

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİSMİK VERİ İŞLEMDE FARKLI KAZANÇ FONKSİYONLARI KULLANILARAK
ZAMAN DEĞİŞKEN SPEKTRAL BEYAZLATMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Tayfun ŞİRİN

**TEMMUZ 2009
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİSMİK VERİ İŞLEMDE FARKLI KAZANÇ FONKSİYONLARI KULLANILARAK
ZAMAN DEĞİŞKEN SPEKTRAL BEYAZLATMA**

Jeofizik Müh. Tayfun ŞİRİN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeofizik Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.06.2009
Tezin Savunma Tarihi : 24.07.2009**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hakan KARSLI
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

ÖNSÖZ

“Sismik Veri İşlemede Farklı Kazanç Fonksiyonları Kullanılarak Zaman Değişken Spektral Beyazlatma” adlı bu araştırma K. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında zaman değişken spektral beyazlatma tekniğini ve sismik yansıma verilerinin işlenmesinde kullanımını incelenmiş, arazi verileri üzerinde uygulamalarına yer verilmiştir. Verinin spektral bandını ve ayrımlılığını geliştirmeyi amaçlayan bu çalışma kapsamında daha yorumlanabilir kesitler elde etmek hedeflenmiştir.

Öncelikle, tez danışmanlığımı üstlenen ve beni bu konuda çalışmaya yönlendiren yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü konuda bilgisini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hakan KARSLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Mütevazı kişiliğiyle engin bilgi birikimini cömertçe paylaşan ve laboratuvarlarında çalışma imkanını bana sağlayan değerli bilim adamı Prof. Dr. Günay ÇİFTÇİ'ye katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Sismik verilerin işlenmesi üzerine sahip olduğu bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak bu tezin hazırlanmasına verdiği her türlü destek ve yardım için Doç Dr. Derman DONDURUR'a teşekkür ve minnettarlığımı ifade etmeye kendime zevkli bir görev sayarım. Çalışmalarım sırasında misafirperverliğini ve yardımlarını esirgemeyen Jeofizik. Müh. Mert KÜÇÜK arkadaşşıma sonsuz teşekkür ederim.

Bana her zaman destek olan sevgili eşim Müesser ŞİRİN'e ve her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Tayfun ŞİRİN
Trabzon 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Sinyal ve Gürültü	3
1.2.1. Sinyali Tanımlayan Parametreler	3
1.2.2. Sismik Gürültüler ve Türleri	5
1.3. Sismik Kaynak Dalgacığı Kavramı	13
1.4. Dalgacığın Yer İçerisindeki Davranışı	17
1.4.1. Yer İçinde Yansıma ve Kırılma İlkeleri	18
1.4.2. Dalgacığın Soğurulması	19
1.4.2.1. Soğurulmayı Etkileyen Parametreler	25
1.5. Sismik Verilerin Yatay ve Düşey Ayrımlılığı	26
1.6. Süzgeçleme	29
1.6.1. Frekans Ortamı Süzgeç Tasarımı	33
1.6.2. İdeal Süzgeçler	34
1.6.2.1. İdeal Alçak Geçişli Süzgeç	34
1.6.2.2. İdeal Yüksek Geçişli Süzgeç	38
1.6.2.3. İdeal Band Geçişli ve Band Durduran Süzgeç	40
1.6.2.4. Nocth Süzgeci	47
1.6.3. Süzgeçlerde Kesme Etkisinin Giderilmesi	48
1.6.3.1. Yamuk Şekilli Süzgeç Tasarımı	50

1.6.3.2.	Süzgeç Fonksiyonunun Yuvarlatılması	51
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	55
2.1.	Zaman Değişken Spektral Beyazlatma-ZDSB	55
2.2.	ZDSB Tekniğinde Sonuca Etki Eden Parametreler	58
2.2.1.	Süzgeç Yapısı	58
2.2.2.	Süzgeç Sayısı	63
2.2.3.	Kesme Frekansı Üst Sınırının Belirlenmesi	67
2.2.4.	Kesme Frekansı Alt Sınırının Belirlenmesi	73
2.2.5.	Sinyalin Zarfının Yuvarlatılması	76
2.3.	Sinyal Zarfının ve Kazanç Fonksiyonlarının ZDSB Tekniği'nde Uygulanması	80
2.3.1.	Sinyalin Zarfı	80
2.3.2.	Genliği Etkileyen Faktörler	81
2.3.3.	Otomatik Genlik Kazancı (AGC)	82
2.3.4.	Zaman Kazanç ($t^\alpha e^{-\beta t}$) Fonksiyonu	92
2.4.	ZDSB Frekans Ortamı Etkileri	98
2.5.	İğnecik Ters Evrişimi (Spiking Deconvolution)	100
2.6.	Sıfır Fazlı Dekonvolüsyon (Zero-Phase Deconvolution)	105
2.7.	ZDSB Tekniği'nin Sismik Veri İşlemde Kullanımı	108
3.	SONUÇLAR.....	116
4.	ÖNERİLER	120
5.	KAYNAKLAR	121
6.	EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Sismik verilerin kaliteli yorumu onların yüksek ayrırlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Sismik dalgalar yer içinde yayılırken yüksek frekans içerikleri zamanla azalır. Bu azalım yansıma sinyallerinin bant genişliklerinin daralmasına ve spektral bant içindeki genliklerin düzensizliğine yol açar. Daha dar bant spektrumunun zaman ortamında karşılığı daha düşük ayrırlılığıya sahip kesitlerdir.

Bu tez çalışması kapsamında zaman değişken spektral beyazlatma (ZDSB) tekniği ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tekniğin uygulanmasında parametrelerin uygun olarak belirlenmesinin etkileri arazi verisi üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca tekniğin uygulanmasında önemli bir yeri olan yuvarlatılmış Hilbert zarfı yerine farklı kazanç fonksiyonları kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır

ZDSB tekniği, kullanıcı tarafından bandın belirlenebilmesi, spektral dengeleme özelliği ve gürültüyü güçlendirmemesi özellikleri ile önemli avantajlara sahiptir. Bu özellikleri bakımından ZDSB ileri veri işlem aşamasında, daha kolay yorumlanabilir kesitler elde edebilmek amacıyla tercih edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zaman Değişken Spektral Beyazlatma, Spektral Dengeleme, Beyazlatma, Süzgeçleme, Bant Geçişli Süzgeç, İğnecik Dekonvolüsyon, Sıfır Fazlı Dekonvolüsyon.

SUMMARY

Time Variant Spectral Whitening Using Different Gain Functions In Seismic Data Processing

Interpretation of seismic data quality is directly related with their high resolution. When seismic waves are spread underground, high-frequency content will decrease over time. (High-frequency components than low frequency components are quickly absorbed). For reasons that can lead to narrowing of the bandwidth of the signal. Narrow –band spectrum in frequency domain have low resolution in time domain.

This thesis in the context of the time variable spectral whitening (ZDSB) technique were investigated in detail. Technical implementation of the appropriate set of parameters is the effect on land data is shown. Technique is also an important part in implementing the rounded Hilbert envelope instead of the results are compared with the use of different gain functions.

ZDSB technique has some important advantages that user can determine spectral band, spectral balancing, without strengthen noise. It features advanced data processing stages ZDSB terms, can be interpreted more easily in order to obtain cross-section is preferred.

Key Words: Time Variant Spectral Whitening, Spectral Balancing, Whitening, Filtering, Bandpass Filter, Spiking Deconvolution, Zero Phase Deconvolution.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Periyodik (dönemsel) olan bir fonksiyonun periyodu ve genliği	4
Şekil 2. Yüzey dalgaları içeren arazi kaydı, b) yüzey dalgaları içermeyen arazi kaydı, c) arazi kaydından giderilmiş yüzey dalgaları.....	7
Şekil 3. Tekrarlı yansıma olayı içeren sismik kesit	8
Şekil 4. Dekonvolüsyon işleminin tekrarlı yansımalar üzerindeki etkileri, a) tekrarlı yansıma içeren sentetik iz, b) dekonvolüsyon işlemi uygulandıktan sonraki görünüm.....	9
Şekil 5. Rastgele gürültünün yapay iz üzerindeki etkisi. a) hiperbolik olaylar içeren kesit, b) rastgele gürültü, c) hiperbolik olay + gürültü içeren kesit, d) doğrusal olay içeren kesit, e) rastgele gürültü, f) doğrusal olaylar + gürültü içeren kesit.....	10
Şekil 6. Gürültü içeren yapay veriye farklı veri işlem tekniklerinin uygulanması, a) rastgele gürültü içeren yapay veri, b) f-x dekonvolüsyon, c) iğnecik dekonvolüsyon, d) sıfır faz dekonvolüsyon uygulanmış veri.....	11
Şekil 7. Yapay veri, f-x dekonvolüsyon, iğnecik dekonvolüsyon, sıfır faz dekonvolüsyon için Şekil 6'da verilen kesitlerin ortalama genlik spektrumu	12
Şekil 8. Birbirleri arasında 90° faz kayması olan iki sinüzoidal sinyal	14
Şekil 9. Farklı faz değerlerine sahip dalgacıklar. a) minimum fazlı , b) sıfır fazlı , c) maksimum fazlı (gecikmeli) dalgacık	15
Şekil 10. Farklı faz değerlerine sahip olan dalgacıkların genlik ve faz spektrumları. a ve b, minimum fazlı dalgacığın, c ve d, sıfır fazlı dalgacığın, e ve f maksimum fazlı dalgacığın genlik ve faz spektrumu	16
Şekil 11. Faz kaymasının atış kaydı üzerindeki etkisi, a) faz kaydı oluşmamış atış kaydı, b) 140° faz kayması meydana gelmiş atış kaydı.....	16
Şekil 12. Bir sismik ışının yansıma ve kırılması	18
Şekil 13. Sismik dalganın yer içerisinde ilerlemesi	19
Şekil 14. Q=10 olan bir ortamda 500 ms lik aşamalarla ilerleyen dalgacık	20

Şekil 15. Farklı Q değerleri için yapay sismik izler, ortamın $v=2000$ m/s olarak kullanılmıştır. Buna göre, a) soğurmasız ortam, b) $Q=100$, c) $Q=50$, d) $Q=30$ için elde edilen sismik izler	21
Şekil 16. Yapay sismik iz ve $Q=100, 50, 10$ için oluşturulan ve şekil 15'te verilen izlerin genlik spektrumu	22
Şekil 17. Soğurmalı ve soğurmasız ortam için iz modellemesi. a) soğurmasız ortam konvolüsyon matrisi, b) $Q=100$ için soğurmalı ortam konvolüsyon matrisi, c) kaynak fonksiyonu, d) yansıma katsayıları dizisi, e) soğurmasız sentetik iz, f) soğurmalı sentetik iz.....	23
Şekil 18. Kat edilen mesafenin artması durumunda soğrulmanın Ricker dalgacığı üzerindeki etkisi	25
Şekil 19. Hızın artması durumunda soğrulmanın Ricker dalgacığı üzerindeki etkisi	26
Şekil 20. Bant genişliğinin düşey ayrımlılık üzerindeki etkisi, a) 10-20-40-50 Hz b) 20-50-110-140 Hz	28
Şekil 21. Bir doğrusal süzgecin giriş - çıkış gösterimi	29
Şekil 22. Zaman ortamı konvolüsyon ve frekans ortamı çarpma işlemlerinin birbirlerine karşılık geldiğinin gösterimi. Konvolüsyon ve çarpma işlemlerinde kullanılan sinyaller, d ve g; ilk sinyalinin genlik - faz spektrumu, e ve h; ikinci sinyalinin genlik - faz spektrumu, ı, fazların toplamı, f, genliklerin çarpımı, c, konvolüsyon ve çarpma işleminin sonucu.....	31
Şekil 23. Optik alanda spektral analiz ve süzgeçleme	33
Şekil 24. İdeal alçak geçişli süzgeç	35
Şekil 25. Örnekleme aralığı 0.01 s ve kesme frekansı 10 Hz olan alçak geçişli süzgeç.....	36
Şekil 26. Örnekleme aralığı 0.01 s ve kesme frekansı 30 Hz olan alçak geçişli süzgeç.....	36
Şekil 27. İdeal alçak geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu ve kesme frekansı 100 Hz olan alçak geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) alçak geçişli süzgeç uygulanmış veri.....	37
Şekil 28. İdeal yüksek geçişli süzgeç	39

Şekil 29. İdeal alçak ve yüksek geçişli süzgeçler kullanılarak elde edilen bant geçişli ve bant durduran süzgeç yapıları. a) Bant geçişli süzgeç, b) bant durduran süzgeç yapısı	40
Şekil 30. İdeal yüksek geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu ve kesme frekansı 25 Hz olan yüksek geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) yüksek geçişli süzgeç uygulanmış veri.....	41
Şekil 31. İdeal bant geçişli süzgeç	42
Şekil 32. Bant geçişli süzgeç	43
Şekil 33. İdeal bant geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu ve kesme frekansı 20-140 Hz olan bant geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) bant geçişli süzgeç uygulanmış veri.....	44
Şekil 34. İdeal bant durduran süzgeç	45
Şekil 35. Kesme frekansı = 100-300 Hz olan bant durduran ve band geçişli süzgeçlerin veriye uygulanmasının zaman ve frekans ortamı görünümü, a ve b; orijinal verinin zaman ve frekans ortamı görünümü, b ve e; bant geçişli süzgeç çıkışının zaman ve frekans ortamı görünümü, c ve f bant durduran süzgecin zaman ve frekans ortamı görünümü	46
Şekil 36. İdeal notch süzgeç	47
Şekil 37. Notch süzgeç yapısının farklı yuvarlatma değerleri için görünümü	48
Şekil 38. Kesme frekansları 30-100 Hz olan ideal bant geçişli süzgeç uygulanmış verinin zaman ve frekans ortamı görünümü. a ve b; orijinal verinin zaman ve frekans ortamı görünümü, c ve d; süzgeçlenmiş verinin zaman ve frekans ortamı görünümü.....	49
Şekil 39. Yamuk şekilli bant geçişli süzgeç yapısının frekans ortamı görünümü	50
Şekil 40. 15-40-100-125 Hz kesme frekansları için yuvarlatılmış, yamuk şekilli ve yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç uygulaması. a ve b yuvarlatılmış süzgeç uygulaması, c ve d yamuk şekilli süzgeç uygulaması, e ve f yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç uygulaması	52
Şekil 41. Süzgeç yapılarının frekans ortamındaki farkları	53

Şekil 42. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin uygulanması için akış şeması	56
Şekil 43. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği için tasarlanmış bant geçişli süzgeç dizisi	57
Şekil 44. Yamuk tasarımı bant geçişli süzgeç ($F_{c1}=75$ Hz, $F_{c2}=150$ Hz, $F_{c3}=30$ Hz, $F_{c4}=375$ Hz).....	59
Şekil 45. Frekans ortamında 10-175 Hz arasında 5 adet süzgeç kullanılarak elde edilen süzgeç yapıları	59
Şekil 46. ZDSB işleminde bant geçişli süzgeçlerin ağırlıklandırmaları ve süzgeç ağırlıklandırmalarının toplamının frekans ortamı görünümü	60
Şekil 47. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç yapıları ile kullanılması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 1000 adet iz kullanılmıştır. a) Bant geçişli süzgeç yapısı, b) yuvarlatılmış bant geçişli süzgeç yapısı, c) Gauss süzgeç yapısı.....	62
Şekil 48. 10-100 Hz aralığında zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç sayılarıyla uygulanması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 500 adet iz kullanılmıştır. a) $n=3$, b) $n=5$, c) $n=11$ adet süzgeç için ZDSB uygulamaları	65
Şekil 49. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç sayıları için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir	66
Şekil 50 Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı üst sınırı değerleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 500 adet iz kullanılmıştır. Kesme frekansı üst sınırı a) 50 Hz, b) 120 Hz, c) 200 Hz ...	68
Şekil 51. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı üst sınırı değerleri için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	70
Şekil 52. 0-175 Hz arasında 5 adet süzgeç kullanılarak elde edilen süzgeç yapıları ...	73
Şekil 53. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı alt sınırı değerleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 500 adet iz kullanılmıştır. Kesme frekansı alt sınırı a) 0 Hz, b) 25 Hz ve c) 40 Hz	74

Şekil 54. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme alt sınırı değerleri için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir	75
Şekil 55. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı sinyal zarfı yuvarlatma dereceleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 500 adet iz kullanılmıştır. Sinyal zarfının a) yetersiz yuvarlatılması, b) orta derecede yuvarlatılması, c) aşırı yuvarlatılması.....	78
Şekil 56. Zaman Değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı sinyal zarfı yuvarlatma dereceleri için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	79
Şekil 57. Sismik izin zarfı ve yuvarlatılmış zarfı. a) Sismik izin zarfı, b) Sismik izin yuvarlatılmış zarfı	80
Şekil 58. Farklı pencere boyu değerleri için otomatik kazanç kontrolü (Automatic Gain Control-AGC) uygulanması. a) Orijinal veri, b) Pencere boyu = 0.2 S, c) Pencere boyu = 0.6 s	84
Şekil 59. Farklı pencere boyu değerleri için otomatik kazanç kontrolü (Automatic Gain Control-AGC) bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	86
Şekil 60. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine kazanç fonksiyonu (AGC) uygulaması. a) Orijinal veri, b) pencere boyu=0.2 S, c) pencere boyu=0.6 s	88
Şekil 61. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine AGC kazanç fonksiyonunun bir ize uygulamasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	90
Şekil 62. Farklı α ve β değerleri için zaman kazanç fonksiyonları	93
Şekil 63. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonu uygulaması. a) Orijinal Veri, b) Zaman kazanç fonksiyonu - $\alpha = 1, \beta = 0$, c) Zaman kazanç fonksiyonu - $\alpha = 2, \beta = 2$	94
Şekil 64. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonunun bir ize uygulamasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	96

Şekil 65. Minimum fazlı dalgacığa iğnecik dekonvolüsyon uygulanması. a) Minimum fazlı dalgacık (10-80 Hz bant aralığına sahip), b) iğnecik dekonvolüsyon uygulamasının sonucu (operatör boyu=200 ms)	101
Şekil 66. Minimum fazlı ve iğnecik dekonvolüsyon uygulanmış minimum fazlı sinyalin genlik ve faz spektrumları. Sol sütundaki şekiller genlik, sağ sütundaki şekiller faz spektrumlarını göstermektedir	102
Şekil 67. İğnecik dekonvolüsyonun sismik kesite uygulanması. a) Orijinal kesit, b) İğnecik dekonvolüsyon uygulanmış kesit (operatör boyu=90 ms), c) İğnecik dekonvolüsyon + bant geçişli süzgeç uygulaması (10-40-100-120 Hz)	103
Şekil 68. İğnecik dekonvolüsyon ve bant geçişli süzgecin bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	104
Şekil 69. Sıfır faz dekonvolüsyon ve ZDSB tekniklerinin sismik kesite uygulanması. a) Orijinal kesit, b) ZDSB uygulanmış kesit (10-120 Hz, 6 adet süzgeç ve Hilbert zarfı kullanıldı), c) Sıfır faz dekonvolüsyon uygulanmış kesit	106
Şekil 70. Sıfır faz dekonvolüsyon ve ZDSB tekniklerinin bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	107
Şekil 71. Yansıma verilerine uygulanan veri işlem akış diyagramı	108
Şekil 72. Zaman değişken spektral beyazlatma ve iğnecik dekonvolüsyon tekniklerinin birlikte kullanılması. a) Orijinal Veri, b) operatör boyu= 30 ms, c) operatör boyu= 40 ms	111
Şekil 73. Zaman değişken spektral beyazlatma ve iğnecik dekonvolüsyon tekniklerinin birlikte bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir.....	113

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Periyodik (dönemsel) olan bir fonksiyonun periyodu ve genliği.....	5
Tablo 2. Yüzey dalgaları içeren arazi kaydı, b) yüzey dalgaları içermeyen arazi kaydı, c) arazi kaydından giderilmiş yüzey dalgaları.....	27
Tablo 3. Tekrarlı yansıma olayı içeren sismik kesit.....	61

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Genlik
A_0	: Giriş genliği
$H(l)$: Süzgeç fonksiyonu
$H(t)$: Süzgeç fonksiyonu
$H(w)$: Sinyalim gerçel bileşeni
f_c	: Kesme frekansı
$G(t)$: Sistem Çıkış
T	: Periyot
T_0	: Seyahat Zamanı
V	: Dalga Hızı
V_R	: Rayleigh dalgasının hızını
V_S	: S dalgasının hızını
X	: Dalganın seyahat ettiği yol
$X(t)$: Sistem Girişi
Q	: Kayaç kalite faktörü
w	: Açısal Frekans
λ	: Dalga Boyu
μ	: Makaslama modülünü
ρ	: Ortamın yoğunluğunu
θ	: Faz farkı
α	: Soğurma sabiti
*	: Konvolüsyon
$\emptyset(w)$: Faz fonksiyonu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Jeofizik yöntemlerin temelinde gözlemlenen bir fiziksel parametrenin zamana ve/veya uzaklığa göre değişimi ölçülür. Bu ölçülen nicelik araştırmanın türüne göre zamana karşı sismik bir dalğanın yer içerisinde yayılımı veya elektromanyetik bir dalğanın çalışma alanı içerisinde ilerlemesi olabilir. Verinin görselleştirilmesi ölçülen parametre zaman ya da uzaklığa göre değişiminin grafiklendirilmesi ile elde edilir. Kullanılan donanım ve malzemelerden kaynaklanan hatalar, aletin ölçüm aralığının (örnekleme aralığı) çalışma amacına göre uygun olarak seçilmemesi, çalışma alanında doğal olarak var olan ve ölçüm sırasında kayıt edilen olayların hepsi gürültü olarak adlandırılır.

Bu aşamada jeofizikçinin yapması gereken sinyal ve gürültüyü birbirinden ayırabilmek ve elde edilen verileri çalışma amacı doğrultusunda daha kolay yorumlanabilir bir hale getirmektir. Bu amaç doğrultusunda kaydedilmiş bir veriden gerekli olan bilgiyi elde etmek için yapılan tüm sayısal işlemler topluluğu 'veri işlem' olarak adlandırılır. Yapılan tanımdan da anlaşılacağı üzere veri işlem verinin daha kolay yorumlanabilir bir hale getirmek amacı ile yapılması gerekli olan bir aşamadır. Veri işlem teknikleri kullanım alanına ve yöntemin türüne göre değişiklik gösterirken bazı alanlarda zorunlu olarak, bazı alanlarda ise ihtiyaca göre kullanılmaktadır. Veri işlem aşamaları ve sırası farklılık gösterebilmekle beraber gün geçtikçe daha yeni ve karmaşık algoritmalar geliştirilmektedir. Teknolojik alanda meydana gelen gelişmelere paralel olarak veri işlem alanında da büyük ilerlemeler elde edilmiştir. Gelişen bilgisayar ve elektronik teknolojisi sayesinde daha hassas ölçümler alınmakta, daha fazla veri çok daha kısa sürede toplanmaktadır. Özellikle depolama ve işlemci alanındaki ilerlemelerle büyük boyutlu veri grupları üzerinde çalışabilmeyi mümkün kılarken işlemci alanındaki gelişmeler karmaşık yapılara sahip algoritmaların veriler üzerinde uygulanabilmesini mümkün kılmaktadır.

Sismik yansımada veri işlem çalışma prosedürünün vazgeçilmez öneme sahip kritik bir parçasıdır. Öyle ki arazide veri toplama aşamasından yorumlanabilir bir kesit elde etme aşamasına gelebilmek için veri işlem teknikleri başvurulması kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Veri işlem teknikleri özellikle petrol arama ve stratigrafi amaçlı yapılan sismik yansıma

çalışmalarda oldukça yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Veri işlem tekniklerin hızlı gelişimi yorumcunun işini kolaylaştırarak daha anlaşılabilir bir kesit elde etmek amacıyla daha yoğun ve karmaşık algoritmaların uygulanmasını mümkün kılmaktadır.

Sismik verilerin kaliteli yorumu onların yüksek ayrımlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Sismik dalgalar yer içinde yayılırken yüksek frekans içerikleri zamanla azalır. Bu azalım yansıma sinyallerinin bant genişliklerinin daralmasına ve dolayısıyla ayrımlılığın azalmasına neden olur. Ancak daralan bu sinyal bant genişliğinin tekrar geri kazanılmaya çalışılması veri işlemin en geleneksel uygulamalarını oluşturmaktadır. Bu uygulamaların en yaygını sismik dekonvolüsyon tekniklerinin kullanılmasını içermektedir. Birçok türü olmakla birlikte bu işlemin temel amacı yansıma sinyallerinin frekans bandını genişleterek yansıma dalgacıklarının zaman boylarını kısaltmak ve dolayısıyla düşey ayrımlılığı ve kısmen yanal sürekliliği artırmaktır (Cary, 2006).

Dekonvolüsyon işlemi zamanla değişmeyen dekonvolüsyon süzgeçleri sayesinde gerçekteştirilir. Veri işleminde farklı sorunlar için çeşitli dekonvolüsyon teknikleri geliştirilmiştir. İğnecik dekonvolüsyon yansıma dalgacıklarını iğnecik yapısına dönüştürerek sismik kesitin ayrımlılığını arttırmak amacıyla uygulanan dekonvolüsyon türüdür (Smith, 1999). Bu işlem sinyal bandını güçlendirirken aynı zamanda gürültüyü de güçlendirmektedir. Bu nedenle dekonvolüsyon teknikleri sismik kesitlerin istenilen ayrımlılığını ve yorumlanabilirliği tam olarak sağlamayabilirler. Bu nedenle daha yorumlanabilir veriler üretmek için tamamlayıcı işlemlere ihtiyaç vardır. Zamanla Değişen Spektral Beyazlatma (ZDSB) (Time Variant Spectral Whitening-TVSW) böyle bir ihtiyaçı karşılamak için son derece güçlü ve etkin bir tekniktir.

Zaman değişken spektral beyazlatma verinin belirlenen spektral bant aralığını güçlendirip dengelerken, gürültü içeriğinde önemli derecede artış oluşturmaz. Bu sayede verinin ayrımlılığını arttırırken, soğurma etkilerini giderir (Gadallah, 2005).

ZDSB tekniği son zamanlarda birçok petrol arama şirketin sismik veri işlem yazılımlarında yığma öncesi ve sonrası, göç sonrası gibi veri işlemin aşamalarında yer almaktadır. ZDSB tekniğinin dayandığı temel ilke, sismik verinin fazına dokunmadan soğurulmadan dolayı verideki yüksek frekansların zamanla oluşan kayıplarının geri kazanılmasıdır.

Yöntemin en önemli avantajı sinyalin spektral bandı içine düşen genlik değerlerini maksimum seviyede dengelemesi ve dolayısıyla bandın dışında kalan kısımlardaki gürültü genliklerini güçlendirmemesidir.

1.2. Sinyal ve Gürültü

Sinyal, belirli bir amaç doğrultusunda algılanmak istenen, fiziksel bir olaydan kaynaklanan ve bazı olaylar hakkında bilgi içeren, bir veya daha fazla değişkenli matematiksel bir fonksiyon olarak tanımlanabilir.

Yansıma sismisinde yüzeye gelerek kaydedilmiş olan çok çeşitli dalgalardan sadece birkaçından yararlanır. Bunlar arzu edilen dalgalardır. Fakat bunun dışındaki dalgalar istenmeyen dalgalardır ve yansıma dalgaları ile karışarak veya onlara zarar vererek tanımlanmalarını zorlaştırır. Aynı zamanda gürültüler, yansımaları tanımlanmayacak hale getirerek elde edilen verinin yanlış yorumlanmasına neden olur.

1.2.1. Sinyali Tanımlayan Parametreler

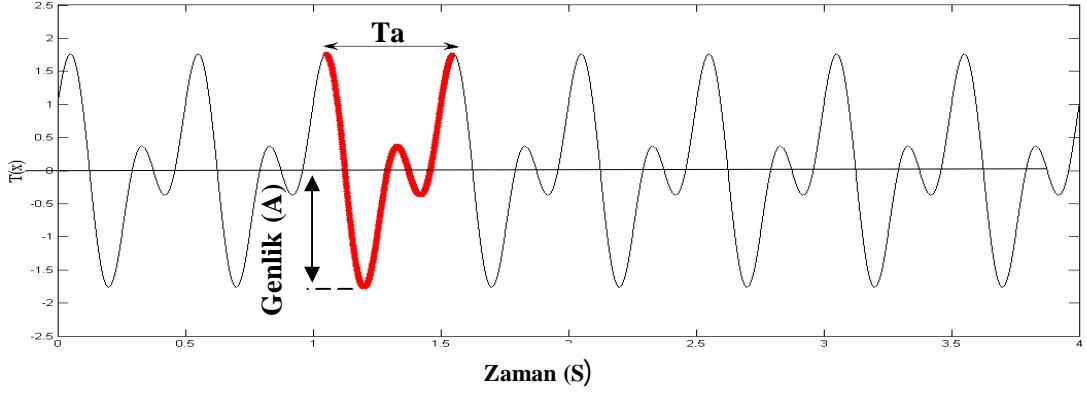
Matematiksel bir fonksiyon olarak tanımlanabilen sinyalin yapısını belirlemekle beraber sinyalin özellikleri hakkında bize bilgi sağlar. Fonksiyon, gerçek veya karmaşık değerli, tanımlı veya rastgele olabilir.

Bir periyodik sinyali tanımlayan genel parametreler, genliği, periyodu, frekansı, dalga boyu, dalga sayısı, dalga hızıdır. Periyot ve dalga boyu parametrelerinin aynı görünüme sahip olmalarına rağmen kullanıldıkları ortamların farklı olduğuna dikkat edilmelidir.

Değişkenin bütün değerleri için n bir tam sayı olmak üzere

$$f(t) = f(t + n.T_a) \quad (1)$$

eşitliğini sağlayan fonksiyonlar dönemsel (periyodik) olup T_a ana **periyot** (dönem-devir) olarak adlandırılır. Şekil 1'de frekansı 4 Hz olan sinüzoidal ve frekansı 2 Hz olan cosinoidal iki sinyalin toplamından oluşan karışık periyotlu bir sinyal gösterilmektedir. Periyot, fonksiyonun bir döngüyü tanımlaması için geçen süreye denir ve birimi saniyedir.



Şekil 1. Periyodik (dönemsel) olan bir fonksiyonun periyodu ve genliği

Frekans (sıklık) ise bir saniyedeki salınımın sayısıdır. Birimi devir/saniye olmakla beraber, fizikçi Hertz'in adı ile anılır. Periyot ve frekans tanımları dönemsellik kavramını iki farklı tarzda ifade edilmiş biçimindedir. Periyot ve frekans kavramları arasındaki ilişki

$$f_a = 1/T_a \quad (2)$$

bağıntısı ile verilir. Açısal frekans ile çizgisel frekans arasında

$$w = 2\pi f \quad (3)$$

İlişkisi vardır. (f = frekans, w =açısal frekans)

Dalga boyu, periyodik bir olayda bitişik dalga üzerindeki herhangi iki özdeş nokta arasındaki minimum uzaklık olarak tanımlanır. Dalga boyu λ ile gösterilir. Ardışık iki dalganın gelişleri arasındaki süreyi saniye olarak ölçerseniz, dalganın T periyodunu ölçersiniz.

Genel olarak, dalga sayısı, periyodik bir dalganın frekansı, birim zamanda verilen bir noktadan geçen tepelerin (ya da çukurların veya dalga üzerindeki herhangi bir noktanın) sayısıdır. Matematiksel olarak, dalga boyunun tersidir.

Genlik, bir dalganın normal konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir. Uzanımın en büyük ve en küçük olduğu konumlar diye de tarif edilebilir. Genlik, dalgayı ortaya çıkararak enerjinin miktarına bağlıdır. Dalganın enerjisi artarken, genlik de artar.

Farklı türleri olmakla birlikte, hız bir sinyalin kaynaktan algılayıcıya olan mesafeyi kat etme miktarı olarak ifade edilir. Genellikle c veya v harfi ile gösterilir. Dalga hızı = yol (metre) / zaman(saniye) olarak belirlenir. Dalga hızı, sinyalin frekans ve dalga sayısı ile de ilişkilidir. $V=w/k$, $V=\lambda/T$ ile ifade edilir. Tablo 1.'de hız, periyot, frekans, dalga boyu, dalga sayısı niceliklerinin birim ve aralarındaki bağıntıların formülleri verilmiştir.

Tablo 1. Hız, periyot, frekans, dalga boyu, dalga sayısı niceliklerinin birimleri ve arasındaki ilişkiler.

NİCELİK	BİRİM	FORMÜL
Hız (v)	m/s	$v = \frac{w}{k} = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$
Periyot (T)	s	$T = \frac{2\pi}{w} = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v}$
Açısal Frekans (w)	s^{-1}	$w = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = kv$
Çizgisel Frekans (f)	s^{-1}	$f = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{T} = \frac{v}{\lambda}$
Dalga Boyu (λ)	m	$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{v}{f} = vT$

1.2.2. Sismik Gürültüler ve Türleri

Genel bir tanım olarak gürültü, algılanmak istenen fiziksel bir parametrenin değişiminin gözlemlenmesini engelleyen ya da zorlaştıran etkilerin tamamına verilen isimdir. Eğer daha basit bir şekilde gürültüyü tanımlayacak olursak, ilgilenilen fiziksel parametre dışında kayıta yer alan olayların tamamına gürültü adı verilebilir. Gürültü kavramı, kullanılan jeofizik yöntemine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Sismik yansıma yönteminde ilgilendiğimiz dalga, yansıma dalgasıdır. Bu sebepten ötürü kaydımızda yansıma sinyalinin başka yer alan her türlü olay ve bizim ilgilenmediğimiz dalgaların tamamına

“gürültü(noise)” denir. Bu gürültüler sismik yansıma izlerini bozar ve yansımaların üzerlerini örterek onların görülmelerini imkânsız hale getirir. Genel olarak sismik yansıma yönteminde veri kalitesini bozarak incelenen yansıma olaylarının gözlemlenmesini zorlaştıran ya da yansıma sinyallerini örterek yorumda hatalar oluşmasına neden olan gürültü türleri şunlardır:

- Difraksiyon- Kırınma Dalgası (Diffractions)
- Yüzey Dalgaları (Surface Waves)
- Yansımış Kırılma Dalgaları (Reflected Refractions)
- Tekrarlı Yansımalar (Multiple Reflection)
- Filtreleme (süzgeç) Etkileri
- Düzensiz Gürültüler (Random Noise)

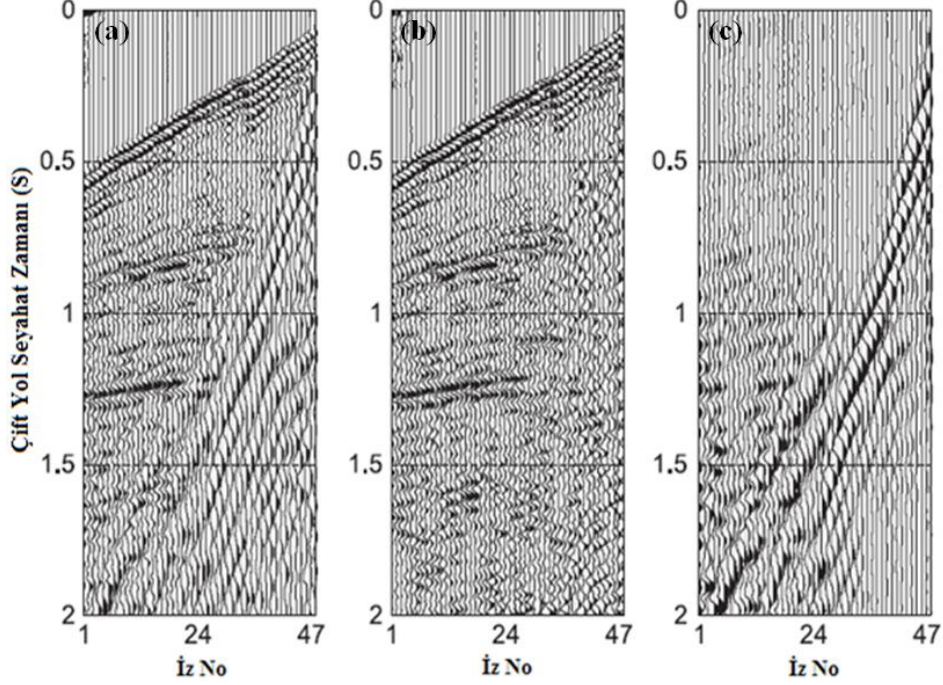
Yeraltındaki değişik hızlara sahip iki ortamın kantağında bulunan bazı düzensizliklerden yüzeye doğru yansımış bir dalganın her yöne doğru yayılması olayına “difraksiyon” denir. Difraksiyonlar; faylar, kum merceği şeklindeki sivri ucu olan yapılar, iki tabaka arasındaki sınırın eğiminde birden meydana gelen değişiklik, sınırın engebeli olması... v.b. gibi yapı çeşitlerinden kaynaklanabilir.

Difraksiyon olayı genel olarak istenmeyen düzensizlikleri gösterdiği halde çoğu zaman dikkate alınmayacak bir değere sahip değildir. Eğer difraksiyonun alt yüzeyinde ani bir yapısal değişime neden olursa, değişimin yer aldığı nokta, gözlenen bütün noktalarının migrasyon ile belirtilebilir. Bu durumda migrasyon yapılmış bütün noktalar aşağı yukarı gerçek yerlerine taşınacak ve dolayısıyla yapısal değişim tarafından oluşturulan dağılımın yeri belirlenecektir. Bu durumda difraksiyon, diğer verilerin de karışımıyla yoruma yardımcı olacak bilgiler ilave edecektir.

Yüzey dalgaları; yer kabuğunun yüzeyi boyunca yayılırlar ve genel olarak yansıma kayıtlarının üzerlerini örteler. Bu nedenle yansıma kayıtlarından çıkarılmalı ya da en aza indirgenmelidir. Yüzey dalgalarının büyük bir kısmını hızları 100 m/s ile 1000 m/s arasında değişim gösteren Rayleigh dalgaları oluşturur. Yüzey dalgalarının frekans içerikleri genellikle 10 Hz'den küçük olup bu özellikleri ile yansıma ve kırılma dalgalarından ayrılırlar. Rayleigh dalgalarının hızları şu şekilde formüle edilebilir.

$$V_R = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = 0.92 * V_S \quad (4)$$

Burada V_R : Rayleigh dalgasının hızını, V_S : S dalgasının hızını, μ : makaslama modülünü ve ρ : ortamın yoğunluğunu göstermektedir.

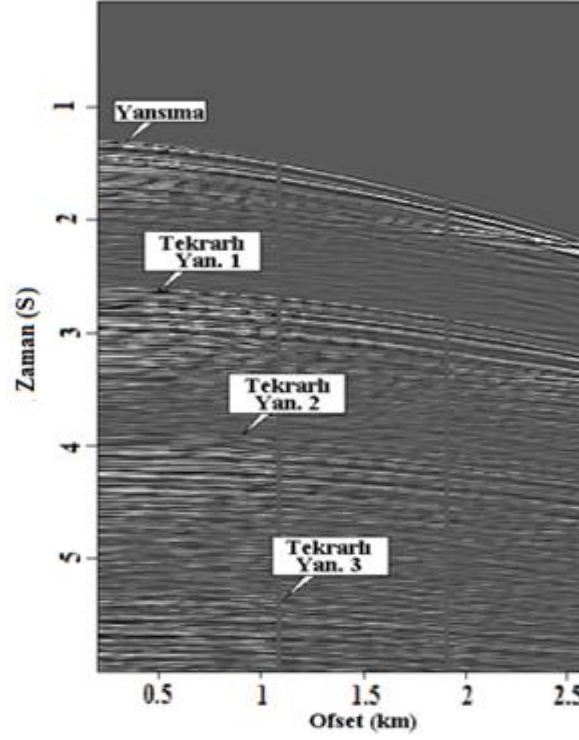


Şekil 2. Yüze dalgaları içeren arazi kaydı, b) yüze dalgaları içermeyen arazi kaydı, c) yüze dalgaları giderilmiş arazi kaydı (Karlı, Bayrak, 2004).

Yüze dalgaları; yüzeyin yakınındaki düzensizliklerden ileri gelen gürültüler olup çok sayıda kullanılan jeofon ve algılayıcı dizilerinin aralığının uygun bir şekilde saptanması ile en aza indirilir. Şekil 2a'da yüze dalgaları içeren bir sismik yansıma kesiti gösterilmektedir. Kesit incelendiğinde yüze dalgalarının yansımaların üzerini örttüğü ve görülmesini engellediği gözlemlenmektedir.

Yansıma kesitleri üzerinde yüze dalgası etkisini azaltmak amacıyla çalışma bölgesinde deneme ölçümleri ile en uygun jeofon aralığının belirlenmesi gereklidir. Bundan farklı olarak yüze dalgaları Wiener–Levinson algoritması yardımıyla veriden atılabilirler. Şekil 2b'de yüze dalgaları giderilmiş arazi kaydı gösterilmiştir.

Yansımış kırılma olayı, alıcılara gelmeden önce yeraltında yatay yönde bir süre ilerleyen dalgalarıdır. Yeraltında iki tabaka arasındaki sınırın altında ilerleyen kırılma dalgası yansıtıcı bir sınırdan yansıması sonucu oluşur. Bu dalgalar yukarı giderken geçtikleri her akustik empedans sınırından kırılırlar. Elde edilen görünüm fay gibi yorumlanabilmektedir.



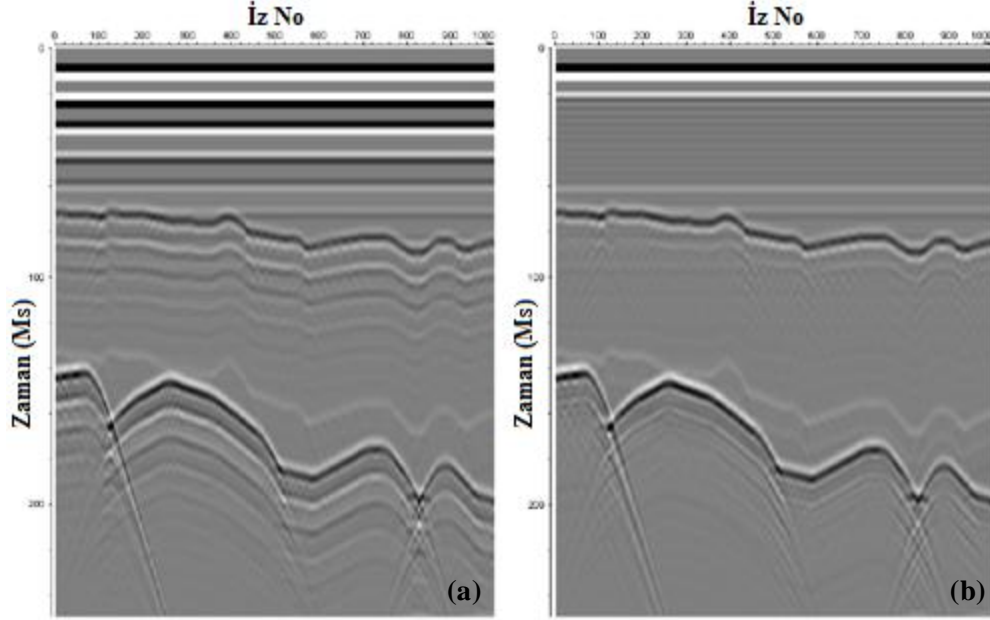
Şekil 3. Tekrarlı yansımaya olayı içeren sismik kesit (URL-1, 2009).

Bir atış noktasından çıkıp bir sınırdan yansıyarak yeryüzüne gelen dalgaları kayıt etmeye çalışırken, bir süreksizlik sınırından bir, iki veya daha çok kez yansımış dalgaları kayıt ederiz. Bu şekilde sismik enerjinin aynı yolu birden fazla giderek meydana getirdiği olaylara “*tekrarlı yansımaya*” adı verilir. Ardışık yansımaların ortaya çıkmasındaki en önemli etken tabakalar arasında hız farklılıklarının bulunmasıdır.

Veri işlem aşamasında tekrarlı yansımaların giderilmesi ya da zayıflatılması amacıyla farklı işlemler yapılmaktadır. Yığılma (stack) işleminden önce ya da sonra kullanılan farklı dekonvolüsyon (ters evrişim) türleri tekrarlı yansımaları gidermek amacıyla uygulanan bir veri işlem tekniğidir. Şekil 3’de tekrarlı yansımaya içeren bir sismik yansımaya kesiti gösterilmiştir. Burada ilk yansımaya olayı yeraltında bir yansıtıcı kaynaktan gelen ilk sinyaldir. Bunun ardından gelen ve ilk yansımaya ile aynı karakteristiği gösteren yansımalar tekrarlı yansımaya olaylarıdır.

Şekil 4’de tekrarlı yansımalar içeren kesitin dekonvolüsyon öncesi ve sonrası şekilleri gösterilmektedir. Kesitler incelendiğinde dekonvolüsyon işleminin tekrarlı yansımaları bastırıldığı gözlemlenmektedir. Yığılma işlemi tekrarlı yansımaların zayıflatılmasında kullanılır. Bunun dışında açılım kayması (Normal moveout-NMO) işlemi sonucunda ilk

yansımalar aynı hizaya gelmekte ve izler toplandığında kuvvetlenmektedirler. Bu işlem özellikle uzun periyotlu tekrarlı yansımalara etki eder.

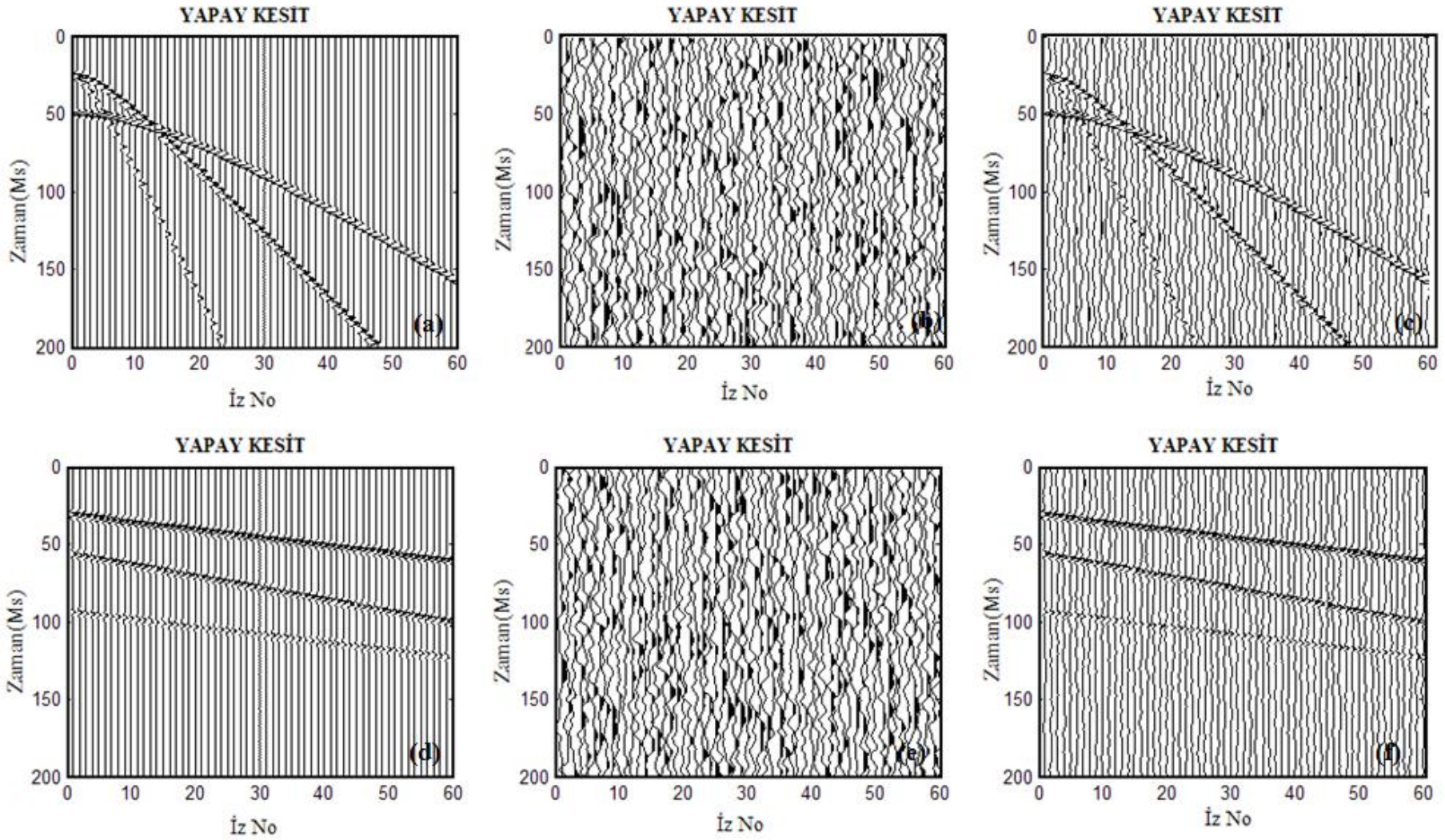


Şekil 4. Dekonvolüsyon işleminin tekrarlı yansımalar üzerindeki etkileri, a) tekrarlı yansıma içeren sentetik iz, b) dekonvolüsyon uygulandıktan sonra (Claerbout, J.F., 1984).

Düzensiz gürültüler adından da anlaşılabilirdiği gibi herhangi bir formüle, kurala, parametreye bağlı olmayan gürültülerdir. Bu tür gürültülerin genel sebebi yağmur, rüzgâr, deniz dalgası, makinelerin titreşim hareketleri, etraftaki insan ve araçların sebep oldukları gürültüler v.b. sebeplerden dolayı meydana gelen ve herhangi bir kurala bağlanamayan gürültülere “*düzensiz gürültüler (random noise)*” denir.

Genel olarak bu tür gürültüler yüksek frekans içeriğine sahip olup dalgayı az ya da çok etkileyerek sinyalin bozulmasına ya da zayıflamasına neden olurlar. Bazen gürültülere dikkat edilmesi gereken bilgiler taşıdığı gözüyle bakılması, önemli hatalar yapılmasına neden olur.

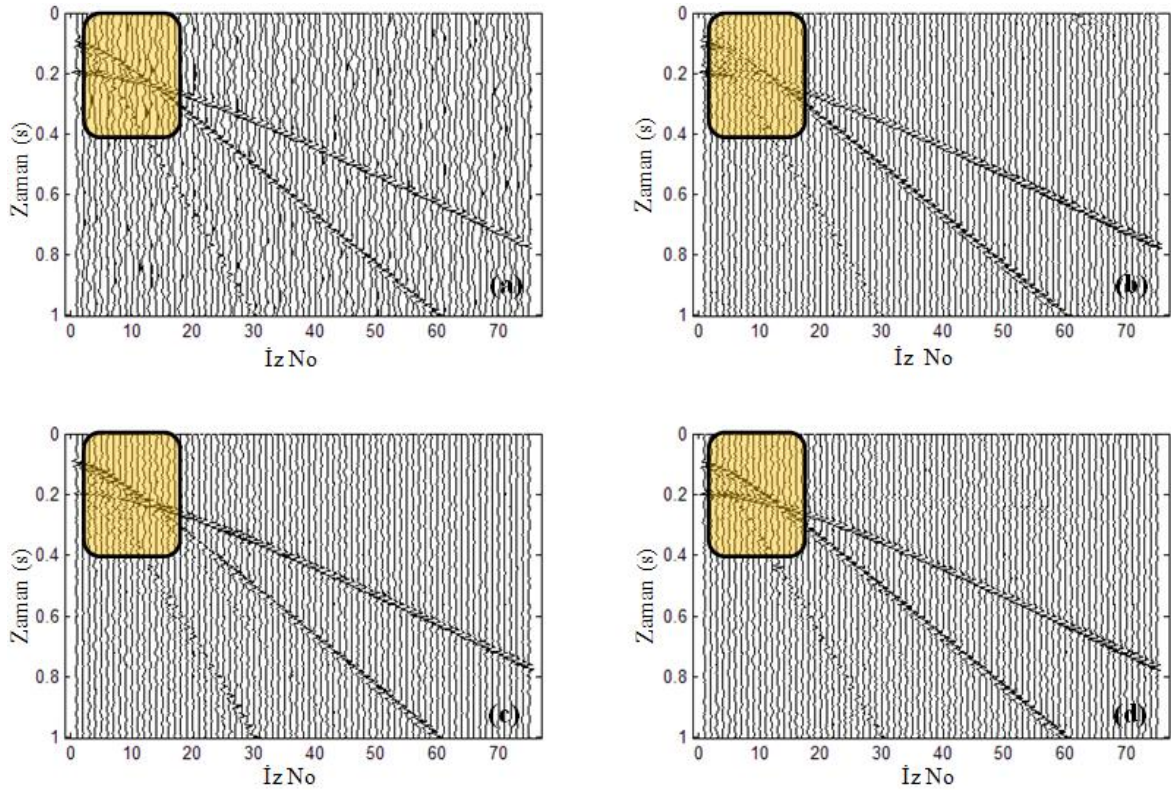
Şekil 5’de yapay olarak oluşturulmuş hiperbolik ve doğrusal olayları içeren kesitler görülmektedir. Şekil 5a’da hiperbolik olayları içeren bir kesit görülmektedir. Bu kesitte herhangi bir gürültü içeriği bulunmadığından, yansımalar açıkça görülebilmektedir. Şekil 5b’de ise rastgele belirlenen gürültüler gösterilmiştir. Şekil 5a ve şekil 5b kesitleri bire bir olarak üst üste konulduğunda içerisinde rastgele gürültü içeren bir yapay kesit elde edilmiş



Şekil 5. Rastgele gürültünün yapay iz üzerindeki etkisi. a) Hiperbolik olaylar içeren kesit, b) rastgele gürültü, c) hiperbolik olay + gürültü içeren kesit, d) doğrusal olay içeren kesit, e) rastgele gürültü, f) doğrusal olaylar + gürültü içeren kesit

olur. Şekil 5c'deki kesit incelendiğinde rastgele gürültüler kesite etki ederek yansılarda bozulmalar meydana getirir. Burada yansımaların genliği rastgele gürültünün genliğinden oldukça yüksek olduğundan, kesitin bir miktar gürültü barındırdığı halde yansımalar hala takip edilebilmektedir. Aynı işlem doğrusal olaylar içeren bir yapay kesit için uygulanıp sonuçları şekil 5a, şekil 5b ve şekil 5c' de gösterilmiştir.

Şekil 5'de rastgele gürültü ile veri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Eğer biz arazide veriyi kayıt ederken rastgele gürültüyü kayıt etmemeyi seçebilseydik; rastgele gürültünün veri içerisindeki bozucu etkisini daha en başta engellenmiş olurduk.

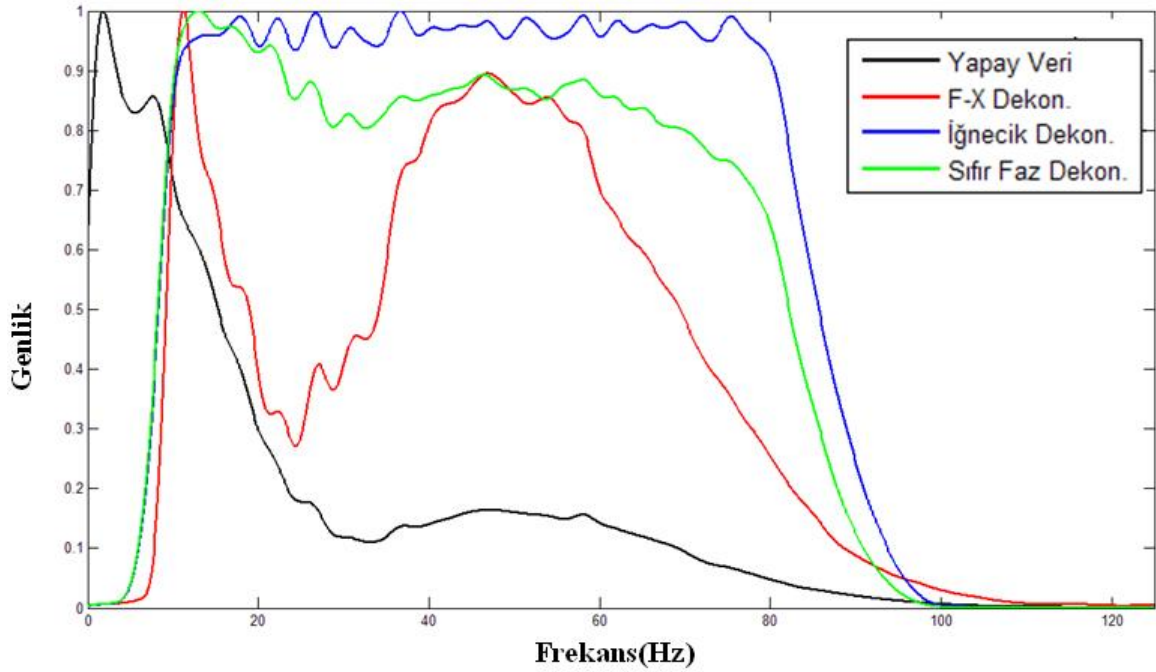


Şekil 6. Gürültü içeren yapay veriye farklı veri işlem tekniklerinin uygulanması, a) rastgele gürültü içeren yapay veri, b) f-x dekonvolüsyon, c) iğnecik dekonvolüsyon (operatör boyu 100 ms), d) sıfır faz dekonvolüsyon uygulanmış veri

Şekil 5c'deki kesitten şekil 5b kesiti birebir olarak çıkartılırsa şekil 5a elde edilir. Burada gürültünün genliğinin veriye oranla düşük olması, gözlemlenen olayları rastgele gürültü tarafından bastırılmamıştır. Fakat bu durum doğada aynı şekilde oluşamayabilir. Örneğin, yer içerisinde düşük bir genlikle yansarak gelen dalga, alet tarafından kayıt edilirken içerisinde rastgele gürültü de bulunmaktadır. Eğer gürültü bozucu olarak etki

ediyor ve genliği yerden yansıyarak gelen yansımadan az ise kayıt edilen yansıma verisi üzerinde yansıma sinyallerinin takip edilmesi zorlaşabilir ya da imkânsız hale gelebilir.

Sismik veri içeriğinde bulunan rastgele gürültüleri en aza indirmek amaçlı birçok farklı veri işlem metodu kullanılmaktadır. Şekil 6'da hiperbolik olaylarla birlikte rastgele gürültü içeren yapay veriden rastgele gürültüleri giderebilmek için sırası ile f-x dekonvolüsyon (Şekil 6b), iğnecik dekonvolüsyon (Şekil 6c), ve sıfır faz dekonvolüsyon (Şekil 6d), kullanılmıştır. Uygulanan veri işlem teknikleri gürültüleri bastırmada etkin olmuşlardır ve genel olarak birbirlerine yakın sonuçlara ulaşmışlardır. Şekil 6'da vurgulanan kısım dikkate alındığında iğnecik dekonvolüsyon ve sıfır faz dekonvolüsyon uygulamalarından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Burada atlanmaması gereken diğer bir ayrıntı ise klasik bir uygulama olarak iğnecik dekonvolüsyondan sonra bant geçişli süzgeç kullanılmasıdır.



Şekil 7. Yapay veri, f-x dekonvolüsyon, iğnecik dekonvolüsyon, sıfır faz dekonvolüsyon için Şekil 6'da verilen kesitlerin ortalama genlik spektrumu

Şekil 7'de, şekil 6'da gösterilen kesitlerin normalize edilmiş genlik spektrumları verilmektedir. Burada orijinal veri ile karşılaştırıldığında uygulanan yöntemlerin verinin bant genişliğini arttırdığı ilk göze çarpan değişikliktir. Bant genişliğinin artımına göre kesitler incelenecek olursa, bant genişliği üzerinde en etkin olan yöntem iğnecik

dekonvolüsyondur. Bu etki kendini zaman ortamında daha yüksek ayrımlılık olarak gösterecektir.

1.3. Sismik Kaynak Dalgacığı Kavramı

Bir sinyali tanımlayabilmek için gerekli olan parametreler genlik, frekans ve faz açısıdır. “faz” denildiğinde kastedilen şey aslında “faz farkı”dır. Faz sinyalin $t=0$ zamanındaki gecikmesini belirlemektedir. Bir sinüzoidal sinyalin fonksiyonel gösterimi aşağıda verilmektedir. Aşağıdaki denklem grubu için $\theta = 0$ olduğunda faz kayması meydana gelmez.

