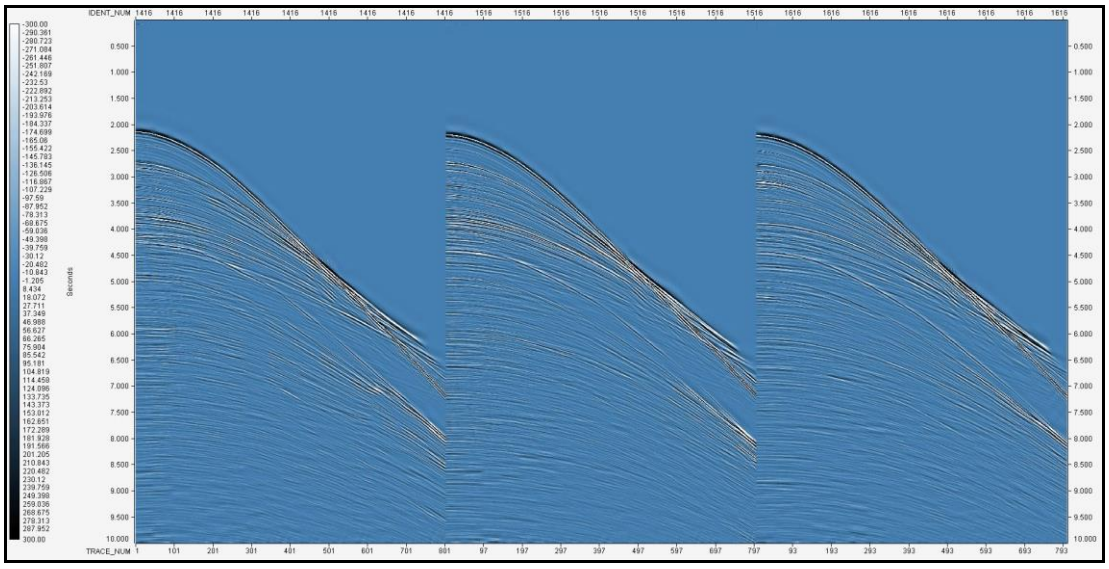


Şekil 4.38. Düzenleme sonrası Far-field signature üstü üste çizilmiş hali

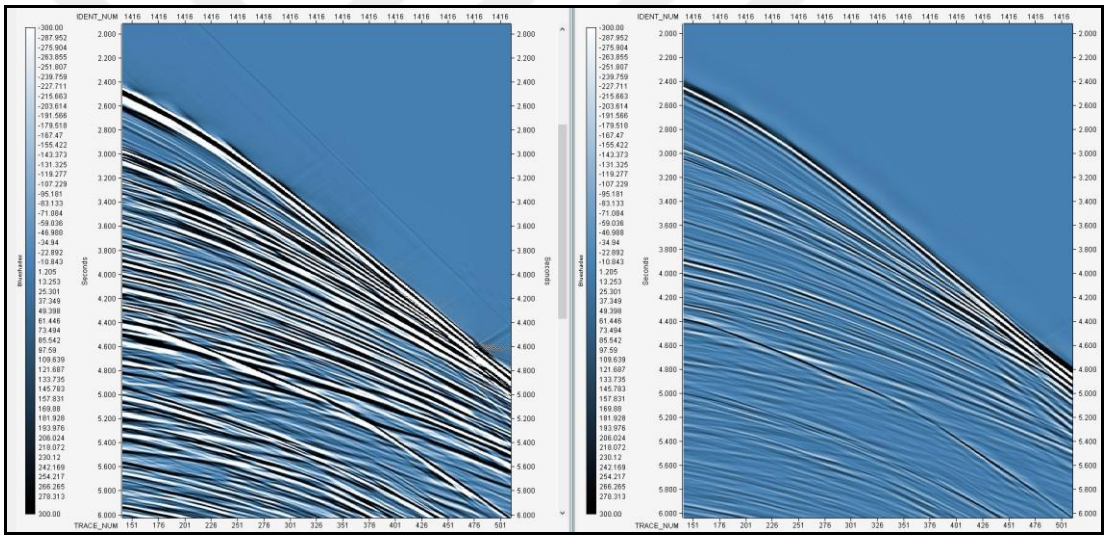
Bu uygulama sonucunda veride kalmış olan bubble etkisinin efektif bir şekilde giderildiği gözlenmiştir.



Şekil 4.39. Debubble uygulaması öncesi atış örneği



Şekil 4.40. Debubble uygulaması sonrası atış örneği

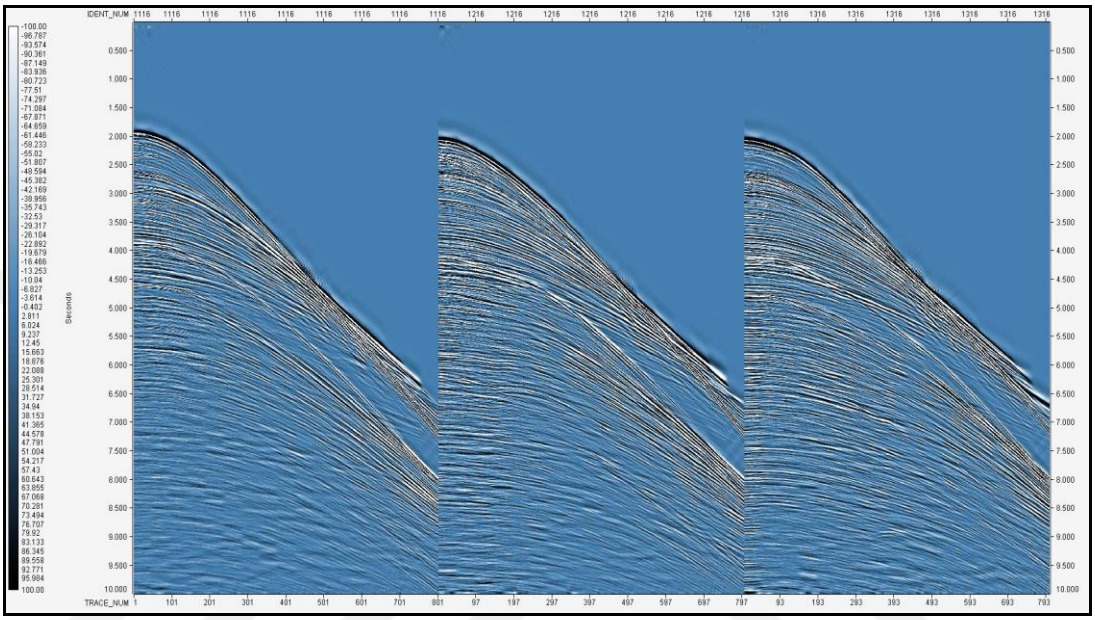


Şekil 4.41. Debubble girişi ve çıkışı yakınlaştırılmış hâli

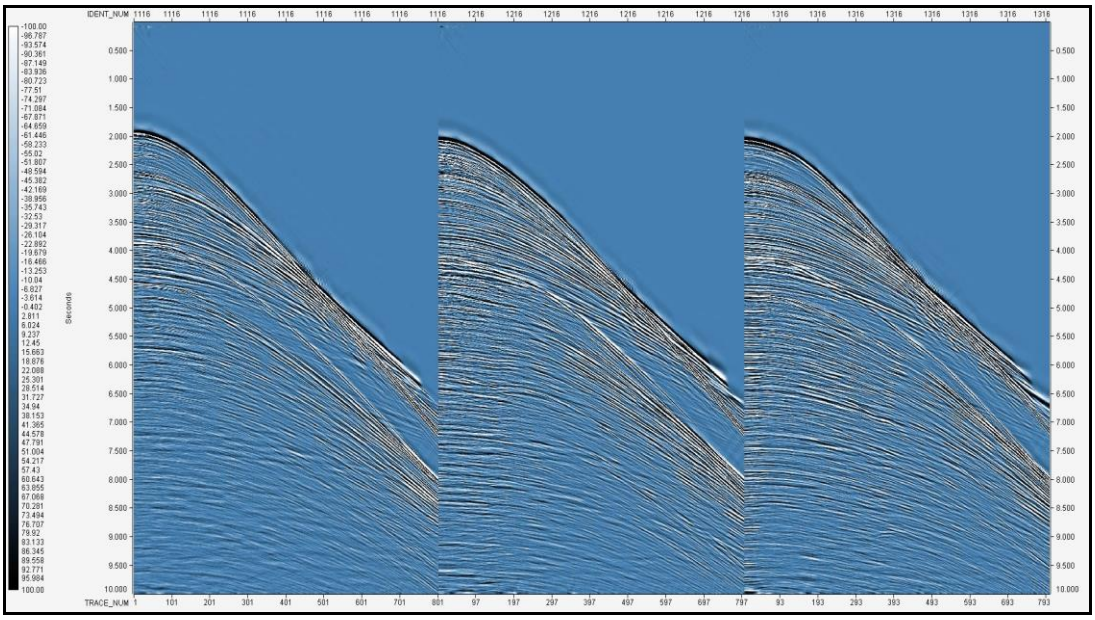
4.8. Sinyal korumalı gürültü azaltımı (SPNA)

Denizde sismik veri toplama esnasında gemi streamer kablosunun çekerken kayıtlarımızın içine çekmeden kaynaklı gürültüler girebilir. Çekilen streamer etrafından akan su nedeniyle titreşime maruz kalır. Bir veya daha fazla sensörleri olan bu kablo titreşimlere her zaman hassastır. En güçlü gürültüler 20 Hz nin altında enine boyuna ve burulma titreşimleridir. Bu gürültüler De-Ghost işlemi sonrası daha belirgin hale gelir.

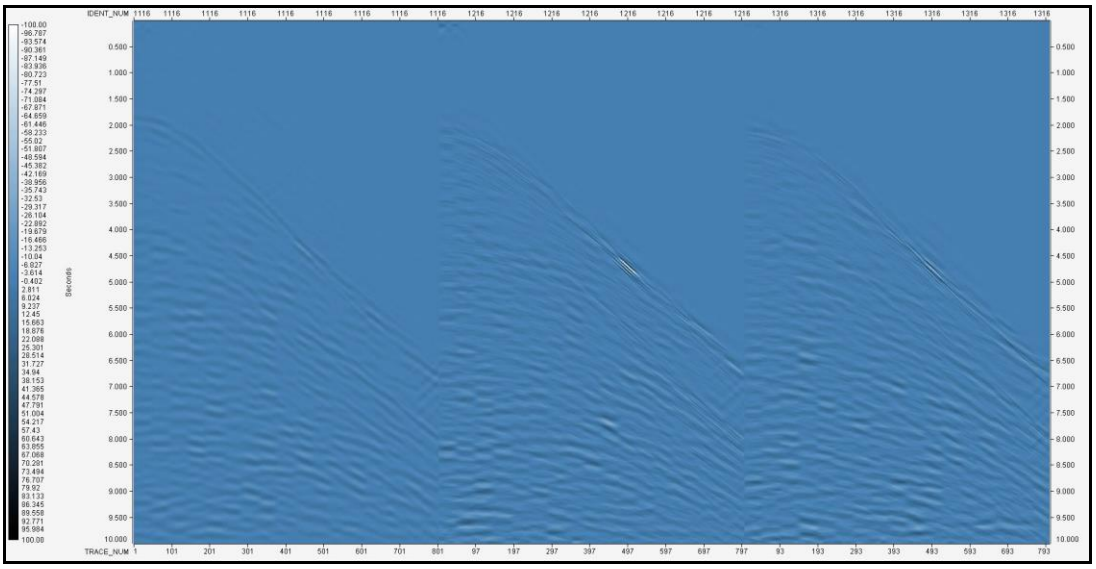
Bu aşamada enerji kaynağımızı frekans bandını koruyarak gürültüleri azaltma işlemi yapılmaktadır. Çok fazla dalga gürültüsüne sahip atış veri örneklerinde Dalga gürültüsünün atılması işleminin tamamı ile gideremediği gürültünün De-Ghost & Debubble uygulamasından sonra düşük frekans olarak veride görüldüğü tespit edilmiş, bu uygulama sonucu gürültünün veriden başarılı bir şekilde temizlendiği görülmüştür.



