



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİNDE STATİK DÜZELTME
ve UYGULAMASI**

Kenan ERDOĞAN

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeofizik Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Ali İsmet KANLI

Mayıs, 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 09/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Jeofizik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



Doç. Dr. Ali İsmet KANLI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. İbrahim KARA
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Ali PINAR
Boğaziçi Üniversitesi
Kandilli Rasathanesi ve Deprem
Araştırma Enstitüsü



Prof. Dr. Mustafa Kemal TUNÇER
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Ali Osman ÖNCEL
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Tez çalışma süresince bilgi, yardım ve desteklerinden dolayı danışmanım sayın Doç. Dr. Ali İsmet KANLI'ya, katkılarından dolayı TPAO Veri İşlem Müdürü Sayın Mehmet MUTAFCILAR'a, sınıf arkadaşım Mert GRİT'e ve her zaman yanımda olan eşim Gül MUTAF ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2014

Kenan ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. YAKIN YÜZEY TOPOĞRAFYASI VE JEOLJİSİ	5
2.1.1. Topoğrafyadaki Değişimler	5
2.1.2. Bozulmuş Tabaka.....	6
2.2. DATUM STATİK DÜZELTMELERİ	8
2.2.1. Referans Seviyesi (Datum)	11
2.2.2. Referans Seviyesi Seçimi.....	11
2.2.3. Düzeltme Hızı	13
2.2.4. Yanal Kontrol ve İnterpolasyon.....	13
2.2.5 Datum Statik Düzeltme Hesapları.....	15
2.2.5.1. Kaynak veya Alıcının Yeryüzünde Olması Durumu	16
2.2.5.2. Kaynak veya Alıcının Bozulmuş Tabaka Altında Olması Durumu	19
2.2.5.3. Kaynak veya Alıcının Bozulmuş Tabaka İçinde Olması Durumu	23
3. MALZEME VE YÖNTEM	27
3.1. KUYU ATIŞI YÖNTEMİ	27
3.1.1. Veri Toplama Yöntemleri	29
3.1.2. Kaynak	30
3.1.3. Alıcı.....	30
3.1.4. Örnekleme Aralığı	30
3.1.5. Yorumlama	31
3.1.5.1. İlk Varışların Okunması (First Arrival Picking).....	31

3.1.5.2. <i>Variş Zamanları Düzeltmesi</i>	32
3.1.5.3. <i>Zaman – Derinlik Gösterimi</i>	35
3.2. KIRILMA YÖNTEMİ	38
3.2.1. Kırılma Teorisi.....	39
3.2.1.1. <i>Huygens Prensi</i>	39
3.2.1.2. <i>Kırılan Dalgaların İletimi</i>	40
3.2.2. Tabakalı Ortamlarda Zaman-Uzaklık Eğrisi.....	42
3.2.2.1. <i>Yatay Bir Ara Yüzeyle Ayrılmış İki Tabakalı Ortam</i>	42
3.2.2.2. <i>Eğimli Bir Ara Yüzeyle Ayrılmış İki Tabakalı Ortam</i>	46
3.2.3. Kırılma Verisi Toplanması	48
3.2.3.1. <i>Kırılma Ekibi Tarafından Kırılma Verisi Toplanması</i>	48
3.2.3.2. <i>Yansıma Verisi Kaydındaki Kırılma Kayıtları</i>	49
3.2.4. Kırılma Verisi Yorumlama Teknikleri.....	50
3.2.4.1. <i>Kesme Zamanı yöntemi</i>	51
3.2.4.2. <i>Gecikme Zamanı Yöntemi</i>	54
3.2.4.3. <i>ABC Yöntemi (Farklılıklar Yöntemi)</i>	56
4. BULGULAR	59
4.1. KUYU ATIŞI ÇALIŞMASI.....	60
4.2. SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI	67
4.3. KUYU ATIŞI VE KIRILMA VERİLERİNDEN STATİK HESABI	69
4.4. SİSMİK YANSIMA VERİSİNDEN STATİK HESABI	72
4.5. TEMEL VERİ İŞLEM VE STATİKLERİN VERİYE UYGULANMASI.....	78
4.5.1. Ham Verinin Okutulması.....	78
4.5.2. Geometri Yüklenmesi ve Kötü İzlerin Atılması	78
4.5.3. Genlik Kazancı Uygulaması	80
4.5.4. Dekonvolüsyon	81
4.5.5. Ortak Derinlik Noktası ve Yığma	82
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	83
KAYNAKLAR	86
EKLER	88
EK 1. Datum Statik Hesabı Yapan Matlab Kod Parçası.....	88
ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Yeryüzünün yanal kesit şematik gösterimi. (a) orjinal veri, kaynak (S) ve alıcı (R) yeryüzünde (fiziksel model). (b) kaynak (S') ve alıcı (R') referans seviyesine yerleştirilmiş (teorik model).	4
Şekil 2.2: (a) derinlik modeli. (b) modelin sismik yansıma cevabı.	6
Şekil 2.3: Genç topoğrafyayı içeren genel yanal kesit gösterimi. Bir tane bozulmuş tabaka ve beş tane alt tabaka içermektedir	7
Şekil 2.4: Olgun topoğrafyayı içeren genel yanal kesit gösterimi. Bir tane bozulmuş tabaka ve dört tane alt tabaka içermektedir.....	7
Şekil 2.5: Yakın yüzey modeli	8
Şekil 2.6: Yüzeyden bozulmuş tabaka tabanına kadar olan zaman düzeltmesi.	9
Şekil 2.7: Bozulmuş tabaka tabanından referans düzlemine kadar olan zaman düzeltmesi.....	10
Şekil 2.8: Bozulmuş tabaka tabanının 250-300 m altında yansıtıcı olan yakın yüzey modeli. ...	12
Şekil 2.9: Datuma kadar olan gidiş-geliş zamanları ve düzeltme hızları sırasıyla 1600, 2000, 2500 m/s ve yükseklik düzeltmesi yapılmamış durum.	12
Şekil 2.10: Yeryüzü yükseklik profili ve kuyu atışı bilgileri.....	14
Şekil 2.11: Altteki tabaka için olası interpolasyon çeşitleri.	14
Şekil 2.12: Kaynak veya alıcı yüzeyde iken datum statik düzeltmesi hesabı. Değişkenler: Z_A , A noktasındaki bozulmuş tabaka kalınlığı, V_w , bozulmuş tabaka hızı, E_A , A noktasındaki kaynak veya alıcı yüksekliği, E_d , datum yüksekliği ve V_r , düzeltme hızı.....	16
Şekil 2.13: Datum statik hesabında kullanılan yakın yüzey profili.	18
Şekil 2.14: Kaynak veya alıcının bozulmuş tabaka altında olması durumu. d, kuyu derinliği....	19
Şekil 2.15: Kaynağın bozulmuş tabaka altında olduğunu gösteren yakın yüzey profili.....	22
Şekil 2.16: Kaynak veya alıcının bozulmuş tabaka içinde olduğu datum statik düzeltmesi hesabı. Değişkenler şekil 2-14'deki gibidir.	23
Şekil 2.17: Kaynağın bozulmuş tabaka içinde olduğunu gösteren yakın yüzey profili.....	26
Şekil 3.1: Genel kuyu atışı görüntüsü. (a) Kuyu litolojisi. (b) Kuyu atışı dizaynı.	28
Şekil 3.2: Zaman – Derinlik grafiği.....	29

Şekil 3.3: Kuyu atışından elde edilen 5 adet alıcı tarafından kayıt edilen izler.....	31
Şekil 3.4: Belirli derinlikten gelen izin okunması.....	32
Şekil 3.5: Kuyu atışı geometri düzeltmesi için şematik gösterim. Gözlemlenen kuyu atışı zamanı için seyahat yolu BD ve düzeltilen zaman BA'. Z_1 , atış derinliği, Z_2 , alıcı derinliği, x , alıcı – atış arası mesafe ve ΔE , yükseklik farkı.....	33
Şekil 3.6: 60 m'lik kuyu atışı çalışması için tablo 3-1'deki değerler kullanılarak elde edilen zaman-derinlik grafiği.....	35
Şekil 3.7: Kuyu atışı verisinin 6 tabakalı yorumu.....	36
Şekil 3.8: Kuyu atışı verisinin 4 tabakalı yorumu.....	37
Şekil 3.9: Düzlem dalğanın kırılması ($v_2 = 2v_1$). Θ_1 , gelen dalga açısı, Θ_2 , kırılan dalga açısı ve Δt , dalga cepheleri arasındaki zaman farkı.....	39
Şekil 3.10: Yatay bir ara yüzeyle ayrılmış iki tabaka, S kaynak noktasından çıkan numaralanmış dalga cephesi pozisyonları (a) direk dalgalar, (b) kırılan dalgalar ($V_2=3V_1$), (c) birleşmiş dalga cepheleri. Θ_c kritik açı ve R_1 çapraz uzaklık.....	41
Şekil 3.11: Yatay bir ara yüzeyle ayrılmış iki tabakalı ortamda kaynak noktasından alıcıya giden ışın yolu ve zaman-uzaklık eğrisi. t_0 , kesme zamanı, x , kaynak-alıcı mesafesi, x_{cr} , kritik uzaklık, x_c , çapraz uzaklık, V_1 , ilk tabaka hızı, V_2 , ikinci tabaka hızı, z , ikinci tabaka derinliği ve Θ_c kritik açı.....	42
Şekil 3.12: 20 m kalınlıktaki bir kırıcı yüzey için ve değişik hız oranları için hesaplanan kritik açı, çapraz ve kritik uzaklık değerleri. Q_c , kritik açı, x_{cr} , çapraz uzaklık, x_c , kritik uzaklık ve z , derinlik.....	45
Şekil 3.13: Ters ve düz atış için ışın yolları ve zaman-uzaklık eğrisi. $t0d$ ve $t0u$, eğim aşağı ve eğim yukarı kesme zamanları, $V2d$ ve $V2u$, eğim aşağı ve eğim yukarı görünen hızlar, hd ve hu , eğim aşağı ve eğim yukarı ölçülen dik kalınlıklar, tr , karşılıklı zamanlar, α , ikinci tabakanın eğimi.....	46
Şekil 3.14: (a) Ortak yeryüzü noktası yöntemi. (b) ortak yeraltı noktası yöntemi.....	51
Şekil 3.15: Baştan ve sondan yapılan kırılma atışları zaman değerleri.....	52
Şekil 3.16: Ters ve düz atış yapılmış zaman-uzaklık eğrisi. Siyah çizgi atış A, kırmızı çizgi atış B.....	53
Şekil 3.17: Gecikme zamanı konseptini gösteren kaynaktan alıcıya ışın yolu. X ofset, Z_S ve Z_R kaynak ve alıcı derinliği.....	55
Şekil 3.18: ABC yöntemini gösteren iki taraflı kırılma ışın yolları.....	57
Şekil 4.1: 100 numaralı istasyon için kuyu atışı çalışması değerlendirmesi.....	60
Şekil 4.2: 393 numaralı istasyon için kuyu atışı çalışması değerlendirmesi.....	61
Şekil 4.3: 490 numaralı istasyonun kuyu atışı çalışması değerlendirmesi.....	62
Şekil 4.4: 538 numaralı istasyonun kuyu atışı çalışması değerlendirmesi.....	63

Şekil 4.5: Çalışma için kuyunun açılması.	64
Şekil 4.6: Kuyu atışında kullanılan sismik dinamit.	65
Şekil 4.7: Dinamiti patlatmak için kullanılan kapsül.	66
Şekil 4.8: Dinamitlerin patlama yapılacak metrelerce göre ayarlanması.	67
Şekil 4.9: 192 numaralı istasyonun kırılma çalışması değerlendirilmesi.	68
Şekil 4.10: 285 numaralı istasyonun kırılma çalışması değerlendirilmesi.	69
Şekil 4.11: Sismik hattın istasyonlara göre yükseklik grafiği (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).	70
Şekil 4.12: Alıcı statik değerleri (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).	70
Şekil 4.13: Atış statik değerleri (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).	71
Şekil 4.14: Yükseklik ve statik değerleri karşılaştırması (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).	71
Şekil 4.15: Yansıma verisi üzerinden ilk varışların okunması.	72
Şekil 4.16: Okunan varışlardan ofset mesafesine göre model kurulması.	73
Şekil 4.17: REFSOL modülü ile hesaplanmış alıcı statik değerleri.	74
Şekil 4.18: REFSOL modülü ile hesaplanmış atış statik değerleri.	75
Şekil 4.19: REFSOL modülü ile kuyu+kırılma verisinden elde edilen statik değerlerinin karşılaştırması (alıcı).	76
Şekil 4.20: REFSOL modülü ile kuyu+kırılma verisinden elde edilen statik değerlerinin karşılaştırması (atış).	77
Şekil 4.21: Ham atış kaydı.	78
Şekil 4.22: Geometri kontrolü ve izlerin ofset grafiği.	79
Şekil 4.23: Kötü izlerin veriden atılması.	80
Şekil 4.24: Genlik kazancı uygulaması ve atış kaydının zamanla değişen genlik gösterimi.	81
Şekil 4.25: Dekonvolüsyon uygulaması ve frekans bandının gösterimi.	82
Şekil 5.1: Yansıma datasından okunan kırılma varışlarından REFSOL ile hesaplanan statığın veriye uygulanması.	84
Şekil 5.2: Arazideki kuyu atışı ve kırılma çalışmaları zamanlarından elde edilen modelden hesaplanan statik değerlerinin veriye uygulanması.	84
Şekil 5.3: Statik uygulanmamış veri.	85

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Alıcı ve kaynak yüzeyde datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2.13).	17
Tablo 2.2: Atışın bozulmuş tabaka altında olduğu durumda datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2-15).	21
Tablo 2.3: Kaynağın bozulmuş tabaka içinde olduğu durumda datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2.17).	25
Tablo 3.1: Kuyu atışı çalışması. Alıcı ve kaynak aynı yükseklikte ve alıcı 2 m uzaklıkta.	34
Tablo 3.2: Sismik kırılma ve yansıma yöntemi karşılaştırması.	38
Tablo 3.3: Şekil 3-16'de yorumlanan verinin değerleri.	53
Tablo 4.1: Sismik hat kayıt bilgileri.....	59
Tablo 4.2: Datum statik programı için giriş değerleri.....	69

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİNDE STATİK DÜZELTME ve UYGULAMASI

Kenan ERDOĞAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Ali İsmet KANLI

Sismik yansıma yönteminde kara verisinin veri işlem aşamasında, çok önemli bir adım olan statik düzeltmelerin hesaplanabilmesi için, yakın yüzey modelinin kurulması gerekmektedir. Bu modelin kurulabilmesi için arazide kuyu atışları ve sismik kırılma atışları yapılarak ayrı noktalarda derinlik ve hız bilgisi elde edilir. Daha sonra uygun bir interpolasyon tekniği kullanarak bu değerler hat boyunca her bir nokta için elde edilir. Diğer bir yöntem ise sismik yansıma verisi üzerinden ilk varışların okunarak (first arrival picking) veri işlem merkezinde statik düzeltmelerin hesaplanmasıdır. Bu çalışmada arazide uygulanan kuyu atışı ve sismik kırılma verilerinden elde edilen değerler kullanılarak hesaplanan statik değerleri ve sismik yansıma verisi üzerinden ilk varışlar okunarak hesaplanan statik değerleri, sismik yansıma verisine uygulanmıştır. Daha sonra bu iki statik değerlerinin uygulandığı sismik veriler ile hiç statik düzeltme uygulanmamış veriler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, statik düzeltmelerin sismik veri kalitesine oldukça olumlu bir etki yaptığı uygulanan her iki yöntemle de gözlemlenmiştir.

Mayıs, 2014, 105 Sayfa.

Anahtar kelimeler: statik, yansıma, kırılma, kuyu atışı, sismik

SUMMARY

M.SC THESIS

STATIC CORRECTION and APPLICATION in SEISMIC REFLECTION METHOD

Kenan ERDOGAN

İstanbul University

Graduate School of Science and Engineering

Department of Geophysical Engineering

Supervisor : Associate Prof.Dr. Ali Ismet KANLI

In seismic reflection method, in order to compute static corrections, which are an essential step for land seismic processing, near surface should be modelled. To model this near surface, depths and velocities are obtained from uphole shooting and seismic refraction at discrete locations in the field. Then, by using an interpolation technique, these values are acquired for each station point along the seismic line. There is another method which is based on computation of static corrections in seismic data process center by picking first breaks from seismic reflection data. In this thesis, both the static corrections that were obtained from uphole shooting and seismic refractions in the field and the static corrections that were obtained from first break picking were applied to seismic reflection data. At last, seismic data with these two static correction applications and without any corrections were compared. According to this comparison, it is observed that the static corrections, which are obtained using two different methods, affect seismic data considerably positively.

May, 2014, 105 Pages.

Keywords: static, reflection, refraction, uphole, seismic

1. GİRİŞ

Karadaki birçok arama sahasında yeryüzü, düşük sismik hızlı malzemedен oluşmuş, göreceli olarak ince bir tabaka ile kaplıdır. Jeofizikçilerin bozulmuş tabaka adını verdikleri bu tabaka genelde su tablasının üstünde, gözenekleri hava ile dolmuş birim veya yaşı genç gevşek sedimanlarla ilgilidir. Bu tabakanın fiziksel özelliklerindeki değişimler, gerekli önlemler alınmaz ise, kara sismik verisi kalitesi üzerinde dramatik bozulmalara neden olabilir. Statik düzeltmeler, bu tabakanın ve topoğrafyanın etkilerini gidermek amacıyla atış ve alıcıları düz bir referans seviyesine yerleştirerek uygulanır. Statik düzeltmelerin sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmesi için, sismik verinin toplandığı bölgenin yakın yüzeyinin modellenmesi gerekmektedir. Bu modelleme için arazide belirli aralıklarla kuyu atışları, sismik kırılma çalışmaları yapılması veya toplanan sismik yansıma verisi üzerinde kırılma ilk varışlarının okunması (first arrival picking) gerekmektedir. Yakın yüzey modeli elde edildikten sonra ilk önce atış ve alıcı noktaları bozulmuş tabaka hızı kullanılarak bozulmuş tabaka tabanına taşınır. Daha sonra, seçilen düz bir referans seviyesine düzeltme hızı kullanılarak taşınıp statik düzeltme hesabı tamamlanmış olur.

Statik düzeltmeleri daha iyi anlamak için sismik yansıma yönteminin uygulandığı ilk zamanlara bakmak faydalı olacaktır. Karcher (1987)'de bir çalışmanın sonunda, "toprağın hava ile dolmuş olan kısımları için yapılan zaman düzeltmelerini tanımlayan yöntemler için deneyler" olarak bahsettiği deneyler 1921 yıllarında yapılmaya başlamıştır.

1920'lerdeki gelişmelere referans olarak Weatherby (1940)'de aşağıdaki açıklamayı yapmıştır:

"Bozulmuş tabakadaki değişimlerin etkileri çalışmaların başlarında tanımlanmış ve bu tabaka için ek atışlar, sığ kuyular içinde, kayıt için yapılan serimin yakınlarında yapılmıştır."

McDermott (1931)'de bozulmuş tabakanın, altındaki 2400 m/s hıza sahip olan tabakaya kıyasla, temsili olarak kalınlığının 10 m ve hızının 600 m/s olacağına işaret etmiştir. Bozulmuş tabakanın kalınlığının hesaplanması için kullanılan yöntem, yaygın olarak kullanılmasa da, sismik kırılma yöntemidir. McDermott, bozulmuş tabaka düzeltilmesinin tutarlı bir şekilde hesaplanmasının bir ihtiyaç olduğunu savunmuş ve sismik yansıma için X^2-T^2 (ofset, zaman) grafiğinin eğiminin kırılma yüzeyine kadar olan ortalama hızın hesaplanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir.

Leet (1938)'de bozulmuş tabakanın davranışının, sismik yansıma atışlarında çözülememiş en temel problem olduğunu belirtmiştir. Schneider (1971)'de bu açıklamaya ek olarak, “yakın yüzey düzeltilmesi problemi, sismik çalışmalarda karşılaşılan şartlar aralığı için yeterli seviyede çözülmesi için daha fazla yol kat edilmesi gerekir” diye belirtmiştir. Bu açıklamadan 25 yıl sonra bu durum dünyadaki birçok saha için hala geçerli olmuştur. Bu sahalardaki problemin altında yatan neden, yakın yüzeyin yanal olarak çok hızlı değişmesi ve bu durumla ilgili yapılacak olan çözümün bilinmemesidir.

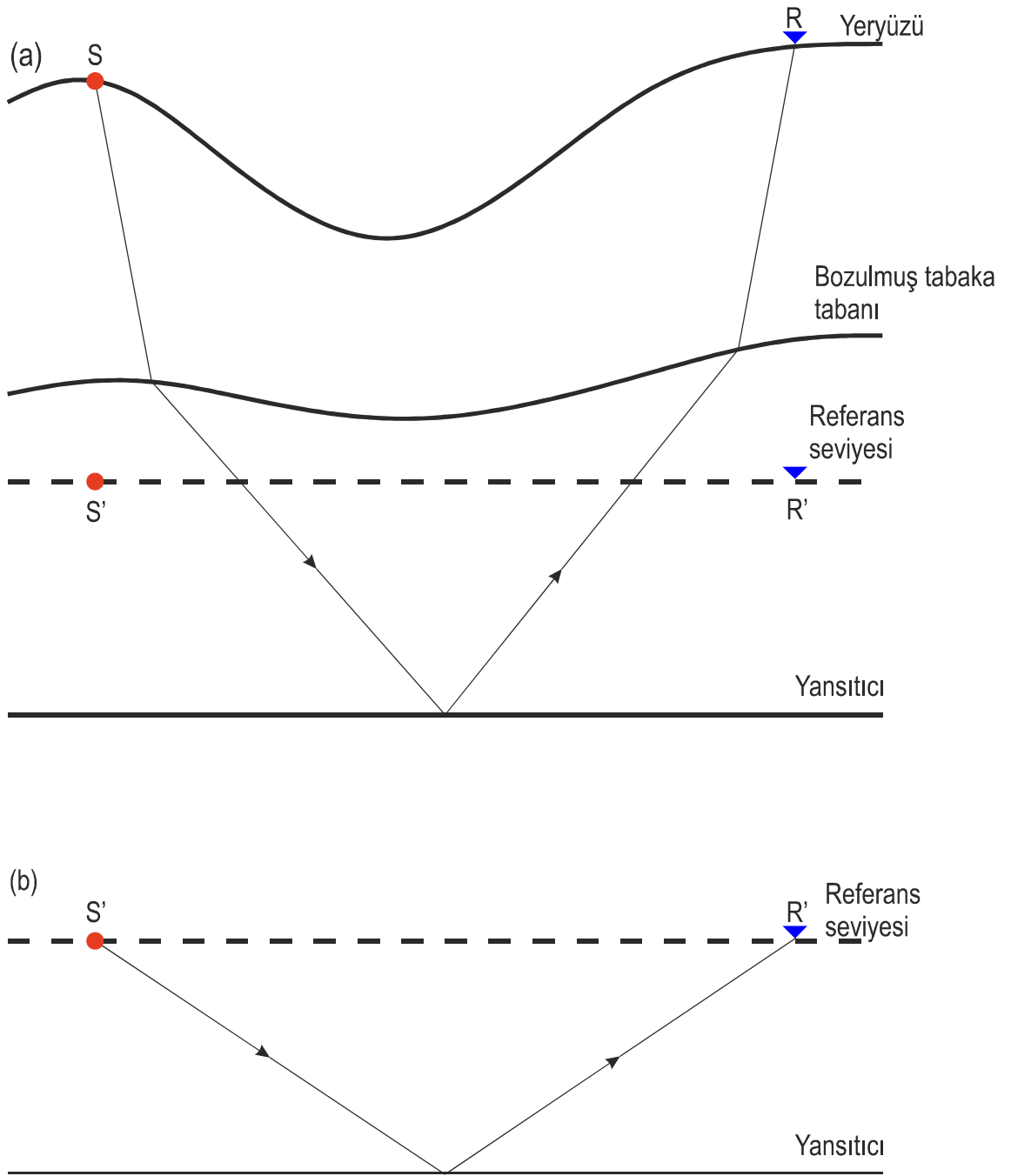
Böylece, yakın yüzey sismik yöntemlerin uygulanmaya başlanmasında itibaren bir problem olarak tanınmıştır. Kuyu dibindeki dinamit atışından yüzeye kadar olan zamanı ölçen kuyu atışı yöntemi 1931 yılında sunulmuştur. 1935'lerdeki bazı çalışmalarda, kaynak ve alıcı bozulmuş tabaka altına yerleştirilip uygulanmıştır (Gaby and Solari, 1948).

1960 ve 1970'lerde ağırlık düşürme ve vibroseis gibi yüzey kaynakları bulunmuş ve gömülü kaynaktan yüzeye kadar hesaplanan zaman artık kullanılamamıştır. Bu durumun bir diğer talihsiz sonucu (yakın yüzey için) kaydedilen kuyu atışı çalışmalarının sayısı, yakın yüzey bilgisini elde etmek için sınırlı olmuştur ve ek maliyetlere ve insan gücüne neden olmuştur.

Sismik yansıma yöntemi hidrokarbon aramalarında yapısal kapanları bulmak için kullanılan temel bir yöntemdir (Akan and Kanlı, 2011, Cetinkaya and Kanlı, 2011). Statik düzeltmeler ise bu yöntemin veri işleminde en önemli basamağı oluşturmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

Statik düzeltmelerin temel ilkesi şekil 2.1a'da gösterilmiştir. Bu şekil basit bir saha deneyi içerip, S noktasındaki kaynaktan çıkıp R noktasındaki alıcıya giden ışın yolunu göstermektedir. Şekilde iki adet tabaka ve referans seviyesi gösterilmektedir. Bozulmuş tabakadaki ışın yolu yaklaşık olarak düşeyle 15° 'lik bir açı yapmıştır ve bozulmuş tabaka tabanında, hızın bariz bir şekilde yükseldiği yerde, doğrultusu değişmiştir. İletim ve kırılma açıları Snell kanunları ile tanımlanır. Şekil 2.2a'da gösterilen deneydeki statik düzeltme kavramı, şekil 2.1b'deki durumla, S noktasındaki atış düşey olarak referans düzlemindeki S' noktasına ve R noktasındaki alıcı düşey olarak referans düzlemindeki R' noktasına taşınarak, yer değiştirir. Bozulmuş tabaka tabanının altındaki ışın yolu şimdi şekil 2.1a'daki ışın yolundan daha farklıdır. Bu farklılık bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Sismik izde uygun statik düzeltme kullanılarak yapılacak basit bir zaman düzeltmesi, atış ve alıcının referans seviyesindeki durumlarında alınacak kayıt ile aynı kaydı sağlamaz. Yansıtıcıya kadar olan ışın yollarındaki bu uyumsuzluk iki şekilde minimize edilebilir. Birincisi, bozulmuş tabaka zonundaki ışın yolunun düşeye çok yakın olması ve ikincisi ise referans seviyesinin bozulmuş tabaka tabanına yakın seçilmesidir.

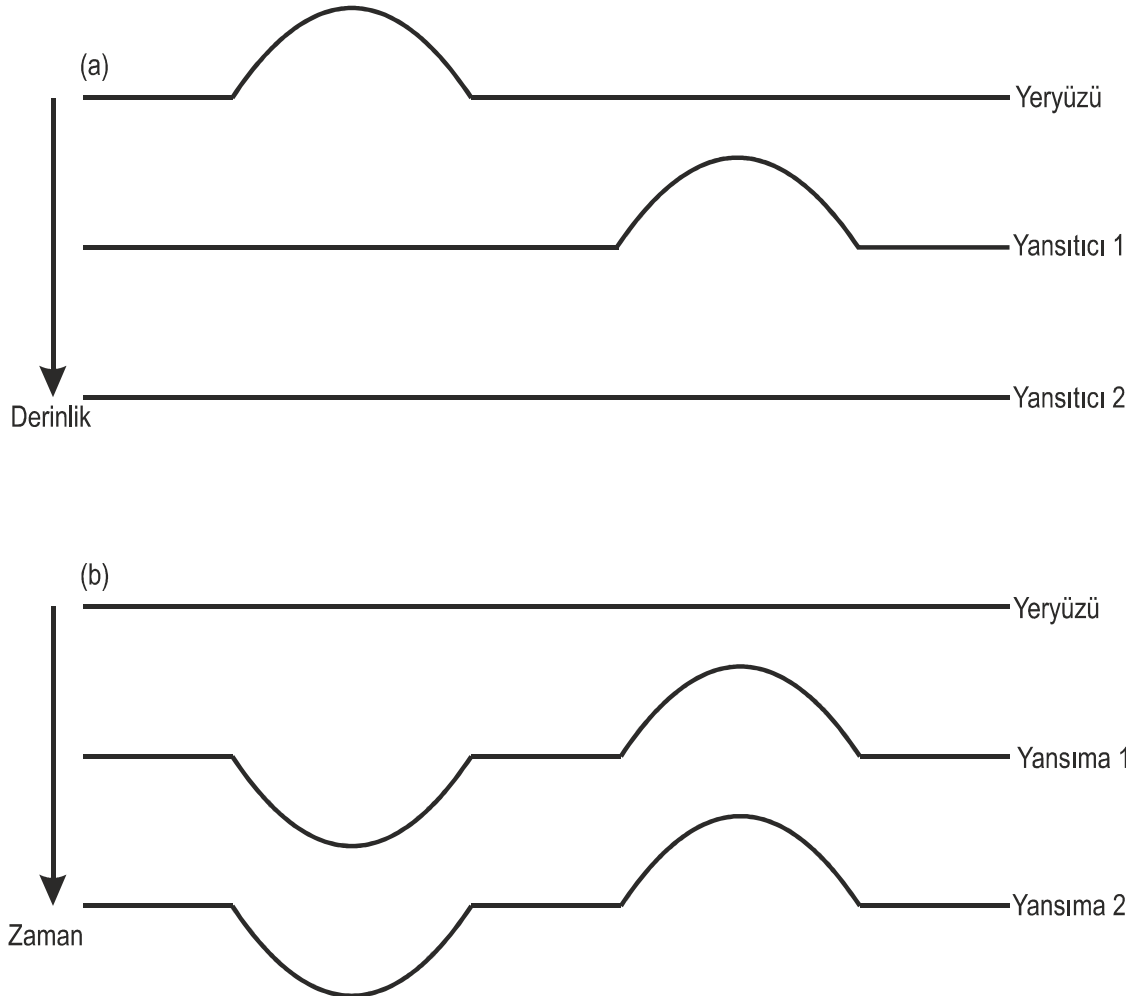


Şekil 2.1: Yeryüzünün yanar kesit şematik gösterimi. (a) orjinal veri, kaynak (S) ve alıcı (R) yeryüzünde (fiziksel model). (b) kaynak (S') ve alıcı (R') referans seviyesine yerleştirilmiş (teorik model) (Cox, 1999).

2.1. YAKIN YÜZEY TOPOĞRAFYASI VE JEOLJİSİ

2.1.1. Topoğrafyadaki Değişimler

Statik düzeltmelere yakın yüzeyin tüm etkilerinin giderilmesi için ihtiyaç duyulsa da, dikkate alınması gereken ilk parametre topoğrafyadaki değişimlerdir. Fakat, topoğrafya düz olsa bile yakın yüzeyin yanal yöndeki değişimleri nedeniyle seyahat zamanlarında değişim gözlenecektir. Topoğrafya değişiminin etkileri şekil 2.2’de gösterilmiştir. Derinlik modeli değişken kalınlıkta bir yansıtıcıya sahiptir. Tabaka aralarındaki hızlar sabit kabul edilmiştir. Sismik yansımaların davranışı derinlik modelindeki yansıtıcıları temsil edememektedir. Benzer etki yansıtıcı kalınlıkları sabit, ara hızları değişken kabul ederek de elde edilebilir. Yansıtıcın kalınlaştığı yerlerde sismik dalgacığın tabaka arasındaki seyahati uzarken, inceldiği yerde azalacaktır. Sismik yansıma kaydı bir atış ve birbirinden belirli mesafe uzaklıktaki alıcılardan oluşmaktadır. Işın yolu boyunca dalgacığın seyahat zamanının, kaynak ve alıcıların yüksekliğinden, yakın yüzey tabakasının kalınlık ve hızından, yansıtıcıların derinliğinden ve ara hızlardan etkilendiği görülmektedir.

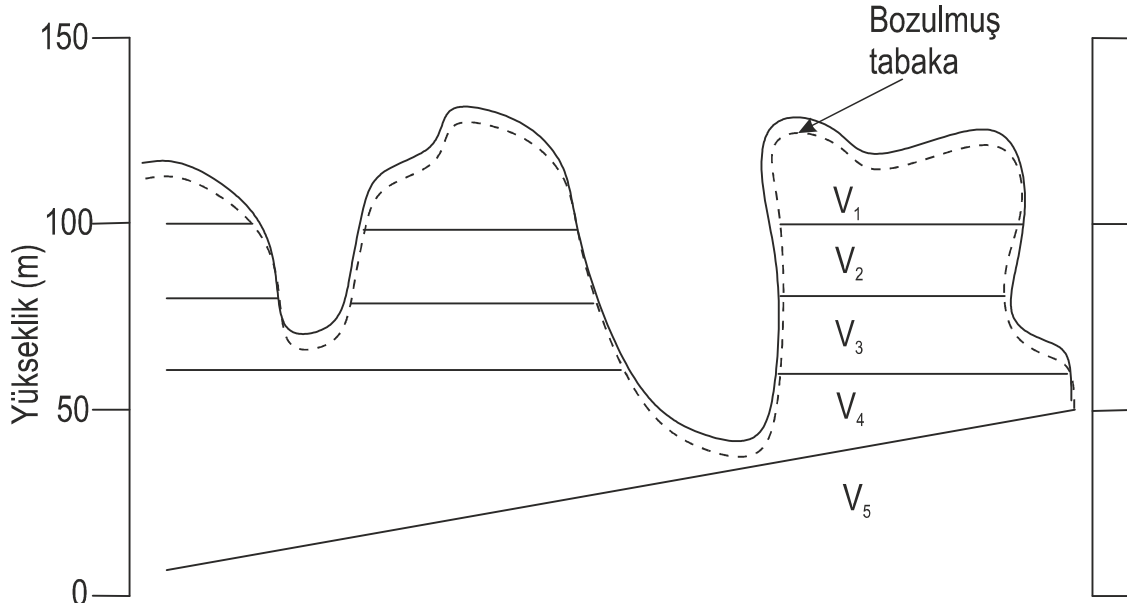


Şekil 2.2: (a) derinlik modeli. (b) modelin sismik yansıma cevabı (Marsden, 1993).

