



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

**SİSMİK YÖNTEMLER ile ZEMİN  
PROBLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI,  
BATMAN İLİ ÖRNEKLERİ**

**Emrullah ŞUVAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kasım-2019**  
**BATMAN**  
**Her Hakkı Saklıdır.**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Emrullah ŞUVAK tarafından hazırlanan 'Sismik Yöntemler ile Zemin Problemlerinin Araştırılması, Batman İli Örnekleri' adlı tez çalışması 22/11/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

**Başkan**  
Prof.Dr.Ferhat ÖZÇEP

**Danışman**  
Dr.Öğr.Üyesi Nuray ALPASLAN

**Üye**  
Dr.Öğr.Üyesi Salih DİNÇ

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

  
Prof. Dr. Sünaz TIGREK  
VEB Müdürü

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) Koordinasyon birimi tarafından, BTÜBAP-2016-Yüksek Lisans-16 no'lu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Emrullah ŞUVAK  
BATMAN-2019

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS

### SİSMİK YÖNTEMLER ile ZEMİN PROBLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, BATMAN İLİ ÖRNEKLERİ

**Emrullah ŞUVAK**

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Nuray ALPASLAN**

**2019,113 Sayfa**

**Jüri**

**Danışman Dr. Öğr.Üyesi Nuray ALPASLAN  
Prof.Dr. Ferhat ÖZÇEP  
Dr.Öğr.Üyesi Salih DİNÇ**

Bu tez çalışmasında, Batman ili kent merkezindeki yeraltı yapısı ve kent genelindeki zemin problemlerinin ortaya çıkarılması amacıyla, sismik yöntemler kullanılarak ölçümler alınmış elde edilen sismik modeller ve kesitler değerlendirilmiştir. Kent merkezinin zemin durumu ve zemindeki zayıf dayanımları oluşturan fay, çökme, karstik boşluklar ve gevşek birimler ile ilgili yeni bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada geoteknik problemlerin çözümünde önemli bir yeri olan ve mühendislik amaçlı zemin etütlerinde yaygın olarak kullanılan sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi yapay kaynak (MASW) yöntemleri ile aletsel ölçümler alınarak, yeraltının yapısı, fiziksel özellikleri ve jeolojik problemleri araştırılmıştır. Sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi yapay kaynak (MASW) yöntemleri ile yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızlar ve gerçek tabaka kalınlıkları tespit edilerek değerlendirilip yorumlanmıştır. İnceleme alanında zemin özelliklerinin anlaşılması ve tabakalarının sınırlarının belirlenmesi için sismik yöntemler kullanılarak sismik kırılma, sismik yansıma ve Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) çalışmaları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Batman, Fay, Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW), Sismik yansıma, Zemin

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **EXAMINING SURFACE PROBLEMS with SEISMIC METHODS, BATMAN PROVINCE EXAMPLES**

**Emrullah ŞUVAK**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE  
OF BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN GEOLOGY ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Nuray ALPASLAN**

**2019,113 Pages**

#### **Jury**

**Advisor Asst. Prof. Dr. Nuray ALPASLAN  
Prof.Dr. Ferhat ÖZÇEP  
Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ**

In this thesis study, calculations were made by using seismic methods and obtained seismic models and sections were evaluated in order to reveal the underground structure of Batman province city center and the surface problems in the city. It was aimed to learn new information on the surface condition of the city center and fault, collapse, carstic spaces and loose units that form the weak resistances of the surface.

In this study, underground structure and its physical properties were evaluated together with geological problems by making instrumental measurements with seismic refraction and multi-channel analysis of surface waves (MASW) methods which play an important role in solving geotechnical problems as well as widely used in the surface studies for engineering purposes. Seismic velocity and actual thickness of the layers were horizontally and vertically determined with seismic refraction and multi-channel analysis of surface waves (MASW) methods. Seismic refraction, seismic reflection and Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MASW) studies were carried out with seismic methods in order to learn more about the surface properties and layer limits of the survey site.

**Key words:** Batman, Fault,Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW), Seismic reflection,Soil

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilimsel katkısını ve tecrübesini esirgemeyen, desteğini her daim hissettiğim çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr.Üyesi Nuray ALPASLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmasının hazırlanma aşamasında maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen aileme teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Emrullah ŞUVAK  
BATMAN-2019

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1.Amaç ve Kapsam	
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL ve METOT.....</b>	<b>4</b>
3.1. Sismik Yöntemler .....	5
3.2. Sismik Kırılma Yöntemi .....	6
3.3. Sismik Yöntemden Elde Edilen Elastik Parametreler.....	7
3.3.1.Elastisite (Young) Modülü.....	7
3.3.2. Poisson Oranı .....	8
3.3.3. Kayma (Rijidite) Modülü.....	9
3.3.4. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü.....	9
3.4. Sismik Yansıma Yöntemi .....	10
3.4.1. Sismik Dalgalar .....	11
3.4.2. Snell Yasası.....	15
3.4.3. Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi.....	16
3.4.3.1. Ara Yüzeyde Enerji Dağılımı .....	17
3.4.4. Sismik Kesitlerdeki Düzeltmeler .....	19
3.4.4.1. Dinamik düzeltme (NMO).....	19
3.4.4.2. Statik Düzeltme.....	19
3.4.4.3. CDP .....	20
3.4.4.4. Fold (Katlama) .....	21
3.4.4.5. Fresnel Zonu .....	22
3.4.5. Hız Analizi .....	23
3.4.5.1. Ara Hız .....	24
3.4.5.2.Ortalama Hız .....	25
3.4.5.3. Normal Zaman Kayması (NMO Hızı) .....	25
3.4.5.4. RMS Hızı (Root Mean Square Velocity).....	26
3.4.5.5. Sismik Göç İşlemi (Migrasyon).....	26
3.4.6. MASW (Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi) Yöntemi.....	27
<b>4. TARTIŞMA ve BULGULAR.....</b>	<b>30</b>

4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi ve Tektonik Gelişimi.....	30
4.1.1. Hoya Formasyonu (Midyat Kireçtaşı) .....	32
4.1.2. Germik Formasyonu .....	33
4.1.3. Şelmo Formasyonu .....	33
4.2. Esentepe ve Gültepe Bölgesinde Yapılan Jeolojik ve Jeofizik Çalışmalar .....	33
4.2.1. Arazi Araştırmaları ve Jeoteknik Amaçlı Sondajlar .....	34
4.2.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analizler .....	36
4.2.3. İnceleme Alanında Yapılan Sismik Yöntem Çalışmaları .....	37
4.3.1. Dispersiyon Eğrisine Ters Çözüm Uygulanarak S-Dalga Hızının ve Yeraltı Yapısının Belirlenmesi .....	58
4.3.2. İki Boyutlu -MASW Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW).. .....	59
4.4. Bahçelievler Mahallesi Bölgesinde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	62
4.4.1. Dispersiyon Eğrisine Ters Çözüm Uygulanarak S-Dalga Hızının ve Yeraltı Yapısının Belirlenmesi .....	67
4.4.2. İki Boyutlu Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) .....	68
4.4.3. İnceleme Alanında Yapılan Sıvılaşma Analizi .....	70
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>74</b>
5.1. Öneriler .....	76
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>78</b>
<b>EK-1 JEOTEKNİK LOGLAR .....</b>	<b>84</b>
<b>EK-2 LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI .....</b>	<b>87</b>
<b>EK-3 JEOFİZİK (SİSMİK ÇALIŞMA) .....</b>	<b>87</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>103</b>



## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler

$E_d$  : Young Modülü

$G$  : Kayma Modülü

Hz : Hertz

$K$  : Bulk Modülü

LL : Likit Limit

PL : Plastik Limit

$V_p$  : Boyuna Dalga Hızı

$V_s$  : Kayma Dalga Hızı

$V_{s30}$  : 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızı

$V_p/V_s$  : Sismik hız oranı (Sıklık)

$I_p$  : Plastisite İndisi

$\lambda$  : Elastik sabit dalga boyu

$\mu$  : Sıkışmazlık

$\gamma_n$  : Doğal birim hacim ağırlığı

$\nu$  : Poisson

$\omega$  : Su içeriği

$\rho$  : Yoğunluk

### Kısaltmalar

BZKK : Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı

DAF : Doğu Anadolu Fayı

DSİ : Devlet Su İşleri

EUROCODE 8 : Design of Structures for Earthquake Resistance

GAB : Güneydoğu Anadolu Bindirmesi

KAF	:Kuzey Anadolu Fayı
MASW	:Multi Channel Analysis of Surface Waves
MTA	:Maden Tetkik Arama
SPT	:Standart Penetrasyon Testi
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
UBC	:Uniform Building Code
UD	:Örselenmemiş Numune



## 1. GİRİŞ

Son yıllarda yerleşim alanlarında ya da yerleşime açılması planlanan alanlardaki yeraltı yapısının belirlenmesinde sismik yöntemlerin önemi daha da artmıştır. Jeofizik yöntemlerden sismik yöntemler çevre, mühendislik ve farklı jeolojik problemleri araştırmak amaçlı kullanılmaktadır. Yeraltındaki jeolojik yapıların aranmasında en çok başvurulan ve en yaygın jeofizik yöntemlerin biri de sismik prospeksiyon yöntemleridir.

Yapıların inşa edilmesi, zemindeki dengenin bozulması yönünde hareketsiz bir duruma müdahale anlamına gelir. Bu müdahale sonucunda temel zemininde var olan denge bozulur. Yeni durum karşısında yeniden denge kurulması için zeminde bazı değişiklikler ortaya çıkar. Bu değişiklikler sonucunda, temel zemini davranış ve karakterinin tam olarak anlaşılabilmesi için, fiziksel özelliklerinin doğru tespit edilmesi gerekir. Ayrıca yapı sisteminden gelen yeni yükler zeminde stabilite güvenliğinin kontrolünü gerektirir. Böylece yapı sisteminin güvenlik altına alınması ve zararlardan kaçınılması sağlanabilir.

Katı-sıvı-gaz fazının bir arada bulunması, katı daneciklerin çok farklı boyut, şekil, fiziksel ve kimyasal yapıda olabilmesi zemini diğer malzemelerden farklı ve zor kılar. Zeminin bu denli değişken karakterde olması farklı yöntemlerle araştırılması ihtiyacını doğurmuştur.

Ağır bir cisim yere vurarak veya dinamit patlatma ile meydana gelen sarsıntıyı, atış noktasından belirli uzaklıklarda yerleştirilen alıcılar (jeofon) ve kayıtçılarla kayıt ederek yeraltının yapısını çıkarma işlemi sismik prospeksiyon olarak tanımlanır. Yerkabuğu hız, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri farklı kayalardan oluşan tabakalardan meydana gelmiştir. Yeryüzünde veya yüzeye yakın noktalarda üretilen elastik dalgaların yer altındaki tabakaların ara yüzeylerinde yansıma ve kırılmaları ile, bu tabakaların sismik dalga hızları, derinlikleri, ara yüzeylerinin topoğrafik özellikleri elde edilebilmektedir. Sismik yöntemler, baraj, yol gibi mühendislik yapılarının inşasında temel kaya derinliğinin belirlenmesinde de önemlidir. Sismik yöntemlerin diğer yöntemlere göre avantajı ise yüksek doğruluk, yüksek çözüm gücü ve sahip olduğu büyük nüfuz derinliğidir (Öztürk, 1993).

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamındaki bu çalışmayla, Batman ili kent merkezinde yeraltı yapısının ortaya çıkarılması amacıyla jeofizik, jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın kapsamında sismik yöntem kullanılarak elde edilen sismik modeller ve kesitler değerlendirilip yorumlanarak, kent merkezinin zemin durumu ve zemindeki zayıf dayanımları oluşturan fay, çökme, karstik boşluklar ve gevşek birimler ile ilgili yeni bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır. Bu tezde, Batman ili kent merkezini kapsayan potansiyel yerleşim alanı; yer bilimsel veriler ışığında değerlendirilerek, olası mühendislik problemler belirlenip, alanın arazi kullanımı ve yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılarak irdelenecektir. Çalışmada geoteknik problemlerin çözümünde önemli bir yeri olan sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi yapay kaynak (MASW) yöntemleri kullanılarak aletsel ölçümler alınarak, yeraltının yapısının ve fiziksel özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın sonucunda tüm inceleme alanından elde edilen veriler, her bir ölçü noktası için, ölçüm yerlerinin koordinatları, ölçü ham değerleri, alınan ölçüm sonuçları, elde edilen sonuçlardan oluşturulan haritalar, tüm tablo, kesit ve grafikler yorumlarıyla birlikte sayısal ve grafiksel olarak veriler ve jeofizik çalışmalar yorumlanarak tartışmaya sunulmuştur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Batman ili, son yıllarda ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda oldukça gelişme kaydettiğinden kentin zemini, depremselliği ile ilgili Batman ve çevresinde farklı kuruluşlarca birçok ayrıntılı jeolojik ve jeofizik etüt çalışmaları yapılmıştır. Petrol üretim bölgesi oluşu nedeni ile TPAO tarafından jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmıştır. 1991 yılında Gap Mahallesiinde oluşan çöküntülerden sonra, Batman Belediyesinin isteği üzerine DSİ X. Bölge Müdürlüğü ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü birer inceleme yapmışlardır ve bu çöküntülerle ilgili bir sondaj programı önerilmiştir. Bu önerilere göre 1992 yılında bölgede MTA tarafından dört adet sondaj açılmıştır. Bu sondajlarda üst Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu kesilmiştir. Bu birim yeşilimsi kahve renkli olup, çimentolanmamış çakıllı, kumlu, siltli kilden oluşmuştur. Kilin içerisinde kum, silt, çakıl mercikleri vardır. TP Bölge Müdürlüğü Tesisleri Projelendirilirken, Yapılan zemin etüt sondajları, Şelmo Formasyonu içerisindeki çakıllı birimleri yapılaşma bölgeleri için tehlike arz etmektedir.

Eren ve ark. (2012) ‘Esentepe (Gültepe/Batman) Çukurunun Oluşum Mekanizması’ konulu çalışmalarında Batman ili kent merkezindeki esentepe bölgesinde karstik oluşum şeklindeki zeminsel çukurların oluşum mekanizmaları ve oluşum nedenlerine dikkat çekmişlerdir.

Öncül ve Alpaslan (2014) ‘Batman İli Gültepe Mahallesi Yeraltı Yapısının Sismik ve Elektrik Özdirenç Yöntemleri ile İncelenmesi’ konulu çalışmalarında Batman ili zemin problemlerinden bahsetmişlerdir.

Öncül ve Alpaslan (2016) ‘Jeofizik ve Geoteknik Metotlarla Çamlıtepe Mahallesi (Batman) Zemininin Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi’ konulu yüksek lisans tez çalışmasında, Batman ili Çamlıtepe bölgesi için jeofizik yöntemleri kullanarak kentin zemin değerlendirmesini yapmıştır.

Öncül ve ark. (2016), ‘Assessment of The Soil Sections Viewed By Seismic Method with the Obtained Models Using Plaxis Software on Soil Settlement Batman City Çamlıtepe Neighborhood Field Application’ konulu çalışmalarında Batman ili sismik yöntem modellerini ile Plaxis programı ile korele ederek kentin zemini ile ilgili değerlendirme yapmışlardır.

Alpaslan ve ark. (2016), ‘Batman ili gültepe mahallesinde jeolojik jeofizik ve jeoteknik yöntemler ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve mini kazık uygulaması’ konulu çalışmalarıyla batman ili zemin değerlendirmesi yapmışlardır.

Alpaslan ve ark. (2017), ‘Evaluation of Liquefaction Potential of the Alluvial Soil with Initial Acceleration Method, Province Of Batman Case’ konulu makale çalışmalarında Batman ili zeminindeki sıvılaşma problemine dikkat çekmişlerdir.

Alpaslan ve ark. (2017), ‘Determination of Geological and Geophysical (Electrical-Ves method) Features of The Karst Cavity in the Esentepe Region of Batman Province’ konulu çalışmalarında Batman ilindeki önemli zemin problemlerinden biri olan karstik boşluk oluşumlarına dikkat çekmişlerdir.



### 3. MATERYAL ve METOT

Bu tez çalışmasında, Batman ili kent merkezinde yeraltı yapısının ortaya çıkarılması amacıyla jeofizik, jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın kapsamında sismik yöntem kullanılarak elde edilen sismik modeller ve kesitler değerlendirilip yorumlanarak, kent merkezinin zemin durumu ve zemindeki zayıf dayanımları oluşturan fay, çökme, karstik boşluklar ve gevşek birimler ile ilgili yeni bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır.

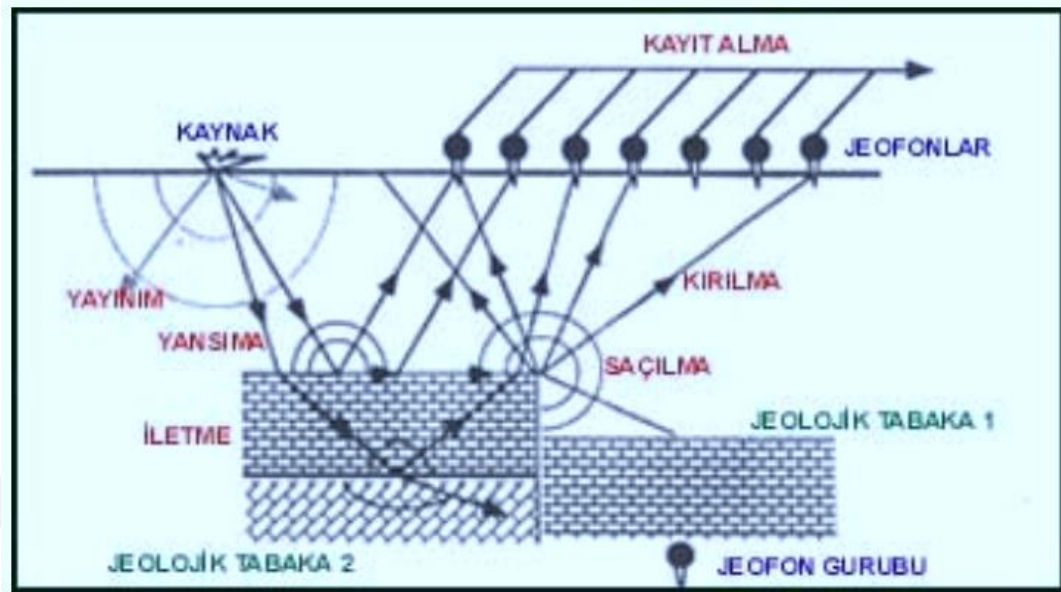
Çalışmada geoteknik problemlerin çözümünde önemli bir yeri olan mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, sismik tehlike araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılan sismik kırılma ve Yüzey Dalgası Analizi Yapay kaynak (MASW) yöntemleri kullanılarak aletsel ölçümler alınarak, yeraltının yapısının ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır.

#### 3.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntem; yapay bir deprem dalgası (titreşim) oluşturarak, belirli aralıklarla serilmiş olan alıcılarla (jeofon) bu titreşimlerin kaydedilmesi ve elde edilen kayıtlardan yeraltının jeolojik yapısının ortaya çıkartılmasıdır. Sismik yöntemlerde kaydedilen parametre, bir dalganın kaynaktan çıkıp alıcıya gelmesi için geçen zamandır. Stratigrafi, yeraltı yapısı ve özellikleri, yeraltındaki formasyonların derinlikleri, tabakaların kalınlıkları, eğimi, kırık, fay, süreksizlik zonları, tabaka hızları ve elde edilen bu bilgilerden yeraltı yapısının dinamik ve elastik parametrelerini bulmak mümkündür. Bu amaçla, mühendislik jeofiziği çalışmalarında kaya ve zemine ait elastik parametrelerin hesaplanması, stratigrafik özelliklerin ve ana kaya derinliğinin belirlenmesi sismik yöntem ile ortaya konur.

Sismik yöntem sismolojiden daha farklı olarak kendi kaynağını kendimizin oluşturması ilkesine dayanır. Sismik dalgalar ilerlerken kayalar hareket eder. Bu şekilde bölgenin litolojisi, stratigrafisi, yeraltı yapısı ve özellikleri hakkında bilgi edinilebilir. Sismik yöntemler iki çeşittir. Bunlar sismik yansıma ve sismik kırılma yöntemleridir (Ergin,1995). Şekil 3.1’de sismik yöntemlerin uygulaması şematik olarak gösterilmiştir. Görüldüğü gibi kaynaktan yayılan sismik dalgalar farklı jeolojik tabakalardan oluşan

yeraltı modelinde yansıyarak ve kırılarak alıcılarda kaydedilmektedir (Telford ve ark., 1991).

