



## Çok Kanallı Sismik Verilerde Tekrarlı Yansımaların Bastırılmasında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

### *Comparison of Methods Used for Suppression of Multiple Reflections in Seismic Data*

SELİN CEREN <sup>1\*</sup>, YELİZ İŞCAN ALP <sup>2</sup>, HAKAN ALP <sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Motorlu Araçlar Ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş (*received*): 23 Ekim (October) 2020 Kabul (*accepted*): 24 Kasım (November) 2021

#### ÖZ

Sismik sinyalin aynı yolu birden fazla kat etmesi sonucu oluşan tekrarlı yansımalar sismik kesitler üzerinde birincil yansımaları maskeleyerek verilerin işlenmesinde ve yorumlanmasında hatalara sebebiyet vermektedirler. Bu nedenle gürültü olarak kabul edilen tekrarlı yansımaları bastırabilmek için sismik veri işleminde birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada çok kanallı sismik yansıma verisi üzerine rutin veri işlem adımlarının uygulanmasının yanı sıra tekrarlı yansımaların bastırılabilmesi için bazı veri işlem adımları uygulanmıştır. Çok kanallı sismik veri İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeofizik Mühendisliği Sismik Veri İşlem Laboratuvarında Linux İşletim Sistemi altında çalışan Paradigm® Echos® sismik veri işlem yazılımları kullanılarak işlenmiştir. Rutin veri işlem adımları; veri yükleme (data loading), geometri tanımlama (geometry definition), istenmeyen izlerin atılması (editing), istenmeyen alanların atılması (muting), kazanç analizi (gain recovery), bant geçişli filtreleme (band-pass filter), ortak derinlik noktası düzenine geçiş (common depth point-CDP), hız analizi (velocity analysis), normal kayma zamanı düzeltmesi (normal moveout correction-NMO), yığılma (stack) ve migrasyondur (migration). Tekrarlı yansımaların bastırılabilmesi için ise sismik veri üzerine önkestirim dekonvolüsyonu ve F-K eğim süzgeci yöntemleri uygulanmıştır. Önkestirim dekonvolüsyonu işlemi uygulanmasında deneme-yanılma yoluyla parametre değerleri seçilerek her parametreler için ayrı ayrı elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Daha sonra bu veriler arasında karşılaştırmalar yapılarak en uygun sonucu veren parametre değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. F-K eğim süzgeci uygulanmasında ise birincil yansımaların ve tekrarlı yansımaların arasındaki NMO (Normal Kayma Zamanı) farkından yararlanılmıştır. F-K ortamında süzgeçleme için iki farklı modül irdelenmiştir. Bu modüllerden daha başarılı olanı seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu yöntemi ile karşılaştırmaya gidilmiştir. Sonuç olarak tekrarlı yansımaları bastırma işleminde, önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış veri ile F-K eğim süzgeci uygulanmış veriler arasında karşılaştırmalar yapılmış ve en uygun sonucu veren yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sismik yansıma verileri, ardışık yansıma, F-K eğim süzgeci, önkestirim dekonvolüsyonu.

**ABSTRACT**

*Multiple reflections caused by the seismic signal traveling the same path more than once can mask the primary reflections on seismic sections and can cause difficulties in the data processing and interpretation of seismic data. For this reason, many methods have been developed in seismic data processing in order to suppress multiple reflections considered as a noise. In this study, besides routine data processing steps, some data processing steps were applied to data to remove multiples. This multichannel seismic data was processed using Paradigm® Echos® software in "Seismic Data Processing Laboratory" at the Department of Geophysical Engineering Istanbul University-Cerrahpasa. Routine data processing steps are; data loading, geometry definition, editing, muting, gain recovery, bandpass filtering, CDP sorting, velocity analysis, NMO correction, stack, and migration. In order to suppress multiple reflections, predictive deconvolution and F-K filter were applied on seismic data. In the application of the predictive deconvolution process, the parameter values were selected by trial and error and the data were evaluated for each parameter. Then, comparisons were made between these data and the parameters that gave the most appropriate results. In the application of the F-K slope filter, the NMO (Normal Shift Time) difference between the primary reflections and the multiple reflections was used. Two different modules were studied for filtering in the F-K environment. A comparison with the predictive deconvolution was made by selecting the more successful of these modules. As a result, in the suppression of multiple reflections comparison were made between predictive deconvolution that gave best result and F-K filter, then best method that gave correct result was tried to be determined.*

**Key Words:** Multichannel seismic data, multiple reflections, F-K filter, predictive deconvolution.

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.842506>

\*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: selin.ceren@ogr.iu.edu.tr

**GİRİŞ**

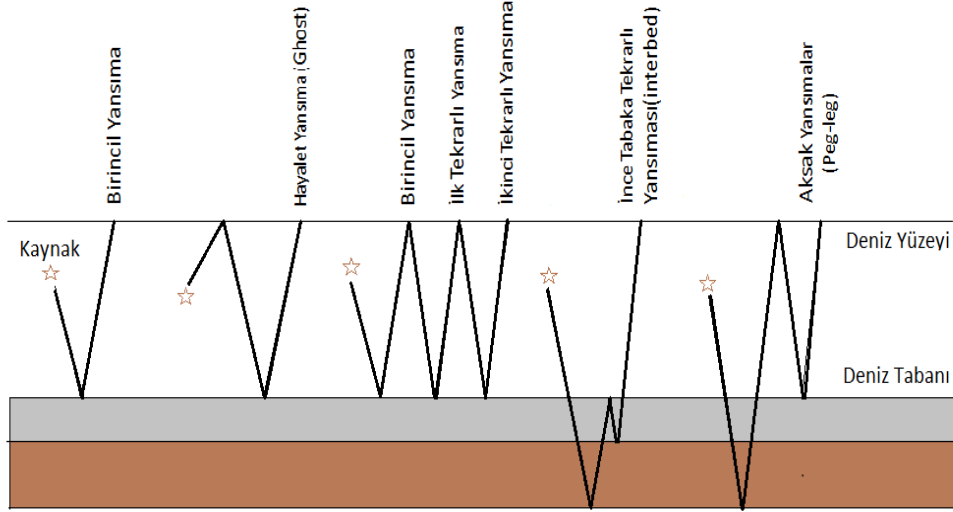
Tekrarlı yansımalar sismik sinyalin aynı yolu birden fazla kat etmesi sonucu oluşmakta ve sismik kesitlerde kendilerini tekrarlamaktadırlar. Sismik kesitlerde birincil yansımaları maskeleyen tekrarlı yansımalar, birincil yansımalar ile aynı frekans bandına ve genellikle aynı varış zamanlarına sahiptir (Dondurur, 2018). Tekrarlı yansımalar da kendi içlerinde gruplara ayrılmaktadırlar (Sheriff, 1991) (Şekil 1). Uzun yollu tekrarlı yansımalar (long period multiples), sismik sinyalin güçlü yansıtıcı yüzeyden ardışık yansımaları ve sinyalin yeraltı ince tabakalardan ardışık yansımaları (Peg-leg) şeklindedir. Kısa yollu tekrarlı yansımalar ise (short period multiples) hayalet yansımalar (ghost) ve taban altı ince tabaka (interbed) içerisinde gerçekleşen tekrarlı yansımalar (Dragoset ve Jericevic, 1998). Deniz sismiğinde su-hava ara yüzeyinin

oldukça iyi bir yansıtıcı olması nedeniyle, en sık görülen su yüzeyi ile deniz tabanı arasında birden fazla oluşan tekrarlı yansımalar (Wiggins, 1998). Tekrarlı yansımalar ile birincil