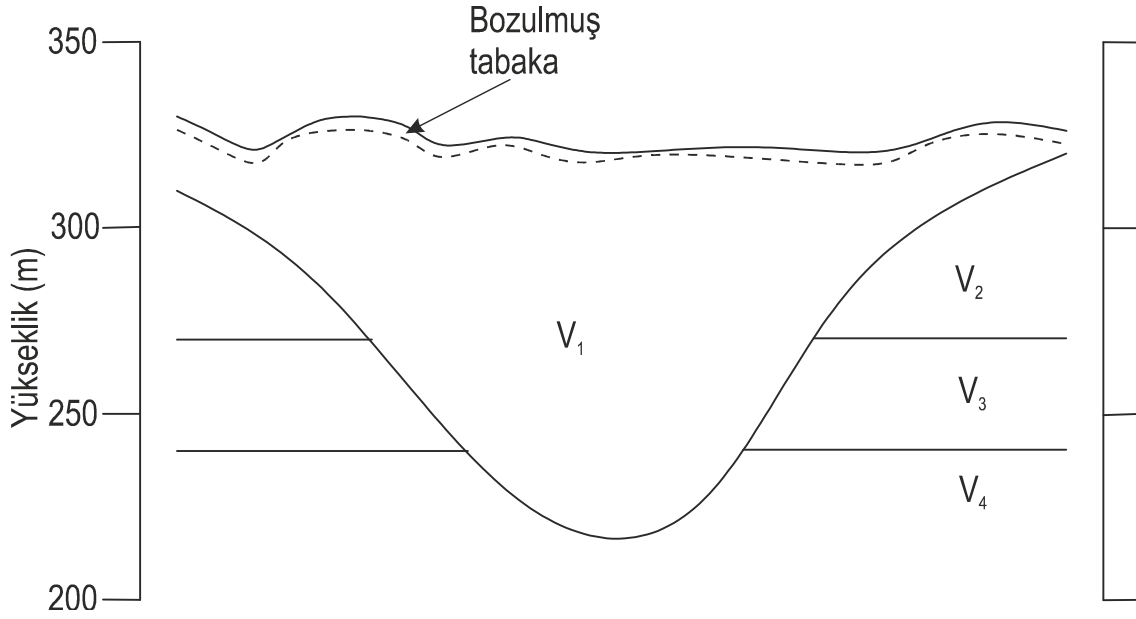
2.1.2. Bozulmuş Tabaka

Bozulmuş tabaka terimi jeofizikçiler ve jeologlar arasında küçük bir anlam farkına sahiptir ve sismik bozulma veya jeolojik bozulma olarak ayırt edilir. Sismik bozulma Sheriff (1991) tarafından şöyle tarif edilir:

Düşük hızlı yakın yüzey tabakası, gözenekleri su yerinde hava ile dolmuş gevşek toprak. Sismik bozulma jeolojik bozulmadan (kayaç ayrışması) farklıdır. Düşük hızlı tabaka terimi sismik bozulma için kullanılır. Bozulmuş tabaka tabanı genellikle su tablasıdır. Bazen bozulmuş tabaka hızı dereceli olurken bazen keskin bir şekilde değişkenlik gösterir. Bozulmuş tabaka hızı altındaki tabakanın hızına kıyasla (1500 m/s) genelde 500 – 800 m/s arasında değişkenlik gösterir. Bozulmuş tabaka kalınlığı kuyu atışları ve kırılma ilk varışları ile belirlenir.



Şekil 2.3: Genç topoğrafyayı içeren genel yanal kesit gösterimi. Bir tane bozulmuş tabaka ve beş tane alt tabaka içermektedir (Cox, 1999) .



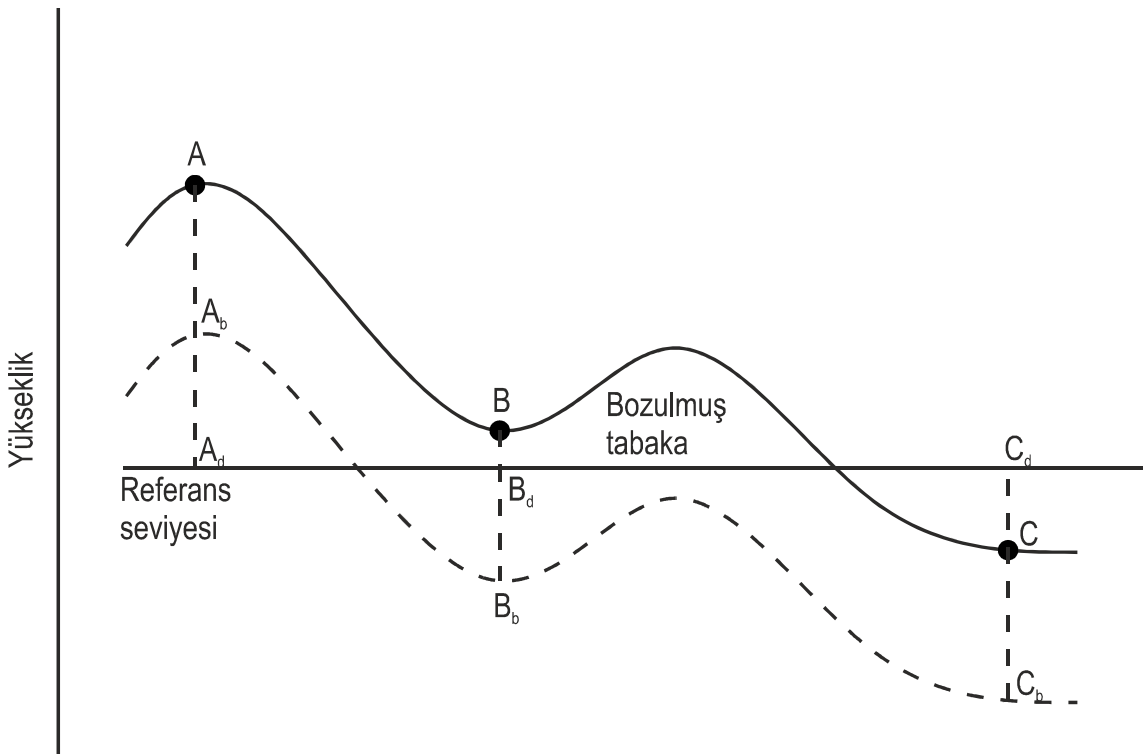
Şekil 2.4: Olgun topoğrafyayı içeren genel yanal kesit gösterimi. Bir tane bozulmuş tabaka ve dört tane alt tabaka içermektedir (Cox, 1999).

2.2. DATUM STATİK DÜZELTMELERİ

Datum statik hesabının anlaşılabilmesi için Sheriff (1991) tanımına göz atmak uygun olabilir:

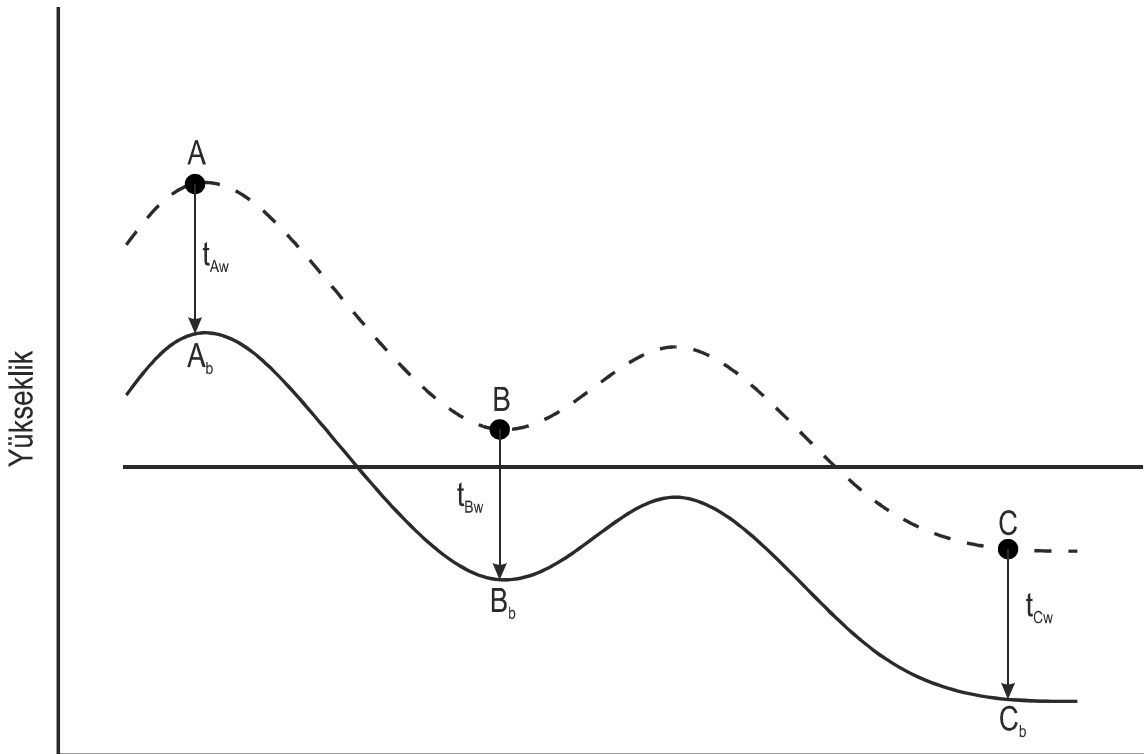
Düzeltilmeler sismik veriye uygulanarak, topoğrafyadaki değişimin etkisi, bozulmuş tabaka hızı ve kalınlığının etkisi ortadan kaldırılır. Hedef, sismik yansıma zamanlarını, bozulmuş tabaka ve topoğrafya değişimi etkisi içermeyen düz bir seviyeden kayıt alınmış gibi tanımlamaktır.

Bu tanımın pratikte nasıl uygulandığını görmek için şekil 2.5’de basit bir yakın yüzey modeli verilmiştir. Burada A, B ve C noktaları yeryüzü noktalarını, A_b , B_b ve C_b noktaları bozulmuş tabaka tabanındaki karşılıklarını, A_d , B_d ve C_d noktaları ise referans seviyesi üzerindeki karşılıklarını göstermektedir. Sheriff (1991)’in tanımına göre zaman düzeltmeleri sismik veriye uygulanarak sismik kaydın A_d , B_d ve C_d noktalarında alınmış gibi olmasını sağlamaktır. Bu kayıta artık bozulmuş tabaka ve yükselti etkisi mevcut olmayacaktır.



Şekil 2.5: Yakın yüzey modeli (Cox, 1999) .

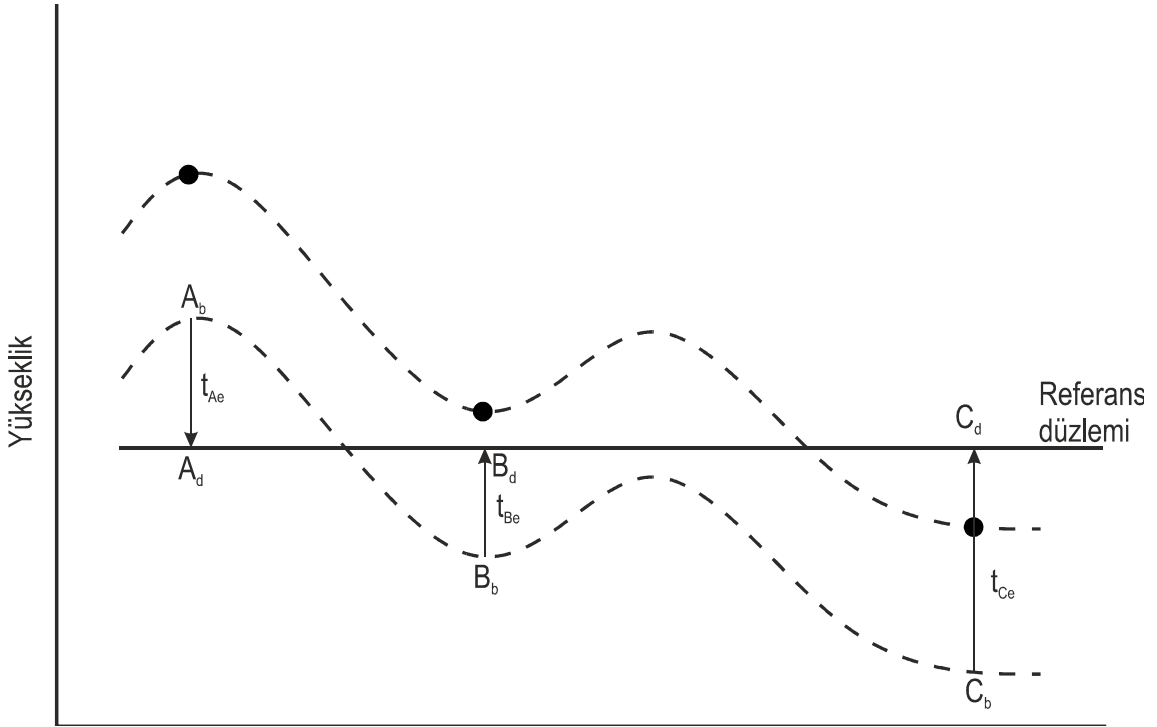
Bu işlemin ilk adımı olarak bozulmuş tabaka etkisi ortadan kaldırılarak bozulmuş tabaka tabanı yeni referans seviyesi olur. Böylece yeryüzünde kaydedilmiş zamanlarımız artık bozulmuş tabaka tabanında kaydedilmiş gibi ayarlanır. Örnek olarak, A noktasında, bozulmuş tabakadaki seyahat zamanı A ile A_b arasındaki zamandır ve şekil 2.6'da t_{Aw} ile gösterilir. Burada yeni referans yüzeyimiz olan bozulmuş tabaka tabanı düz çizgi ile gösterilirken orjinal yüzeyimiz kesikli çizgi ile gösterilmektedir. B ve C noktası için benzer düzeltmeler, t_{Bw} ve t_{Cw} , ayrıca gösterilmektedir. Bu düzeltme genel olarak bozulmuş tabaka düzeltmesi olarak adlandırılır.



Şekil 2.6: Yüzeyden bozulmuş tabaka tabanına kadar olan zaman düzeltmesi (Cox, 1999).

Sonraki adım benzer şekilde veriyi arzu edilen bir referans seviyesine taşımaktır. Örnek olarak, A noktasında, bozulmuş tabaka tabanı ile seçilen referans seviyesi arasındaki zaman A_b ile A_d arasındaki zamandır ve şekil 2.7'de t_{Ae} ile gösterilir. Burada düz çizgi seçilen referans seviyesini gösterirken, orjinal yüzey ve bozulmuş tabaka tabanı kesikli

çizgi ile gösterilmiştir. Benzer düzeltmeler olan t_{Be} ve t_{Ce} , B ve C noktası için gösterilmiştir. Bu düzeltme genel olarak yükseklik düzeltmesi olarak adlandırılır.



Şekil 2.7: Bozulmuş tabaka tabanından referans düzlemine kadar olan zaman düzeltmesi (Cox, 1999).

Datum statik düzeltmesi hem bozulmuş tabaka düzeltmesini hem de yükseklik düzeltmesini içermelidir. Devam etmeden önce hesaplamalardaki değerlerin işaret durumuna değinmek uygun olacaktır. Genel kullanım ve benim bu tezde kullanacağım işaret durumu, negatif statik değerleri yansıma zamanlarını azaltacaktır. Örnek olarak, A noktasındaki statik düzeltme hem bozulmuş tabaka düzeltmesi hem de yükseklik düzeltmesi için negatiftir. Sonuç olarak A, B ve C noktalarındaki toplam statik düzeltmeler izleyen şekilde verilir (Cox, 1999):

$$T_A = -t_{Aw} - t_{Ae} \quad (2.1)$$

$$T_B = -t_{Bw} + t_{Be} \quad (2.2)$$

$$T_C = -t_{Cw} + t_{Ce} \quad (2.3)$$

Datum statik düzeltilmesi için bilmemiz gereken parametreler:

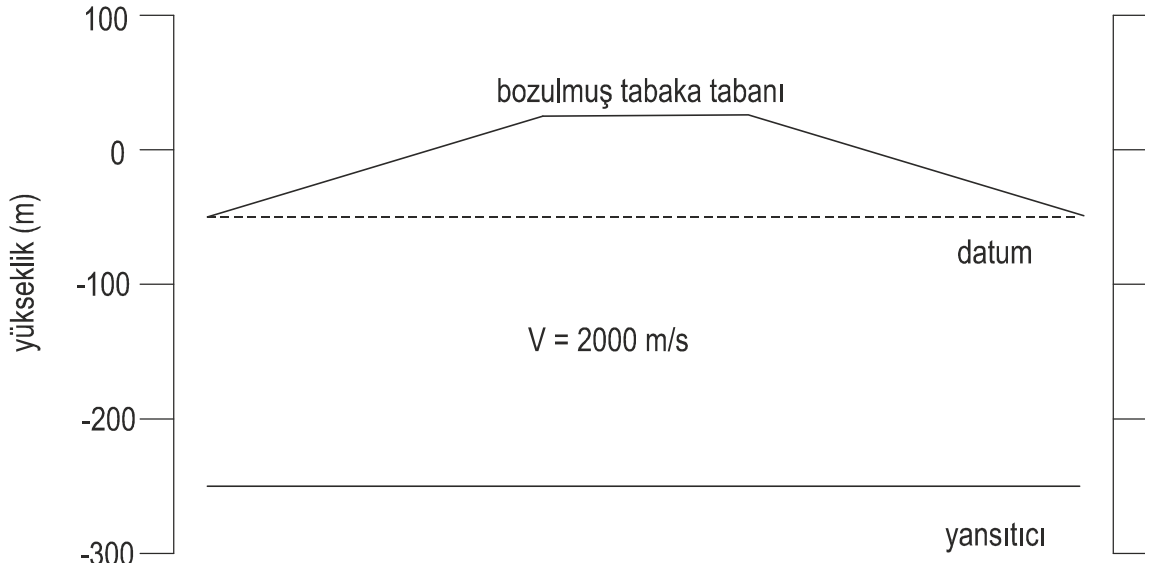
- Alıcı ve kaynak yükseklikleri
- Bozulmuş tabaka hızı ve kalınlığı
- Referans seviyesi yüksekliği ve düzeltme hızı

2.2.1. Referans Seviyesi (Datum)

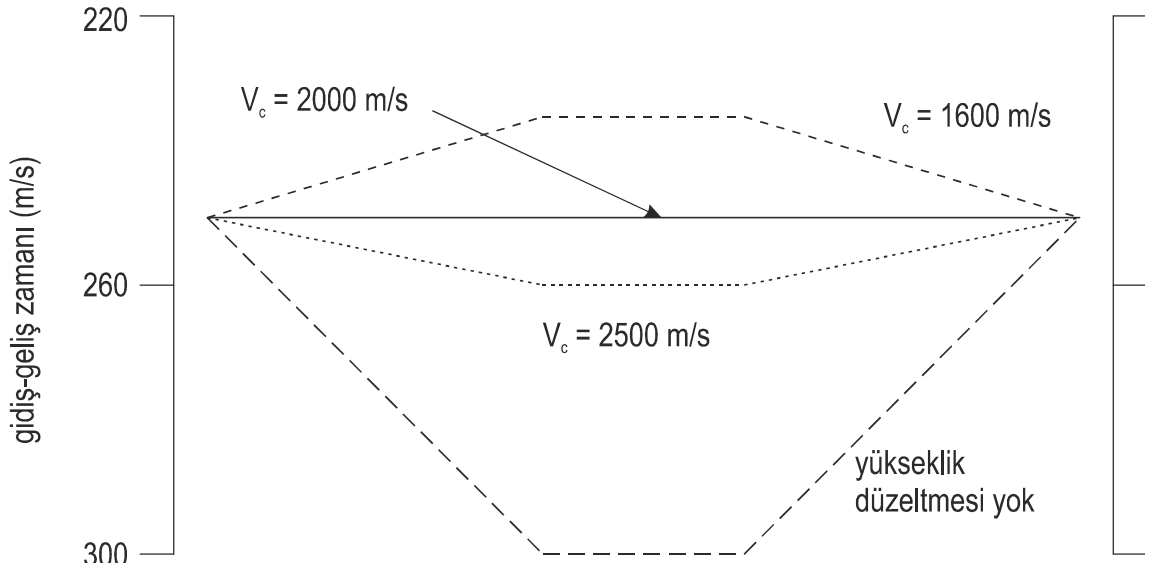
Referans seviyesi genelde ölçümlerin düzeltileceği keyfi seçilen bir seviyedir. Sismik datum ise, lokal topoğrafya ve yakın yüzey etkilerinin minimize edileceği keyfi seçilen referans seviyesidir. Sismik zamanlar ve hız tanımlamaları, kaynak ve alıcılar sanki bu seviyedeymiş ve hiç düşük hız tabakası mevcut değilmiş gibi bu seviyeye göre ayarlanır.

2.2.2. Referans Seviyesi Seçimi

Referans seviyesinin altında kalan alanda yavaş yanal değişim gerekliliği, referans seviyesinin sabit-hızlı bir yüzey olması gerektiği anlamına gelir (Cox, 1991). Datum seçimi ile düzeltme hızı arasında çok yakın bir ilişki vardır. Çünkü yükseklik düzeltmesi aşamasında noktalar bozulmuş tabaka tabanından datuma kadar düzeltme hızı kullanılarak taşınırlar. Düzeltme hızında yapılacak hata yanlış datum statik düzeltmesine neden olacaktır. Bu durum zaman kesitlerinde özellikle de bozulmuş tabaka tabanı yüksekliğinde önemli değişimler varsa, yanlış yapısal resimler ortaya çıkaracaktır. Şekil 2.8'de kubbe şeklinde bozulmuş tabaka tabanı ve düz bir yansıtıcı görülmektedir. Şekil 2.9'da yansıma zamanları çeşitli hızlara göre yükseklik düzeltilmesi yapılmış ve yapılmamış olmak üzere gösterilmiştir. Ortaya çıkan zamansal yapılar senklinalden antiklinale doğru değişmekte ve ortaya çıkan yapılar düzeltme hızına bağlı olmaktadır. Bu nedenlerle datum seviyesinin altında kalan alanın yavaş yanal değişim istemesi derin bir datum seviyesi gerektirir. Düzeltme hızı hakkında detaylı bilgi eksikliği ise datum seviyesinin bozulmuş tabaka tabanına yakın olmasını gerektirir.



Şekil 2.8: Bozulmuş tabaka tabanının 250-300 m altında yansıtıcı olan yakın yüzey modeli (Cox, 1999).



Şekil 2.9: Datuma kadar olan gidiş-geliş zamanları ve düzeltme hızları sırasıyla 1600, 2000, 2500 m/s ve yükseklik düzeltmesi yapılmamış durum (Cox, 1999).

2.2.3. Düzeltme Hızı

Datum statik düzeltmesinin bir parçasını oluşturan yükseklik düzeltmesinde, bozulmuş tabaka tabanından seçilen datuma kadar olan düzeltme için kullanılan hız düzeltme hızı olarak adlandırılır. Eğer datum bozulmuş tabaka tabanının altında ise, düzeltme hızı bu derinlikte hız profilinden hesaplanır yani bozulmuş tabaka tabanının altındaki tabakanın hızıdır. Eğer datum bozulmuş tabaka tabanının üzerinde ise, bu bölge bozulmuş tabaka tabanına yakın bir materyal hızı ile doldurulur.

Jeolojide büyük yanal değişimlerin olduğu yerlerde düzeltme hızı da bu değişimlere uygunluk gösterir.

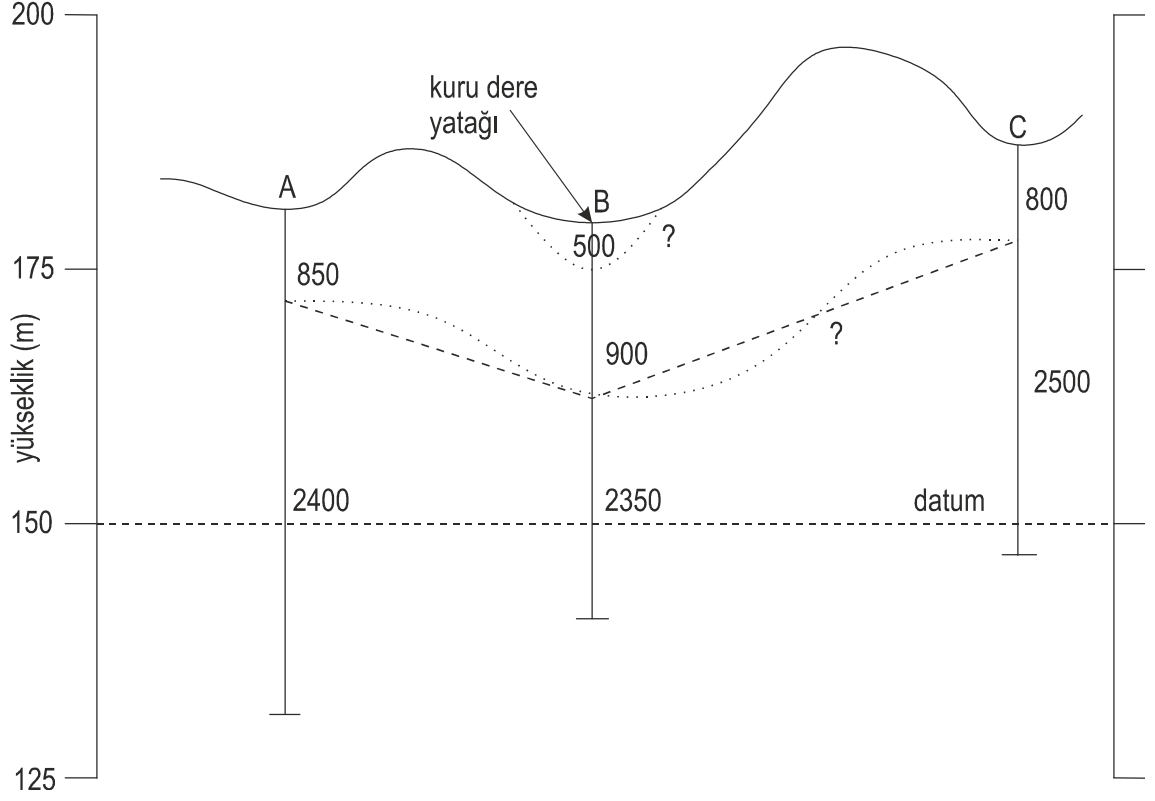
2.2.4. Yanal Kontrol ve İnterpolasyon

Datum statik düzeltmelerini hesaplamadan önce, sismik yansıma kaydı alınan sahanın yakın yüzey bilgisi tüm alıcı ve atış noktaları için elde edilmelidir. Bu bilgiyi elde etmek için birkaç teknik mevcuttur. Bu tekniklerden bir tanesi hat boyunca belirli noktalarda kuyu atışları yapıp yakın yüzey hız ve kalınlıkların elde edilmesidir. Bir diğer teknik hat boyunca belirli aralıklarla sismik kırılma çalışması yapmaktır. Kırılma çalışmalarında bozulmuş tabaka hızı ve kalınlığı, ayrıca bir veya birkaç kırıcı yüzey hızı elde edilebilir.

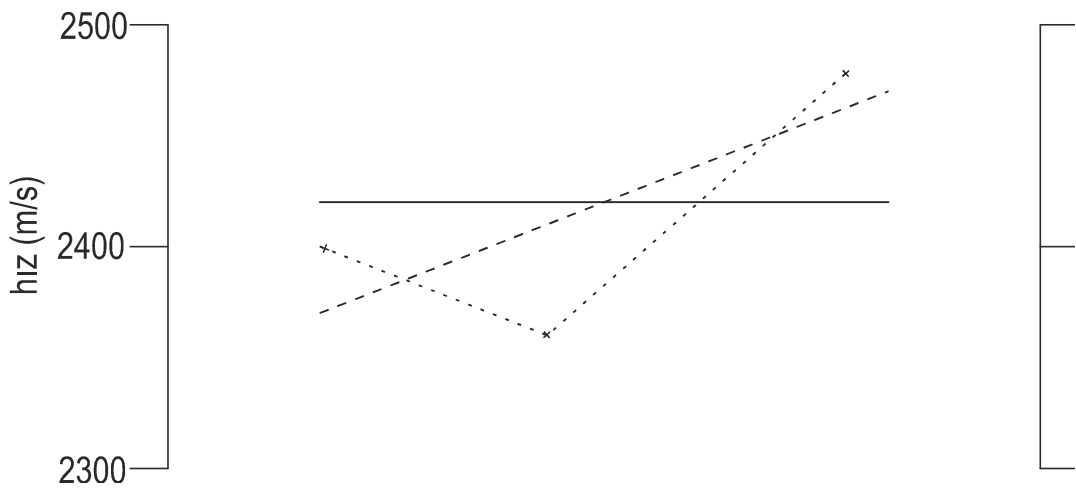
Bu yöntemlerden birisiyle ayrık noktalarda yakın yüzey bilgisi elde edildikten sonra her bir nokta için interpolasyon yapılması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere yakın yüzey parametreleri hat boyunca düşey ve yanal olarak hızlı veya yavaş bir şekilde değişebilir. Hızlı değişimlerin olduğu yerlerde interpolasyon problemleri olasıdır ve yakın yüzey bilgisinin kabaca örneklenmesinin direk bir sonucudur. Ek olarak, hattın küçük bölümlerinde lokal olarak anomaliler görülebilir. Bu gibi durumlar için ek kontrol önlemleri alınmalıdır.

Şekil 2.10 yanal interpolasyon ile ilgili olarak bir problemi göstermektedir. A, B ve C noktalarındaki yakın yüzey bilgisi ile birlikte B noktası civarındaki lokal dere yatağı etkisi gözlenmektedir. Bu örnekte, bütün değerlerin kesin ve doğru olduğu varsayılmıştır. Pratikte, kalınlık ve hız kestirimindeki hatalar interpolasyon sırasında göz önünde bulundurulmalı ve hesaba katılmalıdır. A, B ve C noktalarındaki değerler

arasındaki bölge için uygulanacak interpolasyon yaklaşımları şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Yeryüzü yükseklik profili ve kuyu atışı bilgileri (Cox, 1999).



Şekil 2.11: Altteki tabaka için olası interpolasyon çeşitleri (Cox, 1999).

Şekil 2.10'daki üstteki tabaka, B noktasındaki hızı 500 m/s, lokal olarak dere yatağı şeklinde bir birime sahiptir. Şekilden görünen bilgiler ışığında bu birimin B noktasından ne kadar ileriye gittiği anlaşılamamaktadır fakat A ve C noktalarına kadar uzanmadığı görülmektedir. Bu tabakaya mümkün olan bir sınırlama şekil 2.10'da kısa noktalı çizgi ile gösterilmiştir fakat bu gösterim olabilecek birkaç yorumdan biridir. Tabakanın hızı yanal olarak değişebilir ama bu değişimi doğrulayacak bilgi yetersizdir. Bu örnekte, doğru bir model kurulmadan önce daha fazla bilginin gereksinimi açıktır.

Bir sonraki tabaka sırasıyla üç ayrı noktada 850, 900 ve 800 m/s hızlara sahiptir. Bu tabakanın tabanı için çeşitli yaklaşımlar kullanılabilir; en basit yaklaşım, lineer interpolasyon, şekil 2.10'da kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Diğer bir yaklaşım bu tabakanın tabanının yüzey topoğrafyasını taklit ettiği yaklaşımdır ve genelde yüzeyi izleyen yaklaşım olarak adlandırılır. Bu yaklaşım şekil 2.10'da uzun noktalı çizgi ile gösterilmiştir. İnterpolasyon için daha başka birçok teknik mevcut olmakla birlikte, saha sismoloğu veya yorumcu mevcut olan veriye bakarak mümkün olan en iyi seçeneği kendi yorumlarıyla birlikte uygulamalıdır.

Şekil 2.10'daki en alttaki tabaka 2350 – 2500 m/s aralığında değişen hızlara sahiptir ve muhtemelen bozulmuş tabaka altındaki tabakayı temsil etmektedir. Tekrar söylemek gerekirse bu değerler çeşitli yollarla interpolasyon yapılabilir. Bunlar basit lineer interpolasyon ve eğri uydurma şeklinde olabilir.

Şekil 2.11'de 3 farklı interpolasyon çeşidi ve hızların kullanılan yöntemle göre değiştiği görülmektedir. Düzeltme hızı için sabit veya çok yavaş değişmesi önerilmektedir. Basit lineer interpolasyon genellikle (yakın yüzey jeolojisine bağlı olarak), özellikle de düzeltme hızı için, uygun değildir.

