

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ SİSMİĞİNDE DEKONVOLÜSYON
YÖNTEMLERİ VE AYRIMLILIK

Melek KORKMAZ

Ocak, 2014
İZMİR

DENİZ SİSMİĞİNDE DEKONVOLÜSYON YÖNTEMLERİ VE AYRIMLILIK

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

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

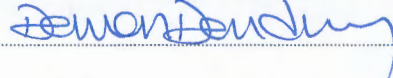
Melek KORKMAZ

Ocak, 2014

İZMİR

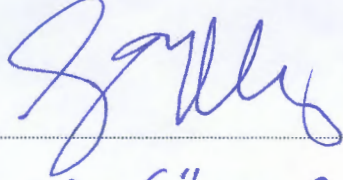
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MELEK KORKMAZ tarafından PROF. DR. DERMAN DONDURUR yönetiminde hazırlanan “DENİZ SİSMİĞİNDE DEKONVOLÜSYON YÖNTEMLERİ VE AYRIMLILIK” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



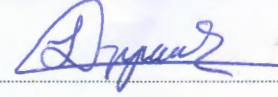
Prof. Dr. Derman DONDURUR

Yönetici



Prof. Dr. Günay ÇİFCİ

Jüri Üyesi



İrd. Doç. Dr. Şenol ÖZYALIN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince, bilgi ve tecrübesiyle daima yol gösteren, katkıları ve akademik çalışmalarıyla mesleki ufkumu genişleten, tez çalışmalarımı sürdürürken ortaya çıkan sorunların çözümünü engin bilgi ve tecrübesi ile destekleyen değerli tez danışmanım, sayın Prof. Dr. Derman DONDURUR' a teşekkürlerimi sunarım.

İmkânları ve standartları ile ülke genelinde örneğine az rastlanan modernlikte bir çalışma ortamı ihtiva eden Seislab laboratuvarının kurulması için emek harcayan, engin bilgi ve tecrübesini bizlerle paylaşan değerli hocam sayın Prof. Dr. Günay ÇİFÇİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimine başladığım günden beri, birbirimize yardımcı olmaya çalıştığımız Seislab ekibindeki arkadaşlarıma, ayrıca her zaman tecrübelerini paylaşarak katkı veren değerli meslektaşlarım Y. Jeof. Müh. H. Mert KÜÇÜK ve Y. Jeof. Müh. Murat ER' e, tez çalışmamız süresince birbirimize destek olduğumuz Y. Jeof. Müh. Mert ABABAY' a teşekkür ederim.

Laboratuvarın kurulması için maddi katkı sağlayan Devlet Planlama Teşkilatı (proje kodu: 2003K120360) – DPT'ye, laboratuvardaki sistemlerin kurulumunu gerçekleştiren ve karşılaştığımız sorunlara çözüm üretmek için her zaman vakit ayıran sayın Erdal ÖZCAN' a teşekkür ederim. Verilerin işlenmesi LANDMARK' a ait ProMAX yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Hayatımın her döneminde varlıklarını yanında hissettiğim ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bana kendimi şanslı hissettiren sevgili aileme sonsuz teşekkürler ederim.

Çalışmalarına fikir ve tecrübeleriyle katkı veren, bana her zaman destek olan sevgili meslektaşım Y. Jeof. Müh. Özkan ÖZEL' e sonsuz teşekkürler ederim.

Melek KORKMAZ

DENİZ SİSMİĞİNDE DEKONVOLÜSYON YÖNTEMLERİ VE AYRIMLILIK

ÖZ

Dekonvolüsyon, yansıma sismiğinde temel adımlardan biridir. Dekonvolüsyon işlemi, veriye ait genlik spektrumunu genişleterek sismik verinin zamansal ayrımlılığını artırır. Ayrıca sismik dalgacığı sıkıştırarak tekrarlı yansımaları yok eder ve verideki salınımlı görünümü ortadan kaldırır. Dekonvolüsyonda amaç kaynak dalgacığın etkisini yok edip yer içinin yansıma katsayıları serisini elde edebilmektir.

Bu tez çalışması kapsamında, farklı dekonvolüsyon türleri hem sentetik veriler üzerinde hem de Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne bağlı R/V K. Piri Reis araştırma gemisi ile toplanan deniz sismiği verisi üzerinde uygulanmıştır. İğnecikleştirme dekonvolüsyonu, ön kestirim dekonvolüsyonu, yığma sonrası dekonvolüsyon, Burg dekonvolüsyonu gibi farklı dekonvolüsyon türlerinin uygulanması sonucu elde edilen sentetik ve deniz sismiği verilerinde görülen değişimler incelenmiştir. Dekonvolüsyonun veri üzerindeki etkisi, genlik spektrumunda ve özilişkilerinde görülen değişimlerin incelenmesi ile belirlenmiştir.

Sonuç olarak, dekonvolüsyon işleminin temel parametrelerinden operatör uzunluğunun, özilişkideki ilk dalga treninin uzunluğuna yakın olması gerektiği uygulamalarla gözlenmiştir. Ayrıca, diğer bir temel parametre olan kestirim uzaklığının belirlenmesinde özilişki fonksiyonunun sıfır eksenini 1 veya 2. kesiş zamanına eşit ya da yakın seçme gerekliliği gözlenmiştir. Sismik verinin genlik spektrumunu düzleştirmeye çalışan uygulamalardan biri olan zamanla değişen spektral beyazlatma işlemi de uygulanmış ve dar pencereler üzerinden uygulandığında ayrımlılığı oldukça artırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ayrımlılık, iğnecikleştirme dekonvolüsyonu, kestirim dekonvolüsyonu, yığma sonrası dekonvolüsyon, maksimum entropi (Burg) dekonvolüsyonu, zamanla değişen spektral beyazlatma (TVSW)

DECONVOLUTION METHODS AND RESOLUTION IN MARINE SEISMIC

ABSTRACT

Deconvolution is one of the major steps in seismic reflection data processing. Resolution of the seismic image is improved by deconvolution process by expanding the amplitude spectra. In addition, multiple reflections and ringy character of the input seismic data are removed by deconvolution. The main objective of deconvolution is to remove the effects of the source wavelet and to enhance the resolution of the subsurface structures.

In this study, different deconvolution methods are applied both synthetic and real seismic data sets which were collected aboard of R/V K. Piri Reis of the Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylul University. The effects of different types of deconvolution methods such as spiking, predictive, decon after stack (DAS) and Burg deconvolution methods on both synthetic and marine seismic data have been investigated. The effects of the deconvolution were determined on the data by investigations of the changes on amplitude spectra and autocorrelograms of the outputs.

Consequently, it is suggested that the deconvolution works best when the operator length is close to the time span of the first separate wave train in the autocorrelograms. The prediction lag of the predictive deconvolution should be chosen as the time of first or second zero-crossing of the autocorrelation traces. TVSW method was also applied in order to flatten the amplitude spectrum of seismic data and it is observed that it improves the resolution significantly when applied to the data by using narrow windows.

Keywords: Resolution, spiking deconvolution, predictive deconvolution, decon after stack, maximum entropy (Burg) deconvolution, time variant spectral whitening (TVSW)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - TEORİDE DEKONVOLÜSYON	5
2.1 Konvolüsyon	5
2.1.1 Konvolüsyonel Model.....	6
2.2 Dekonvolüsyon İçin Önkabuller	9
2.3 İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu.....	14
2.3.1 Ters Süzgeç.....	15
2.3.2 En Küçük Kareler (Ekk) Yöntemiyle Ters Süzgeçleme	20
2.3.3 Optimum Wiener Süzgeçleri	22
2.3.4 Wiener İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu	24
2.3.5 Önbeyazlatma (Prewhitening)	26
2.4 Kestirim Dekonvolüsyonu.....	28
2.5 Maksimum Entropi (Burg) Dekonvolüsyonu.....	32
2.6 Zamanla Değişen Spektral Beyazlatma.....	33
BÖLÜM ÜÇ - DEKONVOLÜSYON ÖNCESİ VERİ İŞLEM ADIMLARI.....	35
3.1 Dekonvolüsyon Öncesi Sismik Veri İşlem Adımları	35
3.2 Dekonvolüsyon Sonrası Veri İşlem Adımları	40

BÖLÜM DÖRT - DEKONVOLÜSYON UYGULAMALARI	44
4.1 Dekonvolüsyon için Parametreler	44
4.1.1 Özilişki Zaman Penceresi	44
4.1.2 Dekonvolüsyon Tasarım Penceresi.....	45
4.1.3 Operatör Uzunluğu	46
4.1.4 Kestirim Uzaklığı.....	46
4.2 Dekonvolüsyon İşlemi Sonrasında Bant Geçişli Süzgeç Uygulanması	48
4.3 İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu.....	49
4.4 Kestirim Dekonvolüsyonu.....	51
4.5 Yığılma Sonrası Dekonvolüsyon.....	55
4.6 Maksimum Entropi (Burg) Dekonvolüsyonu.....	55
4.5 Zamanla Değişen Spektral Beyazlatma (Time Variant Spectral Whitening - TVSW)	57
BÖLÜM BEŞ – TARTIŞMA VE SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Yatay tabakalı yer modeli (a), her bir ara yüzey için yansımaya katsayılarından (C_i) oluşturulan yansımaya katsayıları serisi (reflektivite) (b), Örnek bir yansımaya katsayıları serisi (c).....	7
Şekil 2.2 Konvolüsyonel modelin şematik gösterimi. (a) jeolojik kesit, (b) akustik empedans logu, (c) yansımaya katsayısı serisi, (d) giriş sinyali, (e) yansımaya fonksiyonu, (f) sismogram. Akustik empedans logundan elde edilen yansımaya katsayısı fonksiyonu ile giriş sinyalinin konvolüsyonu sonucu oluşan sentetik sismogram	8
Şekil 2.3 Konvolüsyon ve dekonvolüsyon işleminin şekilsel olarak gösterimi	9
Şekil 2.4 (a) Akustik log yardımıyla belirlenmiş yer içi hız değişimi ve (b) sismik dalgaların oluşumu (sıfır ofset)	10
Şekil 2.5 Sismik kaynak dalgacığı başlangıçtan hemen sonraki formu en üst solda. Dalga yer içinde seyahat ettiği için genlik miktarı düşer (geometrik yayılım) ve yüksek frekansları kaybolur (frekans soğurulması)	11
Şekil 2.6 (a) Minimum, (b) ve (c) karışık, (d) maksimum fazlı dalgacıklar ve spektrumları.....	12
Şekil 2.7 Yansımaya katsayıları serisi ile kaynak dalgacığının konvolüsyonu sonucu elde edilen sismogram ve bunlara ait genlik spektrumları	13
Şekil 2.8 İğnecikleştirme dekonvolüsyonunun şematik gösterimi.....	14
Şekil 2.9 Ters süzgeçleme işleminin uygulanma akışı.....	16
Şekil 2.10 Optimum Wiener süzgeçlerinin hesabı ve uygulamasının şematik gösterimi.....	23
Şekil 2.11 (a) Yansımaya katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) deterministik ve (d) istatistiksel dekonvolüsyon sonuçları, genlik spektrumları (üstte) ve özilişkileri (altta).	25
Şekil 2.12 (a) Yansımaya katsayıları serisi, (b) karışık fazlı sismogram, (c) deterministik ve (d) istatistiksel dekonvolüsyon sonuçları, genlik spektrumları (üstte) ve özilişkileri (altta)	26
Şekil 2.13 (a) Dekonvolüsyon operatörünün spektrumu giriş dalgacığının spektrumunun tersi. (b) spektrumunda sıfırlar bulunan giriş dalgacığı ve bant sınırlı	

giriş dalgacıklarının yarattığı kararsız sonuçlar (c) kararsız sonuç üretilmesini önlemek için dekonvolüsyon öncesi spektruma beyaz gürültü eklenmesi.....	27
Şekil 2.14 Zamanla değişen spektral beyazlatma uygulanacak sismik ize uygulanan üç adet dar bantgeçişli süzgecin şematik genlik spektrumu. F_l düşük frekans, F_m orta frekans ve F_h yüksek frekans bantlarını geçiren süzgeç spektrumlarını temsil etmektedir.....	33
Şekil 2.15 Sismik izin frekans bağımlı olarak sönümlenmesi. Kesik çizgiler zarf eğrilerini ifade etmektedir.	34
Şekil 2.16 Zamanla değişen spektral beyazlatma uygulamasının akış diyagramı	34
Şekil 3.1 Sismik veriye uygulanan veri işlem akış diyagramı	37
Şekil 3.2 Ham giriş verisinin (üstte) ve (altta) köşe frekansları 8-12-195-200 Hz olarak ve süzgeç boyu 400 ms seçilerek uygulanan bant geçişli süzgeç sonrası verinin genlik spektrumları	38
Şekil 3.3 Genlik kazanımı uygulanmamış (üstte) ve pencere boyu 600 ms seçilerek genlik kazanımı uygulanmış atış grupları	38
Şekil 3.4 a) F-K analizi uygulanmamış atış grubu, b) frekans dalga sayısı ortamında verinin bulunduğu alanı içine alan poligon.....	39
Şekil 3.5 a) F-K Şekil 3.5'te verilen atış grubunun F-K süzgeci sonrası görünümü, b) frekans dalga sayısı ortamında poligon dışındaki gürültülerin veriden atıldığı F-K gösterimi.....	39
Şekil 3.6 Hız analizi sonucu elde edilen 2 boyutlu hız alanı	41
Şekil 3.7 Yığılma işlemi yapılmış sismik hattının bir kısmının görüntüsü	42
Şekil 3.7 kz10-x03 hattının dekonvolüsyon uygulamadan elde edilen migrasyon kesiti ve ortalama genlik spektrumu	43
Şekil 4.1 Aynı bir atış grubu için (a) 500 ms, (b) 250 ms pencere boyu ve eğimli bir pencere üzerinden (c) 500 ms pencere boyu seçilerek hesaplanan özdeşikiler	45
Şekil 4.2 Farklı dekonvolüsyon tasarım pencereleri ile dekonvolüsyon işleminin çıktıları ve bu çıktılara ait genlik spektrumları	47
Şekil 4.3 Dekonvolüsyon öncesi giriş verisi (a), dekonvolüsyon çıkış verisi (b), bantgeçişli filtre uygulanmış çıkış verisi (c) ve bu kesitlere ait genlik spektrumları (üst kısım)	48

Şekil 4.4 Minimum fazlı dalgacık (a) üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (b) $n = 5$, (c) $n = 10$, (d) $n = 15$, (e) $n = 20$, (f) $n = 35$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özilişkiler (alt kısım) ve genlik spektrumları (üstte).....	58
Şekil 4.5 Sentetik sismogram üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) Yansıma katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) $n = 20$, (d) $n = 50$, (e) $n = 75$, (f) $n = 100$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özilişkiler (alt kısım) ve genlik spektrumları (üstte).....	59
Şekil 4.6 2B sentetik model üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. Giriş verisi ile $n = 20$ ms, $n = 50$ ms, $n = 75$ ms, $n = 100$ ms ve $n = 125$ ms seçilen operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları.....	60
Şekil 4.7 Bir atış grubu üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) giriş verisi, (b) $n = 15$, (c) $n = 35$, (d) $n = 50$, (e) $n = 80$, (f) $n = 125$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özilişkileri (alt kısım) ve genlikleri (üstte).....	61
Şekil 4.8 Farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti, (b) $n = 15$, (c) $n = 35$, (d) $n = 50$, (e) $n = 80$, (f) $n = 125$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesitleri	62
Şekil 4.9 Operatör uzunluğu $n = 50$ ms seçilerek iğnecikleştirme dekonvolüsyonu ve AGC genlik kazanımı uygulanmış migrasyon kesiti	63
Şekil 4.10 Minimum fazlı dalgacık üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) minimum fazlı dalgacık, (b) $n = 1$ ms, (c) $n = 7$ ms, (d) $n = 21$ ms, (e) $n = 35$ ms, (f) $n = 98$ ms ($n = 35$ ms sabit alınmıştır.).....	64
Şekil 4.11 Sentetik sismogram üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) yansıma katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) $n = 1$ ms, (d) $n = 7$ ms, (e) $n = 21$ ms, (f) $n = 35$ ms seçilerek elde edilen dekonvolüsyon çıktıları ($n = 50$ ms sabit alınmıştır.).....	65

Şekil 4.12 2B sentetik model üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. 2-Boyutlu sentetik model (Giriş), $\alpha = 1$ ms, $\alpha = 3$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, $\alpha = 21$ ms, $\alpha = 35$ ms seçilerek elde edilen kestirim dekonvolüsyonu çıktıları (n=20 ms sabit alınmıştır.).....	66
Şekil 4.13 Giriş verisi olarak Şekil 4.7' de kullanılan atış grubu üzerinde, kestirim uzaklığı 7 ms alınarak, farklı operatör uzunlukları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması, (a) giriş, (b) n = 40 ms, (c) n = 60 ms, (d) n = 80 ms, (e) n = 100 ms, (f) n = 120 ms, (g) n = 140 ms seçilerek hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu sonuçları, bunların özilişki (altta) ve genlik spektrumları (üstte)	67
Şekil 4.14 Giriş verisi olarak Şekil 4.7' de kullanılan atış grubu üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) giriş, (b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 3$ ms, (d) $\alpha = 5$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, (f) $\alpha = 14$ ms , (g) $\alpha = 21$ ile elde edilen dekonvolüsyon çıktıları ve bu çıktılara ait özilişki (altta) ve genlik spektrumları (üstte).....	68
Şekil 4.15 Farklı kestirim uzaklıkları için ikestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti, ((b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 3$ ms, (d) $\alpha = 5$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, (f) $\alpha = 14$ ms , (g) $\alpha = 21$ ms kestirim uzaklığı için hesaplanan ikestirim dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesitleri	69
Şekil 4.16 Kestirim uzaklığı $\alpha = 7$ ms, operatör uzunluğu n = 80 ms seçilerek hesaplatılan dekonvolüsyon uygulanmış kz10-x03 migrasyon kesiti.....	70
Şekil 4.17 Operatör uzunluğu 80 ms ve kestirim uzaklığı 7, 14 ve 21ms seçilerek, yığma sonrası dekonvolüsyon işlemi uygulanmış kz10-x03 yığma kesitleri ve genlik spektrumları.....	71
Şekil 4.18 Operatör uzunluğu n = 80 ms ve kestirim uzaklığı 14 ms seçilerek, yığma sonrası dekonvolüsyon işlemi uygulanmış kz10-x03 migrasyon kesiti.....	72
Şekil 4.19 Giriş verisi olarak Şekil 4.7' de kullanılan atış grubu üzerinde, farklı operatör uzunlukları için Burg dekonvolüsyonu uygulaması. (a) giriş verisi, Operatör uzunluğu (b) n=15, (c) n=35, (d) n=50, (d) n=80 ve (e) n=125ms seçilerek uygulanmış Burg dekonvolüsyonu çıkış verisi ve bunlara ait özilişkiler (altta) ve genlik spektrumları (üstte).	73
Şekil 4.20 Operatör uzunluğu n=80 ms seçilerek uygulanmış Burg dekonvolüsyonu işleminin migrasyonlu çıkış verisi	74

Şekil 4.21 kz10-x03 migrasyon kesitine “zamanla değişen spektral beyazlatma”
işlemi uygulanması sonrası görünümü ve genlik spektrumu 75

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Sismik veri işleminde kullanılan dekonvolüsyon yöntemleri ve uygulama alanları	4
Tablo 2.1 4 elemanlı ayırık $x(t)$ ve $y(t)$ dizilerinin konvolüsyonunun şematik olarak hesaplanması. τ kaydırma miktarını ifade etmektedir	5
Tablo 2.2 Konvolüsyon işleminin bazı özellikleri	6
Tablo 2.3 $w(t) = (2,-1)$ giriş dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk üç teriminin dekonvolüsyon işlem tablosu	18
Tablo 2.4 $w(t) = (2,-1)$ giriş dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk dört teriminin dekonvolüsyon işlem tablosu	19
Tablo 2.5 $w(t) = (-1,2)$ dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk üç terimiyle uygulanan dekonvolüsyon işlem tablosu	20
Tablo 2.6 EKK yöntemi uygulamasının şematik gösterimi	20
Tablo 2.7 EKK yaklaşımıyla elde edilen süzgeç katsayıları $(10/21,4/21)$ kullanılarak yapılan Dekonvolüsyon işlem sonucu.....	21
Tablo 2.8 Maksimum fazlı dalgacık için EKK yönteminin uygulanması.....	22
Tablo 2.9 EKK yaklaşımıyla elde edilen süzgeç katsayıları $(-5/21,-2/21)$ kullanılarak yapılan dekonvolüsyon işlem sonucu.....	22
Tablo 2.10 $w(t) = (2,-1)$ dalgacığının özilişkisi	29
Tablo 2.11 İstenen çıkış $(1,0,0)$ ile girişin $w(t) = (2,-1)$ çapraz ilişkisi	29
Tablo 2.12 Bir x_i ($i=0,1,2,3,4$) dizisinin özilişkisi	30
Tablo 3.1 kz10-x03 hattına ait çok kanallı sismik veri toplama parametreleri.....	36
Tablo 3.2 Uygulamalarda kullanılan sentetik verilere ait parametreler	36

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Yansıma sismiğinde dekonvolüsyon (ters evrişim) temel kavramlardan biridir. Dekonvolüsyon kavramının temeli, E. Robinson, N. Levinson, N. Wiener ve P. Samuelson' nin 1950' li yıllarda Massachusetts Institute of Technology (MIT)' de yaptıkları çalışmalar ile atılmıştır.

Dekonvolüsyon üzerine yayınlanan pek çok çalışmanın dayandığı ortak varsayım, kaynak dalgacığın karışık fazlı olduğu ve yansıma katsayılarının genlik spektrumunun düz bir bant şeklinde olduğu üzerinedir. Buna karşın genlik spektrumu düz olmayan yansıma katsayılarının yüksek ve düşük frekans içeriğine bağlı olarak gelişigüzel bir bant spektrumuna sahip olduğu kabul edilmektedir.

Yansıma katsayıları serisinin düz olmadığı haller ile ilgili olarak Jensen ve diğ. (1988)' de bunu düzenlemek için çalışmalar yapmışlardır. Sismik dekonvolüsyon uygulaması için kestirim dekonvolüsyonu temeline dayanan maksimum olasılık (maximum likelihood) dekonvolüsyonu uygulaması Mendel (1983) tarafından başlatılmıştır. Saggaf ve Toksöz (1999) ise az oranda gürültü içeren bir yansıma modeli üzerinde dekonvolüsyon işlemini uygulamışlardır. Porsani ve Ursin (1998), karışık fazlı dekonvolüsyonu oluşturmuşlardır. Treitel (1974) tarafından karmaşık seri kestirim yöntemi temel alınarak ortaya konulan F-X kestirim dekonvolüsyonu, Gülünay (1986) tarafından geliştirilmiştir.

Tekrarlı yansımaların bastırılması amacı ile Carrion (1996) tarafından tabaka silme yöntemi ortaya çıkarılmış ve sonrasında Carrion ve Braga (1990) ardışık iz dekonvolüsyonu yöntemini geliştirmişlerdir. Kritik yansıma teoremi üzerine Kelamis ve Chiburis (1988) yılında çalışmalar yapmışlardır. Homomorfik dekonvolüsyon olarak tanımlanan ve Ulrych (1971) ile Buttkus (1975) üzerinde dikkat çekici çalışmalar yürütmüşlerdir.

Ulrych ve Bishop (1975), maksimum entropi spektral analiz ve otoregresif ayrıştırma üzerine yöntemler geliştirmişlerdir. Minimum entropi dekonvolüsyonu ile ilgili temel çalışmaları Ooe ve Ulrych (1979) yılında gerçekleştirmişlerdir. İlk kez Burg (1967) tarafından sismik verideki zamansal ayrımlılığı artırmak için önerilen maksimum entropi yöntemini; Robinson ve Treitel (1980) çok tabakalı yer altı yapısına ait yansıma katsayıları için kısmi özilişkinin etkisini ve maksimum entropi (burg) dekonvolüsyonunu tartışmışlardır. 1982 yılında ise Ulrych ve Walker minimum entropi ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir. Kestirim dekonvolüsyonu yönteminde operatör uzunluğu ve kestirim uzaklığını parametre seçimlerinin tekrarlı yansıma genliği üzerine etkileri hakkında O' Brien (1997) tartışmıştır. $\tau - p$ ortamında kestirim dekonvolüsyonu uygulanması ile tekrarlı yansımaların bastırılması mümkün olduğu görülmüştür (Treitel ve diğ., 1982). Taner (1980), tekrarlı yansımaların $\tau - p$ ortamında seçilen periyodik görünümünden yola çıkarak, uzun periyotlu tekrarlı yansımaların sönümlenmesi için $\tau - p$ ortamı dekonvolüsyonunun uygulanabileceğini öne sürmüştür. Dondurur (2010), hem iki boyutlu veriye hemde bir boyutlu sismik veri üzerinde iz iz uygulama yaparak Gold dekonvolüsyonu olarak adlandırılan yöntem ile kesitler üzerinde bulunan parlak noktaları (Bright spots) ve lokal rezervuar yapıları üzerinde etkin sonuçlar verdiğiinden bahsetmiştir.

Bütün bu çalışmaların ortak amacı dekonvolüsyon yöntemini kullanarak, sismik verinin zamansal ayrımlılığını artırmak ve/veya veride bulunan tekrarlı yansımaların veriden atılmasını sağlamaktır. Dekonvolüsyonda amaç kaynak dalgacığının etkisini yok edip yer içinin yansıma katsayıları serisini elde edebilmektir. Dekonvolüsyon uygulanmış veride, salınımlı görünüm ortadan kalkar. Bir veri işlem adımı olan dekonvolüsyon, sismik veri işlemede yığma öncesi ve sonrasında da uygulanabilmektedir. Genellikle yığma öncesi atış gruplarına ya da ortak yansıma noktası (common depth point - CDP) gruplarına uygulanırken, yığma işlemi sonrasında da uygulanabilmektedir ve uygulanan bu işleme “yığma sonrası dekonvolüsyon” (deconvolution after stack-DAS) denilmektedir.

Yığma öncesi uygulanacak dekonvolüsyon adımı için atış veya CDP gruplarının; geometrisi yüklenmiş, genlik kazancı yapılmış, süzgeçleme işlemi uygulanmış, istenmeyen kısımları atılmış, gerekiyorsa f-k süzgeci uygulanmış ve ölü izleri ayıklanmış olmalıdır.

Sismik veri işleminde uygulanan dekonvolüsyon işlemi genel olarak verideki zamansal ayrımlılığı artırır ve giriş verisindeki bant sınırlı olan genlik spektrumunu genişletmeye hatta düzleştirmeye çalışır. Bu işlemi sismik verinin içerdiği dalgacık etkisini gidererek yapar. Bu amaç doğrultusunda kullanılan birçok dekonvolüsyon yöntemi vardır (Tablo 1.1). Yansıma katsayıları serisi veya reflektivite (reflectivity function), yeraltındaki jeolojik yapıya bağlı olarak değişir ve uygulanan pek çok sismik yöntem ile reflektivite serileri hakkında bilgi elde edilmeye çalışılır.

Bu tez çalışması kapsamında kestirim dekonvolüsyonu, iğnecikleştirme dekonvolüsyonu ve burg dekonvolüsyonu uygulamaları; minimum fazlı dalgacık, minimum fazlı sismogram ve iki boyutlu sentetik model ile deniz sismiği verisi üzerinde uygulanmıştır. Ayrıca deniz sismiği verisine zamanla değişen spektral beyazlatma işlemi uygulanarak, dekonvolüsyonlu çıkış verileri ile karşılaştırılmıştır.

Hem sentetik veriler hem de deniz sismiği verisi üzerinde uygulanan farklı dekonvolüsyon türlerine ait parametre testleri ile elde edilen dekonvolüsyonlu çıkış verilerine ait genlik spektrumları özilişki grafikleri ve sismik kesitlerdeki genlikler üzerinde ortaya çıkan değişimler incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda uygun olarak belirlenen parametre değerleri arazi verisinin tamamına uygulanmış ve farklı dekonvolüsyon türlerine ait elde edilmiş migrasyonlu çıktılar karşılaştırılmıştır. Farklı dekonvolüsyon uygulamaları ile elde edilen dekonvolüsyonlu çıkış verileri karşılaştırılarak uygulama sonucu ortaya çıkan benzer ve farklı sonuçlar ortaya konmuştur. Bununla birlikte, uygulaması yapılan farklı dekonvolüsyon türlerindeki etkin parametre seçiminde nelere dikkat edilmesi gerektiğine dair bazı yaklaşımlar getirilmiştir.

Tablo 1.1. Sismik veri işleminde kullanılan dekonvolüsyon yöntemleri ve uygulama alanları (Dondurur, 2009).

Dekonvolüsyon Türleri	Uygulama Alanları
İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu	Sismik verideki kaynak dalgacığını iğneciğe dönüştürür ve zamansal ayrımlılığını artırır.
Kestirim Dekonvolüsyonu	Verideki tekrarlı yansımaların bastırılmasında kullanılır.
Dalgaformu Dekonvolüsyonu	Bir dalgacığı bir diğerine (genellikle karışık fazlı dalgacığı minimum fazlı dalgacığa dönüştürmekte kullanılır.
Adaptif Dekonvolüsyon	Dekonvolüsyon parametrelerinin işlem sırasında otomatik olarak değiştirildiği dekonvolüsyon türüdür.
Homomorfik Dekonvolüsyon	Veriyi, dalgacık ve yer içinin yansıma katsayılarının ayrıştırabildiği spektrum ortamına dönüştürür.
Maksimum Entropi (Burg) Dekonvolüsyonu	Verideki kestirilebilir ve gelişigüzel bileşenlerin bulunmasında entropi ölçütünü kullanır.
Minimum Entropi Dekonvolüsyonu	Sinyaldeki düzensizliği azaltmaya çalışarak verinin zamansal ayrımlılığını artırır.
Yüzey uyumlu (Surface Consistent) Dekonvolüsyon	Sinyali kaynak, alıcı, ofset ve yansıma katsayılarının etkisine ayrıştırır ve AVO çalışmalarında kullanılır.
Frekans Ortamı Dekonvolüsyonu	Dekonvolüsyon süzgecinin belirlenmesi işlemi frekans ortamında yapılır ve dalgacık kestirimi yaklaşımı kullanılır.

BÖLÜM İKİ

TEORİDE DEKONVOLÜSYON

2.1 Konvolüsyon

Konvolüsyon, bir sistemin girişi ile çıkışını denetleyen matematiksel bir işlem olarak tanımlanır. Bir başka deyişle sistemin girişi ile çıkışı arasındaki matematiksel işlemdir. Zamanla değişmeyen bir sistemde giriş ile çıkış verileri arasında bir konvolüsyon işlemi bulunur. Konvolüsyon, katlamalı bir çarpım işlemidir.

$x(t)$ ve $y(t)$ dizileri için konvolüsyon işlemi analitik olarak,

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)y(t-\tau)d\tau \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir ve (τ) kayma miktarını temsil etmektedir. Zaman ortamında iki fonksiyon konvolüsyona sokulursa, frekans ortamında her iki fonksiyonun aynı frekansa ait harmoniklerinin genlikleri çarpılmış olur. Fonksiyonların faz spektrumları ise toplanmış olur. Spektrumdaki farklı frekanslı bileşenlerin genlikleri birbirini etkilemez. Ayrık verilerin konvolüsyonunun hesaplanması Tablo 2.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Dört elemanlı ayrık $x(t)$ ve $y(t)$ dizilerinin konvolüsyonunun şematik olarak hesaplanması. τ kaydırma miktarını ifade etmektedir (Dondurur, 2009).

			x_0	x_1	x_2	x_3						Çıkış
y_3	y_2	y_1	y_0						$\tau = 0$			$f(0) = x_0y_0$
	y_3	y_2	y_1	y_0					$\tau = 1$			$f(1) = x_0y_1 + x_1y_0$
		y_3	y_2	y_1	y_0				$\tau = 2$			$f(2) = x_0y_2 + x_1y_1 + x_2y_0$
			y_3	y_2	y_1	y_0			$\tau = 3$			$f(3) = x_0y_3 + x_1y_2 + x_2y_1 + x_3y_0$
				y_3	y_2	y_1	y_0		$\tau = 4$			$f(4) = x_1y_3 + x_2y_2 + x_3y_1 + x_0y_0$
					y_3	y_2	y_1	y_0	$\tau = 5$			$f(5) = x_2y_3 + x_3y_2 + x_0y_0 + x_1y_1$
						y_3	y_2	y_1	y_0	$\tau = 6$		$f(6) = x_3y_3 + x_0y_0 + x_1y_1 + x_2y_2$

Tablo 2.2 Konvolüsyon işleminin bazı özellikleri (Dondurur, 2009).