yansımalar birbirlerinden aralarındaki NMO hız farkı ve tekrarlı yansımaların periyodiklik özelliği sayesinde ayırt edilmektedir (Claerbout ve Doherty, 1972; Castle, 1994; Yılmaz, 2001; Dondurur, 2009, 2018). Tekrarlı yansımalar kendileri ile aynı sıfır zamanında bulunan birincil yansımalarından her zaman daha fazla NMO farkına sahip olmasıyla ayırt edilmektedir (Castle, 1994; Taner, 1980; Schoenberger, 1996). Ayrıca eğimli tabakalarda gerçekleşen tekrarlı yansımalar sismik kesitlerde daha fazla eğime sahip olarak ortaya çıkarlar. Veri işlem aşamasında tekrarlı yansımaları bastırabilmek oldukça önemlidir. Bu etkiyi giderebilmek için birçok yöntem kullanılmasına karşın hala bazı

zorluklar bulunmaktadır (Hampson 1986; Verschuur, 1992; Landa, 1999; Lu, 1999; İscan Alp, 2015; Dondurur, 2018). Bu çalışmada tekrarlı yansımaları bastırabilmek için önkestirim dekonvolüsyonu ve F-K eğim süzgeci veri üzerine uygulanmıştır. Önkestirim

dekonvolüsyonu tekrarlı yansımaların belirli zaman aralıkları ile kendilerini tekrarlama özelliğinden yararlanırken, F-K eğim süzgecinde birincil yansımalar ile tekrarlı yansımalar arasındaki NMO (Normal Moveout) farkından yararlanılmaktadır.



**Şekil 1.** Tekrarlı yansımalar türleri.

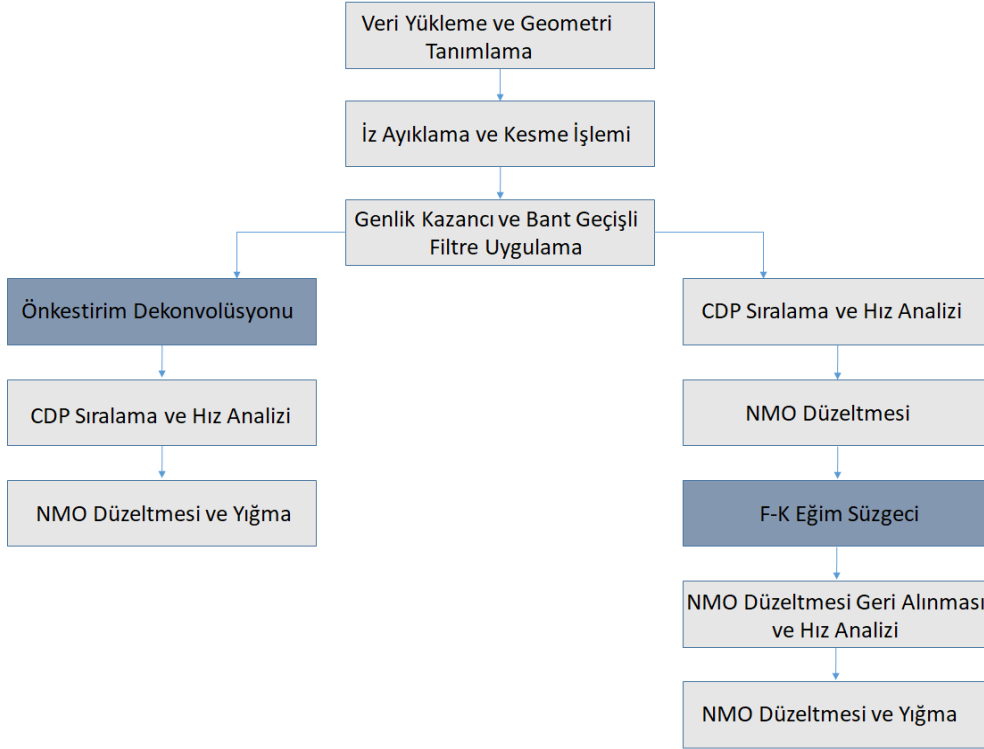
**Figure 1.** Multiple reflection types.

## MATERYAL VE METOT

### Veri geometri bilgileri ve veri işlem akış şeması

Bu çalışmada kullanılan çok kanallı sismik yansımalar verisi "SEG: SEAM açık veri, <https://seg.org/News-Resources/Research-Data/Open-Data> web sitesinden alınmıştır. Sismik veri toplam 1857 atıştan oluşmaktadır. Verinin kanal sayısı 32, alıcı aralığı 6.25 m, atış aralığı 12.5 m, yakın ofset 50 m, kayıt uzunluğu 1024 ms ve örnekleme aralığı 2 ms'dir. Çok kanallı sismik yansımalar verisine uygulanan veri işlem akış şeması şekil 2'de verilmektedir. Rutin veri işlem adımlarında ilk olarak sismik verinin geometri tanımlaması yapılmış sonra verinin sinyal/gürültü oranını arttırabilmek için

gürültülü izler veriden giderilmiş (editing), doğrudan gelen dalgalar ve kırılma dalgaları veriden kesilmiştir (muting). Verinin kazanç eğrileri incelenerek kazanç analizi uygulanmış (gain recovery), genlik spektrumları incelenerek bant geçişli filtreleme uygulanmıştır. Bant geçişli filtrelemede kesme frekansları  $f_1=20$  Hz,  $f_2=25$  Hz,  $f_3=115$  Hz,  $f_4=120$  Hz olarak alınmıştır. Son olarak sismik veri atış atış ortamından ortak orta nokta (CDP) ortamına aktarılmış ve veri üzerine NMO düzeltmesi (Normal Moveout Correction), yığılma (stack) işlemi uygulanmıştır. NMO düzeltmesi sayesinde tüm birincil yansımalar sıfır zamanına çekilmiş ve yığılma (stack) sayesinde CDP gruplarında ki her izler tek bir iz haline getirilmiştir.