2.2.5 Datum Statik Düzeltme Hesapları

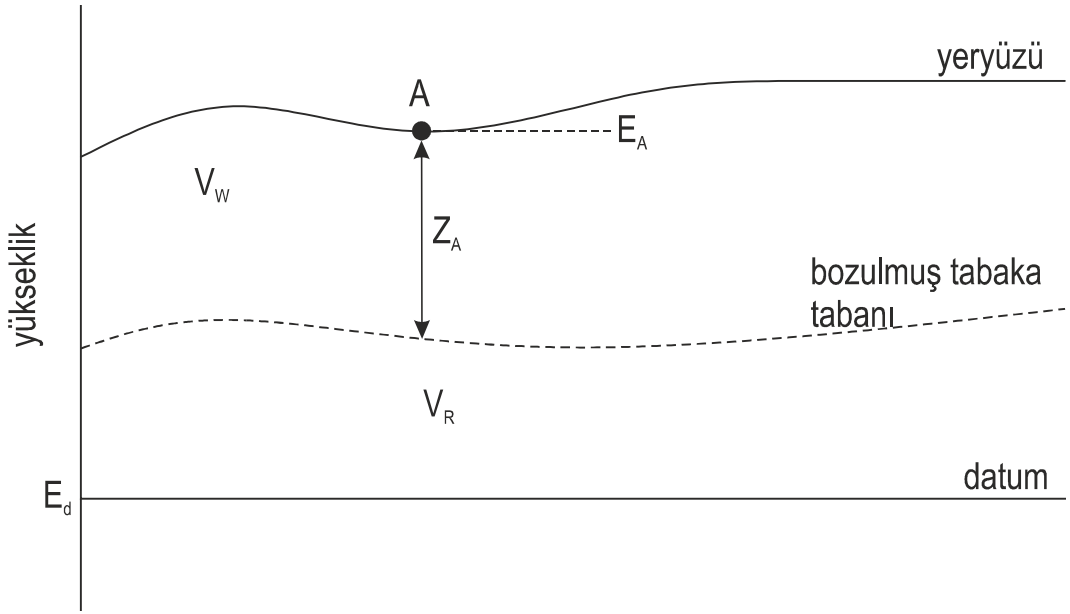
Daha öncede anlatıldığı üzere datum statik hesabı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk önce yakın yüzeyin etkisini ortadan kaldıran bozulmuş tabaka düzeltmesi ve ikinci aşamada topoğrafya etkisini ortadan kaldıran yükseklik düzeltmesi. Datum statik düzeltmesi hesabında göz önünde bulundurulması gereken üç farklı kayıt şekli mevcuttur:

- Kaynak veya alıcı yeryüzünde;
- Kuyu tabanı bozulmuş tabaka altında kalan kuyu verisi; ve

- Kuyu tabanı bozulmuş tabaka içinde kalan kuyu verisi.

Kuyu verisi olduğu zaman, kuyu tabanından yüzeye kadar olan zaman mevcuttur ve yakındaki alıcının statik hesabı için kullanılabilir. Kuyu jeofonunun her zaman kuyu başından birkaç metre uzağa çakılması ve kuyu cidarındaki bozulmuş zondan etkilenmemesi sağlanır.

2.2.5.1. Kaynak veya Alıcının Yeryüzünde Olması Durumu



Şekil 2.12: Kaynak veya alıcı yüzeyde iken datum statik düzeltmesi hesabı. Değişkenler: Z_A , A noktasındaki bozulmuş tabaka kalınlığı, V_w , bozulmuş tabaka hızı, E_A , A noktasındaki kaynak veya alıcı yüksekliği, E_d , datum yüksekliği ve V_r , düzeltme hızı (Cox, 1999).

Şekil 2.12 bir kaynak veya alıcı lokasyonu ile birlikte bir yakın yüzey profilini göstermektedir. Toplam statik düzeltme T_A denklem (2.1)'de verildiği gibidir. t_{Aw} , A noktasındaki bozulmuş tabaka düzeltmesi ve t_{Ae} , A noktasındaki yükseklik düzeltmesi. Şekil 2.12'deki değişkenler kullanılarak, bozulmuş tabaka düzeltmesi, A noktasındaki bozulmuş tabaka kalınlığının (Z_A) A noktasındaki bozulmuş tabaka hızına bölünmesiyle ($V_{w(A)}$) elde edilir:

$$t_{Aw} = \frac{Z_A}{V_{w(A)}} \quad (2.4)$$

Eğer birden fazla bozulmuş tabaka mevcutsa, bozulmuş tabaka düzeltmesi her bir bozulmuş tabaka düzeltmesinin toplamından oluşur. Yükseklik düzeltmesi, bozulmuş tabaka altındaki tabakanın kalınlığının düzeltme hızına bölünmesiyle (V_r) hesaplanır:

$$t_{Ae} = \frac{E_A - Z_A - E_d}{V_r} \quad (2.5)$$

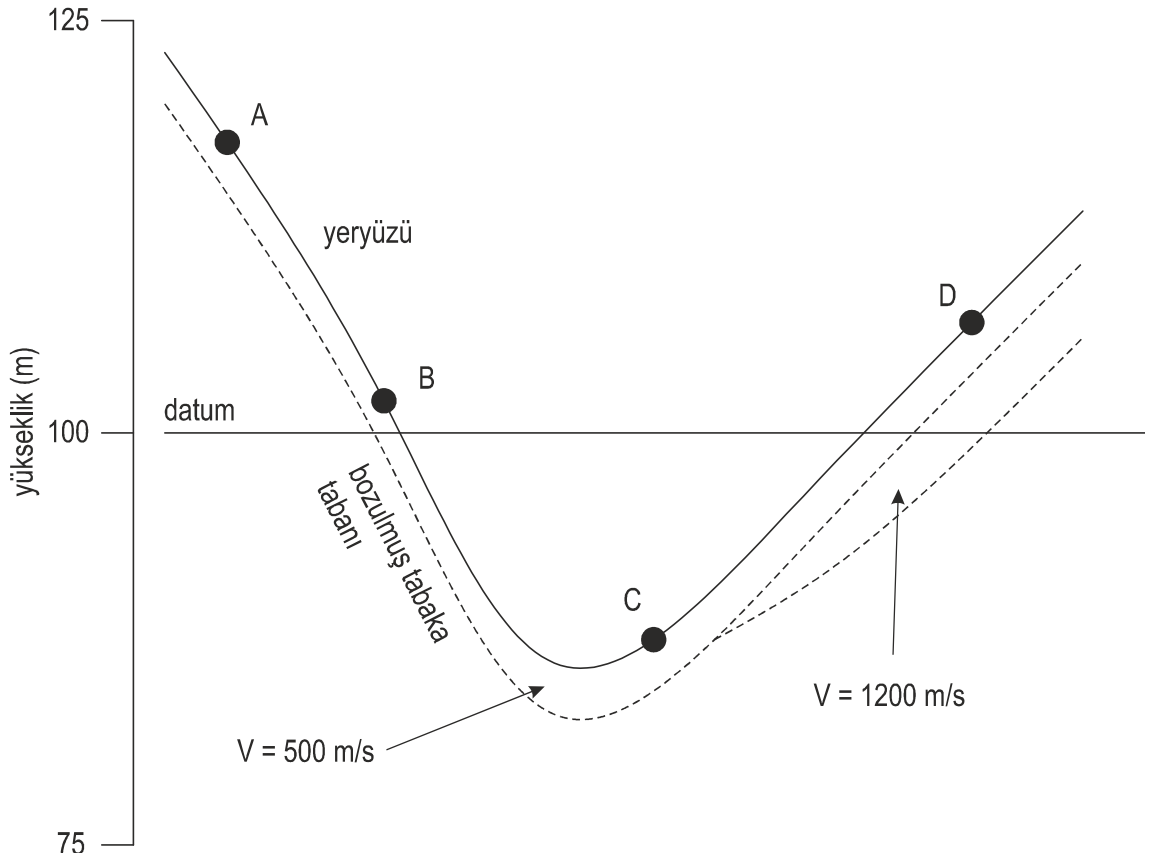
Toplam datum statik düzeltmesi T_A denklem (2.4) ve denklem (2.5) toplamından oluşur:

$$T_A = -\left(\frac{Z_A}{V_{w(A)}} + \frac{E_A - Z_A - E_d}{V_r}\right) \quad (2.6)$$

Bu konu ile ilgili bir çalışma aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1: Alıcı ve kaynak yüzeyde datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2.13) (Cox, 1999).

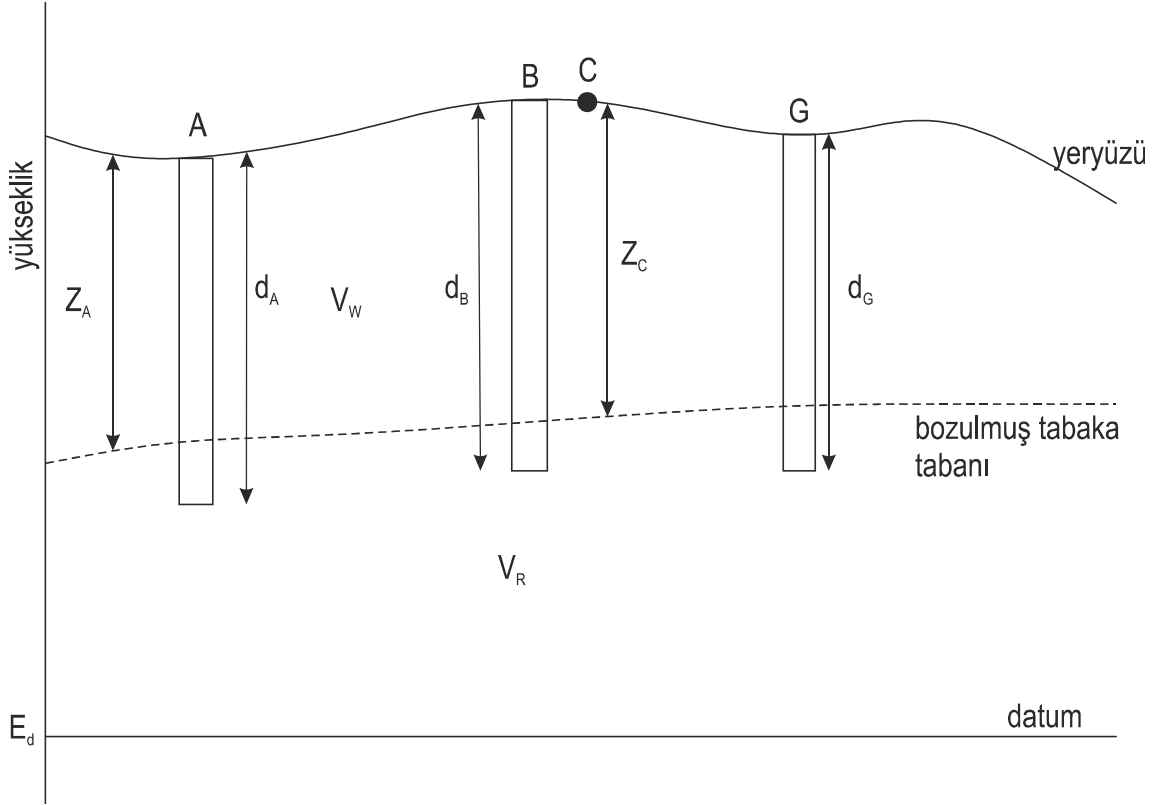
Değişkenler	A Noktası	B Noktası	C Noktası	D Noktası
Yükseklik ve Kalınlık (m)				
E	120	102	84	106
E_d	100	100	100	100
Z	4	4	4	4
Z_2	0	0	0	6
$E - Z - E_d$	16	-2	-20	-4
Hız (m/s)				
V_w	500	500	500	500
V_{w2}	-	-	-	1200
V_r	2000	2000	2000	2000
Datum Statik Düzeltmeleri bileşenleri (ms)				
Z / V_w	8	8	8	8
Z_2 / V_{w2}	0	0	0	5
$E - Z - E_d / V_r$	8	-1	10	-2
Toplam Düzeltme (ms)				
T (Denklem 2.6)	-16	-7	2	-11



Şekil 2.13: Datum statik hesabında kullanılan yakın yüzey profili (Cox, 1999).

Tablo 2.1, şekil 2.13'deki yakın yüzey profiline karşılık gelen değerler için datum statik düzeltmesinin hesaplanmasını göstermektedir. Dört adet lokasyon tanımlanmıştır, yükseklikler datumun hem altında hem de üstünde olup D noktasında iki adet bozulmuş tabaka mevcuttur. Tablo 2.1'deki değerler ve denklem (2.6) kullanılarak, şekil 2.13'deki yakın yüzey için statik düzeltmeler hesaplanmıştır.

2.2.5.2. Kaynak veya Alıcının Bozulmuş Tabaka Altında Olması Durumu



Şekil 2.14: Kaynak veya alıcının bozulmuş tabaka altında olması durumu. d , kuyu derinliği (Cox, 1999).

Şekil 2.14’de gösterilen yakın yüzey profili, A ve B kaynak lokasyonlarını, C yüzeydeki alıcı noktasını ve G ise kuyudaki alıcı noktasını göstermektedir. A noktasındaki kaynak bozulmuş tabaka altında olduğu için bozulmuş tabaka düzeltmesine gerek olmamaktadır. Yükseklik düzeltmesi kaynak derinliği ile datum arasında kalan mesafenin düzeltme hızına bölünmesiyle bulunabilir.

A noktasındaki toplam statik düzeltmesi:

$$T_{A(Atış)} = -\left(\frac{E_A - d_A - E_d}{V_r}\right) \quad (2.7)$$

ile bulunur. Burada E_A , A noktasının yüksekliğini, d_A , kuyudaki kaynağın derinliğini, E_d , datum yüksekliğini ve V_r , düzeltme hızını göstermektedir. Benzer hesaplamalar B noktasındaki kaynak ve G noktasındaki alıcı için de yapılabilir.

Kuyudaki kaynak derinliğinin güvenilir olmaması durumunda datum statik düzeltmesi hesabı için alternatif bir yaklaşım daha mevcuttur. Datum statik düzeltmesi yüzeydeki bir lokasyon için denklem (2.6) kullanılarak hesaplanıp daha sonra, kuyudaki kaynaktan kuyu başındaki jeofona kadar olan $t_{UH(A)}$ zamanı bu hesaba dahil edilir.

$$T_{A(Atış)} = -\left(\frac{Z_A}{V_{w(A)}} + \frac{E_A - Z_A - E_d}{V_r}\right) + t_{uh(A)} \quad (2.8)$$

C noktasındaki alıcı datum statik hesabı için iki yaklaşım mevcuttur. İlki alıcı yüzeyde iken kullanılan yaklaşım olup ikincisi yakınındaki atış noktası için atış derinliği ve kuyu yukarı zamanını kullanmaktır. İlk yaklaşım daha güvenli olup bunun için datum statik hesabı:

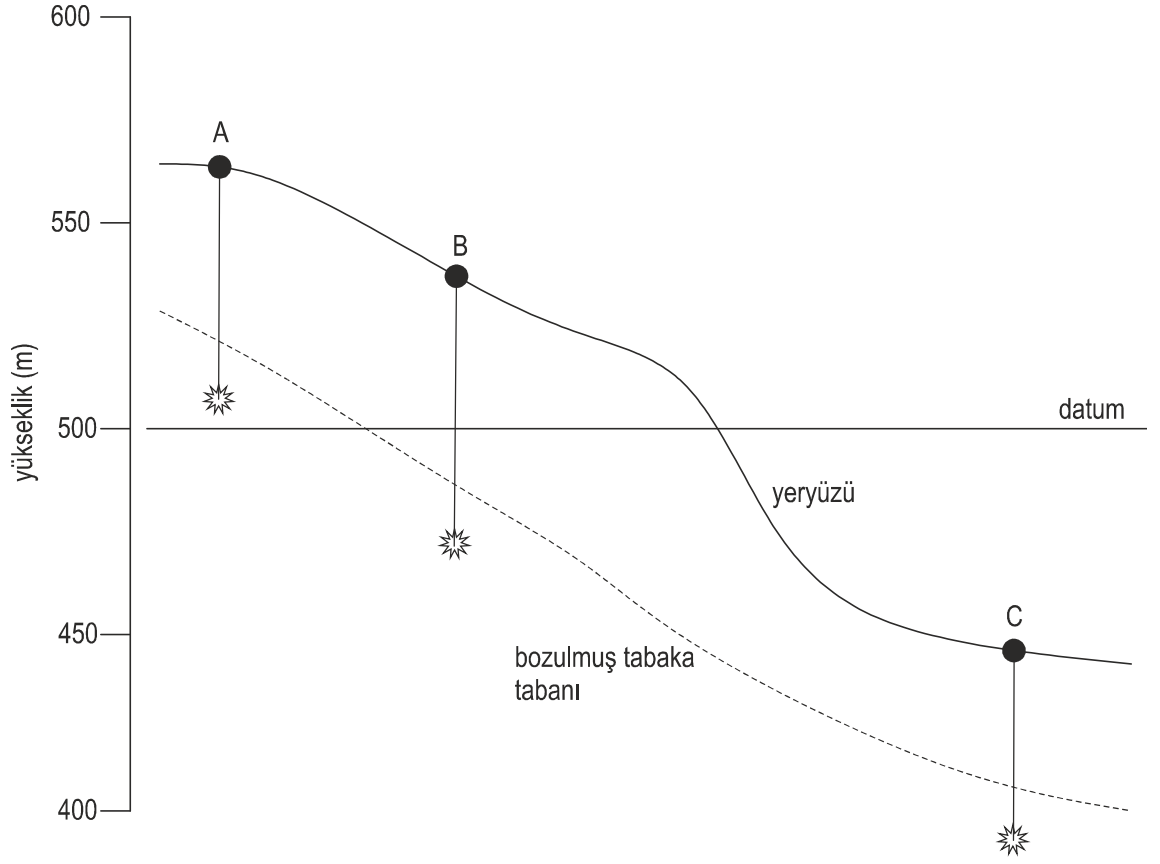
$$T_{C(Alıcı)} = -\left(\frac{Z_C}{V_{w(C)}} + \frac{E_C - Z_C - E_d}{V_r}\right) \quad (2.9)$$

ile verilir. Burada E_C , C noktasındaki alıcı yüksekliği, Z_C , C noktasındaki bozulmuş tabaka kalınlığı, V_w , C noktasındaki bozulmuş tabaka hızı, E_d , datum yüksekliği ve V_r , düzeltme hızıdır.

Bu konu ile ilgili bir çalışma aşağıda verilmiştir.

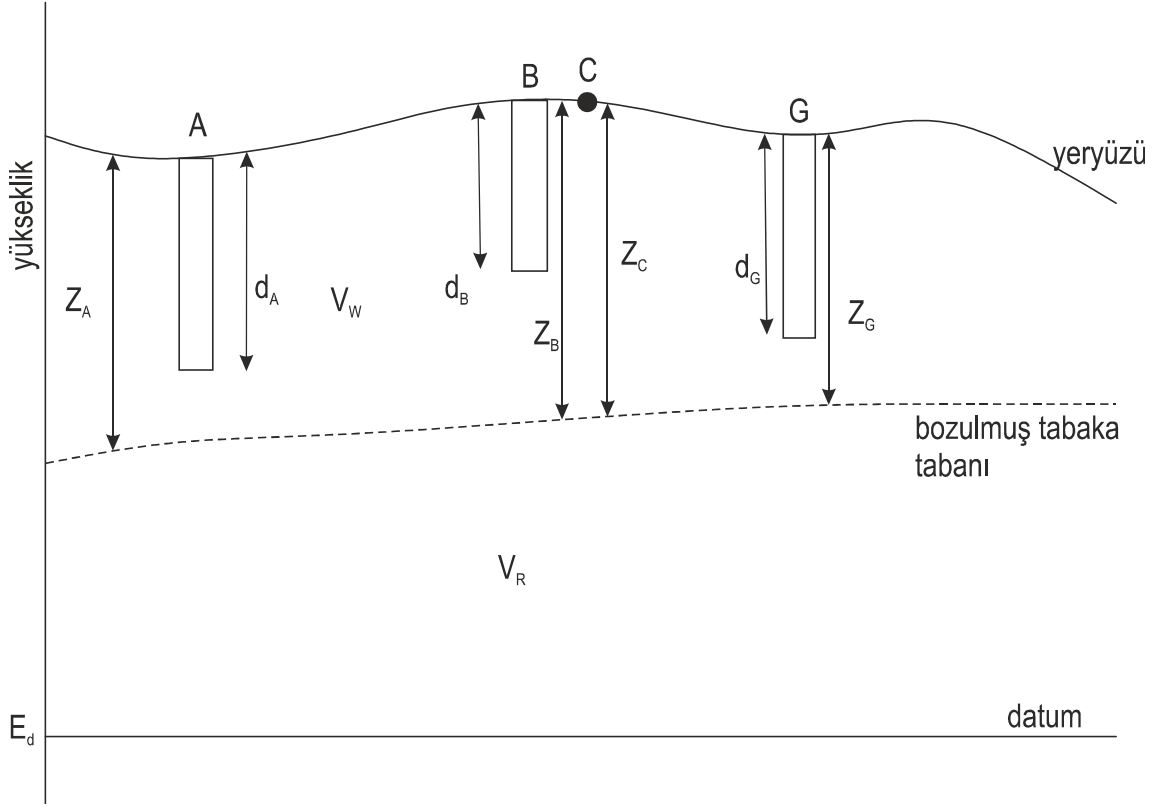
Tablo 2.2: Atışın bozulmuş tabaka altında olduğu durumda datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2-15) (Cox, 1999).

Değişkenler	A Noktası	B Noktası	C Noktası
Yükseklik ve Kalınlık (m):			
E	560	530	450
E_d	500	500	500
d	50	45	40
$E - d - E_d$	10	-15	-90
Hızlar (m/s):			
V_r	2500	2500	2500
Datum Statik Düzeltme Bileşenleri (ms):			
$E - d - E_d / V_r$	4	-6	-36
t_{UH}	40	45	50
Toplam Düzeltme (ms):			
$T_{(Atış)}$	-4	6	36
$T_{(Alıcı)}$	-44	-39	-14



Şekil 2.15: Kaynağın bozulmuş tabaka altında olduğunu gösteren yakın yüzey profili (Cox, 1999).

2.2.5.3. Kaynak veya Alıcının Bozulmuş Tabaka İçinde Olması Durumu



Şekil 2.16: Kaynak veya alıcının bozulmuş tabaka içinde olduğu datum statik düzeltmesi hesabı. Değişkenler şekil 2-14'deki gibidir (Cox, 1999).

Şekil 2.16'daki yakın yüzey profilinde, A ve B noktalarında kaynaklar, C noktasında yüzeyde alıcı ve G noktasında gömülü alıcı bulunmaktadır. Toplam datum statik düzeltmesi denklem (2.6) ile hesaplanır. A noktasında, kaynak derinliği bozulmuş tabaka tabanının üzerindedir. Bu nedenle, bu noktadaki atış datum statik düzeltmesi hesabı için, bozulmuş tabaka düzeltmesi, kaynak derinliğinden bozulmuş tabaka tabanı arası için hesaplanmalıdır. Yükseklik düzeltmesi bilindiği üzere uygulanacaktır. A noktasındaki kaynak için toplam statik düzeltme:

$$T_{A(Atış)} = - \left(\frac{Z_A - d_A}{V_{W(A)}} + \frac{E_A - Z_A - E_d}{V_r} \right) \quad (2.10)$$

olarak verilir. Burada E_A , A noktasındaki yükseklik, Z_A , A noktasındaki bozulmuş tabaka kalınlığı, d_A , A noktasındaki kaynak derinliği, $V_{W(A)}$, A noktasındaki bozulmuş tabaka hızı, E_d , datum yüksekliği ve V_r , düzeltme hızıdır.

Benzer hesaplamalar B noktasındaki kaynak ve G noktasındaki gömülü alıcı için de yapılabilir. Çünkü bu noktalar da aynı zamanda bozulmuş tabaka içindedir. C noktasındaki alıcı için ise yüzeydeki alıcı için kullanılan formül kullanılarak datum statik düzeltme hesabı yapılabilir.

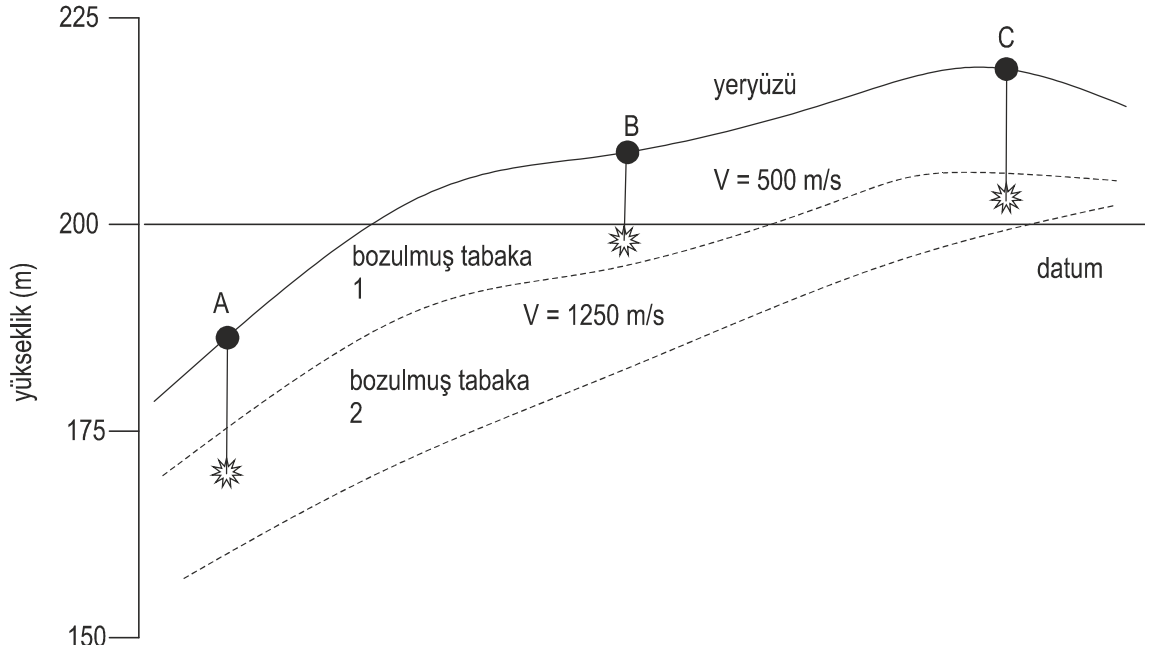
Kaynak derinliğinin güvenilir olmadığı durumlarda atış kuyusunun başına yerleştirilen bir adet jeofonla hesaplanan kuyu yukarı zamanı kullanılır. Bu verinin kullanıldığı formül izleyen şekilde verilir:

$$T_{A(Atış)} = - \left(\frac{Z_A}{V_{W(A)}} + \frac{E_A - Z_A - E_d}{V_r} \right) + t_{uh(A)} \quad (2.11)$$

Bu konu ile ilgili bir çalışma aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.3: Kaynağın bozulmuş tabaka içinde olduğu durumda datum statik düzeltme hesabı (Şekil 2.17) (Cox, 1999).

Değişkenler	A Noktası	B Noktası	C Noktası
Yükseklik ve Kalınlıklar (m):			
E	188	208	224
E_d	200	200	200
d	17	12	20
Z_1	12	16	14
Z_2	10	7	11
$Z_1 - d$	-	4	-
$Z_1 + Z_2 - d$	5	-	5
$E - (Z_1 + Z_2) - E_d$	-34	-15	-1
Hızlar (m/s):			
V_{w1}	500	500	500
V_{w2}	1250	1250	1250
V_r	2000	2000	2000
Datum Statik Düzeltme Bileşenleri (ms):			
$Z_1 - d / V_{w1}$	-	8	-
Z_2 / V_{w2}	-	6	-
$Z_1 + Z_2 - d / V_{w2}$	4	-	4
$E - (Z_1 + Z_2) - E_d / V_r$	-17	-7	-1
t_{uh}	26	26	34
Toplam Düzeltmeler (ms):			
$T_{(Atış)}$	13	-7	-3
$T_{(Alıcı)}$	-13	-33	-37



Şekil 2.17: Kaynağın bozulmuş tabaka içinde olduğunu gösteren yakın yüzey profili (Cox, 1999).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Daha önceki bölümlerde gösterildiği üzere eğer elimizde yeterli yakın yüzey bilgisi mevcutsa, datum statik düzeltme hesabı çok basit bir işlemdir. Yakın yüzey bilgisi birkaç değişik yöntemle elde edilebilir ve hesaplamalarda kullanılabilir. Bazı durumlarda düzeltmeler tek bir yöntem yardımıyla elde edilirken bazı durumlarda ise birkaç yöntem birlikte kullanılır. Ekonomik sebeplerden dolayı yakın yüzey genelde yeterli biçimde örneklenemez ve bunun sonucunda interpolasyon gerekli bir hal alır.

İlgili yakın yüzey bilgisini elde etmeden önce sismik çalışmanın amacının anlaşılması ve ona göre karar verilmesi gerekmektedir. İstenen yakın yüzey detayı çalışmanın amacına ve yakın yüzey şartlarına bağlıdır.

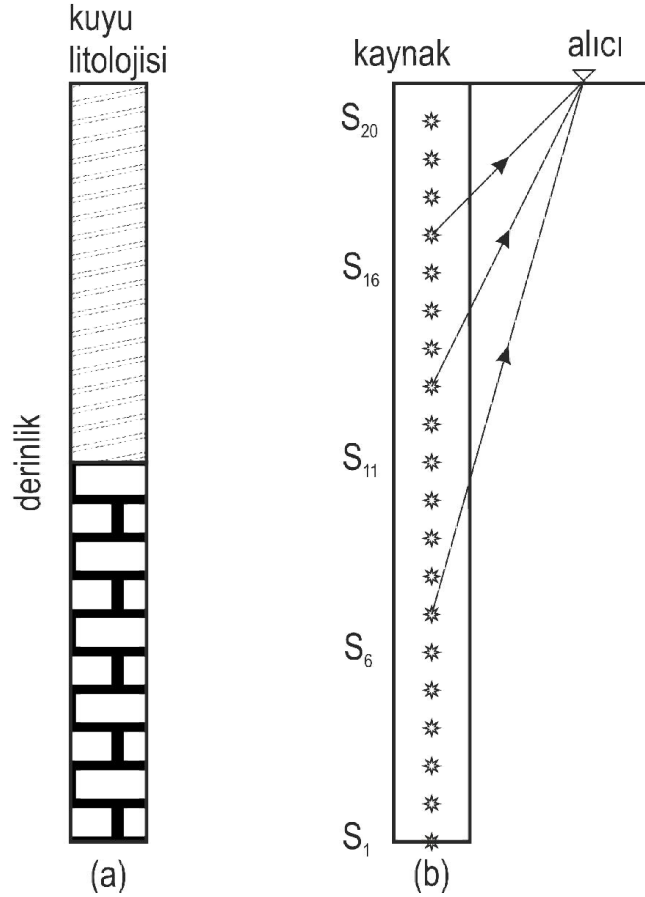
En çok kullanılan yöntemler kuyu atışı ve kırılma yöntemidir. Bu yöntemler bağımsız olarak veya birlikte kullanılabilir. Sonuçlar yaratılacak yakın yüzey modelinde, yeryüzü yüksekliği, bozulmuş tabaka tabanı veya tabanları ve bozulmuş tabaka altındaki hız bilgisini nispeten içermelidir. Yöntemlerin bir arada kullanılmasında kuyu atışı çalışmaları genelde kontrol noktası olarak kullanılır; kırılma verisi ise bu noktalar arasındaki değişimin detayını bize verir.

3.1. KUYU ATIŞI YÖNTEMİ

Kuyu atışı yöntemi, hat boyunca belirli aralıklarla çalışmanın gereksinimlerine bağlı olarak yakın yüzey bilgisi elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Çalışmalar 500 m'ye kadar açılabilen kuyularla yürütülür. Açılan kuyunun dibi bozulmuş tabaka altında kalan birkaç tabakanın da altında kalmalıdır ki yeterli hız kestirimi yapılabilsin. Kuyu atışı çalışmaları yüksek maliyetine rağmen hemen hemen her topoğrafyada kullanılmaktadır.

Yakın yüzeyin jeoloji bilgisi sondaj işlemi esnasında elde edilirken, tabakaların kalınlık ve hız bilgileri kuyu atışı sonrasında elde edilir. Bir kuyu atışı çalışması değişik derinliklere yerleştirilmiş patlayıcılardan ve kuyu başına yerleştirilmiş alıcılardan

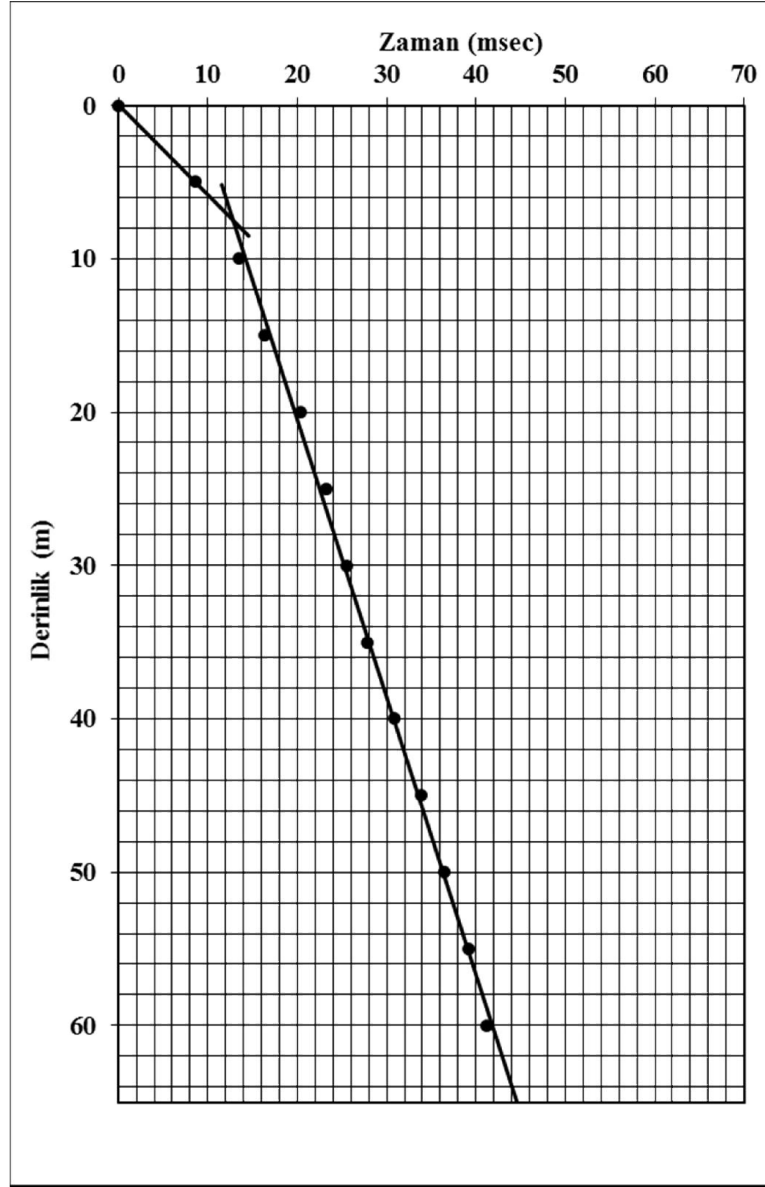
oluşur. Sondaj işlemi kuyuya yakın yüzeyleri değiştireceğinden elde edilen hız bilgisi bir kestirimden ibaret olacaktır.