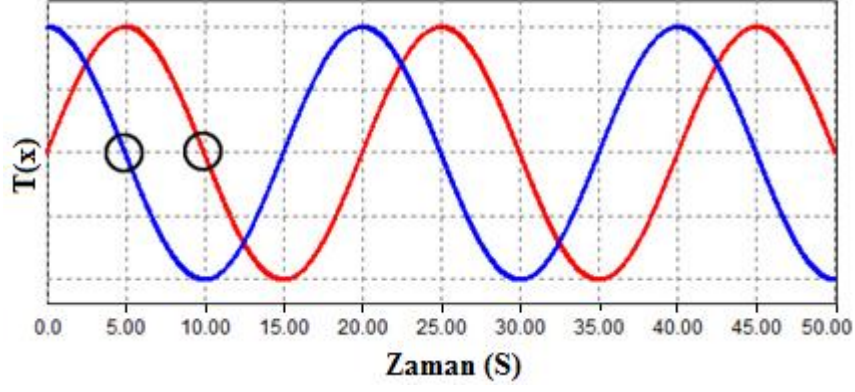
$$X(t) = A. \sin(\omega t + \theta) = A. \sin(2\pi f t + \theta) \quad (5a)$$

ve

$$X(t) = A. \cos(\omega t + \theta) = A. \cos(2\pi f t + \theta) \quad (5b)$$

Burada; A: Sinyalin genliği, ω : açısal frekans ve θ : faz farkı ya da gecikmesidir. Şekil 8’de 50 Hz frekans değerine sahip olan ideal sinüsü gösterirken, (mavi çizgi ile gösterilen) yine aynı frekans ve genlikte ancak farklı fazda bir sinüs formunu göstermektedir (kırmızı çizgi ile gösterilen). Yani, sinüs sinyali (mavi) diğer sinüs (kırmızı) sinyalinden açı olarak kaymıştır.

Faz farkından bahsedebilmek için, iki dalganın da referans ve frekanslarının aynı olması gerekmektedir. Frekansları farklı dalgalar arasında faz farkı hesabı yapılamaz. Faz açısı olarak bir değer belirttiğinden, faz farkı da yine açı olarak ifade edilir.



Şekil 8. Birbirleri arasında 90° faz kayması olan iki sinüzoidal sinyal

İki dalga arasındaki faz farkının hesabı şöyle yapılabilir. Yukarıdaki grafikte iki sinüs dalgası çizilmiştir. Kırmızı grafik tam sinüs formunu takip ettiğinden fazı 0° 'dir. Kırmızı sinüsün genliği, maksimum noktasına ulaştıktan sonra grafikte de görüleceği gibi 10 ms'de sıfıra düşmektedir. Mavi sinüs ise maksimum genliğe $t=0$ ms'de ulaşmakta, maksimumdan sonraki ilk sıfırını ise $t=5$ ms'de bulmaktadır. Bu iki nokta yukarıdaki grafikte daire içine alınmıştır. Çünkü bu noktalar iki sinüsün de benzer özelliğe sahip olduğu noktalardır (maksimumdan sonraki ilk sıfırlar). Aradaki farkın 5 ms olduğunu rahatlıkla hesap edilebilir. Açık olarak fark ise şöyle bulunmaktadır.

$$T = \frac{1}{f} \rightarrow [f = 50 \text{ Hz}]$$

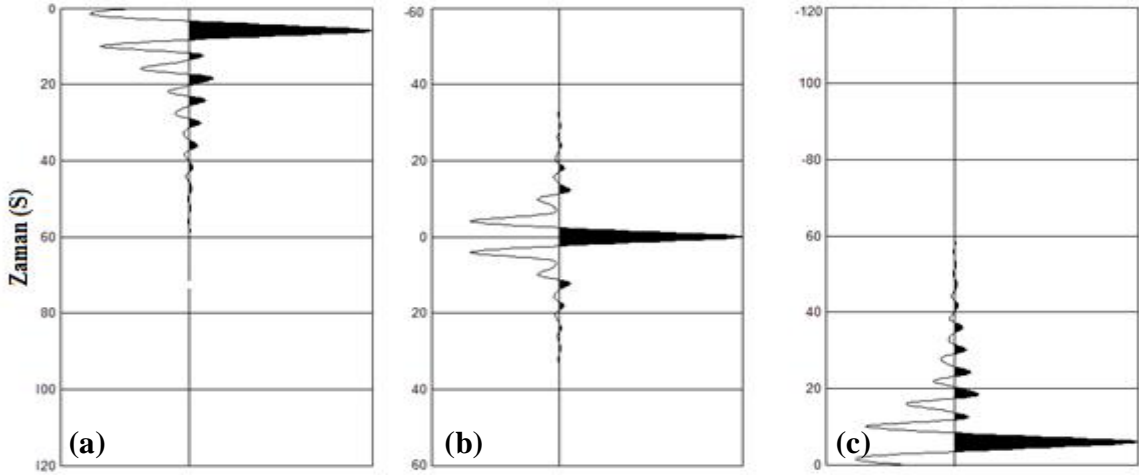
$$T = \frac{1}{50} = 20 \text{ ms} \rightarrow [360^\circ \text{ Tarama Zamanı}]$$

$$\phi = \frac{t \cdot 360^\circ}{T} \rightarrow [t = 5 \text{ s}]$$

$$\phi = \frac{5 \cdot 360}{20} = 90^\circ \text{ olarak elde edilir.}$$

Bir dalgacığın enerjisinin sinyalin toplandığı kısma göre sinyal farklı isimler alır. Eğer dalgacığın enerjisinin çoğu ön tarafında toplanmış ise sinyal, minimum fazlı (minimum phase) dalgacık olarak isimlendirilir. Teorik olarak ilk tümsek ya da çukurun en yüksek

genliğe sahip olması gerekirse, pratikte ilk kırılmadan sonraki salınım en yüksek genliğe sahiptir.



Şekil 9. Farklı faz değerlerine sahip dalgacıklar. a) Minimum fazlı , b) sıfır fazlı , c) maksimum fazlı (gecikmeli) dalgacık

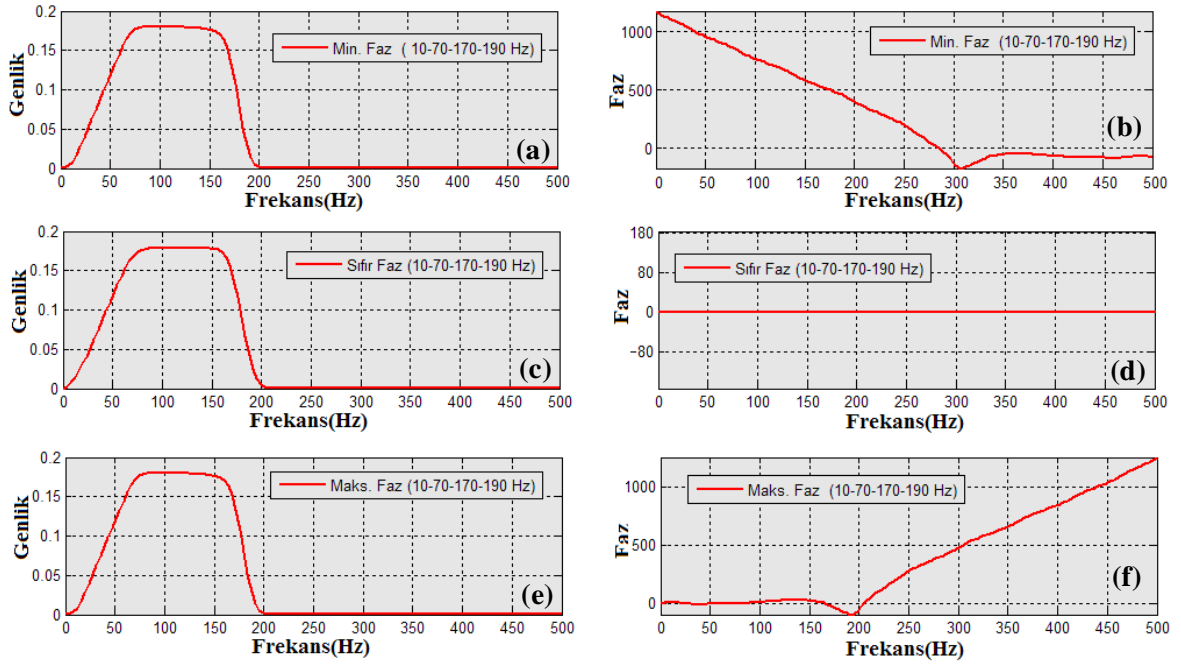
Şekil 9'da sırası ile minimum, sıfır ve maksimum fazlı dalgacıkların zaman ortamı görünümü ve frekans ortamı görünümü (genlik ve faz spektrumları) verilmiştir. Dalgacıkları oluşturmak için 10-70-170-190 Hz band aralığına sahip olan Ormsby dalgacığından yararlanılmıştır.

Şekil 10'da minimum sıfır ve maksimum fazlı dalgacıkların genlik ve faz spektrumları gösterilmiştir. Genlik spektrumları hesaplanırken normalize edilmiştir.

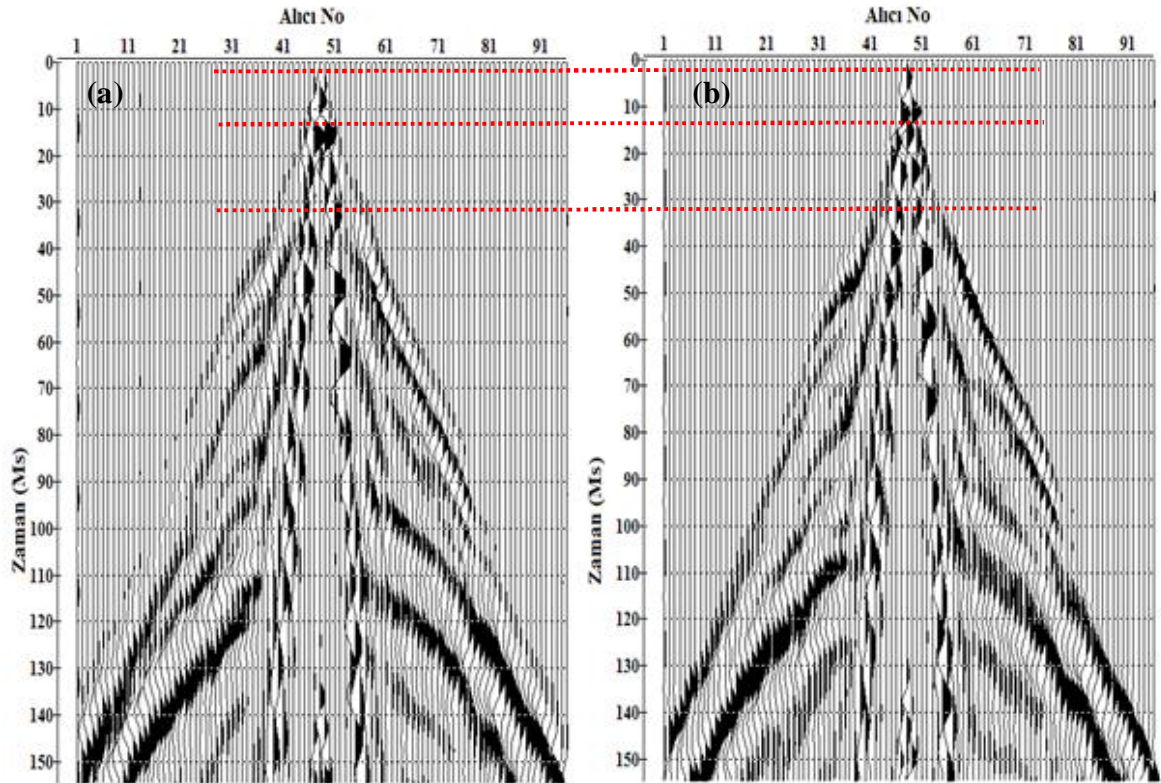
Dikkat edilecek olursa üç dalgacığında genlik spektrumları aynı olmasına karşın faz spektrumunda meydana gelen değişiklikler sinyalin zaman ortamında ötelenmesine neden olmuştur.

Veri işleminde sinyalin fazında kayma oluşmaması istenir. Görüldüğü gibi sinyalin fazında meydana gelen değişiklik zaman ortamında ötelenmenin oluşmasına ve yansıma olaylarının zaman ekseninde kaymasına neden olur.

Şekil 11a'da 96 kanallı bir atış kaydı gösterilmiştir. Atış kaydına, önce 2 sn pencere boyu olan AGC kazanç fonksiyonu, ardından 5-10-100-200 Hz kesme frekanslarına sahip bant geçişli süzgeç uygulamıştır. Şekil 11b'de ise sinyal grubunun fazı 140° kaydırılmıştır. Bunun zaman ortamındaki etkilerini göstermek amacı ile iki kesit incelendiğinde kayıta var olan yansıma ve kırılmamaların zaman ekseninde kaymış olduğu gözlenir.



Şekil 10. Farklı faz değerlerine sahip olan dalgacıkların genlik ve faz spektrumları. a ve b, minimum fazlı dalgacığın, c ve d, sıfır fazlı dalgacığın, e ve f maksimum fazlı dalgacığın genlik ve faz spektrumu



Şekil 11. Faz kaymasının atış kaydı üzerindeki etkisi, a) faz kayması oluşmamış atış kaydı, b) 140° faz kayması meydana gelmiş atış kaydı

Sıfır fazlı dalgacık genellikle veri işlem aşamasında kullanılan bir dalgacık türüdür, orta genlikli bir pik (peak) ve her iki yanda daha düşük genlikli yan salınımları vardır. Bu tip dalgacıklar teorik olarak vardır ve gerçekleştirilemezler. Bu tip dalgacıklar maksimum genlik noktasına göre simetriklerdir. Sıfır fazlı dalgacıkların minimum fazlı dalgacıklara göre bazı avantajları vardır.

- Aynı genlik spektrumuna sahip sıfır fazlı sinyal; minimum fazlı sinyalden daha kısadır. Yani ayrımlılık gücü daha fazladır.
- Sıfır fazlı sinyallerin maksimum genliği (amplitüdü) daima yansıtıcı iğnecik (spike) ile çıkarılır. Minimum fazlı dalgacıkta ise bir gecikme söz konusudur.

Maksimum fazlı dalgacık ise minimum fazlı dalgacığın tersine enerjisinin çoğu sinyalin son kısmında toplanmaktadır. Şekil 9 ve Şekil 10'da zaman ve frekans ortamı gösterilen minimum, sıfır ve maksimum fazlı dalgacıklarda fazın etkisi açıkça görülmektedir.

1.4. Dalgacığın Yer İçerisindeki Davranışı

Sismik yöntemlerde yapay olarak bir kaynaktan üretilen sismik dalgalar yeraltında yayılırlar. Yeraltına yayılan bu dalgaların bazıları jeolojik yapılardan kırılır veya geri yansır. Herhangi bir kaynaktan yayılan dalgalar farklı uzaklıklarda bulunan alıcılarda yayılım geometrisine bağlı olarak;

- Doğrudan gelen dalgalar (direct waves),
- Saçılmaya uğrayan dalgalar (difractions),
- Kırılan dalgalar (refractions),
- Yansıyan dalgalar (reflections)

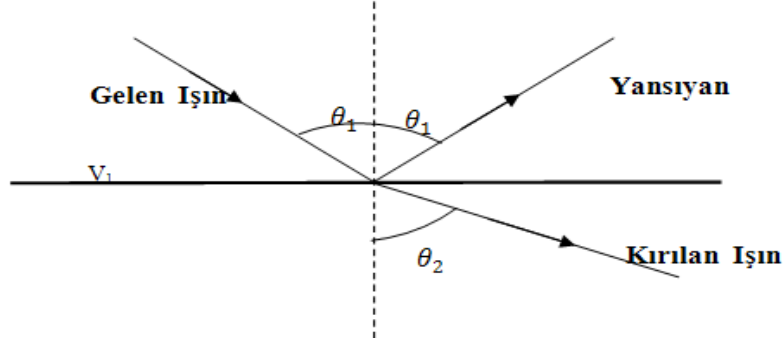
olarak sınıflandırılır. Doğrudan gelen dalgalar doğrusal yol izlediklerinden, ortamın hızı (v) ve yayılım uzaklığına bağlı olarak yayılım süresi (t) için

$$t = \frac{x}{v} \quad (6)$$

bağıntısı yazılabilir.

1.4.1. Yer İçinde Yansıma ve Kırılma İlkeleri

Yer içerisinde yayınıma uğrayan bir sismik dalga farklı özelliklere sahip iki ortamı ayıran bir ara yüzeye geldiğinde, burada yansıma veya kırılmaya uğrar. Sismik dalgaların yansımaları ve kırılmaları *Snell Yasası*'na göre açıklanır.



Şekil 12. Bir sismik ışının yansıma ve kırılması

Ara yüzeye eğik açıyla gelen bir dalga diğer ortama doğrultusunu değiştirerek geçer (Şekil 12). Bu dalgaya kırılma dalgası denir. Snell Kanunu;

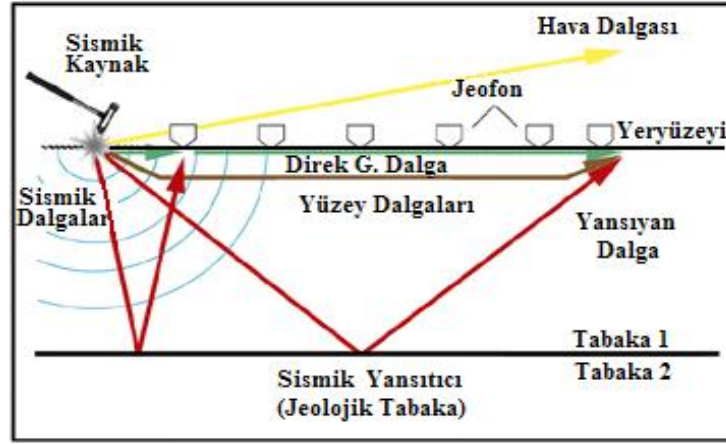
$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} \quad (7)$$

veya

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (8)$$

olarak verilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta $V_2 > V_1$ ise kırılan dalga ara yüzeye daha yakın, normale ise daha uzak olup $\theta_2 > \theta_1$ 'dır.

Snell yasası yansıma dalgalarına uygulandığında, yansıyan dalganın açısı kırılan dalganın açısına eşit olur. Şekil 12'de Snell Yasası'na göre ışının yansıması ve kırılması olayı gösterilmiştir.



Şekil 13. Sismik dalganın yer içerisinde ilerlemesi (URL-2, 2009)

İkinci ortamın hızının yüksek olduğu durumda gelen ışın özel bir açıyla kritik olarak kırılır. Bu açıya kırılma açısı θ_c denir. Bu durumda kırılan dalganın açısı 90° 'dir. Kritik açıyla kırılan ışın ara yüzeyde V_2 hızıyla yayılmaktadır. Şekil 13'de sismik dalgaların yeraltında ilerlerken uğradığı yansıma ve kırılmalar gösterilmiştir.

1.4.2. Dalgacığın Soğurulması

Bir kaynaktan yola çıkan sismik dalgalar yeraltında ilerlerken birçok fiziki faktörlere maruz kalırlar. Bu etkiler arasında en başta *geometrik yayılma* ve *soğurma* gelmektedir. Aslında soğurma faktörü sadece sismik dalgaların yer içerisinde ilerlerken karşılaşılan bir olgu değildir. Bu etkiyi açıklamak için basit bir örnek; iyi bir akustik ortam olan havada ilerleyen bir ses dalgası çıktığı noktada net bir şekilde duyulurken, kaynaktan uzaklaştıkça ses dalgası daha az duyulabilen bir ses dalgası halini alması olarak verilebilir. Sesin ortamdaki uzaklaştıkça azalmasının nedeni ses dalgasının yüksek frekans bileşeninin, düşük bant bileşenine göre daha fazla soğurulmasıdır. Ortamın soğurma etkisi ne kadar artarsa, sesin ulaşabileceği mesafe, o kadar azalmaktadır.

Aynı etki yer içerisinde ilerleyen sismik dalgalar içinde gerçekleşmektedir. Sismik dalgaların soğurulması yerin tam olarak elastik davranamayışından kaynaklanır. Sismik dalgalar yer içerisinde mesafe kaydederken bu özellikten dolayı enerjisinin bir kısmını kaybeder. Sismik dalgalar bir ortamdaki geçerken enerjisi ortam tarafından soğrulur, sonuçta ısı enerjisi meydana gelir ve deformasyon oluşur. Bu olaya "*soğrulma*"

(attenuation) adı verilir ve zamanla tabakalı ortamda yayılan dalga hareketinin tamamen yok olmasına sebep olur (Sheriff et al, 1982).

Futterman (1962) ve Kjørtannsen (1979)'e göre yer kabuğundaki sismik soğrulma için kullanılan en geçerli model, Q değerinin ortama bağımlıyken, incelenilen bant genişliğinde frekanstan bağımsız olduğunun varsayılmasıdır. “Sabit Q modeli” olarak bilinen bu soğrulma modeli, pek çok teoremin de temelini oluşturmaktadır (Varela et al, 1993).

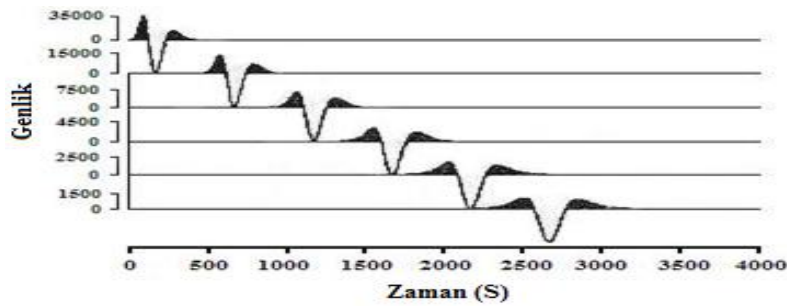
Enerjinin soğrulması mekanizması karmaşıktır. Ancak kaybolan enerjinin genellikle toplam enerjiye sabit bir oranda olduğu göz önüne alınır. Burada toplam enerji dalga cephesinin bir dalga boyu kadar ilerlemesi sonucu kayaç partiküllerinin titreşimi şeklinde ifade edilebilir. Soğurma sabiti (α), tam bir dalga boyu (λ) uzunluğundaki iletişim sırasındaki enerji kaybını ifade eder. Yer içerisinde bulunan malzemeler için α 'nın değerleri 0.25'den 0.75 dB λ 'ya kadar değişir.

Soğrulma, dalgacık üzerinde alçak geçişli bir üstel süzgeç olarak davranır. Bahsi geçen

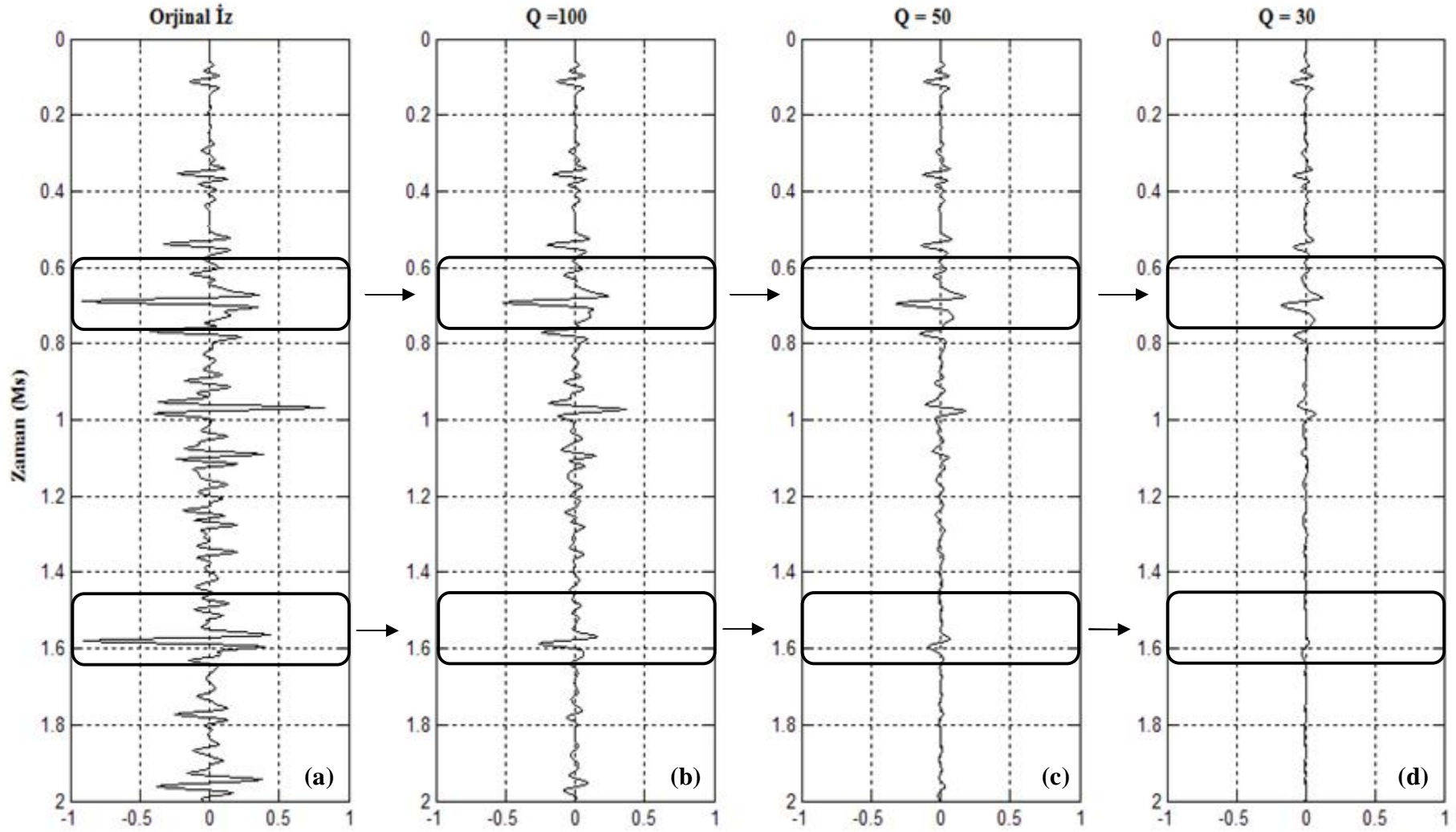
$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{\pi f}{Qv} \cdot x} = A_0 \cdot e^{-\frac{\pi f}{Q} \cdot t} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{\pi f}{Q v} = \text{Soğrulma katsayısı} \quad (10)$$

süzgeç denklem (9) bağıntısındaki üstel fonksiyondur. Burada, Q=kayaç kalite faktörü, A_0 = giriş sinyalin genlik spektrumu, A=soğrulmaya uğramış sinyalin genlik spektrumudur. Şekil 14'de Q=10 olan soğurma filtresinin dalgacık üzerindeki etkisi gösterilmiştir.



Şekil 14. Q=10 olan ortamda 500 ms'lik aşamalarla ilerleyen dalgacık (Ecevitöğlü, 2004).



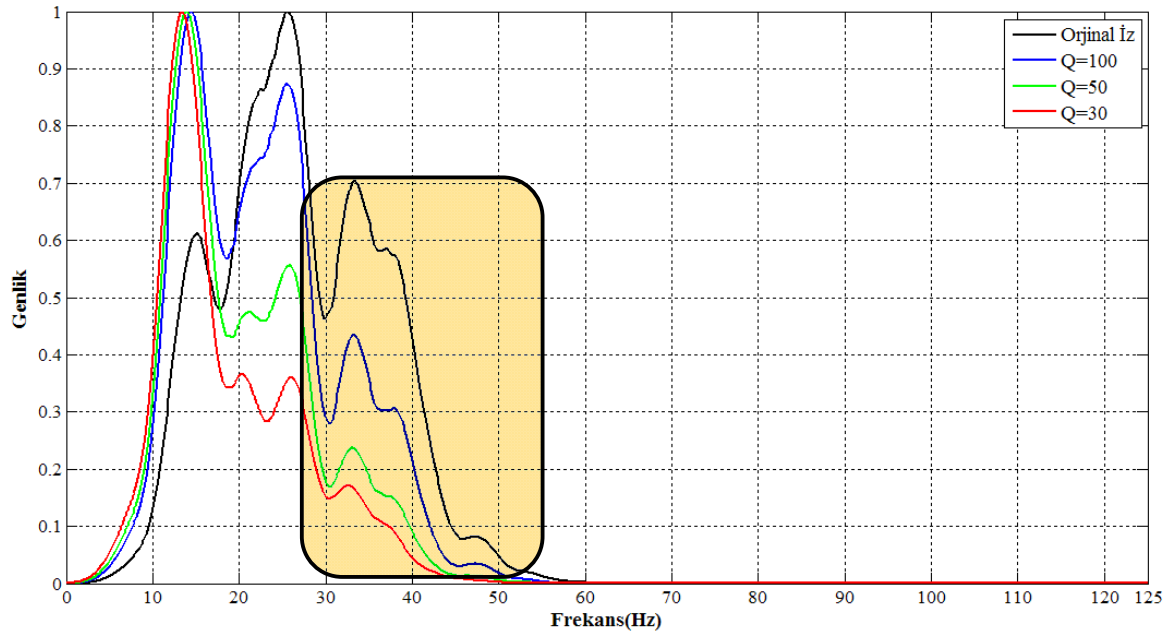
Şekil 15. Farklı Q değerleri için yapay sismik izler, ortamın $v=2000$ m/s olarak kullanılmıştır. Buna göre, a) Soğurmasız ortam, b) $Q=100$, c) $Q=50$, d) $Q=30$ için elde edilen sismik izler

Şekil 14’de daha geç zamanlarda gelen dalgacığın genliğinin nasıl azaldığı görülmektedir. Yüksek frekans bileşenleri soğrulan dalgacığın, soğrulmadan daha az etkilenen düşük frekans bileşenlerin etkisi ile zaman ekseninde daha fazla yayıldığı gözlemlenmektedir.

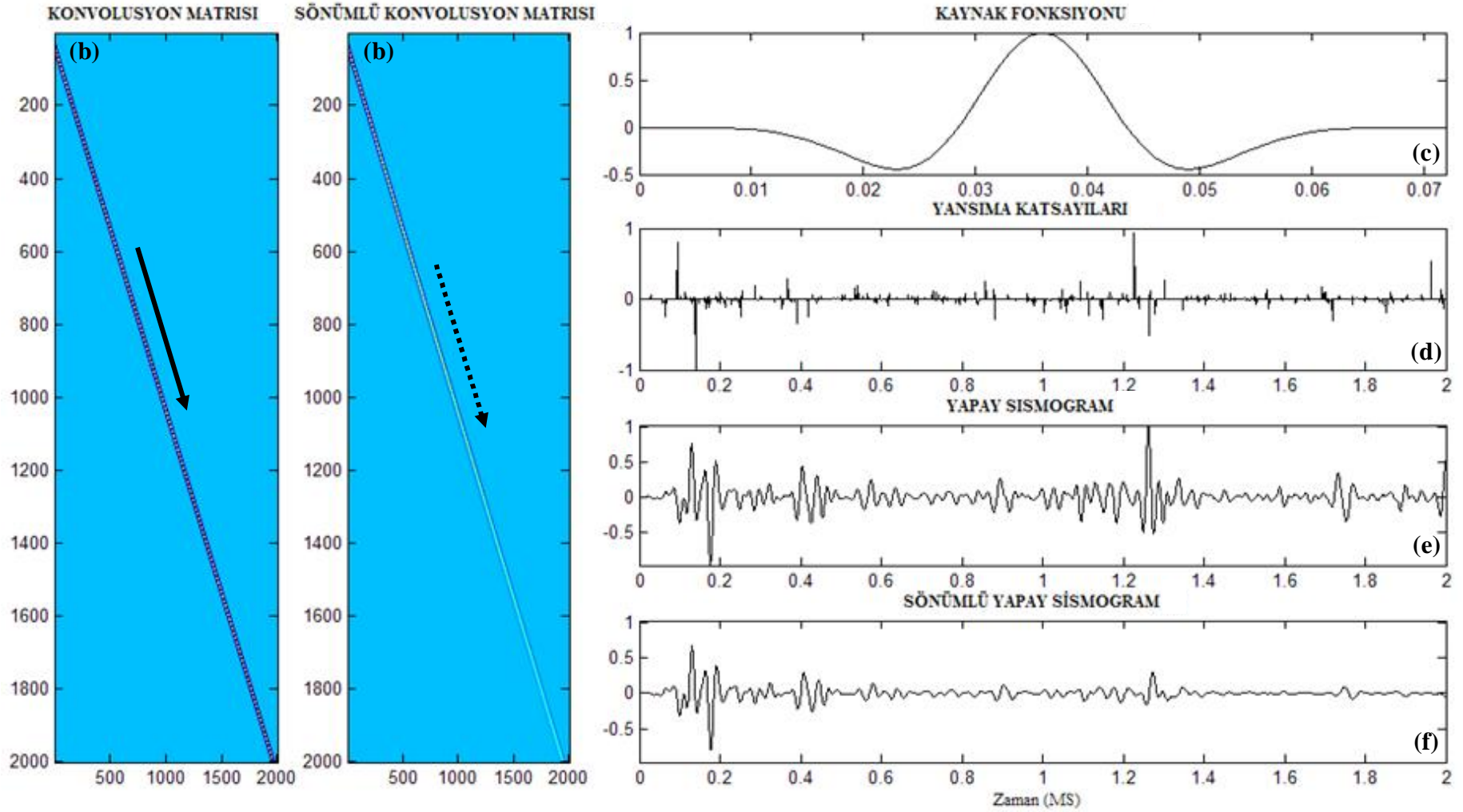
Soğurma olayının bazı karakteristik özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Soğurma olayı frekanstan bağımsızdır.
- Soğurma değeri artan basınçla ters ilişkili olarak azalır.
- Mevcut verilere göre sıcaklık değişiminin soğurma üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.
- Gözlemler göstermiştir ki; enerji kaybı toplu kayaç yapılarına göre tek bir kayaç türü içerisinde daha azdır.

Şekil 15’de $Q=100$, 50, 30 değerleri için yapay sismik izlerin soğrulması gösterilmektedir. Şekil 15a’ da herhangi bir soğrulmaya uğramayan iz gösterilmektedir. Kayaç kalite faktörü azaldıkça soğrulmanın arttığı görülmektedir. Soğurma etkisiyle sinyalin artan zamanlarında hem genlikte azalma; hem de dalgacık şeklinde bozulma meydana gelmiştir.



Şekil 16. Yapay sismik iz ve $Q=100$, 50, 10 için oluşturulan ve şekil 15’te verilen izlerin genlik spektrumu



Şekil 17. Soğurmalı ve soğurmasız ortam için iz modellemesi. a) Soğurmasız ortam konvolüsyon matrisi, b) $Q=100$ için soğurmalı ortam konvolüsyon matrisi, c) kaynak fonksiyonu, d) yansımaya katsayıları dizisi, e) soğurmasız sentetik iz, f) soğurmalı sentetik iz

Daha kısa bir zaman aralığını incelenirse, şekil 15’de 0.6-0.8 sn aralığında dalgacığın genliği soğurma değeri ile ters orantılı olduğundan, dalgacık daha yüksek soğurmalı ortamda daha düşük genlik değerine sahip olur. Artan soğurma değerlerinde dalgacık daha zayıf bir hal almaktadır. Aynı şekilde 1.6 sn ve civarındaki olaylar incelendiğinde aynı durumun geçerli olduğu gözlemlenir.

Şekil 16’da ise, Şekil 15’de verilen yapay kesitlerin genlik spektrumları gösterilmektedir. Genlik spektrumları incelendiğinde Q değeri ile genlik spektrumunun yüksek frekans bileşenlerinde ters orantılı olarak bir sönüm gerçekleştiği görülmektedir.

Daha önce de bahsedildiği üzere yüksek soğurmalı bir ortam içerisinde yüksek frekans bileşenleri, düşük frekans bileşenlerine göre çok daha etkin bir biçimde soğurulmaktadır.

Şekil 15’de gösterilen bölge göz önüne alındığında, yüksek frekanslara doğru daha hızlı bir biçimde soğulmanın meydana geldiği grafikte de açık bir şekilde görülmektedir. Soğrulma katsayısının en önemli parametresi “Q” sismik kalite faktörüdür. Şekil 16’daki genlik spektrumuna bakarak sismik kalite faktörünün değeri arttıkça soğulmanın azalacağı sonucu çıkarılır.

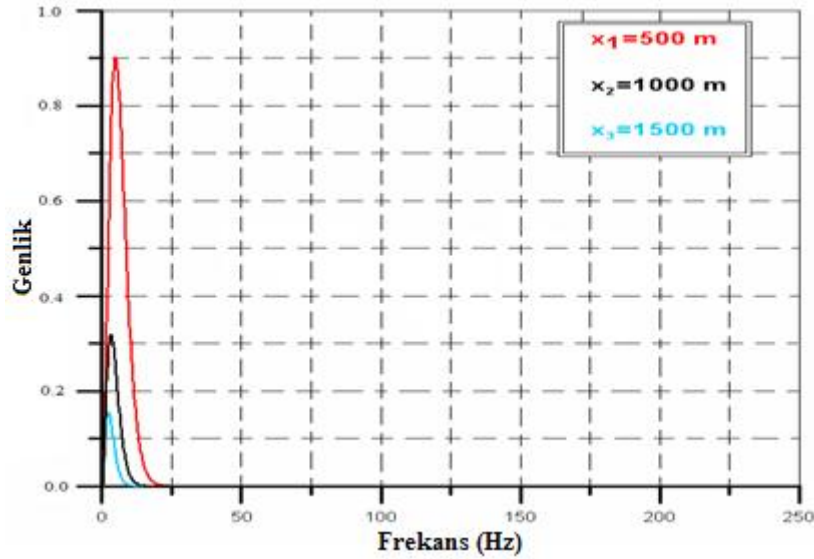
Sismik dalganın yer içerisinde ilerlerken soğurmaya maruz kalması olayını yapay olarak oluşturulan izler üzerinde de gerçekleştirmek mümkündür. Bu amaçla hesaplanan yapay izler şekil 17’de gösterilmektedir.

Soğurmanın bilgisayar ortamında modellenebilmesi amacıyla öncelikle kaynak fonksiyonu oluşturulur. Kaynak fonksiyonu olarak 30 Hz merkez frekansına sahip bir Ricker dalgacığı oluşturulmuştur (Şekil 17c). Belirlenen kaynak fonksiyonunun parametreleri elde edilecek yapay kesitin karakteristiği üzerinde etkili olacaktır. Bunun ardından yansıma olaylarını ifade eden bir yansıma katsayısı dizisi oluşturulmalıdır. Bu işlem çerçevesinde yansıma katsayıları *MatLab* programı yardımıyla rastgele olarak belirlenmiştir (ilk olarak rastgele belirlenen yansıma katsayıları dizisi hafızada korunmuş ve diğer sismik izleri oluşturabilmek için hafızadan okutulmuştur.) Yansıma katsayısı serisi Şekil 17d’de gösterilmiştir. Sönümlü ve sönümsüz konvolüsyon matrisleri (Şekil 17a ve Şekil 17b) gösterilmiştir. Burada dikkate edilirse sönüm derecesine bağlı olarak (Q=100) konvolüsyon matrisinin köşegen elemanlarının küçüldüğü görülmektedir. Şekil 17e’de herhangi bir sönüme maruz yapay sismik iz gösterilmiştir. Aynı sismik izi kayaç kalite faktörü Q=100 seçilmesi durumunda oluşan sönümlü sentetik iz Şekil 17f’de verilmektedir. İki sentetik iz karşılaştırılacak olursa artan zamana bağlı olarak sönüm olayının sismik iz üzerindeki etkisi görülmüş olacaktır.

1.4.2.1. Soğrulmayı Etkileyen Parametreler

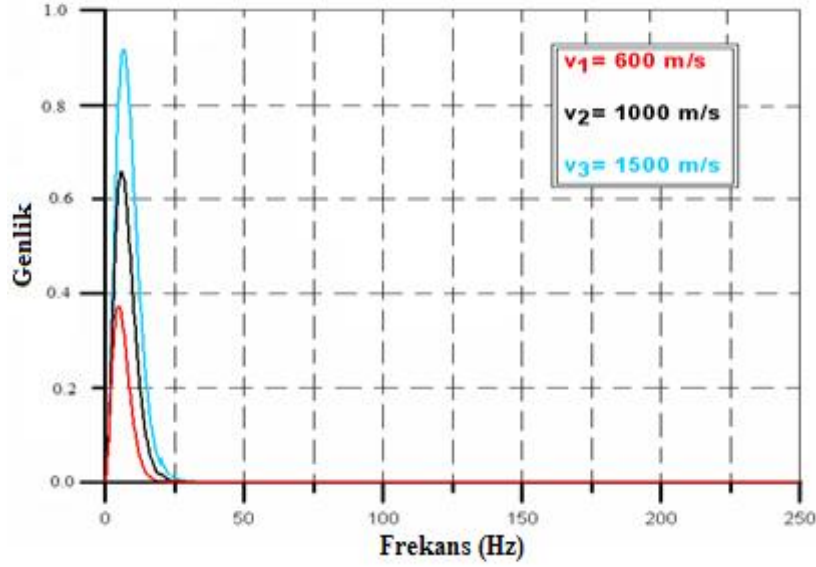
Soğrulma hızdan, kat edilen mesafeden ve sismik kalite faktöründen etkilenir. Şekil 18 ve 19’da farklı hız ve mesafe değerleri için Ricker dalgacığının genlik spektrumundaki değişimleri gösterilmektedir. Şekil 18’de $v=600$ m/s için $x_1=500$ m, $x_2=1000$ m, $x_3=1500$ m mesafeleri için Ricker dalgacığının soğrulması gösterilmiştir.

Kat edilen mesafedeki değişimlerin soğrulma katsayısına olan etkileri incelenirse, mesafenin artmasıyla, giriş Ricker dalgacığının genlikleri azalmış ve yüksek frekanslar mesafe arttıkça daha da sönümlenmiştir. Şekil 18’de mesafe arttıkça soğrulma sonucu oluşan Ricker dalgacığının genlik spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 18. Kat edilen mesafenin artması durumunda soğrulmanın Ricker dalgacığı üzerindeki etkisi (Genlik Spektrumu). Sismik kalite faktörü $Q=10$, hız $v=600$ m/s olarak alınmıştır (Ünüçok, 2007).

Şekil 19’da $Q=10$ olan bir ortamda farklı hız değerleri için Q değerinin değişimi gösterilmiştir. Ortamın hızının 600 m/sn’den 1500 m/sn’ ye yükseltilmesiyle ortamdaki soğrulmanın azaldığı ve dolayısıyla dalgacığın yüksek frekans içeriğinin korunduğu görülmektedir. Tam tersi durumu göz önüne alınır ve hızın azaldığı kabul edilirse, dalgacığın yüksek frekans içeriği yitirilmiş olur.



Şekil 19. Hızın artması durumunda soğrulmanın Ricker dalgacığı üzerindeki etkisi (Genlik Spektrumu). Sismik kalite faktörü $Q=10$, kat edilen mesafe $x=500$ m olarak alınmıştır (Ünüçok, 2007).

Soğrulma katsayısını etkileyen üç parametrenin dalga biçimi üzerinde oluşturduğu değişiklikler gözlemlendiğinde bu üç parametre (hız, kalite faktörü, mesafe) arasında en etkin olanının sismik kalite faktörü olduğu görülmüştür. Çünkü hız ve kat edilen mesafenin büyük oranda değiştirilmesi daha az etki ederken kayaç kalite faktörü değerinin az miktarda artırılması ya da azaltılmasının sismik iz üzerinde önemli değişikliklere neden olduğu görülmektedir.

1.5. Sismik Verilerin Yatay ve Düşey Ayrırlılığı

Yeraltı ile ilgili doğrudan bilgi edinebilmek ve yorum yapabilmek verinin ayrırlılığıyla doğrudan ilişkilidir. Sismik verilerde ayrırlılık düşey ve yanal ayrırlılık olmak üzere ikiye ayrılır.

Ayrırlılık doğrudan olarak sismik verinin bant genişliğine bağlıdır. Geniş frekans bandına sahip sismik veriler daha yüksek ayrırlılığa sahiptirler. Ayrırlılık genel olarak yeraltında bulunan iki noktanın sismik kesitlerde birbirlerinden ayırt edilebilme ölçüsü olarak tanımlanabilir.

Sismik kesitlerde ayırt edilebilecek en ince tabaka kalınlığı düşey ayrırlılık ile hesaplanabilir. Düşey ayrırlılık, tabaka kalınlığı ve sismik dalgacığın dalga boyu ile

ilişkili olarak tanımlanır. Sismik dalganın baskın dalga boyu λ , ortamın P dalgası yayılım hızı V ve baskın frekans f olmak üzere,

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (11)$$

şeklinde hesaplanır (Yılmaz, 1987).

Derinlere inildikçe düşey ayrımlılık azalacağından dalga boyu $\lambda/4$ 'den daha ince tabakaların ayrılması zorlaşır. Tablo 2'de sismik hız ve frekansa göre belirlenebilecek en ince tabakaların eşik değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Frekans ve hız değerlerine göre düşey ayrımlılığı eşik değerleri

$\lambda / 4 = v / 4f$		
V (m/sn)	F (Hz)	$\lambda/4$ (m)
2000	50	10
3000	40	18
4000	30	33
5000	20	62

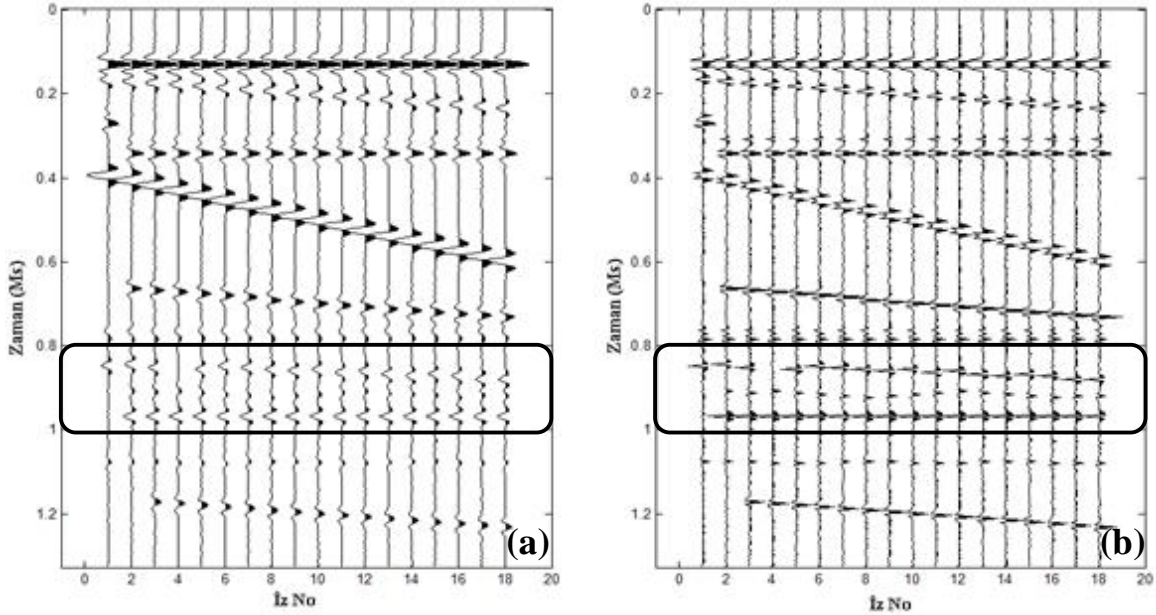
Düşey ayrımlılığın artırılması, yığma kesitindeki baskın frekansın artırılmasıyla, frekans bandının genişlemesiyle ve bant içindeki genliklerin dengelenmesiyle sağlanabilir. Bunun sismik veri işleminde en bilinen uygulaması dekonvolüsyondur. Ancak dekonvolüsyon işlemi de çoğu zaman yetersiz kalabilmektedir.

Yatay ayrımlılık, yeraltında yatay konumda yan yana durmakta olan jeolojik unsurun, birbirlerinden ayırt edilebilme ölçüsüdür. Küresel dalga cephesinin yatay bir düzleme çarpması sonucu kapladığı dairesel alanın yarıçapı ile ilişkili olan Fresnel Zonu, yatay ayrımlılığın bir ölçütüdür. Fresnel Zonu'nun yarıçapı "r", aşağıda verilen denklem (12) ile hesaplanabilir (Yılmaz, 1987). Denklemde V ara yüzeye kadar olan P dalgası yayılım hızını, f baskın frekansı ve t_0 'da sismik dalganın düşey gidiş-geliş zamanını göstermektedir.

$$r = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t_0}{f}} \quad (12)$$

Fresnel Zonu'nun yarıçapı, tabakadaki dalga yayılım hızı ve düşey gidiş geliş zamanının karekökü ile doğru orantılı iken, baskın frekansın karekökü ile ters orantılıdır. Üretilen sinyalin baskın frekans değeri arttıkça Fresnel Zonu'nun yarıçapı azalacak ve bu sayede yatay ayrımlılık artmış olacaktır.

Şekil 20'de yapay bir model için farklı frekans değerlerine sahip iki sıfır fazlı sinyalin sonucu gösterilmektedir. Şekil 20a'da kullanılan sıfır fazlı sinyalin bandı 10-20-40-50 Hz arasında iken, Şekil 20b'de ise 20-50-110-140 Hz bant aralığına sahip sinyaller kullanılmıştır.



Şekil 20. Bant genişliğinin düşey ayrımlılık üzerindeki etkisi, (a) 10-20-40-50 Hz (b) 20-50-110-140 Hz

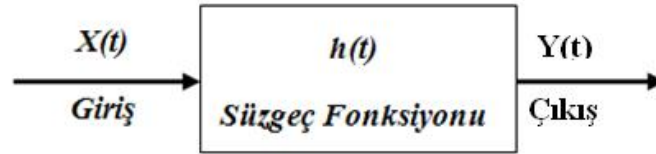
Yapay modelde birbirine yakın yansıma katsayısı olan tabakalar yerleştirilmiş ve soğurma etkisi göz ardı edilmiştir. Sismik verilerin doğasında bulunan rastgele gürültüyü modellemek için %10 değerinde beyaz gürültü eklenmiştir. Kesitler incelendiğine daha geniş bant içeriğine sahip olan sinyallerin Fresnel Zonu kuralında da bahsedildiği gibi daha yüksek ayrımlılığa sahip olduğu kesitler incelendiğinde fark edilecektir.

Yapay kesitler üzerinde gösterilen bölgeye dikkat edilecek olursa çok ince ve birbirine yakın yansıma katsayılarına sahip olan tabakalar ilk kesitte net bir biçimde ayrılmazken; daha geniş bant içeriğine sahip olan ikinci kesitte daha yüksek bir ayrırlılıkla belirlenebilmiştir.

1.6. Süzgeçleme

Süzgeçler, bir giriş verisini, istenilen bir çıkış verisine dönüştürmek için, kullanıcı tarafından amaca yönelik olarak düzenlenen sistemlerdir. Bu sistemler sayısal olabileceği gibi elektrik sistemlerde olabilirler. Günümüzde radyo, tv, cep telefonu gibi birçok cihazda farklı amaçlar doğrultusunda süzgeçler kullanılmaktadır.

Süzgeçlerin jeofizikteki kullanımı, jeofizik yöntemlerin doğasından kaynaklanmaktadır. Jeofizik uygulamalarda, farklı yöntemler kullanılarak toplanan veriler, farklı dalga formlarının, genellikle sinyalin ve gürültünün bileşkesi olarak kayıt edilirler. Daha öncede anlatıldığı gibi, kayıt içerisinde ilgilenilen tabakadan gelen sinyal dışında kalan diğer bütün bileşenler gürültü olarak adlandırılır. Daha doğru ve anlamlı bir sonuç elde edebilmek için gürültünün veriden uzaklaştırılması amacıyla jeofizikte farklı süzgeçleme tekniklerinin yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 21. Bir doğrusal süzgecin giriş - çıkış gösterimi

Genel olarak bir girişli ve bir çıkışlı süzgeçlere örnek bir yapı Şekil 21’de gösterilmiştir. Burada $h(t)$, süzgeç fonksiyonu, $x(t)$, giriş verisi, $y(t)$, çıkış verisi olarak tanımlanmıştır. En basit tanımla; bir $x(t)$ verisini, bir $y(t)$ verisine dönüştürebilen yapılara “süzgeç” adı verilmektedir.

Doğal olarak, sistem tarafından bir çıkışın nasıl oluşturulacağı sistem fonksiyonu kadar giriş verisine de bağlıdır. “Doğrusal Sistemler” giriş ile çıkış arasında şu koşulları sağlayabilen sistemler olarak tanımlanabilir.

- $g_1(t)$, $g_2(t)$, $g_3(t)$ ayrı ayrı sisteme giriş olarak uygulandığında sırası ile $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$ çıkışları elde edilir. Eğer, $g_1(t) + g_2(t) + g_3(t)$ süzgece giriş olarak verilse, çıkışın da $f_1(t) + f_2(t) + f_3(t)$ toplamına eşit olması gerekir.
- Süzgece $g(t)$ 'in bir katsayı ile çarpımı giriş olarak uygulanırsa, çıkış da aynı katsayıyla çarpılmış olarak elde edilir. Bu özellik katsayının bütün değerleri için geçerlidir.
- Doğrusal bir sistemin girişi gerçel bir katsayı kadar kayar ise, çıkışı da aynı katsayı kadar kayar. Yani $g(t-a)$ girişine $f(t-a)$ yanıtı verilir.

Bir sistem bu üç özellikten birini sağlamaz ise doğrusal olmayan sistem olarak sınıflandırılır. Konvolüsyon integrali bu özellikleri sağladığından dolayı bir doğrusal sistemin davranışı konvolüsyon integrali ile modellenebilir.

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t - \tau) \cdot h(\tau) \cdot d\tau \quad (13)$$

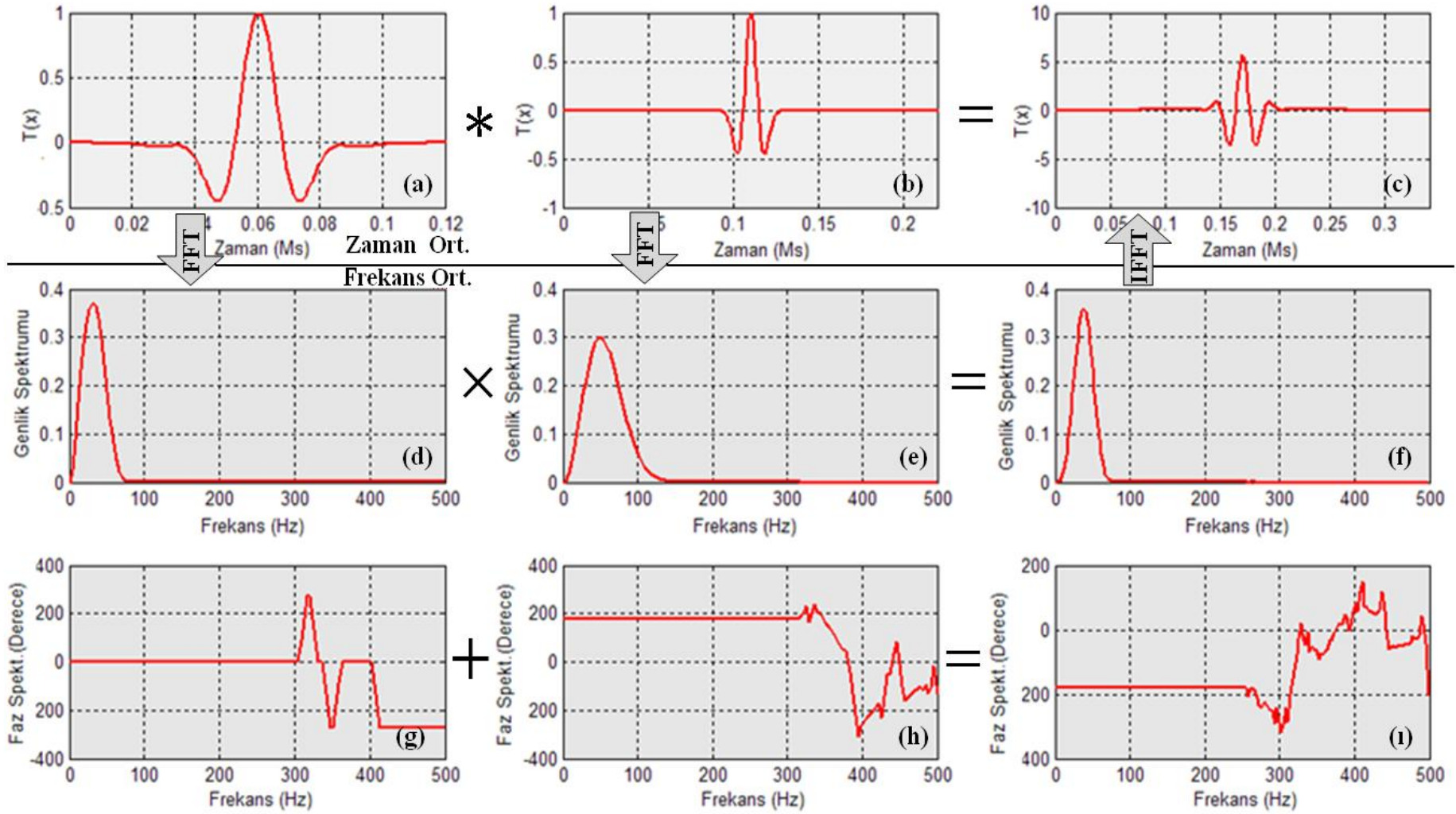
veya simgesel olarak

$$f(t) = g(t) * h(t) \quad (\text{zaman ortamı}) \quad (14)$$

$$f(w) = x(w) \cdot h(w) \quad (\text{frekans ortamı}) \quad (15)$$

olarak yazılabilir. Burada * simgesi konvolüsyon işlemi belirtmektedir. Doğrusal sistemlerin konvolüsyon ile ifadesi edilmesi “süzgeçleme” olarak adlandırılır. Süzgeçleme işlemi zaman ortamında konvolüsyon işlemi ile yapılırken frekans ortamında birebir çarpma işlemine dönüşmektedir.

Şekil 22’de zaman ortamında konvolüsyon işleminin frekans ortamında çarpma işlemine karşılık geldiği bir uygulama ile gösterilmiştir. Şekil 22’de iki sinyale (a ve d şekilleri) zaman ortamında konvolüsyon ve frekans ortamında çarpma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 22. Zaman ortamı konvolüsyon ve frekans ortamı çarpma işlemlerinin gösterimi. d ve g konvolüsyon ve çarpmada kullanılan sinyaller, d ve e; genlik, g ve h faz spektrumu, f; genliklerin çarpımı, i; fazların toplamı, c; konvolüsyon ve çarpma işleminin sonucu

(a) sinyali merkez frekansı 30 Hz olan Ricker dalgacı ve (b) sinyali ise maksimum gecikmeli bir sinyaldir. Konvolüsyon (zaman ortamı) ve çarpma işlemi (frekans ortamı) sonuçları birbirine eşittir ve sonucu c sinyalidir. a ve b sinyallerinin genlikleri sırasıyla d ve e, fazları e ve h'dir. İki sinyalin frekans ortamında genliklerinin çarpımı f, fazlarının toplamı i'dir. Sonuç olarak genlik ve faz bileşeni ile zaman ortamına geri dönüldüğünde sonucun c sinyali olduğu görülür.

Uygulamada zaman ortamı konvolüsyon işleminin, frekans ortamı çarpma işlemine eşit olduğunun ispat edilmesinde veri boyutlarının eşitlenmesi önemli bir noktadır. (a) sinyalinin boyu $N_1=55$, (b) sinyalinin boyu $N_2=241$ 'dir. Konvolüsyon işleminin sonucu $N_1+N_2-1=295$ 'tir. Fourier dönüşümünün boyu 295'in en küçük 2^N katı olan 512 olarak seçilir. Zaman ortamına geri dönüşte ise, konvolüsyon işleminin boyuna eşit boyda ters Fourier dönüşümü alınacak olursa, konvolüsyon işlemi ile çarpma işlemi arasındaki veri boyu düzensizliği giderilmiş olur.

$$X(t) \leftrightarrow x(w)$$

$$Y(t) \leftrightarrow y(w) \tag{16}$$

$$H(t) \leftrightarrow H(w)$$

$w = 2\pi f$ ' dir. W açısal frekans, birimi radyan/sn'dir. F ise indirgenmiş frekanstır. Denklem (16) 'dan anlaşılacağı üzere, dönüştürme fonksiyonu (transfer function) H(w) giriş ve çıkış fonksiyonlarının oranına eşittir.

Süzgeçleme işleminin zaman ve frekans ortamında gösterimi denklem (14) ve (15)'de verilmektedir. Süzgeçler için Fourier çiftleri denklem (16) 'da verilmiştir.

$$H(w) = \frac{Y(w)}{X(w)} \tag{17}$$

Süzgeç fonksiyonu H(w) bir karmaşık fonksiyondur ve aşağıdaki biçimde yazılabilir.