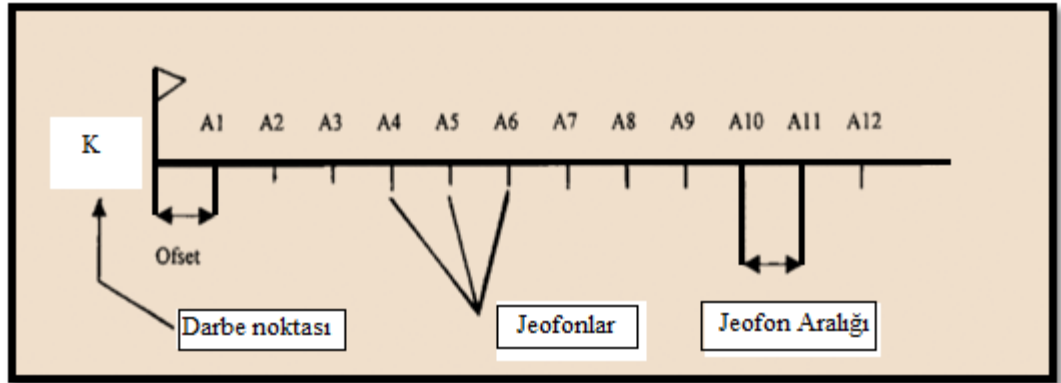


Şekil 3.1. Dalga yayılım diyagramı (Telford ve ark., 1991)

### 3.2. Sismik Kırılma Yöntemi

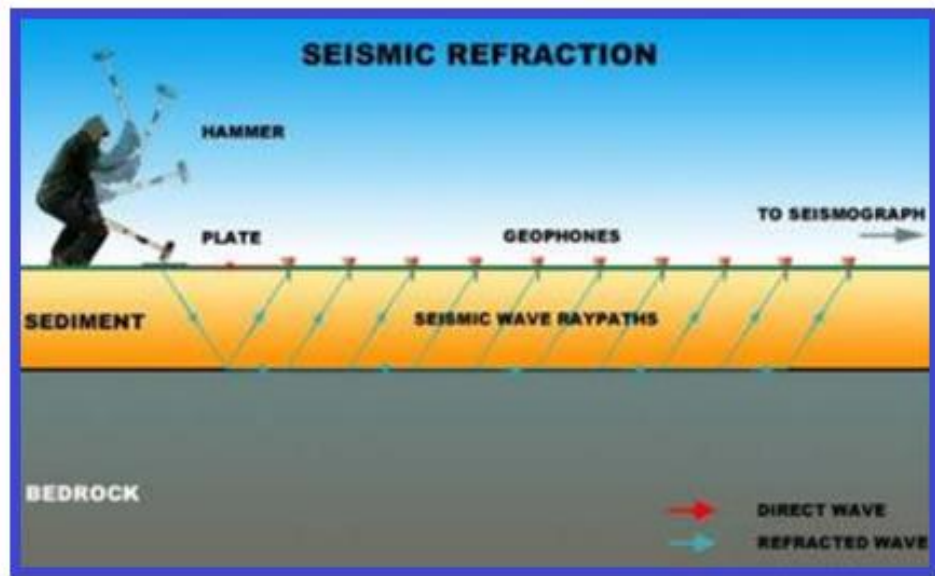
Sismik Kırılma Yöntemi, yeraltına gönderilen sismik dalganın kırılarak alıcılara (jeofon) gelmesi sonucu yer içinden geçen dalganın seyahat zamanının ölçülmesi ile tabaka hızlarının bulunması esasına dayanır. Buna göre yerde oluşturulan elastik dalgaların belirli uzaklıklardaki alıcılara varış sürelerinin kayıtlar tarafından kaydedilmesi ile elastik dalgaların ortam içindeki yayılım hızı bulunur. Farklı ortamlar farklı dalga hızlarına sahiptirler bu farklı hızlar, tabaka kalınlık, derinlik, yer içindeki yapıların belirlenmesinde kullanılır. Bu hızları kullanılarak tabakaların dinamik elastik özelliklerinin yansıtan parametreler hesaplanır. Veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça pratik, hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Diğer önemli bir özelliği ise dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlar. Şekil 3.2’de sismik kırılma yönteminde kullanılan kaynak ve jeofonların yerleşim düzeni gösterilmiştir.





Şekil 3.2.Sismik kırılma yönteminde kullanılan kaynak ve jeofonların yerleşimi (Ercan, 1998)

Sismik kırılma yöntemi, özellikle mühendislik işlerinde temel kaya derinliğinin araştırılmasında ve yeraltındaki kayaların fiziksel özelliklerinin saptanmasında kullanılır. Şekil 3.3’de sismik kırılma yönteminin arazide uygulanışı gösterilmiştir.



Şekil 3.3.Sismik kırılma yönteminin arazide uygulanışı (<http://earthquake.usgs.gov/>)

### 3.3. Sismik Yöntemden Elde Edilen Elastik Parametreler

#### 3.3.1. Elastisite (Young) Modülü

Aynı yöndeki gerilmenin deformasyona olan oranının gösterimidir.

$$E = \frac{G(3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)} \quad (3.1)$$

Formül (3.1)'de verilen G kayma modülü,  $V_p$  boyuna dalga hızı,  $V_s$  kayma dalga hızıdır. Çizelge 3.1'de elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı verilmiştir.

**Çizelge 3.1.**Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 1990)

Elastisite Modülü – E- kg/cm <sup>2</sup>	DAYANIM
<1000	Çok zayıf
1000–5000	Zayıf
5000–10000	Orta
10000–30000	Sağlam
>30000	Çok Sağlam

### 3.3.2. Poisson Oranı

Endeki deformasyonun boydaki deformasyona oranıdır. Mühendislik jeofiziğinde poisson oranı, etüt sahasındaki zemin ve kayacın suya doygunluk derecelerini aydınlatma açısından önemlidir. Poisson oranı sifıra yaklaştıkça ortam katılaşiyor anlamına gelir. Poisson oranı birimlerin katılığını bir başka ifadeyle gözenekliliğini ifade etmektedir. Çizelge 3.2'de Zemin ve diğer malzemelerin poisson oranları verilmiştir.

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (3.2)$$

Formül (3.2)'de verilen  $V_p$  boyuna dalga hızı,  $V_s$  kayma dalga hızıdır.

**Çizelge 3.2.** Zemin ve diğer malzemelerin ortalama poisson oranları (Bowles,1988)

Zemin Türü	Poisson oranı
Kil, Satüre	0.4 – 0.5
Kil, Satüre olmamış	0.1 – 0.3
Kumlu Kil	0.2 – 0.3
Silt	0.3 – 0.35
Kum, Çakıllı Kum	0.30 – 0.4
Kaya	0.1 – 0.3 (kayaç türüne bağlı)
Buz	0.36
Beton	0.15

### 3.3.3. Kayma (Rijidite) Modülü

Kayma modülü zemin birimlerinin veya kayacın makaslama kuvvetleri etkisi altında esenmesini gösteren bir parametredir. Başka bir deyişle zeminin deprem gibi yanal kuvvetlere karşı dayanımını yansıtmaktadır. Zemin ve depremle ilgili hasarların tespiti açısından önemli bir parametredir. S dalga hızı ve yoğunluğun bilinmesiyle bulunur.

$$G = dV_s^2 \quad \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \quad (3.3)$$

Formül (3.3)'de verilen  $G$ ;Kayma Modülü,  $d$ ;Yoğunluk,  $V_s$ ; kayma dalga hızıdır.

Zemin birimlerinin yoğunluk sınıflaması Çizelge 3.3'de Kayma modülü değerlerine göre zemin dayanım sınıfları verilmiştir.

Çizelge 3.3..Kayma modülü değerlerine göre zemin dayanım sınıfları (Keçeli,1990)

Kayma Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	Dayanım Sınıfları
<400	Çok zayıf
400-1500	Zayıf
1500-3000	Orta
3000-10000	Sağlam
>10000	Çok sağlam

### 3.3.4. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü

Bir cismin hidrostatik basınç altında hacminde görülen azalma olarak tanımlanır.

$$K = \frac{d(V_p^2 - 4/3V_s^2)}{100} \quad (3.4)$$

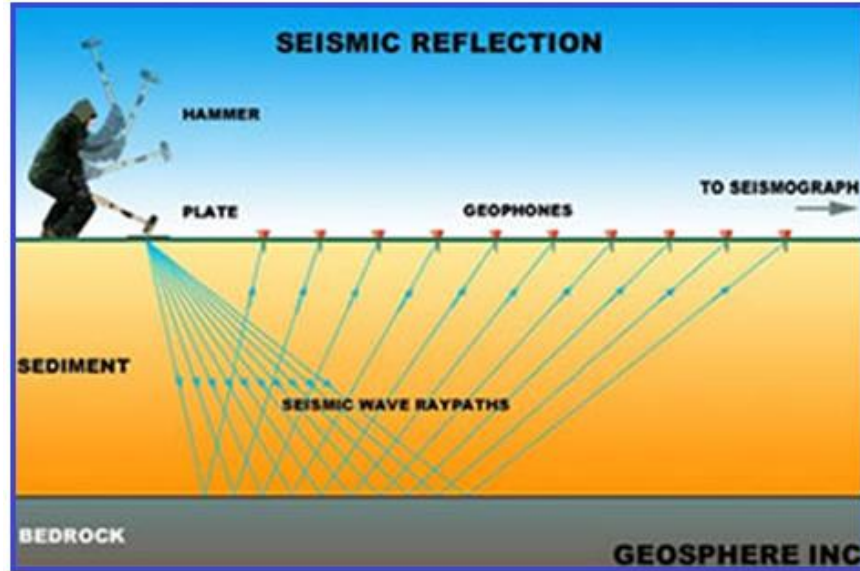
Formül (3.4)'de  $K$ ; bulk modülü,  $d$ ; Yoğunluk,  $V_p$  boyuna dalga hızı,  $V_s$ ; kayma dalga hızıdır. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaların dayanımı Çizelge 3.4'de verilmiştir.

**Çizelge 3.4..Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaların dayanımı (Keçeli,1990)**

Bulk Modülü ( $kg/cm^2$ )	Sıkışma
<400	Çok Az
400–10000	Az
10000–40000	Orta
40000–100000	Yüksek
>100000	Çok Yüksek

### 3.4. Sismik Yansıma Yöntemi

Yeraltındaki yansıtıcı yüzeyin bir noktasından birden fazla yansımanın alınması ve bu noktayı temsil eden sinyallerin bir araya getirilerek işlenmesi esasına dayanır. Sismik yansıma yönteminde sismik enerji yer altındaki yansıtıcı tabakalardan yansır. Normale yakın gelen dalga alanı alıcılarda kayıt edilir. Alıcılarda kaydedilen seyahat zamanı tabakaların derinliğine dönüştürülür (Kearey ve ark., 2002) (Şekil 3.4).



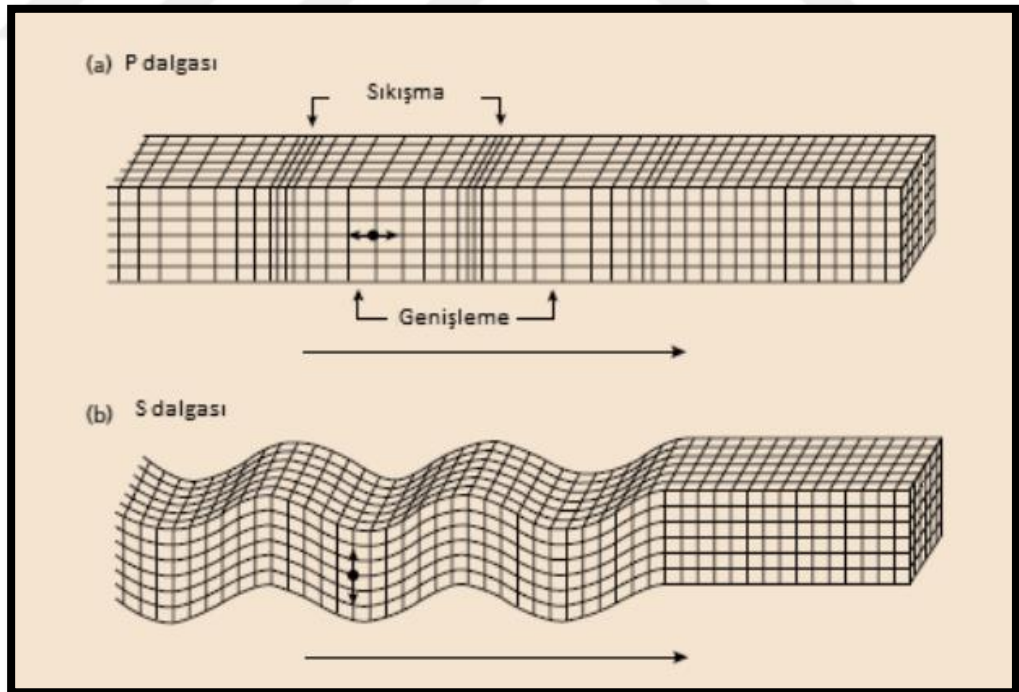
**Şekil 3.4.**Sismik yansıma yönteminin arazide uygulandığı

### 3.4.1. Sismik Dalgalar

Sismik dalgalarından yararlanılarak yer için özelliklerinin yüksek-çözünürlüklü modelleri elde edilebilir ve böylece muhtemel yapı ve davranışları belirlenebilir. Sismik dalgalar, yer içerisinde elastik dalgalar şeklinde yayılırlar. Bu elastik dalgalar deprem ya da benzer yer hareketleri sonucunda meydana gelen enerjinin açığa çıkmasıyla oluşurlar. Deprem esnasında başlıca iki dalga türü açığa çıkar. Bunlar, cisim dalgaları ve yüzey dalgalarıdır.

#### 3.4.1.1. Cisim Dalgaları

Cisim dalgaları, kaynaktan bütün yönlere doğru yayılarak, yer içerisinde seyahat ederler. Cisim dalgaları P ve S olmak üzere ikiye ayrılırlar. P dalgaları her türlü ortamda yayılabilirler. P dalgasından daha sonra gelen S türü dalgaları yayılma doğrultusu boyunca yayılma doğrultusuna dik olarak hareket ederler. Şekil 3.5’de P ve S dalgalarının yayılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.5. P ve S dalgalarının yayılımı (Kearey ve ark., 2002)

P türü cisim dalgaları yayılma doğrultusuna paralel ileri-geri yayılan dalga türüdür. Bu nedenle P dalgasına boyuna veya sıkışma (compressional) dalgası denir. P

dalgaları gözlem noktalarına ilk olarak ulaşırlar ve ortam değişkenlerine bağlı olarak P dalgası hızı Formül 4.1' de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda - 2\mu}{\rho}} \quad (3.5)$$

Formül (3.5)'de  $V_p$  = P dalgası hızı,  $\lambda$ = Elastik sabit dalga boyu,  $\mu$  = Sıkışmazlık Modülü ,  $\rho$  =Yoğunluktur. Çizelge 3.5'de çeşitli ortamlar için P dalga hızları verilmiştir.

Çizelge 3.5.Çeşitli ortamlar için P dalga hızları (Lavargne, 1986)

Malzeme	Hız (m/sn)
Toprak	100-600
Kuru kum	200-1200
Islak kum	1500-4000
Buzul taşı	1500-2700
Kil	1000-2500
Şeyl	2000-4100
Gnays	3500-7600
Kumtaşı	1400-4500
Kireçtaşı	2800-7000
Kalsit	2300-2600
Kaya tuzu	4000-5500
Anhidrit	3500-5500
Dolomit	2500-6500
Granit	4500-6200
Bazalt	5000-6500
Kömür	2200-2700
Buz	3400-4000
Su	1450-1500
Hava	310-350

S dalgası yayılma doğrultusuna dik titreşim yaptığından enine veya kayma dalgası (shear wave) olarak adlandırılır. S dalgası sadece katı ortamlarda yayılabilir, hava ve su ortamlarında yayılamazlar. S dalgası hızı ise formül 3.10 da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (3.6)$$

Formül (3.6)'da  $V_s$  = S dalgası hızı,  $\mu$  = Sıkışmazlık Modülü,  $\rho$  = Yoğunluktur. Çizelge 3.6'da çeşitli ortamlar için S dalga hızları verilmiştir.

Çizelge 3.6.Çeşitli ortamlar için S dalga hızları (Lavargne, 1986)

Malzeme	Hız (m/sn)
Toprak	100-300
Kuru kum	100-500
Islak kum	400-1200
Buzul taşı	200-700
Kil	200-800
Şeyl	750-1500
Gnays	2200-3600
Kumtaşı	1200-2800
Kireçtaşı	2000-3300
Kalsit	1100-1300
Kaya tuzu	2500-3100
Anhidrit	2200-3100
Dolomit	1900-3600
Granit	2500-3300
Bazalt	2800-3400
Kömür	1000-1400
Buz	1700-1900
Su	-
Hava	-

### 3.4.1.2. Yüzey Dalgaları

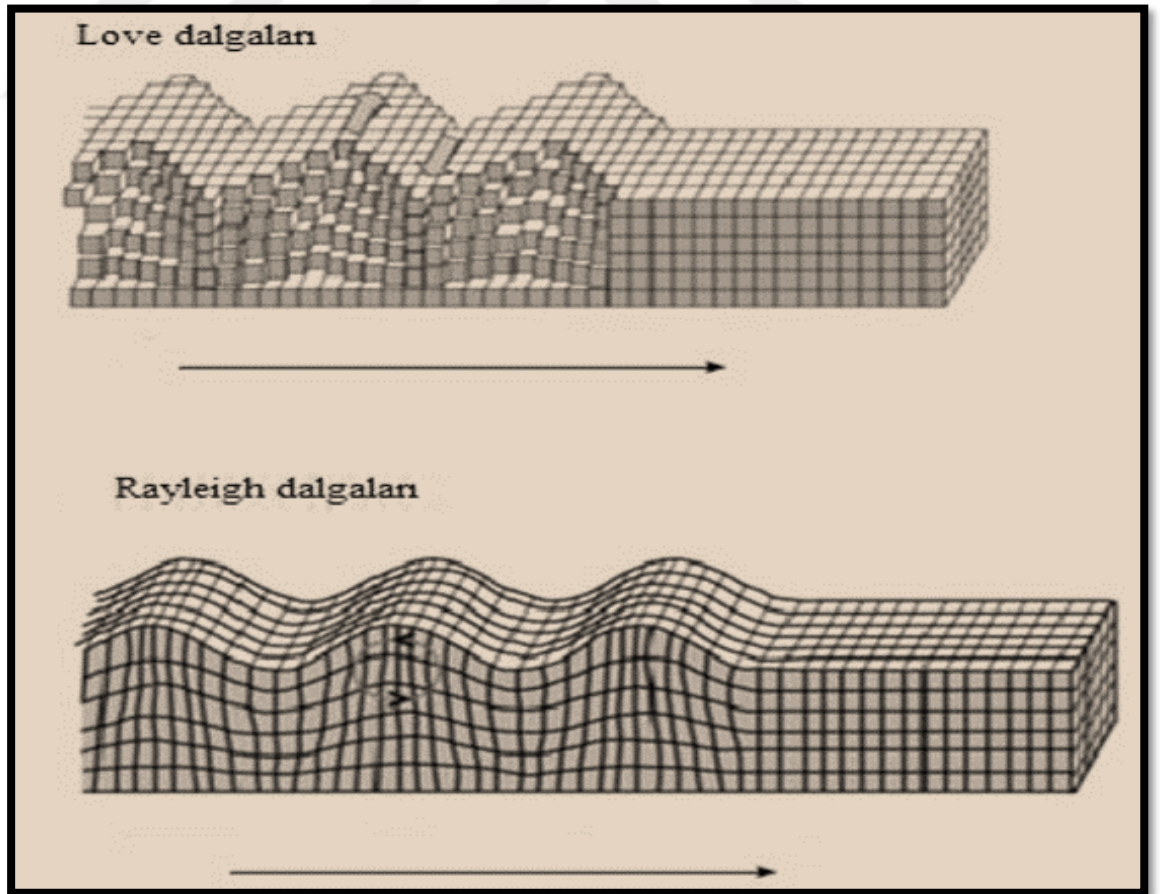
Sismik dalgaların bir başka türü olan yüzey dalgalarının yavaş yayılmalarından dolayı etkisi daha uzun sürer (Şekil 3.6). Cisim dalgaları ile karşılaştırıldığında daha fazla hasara neden olurlar. Bunun nedeni bu dalgaların yer içinde daha fazla hareket etmesidir.

Ayrıca bu dalgalar, büyük genliklere ve düşük frekansa sahip oldukları için depremlerde yapılara en çok zarar veren dalgalar olarak bilinir. Genel olarak, yüzey dalgaları Rayleigh ve Love dalgaları olarak ikiye ayrılırlar.

Yerkürenin yüzeyi boyunca yayılırken, bir çeşit yuvarlanma hareketi yapan Rayleigh dalgaları, geçtikleri ortam içerisinde bulunan tanecikler ve yayılma doğrultusu boyunca ters bir elips hareketi çizerler. Rayleigh dalgaları, P ve SV dalgalarının etkileşiminin bir sonucudur ve P-tipi dalga kaynağı kullanıldığı zaman, oluşan toplam sismik enerjinin üçte ikisinden daha fazlasına sahip olmaktadır (Heisey ve ark., 1982). Rayleigh dalgalarının düşey ve yatay bileşenleri vardır. Yatay bileşeni olduğu için yatay yönde ölçüm yapan sismograflar tarafından ölçülebildiği gibi düşey yönde ölçüm yapan sismograflar tarafından da tespit edilebilir.

Love dalgaları sismogramlarda Rayleigh dalgalarından daha önce görülürler. Çünkü Love dalgaları Rayleigh dalgalarından daha hızlıdır.

Sığ yeraltı tabakalarının görüntülenmesi için tasarlanan çok-kanallı sismik cisim ( $V_P$  ve  $V_S$ ) dalgalarının incelenmesinde yüzey dalgaları gürültü olarak hesaba katılmaktadır (Steeple ve Miller, 1990). Buna karşın, yüzey dalgaları frekans bağımlı özellikleri nedeniyle yüzeye yakın malzemelerin elastik özelliklerini belirlemek için kullanılabilir (Park ve ark., 1998; Xia ve ark., 2000).