Şekil 3.1: Genel kuyu atışı görüntüsü. (a) Kuyu litolojisi. (b) Kuyu atışı dizaynı (Cox, 1999).

Kuyu atışının genel bir gösterimi şekil 3.1’de verilmiştir. Kuyu derinliği çalışmanın amacına bağlı olarak 500 m’ye kadar olabilir.

Kuyu atışı yöntemiyle veri toplandığı zaman, kaynaktan alıcıya kadar olan zaman ölçülür. Bu zamanlara geometri düzeltmesi uygulanarak düşey bir zaman elde edilir. Düzeltmiş düşey zamanlar derinliğe karşı çizdirilerek (şekil 3.2) hız ve kalınlıklar bulunur.



Şekil 3.2: Zaman – Derinlik grafiği.

3.1.1. Veri Toplama Yöntemleri

Hat kesişim noktaları baz alınarak kuyunun açılacağı yere karar verildiği zaman, sondaj işlemine başlamadan önce gerekli evrak işleri yapılır. Yerleşim yerlerinin dışında bu durum pek sorun olmamakla birlikte insan popülasyonunun yüksek olduğu alanlarda önemli bir hal alır. Açılacak kuyunun derinliği çalışılan sahaya ve çözülecek probleme bağlı olarak değişir. Çok farklı bir durum olmaz ise genelde 50 – 100 m kuyu derinliği idealdir. Bazı durumlarda temsili bir kuyu büyük derinlikte açılarak diğer açılacak olan kuyular için ön bilgi sağlanır. Sondaj işlemi sırasında sondör tarafından kuyunun jeolojik

bilgileri not edilerek log defterine kayıt edilir. Bir kuyu atışı çalışmasının amacı yakın yüzey tabakalarının kalınlık ve hızlarının elde edilmesidir. Doğru kestirimler elde etmek için kaynak ve alıcılar mümkün olduğunca geniş bantlı olmalı, toplanan verinin sinyal/gürültü oranı yüksek olmalıdır.

3.1.2. Kaynak

Eğer kaynak olarak patlayıcı kullanılacaksa, patlayıcı miktarı yakın yüzey jeolojisine ve kaynağın konulacağı derinliğe bağlı olacaktır ve ilk defa çalışma yapılacak sahalarda testler yapılmalıdır. Fitiller normalde 20 m derinliğe kadar ve kapsüller ise 50 m derinliğe kadar yeterlidir. Eğer daha fazla enerji ihtiyacı varsa dinamit kullanılabilir.

Patlayıcılar bağımsız olarak yerleştirilmeli ve patlatılmalıdır. En derindeki patlayıcı ilk önce patlatılmalıdır. Patlama anında kuyu malzemesinin dışarı fıskırmaması için açılan kuyu dinamit yerleştirildikten sonra çıkan malzeme ile tekrar sıkı bir şekilde kapatılmalıdır.

3.1.3. Alıcı

Belirli sayıda alıcı kuyu başına yakın bir şekilde yerleştirilir; normalde dört adet jeofon çapraz bir şekilde yerleştirilerek 4 farklı azimuttan bilgi alınır. Kullanılan jeofon çeşidi düşük ve yüksek frekanslara iyi cevap vermeli ve istenen geniş bantlı kaydı elde etmelidir. Bunun için doğal frekansı 10 Hz'den düşük alıcılar tercih edilir. Eğer alıcılar kuyu başına çok yakın bir şekilde yerleştirilirse, alınan kayıt, kuyu açılırken meydana gelen bozulmuş zon tarafından bozulur.

3.1.4. Örnekleme Aralığı

Kuyu atışı çalışmalarında örnekleme aralığı denildiği zaman göz önünde bulundurulacak üç durum söz konusu olur: hat boyunca açılacak kuyu aralığı, açılan kuyuya yerleştirilecek patlayıcı aralığı ve alınan kaydı dijitalle çevirirken kullanılacak örnekleme aralığı.

Hat boyunca açılacak kuyu aralıkları bir kaç faktöre ve çözülecek probleme bağlıdır. Genelde kuyular hatların kesiştiği noktalara açılır ve alınan bilgi o hatlar için kullanılır. Ekstra bir problem olmadıkça genelde 1 km kuyu aralığı idealdir.

Yerleştirilecek patlayıcı aralığı ilk varışları okuma zamanında her bir jeolojik formasyon için yeterli bilgiyi sağlamalıdır. Her bir formasyon, makul bir hız kestirimi için minimum üç veya dört okuma ister. Örneğim 1 m kalınlığındaki bir formasyonun hızını bulabilmek için patlayıcılar 25 cm aralıklarla yerleştirilmelidir. Derinlik için 2 – 3 m aralık genelde yeterli olmaktadır.

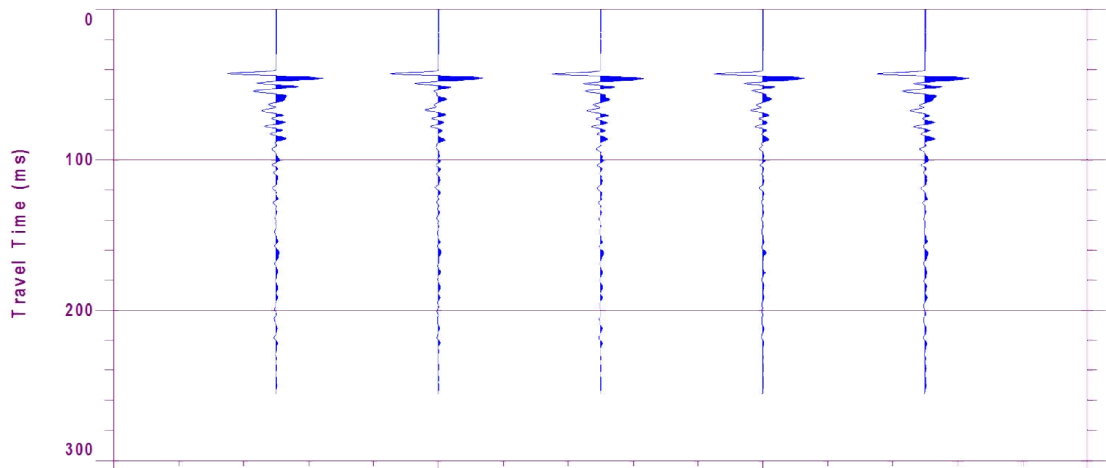
Verinin sayısal olarak toplandığı yerde, örnekleme aralığı mümkün olan yüksek frekansı kaybetmeyecek kadar düşük olmalıdır ve böylece temiz bir ilk varış elde edilebilir. Kaynak olarak dinamit kullanılırsa 0.5 ms veya daha azı yeterli olacaktır.

3.1.5. Yorumlama

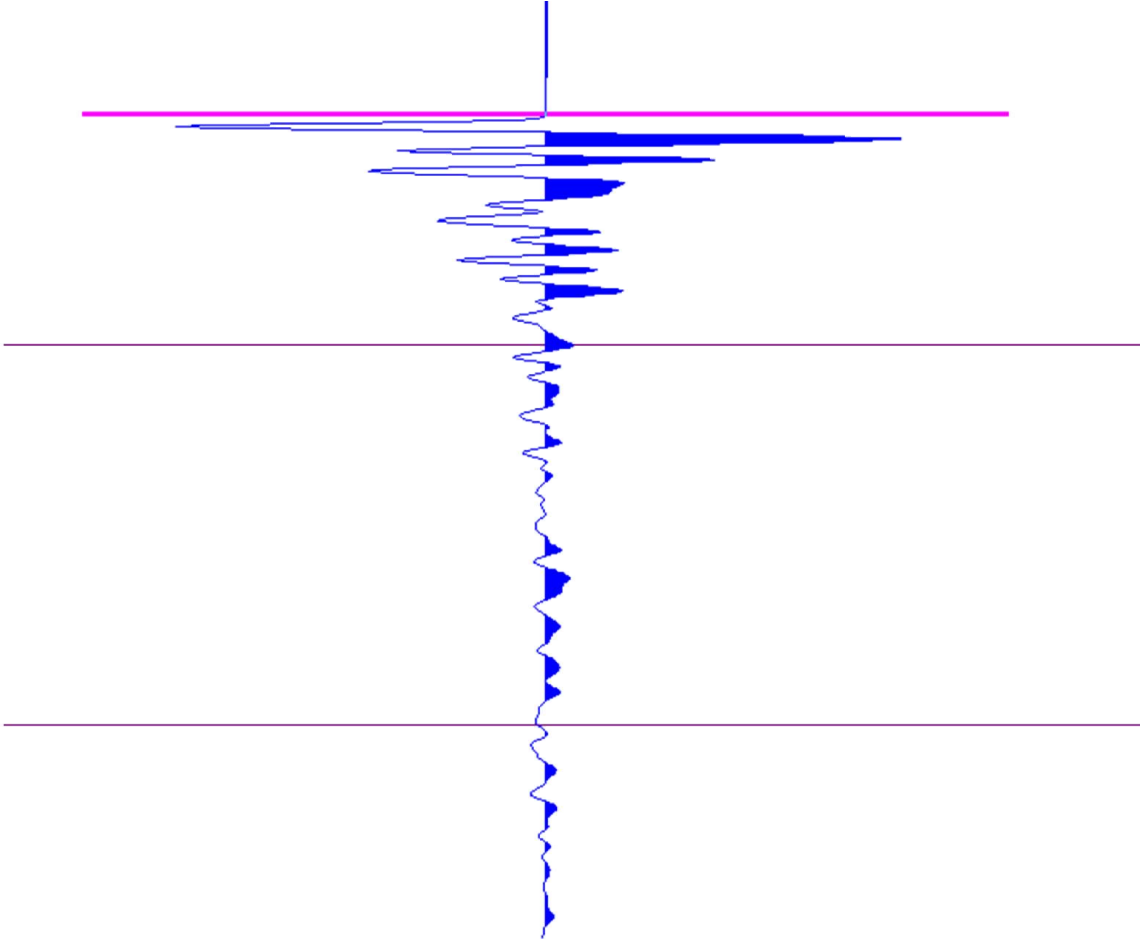
Kuyu atışlarının yorumlanması üç aşamadan oluşmaktadır: her bir derinliğe karşı gelen ilk varışların okunması, gerekli geometri düzeltmelerinin uygulanması ve zaman-derinlik grafiğinin çizilip kalınlık ve hızların tespit edilmesi.

3.1.5.1. İlk Varışların Okunması (*First Arrival Picking*)

İlk varışlar okunurken 0.5 ms veya daha iyi duyarlılıkta okuma yapılması gerekmektedir. Bu zamanlar sadece belirli derinliklerdeki ölçümü vermeyecek, aynı zamanda hız kestiriminde kullanılacaktır. Örneğin, 10 m kalınlıkta bir birim için yapılacak 1 ms hata, gerçek hız değeri 2000 m/s olması durumunda bize 1667 veya 2500 m/s hızını verecektir.



Şekil 3.3: Kuyu atışından elde edilen 5 adet alıcı tarafından kayıt edilen izler.

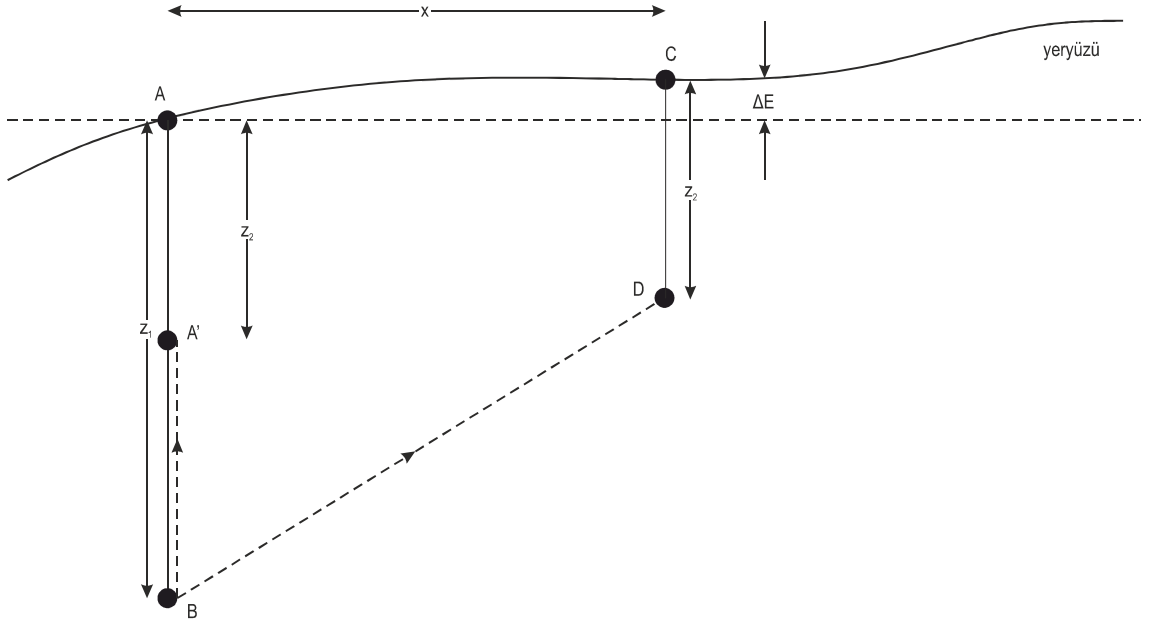


Şekil 3.4: Belirli derinlikten gelen izin okunması.

Bir hat boyunca açılan bütün kuyular ve her bir kuyudaki derinlikler için okumalar yapıp her bir kuyu için ayrı ayrı derinlik – zaman ilişkisi şeklinde tablolştırılır.

3.1.5.2. Varış Zamanları Düzeltmesi

Kuyu atışı çalışmalarında alıcılar, kuyu çevresindeki bozulmuş zondan etkilenmemek adına, kuyudan belirli bir mesafe ofsete yerleştirilir. Bazı durumlarda da, kuyu başındaki yeryüzü yüksekliği alıcı yüksekliğinden farklı olabilir. Daha sonra bu ofset etkisini ve yükseklik farkını ortadan kaldırmak ve zamanları düşey zamanlara çevirmek için geometri düzeltmesi uygulanır.



Şekil 3.5: Kuyu atışı geometri düzeltmesi için şematik gösterim. Gözlemlenen kuyu atışı zamanı için seyahat yolu BD ve düzeltilen zaman BA'. Z_1 , atış derinliği, Z_2 , alıcı derinliği, x , alıcı – atış arası mesafe ve ΔE , yükseklik farkı (Cox, 1999).

Basit bir geometri düzeltmesi eğik yoldan düşey olana dönüştürmek için rutin olarak uygulanır. Parametreler şekil 3.5'de verilmiştir. Çoğu kayıt düzeninde geometri şekil 3.5'de gösterildiği gibidir. A ve C noktası yeryüzünde ve aynı yükseklikte, C ve D noktası alıcı olarak üst üste ve yeryüzünde ise ΔE ve $z_2 = 0$ olmaktadır. Gözlemlenen zamanlar ve düşey zamanlar arasındaki ilişki

$$T = t \frac{z_1 - z_2}{[(z_1 - z_2 + \Delta E)^2 + x^2]^{1/2}} \quad (3.1)$$

olarak verilir. Burada t , ölçülen zaman, T , düşey zaman, x , kaynak – alıcı arasındaki mesafe, z_1 , kaynak derinliği, z_2 , alıcı derinliği ve ΔE , kaynak ve alıcı arasındaki yükseklik farkıdır. Genel bir durumda yani ΔE ve $z_2 = 0$ olması durumunda denklem (3.1) aşağıdaki şekli alır:

$$T = t \frac{z_1}{[z_1^2 + x^2]^{1/2}} \quad (3.2)$$

Bu düzeltme ile ilgili bir örnek aşağıda tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Kuyu atışı çalışması. Alıcı ve kaynak aynı yükseklikte ve alıcı 2 m uzaklıkta (Cox, 1999).

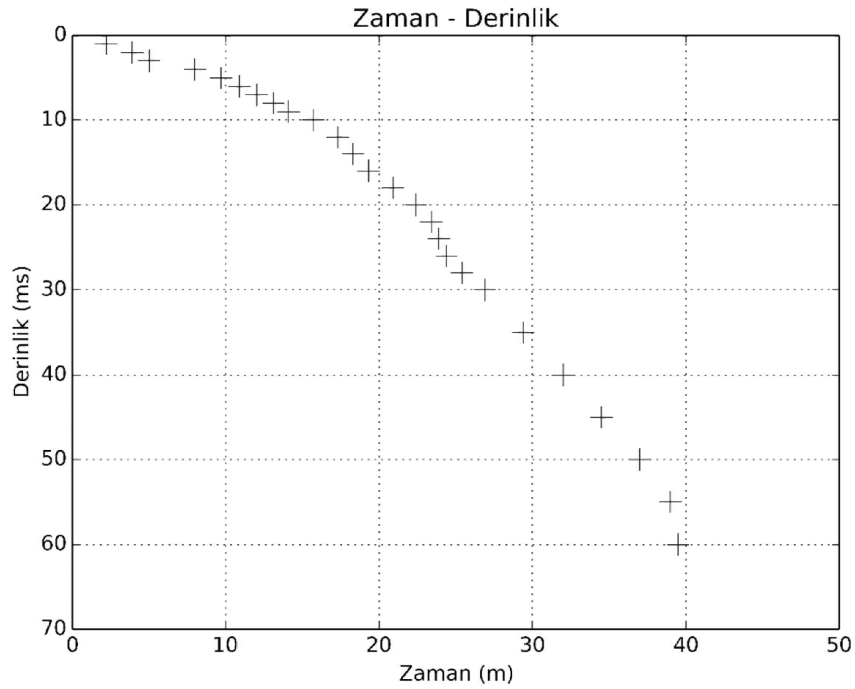
Atış Derinliği (m)	Düzeltilme Faktörü $\frac{z_1}{[z_1^2 + x^2]^{1/2}}$	Gözlemlenen Zaman (msn)	Düşey Zaman (msn)
1	0.447	5	2.2
2	0.707	5.5	3.9
3	0.832	6	5
4	0.894	9	8
5	0.928	10.5	9.7
6	0.949	11.5	10.9
7	0.962	12.5	12
8	0.970	13.5	13.1
9	0.976	14.5	14.1
10	0.981	16	15.7
12	0.986	17.5	17.3
14	0.990	18.5	18.3
16	0.992	19.5	19.3
18	0.994	21	20.9
20	0.995	22.5	22.4
22	0.996	23.5	23.4
24	0.997	24	23.9
26	0.997	24.5	24.4
28	0.997	25.5	25.4
30	0.998	27	26.9
35	0.998	29.5	29.4
40	0.999	32	32
45	0.999	34.5	34.5
50	0.999	37	37
55	0.999	39	39
60	0.999	39.5	39.5

Tablo 3.1’de verilen örnekte denklem (3.2) kullanılmıştır. Alıcı kuyu başından iki metre uzaklıkta bulunmaktadır. Tabloda görüldüğü üzere düzeltme sığ derinlikler için derinlere nazaran çok daha etkilidir.

Denklem (3.1) ve (3.2) deki geometri düzeltmesinin altında yatan varsayım ara yüzeylerde kırılma meydana gelmemesidir. Bu yaklaşım kuyu başına olan alıcı mesafesi sadece birkaç metre olduğunda makuldür fakat ara yüzey eğimi de küçük kabul edilmektedir. Eğer ara yüzey eğimleri yüksek ise hesaplamalar daha karmaşık olacak ve ışın izleme çalışması yapılması gerekecektir.

3.1.5.3. Zaman – Derinlik Gösterimi

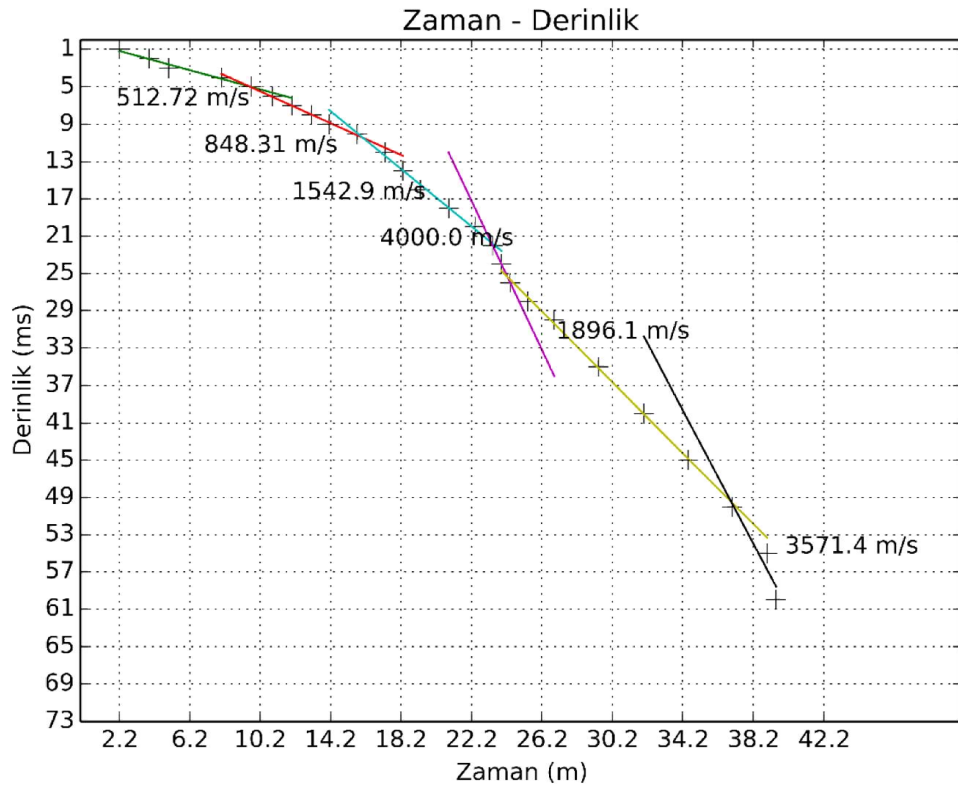
Düşey zamana dönüştürülen gözlemlenen zamanlar daha sonra derinliğe karşı çizdirilir. Genelde derinlik düşey ve zaman yatay eksende gösterilir. Sondörden gelen herhangi bir jeoloji bilgisi de grafiğe işlenir. Bu bilgi tabakaların yeri tayin edilirken kullanılır. Şekil 3.6 ve tablo 3.1’deki değerler kullanılarak oluşturulmuştur.



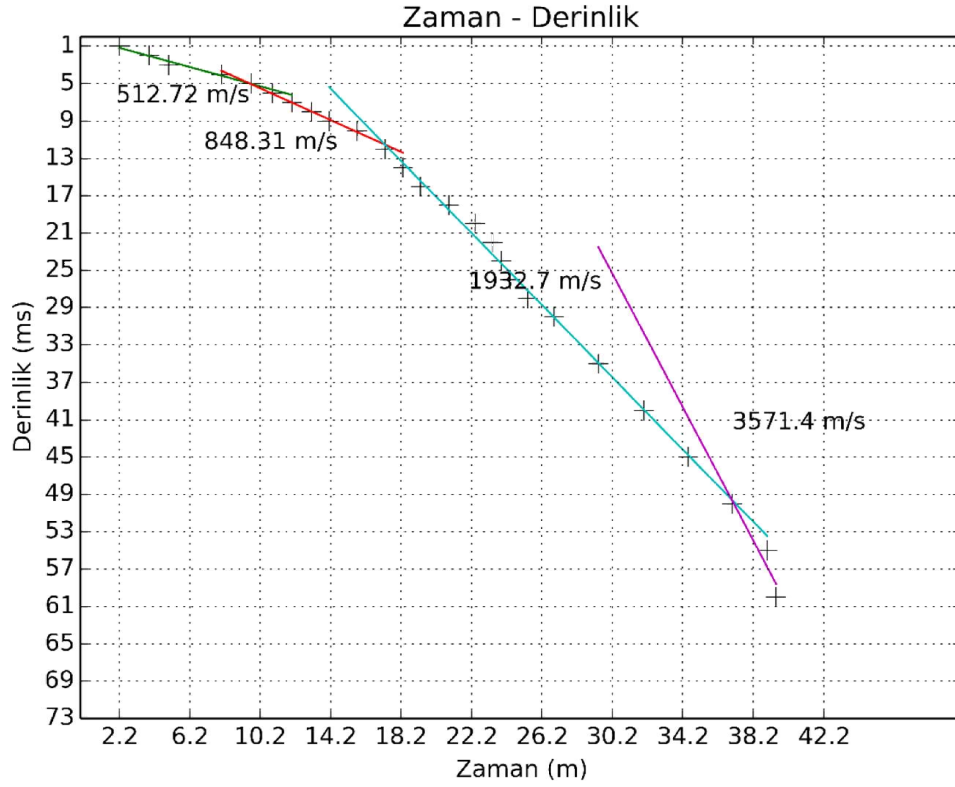
Şekil 3.6: 60 m’lik kuyu atışı çalışması için tablo 3-1’deki değerler kullanılarak elde edilen zaman-derinlik grafiği.

Zaman – derinlik grafiği daha sonra yorumlanarak belirlenen tabakaların hızları tayin edilir. Bu yorumlama genelde kişiden kişiye değişir ve bir veri için birkaç farklı yorum ortaya çıkabilir. Jeoloji bilgisi genelde tabaka sınırlarını belirlemede kullanılır fakat jeolojideki her değişim hız değişimine işaret etmeyebilir veya bir jeolojik birim içerisinde de hız değişebilir.

Kuyu atışı verisini yorumlamanın kişiden kişiye değiştiğini göstermek adına tablo 3.1'deki verilere iki farklı yorum getirilmiştir.



şekil 3.7: Kuyu atışı verisinin 6 tabakalı yorumu.



Şekil 3.8: Kuyu atışı verisinin 4 tabakalı yorumu.

Şekil 3.7 ve şekil 3.8 sırasıyla altı ve dört tabakalı yorumu göstermektedir. Şekil 3.7'deki en üstteki tabakanın hızı 512 m/s ve derinliği 5 m'dir. Sonraki iki tabaka gayet iyi tanımlanmıştır ve 5 – 11 m, 11 – 22 m kalınlıklarda, 848, 1542 m/s hızlara sahiptir. Bunun altında, ince yüksek hızı 22 – 26 m'lerde bir tabaka tanımlanmıştır. Sonraki tabaka yine iyi tanımlanmıştır ve 1896 m/s hıza sahiptir. 50 m derinlikte hız 3571 m/s'ye yükselmiştir fakat kontrol noktaları çok zayıftır.

Alternatif yorum şekil 3.8'de gösterilmiştir. 12 - 50 m aralığı tek tabaka olarak yorumlanmıştır. Sadece bir adet kuyu atışı çalışmasına bakarak yorum yapmak çok zordur. Örneğin ilk yorumdaki yüksek hızlı ince tabaka belki lokal olarak küçük bir alanda mevcuttur.

Yukarıda verilen örneklerde yapılması olası hataların derinlikte değil zamanda yapılması varsayılmıştır. Kuyudaki patlayıcıların yerlerinin doğru olduğu, ve kayıt logunda doğru bir şekilde yazıldığı varsayılmıştır. Eğer derinlikte bir hata yapılacak olursa bu hata grafikte çok farklı bir ara hız anomalisi olarak ortaya çıkar.

3.2. KIRILMA YÖNTEMİ

Sismik kırılma çalışmalarında kırıcı yüzeye kadar olan zaman ve kırıcı yüzeyin hızı elde edilir. Elde edilecek kırıcı yüzey sayısı genellikle küçüktür çünkü her bir kırıcı yüzey farklı ofset mesafelerinden kayıt ister.

Tablo 3.2: Sismik kırılma ve yansıma yöntemi karşılaştırması (Cox, 1999).

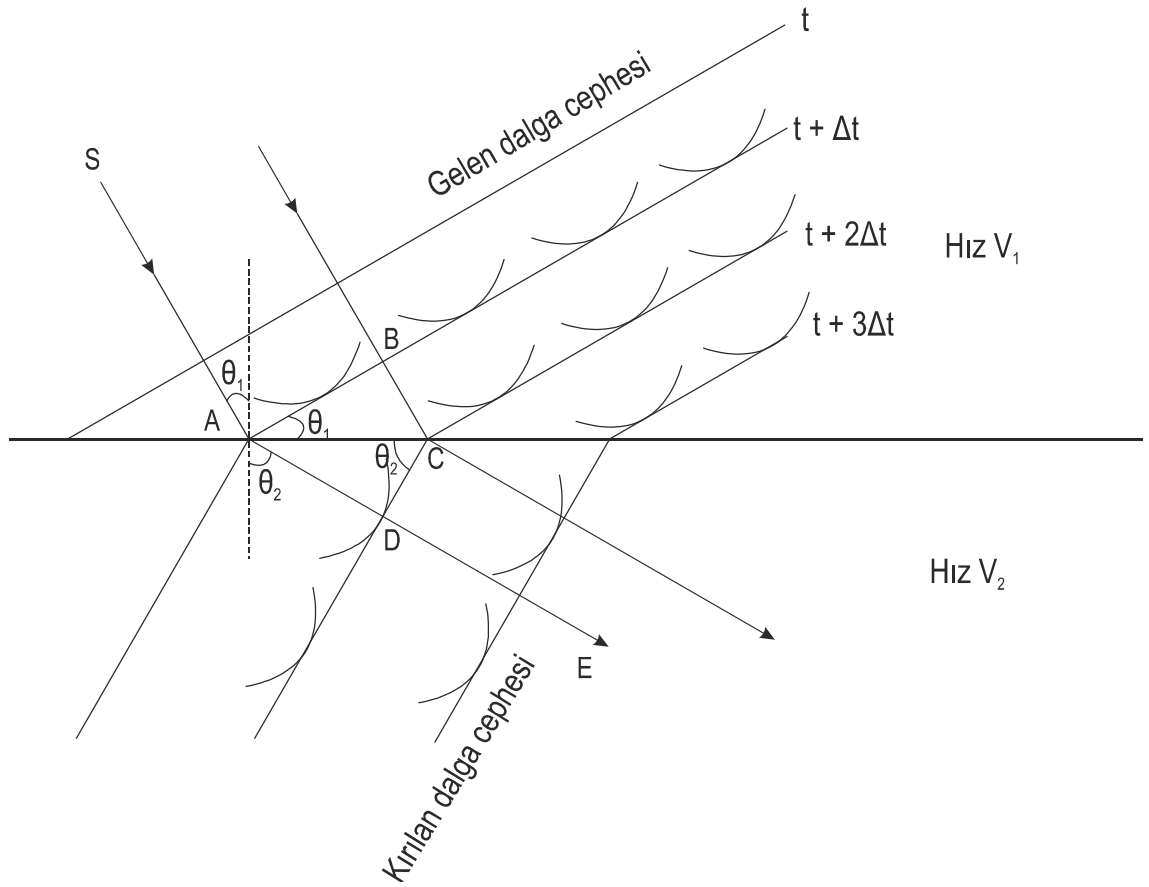
Özellik	Sismik kırılma	Sismik yansıma
Gidiş-dönüş zaman bilgisi	Eğik ışın	Düşey, yansıtıcı yüzeye dik
Olayın yaratılış nedeni	Hız kontrastı	Akustik empedans kontrastı
Hız bilgisi	Kırıcı yüzeyin hızı	Yansıtıcı yüzeye kadar olan ortalama hız
Belli bir ofset için elde edilecek seviye sayısı	En fazla birkaç tane	Çok
İnce tabakalar	Kaydedilemez	Gözlemlenmesi mümkün
Ters hız	Kaydedilemez	Kaydedilebilir

Tablo 3.2’de elde edilen bilgiler açısından yansıma ve kırılma yöntemleri karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Kırılma Teorisi

3.2.1.1. Huygens Prensibi

Kırılma, sismik ışının veya dalga cephesinin farklı hızlı iki tabakanın ara yüzeyine çarptığı zaman yönünün değişmesi olarak tanımlanabilir. Homojen ortamda, Huygens prensibi, “ilerleyen dalga cephesindeki her bir nokta oluşan ikincil dalgaların kaynağıdır” der. Yani, gelen bir dalga iki tabakanın ara yüzeyine çarptığı zaman, gelen dalgadaki her bir nokta, aynı ortamdaki yansımaların ve diğer ortamdaki kırılmaların kaynağını oluşturur.



Şekil 3.9: Düzlem dalganın kırılması ($v_2 = 2v_1$). θ_1 , gelen dalga açısı, θ_2 , kırılan dalga açısı ve Δt , dalga cepheleri arasındaki zaman farkı (Cox, 1999).

Şekil 3.9, ilerleyen dalga cephesinin yatay bir ara yüzeye çarptığındaki davranışını göstermektedir. Üst tabakadaki üç adet dalga cephesi, t zamanında başlayarak ve Δt artımıyla gösterilmiştir. Dalga cepheleri arasındaki mesafe $V_1 \cdot \Delta t$ ile ifade edilir.