Özellik	Matematiksel ifade
Yer değiştirme özelliği	$x(t)*y(t)=y(t)*x(t)$
Dağılma özelliği	$x(t)*[f(t)+y(t)]=x(t)*f(t)+x(t)*y(t)$
Etkisiz eleman	$x(t)*\delta(t)=x(t)$
Fourier dönüşüm özelliği	$\Gamma^{-1}\{x(t) * y(t)\}= x(\omega) . y(\omega)$
Frekans ortamında konvolüsyon	$\Gamma^{-1}\{X(\omega)*Y(\omega)\} = x(t) . y(t)$

2.1.1 Konvolüsyonel Model

Dekonvolüsyon işleminin kavranabilmesi için 1B sismik modellemenin temelini oluşturan ve sıfır ofset kesitlerin oluşturulmasında kullanılan konvolüsyonel model ve bu modelin oluşturulmasının bilinmesi gerekir. Yerküre farklı türdeki litolojilere ve fiziksel özelliklere sahip tabakalardan oluşmaktadır. Sismik yöntem var olan tabakaların yoğunlukları ve sismik dalga hızları ile ilişkili bir yöntemdir. Yansımalar, akustik empedans olarak tanımlanan yoğunluk ve hızın çarpımı sonucu oluşan farklı tabakaları ayıran ara yüzeylerden alınır.

Yer içerisindeki yoğunluk değişimi hız değişimi ile kıyaslandığında ihmal edilebilecek boyuttadır. Bu durumda sismik yöntemde en önemli parametre hızdır ve sismik yöntemin farklı hızlara sahip tabakalara ait ara yüzeyleri ayırdığı söylenebilir. Bu sınırların akustik empedanslarından hesaplanan yansıma katsayılarının oluşturduğu dizi “yansıma katsayıları serisi (impulse response)” veya “reflektivite (reflectivity)” olarak tanımlanır ve Denklem (2.2) ile tanımlanır.

$$I_k = \rho_k \cdot V_k \quad (2.2)$$

I : akustik empedans, ρ : yoğunluk, V : tabaka içindeki sıkışma dalgası hızı, k : arayüzey (Yılmaz, 2001).

Denklem (2.3)' de düşey olarak gelen düzlem bir dalga için yansımaya katsayıları,

$$C_{k=} = \frac{I_{k+1} - I_k}{I_{k+1} + I_k} \quad (2.3)$$

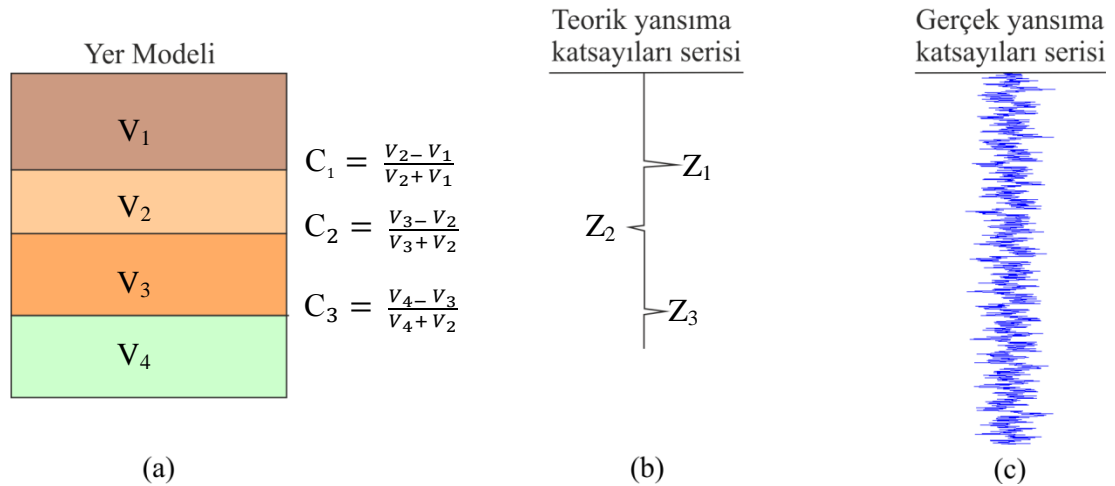
C_k : yansımaya katsayısı (Yılmaz, 2001).

şeklinde hesaplanır.

Yoğunluk ile hız değerleri kıyaslandığında yoğunluk değerlerinin ihmal edilebileceği kabulüyle Denklem (2.3), Denklem (2.4)' e indirgenebilir (Yılmaz 2001).

$$C_{k=} = \frac{V_{k+1} - V_k}{V_{k+1} + V_k} \quad (2.4)$$

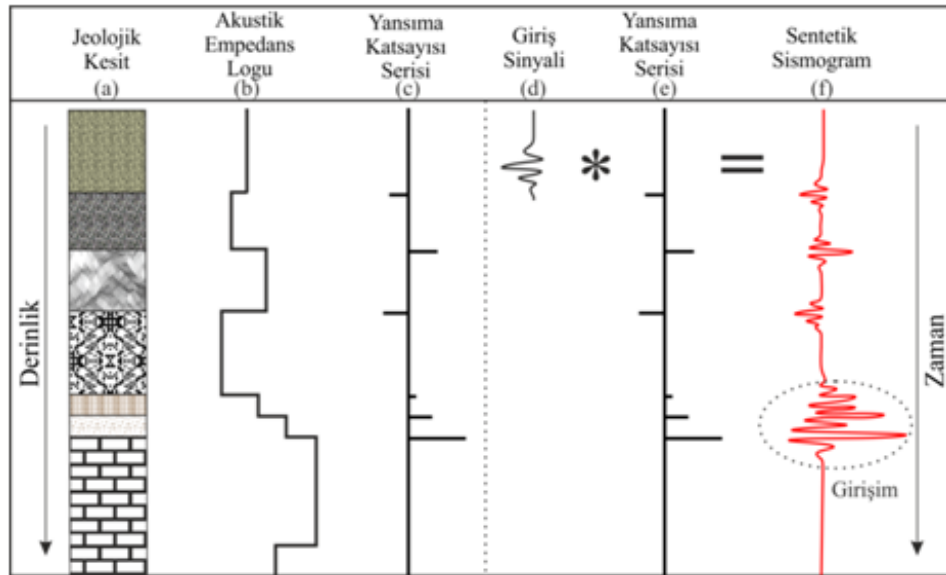
Şekil 2.1a sismik hızları ve yansımaya katsayılarını (C_k) gösteren yer modelini, Şekil 2.1b ise bu modelin yansımaya katsayıları serisini şematik olarak göstermektedir. Gerçekte ise yer içi yansımaya katsayıları serisi çok daha karmaşıktır (Şekil 2.1c).



Şekil 2.1 Yatay tabakalı yer modeli (a), her bir ara yüzey için yansımaya katsayılarından (C_i) oluşturulan yansımaya katsayıları serisi (reflektivite) (b), Örnek bir yansımaya katsayıları serisi (c) (Dondurur, 2009' dan derlenmiştir).

Konvolüsyonel modelde yer içinin yansımaya katsayıları serisi ile sismik dalgacığın konvolüsyonu sonucunda sentetik sismogram elde edilir (Şekil 2.2). Yansımaya katsayılarının kaynak dalgacığıyla ayrı ayrı konvolüsyonu sonucu elde edilen sismogramların toplanmasıyla veya yerin yansımaya katsayıları serisinin dalgacıkla konvolüsyonu sonucunda sismik iz elde edilir. İki işlemin sonucu da toplamsallık (superposition) ilkesine göre değişmeyecektir.

Yer içerisinde seyahat eden giriş sinyali (kaynak sinyali), yansımaya katsayıları ile ilişkili olarak kendini şekillendirir. Yer içerisindeki ara yüzeyler arasındaki zaman olarak mesafe yeterince uzak ise yansımalar ayrılırken, birbirine yakın olan ara yüzeyler ise birbirleri içine karışır ve ayrılmaz. Bu etkiye girişim denir. Şekil 2.2’ de yansımaya fonksiyonu ile giriş sinyalinin konvolüsyonu sonucu oluşan sentetik sismogram üzerinde girişim etkisi şematik olarak görülmektedir.



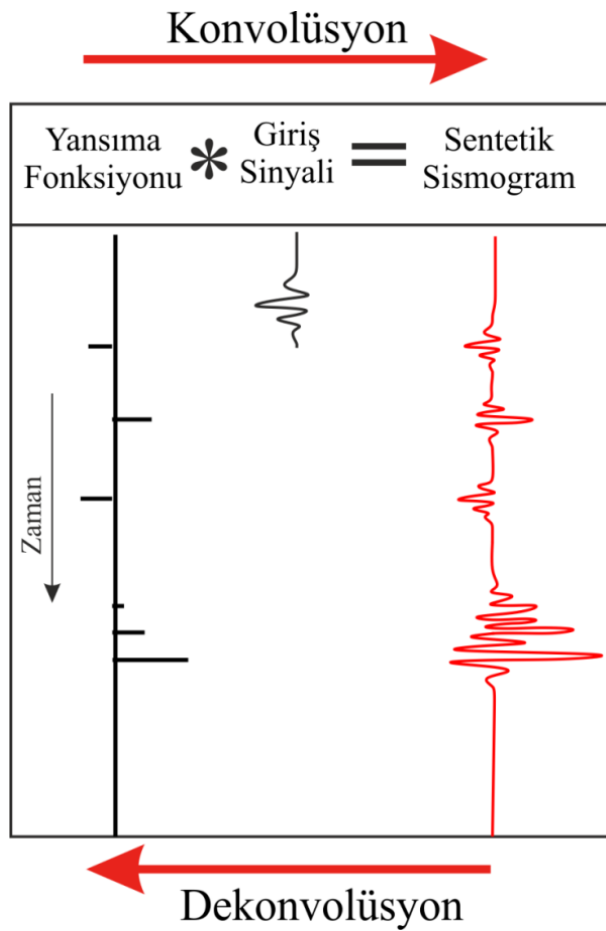
Şekil 2.2 Konvolüsyonel modelin şematik gösterimi. (a) jeolojik kesit, (b) akustik empedans logu, (c) yansımaya katsayısı serisi, (d) giriş sinyali, (e) yansımaya katsayısı serisi, (f) sismogram. Akustik empedans logundan elde edilen yansımaya katsayısı fonksiyonu ile giriş sinyalinin konvolüsyonu sonucu oluşan sentetik sismogram (Yılmaz, 2001 ve Dondurur, 2009’ dan derlenmiştir).

Dekonvolüsyon, bu girişen olayların birbirinden ayrılarak yansımaya katsayıları serilerinin elde edilmesini hedefler. Bunu gerçekleştirirken, kaydedilen

sismogramdan giriş sinyalinin etkisini yok etmeyi amaçlar ve yansıma katsayılarını elde etme ilkesine dayanan bir yöntemdir. Kaydedilen sismogramın konvolüsyonel modeli matematiksel olarak Denklem (2.5) ile ifade edilir.

$$x(t)=w(t)*e(t)+n(t) \quad (2.5)$$

$x(t)$: kaydedilen sismogram, $w(t)$: giriş sinyali, $e(t)$ yansıma katsayıları serisi ve $n(t)$ gelişi güzel gürültü (Dondurur, 2009).



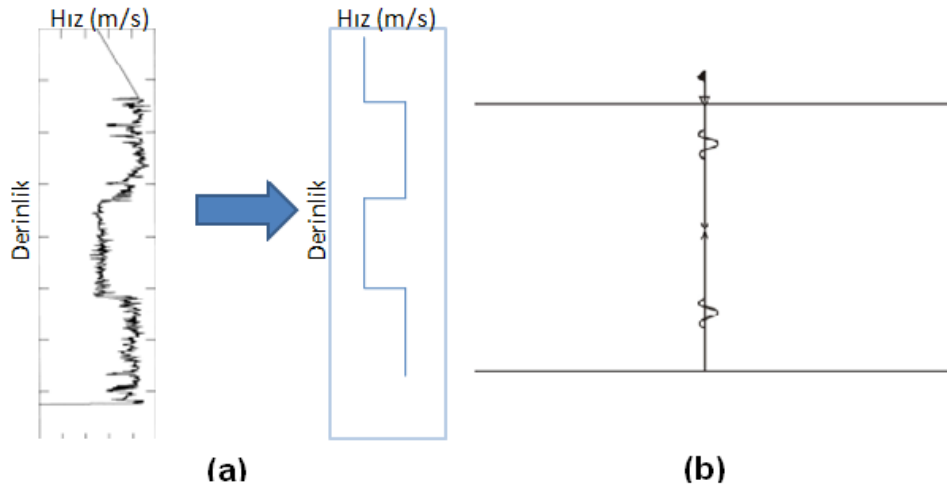
Şekil 2.3 Konvolüsyon ve dekonvolüsyon işleminin şekilsel olarak gösterimi.

2.2 Dekonvolüsyon İçin Önkabuller

Pratikte sadece kaydedilen sismogram $x(t)$ bilinmekte olup, yansıma katsayıları serisi $e(t)$ dekonvolüsyon işlemi sonucunda bulunmaya çalışılır. Sismik dalgacık $w(t)$

normalde bilinmez ve gelişigüzel gürültü $n(t)$ ise önceden kestirilemez, bu durumda dekonvolüsyon işleminin yapılabilmesi için 1 denklem, 1 bilinen ve 3 bilinmeyen mevcut olduğundan Denklem (2.5)' in çözümü bazı önkoşulların kabulü ile mümkündür.

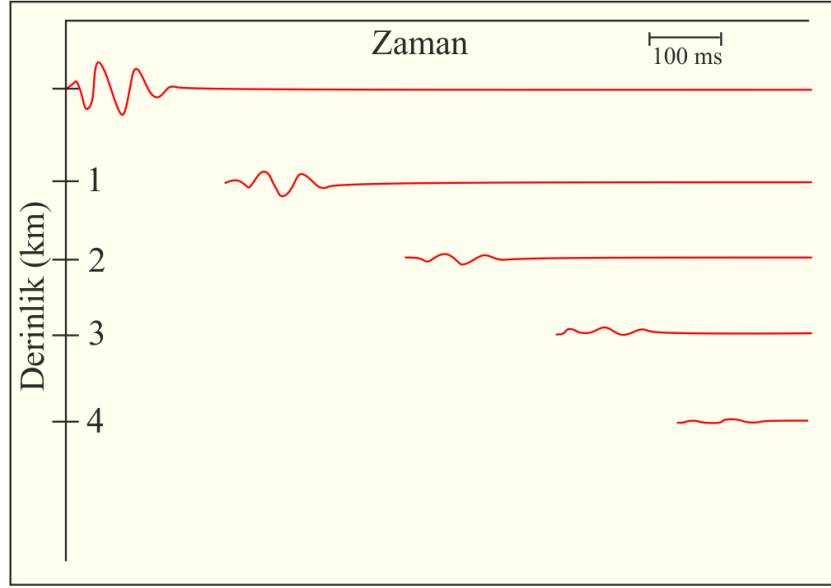
Önkabul 1. Yer altı yatay ve sabit hızlı tabakalardan oluşmuştur ve sismik kaynak, tabaka sınırlarına dik olarak gelen sıkışma (P) düzlem dalgası üretmektedir Şekil 2.4' de akustik log ile belirlenen yer içi hız değişimine sahip bir ortamda, tabaka sınırlarına dik olarak seyahat eden P dalgası sonucunda oluşan sismik dalgalar şematik olarak gösterilmiştir. Gerçekte sismik yansıma çalışmaları sıfır açılım kullanılan bir çalışma yöntemi değildir ancak konvolüsyonel modelini basitleştirmek için bu önkabul yapılmaktadır. Bu önkabul yapısal olarak karmaşık alanlarda ve yanal yönde hız değişimi olan bölgelerde geçersizdir. Sıfır ofsetli veri toplanmasını öngören bu önkabule göre S dalgaları oluşmaz. Ancak bazı deniz sismiği çalışmaları dışında hiçbir zaman sıfır ofsetli veri toplanmaz. Sismik kaynak düzlem değil küresel dalga alanı üretir.



Şekil 2.4 (a) Akustik log yardımıyla belirlenmiş yer içi hız değişimi ve (b) sismik dalgaların oluşumu (sıfır ofset) , (Güney, 2011).

Önkabul 2. Kaynak dalga formu durağandır ve yer içerisinde ilerlerken değişmez. Patlayıcı sismik kaynakların (hava tabancası, dinamit v.b.) ürettiği karakteristik basınç dalgasına “kaynak imzası (source signature)” adı verilir ve üretilen bu sinyalin

yüksek frekansları yer içerisinde ilerlerken soğurulur ve genlikleri azalır (Şekil 2.5). Herhangi bir zamanda, yayınan dalgacığın şekli ile oluştuğu andaki dalgacığın şekli birbirinden farklı olacaktır. Dalga formundaki bu değişikliğe “durağansızlık” adı verilir ve dalgacıktaki bu değişimler dekonvolüsyon işleminden önce düzeltilmeye çalışılır.



Şekil 2.5 Sismik kaynak dalgacığı başlangıçtan hemen sonraki formu (en üstte). Dalga yer içinde seyahat ettiği için genliği azalır (geometrik yayılım) ve yüksek frekansları kaybolur (frekans soğurulması) , (Yılmaz 2001).

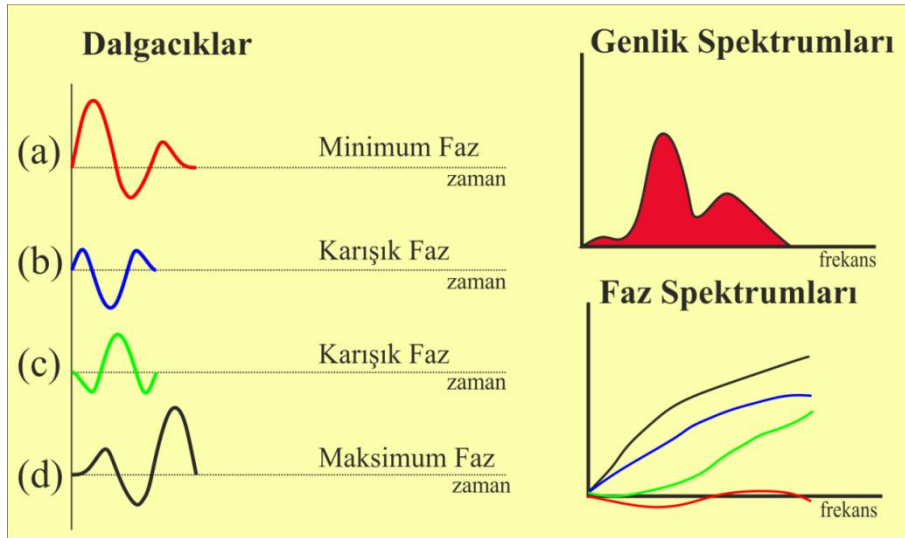
Önkabul 3. Sismogramdaki gürültü bileşeni sıfırdır. Kaynaktan çıkıp alıcıya ulaşan sismik sinyalde her zaman önceden kestirilmesi mümkün olmayan bir geliş güzel gürültü bileşeni bulunur. Dekonvolüsyon işlemi sinyaldeki gürültü bileşeninin sıfır olduğu önkabulüne gereksinim duymaktadır. Bu durumda Denklem (2.5)' deki $n(t)$ terimi işlemden çıkarılarak Denklem (2.6) elde edilir.

$$x(t)=w(t)*e(t) \quad (2.6)$$

Önkabul 4. Kaynak dalga formu bilinmektedir. Bu ön koşul sonucunda Denklem (2.5)' deki bilinmeyen $w(t)$ teriminin bilindiği varsayılmaktadır. Ancak üretilen dalgacığın oluştuğu andaki şekli bilirse de kaydedilen sinyal kaynak ve alıcı hayalet

yansımaları (ghost) ile girişime uğradığından hem genlik hem de frekans içeriği değişmektedir.

Önkabul 5. Sismik dalgacık minimum fazlıdır. Minimum fazlı dalgacıkların enerjisi ön kısımda, karışık fazlı dalgacığın enerjisi orta kısımda ve maksimum fazlı dalgacığın enerjisi son kısımda toplanmıştır (Şekil 2.6). Bu dalgacıklar aynı genlik spektrumlarına sahiptir ancak faz spektrumları farklıdır. Minimum fazlı dalgacık $t=0$ ' dan önce sıfır olan bir dalgacıktır. Dekonvolüsyon işleminin doğru çalışabilmesi için dekonvolüsyona giren sismik izdeki dalgacık minimum fazlı olmalıdır. Bunun dışındaki dalgacık türlerinde dekonvolüsyon işlemi kararlı olmayan sonuçlar üretir.



Şekil 2.6 (a) Minimum, (b) ve (c) karışık, (d) maksimum fazlı dalgacıklar ve spektrumları (Dondurur 2009' dan derlenmiştir).

Önkabul 6. Yansıma katsayıları serisi gelişigüzedir. Yani sismik izin özilişki ve genlik spektrumu sismik dalgacığın özilişki ve genlik spektrumu ile benzerdir. Bu önkabul dekonvolüsyon operatörünün hesaplanmasında kullanılmaktadır. Dekonvolüsyon operatörü hesaplanırken kaynak dalgacığının özilişkisine gereksinim vardır. Kaydedilen sismik sinyalin özilişkisi sıfır kaymada maksimum genliğe, diğer tüm kaymalarda küçük genliklere sahiptir. Sinyalin özilişkisi ile kaynak dalgacığının özilişkileri benzerdir. Bu durum sinyalin özilişkinin ilk kısımları ve dalgacığın özilişkinin sıfır olmadığı durumlar için geçerlidir. İşlemler yapılırken kaynak

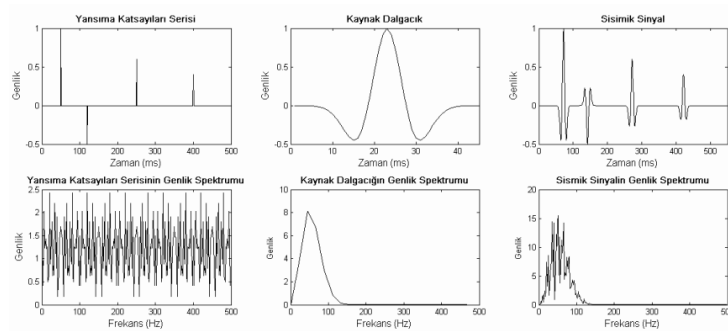
dalgacığı bilinmediğı için kaydedilen sinyalin özilişkisi kullanılır. Fakat bu durum sadece yansıma katsayılarının gelişi güzel olduğı durumda geçerlidir.

Yansıma katsayıları serisi tam olarak gelişi güzel bir seri olmadığı için kaydedilen sismik izin özilişkisi kaynak dalgacığın özilişkisine eşit değildir sadece ilk kısımları kaynak dalgacığın özilişkisini yansıtır. Kaydedilen sismik izin özilişkisi kullanılarak ters bir süzgeç (dekonvolüsyon operatörü) elde edilebilir be bu sayede bu tür bir dekonvolüsyon için kaynak dalga formunun bilinmesine gerek yoktur.

Sinyal ve kaynak dalgacığının genlik spektrumları da birbirine benzerlik göstermektedir. Denklem (2.7)' de sinyalin genlik spektrumu $A_x(W)$, sismik dalgacığın genlik spektrumu ($A_w(W)$) ve yansıma katsayıları serisinin ($A_e(W)$) spektrumunun çarpıma eşittir (Yılmaz, 2001).

$$A_x(W) = A_w(W).A_e(W) \quad (2.7)$$

Burada; $A_x(W)$, $A_w(W)$, $A_s(W)$ sırasıyla $x(t)$, $w(t)$, $e(t)$ ' nin genlik spektrumlarıdır. Aslında kaydedilen sinyalin genlik spektrumunun yuvarlatılmış hali dalgacığın genlik spektrumunun hemen hemen aynısıdır. Bu spektrumun genel şeklinin kaynak dalgacığından, hızlı değışen kısmının ise yansıma katsayıları serisinden ileri geldiğı düşünölmektedir (Şekil 2.7). Sonuç olarak kaydedilen sismik izin, kaynak dalgacıkla benzer özelliklere sahiptir ve özilişkileri ile genlik spektrumları benzerdir.



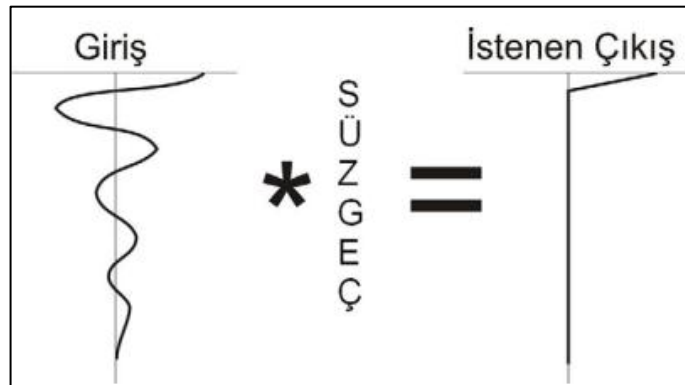
Şekil 2.7 Yansıma katsayıları serisi ile kaynak dalgacığının konvolüsyonu sonucu elde edilen sismogram ve bunlara ait genlik spektrumları (Güney, 2011).

2.3 İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu

Sismik verideki kaynak dalgacığını sıkıştırarak bir iğnecik haline getirmeyi hedefleyen işleme iğnecikleştirme dekonvolüsyonu denir. İğnecikleştirme dekonvolüsyonunun uygunluğu dekonvolüsyon operatör boyuna bağlıdır ve operatör boyu “n” ile temsil edilir.

Sismik verideki dalgacığı sıfır kayma zamanlı bir iğneciğe (spike) dönüştürme işlemi “iğnecikleştirme dekonvolüsyonu (spiking deconvolution)” olarak adlandırılır. Matematiksel olarak minimum faza sahip olmayan bir dalgacığın süzgeçleme işlemi ile tam manası ile giderilmesi mümkün olmasa da bu işlem sismik verideki kaynak dalgacığını sıkıştırıp bir iğneciğe (spike) dönüştürmeye çalışır.

İğnecikleştirme dekonvolüsyonu ile sismik verideki kaynak dalgacığını sıkıştırıp bir iğnecik haline getirmek için bu işlemi yapacak süzgeç katsayılarının bulunması gerekmektedir. Bahsi geçen bu katsayılara “dekonvolüsyon operatörü (deconvolution operator)” adı verilir. Bu işlem sonucunda, konvolüsyonel modele göre (ortamın gürültüsüz olduğu varsayılarak) geriye yansıma katsayıları serisi kalacak ve dekonvolüsyon işlemi uygulanmış olacaktır. İğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması, sismik dalgacık ile süzgeç operatörünün konvolüsyona sokulması ile yapılır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 İğnecikleştirme dekonvolüsyonunun şematik gösterimi (Güney, 2011).

İğnecikleştirme dekonvolüsyonu, “ters süzgeçleme (inverse filter)” ve “optimum Wiener süzgeçleri (Wiener Optimum Filters)” olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu iki işlemin de temeli en küçük kareler (EKK) yöntemine dayanmaktadır. Dekonvolüsyon işlemi uygulanırken giriş verisi olarak kaynak dalgacığı kullanılırsa deterministik dekonvolüsyon, özilişki hesabında sismik izin kendisi kullanılarak yapılan işlem ise istatistiksel dekonvolüsyon olarak adlandırılır.

2.3.1 Ters Süzgeç

Ters süzgeç, kaynak dalgacığının tersi kullanılarak uygulanan deterministik bir dekonvolüsyon işlemidir. Bu işlemi uygulayabilmek için kaynak dalgacığının bilinmesi gerekmektedir. Ters süzgeç işleminin uygulanmasında amaç, kaydedilen sismogram $x(t)$ ile konvolüsyona sokulduğunda, yer için tahmini yansıma katsayıları serisi $e(t)$ ' yi veren bir $a(t)$ ters süzgeç operatörü

$$e(t) = a(t) * x(t) \quad (2.8)$$

ifadesiyle tanımlanır (Dondurur, 2009). Bu ifade gürültü bileşeni içermeyen Denklem (2.5)' de yerine yazılırsa,

$$x(t) = w(t) * a(t) * x(t) \quad (2.9)$$

elde edilir. Bu eşitlik sadece

$$w(t) * a(t) = \delta(t) \quad (2.10)$$

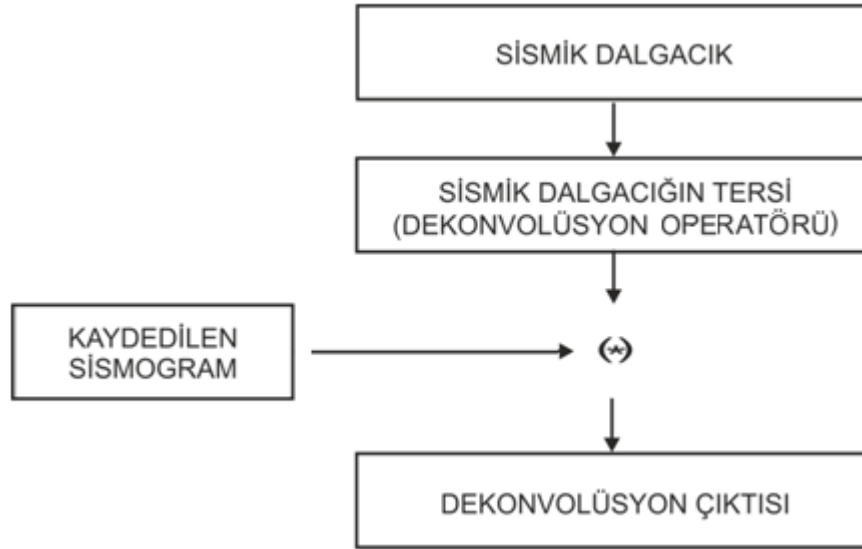
şartı sağlandığında gerçekleşebilir. Burada $\delta(t)$ birim impuls fonksiyonudur. Bu ifadeden $a(t)$ çözümlerse

$$a(t) = \delta(t) * \overline{w(t)} \quad (2.11)$$

bulunur. Burada $\bar{w}(t)$ sismik dalgacığın tersidir ve bilindiği kabul edilecektir. $\delta(t)$ ile konvolüsyon işleminin sonucu, konvolüsyona giren fonksiyonun kendisine eşittir (Denklem 2.12).

$$a(t) = \bar{w}(t) \quad (2.12)$$

Sismik dalgacığın tersinden elde edilen $a(t)$ ters süzgeç operatörü, sismik dalgacığı $t=0$ zamanında bir iğneciğe dönüştürecektir. Bilindiği kabul edilen sismik dalgacığın doğrudan doğruya tersine eşit olan dekonvolüsyon operatörü ve kaydedilen sismik iz konvolüsyona sokularak, dekonvolüsyon uygulanmış sismik iz elde edilebilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Ters süzgeçleme işleminin uygulanma akışı

Ters süzgeçleme işlemi bir dekonvolüsyon yöntemidir ancak kaynak dalgacığının bilinmesi gerekir. Bilindiği kabul edilen bu dalgacığın tersi matematiksel bölme işlemi ile değil, z dönüşümü kullanılarak hesaplanmaktadır.

z dönüşümü, ayrık zaman serisini z değişkeninin üsleri ile ifade edilen bir polinoma dönüştürür. Bir zaman serisinin z dönüşümü, değişkeni z olan bir

polinomdur. Polinomun katsayıları ayrık örnekleme değerleridir. Ayrık değerlerden oluşan x_n dizisinin elemanları

$$x_n = x_0, x_1, x_2, x_3, \dots \quad (2.13)$$

ise bu dizinin z dönüşümü

$$x(z) = x_0 + x_1 z + x_2 z^2 + x_3 z^3 + \dots \quad (2.14)$$

şeklinde verilir (Dondurur, 2009). z dönüşümü ile kaynak dalgacığının tersi

$$w(t) * \bar{w}(t) = \delta(t) \quad (2.15)$$

$$z\{\delta(t)\} = 1 \quad (2.16)$$

$$w(z) \cdot \bar{w}(z) = 1 \quad (2.17)$$

$$\bar{w}(z) = \frac{1}{w(z)} \quad (2.18)$$

şeklinde elde edilir (Dondurur, 2009).

Bir fonksiyonun z dönüşümünün tersi Taylor seri yaklaşımı ile bulunabilir. Bir $f(x)$ fonksiyonun 0 civarındaki Taylor serisi yaklaşımına MacLaurin serisi adı verilir ve

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \frac{f'''(0)}{3!} x^3 + \dots \quad (2.19)$$

şeklindeki sonsuz seri açılımı ile bulunabilir (Dondurur, 2009).

Örnek olarak ise; $w(t) = (2, -1)$ dalgacığının z dönüşümü $w(z) = 2 - 1z$ elde edilir. Türevler alınarak,

$$\bar{w}(z)' = \frac{1}{(2-z)^2} \quad \bar{w}(z)'' = \frac{2}{(2-z)^3} \quad \bar{w}(z)''' = \frac{6}{(2-z)^4} \quad \bar{w}(z)'''' = \frac{24}{(2-z)^5}$$

$$\bar{w}(z) = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}z + \frac{1}{8}z^2 + \frac{1}{16}z^3 + \frac{1}{32}z^4 + \dots$$

dalgacığın tersi sonsuz sayıda terimin toplamı ile ifade edilir. Bu serinin katsayıları süzgeç operatörü $a(t)$ ' ye eşittir (Dondurur, 2009).

$$a(t) = \frac{1}{w(t)} = \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \dots \right)$$

Bu operatörün katsayıları hızlı bir şekilde sifira yaklaşmasına rağmen sonsuz sayıdadır. Uygulama sırasında operatör boyu diğer süzgeç işlemlerinde olduğu gibi bir noktadan sonra kesilerek tıraşlanır. Tablo 2.3' de z dönüşümü ile belirlenen ters süzgeç katsayılarının giriş dalgacığı ile konvolüsyonu gösterilmektedir.