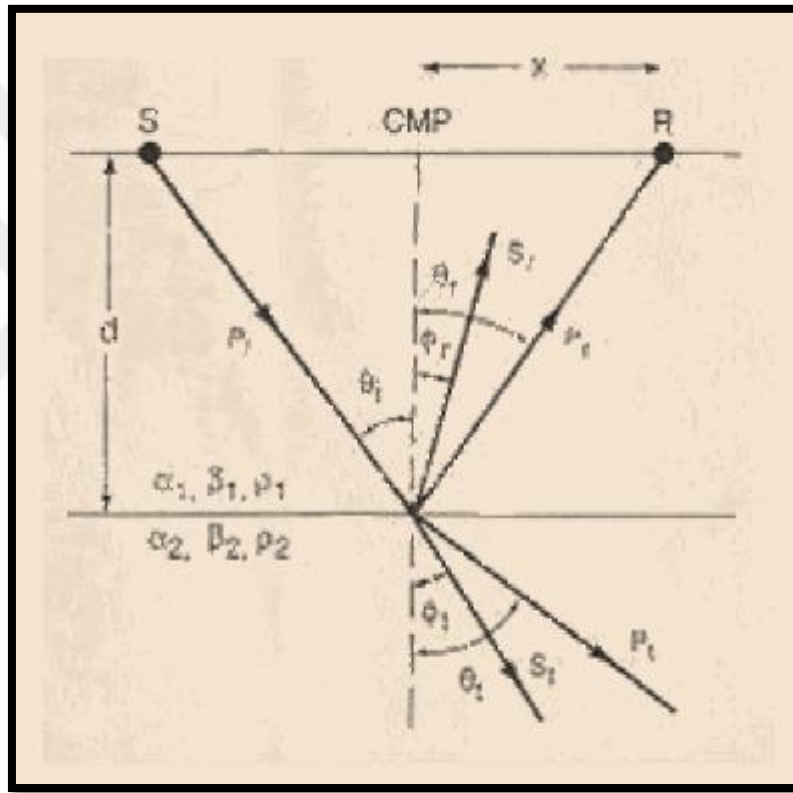


Şekil 3.6. Rayleigh ve Love Dalgalarının yayılımı (Kearey ve ark.,2002)



### 3.4.2. Snell Yasası

Snell yasası, farklı yayılma hızına sahip ortamlardaki ışınların kırılmasını hızlar ve açılar arasındaki ilişki ile tanımlamaktadır (Ergin,1995). Bu ilişki Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

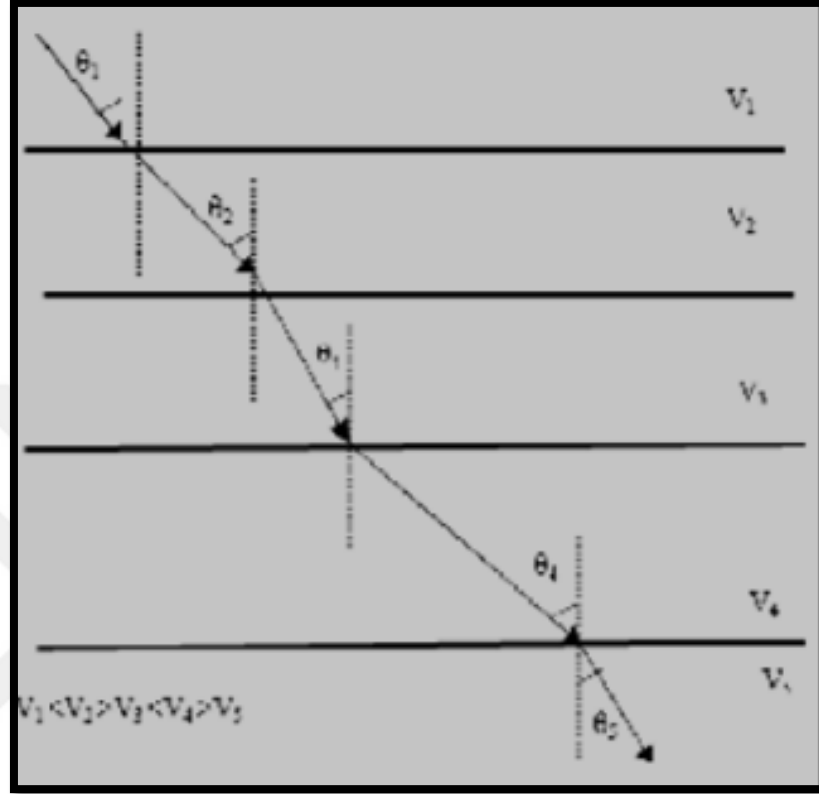


Şekil 3.7. Farklı iki ortam için Snell yasası ışın geometrisi (Demirbağ ve ark., 1993)

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2} \quad (3.7)$$

Formül (3.7)'de,  $i_1$ : gelen ışın ile normal arasındaki açı,  $i_2$ : kırılan ışın ile normal arasındaki açı,  $v_1$ :birinci katmanın hızı (m/sn),  $v_2$ :ikinci katmanın hızıdır.

Çok tabakalı ortamlarda snell yasasına göre tabaka hızlarını derinlikle arttığı varsayılmaktadır. Yani  $V_n > V_{n-1} > V_{n-2} > \dots > V_2 > V_1$  şeklindeki hızlar söz konusudur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Snell kanununa göre çok tabakalı ortamda yayılan dalga (Kaşlılar, 2009)

A ve B noktaları arasındaki dalga yolunu belirlemek için Snell yasası aşağıdaki Formül (3.8) ile verilir.

$$\frac{\sin\theta_1}{V_1} = \frac{\sin\theta_2}{V_2} = \frac{\sin\theta_3}{V_3} = \frac{\sin\theta_4}{V_4} = \frac{\sin\theta_5}{V_5} \quad (3.8)$$

### 3.4.3. Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi

Sismik çalışmalar; arazide sismik verilerin toplanması, verilerin ofiste bilgisayarlarla veri işleme tabi tutulması ve verilerin yorumlanması şeklinde yapılır. Sismik yansıma kesitlerinde yatay eksen uzunluk, düşey eksen zamandır. Sismik kesitler bu şekilde jeolojik yorumlamaya elverişli olmakla beraber kesitlerde görülen

seviyeler ve yapısal unsurlar doğrudan jeolojik tabakalara karşılık vermeyebilir. Bunun sebebi düşey eksenin uzunluk değil zaman cinsinden verilmesidir. Bu nedenle çeşitli jeolojik değişimler ortaya çıkabilir. Örneğin yüksek yayılım hızına sahip tabakalar ince, düşük dalga yayılım hızına sahip tabakalar kalın görülebilir.

Bu tür etkilerin giderilmesi ve daha doğru bir jeolojik yorumlama yapılabilmesi için düşey zaman ekseninin uzunluğa çevrilmesi gerekir. Bu işlem göz önüne alınan yansıma seviyelerine kadar olan ortalama hızlar kullanılarak yapılır. Seçilen sismikte seviyeler kesit boyunca belirli aralıklarda tahmin edilmiş ortalama hızlar ve “ yol = ortalama hız x zaman “ ilişkisi kullanılarak yeniden çizilir. Sonuçta elde edilen kesitler doğrudan yeraltının jeolojisini gösteren uzaklık–derinlik kesitidir.

### 3.4.3.1. Ara Yüzeyde Enerji Dağılımı

Herhangi bir yüzeye belirli bir açıyla gelen P dalgası yansıyan ve kırılan  $P_1$  ve  $P_2$  boyuna dalgalar yaratır.

$$R = \frac{P_1}{P_0} = \frac{V_2 \rho_2 - V_1 \rho_1}{V_2 \rho_2 + V_1 \rho_1} \quad (3.9)$$

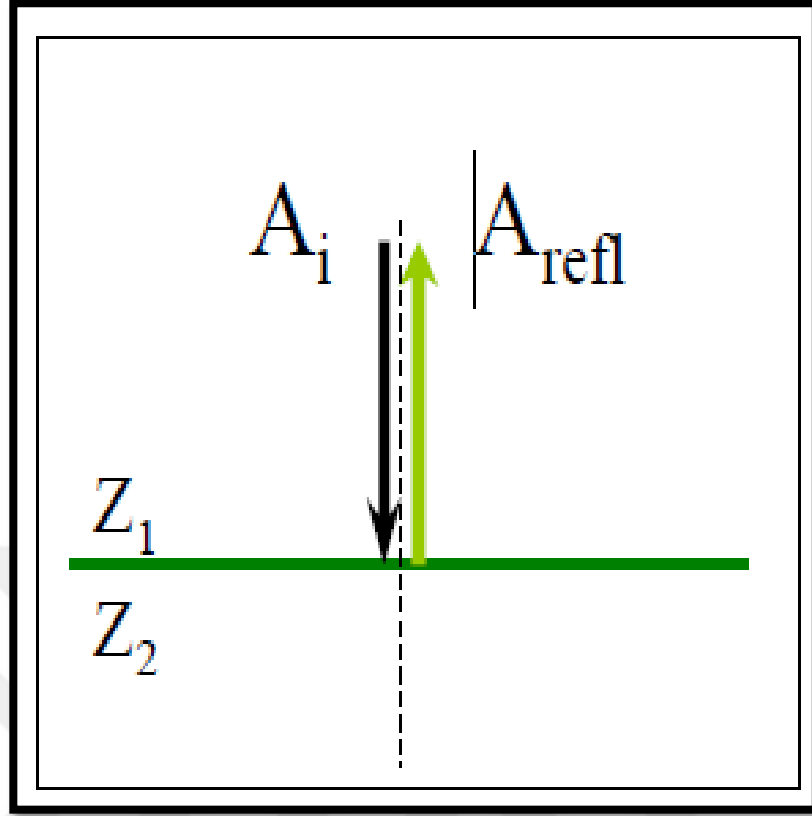
Formül (3.9)'da,  $R$  :Yansıma Katsayısı,  $P_1$  :Yansıyan dalganın genliği,  $P_0$ :Ara yüzeye dik gelen dalganın genliği,  $V_1$  ve  $V_2$  :Ara yüzeyi oluşturan ortamlardaki hızlar,  $\rho_1$  ve  $\rho_2$  :Ara yüzeyi oluşturan ortamlardaki yoğunluklardır.

Bir atış noktasından (shot point) çıkan kaynak dalgacığı ( source wavelet ), hız ve yoğunlukları farklı tabaka sınırlarından yansır. Sismik özellikleri farklı (akustik empedans) tabaka sınırlarından yansıyan bu dalgalara yansıma (reflection ) adı verilir.

Burada akustik empedans tabaka hızının yoğunlukla çarpımıdır. Yer altındaki tabakalar farklı elastik özelliklere sahiptir ve her bir tabakanın kendine özgü bir akustik empedansı vardır (Ergin,1995) (Şekil 3.9).

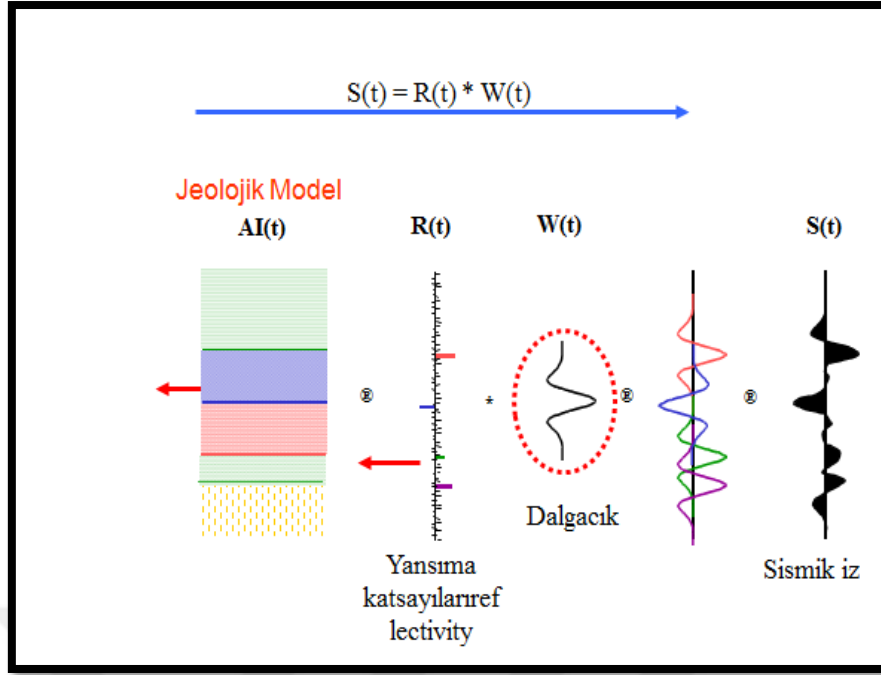
$$Z = V \cdot q \quad (3.10)$$

Formül (3.10)'da,  $Z$ : Akustik empedans,  $V$  : Hız,  $q$  : Yoğunluk dur.



Şekil. 3.9.Akustik Empedans (Telford,1990)

Sismik yansıma sonucu jeolojik modelin verdiği sismik cevaplardan sismik iz elde edilir. Sismik iz jeolojik modelin verdiği sayısal cevap (sismik yansıma için örneğin yansıma katsayısı) ile sismik dalgacığın evrişimi sonucu elde edilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Jeolojik model, yansımaya katsayısı, sismik iz (Telford, 1990)

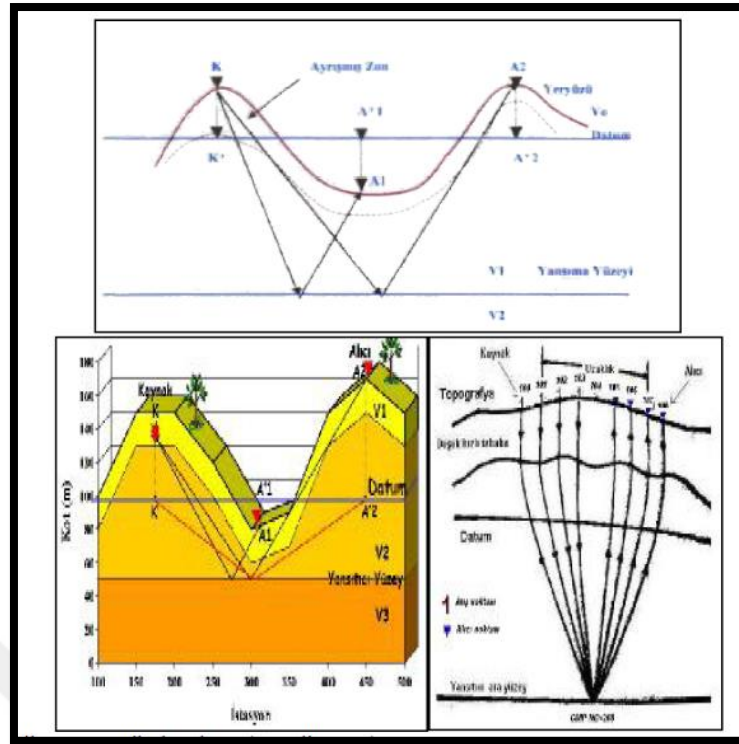
### 3.4.4. Sismik Kesitlerdeki Düzeltmeler

#### 3.4.4.1. Dinamik Düzeltme (NMO)

Aynı kaynaktan çıkıp, aynı ara yüzeyde fakat farklı noktalardan yansıyan enerji, kaynaktan belli uzaklıktaki alıcılar tarafından kaydedilir. Yansımaya enerjisinin alıcılara varış zamanları farklı olup kaynak-alıcı uzaklığına bağlıdır. Dinamik düzeltmede düzeltme işleminde tüm  $t_x$  zamanları  $t_0$  zamanına indirgenerek yapılır. Sonuçta elde edilen  $t_0$  zamanları alıcıların bulunduğu noktalara ait gidiş geliş zamanlarıdır.

#### 3.4.4.2. Statik Düzeltme

Yeraltındaki gerçek jeolojik yapıyı görüntüleyebilmek için, kaynak ve alıcıları belirlenen bir düzleme (datum) indirgemeye statik düzeltme denir (Şekil 3.11). Yakın yüzey hız modeli hakkında bilgi sahibi olunabilmesi için kırılma statik düzeltmesinin hesaplanması gerekmektedir (Ogunsuyi, 2010).

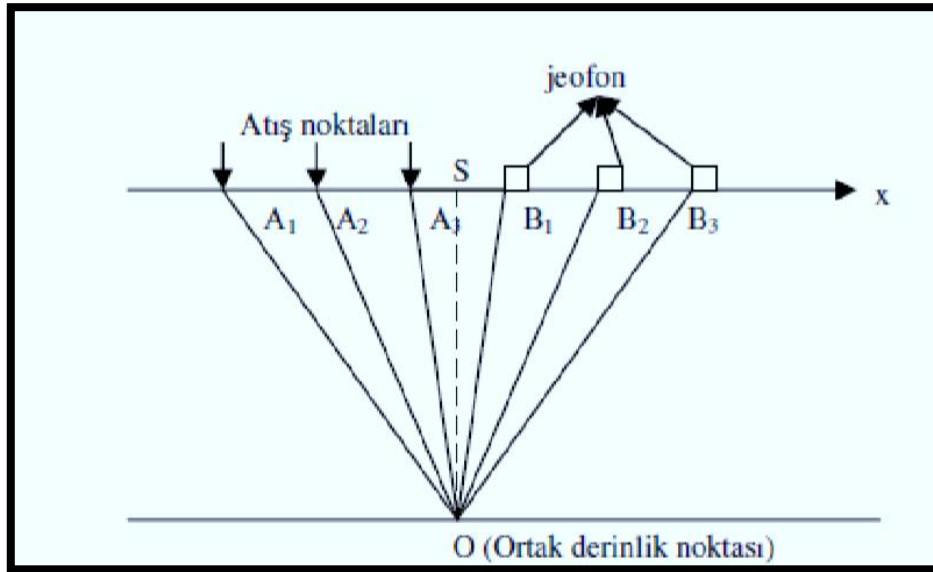


Şekil 3.11. Statik düzeltme (Gürel, 2008)

### 3.4.4.3. CDP

Kaynak ve alıcının orta noktasında kaydedilen izlerin bir araya getirilmesi ile oluşturulan sismik kesittir. Yatay ara yüzeyden sismik dalganın yansıması olayı atış ve CMP kesitinde hiperboller şeklinde kendini göstermektedir. Yer altı eğimli tabakalardan oluştuğu için CDP kesitindeki izleri aynı yerden yansıyamazlar. Yansıma noktası eğim yukarı kayar. Bu olaya CDP kayması (CDP smearing) denilmektedir (Dondurur, 2009).

Şekil 3.12’de şematik olarak Ortak Orta Noktaya sahip kayıt geometrisi görülmektedir. CDP aynı zamanda alıcı noktası ile atış noktasının tam orta noktasıdır. CDP kesitlerin oluşturulmasından sonra kesitlere normal zaman düzeltmesi yapılır. Sonrasında veriye yığma işlemi uygulanır. Yığma işlemi verideki Sinyal/Gürültü oranını artırır. Gelişigüzel ve tekrarlı yansımaların büyük bir kısmını bastırır (Dondurur, 2009).