$t+2*\Delta t$ ve $t+3*\Delta t$ zamanlarındaki, alttaki tabakadaki iki dalga cephesi de gösterilmiştir. Gelen dalga cephesi ile ara yüzey arasındaki açı Θ_1 ve kırılan dalga cephesi ile ara yüzey arasındaki açı Θ_2 dir. Basit bir trigonometri kullanarak:

$$\sin \theta_1 = \frac{BC}{AC} = \frac{V_1 \Delta t}{AC} \quad (3.3)$$

ve

$$\sin \theta_2 = \frac{AD}{AC} = \frac{V_2 \Delta t}{AC} \quad (3.4)$$

elde ederiz. Bu iki denklemi birleştirirsek:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3.5)$$

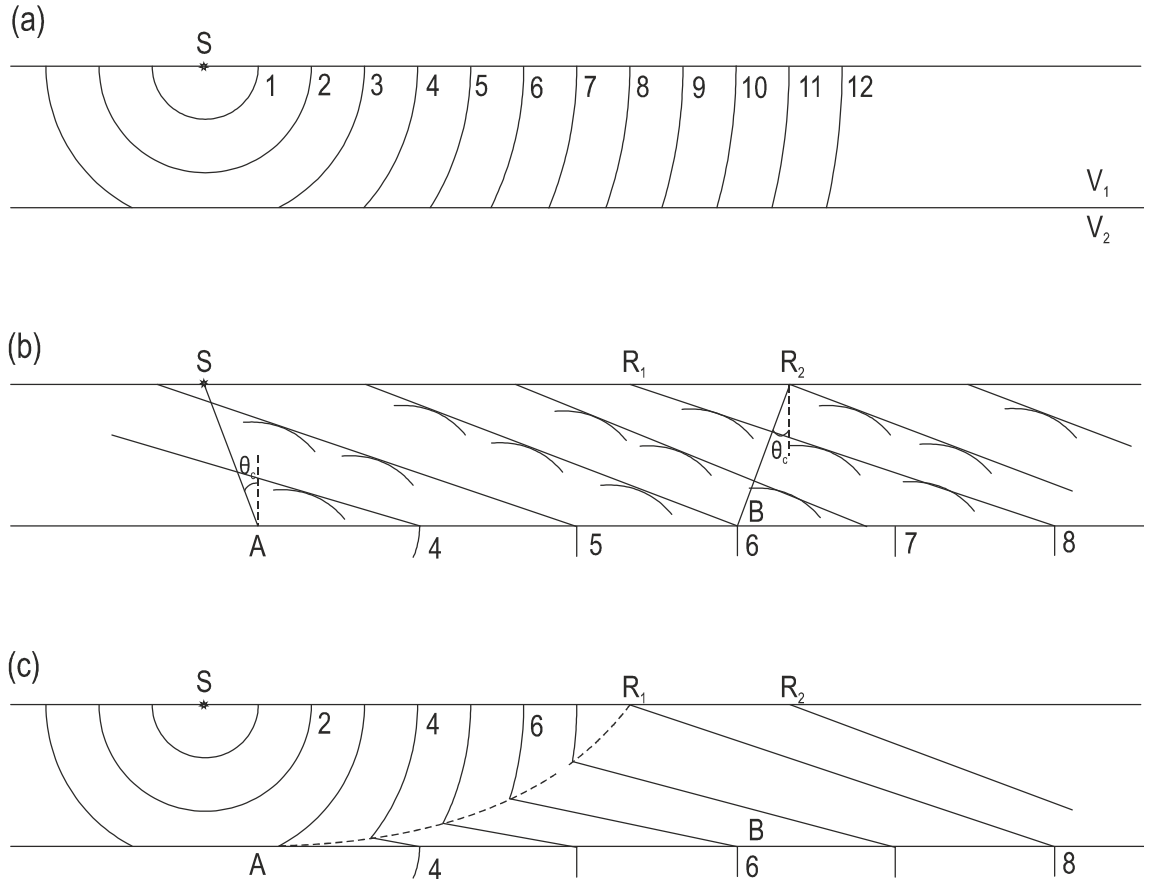
olur. Denklem (3.5) Snell Kanununun matematiksel gösterimidir. Kırılan dalga ara yüzeye dik olduğu zaman ($\Theta_2 = 90^\circ$), kırılan ışın iki ortam arasındaki ara yüzeyde alttaki tabakanın hızıyla hareket eder. Buna karşılık gelen, gelen dalga cephesi açısı (Θ_1) kritik açı olarak adlandırılır ve izleyen şekilde tanımlanır:

$$\sin \theta_c = \frac{V_1}{V_2} \quad (3.6)$$

Denklem (3.6)'ün geçerli olması için alttaki tabakanın hızının üstündeki tabakanın hızından yüksek olması gerekmektedir.

3.2.1.2. Kırılan Dalgaların İletimi

Şekil 3.10, S noktasındaki kaynaktan R_1 ve R_2 noktalarındaki alıcılara giden eşit zaman aralıklı dalga cephelerinin, iki tabakalı yatay bir ara yüzey ile ayrılmış, alttaki tabakanın hızının (V_2) üstteki tabakanın hızından (V_1) üç katı olduğu basit bir durumu göstermektedir. Şekil 3.10a 1-12 numaralı üst tabakada yol alan direk dalgaları göstermektedir. Şekil 3.10b üst tabakadaki baş dalgalarını ve alt tabakadaki onunla ilişkili dalga cephelerini göstermektedir. İki tabakanın ara yüzeyindeki A noktası gelen dalganın kritik açıyla ara yüzeye çarptığı noktadır. Şekil 3.10'da R_1 alıcı lokasyonu 8 numaralı dalga cephesinin yüzeye geldiği yeri göstermektedir.



Şekil 3.10: Yatay bir ara yüzle ayrılmış iki tabaka, S kaynak noktasından çıkan numaralanmış dalga cephesi pozisyonları (a) direk dalgalar, (b) kırılan dalgalar ($V_2=3V_1$), (c) birleşmiş dalga cephesleri. θ_c kritik açı ve R_1 çapraz uzaklık (Cox, 1999).

Şekil 3.10c alt tabakadaki dalga cepheslerinin pozisyonlarını ve üst tabakadaki direk ve kırılan dalgaları göstermektedir. A ve R1 noktalarını birleştiren kesikli çizgi bu iki dalga cephesinin kesişimini gösterir ve buna rastlantısal zaman uzaklık eğrisi denir. SR1 arası ofset mesafesinde direk dalgalar daha önce gelir, bu mesafeye çapraz uzaklık adı verilir. Bu mesafeden daha büyük ofsetlerde daha hızlı tabakada yol aldıkları için kırılan dalgalar daha önce gelir. R_2 alıcısı için kırılma ışın yolu $SABR_2$ 'dir, BR_2 'de ışın ara yüzeyi kritik açı ile terk eder. Şekil 3.10c'de ortaya çıkan ışının hızı,

$$V_{gör} = \frac{V_1}{\sin \theta_c} \quad (3.7)$$

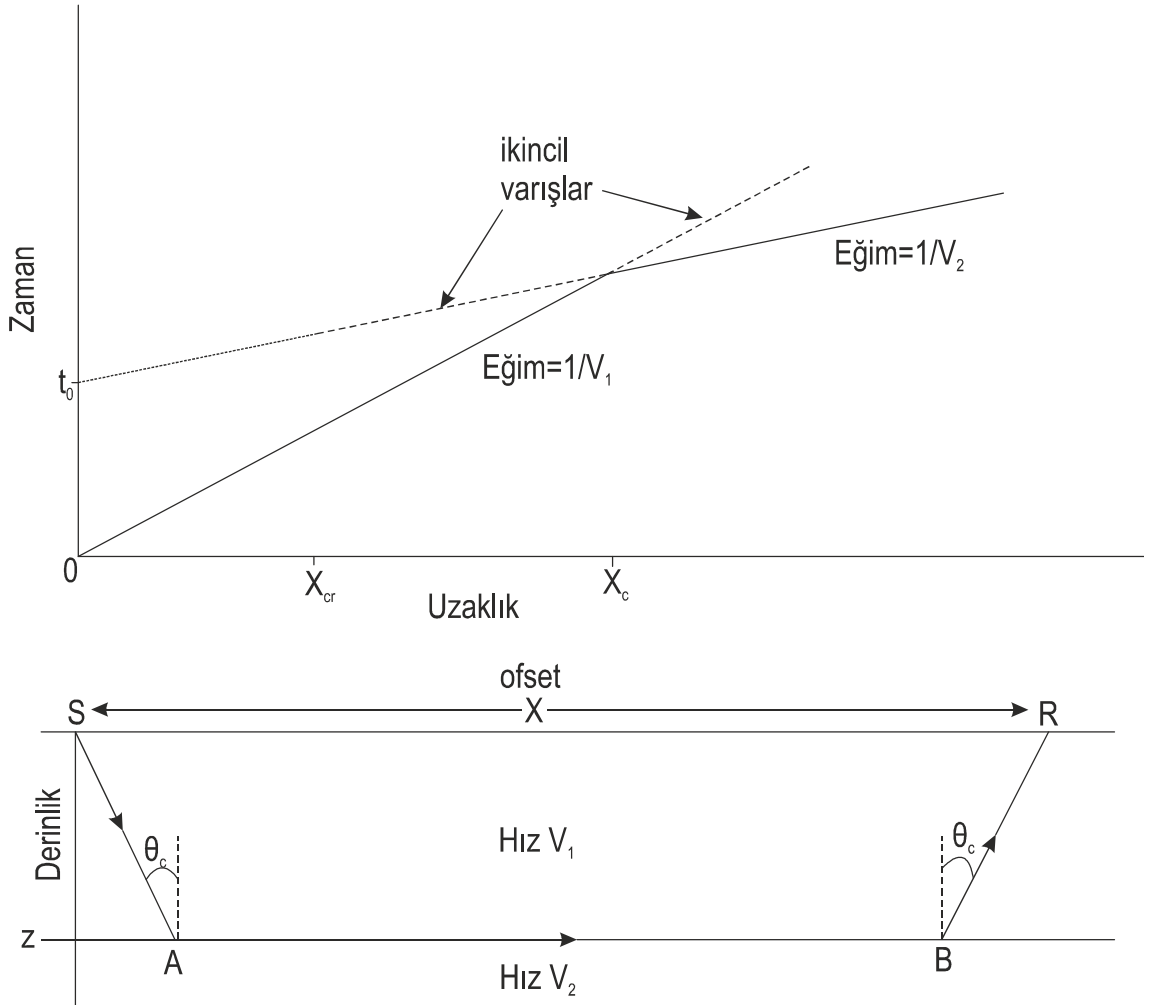
şeklinde olur. Denklem (3.4)'deki Snell Kanunu kullanılarak,

$$V_{gör} = V_2 \quad (3.8)$$

elde edilir. Böylece, yüzeyde ölçülen kırılan dalgaların hızı alt tabakanın hızıdır.

3.2.2. Tabakalı Ortamlarda Zaman-Uzaklık Eğrisi

3.2.2.1. Yatay Bir Ara Yüzeyle Ayrılmış İki Tabakalı Ortam



Şekil 3.11: Yatay bir ara yüzeyle ayrılmış iki tabakalı ortamda kaynak noktasından alıcıya giden ışın yolu ve zaman-uzaklık eğrisi. t_0 , kesme zamanı, x , kaynak-alıcı mesafesi, x_{cr} , kritik uzaklık, x_c , çapraz uzaklık, V_1 , ilk tabaka hızı, V_2 , ikinci tabaka hızı, z , ikinci tabaka derinliği ve Θ_c kritik açı (Cox, 1999).

Şekil 3.11, hızları V_1 ve V_2 olan, z derinliğinde bir ara yüzey ile ayrılmış iki tabakalı bir ortamda S kaynak noktasından R alıcı noktasına giden bir ışın yolunu göstermektedir. Bu ışın yolu için toplam seyahat zamanı (t_x) üç segmentin her birinin ayrı ayrı hesaplanıp toplanması ile elde edilebilir:

$$t_x = \frac{SA}{V_1} + \frac{AB}{V_2} + \frac{BR}{V_1} \quad (3.9)$$

Şekil 3.11'deki sembolleri kullanarak bu denklemi aşağıdaki şekilde tekrar yazabiliriz:

$$t_x = \frac{z}{V_1 \cos \theta_c} + \frac{x-2z \tan \theta_c}{V_2} + \frac{z}{V_1 \cos \theta_c} \quad (3.10)$$

veya,

$$t_x = \frac{x}{V_2} + 2z \left(\frac{1}{V_1 \cos \theta_c} - \frac{\tan \theta_c}{V_2} \right) \quad (3.11)$$

şeklinde yazılır. Denklem (3.4)'deki Snell Kanunu kullanılırsa, denklem (3.6) aşağıdaki şekilde dönüştürülebilir:

$$t_x = \frac{x}{V_2} + 2z \left(\frac{1}{V_1 \cos \theta_c} - \frac{\sin \theta_c \sin \theta_c}{\cos \theta_c V_1} \right) \quad (3.12)$$

veya,

$$t_x = \frac{x}{V_2} + \frac{2z \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.13)$$

şeklinde yazılır. Denklem (3.13) eğimi $1/V_2$ olan düz bir çizgiyi temsil eder ve t_0 'ın $x=0$ daki kesmesi izleyen şekilde verilir:

$$t_0 = \frac{2z \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.14)$$

Şekil 3.11'de zaman-uzaklık eğrisi de gösterilmiştir. Üst tabakada seyahat eden direk varışlar eğimi $1/V_1$ olan düz çizgi ile tanımlanmıştır ve $x=0$ da kesme zamanı sıfırdır. Böylece, yakın yüzey tabaka hızı (V_1) ve kırıcı yüzey hızı (V_2) zaman-uzaklık eğrisinden elde edilebilir. Denklem (3.14) basit bir düzenleme ile z derinliği için tekrar yazılabilir:

$$z = \frac{t_0 V_1}{2 \cos \theta_c} \quad (3.15)$$

Eğer $\cos \theta_c$ terimi iki tabakanın hızlarının dahil olduğu bir ifade ile yer değiştirirse, denklem (3.6)'e dayanarak denklem (3.15) yeniden yazılabilir:

$$z = \frac{t_0}{2} \frac{V_1 V_2}{(V_1^2 - V_2^2)^{1/2}} \quad (3.16)$$

Bir kırılma dalgası sadece kritik uzaklıktan büyük olan ofsetlerde elde edilebilir. Bu durum, kırıcı yüzey boyunca yol alınan mesafenin sıfır olduğu zamanki kaynak-alıcı ofset mesafesine karşılık gelir ki, bu da Şekil 3.11’de A ve B noktasının üst üste olması, kırılma ve yansıma ışın yollarının benzer olması anlamına gelir. Şekil 3.11’de X_{cr} olarak gösterilen kritik uzaklık izleyen şekilde tanımlanır:

$$X_{cr} = 2z \tan \theta_c \quad (3.17)$$

Şekil 3.11’de X_c ile gösterilen çapraz uzaklık, direk ve kırılma varışlarının aynı anda geldiği uzaklıktır. Çapraz uzaklık, aynı zamanda kırıcı yüzey derinliğini bulmak için kullanılabilir. X_c noktasında, seyahat zamanı t_{x_c} izleyen şekilde verilir:

$$t_{x_c} = \frac{x_c}{V_1} \quad (3.18)$$

direk varışlar için ve,

$$t_{x_c} = t_0 + \frac{x_c}{V_2} \quad (3.19)$$

kırılma varışları için. Bu iki ifade birleştirilirse,

$$t_0 = X_c \frac{V_2 - V_1}{V_1 V_2} \quad (3.20)$$

olarak yazılır. Denklem (3.15)’de ki t_0 ile z arasındaki ilişki kullanılarak aşağıdaki denklem elde edilir:

$$z = \frac{X_c}{2} \frac{V_2 - V_1}{V_2 \cos \theta_c} \quad (3.21)$$

Denklem (3.15)’u denklem (3.16)’a dönüştürürken kullanılan yaklaşım denklem (3.21) için kullanılırsa:

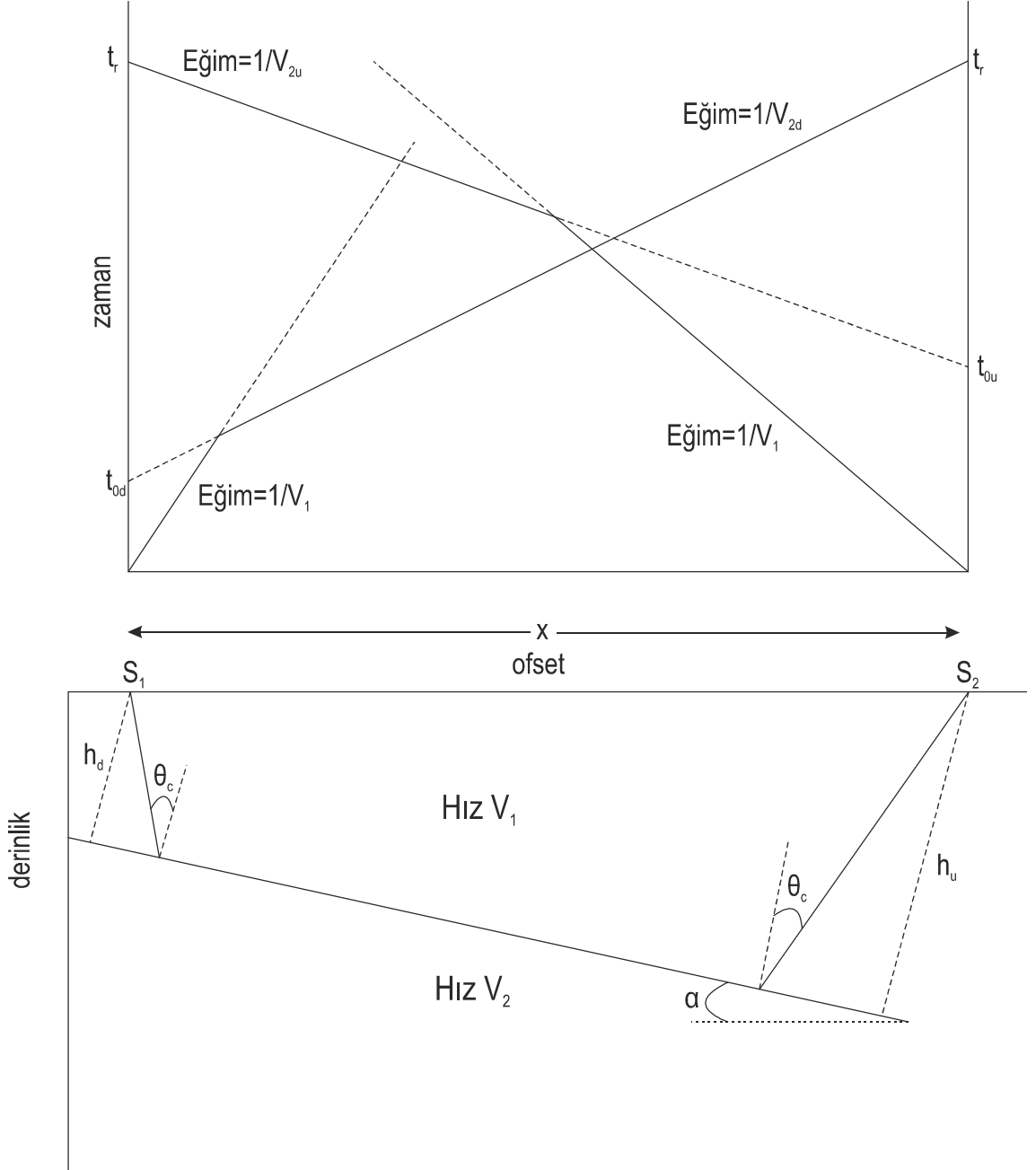
$$z = \frac{X_c}{2} \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)^{1/2} \quad (3.22)$$

V ₂ /V ₁	Q _c (degree)	X _{cr} (m)	X _c (m)	z (m)
1,10	65,38	87,29	183,30	20
1,20	56,44	60,30	132,66	20
1,40	45,58	40,82	97,98	20
1,60	38,68	32,03	83,27	20
1,80	33,75	26,73	74,83	20
2,00	30,00	23,09	69,28	20
2,50	23,58	17,46	61,10	20
3,00	19,47	14,14	56,57	20
4,00	14,48	10,33	51,64	20
5,00	11,54	8,16	48,99	20
6,00	9,59	6,76	47,33	20

Şekil 3.12: 20 m kalınlıktaki bir kırıcı yüzey için ve değişik hız oranları için hesaplanan kritik açı, çapraz ve kritik uzaklık değerleri. Q_c, kritik açı, x_{cr}, çapraz uzaklık, x_c, kritik uzaklık ve z, derinlik.

elde edilir. Şekil 3.12'de 20 m kalınlıktaki bir kırıcı yüzey için değişen V₂/V₁ oranlarında kritik açı, çapraz ve kritik uzaklık değerleri hesaplanmıştır. Örneğin, alttaki tabakanın hızının üstteki tabakanın hızının iki katı olması durumunda kritik uzaklık değeri (kırılmaların ilk oluşacağı mesafe) 23.09 m ve çapraz uzaklık değeri (direk ve kırılma varışlarının aynı anda gözlemlendiği mesafe) 69.28 m'dir. Yukarıdaki örnekten görüleceği üzere tabakalar arasındaki hız farkı arttıkça kırılma varışlarının daha küçük ofsetlerde gözlemlenmesi mümkündür.

3.2.2.2. Eğimli Bir Ara Yüzeyle Ayrılmış İki Tabakalı Ortam



Şekil 3.13: Ters ve düz atış için ışın yolları ve zaman-uzaklık eğrisi. t_{0d} ve t_{0u} , eğim aşağı ve eğim yukarı kesme zamanları, V_{2d} ve V_{2u} , eğim aşağı ve eğim yukarı görünen hızlar, h_d ve h_u , eğim aşağı ve eğim yukarı ölçülen dik kalınlıklar, t_r , karşılıklı zamanlar, α , ikinci tabakanın eğimi (Cox, 1999).

S_1 kaynağından uzak ofsetteki S_2 alıcısına giden ışın yolu, iki tabakalı ortamda hızları V_1 ve V_2 olan ve ikinci tabakanın eğimi α olan durum şekil 3.13'de gösterilmiştir. Yatay ara yüz için kullanılan denklem (3.17)'i kullanarak aşağı eğimli atış için toplam seyahat zamanı,

$$t_{x_d} = \frac{h_d}{V_1 \cos \theta_c} + \frac{x \cos \alpha - h_d \tan \theta_c - h_u \tan \theta_c}{V_2} + \frac{h_u}{V_1 \cos \theta_c} \quad (3.23)$$

denklemini ile verilir. Basit bir geometri ile kayıt edilen eğim yukarı kalınlık (h_u) h_d 'ye bağlı olarak izleyen şekilde verilir,

$$h_u = h_d + x \sin \alpha \quad (3.24)$$

h_u için bu ilişkiyi kullanarak denklem (3.23) izleyen şekilde yazılır:

$$t_{x_d} = \frac{x}{V_{2_d}} + \frac{2h_d \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.25)$$

$$V_{2_d} = \frac{V_1}{\sin(\theta_c + \alpha)} \quad (3.26)$$

Denklem (3.26) eğimi $\frac{1}{V_{2_d}}$ olan düz bir çizgiyi temsil eder ve $x=0$ 'daki t_{0_d} kesmesi izleyen şekilde verilir:

$$t_{0_d} = \frac{2h_d \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.27)$$

Benzer olarak, eğim yukarı atış için toplam seyahat zamanı (t_{x_u}) izleyen şekilde verilir:

$$t_{x_u} = \frac{x}{V_{2_u}} + \frac{2h_u \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.28)$$

$$V_{2_u} = \frac{V_1}{\sin(\theta_c - \alpha)} \quad (3.29)$$

Eğim yukarı kesme zamanı eğim aşağı kesme zamanına benzerdir ve izleyen şekilde verilir:

$$t_{0_u} = \frac{2h_u \cos \theta_c}{V_1} \quad (3.30)$$

Denklem (3.26 – 3.30)'den bilgilerden,

$$V_{2d} < V_2 < V_{2u} \quad (3.31)$$

$$0 < \alpha \leq \theta_c \quad (3.32)$$

elde edilir. Denklem (3.29)'un anlamı, $\alpha > \theta_c$ olduğu zaman, görünür eğim yukarı hızı V_{2u} negatif olur. Bunun anlamı uzak ofsetlere varışlar yakın ofsetlerde daha önce gerçekleşir. Kırıcı yüzeyin derinliğini elde etmek için, denklem (3.26-2.19) kullanılarak V_1, V_{2d}, V_{2u} değerlerinden $(\theta_c - \alpha)$ ve $(\theta_c + \alpha)$ değerleri hesaplanmalıdır.

Denklem (3.27) tekrar düzenlenirse,

$$h_d = \frac{t_{0d} V_1}{2 \cos \theta_c} \quad (3.33)$$

olarak verilir. Daha sonra S_1 noktası altındaki z_d derinliği:

$$z_d = \frac{h_d}{\cos \alpha} \quad (3.34)$$

elde edilir. Eğim yukarı derinlik benzer olarak hesaplanabilir. Karşılıklı zamanlar prensibine göre, eğim yukarı ve eğim aşağı atış için elde edilen zamanlar eşittir.

3.2.3. Kırılma Verisi Toplanması

Kırılma verisi arazide ayrı bir ekip (kırılma ekibi) tarafından toplandı gibi yansıma verisi incelenerek de elde edilebilir. Yansıma verisi ilk varışlarının okunması ile elde edilmesi son zamanlarda daha çok kullanılmaya başlanmıştır çünkü grup aralıkları daha küçük seçilmektedir ve kırılmaların sönümlenmesi azaltılmıştır.

3.2.3.1. Kırılma Ekibi Tarafından Kırılma Verisi Toplanması

Kırılma verisinin ayrı toplanması arazide hat boyunca belirli aralıklarda sürdürülür. Hattın yükseklik farkının minimum olduğu belirli bir segmentinde gerçekleştirilir. Eğer bu şekilde kayıt alınır istenmeyen karmaşıklıklar yorumlama aşamasına dahil edilmeyecektir. Bu çalışma ana yansıma ekibine bağlı küçük bir ekip tarafından yürütülür. Bu ekip yansıma verisi tamamlanan hat için ayrı bir şekilde çalışır ve veri toplar. Tipik bir kırılma ekibi 24 kanallı bir cihaz ile işlerini yürütür ve 5-20 m aralığında değişen grup aralıkları kullanılır. Bu aralıklar kaynağa yakın ofsetlerde daha

küçük seçilir. Yakın ofset sadece birkaç metre seçilir ve direk varışlar kaydedilerek yakın yüzey hızı tahmin edilir. Toplam serim uzunluğu 100-400 m arasındadır ve her iki yönden de kayıt alınır. Basit iki tabakalı durumda, şekil 3.11’de gösterilen değerlere göre kırılma enerjisi, ilk varış olarak kayıtlarda görünmesi için ofsetin kırıcı yüzey derinliğinin birkaç katı olması gerekmektedir. Eğer kullanılan serim derin hedefleri görüntülemekte yetersiz olursa serimden daha uzaklarda atışlar yapılması gerekebilir.

Kırılma ekibi kullanmanın avantajları:

- Nokta kaynak ve alıcı genelde yüksek kaliteli ilk varışlar verirler.
- Direkt varış bilgisinden yakın yüzey hız kestirimi yapılabilir.
- Dinamit ekibi tarafından bozulmuş tabaka kalınlığı belirlenebilir.

Kırılma ekibi kullanmanın dezavantajları:

- Ek bir ekip kullanmanın maliyeti arttırması ve operasyonel problemlerin artması.
- Ofset mesafelerinin yeterince büyük olamamasından dolayı sadece sığ kırıcı yüzeylerin görüntülenmesi. Bunun için ek atışların yapılması gerekmesi fakat bunun da maliyeti arttırması.

3.2.3.2. Yansıma Verisi Kaydındaki Kırılma Kayıtları

Çoğu sahada, sismik yansıma kaydında görülen ilk enerji kırıcı yüzeyle ve yakın ofsetlerde yakın yüzey tabakası direkt varışlar ile ilgilidir. Önceki bölümde söylendiği üzere kırılma varışlarının görünür hızı, kırıcı yüzeyin eğim ve hızına bağlıdır. Daha karmaşık durumlarda, aynı zamanda yeryüzü ile kırıcı yüzey arasındaki birimin yanal değişimine de bağlıdır. Çoğu durumda, kırılma varışlarının dalga boyları sismik yansıma yöntemi için gürültü olarak tanımlanır.

Çok kanallı veri işlem tekniklerinin kullanımından önce, bu tip gürültüleri bastırmak için sahada jeofon dizaynları kullanılırdı. Çok kanallı veri işlem tekniklerinin varlığıyla birlikte bu tip gürültüleri bastırmak için sistemler geliştirilmiştir. Genellikle kısa dalga boylu gürültüler arazide, uzun dalga boylu gürültüler veri işlem merkezlerinde giderilir. Bu gürültü giderme tekniklerini daha fazla sayıda kanal kullanarak ve kanal aralıklarını küçülterek mümkün kılabiliriz.

Sismik yansıma yönteminde kullanılan ofsetler genelde çok büyük olduğundan kırılma enerjisi genelde bir veya birkaç kırıcı yüzeyden gelen ilk varışlar olarak gözlemlenir. Eğer küçük grup aralıkları ve küçük ofsetler kullanılırsa yakın yüzeyden gelen direk varışlar gözlemlenebilir fakat bu veri yakın yüzey hız kestirimi için yetersiz kalacaktır.

Kırılma verisinin yorumlanması arazide yapılabildiği gibi veri işlem merkezinde ilk varışlar okunarak da yapılabilir. Daha sonra kırılma verisi yorumlama teknikleri kullanılarak yakın yüzey modellemesi elde edilir.

Sismik kırılma analizi için yansıma verisinin kullanılmasının avantajları:

- Ek bir ekip için maliyetin olmaması.
- Bol miktarda verinin incelenebilir olması.
- Kaynak ve alıcıların yansıma yöntemi için kullanılması.
- Yakın yüzey tabakası altında kırıcı yüzeyin iyi modellenmesi.

Sismik kırılma analizi için yansıma verisinin kullanılmasının dezavantajları:

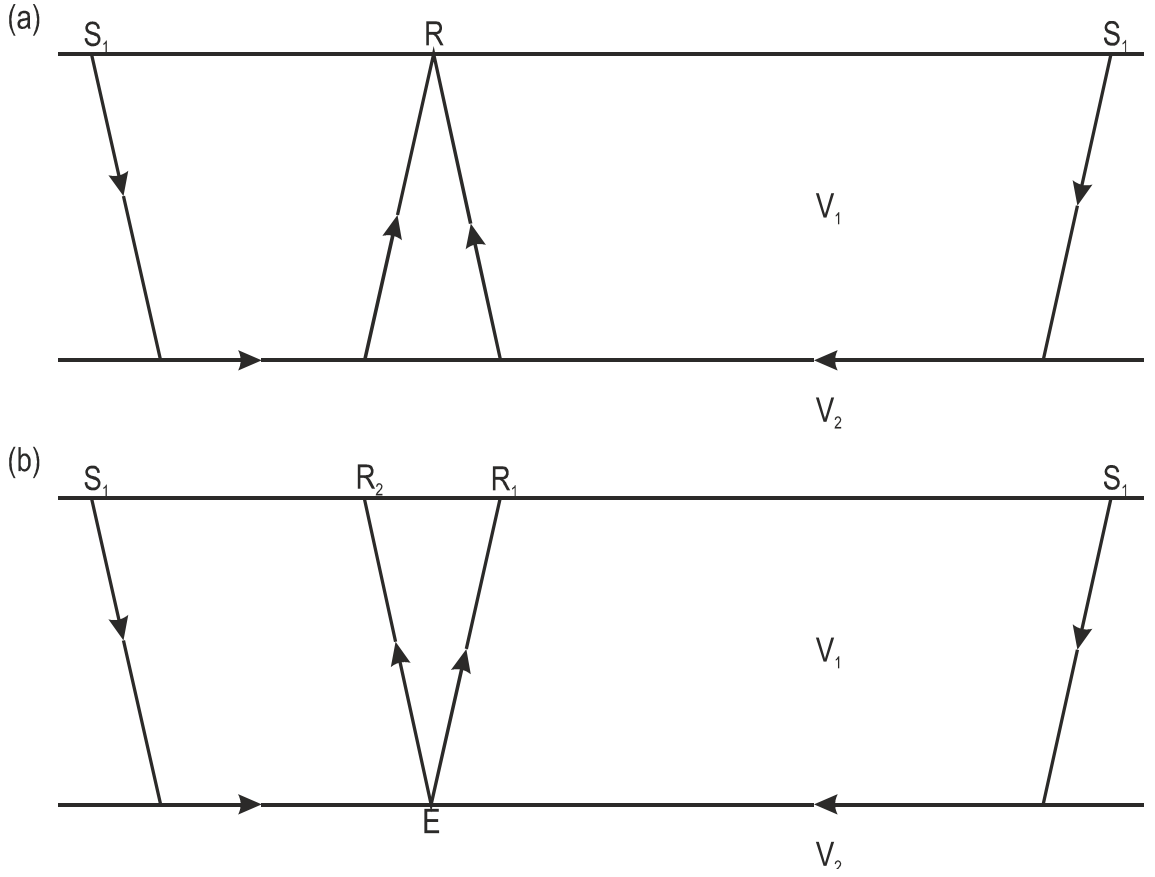
- Grup aralığı ve yakın ofset göreceli olarak ince tabakaları ve direk varışları elde etmek için yetersiz olabilmesi.

3.2.4. Kırılma Verisi Yorumlama Teknikleri

Kırıcı yüzeyin düzlemsel ve üstündeki birimin hızının değişmediği basit bir durum için, kırılma zamanları ilerde açıklanacak kırılma teknikleri kullanılarak derinliğe dönüştürülebilir. Jeoloji çoğu zaman daha karmaşık olmasına rağmen, makul bir derinlik modeli basit yaklaşımlar kullanılarak elde edilebilir.

Sismik kırılma çalışmasından elde edilen zaman-uzaklık eğrisi kırıcı yüzeyin yapısı, hızı ve üstündeki tabakalar hakkında bilgi içerir. Spesifik bir kırıcı yüzey analizinin sadece o yüzeyle ilgili varışları kullandığı önemlidir.