**Şekil 2.** Çok kanallı yansıma verisine uygulanan akış şeması.

**Figure 2.** Flowchart of data processing steps used in multi-channel seismic reflection.

### Tekrarlı yansımaların bastırılmasında kullanılan yöntemler

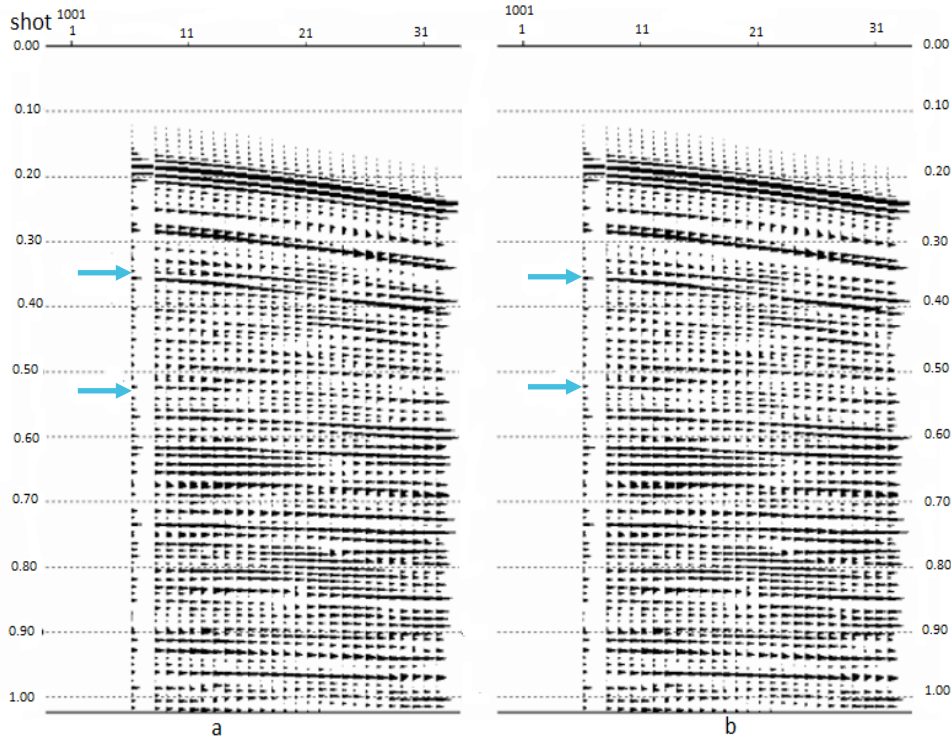
#### Önkestirim dekonvolüsyonu

Önkestirim dekonvolüsyonu tekrarlı yansımaları bastırmada yaygın olarak kullanılan bir veri işlem yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması ile giriş verisinin  $x(t)$  (sismogram) gelecek ( $a$ ) zaman kadar sonraki değeri  $x(t+a)$  kestirilmeye çalışılır (Yılmaz, 2001). Burada  $a$  kestirim uzaklığını ifade etmekte ve yöntem sismik izler üzerine uygulanmaktadır (trace by trace). Önkestirim dekonvolüsyonu ile periyodik özelliğe sahip tekrarlı yansımalar öncelikle veri içerisinde kestirilmeye çalışılır ve daha sonra giriş

verisinden çıkarılmaktadırlar. Bu işlemde operatör uzunluğu ve kestirim uzaklığı parametrelerinin doğru seçilebilmesi tekrarlı yansımaları bastırmada oldukça öneme sahiptir (Peacoc ve Treitel 1969). Seçilen parametrelere göre normal denklemlerden yararlanılarak sismik iz üzerinde kestirim uzaklığı zamanı kadar gidilir ve daha sonra operatör uzunluğu kadar olan zaman bölümü veriden çıkarılmaktadır. Bu çalışma içerisinde bu parametreler deneme-yanılma yoluyla belirlenmiştir. Her parametre değerleri için ayrı ayrı önkestirim dekonvolüsyonu işlemi uygulanmış ve daha sonra seçilen

parametreler ışığında veri işleme devam edilmiştir. Önkestirim dekonvolüsyonu işleminde seçilen parametre değerlerinin doğruluğu, her parametre değeri için elde edilen atış grupları ve yığma kesitlerinin karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. Buna göre operatör uzunluğu sismogramın özilişkisi incelenerek 100 ms olarak seçilmiş ve 100 ms operatör uzunluğu için kestirim uzaklıkları ise sırasıyla 15, 30, 60, 120, 140, 160, 180 ms

olarak programa tanımlanmıştır. Şekil 3'te kestirim uzaklıkları 120 ms ve 140 ms seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış atış grupları gösterilmektedir. Buna göre 140 ms kestirim uzaklığı için atış gruplarında ilk tekrarlı yansıma giderilemezken 120 ms kestirim uzaklığı için elde edilen atış gruplarında ise tekrarlı yansımalar giderilmiştir.

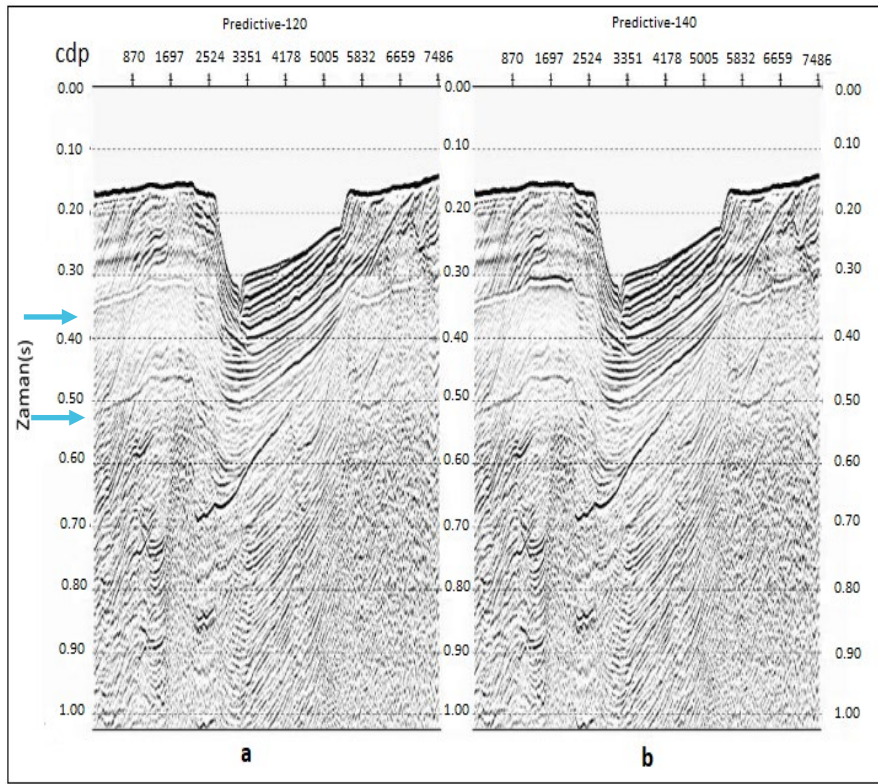


**Şekil 3.** Operatör uzunluğu 100 ms ve kestirim uzaklıkları sırasıyla a) 120 ms ve b) 140 ms seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış verilerin görünümü. Tekrarlı yansımalar ok işaretleri ile gösterilmektedir.

**Figure 3.** The image of the data with predictive deconvolution applied to the shot groups by selecting operator length 100 ms and prediction lag distances of a) 120 ms and b) 140 ms. Multiple reflections are indicated by blue arrows.

Her kestirim uzaklığı için önkestirim dekonvolüsyonu uygulandıktan sonra veri işleme devam edilmiş ve ayrı ayrı yığma kesitleri elde edilmiştir. Buna göre burada sadece örnek olarak operatör uzunluğu 100 ms için kestirim uzaklığı 120 ms ve 140 ms seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesitleri verilmiştir (Şekil 4). Bu yığma kesitlerine göre kestirim uzaklığı 120 ms için elde edilen yığma kesitinde her iki tekrarlı yansıma bastırılırken, 140 ms kestirim

uzaklığı için elde edilen yığma kesitinde birincil tekrarlı yansıma bastırılmamıştır. Kesitlerin değerlendirilmesine göre kestirim uzaklığı az seçildiğinde ikincil tekrarlı, fazla seçildiğinde ise birincil tekrarlı bastırılmamıştır. Bu durumda önkestirim dekonvolüsyonu işleminin değerlendirilmesinde sonuç olarak operatör uzunluğu 100 ms ve kestirim uzaklığı 120 ms için elde edilen yığma kesiti diğer yığma kesitlerine göre daha iyi sonuç vermiştir.



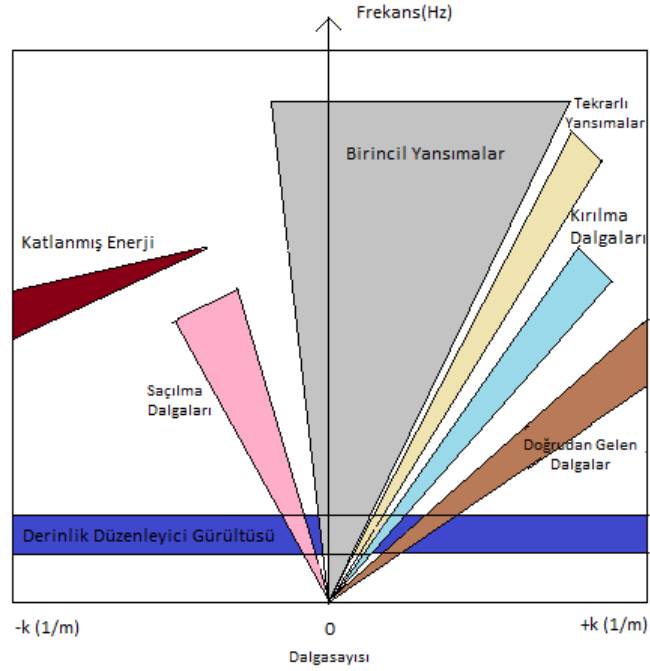
**Şekil 4.** Atış gruplarına operatör uzunluğu 100 ms kestirim uzaklıkları sırasıyla a) 120 ms ve b) 140 ms seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesitlerinin görünümü. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla gösterilmiştir.