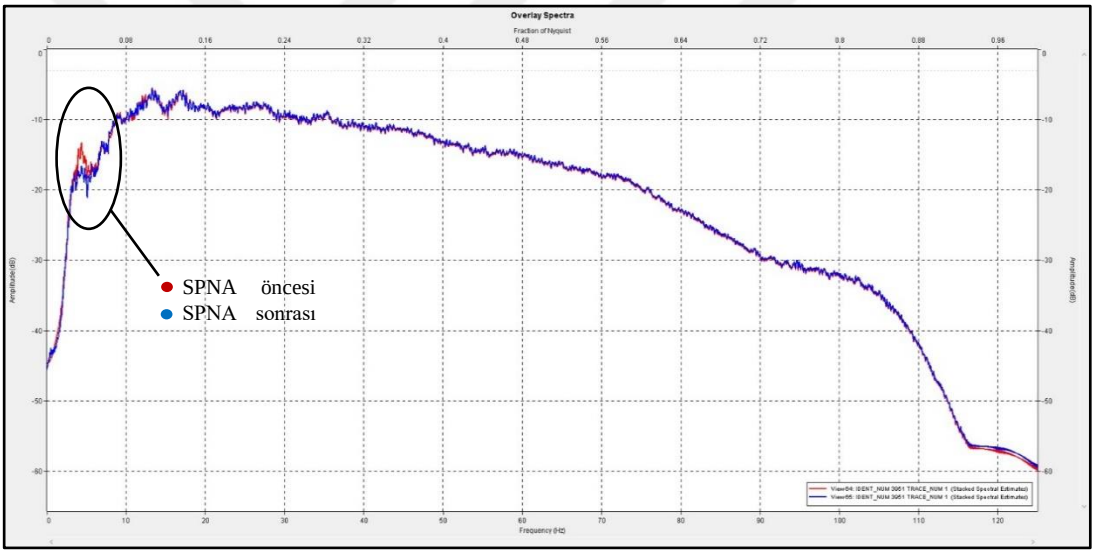
Şekil 4.42. SPNA öncesi



Şekil 4.43. SPNA sonrası



Şekil 4.44. SPNA önce sonra farkı

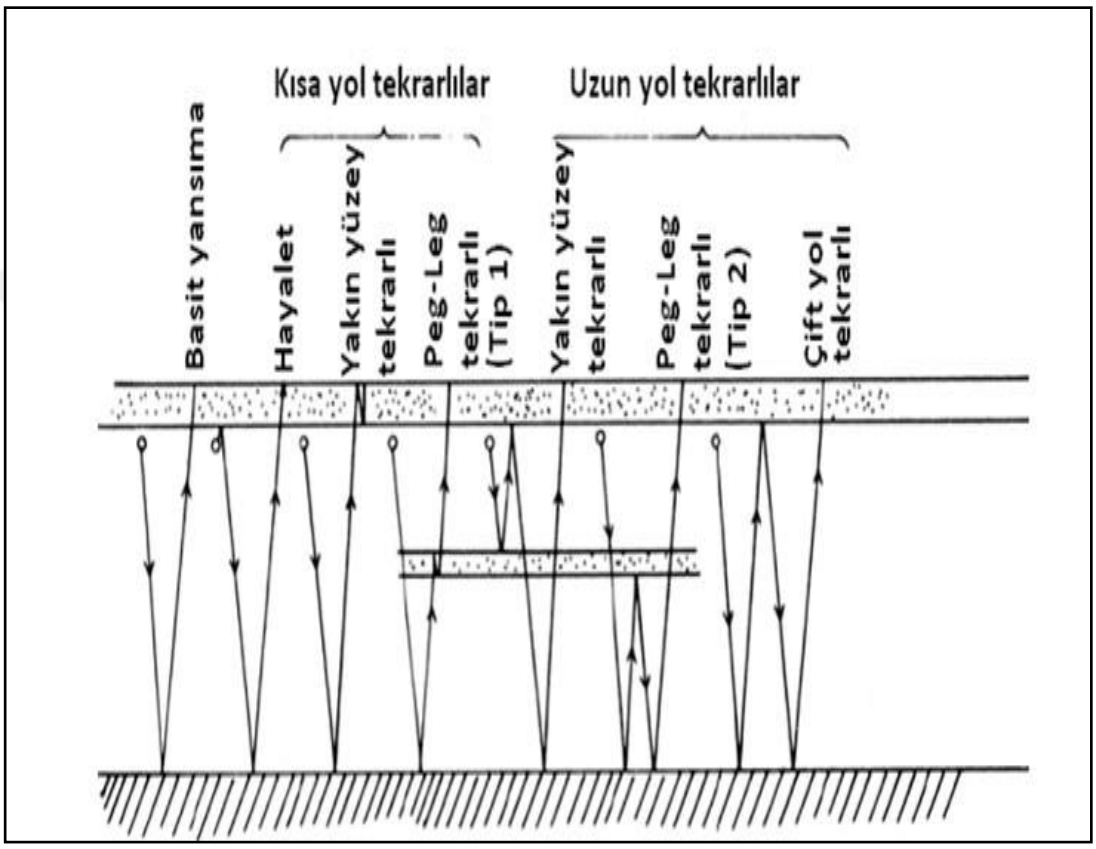


Şekil 4.45. SPNA öncesi ve sonrası frekans spektrumu

4.9. Tekrarlı Yansımalar (Reverberasyonlar)

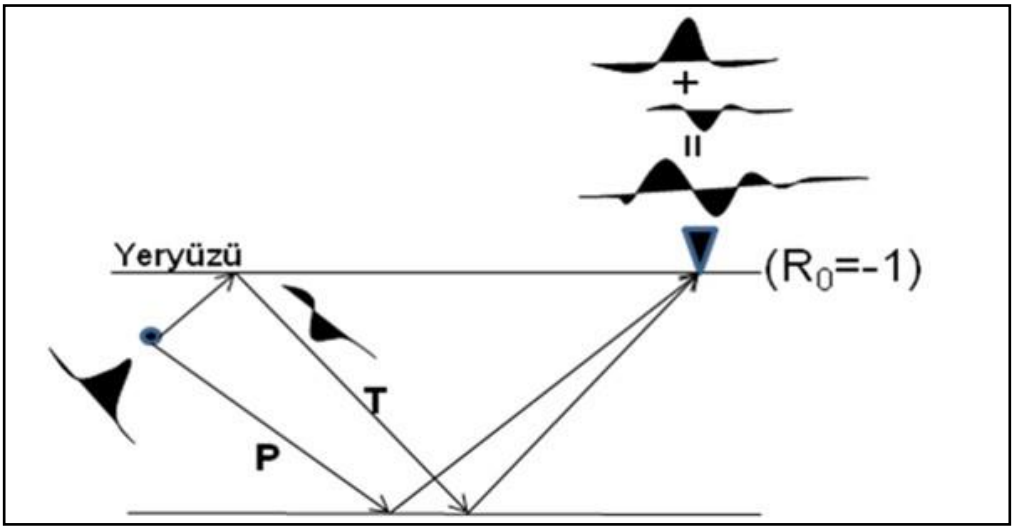
Sismik dalganın aynı yolu birden fazla giderek meydana getirdiği yansımalara "tekrarlı yansıma" denir. Buna göre, bir ara yüzeyden bir defa yansımaya ise "birincil yansıma" denir. Tekrarlı yansımalar hız kontrastının yüksek olduğu ara yüzeyler arasında oluşurlar. Mesela genellikle, deniz yüzeyi ve tabanı arasında oldukça yüksek bir hız kontrastı vardır ve dolayısıyla denizlerde sismik çalışmalarda tekrarlı yansımalar (reverberasyon) çoğunlukla oluşurlar. Şekil 4.46 tekrarlı yansımaların türlerini göstermektedir.

Tekrarlı yansımalar her bir yansımasında enerjisini kaybettiği için birincil yansımalardan daha düşük genliklere sahiptirler. Diğer yandan sismik kesitlerde birincil yansıma olayları olarak görülürler ve gürültü olarak değerlendirilirler. Bu nedenle uygun veri işlem teknikleri (mesela, ön kestirimli dekonvolüsyon, f-k süzgeçleri ve diğ.) ile veriden süzülürler.



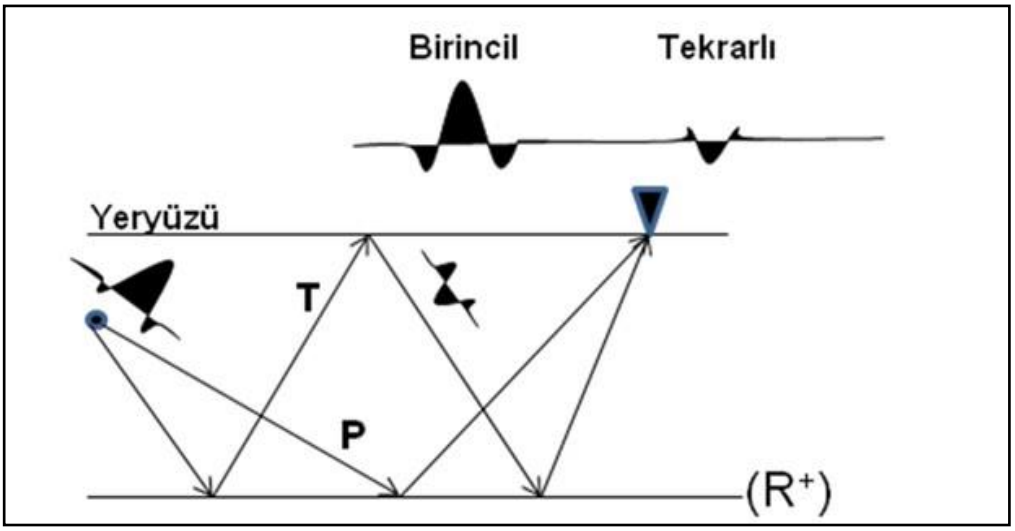
Şekil 4.46. Tekrarlı yansıma türleri (Tur, 2018)

Kısa yollu tekrarlılar birincil yansımaların boyunu genişletir. Şekil 4.46'da bu durum açıklanmıştır. Kaynağın hem üstünden yüzeyden yansıyan dalga (T) ile birincil yansıma (P) yüzeydeki alıcıda çok az bir zaman farkı ile kaydedilirler. Genellikle tekrarlı yansıma dalgacığının polaritesi ters döndüğünden ve hemen birincil yansımanın arkasına eklendiğinden kaydedilen yansıma girişimli olur ve dalga formu kısmen bozulur.



Şekil 4.47. Birincil yansımalar üzerine kısa yollu tekrarlıların etkisi (Tur, 2018)

Uzun yollu tekrarlılar sismik iz kayıtlarında bir ara yüzeyden birincil yansıma olarak görülürler (Şekil 4.47). Bazen bunları tanımlamak oldukça zordur. Ancak veri işlem aşamasında sismik izlerin öz ilişkilerinde tekrarlılar periyodik olarak tekrarlamalarından tanınabilirler ve birincil yansıma ait öz ilişki gecikmesinden tekrarlıya olan arasındaki zaman uzaklığı belirlenerek düzenlenecek olan ön kestirimli dekonvolüsyon işlemi sayesinde veriden indirgenirler.



Şekil 4.48. Birincil yansımalar üzerine uzun yollu tekrarlıların etkisi (Tur, 2018)

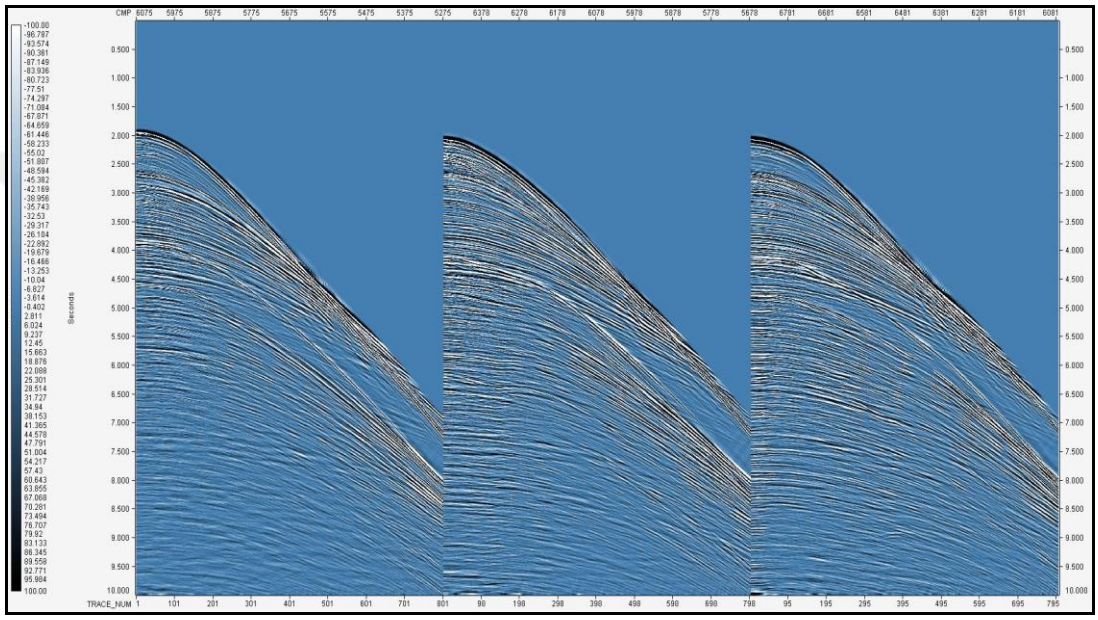
4.9.1. Tekrarlı yansıma giderme uygulaması (Demultiple)

Kaynaktan çıkan sinyalimizin, deniz tabanından ve deniz yüzeyinden yansıması sonucu oluşan ikincil yansıma etkisi oluşur. Yığma kesit olarak incelediğimizde aynı

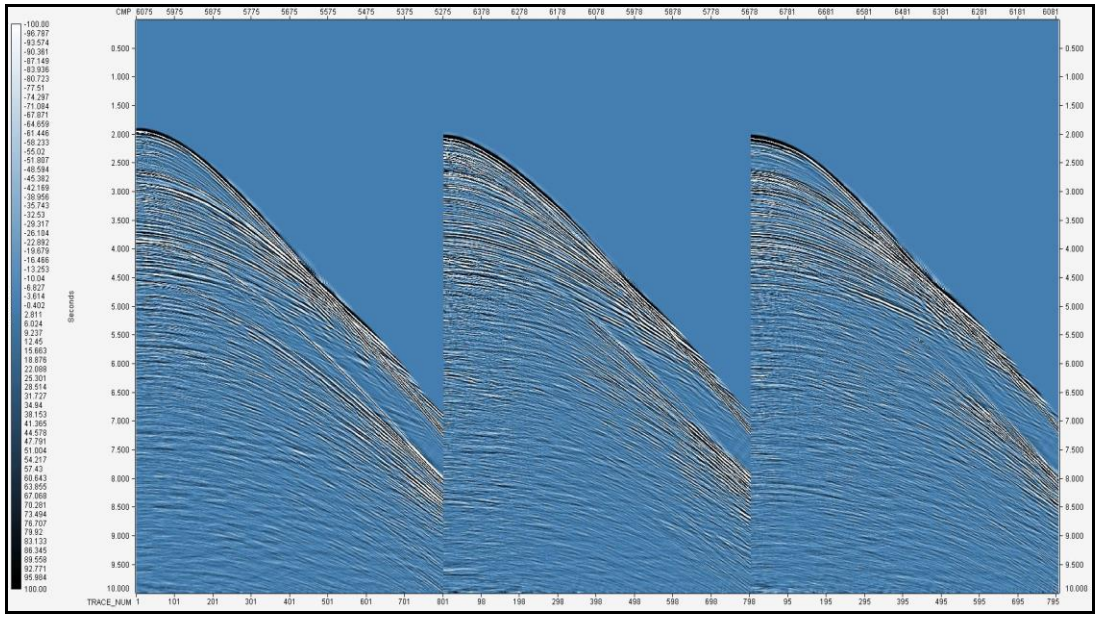
izin tekrar tekrar kayıt zamanın aşağı kısımlarında da görüyoruz. Bu aşamada tekrar bir model oluşturulup gerçek olan sinyalimizden bu ikincil etkiyi çıkartıyoruz.

Bu sekans 3 işlemden oluşmaktadır.