Tablo 2.3 $w(t) = (2,-1)$ giriş dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk üç teriminin dekonvolüsyon işlem tablosu.

		2	-1			Çıkış
1/8	1/4	1/2				1
	1/8	1/4	1/2			0
		1/8	1/4	1/2		0
			1/8	1/4	1/2	-0,125

Elde edilen ters süzgeç operatörü, dalgacık ile konvolüsyona sokulursa elde edilen çıkış ideal değildir ama giriş dalgacığına göre iğnecik formuna daha yakındır. Süzgeç operatöründe kullanılan terim sayısı artırıldıkça çıkış istenen iğnecik formuna daha çok yaklaşır ancak operatör mutlaka sonlu bir uzunlukta olacağı için elde edilen çıkış asla ideal bir iğnecik olmayacaktır. Tablo 2.4' de hesaplanan ters süzgeç katsayılarının ilk 4 terimi ile konvolüsyonu gösterilmektedir. Çıkış incelendiğinde ilk 4 terimin kullanılmasıyla hata değerinin -0,0625 olduğu görülmüştür.

Tablo 2.4. $w(t) = (2,-1)$ giriş dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk dört teriminin dekonvolüsyon işlem Tablosu.

			2	-1				Çıkış
1/16	1/8	1/4	1/2					1
	1/16	1/8	1/4	1/2				0
		1/16	1/8	1/4	1/2			0
			1/16	1/8	1/4	1/2		0
				1/16	1/8	1/4	1/2	-0,0625

Ters süzgeçleme işlemi minimum fazlı dalgacıklarda başarılı olmaktadır. Minimum fazlı dalgacıklarda enerji ön kısımda toplanmıştır ve dalgacığın duraylı ve yakınsak bir tersi vardır.

Maksimum fazlı bir dalgacık için ters süzgeç işlemi başarılı olmaz. Bunun nedeni de maksimum fazlı dalgacıklarda enerji arka kısımda toplanır ve dalgacığın tersinden elde edilen süzgeç operatörünün katsayıları serisi ıraksak seri özelliği gösterir ve katsayılar gittikçe büyür. Böyle bir seriden elde edilen operatör hangi noktasından kesilirse kesilsin kullanılmayan katsayılar kullanılanlardan daha büyük olacaktır. Bunun sonucunda da istenilen ideal sonuçtan iyice uzaklaşılacaktır.

$w(t) = (-1,2)$ olan maksimum fazlı bir giriş dalgacığı incelersek,

$$w(z) = -1 + 2z$$

$$\bar{w}(z) = \frac{1}{-1 + 2z} = -1 - 2z - 4z^2 - 8z^3 - 16z^4 \dots\dots\dots$$

$$a(t) = \bar{w}(t) = (-1, -2, -4, -8, -16, \dots\dots)$$

olur. Tablo 2.5, bulunan süzgeç katsayılarının ilk üç terimi ile giriş dalgacığının dekonvolüsyon işleminin sonucunu göstermektedir. Elde edilen sonuç ideal iğnecikten oldukça uzaktır.

Tablo 2.5 $w(t) = (-1, 2)$ dalgacığı ile ters süzgeç operatörünün ilk üç terimiyle uygulanan dekonvolüsyon işlem tablosu

		-1	2			Çıkış
-4	-2	-1				1
	-4	-2	-1			0
		-4	-2	-1		0
			-4	-2	-1	-8

2.3.2 En Küçük Kareler (EKK) Yöntemiyle Ters Süzgeçleme

Minimum fazlı giriş dalgacığı için ters süzgeçleme iyi sonuçlar üretebilmektedir. Ancak en küçük kareler (EKK) yaklaşımı ile bundan daha iyisi yapılabilir. EKK çözümü ile giriş dalgacığını iğneciğe dönüştürecek olan en uygun süzgeç katsayıları otomatik olarak bulunabilir.

Giriş dalgacığı ile süzgeç konvolüsyona sokulur. İstenen çıktı (1,0,0) şeklinde bir iğneciktir. Kümülatif hata enerjisi (E), istenen çıktı ile gerçek çıktı arasındaki farkların karelerinin toplamıdır. (E)' yi en küçük yapan süzgeç katsayıları bulunmaya çalışılır. Bunun için EKK yaklaşımı ile, E' nin süzgeç katsayılarına göre türevleri alınıp 0' a eşitlenir.

Giriş dalgacığı $w(t) = (2, -1)$ için (a,b) katsayılarına sahip iki terimli süzgecin konvolüsyonu, istenen çıkış (1,0,0) şeklinde bir iğneciktir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 EKK yöntemi uygulamasının şematik gösterimi

	2	-1		Gerçek Çıkış	İstenen Çıkış
b	a			2a	1
	b	a		2b-a	0
		b	a	-b	0

Denklem (2.20)' de E terimi en küçük kareler çözümünde hata enerjisini göstermektedir.

$$E = [(2a) - 1]^2 + [(2b - a) - 0]^2 + [(-b) - 0]^2 \quad (2.20)$$

Hatanın minimum olması demek bu denklemlerin ayrı ayrı türevlerinin sıfıra eşit olması demektir (Denklem 2.21).

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial a} = 10a - 4b - 4 = 0 & \quad \Rightarrow 5a - 2b = 2 \\ \frac{\partial E}{\partial b} = 10b - 4a = 0 & \quad \Rightarrow -2a + 5b = 0 \end{aligned} \quad (2.21)$$

Denklem (2.21)' den elde edilen iki bilinmeyenli iki denklem, Denklem (2.22)' deki gibi matris formunda yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} 5 & -2 \\ -2 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad a = 10/21 \quad b = 4/21 \quad (2.22)$$

Tablo 2.7'de süzgeç katsayıları (10/21,4/21) kullanılarak EKK yaklaşımı ile süzgeçlenmesi sonucunda elde edilen dekonvolüsyon işlem sonucu görülmektedir.

Tablo 2.7 EKK yaklaşımıyla elde edilen süzgeç katsayıları (10/21,4/21) kullanılarak yapılan Dekonvolüsyon işlem sonucu.

	2	-1		Gerçek Çıkış	İstenen Çıkış
4/21	10/21			0,95	1
	4/21	10/21		-0,095	0
		4/21	10/21	-0,19	0

EKK uygulamasından elde edilen sonuç ters süzgeç uygulamasından elde edilen sonuca göre ideal iğneciğe daha yakındır (Tablo 2.7).

Özetlemek gerekirse, iğnecikleştirme dekonvolüsyon operatörü tam olarak giriş dalgacığının tersidir. Dalgacık minimum fazlı ise tersi kararlı olur. Buna karşın maksimum veya karışık fazlı dalgacıkların katsayıları yakınsak bir seri olmadığından, tersi kararlı olmayan bu dalgacıkları kullanılarak yapılan dekonvolüsyon işlemi uygun sonuçlar üretememektedir.

2.3.3 Optimum Wiener Süzgeçleri

$w(t) = (2,-1)$ minimum fazlı giriş dalgacığını $(1,0,0)$ iğneciğine dönüştürürken elde edilen denklem sisteminden

$$\begin{bmatrix} 5 & -2 \\ -2 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

denklemin sol tarafının giriş dalgacığının özilişki değerlerinden, sağ tarafının ise istenen çıkış ile giriş dalgacığının çapraz ilişki değerlerinden oluştuğu Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da görülmektedir.

Tablo 2.8 $w(t) = (2,-1)$ dalgacığının özilişkisi

2	-1		Çıkış
2	-1		5
	2	-1	-2

Tablo 2.9 İstenen çıkış $(1,0,0)$ ile girişin $w(t) = (2,-1)$ çapraz ilişkisi

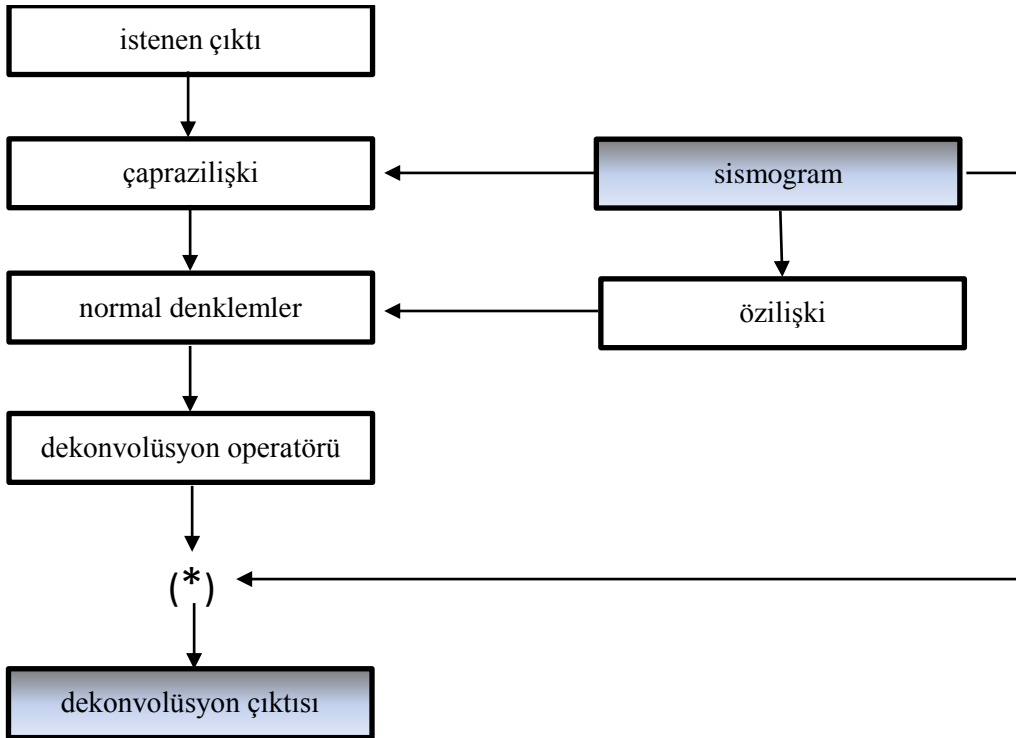
-1	0	0		Çıkış
2	-1			2
	2	-1		0
		2	-1	0

Buradan n elemanlı bir operatör için genel olarak Denklem (2.23)'de gösterildiği gibi

$$\begin{bmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & \dots & r_{n-1} \\ r_1 & r_0 & r_1 & \dots & r_{n-2} \\ r_2 & r_1 & r_0 & \dots & r_{n-3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ r_{n-1} & r_{n-2} & r_{n-3} & \dots & r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_0 \\ g_1 \\ g_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

şeklinde yazılabilir (Peacock ve Treitel,1969). Burada r_i giriş dalgacığının özilişkisi, a_i bulunmak istenen süzgeç katsayıları (dekonvolüsyon operatörü) ve g_i istenen çıkış ile girişin çapraz ilişkisidir. Elde edilen bu denklem sistemine “normal denklemler” adı verilir (Robinson ve Treitel,1967). Özilişki matrisi simetrik olup “Toeplitz matrisi” olarak bilinir ve Levinson algoritması ile çözülebilir. Pratikte optimum Wiener süzgeç teorisine dayalı algoritmalar Wiener-Levinson algoritmaları olarak bilinmektedir.

Bu denklem sistemi a_i değerleri için çözümlenerek dekonvolüsyon operatörü elde edilir. Bu operatör zaman ortamında giriş iziyle konvolüsyona sokularak dekonvolüsyon uygulanmış iz elde edilebilir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Optimum Wiener süzgeçlerinin hesabı ve uygulamasının şematik gösterimi (Dondurur, 2009’ dan uyarlanmıştır).

Wiener süzgeci EKK açısından optimumdur. Başka bir deyişle, gerçek çıktı ile istenen çıkış arasındaki En Küçük Kareler hatası minimum olduğunda Optimum

Wiener Süzgeci $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1})$ optimumdur. İstenen çıkış sıfır noktasındaki spike $(1,0,0,\dots)$ ise Wiener süzgeci En Küçük Kareler ters süzgeci ile aynıdır. Optimum Wiener Süzgeçleri çeşitli amaçlarla kullanılır. Farklı özelliklerde istenilen çıktılar amaca uygun olarak seçilerek farklı türden uygulamalar gerçekleştirilebilir. İstenilen çıkışın çeşitleri; sıfır kaymalı iğnecik (iğnecikleştirme dekonvolüsyonu), girişin zamanda ilerlemiş hali (kestirim dekonvolüsyonu), sıfır fazlı dalgacık veya herhangi bir şekle sahip dalgacık (dalgacığın biçimlendirmesi) şeklinde olabilir.

2.3.4 Wiener İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu

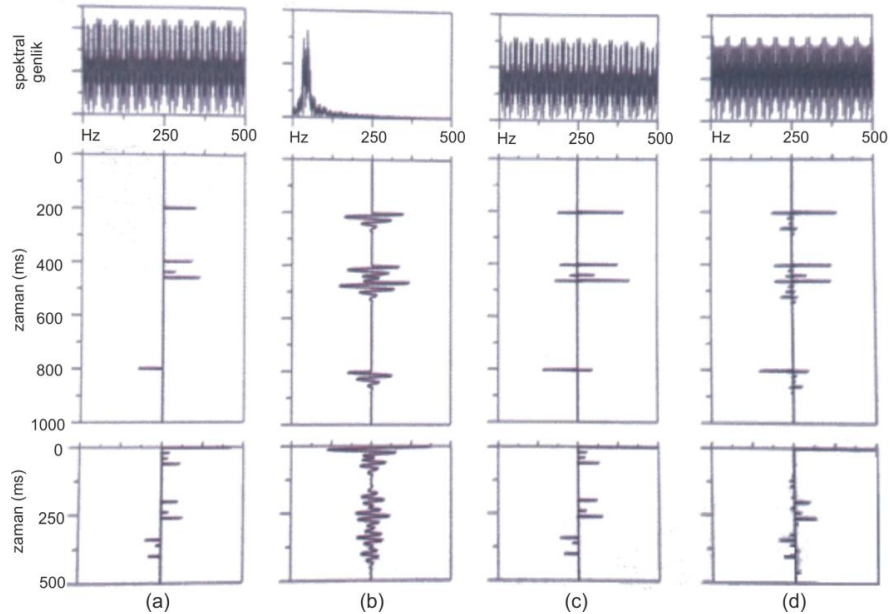
Wiener iğnecikleştirme dekonvolüsyonu için normal denklemleri yazılırsa, istenen iğnecik çıktı $(1,0,0,\dots)$ ile giriş dalgacığının $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1})$ çaprazilişkisi $(x_0, 0, 0, \dots)$ dizisi üretilir. Buradan $1/x_0$ ile ölçeklendirilmiş olarak Denklem (2.24)' de gösterilen normal denklemler

$$\begin{bmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & \dots & r_{n-1} \\ r_1 & r_0 & r_1 & \dots & r_{n-2} \\ r_2 & r_1 & r_0 & \dots & r_{n-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n-1} & r_{n-2} & r_{n-3} & \dots & r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

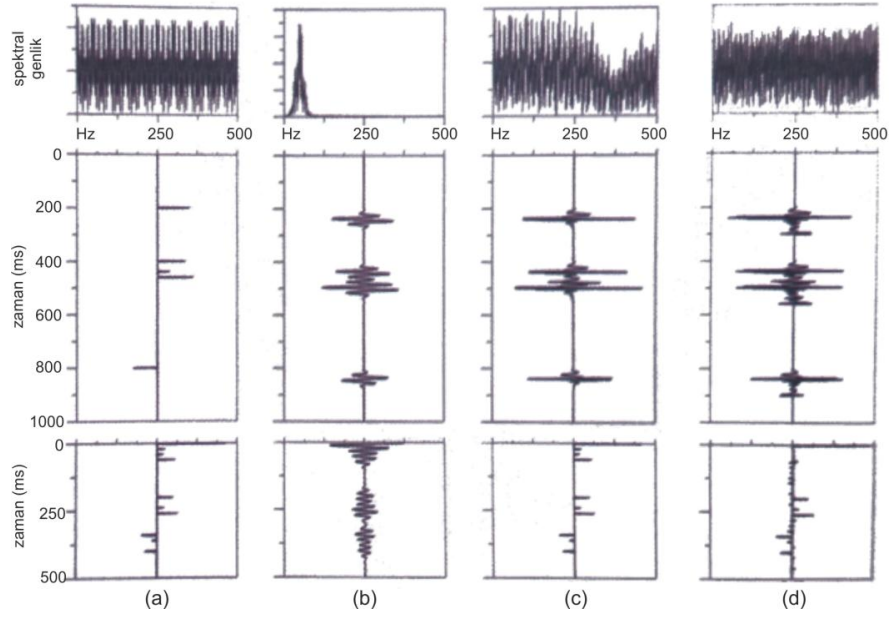
olur. Wiener iğnecikleştirme dekonvolüsyonu matematiksel olarak EKK ters süzgeç işlemine eşdeğerdir. Uygulamada ise her ikisi arasında bir fark bulunur. EKK ters süzgeç işleminde özilişki matris hesabı için bilinen kaynak dalgacığı kullanılır (deterministik dekonvolüsyon). Oysa Wiener iğnecikleştirme dekonvolüsyonunda sözkonusu matris sismogramın kendisinden hesaplanmaktadır (istatistiksel dekonvolüsyon). İğnecikleştirme dekonvolüsyonu operatörünün genlik spektrumu, giriş dalgacığının genlik spektrumunun yaklaşık tersidir. Bir dalgacığın minimum fazlı eşdeğerini bulmak için, onun iğnecikleştirme operatör boyu hesaplanıp tersinin alınması yöntemi izlenebilir. Şekil 2.11' de Wiener iğnecikleştirme dekonvolüsyonun istatistiksel ve deterministik olarak tek bir yapay sismik ize

uygulanması görülmektedir ve incelendiğinde öngörüldüğü gibi oldukça iyi sonuçlar üretmektedir. Buna karşın sismik yöntem uygulamalarında deterministik dekonvolüsyonun uygulama alanı oldukça azdır. Genellikle istatistiksel dekonvolüsyon uygulanır ve kaynak dalgacığı bilinmemesine rağmen iğnecikleştirme dekonvolüsyonu kullanılarak uygun sonuçlar elde edilebilir. Karışık fazlı bir dalgacık ile yapılan benzer bir uygulama ait sonuçları Şekil 2.12’ de görülmektedir (Dondurur, 2009).

Kaynak dalgacığı bilinmesine rağmen karışık fazlı sismogram ile iğnecikleştirme dekonvolüsyon sonuçları olması gereken çıktıya çok yaklaşamamıştır. Özetlemek gerekirse, minimum fazlı olmayan giriş dalgacığı iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanması sonucu sıfır kaymalı iğneciğe dönüşemez. Bu durumu Dondurur (2009), “(-1,2) dalgacığı, iğnecikleştirme dekonvolüsyonu ile sıfır gecikmeli bir (1,0,0) dalgacığına dönüştürülemez. Çünkü dalgacığa ait enerji dağılımı (0,1,0) şeklinde gecikmeli bir iğneciğe daha uygundur. Bundan dolayı karışık yada maksimum fazlı dalgacıklar, sıfır fazlı iğneciklere dönüştürülemez belirlenen zaman gecikmesine sahip iğneciklere dönüştürülebilir.” şeklinde özetlemiştir.



Şekil 2.11 (a) Yansıma katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) deterministik ve (d) istatistiksel dekonvolüsyon sonuçları, genlik spektrumları (üstte) ve özilişkileri (altta) (Dondurur, 2009).



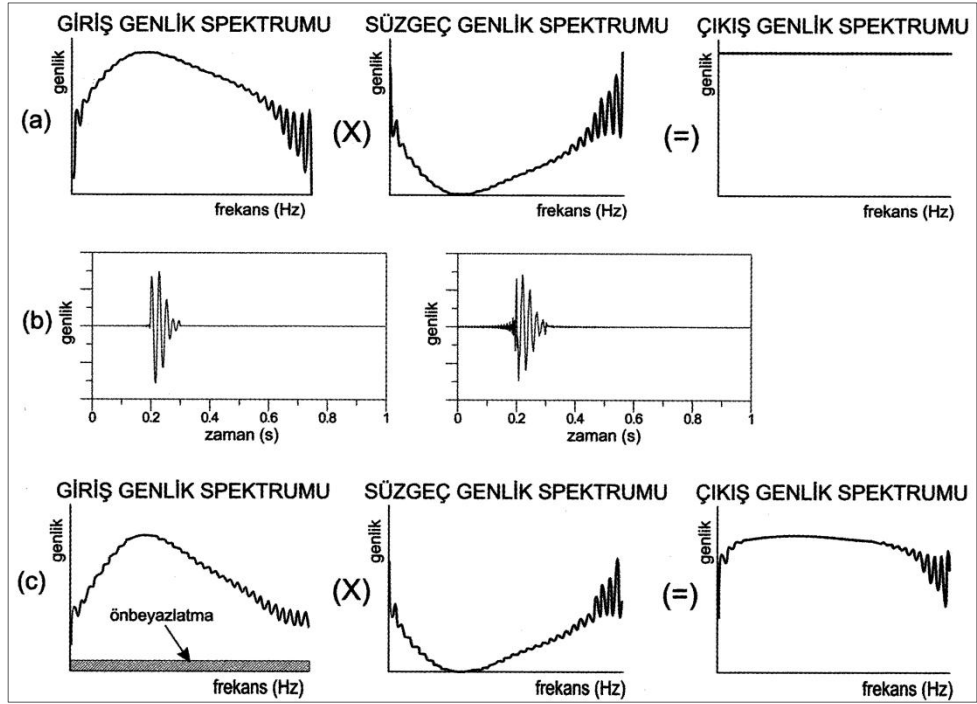
Şekil 2.12 (a) Yansıma katsayıları serisi, (b) karışık fazlı sismogram, (c) deterministik ve (d) istatistiksel dekonvolüsyon sonuçları, genlik spektrumları (üstte) ve özilişkileri (altta) (Dondurur, 2009).

İlerleyen bölümlerde açıklanacağı üzere; istenen çıktının herhangi bir biçim olduğu dekonvolüsyon işlemi “dalgacık biçimlendirme (wavelet shaping)” olarak tanımlanır. Sismik yöntemlerde uygulanan biçimlendirme süzgeçleri, dalgacığı genellikle gecikmeli iğneciklere dönüştürür. Giriş dalgacığı minimum fazlı ise optimum düzeydeki gecikme genellikle sıfır, karışık fazlı ise sıfırdan farklı ve maksimum faza sahip bir dalgacık ise optimum gecikmesi dalgacık boyuna denk gelir.

2.3.5 Önbeyazlatma

İğnecikleştirme dekonvolüsyon operatörüne ait genlik spektrumu, giriş dalgacığına ait genlik spektrumunun yaklaşık olarak tersine eşittir. Zaman ortamında konvolüsyon işlemi frekans ortamında çarpmaya dönüşeceğinden, zaman ortamındaki dekonvolüsyon işlemi sırasında frekans ortamında genlik spektrumları çarpılır (Şekil 2.13a). Bu işlem sonucunda dekonvolüsyon çıktısının spektrumu, beyaz spektrum olarak görülür.

Giriş sinyaline ait spektrum sıfırlar içeriyorsa dekonvolüsyon çıktısında yüksek frekanslı gürültüler oluşur. Şekil 2.13b' de, 20-60 Hz bant geçişli süzgeç ile süzölmüş ve 60 Hz'nin üzerindeki genlikleri sıfır olan bant sınırlı bir dalgacık görölmektedir (Dondurur 2009). Dekonvolüsyon işleminin spektrumda bulunmayan frekansları da yükseltmeye çalışması, kararlı olmayan bir dekonvolüsyon çıktısı elde edilmesine neden olur. Bu gürültülerin sebep olduğu düzensizlikleri engellemek ve işlemi kararlı kılmak için, dekonvolüsyondan önce giriş sinyalinin genlik spektrumuna küçük genlik değerli gürültü eklenir (Şekil 2.13c) , (Dondurur 2009). Uygulanan bu işleme önbeyazlatma (prewhitening) denir.



Şekil 2.13 (a) Dekonvolüsyon operatörünün spektrumu giriş dalgacığının spektrumunun tersidir. (b) spektrumunda sıfırlar bulunan giriş dalgacığı ve bant sınırlı giriş dalgacıklarının yarattığı kararsız sonuçlar (c) Kararsız sonuç üretmesini önlemek için dekonvolüsyon öncesi spektruma beyaz gürültü eklenmesi (Dondurur, 2009).

Frekans ortamında tanımlanan bu işlem zaman ortamında da özilişki matrisinin (Teopltiz matrisi) köşegen elemanına küçük bir değer eklenerek yapılmaktadır (Denklem 2.25). Sadece sayısal kararlılığı arttırmak için yapılan bu önbeyazlatma

için pratikte %0.1 ile %1 arasındaki değerler uygun sonuçlar üretmektedir (Yılmaz, 2001).

$$\beta = 1 + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} \beta r_0 & r_1 & r_2 & \dots & r_{n-1} \\ r_1 & \beta r_0 & r_1 & \dots & r_{n-2} \\ r_2 & r_1 & \beta r_0 & \dots & r_{n-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n-1} & r_{n-2} & r_{n-3} & \dots & \beta r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_0 \\ g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ g_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Burada ε : yüzde önbeyazlatma değeri $0.1 < \varepsilon < 1$, β : beyazlatma değeridir ve $1.1 < \beta < 2$ arasında değerler alır. Bu çalışmada tüm dekonvolüsyon uygulamaları için beyazlatma değeri $\beta = 1.1$ olarak alınmıştır.

2.4 Kestirim Dekonvolüsyonu

Robinson (1966) tarafından tanımlanan önkestirim dekonvolüsyonunun, tekrarlıların sönümlenmesi için kullanışlı bir araç olduğu kanıtlanmış ve daha sonra Peacock ve Treitel' in (1969) çalışmaları ile desteklenerek sismik veri işlem akışının standart bir parçası olmuştur.

Önkestirim dekonvolüsyonu sismik sinyaldeki yankılanmaları, salınımları, kısa yollu ve hatta uzun yollu tekrarlıları sönümlemek için yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir dekonvolüsyon türüdür (Robinson, 1966).

Kestirim dekonvolüsyonu, giriş izinin zamanda ilerlemiş şeklinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Kestirim dekonvolüsyonu kullanılarak $x(t)$ giriş verisi için $x(t + \alpha)$ gelecek zamandaki değerinin bulunması amaçlanır. Burada α kestirim uzaklığıdır. $x(t + \alpha)$ değeri normal denklemlerin özel bir hali ile bulunabilir.

5 elemanlı bir x_i dizisi için ($i = 0,1,2,3,4$), $\alpha = 2$ alınırsa x_i dizisinin özilişkisi ve istenilen çıkış $x(t + \alpha)$ ile $x(t)$ dizisinin çapraz ilişkisi kullanılarak normal denklemler düzenlenebilir Tablo 2.10 İstenen çıkış $x(t + \alpha)$ ile $x(t)$ dizilerine ait çapraz ilişki işlemi ise Tablo 2.11’ de görülmektedir.

Tablo 2.10 Bir x_i ($i=0,1,2,3,4$) dizisinin özilişkisi

x_0	x_1	x_2	x_3	x_4								Çıkış
x_0	x_1	x_2	x_3	x_4								$r_0 = x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2$
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4							$r_1 = x_0x_1 + x_1x_2 + x_2x_3 + x_3x_4$
		x_0	x_1	x_2	x_3	x_4						$r_2 = x_0x_2 + x_1x_3 + x_2x_4$
			x_0	x_1	x_2	x_3	x_4					$r_3 = x_0x_3 + x_1x_4$
				x_0	x_1	x_2	x_3	x_4				$r_4 = x_0x_4$
					x_0	x_1	x_2	x_3	x_4			$r_5 = 0$
						x_0	x_1	x_2	x_3	x_4		$r_6 = 0$

Tablo 2.11 $\alpha = 2$ için $x(t + \alpha)$ istenen çıkışı ile $x(t)$ nin çapraz ilişkisi

x_2	x_3	x_4									Çıkış
x_0	x_1	x_2	x_3	x_4							$g_0 = x_0x_2 + x_1x_3 + x_2x_4$
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4						$g_1 = x_0x_3 + x_1x_4$
		x_0	x_1	x_2	x_3	x_4					$g_2 = x_0x_4$
			x_0	x_1	x_2	x_3	x_4				$g_3 = 0$
				x_0	x_1	x_2	x_3	x_4			$g_4 = 0$

Bu iki ilişki tablosu karşılaştırıldığında $g_i = r_{i+\alpha}$ olduğu görülebilir ve buradan $\alpha = 2$ için normal denklemler

$$\begin{bmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 \\ r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 \\ r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 \\ r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 \\ r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

şeklinde yazılabilir.

Buradan hesaplanan a_i katsayıları ile x_i giriş dizisi konvolüsyona sokulup gerçek çıkış elde edilir (Tablo 2.12). Buradan elde edilen çıkış için $\alpha=2$ için $x(t+\alpha)$ dizisinin kestirimidir. Burada $a_i=(a_0,a_1,a_2,a_3,a_4)$ dizisi “Kestirim Süzgeci (prediction filter)” olarak adlandırılır. Ayrıca $(1,0,-a_0,-a_1,-a_2,-a_3,-a_4)$ dizisi ise kestirim hata süzgeci (prediction error filter) olarak adlandırılır ve giriş verisine uygulanması ile yapılan kestirim işlemindeki hatayı verir ki bu da birincil yansımalara eşittir (Dondurur, 2009).

Tablo 2.12 Normal denklemler ile hesaplanan a_i katsayıları ile x_i dizisinin konvolüsyonel işleminin sonucu.

				x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	Çıkış
a_4	a_3	a_2	a_1	a_0					$y_0 = x_0 a_0$
	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0				$y_1 = x_0 a_1 + x_1 a_0$
		a_4	a_3	a_2	a_1	a_0			$y_2 = x_0 a_2 + x_1 a_1 + x_2 a_0$
			a_4	a_3	a_2	a_1	a_0		$y_3 = x_0 a_3 + x_1 a_2 + x_2 a_1 + x_3 a_0$
				a_4	a_3	a_2	a_1	a_0	$y_4 = x_0 a_4 + x_1 a_3 + x_2 a_2 + x_3 a_1 + x_4 a_0$
					a_4	a_3	a_2	a_1	$y_5 = x_1 a_4 + x_2 a_3 + x_3 a_2 + x_4 a_1$
						a_4	a_3	a_2	$y_6 = x_2 a_4 + x_3 a_3 + x_4 a_2$
							a_4	a_3	$y_7 = x_3 a_4 + x_4 a_3$
								a_4	$y_8 = x_4 a_4$

Kestirim dekonvolüsyonu için normal denklemler, n uzunluğundaki kestirim süzgeci ve α uzunluğundaki kestirim uzaklığı için genel olarak (Peacock ve Treitel,

1969) Denklem (2.27)' de görüldüğü şekilde yazılır. Önkoşul 6' ya göre, sismik veride tekrarlı yansımalar dışında hiçbir şey kestirilemez. Kestirim süzgeci verideki kestirilebilir bileşeni (tekrarlı yansımaları) ortaya koyarken, geriye kalan kestirilemeyen kısım (hata serisi) ise birincil yansımalar serisini oluşturur. Kestirim süzgeci tasarımı sadece giriş verisinin özilişkisine ihtiyaç duyar. Aslında kestirim dekonvolüsyonu, iğnecikleştirme dekonvolüsyonunu da kapsayan bir genel bir işlemdir (Yılmaz,1987).

$$\begin{bmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & \dots & r_{n-1} \\ r_1 & r_0 & r_1 & \dots & r_{n-2} \\ r_2 & r_1 & r_0 & \dots & r_{n-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n-1} & r_{n-2} & r_{n-3} & \dots & r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_\alpha \\ r_{\alpha+1} \\ r_{\alpha+2} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ r_{\alpha+n-1} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

Kestirim dekonvolüsyonu işlemini özetleyecek olursak; kestirim hata süzgeci, $(n + \alpha)$ uzunluğundaki bir giriş dalgacığını α uzunluğundaki bir dalgacık olarak kısaltır. Dolayısıyla kestirim dekonvolüsyonu, dalgacığın ne kadar sıkıştırılacağı ve buna bağlı olarak ayrımlılık düzeyinin kontrol edilebildiği genel bir yaklaşımdır (Peacock ve Treitel, 1969). $\alpha =$ birim (örnekleme aralığı) olduğunda bu işlem, iğnecikleştirme dekonvolüsyonuna karşılık gelir.

Kestirim uzaklığının örnekleme aralığına denk düşen birimden farklı verilmesi, kestirim dekonvolüsyonu işlemi sonucunda iğnecik değil sonlu uzunlukta bir dalgacık elde edilmesine sebep olur. $(\alpha+n)$ uzunluğundaki bir giriş dalgacığı için n uzunluğuna sahip ve kestirim uzaklığı α olan bir süzgeç, dalgacığı α uzunluğu olan bir dalgacığa kısaltır. Özilişkinin ilk α kaymadaki değeri alınır ve sonrasındaki n adet kayma değeri ise sıfırlanır (Dondurur, 2009).