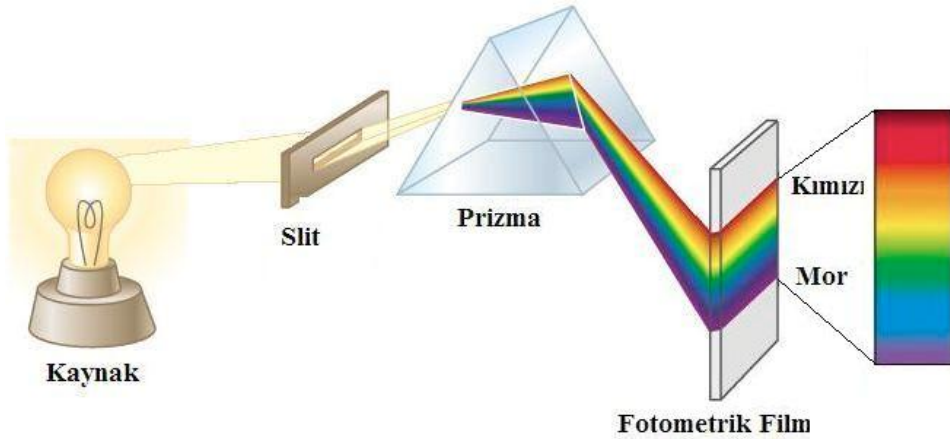
$$H(w) = |H(w)| \cdot e^{i\phi(w)} \tag{18}$$

Burada; $H(w)$ genlik, $\phi(w)$ 'ye de faz fonksiyonu denir. Süzgecin genliğinin 1'e eşit olması istenir. Süzgecin genliği 1'den büyük olamaz. Ayrıca süzgecin fazının, $\phi(w) = 0$ (faz kaymasının oluşmaması) istenir.

1.6.1. Frekans Ortamı Süzgeç Tasarımı

Frekans süzgeçlemesi birçok alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse en uygun örnek optiktir. Optikte beyaz ışık bir slit yardımıyla bileşenlerine ayrılır. İstenmeyen frekans aralıkları maskelenir ve istenen aralıkların geçmesine izin verilir (Şekil 23).

Bu örneğe uygun olarak prizma ile istenilen bileşenlerin beyaz ışıktan seçilerek ayrıştırılması gibi sinyal içerisinde kullanıcı için gerekli olan kısımda Fourier dönüşümü yardımıyla seçilebilir.



Şekil 23. Optik alanda spektral analiz ve süzgeçleme (URL-3 , 2009)

Konvolüsyonal süzgeç teorisi kullanarak, frekans ortamında tanımlanan geçiş bantları ve atma bölgeleri ile gürültüden kullanışlı bilgiyi ayırmaya çalışırız. Süzgecin genlik cevap fonksiyonu sinyalin genlik spektrumuna uygulanır. Süzgecin faz cevabı fonksiyonu normal olarak sifıra eşitlenir. Sinyal ve gürültünün spektrumları üst üste gelmediği zaman, süzgecin frekans cevabı gürültü bileşenlerini tam olarak bastırır.

Süzgecin geçiş bandının yeri ve genişliğinin seçimi süzgeçlemenin amacına bağlıdır. Sinyal arama için, göreceli olarak geniş frekans bandı, sinyal/gürültü oranı mümkün olduğu kadar büyük olması durumunda seçilir.

Eğer amaç zayıf sinyalleri aramak ise, yüksek bir sinyal/gürültü oranlı frekans bandına ayarlanan dar sismometreler sismik dizilimler için seçilir. Örneklerle de açıklandığı gibi bandın boyu ve yeri yapılan çalışmada sinyal olarak nitelendirilen bileşene göre değişiklik göstermektedir.

1.6.2. İdeal Süzgeçler

İdeal süzgeçler, frekans seçici süzgeçlerin bit türünü oluşturur. İdeal süzgeçlerde, seçilen frekans aralığındaki olaylar korunmak istenilirse, bu frekanslardaki olayların genlikleri birim ile diğer frekanstaki olayların genlikleri ise sıfır ile çarpılır. Bundan farklı olarak eğer seçilen frekans aralığındaki olaylar yok edilmek isteniyorsa; genlikleri sıfır ile çarpılır.

İdeal süzgeç yapısını kullanarak belirli bir aralıktaki genlik değerlerini atarken bant sınırlarında kesme etkisinden kaynaklanan süreksizlikler meydana gelmektedir. Bu etkileri en aza indirmek için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu konu ileriki başlıklarda daha detaylı bir biçimde ele alınacaktır.

1.6.2.1. İdeal Alçak Geçişli Süzgeç

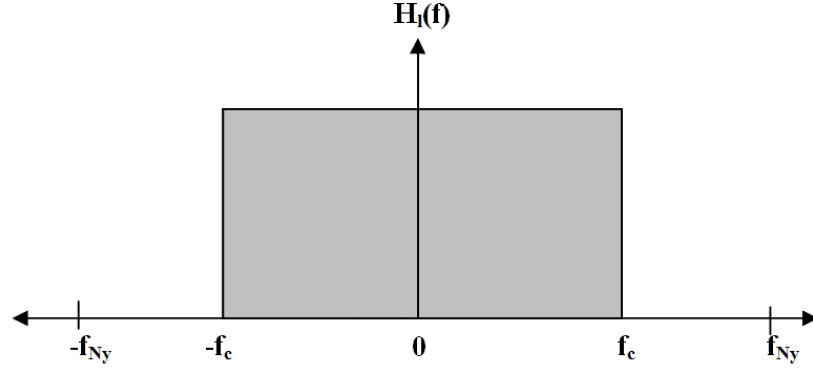
Frekansları, sıfırdan belirli bir frekansa kadar olan frekans aralığına dokunmayan ve bu aralığın dışında kalan diğer tüm aralıkları sıfır ile çarparak yok eden süzgeçlere “*alçak geçişli süzgeçler*” denir.

$$H_1(f) = \begin{cases} 1 & |f| \leq f_c \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad (19)$$

İdeal alçak geçişli süzgecin frekans fonksiyonu denklem (19)'da verilmiştir. Buna göre sıfır ile f_c kesme frekansı arasında kalan bölgeye dokunulmaz, haricindeki bölge sıfır ile çarpılır. Burada negatif frekansların fiziksel anlamı yoktur. Ancak matematik kolaylık sağladığı için bağıntılara eklenmiştir.

Süzgecin gerçek bir girişe yine gerçek bir çıkış vermesi gerektiği için süzgeç katsayıları $[h(t)]$ bir gerçek zaman fonksiyonu olmalıdır. Bunun için $h(w)$ 'nin gerçel ve sanal

bileşenleri sırayla frekansın çift ve tek fonksiyon olması gerekmektedir. Yani $H(w)$ 'nin gerçel bileşeninin çift, sanal bileşeninin tek fonksiyon olması gerekliliği vardır.



Şekil 24. İdeal alçak geçişli süzgeç

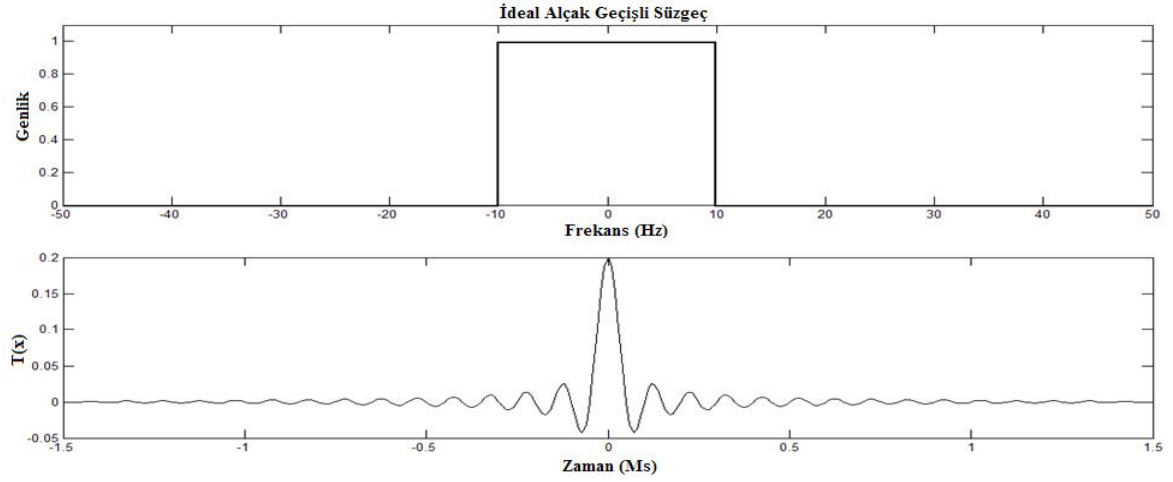
Uygulamada süzgecin sıfır fazlı olması istendiğinden $H(w)$ 'nin sanal bileşeninin sıfır yapılması gereklidir. Yani (19) bağıntısında bir faz kayması istenmez. Şekil 24'de ideal alçak geçişli süzgeç yapısı gösterilmektedir. İdeal alçak geçişli süzgecin etki-tepki fonksiyonunu belirleyebilmek için ters Fourier dönüşümü uygulanır.

$$\begin{aligned}
 h_l(t) &= \int_{-f_c}^{f_c} H_l(f) e^{i2\pi f t} df = 2 \int_0^{f_c} \cos(2\pi f t) df \\
 &= 2 \frac{\sin(2\pi f t)}{2\pi t} \Big|_0^{f_c} = \left[2f_c \frac{\sin(2\pi f_c t)}{2\pi f_c t} - \frac{\sin(2\pi \cdot 0 \cdot t)}{2\pi t} \right] \\
 h_l(t) &= 2f_c \frac{\sin(2\pi f t)}{2\pi t}
 \end{aligned}$$

Pay ve paydayı f_c ile çarpılırsa;

$$h_l(t) = 2f_c \frac{\sin(2\pi f_c t)}{2\pi t f_c} \quad (20)$$

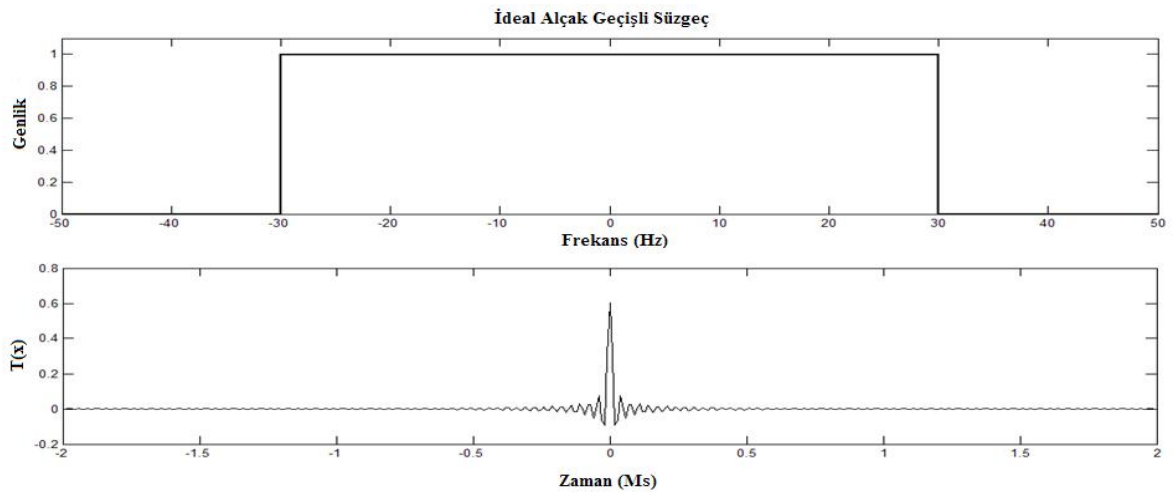
elde edilmiş olur.



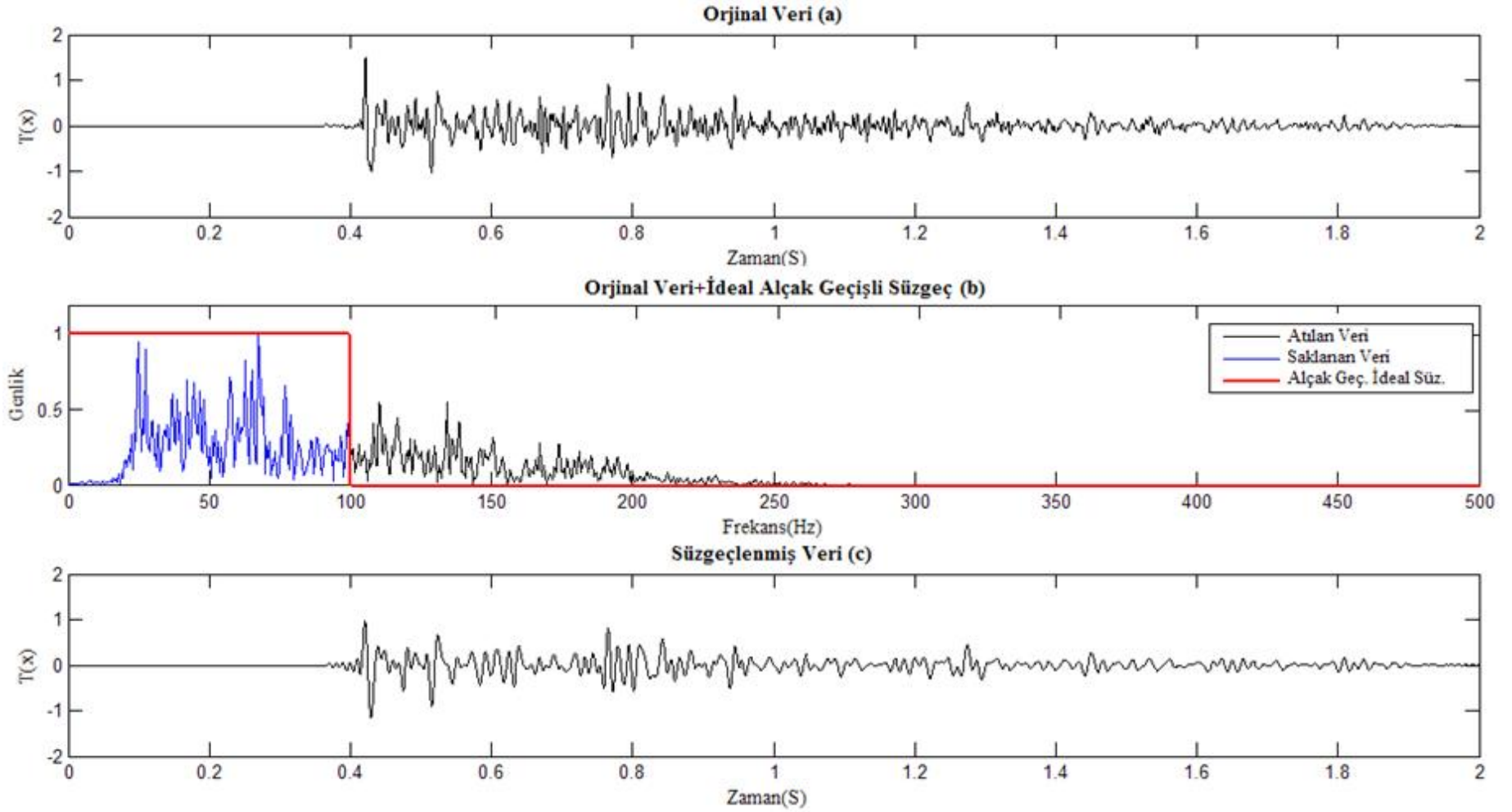
Şekil 25. Örnekleme aralığı 0.01 s ve kesme frekansı 10 Hz olan alçak geçişli süzgeç

Şekil 25 ve Şekil 26'da ideal alçak geçişli süzgecin zaman ve frekans ortamı görünümleri gösterilmektedir. Şekil 25'de Nyquist frekansı 50 Hz ve kesme frekansı 10 Hz olan bir alçak geçişli süzgeç yer alırken, Şekil 26'da yine aynı parametrelerde fakat kesme frekansı 30 Hz olan bir alçak geçişli süzgeç her iki ortamda da gösterilmektedir.

Süzgeçler her iki ortamda da dikkatle incelenecek olursa frekans ortamında geçiş bandı daha geniş olan süzgeç zaman ortamında daha sık salınım yapan bir yapı gösterirken; frekans ort. geçiş bandı daha dar olan süzgeç zaman ortamı daha geniş bir yapıya sahiptir.



Şekil 26. Örnekleme aralığı 0.01 s ve kesme frekansı 30 Hz olan alçak geçişli süzgeç



Şekil 27. İdeal alçak geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu (normalize edilmiş) ve kesme frekansı 100 Hz olan alçak geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) alçak geçişli süzgeç uygulanmış veri

Sinyal içerisinde gürültü ile verinin farklı frekans bileşenine sahip olması durumunda, süzgeç yapıları yardımıyla veri ile gürültü kolayca birbirlerinde ayrılabilir. Şekil 27a’da arazide alınmış tek bir izin kaydı gösterilmiştir. Örnekleme aralığı 1 msn olan sismik izin genlik spektrumu Şekil 27b’de verilmektedir. Nyquist 500 Hz olan verinin 0-275 Hz. kadar uzanan geniş bir bant aralığı bulunmaktadır.

Özellikle 170 Hz sonra baskın gürültü içeriği izin sinyal/gürültü oranını düşürmektedir. Bu amaçla 100 Hz sonrasını atan bir ideal alçak geçişli süzgeç yapısı tasarlanmıştır. Verinin bandının daraltılmasının özellikle ayrımlılık üzerinde önemli miktarda dezavantaj oluşturmasına rağmen sinyal/gürültü oranını da etkili bir biçimde iyileştirecektir.

İdeal süzgeç yapısı kullanılması gereken kesme etkisinin oluşmasına neden olacaktır. Bu etki veri içerisinde bir miktar gürültü sızmasına neden olur. Şekilde dikdörtgen içerisinde gösterilen kısım karşılaştırıldığında süzgeçlenmiş verideki olayın kesme etkisinden kaynaklanmıştır.

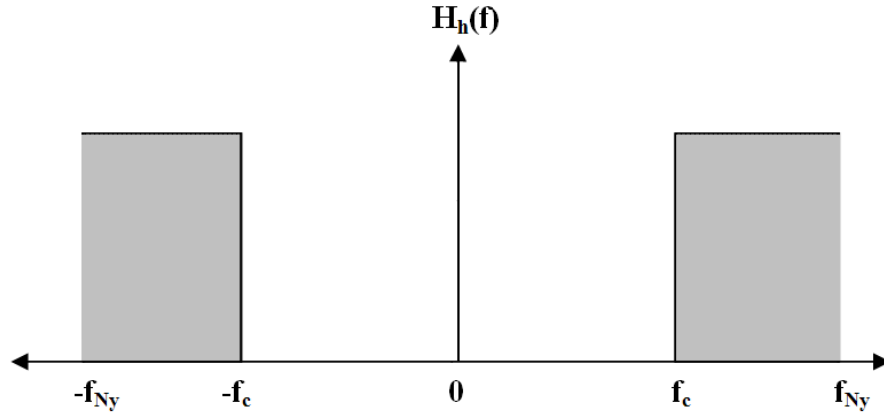
Kesme etkisinin en aza indirgenmesi için süzgeç tasarımı üzerinde yapılması gereken düzenlemelere daha ileriki başlıklarda değinilecektir. Süzgeçlenmiş iz ile orijinal iz karşılaştırıldığında izin daha yalın (smooth) olduğu ilk göze çarpan değişikliktir. Bunun en önemli sebebi verinin yüksek frekans bileşeninin sıfırlanmış olmasıdır. Fakat aynı zamanda veride önemli miktarda bilgi kaybı gerçekleşmiştir.

1.6.2.2. İdeal Yüksek Geçişli Süzgeç

Yüksek geçişli süzgeçler alçak geçişli süzgeç yapılarının tersi olarak belirli bir f_c : kesme frekansı değerinin üstünde kalan alana dokunmayan ve f_c değerinin altında kalan alanları sıfırlayan süzgeç yapıları “*ideal yüksek geçişli süzgeç*” olarak adlandırılır.

$$H_1(f) = \begin{cases} 1 & |f| \geq f_c \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad (21)$$

İdeal yüksek geçişli süzgecin frekans fonksiyonu denklem (21) ile verilmiştir. Süzgeçleme işlemi sonucunda elde edilen veride herhangi bir faz kaymasının oluşmaması arzu edilir. Bu sebepten süzgeç fonksiyonu $H(f)$ ‘nin çift fonksiyon olması gerekmektedir.



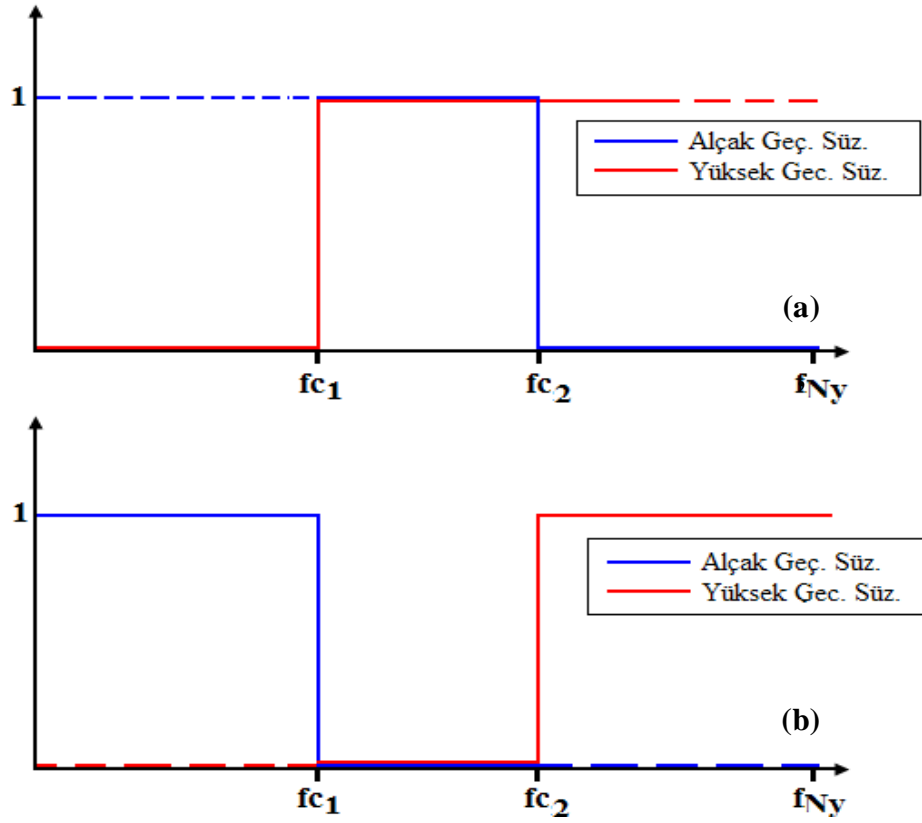
Şekil 28. İdeal yüksek geçişli süzgeç

$$\begin{aligned}
 & \int_{f_c}^{f_{Ny}} H_h(f) e^{i2\pi ft} df + \int_{-f_c}^{-f_{Ny}} H_h e^{-i2\pi ft} df \\
 &= 2 \int_{f_c}^{f_{Ny}} \cos(2\pi ft) df \\
 &= \frac{1}{\pi t} (\sin(2\pi f_{Ny} t) - \sin(2\pi f_c t)) \tag{22}
 \end{aligned}$$

denklem (22) ile ideal yüksek geçişli süzgecin frekans fonksiyonu verilmektedir.

İdeal yüksek geçişli süzgeç yapısı farklı amaçlarla kullanılabilir. Örneğin yüksek frekans içerik bileşenini saklayarak, veri içerisinde bulunan ve düşük frekans bölgesinde var olan düzensiz bölgenin atılması sağlanabilir. Bunun dışında yüksek ve alçak geçişli süzgeçlerin arda arda kullanılması ile bant geçiren süzgeç yapısı ya da çoklu geçirim bölgesine sahip süzgeç yapıları elde edilebilir.

Şekil 28'de ideal yüksek geçişli süzgeç yapısı gösterilmiştir. Şekil 29'de ise alçak, yüksek geçişli süzgeç yapıları kullanarak farklı süzgeçlerin elde edilmesi örnek verilmiştir. Şekil 29a'da sırası ile önce f_{c1} kesme frekansı değerine sahip ideal yüksek geçişli süzgeç ve ardından f_{c2} kesme frekansına sahip ideal alçak geçişli süzgeç yapıları kullanılarak bant geçişli süzgeç yapısı oluşturulmuştur. Aynı şekilde sırası ile önce f_{c1} kesme frekanslı alçak geçişli ve f_{c2} kesme frekanslı yüksek geçişli ideal süzgeçler ard arda kullanılacak olursa aynı frekans aralığına sahip bant durduran süzgeç yapısı elde edilmiş olunur (Şekil 29).

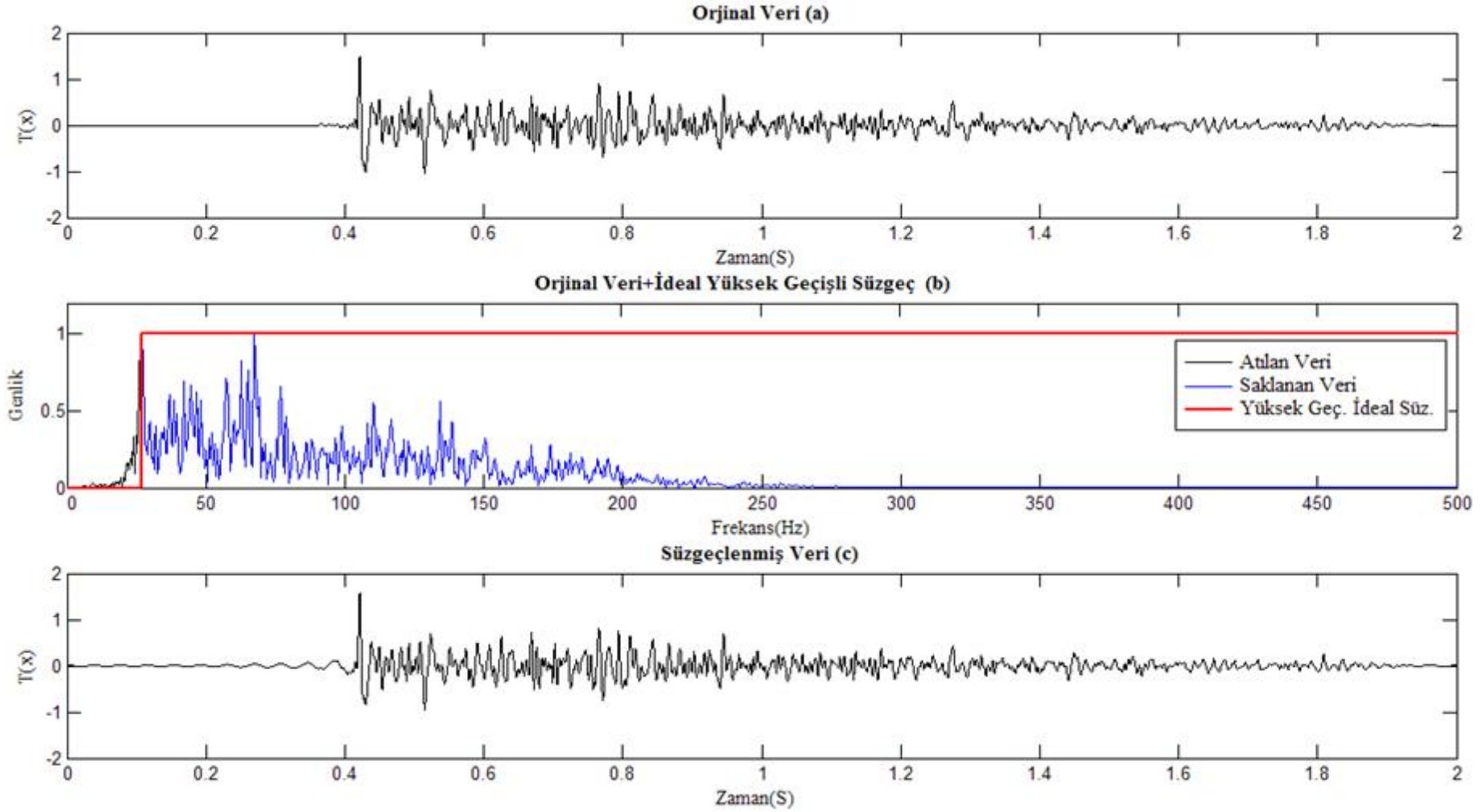


Şekil 29. İdeal alçak ve yüksek geçişli süzgeçler kullanılarak elde edilen bant geçişli ve bant durduran süzgeçler a) Bant geçişli süzgeç, b) bant durduran süzgeç

Şekil 30'da ise daha önce şekil 27'de verilmiş olan arazi kaydına kesme frekansı $f_c=25$ Hz olan yüksek geçişli süzgeç uygulanmıştır. Burada verinin çok az bir kısmı (0-25 arası) yüksek geçişli süzgeç yardımıyla süzülmüştür. Orijinal veri ile süzgeçlenmiş veri arasında az miktarda değişim olmuştur. Özellikler zaman ortamında (şekilde işaretlenen bölgede) erken zamanlarda meydana gelen kesme etkisinin, süzgeç tasarımından kaynaklanan kesme etkisi olduğu görülmektedir.

1.6.2.3. İdeal Bant Geçişli ve Bant Durduran Süzgeç

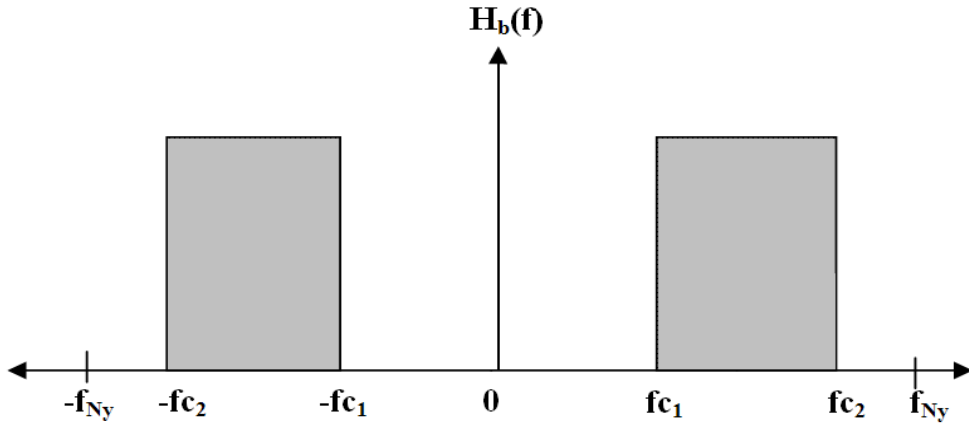
İki kesme frekansı f_{c1} ve f_{c2} arasında kalan değişimleri geçiren, bu alan dışında kalan bölgedeki değişimleri durduran süzgeçlere "ideal bant geçişli süzgeç" denir. Bu tip süzgeçlerde kullanıcı tarafından belirlenen aralık için herhangi bir işlem yapılmazken bu aralık dışındaki tüm bölge tamamen sıfırlanır.



Şekil 30. İdeal yüksek geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu(normalize edilmiş) ve kesme frekansı 25 Hz olan yüksek geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) yüksek geçişli süzgeç uygulanmış veri

İdeal bant geçişli süzgecin frekans ortamı görünümü şekil 31’de gösterilmiştir. f_{Ny} : nyquist(katlanma) frekansıdır. Daha önce bir bant geçişli süzgecin alçak ve yüksek geçişli süzgeç yapıları kullanılarak nasıl elde edileceği açıklanmıştı (Şekil 29). Burada herhangi bir faz kaymasına neden olmayan süzgeçler düzenleyebilmek için, frekans fonksiyonlarının gerçel ve çift olması gerekmektedir.

$$H_b(f) = \begin{cases} 1 & f_{c1} \geq |f| \geq f_{c2} \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad (23)$$



Şekil 31. İdeal bant geçişli süzgeç

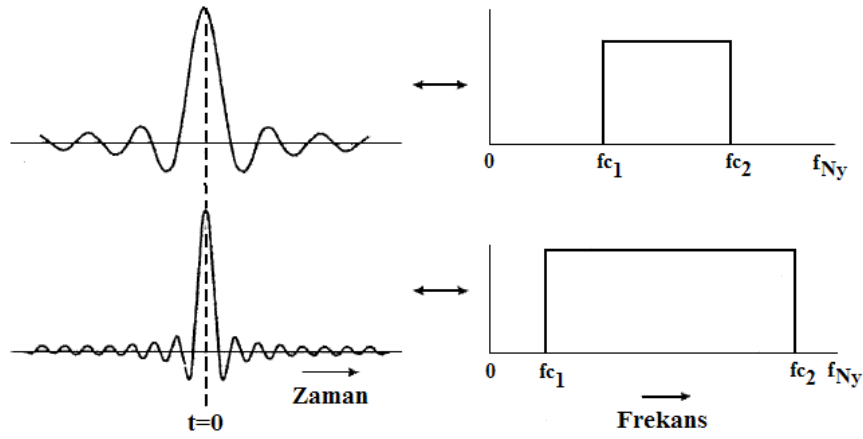
İdeal bant geçişli süzgecin frekans fonksiyonu denklem (23) ile verilmiştir.

$$\Delta f = f_{c2} - f_{c1}$$

$$\begin{aligned} h_b(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} H_b(f) e^{i2\pi ft} df \\ &= \int_{-f_0 - \frac{\Delta f}{2}}^{-f_0 + \frac{\Delta f}{2}} e^{i2\pi ft} df + \int_{f_0 - \frac{\Delta f}{2}}^{f_0 + \frac{\Delta f}{2}} e^{i2\pi ft} df \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2}{\pi t} \sin\left(2\pi \frac{\Delta f}{2} t\right) \cdot \cos(2\pi f_0 t) \\
&= \frac{2}{\pi t} \sin\left(2\pi \frac{f_2 - f_1}{2} \cdot t\right) \cdot \cos\left(2\pi \frac{f_2 + f_1}{2} \cdot t\right) \quad (24)
\end{aligned}$$

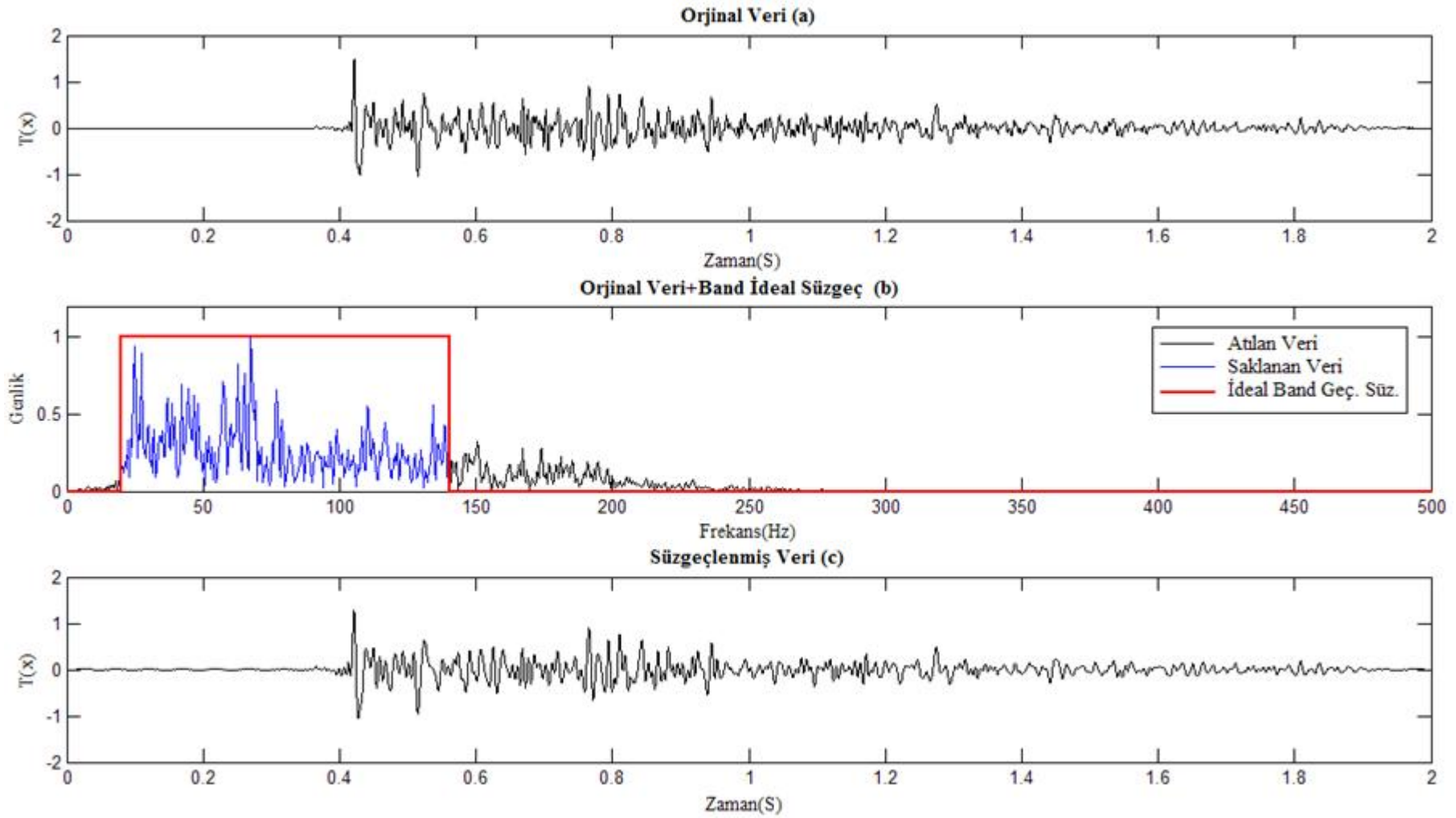
İdeal bant geçişli süzgecin frekans fonksiyonu denklem (24) ile verilmektedir. Şekil 32’de farklı kesme frekansına sahip ideal bant geçişli süzgeçlerin zaman ve frekans ortamı gösterilmiştir.



Şekil 32. Bant geçişli süzgeç (zaman ve frekans ortamı)

Şekil 32’den de anlaşılacağı gibi zaman ortamında daralma; frekans ortamında tam tersi olarak genişlemeye denk gelmektedir. Bu nedenle şekil 32’de birinci bant geçişli süzgeç ikinci bant geçişli süzgece göre daha dar frekans ortamı cevabı vermektedir.

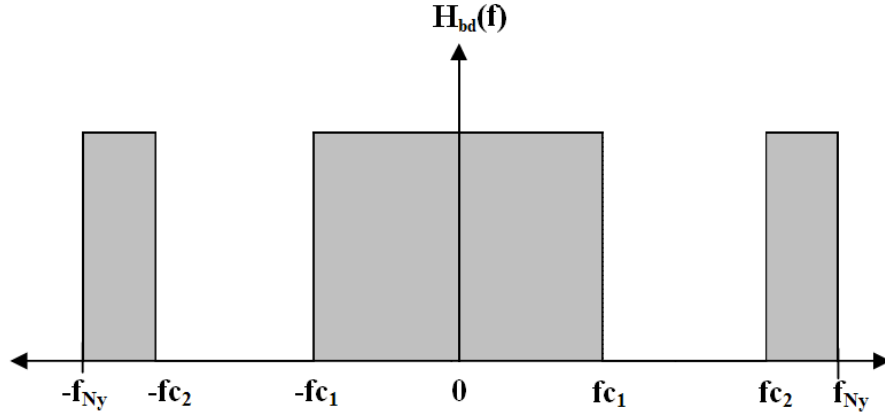
Şekil 33’de daha önce Şekil 27 ve Şekil 30’da verilen arazi verisi için ideal bant geçişli süzgecin veriye uygulanması gösterilmiştir. Kesme frekansları $fc_1=20$ Hz ve $fc_2=140$ Hz olan ideal bant geçişli süzgeç veriye uygulanmıştır. Şekil 33b’de frekans ortamında veri, bant geçişli süzgeç yapısı ve verinin korunan ve sıfırlanan kısımları gösterilmiştir. Şekil 33c’de ideal bant geçişli süzgeç uygulanmış veri genel olarak incelenecek olursa verinin erken zamanlarına kesme etkisinden dolayı bir miktar enerji sızması oluşmuştur. İkinci kesme frekansının düşük seçilmesinden dolayı verinin spektrumu daraltılmıştır. Bu da zaman ortamında kendisinin daha düzgünleştirilmiş (smooth edilmiş) olduğunu gösterir.



Şekil 33. İdeal bant geçişli süzgeç uygulaması. a) Arazi kaydı, b) arazi verisinin genlik spektrumu (normalize edilmiş) ve kesme frekansı 20-140 Hz olan bant geçişli süzgeç. Süzgecin geçirim bandı içerisinde kalan bölge mavi çizgi, süzgecin atma bandı içerisinde kalan bölge siyah çizgi ile gösterilmiştir, c) bant geçişli süzgeç uygulanmış veri

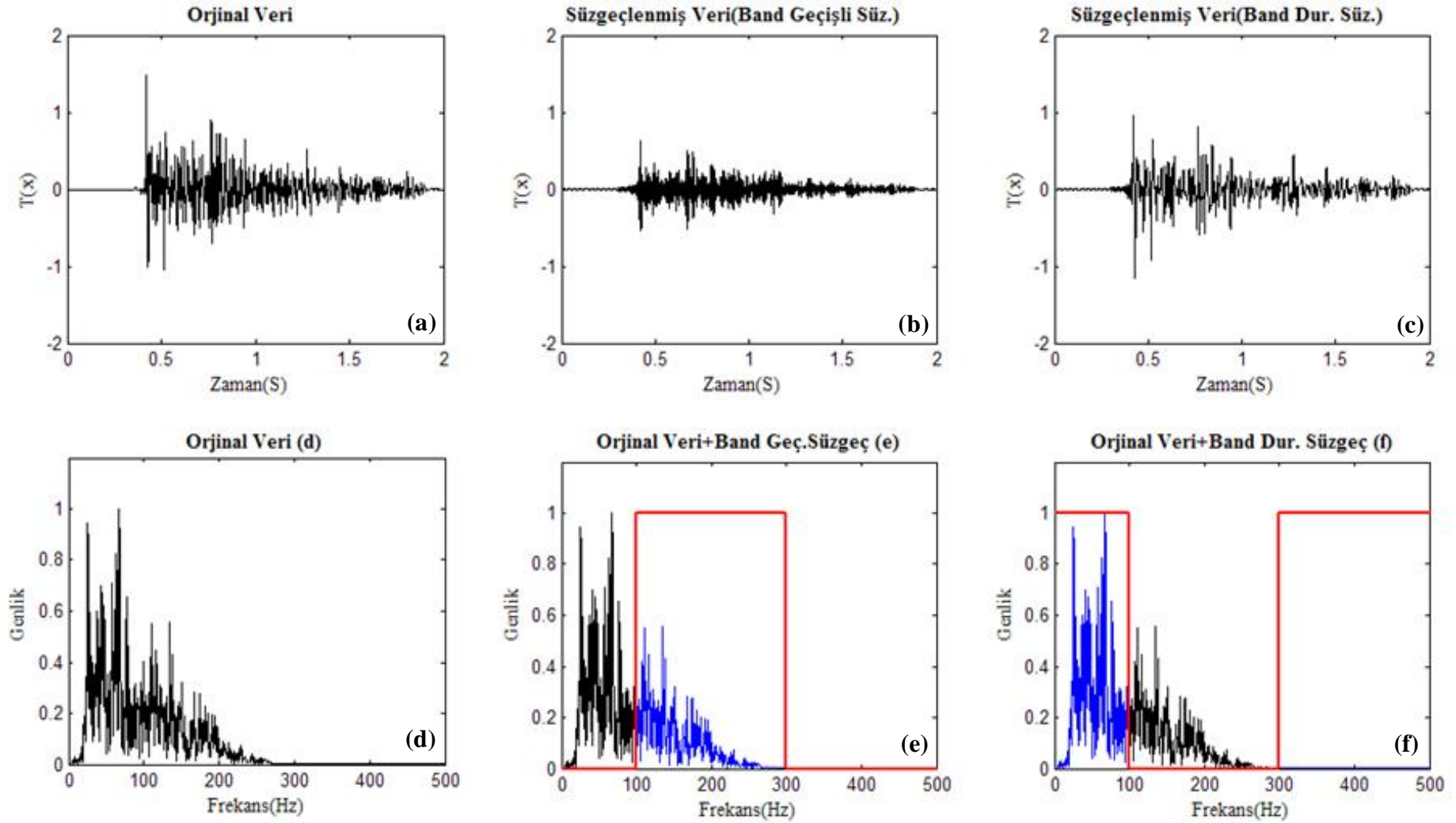
Bant durduran süzgeçler kesme frekansları fc_1 ve fc_2 arasında kalan bölgeyi süzmek amacıyla tasarlanan süzgeç yapılarıdır. Şekil 34'de bir bant durduran süzgecin frekans ortamı görünümünü verilmektedir. Bu şekilden de anlaşıldığı gibi verilen frekans aralığını süzmek dışında herhangi bir bölgeye etkisi yoktur. Band durduran süzgeçler aynı kesme frekansı değerine sahip bant geçişli süzgeç çıkışının veriden çıkarılması yoluyla da oluşturulabilir.

$$h_{bd} = 1 - h_b \quad (25)$$



Şekil 34. İdeal bant durduran süzgeç

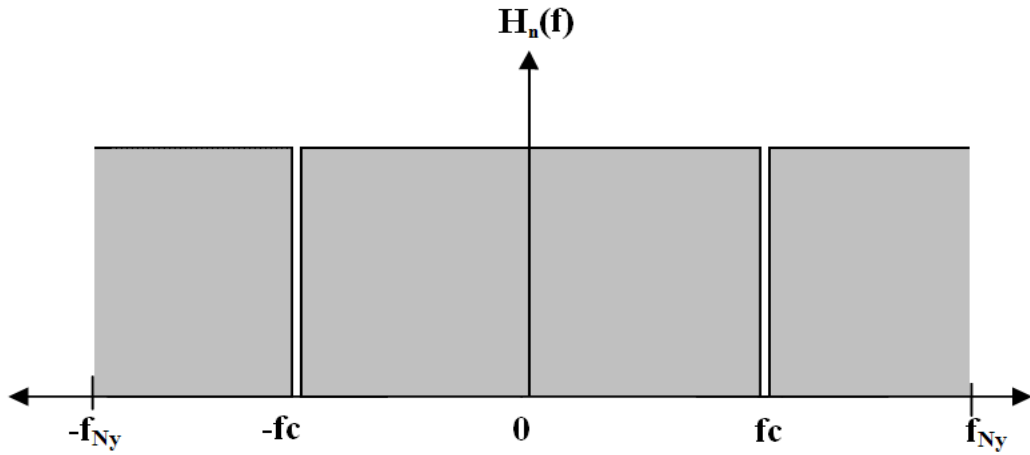
Katlanma (Nyquist) frekansı 500 Hz olan veriye 100-300 Hz kesme frekansları için bant geçişli ve bant durduran süzgeçler uygulanıp zaman ve frekans ortamı görünümleri Şekil 35'de verilmiştir. Şekil 35b ve Şekil 35e'de, bant geçişli süzgecin sırası ile zaman ve frekans ortamı sonuçları gösterilmiştir. Şekil 35c ve Şekil 35f'de, ise aynı işlem bant durduran süzgece uygulanmaktadır.



Şekil 35. Kesme frekansı = 100-300 Hz olan bant durduran ve band geçişli süzgeçlerin uygulanması. a ve b; verinin zaman ve frekans görünümü, b ve e; bant geçişli süzgecin zaman ve frekans görünümü, c ve f bant durduran süzgecin zaman ve frekans görünümü

1.6.2.4. Notch Süzgeci

Veri içerisinde seçilen tek bir frekansı içeriğinin süzülmesi amacıyla tasarlanmış olan süzgeçlere “*notch (çentik) süzgeç*” adı verilir. Notch süzgeç yapıları bant durduran süzgeç yapısının özel bir halidir. Bu süzgeç yapısı özellikle çalışma alanı içerisinde var olan sabit frekanslı gürültülerin atılmasında etkili bir biçimde kullanılmaktadır.



Şekil 36. İdeal notch süzgeç (frekans uygulaması)

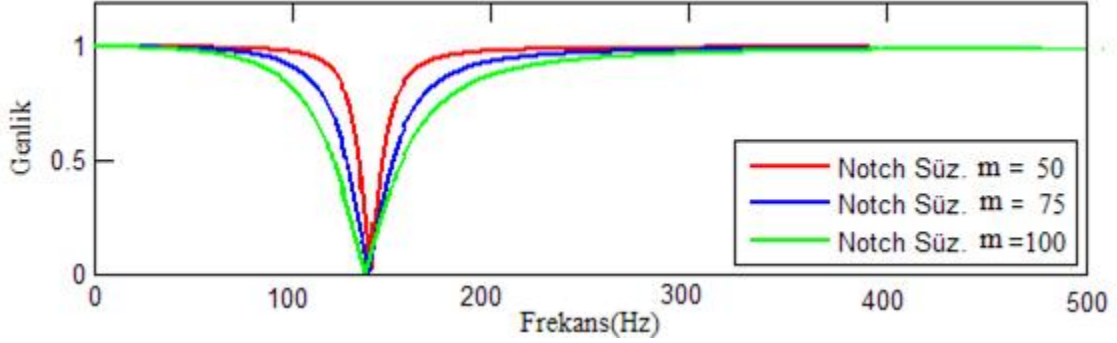
Örneğin bir sismik çalışma alanında kablolar yere çok yakın geçiyorsa bu etki veri içerisine 50 Hz veya 60 Hz’ lik bir gürültünün sızmasına sebep olur. Bu durumda merkez frekansı 50 Hz olan bir notch süzgeci veriden gürültü bileşeni kolayca ayrılabilir. Şekil 36’da bir notch süzgeç yapısı gösterilmektedir.

Notch süzgecinin frekans fonksiyonu (26) bağıntısında verilmektedir. Burada f_{Ny} , nyquist frekansını (katlanma frekansı), f_c , süzölmek istenen frekansı göstermektedir.

$$H_n(f) = \begin{cases} 1 & 0 \geq f_{Ny} \geq f_c \\ 0 & f_{Ny} > f_c \end{cases} \quad (26)$$

Notch süzgecinin ideal yapısı Şekil 36’da gösterildiği gibi olmasına rağmen, kesme etkisinden dolayı uygulamada yuvarlatılması daha iyi sonuç vermektedir. Burada yuvarlatma miktarı uygulanacak olan veri grubuna, uygulanacağı yere ve örnekleme

aralığına bağlı olarak değişim gösterebilir. Eğer kesme etkisi azaltılmak isteniyorsa yuvarlatma miktarı artırılmalıdır.



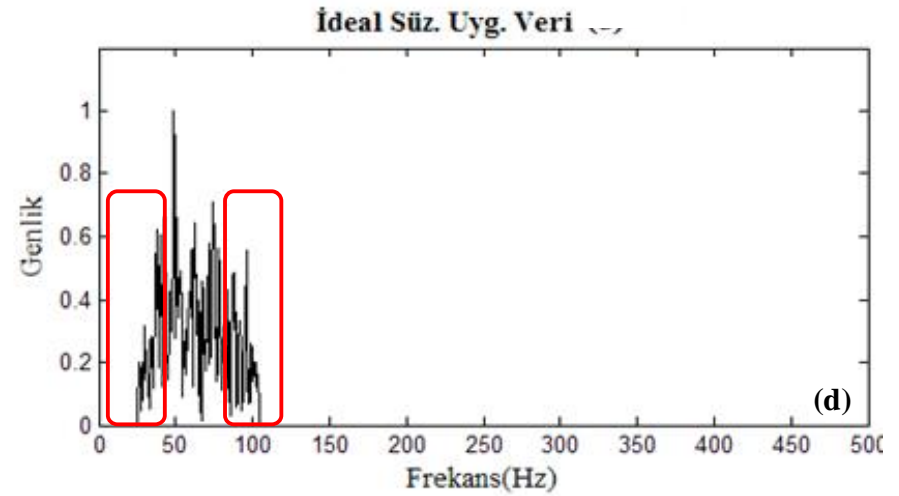
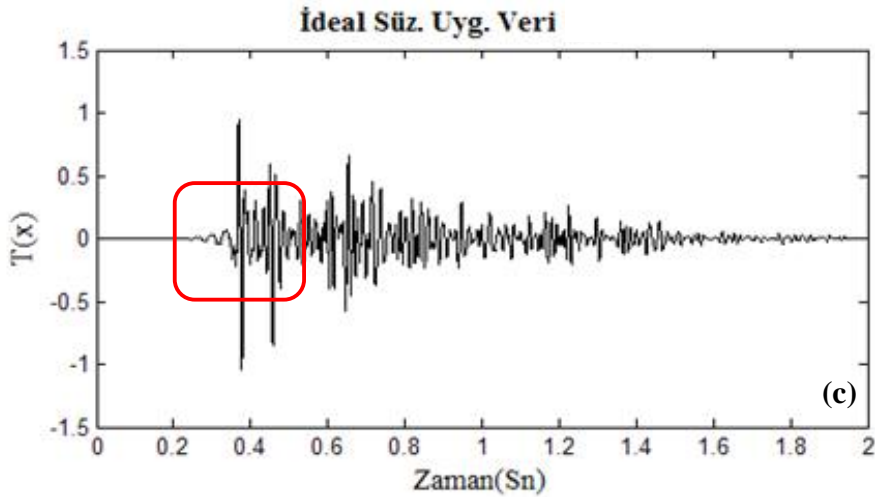
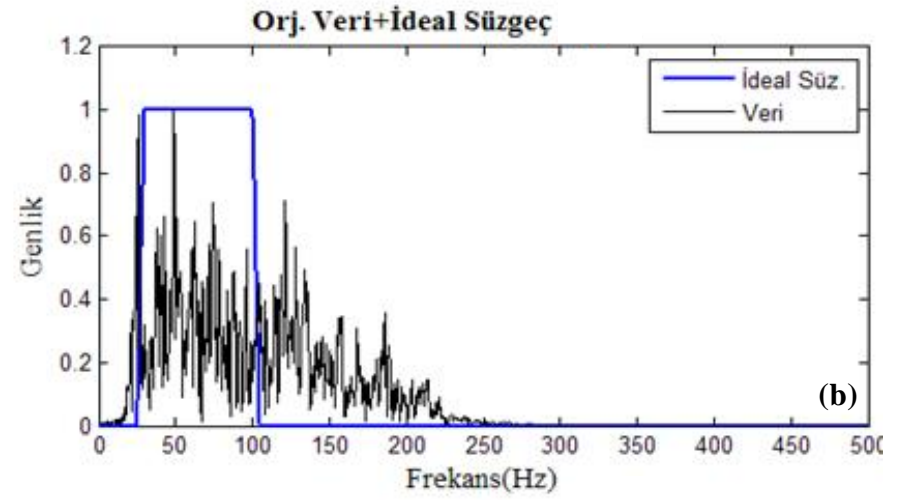
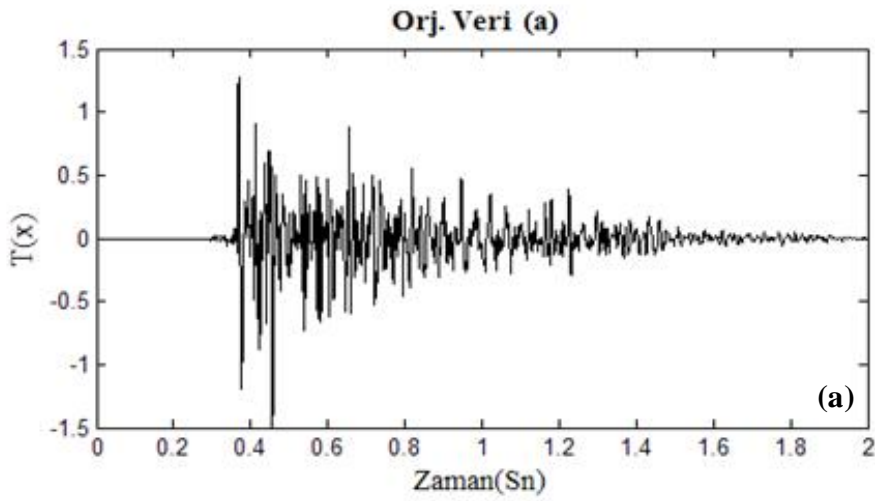
Şekil 37. Notch süzgeç yapısının farklı yuvarlatma değerleri için görünümü

Şekil 37'de kesme frekansı 140 Hz olan notch süzgeci farklı yuvarlatma değerleri için çizdirilmiştir. Burada m olarak tanımlanan yuvarlatma boyudur. Boy arttıkça yuvarlatma daha etkin bir hal almaktadır. Dikkat edilecek olursa yuvarlatma uzunluğu (m) arttırıldıkça notch süzgeç daha çok bant durduran süzgeç yapısına yaklaşmaktadır. Esasen notch süzgeci bant durduran süzgeç yapısının özel bir halidir. Yuvarlatma boyunun arttırılması kesme etkisinin oluşmasını önemli ölçüde etkilerken; yüksek yuvarlatma boyu frekans bölgesinde kayıplara dolayısıyla veride de kayıpların oluşmasına neden olur.

1.6.3. Süzgeçlerde Kesme Etkisinin Giderilmesi

İdeal süzgeç yapıları kesme bandı içerisinde ve dışında kalan alanları birbirlerinden ayırma sırasında (bandın başladığı ve sonlandığı bölgelerde) sinyalin istenilmeyen kısmını ayırırken süreksizliklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu etki süzgeç tasarımından, kesme frekansı ile verinin spektrumunun çakıştığı bölgelerin uygun seçilmemesi gibi etkilere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak ideal süzgeç yapılarından farklı olarak yuvarlatılmış süzgeç yapıları daha az kesme etkisinin oluşmasını sağlar.

Veriye önemli bir miktarda gürültü olarak eklenecektir. Özellikle sismik verilerde farklı yapılarda süzgeçler ardı sıra uygulanmaktadır. Bu işlemlerden dolayı oluşan bu etki istenmeyen bir olaydır. Kesme etkisinin en aza indirgenmesi için ideal süzgeç yapılarının



Şekil 38. Kesme frekansları 30-100 Hz olan ideal bant geçişli süzgeç uygulaması. a ve b; orijinal verinin zaman ve frekans görünümü, c ve d; süzgeçlenmiş verinin zaman ve frekans görünümü

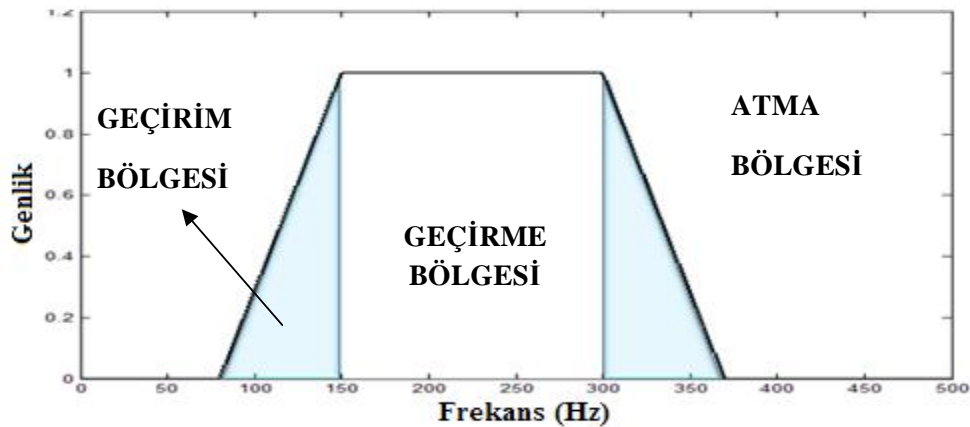
dışında yapılar kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılacak olan süzgeç tasarımlarına ayrı başlıklar altında değinilecektir.

Şekil 38 incelenecek olursa, verinin istenmeyen bölgesinin ayıklanmasına karşın, ideal süzgeç yapısından ötürü istenmeyen etkiler de sinyali değiştirmektedir. Şekil üzerinde gösterilen bölge incelenecek olursa kesme etkisinden dolayı özellikle 0 – 0.3 sn arasında kalan bölgede etkin gürültü içeriği verinin görünmesini engellemekte veya zorlaştırmaktadır. Kesme etkisi sadece sinyalin başlangıcını etkilemekle kalmayıp sinyalin tamamında gürültü içeriğini arttırmaktadır.

1.6.3.1. Yamuk Şekilli Süzgeç Tasarımı

İdeal süzgeç yapıları geçirme ve atma bandından ibarettir. Geçirme bandı içerisinde kalan alana dokunulmazken, atma bandı sıfırlanır.

Bundan farklı olarak yamuk şekilli süzgeçlerde üç bölge bulunmaktadır. Geçirme bandı içerisindeki alan ideal bant geçişli süzgeç yapısı gibidir. Fakat bundan farklı olarak geçirim band içerisinde kalan alanın genlikleri giderek azalan doğrusal bir fonksiyon ile çarpılır. Burada genliğin azalım fonksiyonu geçirim bandının boyuna bağlı olarak değişir. Bandın daralması fonksiyonun eğiminin artmasına neden olacak ve böylelikle daha hızlı sıfır değerine ulaşan bir bant yapısı elde edilecektir.