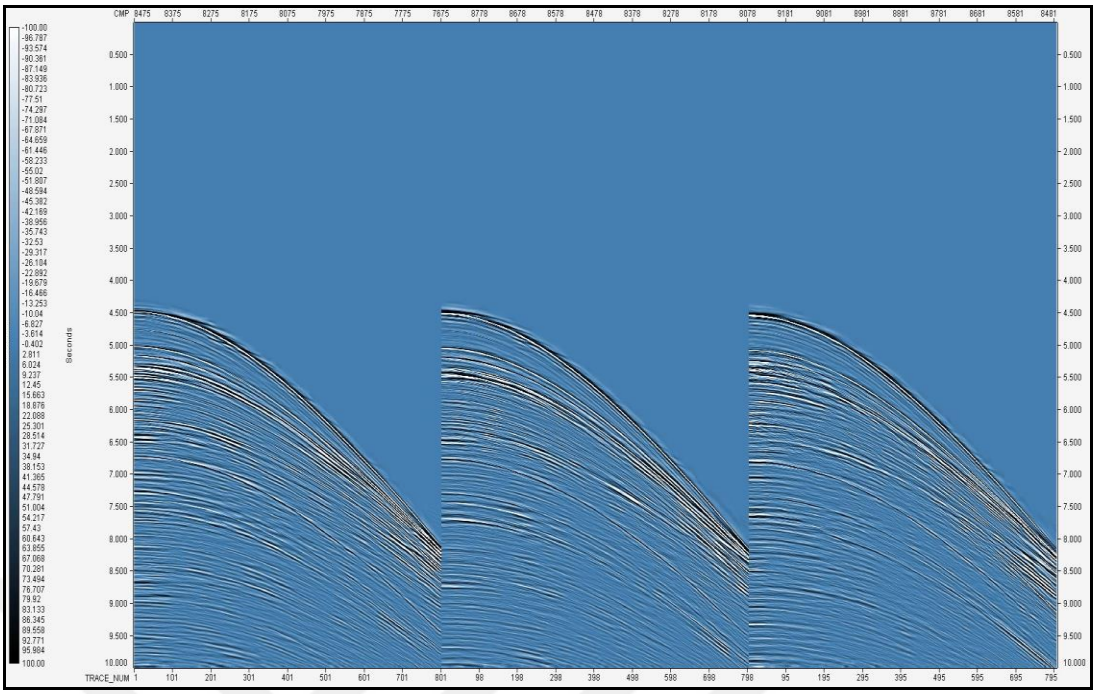
i. Veri ön hazırlık aşaması
ii. Tekrarlı yansımanın modellenmesi
iii. Modellenen bölümün orijinal veriden çıkartılması



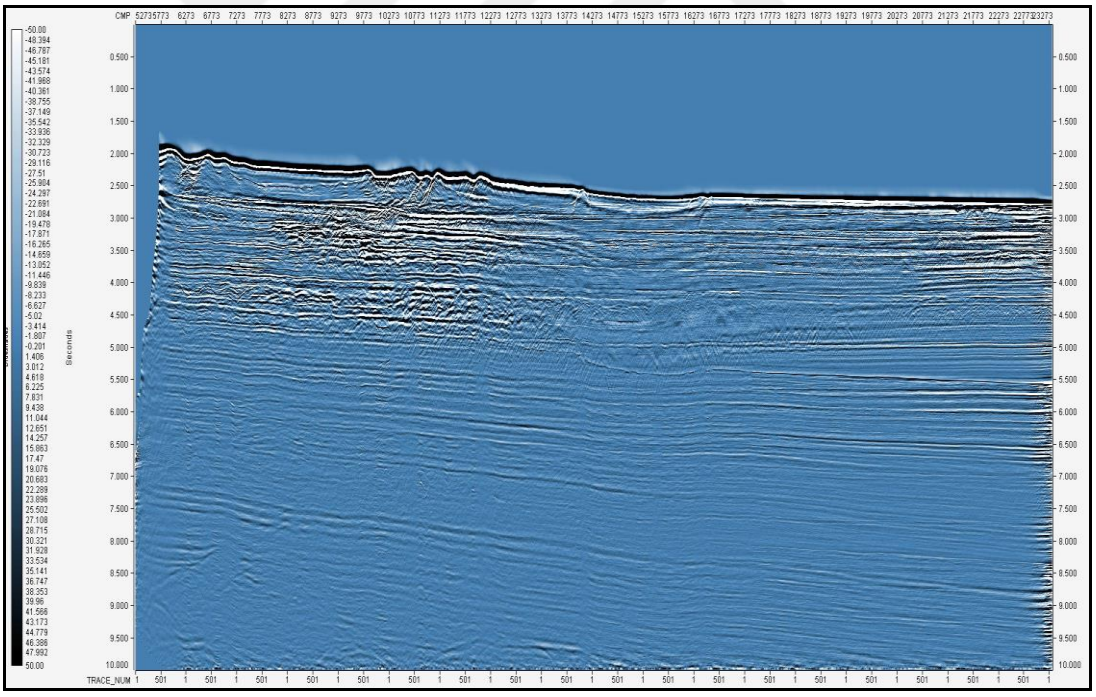
Şekil 4.49. Demultiple öncesi giriş verisi



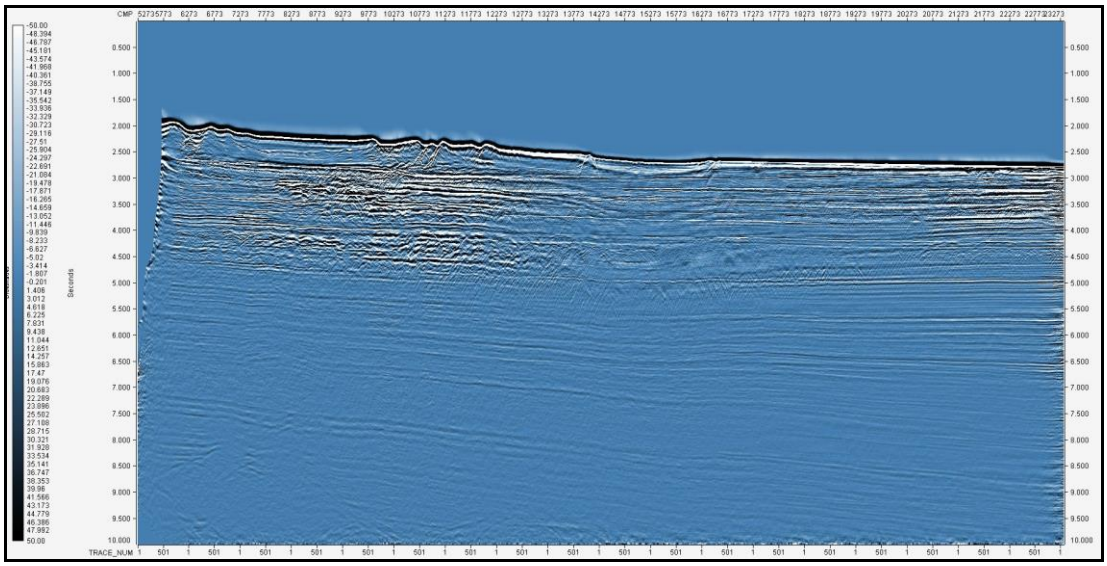
Şekil 4.50. Demultiple sonrası çıkış verisi



Şekil 4.51. Demultiple giriş-çıkış farkı



Şekil 4.52. Demultiple öncesi yığma kesiti



Şekil 4.53. Demultiple sonrası yığma kesit

Sonuçlardan anlaşılmaktadır ki Demultiple, derin bölgelerde yüzey ilişkili tekrarlı yansımaların giderilmesi açısından iyi çalışmaktadır.

4.10. Radon (T-P) Dönüşümü

Radon dönüşümü uygulamalarında, normalde küresel yayınım gösteren dalga alanından oluşan atış grubu, kendisini oluşturan düzlem dalga bileşenlerine ayrılır. Bu işlem, ofset eksenini, ışın parametresi (p) eksenine dönüştürür ve bu işlem sonucunda birçok farklı p değeri için elde edilen izlerin oluşturduğu grup "τ-p grubu (τ-p gather)" olarak adlandırılır. Bu gruptaki her bir iz, düşeyden belirli bir açıyla yayınan bir düzlem dalgaya karşılık gelir. p değişkeni "ışın parametresi (ray parameter)" olmak üzere, Denklem (4.11)'deki Snell yasasına göre;

$$\frac{\sin\theta_1}{v_1} = \frac{\sin\theta_2}{v_2} = \frac{\sin\theta_3}{v_3} = \cdots = p \tag{4.11}$$

Olup, $(\sin\theta_1)/v$ parametresi tabakalı ortamlardaki ışın yolu boyunca sabittir. Her ardışık kaynak noktası arasındaki mesafe Δx, düşeyden olan yayınım açışı Θ ve ortamın hızı V olmak üzere, düzlem dalganın oluşturulmasında ardışık atışlar arasındaki zaman farkı Denklem (4.12)'deki gibi;

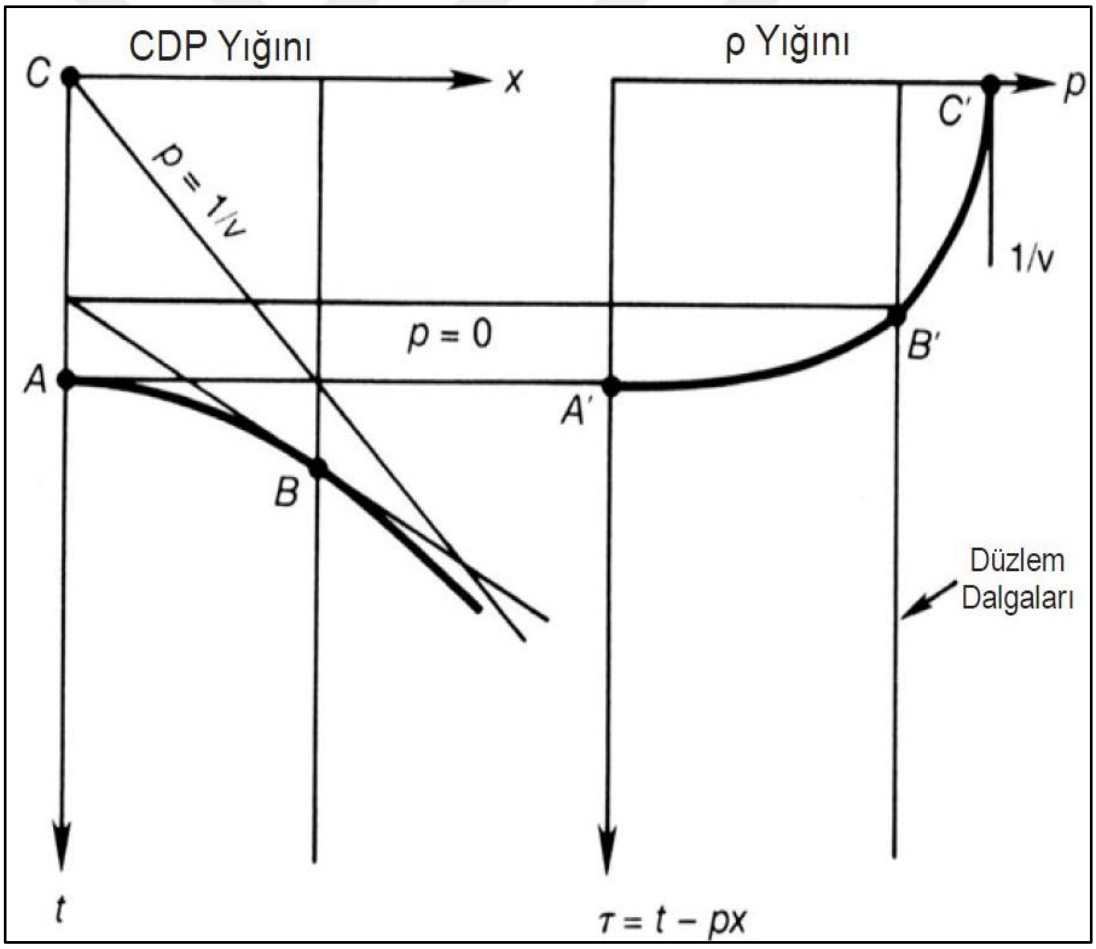
$$\Delta t = \Delta x \left(\frac{\sin\theta}{V}\right) = p\Delta x \tag{4.12}$$

İle verilir. Düzlem dalganın yayınım açısı p değeri tarafından kontrol edilir. p=0 düşey yayınan bir düzlem dalgaya karşılık gelmektedir. Verilen bir hız modeli ve p değeri için bir ışın yolu demeti çizilebilir. Böyle bir tabakalı ortamda yayınan düzlem dalgaya "Snell dalgası" adı verilir. (Dondurur, 2009)

Yaygın olarak kullanılan filtrelerden bir diğeri ise τ-p filtresidir ve bu filtre "tau-p filtresi", "radon filtresi" ya da "slant-stack" olarak da adlandırılmaktadır. Bu filtre, veriyi t-x ortamından kesişme ortamına(τ;t_0 zamanı) aktarır ve yavaşlatır (p; p ~ 1/v). T-x ile τ-p arasındaki ilişki aşağıdaki bağıntı Denklem (4.13)'deki gibi ifade edilir;

$$\tau = t_0 - px \tag{4.13}$$

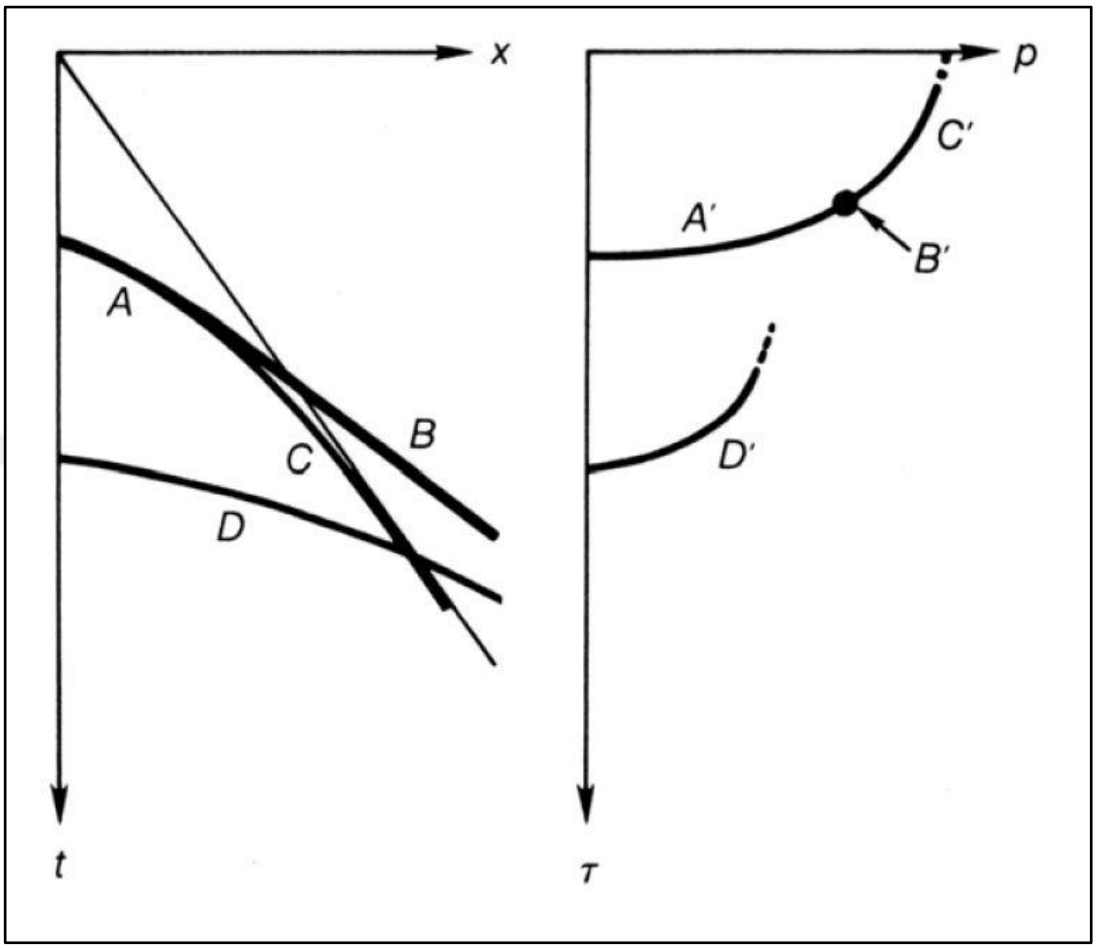
Bu filtrenin grafiksel ifadesi ise Şekil 4.54 'dedir



Şekil 4.54. τ-p filtresinin grafiksel ifadesi

Bu grafikteki her (p) değeri, t-x ortamındaki bağımsız bir eğimi ifade eder. Doğru boyunca etkin olan enerji toplanmıştır. (t) ekseni ile kesişim noktası (x=0) kesişim

zamanı (τ) verir. Bu şekilde t-x ortamındaki doğrular τ-p ortamında noktaya, yansımalar ise elipslere dönüşürler (Şekil 4.55).