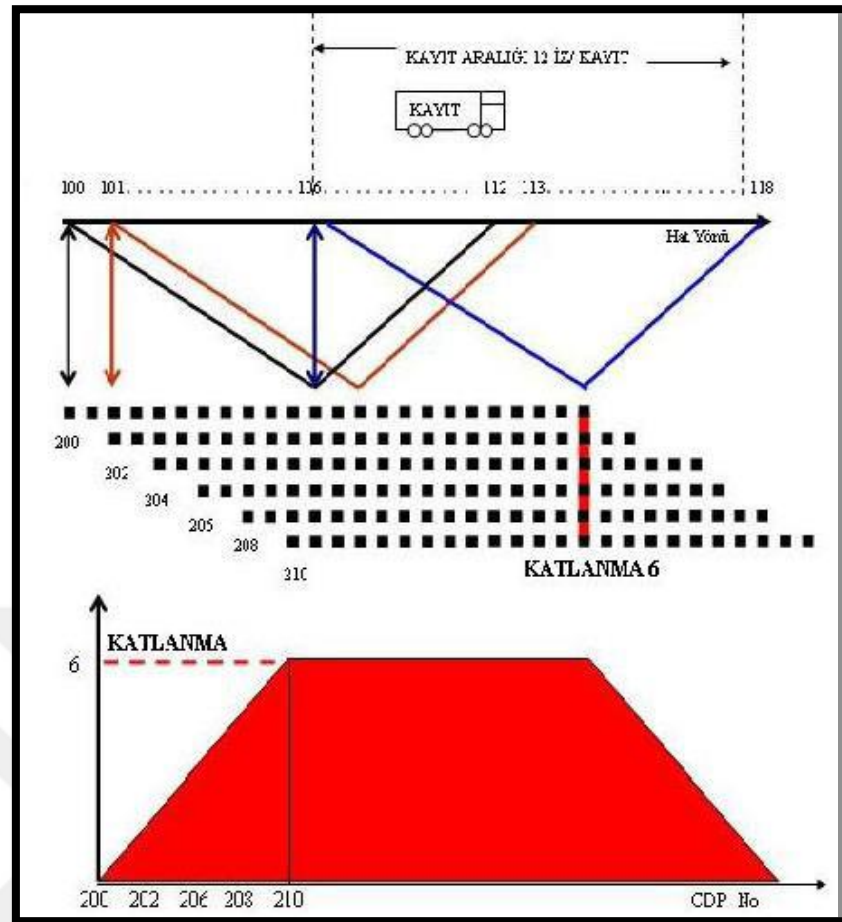


Şekil 3.12. Ortak derinlik noktası yöntemi ile veri toplama (Kearey ve ark.,2002)

#### 3.4.4.4. Fold (Katlama)

Aynı noktalardan yansıyan dalgalar toplanarak, yer yüzeyinin iz düşüm noktasına (orta nokta) ait sismik iz elde edilir. Buna “katlama” denilir (Şekil 3.13). Katlama hesabı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$(\text{Katlama}) = (\text{Kanal Sayısı}) * (\text{Alıcı Aralığı}) / 2 * (\text{Atış Aralığı})$$

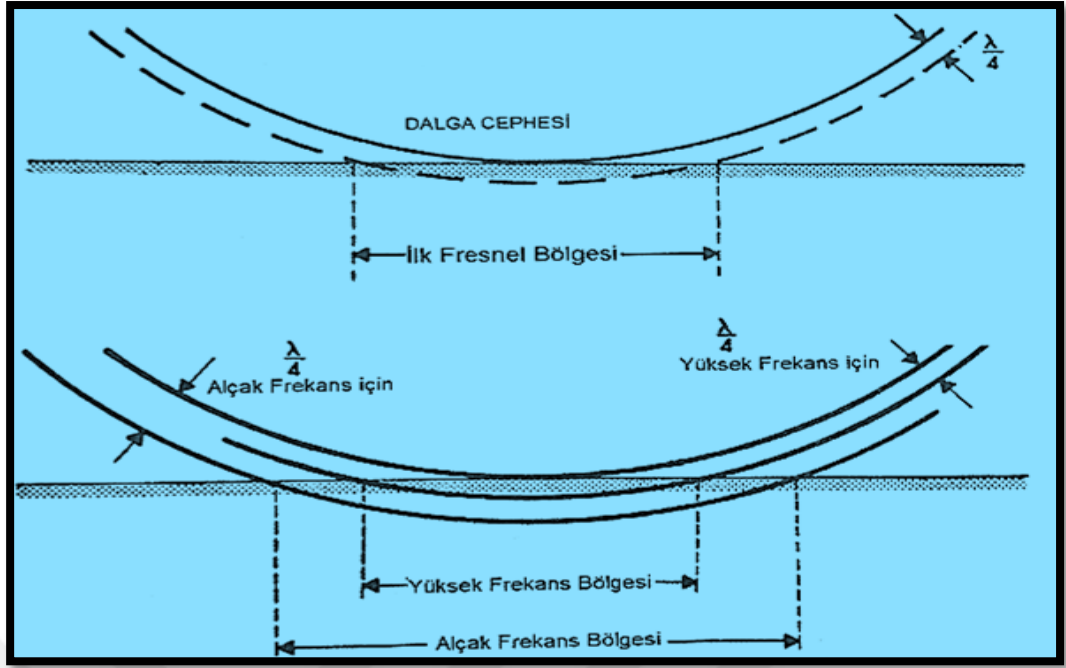


Şekil 3.13. Fold hesabı (Küçük, 2006)

#### 3.4.4.5. Fresnel Zonu

Fresnel zonu dalga boyu ve tabakanın kalınlığına bağlıdır. Yansıtıcılar kısa mesafeler ile birbirinden ayrılmışlardır. Yatayda çözünürlüğün anlamı birbirine yakın yansıtıcı iki noktanın seçilebilmesidir. Eğer iki yansıtıcı nokta aynı zon içinde kalmışlarsa aynı olaylar olarak yorumlanabilir. Fresnel zonunun genişliği yansıtıcı tabakanın derinliği arttıkça artar (Kearey ve diğ. 2002). Şekil 3.14' de fresnel zonu gösterilmektedir.

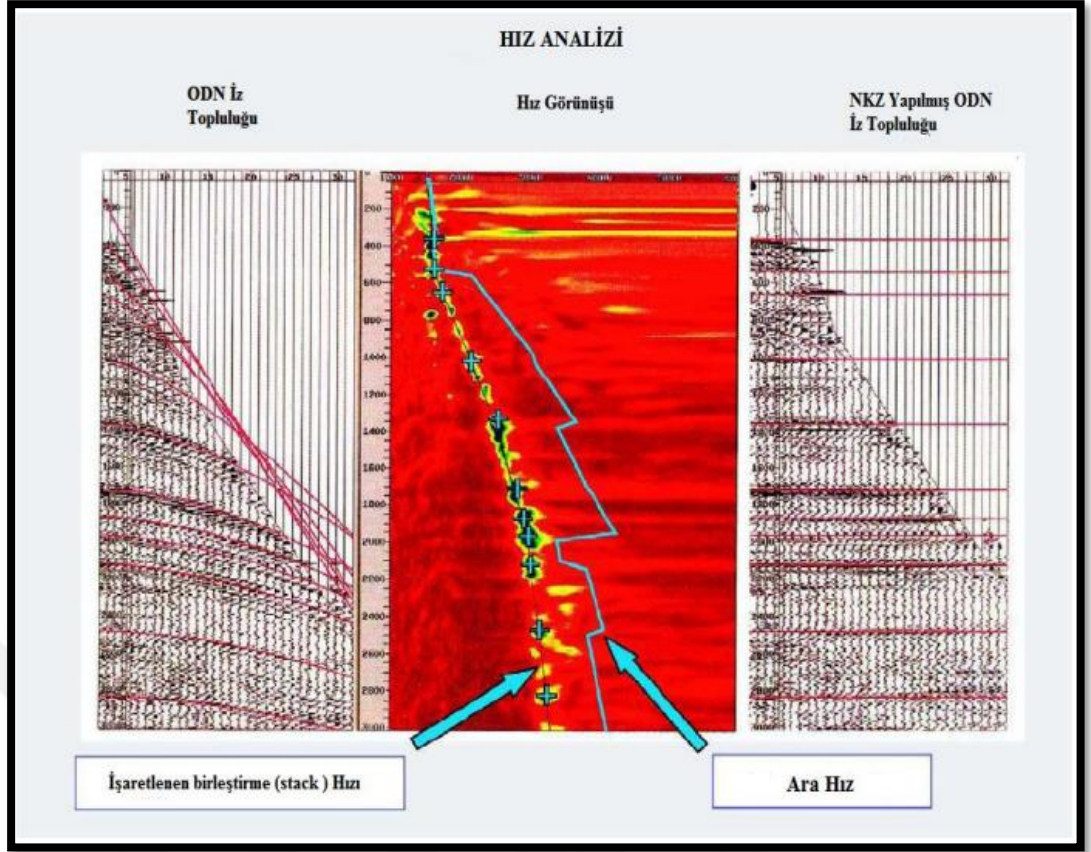




Şekil 3.14. Fresnel zonu (Sheriff, 1980)

### 3.4.5. Hız Analizi

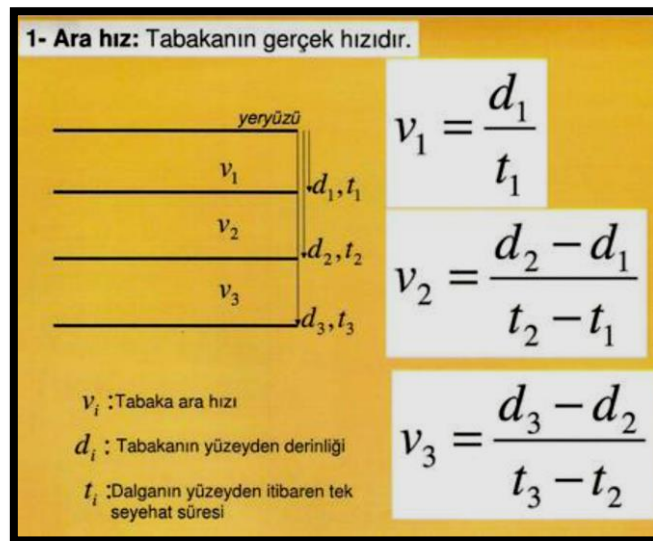
Sismik yansımanın temel dalga türü olan P dalga hızı kayacın derinliğine ve gözeneklerdeki boşluk suyu basıncından etkilenmektedir. P dalga hızı derinlere inildikçe artar. Kayaç gözeneklerindeki sıvı basıncının artması nedeniyle P dalga hızı önce düşer sonra hızla yükselir. Yeraltında bulunan kayaç türünün litolojisine göre de dalga hızı geniş bir aralıkta değişim göstermektedir (Dondurur, 2009). Hız analizi ile yığma hızlarının seçimi yapılmaktadır. Yığma hızı ODP noktaları içindeki hiperbollerini NKZ düzeltmesi yaparken kullanılan ve yığma işlemi sonucunda yığma kesitlerinde ayrımlılığı en iyi sağlayan hızlardır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Hız analizi ve NKZ işlemi uygulama örneği (Veeken, 2007)

### 3.4.5.1. Ara Hız

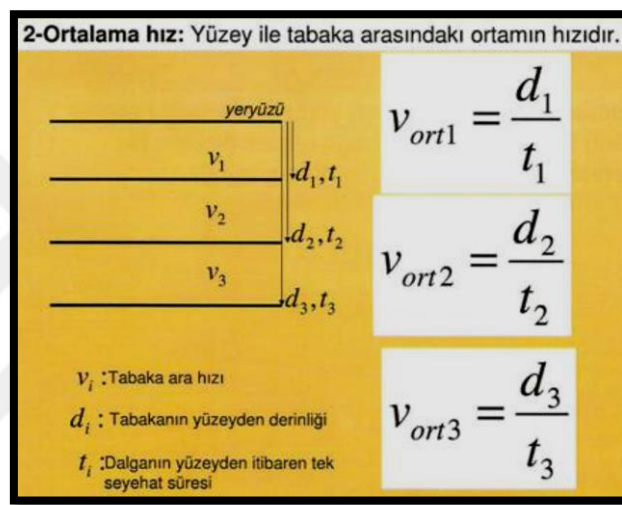
Yansıtıcı tabakalar arasındaki ortamın hızıdır. Bu hızlar yoğunluk ve gözeneklilik gibi kayaların fiziksel bir özelliği olarak kullanılır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Ara Hız (Gürel, 2008)

### 3.4.5.2.Ortalama Hız

Sismik dalgalar, yüzeyden Z derinliğindeki bir tabakaya kadar t zamanında ulaşırlar. Z derinliğinin t zamanına bölünmesiyle bulunan değere ortalama hız denir (Şekil 3.17). Bir referans tabakaya kadar olan ve doğrudan doğruya check-shot değerlerinden düzeltilmiş sonik loglardan veya ara hızların ağırlıklı ortalamalından elde edilirler ve zaman kesitlerini, derinlik kesitlerine çevirmek için kullanılırlar (Sefunç ve Vur, 2009).



Şekil 3.17.Ortalama Hız (Gürel, 2008)

### 3.4.5.3. Normal Zaman Kayması (NMO Hızı)

Kaynaktan herhangi bir mesafede alıcıya gelen yansımanın zamanının sıfır ofset durumunda alıcıya geliş zamanının farkına normal kayma denir. Normal kayma zamanının düzeltilmesinde NMO hızı kullanılmaktadır (Şekil 3.18).

$$V_{nmo} = \frac{x}{\sqrt{t_x^2 - t_o^2}} = \frac{x}{\sqrt{2t_o dt_{nmo}}}$$

$$V_{nmo} \leq v_{rms}$$

Şekil 3.18.NMO Hızı Denklemleri (Gürel, 2008)

#### 3.4.5.4. RMS Hızı (Root Mean Square Velocity)

Tabakalı ortamda NMO düzeltmesi yapmak için kullanılan hızdır (Şekil 3.19).

**Root Mean Square (RMS) hızı:**

**$V_{rms}$  hızı:** yatay birçok tabakalı ortamı temsil eden tek hızı denir. Yaklaşık ortalama hızı eşittir. Yansıma yönteminde hız analizi ile bulunan hızlar RMS hızlarıdır.

yeryüzü

$$V_{rms}(n) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^{1/2}$$

$$V_{rms}(1) = \left( \frac{V_1^2 t_1}{t_1} \right)^{1/2}$$

$$V_{rms}(2) = \left( \frac{V_1^2 t_1 + V_2^2 t_2}{t_1 + t_2} \right)^{1/2}$$

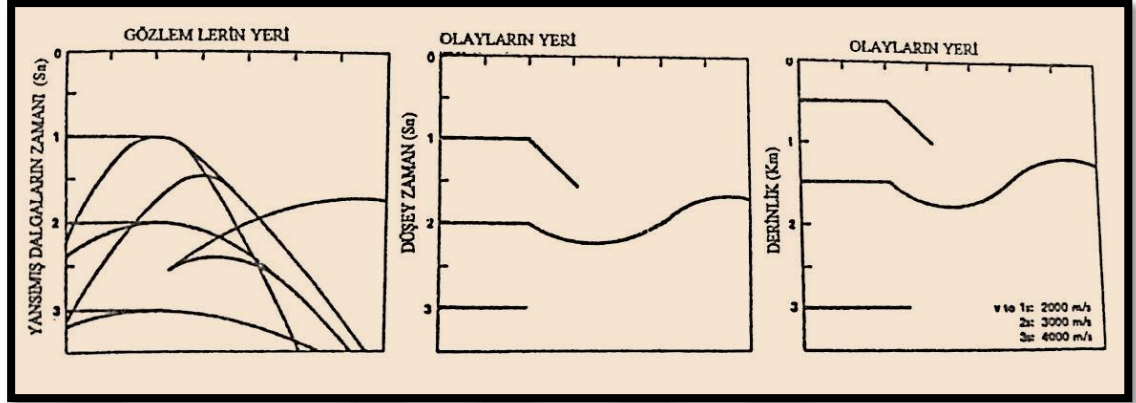
$$V_{rms}(3) = \left( \frac{V_1^2 t_1 + V_2^2 t_2 + V_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \right)^{1/2}$$

Şekil 3.19. RMS Hızı Denklemleri (Gürel, 2008)

#### 3.4.5.5. Sismik Göç İşlemi (Migrasyon)

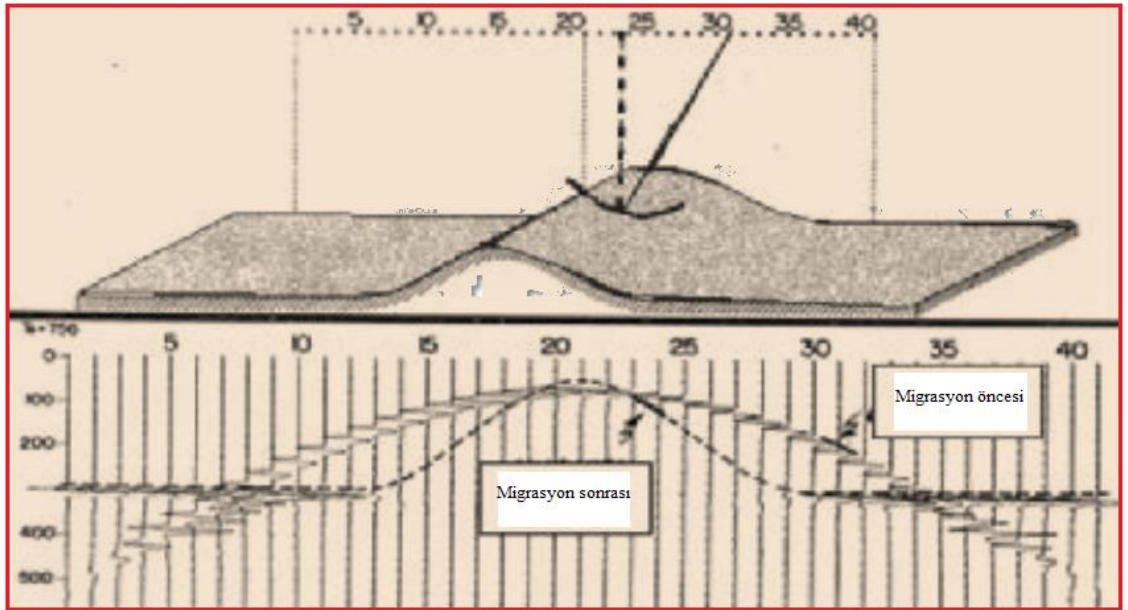
Göç işlemi, yansımaların ve saçılmaların gerçek yerlerine taşınabilmesini sağlayan bir tür ters çözüm yöntemi olarak değerlendirilebilir. Yer içerisindeki eğimli yapıların gerçek yerlerinde görüntülenebilmesi, saçılmaların yok edilebilmesi ve jeolojik yapının ortaya çıkmasının sağlanabilmesi, yansıtıcı yüzeylerin devamlılığının ve eğiminin doğru olarak saptanabilmesinin yanı sıra, Fresnel zonu'nun yarıçapının ölçülmesiyle birlikte yanal çözünürlüğün artırılması da sismik göç işleminin hedeflerinden biridir (Yılmaz, 1987). Gözlem noktalarına göre kaydedilen bir verinin yansıma noktalarına göre yeniden düzenlenmesi işlemi göç olarak tanımlanmaktadır

(Kurtuluş, 2010). Başka bir deyişle sismik göç elde edilen sismik kesitteki saçılmaların yok edilip sismik kesitteki noktaları göç ettirerek olayların gerçekteki yerine taşınması işlemidir (Şekil 3.20 (a),(b),(c)).



Şekil 3.20. Sismik Göç a)Sismik kesit (Gözlenen olayların yerleri) b)Göç ettirilmiş kesit (Olayların gerçek yerleri) c)Jeolojik kesit (Sheriff,1978)

Şekil 3.21’de antiklinal bir yapının, göç işlemi öncesi ve sonrasında, bir sismik kesitteki görüntüsü verilmiştir.



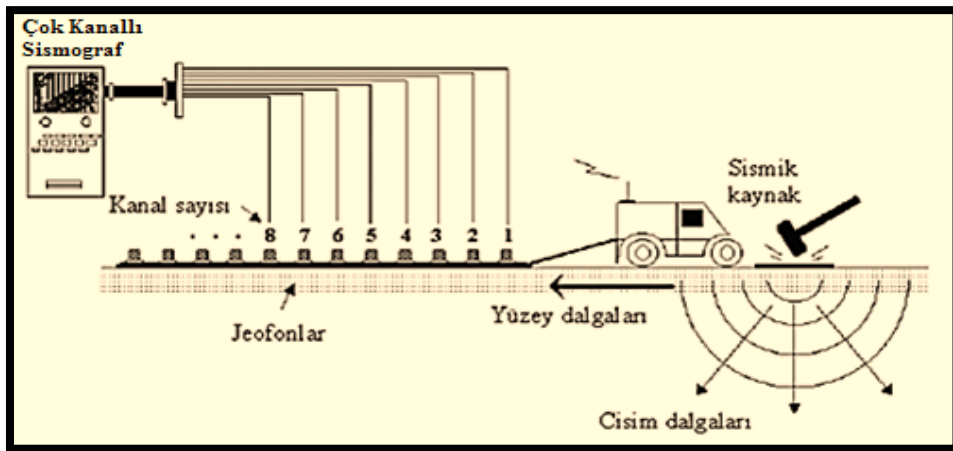
Şekil 3.21. Yeraltında yer alan antiklinal bir yapının, sismik kesitte göç işlemi öncesi ve sonrasındaki görünümü (Düşünür, 2004)

#### 3.4.6. Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Yöntemi

Yeraltı tabakalarının fiziksel özellikleri (makaslama modülü, elastisite modülü, sıkışmazlık modülü, doğal salınım periyodu, sismik büyütmesi, poisson oranı vb.)

makaslama (S) hızı ile doğrudan ilişkili parametrelerdir. Bu nedenle, yeraltı tabakalarının S-hızı değişimlerinin belirlenmesi geoteknik mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Yerin sıg sismik hız özelliklerini ortaya koymak için son yıllarda en çok kullanılan tekniklerden biri Multi channel analysis of surface waves (MASW) tekniğidir (Park ve ark., 1999). Sismik kırılma yöntemi ile ölçü alınırken kullanılan dizilim geometrisi korunarak Multi channel analysis of surface waves (MASW) kayıtları toplanabilmekte ve daha büyük araştırma derinliği elde edilebilmektedir. Aktif kaynaklı MASW yönteminde kaynak olarak ağırlık düşürme, vibroseis, dinamit, balyoz gibi kaynaklar kullanılabilir. Veri toplama aşamasında kullanılacak kaynağın 5 kg ve ya daha ağır olması önerilir. Kaynağın gücü arttıkça düşük frekanslı yüzey dalgaları oluşturulabilir ve daha derinden bilgi sağlanır. Atış noktasında atış sayısının artırılması sinyal/gürültü oranı artırır. Kaynakta metal plaka kullanılırsa kayıt edilen sinyalin frekans içeriği artar (Dikmen, 2012). Çok kanallı yüzey dalgası analizi Multi channel analysis of surface waves (MASW) yönteminde amaç, yüzey dalgasının dispersiyon özelliğinin kullanılarak yeraltı S dalga hız kesitinin elde edilmesidir (Reynolds,1997).