Şekil 39. Yamuk şekilli bant geçişli süzgeç yapısının frekans ortamı görünümü

Şekil 39'da klasik yamuk tasarımlı bir süzgeç gösterilmiştir. Şekil 39'da Nyquist frekansı 500 Hz olan bir sinyal için 80-150-300-370 Hz değerlerine sahip yamuk şekilli bir

süzgeç yapısı elde edilmiştir. Burada 150-300 Hz arası ideal bant geçişli süzgeç yapısının aynısıdır. Buna ek olarak geçirme bandının her iki tarafında 70 Hz boyunda geçirim bantları bulunmaktadır. Bu sayede geçirme bandı dışında kalan alan ani bir şekilde sıfırlanmak yerine kullanıcı tarafından belirlenecek bir bant uzunluğu boyunca yavaşça sıfırlanarak daha az kesme etkisi oluşturacaktır.

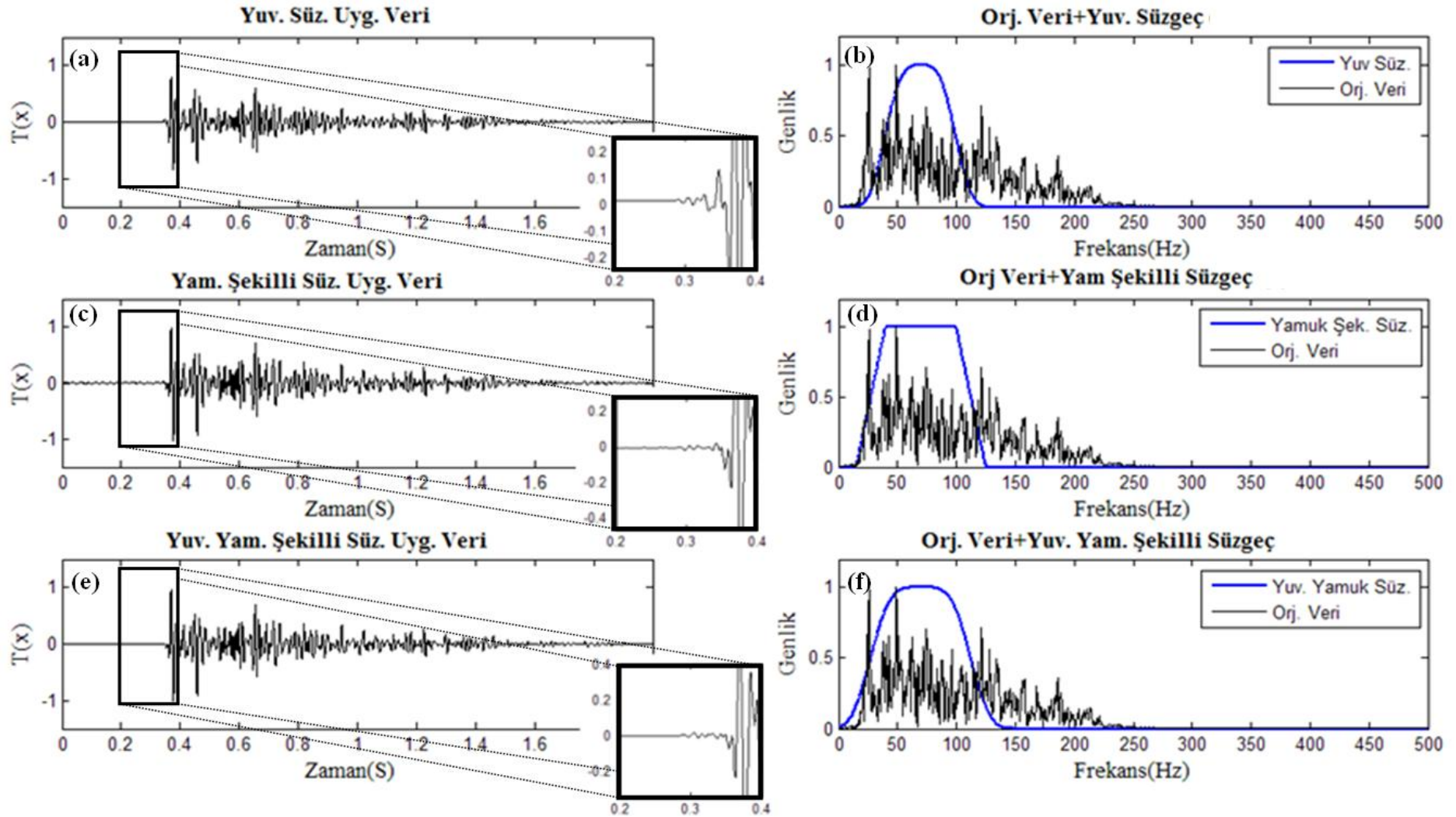
1.6.3.2. Süzgeç Fonksiyonunun Yuvarlatılması

İdeal süzgeç yapısının kesme etkisini azaltmanın diğer bir yolu da süzgeç yapısının yuvarlatılmasıdır. Bunun için pencere fonksiyonlarından yararlanılır. Bu uygulama kapsamında süzgeç fonksiyonunu yuvarlatmak için Hanning penceresi kullanılmıştır. Süzgeç fonksiyonunun yuvarlatılması için birçok farklı fonksiyon kullanılabilir. Uygulama çerçevesinde Hanning penceresinin boyunun arttırılması doğrudan süzgeç kenarlarının yuvarlatma derecesini kontrol etmektedir. Pencere boyunun yüksek seçilmesi yuvarlatmayı arttırırken ideal süzgeç yapısından uzaklaşmasına neden olmaktadır. Yuvarlatma işlemine rağmen kesme etkisi hala sıfır değerine ulaşmamıştır.

Kesme etkisinin en aza indirgenmesi için bahsedilen; yamuk şekilli süzgeç tasarımı ve süzgeç fonksiyonunun yuvarlatılması yöntemleri her ne kadar kesme etkisinin azaltılmasında önemli derecede etkili olsa da tekniklerin her biri tek başına kullanıldığında yetersiz kalmaktadır.

Kesme etkisinin oluşmaması ya da minimum seviyede tutulması için kullanılacak en iyi teknik yamuk şekilli süzgeç fonksiyonunun yuvarlatılması olduğu uygulamalar ile gösterilmektedir. Bu sayede kesme etkisi her bir tekniğin ayrı ayrı kullanımında ortaya çıkacak olan değerden çok daha düşük olacaktır. Şekil 35'de ve Şekil 32a'da verilen sismik ize yamuk şekilli süzgeç yapısı, yuvarlatılmış süzgeç yapısı ve yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç yapılarını ayrı ayrı uygulanmış ve sonuçları hem zaman, hem de frekans ortamında gösterilmiştir.

Şekil 40b,d,f'de tasarlanan süzgeç yapıları gösterilmiştir. Tasarlanan süzgeçlerin uygulandığı izlerin 0.2-0.4 sn aralığına dikkat edilecek olursa, kesme etkisinin iz üzerindeki etkinliği daha net şekilde anlaşılabilir (Şekil 40a,c,e). Bu etki yuvarlatılmış süzgeç yapısında ideal süzgeç yapılarına göre daha azdır. Bu karşılaştırmaya yamuk şekilli süzgeç yapısı da eklenirse yamuk şekilli süzgecin çıkışının yuvarlatılmış süzgeç yapısına

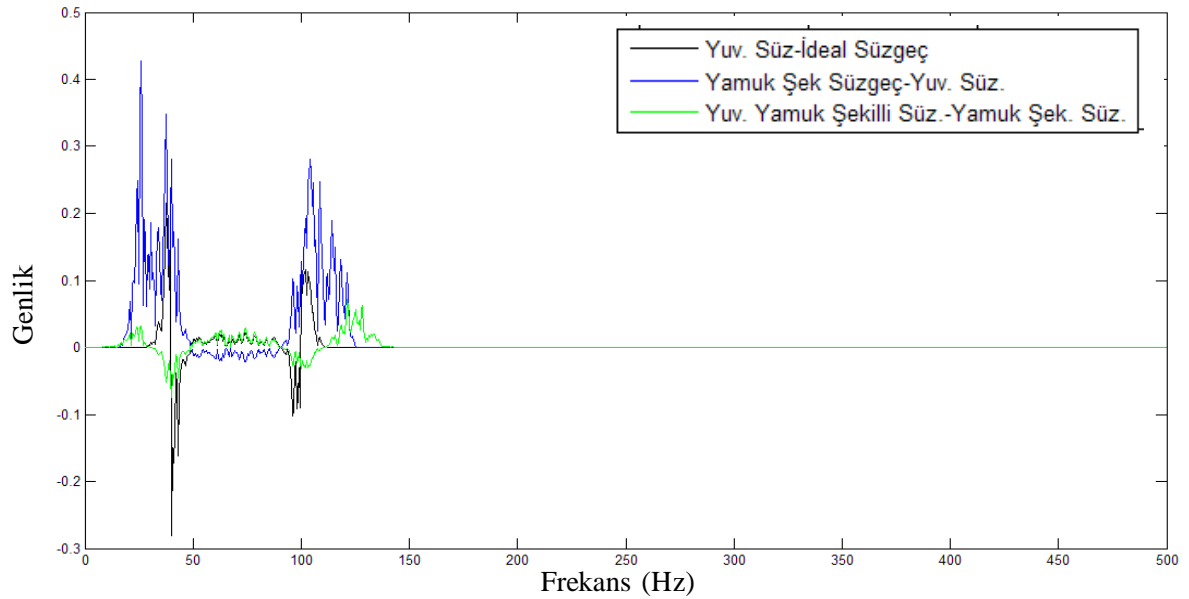


Şekil 40. 15-40-100-125 Hz kesme frekansları için yuvarlatılmış, yamuk şekilli ve yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç uygulaması. a ve b yuvarlatılmış süzgeç uygulaması, c ve d yamuk şekilli süzgeç uygulaması, e ve f yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç uygulaması

göre belirgin bir biçimde daha az kesme etkisi oluşturduğunu görülür. Burada kesme etkisinin miktarını kontrol eden parametreler yuvarlatılmış süzgeç yapısı için yuvarlatma operatörü ve operatör boyu; yamuk şekilli süzgeç için ise geçirim bandı uzunluğudur. Bu parametrelerin veriye ve süzgeç yapısına göre en uygun seçildiği durumlarda kesme etkisinin minimum seviyede olacağı açıktır.

Yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç yapısı ise yuvarlatılmış süzgeç ile yamuk şekilli süzgeç yapısının birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmış bir süzgeç türüdür. Bu süzgeç yapısında kullanıcı tarafında geçirim bandı boyu, yuvarlatma operatörü ve yuvarlatma operatör uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 40'e'de yuvarlatılmış yamuk tasarımı süzgeç yapısının (aynı kesme frekansları için) çıkışı gösterilmiştir. Sonucu diğer süzgeç yapılarının çıkışları ile karşılaştırılırsa kesme etkisi diğer yapılara göre daha azdır.

Fakat burada yuvarlatma operatörünün boyunun kısa seçilmesinden dolayı elde edilen çıkış yamuk şekilli süzgeç yapısının çıkışı ile oldukça benzerdir.



Şekil 41. Süzgeç yapılarının frekans ortamındaki farkları

Şekil 41'de ideal süzgeç, yuvarlatılmış süzgeç, yamuk şekilli süzgeç ve yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç yapılarının birbirinden daha iyi ayırt edilebilmesi amacıyla farkları hesaplanmıştır. Bu sayede süzgeçleri oluşturduğu kesme etkisinin miktarı ve dağılımı daha iyi kavranmış olur. Burada ideal bant geçişli süzgeç yapısı temel olarak alınmıştır. Kesme frekanslarının 40 Hz ve 100 Hz olduğunu göz önünde bulundurulursa kesme etkisinin

büyük bir bölümünün (yaklaşık olarak bu uygulama için %80'i) kesme frekansı bölgelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Atma bandında herhangi bir kesme etkisi gözlemlenmemiştir. Geçirim ve geçirme bantlarında da kesme frekansı bölgelerine göre önemli miktarda az olmasına rağmen kesme etkisinin yayılım gösterdiği kanıtlanmıştır.

Şekil 41 süzgeç yapılarının türlerine göre incelenirse yuvarlatılmış süzgeç yapısı ile ideal süzgeç yapısı arasında çok büyük bir etkinin oluşmadığı gözlemlenmektedir. Burada oluşan etki yuvarlatma operatörü ve operatör uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Eğer operatör boyu arttırılacak olursa kesme etkisinde önemli bir azalım gerçekleşmesine karşın frekans bölgesinde bilgi kaybı meydana gelecektir. Bu en az kesme etkisi kadar istenmeyen bir durumdur. Bu nedenden dolayı optimum değerlerin seçilmesi tercih edilmektedir.

Aynı inceleme yuvarlatılmış süzgeç yapısı-yamuk şekilli süzgeç yapısı ve yamuk süzgeç yapısı ile yuvarlatılmış yamuk şekilli süzgeç yapısı için gerçekleştirildiğinde yamuk şekilli süzgeç yapısının çok daha az kesme etkisi oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle yuvarlatılmış süzgeç yapısı yerine yamuk şekilli süzgeç yapılarının kullanılması süzgeçleme açısından daha iyi sonuçlar vereceği kanıtlanmış olmaktadır. Bunun dışında her iki tekniğin birleştirilmesi ile en iyi sonucun alınacağı hem Şekil 40e'de verilen sismik izde hem de Şekil 41'de süzgeç yapılarının frekans ortamı farklarında gösterilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışması kapsamında zaman değişken spektral beyazlatma-ZDSB (time variant spectral whitening-TVSW) tekniğinin sismik yansıma verilerine uygulanışı, parametrelerin uygun seçilmesinin tekniğin başarısındaki önemi, tekniğin genel veri işlem aşamalarındaki sırası ve sinyal zarfının yuvarlatılmasının önemi gibi temel konular uygulamalı olarak irdelenmiş olup sonuçlar sismik yansıma kesitleri üzerinde hem zaman, hem de frekans ortamında gösterilerek karşılaştırılmıştır.

ZDSB tekniğini incelerken ilk olarak sonuca etki eden parametreler ayrıntılı olarak incelenmiş ve aynı veri grubu üzerinde parametrelerin her birinin değişiminin etkileri tartışılmıştır. ZDSB tekniğinde sinyalin zarfının etkin bir biçimde yuvarlatılması, tekniğin başarısı açısından çok önemli bir faktördür. Böylece spektral olarak bir dengeleme işleminin yapılması amaçlanır.

Zarfin hesaplanmasında genel uygulama, zarfin Hilbert dönüşümü yardımıyla hesaplanmasının ardından bir yuvarlatma operatörü ile yuvarlatılması şeklindedir. Farklı bir yaklaşım olarak zayıf genlikli olayları güçlendirmede sinyalin yuvarlatılmış zarfının kullanılması yerine, farklı kazanç fonksiyonları kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

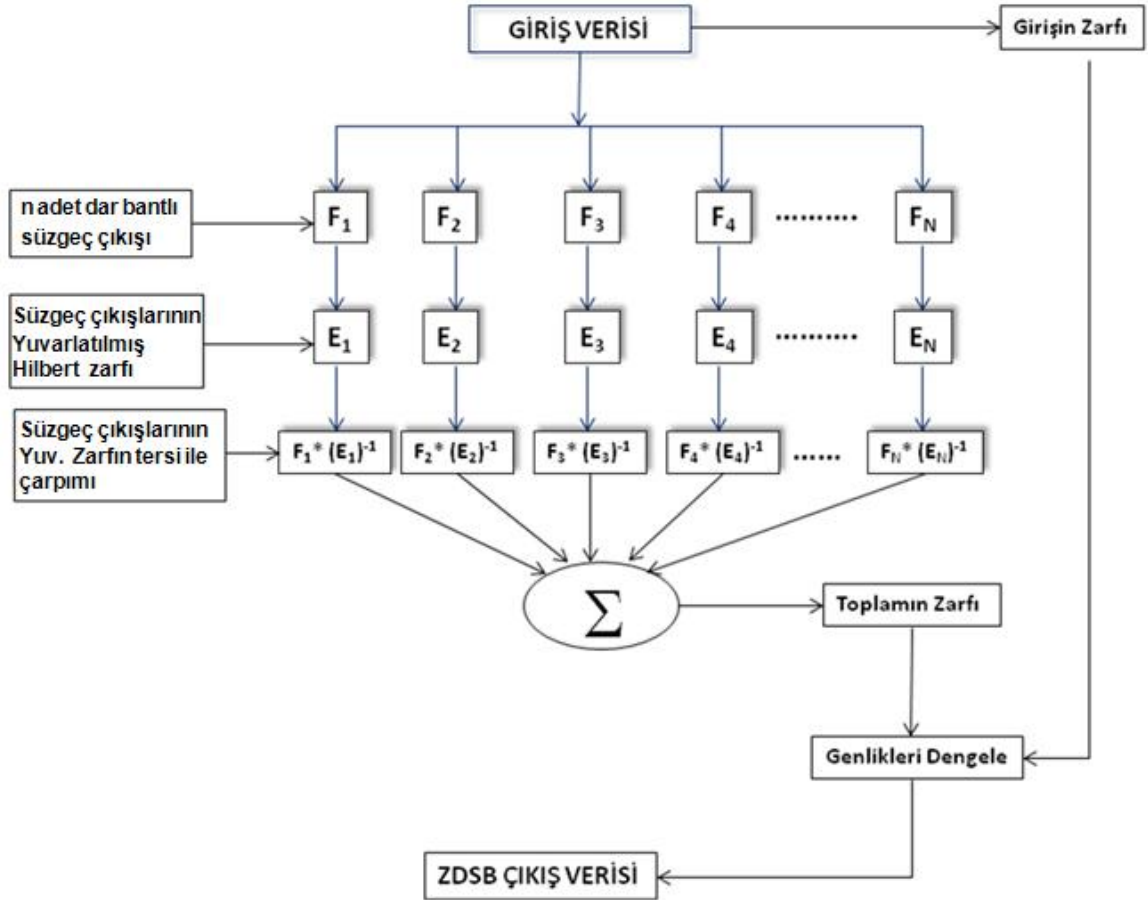
ZDSB tekniğinin sismik veri işleminde kullanım sırasını irdelemek amacıyla, tekniğin genel kullanım yeri olan yığma sonrası sismik kesitlerde, hem tek olarak, hem de iğnecik (spiking) dekonvolüsyonla birlikte uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmalar ile zaman değişken spektral beyazlatma –ZDSB tekniğinin sismik veri gruplarına uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar, parametrelerin belirlenmesinde izlenecek genel yol ve ZDSB tekniğinin genel veri işlem aşamaları arasındaki en uygun yerini belirlemek amaçlanmıştır.

2.1. Zaman Değişken Spektral Beyazlatma-ZDSB

ZDSB tekniği frekans soğurulma etkilerini telafi ederek sinyalin bandını genişletmeyi amaçlayan bir veri işlem aşamasıdır. Yöntem izden ize şeklinde uygulanmaktadır.

Tekniğin bir ize nasıl uygulandığı Şekil 42’de verilmiştir. Yöntem uygulanmadan önce tekniğin uygulanacağı frekans aralığı belirlenmelidir. Bilindiği gibi zaman değişken spektral beyazlatma (ZDSB) tekniği frekans bölgesinde uygulanmakta olup kullanıcı tarafından belirlenen frekans aralığında çalışmaktadır. Bu sayede belirlenen frekans bölgesi güçlendirilebilmektedir. Daha sonra kullanılacak olan süzgeç sayısına karar verilmelidir.

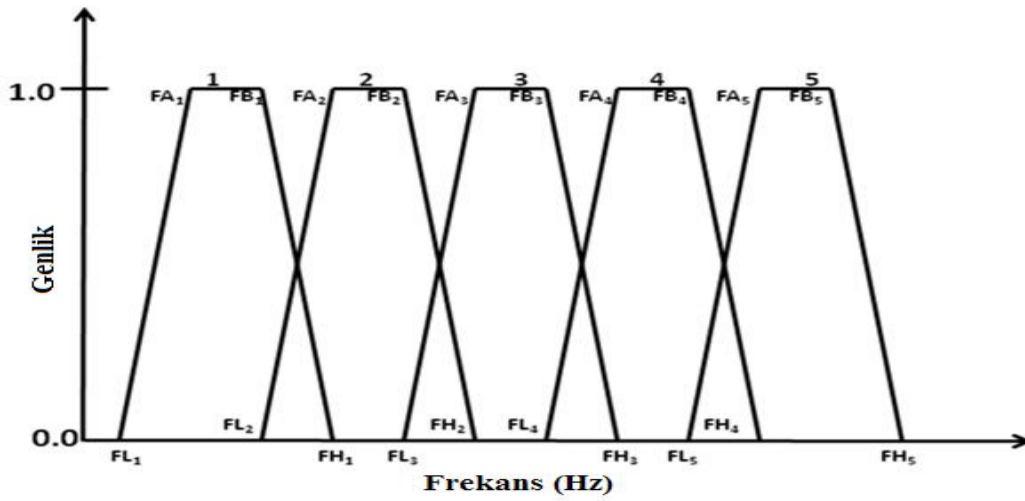


Şekil 42. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin uygulanması için akış şeması.

Süzgeç sayısı verinin uygulanacağı frekans bandı boyuna uygun olarak seçilmesi yöntemin başarısı açısından önemlidir.

Şekil 43’de beş adet süzgeç için süzgeç dizisi yapısı oluşturulmuştur. ZDSB tekniğinde uygulamada yamuk tasarımlı, yuvarlatılmış yamuk tasarımlı ve gauss süzgeç yapıları kullanılmıştır.

Şekil 42’de verilen çizelge takip edilirse belirlenen süzgeç sayısı ve frekans aralığı değerleri için n adet bant geçişli süzgeç yapısı oluşturulur. Ardından iz her bir süzgeç yapısı ile işleme sokularak sonuçlar ayrı ayrı hafızada tutulur. Bu her bir iz için süzgeç sayısı kadar çıkış oluşturulduğu anlamına gelmektedir. Özellikle yüksek boyutlu veri grubuna tekniğin uygulanması sırasında gereğinden fazla süzgeç kullanılması uygulanma süresini gereğinden fazla arttıran bir etkidir. Ardından her bir süzgeç uygulanmış verinin zarfı hesaplanır.



Şekil 43. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği için tasarlanmış bant geçişli süzgeç dizisi

Zarfın bir yuvarlatma operatörü ile yuvarlatılması işlemi zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin önemli bir aşamasıdır. Zarfın yuvarlatılma derecesi zayıf genliğe sahip sinyallerin güçlendirilmesini sağlamaktadır.

Bir sonraki aşamada süzgeçlenmiş veri ile yuvarlatılmış zarfın tersi çarpılır. Son aşamada bütün sinyaller toplanır (yuvarlatılmış zarf ile süzgeçlenmiş sinyalin çarpımlarının sonucu olan sinyaller). Böylece bir iz için zaman değişken spektral beyazlatma tekniği (ZDSB) uygulanmış olur. Ek 1’de kesitlerde 3000 iz içeren kesit için sırasıyla ZDSB, iğnecik dekonvolüsyon ve f-x dekonvolüsyon işlemi uygulanmış ve sonuçlar gösterilmiştir.

2.2. ZDSB Tekniğinde Sonuca Etki Eden Parametreler

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde kullanıcı tarafından belirlenmesi gereken parametreler işlemin başarı açısından hayati öneme sahip olmakla beraber aynı zamanda tekniğin uygulanma süresini ve yapılan matematiksel işlem boyutunu da etkilemektedir. ZDSB tekniği uygulanmadan önce veriye uygun olarak kullanıcı tarafından belirlenmesi gereken parametreler şunlardır.

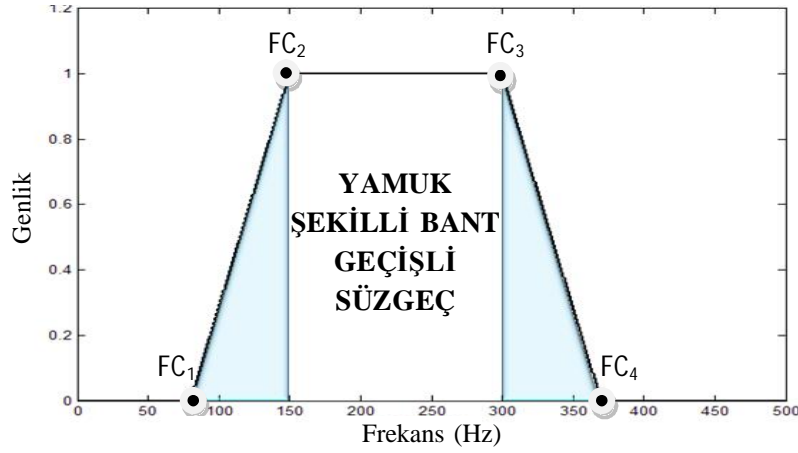
- Süzgeç Yapısı
- Süzgeç Sayısı
- Kesme Frekansı Üst Sınırı
- Kesme Frekansı Alt Sınırı
- Sinyalin Zarfının Yuvarlatılması

Bu parametrelerin her birinde yapılacak olan değişiklikler sonuç üzerinde önemli derecede değişiklik yapacağından dolayı veri grubuna uygun olarak dikkatli bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

2.2.1. Süzgeç Yapısı

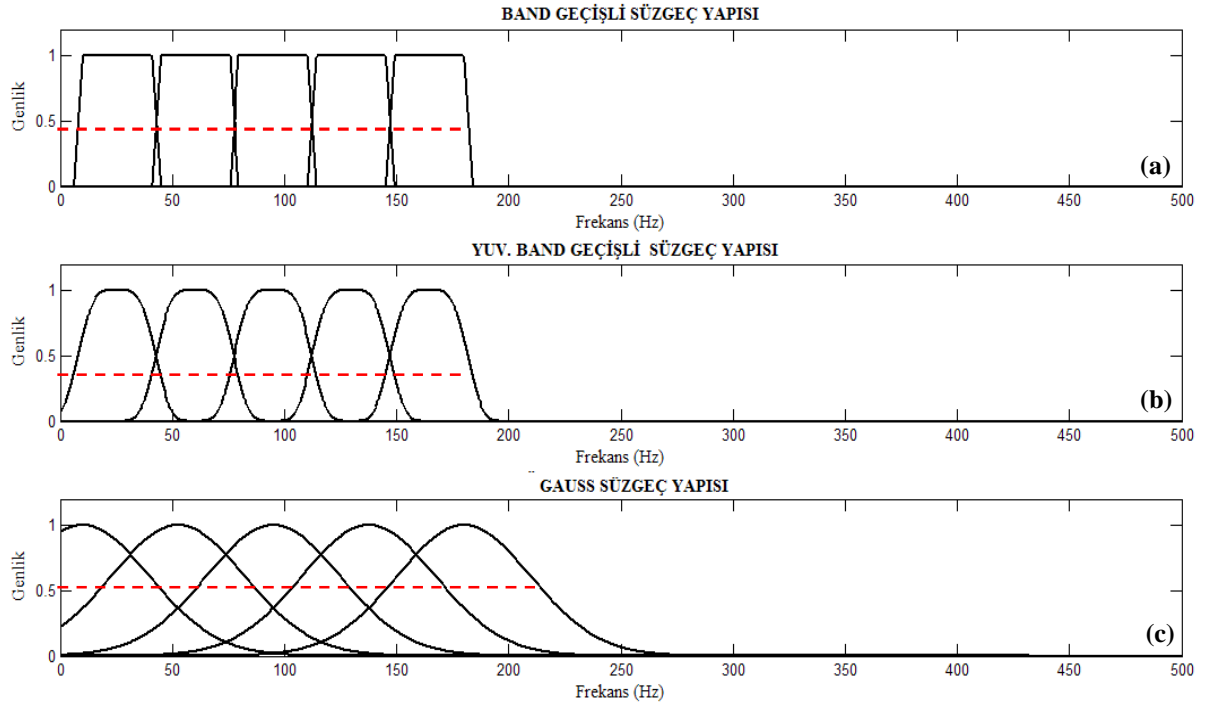
Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği, birçok dar bant aralığına sahip bant geçişli süzgeç yapısından elde edilen çıkışların (elde edilen çıkış sayısı kullanılan süzgeç sayısına eşittir) sinyalin yuvarlatılmış zarfının tersi ile çarpılmasının ardından elde edilen sinyallerin toplanmasıyla bir sinyalin spektral bandını genişletme işlemi olarak tanımlanabilir.

Tekniğin uygulanması sırasında kullanılan dar bant genişliğine sahip süzgeçlerin yapısı kesme etkisi oluşturmaması ya da çok az miktarda kesme etkisi oluşturması arzu edilir. Bu amaçla süzgeç yapılarının oluşturduğu kesme etkileri önceki bölümde karşılaştırmalı olarak sismik iz üzerinde gösterilmiştir. Şekil 44'de yamuk tasarımı temel alarak oluşturulmuş bant geçişli süzgeç gösterilmiştir.



Şekil 44. Yamuk tasarımı bant geçişli süzgeç ($F_{c1}=75$ Hz, $F_{c2}=150$ Hz, $F_{c3}=300$ Hz, $F_{c4}=375$ Hz)

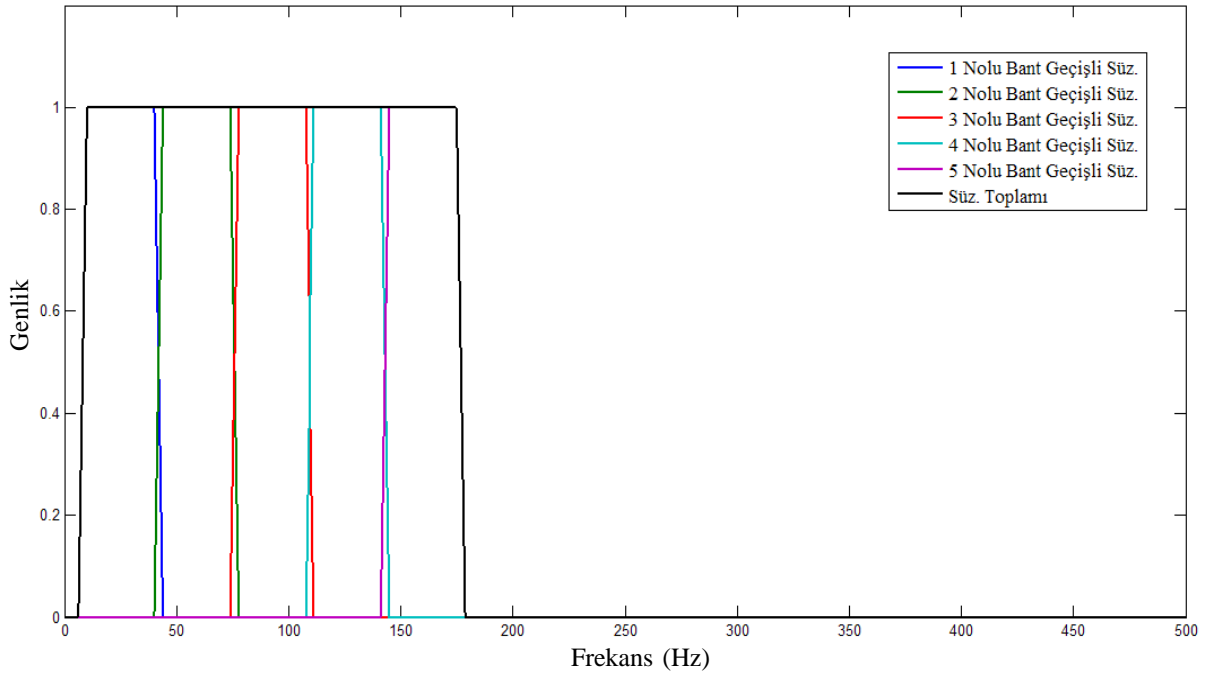
Şekil 44'de $F_{c1}=75$ Hz, $F_{c2}=150$ Hz, $F_{c3}=300$ Hz, $F_{c4}=375$ Hz kesme frekanslarına sahip yamuk tasarımı süzgeç gösterilmektedir. Geçirim bandının toplam bant boyuna oranı %50 olarak belirlenmiştir. Bu süzgeç yapısında 150-300 Hz arasında kalan bölüme dokunulmazken, 75-150 Hz ve 300-375 Hz arasında kalan bölge yavaşça sıfırlanır. Diğer bölgeler ise atılır.



Şekil 45. Frekans ortamında 10-175 Hz arasında 5 adet süzgeç kullanılarak elde edilen süzgeç yapıları

Şekil 45’de 10-175 Hz frekansları aralığında 5 adet süzgeç için sırası ile yamuk tasarımlı, yuvarlatılmış yamuk tasarımlı ve Gauss süzgeç yapıları gösterilmektedir. Şekil 45’de dikkat edilmesi gereken husus bant geçişli süzgeç yan bantlarının birbirlerini kestiği noktanın değeridir. Genel olarak yan bantların birbirlerini tam olarak ortadan kesmeleri istenir. Şekil 45a, b’de bu durum istenilen gibidir. Bu sayede süzgeç yapısının ağırlıklandırması verilen frekans bölgesi aralığında 1’e eşit olur.

Şekil 46’da 10-175 Hz frekans aralığı için ZDSB işleminde kullanılmak üzere beş adet süzgeç için yapılan tasarım gösterilmektedir. Şekilde mavi, kırmızı yeşil, bordo ve tukuaz renkli çizgiler tasarlanan süzgeç yapılarını, siyah çizgi ise süzgeç yapılarının frekans ortamı değerlerinin toplamını göstermektedir. Dikkat edilecek olursa süzgeç katsayılarının toplamının sonucu 10-175 Hz arasını süzmek için oluşturulan yamuk tasarımlı bant geçişli süzgeç yapısı ile aynıdır.



Şekil 46. ZDSB tekniğinde bant geçişli süzgeçlerin ağırlıklandırmaları

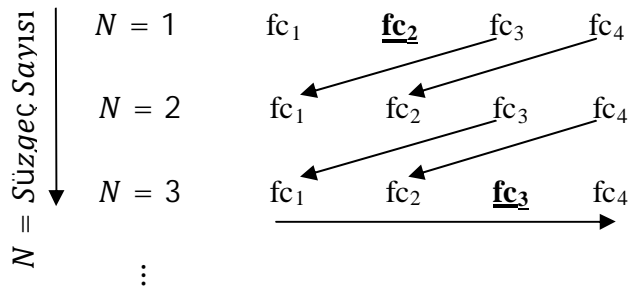
ZDSB için süzgeç tasarımı yapılırken arzu edilen süzgeçlerin yan bandını her zaman aynı noktadan kesmesidir. Bu sayede frekans bölgelerinin ağırlıklandırılmasında herhangi bir düzensizlik olmaz. Şekil 46’da gösterilen bant geçişli süzgeçlerin kesme frekansları değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. ZDSB işleminde kullanılmak üzere tasarlanan bant geçişli süzgeçlerin kesme frekansı değerleri

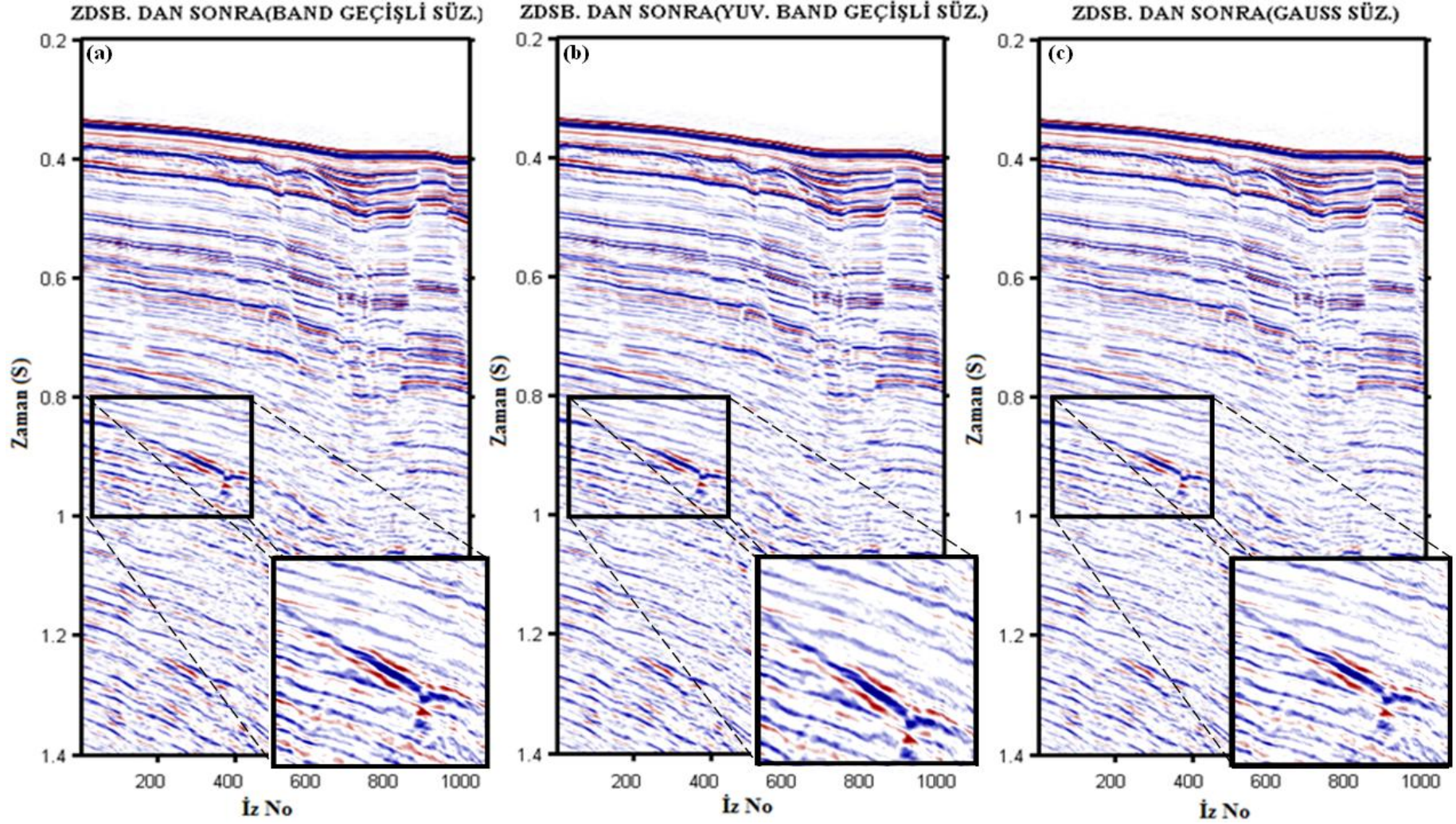
FC₁ (Hz)	FC₂ (Hz)	FC₃ (Hz)	FC₄ (Hz)
6.25	<u>10</u>	40	43.75
40	43.75	73.75	77.75
73.75	77.75	107.50	111.25
107.50	111.25	141.25	145.00
141.25	145.00	<u>175.00</u>	178.75

Tablo 3’de gösterilen süzgeçlerin kesme frekansları *MatLab* ortamında yazılan program yardımıyla otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bu işlemi gerçekleştiren *MatLab* programı Ek 2’te verilmiştir. Dikkat edilirse ZDSB tekniği için belirlenen en düşük frekans ilk süzgecin fc_2 frekansı ve en yüksek frekans ise en son süzgecin fc_3 frekansına eşittir. Bu şekilde verilen frekans aralığı için ZDSB tekniğinde kullanılmak üzere n adet bant geçişli süzgeç tasarlanabilir.

ZDSB işleminde kullanılan süzgeçlerin yan bantlarının çapraz kesişme şeklinde olması kesme frekanslarının buna uygun olarak hesaplanması ile sağlanmaktadır. Şekil 46 frekans ortamı görünümü ve Tablo 3’de kesme frekansı değerleri verilen süzgeç yapıları incelendiğinde bant geçişli süzgeçlerin kesme frekansları değerlerini bir matris olarak düşünersek aşağıdaki ilişki elde edilir.



$$N=1 \text{ için } fc_2 = f_{\min} \text{ ve } N=\text{Süz Say. İçin } fc_3 = f_{\max}$$



Şekil 47. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç yapıları ile kullanılması. Örnekleme aralığı 1 msn ve 1000 adet iz kullanılmıştır. a) Bant geçişli süzgeç yapısı, b) yuvarlatılmış bant geçişli süzgeç yapısı, c) Gauss süzgeç yapısı

Şekil 47’de bant geçişli, yuvarlatılmış bant geçişli ve gauss süzgeç yapıları kullanılarak aynı parametrelere göre ZDSB işlemi uygulanmıştır. 10-175 Hz arası için ZDSB işlemi uygulanmış beş adet süzgeç kullanılmıştır. Süzgeç yapılarının frekans ortamı görünümü şekil 45’de verilmiştir. Şekil 47’de gösterilen kesitin kayıt süresi 2 sn olmasına karşın yansımaların gözlemlenmesini kolaylaştırmak için 0.2 – 1.4 sn aralığı çizilmiştir.

Şekil 47’de verilen kesitler incelendiğinde farklı süzgeç yapıları kullanılmasına rağmen kesitler arasındaki fark ancak daha lokal bölgelerde kendini göstermektedir. Bu farkın az olduğu ve kesitin tamamında kendini açık bir şekilde göstermediği görülmektedir.

Bunun sebebi kullanılan süzgeç yapılarının birbirlerine benzer olmasından kaynaklanmaktadır. Gauss süzgeç yapısı ile yuvarlatılmış bant geçişli süzgeç yapıları birbirine yakın süzgeç yapılarıdır. Bununla birlikte yuvarlatılmış bant geçişli süzgeç yapısı, yamuk şekilli bant geçişli süzgeç yapısının yuvarlatılması ile elde edilir. Bu süzgeç yapısında kullanılan yuvarlatma operatörü küçük seçildiğinde süzgeç grubu yamuk şekilli süzgece yaklaşmakta, büyük seçildiğinde ise Gauss süzgeç yapısına yaklaşmaktadır.

Farklı süzgeç yapılarının ZDSB işleminde sonuca etki etmesinin sebebi süzgeç yapılarının frekans ortamında verinin istenilen kısmını ayırması sırasında kesme etkisi oluşturmasından kaynaklanmaktadır. ZDSB işleminde bir dizi bant geçişli süzgeçleme işlemi kullanıldığından dolayı farklı süzgeç yapılarının oluşturdukları kesme etkileri kesit üzerinde daha belirgin olarak görünmektedir.

2.2.2. Süzgeç Sayısı

ZDSB tekniğinin kesite uygulanma süresini en çok etkileyen parametre süzgeç sayısıdır. Bu tekniğe göre önceden belirlenmiş kesme frekanslarına göre n adet süzgeç için veri çıkışı elde edilir. Sadece bir iz için süzgeç sayısı kadar süzölmüş iz elde etmiş oluruz. Klasik uygulamaya göre n adet iz sinyalin yuvarlatılmış zarfı ile çarpılır.

Süzgeç sayısını belirlemede en önemli kriter, yöntemin uygulanacağı bant genişliğidir. Bant genişliğine bağlı olarak süzgeç sayısı azaltılabilir ya da artırılabilir. Yöntemin başarısı için geniş bant aralığı yerine, dar bant aralığına sahip bant geçişli süzgeç yapıları kullanılmalıdır. Dar bant aralığının kullanılmasının tavsiye edilmesinin sebebi, beyazlatma uygulanması istenen aralıktaki frekans bölgeleri için daha yoğun şekilde dengeleme işlemi yapılmasından kaynaklanır. Bu sayede iz içerisinde var olan düşük genlikli olaylar güçlendirilirken, yüksek genliğe sahip olayların genliği dengelenir. Yani spektral

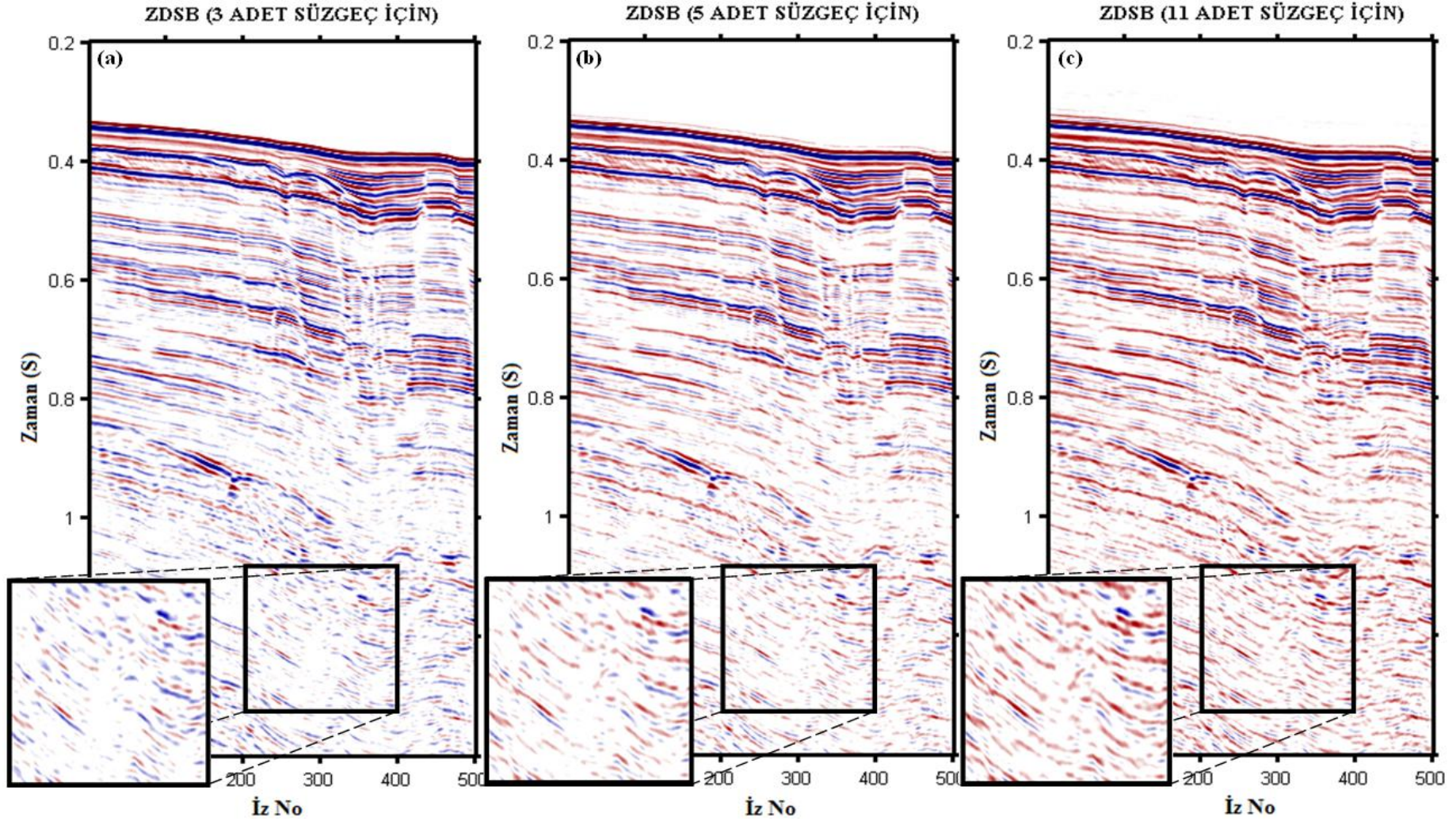
dengeleme işlemi yapılmış olunur. Bu sayede soğurmanın etkileri giderilmeye en azından azaltılmaya çalışılır.

Aynı bant aralığı için kullanılan süzgeç sayısı arttırıldıkça her bir süzgecin bant genişliği azalacaktır. Aynı frekans bant aralığı için süzgeç sayısı ile süzgeçlerin bant genişliği arasında ters orantılı bir ilişki söz konusudur. Örnek olarak 10-175 Hz arası için beş adet süzgeç kullanıldığında her bir süzgecin geçirim bandının boyu 30 Hz olur. Buna karşın aynı frekans aralığı için üç adet süzgeç kullanıldığında her bir süzgecin geçirim bandının boyu 50.72 Hz olarak belirlenir.

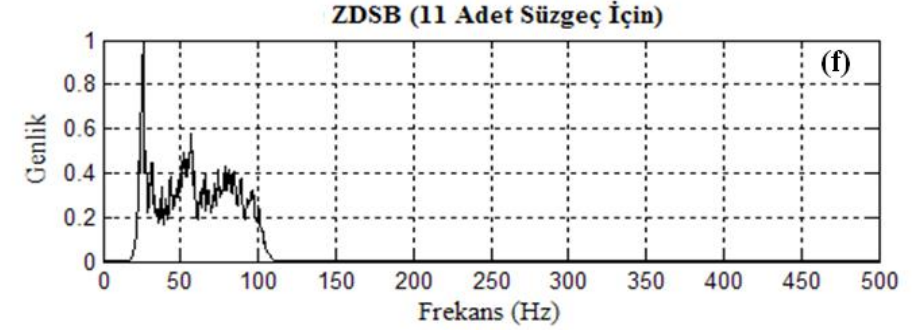
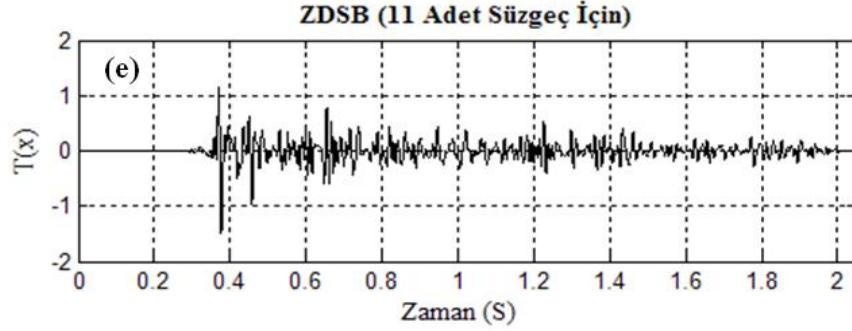
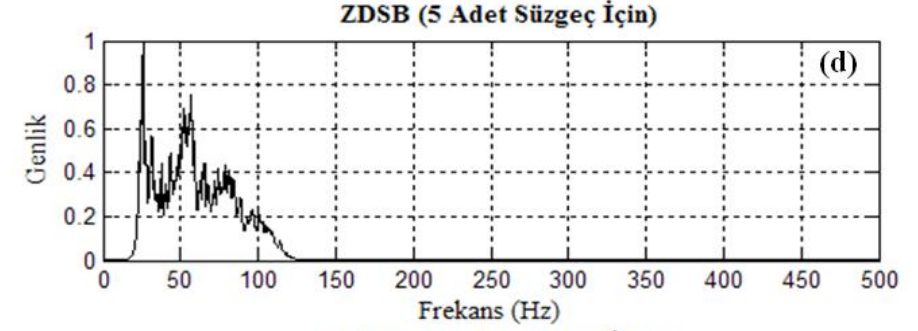
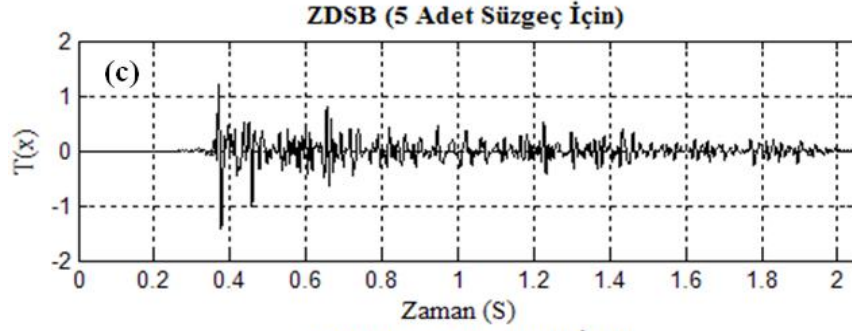
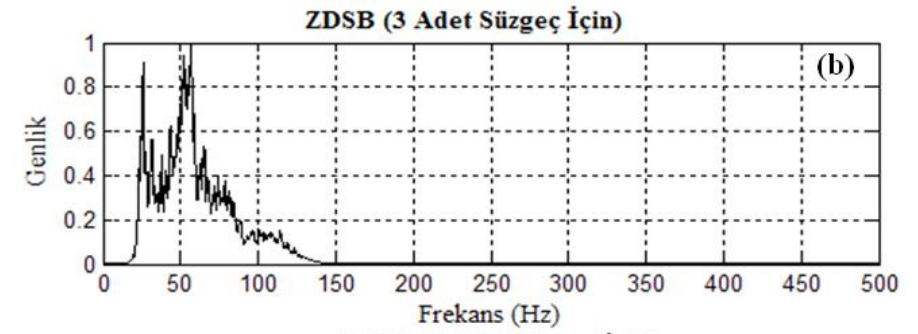
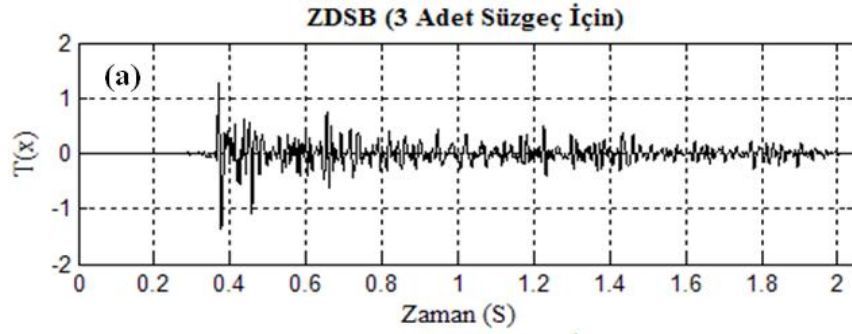
Süzgeç sayısının bundan farklı olarak spektral dengeleme üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Süzgeç sayısının arttırılmasıyla sinyalin düşük genlikli olaylar ile yüksek genlikli olaylar arasında bulunan genlik farkı daha iyi bir şekilde dengelenmeye çalışılır. Böylelikle zaman ortamında daha geç zamanlarda bulunan yansımalar daha iyi görülebilecektir. Fakat süzgeçlerin bant genişlikleri belirli bir değerin altına düştüğü zaman süzgeç sayısı ne kadar arttırılırsa arttırılsın ZDSB uygulanmış iz üzerinde belirgin bir iyileştirme meydana gelmeyecektir. Buna karşın işlem süresi ve hesaplamaları geometrik olarak artacaktır. Bu pratikte yöntemin uygulanabilirliği açısından önemli bir dezavantajdır.

Burada süzgeç sayısının maksimum değeri, süzgecin ana bant genişliğine bağlı olarak belirlenmelidir. Bant genişliği yapılan uygulamalarda 30-40 Hz altına indiğinde işlemin uygulanma süresinin aşırı derecede artması ve yüksek bilgisayar işlem gücüne ihtiyaç duymasına karşın iz üzerinde belirgin bir iyileştirme gözlemlenmemiştir. Şekil 48'de 20-100 Hz arası için ZDSB tekniği uygulanmıştır. İlk kesitte ZDSB için üç adet süzgeç, ikinci kesitte beş adet süzgeç ve üçüncü kesitte on bir adet süzgeç için işlem uygulanmış olup, sonuçlar Şekil 48 ve Şekil 49'da verilmektedir. Şekil 48'de 500 adet iz için teknik uygulanmıştır. Şekil 49'da ise şekil 48'de verilen kesitin orta izi ve frekans ortamı görünümü gösterilmektedir. Şekil 48'de verilen kesit incelendiğinde daha fazla süzgeç sayısı kullanılması yansımaların daha belirgin bir şekilde gözlemlenmesinde etkilidir. Özellikle derin yansımalar üzerinde önemli katkılar sağlanmıştır.

Şekil 48 incelendiğinde süzgeç sayısının arttırılması ile daha yüksek yanal ve düşey ayrımlılığın elde edildiği söylenebilir. İzden ize varlığını sürdüren yansıma grupları üç kesitte de takip edildiğinde, devamlılığın en iyi olduğu kesitin son kesit olduğu



Şekil 48. 10-100 Hz aralığında zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç sayılarıyla uygulanması. Örnekleme aralığı 1 msn ve 500 adet iz kullanılmıştır. a) $n=3$, b) $n=5$, c) $n=11$ adet süzgeç için ZDSB uygulamaları



Şekil 49. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı süzgeç sayıları için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

anlaşılmaktadır. Bununla beraber sinyalin erken zamanları için kesitler karşılaştırıldığında (0.3-0.8 sn arası) aynı etkinin görülmesine rağmen; teknik kesitin bu bölgesinde bulunan yansımaların genliklerinin yüksek olmasından dolayı belirgin bir fark ortaya koyamamıştır.

Şekilde 200-400 izleri ve 1.1-1.3 sn arası büyütülerek süzgeç sayısının değiştirilmesinin etkileri daha açık bir şekilde gösterilmeye çalışılmıştır. Fark bu bölgede açıkça görülmektedir. Süzgeç sayısı arttıkça spektral dengeleme işlemi daha etkili bir biçimde yapılmaktadır.

Şekil 49'da daha önce Şekil 48'de verilen kesitin orta izinin zaman ve frekans ortamı görünümü verilmektedir. Karşılaştırma tek bir iz için yapıldığında farkın açık bir şekilde gözlemlenememesine karşın izlerin genlik spektrumları her şeyi net bir biçimde gösterilmektedir. Dar bant geçişli süzgeç kullanımı ZDSB tekniğinin daha etkili bir biçimde uygulanmasını sağlamaktadır.

2.2.3. Kesme Frekansı Üst Sınırının Belirlenmesi

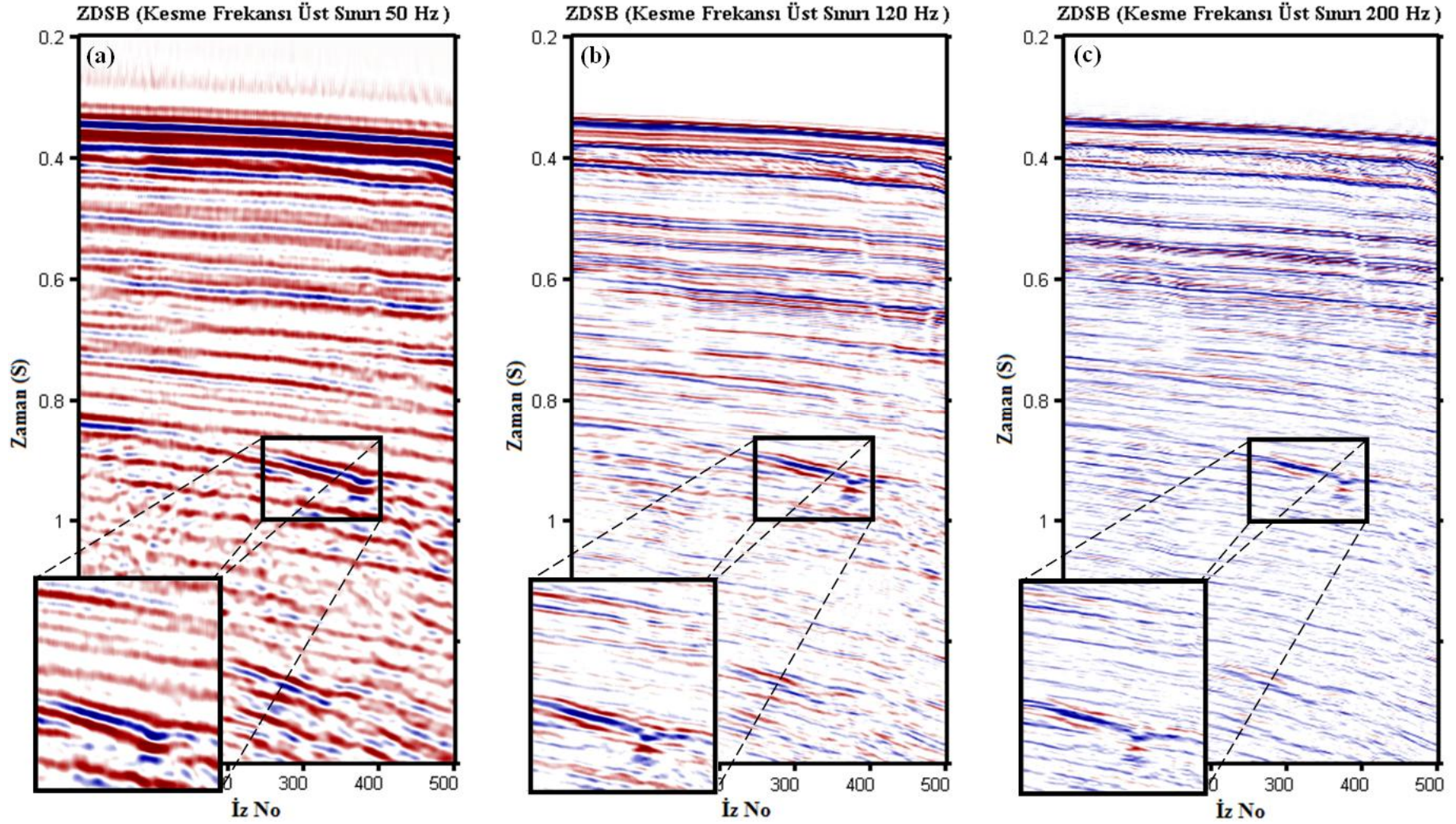
Zaman değişken spektral beyazlatma yöntemi frekans ortamında uygulanmakta olup, belirli bir bant aralığı için gerçekleştirilen bir veri işlem tekniğidir. Bu özelliği yöntemin farklı karakteristik özelliklerine sahip kesitler üzerinde başarı ile uygulanmasını sağlamaktadır.