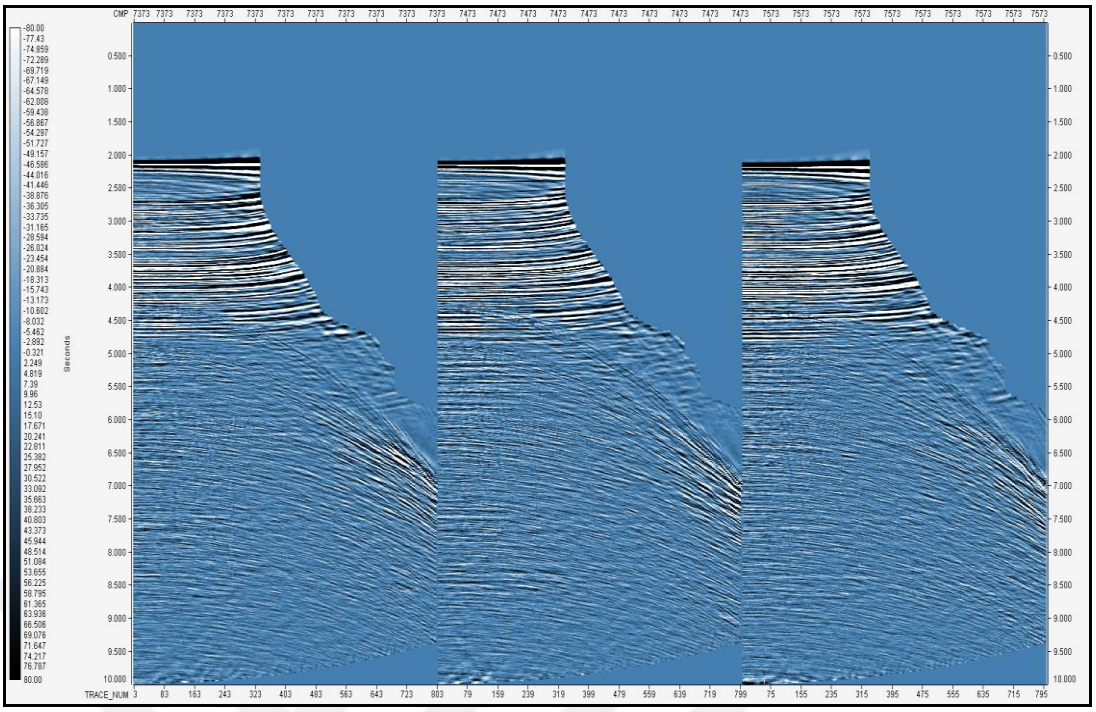


Şekil 4.55. t-x ortamındaki değişik elemanlar ve bunların τ-p ortamındaki karşılıkları. A ve C, herhangi bir bölümü; B, doğru parçasını; D ise yansıma temsil eder (Çiftçi, 2009)

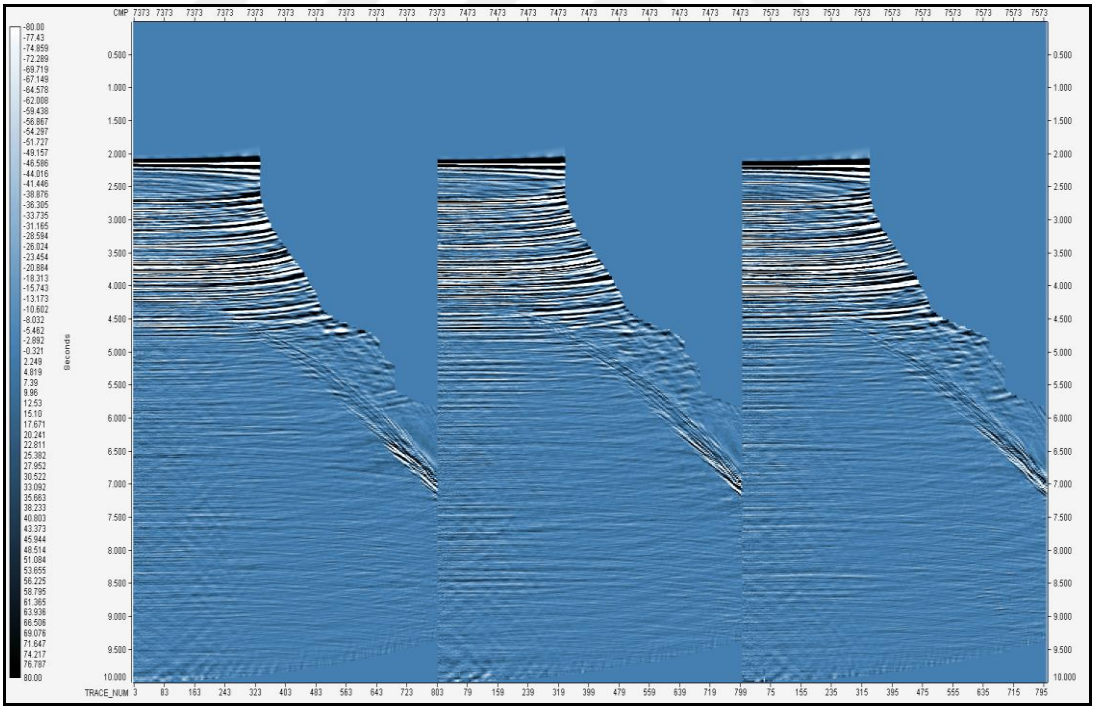
τ-p filtresinin en çok hız filtresi, zaman değişkenli hız filtresi, tekrarlı yansımaların bastırılması, izler arasına ekleme yapmak ve güdümlü dalgaların analizinde uygulanmaktadır. (Çiftçi, 2009)

4.10.1. Radon uygulama

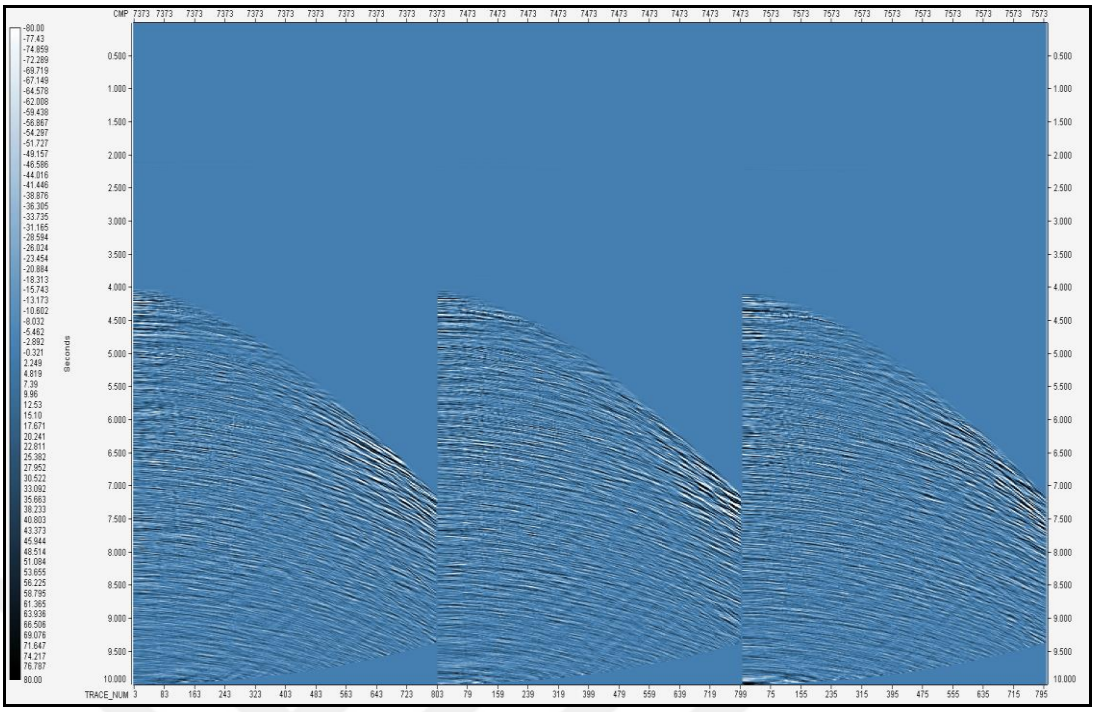
Demultiple işlemi sonrası deniz tabanında atılmayan tekrarlı yansımalar kalır. Bu deniz tabanına yakın bölgelerde oluşan yansıması sonucu ikincil tekrarlı yansımaları gidermek için Radon dönüşüm işlemi yapılır. Radon işlemi CMP ortamında çalışır. Bu yüzden önceden atış ortamından CMP ortamına geçiş yapılması gerekmektedir.



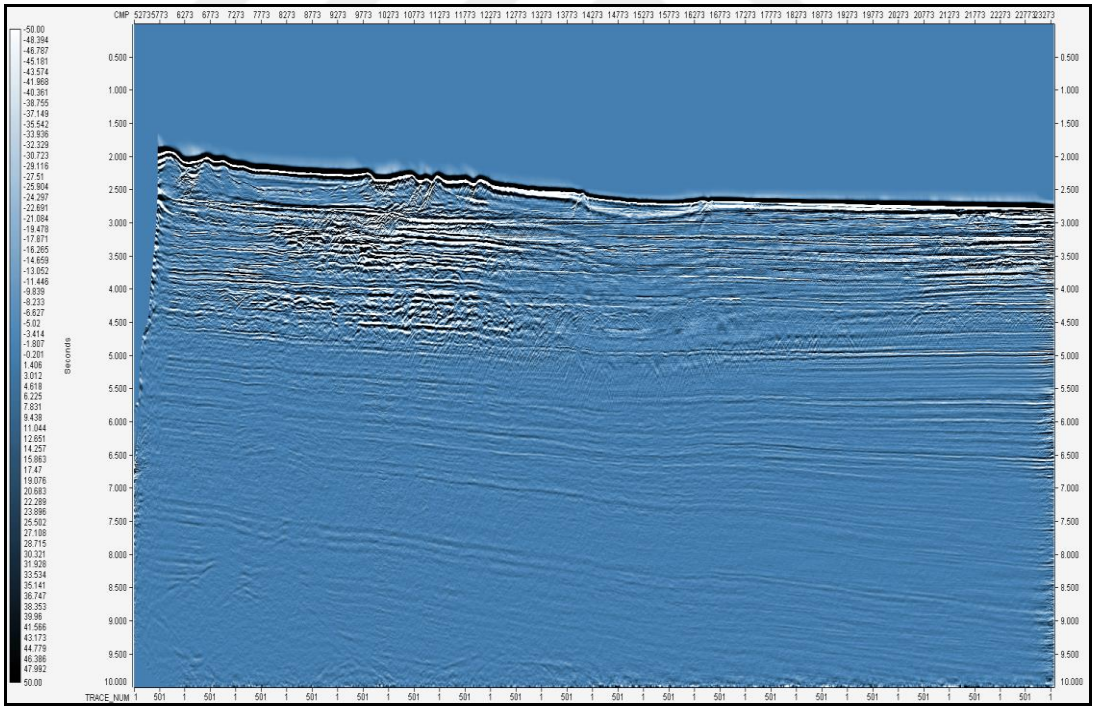
Şekil 4.56. Radon giriş cmp verisi



Şekil 4.57. Radon çıkış cmp verisi



Şekil 4.58. Radon giriş-çıkış cmp verisi farkı



Şekil 4.59. Radon giriş yığma kesit



Şekil 4.60. Radon çıkış yığma kesit

CMP verisi ve yığma kesitler ile bunların farkları göstermektedir ki, Radon sonuçları ara yüzey ilişkili tekrarlı yansımaların giderilmesi ve geriye kalan yüksek frekans içeriğine sahip gürültünün temizlenmesi açısından iyi çalışmaktadır.

4.11. Migrasyon (Göç)

Yer içinde bir noktadan yansıyan ve kayıt edilen sinyalin gerçek yansıdığı noktaya taşıma işlemine "Göç İşlemi (migrasyon)" denir.

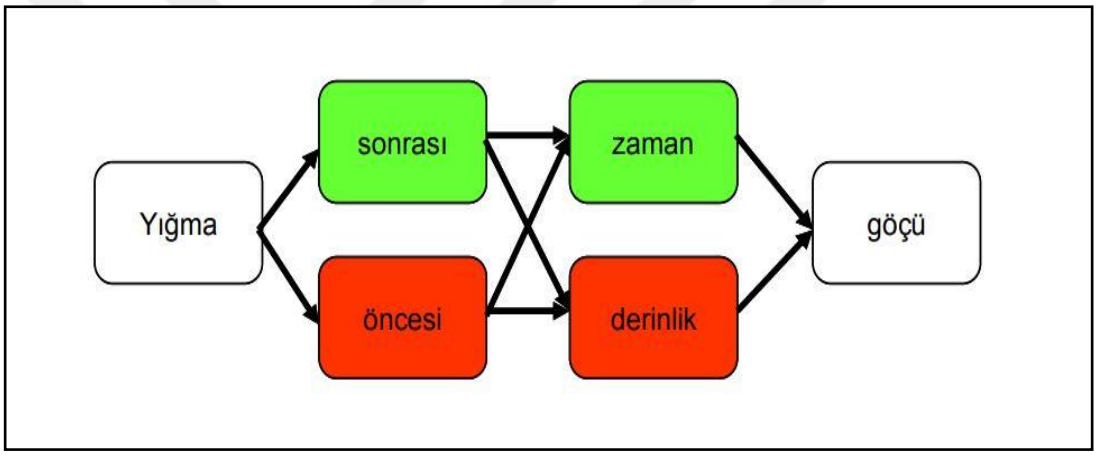
Yığma sonrası göç işlemi temelde iki değişik şekilde yapılmaktadır. Birinci yol yerin içinde yarım daire şeklinde bir tabaka olduğu kabul edilir. Yani sıfır açılımda kayıt edilen bütün sinyaller, yerin içindeki yarım daire şeklinde bulunan tabakadan yansıyarak kayıt edildiği düşünülür. Diğer bir deyişle, sıfır açılımda kayıt edilen sinyaller yer içindeki yarım dairenin yüzeyinin herhangi bir noktasından yansıyabilir. Dolayısıyla elde edilen sıfır açılımlı sismik kesitlere göç işlemi uygulanarak, gerçek yansıdığı noktaya taşınacaktır. Fakat yarım dairenin hangi noktasından yansıdığı bilinmediği için veri tüm yarım daire yüzeyine taşınır. İkincisi ise, yeraltındaki tabakaların birden çok noktaların birleşmesinden meydana geldiği düşünülmektedir. Örneğin yerin içinde nokta şeklinde bir yansıtıcı yüzey olsun, böyle bir durumda sıfır açılımlı sismik kesitte bu yüzey bir saçılma hiperbolü şeklinde görülecektir. Bu

hiperbolün tepe noktası, nokta şeklindeki yansıtıcın tam üzeri olacaktır. Dolayısıyla göç işleminde bu hiperbol boyunca genlikler toplanarak hiperbolün tepe noktasına taşınmaktadır.