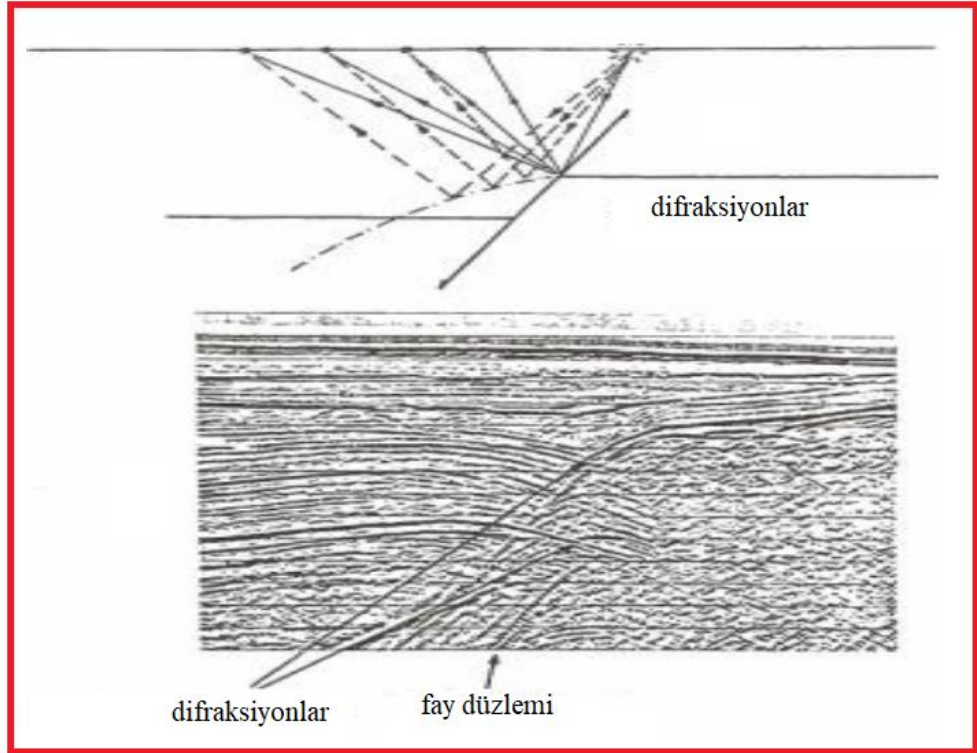
Yüzey dalgası analiz yöntemlerinden MASW tekniği ile Vs30 değeri güvenilir bir şekilde hesaplanabilmektedir. Vs30, UBC ve Eurocode-8 uluslararası standartlarında kullanılan temel parametrelerin başında gelmektedir. Yüzey dalgası analiz yönteminde, yer altındaki tabakalı yapıların derinlikle değişen kesme dalgası hızı (Vs), faz hızının frekansla değiştiği Rayleigh dalgasının dispersiyonunun ters çözüm tekniği kullanılarak hesaplanır. Multi channel analysis of surface waves (MASW) yüzey dalga veri toplama düzeneği Şekil 3.22'de görülmektedir.



Şekil 3.22. Çok- kanallı (MASW) yüzey dalga veri toplama düzeneği (Park ve ark., 1998)

### 3.4.7. Sismik kesitlerin jeolojik yapılar açısından yorumlanması

Faylar genellikle eğimli fay düzlemlerine sahiptirler ve sadece yüzeydeki fay izine dik doğrultuda atılan sismik kesitlerde fay düzlemlerinin eğimleri doğru olarak görünür (Şekil 3.23). Sismik kesit doğrultusu ile yüzeydeki fay izi arasındaki açı azaldıkça fay düzleminin görünür eğimi artar.



Şekil 3.23. Bir normal fay nedeniyle oluşan difraksiyonlar (Us.,1993)

#### 4. TARTIŞMA VE BULGULAR

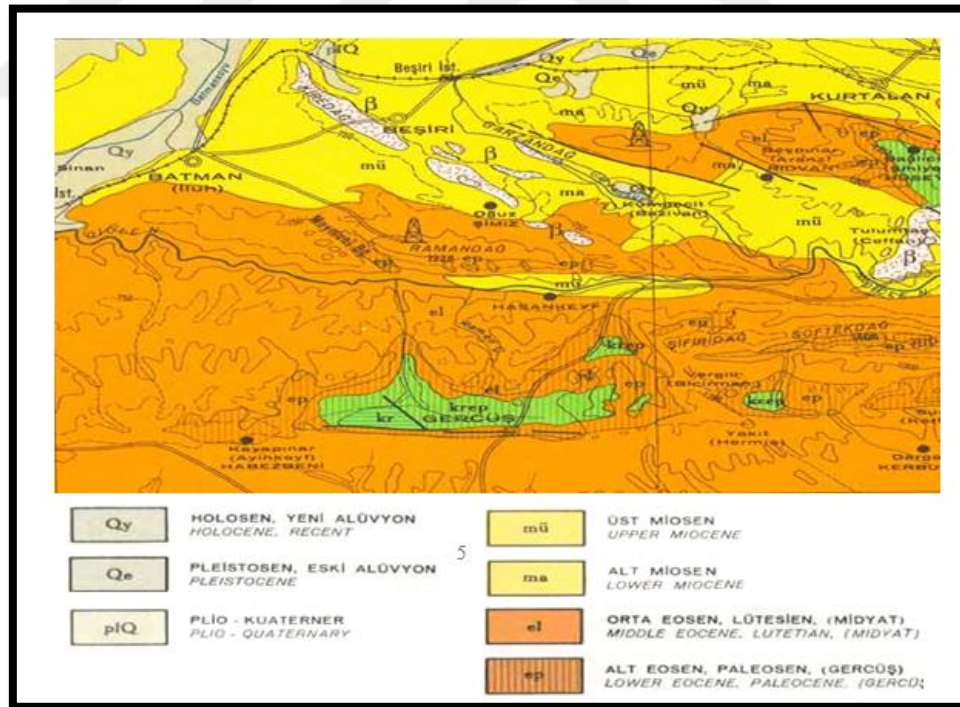
Bu tez çalışmasında, Batman ili kent merkezinde yeraltı yapısının ortaya çıkarılması amacıyla jeofizik, jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın kapsamında sismik yöntem kullanılarak elde edilen sismik modeller ve kesitler değerlendirilip yorumlanarak, kent merkezinin zemin durumu ve zemindeki zayıf dayanımları oluşturan fay, çökme, karstik boşluklar ve gevşek birimler ile ilgili yeni bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada geoteknik problemlerin çözümünde önemli bir yeri olan mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, özellikle zemin problemlerinin çok olduğu bölgelerde sismik tehlike araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılan sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi yapay kaynak (MASW) yöntemleri kullanılarak aletsel ölçümler alınarak, yeraltının yapısının ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. İnceleme alanında zemin özelliklerinin anlaşılması ve tabakalarının sınırlarının belirlenmesi için sismik yöntemler kullanılarak sismik kırılma, sismik yansıma ve Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) çalışmaları yapılmıştır. Bu yöntemlerde amaç yapay bir deprem dalgası (titreşim) oluşturarak veya yeraltında mevcut mikro titreşimleri belirli aralıklarla serilmiş olan jeofonlar vasıtasıyla bu titreşimlerin kaydedilmesi ve elde edilen kayıtlardan yeraltının jeolojik yapısının hesap yoluyla ortaya çıkartılmasıdır. Sahada elde edilen aktif kaynak veya pasif kaynak yüzey dalgası kayıtları arazide toplandıktan sonra veri işlem aşamasına geçilir. İlk aşamada değişik frekanslara karşılık gelen faz hızları program vasıtası ile çizdirilir. İşlem sonucunda dispersiyon eğrisi elde edilir. Elde edilen dispersiyon eğrisinin yine program vasıtası ile frekans aralıkları belirlenir. Akabinde farklı modellerde inversion (ters çözüm) uygulanarak derinliğe bağlı S dalgası hızları hesaplanır.

##### 4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi ve Tektonik Gelişimi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve yakın yöresi, Türkiye'nin en büyük tektonik yapılarından Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis Zagros Kenet Kuşağı, Ölü Deniz Fay Zonu ve bu fayların eşlenikleri olan daha küçük faylarla kesilmiş bulunmaktadır. Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle Arap Plakası daha da hızlı hareket etmiş ve kuzeye doğru kaymıştır. Afrika-Arabistan ve Avrasya levhalarının kuzey-güney doğrultuda



yakınsamaları sonucu Alt-Orta Mestrihtiyen’de Akdeniz’in eski atası sayılan Tetis Denizi kapanmış ve bunu takiben Tortoniyen’de (yaklaşık 10 milyon yıl önce) Arabistan ve Avrasya levhaları, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK) veya Güneydoğu Anadolu Bindirmesi boyunca çarpışmışlardır (Şengör, 1980). Güneydoğu Anadolu ve çevresi genel olarak sismik aktivitenin yoğun olduğu bir alandır. Bölgedeki iki önemli tektonik yapı, Güneydoğu Anadolu Bindirmesi (GAB) ile hemen onun kuzeyinde yer alan ve Arap Plakası ile Anadolu Plakası arasındaki sınırı oluşturan Doğu Anadolu Fayı (DAF)’dır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Oligosen dönemi ve sonunda yoğun tektonizmanın etkisi altında kalmış ve bölgede önemli paleocoğrafik değişimler yaşanmıştır. Bölgedeki çeşitli yapısal unsurlar, bu hareketlenmelere bağlı olarak gelişmiş ve Orta Eosen sonrası tektonizma regresyona neden olup Eosen-Oligosen denizinin geometrisini değiştirmiştir (Perinçek, 1980). Batman ilinin jeolojik özelliklerine bakıldığında BZK’ nın kuzeyinde Avrasya levhasına ait dilimlenmiş metamorfik kayalar ve ofiyolitik kayalar yer alır (Eren ve ark., 2012). Batman ili jeolojik haritası Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4.1. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü 1/500 000 Ölçekli Diyarbakır Paftası Jeoloji Haritası

Batman şehri 2. dereceden deprem bölgesinde yer almakta olup 1. deprem kuşağında kalan bölgelere çok yakın bir konumdadır. Bu özelliği ve fazla hareketli olan

fay hatlarına yakın olması, Batman şehrini deprem açısından riskli konuma sokmaktadır.

Yörenin yapısal açıdan en büyük yapıları doğu-batı ve kuzeybatı-güneydoğu gidişli kıvrımlı yapılardır. Bu yapılar Ramandağı antiklinali, Beşiri senklinoryumu ve Yanarsudağı antiklinalidir. Batman civarında önemli uzunluklara varan faylar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri Hasankeyf fayı ve Yanarsudağı fayıdır. Bunların dışından Oymataş civarında ve Danalı güneyinde düşey atımlı faylar yer alır. Hasankeyf fayı, Suçeken civarından geçmekte ve Hasankeyf'in 6 km. kuzeyinde bulunmaktadır. Yanarsu fayı, Beşiri ilçesinin 4 km. kuzeydoğusunda Yanarsu Dağı antiklinalinin güneyinde yer almakta ve yaklaşık olarak Hasankeyf fayına paralel Batı Kuzeybatı-Doğu Güneydoğu gidiş sunmaktadır. Bu kesimde yaklaşık 20 km. uzunluktadır. Yanarsu fayı da bir bindirme fayıdır (Eren ve ark., 2012). Raman dağları güneyi ve yakın çevresinde görülen fay hatlarının tamamı kıvrım sistemlerine uyumlu bir biçimde D-B yönlü uzanış gösterirler. Bunlardan en önemlisi Raman antiklinalinin güney kanadı boyunca uzanan ters faydır. Çok derinlere kadar inen bu ters fay, batıda Maymuniye boğazını geçerek Batı Raman antiklinalini de önemli ölçüde kateder. Batman Raman dağı çevresi, özellikle güney yamaçları aktif fayların ve fluviyal süreçlerin etkisinde şekillenmiştir. Faylar Dicle Nehri kuzeyi boyunca kıvrımlara paralel uzanış gösteren ve Maymuniye boğazında dikey yönde açığa çıkan Raman fayı ile Gercüş antiklinali üzerinde görülen büyüklü küçüklü kırıklardır (Yıldırım ve Karadoğan, 2011).

#### **4.1.1. Hoya Formasyonu (Midyat Kireçtaşı)**

Grubun tip lokalitesi Mardin ilinin Midyat ilçesi ve dolayları olup, formasyon aşamasında, ilk kez Maxson (1936) tarafından Hermis antiklinalinde "Midyat limestone" ismi ile tanımlanmış ve tariflenmiştir. Midyat kireçtaşı başlıca gri, açık gri, krem, bej, kirli sarı ve beyaz renkli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve killi kireç taşlarından oluşmuştur. İnce, orta, kalın tabakalanma sunar. Bölgede, kalınlığı yer yer 1000 m' yi aşar (Eren ve ark., 2012).

#### 4.1.2. Germik Formasyonu

Germik Formasyonu, Gercüş antiklinalinin Dicle Nehri' ne doğru alçalım gösterdiği kuzey kanadında, vadinin kuzeye doğru uzanan yamaçları ile bunun batı devamında yüzeylenmektedir. Formasyonu sınırlı ve evaporitik koşullu regresif deniz ortamında oluşmuştur (Perinçek, 1980; Duran ve ark., 1988). Bu formasyon litolojik açıdan, inceleme alanında Aşdere ve Nehir deresinin Dicle Nehri'ne bağlandığı yerlerde şeyl, kiltaş tabakaları ve kalkerli taban konglomerasından oluşurken, batı devamında tabakalanmış greler, kumlar ve kırmızı marn ile killi kalkerlerden oluşmaktadır (Yılmaz ve Duran, 1997).

#### 4.1.3. Şelmo Formasyonu

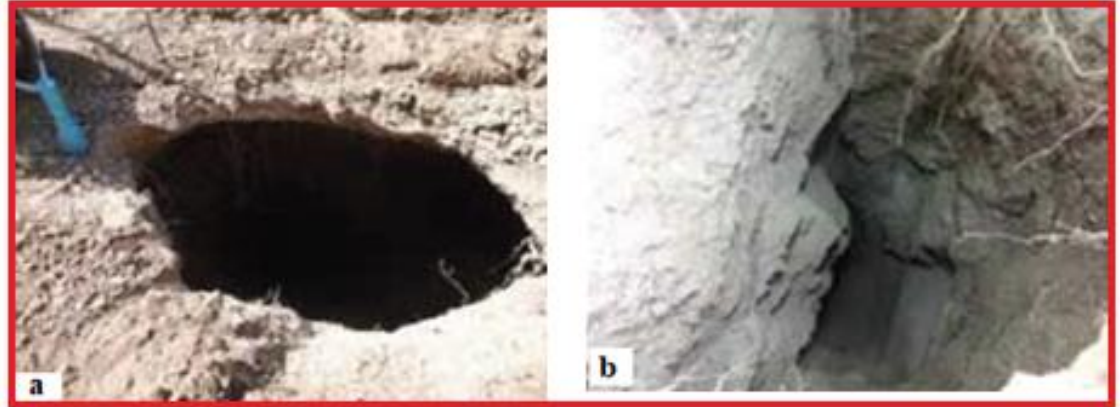
İnceleme alanında hakim olan Şelmo formasyonu birimin tip kesit yeri Batman ili Sason ilçesinin güneybatısındaki Şelmo köyü dolayındadır. Batman il merkezi yerleşiminin büyük bir bölümü Şelmo formasyonun üzerindedir. "Şelmo formasyonu" ismi, ilk kez Bolgi (1961) tarafından Siirt ve Batman illeri dolayında kullanılmıştır. Şelmo Formasyonu, grimsi yeşil, pembe, yer yer kahvems mor renkli kumtaşı, şeyl, kumlu silttaş, yer yer jips ara tabakalı, karbonat çimentolu, yumuşakça, kötü boylanmalı, kaba dokulu, poroz, alt seviyelerinde ince tabakalı, dağınık kireçtaşı çakıllı, üst seviyelerinde kalın ve çapraz tabakalı sertçe kumtaşı halindedir (Bolgi, 1961).

#### 4.2. Esentepe ve Gültepe Bölgesinde Yapılan Jeolojik ve Jeofizik Çalışmalar

Batman ili Esentepe ve Gültepe mahallerinde karstik boşluk olduğu düşünülen zeminsel çukurlar ve muhtemel fay olabilecek yapıların tespit edilmesi amacıyla jeolojik çalışmalar kapsamında temel sondaj kuyuları açılmış, jeofizik çalışmalar kapsamında ise sismik yöntemler uygulanarak ölçümler alınarak değerlendirilmiştir.

Batman ilinin çeşitli bölgelerinde bulunan kum içeren birimler ve karstik boşluk yapısında olan çökme çukurları; inşası düşünülen yapılarda oturma ve bu yapıların üzerinde inşa edileceği zeminlerde yenilme gibi problemlere yol açabilirler. Özellikle il merkezinde birçok mevkide çukur oluşumlarının varlığı bilinmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar da bulunan yaklaşık 30-30 cm kalınlığında toprak örtünün kaldırılmasıyla Esentepe mevkisi güneyinde yer içine uzanan K 40-50B gidiş veren bir

boşluğa rastlanmıştır. Çukurun yüzeydeki ağız ebatları yaklaşık olarak 1 m x 0.75 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2a). 5 metre derinliğinde çukur 4x2 metre ebatlarında bir elips şeklini almaktadır. 8 metre derinliğinde ise en geniş yeri 3 metre, uzunluğu ise 6 metre'yi bulmaktadır (Şekil 4.2b) (Eren ve ark., 2012).



Şekil 4.2a. Esentepe güneyinde bulunan çukurun arazi görünümü b. Ağız kesiminden derinlere doğru çukurun görünümü

Yapılan incelemelerde çevrede çok sayıda normal ve doğrultu atımlı fayın yüzeylendiğini göstermiştir (Şekil 4.3). Ayrıca alüvyial kayalar içerisinde sıvılaşma yapıları da bulunmaktadır (Eren ve ark., 2012).



Şekil 4.3. Esentepe mevkiinde bir fay zonundan görünüm (Eren ve ark., 2012).

#### 4.2.1. Arazi Araştırmaları ve Jeoteknik Amaçlı Sondajlar

Arazi incelemeleri sırasında jeoteknik amaçlı üç lokasyonda sondaj yapılmış, sondajlar sırasında Standart Penetrasyon Test (SPT) yapılarak örnekler alınmıştır.

Arazi incelemeleri sırasında inceleme alanında zeminin mühendislik jeolojisi yönünden özelliklerin belirlenmesi amacıyla üç adet 60 metrelik sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj kuyularının açılması sırasında geçilen zemin tabakalarının fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla Örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) numuneleri alınmıştır. Şekil 4.4’de inceleme alanında yapılan sondaj çalışması görülmektedir. İnceleme alanında açılan temel sondaj logları EK 1’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 4.4. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışması

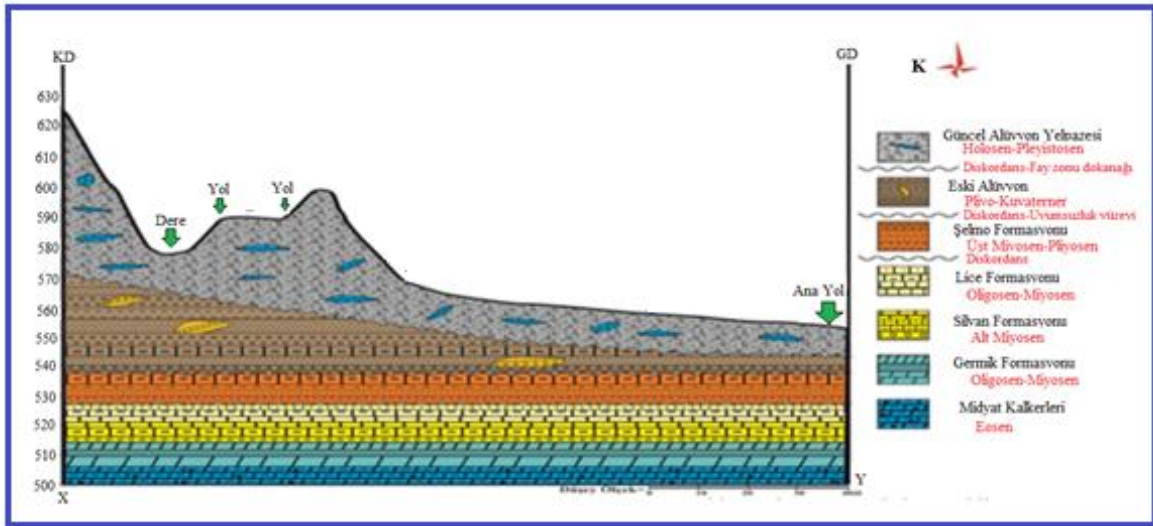
Bu çalışmada yapılan sondajlarda elde edilen SPT değerleri çizelge 4.1 ’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.SPT (Standart Penetrasyon Test) elde edilen N30 değerleri

SONDA J NO	DERİN LİK	0- 15cm	1 5-30cm	30- 45cm	60
SK-1	6,00- 6,45	15	2 0	28	8
SK-1	9,00- 9,45	17	2 9	38	7
SK-2	4,50- 4,95	22	3 3	41	4
SK-2	6,00- 6,45	24	7 3	R	
SK-3	3,00- 3,45	15	1 9	26	5
SK-3	6,00- 6,45	15	2 6	37	3

SK-3	9,00- 9,45	17	5	2	49	4
------	---------------	----	---	---	----	---

Şekil 4.5’de inceleme alanına ait jeolojik kesit görülmektedir. Formasyon tabanında jips ve tuz tabakalı kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmalı, üstte ise gevşek tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı ve şeyl ardalanmalıdır. Genç Çökeller (Kuvaterner); dere yatakları boyunca görülen, genelde kireçtaşı ve marınların çakıl ve bloklarından oluşan, kil, silt, kum gibi ince malzemeler de içeren bir birimdir. Kalınlığı az eğimli ve düzlüklerde 3-4 metre, engebeli yerlerde ise 0.5-1 metre kadardır.