Kestirim dekonvolüsyonu, birim (veya birime yakın) kestirim uzaklığı kullanıp iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanarak zamansal ayrımlılığı arttırmak için veya kestirim uzaklığı tarafından tanımlanan zaman kadar sonrası için giriş izinin

gelecekteki bir zamanda kestirilmesi ile tekrarlı yansımaları kestirmek ve bastırmak için kullanılır. Kestirim dekonvolüsyonu daha önce de değinildiği üzere verinin düşey ayrımlılığını arttırmak için kullanılır. Kestirim dekonvolüsyonun da uygun operatör uzunluğu ve kestirim uzaklığı seçilerek tekrarlı yansımalar, salınımlı (ringy) görünüm giderilmeye çalışılır.

2.5 Maksimum Entropi (Burg) Dekonvolüsyonu

Maksimum entropi dekonvolüsyonu, alternatif bir spektral kestirim yöntemidir. Terimsel olarak entropi, bir dizi olasılık kümesi ile ifade edilen bir belirsizlik kistasıdır. Ayrıca bir sistemdeki düzensizliğin miktarını belirler. Sismik kayıtlardaki ayrımlılığın artırılması amacıyla 1960' larda, ilk defa Burg (1967) tarafından önerilen güç spektrumunun kestirim algoritması kullanılmıştır. Aslında Burg (1967) tarafından önerilen yöntem, güç spektrumu hesaplanmasında farklı bir yaklaşımdır. Denklem (2.28)' de belirtildiği üzere, $x(t)$ dizisinin Fourirer dönüşümü $X(\omega)$ ise, $x(t)$ dizisini genişleten bir $H(\omega)$ transfer fonksiyonu

$$X(\omega) H(\omega)=k \quad (2.28)$$

şeklinde tanımlanabilir. k parametresi $|X(\omega)|^2 = k^2/|H(\omega)|^2$ şeklinde tanımlanır ve eşitliğin sağ kısmı $x(t)$ dizisinin gücünü verir. İşlem benzer olarak sismik verinin genlik spektrumunu düzleştirmekte de kullanılır ve bu adım bir kestirim-hata süzgeciyle gerçekleştirilebilir.

Burg (1967), Denklem (2.24) ile verilmiş olan normal denklemlerdeki özilişki fonksiyonunu, veri üzerinde ileri ve geri doğru uygulanan bir kestirim süzgecinin gücünü minimum yaparak hesaplamıştır. Bu uygulama, günümüzde Burg algoritması olarak bilinmektedir (Ulyrch,1972).

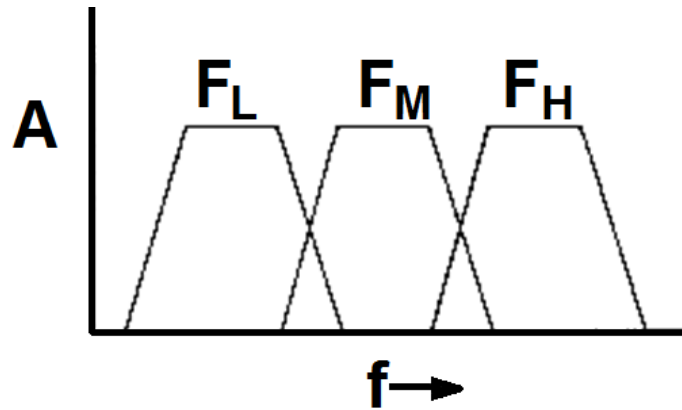
Oldukça güçlü bir spektral dengeleyici olan Burg dekonvolüsyonu, maksimum entropi kavramına göre çalışmaktadır. Burg dekonvolüsyonu uygulaması ile verinin genlik spektrumunun genişlemesi, yüksek frekanslı bileşenlerin daha da güçlenmesi

beklenir. Ayrıca Burg dekonvolüsyonu uygulanmış veriye bant geçişli süzgeç (bandpass filter) uygulanmalıdır.

2.6 Zamanla Değişen Spektral Beyazlatma

Sismik verinin genlik spektrumu incelendiğinde, yüksek frekans içeriğinin verinin sığ kısımlarında olduğu görülür. Sismik veriye uygulanan dekonvolüsyon, verideki düşük ve yüksek frekans içeriğindeki seviye farkını en aza indirgeyerek spektrumu düzleştirmeye çalışır. Bu düzleşmenin sığ kısımlarda daha etkili olduğu görülür. Yer içinde yayılan sismik dalgacık zamanla duraylı değildir ve yayılma sırasında sinyalin yüksek frekansları daha çok soğurulur. Dalgacığın duraylı olmayışı, küresel açılım ve frekans atenüasyonunun etkisinden kaynaklanır.

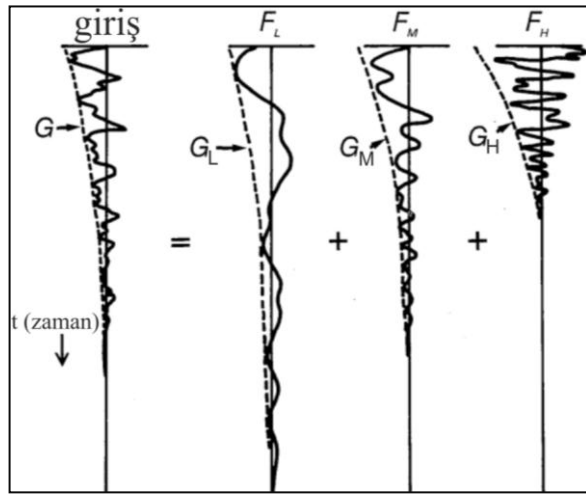
Zamanla değişen spektral beyazlatmada (Time variant spectral whitening-TVSW) yerin soğurma etkilerini gidermede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin temelini, genlik değerleri zamanla azalan sismik ize ait spektrumunun farklı frekans içeriğinde bileşenlerine ayrılması oluşturur. Veriye bir dizi dar bant geçişli süzgeç uygulanır. Şekil 2.14' de düşük, orta ve yüksek frekanslı geçirim bantlarına örnek verilmiştir.



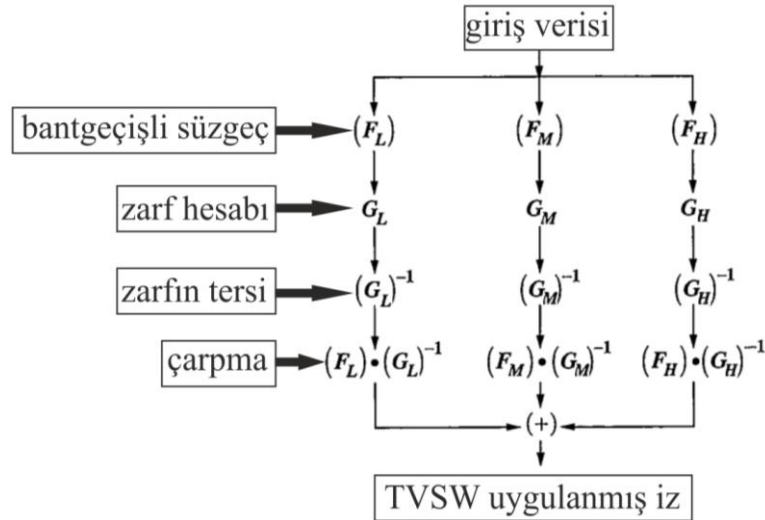
Şekil 2.14 Zamanla değişen spektral beyazlatma uygulanacak sismik ize uygulanan üç adet dar bant geçişli süzgecin şematik genlik spektrumu (Gadallah ve Fisher, 2005). F_L düşük frekans, F_m orta frekans ve F_h yüksek frekans bantlarını geçiren süzgeç spektrumlarını temsil etmektedir.

Dar geçiş bandına ait süzgeçler sismik veriye uygulanıp yan yana çizdirildiğinde, sinyalin yüksek frekans içeren kısımlarının çok daha hızlı bir şekilde sönümlendiği

gözlemlenir. Düşük frekans içeriğine sahip kısım F_L , orta frekans içeren F_m ' ye, orta frekans içeren F_m de yüksek frekans içeren F_h ' ye göre daha düşük sönüm oranına sahip olacaktır (Şekil 2.15). Buradan yola çıkarak farklı sönüm oranlarına sahip farklı frekans bandı olan sismik iz için farklı kazanç fonksiyonları tanımlanabilir (G_L, G_M, G_H). Bu kazanç fonksiyonları, bant geçişli süzgeçlenmiş izlere ait zarf eğrilerinin tersine eşittir. Sonrasında kazanç fonksiyonlarının tersi, her bant için ayrı olarak süzgeçlenmiş izler ile çarpılarak sonuçlar toplanır (Şekil 2.16).



Şekil 2.15 Sismik izin frekans bağımlı olarak sönümlenmesi (Gibson ve Larner, 1982). Kesik çizgiler zarf eğrilerini ifade etmektedir.



Şekil 2.16 Zamanla değişen spektral beyazlatma uygulamasının akış diyagramı (Yılmaz, 1987' den uyarlanmıştır.)

BÖLÜM ÜÇ

SİSMİK VERİ İŞLEM ADIMLARI

3.1 Dekonvolüsyon Öncesi Sismik Veri İşlem Adımları

Yılmaz (1987), sismik veri işlemi; dekonvolüsyon, yığma ve migrasyon olmak üzere üç ana grup olarak tanımlamış ve yapılan diğer veri işlem adımlarının bu üç ana gruba daha uygun düzeyde veri girdisi elde edilebilmesi için uygulandığını belirtmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında da, deniz sismiği verilerine dekonvolüsyon uygulamadan önce yapılan bazı ön veri işlem adımları vardır. Bu ön veri işlem adımlarında, veriyi yüklediğimiz yazılımın içsel formatına dönüştürerek programa yükleme, geometrik parametrelerin tanımlanması ve verinin atış grupları ile tek kanallı görüntülenmesi, bant-geçişli süzgeç, f-k eğim süzgeci uygulanması ve istenmeyen alanların veriden atılması (top mute - bottom mute) işlemleri uygulanır. İleri veri işlem adımları ise dekonvolüsyon uygulanması, atış gruplarının ortak derinlik noktası gruplarına geçirilmesi (sort), sismik veriye ait hızların elde edilmesi için hız analizi (velocity analysis) uygulanması, normal kayma zamanı düzeltmesi, yığma ve göç (migrasyon) işlemlerini içerir (Şekil 3.1).

Tez çalışması kapsamında hem sentetik veriler hem de deniz sismiği verisi üzerinde dekonvolüsyon uygulamaları yapılmıştır. Arazi verisi olarak, 2010 yılında Kozlu açıklarında toplanan kz10-x03 numaralı sismik veri kullanılmıştır. Tablo 3.1, kz10-x03 hattına ait veri toplama parametrelerini vermektedir. Tablo 3.2' de ise dekonvolüsyon uygulamalarında kullanılan sentetik minimum fazlı dalgacık, 1 boyutlu sismik iz ve 2 boyutlu sentetik modele ait parametreler verilmektedir. Deniz sismiği verilerine dekonvolüsyon uygulamaları yapmak için; ilk olarak veri, veri-işlem yazılımının içsel formatına dönüştürülerek programın veri tabanına kaydedilmiş ve veriye ait geometrik parametrelerin (grup aralığı, atış aralığı, kaynak derinliği, alıcı derinliği vb.) tanımlanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Geometri tanımlama işleminden sonra uygulanan bant geçişli süzgeçleme işlemi ile; veri toplanması sırasında kaydedilen çok düşük frekans içeriğine sahip deniz dalgası gürültüsü ve yüksek frekans içeriğine sahip gelişigüzel gürültüler gibi genliklerin atılması amaçlanmıştır. Şekil 3.2’ de, ham giriş verisi (Şekil 3.2a) ile köşe frekansları 8-12-195-200 Hz olarak ve süzgeç boyu 400 ms seçilerek uygulanan bant geçişli süzgeç sonrası elde edilen çıkış verisi (Şekil 3.2b) ve bunlara ait genlik spektrumları görülmektedir.

Tablo 3.1 kz10-x03 hattına ait çok kanallı sismik veri toplama parametreleri

Kanal Sayısı	216
Streamer Uzunluğu	1350 m
Kayıt Uzunluğu	6000 ms
Grup Aralığı	6.25 m
Örnekleme Aralığı	1 ms
Streamer Derinliği	4 m
Atış Aralığı	25 m
Kaynak	GI Gun (45+45 inç ³)
Kaynak Derinliği	2 m
Kaynak Basıncı	2000 psi (160 bar)
Minimum Ofset	70 m
Veri Formatı	Standart SegY

Tablo 3.2 Uygulamalarda kullanılan sentetik verilere ait parametreler

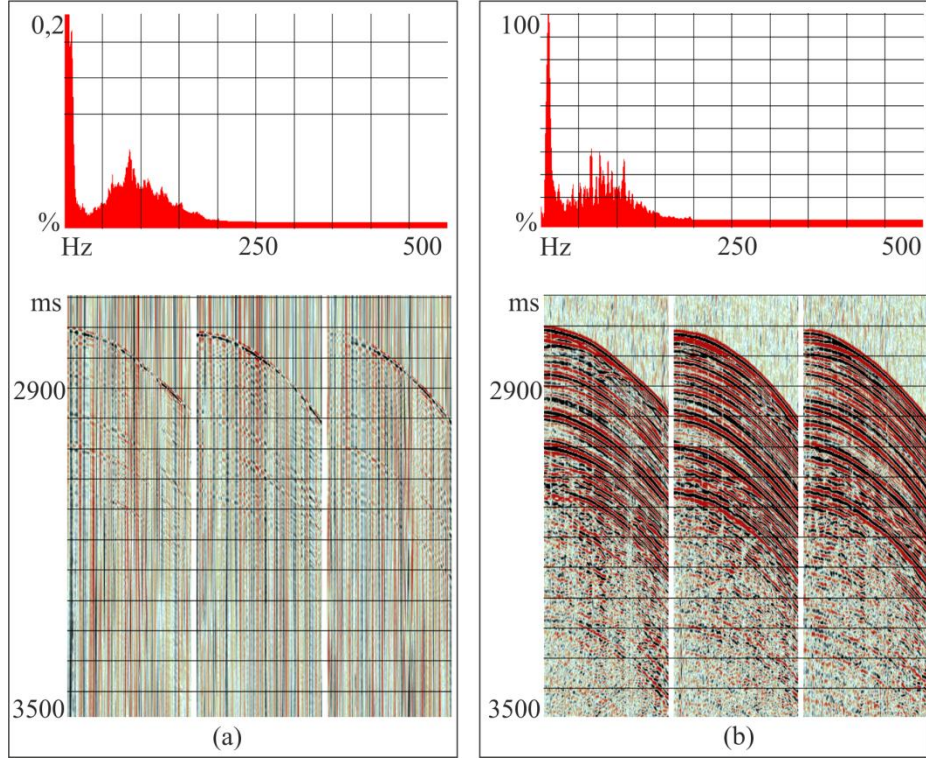
Minimum Fazlı Dalgacık	
Örnekleme Aralığı	1 ms
Kayıt Uzunluğu	1 s
1 Boyutlu Sismik İz	
Örnekleme Aralığı	1 ms
Kayıt Uzunluğu	1 s
2 Boyutlu Sentetik Model	
Örnekleme Aralığı	1 ms
Kayıt Uzunluğu	500 ms
İz sayısı	361
İz Aralığı	2.5 m

Genlik kazanımı; küresel açılım etkisi ve sinyalin yer içerisinde yayılırken derinlere doğru gittikçe soğurulmasından dolayı meydana gelen genlik kaybını gidererek, sismik kesitte homojen bir genlik dağılımı sağlama işlemidir. Deniz sismiği veri işlemi yapılırken yazılımdaki otomatik genlik kazanımı (Automatic gain control – AGC) modülü kullanılmış ve pencere boyu 600 ms seçilmiştir (Şekil 3.3).

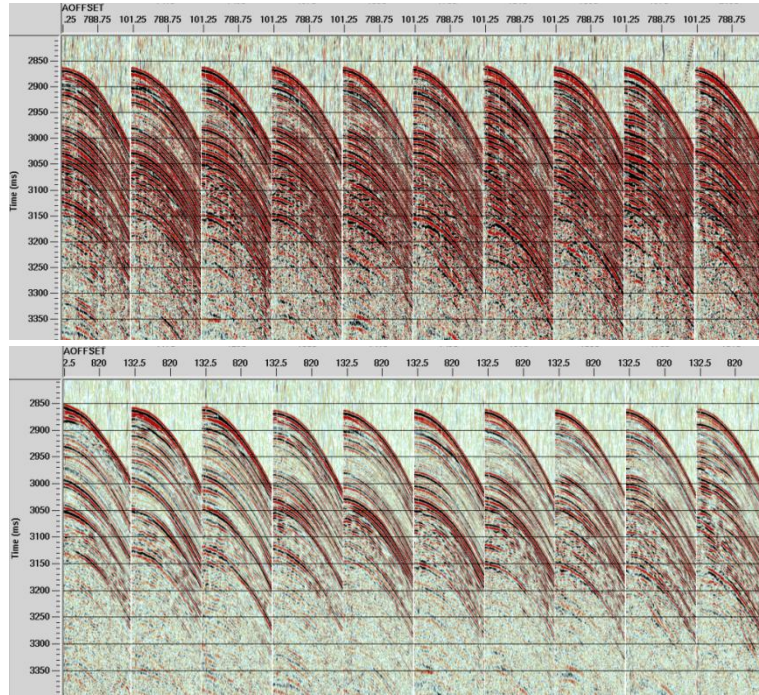
F-K eğim süzgeci ile kuyruk şamandırası gürültüsü, derinlik kontrol birimi gürültüsü, elektrik şebekesi girişimi gibi farklı eğimli bazı gürültüler veriden atılır. F-K süzgeci atış gruplarına uygulanır. F-K eğim süzgeci ile veri zaman ortamından frekans ortamına taşınır ve veriye iki boyutlu Fourier dönüşümü uygulanır. Bu işlem sonucunda frekansa karşılık gelen dalga sayısının çizdirilmesiyle, birincil yansıma genliklerinin gruplandığı alan ve farklı eğimlere sahip olan gürültüler kolayca birbirinden ayrılırlar (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



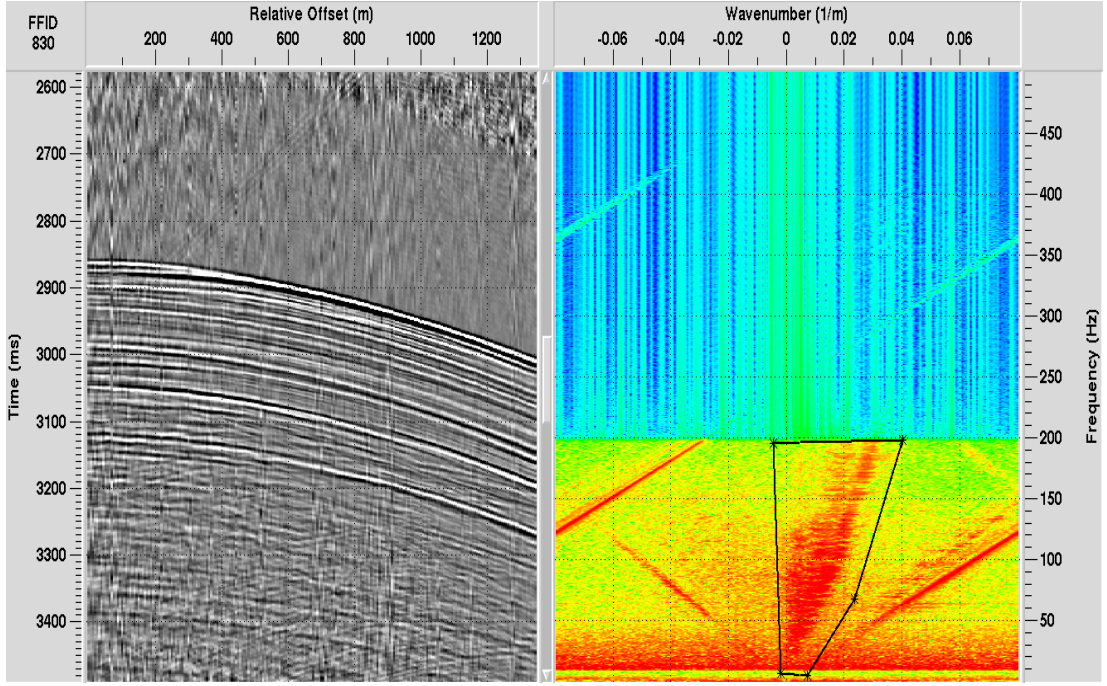
Şekil 3.1 Sismik veriye uygulanan veri işlem akış diyagramı



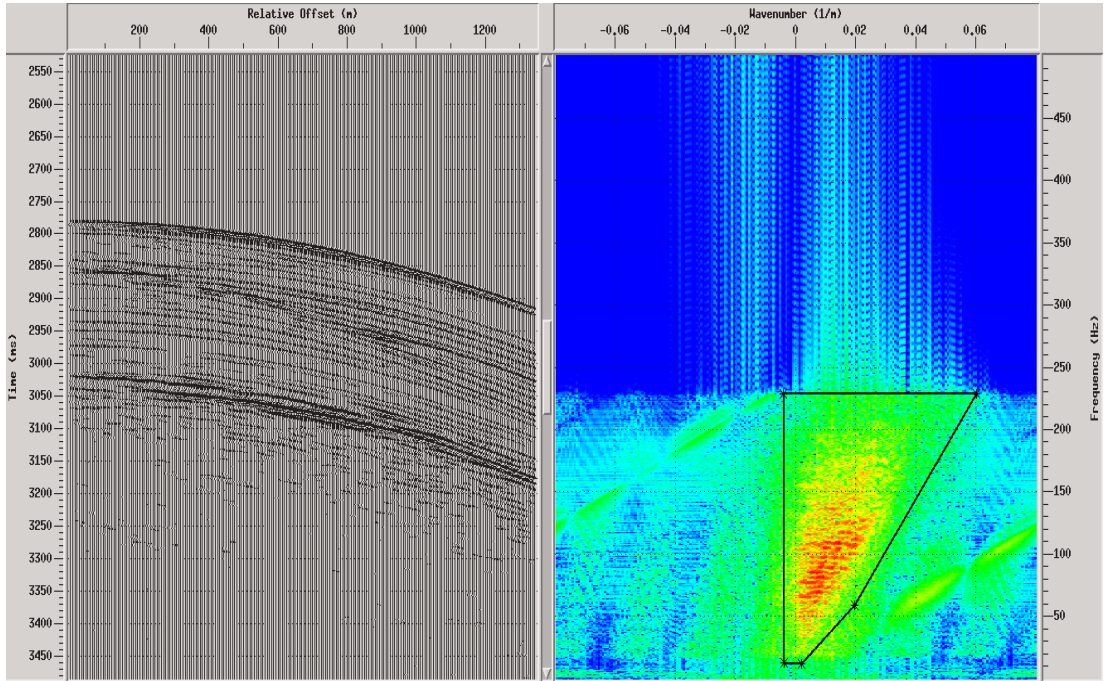
Şekil 3.2 Ham giriş verisinin (üstte) ve (altta) köşe frekansları 8-12-195-200 Hz olarak ve süzgeç boyu 400 ms seçilerek uygulanan bant geçişli süzgeç sonrası verinin genlik spektrumları.



Şekil 3.3 Genlik kazanımı uygulanmamış (üstte) ve pencere boyu 600 ms seçilerek genlik kazanımı uygulanmış atış grupları.



Şekil 3.4 a) F-K analizi uygulanmamış atış grubu, b) frekans dalga sayısı ortamında verinin bulunduğu alanı içine alan poligon



Şekil 3.5 a) F-K Şekil 3.5' de verilen atış grubunun F-K süzgeci sonrası görünümü, b) frekans dalga sayısı ortamında poligon dışındaki gürültülerin veriden atıldığı F-K gösterimi.

3.2 Dekonvolüsyon Sonrası Veri İşlem Adımları

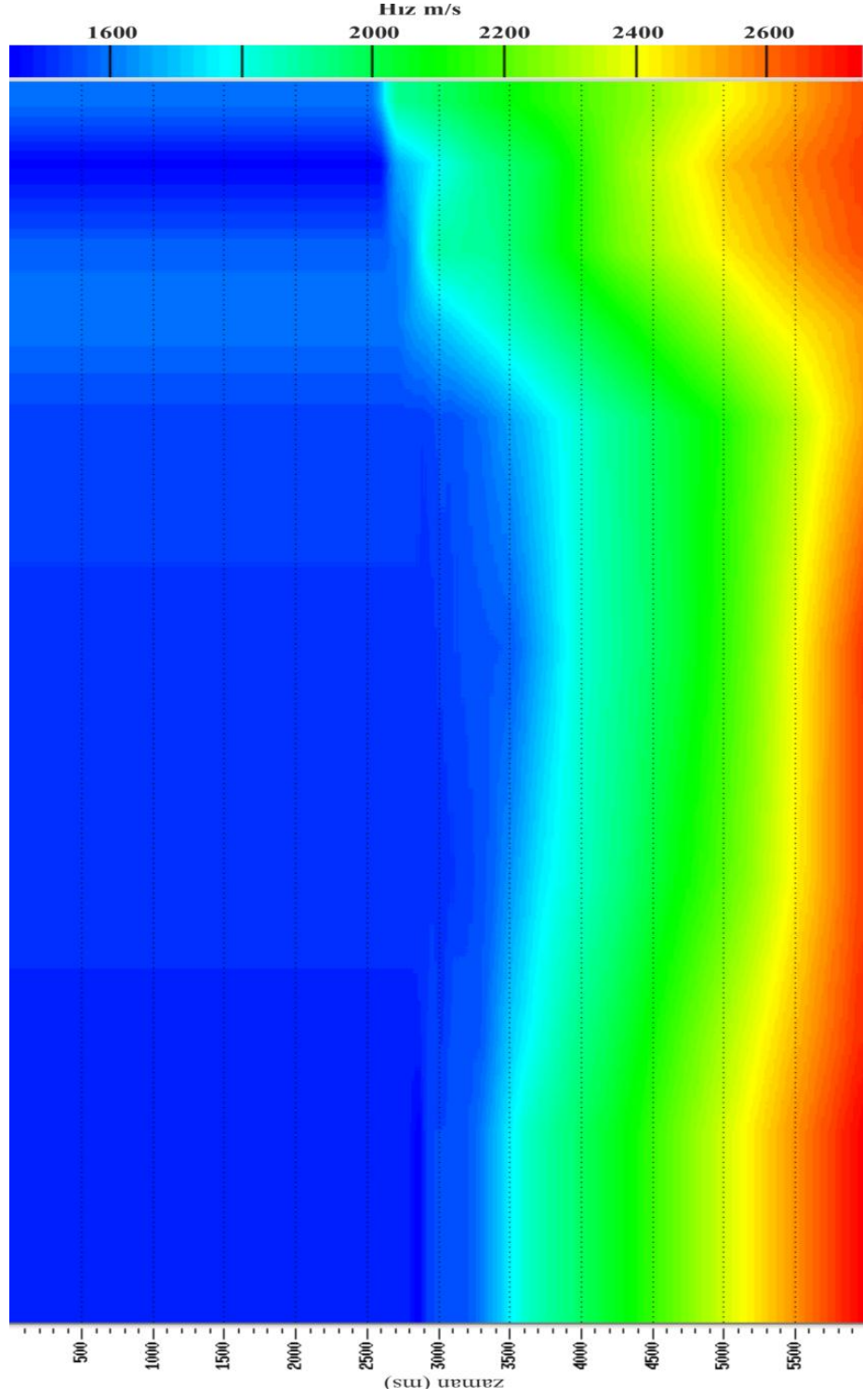
Dekonvolüsyon işlemi sonrasında, veri işlem yazılımına ait uygun modül seçilerek ortak derinlik noktası sıralaması (Common Depth Point – CDP) uygulaması yapılarak, atış gruplarında aynı noktadan yansıyan her bir sinyalin bir araya getirilmesi sağlanır ve veri atış ortamından CDP ortamına taşınmış olur. Her bir ortak CDP grubundaki iz sayısı katlanmayı verir ve bu tez çalışmasında kullanılan arazi verisine ait katlama sayısı 27' dir. CDP ortamına taşınan veri, yazılımdaki hız analizi uygulama modülü kullanılarak belirli aralıklar ile seçilmiş olan CDP' lere hız spektrumu yöntemi ile hız analizi yapılmış ve seçilmiş olan her bir CDP için sismik hız değişimi belirlenmiştir. Seçilmiş olan her CDP için elde edilen hız fonksiyonları bir arada görüntülenerek, toplanan sismik hatta ait 2B hız alanı elde edilmiştir. Söz konusu hattın veri işleminde seçilmiş CDP noktalarına hız analizi uygulanmış ve bu uygulama sonucu elde edilen iki boyutlu hız alanı da Şekil 3.6' da gösterilmiştir.

Sismik veri toplanırken uzak ofsetlerdeki sinyalin geç gelmesine bağlı olarak oluşan hiperbolik yansıma sinyalleri, en uygun hız seçimleri ile ortadan kaldırılarak normal kayma zamanı etkisi giderilir. Normal kayma zamanı (NKZ) düzeltilmesi, hız analizinde seçilen hız değerleri kullanılarak ortak derinlik noktasından yansıyan sinyallerin aynı bir $t(0)$ zaman seviyesine getirilmesi işlemidir.

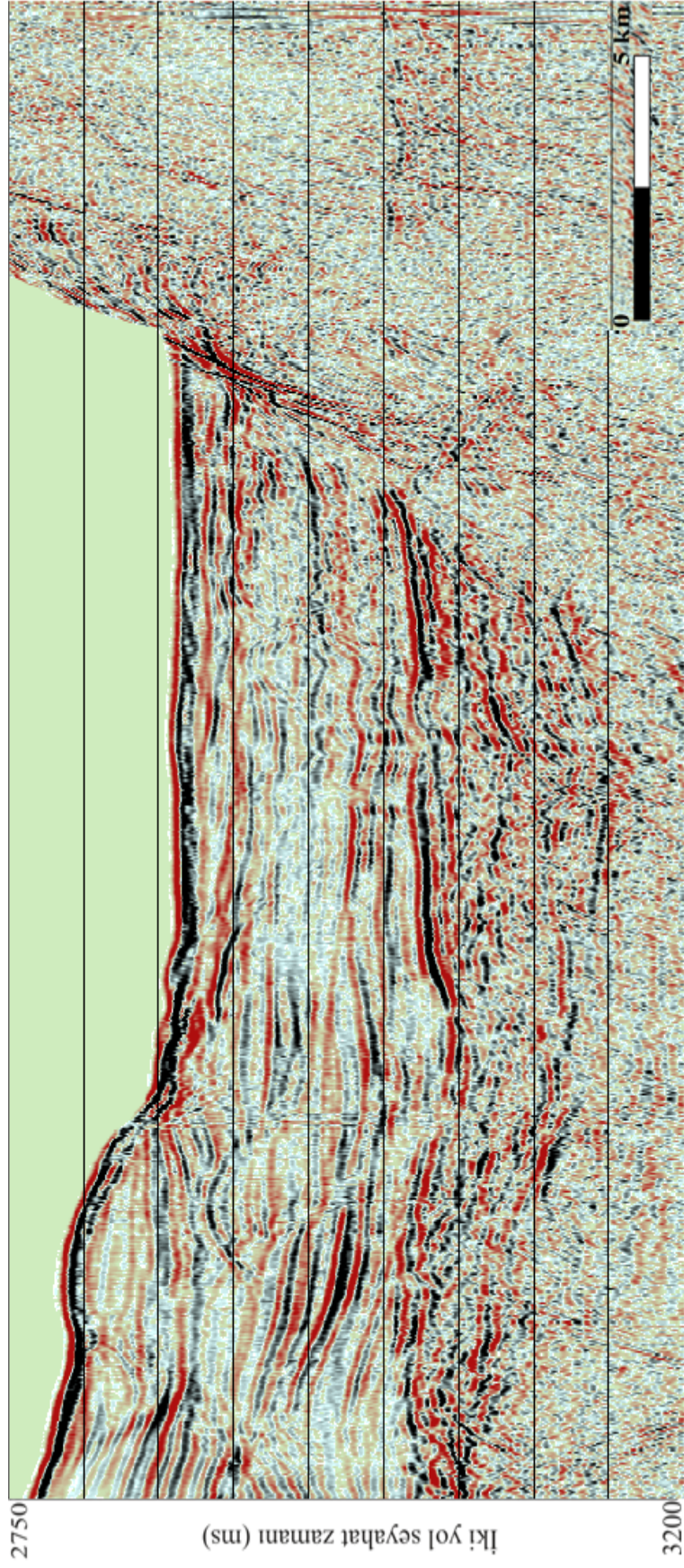
Veriye NKZ düzeltilmesi uygulamasının ardından, aynı noktadan yansıyıp farklı alıcılar tarafından kaydedilen tüm yansıma izleri aynı zaman seviyesine getirilir ve aynı seviyedeki izler yığma işlemi uygulanarak toplandığında sinyalin genliği artar ve gürültünün genliği azalır. Yığma işlemi uygulanması sonucunda elde edilen yığma kesiti Şekil 3.7' de gösterilmiştir.