Göç işleminin amacı:

- Saçılmaların ortadan kaldırılması,
- Eğimli tabakanın gerçek eğimini ve yerinin bulunması,
- Ayrımlılığın artırılması,
- Tabakanın yeraltındaki gerçek görüntüsünün elde edilmesidir.

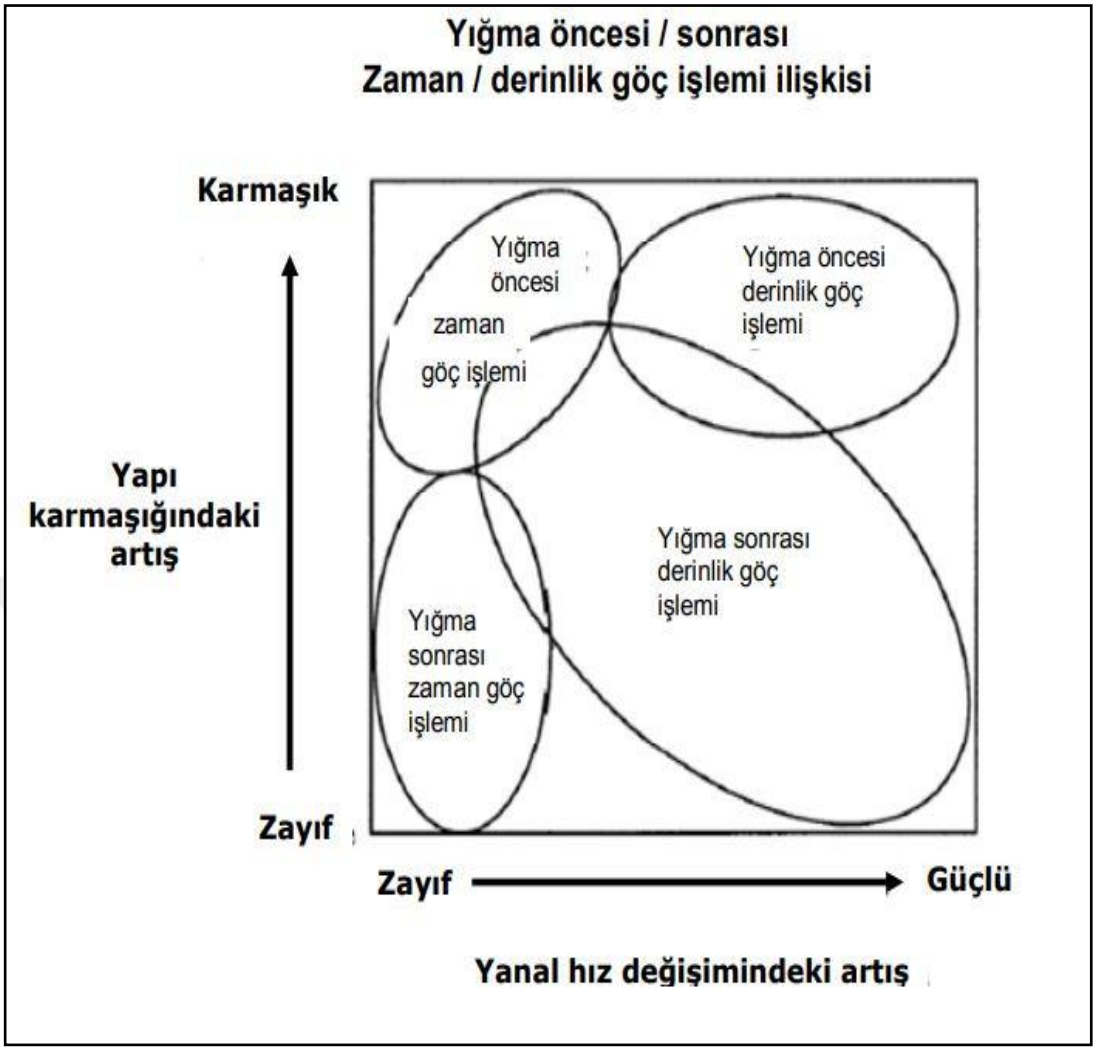
Göç işlemlerinin dört değişik tipi vardır. Bunlar Şekil 4.61'de gösterilmiştir



Şekil 4.61. Göç işlemlerinin tipleri (Güreli, 2007)

1. Yığma sonrası zaman göç işlemi,
2. Yığma sonrası derinlik göç işlemi,
3. Yığma öncesi zaman göç işlemi,
4. Yığma öncesi derinlik göç işlemidir.

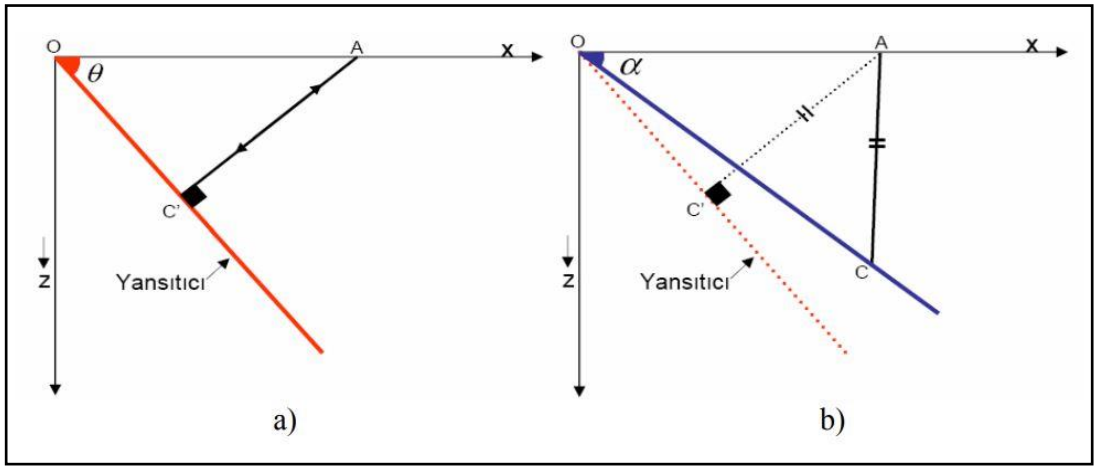
Şekil 4.62'de ise göç işlemi tiplerinin karşılaştırılması görülmektedir. Şekil incelendiğinde yapı karmaşığındaki artışa ve yanal hız değişimine göre bu göç işlemlerinden biri seçilmelidir. Yanal hız değişimi ve yapı karmaşıklığı zayıf ise yığma sonrası zaman göç işlemi tercih edilebilir. Çünkü en ucuz yöntemdir. Diğer taraftan yanal hız değişimi fazla ve yapı karmaşıklığı da fazla ise yığma öncesi derinlik göç işlemi tercih edilmelidir. Bu yöntem ise en pahalı yöntemdir.



Şekil 4.62. Göç işlemi tiplerinin karşılaştırılması (Güreli, 2007)

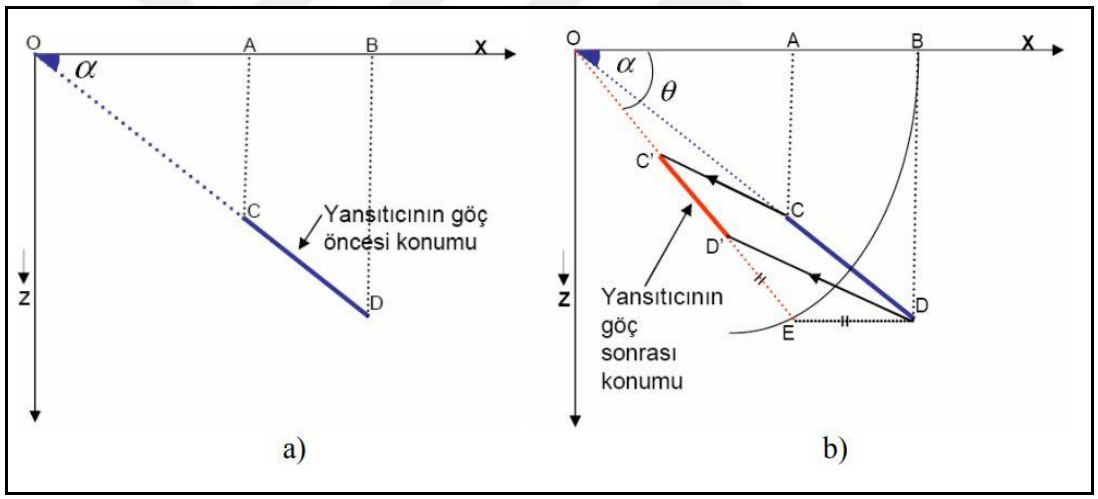
Göç işlemini anlatabilmek için, gerçek yerici modeli ile sismik kesitteki görünüşleri incelenmelidir.

Şekil 4.63 a,b ’de model ve sismik kesit sunulmuştur. A noktasındaki kaynak-alıcı C′ noktasından gelen sinyali kayıt eder. Sismik kesitte ise A noktasında kayıt edilen sinyal, C noktasında görülecektir. Göç işlemi C noktasındaki sinyali C′ noktasına taşıyacaktır. Şekilden de kolayca görülebileceği gibi, yer modelindeki tabaka açısının sinüsü, sismik kesitteki gözlenen tabaka açısının tanjantına eşittir.



Şekil 4.63. a) Eğimli bir ortamda sıfır açılım için ışın yolu, b) Eğimli tabakalı bir ortamda yansıyan ışının sıfır açılımlı görünüşü (Güreli, 2007)

Bu bilgilerin ışığı altında, eğimli bir yansıtıcı parçasının göç işlemi için, grafiksel bir yöntemle nasıl yapılacağı Şekil 4.64 ile anlatılmıştır.



Şekil 4.64. a) Eğimli tabakanın göç öncesi görünüşü, b) Eğimli tabakanın göç sonrası görünüşü (Güreli, 2007)

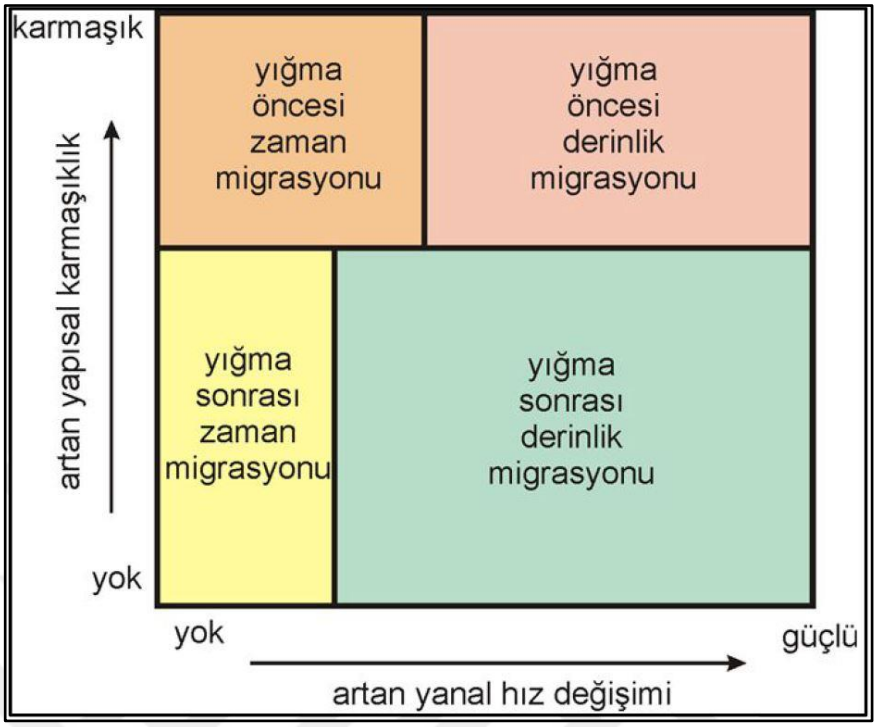
Bu şekilde CD doğrusu uzatılarak önce O noktası bulunur. Daha sonra O merkez, OB yarıçap olacak şekilde bir çember çizilir. D noktasından geçen ve OB 'ye paralel bir doğrunun çember yayını kestiği E noktası belirlenir. O ve E noktalarından geçen doğru göç işlemi sonrası açıyı belirler. C parçası D ı göç işlemi sonucunda bu doğru üzerinde yer alacaktır. DE ye eşit olacak şekilde E D′ belirlenir. Aynı işlem C noktası için de tekrarlanarak C′ bulunur. C do D doğru parçası böylece C′ D′ 'ne taşınmış (göç) olur. (Güreli, 2007)

4.11.1. Migrasyon türleri

Temel olarak farklı amaç ve gereksinimlere cevap veren farklı migrasyon türleri mevcut olup, bunlar Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Yapısal olarak karmaşık alanlarda yığma öncesi migrasyon tercih edilirken, yanal hız değişimlerinin bulunduğu bölgelerde yığma sonrası zaman ve derinlik migrasyonları kullanılmaktadır. Farklı migrasyon algoritmaları ile ilişkili olarak farklı migrasyon uygulamaları söz konusudur. Örneğin, RMS hızlarını kullanan ve tabaka sınırlarında ışın bükülmesini dikkate almayan algoritmalar zaman migrasyonu olarak sınıflandırılırlar. Buna karşın, ara hızları kullanan ve tabaka sınırlarında ışın bükülmesini dikkate alan algoritmalar ise derinlik migrasyonu olarak isimlendirilir.

Tablo 4.1. Migrasyon türleri ve özellikleri (Dondurur, 2009)

MİGRASYON TÜRÜ	ÖZELLİKLERİ
Zaman migrasyonu	Yığma kesiti saçılmalar veya yapısal eğim içerdiğinde ihtiyaç duyulur. Hızın düşey yönde değiştiği ortamlarda ve yumuşak yanal hız değişimleri olan alanlarda geçerlidir.
Derinlik migrasyonu	Yığma kesiti büyük yanal hız değişimleri ve yapısal eğim içerdiğinde ihtiyaç duyulur.
Yığma öncesi Zaman Migrasyonu	Yığma öncesi migrasyon CDP gruplarına uygulanır. Çıktısı migrasyon kesittir ve migrasyonsuz kesit gibi bir ara çıktı üretilmez. Zıt eğim sorununa en kesin çözümü üretir.
Yığma öncesi Derinlik Migrasyonu	Çok fazla yanal hız değişimi olması durumunda ihtiyaç duyulur.