Şekil 4.5.İnceleme alanına ait jeolojik kesit

#### 4.2.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analizler

İnceleme alanında laboratuvar çalışmaları kapsamında, yeraltında bulunan birimlerin fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan laboratuvar deneyleri ile zeminin doğal birim hacim ağırlığı, su muhtevası, elek analizi, Atterberg limitleri, Konsolidasyon deneyi ve üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Elek analizinde geçen zemin numuneleri üzerinde yapılan deneylerde Atterberg Limitleri olarak bilinen likit limit (LL) ve Plastik limit (PL) deneylerle bulunup, Plastisite indisi (PI) hesaplanmıştır. Çalışma alanında deneyler sonucunda Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere zeminin su içeriği % 13,17 ile % 15,78 arasında ortalaması % 14,09, Likit Limit aralığı (W<sub>L</sub>) % 25 ile % 58 aralığında ortalaması % 33,66 ve Plastisite İndisi (I<sub>p</sub>) % 13 ile % 36 aralığında

ortalaması % 17,55 olarak hesaplanmıştır. Deneylere ilişkin rapor ve sonuçlar bilgileri EK 2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** İnceleme alanının fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan laboratuvar deneyleri

Sondaj No	Numune No	Su İçeriği (%)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	Sınıf
SK-1	UD	15,78	58	22	36	CH
SK-1	SPT	15,15	42	24	18	CL
SK-1	SPT	13,17	28	13	15	SC
SK-2	UD	14,21	40	20	20	CL
SK-2	SPT	13,46	26	12	14	GC
SK-2	SPT	13,77	29	16	13	GC
SK-3	SPT	13,59	27	13	14	GC
SK-3	SPT	13,23	28	14	14	GC
SK-3	SPT	14,5	25	11	14	GC

#### 4.2.3. İnceleme Alanında Yapılan Sismik Yöntem Çalışmaları

İnceleme alanının yer aldığı bölge Batman il merkezi esentepe bölgesidir (Şekil 4.6). İnceleme alanında yapılan sismik yöntem sonuçları ayrıntılı olarak EK 3’de verilmiştir.

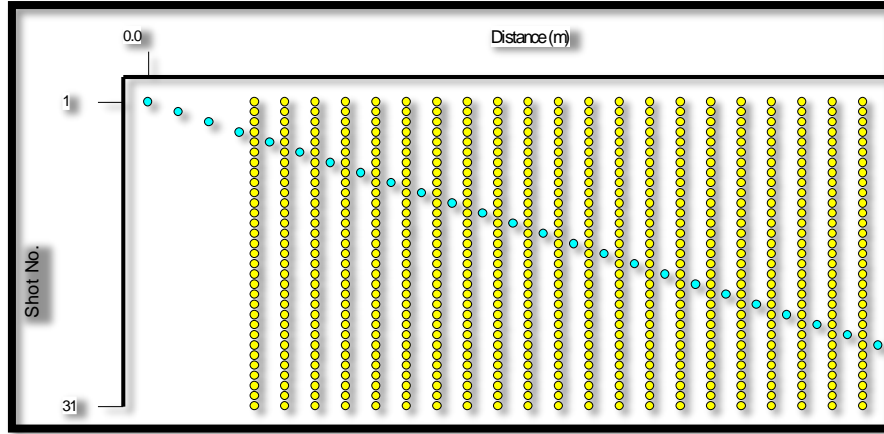


Şekil 4.6. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Sığ yeraltı yapısını araştırmak için çalışmalarda 4,5 Hz'lik düşey jeofonları ve Seismic Source firmasının 12 Kanallı DAQlink-III sismik ölçüm cihazı kullanılarak, Sismik kırılma ve Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) kayıtları alınmıştır. Her bir serimden elde edilen zaman-uzaklık grafikleri ve her bir tabakaya ait P ve S dalgası hız değerleri hesaplanarak, sismik zemin kesiti çizilmiştir. Toplam on profilde, 24 jeofon kullanılarak, jeofon aralığı 3 metre offset aralıkları profil başında 4 atış en uzak 10.5 metre, 7.5 metre, 4.5 metre ve 1.5 metre, profil sonunda 4 atış 1.5 metre, 4.5 metre, 7.5 metre ve 10.5 metre seçilerek sismik kırılma ve Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) tomografi ölçümü gerçekleştirilmiştir.

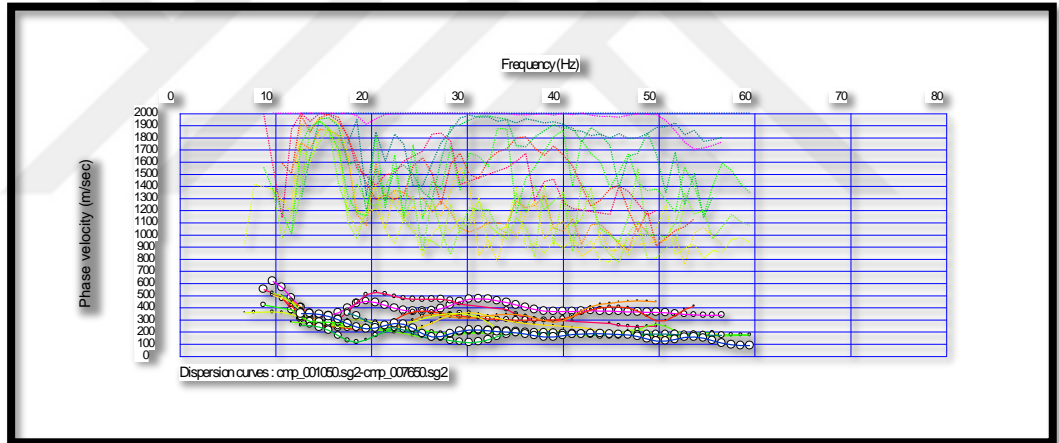
Ölçümlerden elde edilen kayıtlar yerinde kontrol edilerek, arazide kaydedilen veriler programda kullanılmak üzere seg2 formatına dönüştürülerek, profillerdeki her atışın tek tek geometrileri girilmesi gibi gerekli düzeltmeler yapılarak elde edilen kırılma ölçümleri, bilgisayar programları kullanılarak modellenip, değerlendirme ve yorumlar yapılmıştır. Sismik tomografi yöntemi ile farklı atış noktalarından jeofonlara gelen ilk varışlardan hızların hesaplanarak, taranan alan içinde farklı hız değerleri gösteren ortamların belirlenmesi amaçlanmıştır. İki boyutlu MASW verilerinin elde edilmesi amacıyla uygulanan sismik tomografi ölçümlerinde düz, ters ve orta atışlar olmak üzere profillerin başında ve sonunda olmak üzere dörder atış yapılmıştır. İki boyutlu MASW yöntemi için atış geometrisi şekil 4.7'de gösterilmiştir.





Şekil 4.7. İki boyutlu MASW yöntemi için sismik tomografi geometrisi

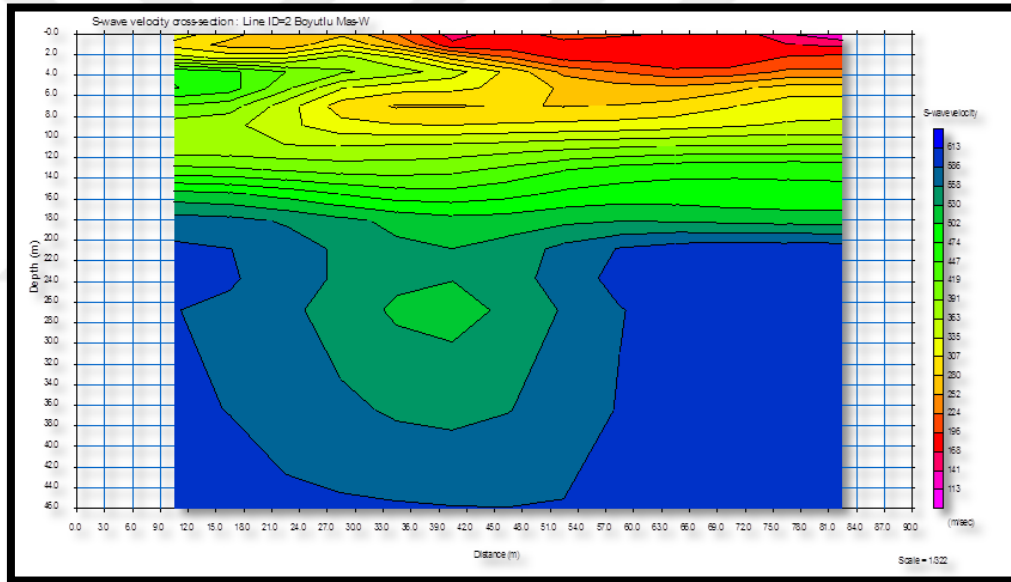
İnceleme alanından, çok atışlı ölçümlerden elde edilen veriler iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wave Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren dispersiyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. İki boyutlu MASW dispersiyon eğrileri

Dispersiyon eğrilerinden yararlanılarak İki boyutlu ortama ait tabakların  $V_s$  hızlarını ve  $V_s$  hızı değişimlerinden kaynaklanan farklı yapıları gösteren S dalgası ters çözüm yeraltı tomografi kesiti; iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wave Eq /GeoPlot programı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.23). İnceleme alanında alınan S-2 profili sismik verilerden elde edilen iki boyutlu S dalgası ters çözüm yeraltı tomografi kesitinde (Şekil 4.24) yatayda 32. metre ile ortalama 82. metreye kadar (kırmızı ile gösterilen bölge) ortalama 10 metre derinlikte düşük sismik hızlara sahip, gevşek ve su içermesi muhtemel birimler olduğu düşünülmektedir.

2.profil ait S dalgası ters çözüm yer altı tomografi kesitinde ilk 5 metre çok gevşek birimler, ilk 10 metre gevşek birimler olarak değerlendirilebilir. Profilin başından itibaren 8. metreye kadar olan bölgenin (yeşil renk ile gösterilen) kil birimlerden oluştuğu, 17. metre ile 35. metre arasında farklı hız değerlerini gösteren karstik bir boşluğun olduğu söylenebilir. Yine profilin orta kısmında 4. metre ile 10. metre arasında ortalama 9.7 metre derinliğinde, yaklaşık 6 metrelik bir boşluk (çukur) olduğu düşünülmektedir. Yatayda genişliği yaklaşık 23 metre olan bölgenin (oklarla gösterilen) altında muhtemel su içeren birimlerin olması nedeniyle suyun sızması ve erimenin buradan başlayarak çukurun oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir. Şekil 4.9'da 2.profil Vp kesitinde de görüldüğü üzere 7. metreden sonra P hızı 419 dan 924 e yükselerek artmıştır.



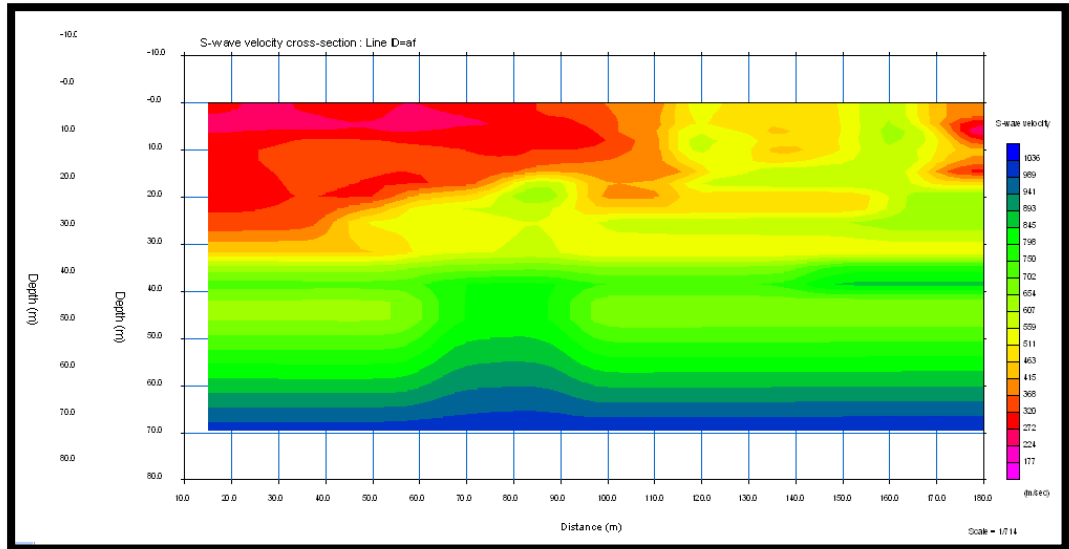
Şekil 4.9. İki boyutlu S dalgası ters çözüm yeraltı tomografi kesiti

İnceleme alanının yer aldığı bölge Batman il merkezi gültepe mahallesi esentepe civarındadır (Şekil 4.10). Jeofizik çalışmalardan masw ve refraction ölçümleri ve S dalgası hızlarını belirlenmeye yönelik olarak çok kanallı yüzey dalgası ölçümü yapılmıştır.

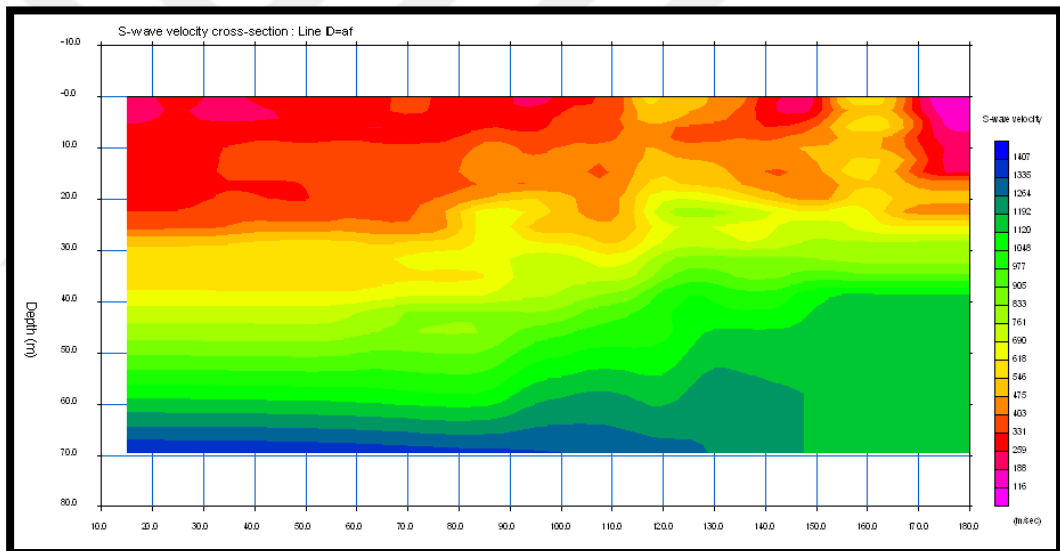


Şekil 4.10. İnceleme alanının yer bulduru haritası

İnceleme alanında 2 profil sismik kırılma, masw ve Mam array ölçüm kayıtları kırılma ve aktif kaynak teknikleri uygulanarak kaydedilmiştir. Elde edilen kayıtların faz hızı-frekans grafiğinden dispersiyon eğrisi oluşturulan dalganın ters çözüm yolu ile yeraltındaki tabakaların  $V_s$ ,  $V_p$  ve derinlikleri hesaplanmıştır. Sismik çalışmalar kapsamında sahada en uygun ölçüm sisteminin MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) Çok Kanallı Yüzey Dalgası Arazi ve MAM (Microtremor Array Measurements) Mikrotremor Hat Ölçümü ölçümü yapılabileceğine karar verilmiştir. Bu amaçla saha imkanları ölçüsünde 1 profil boyunca refraction ve masw ölçümlerinde 3.0 m. jeofon aralıklı offset 2 metre kayıtlar alınmıştır. 1 profil boyunca refraction ve masw ölçümlerinde 5.0 m. jeofon aralıklı ofset 10 metre kayıtlar alınmıştır. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de 1.profil için yapılan kırılma-masw ölçümlerinden elde edilen kesit verilmiştir.

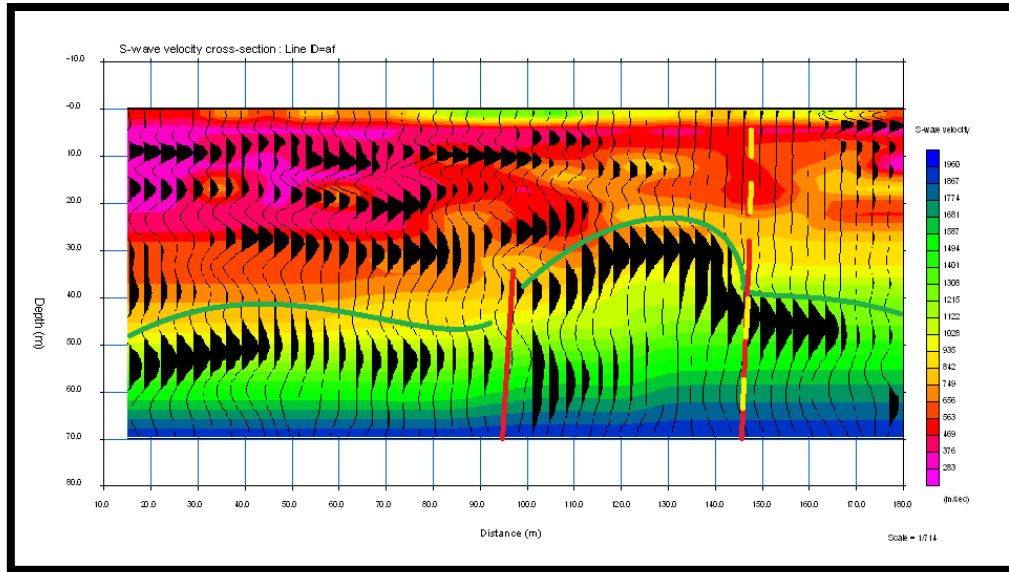


Şekil 4.11. 1.Profil Sahada gerçekleştirilen kırılma-Masw ölçümlerinden elde edilen kesit



Şekil 4.12. 1.Profil sahada gerçekleştirilen kırılma-Masw ölçümlerinden elde edilen kesit

Şekil 4.6’da yansıma profili zaman kesiti verilmiştir. MASW profili ile yapılan yansıma karşılaştırmasında ilk 70 metre ayrıntılı kesiti görülmektedir. Yeşil çizgi formasyon sınırını, kırmızı ve sarı kesikli çizgi ise olası süreksizlikleri göstermektedir. Profil üzerinde 90-100 m uzaklıkta eski fay izleri olarak yorumlanabilir. Sarı kesikli çizginin yüzeye uzanan olası fay olduğu yorumunu yapabiliriz. Buna göre ilk 50 m göçük yapma potansiyeline sahiptir. Pembe ile gösterilen yerler zeminin suya doymuş ve en gevşek kısımlardır (Şekil 4.13).



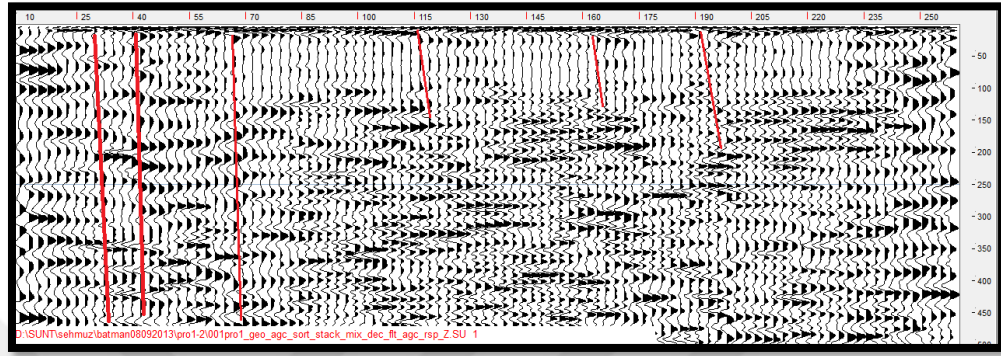
Şekil 4.13. Yansıma profili zaman kesiti (UBM yerbilimleri ve DAYK Mühendislik A.Ş.,2014)

İnceleme alanının yer aldığı bölge Batman il merkezi gültepe mahallesi tilmerç köyü civarındadır (Şekil 4.14). Sahada 4 profilde sismik MASW Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) ve sismik yansıma çalışması yapılmıştır. Profil uzunlukları 72.5-81-135-135 metre olup 100 metre derine kadar olan zemin parametreleri elde edilmiştir. Sahada ölçümlere başlamadan sahada gözlemleri yapılmış ve ona göre ölçüm yöntemleri ve lokasyonları belirlenmiştir. Çalışmada Seismic Source firmasının 24 Kanallı DAQlink-III sismik ölçüm ekipmanı kullanılmıştır.



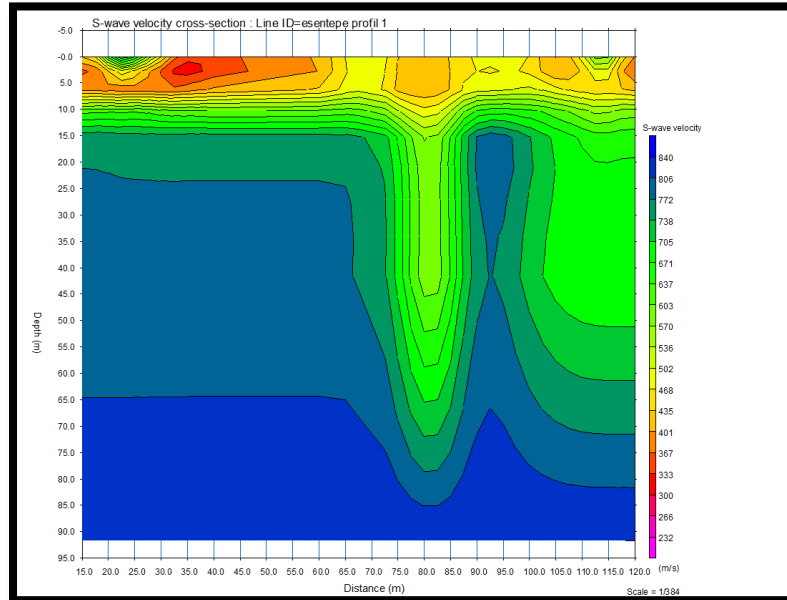
Şekil 4.14. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Profilde elde edilen yansıma kesitinde profilinde başlangıcında görülen süreksizlik (fay) mevcut binanın oturacağı temel çukurunun dışında kalmaktadır. Bununla birlikte temel çukurunu oluşturan zeminin içinde 3 adet küçük süreksizlik (kırık) görülmektedir. P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti Şekil 4.15’de verilmiştir.