**Figure 4.** The image of the stacked sections with predictive deconvolution applied to the shot groups by selecting operator length 100 ms and prediction lag distances of a) 120 ms and b) 140 ms. Multiple reflections are indicated by blue arrows.

**F-k eğim süzgeci**

Sismik verilerde tekrarlı yansımaların bastırılmasında kullanılan bir diğer yöntem f-k eğim süzgeci'dir. Bu yöntemde sismik verinin 2B Fourier dönüşümü alınarak zaman ortamındaki veri (x,t) frekans-dalga sayısı (f-k) ortamına aktarılır. F-k eğim süzgecinin uygulanması ile F-K spektrumunda farklı eğimlere sahip birincil yansımalar ve gürültüler birbirlerinden ayrılabilirler. Şekil 7'de F-K spektrumunda birincil yansımaların ve gürültülerin yerleri gösterilmektedir. Bu

spektruma göre birincil yansımalar frekans eksenine yakın bir şekilde, genellikle pozitif panelde bulunmalarına karşın negatif panelde de az olarak bulunabilmektedirler. Pozitif panelde ayrıca dalgasayısı eksenine yaklaşarak sırasıyla tekrarlı yansımalar, kırılma dalgaları ve doğrudan gelen dalgalar bulunmaktadır. Negatif panelde ise uzaysal katlanma olayı ve geri saçılmış dalgalar bulunmaktadır. Deniz sismiğinde görülen derinlik düzenleyici (bird) gürültüsü ise spektrumda yatay olarak ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 5.** Zaman ortamında farklı eğimlere sahip olayların F-K spektrumunda gösterimi (Donrurur 2018' den düzenlenmiştir).

**Figure 5.** F-K spectrum representation of events with different slopes in time domain (Editted from Dondurur, 2018).

**FKFILT modülü**

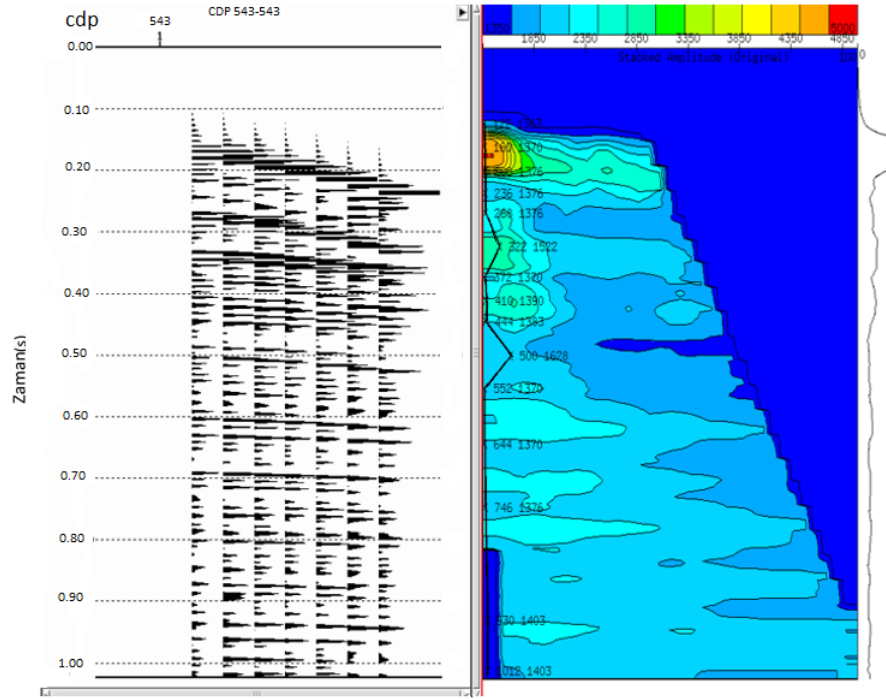
Bu çalışmada F-K eğim süzgeci (FKFILT modülü) veri üzerine uygulanmadan önce bant

geçişli süzgeçlenmiş veri atış ortamından CDP ortamına aktarılmış ve sonra CDP grupları üzerine hız analizi uygulanmıştır. Burada



seçilecek olan hızlar yöntemin uygulanabilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Uygulanan hız analizinde birincil yansımalar gereğinden düşük hız, tekrarlı yansımalar ise onları NMO düzeltmesi sonrası CDP gruplarında yatay hale getirecek hız verilmiştir (Şekil 6). Böylelikle NMO düzeltmesi sonrası CDP gruplarında birincil yansımalar aşırı düzeltilmiş (overcorrection) tekrarlı yansımalar ise yatay hale gelmiştir (Şekil 7). NMO düzeltmesi sonrası birincil yansımaların ve tekrarlı yansımaların birbirlerinden ayrıştırılması sonucunda, F-K spektrumunda

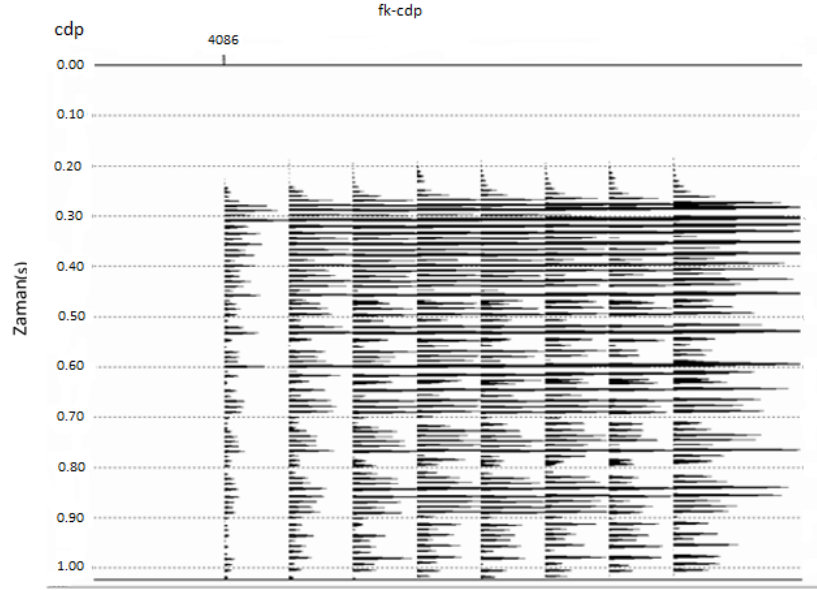
düşey eksen  $k=0$  boyunca dar bir alanda tekrarlı yansımalar, spektrumun negatif panelinde ise birincil yansımalar yer almaktadır (Şekil 8). Bu dar alandaki tekrarlı yansımaların genlikleri FKFILT modülü sayesinde sıfırlanmıştır. FKFILT modülü ile tekrarlı yansımalar giderildikten sonra NMO düzeltmesi geri alınmış (inverse NMO) ve veri üzerine tekrar doğru hız analizi uygulanmıştır. Son olarak uygulanan doğru hız analizi sonrası CDP gruplarına tekrar NMO düzeltmesi uygulanmış ve birincil yansımalar yatay hale getirilmiştir.



**Şekil 6.** Hız analizi yöntemi. Birincil yansımalar düşük hızlar,tekrarlı yansımalar onları CDP gruplarında yatay hale getiren hızlar verilmiştir.