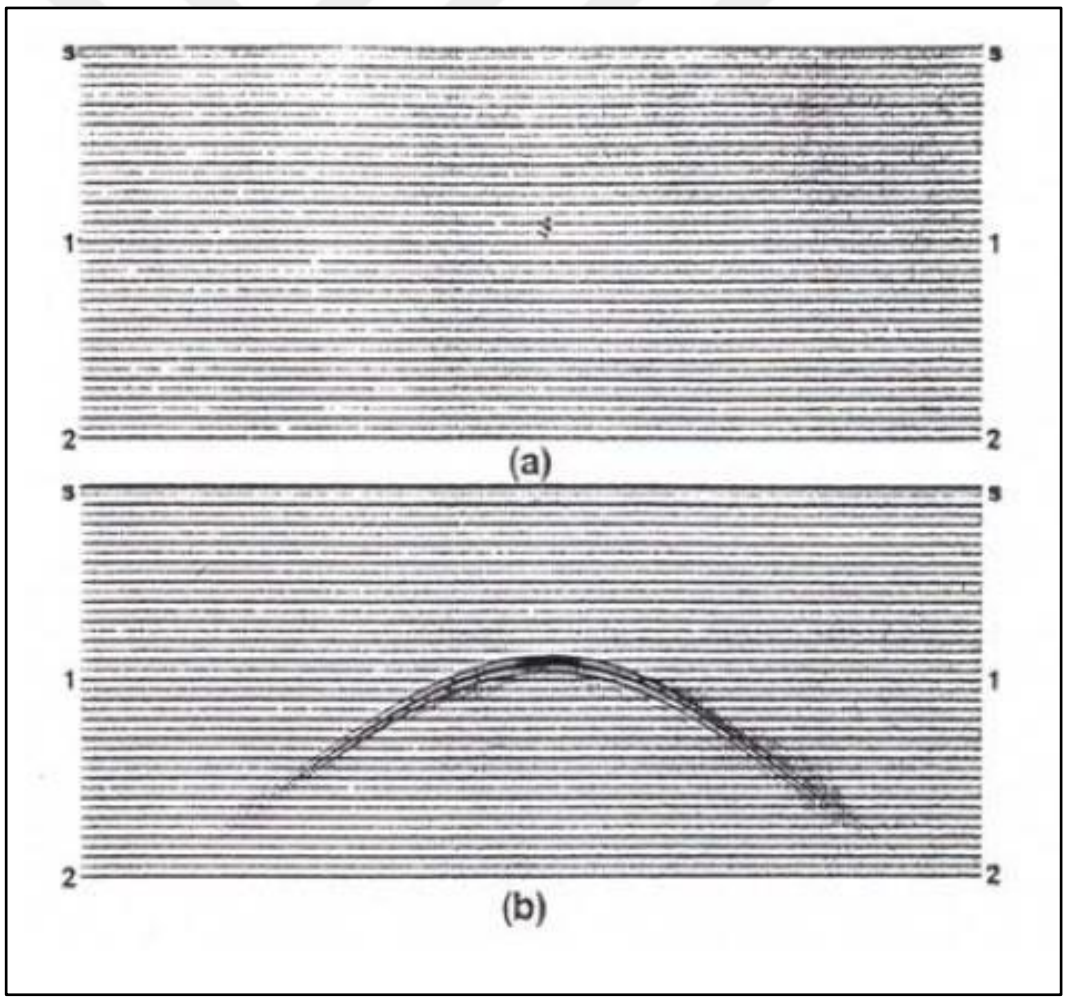
Şekil 4.65. Yeraltının yapısal durumuna ve hız değişimine bağlı olarak tercih edilebilecek uygun migrasyon türü (Dondurur, 2009)

Tablo 4.2. Farklı migrasyon türleri ve kullandıkları yaklaşımlar (T: zaman, D: derinlik) (Dondurur, 2009)

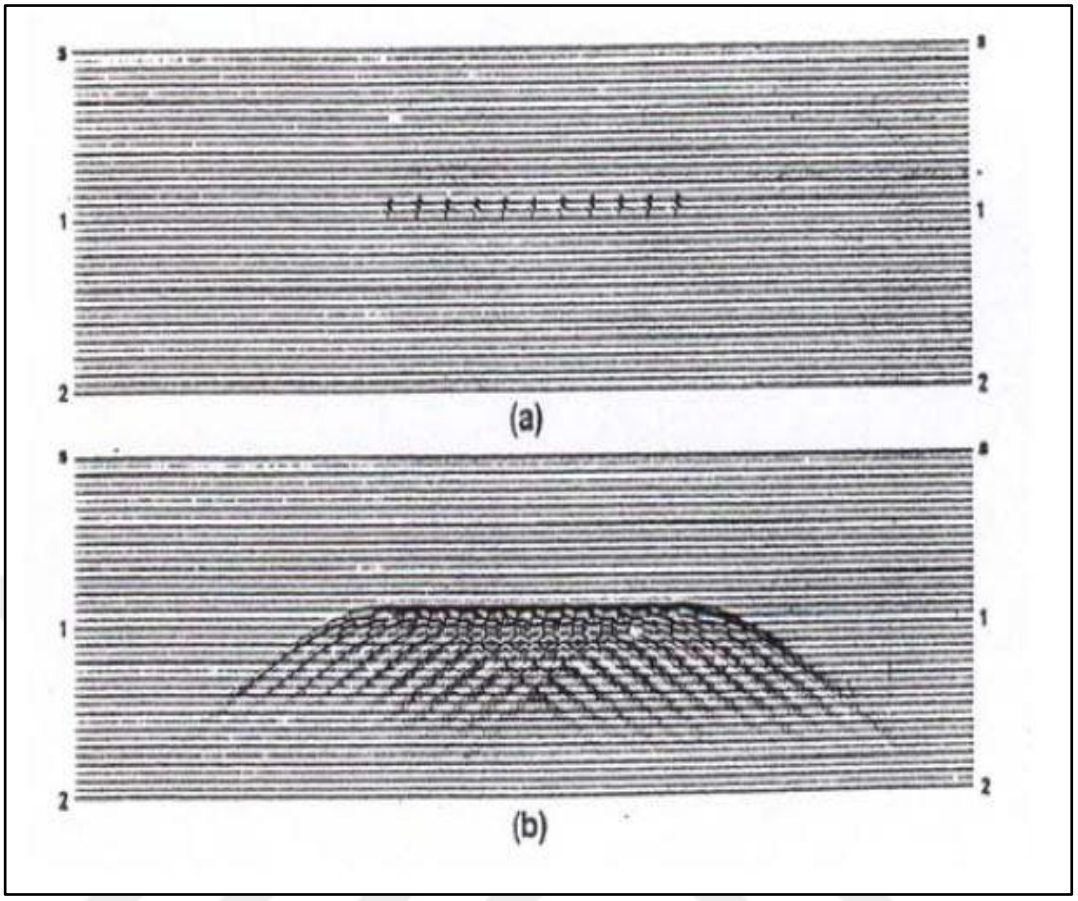
Migrasyon	**Yöntem**	**Ortam**
Stolt	f-k	Zaman
Faz kayması	f-k	Zaman
Omega-X	Sonlu farklar	Zaman
Expilicit Sonlu Farklar-T	Sonlu farklar	Zaman
Expilicit Sonlu Farklar-D	Sonlu Farklar	Zaman
Kirchhoff-T	Kirchhoff	Zaman
Kirchhoff-D	Kirchhoff	Derinlik
Yığma öncesi Kirchoff-T	Kirchhoff	Zaman
Yığma öncesi Kirchoff-D	Kirchhoff	Derinlik

4.11.2. Kirchhoff migrasyon yöntemi

Huygens prensibine göre titreşmekte olan her bir nokta ikinci bir kaynak oluşturmaktadır. Titreşimle birlikte ikincil konik olarak hareket eden noktadan (x, z) düzlemi içinde yarım daire şeklinde dalga cepheleri yayılır. Homojen (x, z) düzleminde yarım daire şeklinde yayılan dalga cephesi yeryüzüne ulaştığında alıcılar tarafından kaydedilerek, (x,t) düzleminde Şekil 4.66'deki gibi görülecektir. Yeraltında birbirinden ayrı noktalar olsun, bu noktalardan yayılan dalgaların (x,t) düzlemindeki görüntüsü Şekil 4.67'teki gibi olacaktır. Bu noktaların daha sık olduğu düşünülürse, görüntü Şekil 4.68'teki gibi olacaktır. Bu ise yer altındaki jeolojik ara yüzeyden elde edilen sismik izin benzeri olacaktır. İki uçtaki süreksizlikler yığma kesitlerindeki fay süreksizliklerinin benzeridir.



Şekil 4.66. (a) Derinlik kesitindeki bir nokta kaynağın, (b) Zaman kesitindeki cevabı (Yılmaz, 1987)



Şekil 4.67. (a) Derinlik kesitinde birden çok nokta kaynağın (b) Zaman kesitindeki görünümü (Yılmaz, 1987)

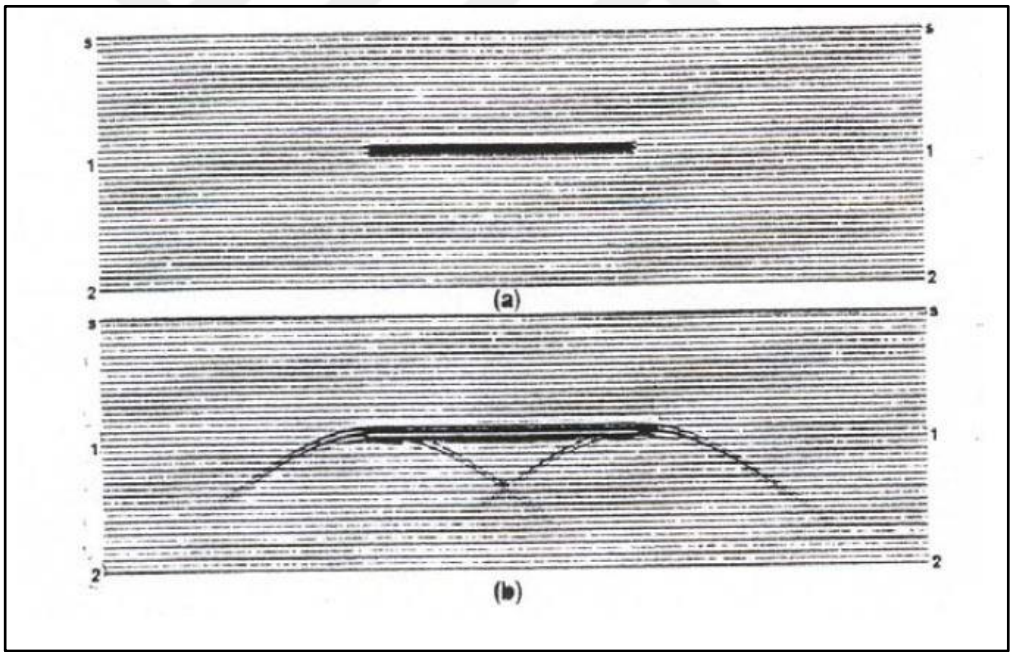
Şekil 4.69 (a)'da Şekil 4.65'deki saçılma hiperbollerinin benzeri sismik kesit üzerinde görülmektedir. Heyelanlı birimlerden kaynaklanan saçılma hiperbolleri Şekil 4.69 (b) göç işleminden sonra toparlanmıştır. Yine Şekil 4.69 (c)'de Şekil 4.68'tekine benzer bir fay yüzeyinin gerçek sismik kesit üzerindeki görünümü verilmiştir. Şekil 4.69 (d)'de ise göç işleminden sonraki hali görülmektedir. Böylece yeraltı, Huygens ikincil kaynak teoreminden yola çıkılarak küçük noktalar ile görüntülenebilmekte ve süreksizlik noktalarında saçılmalar gözlenmektedir. Huygens prensibine göre yeraltındaki ikincil nokta kaynağın görüntüsü (x,t) düzleminde hiperbol olarak görülmektedirler. Burada bu saçılmaları hiperbol eğrisi boyunca tepe noktasına toplayacak olan Kirchhoff göç tekniği uygulanması gerekmektedir. Burada saçılmaların toplanması eğriliği hız fonksiyonu tarafından kontrol edilen hiperbolik yansıma boyunca genliklerin toplanmasıdır. Denklem (4.14)'deki Hiperbolik eğrinin fonksiyonu,

$$t^2(x) = t^2(0) + \frac{4x^2}{v_{RMS}^2} \tag{4.14}$$

ile belirlenir.

Saçılmış hiperbolik dalganın yansımada faz ve genlik davranışlarını belirleyen başlıca 3 faktör vardır;

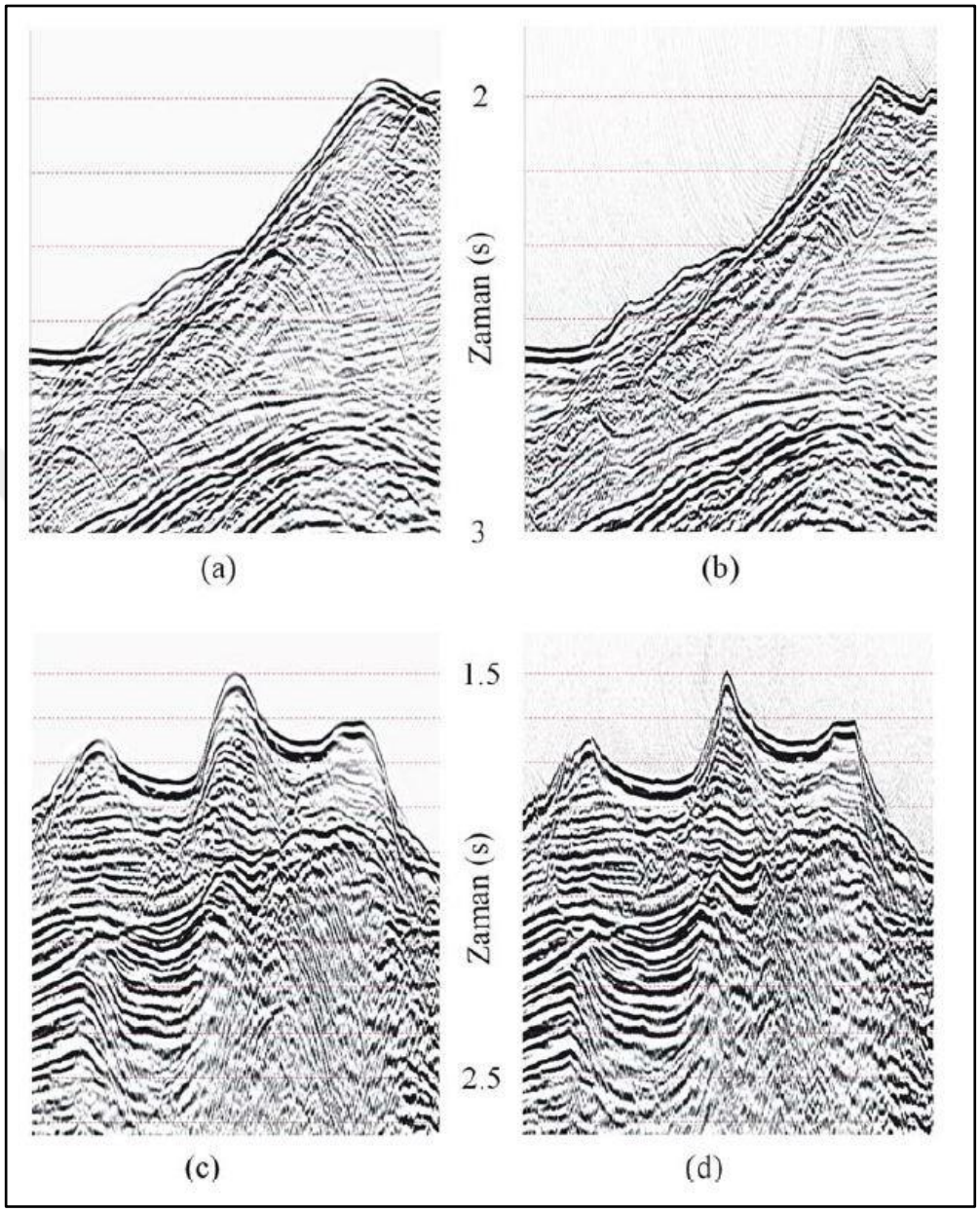
1- Eğim etkisi veya directivity etkisi ki, genliğin açısal bağımlılığını tanımlar ve yayılma doğrultusu ile z düşey eksen arasındaki açının kosinüsü ile verilir,
2- İki boyutlu dalga yayınımı için uzaklığın kara kökü ile ters orantılı olan küresel açılım etkisi,
3- 45 derece sabit faz spektrumu ve frekansın karekökü ile orantılı genlik spektrumu ile oluşturulan dalgacık etkisidir.