Sismik veri işleminde migrasyon (göç) işlemi son adımı oluşturmakta olup bu adımda yığma kesitindeki yansımalar gerçek yerlerine taşınarak jeolojik yapıların gerçek geometrisine getirilmesi hedeflenir. Burada veri setlerine yığma sonrası Kirchhoff zaman migrasyonu uygulanmıştır (Şekil 3.8). Bu migrasyon türünün işlem

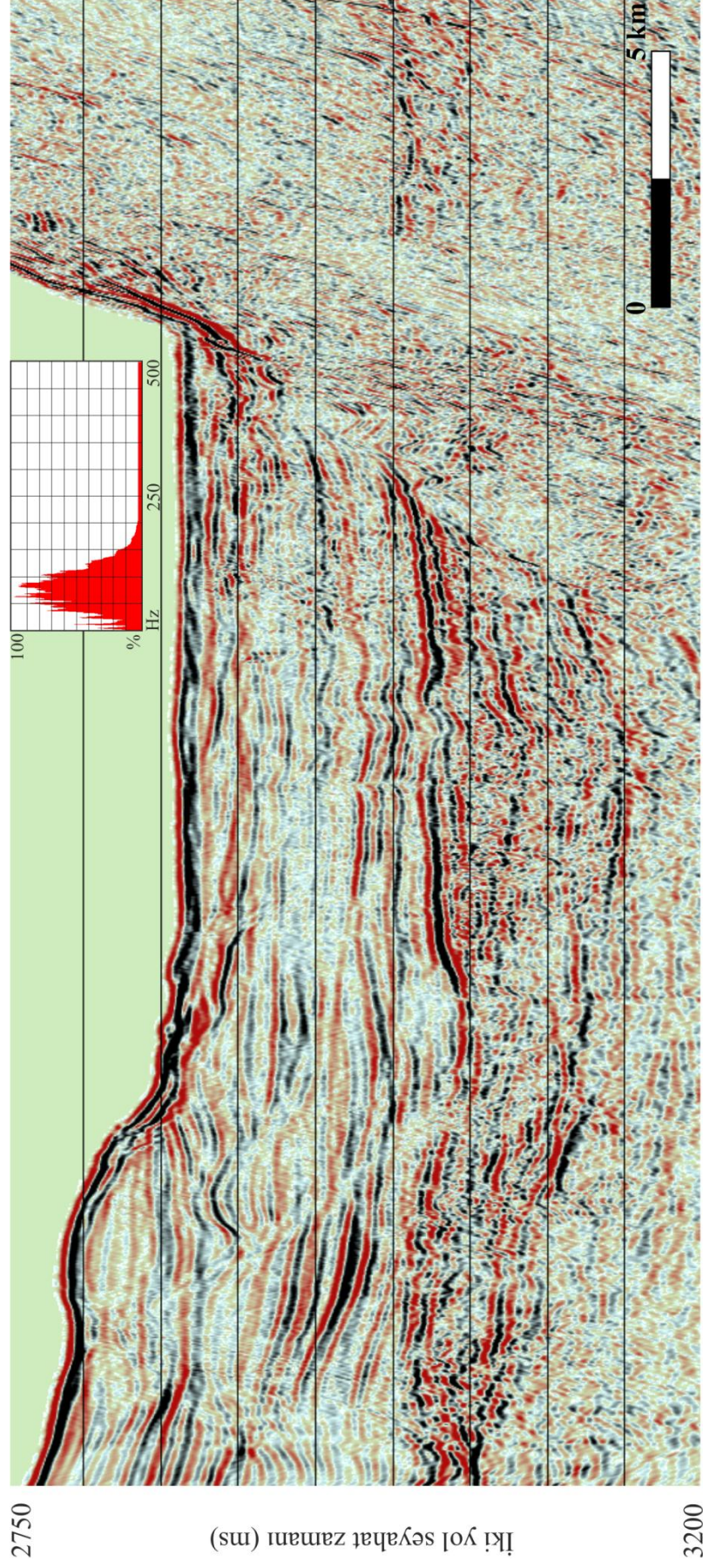
süresi diğerlerine kıyasla uzun sürmesine karşın iyi sonuç elde edilmesinden dolayı bu algoritma tercih edilmiştir.



Şekil 3.6 Hız analizi sonucu elde edilen 2 boyutlu hız alanı



Şekil 3.7 Yığılma işlemi yapılmış sismik hattının bir kısmının görüntüsü.



Şekil 3.8 kz10-x03 hattının dekovoltasyon uygulamadan elde edilen migrasyon kesiti ve ortalama genlik spektrumu.

BÖLÜM DÖRT

DEKONVOLÜSYON UYGULAMALARI

Dekonvolüsyon uygulamaları yapılırken giriş verisi olarak Tablo 3.2' de özellikleri verilmiş olan sentetik olarak üretilen minimum fazlı bir dalgacık, bu dalgacıktan üretilen minimum fazlı sismogram, 2 boyutlu sentetik model ve Tablo 3.1' de özellikleri verilen kz10-x03 numaralı sismik veri ve kullanılmıştır.

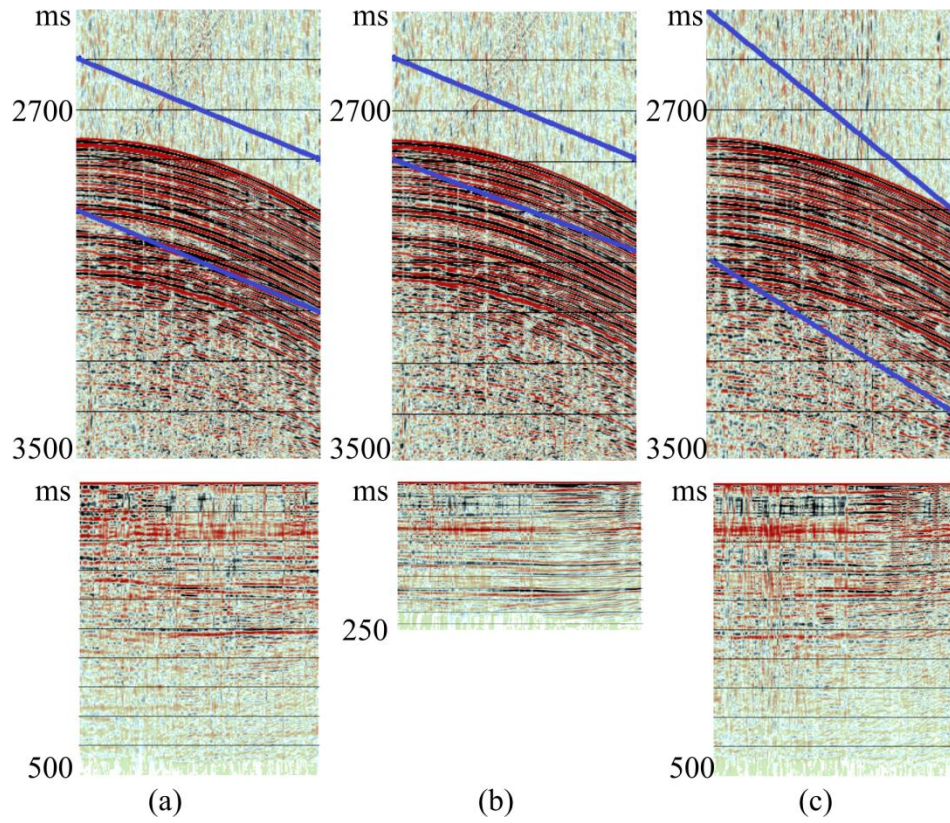
Bir veri işlem adımı olarak dekonvolüsyon, her ize ayrı ayrı uygulanır. Bu uygulama genellikle atış grupları bazen de CDP grupları üzerinde yapılır. Dekonvolüsyon adımını uygulamaya geçmeden önce veri, mümkün mertebe gürültülerden arındırılmış olmalıdır. Bu ön koşulun gerekli olmasındaki temel neden, gürültü etkilerinin en az olduğu bir veriden parametre seçimi yapılması gerekliliğidir. Böylece gürültü etkisi giderilmiş veri üzerinde sadece veriye yönelik parametre seçimi yapılabileceği olacaktır. Yığma öncesi dekonvolüsyon işleminde en önemli iki parametre; dekonvolüsyon operatör uzunluğu (n) ve kestirim uzaklığıdır (α). Bu iki parametrenin yanı sıra verinin özilişkisinin hesaplanacağı pencere ve dekonvolüsyon operatörünün tasarım penceresinin uygun seçilmesi de önem taşımaktadır.

4.1 Dekonvolüsyon için Parametreler

4.1.1 Özilişki Zaman Penceresi

Sismik izin özilişkisi, dekonvolüsyon uygulaması öncesinde gereken parametrelerin belirlenmesi ve dekonvolüsyon uygulaması sonucunda elde edilen çıkış verisine ait dekonvolüsyon etkinliğinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Verinin özilişki fonksiyonu incelenerek veri içerisinde kendisini tekrarlayan olaylar gözlemlenebilir. Özilişki penceresi, genel olarak sinyalin kullanılabilir olduğu alandan seçilmeli, gürültü içeren bölgeler mümkün olduğunca pencere dışında bırakılmalıdır. Bu aşamada özilişki penceresi seçiminde önem taşıyan bir konu da pencerenin uzunluğudur. Şekil 4.1, aynı bir atış kaydı için üç farklı pencere kullanılarak hesaplatılan özilişkileri göstermektedir. Şekil 4.1b' de pencere çok kısa

tutulduğundan dalgacık özilişkisini gösteren kısmı belirlemek mümkün olmamaktadır. Şekil 4.1c' de ise özilişki bir atış grubunun en sol kısmında bulunan yakın ofsetler için dar bir pencere seçilerek hesaplatılmış ve bu sebeple özilişki panelinde yaklaşık 410 ms' den sonra boş bir alan meydana geldiği görülmektedir. Uygulamada, özilişkisi hesaplatılan verinin örnek sayısının, dekonvolüsyon operatörü hesabında kullanılan maksimum kestirim uzaklığının 8 katından az olmaması tercih edilmelidir (Yılmaz, 1987).



Şekil 4.1 Aynı bir atış kaydı için (a) 500 ms, (b) 250 ms pencere boyu ve eğimli bir pencere üzerinden (c) 500 ms pencere boyu seçilerek hesaplanan özilişkiler.

4.1.2 Dekonvolüsyon Tasarım Penceresi

İstatistiksel dekonvolüsyon uygulamalarında dekonvolüsyon operatörü hesaplanırken giriş sismik verisinin özilişkisi kullanılır. Uygulama sırasında verinin hangi kısımlarının dekonvolüsyon operatörü hesabı için kullanılacağı önceden belirlenmelidir. Dekonvolüsyon tasarım penceresinin seçimi sırasında ise mümkün

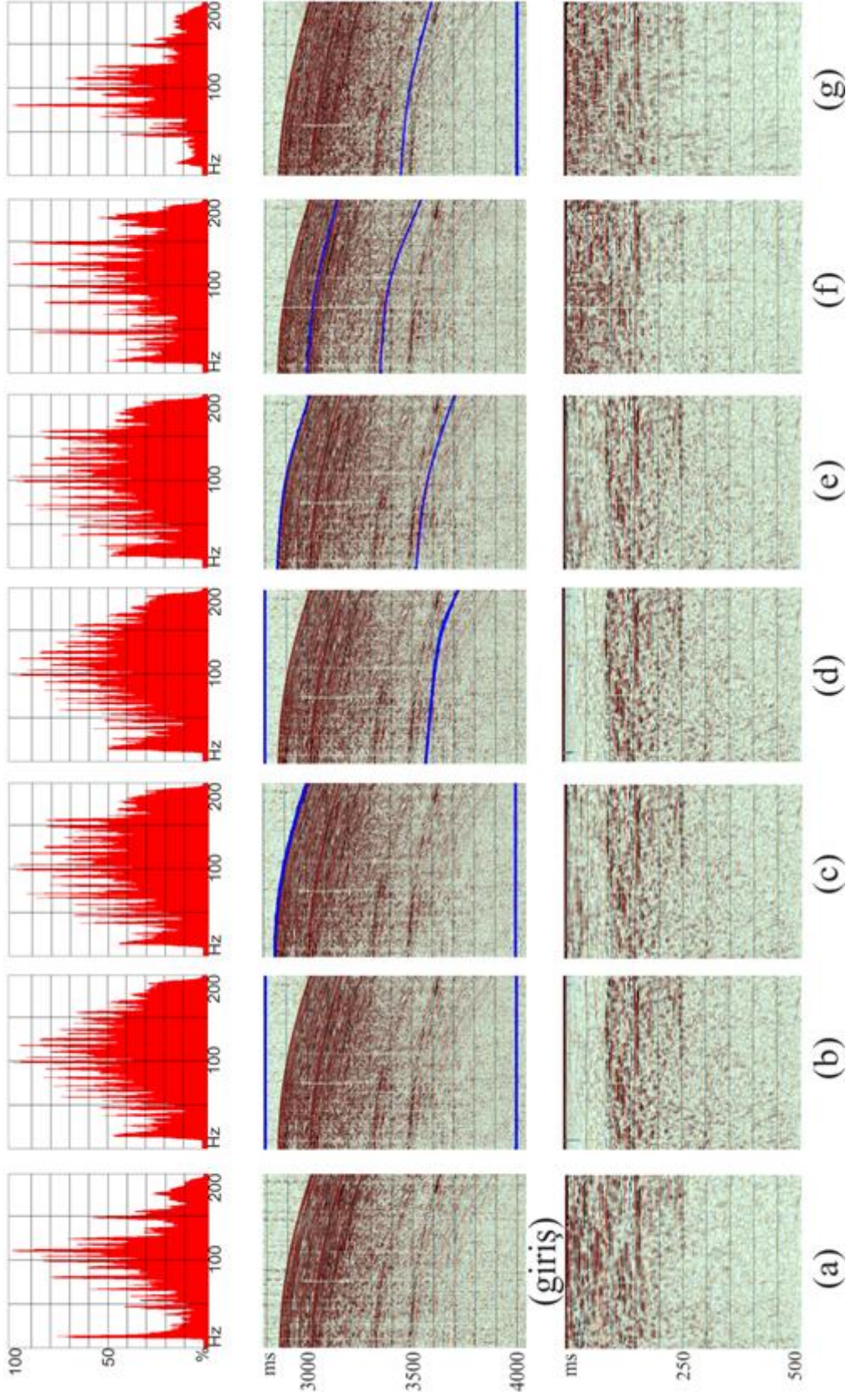
olduğunca uzun bir tasarım penceresi seçilmeye çalışılır. Pratikte dekonvolüsyon tasarım pencere boyu, kullanılacak operatör boyunun 10 katı kadar seçilebilir ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, pencereyi uzun seçmek adına, geç varışlarda sadece gürültü içeren kısımları da dâhil etmemektir. Şekil 4.2’ de farklı dekonvolüsyon tasarım pencereleri ile dekonvolüsyon işleminin ıktıları ve bu çıktılara ait genlik spektrumları görölmektedir. Hesaplamalarda operatör uzunluğu, $n=80$ ms ve kestirim uzaklığı, $\alpha = 7$ ms alınmıştır. Seçilen pencere aralıkları atış grupları üzerinde kalın çizgiler ile gösterilmiştir. Pratikte tasarım penceresi hedef bölgeden seçilmelidir (Dondurur, 2009). Genlik spektrumunu optimal genişleten ve özilişki penceresinde genlikleri en çok bastıran dekonvolüsyon tasarım penceresinin deniz tabanı ile mümkün olduğunca uyumlu seçilmesi gerektiği görölmüş ve en uygun sonucun şekilde Şekil 4.2e’ de olduğu görölmüştür.

4.1.3 Operatör Uzunluğu

Operatör uzunluğunun doğru seçimi, kestirim dekonvolüsyonu uygulamasının etkinliğini belirleyen önemli bir parametredir. Belirlenmesinde giriş sismik izinin özilişkisi kullanılır. Hat boyunca farklı atış gruplarının özilişkileri ayrıntılı olarak incelenerek, en uygun operatör boyu seçilmeye çalışılır. Operatör uzunluğunun belirlenmesinde giriş sismik izinin özilişkisi kullanılır. Operatör uzunluğu belirlenirken veriye ait özilişki penceresinde sismik dalgacığı temsil eden ilk sinyal paketi uzunluğuna yakın seçilmelidir.

4.1.4 Kestirim Uzaklığı

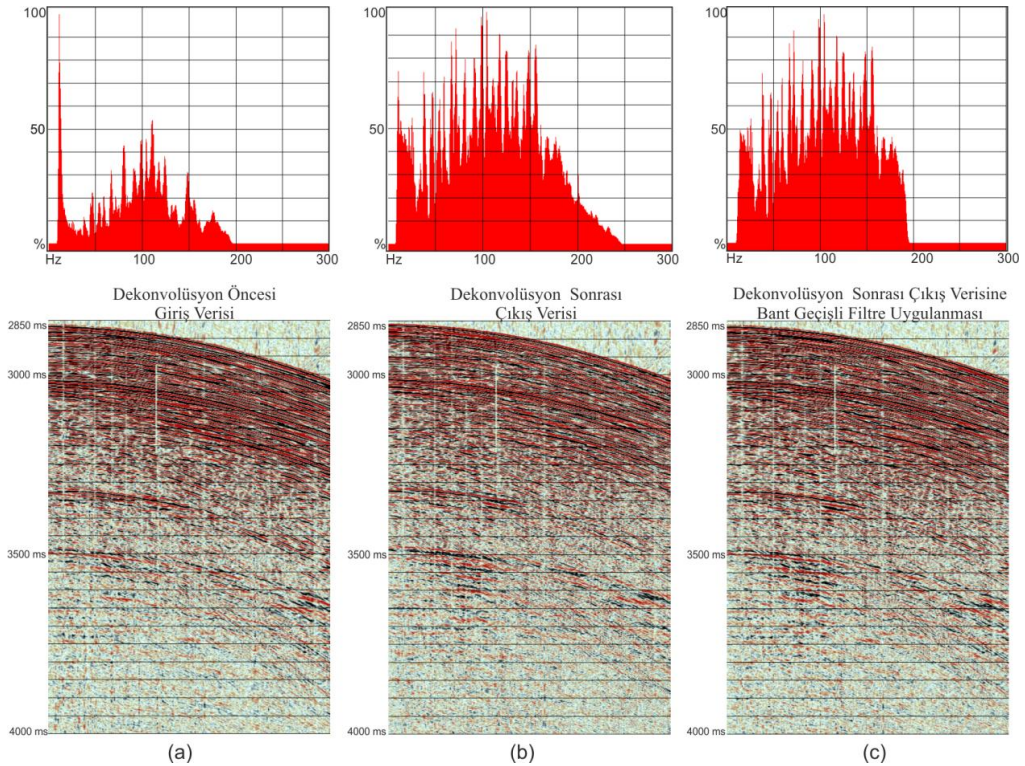
Kestirim uzaklığı (α), dekonvolüsyon işleminin sonrasında elde edilen sonuç sismik verinin genlik spektrumu üzerinde, en baskın etkiye sahip parametredir. Kestirim uzaklığı parametresinin kısa seçilmesi dalgacığın daha çok sıkıştırılmasına ve dolayısıyla genlik spektrumunun da genişleterek beyaz spektruma yaklaşmasına neden olur ancak verinin içerdiği düşük ve yüksek frekanslı gürültüde de artış meydana getirebilir. Kestirim uzaklığının artışı ile dekonvolüsyonun etkinliği ve dolayısıyla veriye ait genlik spektrumunun genişlemesi de azalır.



Sekil 4.2 Farklı dekonvolüsyon tasarım pencereleri ile dekonvolüsyon işleminin çıktıları ve bu çıktıların ait genlik spektrumları.

4.2 Dekonvolüsyon İşlemi Sonrasında Bant geçişli Süzgeç Uygulanması

Dekonvolüsyonu işleminden sonra elde edilen çıkış verisinin genlik spektrumu düzleşeceğinden, sinyalin içerdiği düşük ve yüksek frekanslı bileşenler ile diğer gürültülerin genlikleri oldukça artacaktır. Bu artış özellikle verinin geç varışlarında belirgin olarak gözlenmektedir. Bu nedenlerden dolayı dekonvolüsyon uygulandıktan sonra genellikle veriye bant geçişli bir süzgeç uygulanması gerekir. Bant geçişli süzgeç uygulamasının ardından dekonvolüsyon sonucu oluşan yüksek ve düşük frekans içerikli gürültüler veriden atılır. Kestirim dekonvolüsyonu ile iğnecikleştirme dekonvolüsyonu sonucu elde edilen sismik veri çıktılarına ait genlik spektrumlarının aynı ölçüde genişlemediği bilinmektedir (Dondurur, 2009). Şekil 4.3’ de dekonvolüsyon uygulanmadan elde edilen bir atış grubu (Şekil 4.3a) ile aynı veri setine uygulanmış dekonvolüsyon çıkış verisi (Şekil 4.3b), dekonvolüsyon sonrası bant geçişli filtre uygulanmış çıkış verisi (Şekil 4.3c) ve bu kesitlere ait ortalama genlik spektrumları (üst kısım) görülmektedir.



Şekil 4.3 Dekonvolüsyona giriş verisi (a), dekonvolüsyon çıkış verisi (b), bant geçişli filtre uygulanmış çıkış verisi (c) ve bu kesitlere ait genlik spektrumları (üst kısım).

4.3 İğnecikleştirme Dekonvolüsyonu

İğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması hem minimum fazlı sentetik dalgacığa, hem bu dalgacıktan elde edilen sismograma, hem de kz10-x03 numaralı arazi verisine uygulanmıştır. Uygulamada kullanılan sentetik dalgacığın kayıt uzunluğu 1 saniye, örnekleme aralığı 1 ms ve baskın frekansı 40 Hz' dir. Bu özellikleri taşıyan minimum fazlı sentetik dalgacıktan elde edilmiş sismogram da aynı özellikleri taşımaktadır.

Şekil 4.4' de minimum fazlı dalgacığa, iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanırken değişken parametre olan operatör uzunluğunun (n) farklı değerleri seçilerek elde edilen çıktılar ve bu çıktılara ait özilişkiler ile genlik spektrumları incelenmiştir. Şekil 4.4a, minimum fazlı dalgacık giriş verisi olarak kullanılmıştır. Farklı operatör uzunlukları için (n = 5, 10, 15, 20 ve 35 ms) elde edilen dekonvolüsyon çıktıları, bu çıktılara ait özilişkiler ve genlik spektrumları ile birlikte Şekil 4.4b-f' de verilmiştir. Dekonvolüsyonlu çıkış verileri incelendiğinde Şekil 4.4b-e' nin özilişki fonksiyonlarına bakıldığında sinyaldeki gürültünün giderilemediği ve sıfır kayma zamanlı bir sinyal elde edilemediği görülmektedir. Şekil 4.4f' de 35 ms operatör uzunluğu seçilerek uygulanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu çıkış verisinin neredeyse sıfır kaymalı bir iğneciğe dönüştüğü görüldüğünden uygun parametre olduğu söylenebilir.

Şekil 4.5' de, sentetik sismograma, farklı operatör uzunlukları kullanılarak uygulanan dekonvolüsyon işleminin ardından elde edilen çıktılarda görülen pikler yansıma katsayıları serisindeki ana piklerin yerini bulmakta ancak sonrasında küçük genlikli gürültüler oluştuğu görülmektedir. İğnecikleştirme dekonvolüsyonunda etkin olarak tek parametre olan operatör uzunluğunun uygun bir şekilde belirlenmesi için giriş verisinin özilişkisine bakmak gerekir. Burada operatör boyunu, giriş sinyalinin özilişkisinde kaynak dalgacığının özelliğini taşıyan ilk izole sinyal paketi olarak da adlandırılan kısmın uzunluğu kadar seçmek gerekmektedir. Uygun operatör uzunluğu seçimi ile elde edilen çıkış verisine ait genlik spektrumunun dengelenmesi yani düzleşmesi gerekir. Sentetik sismograma ait giriş verisinin özilişkisine bakıldığında

ilk geçici zonun yaklaşık olarak 50 ms' ye denk geldiği görülmektedir. Farklı operatör uzunluklarından elde edilen çıktılara ait genlik spektrumları incelendiğinde de genlik spektrumunu dengelendiği gözlenen en ideal sonucun $n = 50$ ms olarak seçilen Şekil 4.5d' deki çıkış verisi olduğu görülmektedir. Ayrıca $n=50$ ms çıktısında, sismogramdaki gürültü seviyesi de, diğer çıktılara oranla en küçüktür.

Şekil 4.6' da 2 boyutlu sentetik model giriş verisi olarak kullanılmıştır ve farklı operatör uzunlukları ile ($n = 20, 50, 75, 100$ ve 125 ms) elde edilen dekonvolüsyon çıktıları görülmektedir. Yapılan denemeler sonucunda veriye uygulanan bütün operatör uzunlukları için birincil yansımaların frekansının arttığı gözlenmiştir. Öte yandan operatör boyu arttıkça birincil yansımaların altında bu yansımalara paralel yüksek frekanslı ikincil yansımalar ortaya çıkmıştır. Bu etki derinlere doğru daha da baskın hale gelmektedir. Bu sebeple sentetik veri için operatör uzunluğunun çok yüksek alınmaması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bütün bunlara karşılık, uygulanan bütün dekonvolüsyon değerleri için, veri üzerinde gözlenen kama yapılarının ayrımlılığı artmıştır. Buna göre kama yapısının taban yansıması ile tavan yansımasının birleşim noktası Şekil 4.6' daki dekonvolüsyonsuz giriş verisinde devamlılık göstermezken, dekonvolüsyon çıktılarında kama yapısının tavan ve tabanını temsil eden yansımaların düzgün bir şekilde birleştiği gözlenmiştir. Buna karşılık verideki gelişmiş güzel gürültü miktarı arttıkça dekonvolüsyon çıktılarında bu gürültüler daha da baskın hale gelmektedir. Ayrıca bu gelişmiş güzel gürültüler, dekonvolüsyon işlemi sonrasında bant geçişli süzgeç uygulanmasına rağmen veriden atılamamıştır. Şekil 4.6 incelendiğinde, $n = 20$ ms seçilerek elde edilen dekonvolüsyonlu çıkış verisinin gelişmiş güzel gürültü seviyesinin ve ikincil yansımaların en az seviyede olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.7' de kz10-x03 hattında tek bir atış grubuna, farklı operatör boyları kullanılarak ($n = 15, 35, 50, 80$ ve 125 ms) uygulanan dekonvolüsyon işlemi sonucu elde edilen çıkış verileri ve bu çıktıların özilişki ve genlik spektrumları görülmektedir. Şekildeki çıkış verilerinin özilişki fonksiyonları ve genlik spektrumlarına ait görüntüler incelendiğinde, genlik spektrumu diğer çıktılara göre daha dengeli görülen ve iğnecikleştirme dekonvolüsyonunun verideki salınımlı

görünümü azaltmaya yönelik oluşturması gereken etkinin en yakın olarak hangi operatör uzunluğu ile elde edildiği incelenmiştir. Şekil 4.7' nin üst kısmında görülen genlik spektrumları incelendiğinde $n = 50$ ms seçilen operatör uzunluğunun verinin bant genişliğini artırdığı görülmüştür. Ayrıca atış grupları incelendiğinde de operatör uzunluğu $n = 50$ ms seçilen değer özilişki fonksiyonlarındaki genlikleri dengeli bir şekilde azalttığı görülmüştür.

Şekil 4.8' de ise kz10-x03 hattında $n = 15, 35, 50, 80$ ve 125 ms seçilerek atış gruplarına uygulanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu hattın tamamına uygulanarak elde edilen migrasyon kesitleri görülmektedir. Şekil 4.8 incelendiğinde Şekil 4.8b-c-e-f ile Şekil 4.8d kıyaslandığında, $n = 50$ ms seçilerek üretilen migrasyon kesitinde daire içinde gösterilen bölgedeki genliklerin devamlılıklarının arttığı ve derindeki yansımaların belirginleştiği söylenebilir.

Şekil 4.9' da $n = 50$ ms seçilen operatör boyu ile hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu ile elde edilen migrasyon kesiti görülmektedir. İğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesiti incelenerek dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti (Şekil 3.8) ile karşılaştırıldığında, elips içine alınmış yansımalar üzerinde belirgin bir genlik ve süreklilik artışı olduğu, dekonvolüsyonsuz migrasyon kesitinde gözlenemeyen derin yansımaların ortaya çıktığı görülmektedir.

4.4 Kestirim Dekonvolüsyonu

Kestirim dekonvolüsyonu, minimum fazlı dalgacık, bu dalgacıkla hesaplanan minimum fazlı sismogram ve gerçek atış grupları üzerinde farklı operatör uzunlukları ve kestirim uzaklıkları için test edilmiştir. Şekil 4.10' da minimum fazlı sentetik dalgacık üzerinde operatör uzunluğu $n=35$ ms olarak sabit tutularak farklı kestirim uzaklığı parametreleri ($\alpha = 1, 7, 21, 35, 98$ ms) ile elde edilen çıktılar ve bunlara ait özilişki ve genlik spektrumları görülmektedir. Minimum fazlı dalgacığa kestirim dekonvolüsyonu uygulanırken operatör uzunluğu 35 ms alınmıştır. Farklı kestirim uzaklığı ile elde edilen çıkış verileri incelendiğinde, uygun sonuçların örnekleme aralığına eşit olan $\alpha = 1$ ms ve özilişki eksenini ilk kesiş zamanı olan $\alpha = 7$ ms

seçildiğinde olduğu görülmektedir. Örnekleme aralığına eşit olarak seçilen kestirim uzaklığı ile hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu işlemi iğnecikleştirme dekonvolüsyonu ile aynı uygulamaya eşdeğerdir. Buna paralel olarak Şekil 4.10c incelendiğinde sentetik dalgacığın bir iğnecik haline geldiği görülmektedir. Giriş verisi olan minimum fazlı sentetik dalgacığın özilişki ekseninde sıfır eksenini ilk kesiş zamanı olan 7 ms değeri ile hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu çıkış verisi incelendiğinde dal sıkıştığı, genlik spektrumunun da genişlediği görülmektedir. Şekil 4.10' da kestirim uzaklığı arttıkça çıkış verisinin spektrumunun giriş dalgacığına ait spektruma benzediği görülmüştür. $\alpha = 35$ ms ve $\alpha = 98$ ms seçilen kestirim uzaklığı ile hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu çıkış verileri incelendiğinde veriye hiçbir etkisi olmadığı görülmektedir. Bu durumun ise seçilen kestirim uzaklıklarının, dalgacığının özilişkisinin hiçbir kayma değerine dokunulmamasından kaynaklandığı bilinmektedir.

Şekil 4.11' de yansıma katsayıları serisi ve yansıma katsayıları serisinin minimum fazlı dalgacık ile konvolüsyona sokulmasından elde edilen minimum fazlı sismogram ve sismograma uygulanan kestirim dekonvolüsyonu çıkış verileri görülmektedir. Kestirim dekonvolüsyonu uygulanırken operatör uzunluğu 50 ms olarak alınmıştır. Şekil 4.11c' de örnekleme aralığına eşit seçilen ($\alpha = 1$ ms) kestirim uzaklığı ile uygulanan kestirim dekonvolüsyonu, iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulamasına denk düşer. Şekil 4.11d' de minimum fazlı sismogramın özilişki grafiğinde sıfır eksenini ilk kesiş zamanı olan 7 ms değeri ile hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu çıkış verisine ait sinyalin sıkıştığı, genlik spektrumunun da genişlediği görülmektedir. Şekil 4.11e-f' de ise büyük seçilen kestirim uzaklıkları ile yapılan dekonvolüsyon uygulamasının etkisinin azaldığı ve genlik spektrumlarının pek fazla genişlemediği görülmüştür.

Şekil 4.12 2 boyutlu sentetik model giriş verisi olarak kullanılmıştır ve farklı kestirim uzaklıkları ile ($\alpha = 1, 3, 7, 21, 35$ ms) elde edilen dekonvolüsyon çıktıları görülmektedir. Uygulamalarda operatör uzunluğu 20 ms olarak alınmıştır. Kestirim uzaklığı 1 ms seçilen kestirim dekonvolüsyonu çıktıları incelenmiştir. Sonuçlar iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulamasına denk düştüğünden elde edilen çıktılar

Şekil 4.6' da $n=20$ ms seçilerek uygulanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması ile aynıdır. Buna göre birincil yansımaların frekansı beklenildiği şekilde artmış ancak veride ikincil yansımalar gürültü olarak ortaya çıkmıştır. Veride gözlenen kama yapısının taban ve tavan yansımaları da daha ayrımlı hale gelmiş, dekonvolüsyon uygulanmamış veriye göre bu yansımaların birleşim noktası daha sürekli olarak gözlenmiştir. Bununla birlikte sonuçlar, aynı kestirim uzaklığı için operatör uzunluğunun arttırılmasına karşılık verideki ikincil yansımalar gibi istenmeyen etkilerin de yüksek oranda arttığını göstermiştir. Kestirim uzaklığı 7 ms seçildiğinde birincil yansımalara ait frekansların belirgin şekilde artış gösterdiği görülmektedir. İkincil yansımalarındaki artışın ise iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulamasındaki kadar belirgin olmadığı ve bu sebeple ikincil yansımaların daha etkin bir şekilde bastırıldığı gözlenmektedir. Kestirim uzaklığının 7 ms' den daha büyük seçildiğinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, gerek frekans artışı beklentisi gerekse de ikincil yansımaların bastırılması açısından uygun sonuçlar elde edilememiştir.