Yıllar boyunca birçok kırılma yorumlama yöntemi sunulmuştur. Bazıları sığ hedefler için uygulanabilirken diğerleri derin hedefler için uygundur. Kırılma yorumlama teknikleri basit olarak iki yaklaşıma bölünebilir: verinin ortak yeryüzü noktasında ve ortak yeraltı noktasında analiz edilmesi. Bu iki durum şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14: (a) Ortak yeryüzü noktası yöntemi. (b) ortak yeraltı noktası yöntemi (Cox, 1999).

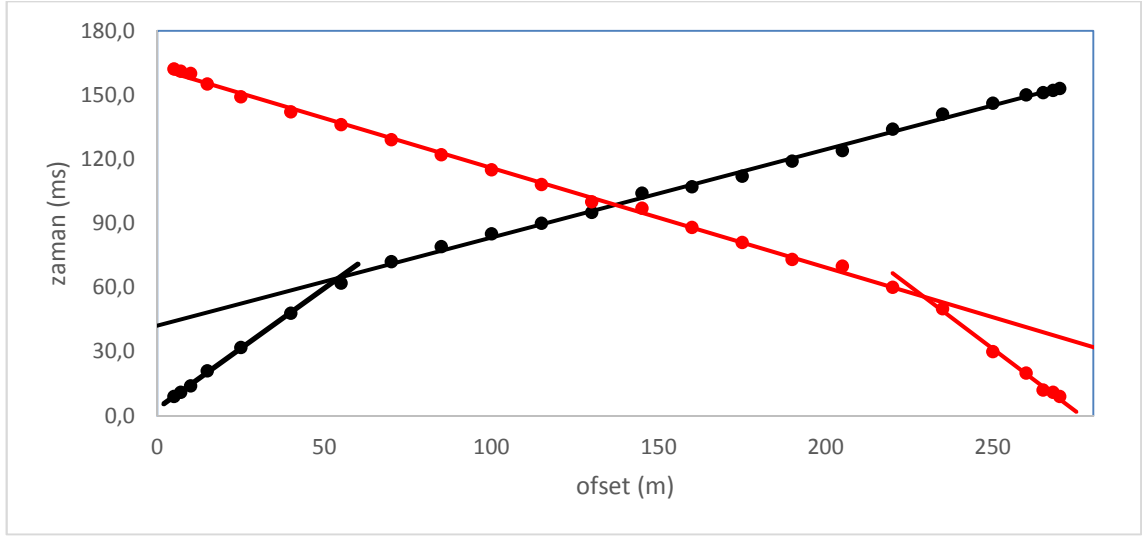
Neredeyse tüm kırılma yöntemi yorumlama tekniklerinde, kırılan ışının düşey düzlemde yol aldığı varsayımı yapılır.

3.2.4.1. Kesme Zamanı yöntemi

Kesme zamanı daha önceki bölümde sıfır ofsetteki kırılma varış zamanı olarak tanımlanmıştır. Bu bilgi kırıcı yüzey derinliğini hesaplamak için kullanılabilir. Kesme zamanı yöntemi, yakın yüzey jeolojisinin basit olduğu ve hat boyunca statik farkının minimum olduğu yerlerde kullanılır.

Istasyon (m)	Atış A (msn)	Atış B (msn)
5	9,0	162,0
7	11,0	161,0
10	14,0	160,0
15	21,0	155,0
25	32,0	149,0
40	48,0	142,0
55	62,0	136,0
70	72,0	129,0
85	79,0	122,0
100	85,0	115,0
115	90,0	108,0
130	95,0	100,0
145	104,0	97,0
160	107,0	88,0
175	112,0	81,0
190	119,0	73,0
205	124,0	70,0
220	134,0	60,0
235	141,0	50,0
250	146,0	30,0
260	150,0	20,0
265	151,0	12,0
268	152,0	11,0
270	153,0	0,0

Şekil 3.15: Baştan ve sondan yapılan kırılma atışları zaman değerleri.



Şekil 3.16: Ters ve düz atış yapılmış zaman-uzaklık eğrisi. Siyah çizgi atış A, kırmızı çizgi atış B.

Şekil 3.16, iki tabakalı olarak yorumladığım kırılma profilini göstermektedir. Grafikten hesaplanmış hız ve derinlik değerleri tablo 3.3'de gösterilmektedir. Hız değerleri çizgilerin eğiminden bulunmuş, derinlik değerleri için denklem (3.16) kullanılmıştır.

Tablo 3.3: Şekil 3-16'de yorumlanan verinin değerleri.

	Atış A	Atış B
Yakın yüzey hızı (m/s)	888	849
Kırıcı yüzey hızı (m/s)	2428	2151
Kesme zamanı (ms)	42	32
Kırıcı yüzey derinliği (m)	20	14

Bu veri gibi bir veriyi yorumlamada, çalışmanın amacı göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun anlamı, tam bir yorumlama gerekliliği ile her bir anomalinin derinlik ve hız bilgisinin üretilmesidir. Alternatif olarak, sonuçlar hat boyunca kontrol noktası olarak kullanılabilir ve bulunan değerler serimin tam orta noktasına yazılabilir. Bu durumda,

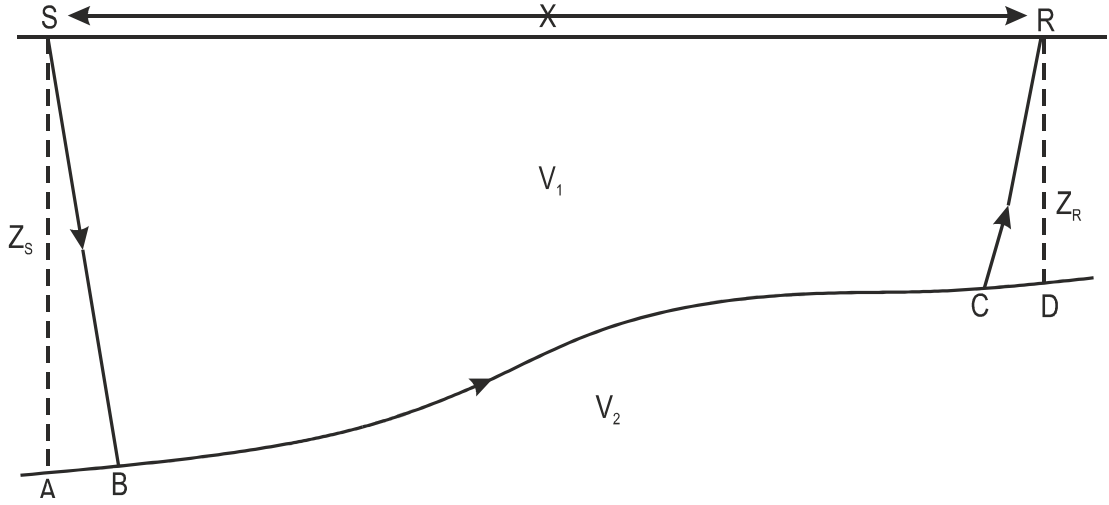
bir yaklaşım bulunan değerlerin ortalamasının alınmasıdır ki eğer kırıcı yüzeyin eğimi çok küçükse bu uygun bir yaklaşımdır.

3.2.4.2. Gecikme Zamanı Yöntemi

Daha önceki bölümlerde gösterildiği üzere zaman-uzaklık eğrisini görünür kırıcı yüzey hızı ile sıfır ofsete ekstrapolasyon yaptığımız zaman kesme zamanını elde ederiz. Kesme zamanı kaynak ve alıcı noktaları altındaki kırıcı yüzey derinliğinin toplamında kullanılabilir. Eğer kırıcı yüzey düzlemsel ise, basit geometrik ilişkiler kullanarak bu toplamı bileşenleri olan kaynak ve alıcı derinliklerine ayırabiliriz. Kesme zamanını izleyen şekilde yazabiliriz:

$$t_0 = t_i - \frac{X_i}{V_a} \quad (3.35)$$

Burada, t_i , X_i ofsetindeki varış zamanı ve V_a zaman-uzaklık eğrisinden elde edilen görünür kırıcı yüzey hızıdır. Görünür kırıcı yüzey hızı gerçek kırıcı yüzey hızına ve kırıcı yüzey eğimine bağlıdır. Eğer gerçek kırıcı yüzey hızı denklem (3.35)'de görünür kırıcı yüzey hızı yerine yazılırsa, ortaya çıkan kesme zamanı, gerçek seyahat zamanı ile kırıcı yüzey hızıyla kaynaktan alıcıya olan yatay seyahatin zaman farkıdır. Bu kesme zamanının bölümü bir ışın yolunun sonu ile ilgilidir ve Gardner (1939a, b) tarafından gecikme zamanı olarak adlandırılır. Böylece, kesme zamanı, kaynak gecikme zamanı ve alıcı gecikme zamanı toplamı olarak ifade edilir. Bu kavram kırılan dalganın kırıcı yüzeye girdiği ve çıktığı yerleri düz olarak varsayar.



Şekil 3.17: Gecikme zamanı konseptini gösteren kaynaktan alıcıya ışın yolu. X ofset, Z_S ve Z_R kaynak ve alıcı derinliği (Cox, 1999).

Şekil 3.17’de gösterilen S kaynağından R alıcısına toplam seyahat zamanı (t_x) izleyen şekilde verilir:

$$t_x = \frac{SB}{V_1} + \frac{BC}{V_2} + \frac{CR}{V_1} \quad (3.36)$$

Denklem (3.36) tekrar düzenlenip hafif eğimler için özetlenirse:

$$t_x = \left(\frac{SB}{V_1} - \frac{AB}{V_2} + \frac{AB}{V_2} \right) + \frac{BC}{V_2} + \left(\frac{CR}{V_1} - \frac{CD}{V_2} + \frac{CD}{V_2} \right) \quad (3.37)$$

elde edilir. Böylece,

$$t_x = \frac{X}{V_2} + t_{d_S} + t_{d_R} \quad (3.38)$$

denkleminde t_{d_S} ve t_{d_R} S noktasındaki kaynak ve R noktasındaki alıcı için gecikme zamanları ve X kaynak ile alıcı arasındaki mesafedir ve neredeyse AD mesafesine eşittir (eğim $< 10^\circ$ için). S kaynağı ve R alıcısı için gecikme zamanları:

$$t_{d_S} = \frac{SB}{V_1} - \frac{AB}{V_2} \quad (3.39)$$

$$t_{d_R} = \frac{CR}{V_1} - \frac{CD}{V_2} \quad (3.40)$$

olarak yazılır.

Basit bir geometri kullanarak ve şekil 3.18'de B noktasının yakınlarının düz olduğunu kabul ederek, denklem (3.39)' u izleyen şekilde yazabiliriz:

$$t_{dS} = \frac{z_S}{\cos \theta_c} \frac{1}{V_1} - \frac{z_S \tan \theta_c}{V_2} \quad (3.41)$$

θ_c kritik açı ve z_S S noktasındaki kırıcı yüzey derinliğidir. Denklem (3.41) yeniden düzenlenirse:

$$z_S = t_{dS} \frac{V_1 V_2}{(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}} \quad (3.42)$$

elde edilir. Böylece, kaynağın ve profil sonundaki alıcının altındaki kırıcı yüzeyin derinliği, kesme zamanının bileşenlerine ayrılmasıyla tanımlanabilir.

3.2.4.3. ABC Yöntemi (Farklılıklar Yöntemi)

ABC yöntemi bozulmuş tabaka zamanlarını hesaplamak için dizayn edilmiştir. Bu teknik baştan ve sondan atışlar yapılmış kırılma verisi ve karşılıklı zamanları ister ve veri şekil 3.14a'da olduğu gibi ortak yeryüzü noktasında analiz edilir. Ters atış kırılma profili için ışın yolu şekil 3.18'da gösterilmiştir. A noktasındaki kaynaktan B ve C noktalarındaki alıcılara olan seyahat zamanı t_{AB} ve t_{AC} izleyen şekilde verilir:

$$t_{AB} = \frac{AD}{V_1} + \frac{DE}{V_2} + \frac{EB}{V_1} \quad (3.43)$$

ve

$$t_{AC} = \frac{AD}{V_1} + \frac{DG}{V_2} + \frac{GC}{V_1} \quad (3.44)$$

Benzer olarak C noktasındaki kaynaktan B noktasındaki alıcıya kadar olan zaman

$$t_{CB} = \frac{CG}{V_1} + \frac{GF}{V_2} + \frac{FB}{V_1} \quad (3.45)$$

denklemleri ile tanımlanır. Eğer A, B ve C noktaları düz bir hat üzerindeyse bu üç denklem izleyen şekilde birleştirilebilir:

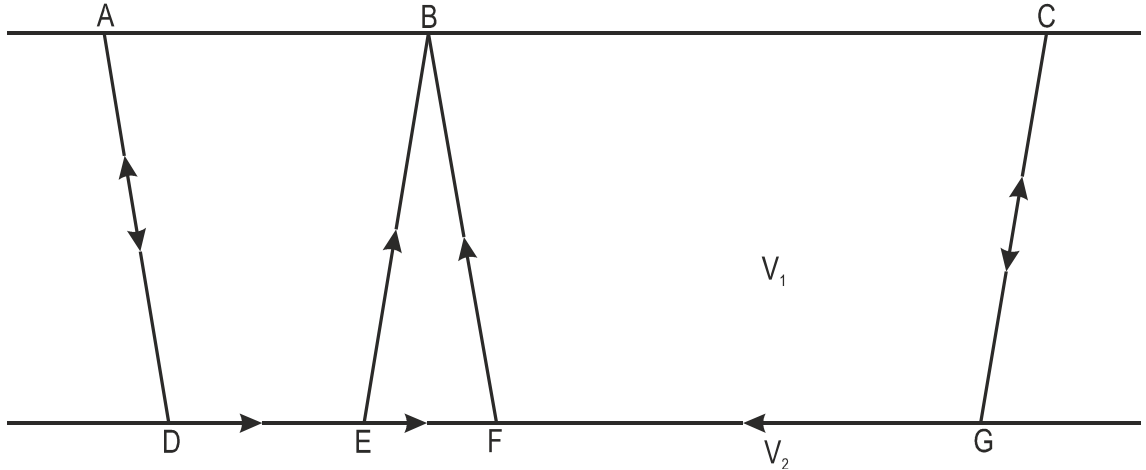
$$t_{AB} + t_{CB} - t_{AC} = \frac{BE+BF}{V_1} - \frac{EF}{V_2} \quad (3.46)$$

V_2 'nin V_1 'den çok büyük olduğu zamanlarda ve B noktasındaki alıcı altındaki kırıcı yüzey neredeyse düz ise ayrık EF neredeyse sıfır ve BE, BF'ye neredeyse eşittir. Bu şartlar altında denklem (3.46) izleyen şekilde sadeleştirilir:

$$t_{WB} = 0.5(t_{AB} + t_{CB} - t_{AC}) \quad (3.47)$$

Burada, t_{WB} B noktasındaki bozulmuş tabaka zamanıdır ve izleyen şekilde gösterilebilir:

$$t_{WB} \cong BE/V_1 \quad (3.48)$$



Şekil 3.18: ABC yöntemini gösteren iki taraflı kırılma ışın yolları (Cox, 1999).

ABC yöntemi böylece izleyen şekilde özetlenebilir: alıcı noktasının her iki tarafındaki kaynaklardan alıcıya kadar olan zamanların toplamından, karşılıklı olan zamanı çıkarırsak alıcı noktası altındaki bozulmuş tabaka boyunca zamanın iki katı elde edilir. Bozulmuş tabaka tabanına kadar olan derinlik bu zaman ile bozulmuş tabaka hızı çarpılarak elde edilir. Eğer gecikme zamanı kavramı kullanılırsa:

$$t_{dB} = 0.5(t_{AB} + t_{CB} - t_{AC}) \quad (3.49)$$

Elde edilir. Burada, t_{dB} B noktasındaki gecikme zamanıdır. ABC yöntemi normalde ayrık, ters kırılma profillerinin analizinde kullanılır. Çok katlamalı toplanan verilerde

örneğin B noktasındaki alıcıda bir çok kaynak çiftinden değerler bulunacaktır böylece bozulmuş tabaka için, denklem (3.47) ve (3.49) kullanılarak birçok kestirim yapılabilir ve ortalama alınarak bulunur. Eğer kaynak olarak gömülü dinamit kullanılırsa kuyu zamanları gözlemlenen kırılma zamanlarına eklenmelidir. Salvatori ve Walling (1937) ABC yönteminden çok az farkı olan, iki alıcı noktasındaki zaman farklılıklarından derinliği hesaplayan bir teknik geliştirmiştir. Şekil 3.18'deki profil için, A noktasındaki kaynak ve B, C noktalarındaki alıcılar, iki alıcı noktasındaki bozulmuş tabakadaki zaman farklılıkları izleyen şekilde verilir:

$$\Delta t_{BC} = \left(t_{AC} - t_{AB} - \frac{\Delta X}{V_2} \right) \cos \theta_c \quad (3.50)$$

Burada, ΔX B ve C noktaları arasındaki mesafe, V_2 kırıcı yüzey hızı, t_{AC} ve t_{AB} kaynaktan alıcılara olan zamanlar ve θ_c kritik açıdır. K noktasında olan ek bir kaynak ile (C alıcısının sağ tarafında), B ve C noktaları için başka bir kestirim yapılabilir:

$$\Delta t_{BC} = \left(t_{KC} - t_{KB} + \frac{\Delta X}{V_2} \right) \cos \theta_c \quad (3.51)$$

Burada, t_{KC} ve t_{KB} K kaynağından alıcılara olan zamanlardır. Denklem (3.50) ve (3.51) birleştirilirse:

$$\Delta t_{BC} = 0.5[(t_{AC} - t_{AB}) + (t_{KC} - t_{KB})] \cos \theta_c \quad (3.52)$$

Böylece, bozulmuş tabaka boyunca zaman farklılıkları, gözlemlenen seyahat zamanlarından komşu alıcılar için elde edilebilir ve daha sonra hat boyunca sürekli olan bir profile entegre edilebilir.

4. BULGULAR

Üzerinde temel veri işlem adımlarının ve statik hesaplarının yapılacağı sismik hat ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 4.1: Sismik hat kayıt bilgileri.

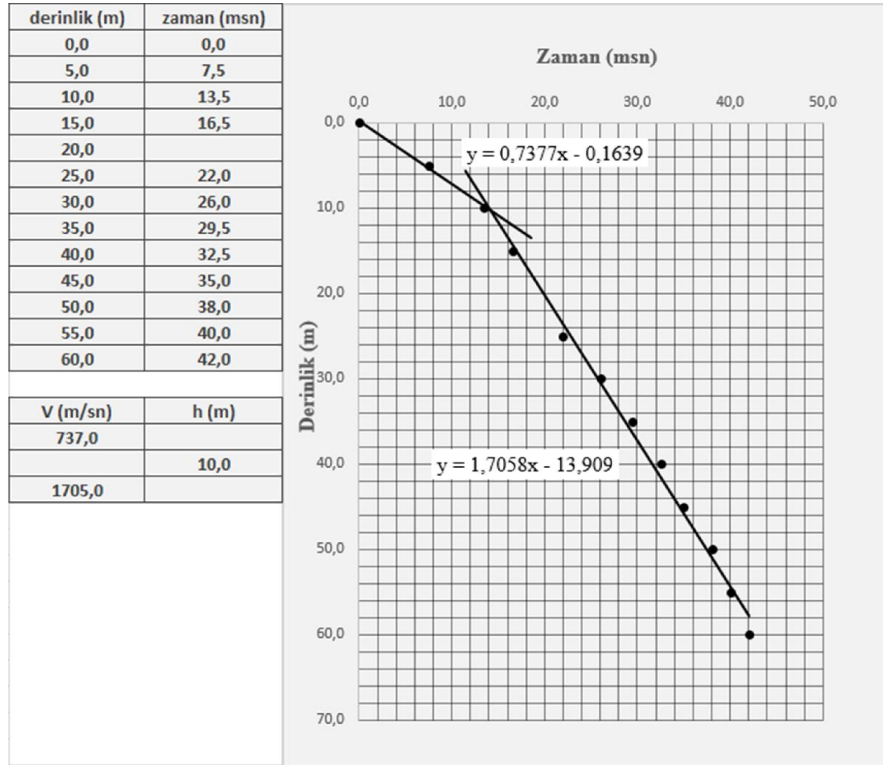
Toplam atış sayısı	224
Kanal sayısı	240
Kanal aralığı	25 m
Atış aralığı	50 m
Kayıt süresi	5 sn
Örnekleme aralığı	2 msn
Kaynak tipi	Dinamit (21 m / 8 kg)
Atış düzeni	Simetrik orta atış
Minimum ve maksimum ofset	62,5 – 3037,5 m
İlk – son istasyon	36 – 539
İlk – son atış	100,5 – 538,5

Bu hat için arazide statik düzeltme hesabı için dört adet kuyu atışı çalışması ve iki adet sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Sismik kırılma çalışmasının yorumunda kesme zamanı yöntemi kullanılıp elde edilen değerler serimin orta noktasına yazılmıştır. Arazide elde edilen bu değerlerden yakın yüzey modellemesi yapılmış ve datum statik değerleri ekte verilen matlan kodu ile hesaplanmıştır. Ayrıca mevcut olan veri kullanılarak veri işlem merkezinde üretim kayıtları okunmuş, model kurulmuş ve

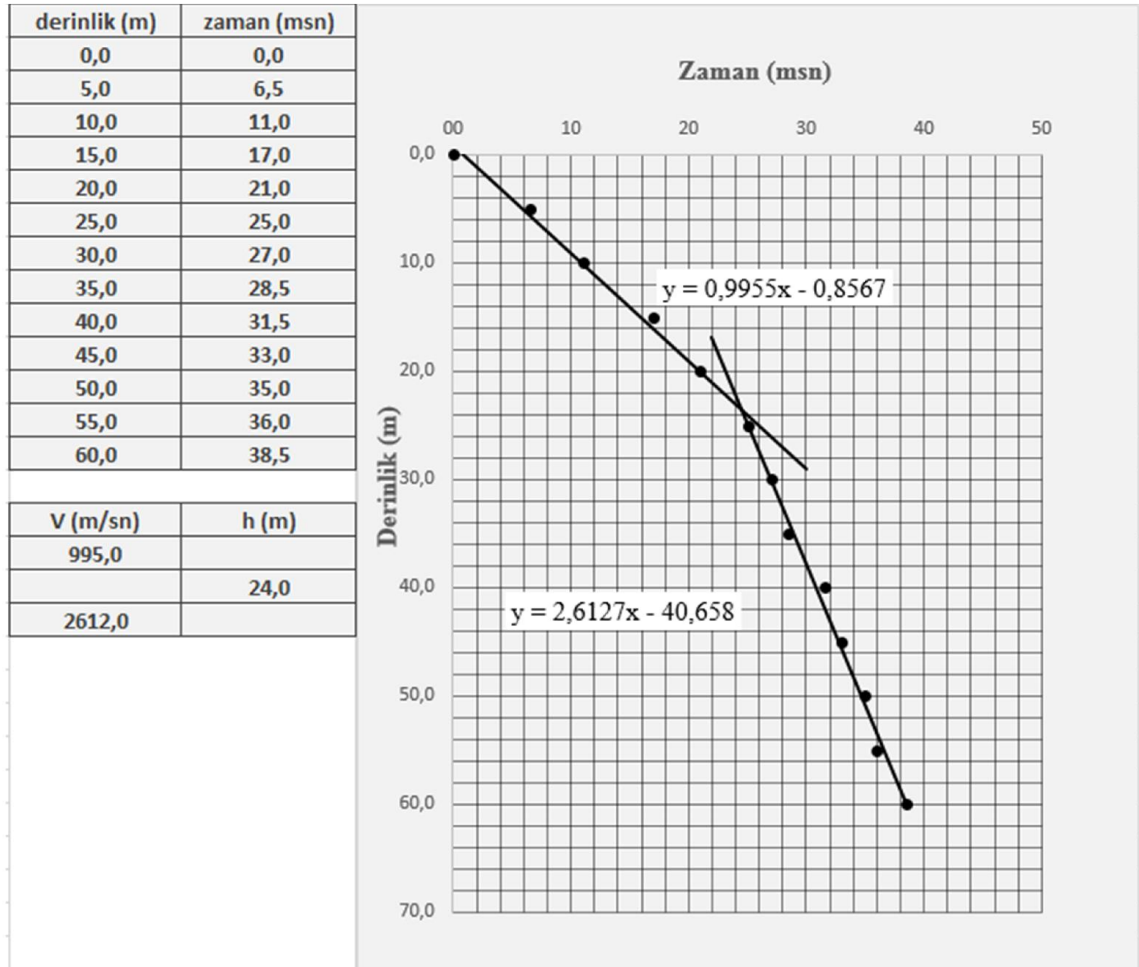
kırılma statığı hesaplanmıştır. Veri işlem merkezinde Paradigm firmasının Echos adlı veri işlem paket programı kullanılmıştır. Statik hesabı için Echos programının REFSOL adlı modülü kullanılmıştır. Daha sonra hem arazide elde edilen verilerden elde edilen statik ile veri işlem merkezinde hesaplanan statik değerleri karşılaştırılmıştır. Arazide elde edilen kuyu atışı ve kırılma verilerinin sadece sayısal değerleri mevcut olduğundan sadece zaman-derinlik ve zaman-mesafe grafiklerinden değerlerin elde edilmesi gösterilecektir. Datum statik düzeltmesi için yazılan bilgisayar programı dört tabakalı ortama kadar olan modelleri çözmektedir. Verilen değerlerin dört tabakadan az olduğu durumlarda eksik olan tabakalar sonuca etkisi çok küçük olacak şekilde program tarafından eklenir.

4.1. KUYU ATIŞI ÇALIŞMASI

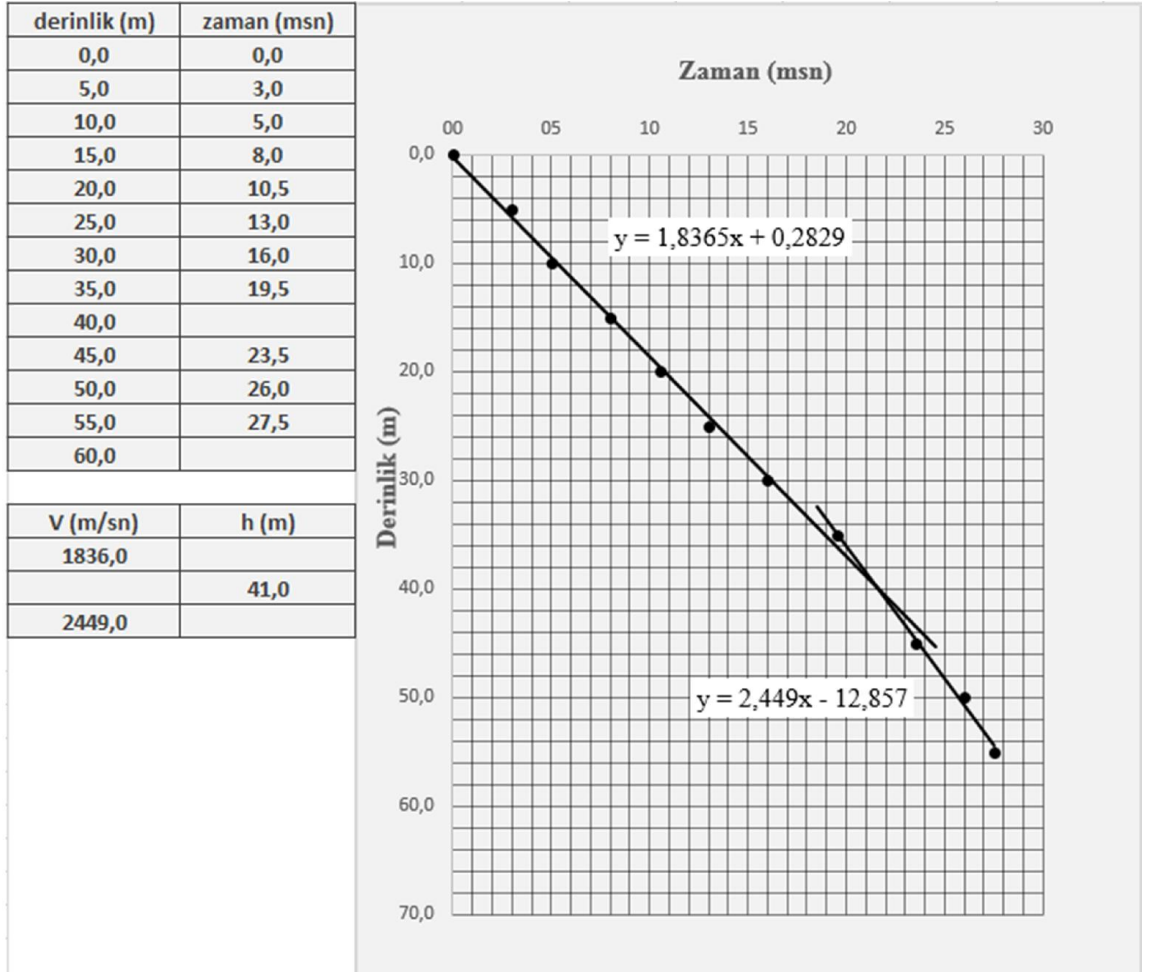
100, 393, 490 ve 538 numaralı istasyonlarda dört adet kuyu atışı çalışması yapılmıştır. Kuyular 60 m'ye kadar açılmıştır. Atışlar her 5 metrede bir yapılmıştır. Kuyu atışı çalışmaları Microsoft Excel programı ile değerlendirilmiş, eğrilerin eğiminden hız bilgisi, kesişim noktalarından derinlik bilgisi elde edilmiştir.



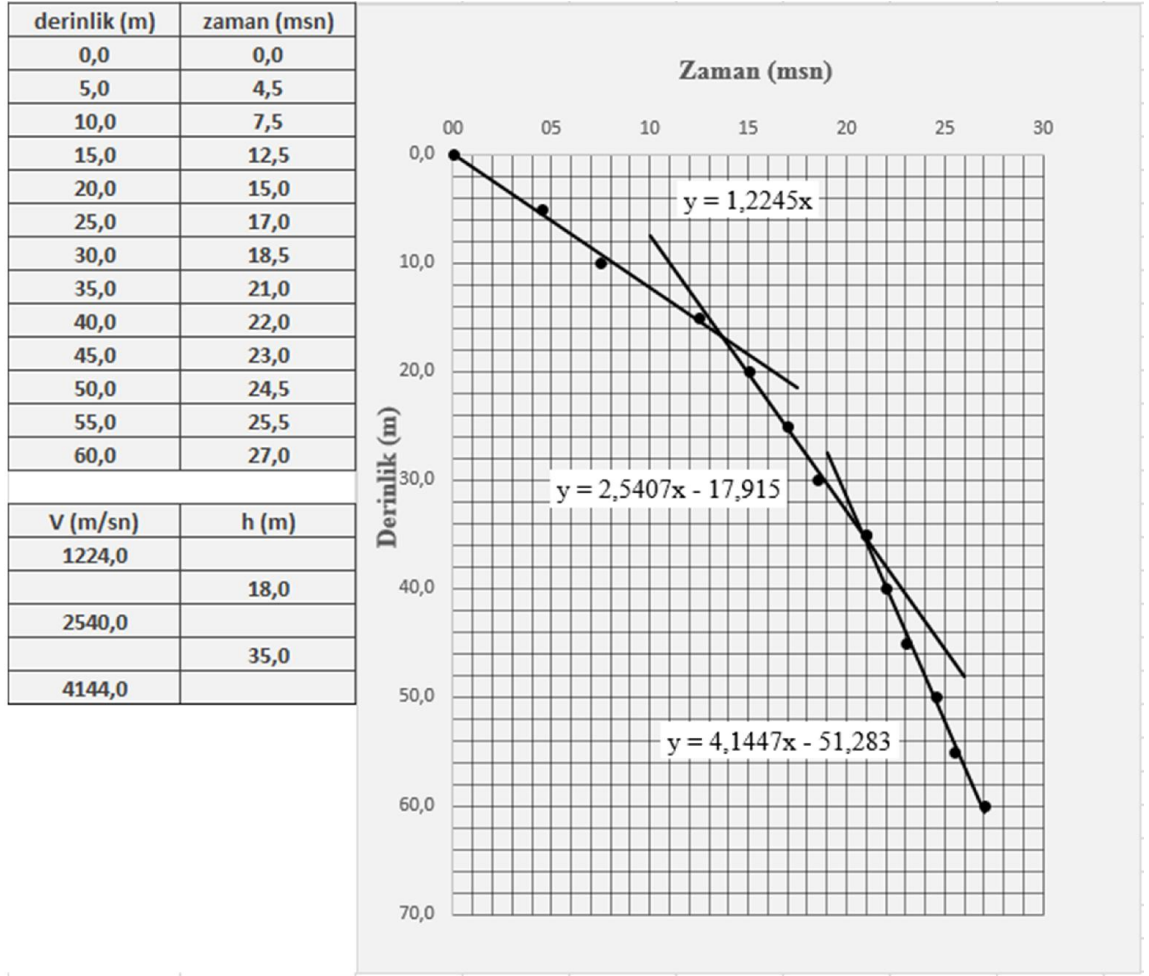
Şekil 4.1: 100 numaralı istasyon için kuyu atışı çalışması değerlendirmesi.



Şekil 4.2: 393 numaralı istasyon için kuyu atışı çalışması değerlendirilmesi.



Şekil 4.3: 490 numaralı istasyonun kuyu atışı çalışması değerlendirilmesi.



Şekil 4.4: 538 numaralı istasyonun kuyu atışı çalışması değerlendirilmesi.



Şekil 4.5: Çalışma için kuyunun açılması.



Şekil 4.6: Kuyu atışında kullanılan sismik dinamit.