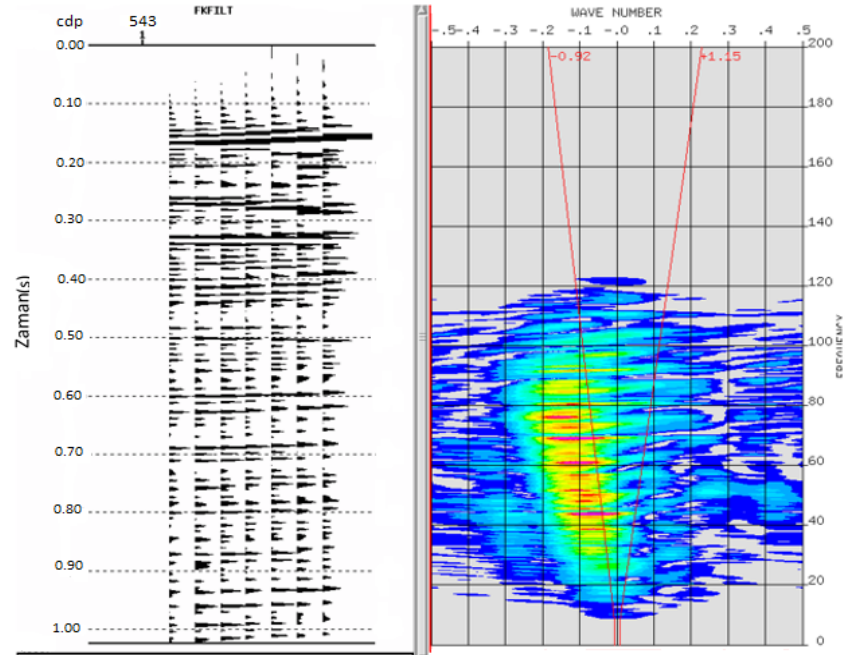
**Figure 6.** Representation of velocity analysis. Primary reflections were given low velocities and multiple reflections were given velocities making them flat in CDP groups.





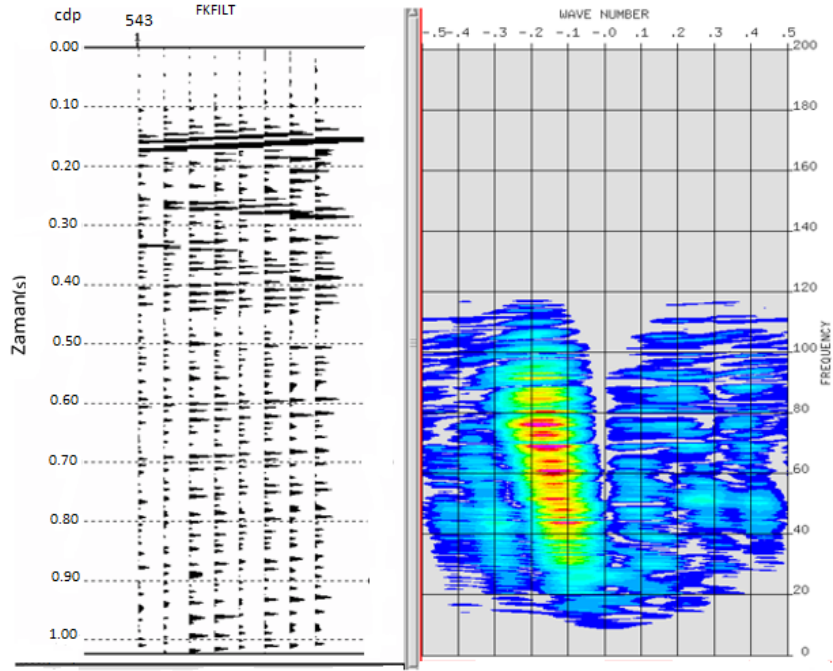
**Şekil 7.** CDP gruplarının gösterimi

*Figure 7. Representation of (fkfilt module) CDP groups*



**Şekil 8.** F-K eğim süzgeci uygulanmadan önce F-K spectrumunun gösterimi.

*Figure 8. Representation of the F-K spectrum before applying the F-K filter.*



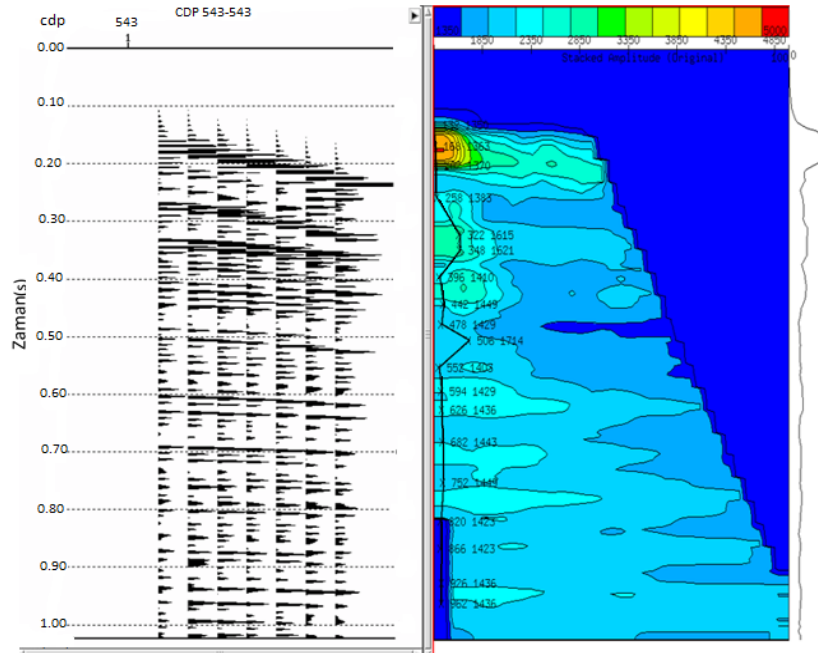
**Şekil 9.** F-K eğim süzgeci uygulandıktan sonra F-K spektrumunun gösterimi.

**Figure 9.** Representation of the F-K spectrum after applying the F-K filter.

#### ZMULT modülü

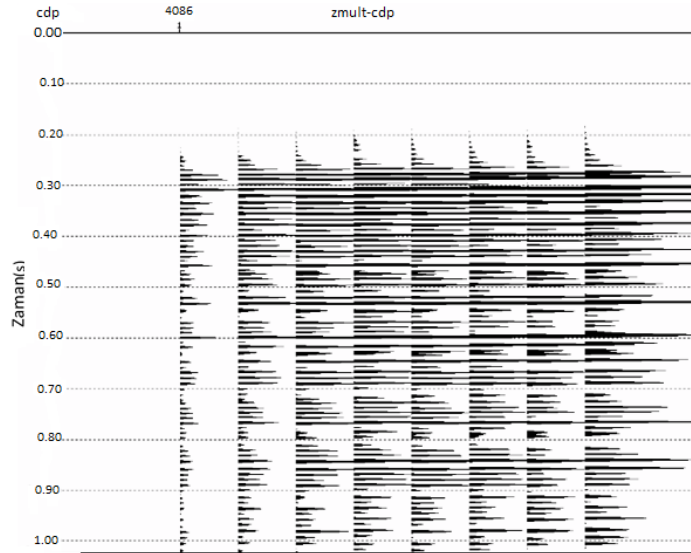
Bu çalışma içerisinde F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) veri üzerine uygulanmadan önce bant geçişli süzgeçlenmiş veri atış ortamından CDP ortamına aktarılmış ve CDP grupları üzerine hız analizi uygulanmıştır. Hız analizinde birincil yansımalar gereğinden düşük hız (suyun hızından düşük hız), tekrarlı yansımalar ise gereğinden fazla hız verilmiştir (Şekil 8) (İşcan Alp vd., 2015). Böylelikle NMO düzeltmesi sonrası CDP gruplarında birincil yansımalar aşırı düzeltilmiş (overcorrection), tekrarlı yansımalar ise yetersiz düzeltilmiş

(undercorrection) hale gelmiştir. ZMULT modülü veri üzerine uygulanırken filtre uzunluğu 59 ms, başlangıç ve bitiş zamanı sırasıyla 0 ms ve 1024 ms olarak alınmıştır. ZMULT modülü sayesinde yetersiz düzeltilmiş olaylar (undercorrection events) veriden çıkarılmıştır. Tekrarlı yansımaların bastırılmasından sonra NMO düzeltmesi geri alınmış (inverse NMO) ve veri üzerine tekrar doğru hız analizi uygulanmıştır. Son olarak uygulanan doğru hız analizi sonrası CDP grupları üzerine yeniden NMO düzeltmesi uygulanmış ve birincil yansımalar yatay hale getirilmiştir.