Şekil 4.13' de aynı atış grubuna uygulanmış farklı operatör uzunluklarına sahip (a) giriş, (b) $n = 40$ ms, (c) $n = 60$ ms, (d) $n = 80$ ms, (e) $n = 100$ ms, (f) $n = 120$ ms, (g) $n = 140$ ms seçilerek ve kestirim uzaklığı 7 ms alınarak hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu sonuçları, bunların özilişki ve genlik spektrumları görülmektedir. Şekil 4.13 incelendiğinde kısa tutulan operatör uzunluğu değerlerinin özilişki fonksiyonları sismik dalgacığa ve tekrarlı dalga trenine denk gelen bir miktar kalıntı enerji bıraktığı görülmüştür. $n = 100$ ms, $n = 120$ ms ve $n = 140$ ms seçilen operatör uzunluklarının veride daha fazla iyileşme sağlayamadığı görülmüştür. Bu sebeple (d) $n = 80$ ms seçilerek hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu parametresi uygun olarak seçilmiştir.

Şekil 4.14' de aynı atış grubu için farklı kestirim uzaklığı değerleri denenerek (a) giriş, (b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 3$ ms, (d) $\alpha = 5$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, (f) $\alpha = 14$ ms, (g) $\alpha = 21$ ms ve operatör uzunluğu 80 ms sabit alınarak hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu çıktıları ve bu çıktılara ait özilişki ve genlik spektrumları görülmektedir. Örnekleme aralığı ile aynı olan $\alpha = 1$ ms iğnecikleştirme

dekonvolüsyonuna eşdeğerdir. Kestirim dekonvolüsyonunun hesaplatılmasında kullanılan parametrelerden biri olan kestirim uzaklığının, çıkış verisine ait genlik spektrumu ve özilişki fonksiyonu üzerinde en etkin parametre olduğu bilinmektedir. Kestirim uzaklığının kısa seçildiği Şekil 4.14b, c ve d' de görülen dekonvolüsyon işlemi çıktıların genlik spektrumları incelendiğinde veride bulunan düşük frekanslı gürültülerin arttığı ve orta ile yüksek frekans içeriğinin tıraşlandığı ve bu durumun da veride kayıplara neden olduğu görülmektedir. $\alpha = 7$ ms seçilerek hesaplanan kestirim dekonvolüsyonu işlemine ait çıkış verisi ve bu veriye ait genlik spektrumları ile özilişki fonksiyonları Şekil 4.14e kolonunda görülmektedir ve bu çıktı incelendiğinde verinin genlik spektrumunun bant genişliğinin arttığı görülmektedir. Kestirim uzaklığının artırılması ile verinin genlik spektrumunun bant genişliğinin arttığı görülmüştür. Ancak Şekil 4.14f ve g kolonları incelendiğinde çok yüksek seçilen kestirim uzaklığı değerleri ile hesaplatılan dekonvolüsyon işleminin etkinliğinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca $\alpha = 3$ ms ve $\alpha = 7$ ms giriş verisinin özilişkisinin sıfır eksenini 1. ve 2. kesiş zamanına denk gelir. Sonuç olarak Şekil 4.14 incelendiğinde özilişki kesitinde genlikleri en çok bastıran ve verinin genlik spektrumunu düzleştiren parametrenin $\alpha = 7$ ms olduğu görülmektedir. Şekil 4.15' de ise kz10-x03 hattına farklı kestirim uzaklıkları için ($\alpha = 3, 5, 7, 14, 21$ ms) ve operatör uzunluğu 80 ms seçilerek atış gruplarına uygulanan kestirim dekonvolüsyonu uygulanarak elde edilen migrasyon kesitleri görülmektedir.

Şekil 4.15 incelendiğinde Şekil 4.15b,c,e,f ile Şekil 4.15d kıyaslandığında, $n = 80$ ve $\alpha = 7$ ms seçilerek üretilen migrasyon kesitinde daire içinde gösterilen bölgedeki genliklerin devamlılıklarının arttığı ve derindeki yansımaların belirginleştiği söylenebilir.

Şekil 4.16' da $\alpha = 7$ ms, $n = 80$ ms seçilerek elde edilen kestirim dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesiti ile dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti (Şekil 3.8) karşılaştırıldığında, beklenenin aksine verinin frekans içeriğinin düştüğü özellikle sık yansımalar üzerinde görülmektedir.

4.5 Yığma Sonrası Dekonvolüsyon

Uygulama pratikliği açısından bazı durumlarda dekonvolüsyon uygulaması yığma işlemi sonrasında da uygulanabilmektedir. Bu işlem “yığma sonrası dekonvolüsyon” olarak adlandırılır. Bu yöntemin tercih edilme sebeplerinin başında yığma öncesi uygulanan dekonvolüsyon işlemi sonrasında verideki kalıntı dalgacık etkisi gelir. Bunun sebebi ise Bölüm 2.2’ de belirtilen ön kabullerin gerçekte tam olarak sağlanamaması ve yığma öncesi uygulanan dekonvolüsyon uygulamalarının hiçbir zaman beklenen sonucu tam anlamıyla verememesidir. Ayrıca, yığma işlemi sıfır ofsetli kesite bir yaklaşım olduğundan kestirim dekonvolüsyonu, yığma sonrası elde edilen sıfır ofsetli kesitteki tekrarlıların etkisinin giderilmesinde kullanılabilir. Yığma sonrası dekonvolüsyon uygulamasında, operatör uzunluğu (n) ve kestirim uzaklığı (α) olmak üzere, değişken iki parametre bulunmaktadır.

Şekil 4.17’ de kz10-x03 hattına ait yığma kesiti ve genlik spektrumu ile operatör uzunluğu 80 ms ve kestirim uzaklığı 7, 14, ve 21 ms seçilerek yığma sonrası dekonvolüsyon işlemi uygulanmış kesitler ve genlik spektrumları görülmektedir. Kesitler incelendiğinde, yığma sonrası dekonvolüsyon uygulamasında kestirim uzaklığı $\alpha = 7$ ms seçilerek yığma sonrası dekonvolüsyon uygulamasında veri genliklerinin tıraşlandığı ve yüksek genliklerin neredeyse kaybolduğu görülmüştür. $\alpha = 21$ ms seçilerek uygulanan yığma sonrası dekonvolüsyon işleminin etkinliğinin azaldığı ve veri üzerinde istenen iyileştirmenin elde edilemediği görülmektedir. $\alpha = 14$ ms seçilerek uygulanan yığma sonrası dekonvolüsyonda verinin genlik spektrumunda belirgin bir düzleşme meydana gelmemiş olsa da dekonvolüsyonsuz yığma kesitine ait genlik spektrumuna göre bant genişliğinin arttığı görülmüştür. Buradan yola çıkarak verinin zamansal ayrırlılığın belli bir oranda arttığı söylenebilir (Şekil 4.18).

4.6 Maksimum Entropi (Burg) Dekonvolüsyonu

Maksimum entropi kavramına göre çalışan Burg dekonvolüsyonu, genlik spektrumunu dengeleyen etkili bir uygulamadır. Burg dekonvolüsyonunda

değiştirilmesi gereken parametre dekonvolüsyon operatör uzunluğudur. Karadeniz’ de toplanan kz10-x03 hattı üzerinde seçilen aynı atış grubu üzerinde farklı operatör uzunlukları için Burg dekonvolüsyon sonuçları ve bu sonuçlara ait çıktılarda genlik spektrumları ve özilişkileri incelenmiştir (Şekil 4.19). Operatör uzunluğu arttıkça veriye ait genlik spektrumunun daha da geniş bantlı hale geldiği ve yüksek frekanslı bileşenlerin güçlendiği gözlenmektedir. Aynı zamanda verinin özilişki çıktıları incelendiğinde operatör uzunluğu arttıkça genliklerin giderek azaldığı görülmüştür.

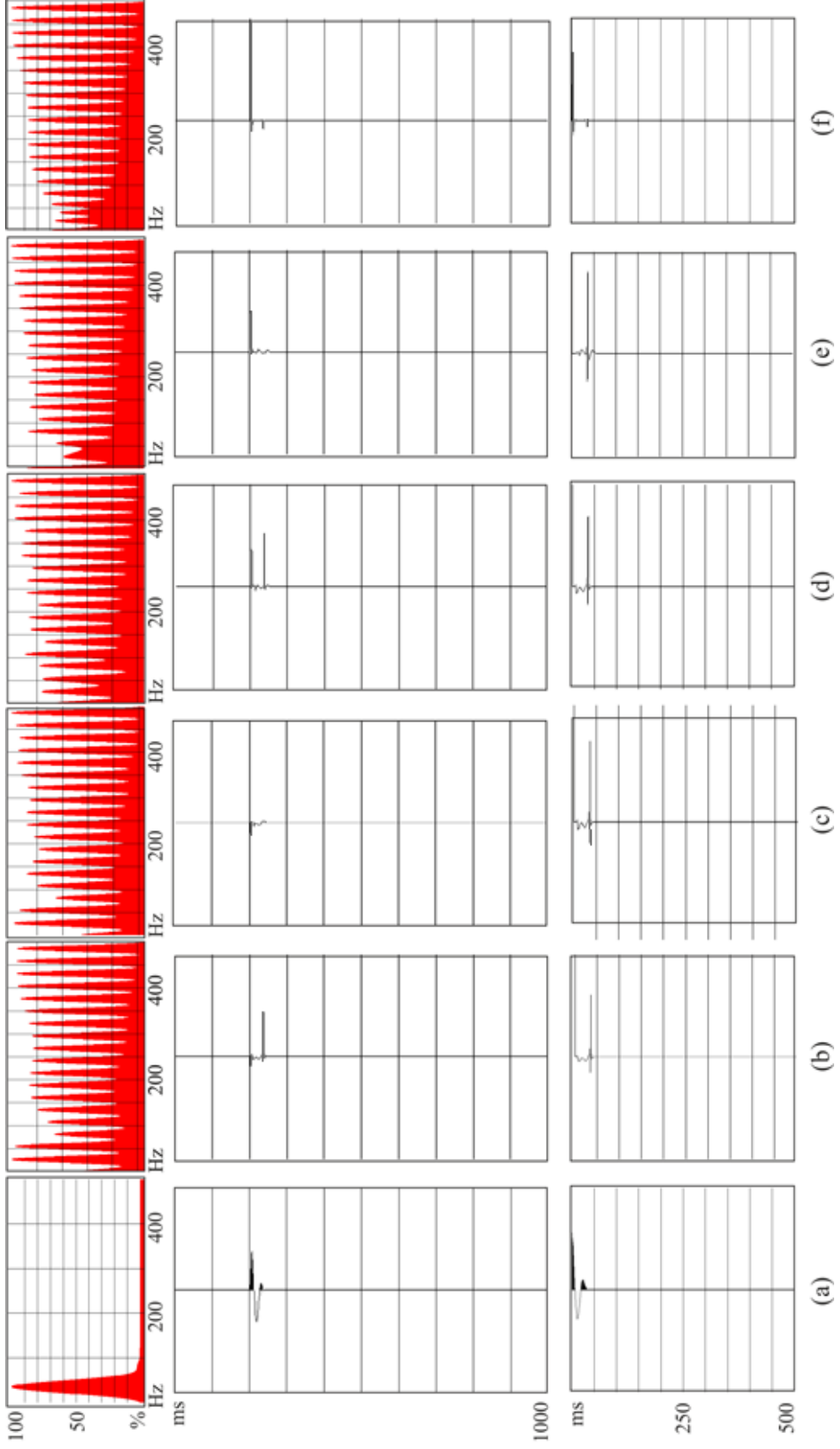
Tek bir atış grubu üzerinde yapılan farklı operatör uzunluğu uygulamaları incelendiğinde $n = 15$ ms ve $n = 35$ ms seçilerek uygulanan dekonvolüsyon işlemi sonucunda veride istenen bant genişliği elde edilememiştir. $n = 80$ ms ve $n = 125$ ms seçilerek yapılan uygulamaların neticesinde genlik spektrumlarının daha da geniş bantlı hale geldiği ve her iki çıkış verisine ait genlik spektrumu değerlerinin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. $n=80$ ms seçilerek yapılan Burg dekonvolüsyonu uygulamasının verideki salınımlı görünümü nispeten azalttığı ve genlik spektrumunda da iyileşme olduğu görülmüştür. $n=80$ ms seçilerek hesaplatılan Burg dekonvolüsyonu çıkış verisine migrasyon işlemi de uygulanarak final kesit elde edilmiştir (Şekil 4.20). Sismik hattın tamamına uygulanan Burg dekonvolüsyon çıktısı incelendiğinde ise kesite ait ara yüzeylerin frekans içeriğinin dekonvolüsyon uygulanmamış migrasyon kesitine göre (Şekil 3.8) düştüğü ve sürekliliğin azaldığı görülmektedir. Özellikle dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti (Şekil 3.8)’de net olarak ayrılabilen akustik temel yansımalarının belirgin olarak azaldığını söylemek mümkündür. Ancak Şekil 4.19’da elips içine alınan bölgelerin genlik ve sürekliliklerinde belirgin şekilde bir artıştan söz edilebilmektedir.

Diğer dekonvolüsyon yöntemlerinin uygulanmasından sonra olduğu gibi, Burg dekonvolüsyonu uygulandıktan sonra da çıkış verilerine bant geçişli süzgeç işlemi uygulanmış olup veride bulunan düşük ve yüksek frekanslı gürültü içeren kısımların veriden atılması sağlanmıştır.

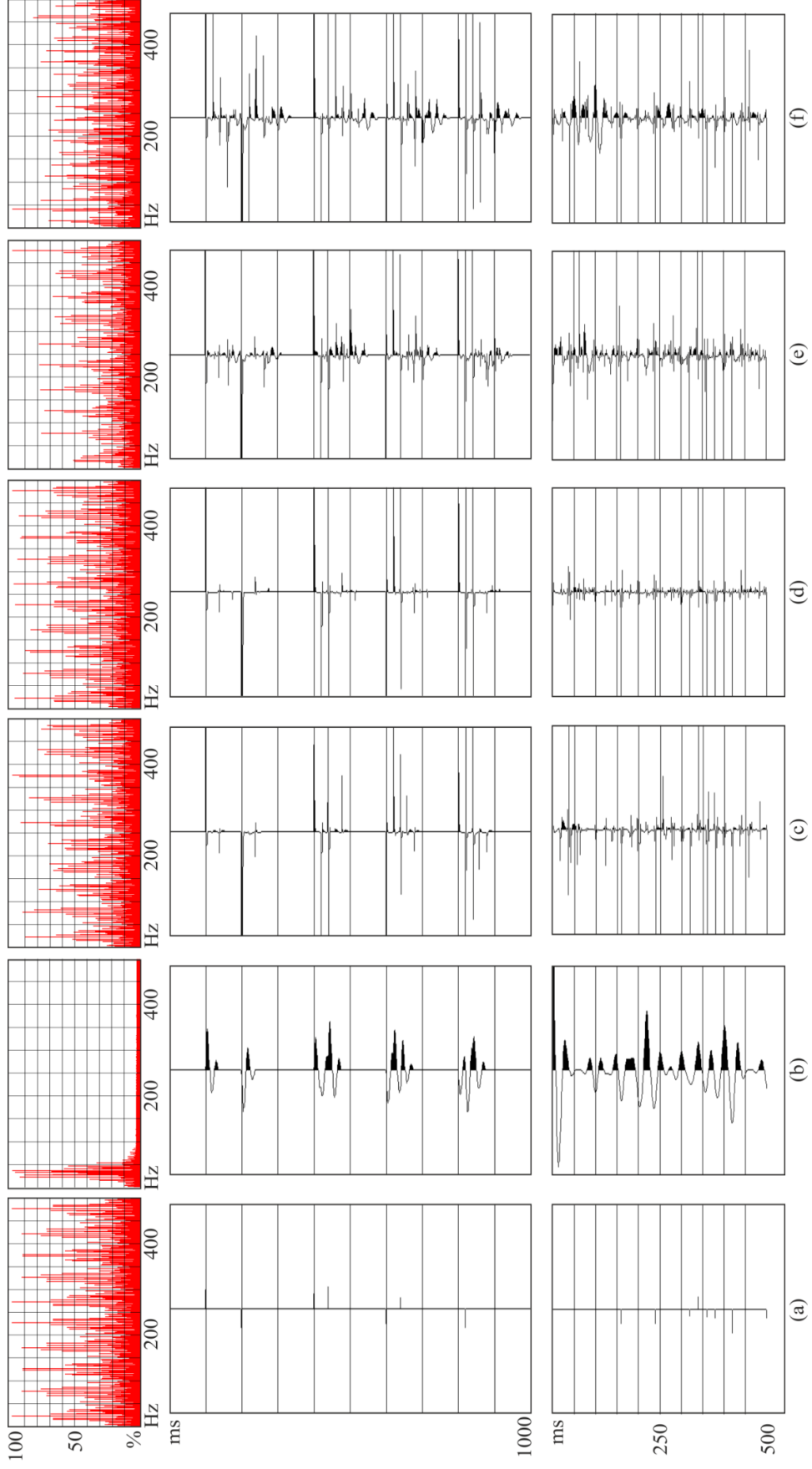
4.7 Zamanla Değişen Spektral Beyazlatma

Yer içinin soğurma etkilerini giderebilmek amacıyla uygulanan zamanla değişen spektral beyazlatma işlemi, sismik ize bir dizi dar bant geçişli süzgeç uygulanarak yapılır. kz10-x03 verisine de 7 tane dar bant geçişli süzgeç işlemi uygulanmıştır. Uygulama sırasında filtre panel değerleri, 10 – 15 – 40 – 50 – 80 – 100 – 120 – 130 - 140 – 150 – 160 – 170 – 180 – 200 – 240 - 250 Hz olarak seçilmiştir. Zamanla değişen spektral beyazlatma işleminin, veriye ait spektrumdaki yüksek frekans bileşenlerini güçlendirmesi ve buna bağlı olarak verinin zamansal ayrımlılığını arttırması beklenmektedir.

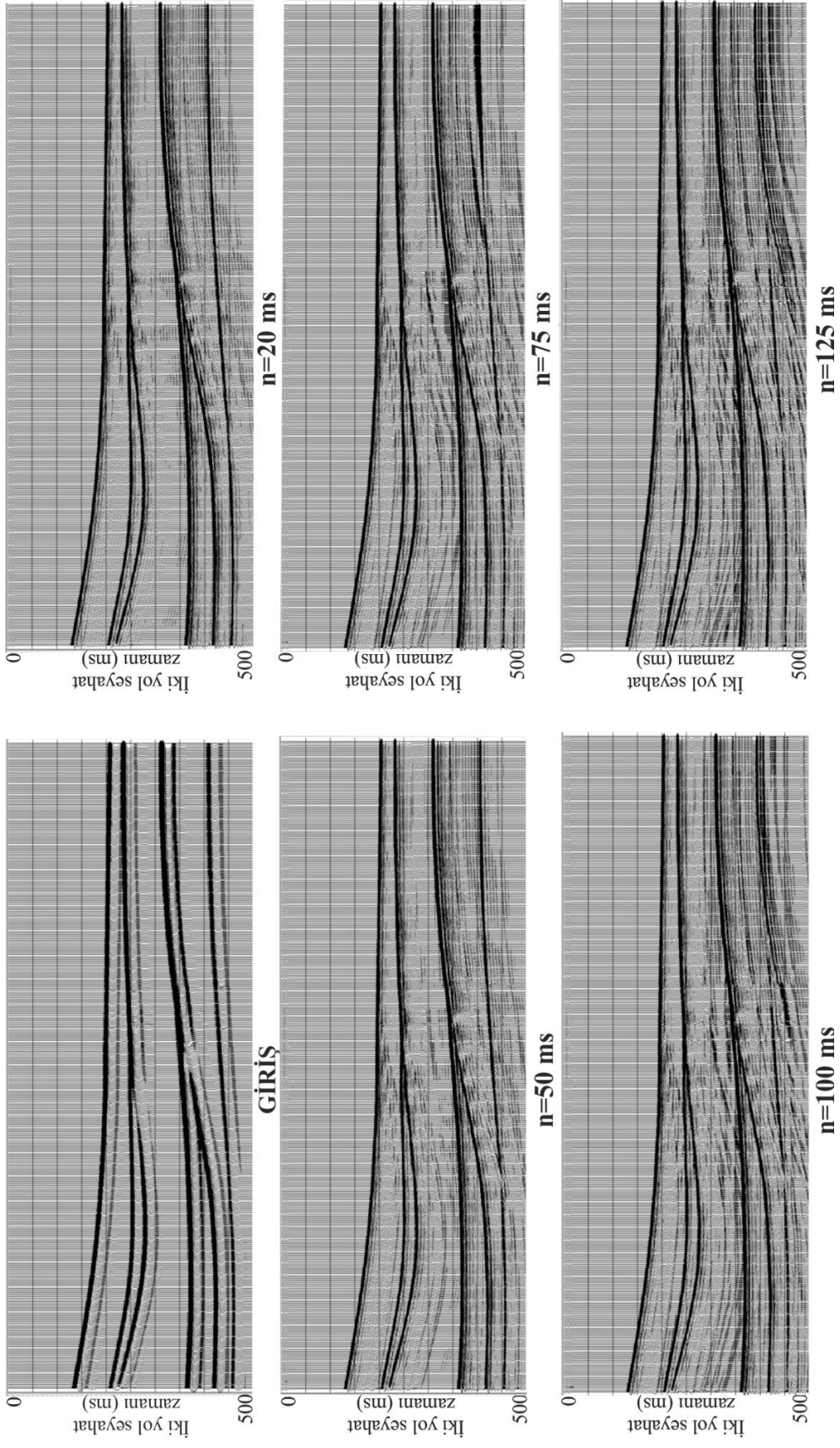
Şekil 4.21' de kz10-x03 migrasyon kesitine uygulanan zamanla değişen spektral beyazlatma işlemi sonucu elde edilen çıkış verisi incelendiğinde ve dekonvolüsyon uygulanmamış migrasyon kesitine ve kesite ait genlik spektrumu (Şekil 3.8) ile karşılaştırıldığında verinin yüksek frekans bileşenlerini oldukça güçlendirdiği ancak aynı iyileşmenin spektrumdaki diğer kısımlarında gerçekleşmediği görülmektedir. Şekil 4.21' de genlik spektrumunda görülen yüksek frekans artışı, kesitin ayrımlılığının artmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, zamanla değişen spektral beyazlatma işlemi uygulanmış verinin genlik spektrumundaki düşük frekans içeriğinin az olmasından dolayı da derindeki yansımalara ait genlikler ve süreklilikler azalmıştır.



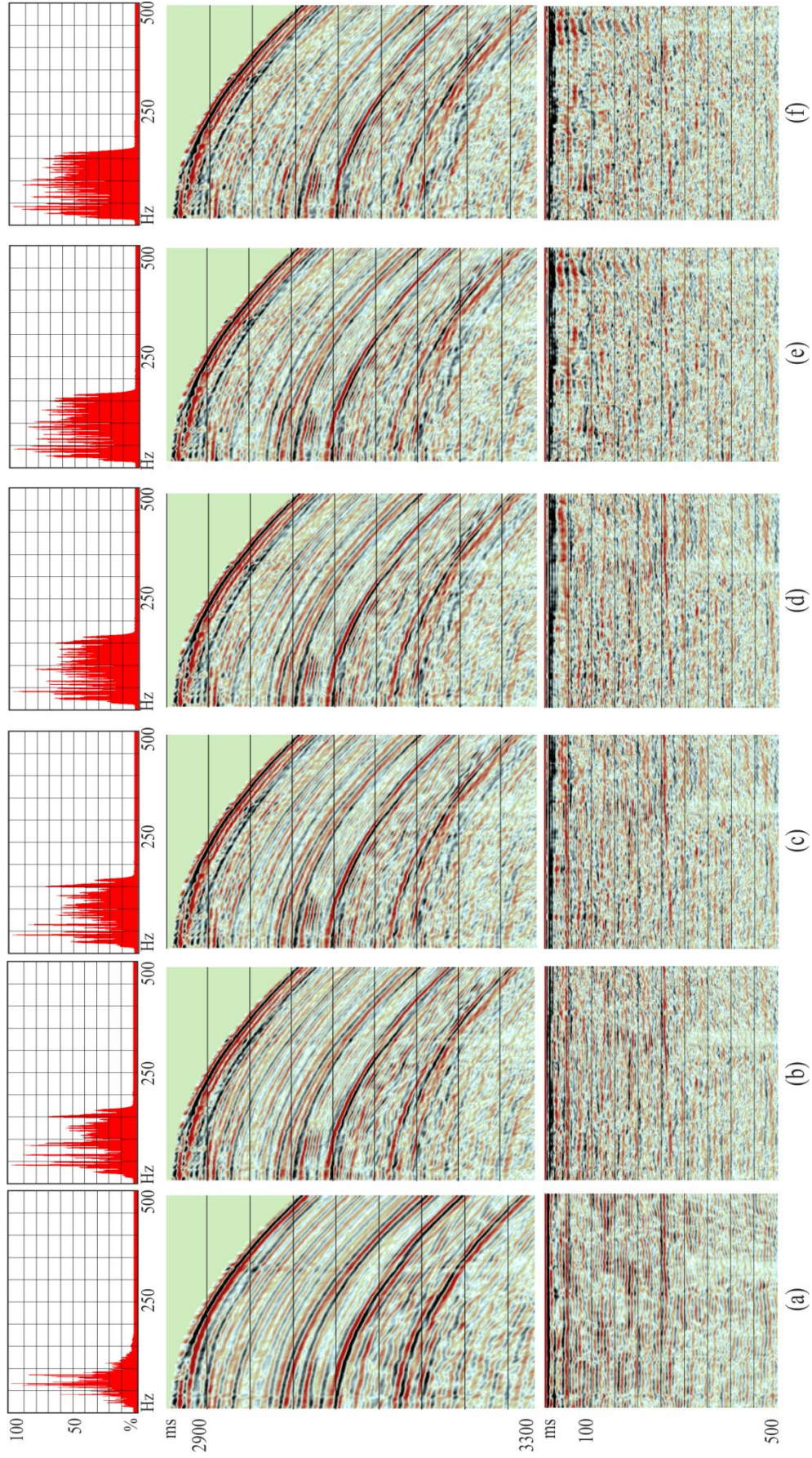
Şekil 4.4 Minimum fazlı dalgacık (a) üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (b) $n = 5$, (c) $n = 10$, (d) $n = 15$, (e) $n = 20$, (f) $n = 35$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özilişkiler (alt kısım) ve genlik spektrumları



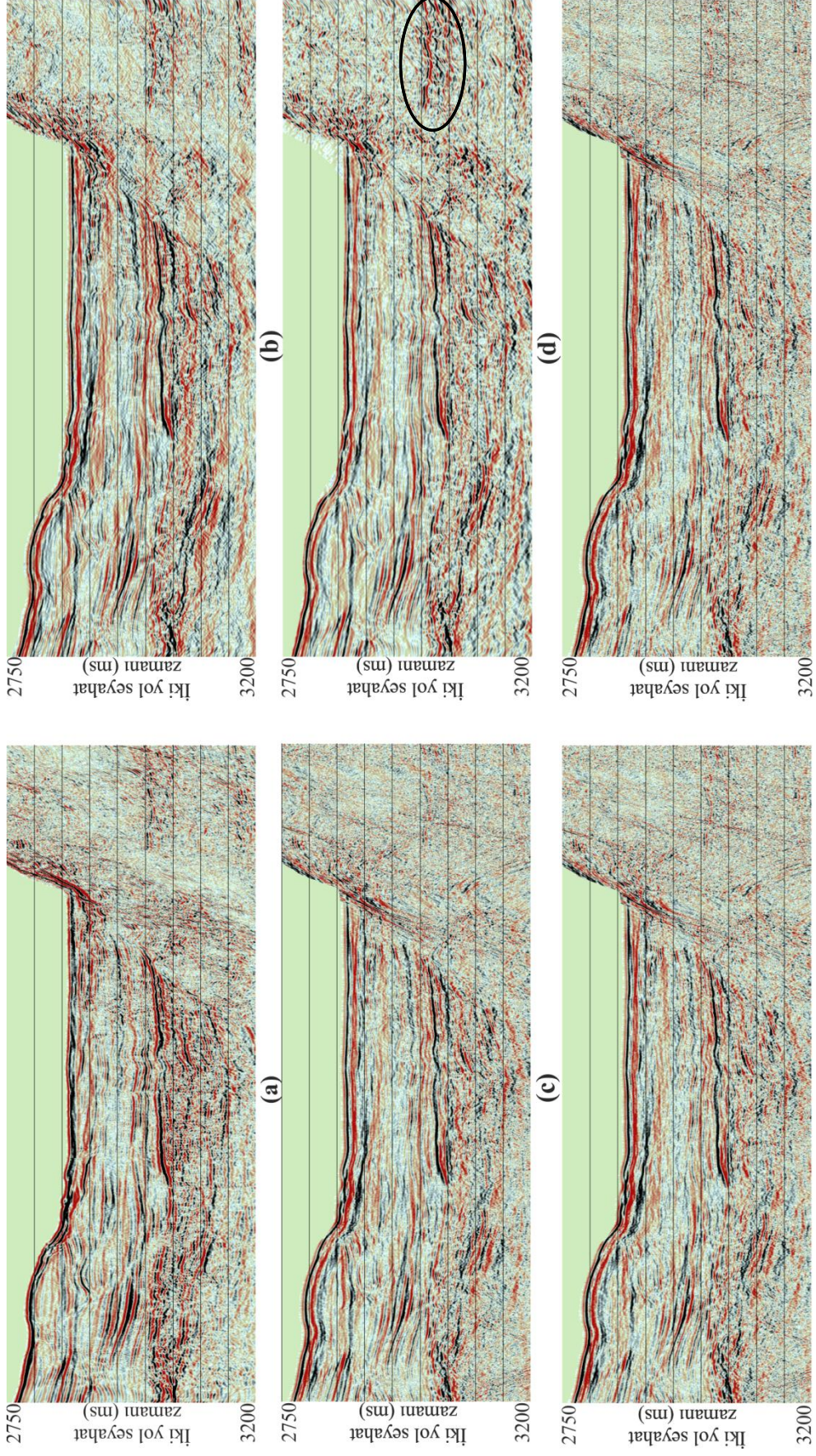
Şekil 4.5 Sentetik sismogram üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) Yansıma katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) $n = 20$, (d) $n = 50$, (e) $n = 75$, (f) $n = 100$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özdeşlikler (alt kısım) ve genlik spektrumları (üstte)



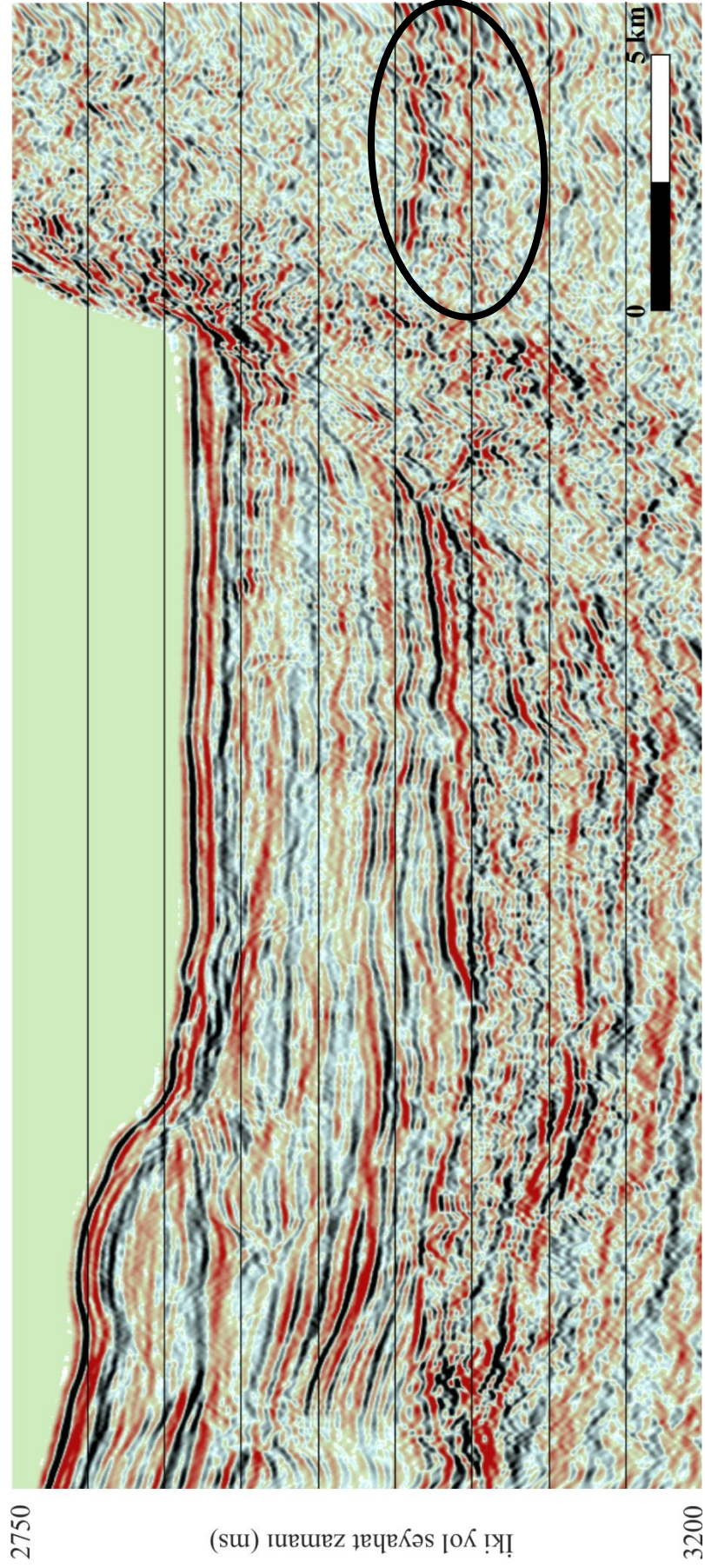
Şekil 4.6 2B sentetik model üzerinde, farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. Giriş verisi ile $n = 20$ ms, $n = 50$ ms, $n = 75$ ms, $n = 100$ ms ve $n=125$ ms seçilen operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları.