Şekil 4.68. (a) Birçok nokta kaynatan oluşmuş yansıtıcı yüzeyin (b) Zaman ortamındaki cevabı (Yılmaz, 1987)

Yukarıdaki etkilerin tanımlı olduğu saçılma toplaması yöntemi Kirchhoff migrasyonu olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz, 1987). Bu noktada eldeki veriler eğim ve küresel açılım etkileriyle çarpılır. Daha sonra yukarıdaki tanımlamalara uygun süzgeç uygulanır ve daha önce hiperbolik eğri boyunca toplanır. Bu migrasyon tekniği kare-kök ortalama (RMS) hızlarını kullanır. Buda yatay yönde hız değişimine imkân

vermektedir. Skalar dalga denkleminin integral çözümünden Kirchhoff dalga denklemi elde edilir.



Şekil 4.69. (a) Şekil 4.66'daki nokta kaynaktan kaynaklanan durumun gerçek sismik kayıttaki görünümü ve (b) Göç işleminden sonraki görünümü. (c) Şekil 4.68'deki fay süreksizliklerinden kaynaklanan saçılmanın gerçek sismik kesitteki görünümü ve (d) Göç işleminden sonraki görünümü (Yılmaz, 1987)

$$P_{out}(x,z,t)=\frac{1}{2z}\int dx\left[\frac{\cos\theta}{r^2}P_{in}\left(x_{in},z=0,t\middle|-\frac{r}{v}\right)+\frac{\cos\theta}{vr}\frac{\partial}{\partial t}P_{in}\left(x_{in},z=0,t-\frac{r}{v}\right)\right] \qquad (4.15)$$

Denklem (4.15)'de yer alan v RMS hızı, r ise giren veri ile çıkan verinin arasındaki mesafe,

$$r=[(x_{in}-x)^2+z^2] \quad (4.16)$$

dir. Denklem (4.16) ile herhangi bir z derinliğindeki dalga alanı hesaplanabilir. Bu denklem ile göç işlemi uygulanmış kesit elde edilir. Bunun sonucunda süzgeç uygulanır ve hiperbolik iz boyunca genlikler toplanıp hiperbolün tepe noktasına yerleştirilir (Yılmaz, 1987). Kirchhoff integral formülü sinyal-gürültü oranı yüksek olduğu zaman iyi sonuç vermektedir.

Teoride saçılma hiperbolleri sonsuz uzaklığa ve sonsuz zamana uzanırlar. Fakat uygulamada hiperbolik izler belli bir zamanda ve mesafede kesilirler. Hiperbollerin toplanacağı etkin açıklığa göç aralığı (migration aperture) adı verilmektedir. Aralık genişliği hiperbol eğrisinin bulunduğu sismik iz sayısı ile verilmektedir. Saçılma hiperbollerinin eğikliği sismik hız fonksiyonu ile verilmektedir. Düşük hız hiperbolleri, yüksek hız hiperbollerine göre daha dar aralığa sahiptirler. Bu da yüksek hıza sahip yansımaların göç işlemi sonrası daha fazla yer değiştirmeye uğradığını göstermektedir. Genellikle hız derinlikle artar ve sığ kesimlerin göç işlemi için daha dar bir etkin açıklık gerekir. Derin kesimlerde ise daha geniş olmalıdır. Buradan hareketle denebilir ki, derindeki yansıma izleri sığdakilere göre daha fazla göç eder. Aralık boyunun dar olması göç işleminin kalitesini olumsuz etkiler. Aralık boyu sismik kesitteki iz sayısına eşit alındığında en iyi sonuç elde edilir.

Göç işlemi sırasında, göç işleminin etki edeceği en yüksek eğimi tanımlanabilir. Böylece aşırı eğimli gürültüler bastırılabilir. Ayrıca eğim parametrelerini sınırlamak hesaplama süresinden tasarruf sağlamaktadır. Aralık genişliği ve eğim parametresinin değeri, göç işleminin etkin açıklık belirlemektedir. Artan sismik hızlarla saçılma hiperbolleri giderek daha az toplanır. Buna yetersiz göç denir. Diğer taraftan artan hızlar uygulanırsa giderek daha fazla toplanır hiperboller ters dönmeye başlar ve aşırı göç etkisi gözükür. Sismik yansıtıcı yüzeyden kaynaklanan eğimli yansımalar ne kadar dik olursa hızların hassasiyeti de o kadar yüksek olur (Yılmaz, 1987).

Kirchhoff toplama yöntemi 90 dereceye kadar eğimli yapıları göç ettirilebilir. Fakat yanal yönde hız değişimlerine karşı çok duyarlı değildir. Bu yöntem Kirchhoff göç tekniğini temel almaktadır. İlk adım olarak kesite zaman ortamında göç işlemi uygulanmakta, böylece düşey yönde göç işlemi gerçekleştirilmektedir. Fakat yanal yönde herhangi bir göç söz konusu değildir. Bu aşamadan sonra ilk önce ışın izleme

ve daha sonrada derinlik göçü uygulanmaktadır. Bu yöntem her ne kadar yanal süreksizliklere karşı duyarlı olsa da sert yanal hız değişimleri olan ortamlar için uygun değildir. Buna rağmen zaman ortamında kullanılan Kirchhoff yöntemine göre hız çekmelerine mercek etkisine ve hafif hız değişimlerine karşı başarılı sonuç vermektedir.

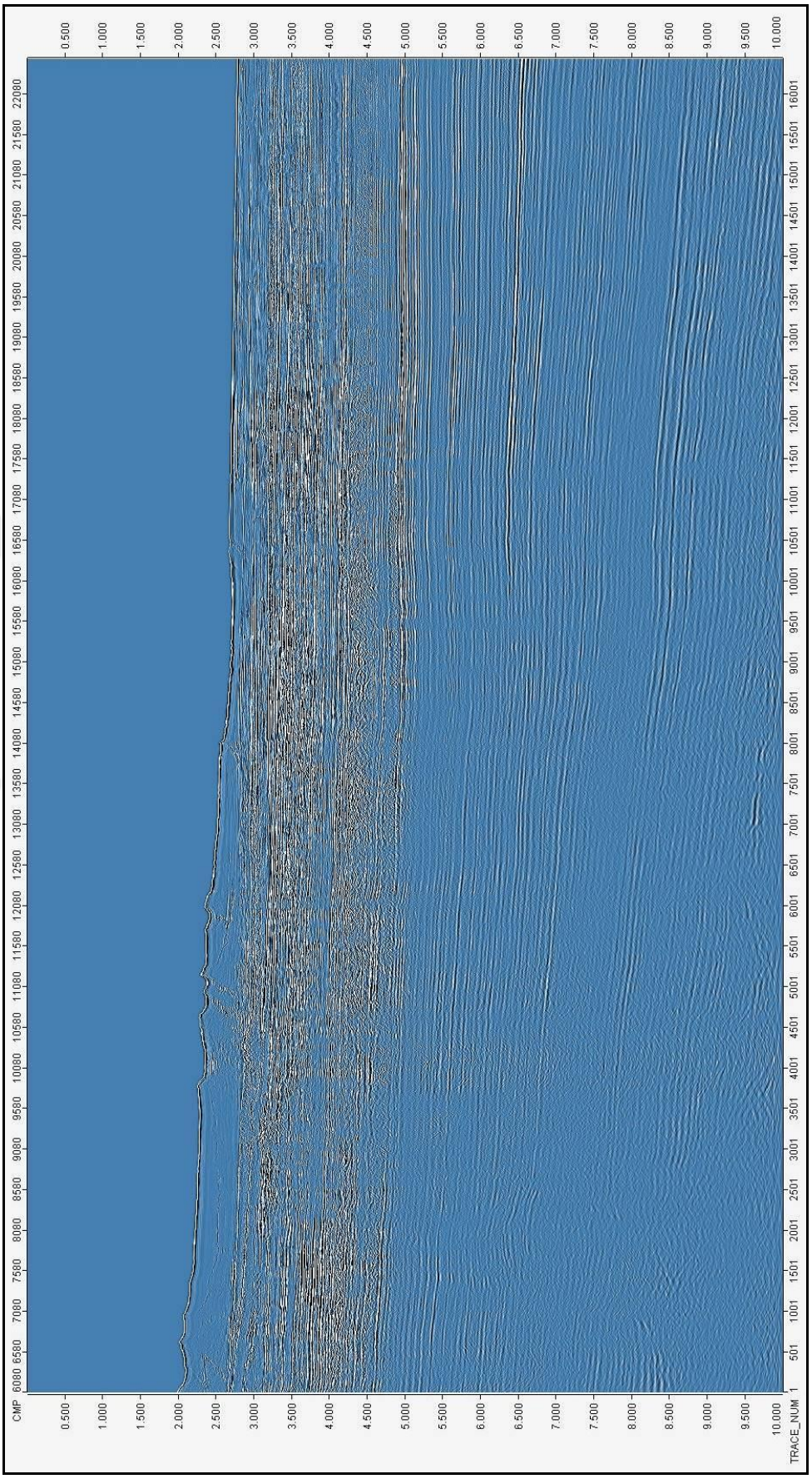
4.11.3. Migrasyon Uygulaması

Bu çalışmamızda veri işlem uygulamaları sonunda son aşama olan migrasyonda Yığma öncesi Kirchhoff zaman Migrasyon yöntemi kullanılmıştır.

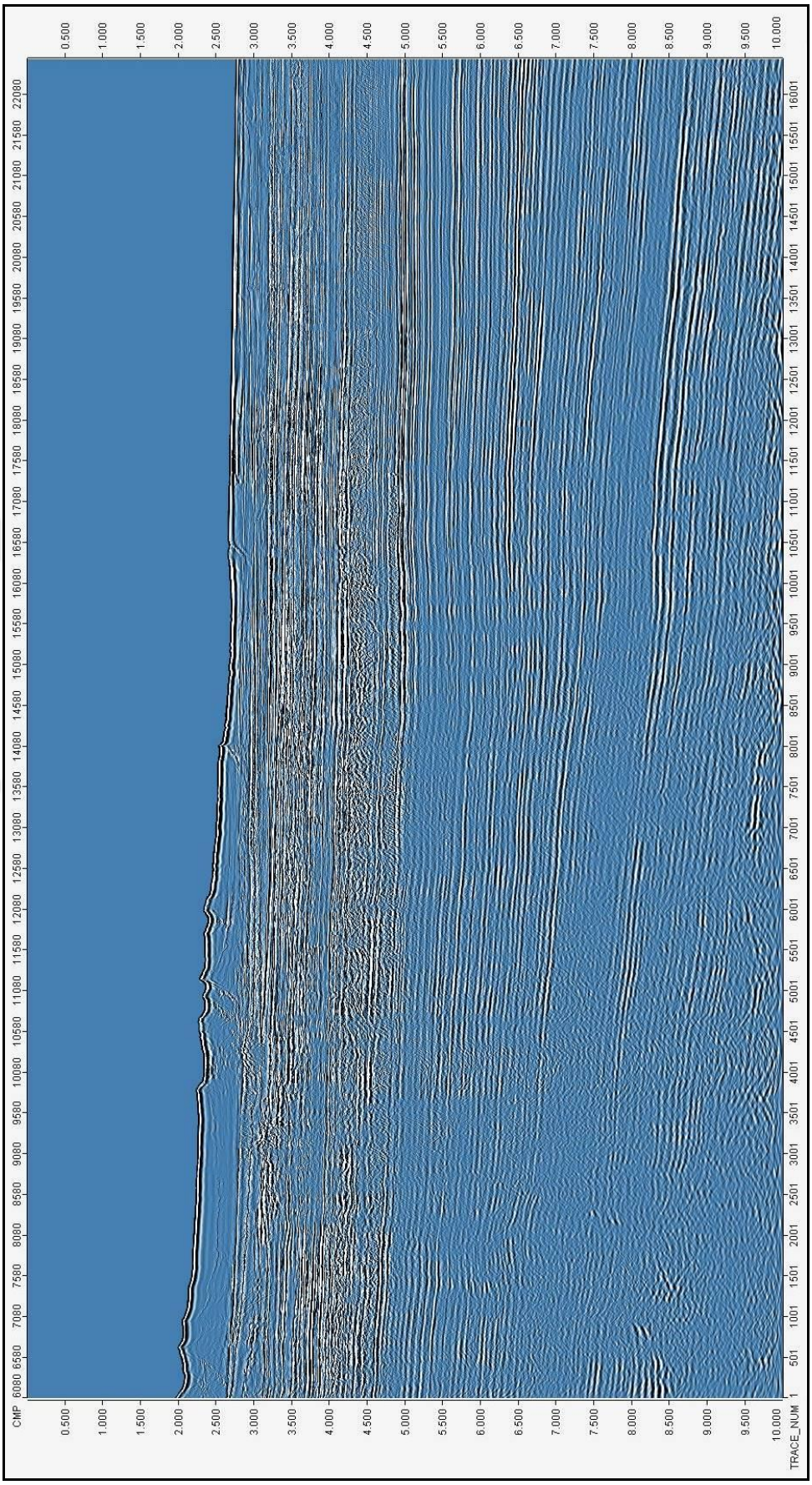
Uygulamada kullanılan Migrasyon parametreleri;

- Migrasyon algoritması :Kirchhoff Pre Stack Time Migration
- Yakın offset :100 m
- Uzak offset :10050 m
- Q soğurma değeri :210
- Uzak açılım(aperture radius) :5000 m
- Dip filtre :65 derece
- Örnekleme aralığı :4 ms