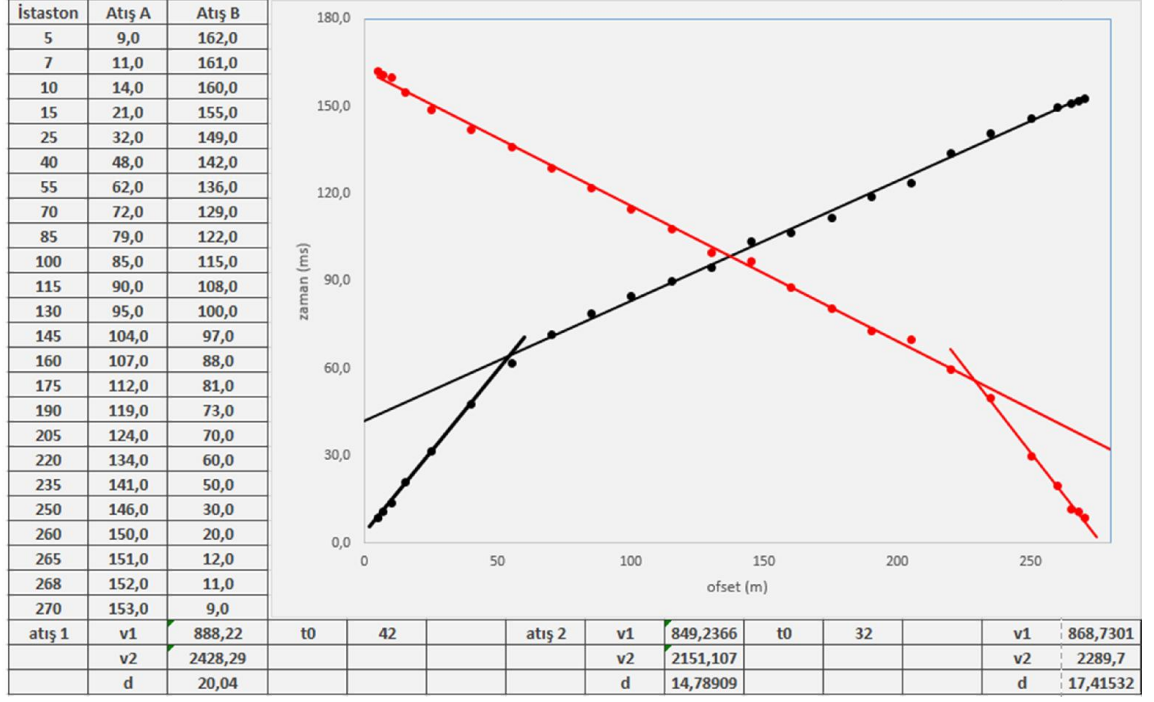
Şekil 4.7: Dinamiti patlatmak için kullanılan kapsül.



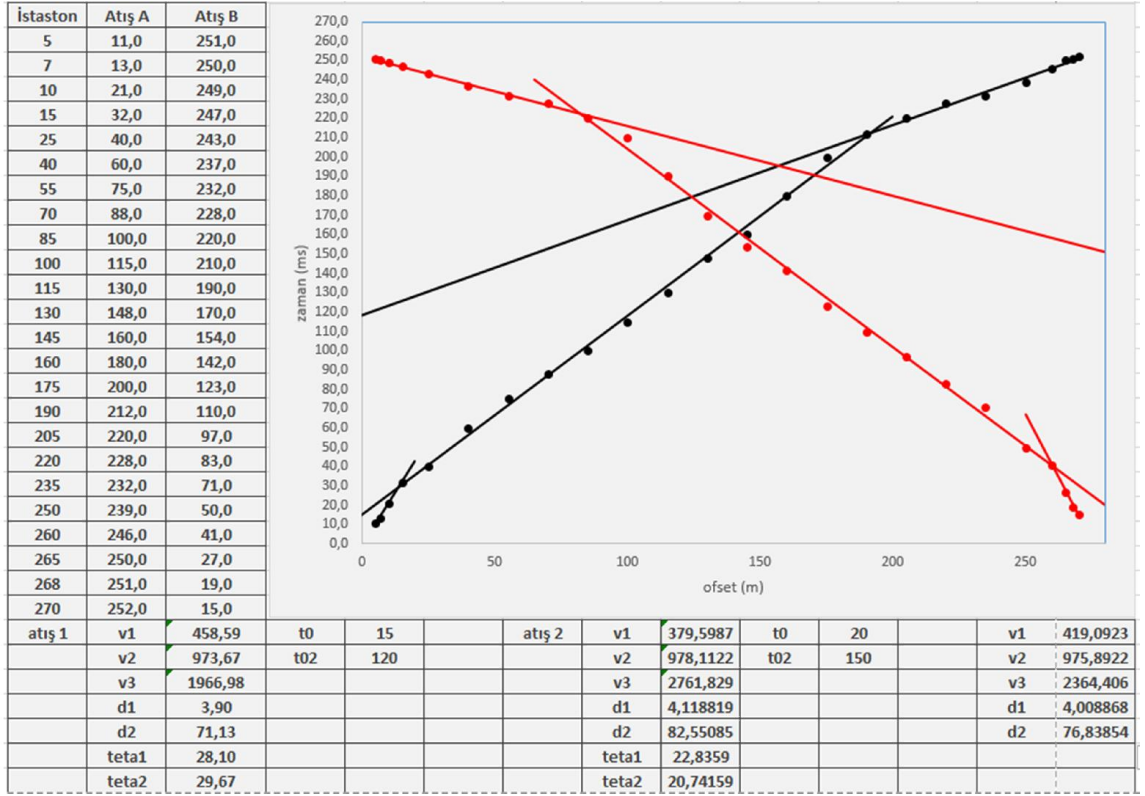
Şekil 4.8: Dinamitlerin patlama yapılacak metrelerce göre ayarlanması.

4.2. SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI

192 ve 285 numaralı istasyonlarda sismik kırılma çalışması yapılmıştır. 24 kanal serilmiş ve serimin boyu 270 m'dir. Baştan ve sondan iki atış yapılmıştır. Baştan atış ve sondan atış için derinlik ve hız değerleri bulunmuş ve ortalaması alınıp serimin orta noktasına yazılmıştır. Kesme zamanı yöntemi kullanılıp yorumlar Microsoft Excel programı ile yapılmıştır.



Şekil 4.9: 192 numaralı istasyonun kırılma çalışması değerlendirilmesi.



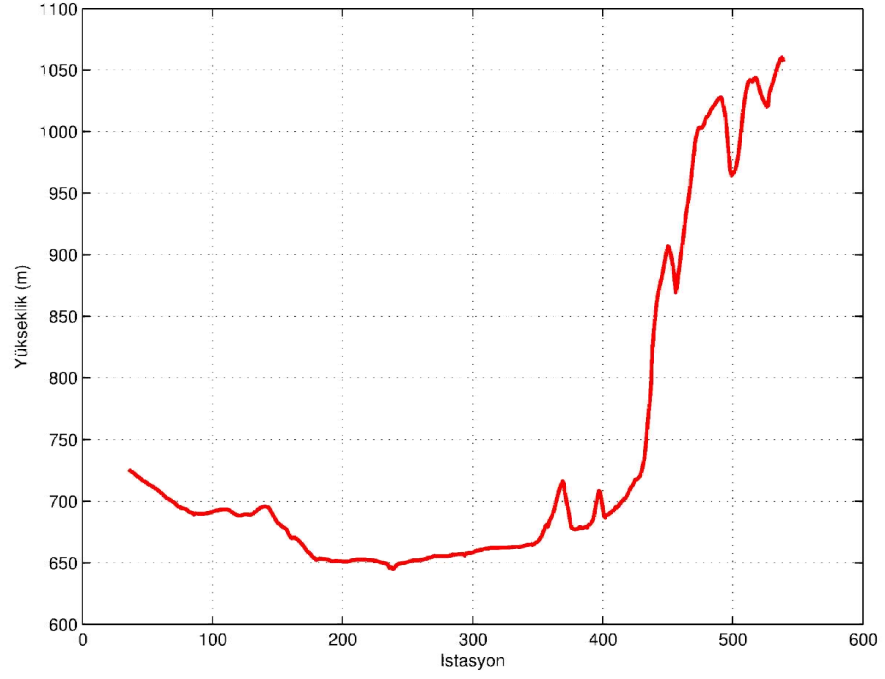
Şekil 4.10: 285 numaralı istasyonun kırılma çalışması değerlendirilmesi.

4.3. KUYU ATIŞI VE KIRILMA VERİLERİNDEN STATİK HESABI

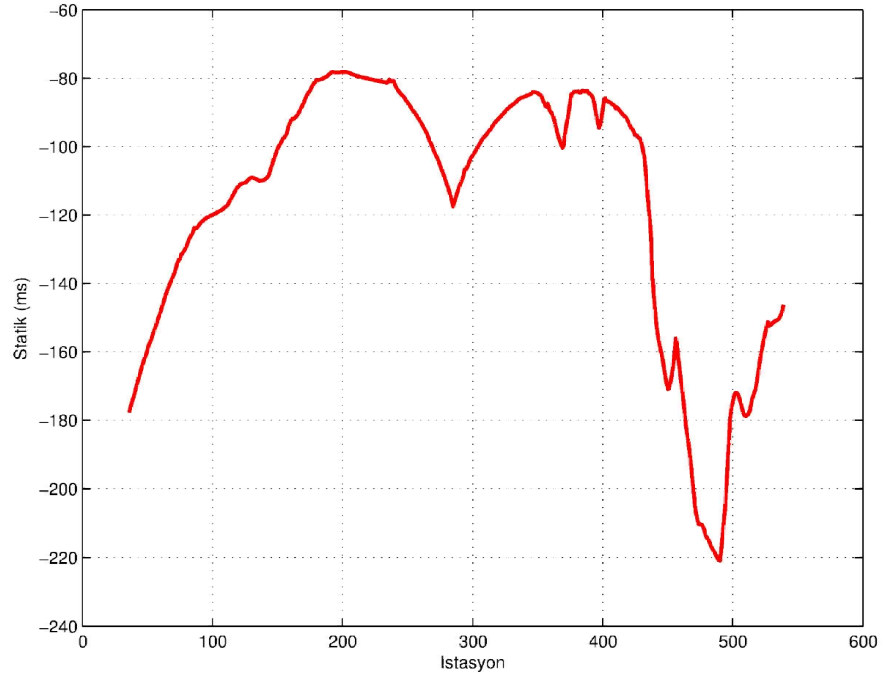
Altı noktanın değerlendirilmesi yapıldıktan sonra program için giriş dosyası hazırlanır. Bu dosyada tabakaların derinlik ve hız bilgileri mevcuttur. Daha önce bahsedildiği üzere program dört tabakalı model üzerinden işlem yaptığından eksik olan tabakalar sonuca etki etmeyecek şekilde doldurulur. Referans seviyesi 500 m olarak alınmıştır. Bu değer alınırken sismik hatta ait eski veriler kullanılmıştır.

Tablo 4.2: Datum statik programı için giriş değerleri.

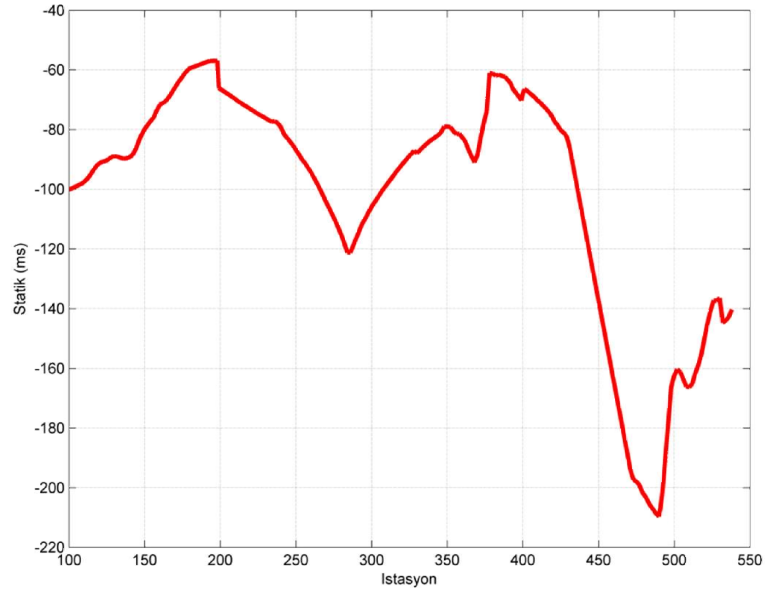
İstasyon numarası	v_1 (m/s)	d_1 (m)	v_2 (m/s)	d_2 (m)	v_3 (m/s)	d_3 (m)	$v_{düz}$ (m/s)
100	737	10	1705	10,01	1705	10,02	1705
192	868	17	2289	17,01	2289	17,02	2289
285	419	4	975	76	2364	76,01	2364
393	995	24	2612	24,01	2612	24,02	2612
490	1836	41	2449	41,01	2449	41,01	2449
538	1224	18	2540	35	4144	35,01	4144



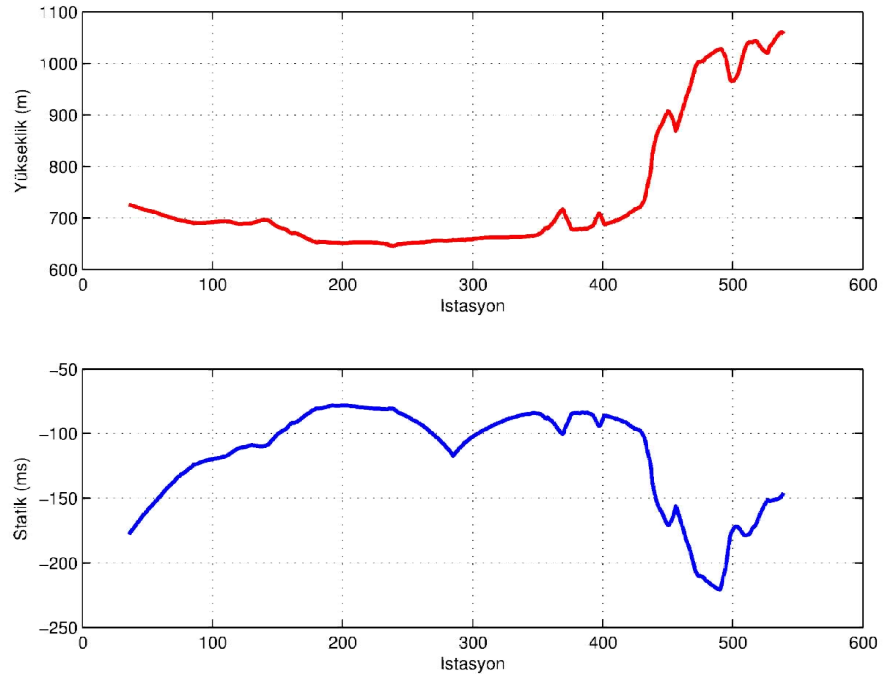
Şekil 4.11: Sismik hattın istasyonlara göre yükseklik grafiği (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).



Şekil 4.12: Alıcı statik değerleri (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).



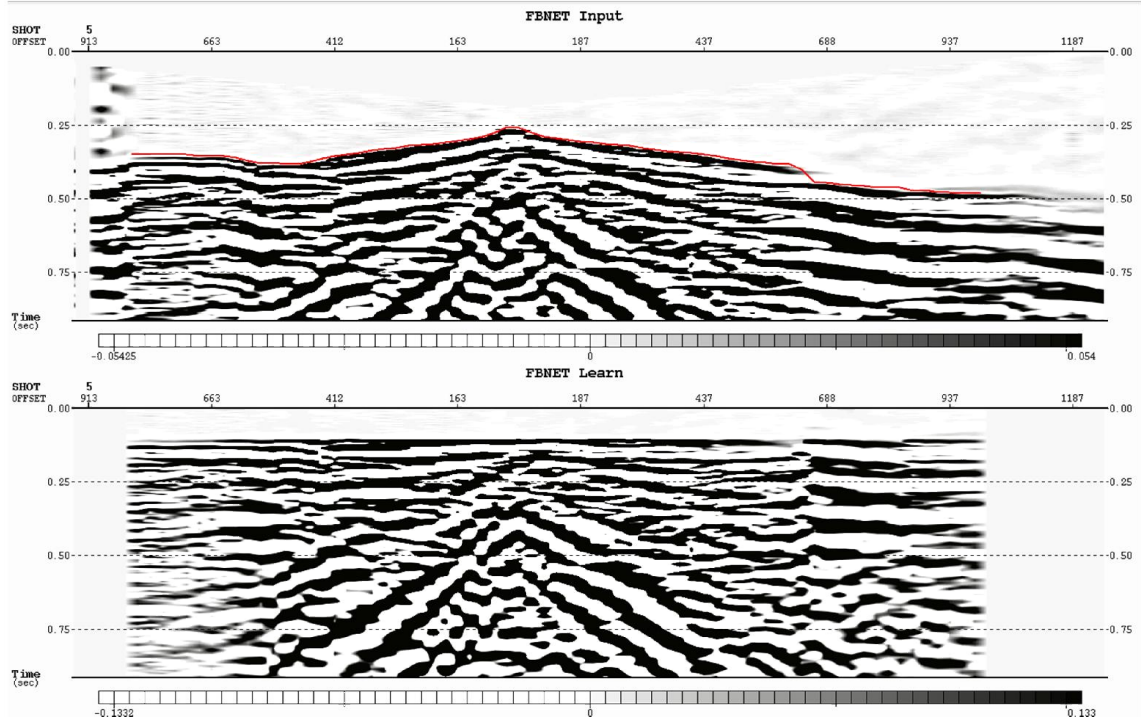
Şekil 4.13: Atış statik değerleri (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).



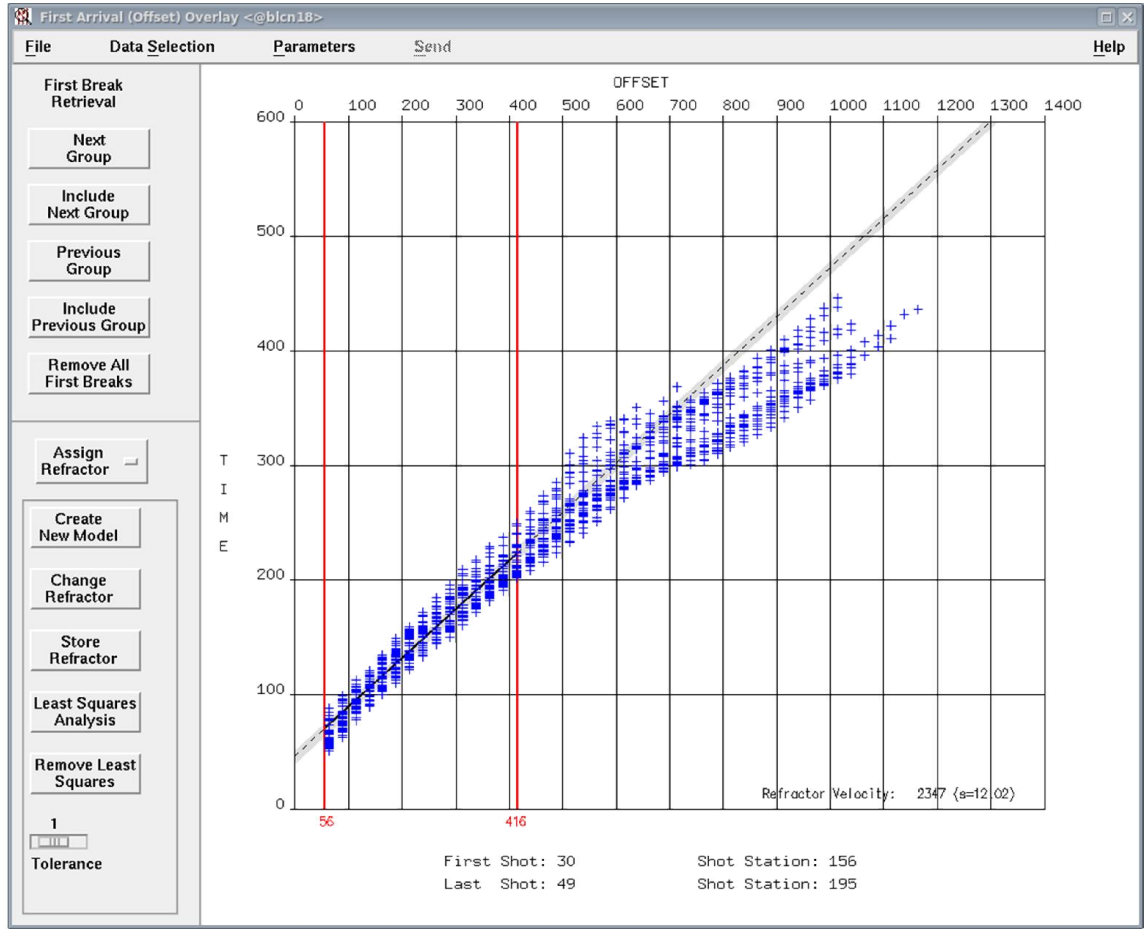
Şekil 4.14: Yükseklik ve statik değerleri karşılaştırması (Ekte verilen Matlab kodu ile elde edilmiştir).

4.4. SİSMİK YANSIMA VERİSİNDEN STATİK HESABI

Bu bölümde sismik yansımaya verisi üzerinden ilk varışlar okunarak statik değerleri hesaplanacaktır. Bu işlem üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada atış kayıtları üzerinden ilk varışlar okunur. İkinci aşamada okunan değerlerden model kurulur ve son aşamada veri işlem programındaki REFSOL modülü ile statik değerleri hesaplanır. Kullanılan modül kırıcı yüzey hızlarının hesaplanmalarında gecikme zamanlarını kullanarak tomografik bir yaklaşım ile sonuca ulaşır. İlk varışlar doğası gereği hem kırıcı yüzeyin hem yakın yüzey bozulmuş tabakanın hem de yüksekliğin etkisini içerir. Kırıcı yüzeyin geometrisi ve hızı öncelikle kırılma statüğü çözümünün uzun dalga boylu bileşenine katkıda bulunurken, yakın yüzey ve yükseklik etkisi kısa dalga boylu bileşene katkıda bulunur. REFSOL bu bileşenleri modeller ve ilk varışları kısa ve uzun dalga boylu bileşenlerine ayırır.



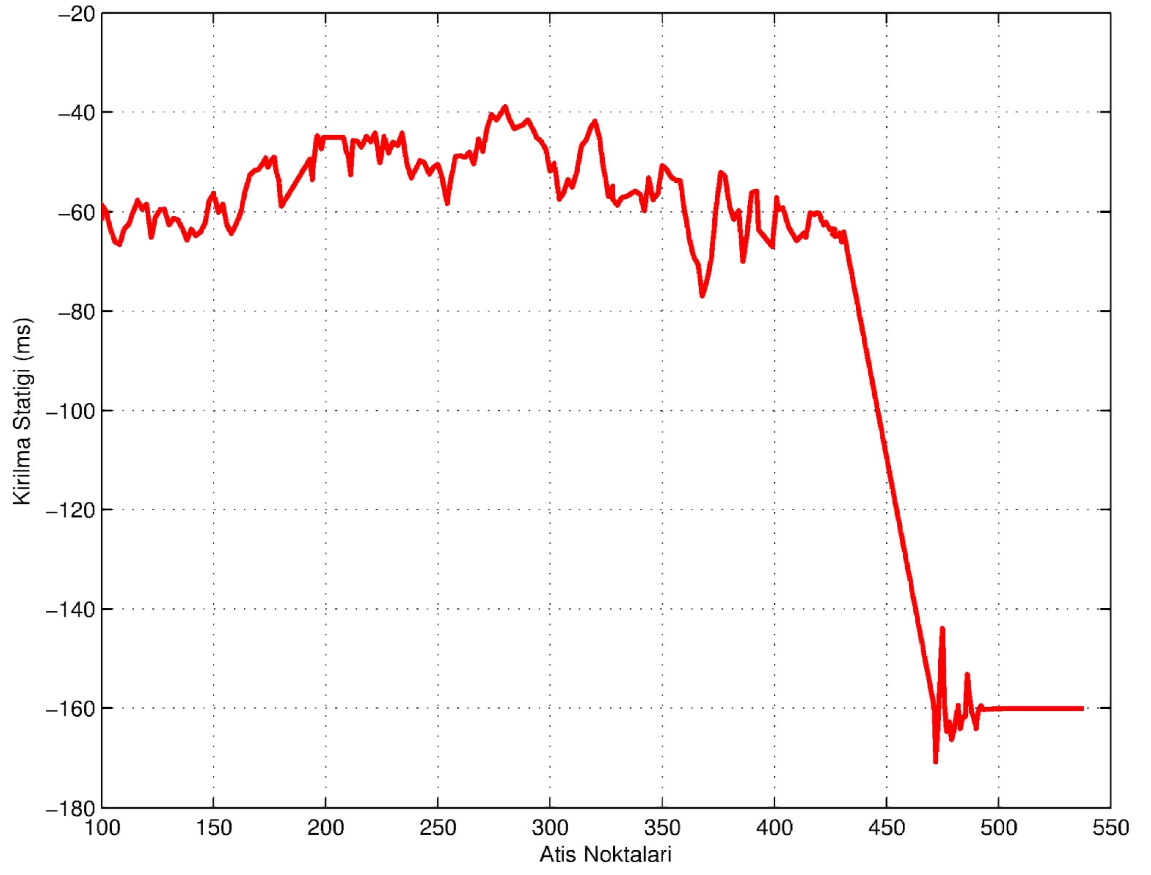
Şekil 4.15: Yansımaya verisi üzerinden ilk varışların okunması.



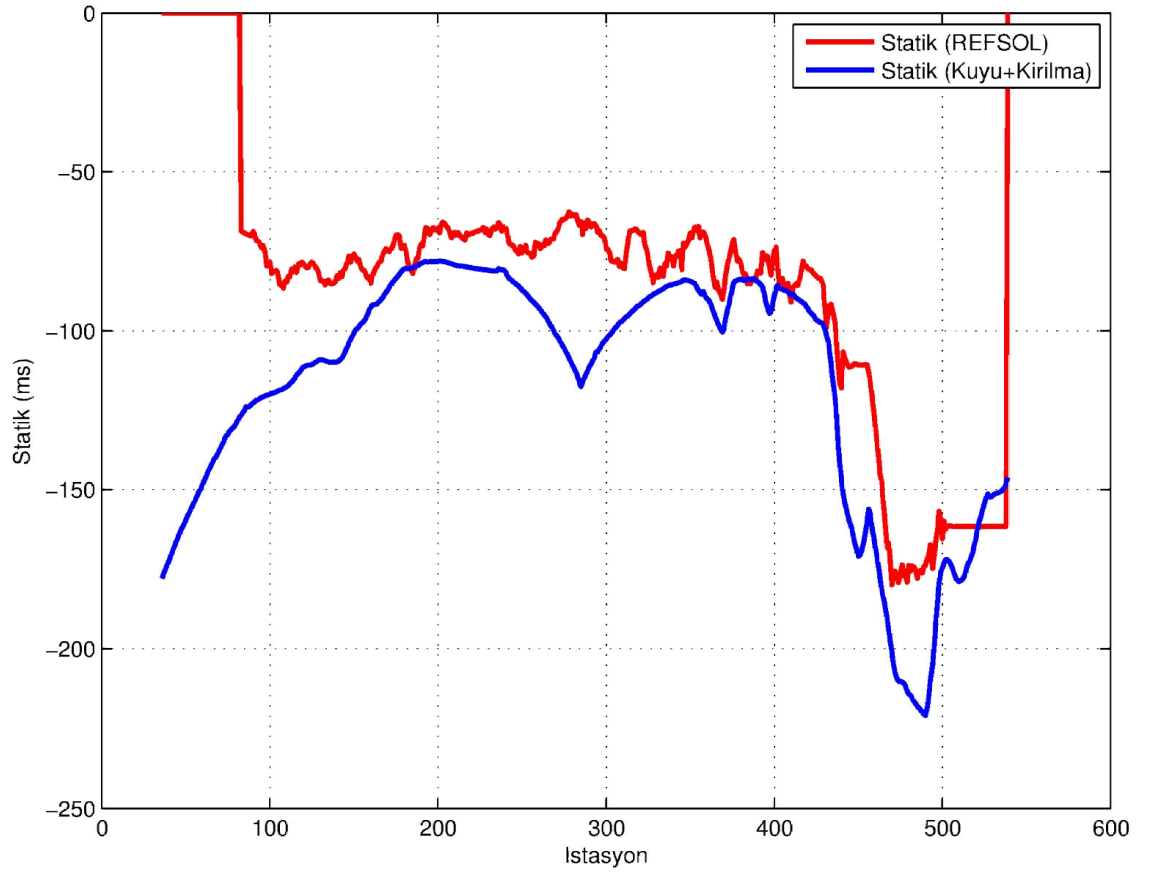
Şekil 4.16: Okunan varışlardan ofset mesafesine göre model kurulması.



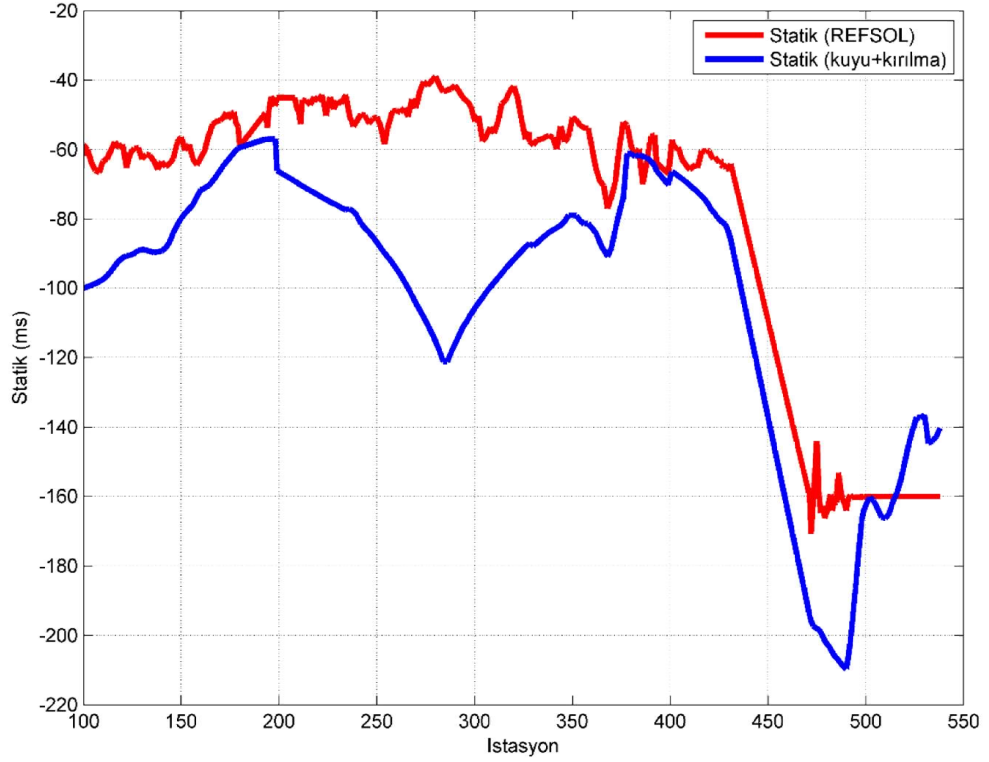
Şekil 4.17: REFSOL modülü ile hesaplanmış alıcı statik değerleri.



Şekil 4.18: REFSOL modülü ile hesaplanmış atış statik değerleri.



Şekil 4.19: REFSOL modülü ile kuyu+kırılma verisinden elde edilen statik değerlerinin karşılaştırması (alıcı).



Şekil 4.20: REFSOL modülü ile kuyu+kırılma verisinden elde edilen statik değerlerinin karşılaştırması (atış).

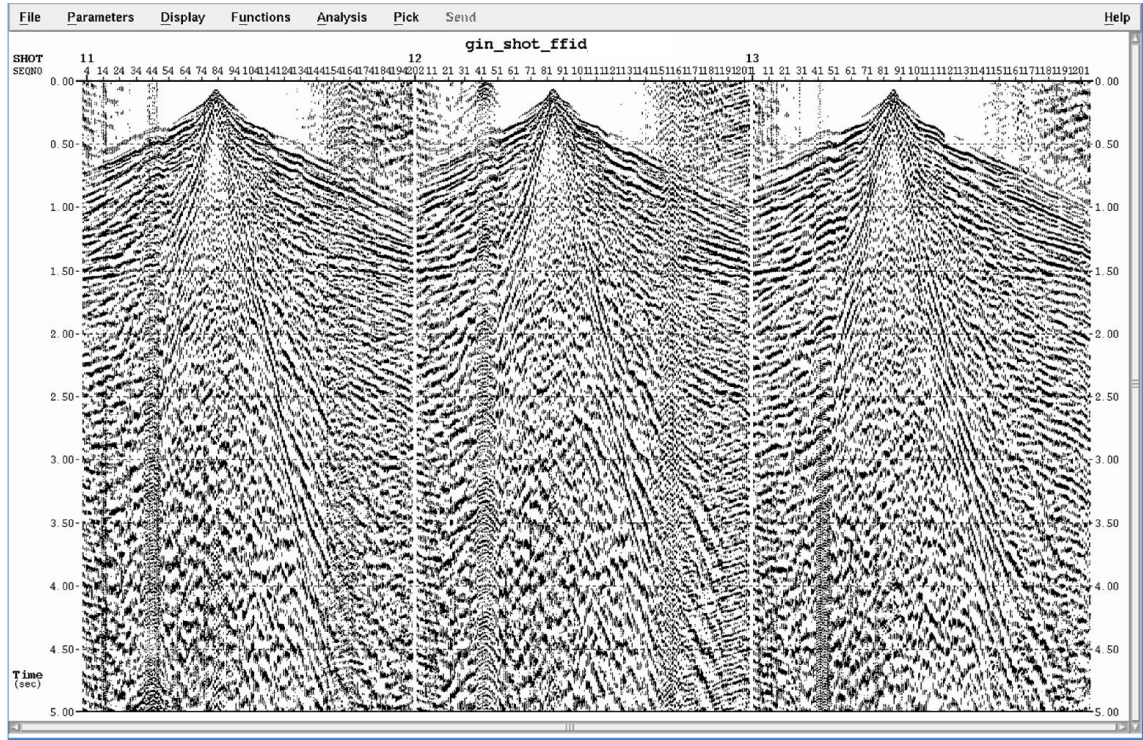
Şekil 4.13’de veri işlem merkezinde REFSOL modülü ile hesaplanan alıcı statik değerleri görülmektedir. Hattın son taraflarındaki kalitesiz veri yüzünden ilk varışlar okunamamış ve o kısım yeterli seviyede örneklenememiştir. REFSOL modülü ile kırılma + kuyu verisinden hesaplanmış statik değerlerinin karşılaştırıldığı şekil 4.15’de 200-300 istasyonları arasında oluşan fark yetersiz kuyu atışı verisi yüzünden olduğu tahmin edilmektedir.