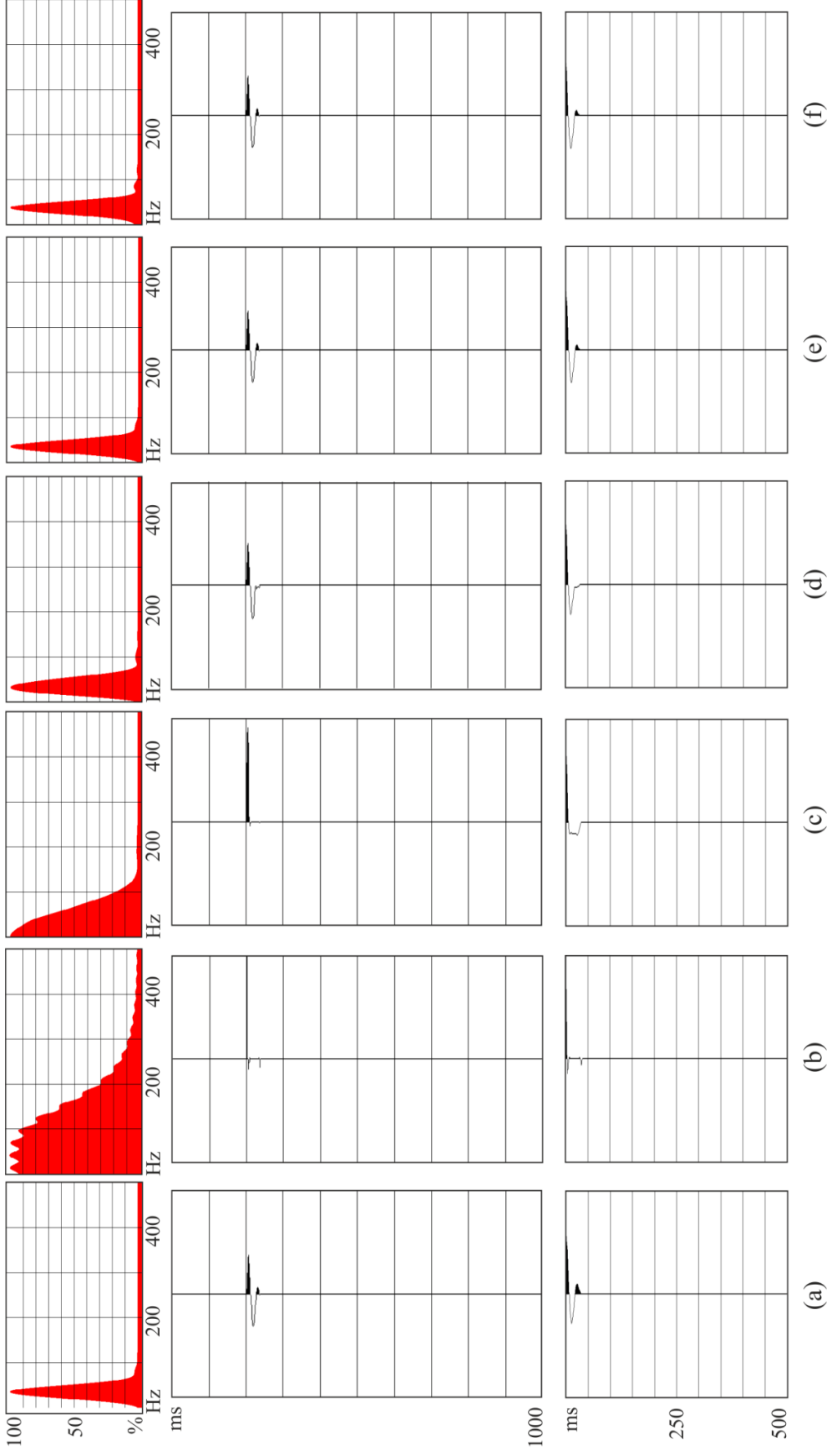
Şekil 4.7 Bir atış grubu üzerinde, farklı operatör uzunlukları için içnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) giriş verisi, (b) $n = 15$, (c) $n = 35$, (d) $n = 50$, (e) $n = 80$, (f) $n = 125$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan içnecikleştirme dekonvolüsyon çıktıları ve bunlara ait özilişkileri (alt kısım) ve genlikleri (üstte)



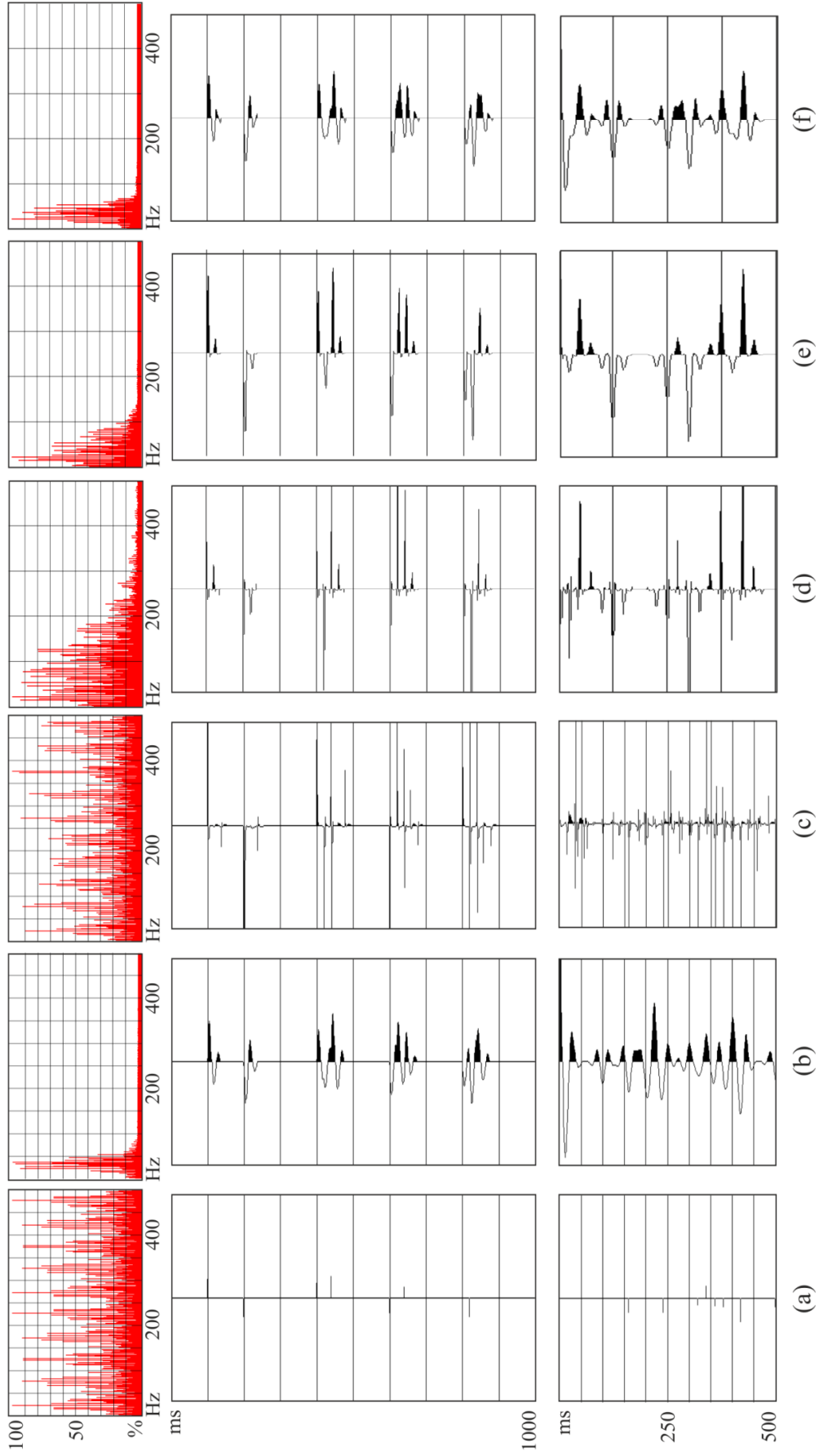
Şekil 4.8 Farklı operatör uzunlukları için iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulaması. (a) dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti, (b) $n = 15$, (c) $n = 35$, (d) $n = 50$, (e) $n = 80$, (f) $n = 125$ ms operatör uzunlukları için hesaplanan iğnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesitleri.



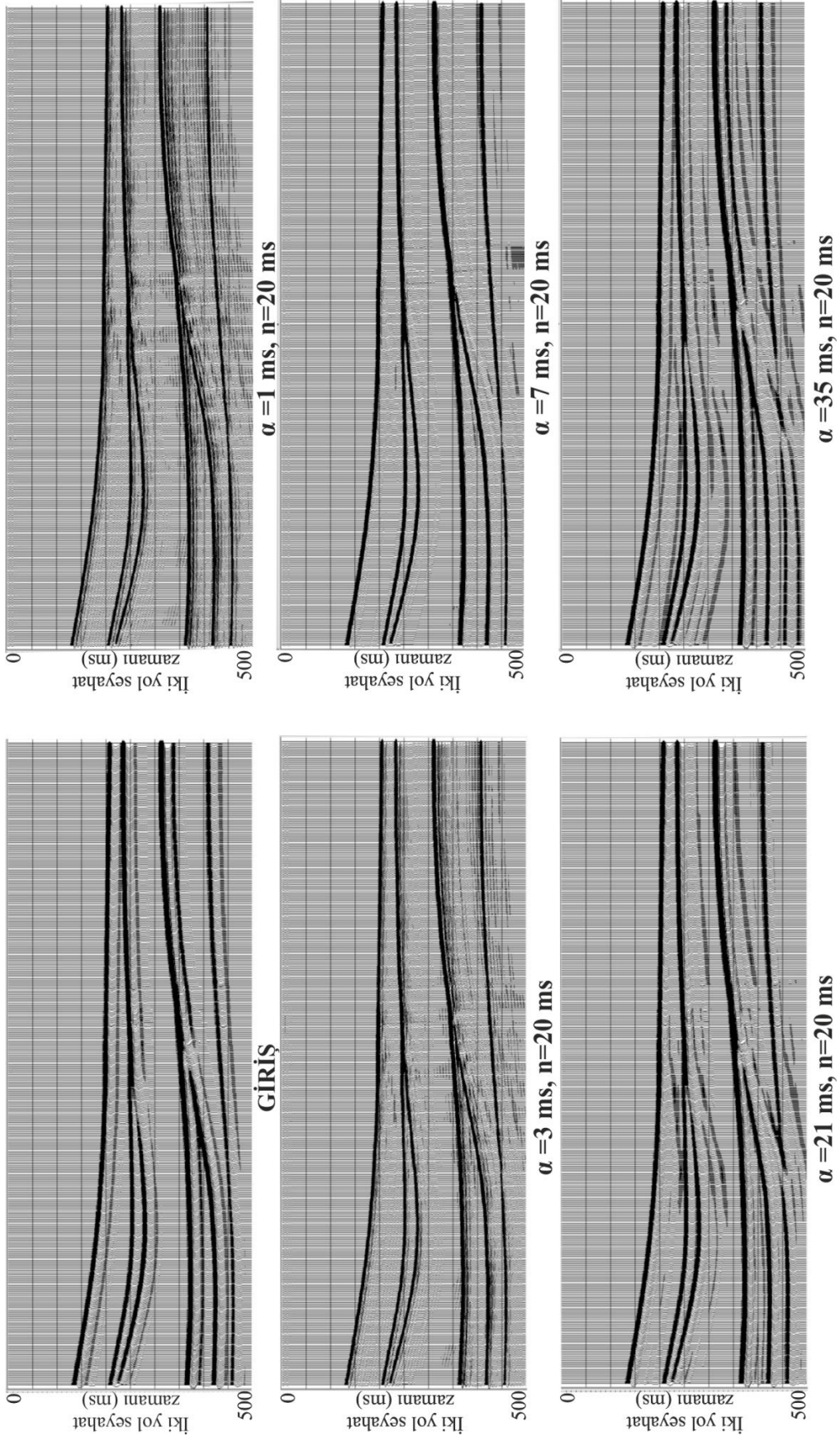
Şekil 4.9 Operatör uzunluğu $n = 50$ ms seçilerek ıgıneçikleştirme dekonvolüsyonu ve AGC genlik kazanımı uygulanmış migrasyon kesiti



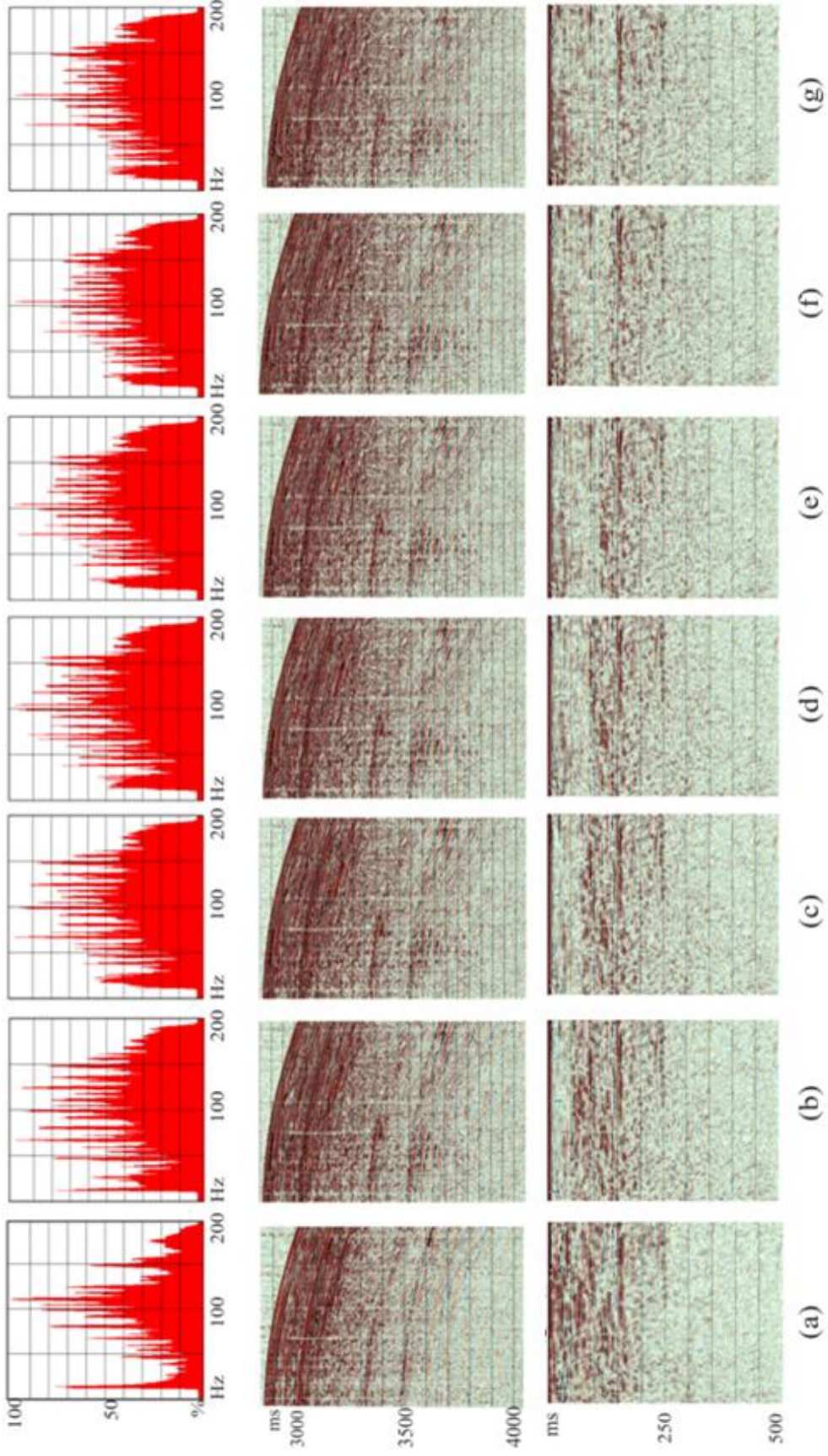
Şekil 4.10 Minimum fazlı dalgacık üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) minimum fazlı dalgacık, (b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 7$ ms, (d) $\alpha = 21$ ms, (e) $\alpha = 35$ ms, (f) $\alpha = 98$ ms ($n = 35$ ms sabit alınmıştır.)



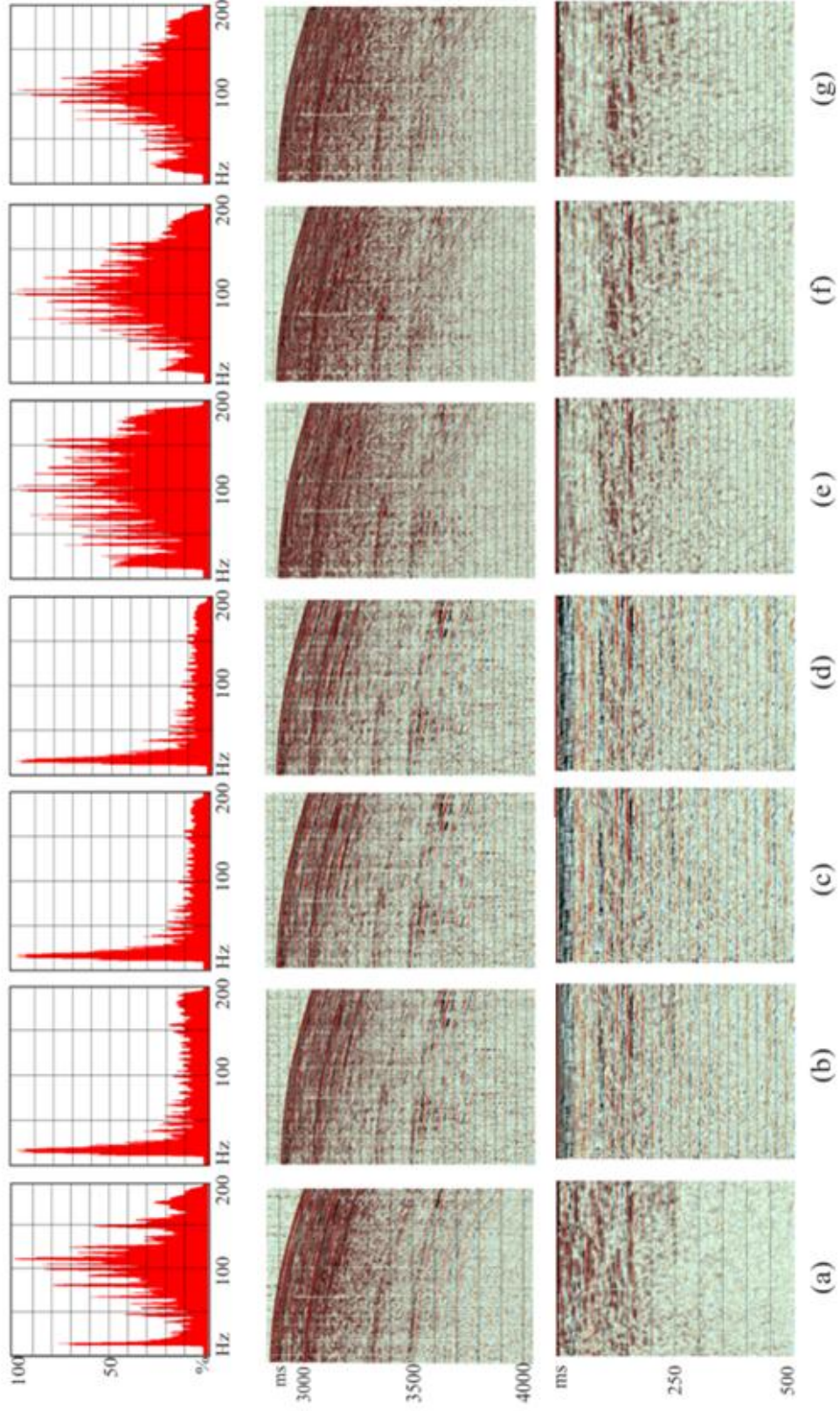
Şekil 4.11 Sentetik sismogram üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) yansıma katsayıları serisi, (b) minimum fazlı sismogram, (c) $\alpha = 1$ ms, (d) $\alpha = 7$ ms, (e) $\alpha = 21$ ms, (f) $\alpha = 35$ ms seçilerek elde edilen dekonvolüsyon çıktıları ($n=50$ ms sabit alınmıştır).



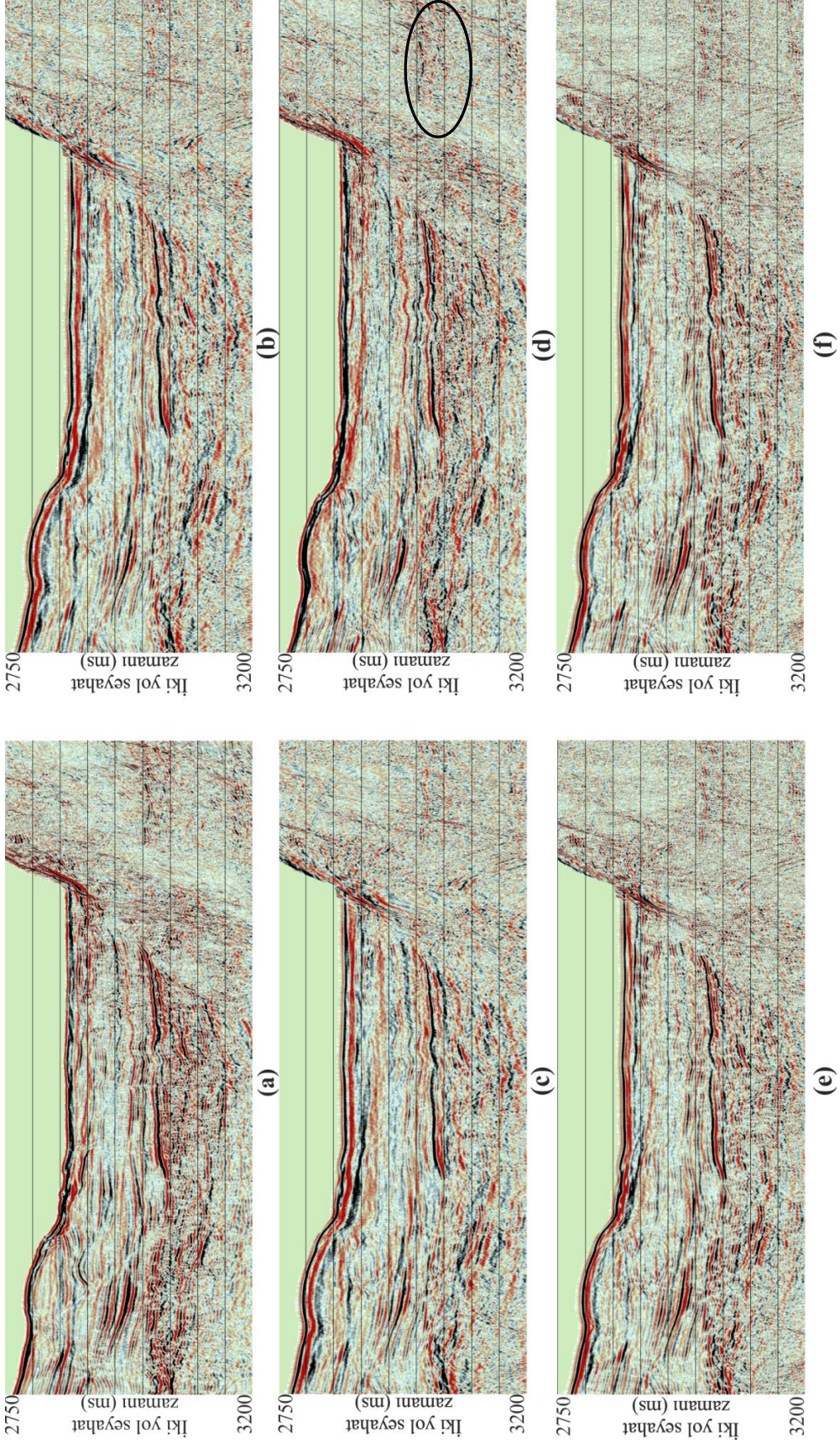
Şekil 4.12 2B sentetik model üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. 2-Boyutlu sentetik model (Giriş), $\alpha = 1$ ms, $\alpha = 3$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, $\alpha = 21$ ms, $\alpha = 35$ ms seçilerek elde edilen kestirim dekonvolüsyonu çıktıları ($n=20$ ms sabit alınmıştır).



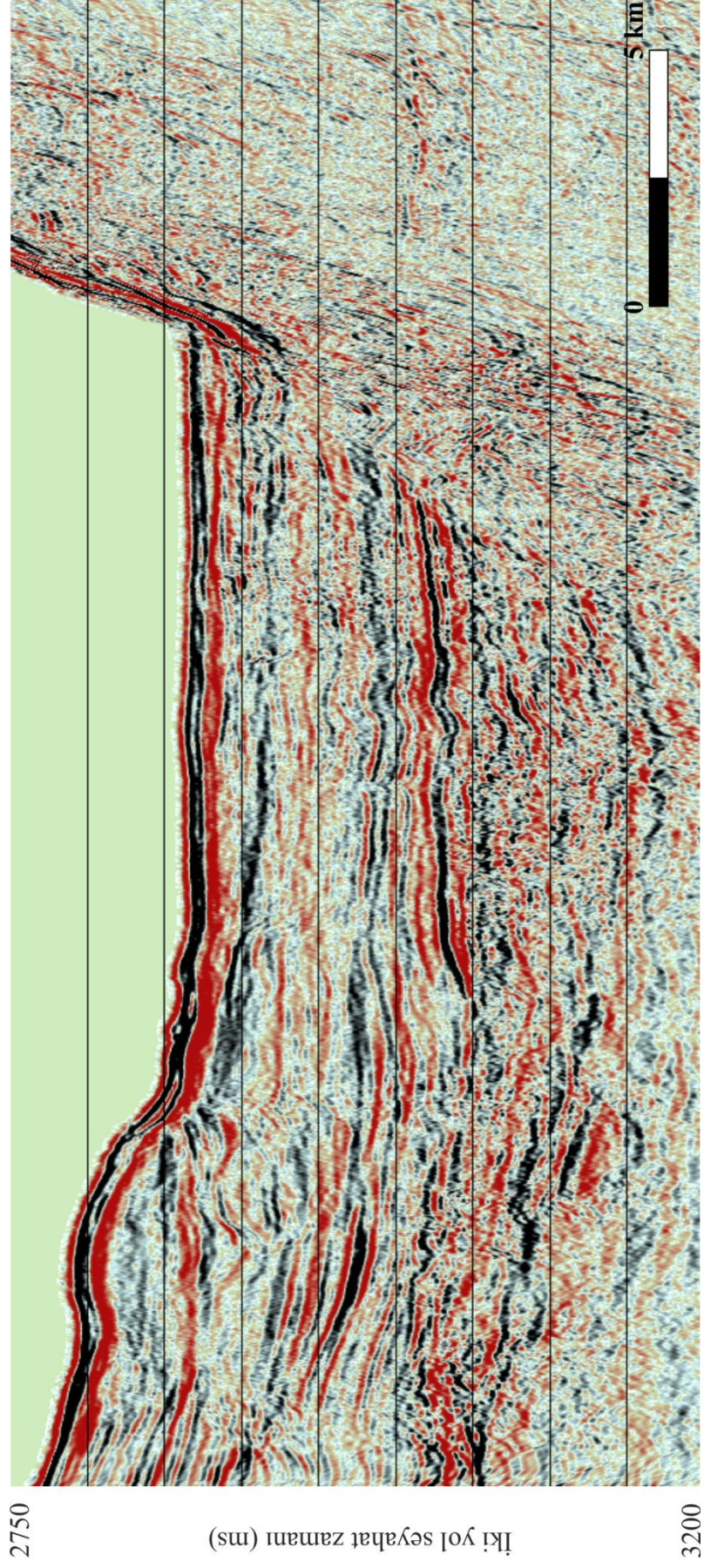
Şekil 4.13 Giriş verisi olarak Şekil 4.7' de kullanılan atış grubu üzerinde, kestirim uzaklığı 7 ms alınarak, farklı operatör uzunlukları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması, (a) giriş, (b) $n = 40$ ms, (c) $n = 60$ ms, (d) $n = 80$ ms, (e) $n = 100$ ms, (f) $n = 120$ ms, (g) $n = 140$ ms seçilerek hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu sonuçları, bunların özilişki ve genlik spektrumları.



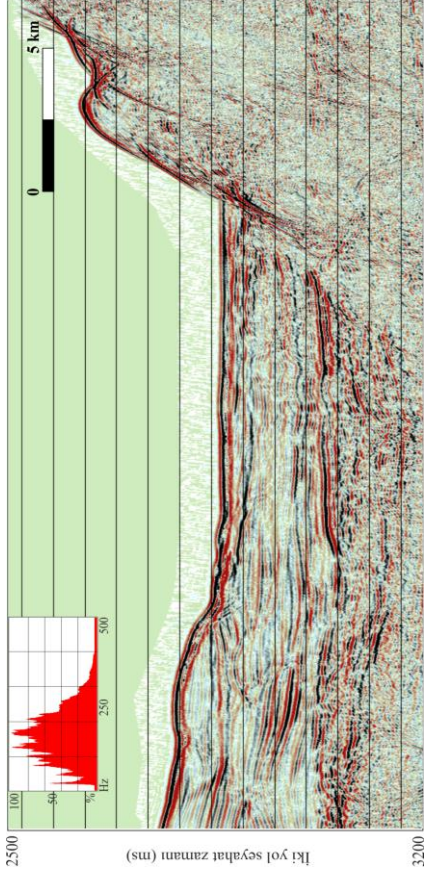
Şekil 4.14 Giriş verisi olarak Şekil 4.7’ de kullanılan atış grubu üzerinde, farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) giriş, (b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 3$ ms, (d) $\alpha = 5$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, (f) $\alpha = 14$ ms, (g) $\alpha = 21$ ile elde edilen dekonvolüsyon çıktıları ve bu çıktıların ait özelliği (altta) ve genlik spektrumları (üstte).



Şekil 4.15 Farklı kestirim uzaklıkları için kestirim dekonvolüsyonu uygulaması. (a) dekonvolüsyonsuz migrasyon kesiti, ((b) $\alpha = 1$ ms, (c) $\alpha = 3$ ms, (d) $\alpha = 5$ ms, (e) $\alpha = 7$ ms, (f) $\alpha = 14$ ms , (g) $\alpha = 21$ ms kestirim uzaklığı için hesaplanan ikestirim dekonvolüsyonu uygulanmış migrasyon kesitleri.

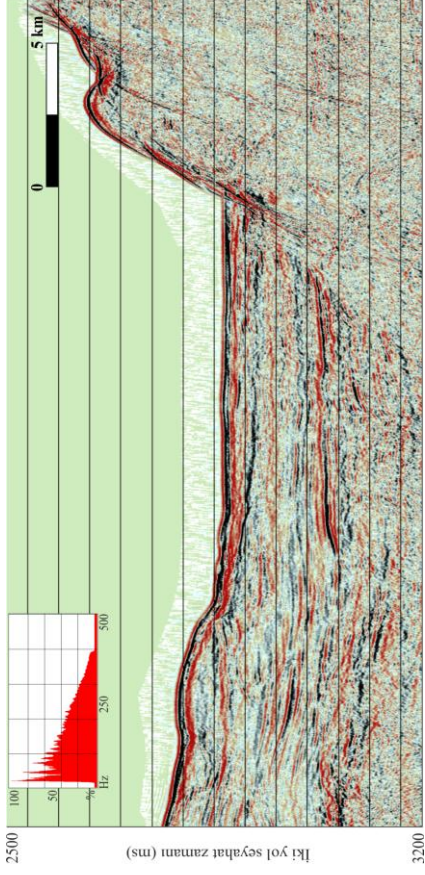


Şekil 4.16 Kestirim uzaklığı $\alpha = 7$ ms, operatör uzunluğu $n = 80$ ms seçilerek hesaplatılan kestirim dekonvolüsyonu uygulanmış kz10-x03 migrasyon kesiti.