ZDSB uygulanacak verinin genlik spektrumuna bakarak, yöntemin hangi frekans aralığına uygulanacağı kararlaştırılabilir. Bu şekilde veri içerisinde bulunan gürültü ve istenmeyen etkilerin (gürültünün genlik spektrumu ile verinin genlik spektrumu frekans ortamında birbirinde ayrılabilir ise) işleme etkisi en az seviyeye indirgenmiş olur.

ZDSB tekniğinin bu özelliği yöntemin başarısı açısından oldukça önemlidir. Zira bu sayede tekniğin uygulanacağı bant aralığı dışında kalan etkilerin yansımaları bozması engellenmiş olur.

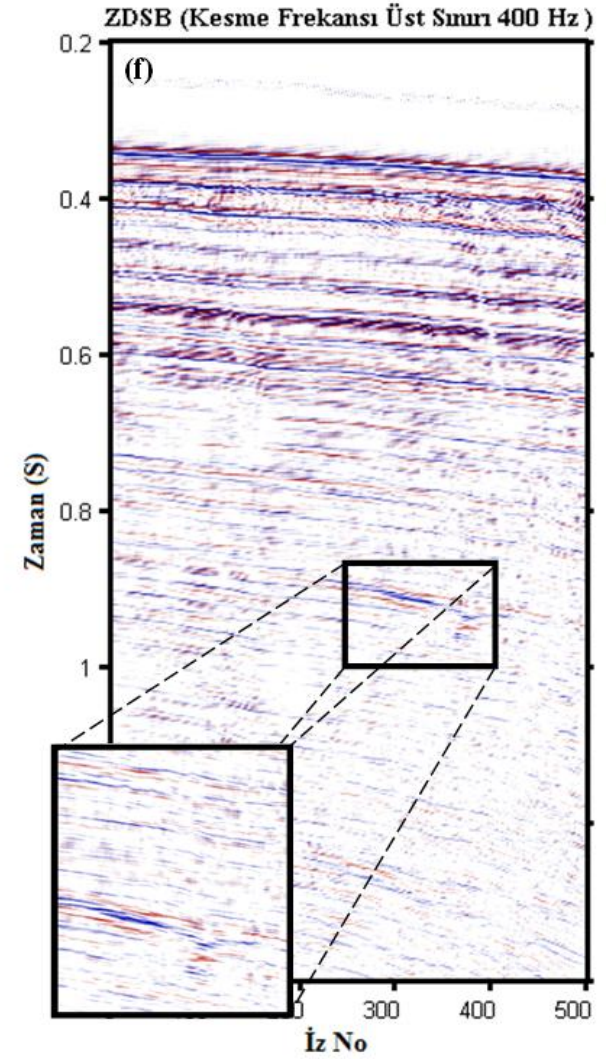
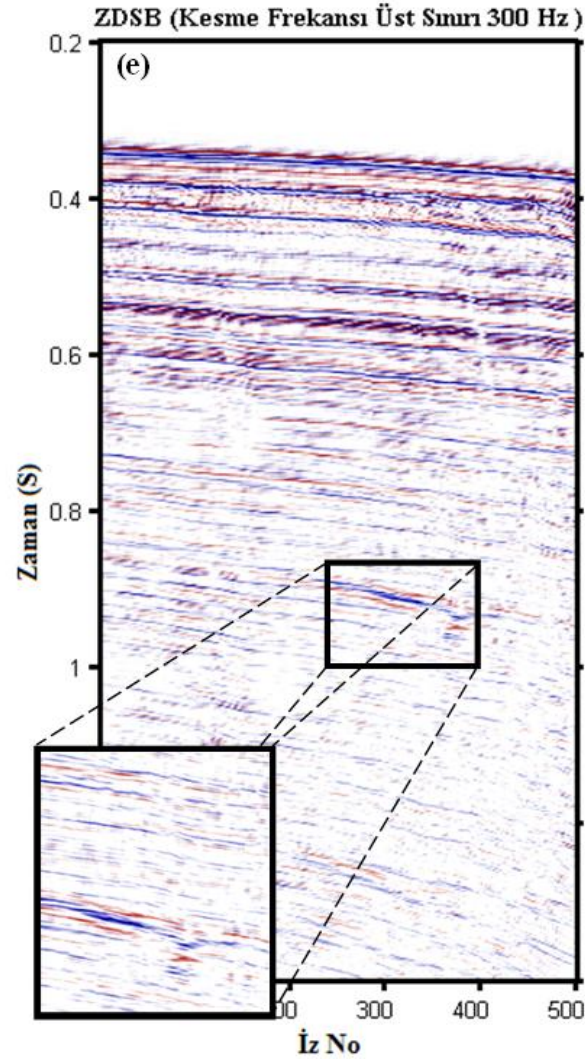
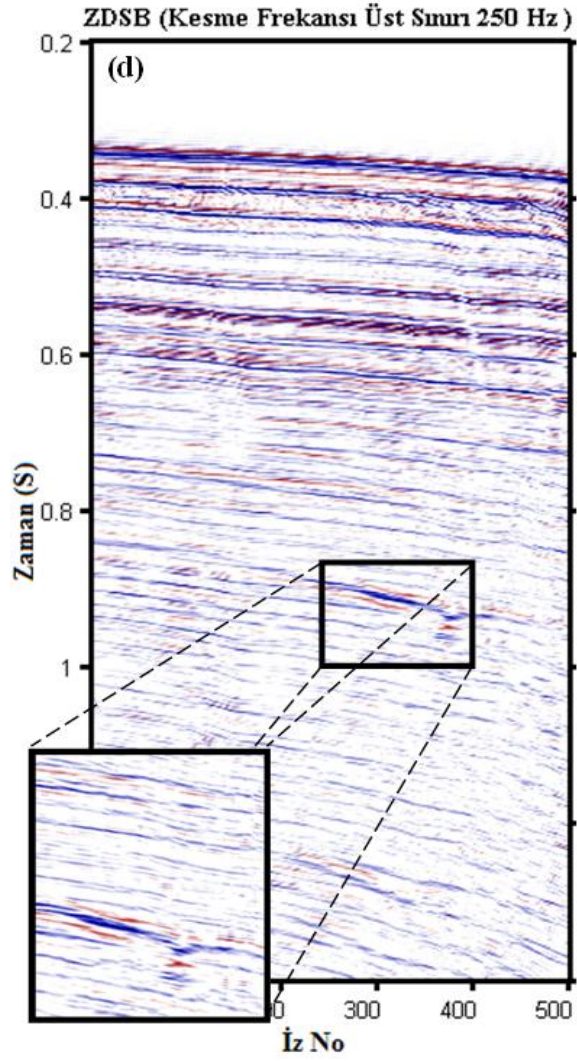
ZDSB tekniğini uygulamadan önce kullanıcının bant aralığını belirlemesi gerekmektedir. Bilindiği gibi frekans ortamında geniş frekans bandına sahip olan veriler zaman ortamında daha yüksek düzey ayrımlığa sahiptirler. Bu nedenle verinin bant aralığı seçilirken veri kaybı oluşturmayacak şekilde bir bant genişliği seçilmelidir.

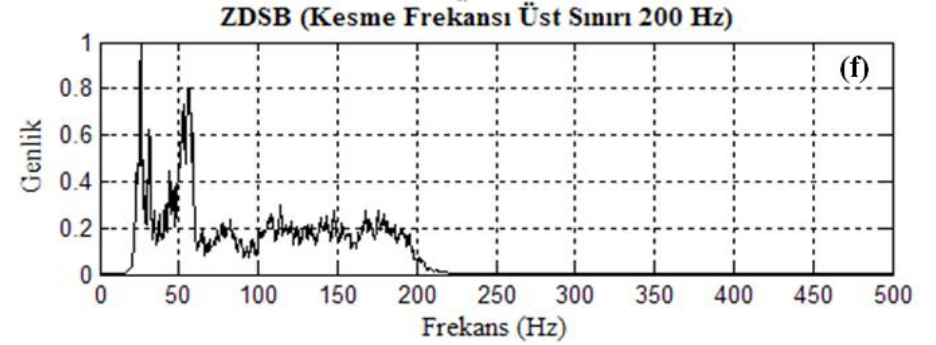
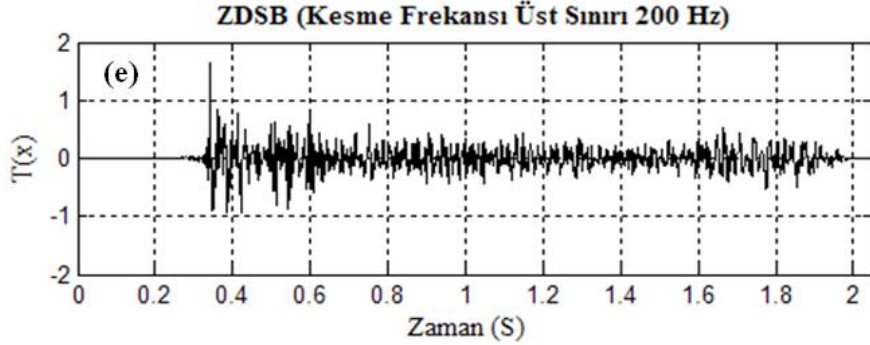
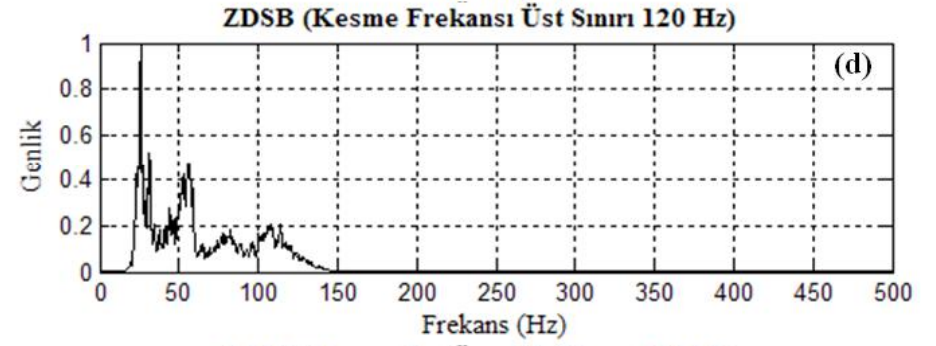
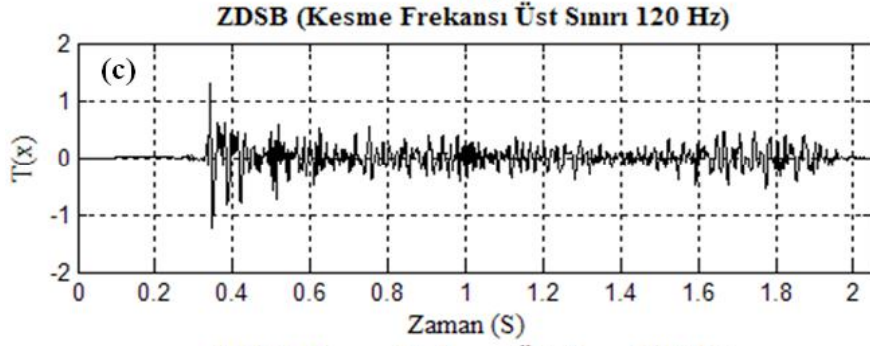
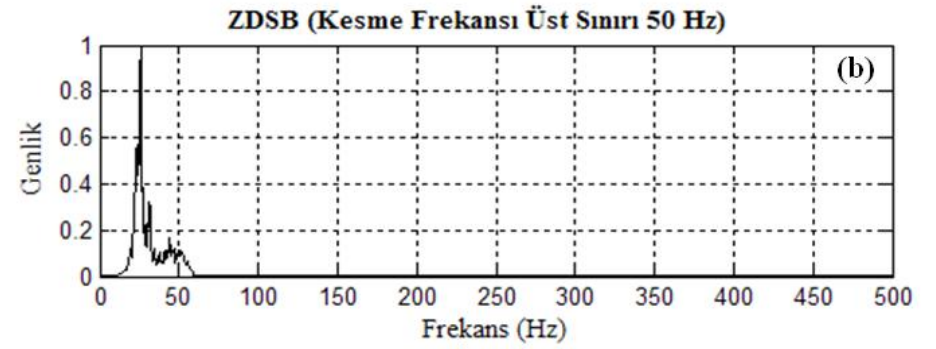
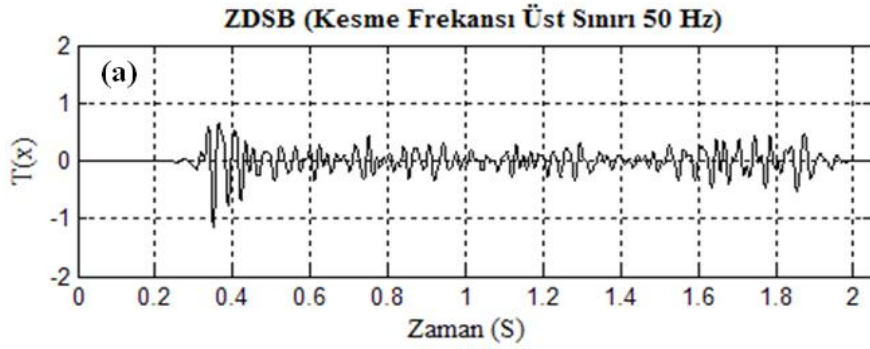
Şekil 50 ve Şekil 51'de farklı kesme frekansı üst sınırı değerleri için ZDSB tekniği uygulanmıştır. Şekil 50a'da 50 Hz, Şekil 50b'de 120 Hz, Şekil 50c'de 200 Hz, Şekil



Şekil 50. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı üst sınırı değerleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 msn ve 500 adet iz kullanılmıştır. Kesme frekansı üst sınırı a) 50 Hz, b) 120 Hz, c) 200 Hz, d) 250 Hz, e) 300 Hz ve f) 400 Hz

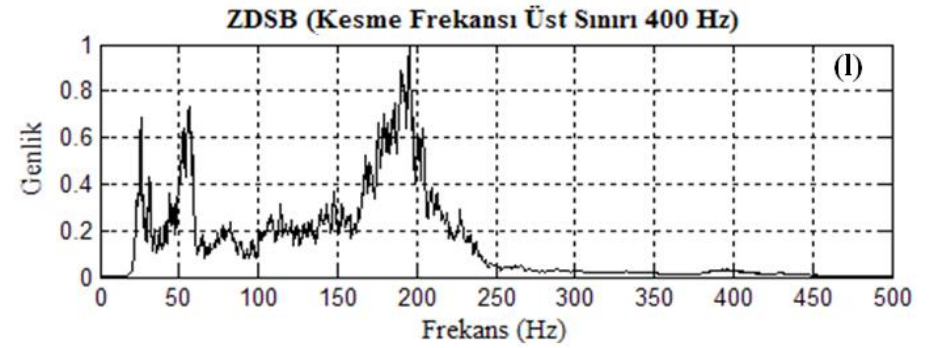
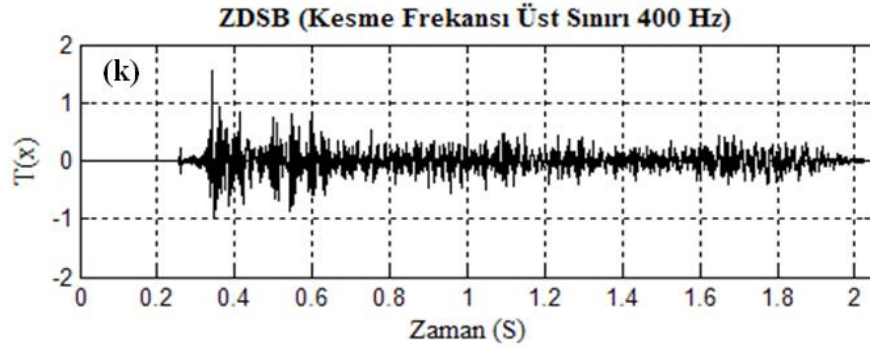
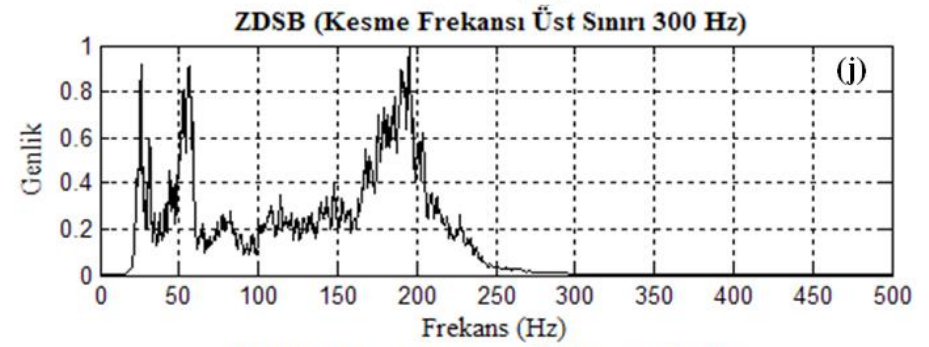
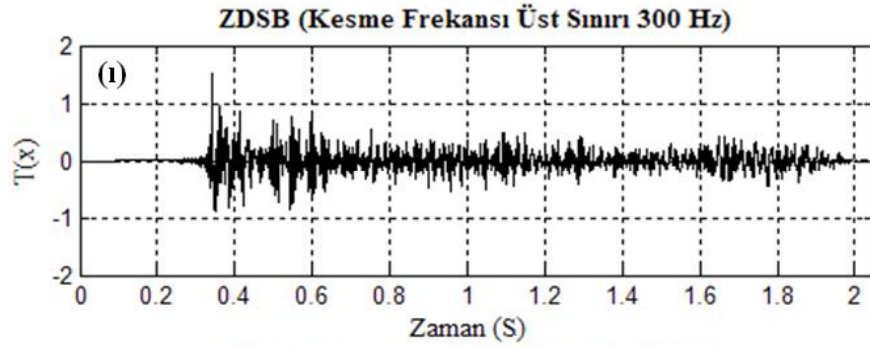
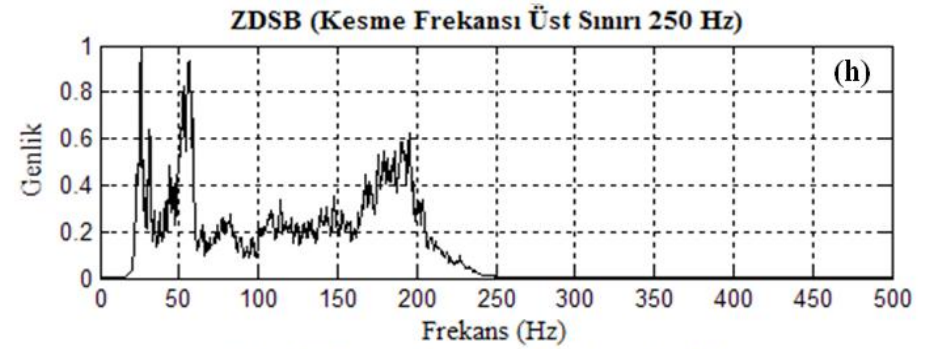
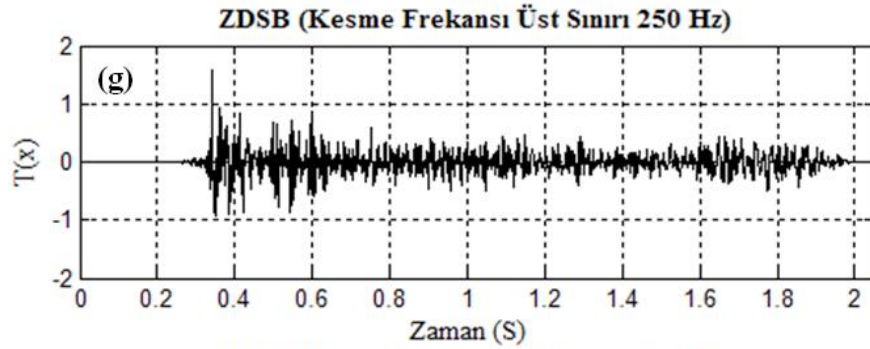
Şekil 50'nin devamı:





Şekil 51. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı üst sınırı değerleri için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

Şekil 51'in devamı:



50d'de 250 Hz, Şekil 50e'de 300 Hz ve Şekil 50f'de 400 Hz için ZDSB tekniği doğru orantılı olarak yansımalar daha sık bir hale gelmiştir (yansımalar giderek iğnecik şeklini almaktadır).

Ancak verinin bandının dışına çıkılıp aslında gerçekten bilgi içermeyen kısımlar için de teknik uygulanırsa düşük genlikli yansıma olayları yerine gürültüler güçlendirilir. Bundan dolayı yansımalar bozulur ve takip edilemezler. Şekil 50d, e, f'de verinin doğal bandını aşan kesme frekansı üst sınırı değerleri için uygulanmış ZDSB tekniği sonuçları gösterilmektedir. Veri içerisinde bulunan gürültü içeriğinin bu şekilde güçlendirilmesi kesitin tamamında bozucu bir etki oluşturur. Verideki gürültü içeriğinin güçlendirilmesinin kesit üzerindeki etkisi net bir biçimde görülmektedir.

uygulanmıştır. Kesitler dikkatlice incelenecek olursa bant genişliğinin artması daha yüksek ayrımlılık olarak kendini göstermektedir. Ancak kesme frekansı üst sınırı değerinin verinin doğal bandı içerisinde kaldığı sürece bu durum geçerlidir.

Şekil 50 ve Şekil 51'deki ZDSB uygulanmış verinin ilk üç tanesi için kesme frekansı üst sınırı değeri verinin gerçek bandı içinde, sonraki üç tanesi için ise bandı dışında olacak şekilde seçilerek ZDSB tekniği uygulanmıştır. Kesitler ve izler bu açıdan değerlendirildiğinde, verinin doğal bandına ulaşana değin kesit ayrımlılığı doğrusal olarak artmaktadır. Şekil 50a'da ZDSB uygulanmış kesit incelendiğinde görünüm olarak daha iyi bir izlenim vermesine karşın sinyal içerisinde var olan bilginin önemli bir kısmı yöntemin kesme frekansı üst sınırı değerinin gereğinden düşük seçilmesinden dolayı atılmıştır. Buradan ZDSB tekniğinin verilen bant aralığı için aynı zamanda bir bant geçişli süzgeç gibi davrandığı sonucu elde edilmektedir. Kesme frekansı üst sınırı değerinin artmasıyla

Şekil 51'de ise daha önce Şekil 50'de verilen kesitin orta izinin zaman ve frekans ortamı görüntüleri gösterilmiştir. İzin frekans ortamı görünümü en yüksek kesme frekansının doğru seçilmesinin ZDSB tekniğinin başarısını ne derecede etkilediğini göstermektedir. Frekans ortamı görüntüleri karşılaştırılacak olursa Şekil 51b'de verilen dar bant spektrumunun zaman ortamı karşılığı (Şekil 51a) daha az ayrımlılığa karşılık geldiği netçe gösterilmiştir. Şekil 51h, j, l'de verilen yüksek gürültü içeren spektrumların zaman ortamı incelendiğinde gözlemlenmesi arzu edilen yansımaların gürültü oranının yüksek olması sebebiyle gözlemlenemediği belirlenir.

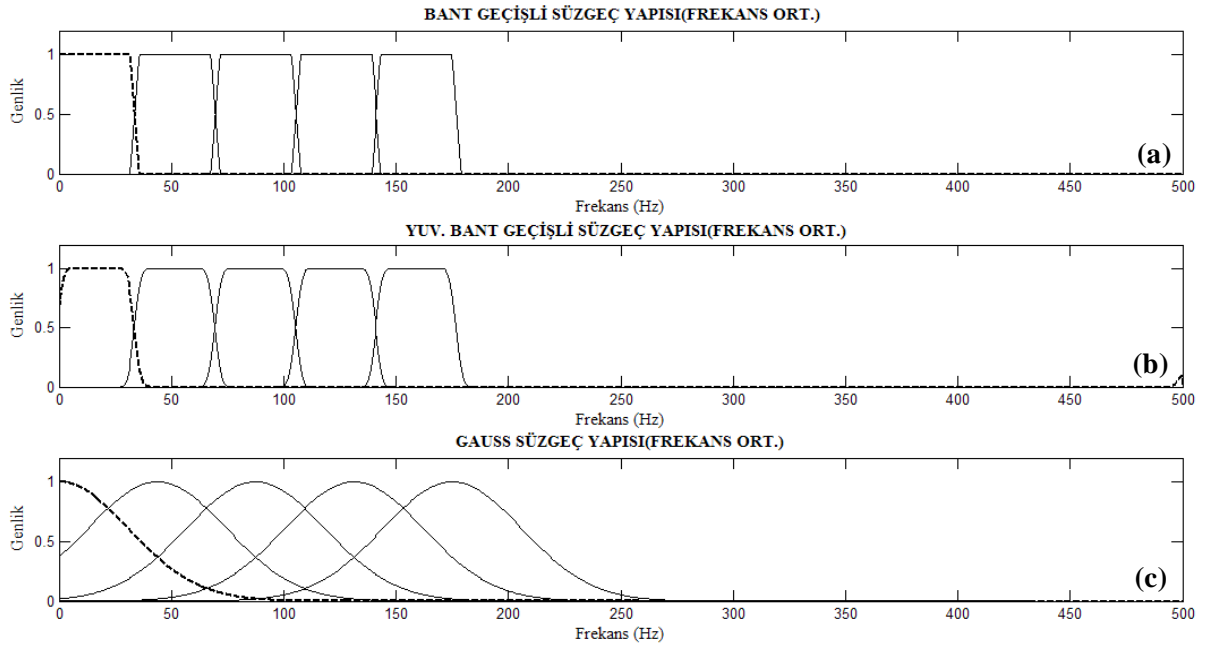
Kesme frekansı üst sınırı değerinin düşük veya yüksek seçilmesi durumunda kesit üzerinde ayrımlılığın düşmesine ve yansımaların gözlemlenememesine sebep olduğu Şekil 50'de verilen kesitlerde net bir biçimde gözlenmektedir. Bu amaçla ZDSB tekniği

uygulanırken verinin doğal spektrumu bandın içerisinde kalacak şekilde kesme frekansı üst sınırı değerinin belirlenmesi tekniğin verinin uygun bant aralığını için uygulanmasını sağlayacaktır.

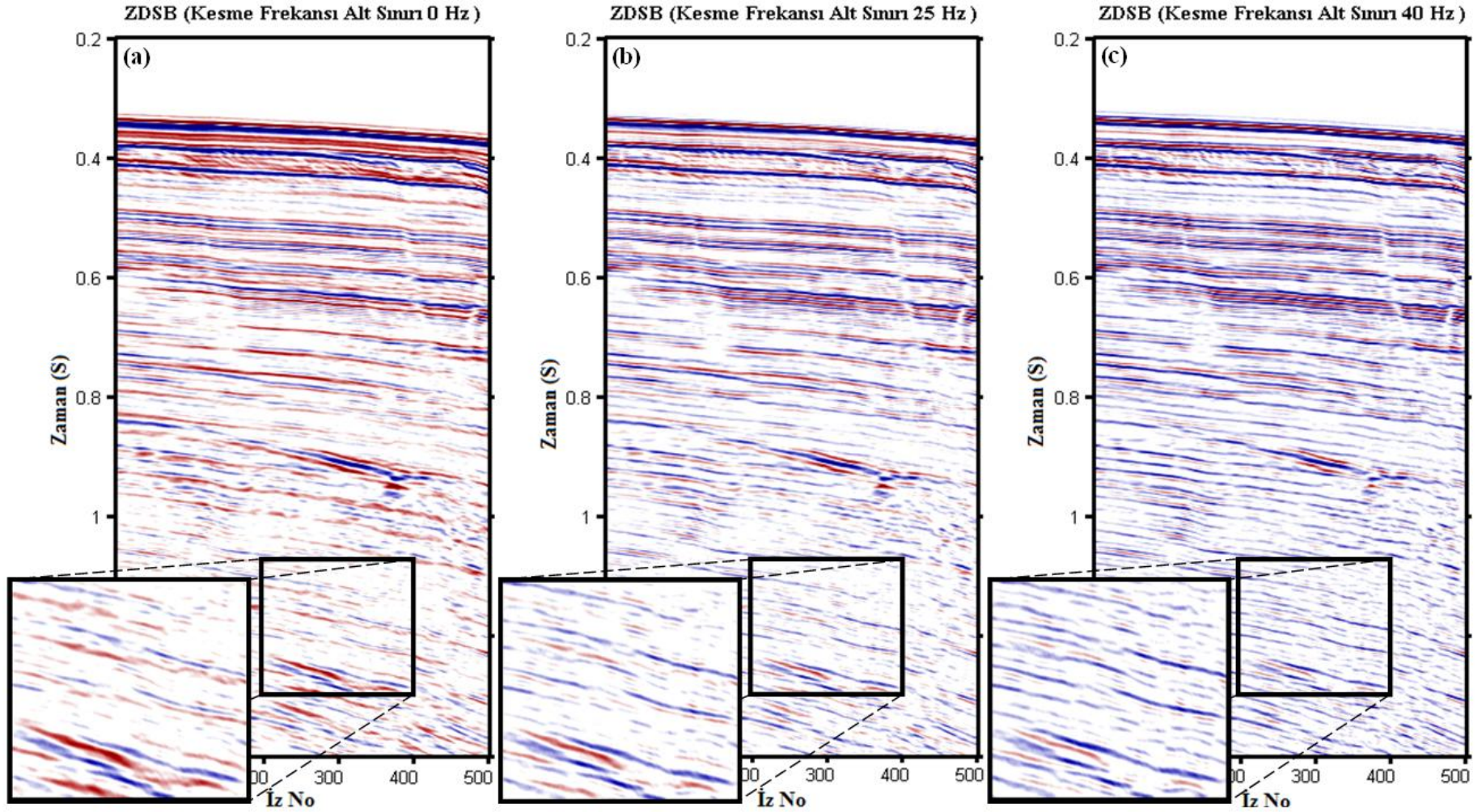
2.2.4. Kesme Frekansı Alt Sınırının Belirlenmesi

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği bir dizi bant geçişli süzgeç yapısı ile verilen bir bant geçişli için spektral beyazlatma işlemi uygulandığından dolayı kesme frekanslarının üst ve alt sınırı değerlerinin verilmesi gereklidir. Zaman değişken spektral beyazlatma işlemi uygulanırken kesme frekansı üst sınırı değeri genellikle (verinin bant içeriğine göre değişiklik gösterebilir) kısa bir aralık içerisinde değişim göstermektedir.

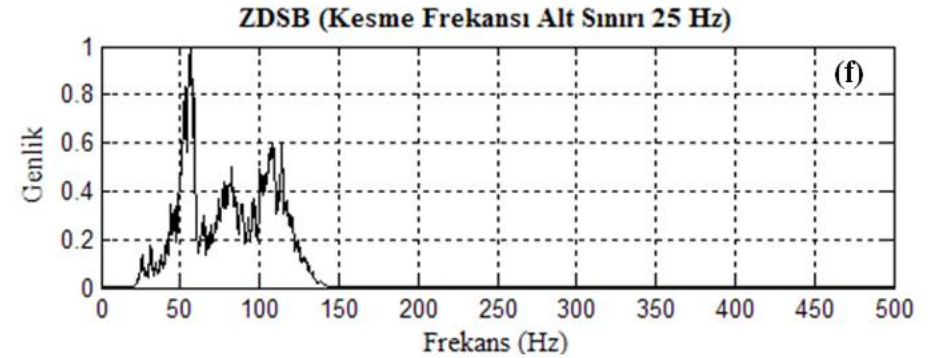
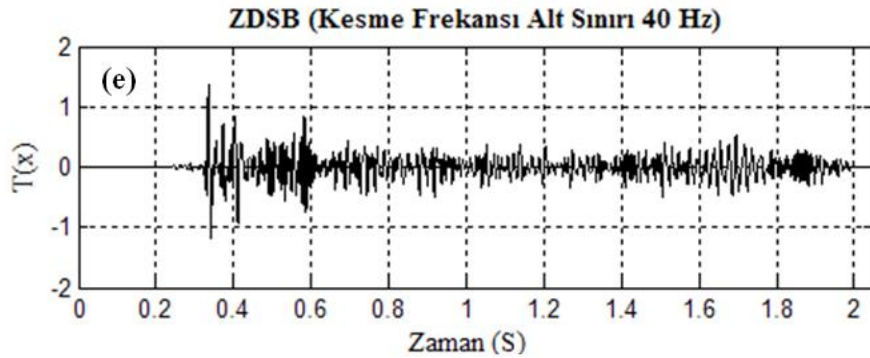
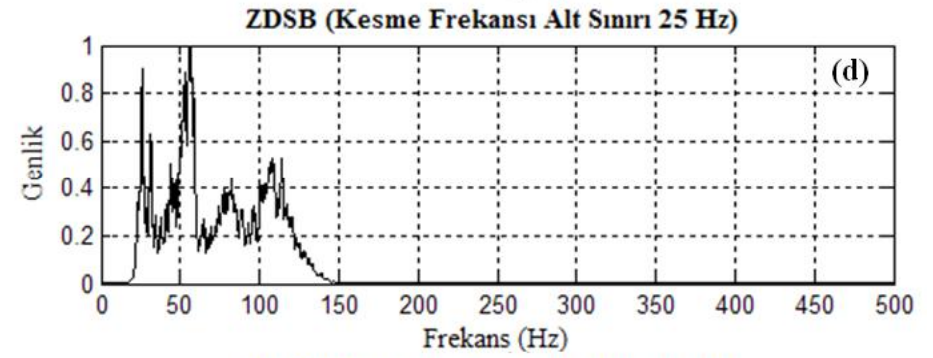
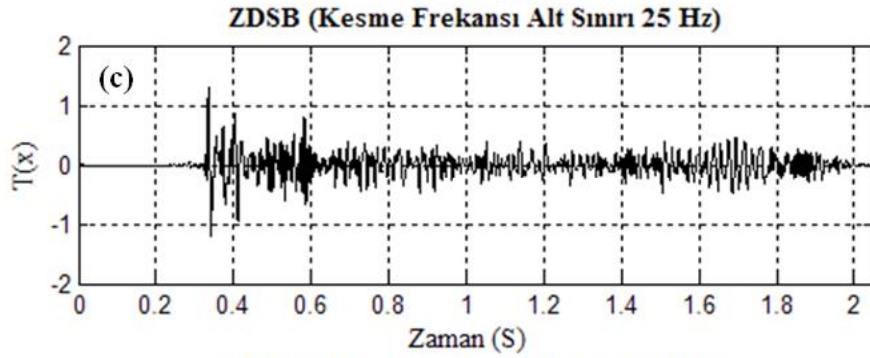
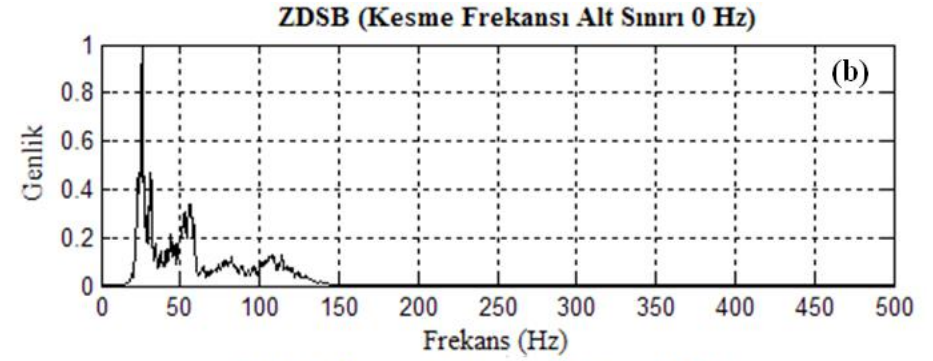
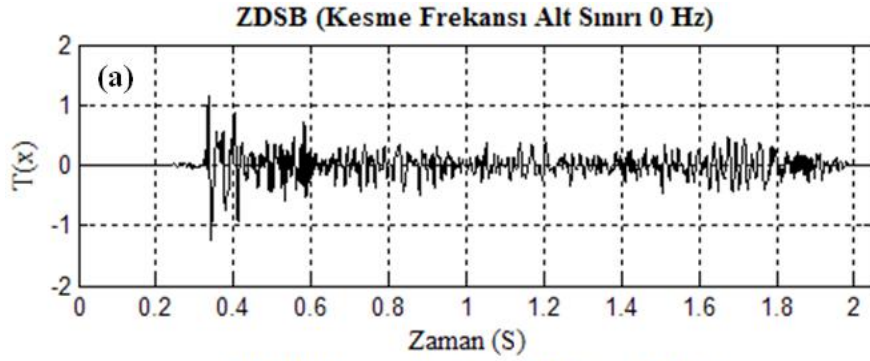
ZDSB tekniğinde alt kesme frekansı değeri sıfır seçildiğinde, ilk süzgeç yapısı alçak geçişli süzgeç olmalıdır. Bu durumda, ZDSB tekniğinin kullanılmasında bazı özel düzenlemeler gereklidir. Şekil 52’de kesme frekansı 0-175 Hz olan beş adet süzgeç için ZDSB süzgeci yapısı oluşturulmuştur. Daha önce şekil 45’de aynı parametreler için 10-175 Hz bant aralığında süzgeç yapıları verilmişti. İki şekilde verilen süzgeç yapıları karşılaştırılacak olursa



Şekil 52. 0-175 Hz arasında 5 adet süzgeç kullanılarak elde edilen süzgeç yapıları.



Şekil 53. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme frekansı alt sınırı değerleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 msn ve 500 adet iz kullanılmıştır. Kesme frekansı alt sınırı a) 0 Hz, (b) 25 Hz ve c) 40 Hz



Şekil 54. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı kesme alt sınırı değerleri için bir iye uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

Şekil 52’de verilen farklı özellikteki süzgeç dizilerinin ilki alçak geçişli süzgeç yapısında olduğu görülmektedir. Bant geçişli süzgeç dizisi üzerinde böyle bir düzenleme yapıldığı takdirde kesme frekansı değerinin başlangıcı istenildiği şekilde değiştirilebilir.

Bu düzeltmeye Gauss süzgeç yapısının algoritması gereği ihtiyaç olmamasına karşın bant geçişli süzgeç kullanılması durumunda kullanıcının müdahalesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Süzgeç yapılarının arzu edilen biçimde olabilmesi için, ilk bant geçişli süzgecin sol tarafının kesme frekansı değerine sahip alçak geçişli süzgeç yapısı oluşturulmalı ve bu süzgeç yapısı ile ilk bant geçişli süzgeç yapısı yer değiştirilmelidir. Bu sayede kesme frekansı alt sınırı değerinin sıfır seçilmesi durumunda süzgeç dizisinde oluşan düzensizlik giderilmiş olur.

Şekil 53 ve Şekil 54’de farklı kesme frekansı alt sınırı değerleri için ZDSB tekniği uygulanmış sonuçları zaman ve frekans ortamında gösterilmiştir. Şekil 50a’da kesme frekansı alt sınırı 0 Hz, Şekil 50b’de kesme frekansı alt sınırı 25 Hz ve Şekil 50c’de kesme frekansı alt sınırı 40 Hz için ZDSB tekniği uygulanmıştır.

Şekil 50a, Şekil 50b ve Şekil 50c incelendiğinde kesitler arasında düşey ayrımlılık bakımından önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Kesme frekansı alt sınırının farklı seçilmiş olmasına rağmen veri bandının önemli kısmı her üç kesitte de bant aralığı içerisinde kalmıştır. Fakat her üç kesite de süzgeç sayısının aynı kalmasına karşılık kesme frekansı alt sınırının farklı olmasından dolayı bant aralığında değişim oluşmuştur. Alt kesme frekansı arttıkça geçirim bandı boyunda azalmaya sebep olur. Ayrıca yansıma genlikleri de gelir, çünkü veriden düşük frekans bölgesinde atılan enerji miktarı artmıştır.

Kesme frekansı alt sınırının belirlenmesinde verinin bant spektrumunun korunmasına dikkat edilmelidir. Böylelikle veri içeriği korunurken sinyal/gürültü seviyesi de artırılmış olunur. Alt sınırın yüksek seçilmesi durumunda yatay ve düşey ayrımlılık üzerinde dezavantaj oluşturmaktadır.

2.3.5. Sinyal Zarfının Yuvarlatılması

ZDSB tekniğinin en önemli aşaması sinyalin zarfının hesaplanması ve yuvarlatılmasıdır. Sinyal zarfını yuvarlatmak amacıyla kullanılan yuvarlatma operatörünün boyu yuvarlatılma derecesini belirler.

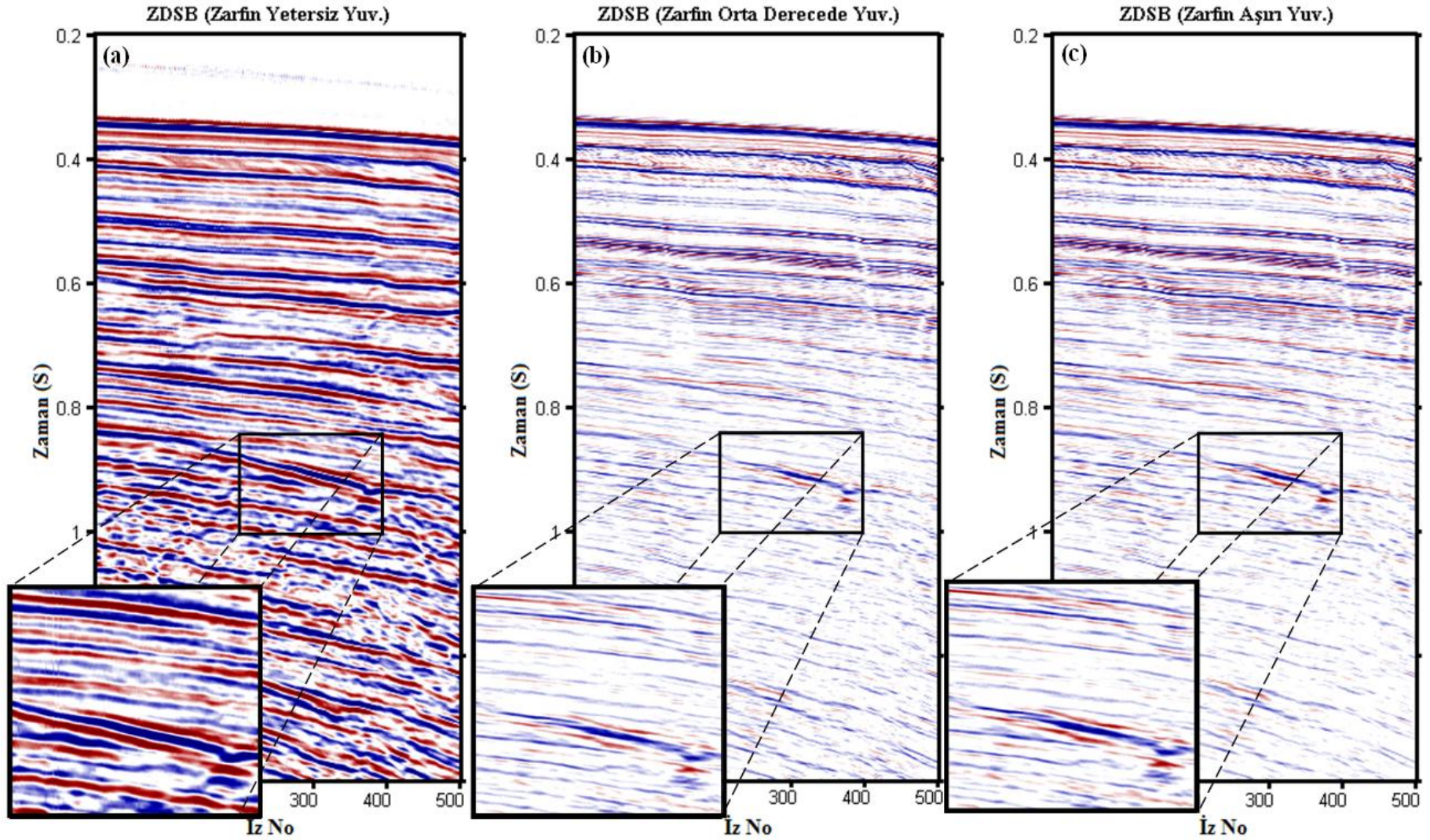
Zarfin yuvarlatılma derecesi yükseldikçe sinyal içerisinde var olan düşük genlikli olayların genlikleri artar. Bu sayede veri içerisinde spektral dengeleme işlemi uygulanmış olur. Spektral dengeleme işleminin etkinliği zarfı yuvarlatmak için kullanılan yuvarlatma operatörünün boyu ile kontrol edilir.

Zarfin yuvarlatılması derecesi verinin bant genişliğini buna bağlı olarak da kesitin yatay ve düşey ayrımlılığını kontrol etmektedir. Sinyal iyi bir şekilde yuvarlatılacak olursa düşük genlikli olaylar güçlenecek ve kesit üzerinde soğurma, geometrik açılım gibi nedenlerden dolayı takip edilebilirliği zorlaşan yansımaların görülmesi daha kolay bir hale gelecektir. Şekil 55 ve şekil 56'da farklı zarf yuvarlatma derecesi için ZDSB tekniği uygulanmış olup sonuçlar zaman ve frekans ortamında gösterilmiştir.

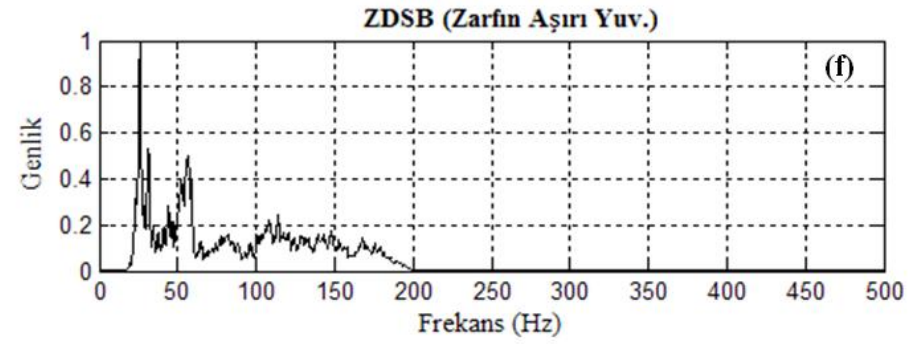
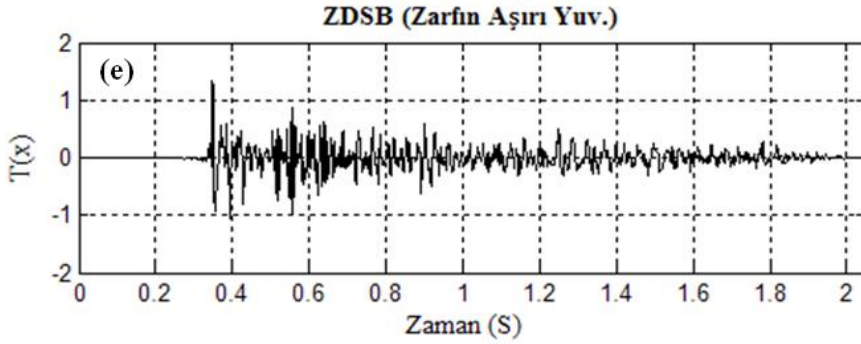
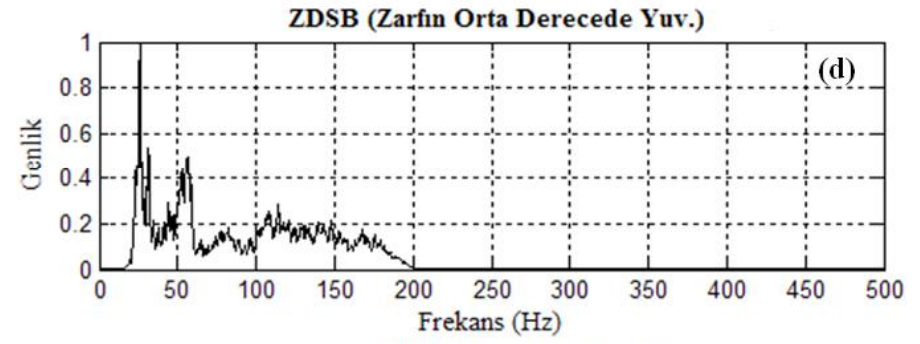
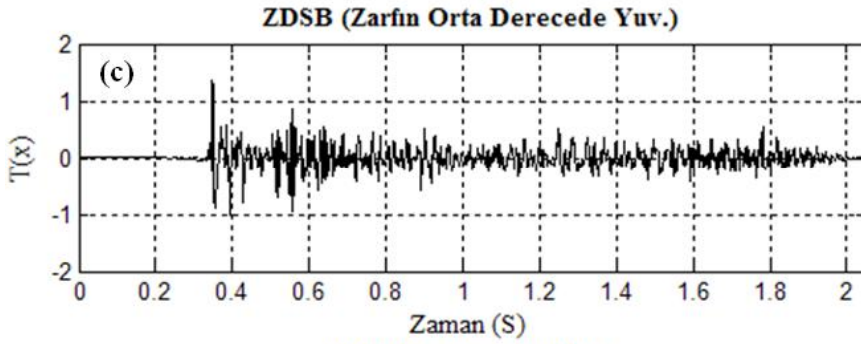
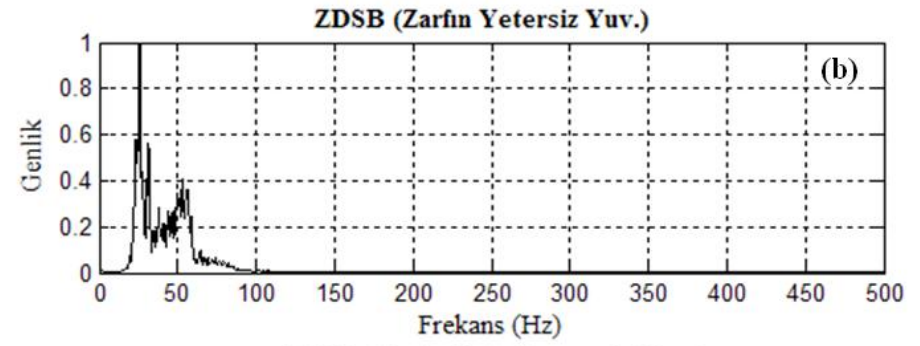
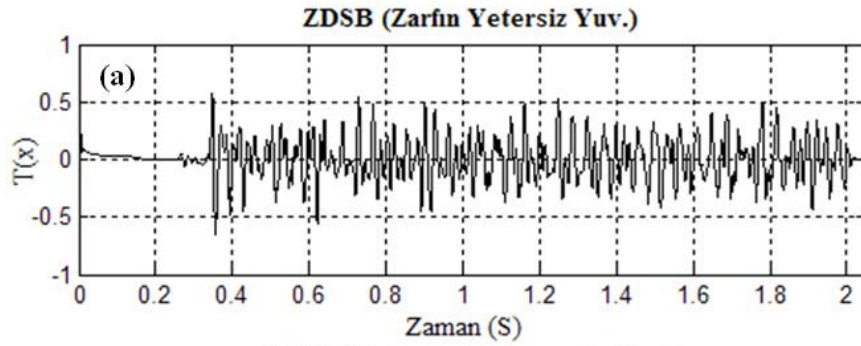
Sinyal zarfının yuvarlatılma derecesi yuvarlatma operatörünün boyu ile belirlenmektedir. Şekil 55a, Şekil 55b ve şekil 55c'de ise sinyalin zarfı sırası ile yuvarlatma operatörü boyu veri boyunun $1/4$ (yetersiz), $1/3$ (orta) ve $1/2$ (aşırı) olarak seçilmiştir.

Şekil 55a'da sinyal zarfının yeteriz yuvarlatılması durumundanda spektral bant üzerinde arzu edilen etkiler gözünememektedir. Sinyalin zarfı yeterince yuvarlatılmadığından dolayı, seçilen bant aralığı üzerinde düşük genlikli olayları güçlendirmek yerine tam tersi olarak olayların daha da zayıflamasına sebep olmuştur. Bu sebepten dolayı bant genişliği önemli ölçüde daralmıştır. Bu etki tıpkı kesme frekansı üst sınırının düşük seçilmesi durumunda elde edilen sonuçlara örtüşmektedir. Her iki durumda da benzer sonuçlar elde edilmektedir.

Şekil 55b ve şekil 55c'de sırası ile sinyalin zarfı veri boyunun $1/3$ ve $1/2$ 'sine denk gelen boylarda belirlenen yuvarlatma operatörleri ile yuvarlatılmıştır. Bu durum veride frekans ortamında önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Ancak izler dikkatlice incelenirse zarfın aşırı derecede yuvarlatılması durumunda veri içerisindeki geç zamanlarda yer alan yansımalarda soğurma etkilerinin yeterince giderilemediği görülür.



Şekil 55. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı sinyal zarfı yuvarlatma dereceleri için uygulanması. Örnekleme aralığı 1 ms ve 500 adet iz kullanılmıştır. Sinyal zarfının a) yetersiz yuvarlatılması, b) orta derecede yuvarlatılması, c) aşırı yuvarlatılması



Şekil 56. Zaman Değişken spektral beyazlatma tekniğinin farklı sinyal zarfı yuvarlatma dereceleri için bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

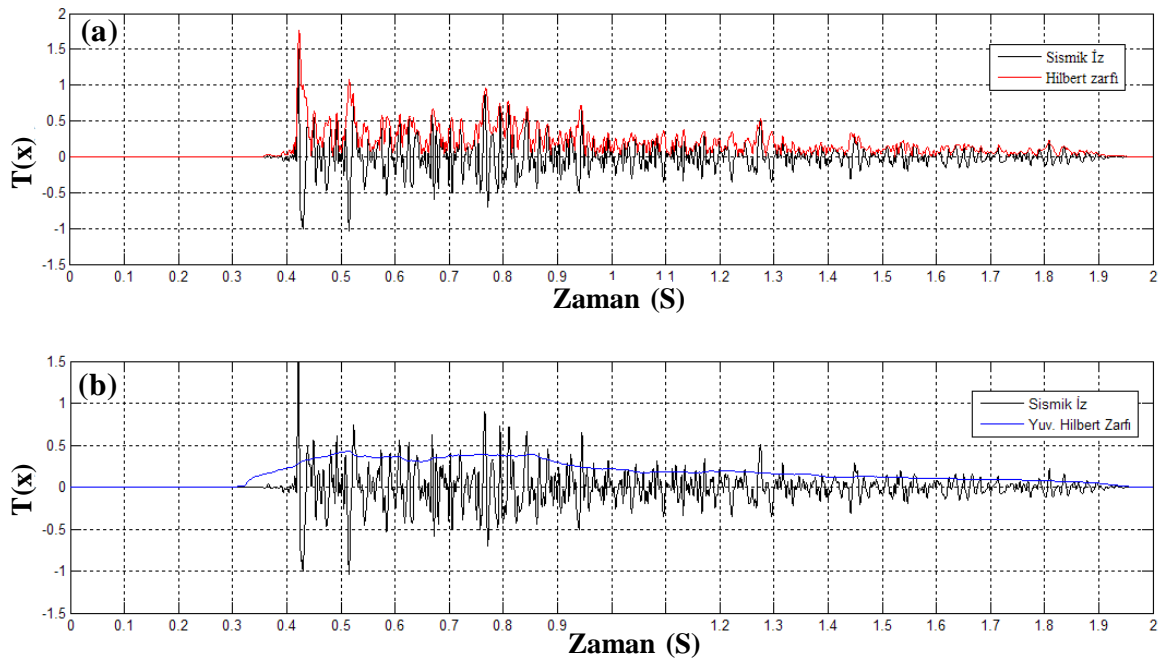
2.4. Sinyal Zarfının ve Kazanç Fonksiyonlarının ZDSB Tekniği'nde Uygulanması

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği sinyalde meydana gelen soğrulmayı tersine çevirebilmek amacıyla sinyalin yuvarlatılmış zarfını kullanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında sinyal içerisindeki düşük genlikli yansımaları güçlendirmek amacıyla otomatik kazanç fonksiyonu ve zaman kazanç fonksiyonu zaman değişken spektral beyazlatma işleminde kullanılmıştır.

2.4.1. Sinyalin Zarfı

ZDSB tekniğinde zayıf genlikli yansımaların güçlendirilmesi işlemi sinyalin karmaşık zarfı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sismik izin zarfının hesaplanması izin maksimum noktalarından geçen bir dizin elde edilmesiyle olur. Sismik izin zarfı, karmaşık sismik izin gerçel ve sanal bileşen değerlerinin karelerinin toplamının kareköküdür ve toplam enerjiyi gösterir. Karmaşık sismik iz, kaydedilmiş bir sismik izden (ki bu gerçeldir) Hilbert dönüşümü yardımıyla elde edilir.



Şekil 57. Sismik izin zarfı ve yuvarlatılmış zarfı. a) Sismik izin zarfı, b) Sismik izin yuvarlatılmış zarfı

Böylece zaman bağımlı genlik ve faz ilişkileri karmaşık izden türetilebilir. Bu yaklaşım temelinde, dalga hareketin sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjilerin sismik izden türetilmesi vardır. Genel kabul, kinetik enerji gerçel iz ile, potansiyel enerji, sanal iz ile temsil edilir. Bu kapsamında sismik izin zarfını hesaplamak için Hilbert dönüşümünden yararlanmıştır.

Şekil 57a'da sinyalin zarfı Hilbert dönüşümü yardımıyla hesaplanmıştır. Burada dikkat edilecek olursa zarf sinyalin maksimum noktalarından geçmektedir.

ZDSB tekniğinin spektral bant üzerindeki dengeleme etkisi sinyalin zarfından gelmektedir. Şekil 57b'de ise, Şekil 57a'da verilen sinyalin zarfının bir yuvarlatma operatörü yardımıyla yuvarlatılmasının sonucu gösterilmektedir. Zarfın yuvarlatılması ile düşük genlikli olaylar güçlendirilirken aynı zamanda yüksek genliğe sahip olayların genliği de zayıflatılır. Bu sayede yerin sönümlenme etkisi en aza indirgenmiş olur.

2.4.2. Genliği Etkileyen Faktörler

Kaynaktan çıkan enerji yer içinde ilerlerken yerin sürtünmesinden dolayı ısıya dönüşür. Bunun sonucu olarak uzaklığa ve yerin soğurma faktörüne bağlı olarak dalgacığın genliğinde azalma olur (Sinyalin yer içerisinde soğurulması kayaç türüne ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Masif ve kırıksız kayaçlarda soğurulma yavaş iken, kırıklı ve parçaları birimlerde soğurulma daha hızlı bir biçimde gerçekleşecektir).

Yansıma sinyaline etki eden faktörler; kullanılan sismik kaynağın gücü ve birleşme etkisi (coupling), küresel yayılma ve açılma, ara yüzeylere ait yansıma katsayıları, kritik açıya bağlı olarak yansıma katsayılarının değişimi, soğurulma, yüksek hızlı tabakalardan kaynaklanan peg-leg yansımaları, yansıtıcı yüzeyin özellikleri (örneğin eğriliği), saçılma, dizilim özelliği, donanımın kalibrasyon özellikleri, alıcı duyarlılığı ve birleşme etkisi, farklı olayların girişiminden oluşan faktörler ve ortamda yayınan gürültülerin girişiminden (superimposed) oluşan etkiler olarak sıralanabilir.

$$\frac{E_1}{E_2} \cong \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \quad (27)$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (28)$$

Homojen bir ortam söz konusu olduğunda, enerji yoğunluğu, dalga cephesinin yarıçapının karesiyle ters orantılıdır (denklem 27). Benzer şekilde, sismik dalganın genliği de, enerji yoğunluğunun kareköküyle doğru orantılıdır (denklem 28).

2.4.3. Otomatik Genlik Kazancı (AGC)

Yer içinde derinlere doğru ilerledikçe ortamın hızı artar. Bu yüzden düzeltmeler, zamana ve ortamın ortalama hızına bağlı olarak yapılır. Zamana bağlı olarak azalan genlik bu düzeltme fonksiyonu ile çarpılarak giderilmeye çalışılır.

Bir sismik kaynaktan çıkan elastik dalgalar yer içerisinde dalga cephesi oluşturacak biçimde yayılırlar. Bu geometrik açılamadan kaynaklanan genlik dalganın yayıldığı uzaklığın karesi (r^2) ile doğru orantılı olarak azalır. Yani uzaklık arttıkça geometrik soğurma etkisi artar. Ayrıca dalganın frekans içeriği derinlere doğru soğurmaya bağlı değişimlerden etkilenir. Yer içerisinde ilerledikçe soğrulan sinyallerin genliklerini kuvvetlendirmek ve soğrulmanın etkilerini azaltmak amacıyla birçok farklı kazanç fonksiyonları geliştirilmiştir.