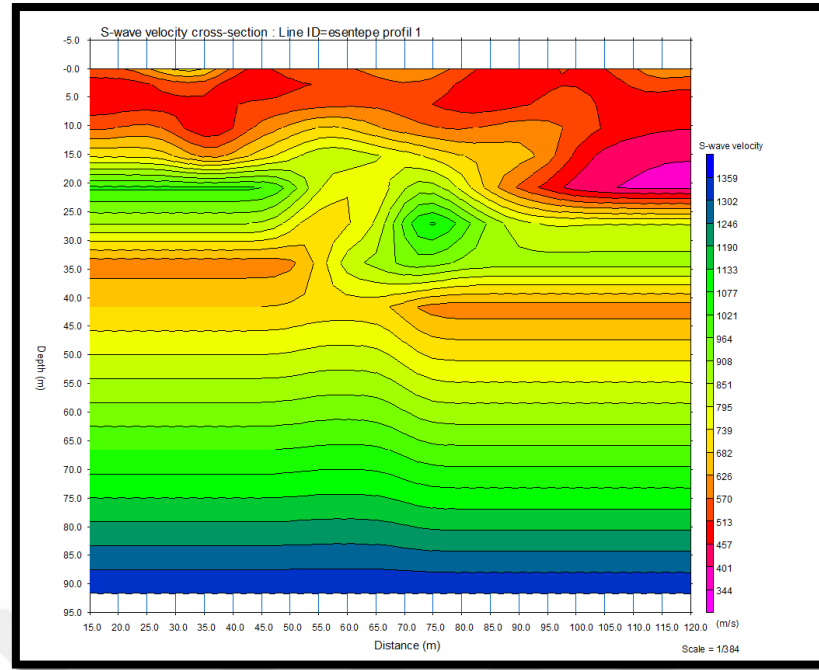


Şekil 4.15.P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti (UBM yerbilimleri A.Ş.,2013)

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilen MASW analizi sonucu elde edilen modellerde profilin 80. metresindeki süreksizlik açıkça yoruma ihtiyaç hissedilmeden görülmektedir. Farklı parametreler kullanılarak oluşturulan MASW kesitinde de atımın 5 metre olduğu tespit edilmiştir.

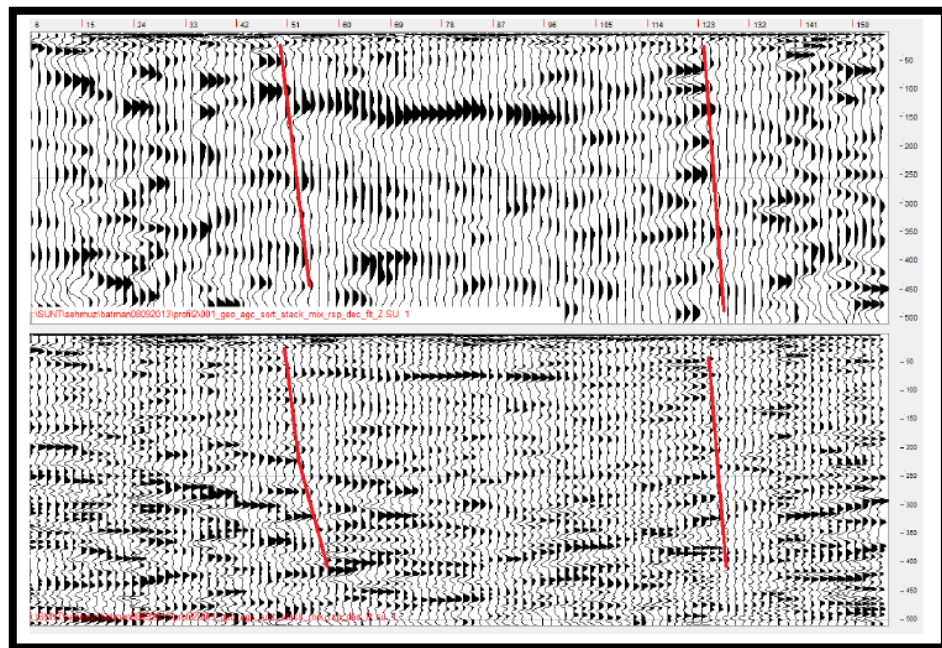


Şekil 4.16. MASW analizi sonucu elde edilen model

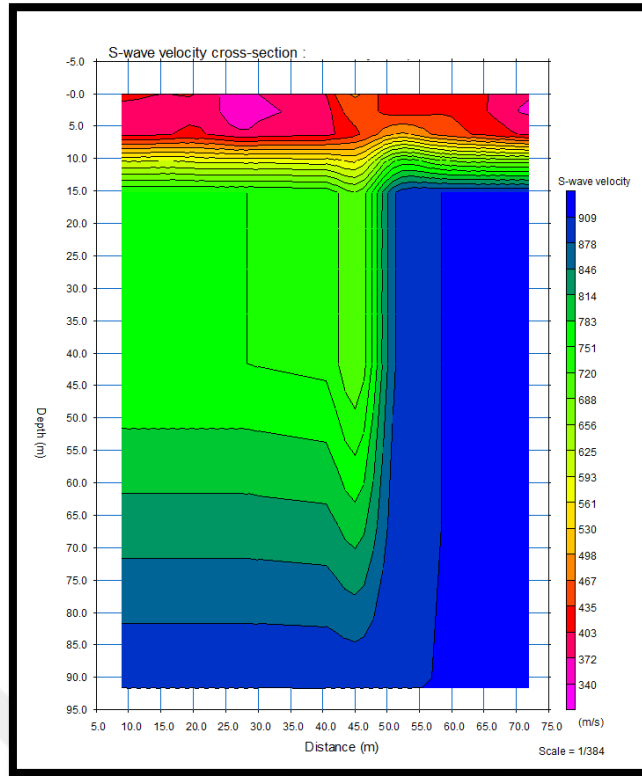


Şekil 4.17. MASW analizi sonucu elde edilen model

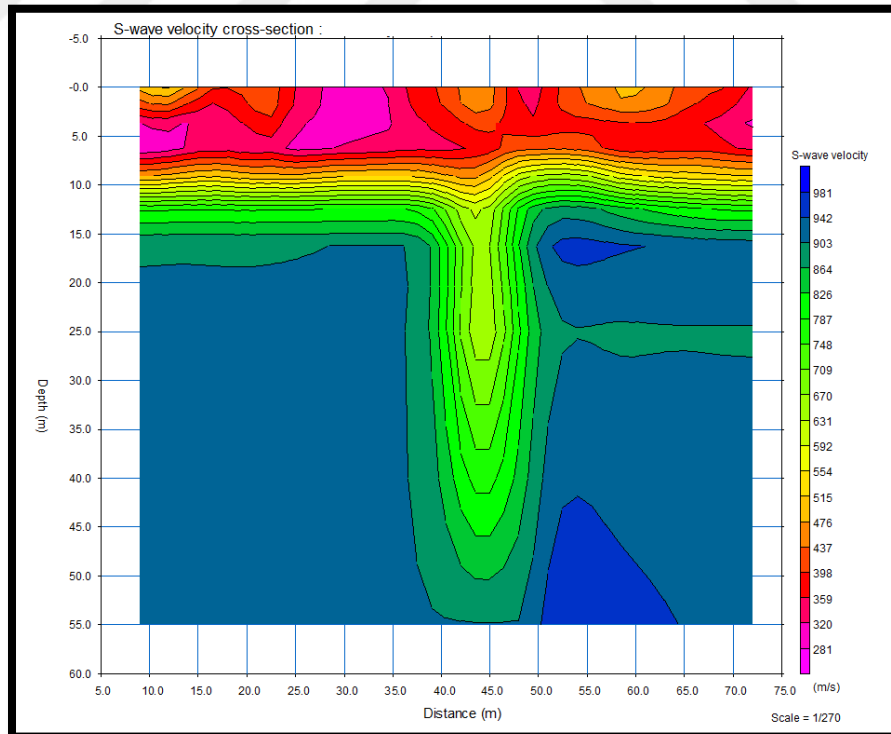
Şekil 4.11’de 2. profilden alınan ölçümlerde P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti verilmiştir. Temel çukurunun içerisinde yapılan bu çalışmada Sismik yansıma ve masw kesitinde elde edilen modellerde temel çukurunun ortasına gelecek şekilde konumlanmış süreksizlik (kırık) görülmektedir (Şekil 4.18). Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de MASW analizi sonucu elde edilen modeller verilmiştir.



Şekil 4.18. 2. Profil için P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



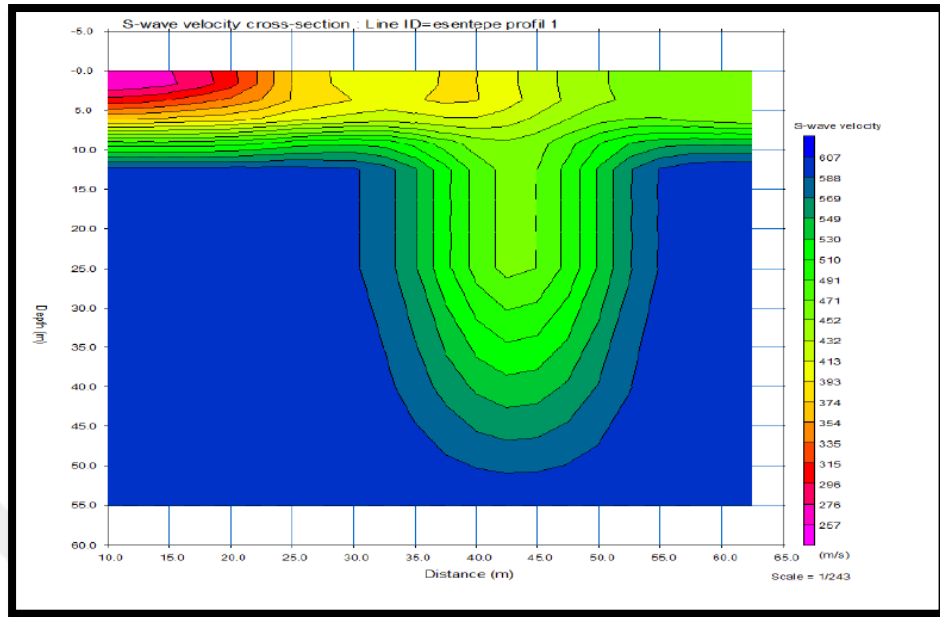
Şekil 4.19. MASW analizi sonucu elde edilen model



Şekil 4.20. MASW analizi sonucu elde edilen model

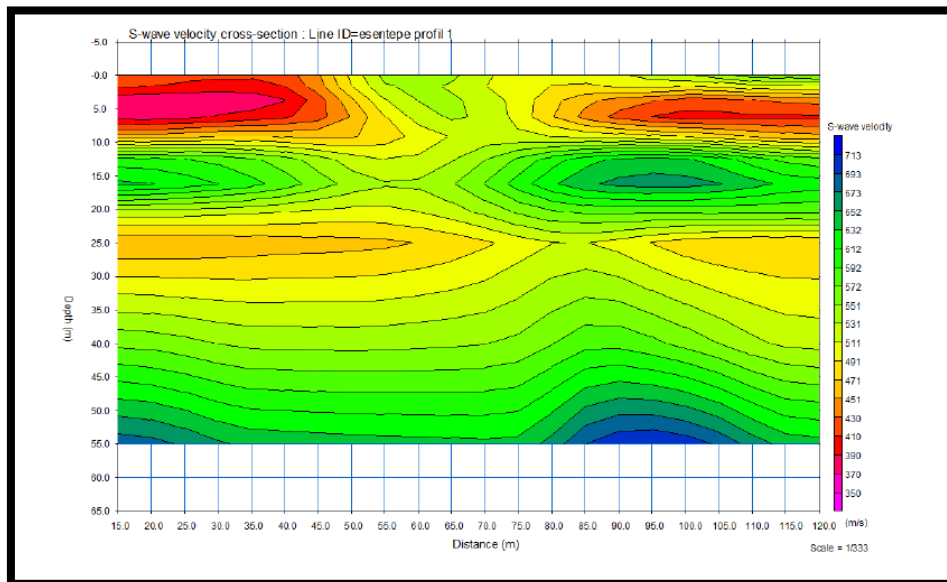


Şekil 4.21’de 3. profil iki boyutlu MASW kesiti verilmiştir. Şekil 4.20’de 1. ve 2. profillerde gözlenen kırık sistemleri 3. profilde de gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21. 3. Profil iki boyutlu Masw kesiti

Şekil 4.22’de 4. profil 2 boyutlu MASW kesiti verilmiştir. Temel çukurunun dışında kalan 1. profilde de gözlenen kırık sistemi 4. Profilde gözlemlenmektedir.



Şekil 4.22. 4. Profil iki boyutlu Masw kesiti

İnceleme alanında yapılan bir diğer çalışma, gültepe mahallesi tilmerç köyü civarındadır. Sahada iki profilde sismik yansıma ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.23).

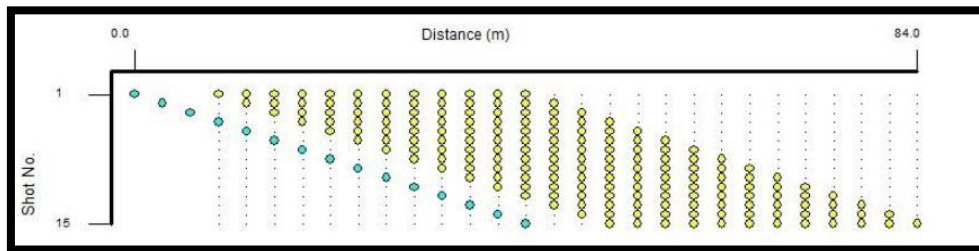


Şekil 4.23.Çalışma alanının yer bulduru haritası ve profil doğrultuları

Sismik profil uzunlukları 75 metre olup 100 metreye kadar olan zemin parametreleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.3’de Sismik masw-refraction jeofon ve ofset mesafeleri, Şekil 4.24’de profil atış noktaları gösterilmiştir.

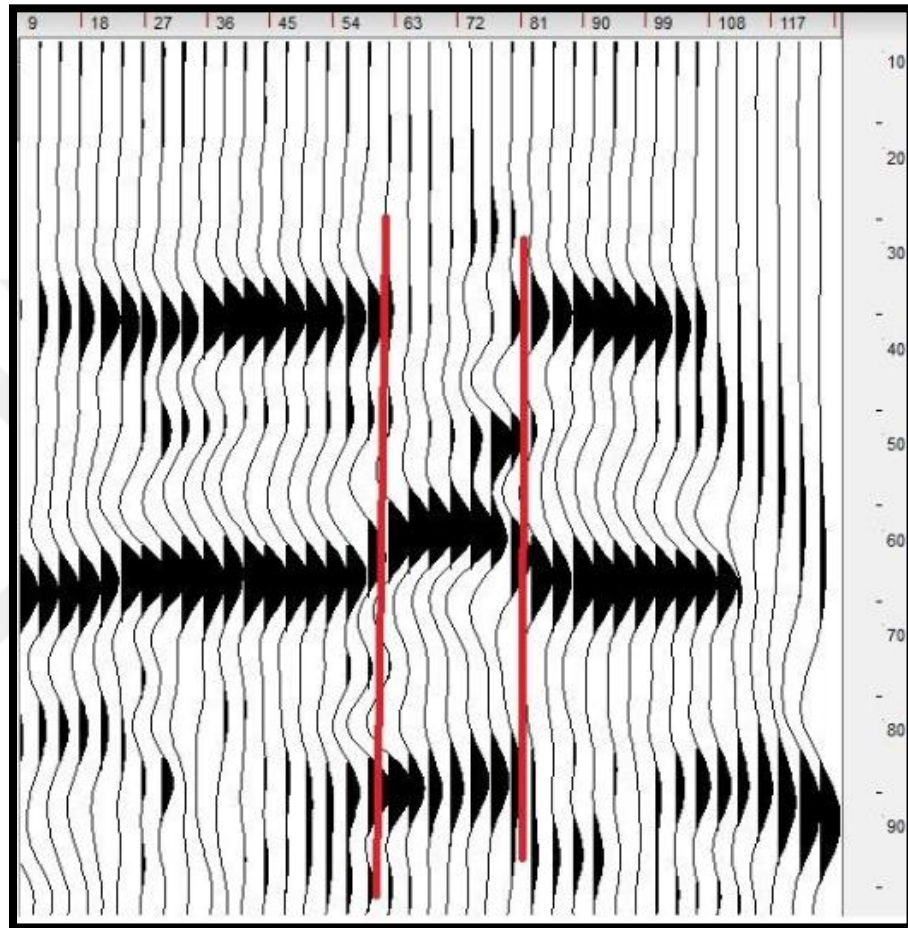
Çizelge 4.3. Sismik masw-refraction jeofon ve ofset mesafeleri

Profil No	Jeofon Aralığı (m)	Ofset Mesafesi (m)
1	3.00	9.00
2	3.00	9.00

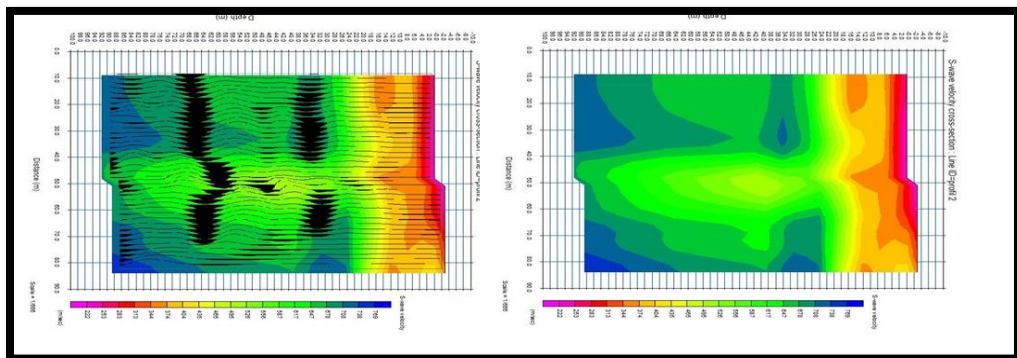


Şekil 4.24.Profil atış noktaları

1.profilinden sismik yansıma ölçüsünden edilen P dalgası Şekil 4.25’de ve yeraltı kesiti Şekil 4.26’da verilmiştir. Profilden elde edilen süreksizlik modelde görüldüğü gibi 81. cdp, profilin yaklaşık 50. metresinde olup derinliği yaklaşık 10 metreden itibaren başlamaktadır.