**Şekil 10.** Hız analizi gösterimi. Birincil yansımalara düşük hız, tekrarlı yansımalara ise fazla hız verilmiştir.

**Figure 10.** Representation of velocity analysis. Primary reflections were given low velocities and multiple reflections were given high velocities.



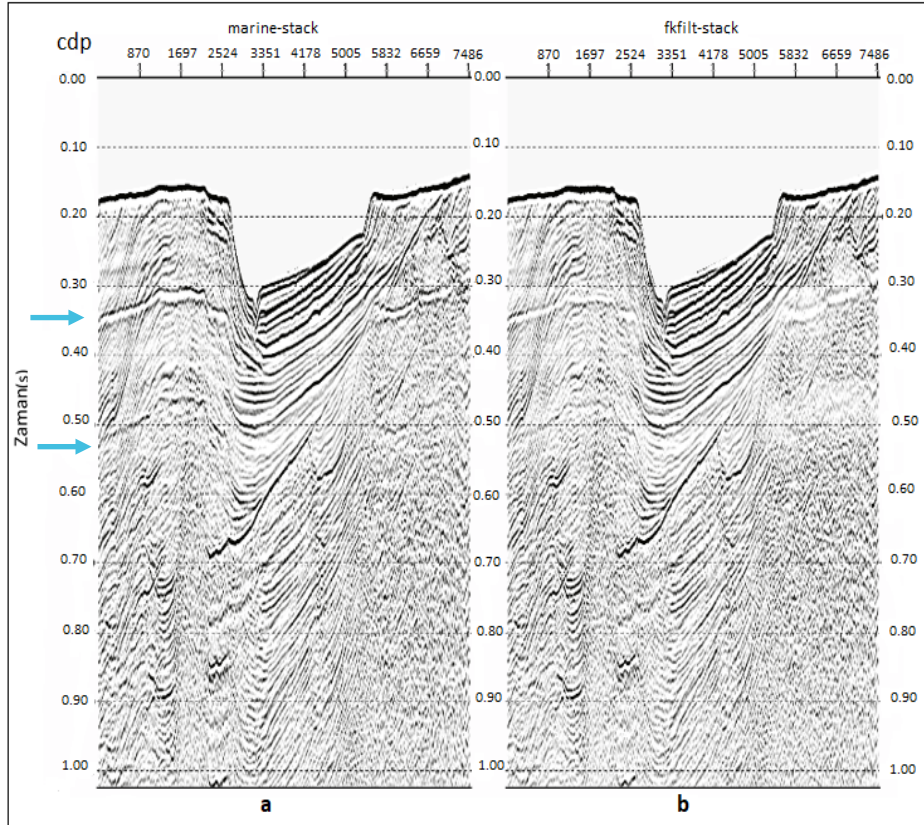
**Şekil 11.** CDP (Zmult modülü) gruplarının gösterimi.

**Figure 11.** Representation of (Zmult module) CDP groups.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada tekrarlı yansımaların bastırılmasında kullanılan F-K eğim süzgeci ve önkestirim dekonvolüsyonu yöntemleri hem kendi aralarında hem de birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 12 'de CDP grupları üzerine F-K eğim süzgeci (FKFILT modülü) uygulanmamış yığma kesiti ile b) uygulanmış yığma kesitinin karşılaştırılması verilmiştir. Bu yığma kesitleri göz önüne alındığında F-K eğim süzgeci (FKFILT modülü) sayesinde sismik kesitte mavi ok işaretleri ile gösterilen birincil ve

ikincil tekrarlı yansımaların etkisi giderilmiştir. Ancak tekrarlı yansımalar veriden giderilirken sismik kesitte bu iki tekrarlı yansımaların olduğu bölgelerde birincil yansımaların genliklerinde az da olsa kayıplar yaşanmıştır. Bunun nedeni F-K eğim süzgeci (FKFILT modülü) yönteminin uygulanmasından önce gerçekleştirilen hız analizi sonrası CDP gruplarında birincil yansımalar ile tekrarlı yansımaların yeterince ayırt edilememesi ve FKFILT modülünde manuel olarak seçilen sıfırlanma zonunun gereğinden fazla seçilmesi olabilmektedir.



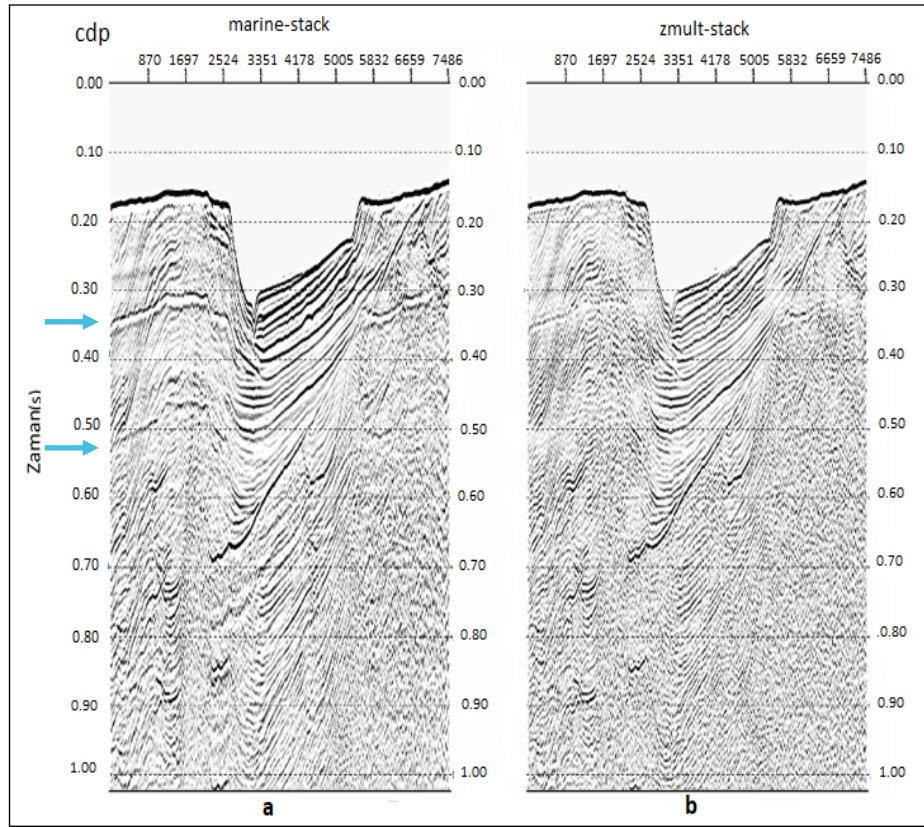
**Şekil 12.** CDP gruplarına F-K eğim süzgeci (FKFILT modülü) a) uygulanmamış ve b) uygulanmış yığma kesit görünümlerinin karşılaştırılması. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla gösterilmiştir.