Otomatik genlik kazanımı sismik verilere çok sıklıkla uygulanan bir genlik düzeltmesidir. Belirli bir fonksiyonun veriye uygulanmasıyla birlikte, genlik kazanımı uygulamasında da anlatıldığı gibi, küresel yayılma kaynaklı genlik azalmalarının en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

$$A(t) = \sum_{t-l/2}^{t+l/2} |X(t)| \quad (29)$$

Denklem (29), $A(t)$ pencere içerisindeki mutlak genlik değerlerinin toplamını, $X(t)$, sismik izi ve l 'de pencere uzunluğunu simgelemektedir. Pencere içerisinde yer alan ve değeri sıfırdan farklı olan örnekler toplanarak, ortalama genlik değerleri her bir pencere için hesaplanır.

$$N(t) = \sum_{t-l/2}^{t+l/2} \begin{cases} 0, & x(t) = 0 \\ 1, & x(t) \cong 0 \end{cases}, \quad (30)$$

$$A_{ort} = \frac{A(t)}{N(t)} \quad (31)$$

$N(t)$ pencere içerisindeki sıfırdan farklı örneklerin sayısını gösterirken, $A_{ort}(t)$ ise denklem (31) ortalama genlik değerini vermektedir. Genlik değerlerinin ortalamasının bulunmasının ardından, çıkış genliğini denetleyen bir parametre yardımıyla ($S_{faktör}$), genlik faktörü $F(t)$ denklem (32) ile hesaplanır.

$$F(t) = \frac{S_{Faktör}}{A_{Ort}(t)} \quad (32)$$

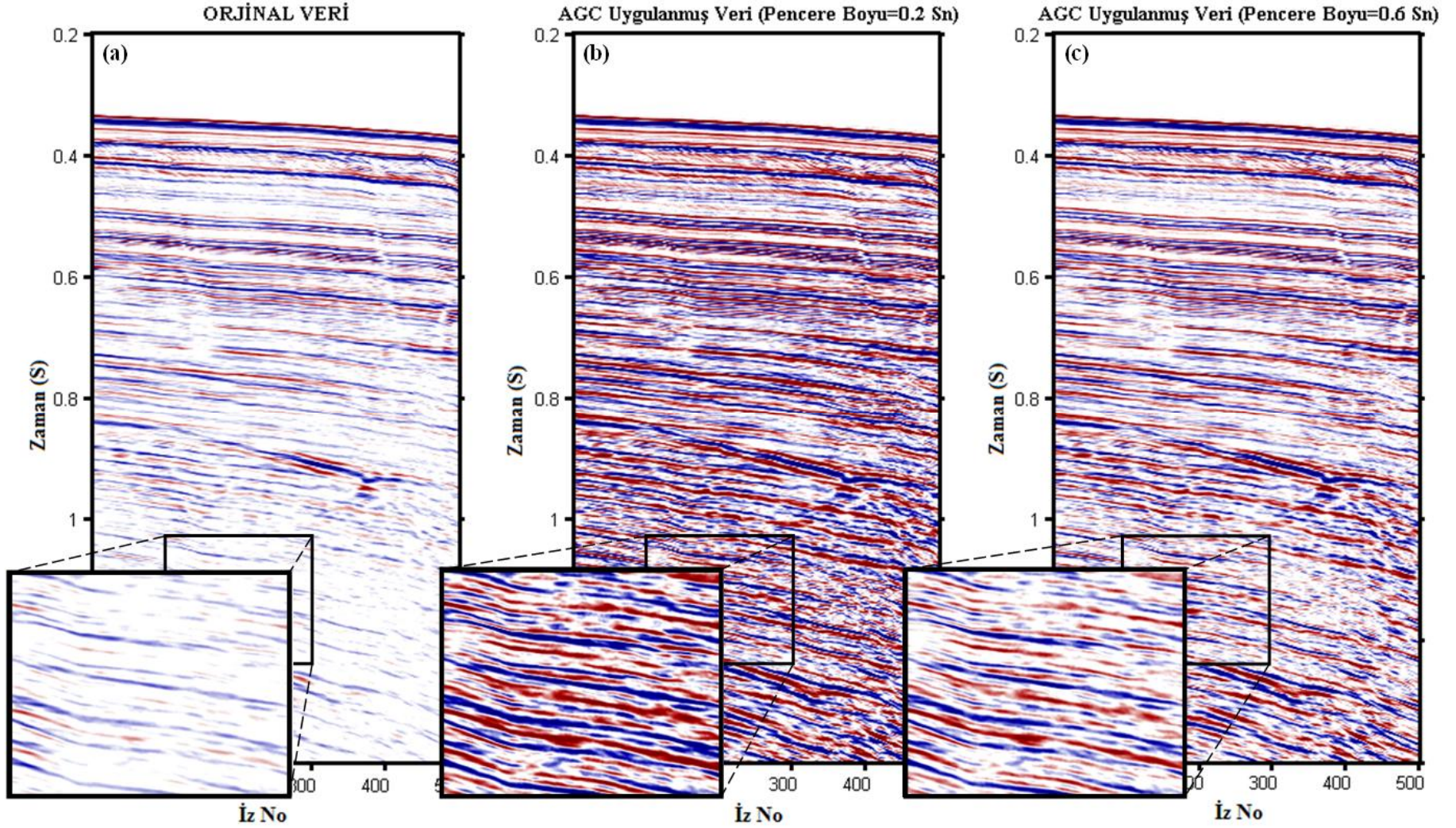
Uygulama sonucunda elde edilen sismik iz, hesaplanan genlik faktörü $F(t)$ ile işleme giren sismik izin çarpımına eşittir.

$$O(t) = F(t) * X(t) \quad (33)$$

Otomatik kazanç Kontrol (AGC) tekniğinin bir ize uygulanışını daha basit olarak şöyle açıklayabiliriz. Otomatik kazanç kontrol tekniği izden ize uygulanan bir tekniktir.

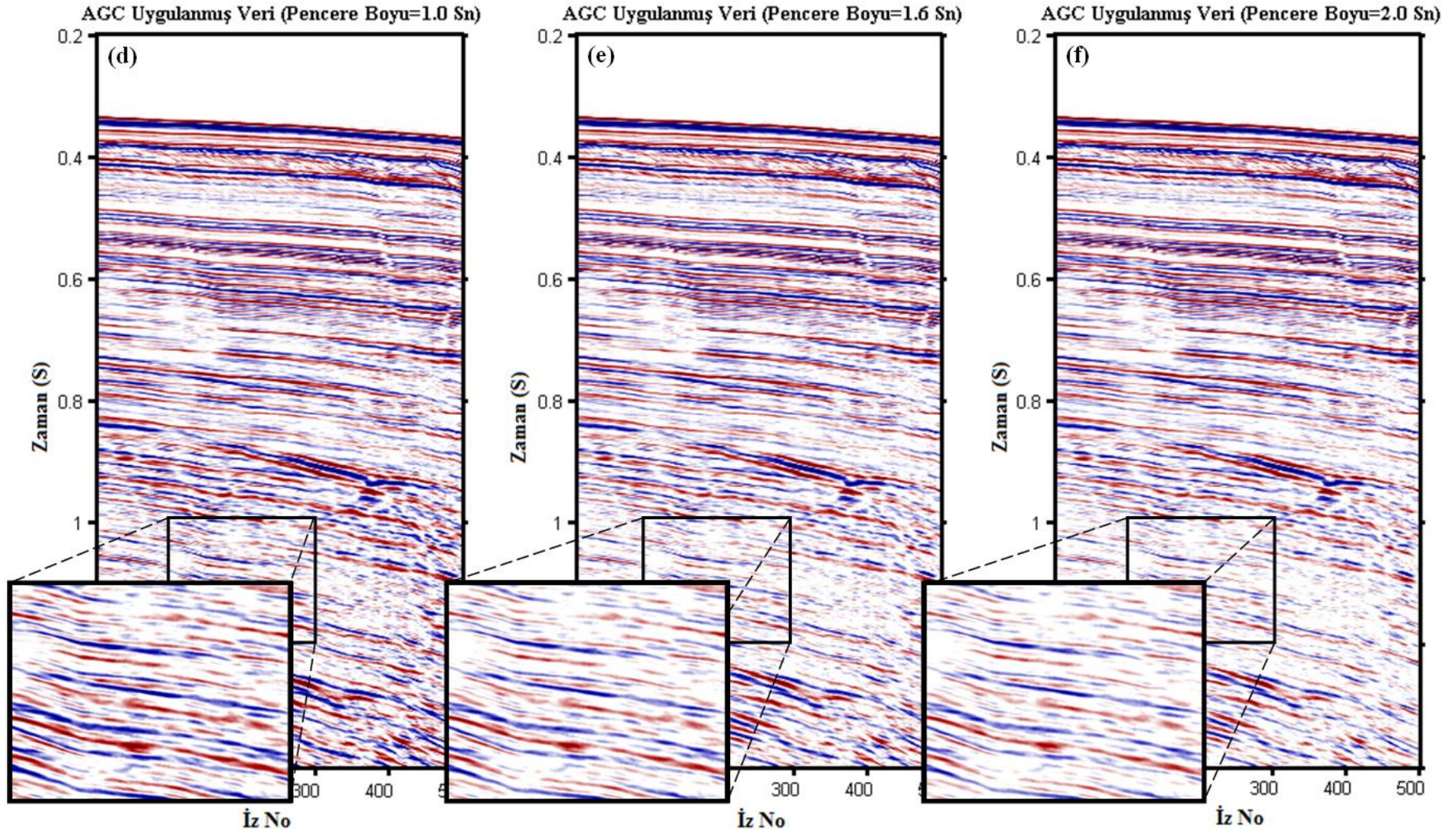
Öncelikle veri için uygun bir pencere aralığı seçilmelidir. Pencere aralığının gereğinden büyük seçilmesi soğurma etkilerini gidermede yetersiz kalırken; pencere aralığının küçük seçilmesi özellikle büyük hacimli veri gruplarında işlem süresinin artmasına neden olacaktır. Ayrıca gürültü bileşenlerini gereksiz yere güçlendirecektir.

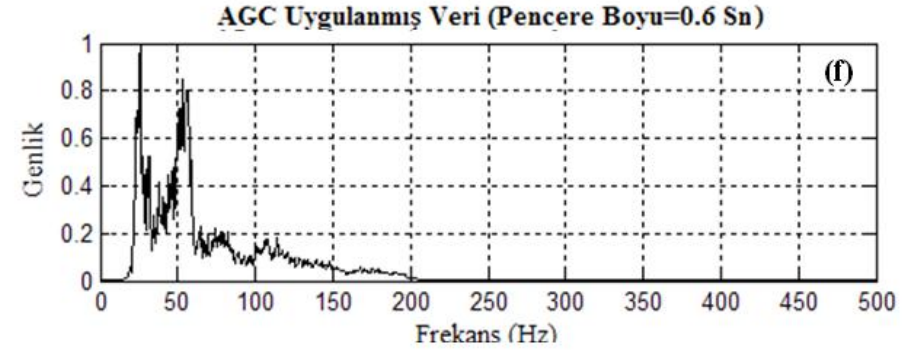
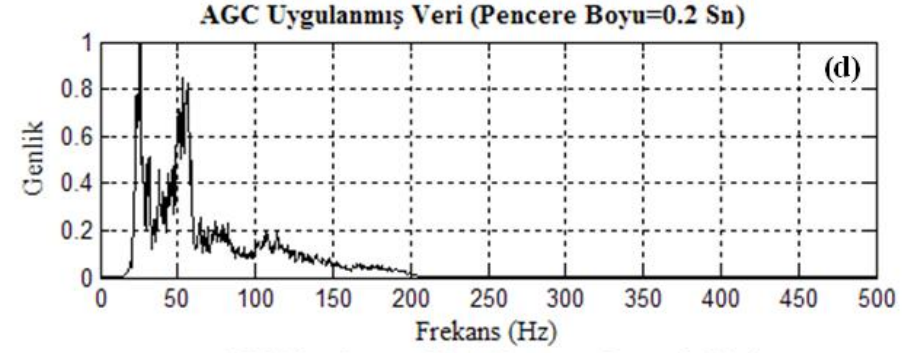
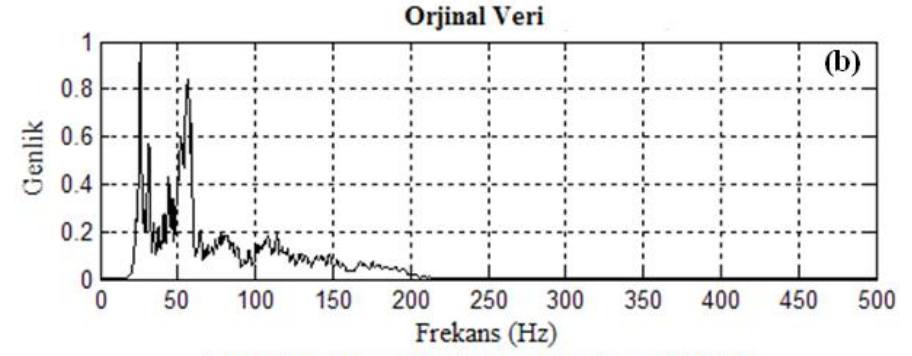
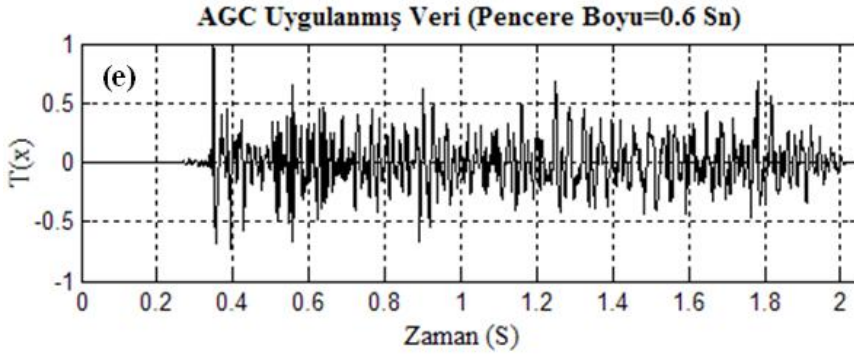
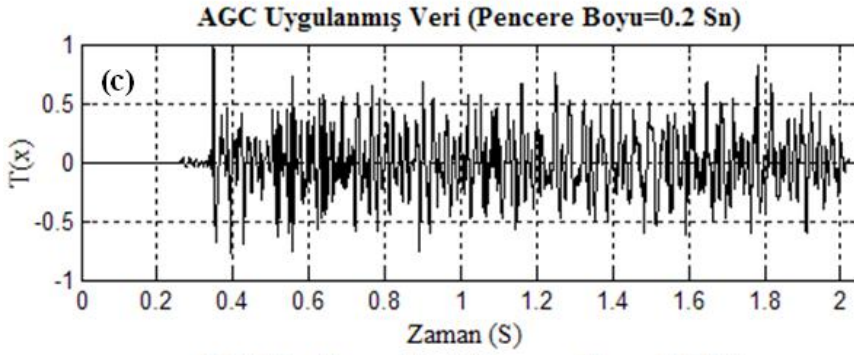
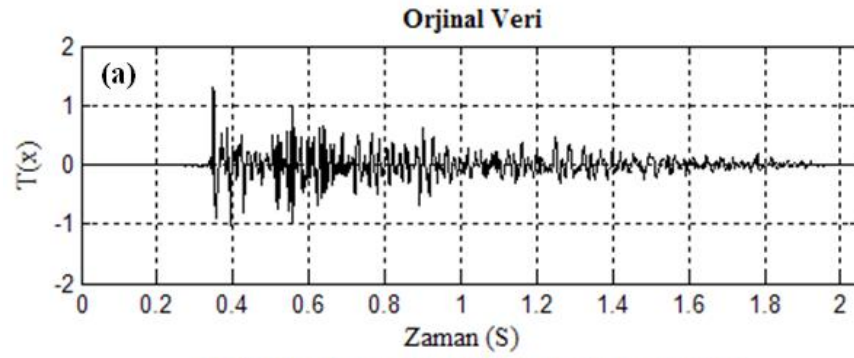
AGC işleminde zaman penceresi içerisine düşen sinyal bölümünün genliklerinin ortalaması hesaplanır. Daha sonra pencerenin merkezindeki veri noktası, istenen çıkış sinyali ve ortalama sinyal genliği arasındaki oranla güçlendirilmektedir. Otomatik kazanç kontrol uygulaması ile zayıf genliğe sahip sinyallerin genlikleri kuvvetlendirilerek kesitlerde yansımaların takip edilebilirliği kuvvetlendirilir. Ancak kazanç işlemi uygulamakla yansımaların gerçek genlik bilgisinden uzaklaşmış olunur.



Şekil 58. Farklı pencere boyu değerleri için otomatik kazanç kontrolü (Automatic Gain Control-AGC) uygulanması. a) Orijinal veri, b) pencere boyu = 0.2 s, c) pencere boyu = 0.6 s, d) Pencere boyu = 1.0 s, e) pencere boyu = 1.6 s, f) pencere boyu 2.0 s

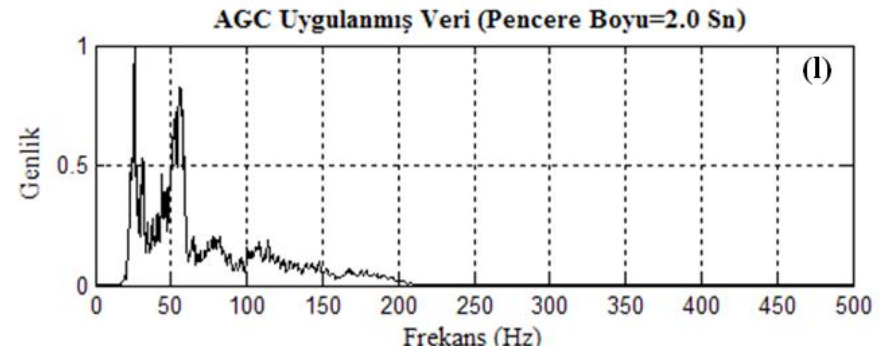
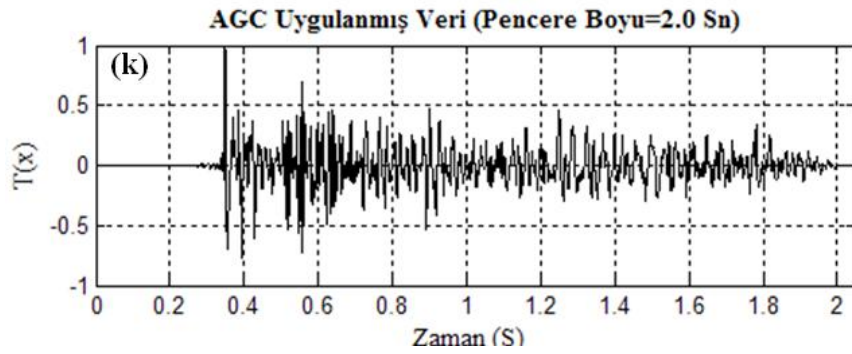
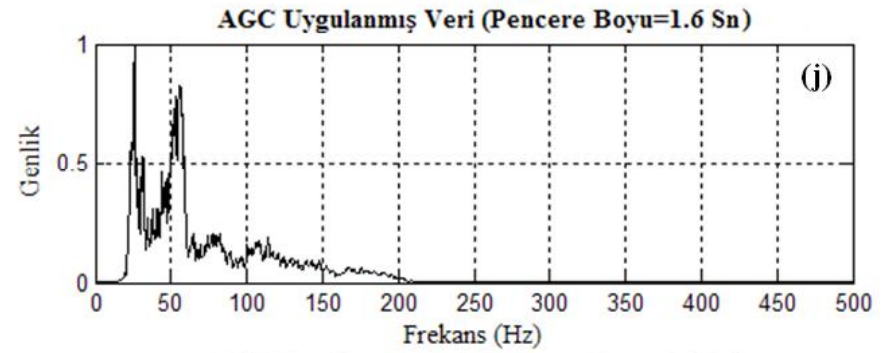
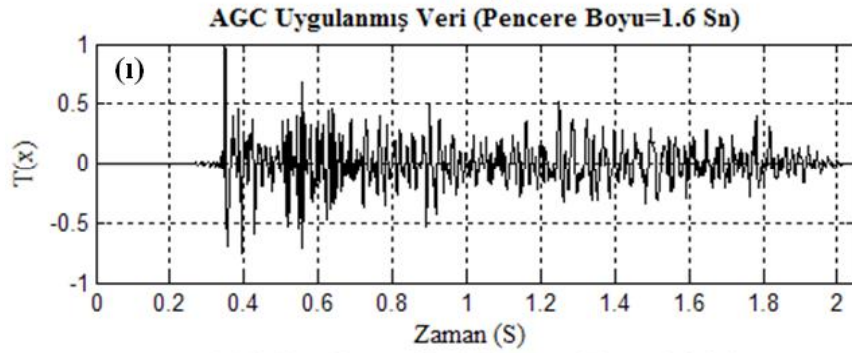
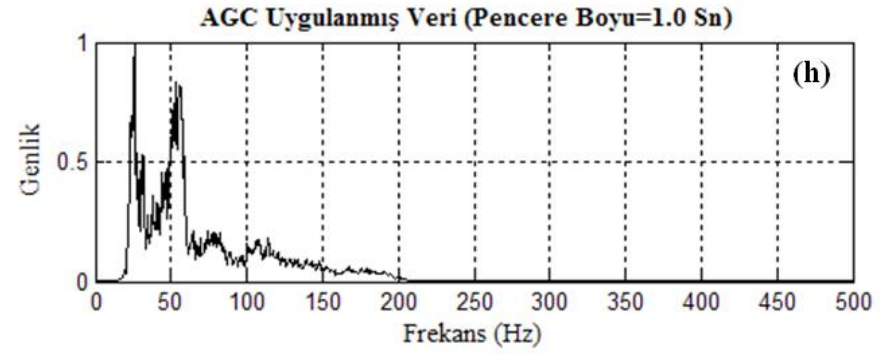
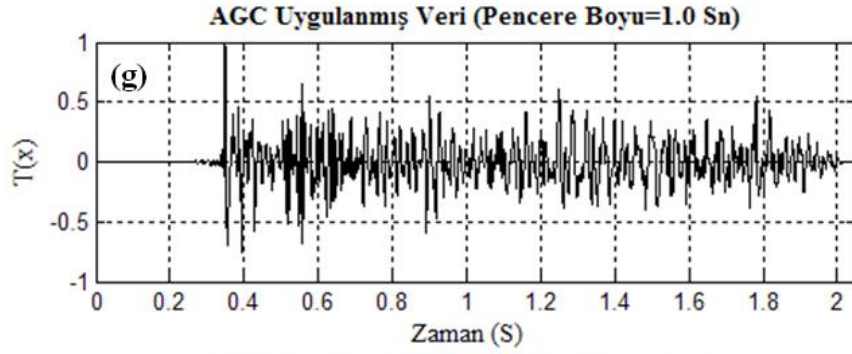
Şekil 58'in devamı:

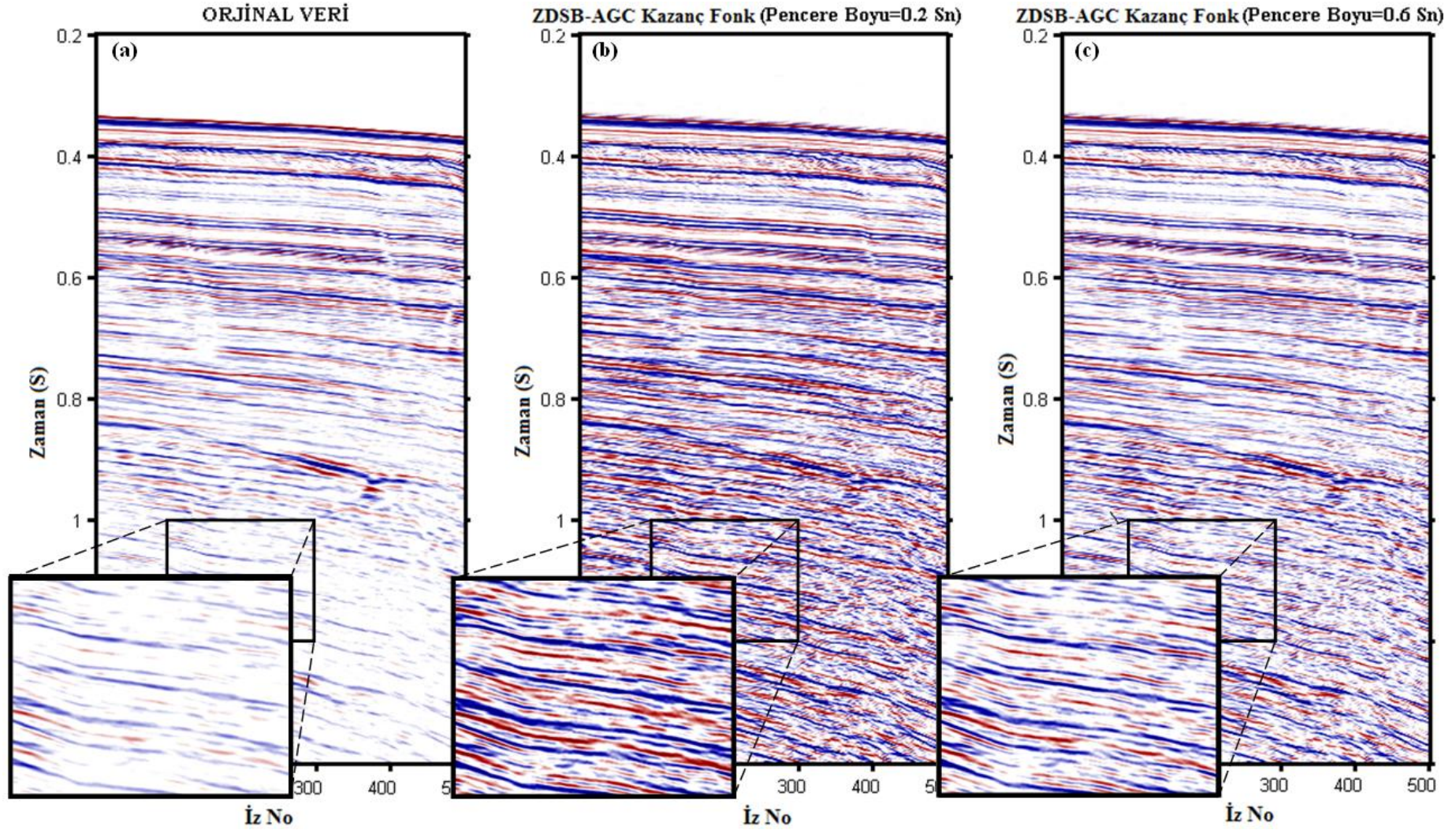




Şekil 59. Farklı pencere boyu değerleri için otomatik kazanç kontrolü (Automatic Gain Control-AGC) bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

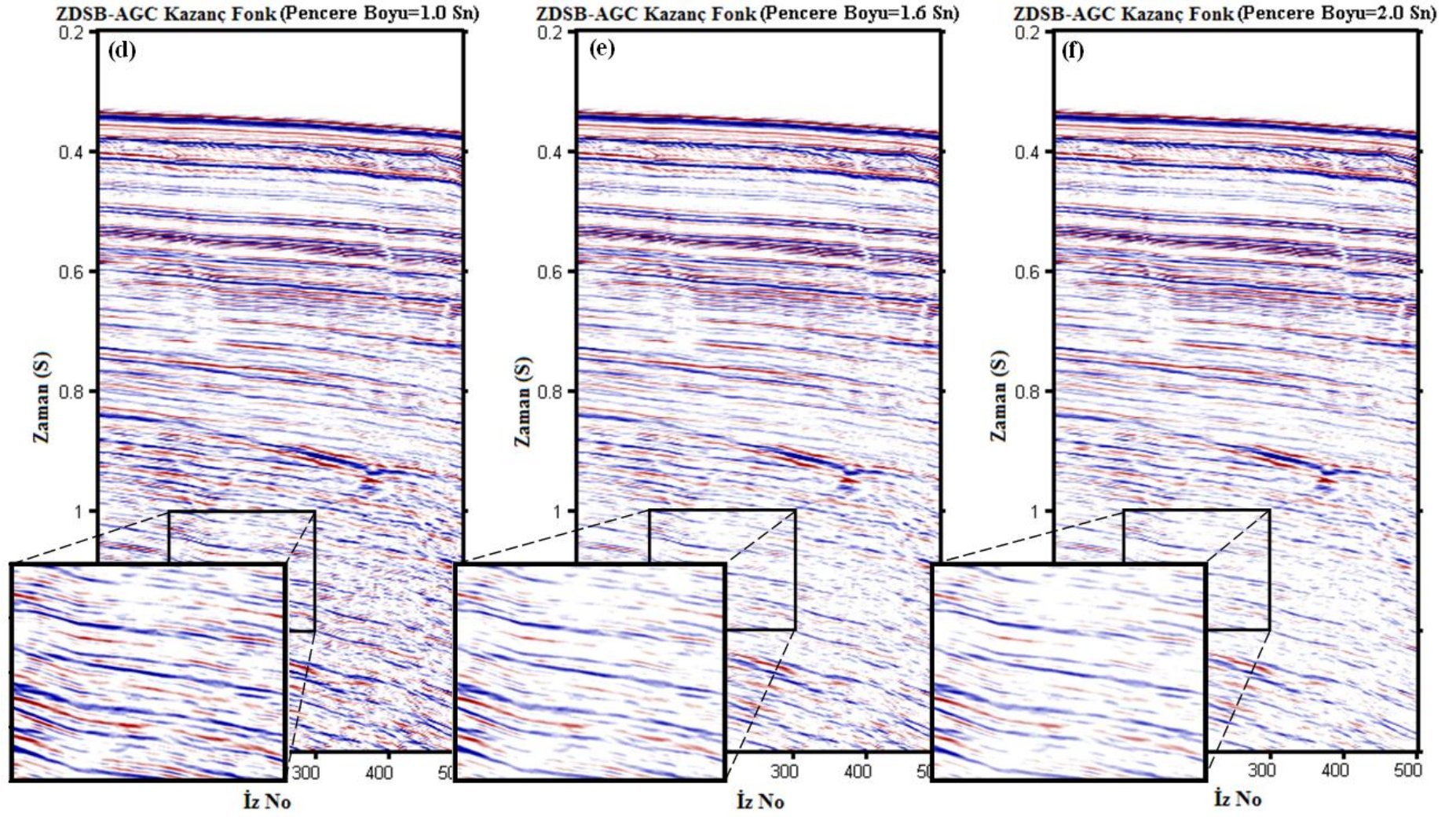
Şekil 59'un devamı:

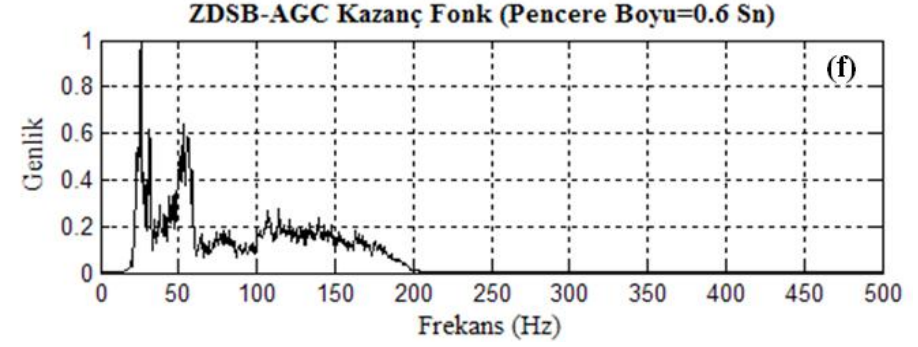
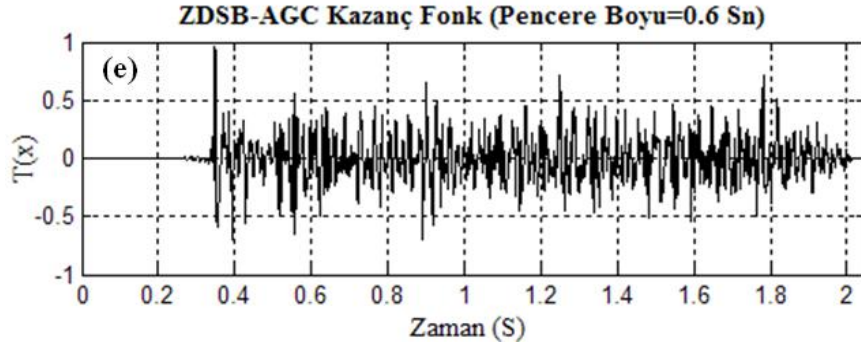
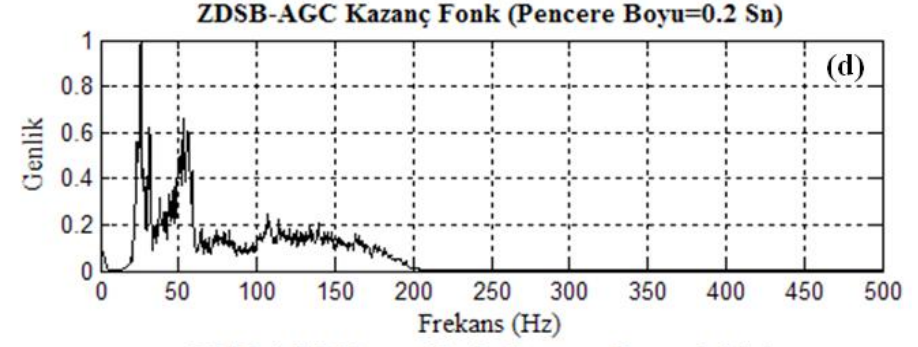
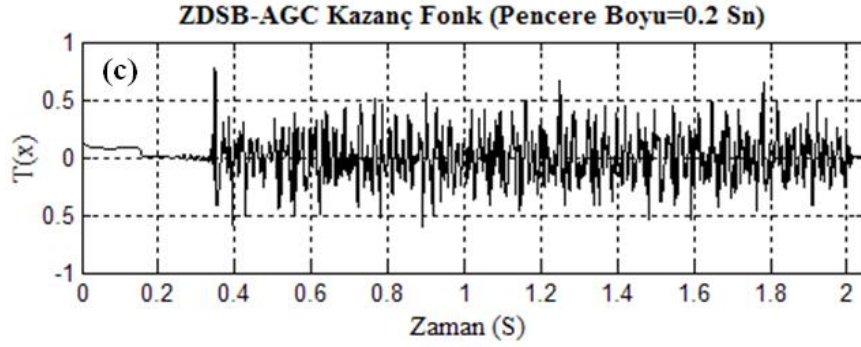
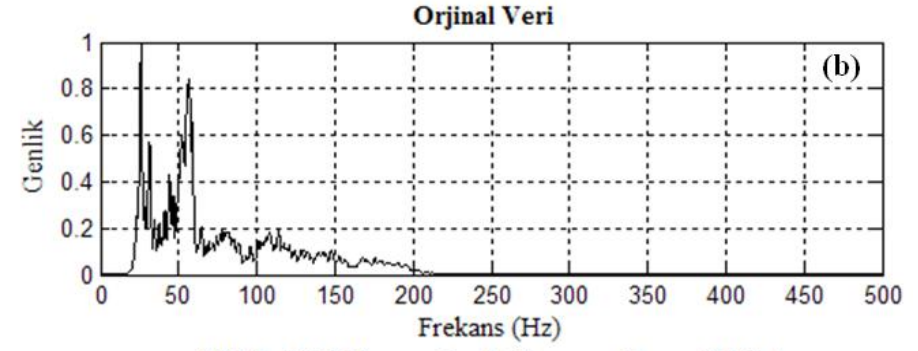
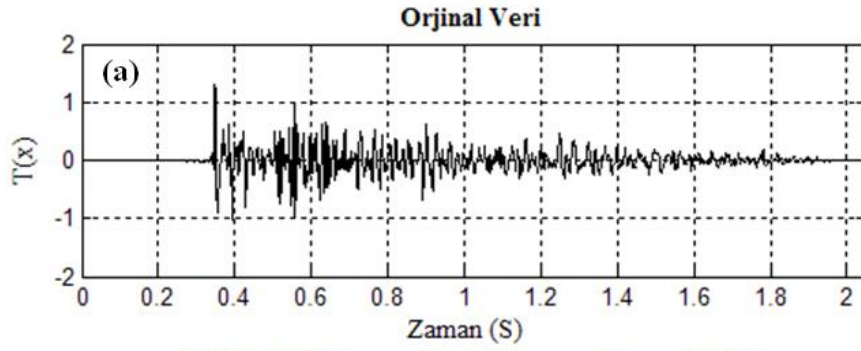




Şekil 60. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine kazanç fonksiyonu (AGC) uygulaması. a) Orijinal veri, b) pencere boyu=0.2 s, c) pencere boyu=0.6 s, d) pencere boyu=1.0 s, e) pencere boyu=1.6 s, f) pencere boyu=2.0 s

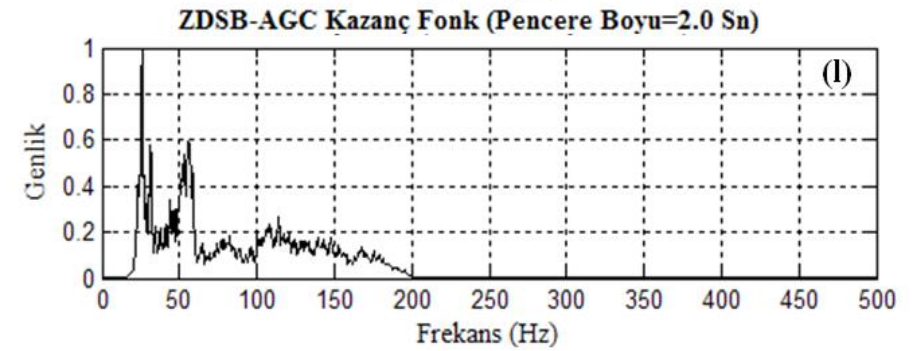
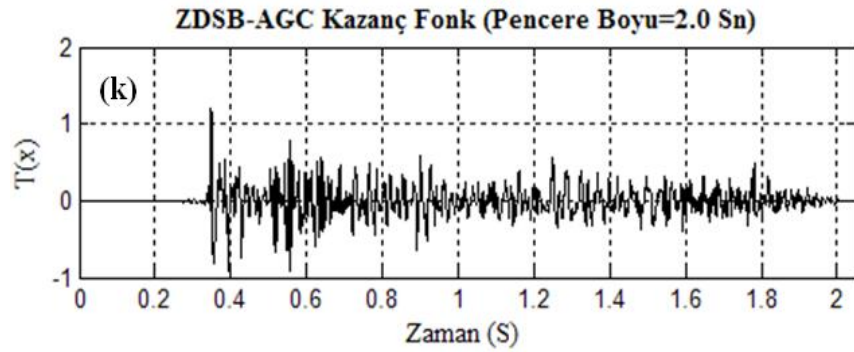
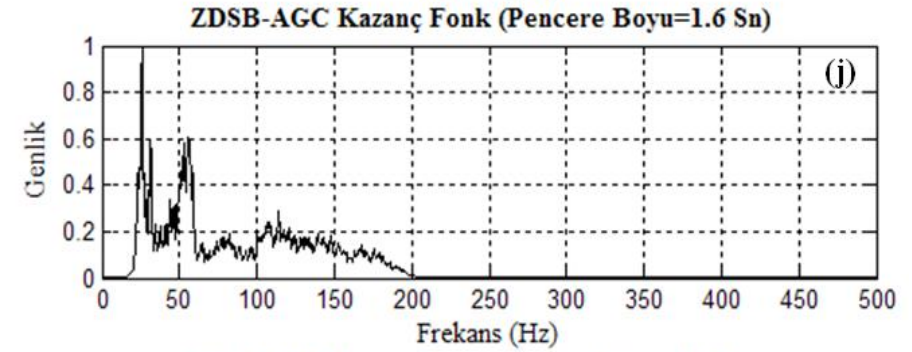
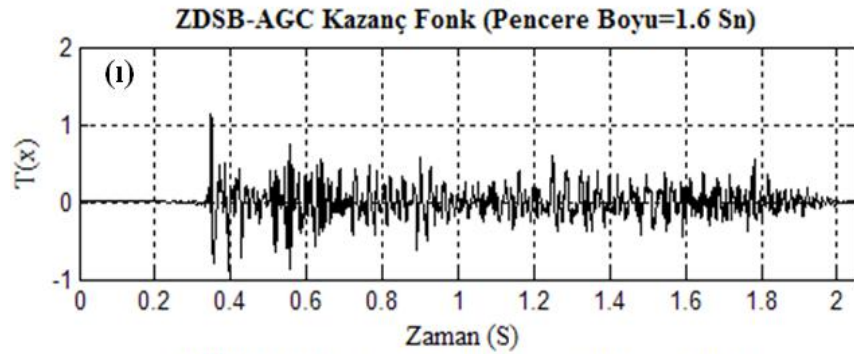
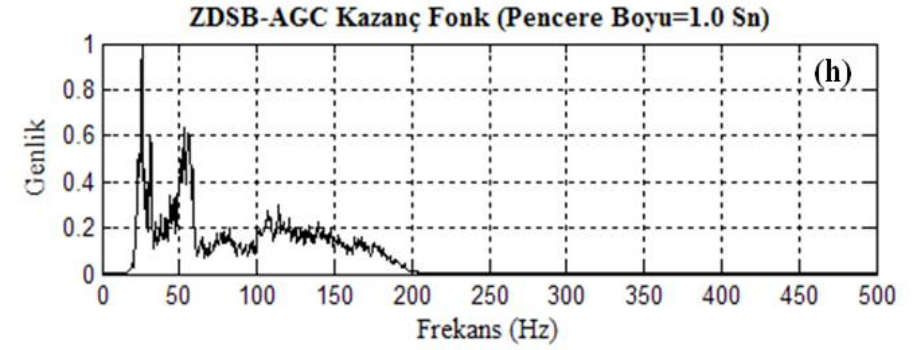
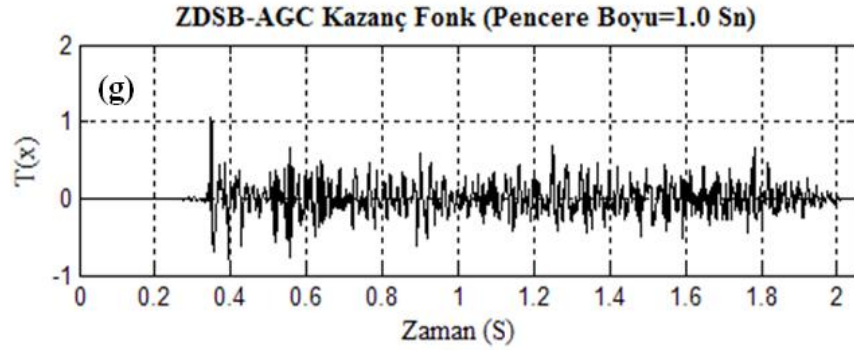
Şekil 60'ın devamı:





Şekil 61. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine AGC kazanç fonksiyonunun bir ize uygulamasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

Şekil 61'in devamı:



Şekil 58’de, Şekil 58a’da verilen kesit üzerinde farklı pencere boyları için otomatik kazanç kontrol uygulanmıştır. Şekiller incelendiğinde ilk göze çarpan pencere boyunun kazanç fonksiyon üzerinde önemli derecede etkili olduğudur. Pencere boyunun (saniye cinsinden) ufaltılması ile daha etkili bir biçimde düşük genlikli sinyallerin güçlendirildiği görülmektedir. Şekil 59’da, ise şekil 58’de verilen kesitlerin sadece bir sinyalin zaman ve frekans ortamı görünümüleri verilmektedir. Zaman ortamında önemli derecede iyileştirme (yansımaların kuvvetlendirilmesi) olmasına karşın frekans ortamında çok az değişikliğin meydana geldiği görülmektedir.

Hatırlanırsa, zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde sinyal içerisinde yer alan zayıf genlikli olayları güçlendirmek amacıyla yuvarlatılmış Hilbert zarfından yararlanır. Eğer yuvalatılmış Hilbert zarfı yerine zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde otomatik kazanç kontrol fonksiyonu kullanılarak aynı işlemler uygulanırsa şekil 60 ve şekil 61’de verilen kesitler elde edilir.

Kesitler incelenecek olursa Hilbert zarfı yerine AGC kazanç fonksiyonu kullanmak zaman ortamında sinyali güçlendirse de frekans ortamında sinyalin bandını genişletmede Hilbert zarfı kadar başarılı olamamıştır. Bunun nedeni AGC kazanç fonksiyonunun frekans ortamında (spektral bant üzerinde) etkili olamamasından kaynaklanmaktadır.

2.4.4. Zaman Kazanç ($t^\alpha e^{-\beta t}$) Fonksiyonu

Bir enerji kaynağından yayılan sismik enerjinin küresel olarak yayılması genliğin azalmasına neden olacağından, bu etkiyi gidermek ya da en aza indirmek amacıyla farklı kazanç fonksiyonları türetilmiştir. Zaman Kazanç Fonksiyonu bunlardan biridir.

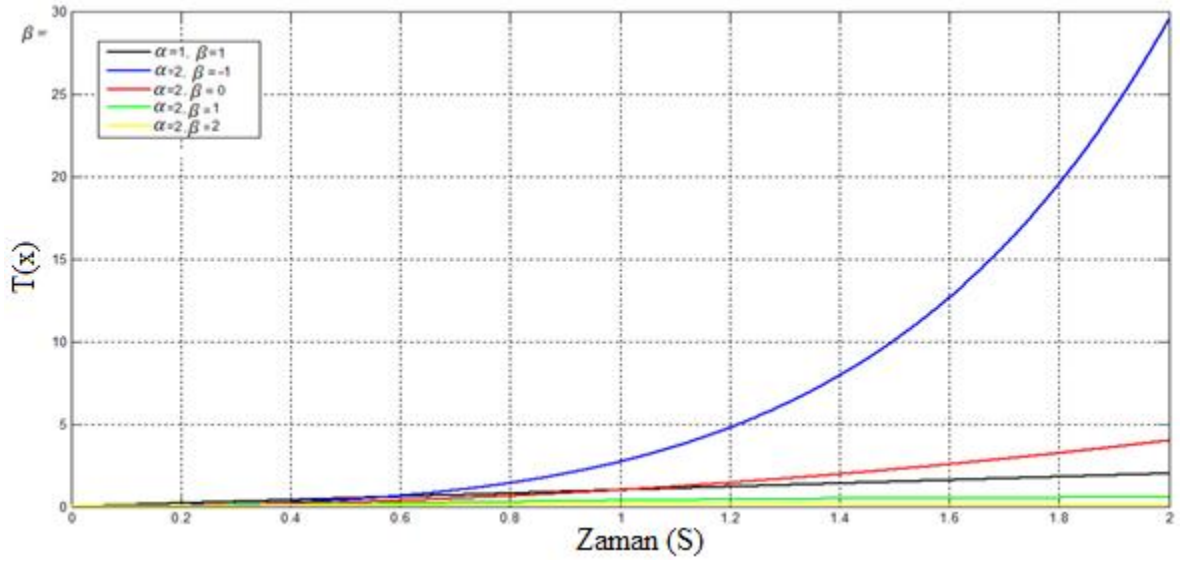
Sismik dalgalar yer içerisinde ilerlerken zamanla doğru orantılı olarak sönmüldükleri düşünülürse zamanın bir fonksiyonu olarak belirlenen ve sinyalin soğrulmasıyla ters orantılı olan bir kazanç fonksiyonu sinyalde zamanla meydana gelen azalımı gidermek amacıyla kullanılabilir. Bu amaçla denklem (34)’ de verilen fonksiyondan yararlanır.

$$g(t)=t^\alpha e^{-\beta t} \quad (34)$$

Burada α ve β fonksiyonun değişkenleridir. Verilen bit t zaman dizisi için α ve β değerlerine göre hesaplanan fonksiyonun zaman ortamında iz ile birebir olarak çarpılmasıyla işlem uygulanmış olur.

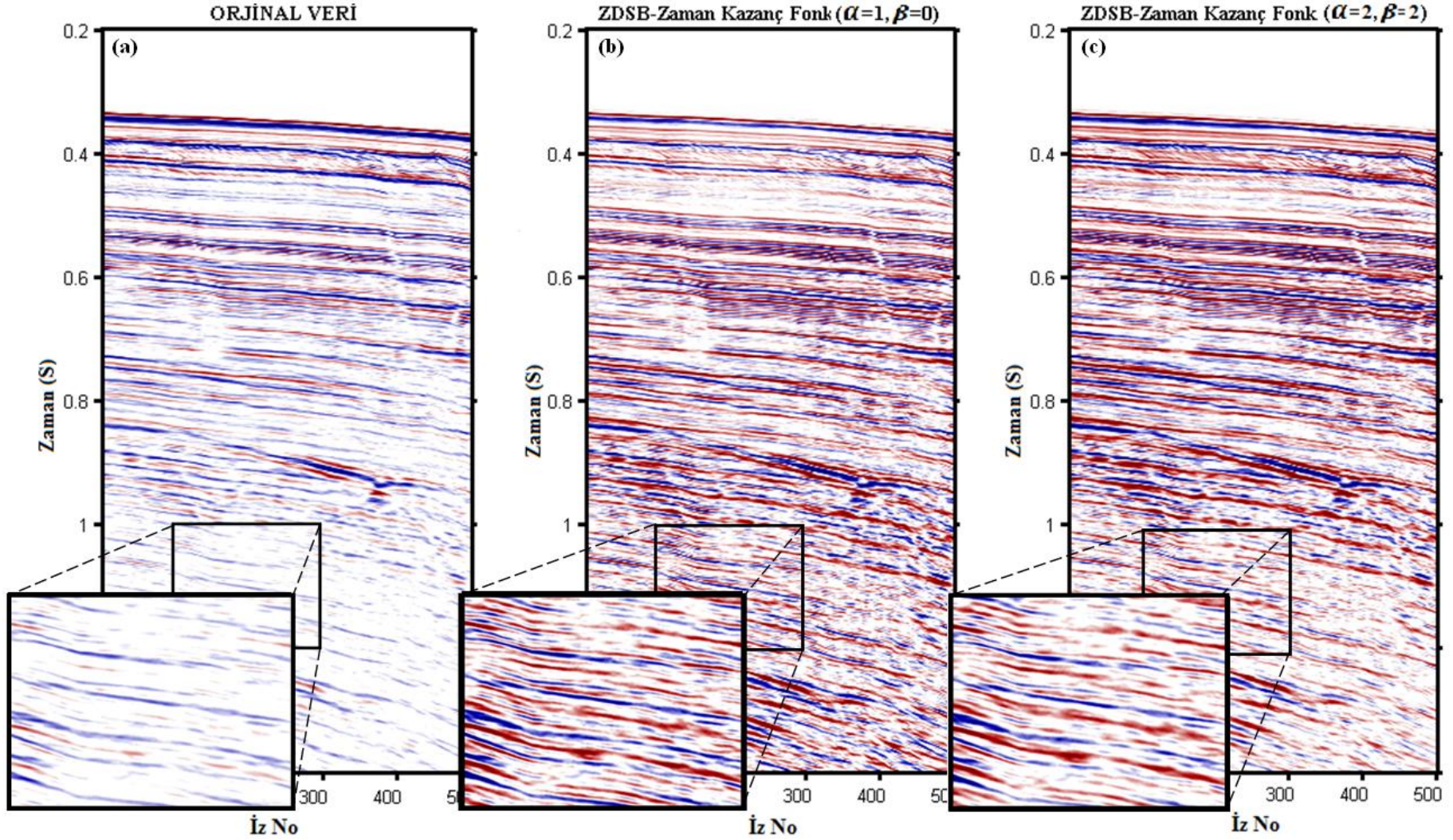
Kazanç fonksiyonu üstel bir artım gösteren fonksiyondur. α ve β değerleri fonksiyonun karakteristiğini belirlemektedir. Şekil 62’de farklı α ve β değerleri için hesaplanmış kazanç fonksiyonları gösterilmektedir. α değerinin artırılması fonksiyonun hızlı bir artım göstermesini sağlamaktadır.

Yüksek α değerleri özellikle hızlı sönmülenen izlerde iyi sonuç vermekle beraber yapılan çalışmalar göstermiştir ki $\alpha \geq 4$ ’den sonra fonksiyonun çok yüksek artım göstermesi sebebiyle sinyalin artan zamanları çok yüksek genlik değerlerine ulaşırken, erken zamanları aşırı derecede bastırılmış hale gelir. Bu şekilde sinyal üzerinde erken zamanlarda yer alan olayların genlikleri aşırı derecede zayıflatılırken geç zamanlarda bulunan olayların genlikleri aşırı derecede zayıflatılmış olur. Burada en uygun kazanç fonksiyonu α ve β değerlerinin uygun seçilmesiyle sağlanır (parametreler belirlenirken sinyalin yer içerisinde soğrulma derecesi göz önünde bulundurulmalıdır).



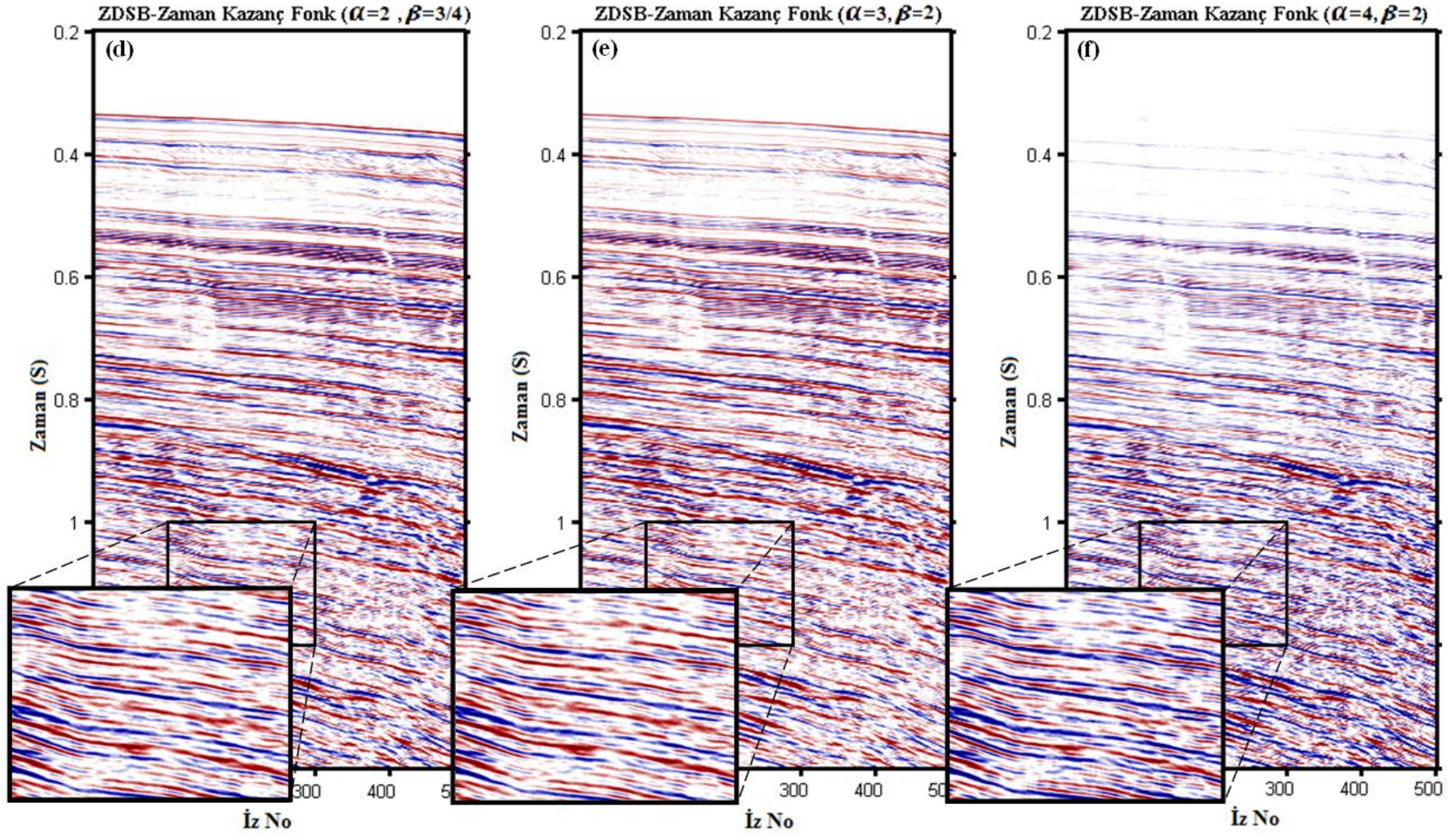
Şekil 62. Farklı α ve β değerleri için zaman kazanç fonksiyonları

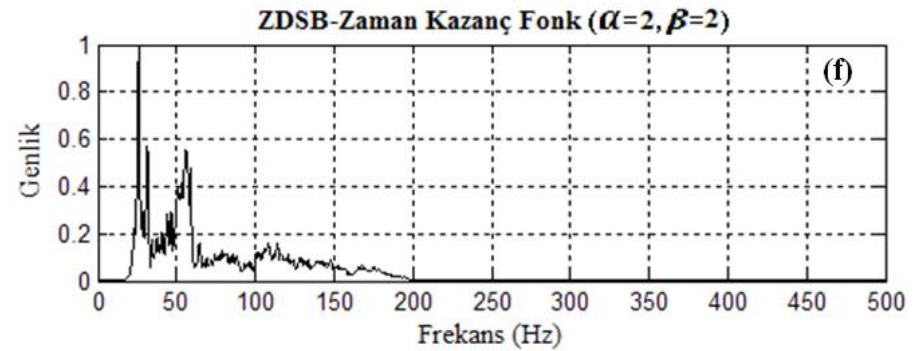
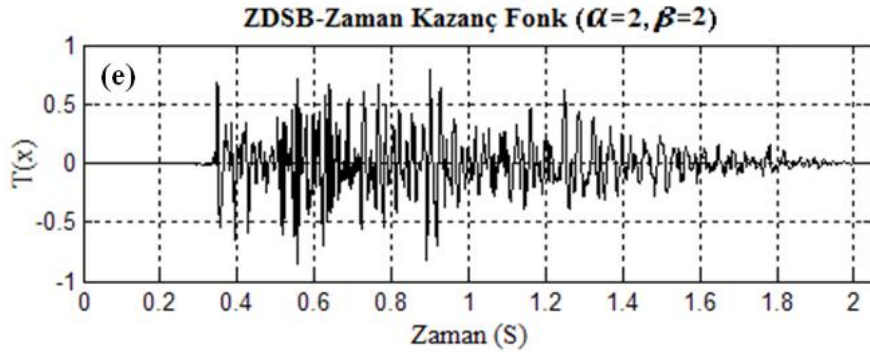
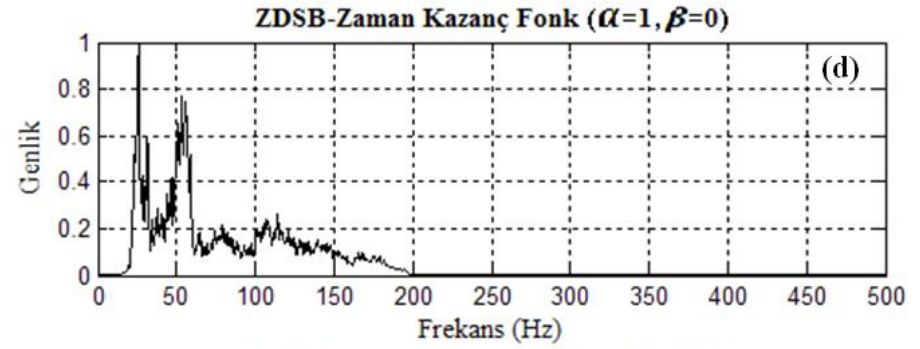
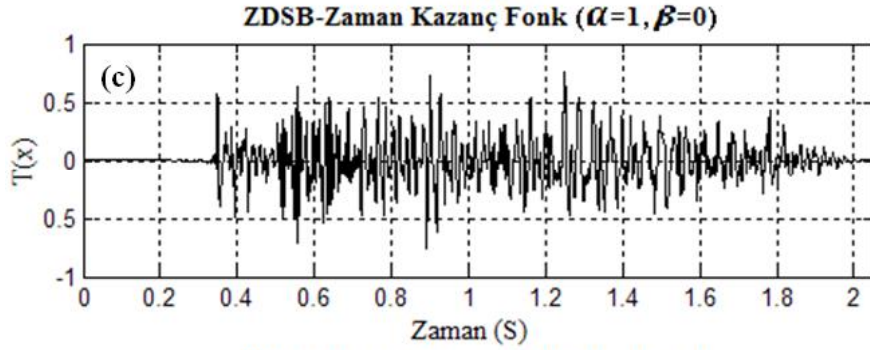
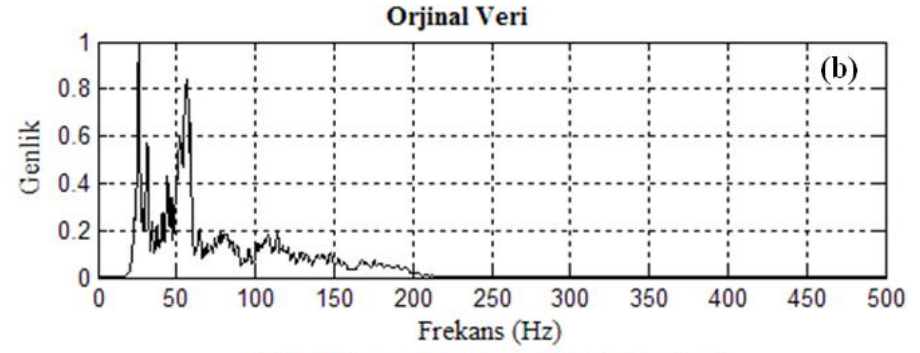
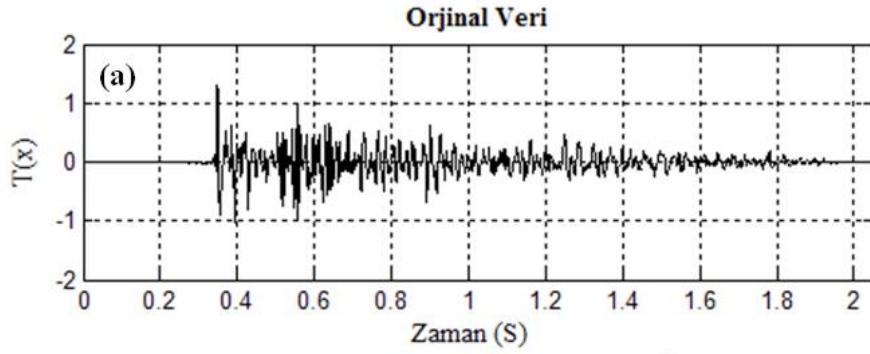
Zaman kazanç fonksiyonunun artımında α değerinin etkisi olduğu kadar β değerinin de etkisi bulunmaktadır. Şekil 62’de farklı değerler için zaman kazanç fonksiyonları aynı eksen takımı üzerinde gösterilmiştir. Özellikle $\alpha = 2$ için farklı β değerleri de gösterilmiştir. β değerinin artması fonksiyonun artımını azaltmaktadır. Buna karşın β değeri negatif olduğu zaman fonksiyonun artımı oldukça önemli miktarda yükselim göstermektedir.