4.5. TEMEL VERİ İŞLEM VE STATİKLERİN VERİYE UYGULANMASI

Kuyu atışı ve kırılma değerlerinden yakın yüzey modeli oluşturulup, datum statik değerleri hesaplandıktan sonra veri işlem esnasında sismik veriye uygulanır. Bu bölümde temel sismik veri işlem basamakları ile birlikte statik değerlerinin sismik veriye uygulanması ve sonuçlar gösterilecektir.

4.5.1. Ham Verinin Okutulması

Araziden gelen “segy” formatlı veri programda kullanabilmek üzere programın dahili formatına çevrilir. Bütün atışlar araziden gelen log bilgilerine göre okutulur ve tek tek kontrol edilir.

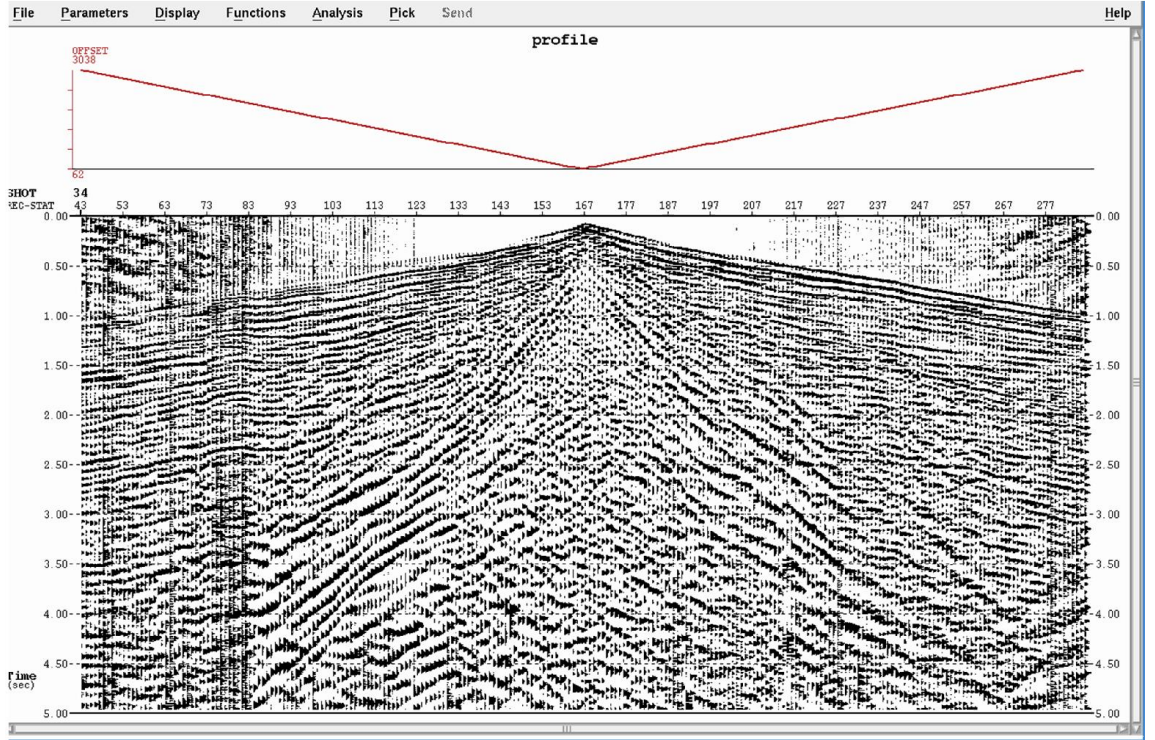


Şekil 4.21: Ham atış kaydı.

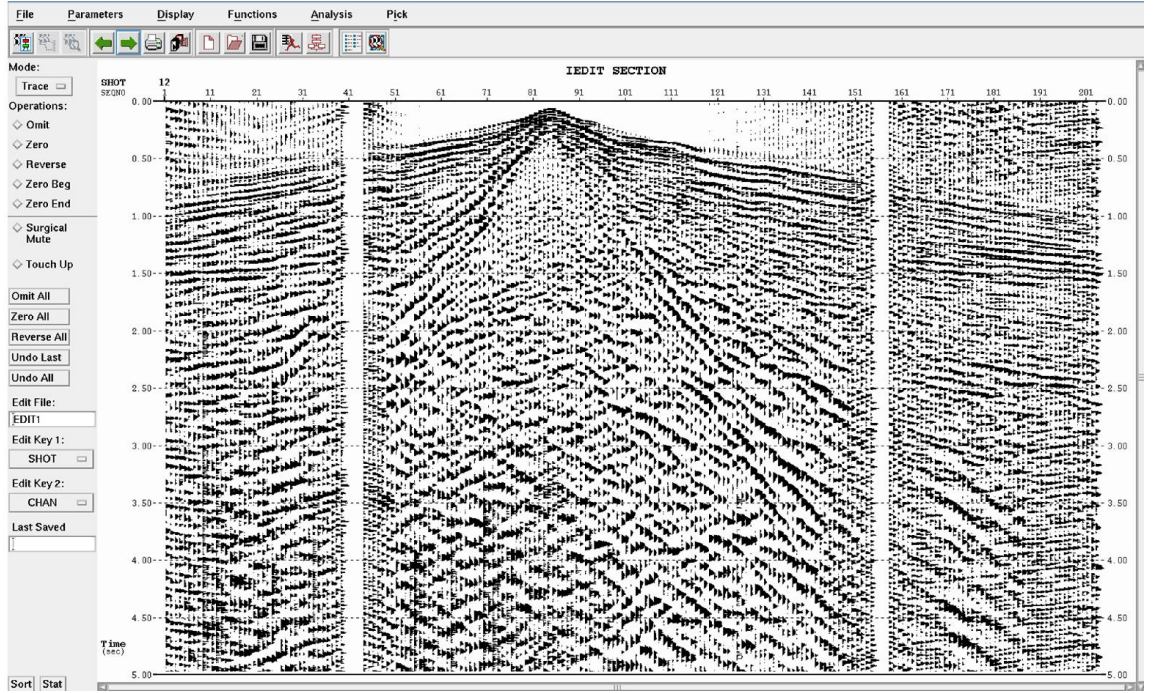
4.5.2. Geometri Yüklenmesi ve Kötü İzlerin Atılması

Atış kayıtları programa okutulduktan sonra araziden gelen koordinat bilgileri her bir ize eklenir. Geometri veri işlem için önemli bir adımdır. Hatalı geometri yüklenmesi bütün bilgilerin yanlış değerlendirilmesine neden olabilir. Geometri yüklendikten sonra programın sunduğu kalite kontrol modülleri kullanılarak test edilir. Özellikle ofset grafiği izlerin üzerine çizdirilerek düzenli bir geometri olup olmadığı kontrol edilir.

Daha sonra bozuk ve çok gürültülü izler veriden atılır. Bunun için Echos programının IEDIT adlı modülü kullanılır. Bu modülde ayrıca polaritenin düzeltilmesi gibi seçeneklerde bulunur.



Şekil 4.22: Geometri kontrolü ve izlerin ofset grafiği.



Şekil 4.23: Kötü izlerin veriden atılması.

4.5.3. Genlik Kazancı Uygulaması

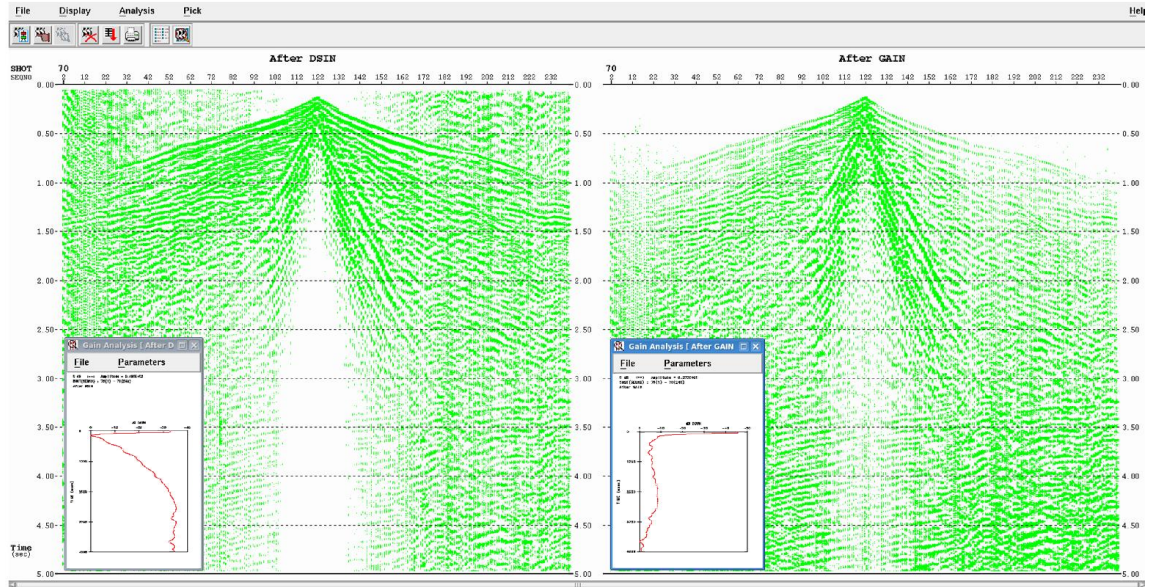
Bir atış kaydı tek bir atıştan ortaya çıkan dalga alanını temsil eder. Kavram olarak tek bir atış nokta kaynak olarak düşünülür ve küresel bir dalga alanı yaratır. Yeraltının yayılan bu dalga alanı üzerinde iki etkisi vardır (Yılmaz, 2001):

- Homojen bir ortamda, enerji yoğunluğu $1/r^2$ oranında azalır. Burada r dalga cephesinin çapıdır. Dalga genliği ise enerji yoğunluğunun karekökü oranında $1/r$, azalır. Pratikte, hız derinlikle artar, bu da derinlikle birlikte daha fazla olarak dalga cephesinde iraksamaya ve genliklerde azalmaya neden olur.
- Başlangıç kaynak sinyalinin frekans içeriği dalga yayıldıkça değişir. Pratikte, yüksek frekanslar düşük frekanslara göre daha hızlı soğurur. Bu durum kayaçların doğası gereği meydana gelir.

Küresel dalga cephesinin çapının bir fonksiyonu olarak, dalga genliğinin azalmasını tarif eden $1/r$ değeri soğurulma olmayan homojen ortamlar için geçerlidir. Tabakalı bir yeraltı için genlik azalımı yaklaşık olarak $1/[v^2(t)t]$ olarak açıklanabilir (Newman, 1973). Burada, t gidiş-dönüş zamanını ve $v(t)$ çalışma alanı boyunca birincil

yansımaların ortalama karekök hızını göstermektedir. Böylece, geometrik yayılım telafisi için genlik kazancı fonksiyonu $g(t) = \frac{v^2(t)t}{v_0^2 t_0}$ olarak tanımlanır. Burada, v_0 , t_0 zamanındaki hızdır.

Tekrarlı yansımaların genliklerinin gereğinden fazla düzeltilmesinden sakınmak için hızdan bağımsız dengeleme fonksiyonu $g(t) = t^\alpha$, denklemini kullanılır. α genelde 2 olarak seçilir ve geometrik yayılma düzeltmesi olarak kullanılır. Bu uygulamada α 1.6 olarak kullanılmıştır.

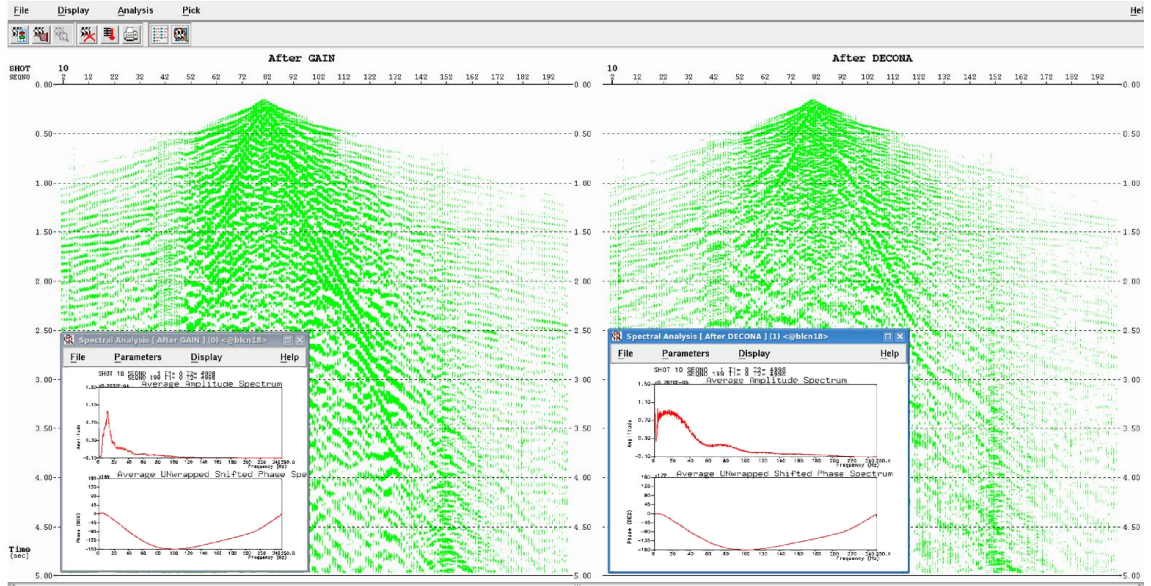


Şekil 4.24: Genlik kazancı uygulaması ve atış kaydının zamanla değişen genlik gösterimi.

4.5.4. Dekonvolüsyon

Dekonvolüsyon kaydedilmiş sismogramdaki temel dalgacığı sıkıştırarak, tekrarlı yansımaları bastırır, böylece zamansal çözünürlüğü artırarak yeraltının sunumunu sağlar. Bu işlem normalde yığma öncesi uygulanır fakat, yığma uygulanmış veriye de uygulanabilir. Dekonvolüsyonu anlamak için kaydedilmiş sismik izin bileşenlerine bakmamız gerekir. Yeraltı farklı litolojilerde ve fiziksel özelliklerdeki kayalardan oluşmuştur. Sismiksel olarak, kayaç tabakaları, dalgaların içinde yayıldıkları, hız ve yoğunluk ile tanımlanır. Hız ve yoğunlukların çarpımı sismik empedans olarak

açıklanır. Art arda gelen tabakalar arasındaki empedans kontrastı yeryüzü profili boyunca kayıt edilmiş yansımalara neden olur. Kaydedilmiş sismogram yerin tepki cevabı ile sismik dalgacığın evrişimi olarak modellenenir. Eğer dalgacık olarak birim fonksiyon kullanılırsa ki pratikte mümkün değildir, cevap olarak yerin tepki cevabı elde edilirdi. İdeal olarak, dekonvolüsyon dalgacık bileşenlerini sıkıştırılmalı, tekrarlı yansımaları elemine etmeli ve izde sadece yeraltının yansımalarını bırakmalıdır. Dalgacık sıkıştırması dekonvolüsyon operatörü olarak ters filtre kullanılarak yapılabilir. Bir ters filtre sismik dalgacıkla evriştiği zaman onu birim fonksiyona çevirir (Yılmaz, 2001).



Şekil 4.25: Dekonvolüsyon uygulaması ve frekans bandının gösterimi.

4.5.5. Ortak Derinlik Noktası ve Yığma

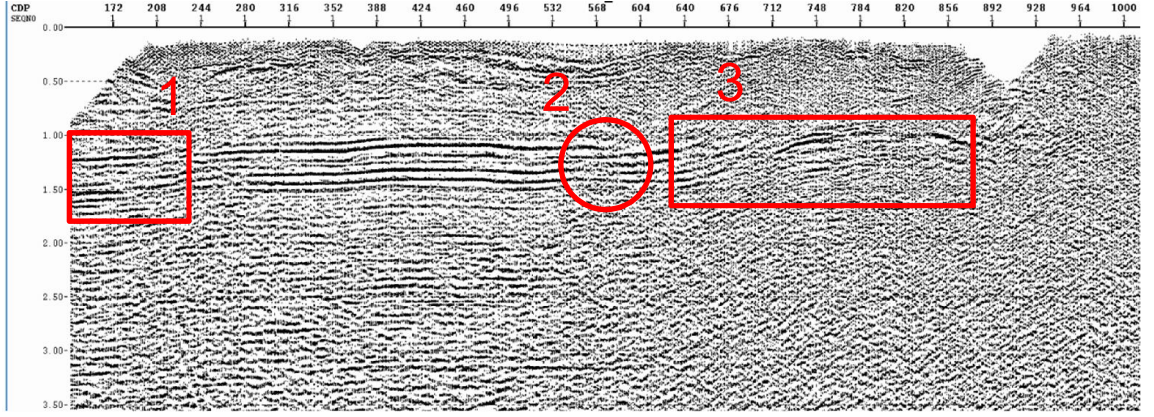
Sismik veri, çok katlamalı olarak atış-alıcı koordinatları ile toplanır. Sismik veri işlem ise, yaygın olarak orta nokta-ofset koordinatları ile yapılır. Gerekli koordinat dönüşümü, veriyi ortak orta noktaya sıralayarak gerçekleştirilir. Saha geometri bilgisine dayanarak, her bir iz, kendisiyle ilgili olan atış ve alıcının orta noktasına atanır. Aynı orta noktada olan bu izler birlikte gruplandırılır. Bu gruplardan yığma hızları seçilerek aynı noktadaki izler seçilen hızlar kullanılarak düzeltilir ve cebirsel olarak toplanıp o noktaya ait tek bir izi oluştururlar. Buradaki amaç sinyal/gürültü oranını arttırmaktır (Yılmaz, 2001).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

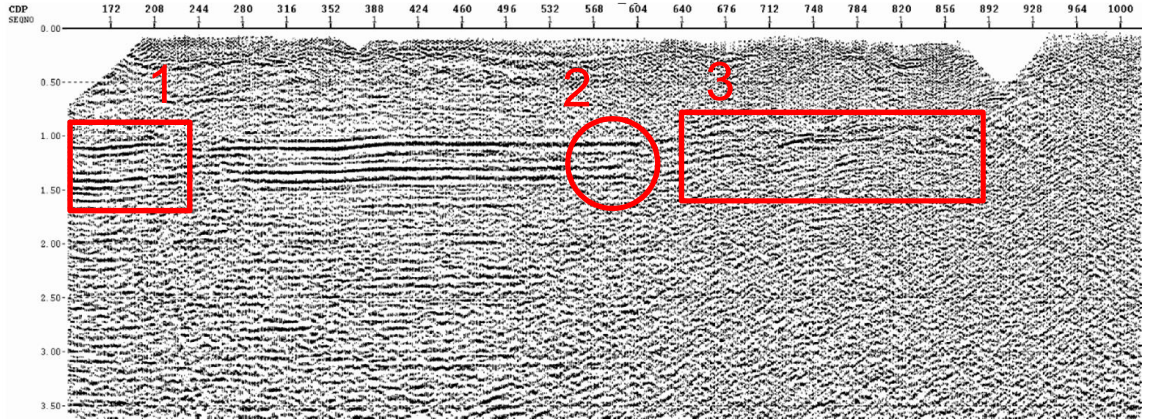
4. bölümde verilen değerler ile toplanmış sismik yansıma verisine temel veri işlem adımları ve statik düzeltme uygulanmış, bu veriden üç ayrı kesit elde edilmiştir.

Şekil 5.1’de sismik yansıma verisi üzerinden okunan ilk varışlardan, REFSOL modülü ile hesaplanmış statik değerlerinin uygulandığı sismik kesit görülmektedir. Şekil 5.2’de arazide yapılan kuyu atışları ve kırılma yöntemi ile elde edilen bilgilerden kurulan yakın yüzey modelinden, ekte verilen matlab programı ile datum statik düzeltmesi hesaplanmış ve sismik veriye uygulanmıştır. Şekil 5.3’de ise statik düzeltmesinin uygulanmadığı veri görülmektedir.

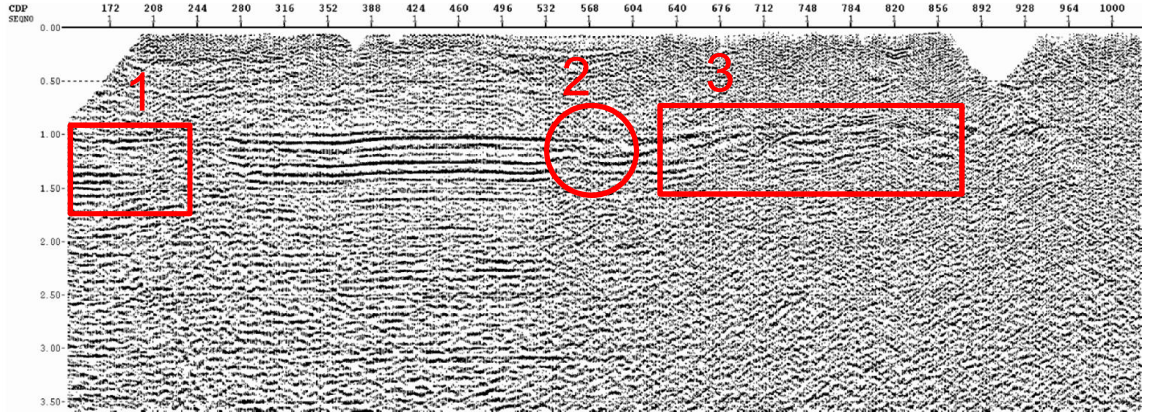
Şekillerde işaretlenmiş kısımlarda statik uygulanan ve uygulanmayan kesitler arasında ciddi farklar görülmektedir. 1 ve 2 numaralı kısımda görülen seviyelerde, statik uygulanmamış veride ciddi şekilde bozulmalar görülmüştür. 3 numaralı kısımda ise statik uygulanmamış veride bozulmalar meydana gelirken, arazide elde edilen zamanlardan kurulan modelden hesaplanan statik değerleri uygulanmış veri de çok iyi sonuç vermemiştir. 3 numaralı bölgede REFSOL modülü ile daha iyi sonuç alınırken, 2 numaralı bölgede arazide elde edilen zamanlardan kurulan modelden hesaplanan statik değerleri daha iyi sonuç vermiştir. Oluşan bu farklılıkların nedeni olarak yakın yüzeyin ani değişimine karşılık, yansıma varışlarının gürültü nedeniyle çok iyi okunamaması, bu gürültüden dolayı kurulan modelde hata oranlarının biraz daha yüksek çıkması ve bu bölgenin daha iyi örneklenememesi gösterilebilir. Yakın yüzeyin ani değiştiği bölgede yapılan sismik kırılma çalışmalarının yanı sıra ek olarak kuyu atışı çalışmasının yapılması, bu bölgedeki yakın yüzey değişiminin daha iyi örneklenmesine yardımcı olacaktır.



Şekil 5.1: Yansıma verisinden okunan kırılma varışlarından REFSOL ile hesaplanan statığın veriye uygulanması.



Şekil 5.2: Arazideki kuyu atışı ve kırılma çalışmaları zamanlarından elde edilen modelden hesaplanan statik değerlerinin veriye uygulanması.



Şekil 5.3: Statik uygulanmamış veri.

Sismik ışın yer altında tüm yönlere doğru ilerlerken, datum statik düzeltmesi tanımının altında yatan varsayım, yakın yüzey boyunca ışın yolunun düşey olmasıdır. Bu durum çoğu zaman iyi bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar. Daha doğru yaklaşımlar elde etmek için dalga denklemi kullanılan yöntemler incelenebilir (wave equation downward-continuation, datuming).

Kuyu atışı çalışmalarında sismik yansıma yöntemi uygulanacak saha için program başında temsili olarak birkaç tane 100 – 150 m derinlikte kuyular açılmalı ve tüm bölge için açılacak kuyu derinlikleri buna göre karar verilmelidir. Kuyu atışı yönteminde elde edilen düzeltme hızı kuyunun maksimum derinliğindeki hızdır. Bu derinlikten datum seviyesine kadar olan kısım için bu hız sabit kabul edilmektedir. Bu nedenden dolayı datum seviyesinin, bu derinlik ile arasındaki yükseklik farkı çok fazla olmamalıdır.

Eğer arazide sismik kırılma yapılacak ise, uygun yazılımlar ve tomografi yöntemi kullanılarak, yakın yüzeyin yanal değişimi elde edilmeli ve kuyu atışı bilgileri ile birlikte kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akan, M.* and Kanli, A, İ., 2011, Integration of Vertical Seismic Profiling (VSP) and Well Log Data in Seismic Reflection Survey, *6th Congress of the Balkan Geophysical Society*, 3-6 October 2011 Budapest-Hungary, Conference Proceedings, R34, 5 Pages. *(Awarded as: Best Junior Author of the BGS2011 Congress).
- Cetinkaya, M. And Kanlı, A., I., 2011, Enrichment of Data Quality by Using Check-shot and Sonic Log Data in Seismic Reflection Survey, *6th Congress of the Balkan Geophysical Society*, 3-6 October 2011 Budapest-Hungary, Conference Proceedings, R26, 5 Pages.
- Cox, M., 1999, *Static Corrections for Seismic Reflection Survey*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, ISBN: 931830-47-8.
- Gardner, L. W., 1939a, *An Areal Plan of Mapping Subsurface Structure by Refraction Shooting*, Geophysics, V. 4, p. 247 – 259.
- Gardner, L. W., 1939b, *Seismograph Prospecting: United States Patent*, Geophysics, V. 4, p. 313.
- Karcher, J. C., 1987, *The Reflection Seismograph: Its Invention and Use in the Discovery of Oil and Gas Fields*, The Leading Edge, No. 11, p. 10 – 19.
- Leet, L. D., 1938, *Practical Seismology and Seismic Prospecting*, in Mather, K. F., Ed., *The Century Earth Science Series*, Appleton-Century-Crofts, Inc.
- Marsden, D., 1993, *Static Corrections – A Review*, The Leading Edge, V. 12, N. 1, p. 43 – 49.
- McDermott, E., 1931, *Application of Seismography to Geological Problems*, AAPG Bull, No. 15, p. 1311 – 1334.
- Newman, P., 1973, *Divergence Effects in a Layered Earth*, Geophysics, V. 38, p. 481-488.
- Salvatori, H., and Walling, D., 1937, *Method of Making Weathering Corrections in Seismic Surveying*, United States Patent 2 087 120.
- Schneider, W. A., 1971, *Developments in Seismic Data Processing and Analysis*, Geophysics, V. 36, p. 1043 – 1073.
- Sheriff, R. E., 1991, *Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics*, Society of Exploraiton Geophysicists.

Weatherby, B. B., 1940, *The History and Development of Seismic Prospecting*, Geophysics, V. 5, p. 215 - 230.

Yılmaz, O., 2001, *Seismic Data Analysis*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, ISBN: 978-1-56080-094-1.

EKLER

EK 1. Datum Statik Hesabı Yapan Matlab Kod Parçası

```
receiver_station = receiver(:,1);  
  
receiver_elev = receiver(:,4);  
  
shot_station = shot(:,1);  
  
shot_elev = shot(:,4);  
  
shot_depth = shot(:,5);  
  
model_station = model(:,1);  
  
model_v1 = model(:,2);  
  
model_d1 = model(:,3);  
  
model_v2 = model(:,4);  
  
model_d2 = model(:,5);  
  
model_v3 = model(:,6);  
  
model_d3 = model(:,7);  
  
model_vcor = model(:,8);  
  
  
  
nearsurface_v1 = interp1(model_station,model_v1,receiver_station,'linear');  
nearsurface_d1 = interp1(model_station,model_d1,receiver_station,'linear');  
nearsurface_v2 = interp1(model_station,model_v2,receiver_station,'linear');  
nearsurface_d2 = interp1(model_station,model_d2,receiver_station,'linear');  
nearsurface_v3 = interp1(model_station,model_v3,receiver_station,'linear');  
nearsurface_d3 = interp1(model_station,model_d3,receiver_station,'linear');  
nearsurface_vcor = interp1(model_station,model_vcor,receiver_station,'linear');
```

```

for i = 1:length(receiver_station)
    if isnan(nearsurface_v1(i))
        nearsurface_v1(i) = model_v1(1);
        nearsurface_d1(i) = model_d1(1);
        nearsurface_v2(i) = model_v2(1);
        nearsurface_d2(i) = model_d2(1);
        nearsurface_v3(i) = model_v3(1);
        nearsurface_d3(i) = model_d3(1);
        nearsurface_vcor(i) = model_vcor(1);

    else
        break;
    end
end
for i = length(receiver_station):-1:1
    if isnan(nearsurface_v1(i))
        nearsurface_v1(i) = model_v1(length(model_v1));
        nearsurface_d1(i) = model_d1(length(model_d1));
        nearsurface_v2(i) = model_v2(length(model_v2));
        nearsurface_d2(i) = model_d2(length(model_d2));
        nearsurface_v3(i) = model_v3(length(model_v3));
        nearsurface_d3(i) = model_d3(length(model_d3));
        nearsurface_vcor(i) = model_vcor(length(model_vcor));

    else
        break
    end
end

```

end

weath_cor1_rec = (nearsurface_d1 ./ nearsurface_v1) * 1000;

weath_cor2_rec = ((nearsurface_d2 - nearsurface_d1) ./ nearsurface_v2) * 1000;

weath_cor3_rec = ((nearsurface_d3 - nearsurface_d2) ./ nearsurface_v3) * 1000;

e_z_d_rec = receiver_elev - nearsurface_d3 - datum;

elev_cor_rec = (e_z_d_rec ./ nearsurface_vcor) * 1000;

receiver_static = -(weath_cor1_rec + weath_cor2_rec + weath_cor3_rec +
elev_cor_rec);

for i = 1:length(shot_station)

 a = find(receiver_station == shot_station(i));

 shot_vcors(i) = nearsurface_vcor(a);

 shot_nearsurface_v1(i) = nearsurface_v1(a);

 shot_nearsurface_d1(i) = nearsurface_d1(a);

 shot_nearsurface_v2(i) = nearsurface_v2(a);

 shot_nearsurface_d2(i) = nearsurface_d2(a);

 shot_nearsurface_v3(i) = nearsurface_v3(a);

 shot_nearsurface_d3(i) = nearsurface_d3(a);

end

weath_cor1_shot = zeros(length(shot_station),1);

```
weath_cor2_shot = zeros(length(shot_station),1);
```

```
weath_cor3_shot = zeros(length(shot_station),1);
```

```
elev_cor_shot = zeros(length(shot_station),1);
```

```
for i = 1:length(shot_station)
```

```
    if shot_depth(i) < shot_nearsurface_d1(i)
```

```
        weath_cor1_shot(i) = ((shot_nearsurface_d1(i) - shot_depth(i)) /  
shot_nearsurface_v1(i)) * 1000;
```

```
        weath_cor2_shot(i) = ((shot_nearsurface_d2(i) - shot_nearsurface_d1(i)) /  
shot_nearsurface_v2(i)) * 1000;
```

```
        weath_cor3_shot(i) = ((shot_nearsurface_d3(i) - shot_nearsurface_d2(i)) /  
shot_nearsurface_v3(i)) * 1000;
```

```
        elev_cor_shot(i) = ((shot_elev(i) - shot_nearsurface_d3(i) - datum) /  
shot_vcors(i)) * 1000;
```

```
    elseif shot_depth(i) >= shot_nearsurface_d1(i) && shot_depth(i) <  
shot_nearsurface_d2(i)
```

```
        weath_cor1_shot(i) = 0;
```

```
        weath_cor2_shot(i) = ((shot_nearsurface_d2(i) - shot_depth(i)) /  
shot_nearsurface_v2(i)) * 1000;
```

```
        weath_cor3_shot(i) = (shot_nearsurface_d3(i) / shot_nearsurface_v3(i)) *  
1000;
```

```
        elev_cor_shot(i) = ((shot_elev(i) - shot_nearsurface_d3(i) - datum) /  
shot_vcors(i)) * 1000;
```

```
    elseif shot_depth(i) >= shot_nearsurface_d2(i) && shot_depth(i) <  
shot_nearsurface_d3(i)
```

```
        weath_cor1_shot(i) = 0;
```

```
        weath_cor2_shot(i) = 0;
```

```
        weath_cor3_shot(i) = ((shot_nearsurface_d3(i) - shot_depth(i)) /  
shot_nearsurface_v3(i)) * 1000;
```

```
        elev_cor_shot(i) = ((shot_elev(i) - shot_nearsurface_d3(i) - datum) /  
shot_vcors(i)) * 1000;
```

```
else
    weath_cor1_shot(i) = 0;
    weath_cor2_shot(i) = 0;
    weath_cor3_shot(i) = 0;
    elev_cor_shot(i) = ((shot_elev(i) - shot_depth(i) - datum) / shot_vcors(i)) *
1000;
end
end

shot_static = -(weath_cor1_shot + weath_cor2_shot + weath_cor3_shot +
    elev_cor_shot);
```

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Kenan ERDOĞAN
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	1983, Ankara
Telefon	0533 721 65 45
E-mail	kerdogan@tpao.gov.tr
Web adres	

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/Jeofizik Mühendisliği Anabilim dalı /Jeofizik Mühendisliği Bölümü	2014
Lisans	Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği	2010
Lise	Ankara İbn-i Sina Lisesi	1999