**Figure 12.** Comparison of stack section views (a) with and (b) without F-K slope filter (ZMULT) module applied to CDP groups. Multiple reflections are indicated by blue arrows.



Şekil 13'te CDP grupları üzerine F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) a) uygulanmamış yığma kesiti ile b) uygulanmış yığma kesitinin karşılaştırılması verilmektedir. Bu iki kesit karşılaştırıldığında tekrarlı yansımaları bastırmada F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) oldukça başarılı sonuç vermiştir. F-K eğim süzgecinin veri üzerine uygulanması öncesi gerçekleştirilen hız analizi aşamasında seçilen RMS hızlarının doğruluğu yöntemin başarısında oldukça önem arz etmiştir. Seçilen

hızlar sayesinde CDP gruplarında birincil yansımalar ve tekrarlı yansımalar birbirlerinden ayırt edilmiş ve tekrarlı yansımalar bastırılmıştır. F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) uygulanmış yığma kesitinde hem tekrarlı yansımalar giderilmiş hem de birincil yansımaların genlikleri korunmuştur. Ayrıca bu yöntemin veri üzerine uygulanması sayesinde yığma kesitinin kalitesi ve tabakaların ayrırlılığı arttırılmıştır.

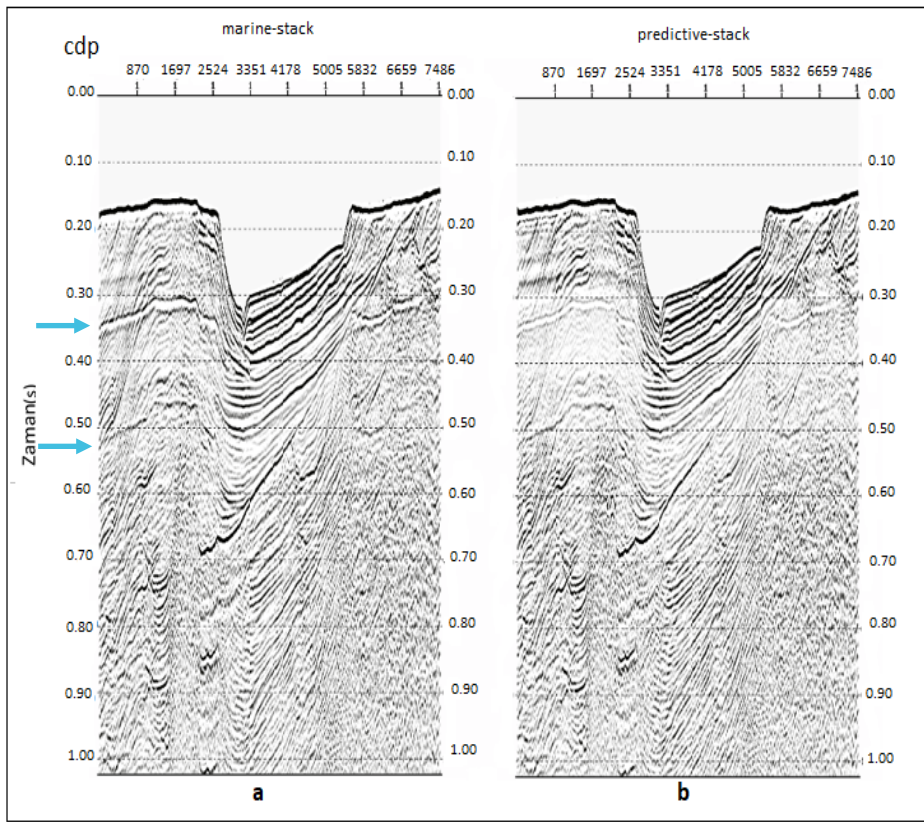


**Şekil 13.** CDP gruplarına a) F-K eğim süzgeci (ZMULT) modülü uygulanmamış ve b) uygulanmış yığma kesit görünümlerinin karşılaştırılması. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla gösterilmiştir.

**Figure 13.** Comparison of stack section views (a) with and (b) without F-K slope filter (ZMULT) module applied to CDP groups. Multiple reflections are indicated by blue arrows.

Şekil 14'te atış gruplarına önkestirim dekonvolüsyonu a) uygulanmamış ve b) uygulanmış sismik yığma kesit görüntülerinin karşılaştırılması verilmektedir. Şekil 14 b) yığma kesiti, operatör uzunluğu 100 ms ve kestirim uzaklığı 120 ms seçilerek önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesitidir. Ancak bu kesitlerin karşılaştırılmasına göre seçilen parametrelere bağlı olarak tekrarlı yansımaların bastırılmasının yanı sıra tekrarlı yansımaların bulunduğu bölgelerde sismik

kesitin kalitesinde oldukça azalmalar yaşanmıştır. İstenen sonuç hem tekrarlı yansımaları bastırmak hem de birincil yansımaların genliklerini korumak olduğundan önkestirim dekonvolüsyonu bu çalışmada çok başarılı sonuç verememiştir. Bunun nedeni önkestirim dekonvolüsyonu işleminin uygulanması sırasında seçilen parametre değerlerinin (operatör uzunluğu, kestirim uzaklığı) doğruluk derecesi olabilmektedir.



**Şekil 14.** Atış gruplarına önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmamış (a) ve uygulanmış (b) yığma kesit görüntüleri karşılaştırılması. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla gösterilmiştir.

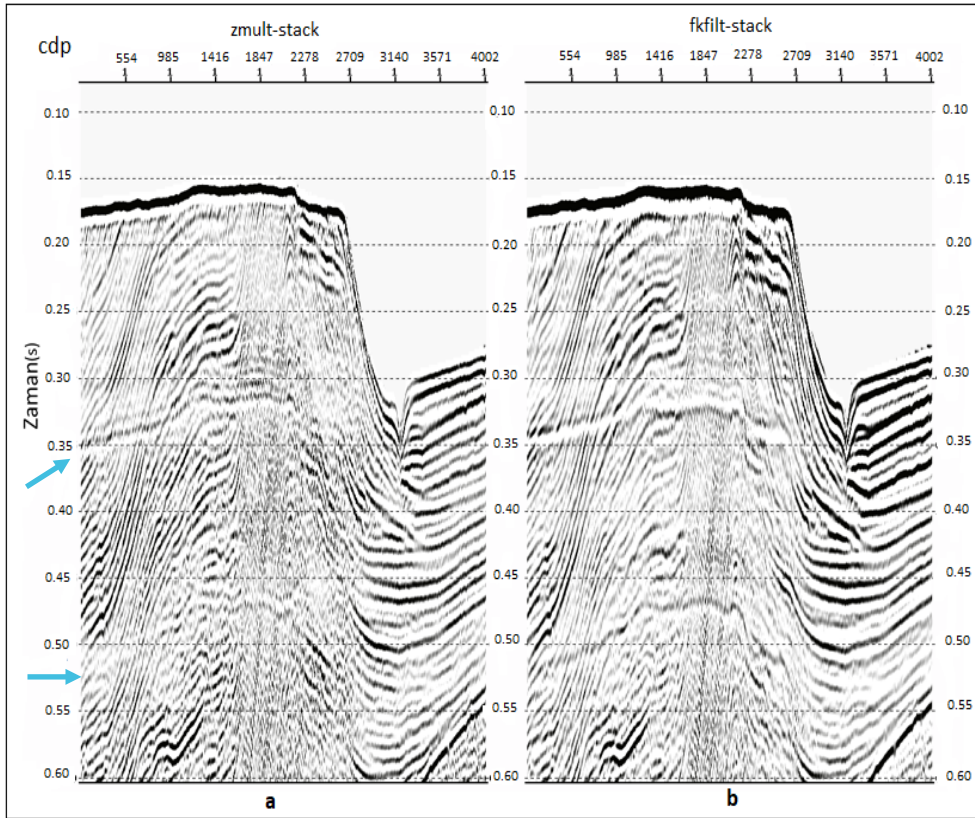
**Figure 14.** Comparison of stack section views a) with and b) without predictive deconvolution applied to shot groups. Multiple reflections are indicated by blue arrows.