Şekil 63. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonu uygulaması. a) Orijinal veri, b) $\alpha = 1, \beta = 0$, c) $\alpha = 2, \beta = 2$, d) $\alpha = 2, \beta = 3/4$, e) $\alpha = 3, \beta = 2$, f) $\alpha = 4, \beta = 2$

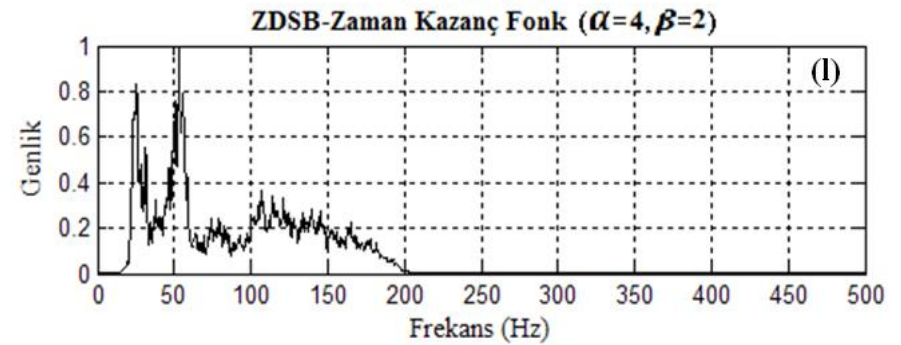
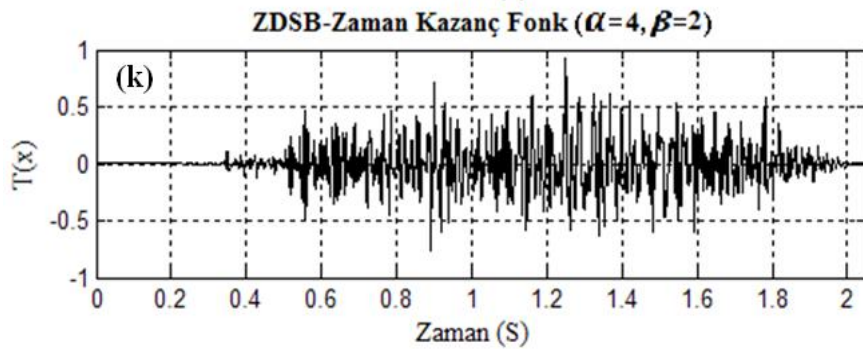
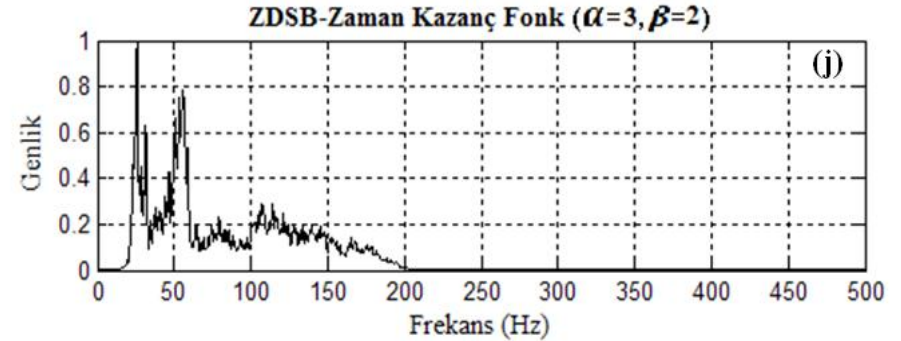
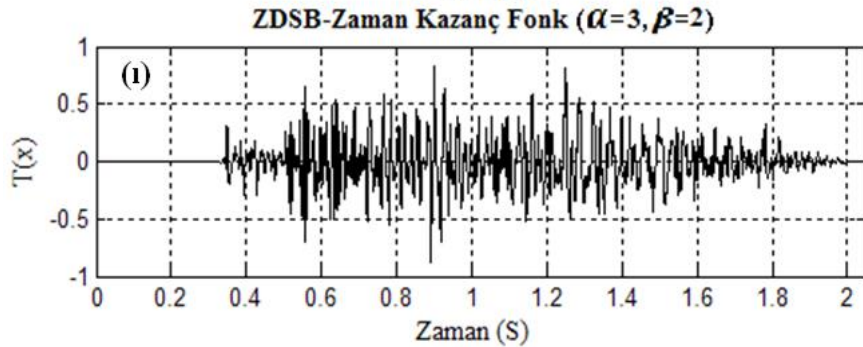
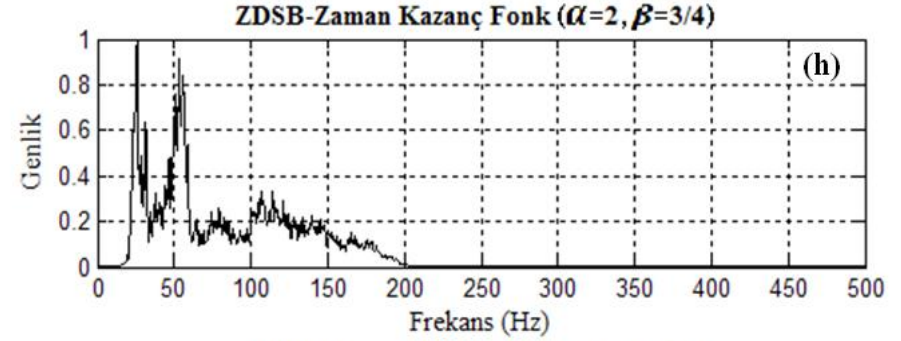
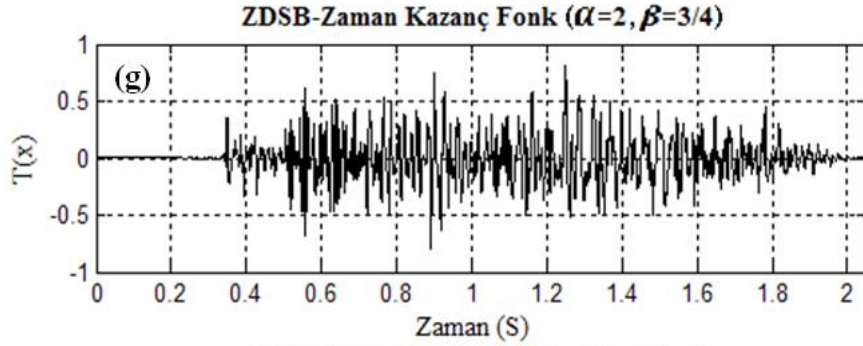
Şekil 63'ün devamı:





Şekil 64. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde Hilbert zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonunun bir ize uygulamasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

Şekil 64'ün devamı:



Zaman kazanç fonksiyonunun uygun seçilmesi durumunda sinyal üzerinde iyi derecede iyileştirme yapmasına karşılık sinyalin spektral bandı üzerinde önemli bir etki göstermemektedir. Zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin en önemli etkisi, spektral bandın iyileştirilmesi üzerine olduğu bilinmektedir. Bu amaçla sinyalin yuvarlatılmış zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonu yerleştirilerek veriye uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 61 ve Şekil 62’de gösterilmiştir.

Kesitler incelendiğine zaman ve frekans ortamında iyileştirmenin olduğu gözlemlenmektedir. α değerinin büyümesi ile elde edilen sonuçlarda kesitin geç zamanlarında yer alan yansımaların daha da güçlenmesine rağmen erken zamanlardaki yansımalar çok önemli ölçüde sönümlenmektedir. Bunun sebebinin α değerinin ani olarak artması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca β değerinin sıfır ya da düşük değerli pozitif bir sayı olması sonuç üzerinde önemli iyileştirmeler yapacaktır.

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği ile zaman kazanç fonksiyonunun birleştirilerek kullanılması sonucu elde edilen kesitler (farklı α ve β değerleri için) Şekil 63 ve Şekil 64’de zaman ve frekans ortamında gösterilmiştir. Hilbert zarfı yerine zaman kazanç fonksiyonunun kullanılması zaman ortamında sinyal üzerinde önemli iyileştirmelere sebep olurken frekans ortamında aynı etkiyi göstermemektedir. Hilbert zarfı gibi spektral bandın gelişmesi yönünde bir işlem gerçekleştirilmemektedir. Hilbert zarfının yuvarlatılmasının sonucu ile dar bant spektruma sahip sinyalin çarpılmasıyla bant içeriği genişletilirjen (veri içerisinde bulunan zayıf genlikli olaylar güçlendiriliyor). Aynı işlemin benzerinin burada da yapılmasına karşın spektral bant içerisinde kalan kısım etkin bir biçimde güçlendirilememiştir.

Şekil 63 ve şekil 64’de verilen kesit içerisinde yorumlanabilirliği en iyi olan kesit $\alpha = 2$, $\beta = 2$ değerleri için arttığı gözlenmiştir.

2.5. ZDSB Frekans Ortamı Etkileri

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği kullanıcı tarafından belirlenen spektral bant aralığında çalışarak yanal ve düşey ayrımlılığı iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu amaçla öncelikle kullanıcı tarafından belirlenmesi gereken birkaç parametre vardır. Bunlar frekans aralığı, süzgeç sayısı ve Hilbert zarfı yuvarlatma boyudur (eğer sinyali güçlendirmek amacıyla Hilbert dönüşümünden yararlanılıyorsa, aksi takdirde kullanılan kazanç fonksiyonun türüne bağlı olarak ilgili parametre veya parametreler kullanılır). Bu

parametrelerin her biri frekans ortamında sinyalin görünümünü önemli derecede etkilemektedir. Kısaca bu parametreler ile frekans ortamı arasındaki ilişkiyi sırasıyla açıklayalım.

Kesme frekansları zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin uygulanacağı frekans aralığını belirlemek için kullanılır. Bu değer grubunu belirlemek için kaynağın frekans içeriği hakkında bilgiye de ihtiyaç duyulur. Kesme frekansı üst sınırının yüksek seçilmesi ayrımlılığı arttırırken, aşırı derecede arttırılması sonucu normalde veride var olmayan gürültü içeriği de güçlendirilerek veri içine katılmış olur.

Kesme frekansı alt sınırı, veri içerisindeki gürültülerin atılması için uygun olarak belirlenmelidir. Böylelikle sinyal/gürültü oranı iyileştirilmiş olur. Aksi takdirde veri içeriğinde bilgi kaybı sorunu oluşacaktır.

Süzgeç sayısının arttırılmasının veri açısından önemli bir dezavantajı bulunmamasına karşılık işlem süresi açısından önemli etkileri vardır. Bunun sebebi şudur: Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği uygulanırken belirlenen süzgeç sayısı için kesme frekansları hesaplanır (Yan bantları çapraz kesişme konumunda olacak şekilde). Ardından veriye her bir dar bant spektrumlu süzgeç dizisi uygulanır. Bu aşamada verinin her bir dizisi için süzgeç sayısı katı kadar veri grubu elde edilir. Bu sırada orijinal veri ve diğer veri setlerinin bilgisayarın hafızasında saklanabilmesi için önemli miktarda bellek gereksinimi oluşmaktadır. Ayrıca yapılan işlem sayısı da süzgeç sayısının artmasıyla birlikte geometrik olarak artmaktadır.

Süzgeç sayısının spektral dengeleme üzerinde önemli derecede etkili olmasının sebebi bant geçişli süzgeçlerin spektral bandının daralması ile dengeleme işleminin daha güçlü yapılmasından kaynaklanmaktadır. Ancak süzgeç sayısının belirli bir değerden sonra ne kadar arttırılırsa arttırılsın spektral dengeleme üzerindeki herhangi bir etkisi gözlemlenmez. Bu değer veri gruplarına göre farklılık göstermekle beraber genellikle 5-11 arasında değişim göstermektedir. Şekil 48'de aynı kesit için zaman değişken spektral dengeleme işlemi uygulanmıştır. Sadece süzgeç sayısının değişim gösterdiği uygulamada süzgeç sayısı ile spektral dengeleme arasında doğru ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Bundan önce bahsedilen parametreler sadece zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin iz üzerinde uygulanacağı bölgeyi belirlemek amacıyla kullanılan parametrelerdir. Bunlardan farklı olarak sinyal zarfın yuvarlatılma derecesi sismik iz içerisinde yer alan zayıf genlikli yansımaların güçlendirilme derecesini önemli derecede etkiler. Sinyalin zarfı ne kadar iyi yuvarlatılırsa verinin spektrumunda oluşan iyileşme doğru orantılı olarak artar.

Sinyalin zarfının yuvarlatılma derecesi ile kullanılan süzgeç sayısı arasında etkileri yönünden benzerlikler bulunmaktadır. İki parametre de zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinde sonuca etki eden önemli parametrelerdendir. Bu iki parametre doğrudan verilen bant genişliği arasındaki spektral bandın güçlendirilmesiyle ilgili oldukları için birbirlerini tamamlar, nitelik taşıdıkları göz önünde bulundurularak uygun değerler seçilmelidir.

2.6. İğnecik Ters Evrişim (Spiking Dekonvolüsyon)

Burada, sismik dalgacık ile yansıtma katsayıları serisinin konvolüsyonundan sismik izin olduğu varsayılır. Yansıtma katsayıları iğnecik yapısındadırlar. Dolayısıyla, iğnecik dekonvolüsyon sismik dalgacığı iğneciğe dönüştürür ve sonuçta elde edilen seri yansıtma katsayıları olduğu kabul edilir.

$$d_t = (1, 0, 0, \dots) \rightarrow \text{Arzu edilen çıkış yapısı} \quad (35)$$

$$\sum d_t x_{t-i} = (x_0, 0, 0, \dots, 0) \quad (36)$$

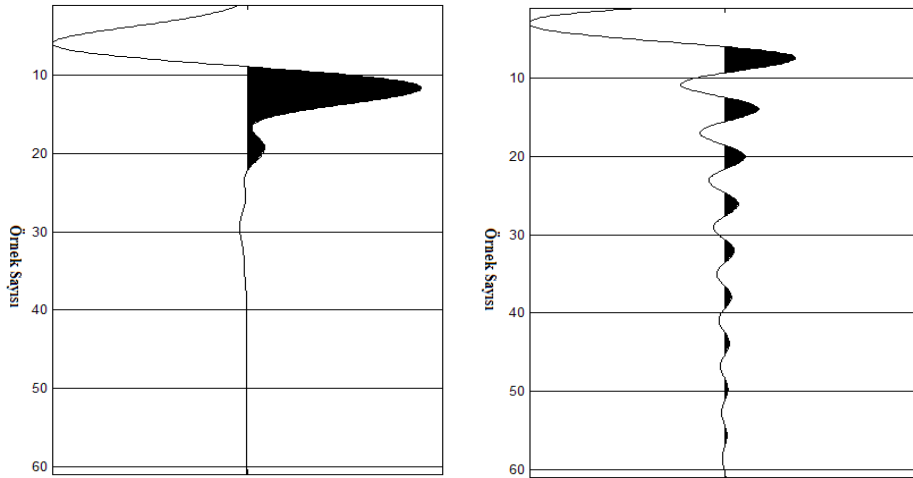
$$\begin{pmatrix} R_0 & R_1 & R_2 & \dots & R_{n-1} \\ R_1 & R_0 & R_1 & \dots & R_{n-2} \\ R_2 & R_1 & R_0 & \dots & R_{n-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n-1} & R_{n-2} & R_{n-3} & \dots & R_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (37)$$

- Çoğunlukla $1/x_0$ ile normalize edilecek $(1, 0, 0, 0, \dots)$ yapısı elde edilir.
- Ters süzgeç uygulamasında R matrisi bilinen veya ölçülen sismik dalgacıktan hesaplanır. (deterministik tanımlı dekonvolüsyon)
- Bu aynı zamanda en küçük kareler yöntemi (EKKY) ile ters süzgeçlemedir. Dolayısıyla iğnecik dekonvolüsyon ile EKK süzgeci matematiksel olarak eşdeğerdir.

Sismik yöntemde birçok uygulamada sismik dalgacık bilinmez fakat sismik iz kaydedilir. (özellikle dinamit atışlarında), bu durumda R matrisi, sismik iz $x(t)$ 'nin öz

ilişkisinden elde edilir. Buna istatistik dekonvolüsyon denir. Burada temel kabul, sismik izin öz ilişkisinin dalgacığın öz ilişkisine benzer olduğudur.

- R matrisi (ya da normal denklem) girişin öz ilişkisinden oluşturulur. Öz ilişki durumunda girişin faz bilgisi kaybolur.
- Dolayısıyla aynı genlik spektrumuna sahip birçok dalgacık bulunur. Ancak bunlarda yalnızca bir tanesi minimum fazlıdır.
- Dolayısıyla iğnecik dekonvolüsyonda kullanılan birinci varsayım giriş dalgacığının minimum fazlı olduğudur.
- İkinci varsayım ise, yansıtma katsayılarının rastgele olduğudur. Eğer dalgacığı minimum fazlı değilse (mesela, mikrosismik verisi) bu dekonvolüsyon yöntemi kullanılmamalıdır.
- İğnecik ters evrişimi sismik için düşey ayrırlılığını artırır. Yani yansıma dalgacıkları sıkıştırılarak iğnecik haline getirilmeye çalışılır.

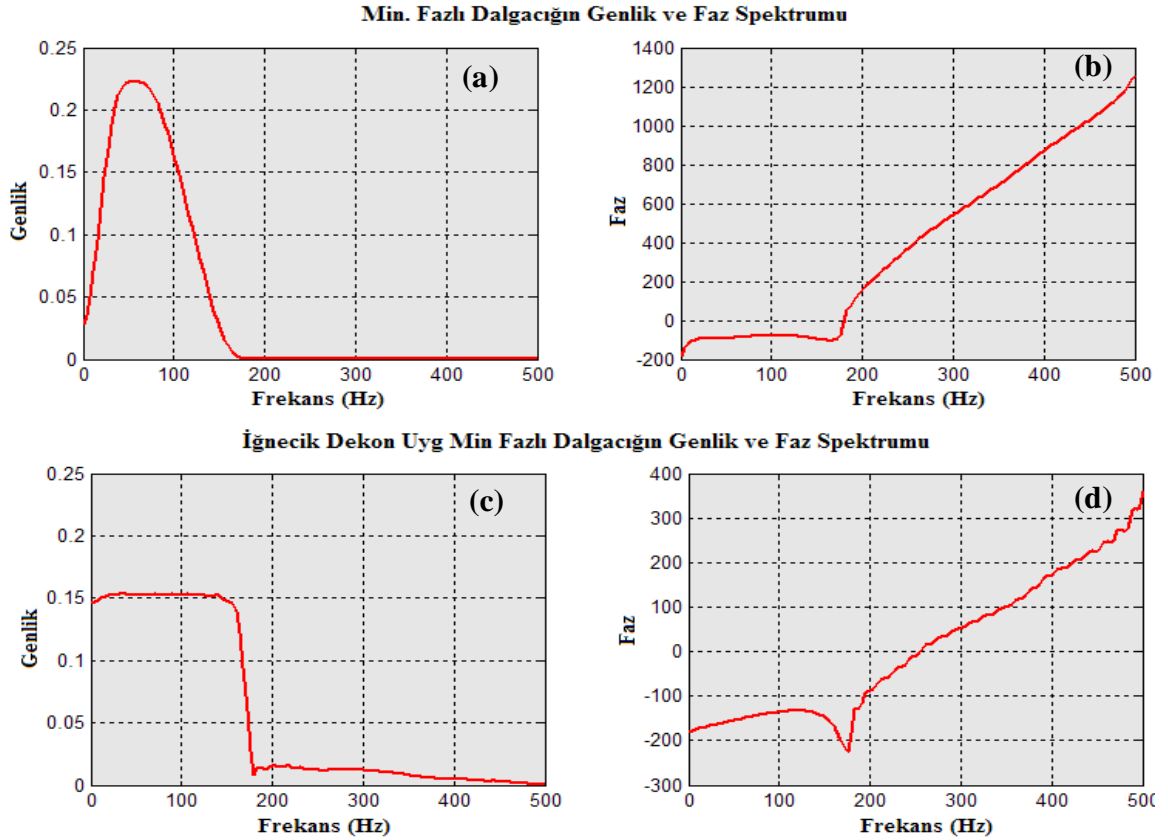


Şekil 65. Minimum fazlı dalgacığa iğnecik dekonvolüsyon uygulanması. a) Minimum fazlı dalgacık (10-80 Hz bant aralığına sahip), b) iğnecik dekonvolüsyon uygulamasının sonucu (operatör boyu=200 ms)

Şekil 65a'da 10-80 Hz frekans bandına sahip minimum fazlı dalgacık gösterilmiştir. Şekil 65b'de ise minimum fazlı dalgacığa iğnecik dekonvolüsyonu işlemi uygulanmasının sonucu gösterilmiştir.

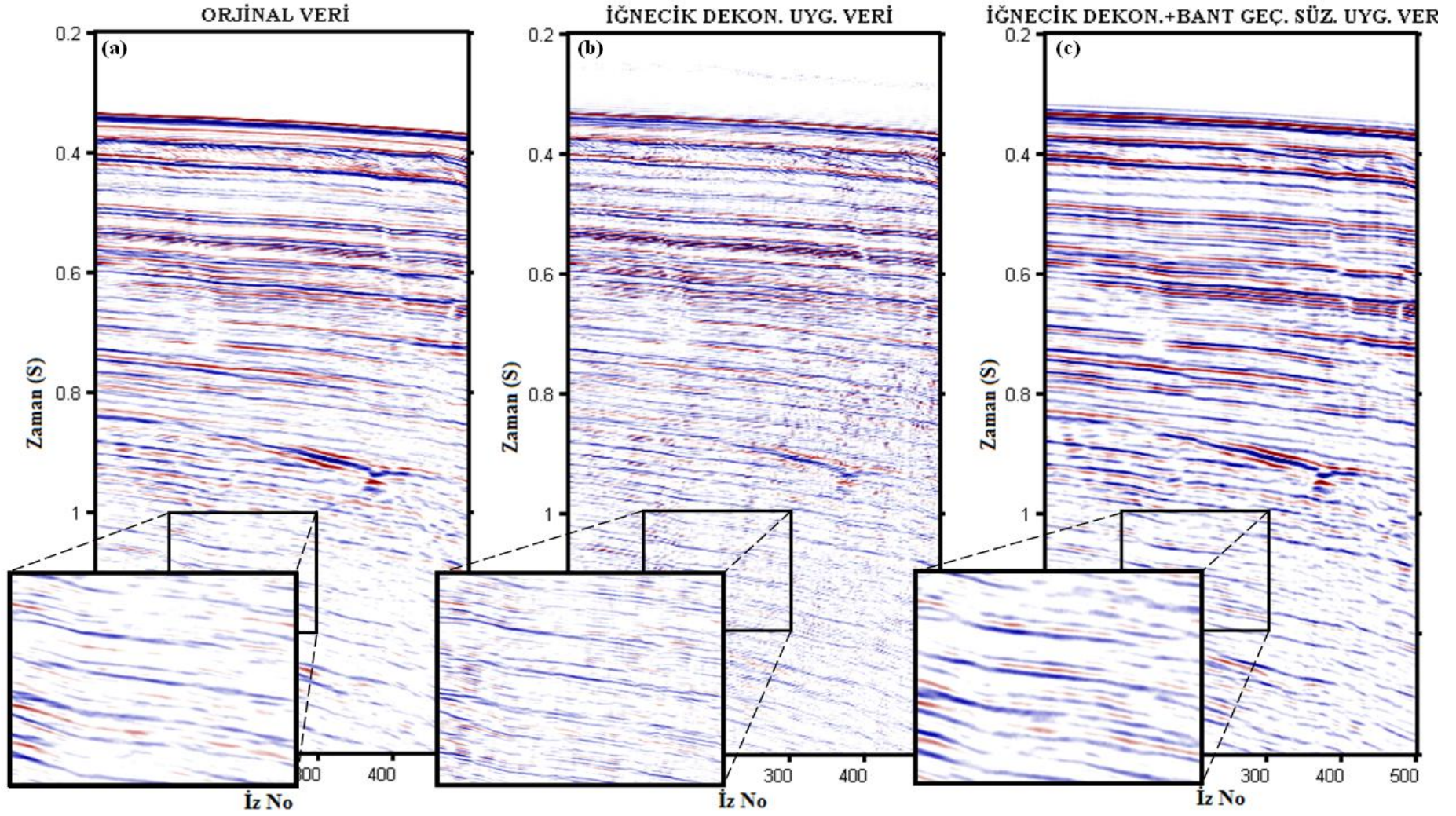
İğnecik dekonvolüsyon uygulanmış sinyale dikkate edilecek olursa dalgacığın önemli derecede sıkıştırılmış olduğu fark edilir.

Ancak iğnecik dekonvolüsyonun sinyal üzerindeki etkileri sadece bununla sınırlı kalmaz. İğnecik dekonvolüsyonun etkilerin daha anlaşılabilmesi için sinyalin genlik ve faz spektrumlarının da incelenmesi gerekmektedir. Şekil 66'de minimum fazlı sinyalin ve iğnecik dekonvolüsyon uygulanmış halinin genlik ve faz spektrumları gösterilmiştir.

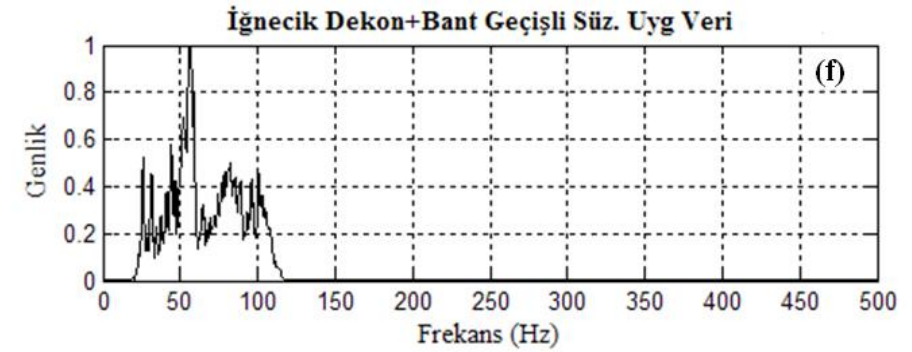
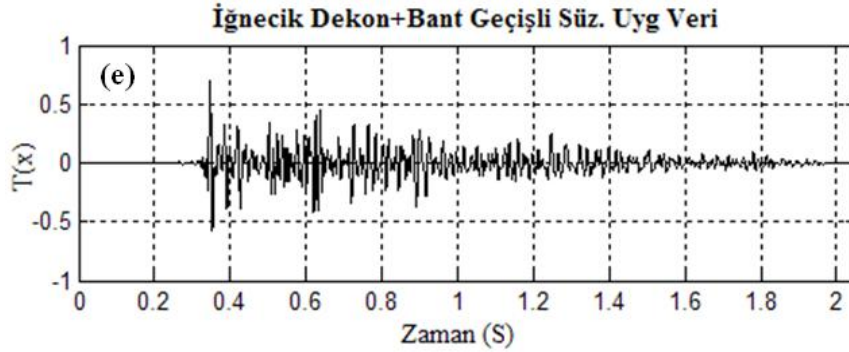
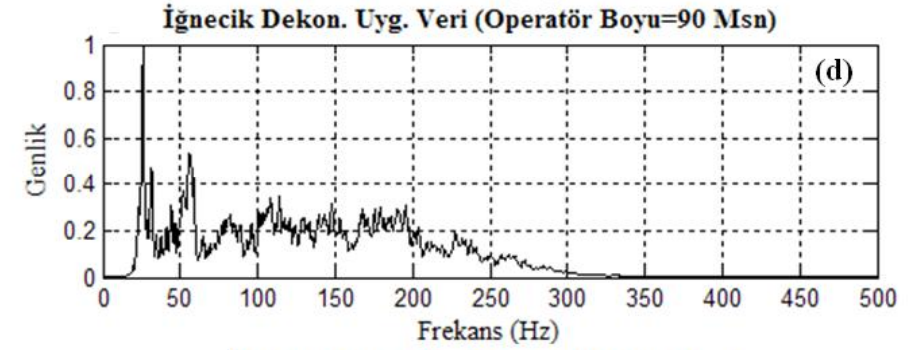
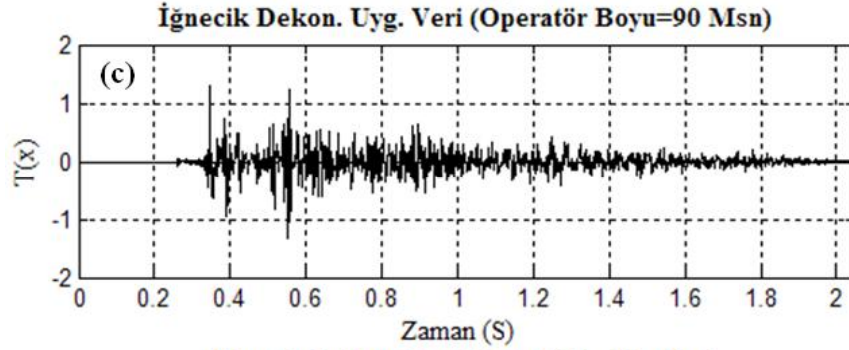
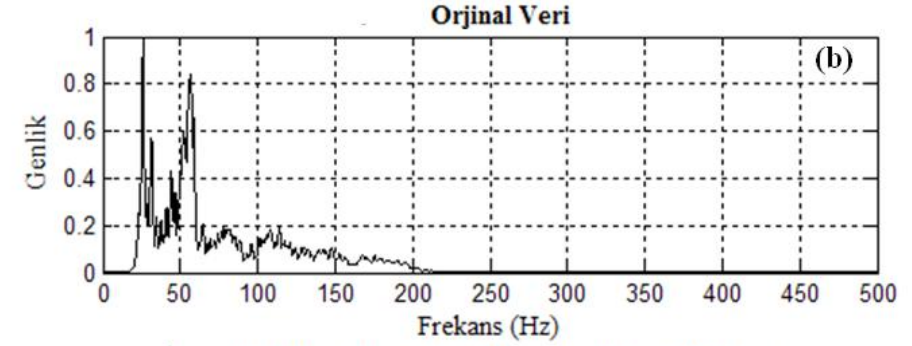
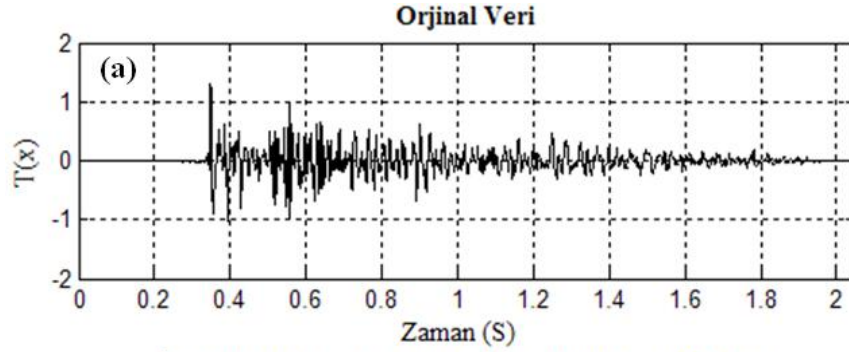


Şekil 66. Minimum fazlı ve iğnecik dekonvolüsyon uygulanmış minimum fazlı sinyalin genlik ve faz spektrumları. Sol sütundaki şekiller genlik, sağ sütundaki şekiller faz spektrumlarını göstermektedir.

Şekil 66'da verilen genlik spektrumları incelendiğinde iğnecik dekonvolüsyon uygulamasının sinyalin spektral bandını genişlettiği görülmektedir. Bunun etkisi zaman ortamında daha keskin (spike) yansımalar olarak görünür. Ancak minimum fazlı sinyalin frekans aralığının 10-80 Hz olduğu düşünülürse genliğin spektral bandın dışındaki bölgede de güçlendirilme olduğu görülmektedir. Minimum fazlı sinyalde gürültü içeriği olmadığından dolayı bozucu bir etki oluşmamıştır.



Şekil 67. İğnecik dekonvolüsyonun sismik kesite uygulanması. a) Orijinal kesit, b) iğnecik dekonvolüsyon uygulanmış kesit (operatör boyu=90 Msn), c) iğnecik dekonvolüsyon + bant geçişli süzgeç uygulaması (10-40-100-120 Hz)



Şekil 68. İğnecik dekonvolüsyon ve bant geçişli süzgecin bir ize uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

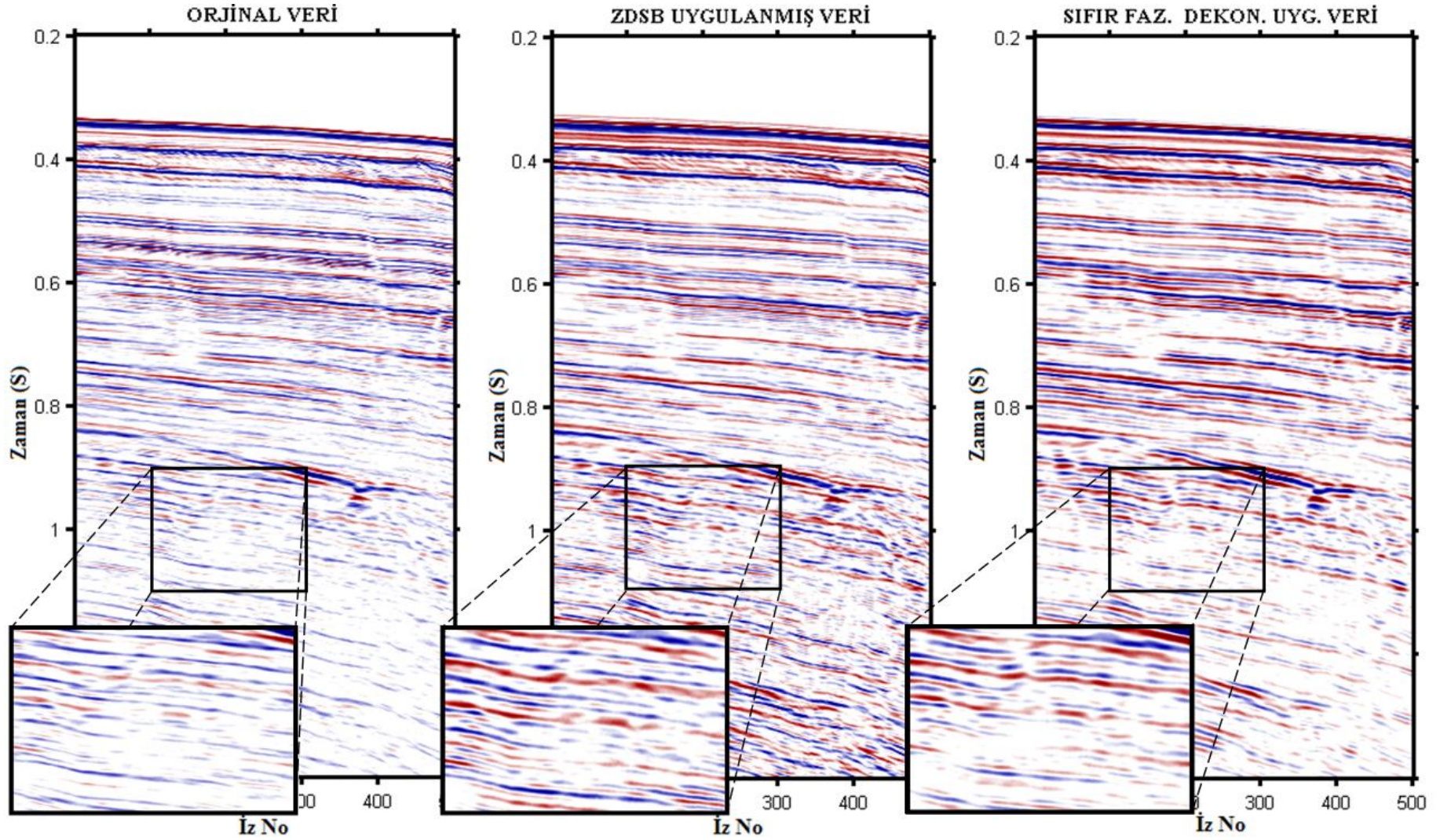
Şekil 67 ve Şekil 68’de iğnecik dekonvolüsyon ve klasik bir uygulama olarak ardından bant geçişli süzgeç uygulaması zaman ve frekans ortamı görünümleri verilmektedir. Daha önce Şekil 65 ve Şekil 66’de gösterildiği gibi iğnecik dekonvolüsyon işlemi spektral bandın dışında kalan bölgeyi de güçlendirdiği için Şekil 67b’de iğnecik dekonvolüsyon uygulanmış kesitte yansımalar net olarak takip edilememektedir. Bunun nedeni veri içerisinde bulunan gürültünün de güçlenmesinden dolayıdır. Şekil 67b’ye kesme frekansları 10-40-100-120 Hz olan yuvarlatılmış yamuk tasarımlı bant geçişli süzgeç uygulandığında Şekil 67c’de verilen kesit elde edilmektedir. İğnecik dekonvolüsyon ardından spektral bant dışında kalan gürültülerin giderilmesi amacıyla bant geçişli süzgeç uygulanması yansımaların daha net bir şekilde gözlemlenmesini sağladığı açıkça görülmektedir.

2.7. Sıfır Fazlı Dekonvolüsyon (Zero Phase Deconvolution)

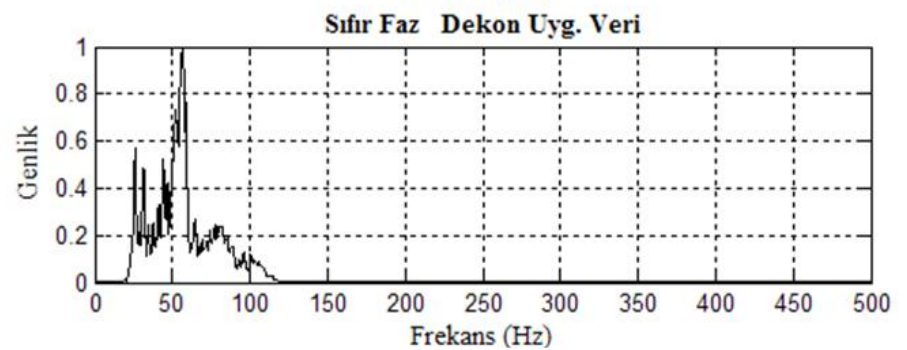
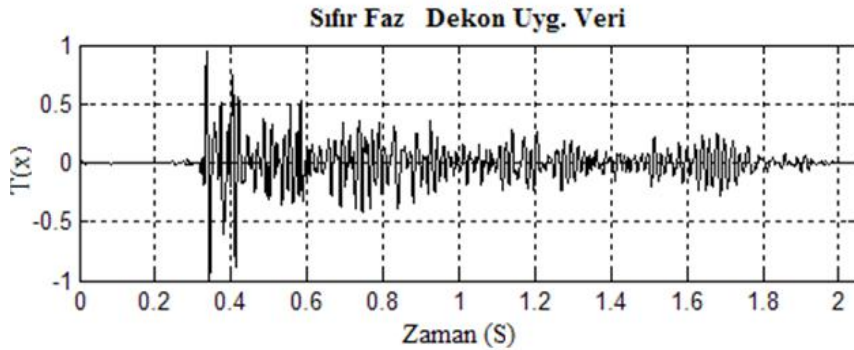
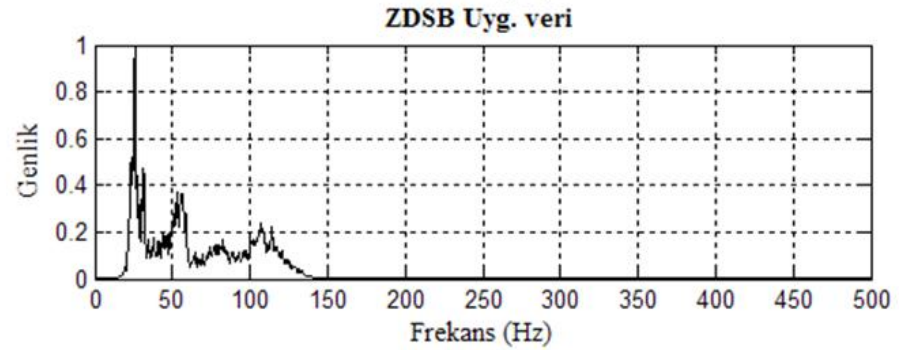
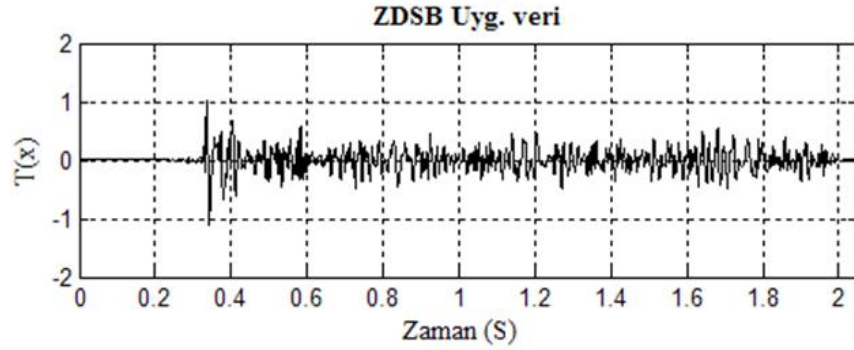
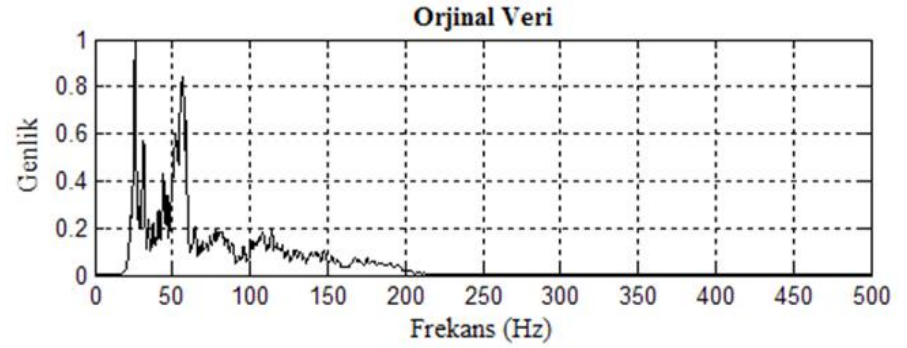
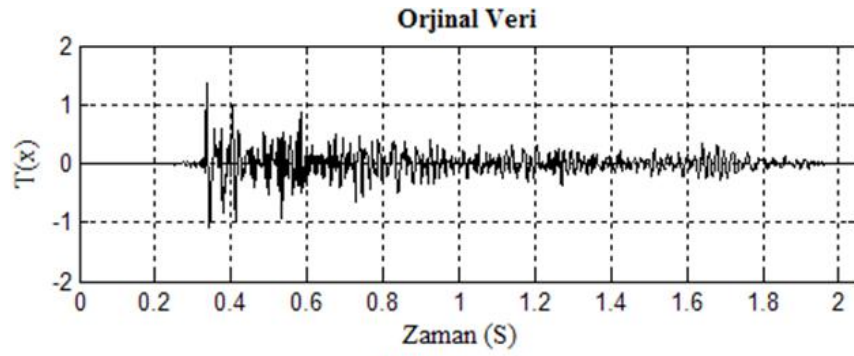
Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği ile sıfır fazlı dekonvolüsyon işlemi herhangi bir matematiksel ispatı olmamasına karşın benzer işlemlerdir. Bu düşüncenin sebebi her iki yöntemde de işlemlerin sıfır fazlı operatörler ile yapılmış olmasıdır.

Şekil 69 ve Şekil 70’da sıfır faz dekonvolüsyon işlemi ve zaman değişken spektral beyazlatma uygulanmış kesitler gösterilmiştir. Kesitler incelendiğinde ayrımlılık bakımından özellikle 0.4-0.6 sn arasında sıfır faz dekonvolüsyonun oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Ancak sıfır faz dekonvolüsyon izin geciken zamanlarında ZDSB kadar soğurma etkilerini telafi edememiştir.

Pratik olarak bakıldığında sıfır fazlı dekonvolüsyon ile ZDSB tekniklerinin frekans ortamı etkileri benzer olmasına karşılık bazı farklılıkları göstermektedir. Sıfır fazlı dekonvolüsyon işlemi sinyalin frekans bandını güçlendirmede ZDSB tekniğinden daha etkin çalışmasına karşın sinyal içerisinde var olan gürültü seviyesinin yükselmesine neden olur. Ayrıca sıfır dekonvolüsyon verinin tamamında etkili olurken; ZDSB tekniği sadece kullanıcı tarafından belirlenen frekans aralığında çalışmaktadır.



Şekil 69. Sıfır faz dekonvolüsyon ve ZDSB tekniklerinin sismik kesite uygulanması. a) Orijinal kesit, b) ZDSB uygulanmış kesit (10-120 Hz, 6 adet süzgeç ve Hilbert zarfı kullanıldı), c) sıfır faz dekonvolüsyon uygulanmış kesit



Şekil 70. Sıfır faz dekonvolüsyon ve ZDSB tekniklerinin bir izde uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

2.8. ZDSB'nin Sismik Veri İşlemlerinde Kullanımı

Sismik yansıma çalışmasında veri işlem adımı araziden alınan her bir kayıt dosyasının yorumlama amacıyla sismik kesitlerin hazırlanmasına kadar uzanan uzun bir süreçtir.

Ancak yine de sismik veri işlemi kendi içerisinde gruplandırılacak olursak genel olarak altı safhaya ayırabiliriz. Bunlar sırası ile verinin birleştirilmesi-yüklenmesi, ön-veri işlem, ortak orta nokta, hız analizi, yığma-migrasyon ve yığma sonrası işlemlerdir. Şekil 71'de genel olarak yansıma verilerine uygulanan veri işlem aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 71. Yansıma verilerine uygulanan veri işlem akış diyagramı.

Sismik yansıma verileri arazide her bir atış dosyası olarak ayrı ayrı kayıt edilir. Veri işlemin ilk aşaması atış dosyalarının birleştirilerek tek bir dosya oluşturmaktır (bu dosya bütün atış kayıtlarını içerir).

Ön-veri işlem aşamasında iz üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması, kayıt alınamayan kanalların silinmesi gibi, veri grubunu veri işleme hazırlamak amacıyla yapılan düzeltme ve iyileştirmelerin uygulandığı bölümdür.

ODN (ortak orta noktaları) yığma tekniği kullanılarak yığma kesitleri elde edilmiştir. Sismik yansıma verilerimiz atış grupları (shot gathers) şeklindedir. “CDP yığma” terimi bir teknik ifadedir ve sismik atış toplamasında bulunan çoklu ofsetteki izleri sıfır ofsetli tek bir ize indirger. Her toplamadaki iz gurubu sonra, CDP yığma kesiti içerisinde toplanır.

Yığma öncesi veri işlemler genel olarak veri çerisindeki düzensizlikleri gidermek, veriyi yığma işlemine hazırlamak, sinyal/gürültü oranını artırma amacı ile çeşitli düzenleme ve süzgeçleme uygulamalarını içermektedir. Yığma işlemi belli geometrik düzeltme ile sismik yansıma verisinin sismik kesite dönüştürülmesidir ki bu çok temel bir işlemdir. Daha sonra kesitte geometriden dolayı ortaya çıkan bozuklukları ortadan kaldırmak ve kesiti derinlik ortamına çevirmek için göç (migrasyon) işlemi uygulanır.

Yığma sonrasında elde edilen verinin ayrımlılığını arttırmak bant içeriğini değiştirmek amacıyla iğnecik dekonvolüsyon, zaman değişken spektral beyazlatma, *Karhunen–Loève* (*K-L*) dönüşümü gibi teknikler kullanılarak veri kalitesi arttırılabilir.

Ancak ihtiyaca göre işlemlerin sıraları değiştirilebilir, bazı işlemler atlanabilir ya da ilave bazı işlemler eklenebilmektedir. Bunların tamamı verinin durumu ve karşılaşılan problemlerin türüne göre değişiklik göstermektedir. Şekil 71’de sismik veri işlemlerde kullanılan adımlar genel hali ile verilmiştir. Bu işlemler sismik yansıma çalışmalarında genel olarak kullanılan aşamalardır.

Verilen işlem sıralamasında zaman değişken spektral beyazlatma tekniği bulunmamaktadır. Bunun birkaç nedeni bulunmaktadır. Öncelikle zaman değişken spektral beyazlatma tekniği kullanıcının tercihi ve verinin spektral içeriğine göre kullanılıp kullanılmamasına karar verilen bir tekniktir. Veri işlem aşamasında kullanılmasını zorunlu kılan bir sebep bulunmamaktadır. Çoğunlukla ileri-veri işlem sonunda spektral bant içerisindeki genlikler tam olarak dengeli olmazlar. Spektral bandın içindeki genlikleri bir seviyede (genellikle maksimum genlik seviyesinde) dengelemek için ZDSB ilave olarak kullanılır.

Bununla ilgili olarak daha önceki bölümlerde ayrıntılı karşılaştırmalar yapılmıştır. İkinci sebep ise genellikle yığma sonrası uygulanması genelleşmiş olmasına karşın tam olarak nerede ve hangi teknikle beraber kullanılacağı kesinleşmemiştir. Bu durumla ilgili açıklama ve öneriler sonuçlar kısmında verilecektir.

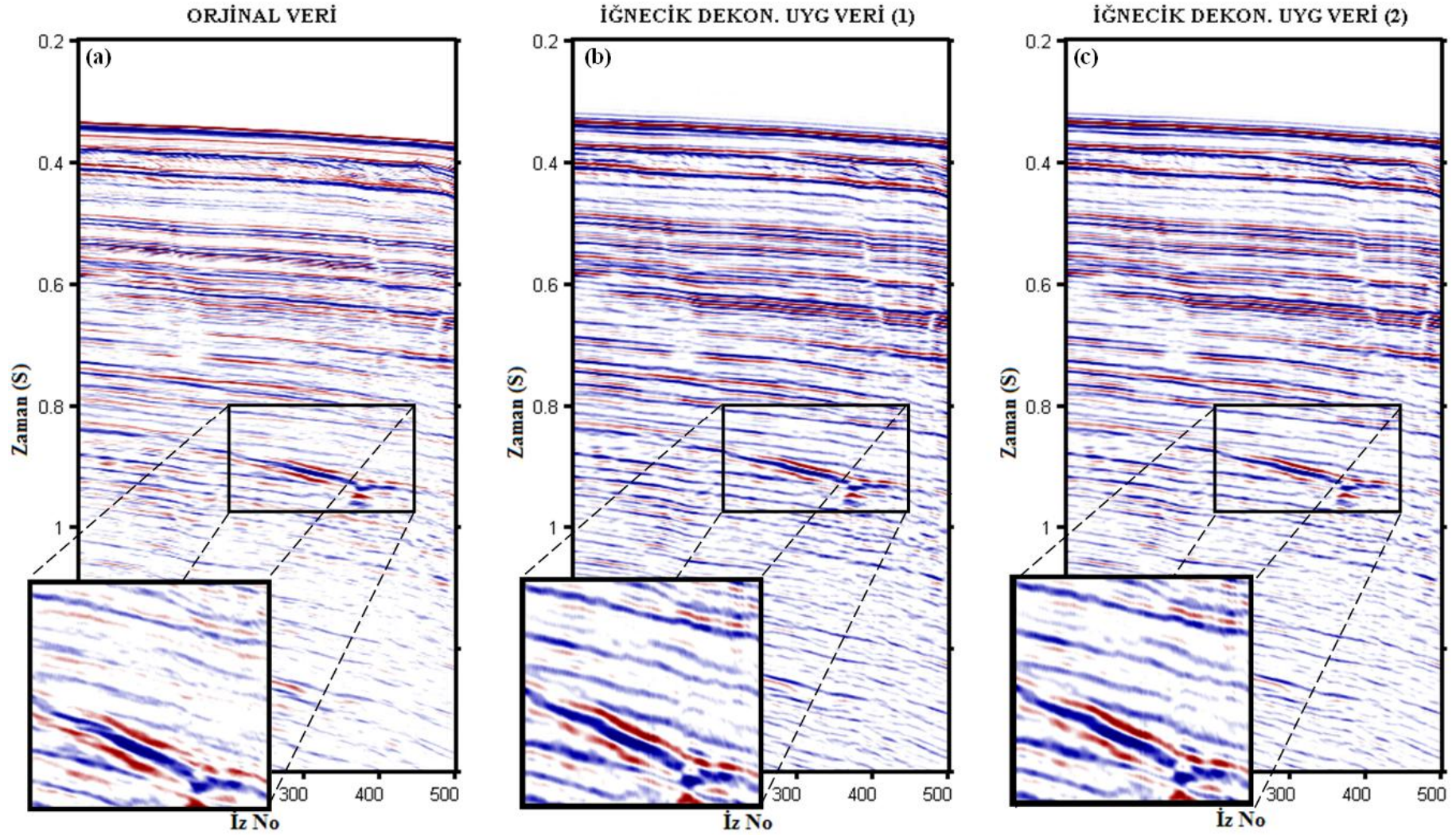
Zaman değişken spektral beyazlatma (ZDSB) işlemleri sismik veri işlemlerinde genellikle yığılma sonrası (post-stack) kullanılan bir veri işlemleri adımındadır. Bu tekniğinin amacı kesit içeriğinde var olan düşük genlikli olayları güçlendirerek yoruma yardımcı olmaktır. Bu amaçla kullanılan zaman değişken spektral beyazlatma işlemleri opsiyonel olarak kullanılan bir adımdır.

İğnecik dekonvolüsyon uygulaması, zaman değişken spektral beyazlatma tekniğini mükemmel bir biçimde tamamlamaktadır. İğnecik dekonvolüsyon yansımaları sıkıştırarak spektral bantı güçlendirir, ardından uygulanan zaman değişken spektral beyazlatma, spektral dengeleme işlemleri gerçekleştirilerek istenilen bant aralığını iyileştirir. Bu açıdan iki teknik birbiri ile karşılaştırıldığında zaman değişken spektral beyazlatma tekniği veri içeriğindeki gürültü içeriğini güçlendirmeksizin spektral dengeleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda kullanıcı tarafından belirlenen bant aralığında çalıştığı için bant geçişli süzgeç gibi davranmaktadır.

Şekil 72 ve Şekil 73’de iğnecik dekonvolüsyon ve zaman değişken spektral beyazlatma tekniğinin beraber uygulanması gösterilmiştir. Şekillerde de gösterildiği gibi dört farklı operatör boyu değeri için iğnecik dekonvolüsyon uygulaması yapılmıştır. Operatör boyu değeri büyütülmesi iğnecik dekonvolüsyonun etkinliğini arttırmaktadır. Sonuçlar göstermektedir ki, frekans ortamındaki spektral dengeleme ile operatör boyu arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Operatör boyunun artırılması ile birlikte verinin spektral bandında meydana gelen dengeleme artmaktadır. Klasik bir uygulama olarak iğnecik dekonvolüsyon ardından 10-140 Hz kesme frekanslarına sahip bant geçişli süzgeç uygulanmıştır.

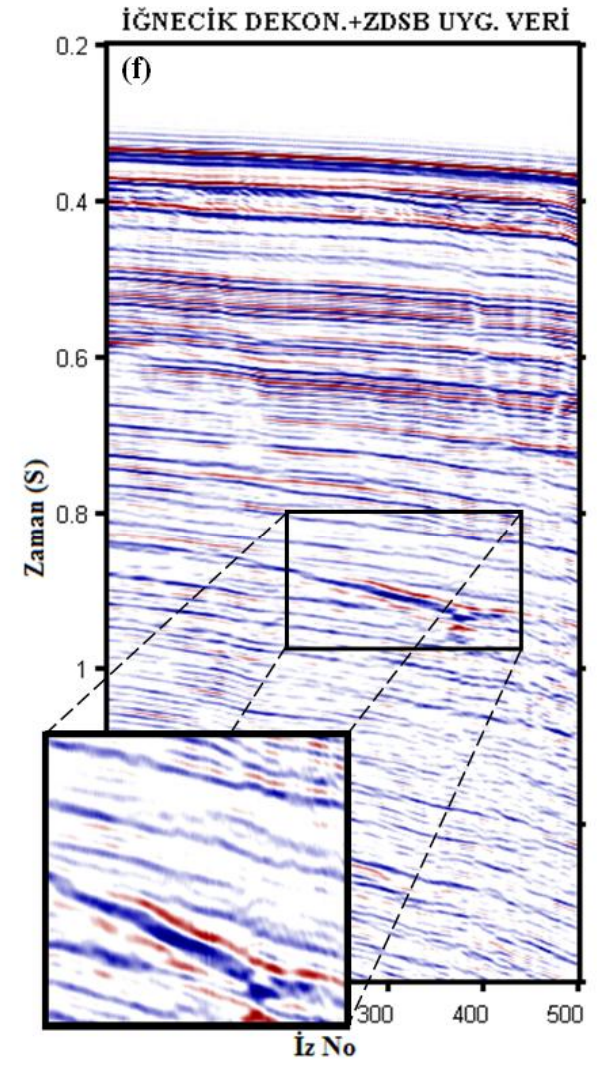
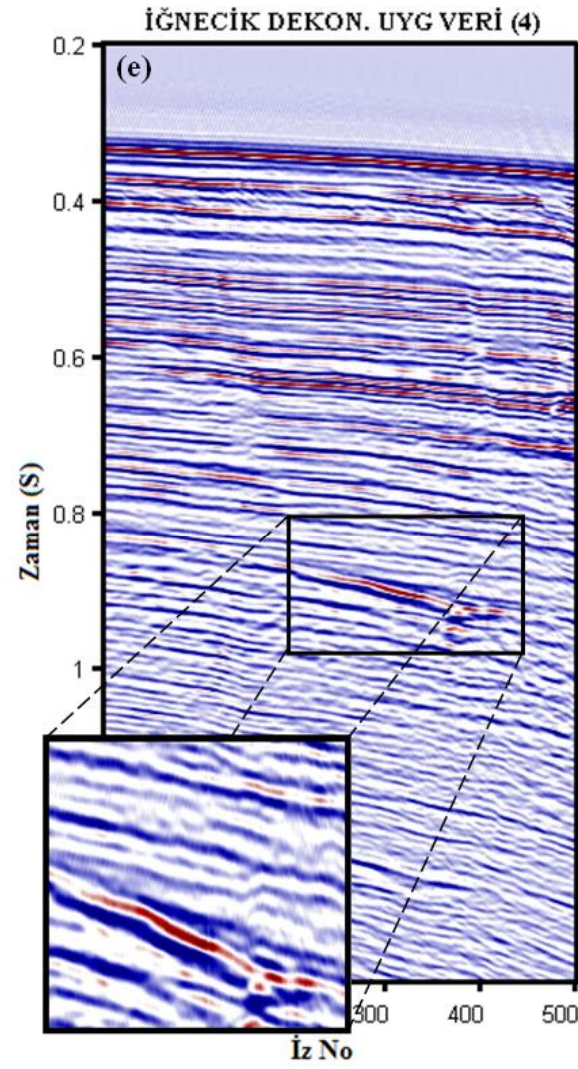
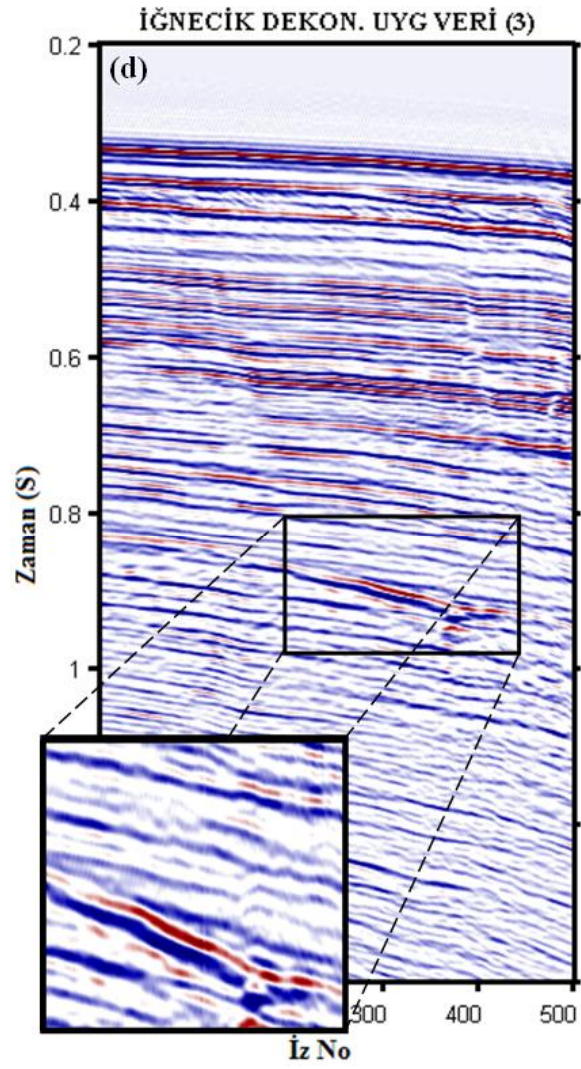
İğnecik dekonvolüsyon ile ZDSB teknikleri beraber kullanılırken, iğnecik dekonvolüsyonun operatör boyu olduğundan daha küçük olarak belirlenmiştir (iğnecik dekon. opt. boyu=40 msn’dir). Ayrıca zaman değişken spektral beyazlatma işlemleri frekans aralığı ile iğnecik dekonvolüsyondan sonra uygulanan bant geçişli süzgeç frekansları örtüşmektedir. Şekil 72’de gösterilen alanlar dikkatlice incelendiğinde iğnecik dekonvolüsyon sonrası düşey yöndeki zaman değişken spektral beyazlatma uygulandığında yansımaların ayrımlılığının daha da arttırıldığı anlaşılmaktadır.