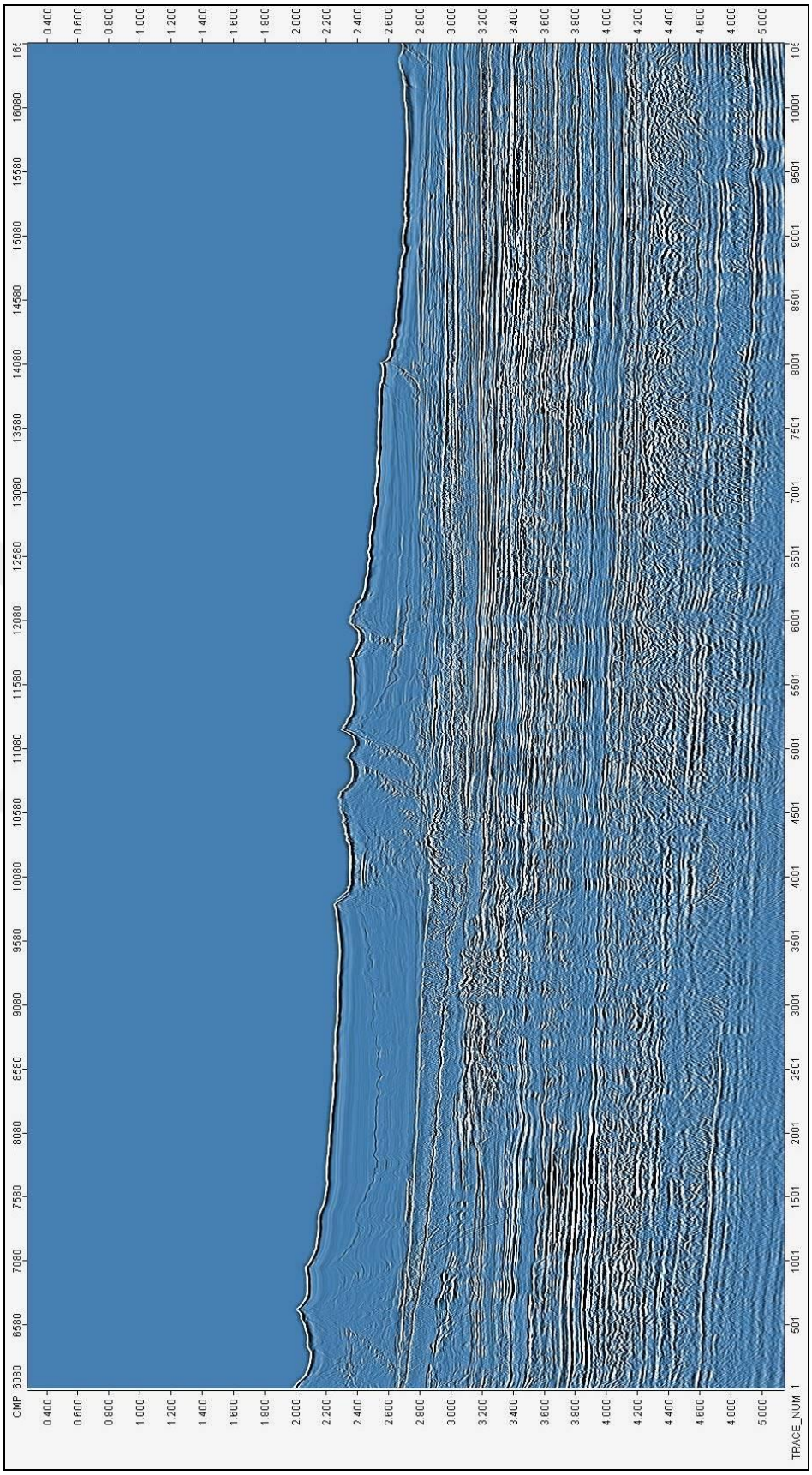
Aşağıda migrasyon sonucunda elimizde bulunun sismik kesitlerden birisinde De-Ghost uygulanmış diğerinde De-Ghost uygulanmamıştır.



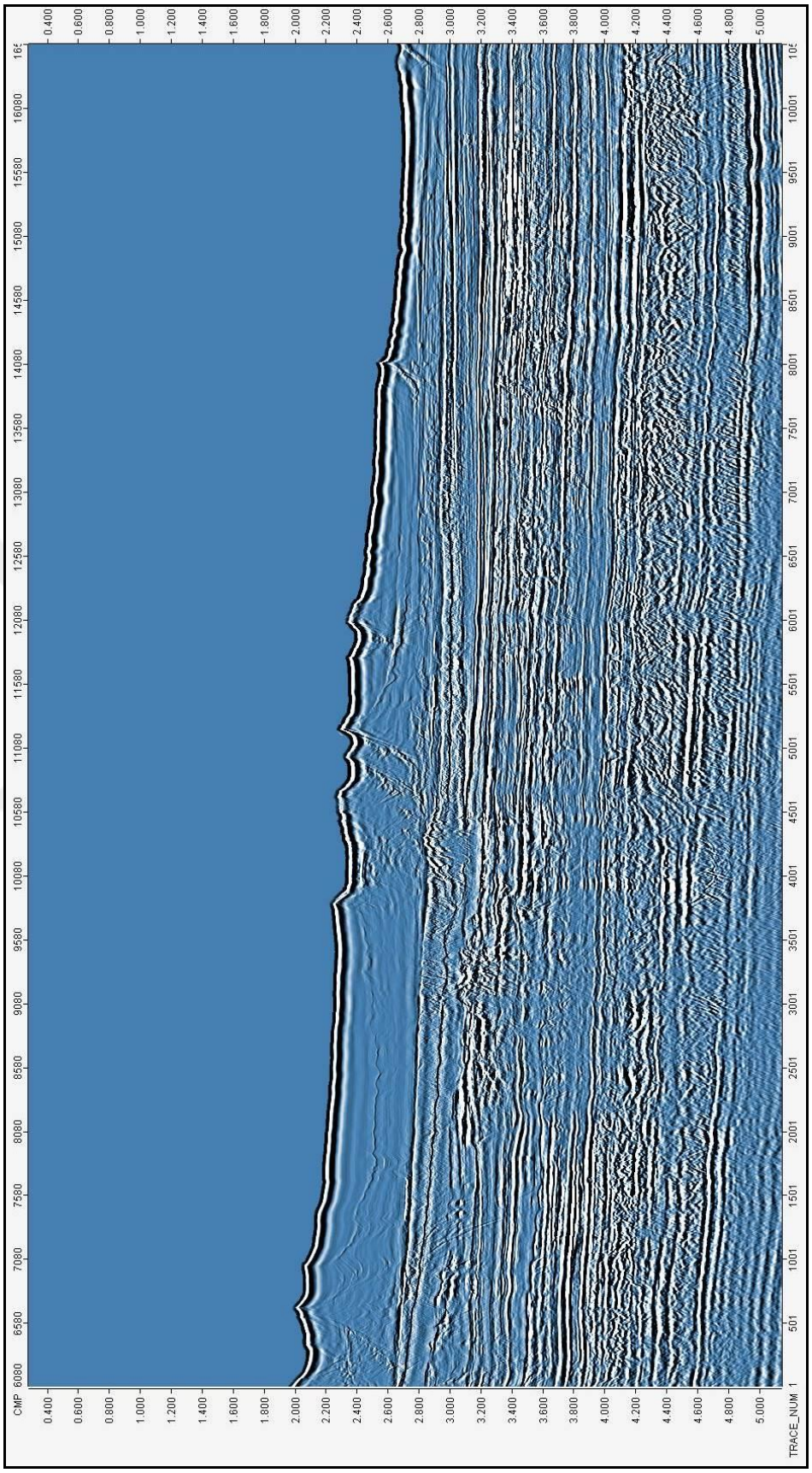
Şekil 4.70. De-Ghost uygulanmamış migrasyon sonucu



Şekil 4.71. De-Ghost uygulanmış migrasyon sonucu



Şekil 4.72. De-Ghost uygulanmamış migrasyon sonucu yakınlaştırılmış hâli.



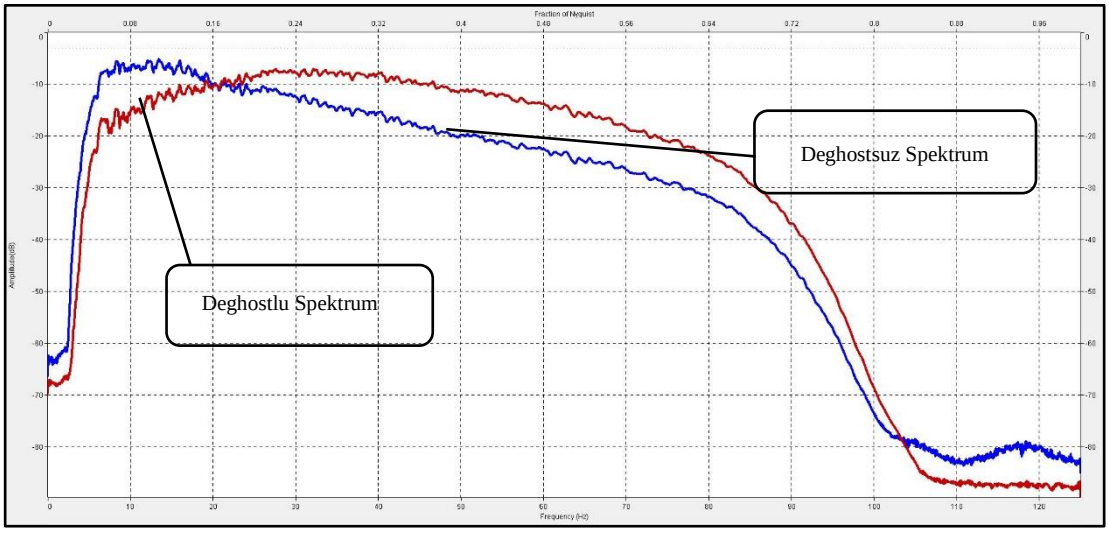
Şekil 4.73. De-Ghost uygulanmış migrasyon sonucu yakınlaştırılmış hâli.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda, keşif odağı özellikle sınırlar ve az araştırılmış alanlarda stratigrafik ve daha derin katmanlara kaymış ve geniş bant sismik verilere olan talep de buna göre artmıştır. Geleneksel denizde veri toplama, deniz yüzeyinden gelen yansımalar, hem kaynak hem de alıcı kablo derinlikleriyle doğrudan ilişkili olduğundan kaydedilen verinin sismik frekanslarını ve bant genişliğini güçlü bir şekilde etkileyebilir.

Geleneksel veri işlem yöntemleri sadece ilk hayalet çentiğin altındaki frekanslarda iyi çalışır. De-Ghost işleminin ardından migrasyon aşamasında uygun ters-Q filtrelemenin ön-istif uygulaması, bu sınırlamayı kaldırabilir ve daha geniş ve dengeli bir spektrum oluşturmak için kayıp bant genişliğini geri getirebilir, böylece sismik bölümün çözünürlüğünü ve yorumlanabilirliğini geliştirir.

Sonuç olarak aşağıdaki spektral analiz grafiğine incelediğimiz zaman bu çalışmada De-Ghost uygulanmış ve uygulanmamış verinin amplitüd-frekans grafiği görünmektedir. Bu grafiğe göre De-Ghost sonucunda düşük frekanslı verilerin ayrımlılığı artırılmış ve yüksek frekanslı yorumda bizi yanıltabilecek verinin baskısı azaltılmıştır.



Şekil 5.1. Migrasyon sonrası De-Ghostlu ve De-Ghostsuz verinin spektral analiz grafiği

Geniş bant veri işleme, son birkaç yıldır gündemin en üst sıralarında bir konu olmuştur. Bu çalışma göstermektedir ki, gelişmiş çözünürlük ve bant genişliği ile birlikte, sismik olayların daha güçlü bir şekilde ayrımcılığa uğramasının yanı sıra, esas olarak artan düşük frekanslı içerikten kaynaklanan daha derin hedeflerin daha net görüntülenmesi sağlanmıştır. (Willis, Poche, Degel, & Clarke, 2015)

KAYNAKLAR

Amundsen L., Wavenumber-Based Filtering of Marine Point-Source Data, *Geophysics*, 1993, **58**(9), 1335-1348.

Amundsen L., Zhou H., Low-Freauency Seismic Deghosting, *Geophysics*, 2013, **78**(2), WA15-WA20.

Claerbout J. F., *Fundamentals of Geophysical Data Processing*, 27th Edition, Blackwell Scientific Publication, California, 1976.

Çiftçi Y., *Sığ Yeraltı Görüntüleme Teknikleri*, 1. Baskı, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 2009.

Demirbağ E., Denizlerde Simik Araştırmalar, TUBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, https://www.slideshare.net/oncel/denizlerde-sismik-aratrmalar/ (Ziyaret Tarihi: 04 Nisan 2018).

Dondurur D., *Deniz Sismiğinde Veri İşlem*, 11. Baskı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 2009.

Güreli O., Integral (Kirchoff) Göçünde Doğru Genlikli İşlecin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007, 196505.

Hutchinson D.R., WHSC Seismic Profiling Systems, Amerika Birleşik Devletleri, Jeo. Araş. Kurumu, https://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/airgun.htm/ (Ziyaret Tarihi: 06 Haziran 2018).

Mehmood Q., Marne and Land Seismic Acquisition, Geologylearn Blogspot, http://geologylearn.blogspot.com/2015/06/marine-and-land-seismic-aquisition/ (Ziyaret Tarihi: 21 Eylül 2018).

Øverås R., Kalashnikova V., Seismic Processing Deghosting, Pss-Geo, https://www.pss-geo.com/deghosting (Ziyaret Tarihi: 08 Ağustos 2018). PGS., Understanding the Sea Surface, Variations in Airgun Arrays, and Shot-by-Shot Source Signature Variations, https://www.pgs.com/publications/feature-stories/a-time-lapse-perspective-at-paris/ (Ziyaret tarihi:10 Eylül 2018).

Tur H., Sismik Prospeksiyon, İstanbul Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi, http://aves.istanbul.edu.tr/tur/dokumanlar/ (Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2018).

URL-1: http://www.sercel.com/products/Pages/g-gun/ (Ziyaret Tarihi 7 Mayıs 2018).

URL-2: http://eee.ktu.edu.tr/labs/elektronik/elektronik2/Aktif_Suzgecler.pdf, (Ziyaret Tarihi: 05 Mayıs 2018)

Uzer T., Sismik Veri İşlem ve Deniz Sismiği Yansıma Verilerin Yorumu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 431960.

Willis A., Poche S., Degel T., Clarke R., Processing-Based Broadband Enhances İmage Quality in Frontier Areas, Offshore Magazine, https://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-75/issue-11/geology-geophysics/processing-based-broadband-enhances-image-quality-in-frontier-areas/ (Ziyaret Tarihi: 14 Temmuz 2018).

Yılmaz Ö., *Seismic Data Processing*, 10th Edition, SEG Books, Tulsa, 1987.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Selçuk K., Batı Karadeniz Tuna Bölgesinde Denizde Toplanan 2D Sismik Hattın Veri İşlem Aşamasında De-Ghost Uygulamasının Migrasyona Etkisi, *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, 2018, **17** (2), 127-154.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta, lise ve üniversite öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2002 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünden 2008 Şubat ayında mezun oldu.2010 yılında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığında KPSS ataması ile Jeofizik Mühendisi olarak işe başladı. Jeofizik operasyonlar biriminde Kara ekiplerinde ekip şefi, Yabancı gemilerde TP temsilcisi olarak 4 yıl boyunca çalıştı.2014 yılında Veri işlem müdürlüğünde kıdemli mühendis olarak geçiş yaptığından bu zamana kadar veri işlem jeofizikçisi olarak çalışmakta, gemi ve kara ekiplerini sahada ziyaret edip kalite kontrol mühendisi olarak görevine devam etmektedir.2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başlamıştır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.