## SONUÇLAR

### F-K Eğim Süzgeci FKFILTER Modülü ile F-K Eğim Süzgeci ZMULT Modülü Karşılaştırılması

Şekil 15' de CDP gruplarına f-k eğim süzgeci (FKFILTER modülü) ile F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) yöntemlerinin uygulanması sonucu elde edilmiş yığma kesitlerinin yakın görüntüleri karşılaştırılmıştır. Bu iki kesit

karşılaştırıldığında F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) tekrarlı yansımaları bastırmada ve kesitin kalitesini arttırmada daha başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesiti ile karşılaştırma işleminde F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) uygulanmış yığma kesiti tercih edilmiştir.



**Şekil 15.** a) F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) ve b) F-K eğim süzgeci (FKFILTER modülü) uygulanması sonucu elde edilen yığma kesitlerinin yakınlaştırılmış görüntülerinin karşılaştırılması. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla gösterilmiştir.

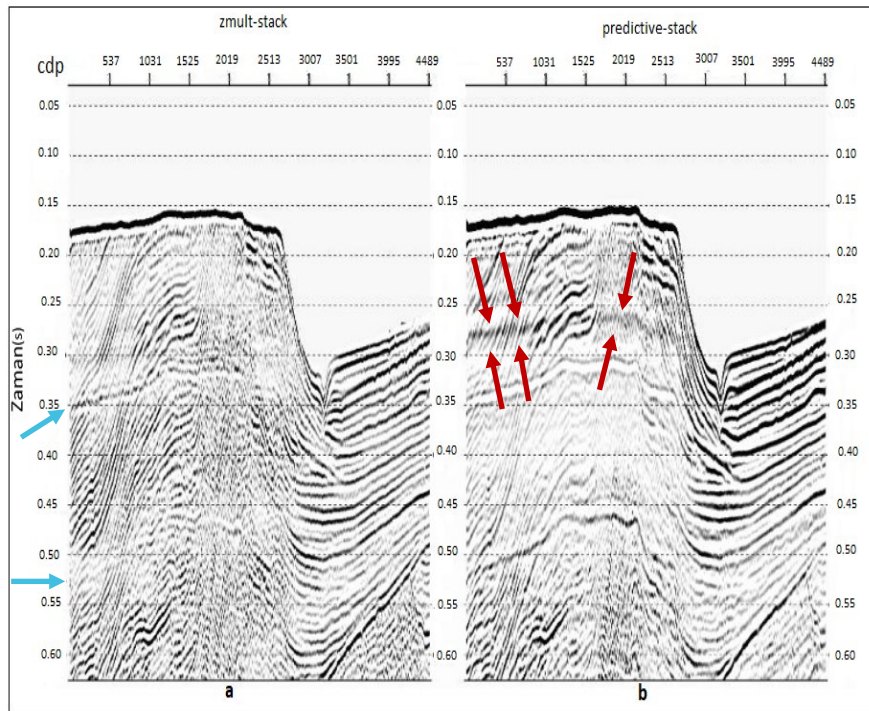
**Figure 15.** Comparison of zoomed stack section images obtained by applying (a) F-K filter (ZMULT module) and b) F-K filter (FKFILTER module). Multiple reflections are indicated by blue arrows.



### Önkestirim dekonvolüsyonu ile F-K eğim süzgeci (ZMULT Modülü) karşılaştırılması

Şekil 16'da a) CDP grupları üzerine F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) uygulanmış ve b) atış gruplarına önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesitlerinin yakın görüntüleri verilmiştir. Bu kesitler değerlendirildiğinde tekrarlı yansımaları bastırmada F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) oldukça başarılı sonuç vermiştir. Atış

gruplarına önkestirim dekonvolüsyonu uygulanmış yığma kesitinde 0.34 s-0.52 s çift yol seyahat zamanları arasında tekrarlı yansımalar bastırılırken aynı zamanda kesitin kalitesinde de azalmalar yaşanmış ve kesitin yorumlanması oldukça zorlaşmıştır. Ayrıca önkestirim dekonvolüsyonu işlemi yığma kesitinde 0.25 s-0.30 s çift yol seyahat zamanları arasında yalancı bir yansıma izine neden olarak birincil yansımaları maskeleymiştir (Şekil 16).



**Şekil 16.** a) F-K eğim süzgeci (ZMULT modülü) ve b) önkestirim dekonvolüsyonu uygulanması sonucu elde edilen yığma kesitlerinin yakınlaştırılmış görüntülerinin karşılaştırılması. Tekrarlı yansımalar mavi oklarla yalancı yansıma izi ise kırmızı oklarla gösterilmiştir.

**Figure 16.** Comparison of zoomed stack section images obtained by applying a) F-K filter (ZMULT module) and b) predictive deconvolution. The false reflection trace is indicated by red arrows and multiple reflections is indicated by blue arrows.

**KAYNAKLAR**

- Claerbout, JF. and Doherty, SM., 1972. Downward continuation of moveout-corrected seismograms. *Geophysics*, 37, 741-768.
- Castle, R.J., 1994. A theory of normal moveout. *Geophysics*, 72, W33-W43.
- Dondurur, D., 2009. Deniz Sismiğinde Veri İşlem, JFMO Eğitim Yayınları No:11, Ankara.
- Dondurur, D., 2018. Acquisition and Processing of Marine Seismic Data. Elsevier Science Publishing Co. ISBN: 978-0-12-811490-2, USA.
- Dragoset, W.H., Jericevic, Z., 1998. Some remarks on surface multiple attenuation. *Geophysics*, 63, 772 -789.
- Hampson, D., 1986. Inverse velocity stacking for multiple elimination. *J. Can. Soc. Explor. Geophys*, 22, 44–55.
- İşcan Alp ,Y. Loreto, MF., Oçakoğlu, N., Zgur, F., 2015. FK-filtering vs. Predictive Deconvolution in the Multiple Reflection Removal Approach. Japan Geoscience Union Meeting 24-28 May, Makuhari-Messe Japan.
- Landa, E., Belfer, I.,Keydar, S.,1999. Multiple attenuation in the parabolic  $\tau$ -p domain using wavefront characteristics of multiple generating primaries. *Geophysics*, 64, 1806–1815.
- Lu, G., Ursin, B., Lutro, J., 1999. Model-basedremoval of water layer multiple reflections. *Geophysics*, 64, 1816–1827.
- Peacock, K.I., Treitel, S., 1969. Predictive deconvolution: theory and practice. *Geophysick*, 34,155-169.
- SEG: SEAM open data, <https://seg.org/News-Resources/Research-Data/Open-Data>.
- Sheriff, R.E. Exploration seismology. Cambridge Univercity press. New York.
- Schoenberger, M., 1996. Optimum weighted stack for multiple suppression. *Geophysics*, 61, 891–901.
- Taner, M.T., 1980. Long-period sea-floor multiples and their suppression. *Geophys. Prospect*, 28, 30–48.
- Data. SEG, Tulsa, OK. Verschuur, D.J., Berkhout, A.J., Wapenaar, C.P.A., 1992. Adaptive surface-related multiple elimination. , 57, 1166–1177
- Yılmaz, Ö., 1987. Seismic Data Processing. SEG, Tulsa, OK.
- Wiggins , J.W., 1998. Attenuation of complex water-bottom multiples by Wave-equation-based prediction and subtraction. *Geophysics*, 53, 1527-1539.