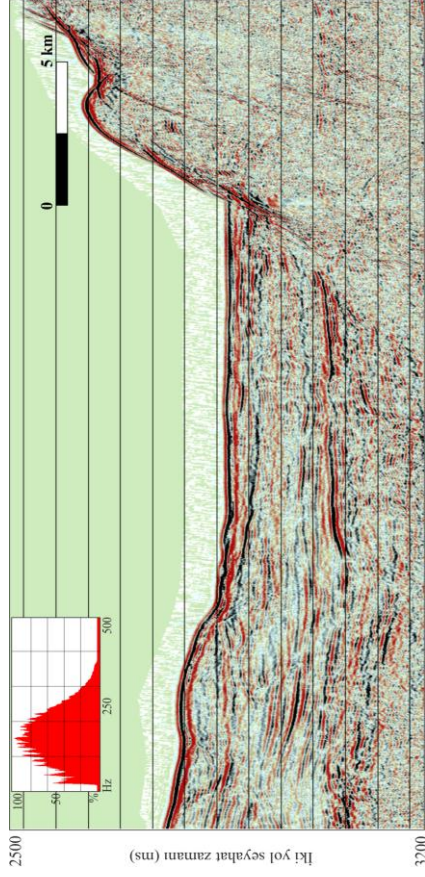


GİRİŞ – YIĞMA VERİSİ

$\alpha = 14$ ms, $n=80$ ms

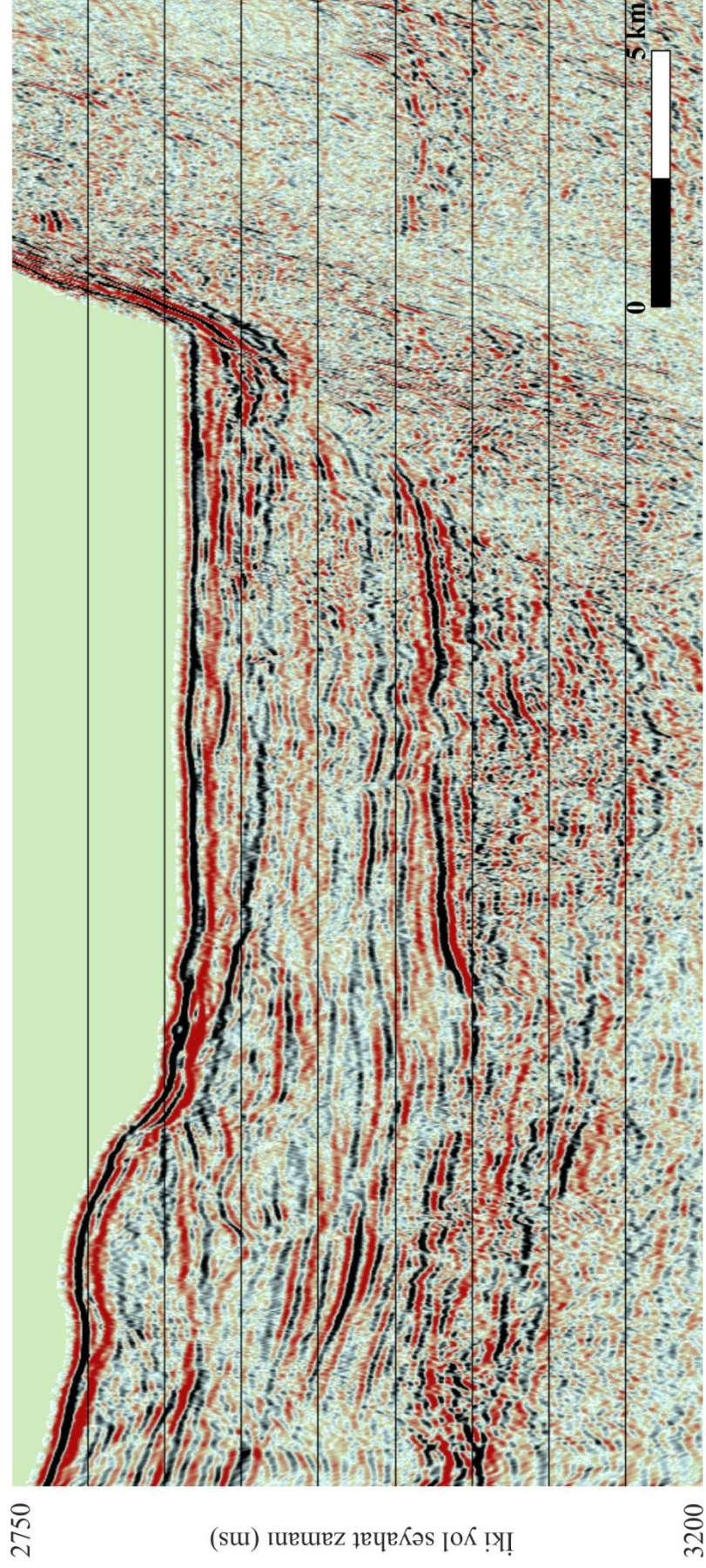


$\alpha = 7$ ms, $n=80$

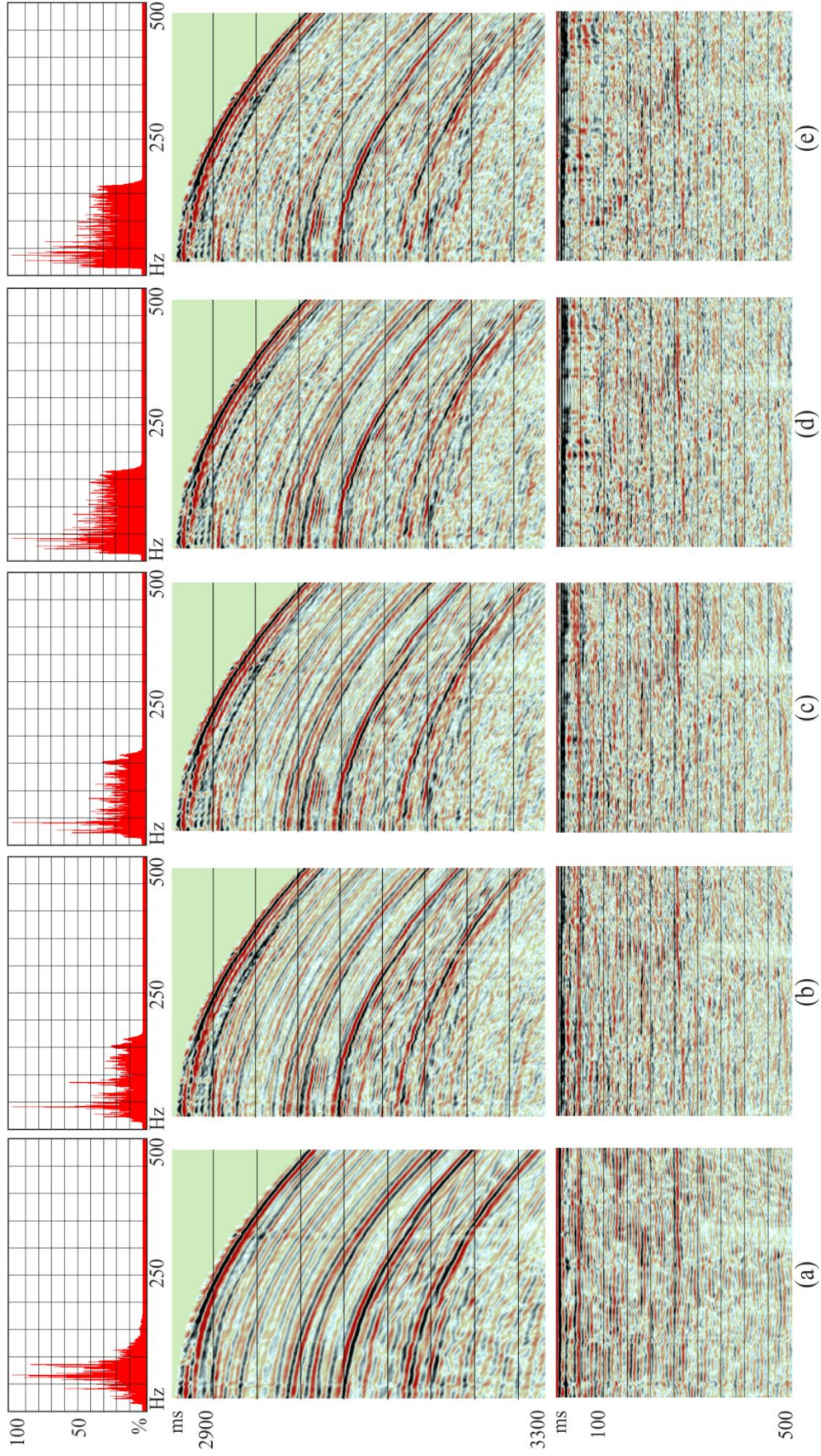


$\alpha = 21$ ms, $n=80$ ms

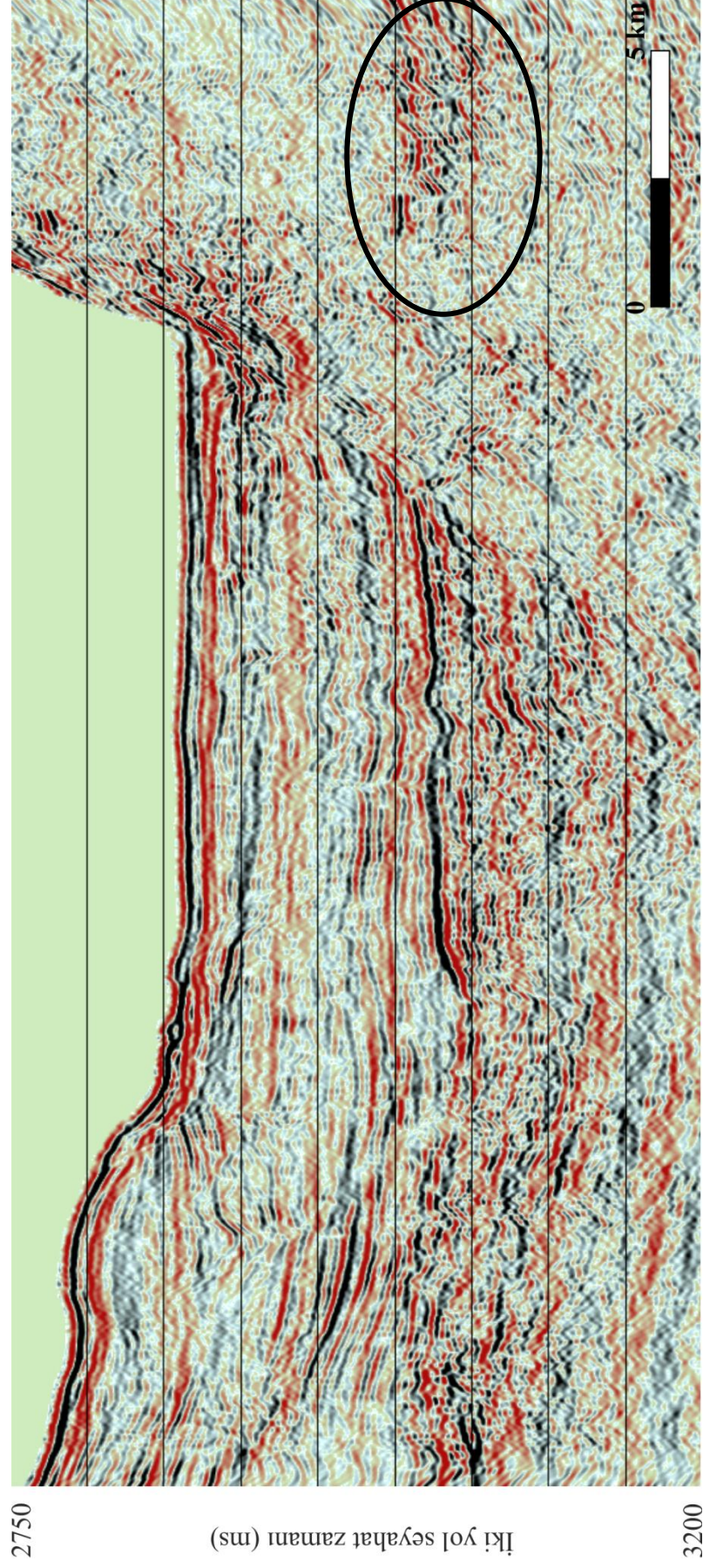
Şekil 4.17 Operatör uzunluğu 80 ms ve kestirim uzaklığı 7, 14 ve 21 ms seçilerek, yığma sonrası dekonvolüsyon işlemi uygulanmış kz10-x03 yığma kesitleri ve genlik spektrumları.



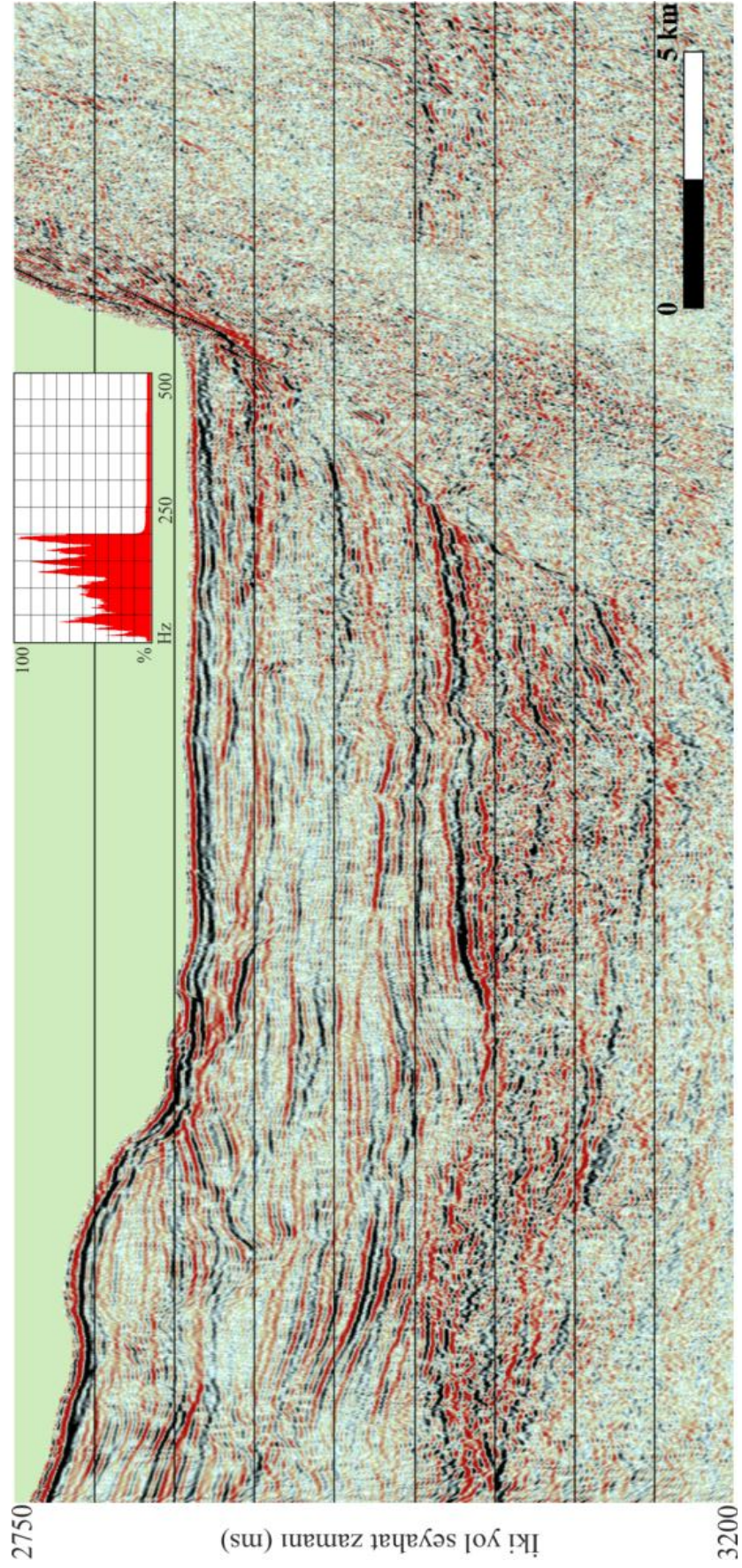
Şekil 4.18 Operatör uzunluğu $n = 80$ ms ve kestirim uzaklığı 14 ms seçilerek, yığma sonrası dekonvolüsyon işlemi uygulanmış kz10-x03 migrasyon kesiti.



Şekil 4.19 Giriş verisi olarak Şekil 4.7’ de kullanılan atış grubu üzerinde, farklı operatör uzunlukları için Burg dekonvolyonu uygulaması. (a) giriş atış grubu, Operatör uzunluğu (b) $n = 15$, (c) $n = 35$, (d) $n = 80$, (e) $n = 1$ 25 ms seçilerek uygulanmış Burg dekonvolyonu çıkış verisi ve bunlara ait özilişkiler (altta) ve



Şekil 4.20 Operatör uzunluğu $n = 80$ ms seçilerek uygulanmış Burg dekonvolüsyonu işleminin migrasyonlu çıkış verisi .



Şekil 4. 21 kzi10-x03 migrasyon kesitine, “zamanla değişen spektral beyazlatma” işlemi uygulanması sonrası görüntümü ve genlik spektrumunu.

BÖLÜM BEŞ

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sismik yansımada temel veri işlem adımlarından biri olan dekonvolüsyon işleminin temel amacı kaynak dalgacık etkisini yok ederek verinin zamansal ayrımlılığını artırmak ve veride bulunan tekrarlı yansımaların veriden atılmasını sağlamaktır. Hem sentetik hem de gerçek sismik veri üzerinde uygulanan içnecikleştirme dekonvolüsyonu, Dondurur (2009) tarafından belirtildiği gibi sismik ize ait dalgacığı sıfır kayma zamanlı bir içnecik haline getirmeyi amaçlayan bir uygulamadır.

Minimum fazlı sentetik dalgacık ve bu dalgacıktan elde edilen sismograma uygulanan içnecikleştirme dekonvolüsyonu çıktılarına ait özilişkiler ve genlik spektrumları incelendiğinde yöntemin uygun bir şekilde işlediği ve spektrumun düzleştiği dalgacığın bir içneciğe dönüştüğü görülmektedir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Benzer olarak Şekil 4.6' da, 2B sentetik model üzerinde yapılan dekonvolüsyon uygulamalarından da veri üzerinde gözlenen kama yapısının taban yansıması ile tavan yansımasının birleşim noktası dekonvolüsyonsuz veride devamlılık göstermezken, dekonvolüsyon çıktısında yapının tavan ve tabanını temsil eden yansımaların takibi mümkün hale gelmiş ve 2B sentetik modelin ayrımlılığı artmıştır. Gerçek arazi verisine ait bir atış grubuna uygulanan içnecikleştirme dekonvolüsyonu sonucu elde edilen çıktılar incelenerek etkin operatör uzunluğu parametresi belirlenmiştir (Şekil 4.7). Belirlenen operatör uzunluğu ile kz10-x03 hattına içnecikleştirme dekonvolüsyonu uygulanarak elde edilen migrasyonlu kesit incelenmiş ve kesitin tamamında içnecikleştirme dekonvolüsyonunun etkin bir şekilde çalışmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.9).

Yapılan kestirim dekonvolüsyonu uygulamalarında, Yılmaz (1987) ve Dondurur (2009) tarafından belirtilen sonuçlara benzer şekilde kestirim dekonvolüsyonunda etkin olan operatör uzunluğu ve kestirim uzaklığı parametrelerinin dışında dekonvolüsyon uygulanacak alanın belirlendiği tasarım penceresinin de etkin bir rol oynadığı görülmüştür. Etkin bir dekonvolüsyon uygulanması için tasarım

penceresinin verinin hedef bölgesinden seçilmesi gerekir bu bölge içerisinde yüksek genlikli ve gürültü içeren kısımları kapsamamasının önem taşıdığı görülmüştür. Etkin parametrelerden bir diğeri olan kestirim uzaklığının fazla küçük seçilmesinin, verideki yüksek frekanslı bileşenlerin genliklerinin daha da artırılmasına sebep olduğu görülmüştür.

Kestirim dekonvolüsyonunda uygun parametre seçilirken hem genlik spektrumunun düzleştiği hem de özilişki kesitinde genliklerin en çok azaltıldığı parametreler ideal olarak seçilmiştir. Kestirim dekonvolüsyonu uygulanan minimum fazlı sentetik dalgacık ve bu dalgacıktan elde edilen sismograma ve 2B sentetik modele ait çıkış verilerinin özilişki kesitinde sıfır eksenini birinci kesiş zamanı ($\alpha = 7$ ms) seçilerek yapılan uygulamaların özilişkileri ve genlik spektrumları incelenmiştir (Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Sentetik verilerde kestirim dekonvolüsyonu yönteminin uygun bir şekilde işlediği, spektrumlarının genişlediği ve sinyalin sıkıştığı, gürültü bileşenlerinin, dekonvolüsyonsuz giriş verisi ve diğer kestirim uzaklığı parametreleri seçilerek yapılan uygulama sonuçlarına göre daha da azaldığı görülmüştür. Operatör uzunluğu, kestirim dekonvolüsyonunun etkinliğini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Yılmaz (2001)' in yaptığı çalışmalarda elde ettiği sonuçlara benzer şekilde kısa kalan operatör boyu, özilişki kesitinde verinin temel sismik dalgacığına denk gelen bir kalıntı enerji bırakmaktadır (Şekil 4.13b). Operatör boyunun fazla uzun seçilmesiyle elde edilen parametreler incelendiğinde veri üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür (Şekil 4.13f). Yapılan uygulamalar sonucunda, genlik spektrumunu düzleştiren ve özilişki kesitindeki genlikleri bastıran en uygun parametrelerin $\alpha = 7$ ve $n = 80$ olduğu anlaşılmıştır. Hem kestirim dekonvolüsyonu uygulanmış sentetik verilerden, hem de kestirim dekonvolüsyonu uygulanmış arazi verisinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Kestirim uzaklığı parametresinin, verinin örnekleme aralığına eşit olması ya da verinin özilişki penceresinde sıfır eksenini 1. veya 2. kesiş zamanı olarak belirlenmesinin, sismik verideki kaynak dalgacığının etkisini giderebilmek için uygun olduğu sonucuna varılabilir. kz10-x03 hattına ait atış grubu incelendiğinde, uygun olarak belirlenen $\alpha = 7$ ms ve $n = 80$ ms parametreleri ile uygulanan kestirim dekonvolüsyonlu migrasyon çıkış verisi incelendiğinde ise

sentetik verilerde elde edilen ideale yakın sonuçlara ulaşılamasa dekonvolüsyon uygulanmamış (Şekil 3.8) ve dekonvolüsyon uygulanmış kz10-x03 migrasyon kesiti (Şekil 4.16) kıyaslandığında, dekonvolüsyon uygulanmış verideki ara yüzeylerin daha net ayrıştığı ve sürekliliklerinin iyileştiği görülmektedir.

Yığma sonrası dekonvolüsyon yönteminin, gerçek arazi verisine uygulanması sonucunda, Dondurur (2009)' un belirttiği sonuçlara benzer şekilde verinin genlik spektrumunun düzleşmesi ve yığma kesitinin zamansal ayrımlılığın artması beklenmiş ancak bu sonucun etkin bir şekilde elde edilemediği görülmüştür. Bu olumsuz etkilerin oluşmasında kesitin farklı bölgelerinde farklı yapılarla ait yansıma genlik karakterlerinin olması ve seçilen dekonvolüsyon parametrelerinin tüm kesitte sabit olarak uygulanması olduğu düşünülmüştür.

Burg dekonvolüsyonunun sismik kesitler üzerinde etkin çalışmakta olduğu bilinmekte ve verinin genlik spektrumunu dengeleyici sonuçlar üretmesi beklenmektedir (Ulyrch, 1972). Öncelikle deniz sismiği verisinin atış gruplarına Burg dekonvolüsyonu uygulanarak elde edilen dekonvolüsyonlu çıktılar incelenmiş ve $n = 80$ ms' nin en iyi sonuç veren parametre olduğu görülmüştür. Şekil 4.19' de atış gruplarında farklı n değerlerine ait çıktılarının genlik spektrumları incelendiğinde daha genlik spektrumunun geniş bantlı hale geldiği ancak bunun yanı sıra verideki yüksek frekanslı gürültü değerlerinin de arttığı görülmüştür. Şekil 4.20' de kz10-x03 hattının tamamına Burg dekonvolüsyonu uygulandığında ise tek değişken olan operatör uzunluğu arttıkça özilişki verisindeki genliklerin daha da azaldığı gözlemlenmiştir. Burg dekonvolüsyonu yönteminin uygulanan diğer dekonvolüsyon yöntemlerine göre verinin genlik spektrumunu düzleştirmede daha etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Atış gruplarına uygulanan tüm dekonvolüsyon türleri sonucu elde edilen verilere ait genlik spektrumları incelendiğinde, spektrumun düzleştiği ancak her bir dekonvolüsyon türünün spektrumu düzleştirmedeki etkisinin aynı oranda olmadığı görülmüştür. Burada ortak olan, dekonvolüsyon uygulamaları sonrasında genlik spektrumunda yüksek ve düşük frekanslı gürültünün daha da belirgin hale geldiği

görülmüştür. Bu sebeple dekonvolüsyon uygulaması sonrasında veriye bant geçişli süzgeç uygulanması gerekli görülmüştür (Şekil 4.3).

Sentetik dalgacık ve bu dalgacıktan elde edilen sismograma dekonvolüsyon uygulaması yapılırken veri işlem şemasına eklenen bant geçişli süzgecin verinin beklendiği şekilde iğnecikleştirilmesine engel olduğu ve sinyale küçük gürültüler ekleyerek veri kalitesini bozduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple sentetik verilere uygulanan dekonvolüsyon işlemi sonrasında bant geçişli süzgeç uygulanmamıştır.

Gadallah ve Fisher (2005)' te belirtilen sonuçlar neticesinde zamanla değişen spektral beyazlatma işleminin iğnecikleştirme dekonvolüsyonundan daha etkin sonuçlar üretmesi, veriye ait spektrumdaki yüksek frekans bileşenlerini güçlendirmesi ve verinin zamansal ayrımlılığını arttırması beklenmiştir. Ayrıca Dondurur (2009), zamanla değişen spektral beyazlatma işleminin yerin soğurma etkilerini gideren ve temel sismik dalgacığı kısmen sıkıştıran bir işlem olduğu, dekonvolüsyonun ise dalgacığı hem sıkıştırdığı hem de verideki tekrarlıları ve yansımaların salınımlı karakterini de yok eden bir uygulama olduğundan bahsetmiştir. Her iki tespitten yola çıkılarak yapılan TVSW uygulamasının verideki yüksek frekans bileşenlerinin belirgin bir şekilde artırması beklenmiştir. Buna paralel olarak Şekil 4.21' de 7 pencere seçilerek uygulanan zamanla değişen spektral beyazlatma yöntemi sonucunda veride belirgin olarak gözlenen yüksek frekans artışına bağlı olarak ayrımlılığın arttığı gözlenmiştir. Bu sonuçtan yola çıkılarak TVSW' nin, genlik spektrumunu düzleştirme konusunda dekonvolüsyona göre daha başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

Dekonvolüsyon yönteminin minimum fazlı dalgacık, bu dalgacıktan elde edilen sismogram ve 2B sentetik model üzerinde oldukça etkin bir şekilde çalıştığı ancak saha verisi üzerinde uygulanarak elde edilen dekonvolüsyonlu migrasyon kesitleri incelendiğinde tam anlamı ile etkili olmadığı da gözlemlenmiştir. Saha verisi üzerinde istenen sonuçların tam olarak elde edilememesinin nedenlerinin iki farklı sebepten kaynaklandığı düşünülmektedir. İlk olarak, deniz tabanı ve taban altı jeolojik yapılarının çok değişken olması ve buna bağlı olarak jeolojik yapının profil

yönünde değişkenlik göstermesi, dekonvolüsyon parametrelerinin seçiminde etkin rol oynayan özilişki fonksiyonunu etkilemektedir. Bu duruma bağlı olarak, profil yönünde değişken olan özilişki çıktısına bakılarak seçilen kestirim uzaklığı ve operatör uzunluğu gibi parametrelerin aslında sabit bir değer olmaması ve profil boyunca değişkenlik göstermesi gerektiği düşünölmektedir. Ancak geleneksel dekonvolüsyon işlemleri uygulamasında sabit bir değer seçilerek uygulama yapılmaktadır. Elde edilen dekonvolüsyonlu migrasyon kesitleri incelendiğinde, bazı bölgelerde etkin çalışmayan dekonvolüsyon işleminin büyük ölçüde bu sebepten dolayı istenilen sonuçları veremediği düşünölmektedir. Bu durumun giderilmesi için koşullu bir dekonvolüsyon uygulaması yapılabilir. Buna göre deniz tabanı morfolojisi ve taban altı jeolojisinin değişkenlik gösterdiği bölgelerde dekonvolüsyon uygulama parametrelerinin değişim göstereceği şekilde bir veri işlem akış diyagramı oluşturulması önerilebilir. Böylece profil yönünde değişken bir dekonvolüsyon yapısıyla daha uygun bir çıktı elde edilebilir. İkinci olarak, kullanılan deniz sismiği verisinin yüksek ayrımlı ve yaklaşık 140 Hz yüksek frekans içeriğine sahip olmasından dolayı, zaten yüksek ayrımlı olan bir veri üzerinde yapılan dekonvolüsyon uygulamasının veriyi daha fazla ayrımlı hale getirememesinden kaynaklandığı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Burg, J.P. (1967). Maximum entropy spectral analysis, Society Exploration Geophysics 37th Meeting, Oklahoma.
- Buttkus, B. (1975). Homomorphic filtering theory and practice, Geophysical Prospecting, 23 (4), 712-748.
- Carrion, P.M. ve Braga, A.P. (1990). Iterative trace deconvolution and noncausal transform for processing band-limited data, Geophysics, 55 (12), 1549-1557.
- Carrion, P.M. (1986). A layer-stripping technique for the suppression of water-bottom multiple reflections, Geophysical Prospecting, 34 (3), 330-342.
- Dondurur, D. (2009). Deniz sismğinde veri işlem (1.Baskı), TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, Ankara.
- Gadallah, M.R. ve Fisher, R.L. (2005). Applied seismology, Tulsa: PennWell Corp.
- Gülünay, N. (1986). f-x Decon and complex Wiener prediction filter, Society Exploration Geophysics 56th Annual International Meeting, POS2.10.
- Güney, R. (2011). Önkestirim dekonvolüsyonunda parametre seçimi ve uygulamaları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Jensen, O.G., Ulrych, T.J., Todeschuk, J.P., Leaney, W.S. ve Walker, C. (1988). Blueness Compensation in Deconvolution for the Reflectivity Sequences, 58. Annual International Conference, Society Exploration Geophysics, Kongre özeti içinde,(939-942).

- Kelamis, P. G. ve Chiburis, E. F. (1988) Post-Critical wavelet estimation and deconvolution, *Geophysical Prospecting*, 36 (5), 504-522.
- Mendel, J. M. (1983). Optimal seismic deconvolution, an estimation based approach, Academic Pres. Basım.
- O' Brien, S.R.M. (1997). Adaptive raytracing-based suppression of severe water-bottom multiples in marine seismic data, Memorial Üniversitesi. Doktora Tezi.
- Ooe, M. ve Ulrych, T. J. (1979). Minimum entropy deconvolution with an exponential transformation, *Geophysical Prospecting*, 27 (2), 458-473.
- Peacock, K. L. ve Treitel, S. (1969). Predictive deconvolution: theory and practice, *Geophysics*, 34 (2), 155-169.
- Porsani, M. J. ve Ursin, B. (1998). Mixed-phase deconvolution, *Geophysics*, 63 (2), 637-647.
- Porsani, M. J. ve Ursin, B. (2007). Direct multichannel predictive deconvolution, *Geophysics*, 72 (2), 11-27.
- Robinson, E. A. (1966). Multichannel z-transform and minimum delay, *Geophysics*, 31 (3), 482-500.
- Robinson, E.A ve Treitel, S. (1967). Principles of digital Wiener filtering, *Geophysical Prospecting*, 15 (3), 311-333.
- Saggaf, M. ve Toksöz, M.N. (1999). An analysis of deconvolution: modeling reflectivity by fractionally integrated noise, *Geophysics*, 64 (4), 1093-1107.
- Taner, M.T. ve Koehler, F. (1969). Velocity spectra-digital computer derivation and applications of velocity functions, *Geophysics*, 39 (6), 859-881.

- Treitel, S. (1974). The complex Wiener filter, *Geophysics*, 39 (2), 169-173.
- Treitel, S. Gutowski, P.R. ve Wagner, D.E. (1982). Plane-wave decomposition of seismograms, *Geophysics*, 47 (10), 1375-1401.
- Treitel, S. (1970). Principles of digital multichannel filtering, *Geophysics*, 35 (5), 785-811.
- Ulrych, T.J. (1972). Maximum entropy power spectrum of truncated sinusoids, *Journal of Geophysical Research*, 77, 1396-1400.
- Ulrych, T.J. ve Bishop, T.N. (1975). Maximum entropy spectral analysis autoregressive decomposition, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 13, 183-200.
- Ulrych, T.J. (1971). Application of homomorphic deconvolution to seismology, *Geophysics*, 36 (4), 650-660.
- Ulrych, T. J. ve Walker, C. (1982). Analytic minimum entropy deconvolution, *Geophysics*, 47 (9), 1295-1302.
- Yılmaz, Ö. (2001). Seismic data analysis, investigations in geophysics *Society Exploration Geophysics*, 1, 159-270.
- Yılmaz, Ö. (1987). Seismic data processing. *Society Exploration Geophysics*, Tulsa, Oklahoma.