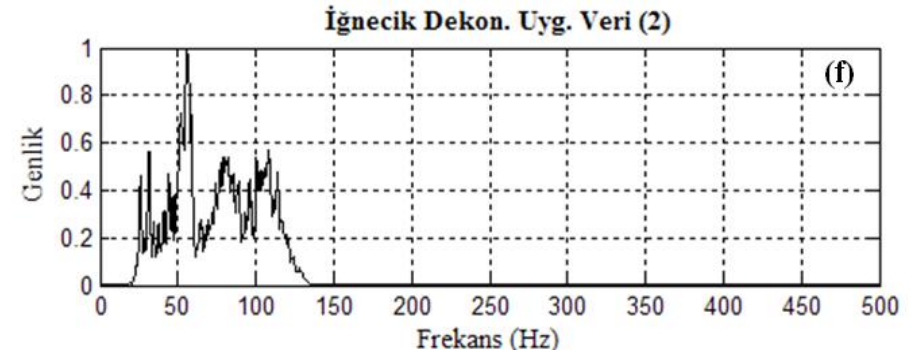
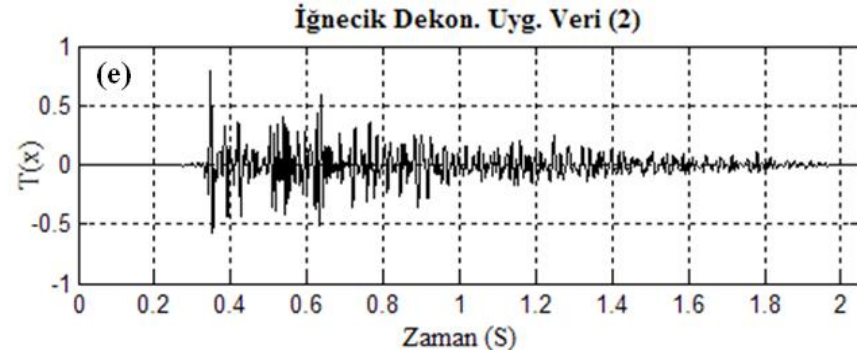
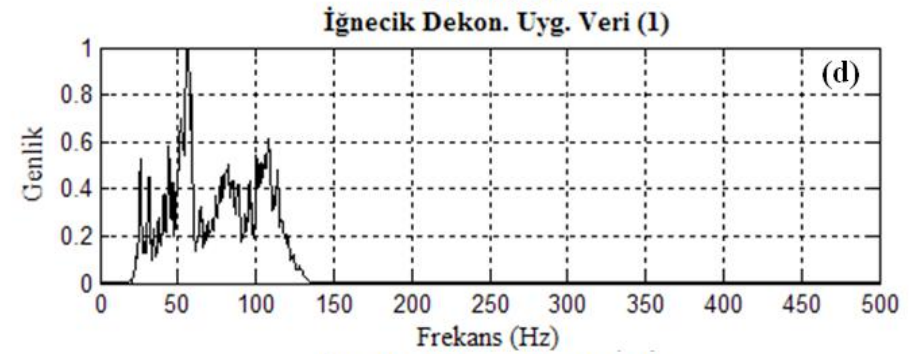
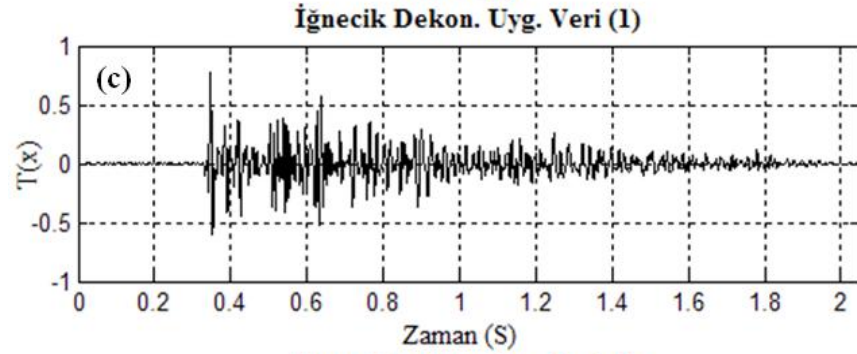
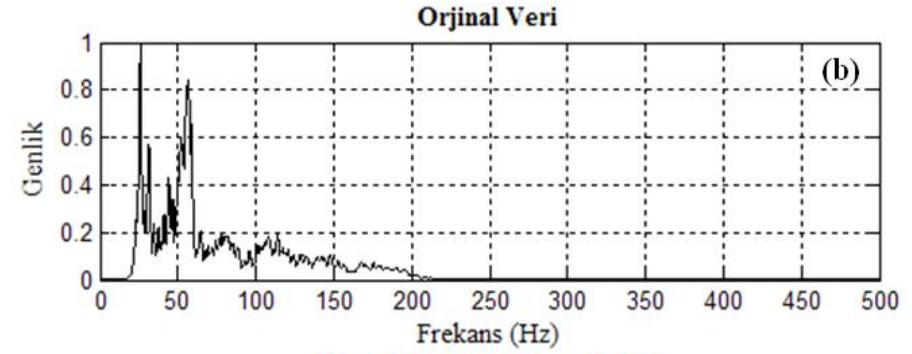
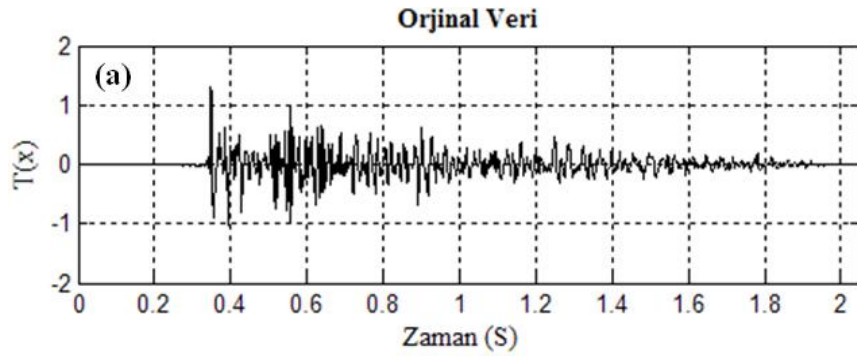
İğnecik dekonvolüsyon + ZDSB uygulanmış kesit incelendiğinde hem yansımaların sıkıştırıldığı hem de soğrulma etkilerinin bir miktar giderildiği görülmektedir. Aynı zamanda bu işlemler yapılırken veride var olan doğal gürültü içeriği minimum derecede



Şekil 72. Zaman değişken spektral beyazlatma ve iğnecik dekonvolüsyon tekniklerinin uygulanması a) orijinal veri, b) 30 Ms, c) 40 Ms, d) 60 Ms, e) 120 Ms,için iğnecik dekonvolüsyon f) iğnecik dekonvolüsyon + zaman değişken spektral beyazlatma, uygulanmış veri

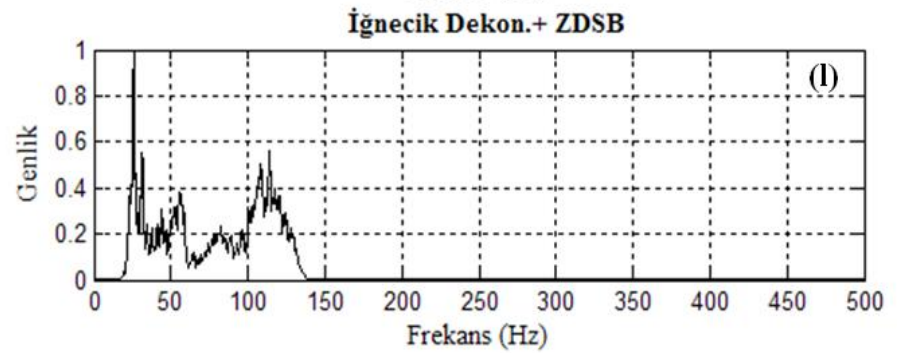
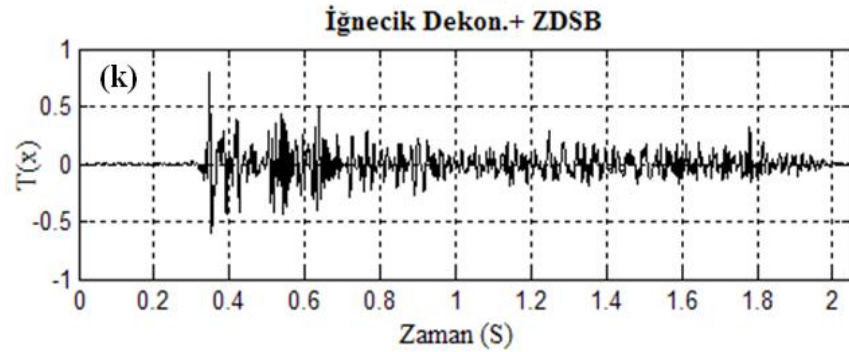
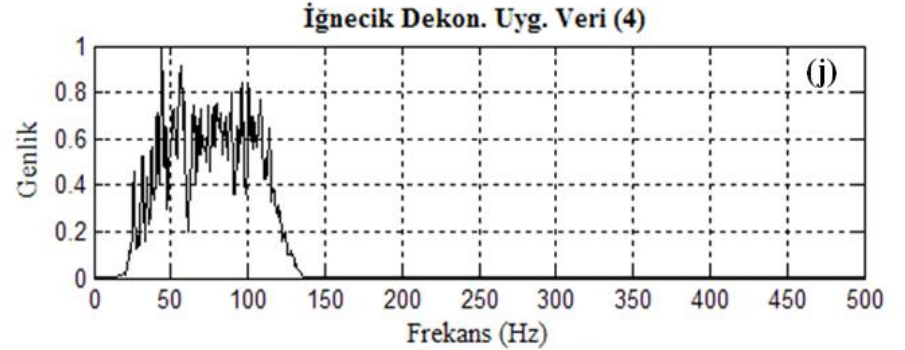
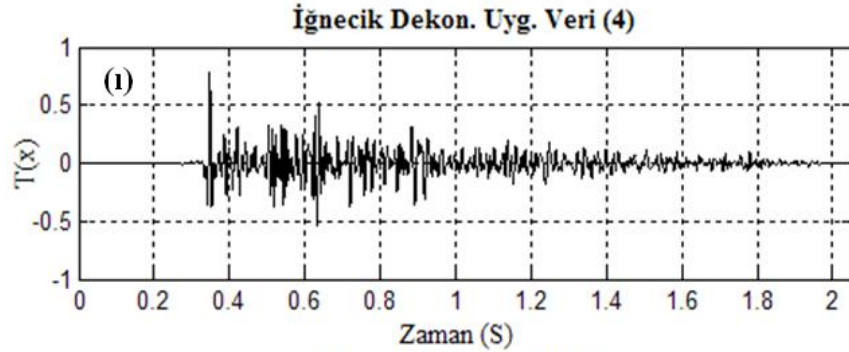
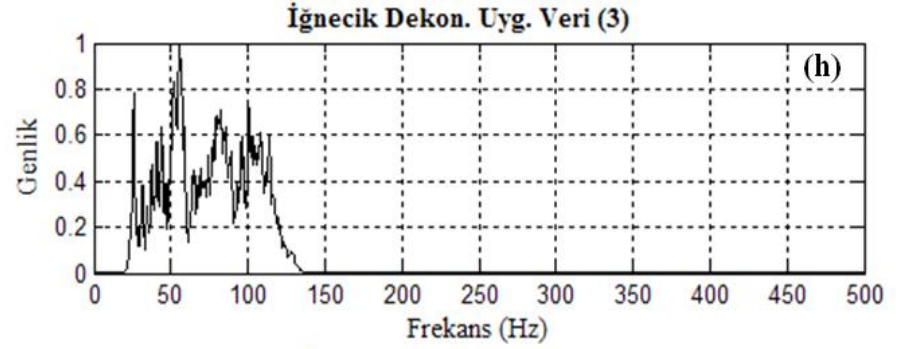
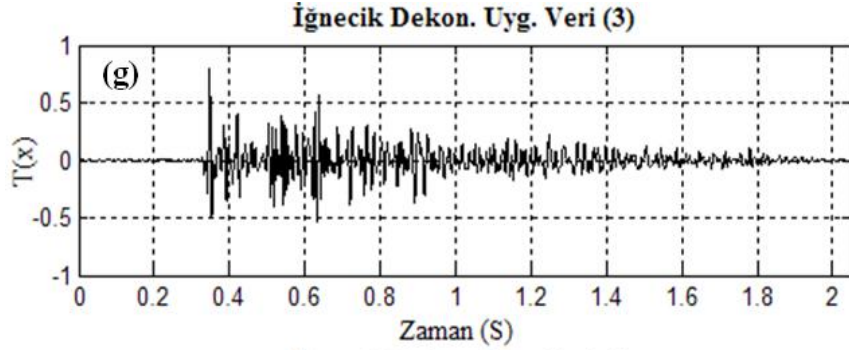
Şekil 72'nin devamı:





Şekil 73. Zaman değişken spektral beyazlatma ve iğnecik dekonvolüsyon bir ipe uygulanmasının zaman ve frekans ortamı sonuçları. Sol sütundaki şekiller zaman ortamı, sağ sütundaki şekiller frekans ortamı sonuçlarını göstermektedir

Şekil 73'ün devamı:



güçlendirilmiştir. Bu sayede sinyal/gürültü oranında iyileştirme gerçekleşmiştir. Bu özelliği ile (sinyali güçlendirirken gürültü içeriğinde önemli bir artış olmaksızın) zaman değişken spektral beyazlatma, iğnecik dekonvolüsyondan ayrılmaktadır.

3. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında zaman değişken spektral beyazlatma (ZDSB) tekniği incelenmiştir. ZDSB tekniğinin teorisi, parametrelerin sonuç üzerindeki etkileri, veri işlem aşamasındaki yeri ve farklı tekniklerle birlikte uygulanması araştırılmıştır.

Arazi kayıtları üzerindeki yapılan çalışmalardan ZDSB tekniğinin verinin spektral bandını geliştirmeye yönelik etkisi açıkça görülmektedir. Dar bant spektrumuna sahip veri ile geniş bant spektrumlu veri grupları ayrımlılık bakımından önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 50). Geniş bant spektrumuna sahip verinin ayrımlılığının daha yüksek olduğu uygulamalarla da gösterilmiştir.

ZDSB tekniği çoklu bant geçişli süzgeç uygulaması yardımıyla uygulanmaktadır. Bu sebepten dolayı veriye uygulanan bant geçişli süzgeçlerin en az seviyede kesme etkisi oluşturması arzu edilir. Teknik uygulanırken n adet süzgeçleme işlemi gerçekleştirildiğinden dolayı kesme etkisi normal bant geçişli süzgeç uygulamasından n kat daha fazla etki etmektedir. Kesme etkisini gidermek amacıyla yamuk şekilli, yuvarlatılmış yamuk şekilli ve Gauss süzgeç yapıları kullanılarak ZDSB tekniği uygulanmıştır (Şekil 47). Kesitler incelendiğinde farklı süzgeç yapılarının kullanılmasının önemli derecede etki oluşturmamıştır. Bunun nedeni süzgeç tasarımlarının frekans ortamı etkilerinin birbirine yakın olmasıdır. Ancak ideal bant geçişli süzgeç yapısına göre büyük ölçüde kesme etkisi giderilmiştir. Sonuçlar arasındaki farkın az olmasına karşılık en iyi sonuç Gauss süzgeç yapısı ile elde edilmiştir.

Kullanılan süzgeç sayısı ZDSB tekniğinde hem sonucu hem de işlem süresini ciddi ölçüde etkilemektedir (Şekil 48). Süzgeç sayısı genellikle 3-8 arasında belirlenmesine karşılık tekniğin uygulanacağı frekans aralığının geniş ya da dar olması durumunda değiştirilebilir.

Süzgeç sayısını belirlemede asıl önemli etkenin frekans bandının boyu olduğuna karar verilmiştir. Geniş frekans aralığı için daha fazla süzgeç kullanılması uygun iken; dar frekans bandı için az sayıda süzgeç kullanılması daha iyi sonuç vermektedir. Süzgeç sayısını tespit etmede yararlanılabilecek diğer bir etken her bir bant geçişli süzgecin geçirim bandı boyudur. Yöntemin başarılı olabilmesi için geçirim bandı boyunun dar olması arzu edilir.

Teknik, (daha önce anlatıldığı üzere) her bir iz için n adet süzgeçlenmiş izi hafızada tutar. Bu sebepten dolayı süzgeç sayısının gereğinden yüksek olarak seçilmesi tekniğin büyük boyutlu verilere uygulanmasını zorlaştırır.

En düşük kesme frekansı tekniğin uygulanacağı frekans aralığının başlangıç değeri olarak tanımlanabilir. Bu değerın sıfır olması durumunda klasik olarak bant geçişli süzgeçlerden oluşan süzgeç dizisinin ilk elemanı alçak geçişli süzgeç olacaktır (Şekil 52).

Yapılan uygulamalardan da anlaşılacağı üzere (Şekil 53 ve Şekil 54) en düşük kesme frekansı değerinin veriye uygun olarak sıfır değerinden başlatılmaması tercih edilir (genel uygulama bu değerın 10-20 Hz arasında olmasıdır). Bu özellikle atış kayıtlarında önemlidir. Çünkü atış kayıtları düşük frekanslı yüzey dalgası gürültüleri içerir. Bu sayede veri içerisindeki düşük frekans bileşenli gürültü içeriği atılmış olur. En düşük kesme frekansı değerinin gereğinden büyük seçilmesinin veri kaybına neden olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

ZDSB tekniği veri içerisinde spektral dengeleme gerçekleştirirken, dengelemenin hangi frekans değerine kadar devam edeceği en yüksek kesme frekansı ile belirlenir bu sebepten, en yüksek kesme frekansının uygun seçilmesine dikkat edilmelidir. Bu değerın uygun seçilmesi ile, veri içerisinde spektral dengeme yapılırken, aynı zamanda gürültü içeriği de atılır. Ancak bu değerın gereğinden düşük ya da yüksek seçilmesi veri üzerinde bozucu etkiler oluşturacaktır.

En yüksek kesme frekansının verinin doğal spektral bandından daha büyük seçilmesi durumunda dengeleme işlemine veri içerisinde var olan doğal gürültü de dahil edilecektir. En yüksek kesme frekansının gereğinden büyük seçilmesiyle aslında yansıma verisi içermeyen bölgeler de güçlendirilmiş olacaktır. Böylelikle veri içerisindeki gürültü önemli ölçüde güçlendirilerek yansımaların takip edilebilirliği zorlaşacaktır.

En yüksek kesme frekansı değerinin spektral bandı kapsamayacak şekilde (gereğinde küçük seçilmesi durumunda) belirlenmesi ZDSB tekniğinin optimum sonuçtan uzaklaşmasına sebep olur. ZDSB tekniği kullanıcı tarafından belirlenen spektral bant aralığında çalıştığından dolayı bant dışında kalan diğer tüm bölgeler sıfırlanır. Bu şekilde aslında ZDSB tekniğinin çalışma mantığının tersine spektral bant daraltılmış olur. Bandın daraltılmasıyla verideki yüksek frekans bileşenli gürültülerle birlikte önemli miktarda bilgi kaybı da gerçekleşir. Bunun sonucu olarak yanıl ve düşey ayrımlılık azalır.

Sinyalin zarfı ZDSB tekniğinde soğurmanın etkilerini gidererek veriyi iyileştirmek (spektral bat içindeki genlikleri belirli bir seviyede dengelemek yani, beyazlatmak-

whitening) amacı ile kullanılır. Bu amaçla öncelikle her bir izin zarfı hesaplanır. Ardından bir yuvarlatma operatör yardımıyla zarf yuvarlatılır. Bunun amacı veride spektral dengeleme sağlamaktır. Veride ki yüksek genlikli olaylar bastırılırken düşük genlikli olayların da güçlendirilmesi hedeflenir.

Verideki spektral beyazlatmanın sinyalin zarfının yuvarlatılmasında kullanılan yuvarlatma operatörünün boyu ile kontrol edilir (Şekil 55). Yuvarlatma operatörü boyunun büyük seçilmesi ile veride yüksek oranda dengeleme işlemi gerçekleştirilir.

Yapılan çalışmalar kapsamında sinyalin yuvarlatılmış zarfı yerine AGC kazanç ve zaman kazanç fonksiyonları kullanılmıştır. AGC kazanç fonksiyonunun ZDSB tekniği ile beraber kullanılması zaman ortamında başarılı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmalar kapsamında AGC kazanç fonksiyonunun pencere boyunun yaklaşık veri boyunun yarısı kadar seçilmesi durumunda uygun sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 60). Veriye aynı pencere boyları için tek bir iz üzerinde olarak AGC kazanç fonksiyonu uygulanmıştır (şekil AGC kazanç fonksiyonu ile ZDSB – AGC ‘nin sonuçları karşılaştırıldığında ZDSB – AGC ‘nin daha yüksek ayrımlılık elde ettiği gözlemlenir. Ancak frekans ortamı incelendiğinde, aynı etkiler gözlemlenememiştir.

Bundan farklı olarak ZDSB işleminde sinyalin yuvarlatılmış zarfı yerine, zaman kazanç fonksiyonu uygulanmış olup sonuçlar zaman ve frekans ortamında incelenmiştir (Şekil 63). ZDSB-Zaman kazanç fonksiyonunun uygulanması sonucu (farklı α ve β değerleri kullanılarak) elde edilen kesitler incelendiğinde sonucun ZDSB-AGC ve ZDSB-zarf yöntemlerinde elde edilen sonuçlardan daha kötü olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin zaman fonksiyonunun eğrisinin frekans ortamında hızlı sönümlenmesi olduğu düşünülmektedir.

Farklı tekniklerle sinyalde meydana gelen soğurmayı geri kazanma çalışmalarında AGC kazanç fonksiyonu (özellikle zaman ortamındaki) ile elde edilen sonuçlar tatminkardır. Ancak ZDSB tekniğinin asıl uygulama amacı göz önüne alındığında Hilbert dönüşümü ile hesaplanan zarfın yuvarlatılması ile (özellikle spektral bandın beyazlatılması açısından) daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Zaman değişken spektral beyazlatma tekniği yoruma yardımcı olmak amacıyla yığma sonrası kullanılan bir veri işlem tekniğidir. Yapılan çalışmalarda iğnecik dekonvolüsyon ile kullanımının uygun sonuçlar vermesine rağmen iğnecik dekonvolüsyonun veri içerisindeki gürültü oranını arttırması önemli bir dezavantajdır (Şekil 72). Özellikle iğnecik dekonvolüsyonun operatör boyunun arttırılmasıyla bu etki daha belirgin olarak

gözlemlenmiştir. Bu nedenden dolayı ZDSB tekniğinin iğnecik dekonvolüsyondan sonra uygulanmasının daha faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

4. ÖNERİLER

Yapılan uygulamalardan daha açıkça görüleceği gibi ZDSB tekniği verinin spektral bandını gürültüyü güçlendirmeksizin hem genişleterek, hem de beyazlatarak ayrımlılığı arttırmada başarılı bir tekniktir. Ancak her veri işlem aşaması gibi ZDSB tekniğinde de parametrelerin uygun belirlenmesi sonuçlar üzerinde etkili olmaktadır.

ZDSB tekniği uygulanırken verinin uygulanacağı spektral bant aralığının veri içerisindeki yansımaları kapsayacak şekilde belirlenmesine dikkat edilmelidir. Bu sayede teknik yansımaları güçlendirmeye odaklanabilir.

Süzgeç sayısı en az üç olmak üzere her bir bant geçişli süzgecin bant boyunun 30 Hz aşmayacak ve 5 Hz'den az olmayacak şekilde seçilmesi uygun sonuç almada etkili olacaktır.

Sinyal zarfının etkili biçimde yuvarlatılmasının önemi (uygulamalarda görüldüğü üzere) net bir biçimde anlaşılmıştır. Bu amaçla daha yuvarlatılmış bir sinyal zarfı elde edecek bir yuvarlatma boyu tercih edilmesi yöntemin başarısını arttıracaktır.

Bundan sonra yapılması gereken algoritmanın bilgisayar ortamında daha az sistem kaynağı tüketerek, işlem süresinin kısaltmak amacıyla uygun biçimde düzenlenmesi ve bazı ticari programlarda olduğu gibi parametrelerin (özellikle sinyalin zarfının yuvarlatma boyu) bazılarının otomatik olarak belirlenmesini sağlayan ek işlemler geliştirmektedir. Bu şekilde tekniğin kullanılmasında kullanıcı hatası en aza indirgenerek daha uygun sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca farklı veri işlem teknikleri ile (örneğin f-x dekonvolüsyon) birlikte ya da önce kullanılmasının etkileri incelenmelidir.

5. KAYNAKLAR

- Alp H., 2008. Jeofizik Uygulamalarda Fourier ve Dalgacık Dönüşümlerinin Karşılaştırılması, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1, 66-69.
- Aki, K. Richards, P.G., 1980. Quantitative Seismology Theory and Methods. W.H Freeman and Company, San Francisco, 287-298, 586-587.
- Bale, R.A. ve Steward R.R., 2002. Attenuation and Its Impact on Elastic waves, CSEG Geophysics, 1-5.
- Bracevell, R.N. , 1999. Fourier Transform. Elektrik Mühendisliği, 380 109-118.
- Ecevitoglu, B., 1992. Sismik Q Değeri ve Modellemesi, İstanbul, 198-201.
- Einar Kjartansson, 1979, *Q-Wave Propagation and Attenuation J. Geophys. Res.*, 84, California, 4737-4748 .
- Gadallah, M. R., 2005. Applied Seismology, Penwell Press, 186-189, 201-205.
- Ganley, D.C., 1981. A Method for calculating synthetic Seismograms Which Include the Effects of Absorption and Dispersion, Geophysics, 1100-1107.
- Haff S. 2007. Signal Deconvolution For Improved Vertical Resolution , Veritas DGC Inc 1-3.
- Harlan W. S., Claerbout J. F. and Rocca F., 1984. Signal /Noise Separation and Velocity Estimation, Exploration Geophysics, 263-267.
- Karlı H. ve Bayrak Y., 2004, Using the Wiener-Levinson algorithm to suppress ground-roll Journal of Applied Geophysics 55, 187- 197.
- Sacchi. M. D., 1999. Statical and Transform Methods for Seismic Signal Processing. Department of Physics University of Alberta, Canada, 49-65.
- Sheriff, R.E ve Gelbart L.P., 1982. Exploration Seismology History, Theory and Data Acquisition, Vol 1, Cambridge University, Newyork, 48-52.
- Smith S. W, 1999. Dijital Signal Processing, California Technical Publishing, 87, 107-119.
- Smith W., 1999, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, California, 311-319.
- Telford, W.M., Geldart. L.P., Sheriff, R.E. ve Keys, D.A., 1978. Applied Geophysics, Cambridge University Press, , London, 860.

Ünüçok B., 2007. Soğrulma ve Dispersiyonun Yüzey Dalgalarına Etkisi, Ankara Üniversitesi, 36-40.

Varela, C.L., Rosa, A.L.R. ve Ulrych, T. J., 1993. Modelling of Attenuation and Dispersion, Geophysics, 1167-1173.

Yılmaz O., 1987, Seismic Data Processing (Second Edition), Society of Exploration, 62-147

URL-1: <http://www.stanford.edu>, 10.11.2008

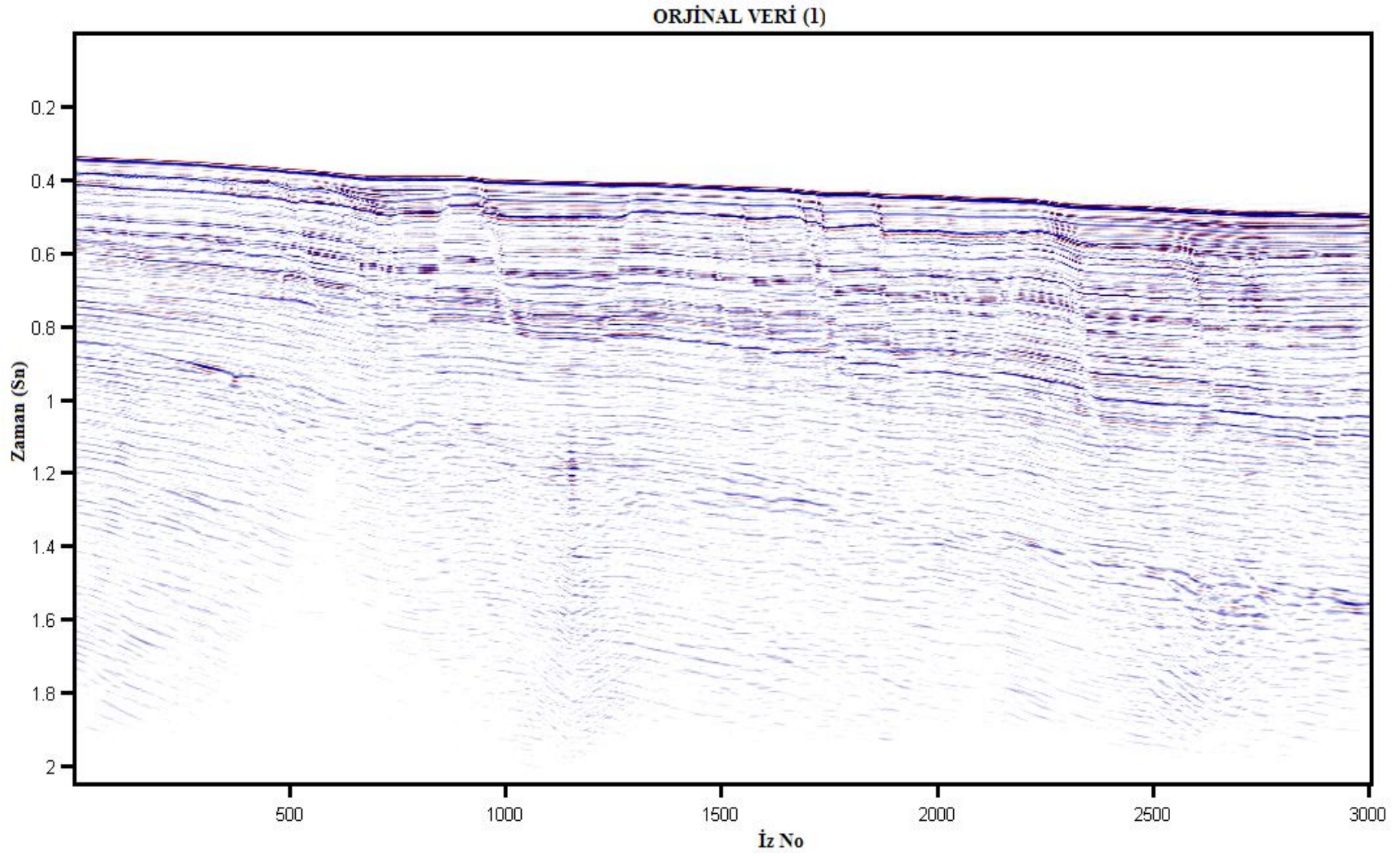
URL-2: <http://www.mta.gov.tr/je/75.jpg>, 22.01.2009

URL-3: <http://www.semrock.com/> /BrightLine, 29.11.2008

URL-4: <http://www.ig.utexas.edu/sdc/> , 18.05.2009

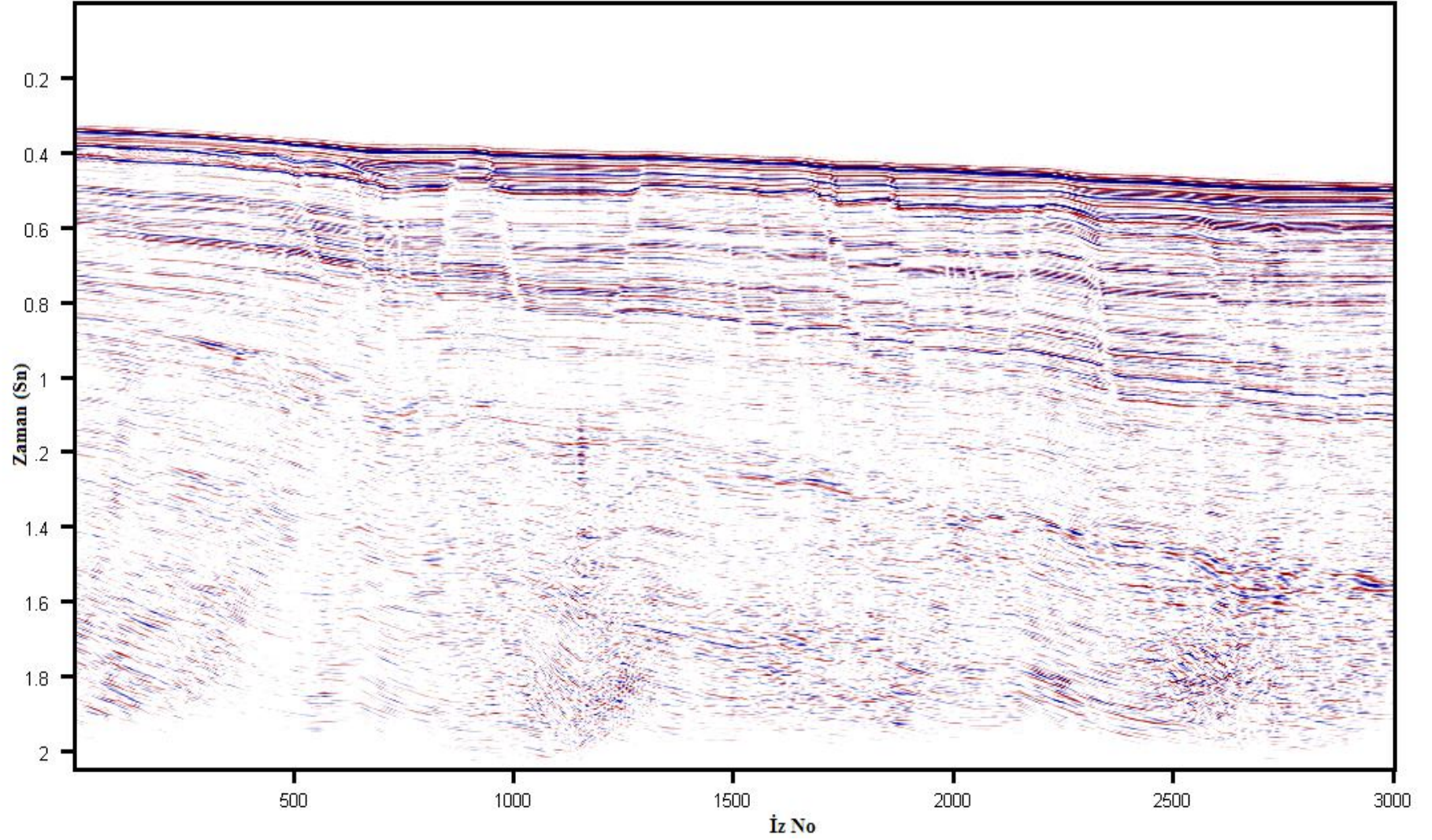
URL-5: <http://www.crewes.org/ResearchLinks>, 14.06.2008

EK -1 KESİTLER



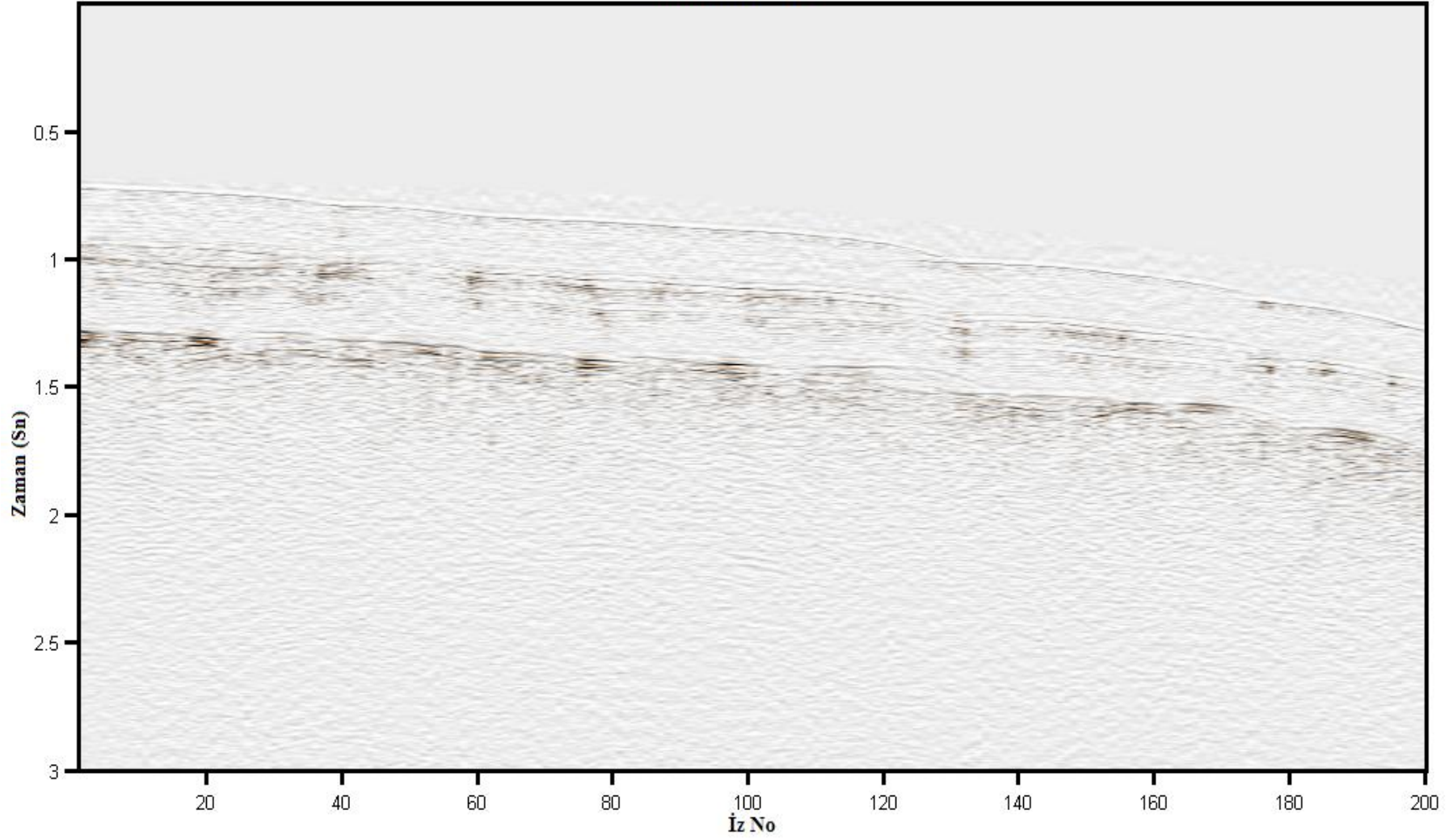
EK Şekil 1. Yığma sonrası sismik kesit (1).

ZDSB UYGULANMIŞ VERİ (1)



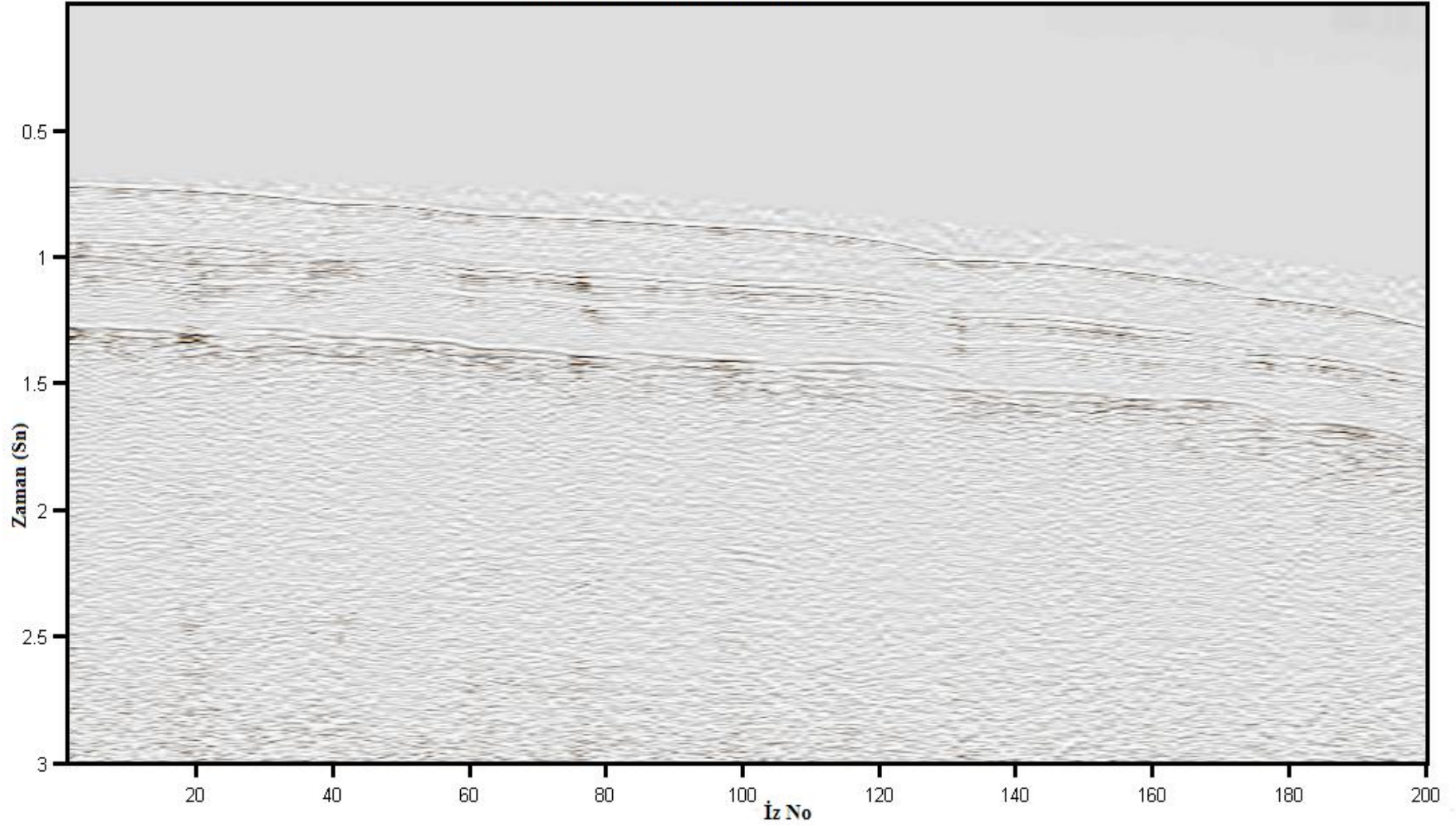
EK Şekil 2. ZDSB uygulanmış kesit (10-120 Hz, 11 adet Gauss Süzgeci, Hilbert zarfı).

ORJİNAL VERİ (2)

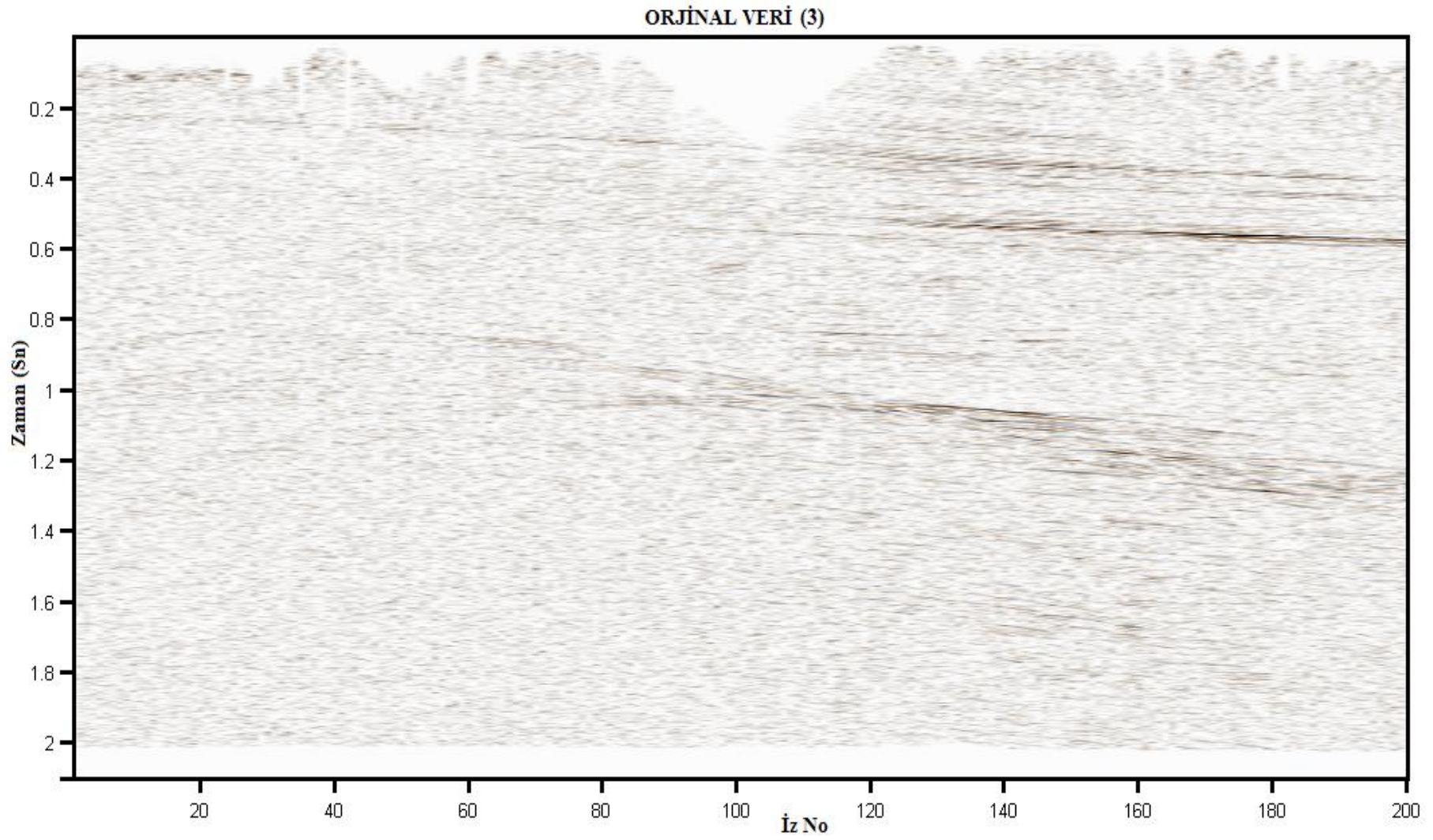


EK Şekil 3. Yıgma sonrası sismik kesit (2).

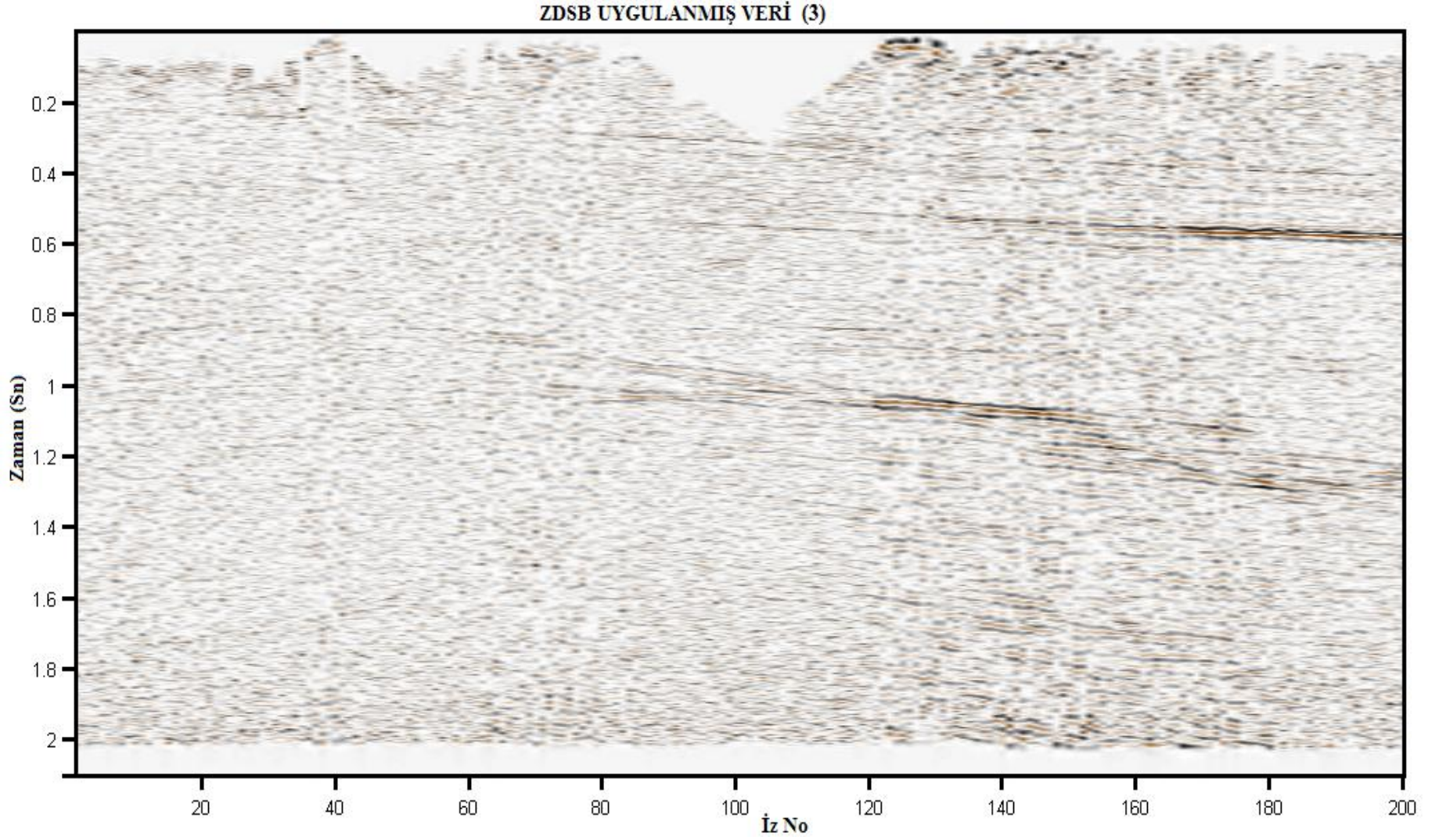
ZDSB UYGULANMIŞ VERİ (2)



EK Şekil 4. ZDSB uygulanmış kesit (10-140 Hz, 6 adet Gauss Süzgeci, Hilbert zarfı).



EK Şekil 5. Yığma sonrası sismik kesit (3).



EK Şekil 6. ZDSB uygulanmış kesit (10-120 Hz, 5 adet Gauss Süzgeci, Hilbert zarfı).

EK -2 MATLAB PROGRAMLARI

İdeal band geçişli, yamuk şekilli band geçişli, yuvarlatılmış yamuk şekilli band geçişli süzgeç tasarımını frekans ortamında gerçekleştiren matlab alt programı(function) aşağıda verilmiştir. Burada program üç ayrı şekilde kullanılabilir. Birinci kullanımı verilen iki frekans arası için ideal band geçişli süzgeç uygulamasıdır. İkinci kullanımı verilen dört frekans değeri için yamuk tasarımlı band geçişli süzgeç uygulamasıdır. Burada ilk ve son frekanslar geçirim bandının sınırı; ikinci ve üçüncü frekanslar ise geçiş bandının sınırıdır. Üçüncü ve son kullanım şekli olarak yamuk şekilli band geçişli süzgeç tasarımına ilave olarak yuvarlatma boyu verilirse(yuvarlatma işlemi hanning penceresi ile süzgeç frekans ortamında çarpılarak elde edilir) süzgeç yapısı yuvarlatılmış olur.

Programa giriş olarak, sırası ile, süzgeçleme işlemi uygulanacak olan veri(bir veya iki boyutlu veri olabilir),süzgeç kesme frekansı bilgileri, verinin örnekleme aralığı, ve isteğe göre yuvarlatma penceresinin boyu verilmelidir. Çıkış olarak frekans eksenini ve giriş verisinin kullanıcı tarafından belirlenen parametrelere göre süzgeçlenmiş hali çıkar. Bu program kullanılarak şekil 1.27, 30, 33, 40' da verilen sismik izler için band geçişli süzgeç uygulaması yapılmıştır.

FUNCTION 1

```
function [dataout,filtmat]=bandpass(datain,FC,int,aa)

[npts ntr]=size(datain);

[z1 z2]=size(FC);
%
if z2==4;
    F1=FC(1);F2=FC(2);F3=FC(3);F4=FC(4);
elseif z2==2;
    F1=FC(1)-0.0001;F2=FC(1);F3=FC(2);F4=FC(2)+0.0001;
end
Ny=1./(int.*2); %Nyquist frekansı
N=2^(nextpow2(npts));
f=2*Ny*(0:N/2-1)/N; %frekans vektörü
x=[0 0 1 1 0 0];
xf=[0 F1 F2 F3 F4 f(N/2)];
m=interp1(xf,x,f);
filt=zeros(N,1);
filt(1:N/2)=m;
```

```

m2=fliplr(m);
filt(N/2+1)=0;
filt(N/2+2:N)=m2(1:length(m2)-1);
%'filt' süzgeç fonksiyonu frekans ortamında
filtmat=ndgrid(filt,1:ntr); %süzgeç matrisi
if nargin==4;
    xx=hamming(aa); %süzgeç kesme etkisi giderme fonksiyonu(eğer verilmişse)
    filtmat=convn(filtmat,xx,'same');
end
filtmat=filtmat./max(max(filtmat));
in_freq=fft(datain,N);
out_freq=zeros(N,ntr);
out_freq=in_freq.*filtmat; %frekans ortamında çarpma
out=ifft(out_freq,N); %N noktalı ters fft dönüşümü
dataout=real(out(1:npts,:));

```

Sıfır fazlı dekonvolüsyon uygulamasını gerçekleştiren matlab programı aşağıda verilmiştir. Program sıfır ve minimum fazlı dekonvolüsyon işlemi gerçekleştirmektedir. Verinin okutulmasının ardından gerekli olan parametrelerin(filtre boyu, kararlılık katsayısı, bandpass süzgeci kesme fr.) uygun olarak girilmesi ile işlem gerçekleştirilerek sonuçlar hem zaman hem de frekans ortamında gösterilir.

Not: Bu programda matlab yazılım paketine dahil olmayan bazı alt programlar (function) kullanılmıştır. Bu alt programları içeren sıkıştırılmış dosya <http://www.crewes.org/ResearchLinks/FreeSoftware/EduSoftware/index.html> adresinden indirilebilir.

PROGRAM 1

```

clc;clear all;
%--VERİNİN OKUTULMASI--
load G:\Tez\Jeo_Data\a64.dat;
gD=reshape(a64,500,64);

%--GEREKLİ PARAMETRELER--
[nt nx]=size(gD);

```

```

dt=0.004;
t=(0:nt-1)*dt;
x=1:nx;          %
tfilt=200;       %filtre boyu zaman cinsinden (milisaniye)
nfilt=round(tfilt/dt); %
mu=0.01;        %Karalılık katsayısı
faz=0;          %0 sıfır faz, 1 min faz
band_fr=[0 10 60 75]; % Sıfır faz dekon. dan sonra kullanılan bp süzgeç boyu
gD_DEC=zeros(nt,nx);
for i=1:nx
[gD_DEC(:,i),specinv]=deconf(gD(:,i),gD(:,i),nfilt,mu,faz);
end
[gD_BP]= bp_filter(gD_DEC,dt,band_fr);
subplot(131)
pimage(x,t,clip(gD,50,50));xlabel('İz Sayısı');ylabel('Zaman (s)')
subplot(132);
pimage(x,t,clip(gD_DEC,50,50));xlabel('İz Sayısı');ylabel('Zaman (s)')
subplot(133);
pimage(x,t,clip(gD_BP,50,50));xlabel('İz Sayısı');ylabel('Zaman (s)')
suptitle('Sıfır Faz Dekonvolüsyon+Band Geçişli Süzgeç')
colormap(seismic(3))
[P_gD,f] = smooth_spectrum(gD,dt,1,'li');
[P_gD_DEC,f] = smooth_spectrum(gD_DEC,dt,1,'li');
[P_gD_BP,f] = smooth_spectrum(gD_BP,dt,1,'li');
figure
plot(f,P_gD,'k',f,P_gD_DEC,'r',f,P_gD_BP,'g','Linewidth',1.5);
xlabel('Frekans [Hz]');ylabel('Genlik')
legend('Giriş','Dekon','Decon+BG')

```

Zaman değişken spektral beyazlatma(TVSW) işleminde verilen kesme frekansları arasında n adet band geçişli süzgeç yapısının uygulanması işlemi için yazılan matlab alt programı(function) aşağıda verilmiştir.

Bu alt program yardımıyla band geçişli süzgeçlerin kesme frekansları verilen kısıtlar içerisinde kolayca hesaplanmaktadır. Burada zaman değişken spektral beyazlatma işleminin uygulanacağı en düşük ve en yüksek frekans değerleri, kullanılacak süzgeç sayısı ve yan banladın süzgeç bandına yüzde cinsinde oranı bilgilerinin sırası ile girilmesinin ardından kesme frekansı değerlerini otomatik olarak hesaplayabiliriz. Programın altında

10-200 Hz arasında beş adet süzgecin yan bandların ana banda oranı %10 olmasının durumuna elde edilen kesme frekansları verilmiştir.

Not: Kesme frekansı değerleri tam sayı olarak hesaplanmıştır.

FUNCTION 2

```
function [kes_m min]=kes_m2(flow,fhigh,nfilt,yan_boy)
ana_boy=1-(2*yan_boy);
total=(nfilt*ana_boy)+((nfilt-1).*yan_boy);
l_yan=((fhigh-flow)*yan_boy)./total;
l_ana=((fhigh-flow)*ana_boy)./total;
l_orta=l_ana/2;
min=flow-(l_yan+l_ana);
FC=[flow-l_yan flow flow+l_ana flow+l_ana+l_yan];
kes_m=zeros(nfilt,4);
for i=1:nfilt;
    kes_m(i,:)=FC+((i-1).*(l_yan+l_ana));
end
```

Örnek:

10-200 Hz arasında 5 adet süzgeç için yan bantların ana banda oranı %10 olacak şekilde bir bant geçişli süzgeç dizisinin kesme frekansları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

```
kes_m2(10,200,5,0.1)
```

5	10	44	48
44	48	83	87
83	87	122	126
122	126	161	165
161	165	199	204

ÖZGEÇMİŞ

Tayfun ŞİRİN, 1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'un Pendik İlçesinde tamamladı. 2000-01 eğitim-öğretim yılında K.T.Ü Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Haziran-2005 yılında Jeofizik Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2005 yılında K.T.Ü. fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Müh. Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Orta derecede İngilizce bilmektedir.