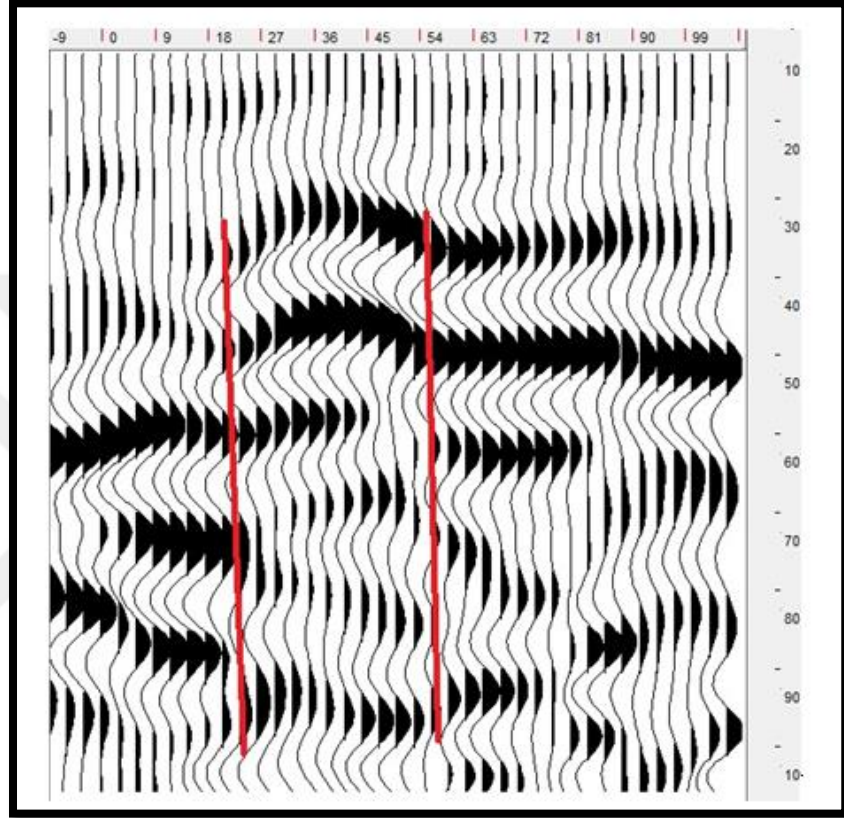


Şekil 4.25.Sismik arazi kaydı (UBM yerbilimleri A.Ş.,2019)

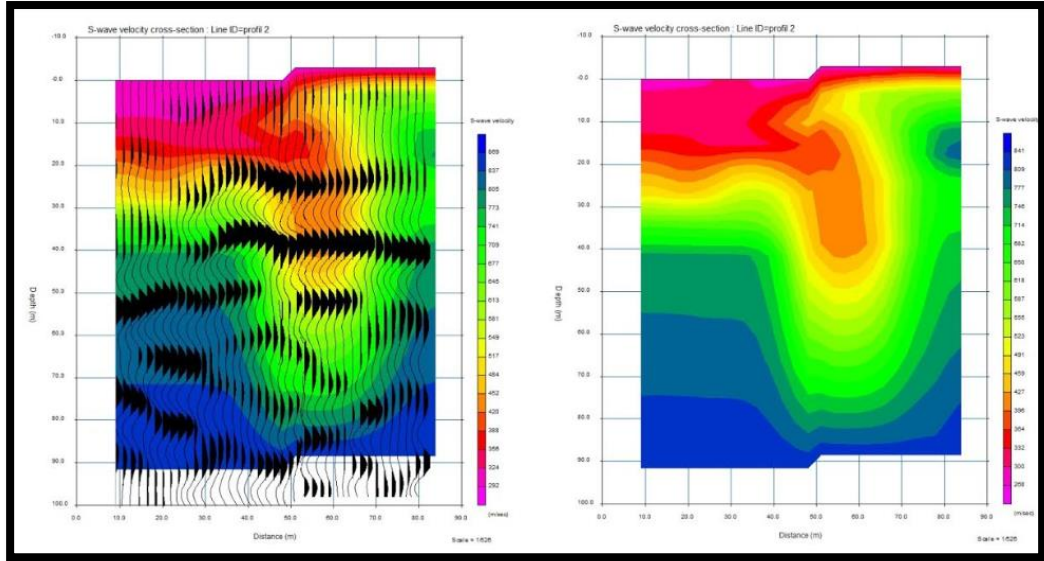


Şekil 4.26. İki boyutlu yeraltı tomografisi

2.profilinden sismik yansıma ölçüsünden edilen P dalgası Şekil 4.27’de ve yeraltı kesiti Şekil 4.28’de verilmiştir. Profilden elde edilen süreksizlik modelde görüldüğü gibi 54. cdp, profilin yaklaşık 50. Metresinde olup derinliği yaklaşık 10 metreden itibaren başlamaktadır.



Şekil 4.27.Sismik arazi kaydı (UBM yerbilimleri A.Ş.,2019)



Şekil 4.28.İki boyutlu yeraltı tomografisi

İnceleme alanında gerçekleştirilen sismik yansıma ve yüzey dalga analizi çalışmalarından elde edilen modeller birbirini ile uyum göstermektedir. Buna göre Temel çukurunu ortadan geçen ve temel çukurundan sonra gözlenen Doğu-Batı yönlü ve birbirine paralel iki kırık sistemi mevcuttur. 1. kırık sisteminin derinliği tespit edilememiştir. İkinci kırık sistemi ilk 50 metre derinliğe kadar izlenebilmiştir. Sismik kesitlerde görülen kırık sistemlerinin ana faya bağlı olarak gelişen sistemler olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde çalışma sahasını da kapsayan bölgede süreksizliklerin fay olduğu anlaşılmaktadır.

### 4.3. Şafak Mahallesi Bölgesinde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

İnceleme alanının yer aldığı bölge Batman il merkezi Şafak mahallesi civarındadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Çalışma sahasında 3 profilde (Şekil 4.30) sismik MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) ölçümleri yapılmıştır. Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de inceleme alanında yapılan sismik yöntem ölçüm çalışmaları gösterilmiştir.



Şekil 4.30. İnceleme alanının yer bulduru haritası ve profil düzeni



Şekil 4.31. İnceleme alanında yapılan sismik yöntem ölçüm çalışmaları



Şekil 4.32. İnceleme alanında yapılan sismik yöntem ölçüm çalışmaları

İnceleme alanında zemin tabakalarının belirlenmesi, özellikleri ve sınırlarının anlaşılması için sismik yöntemlerden yararlanılmıştır. Sığ yeraltı yapısını araştırmak için çalışmalarda serim boyunca yatay ve düşey jeofonlar kullanılarak P ve S dalgası kayıtları alınmıştır. İnceleme alanında, Şekil 4.33’de görülen Seismic Source firmasının 12 Kanallı SARA DO-RE-Mİ sismik ölçüm ekipmanı 4,5 Hz jeofonlar kullanılmıştır.



Şekil 4.33. Seismic Source firmasının 12 Kanallı SARA DO-RE-Mİ sismik ölçüm ekipmanı

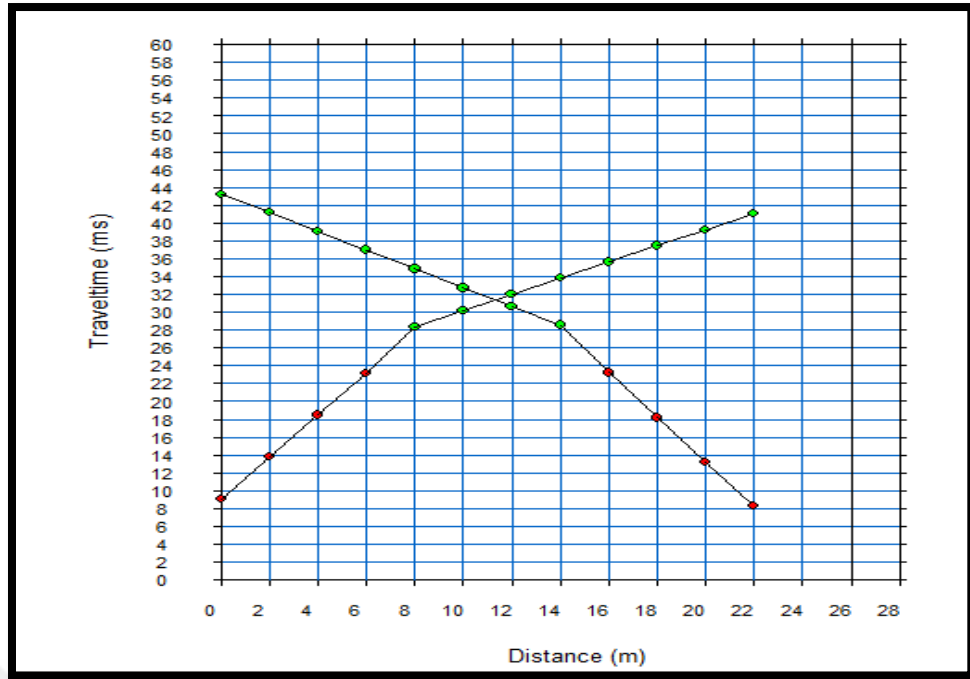
İnceleme alanında üç lokasyonda sismik kırılma ve masw ölçümü yapılmıştır (Çizelge 4.4). Profil uzunlukları, 17 metre, 34 metre ve 34 metredir. 30 metre derine kadar olan zemin parametreleri elde edilmiştir. İnceleme alanında yapılan sismik yöntem sonuçları ayrıntılı olarak EK 3’de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Sismik Masw-refraction jeofon ve ofset mesafeleri

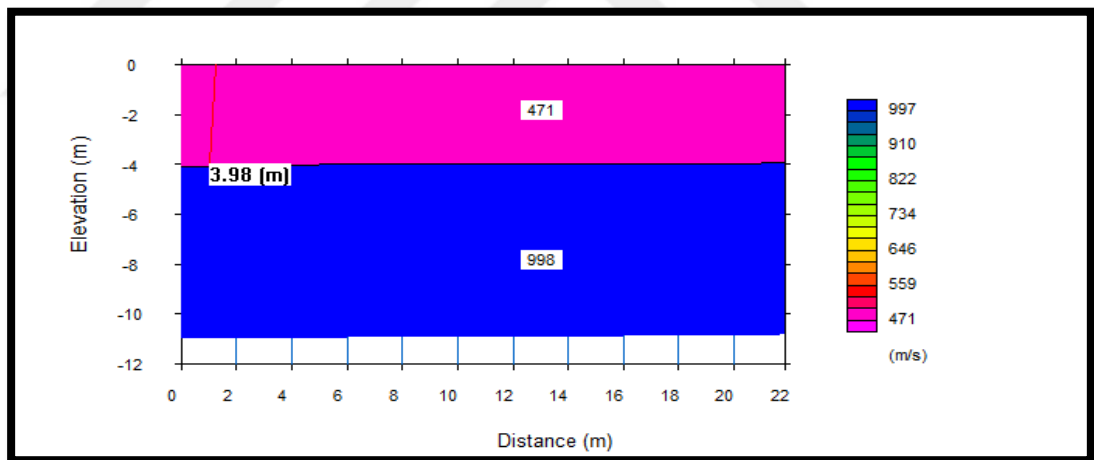
Profil No	Jeofon Aralığı (m)	Ofset Mesafesi (m)
1	1	3.00
2	2	6.00
3	2	6.00

Sismik kırılma ölçüsü 2. profilden elde edilen P dalgası yol-zaman grafiği Şekil 4.34’de yeraltı kesiti Şekil 4.35’de ve P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti Şekil 4.36’da verilmiştir.

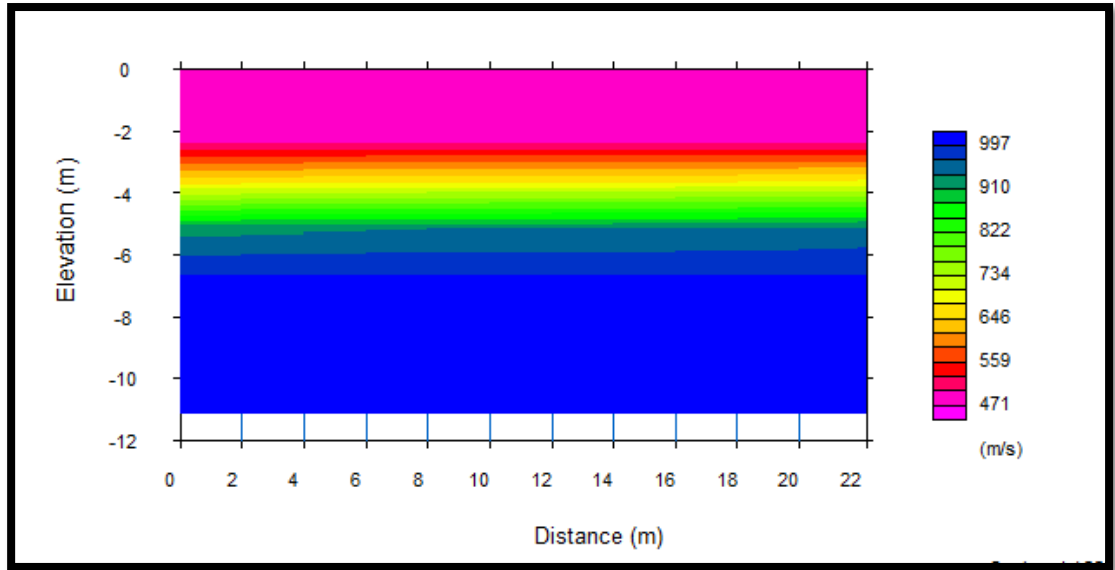




Şekil 4.34. P Dalgası yol-zaman grafiği

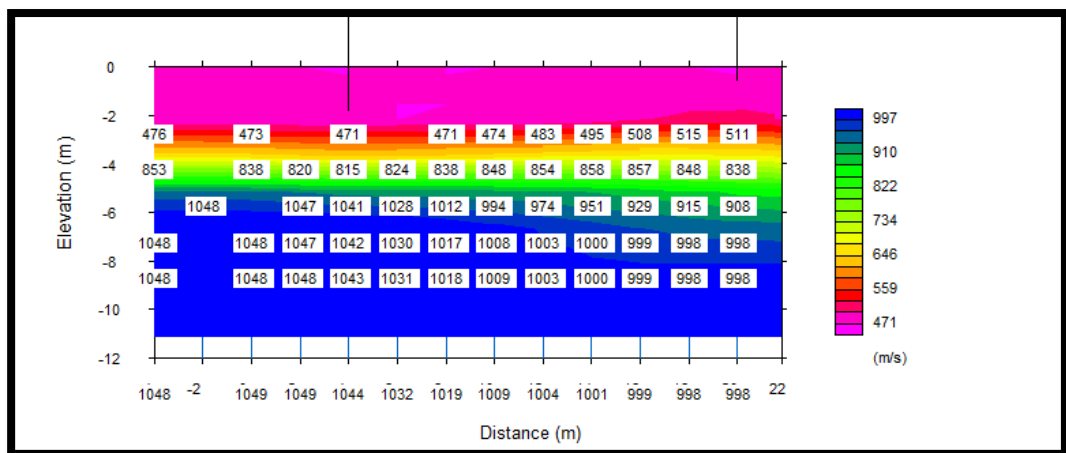


Şekil 4.35 P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



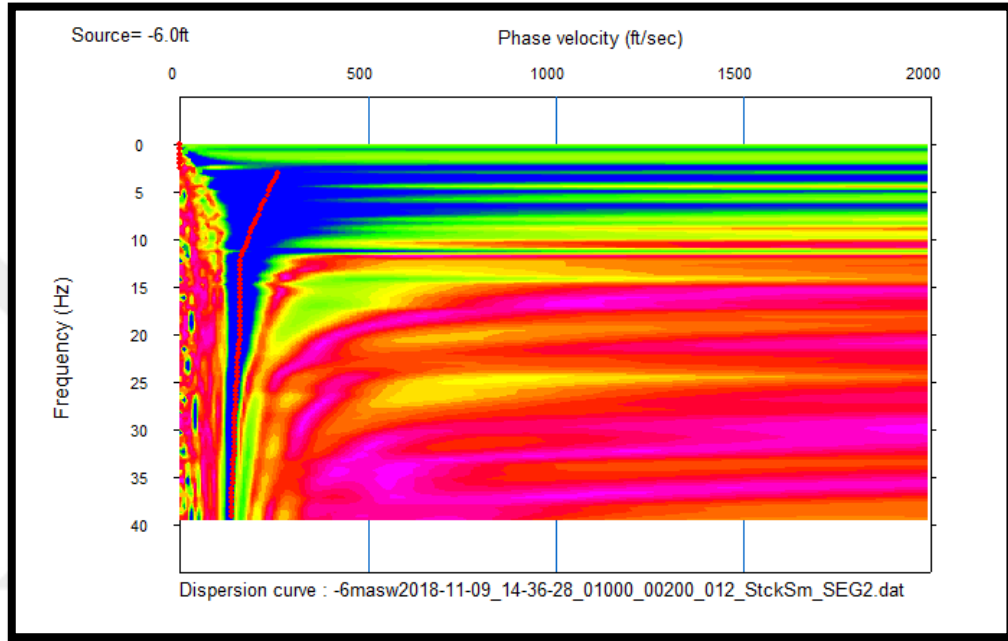
Şekil 4.36. P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti

İnceleme alanında gerçekleştirilen kırılma-masw ölçümleri neticesinde 2. Profil ölçümünde ; 1. tabaka 3,98 m. derinliğe sahip yeraltında olup,  $V_p=471\text{m/sn}$ ,  $V_s=186\text{m/sn}$ . hesaplanmıştır, hesaplanan  $V_s$  dalgası hız değerinden ve saha çalışmalarından gevşek zemini, 2. tabakada 11,00 metre derinliğe kadar devam eden  $V_p=998\text{m/sn}$  ve  $V_s=297\text{m/sn}$  hızına sahip ise orta sıkı zemini temsil etmektedir (Şekil 4.37).



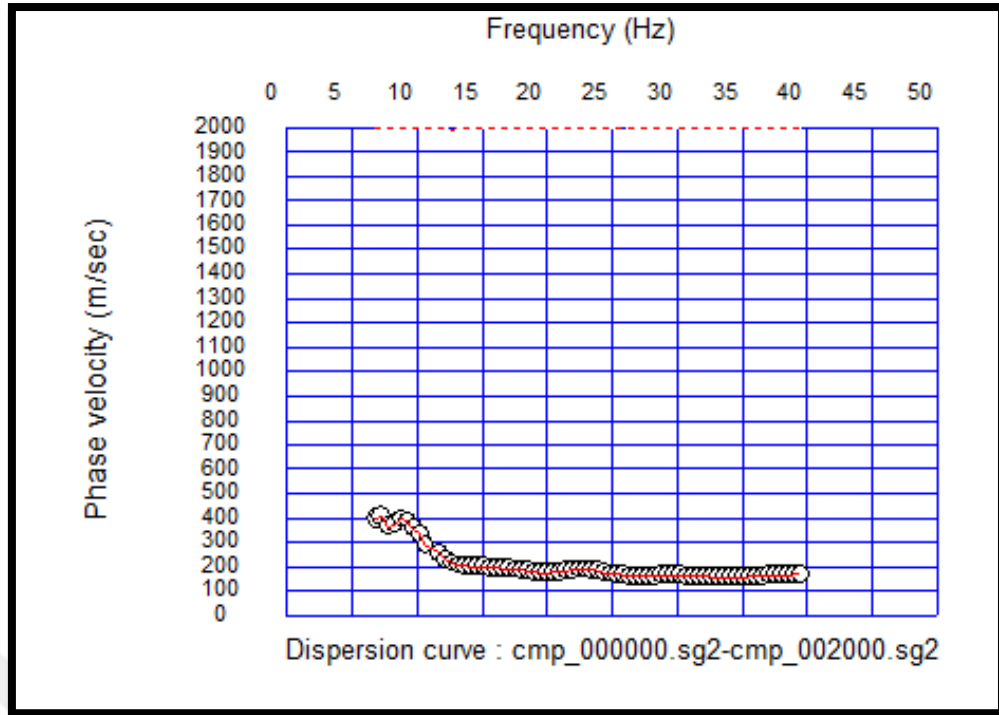
Şekil 4.37.P dalgası yeraltı tomografisi

2.profilinden elde edilen veriler bir boyutlu (1D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren dispersiyon eğrisi elde edilmiştir. Bu dispersiyon eğrisinden 1B ortama ait tabaka parametreleri belirlenerek, yüzey dalgası dispersiyon eğrilerinin ters çözümü tabakaların S dalgası hızının modellenmesin de kullanılmıştır. Şekil 4.38'de 2.profilinden elde edilen dispersiyon eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Dispersiyon eğrisi

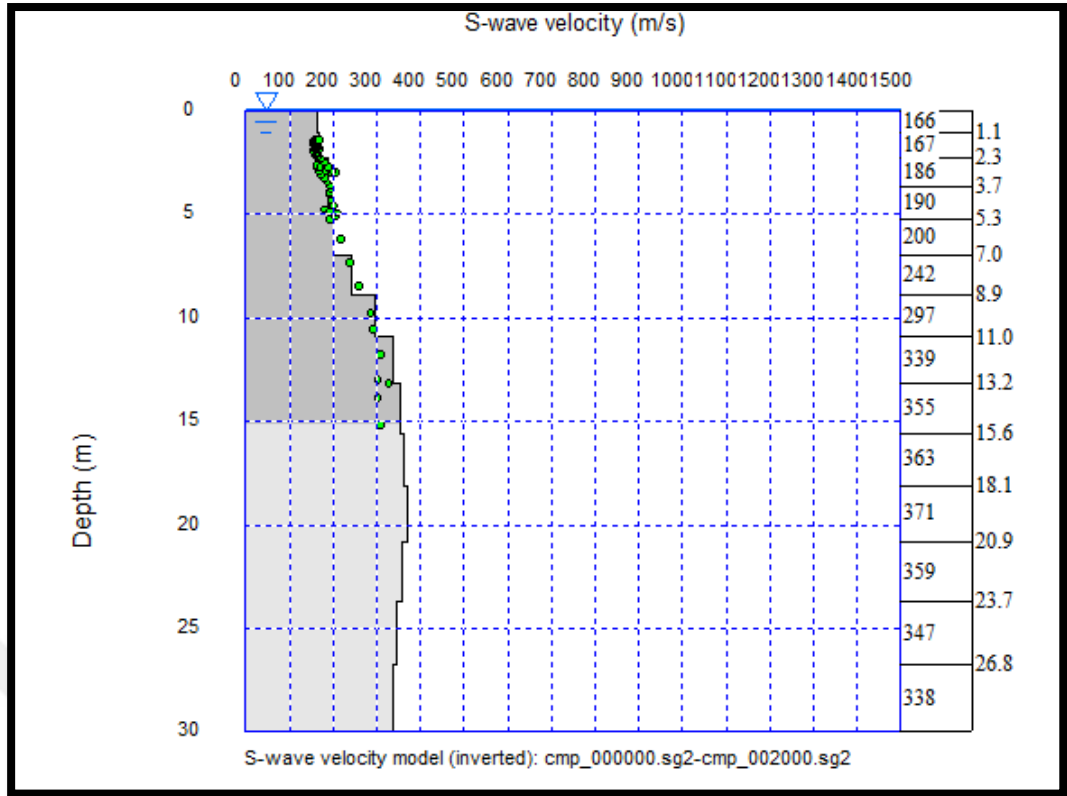
İnceleme alanından elde edilen veriler bir boyutlu (1D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren yüksek mod ve düşük modlu dispersiyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Dispersiyon-inversiyon eğrisi

#### 4.3.1. Dispersiyon Eğrisine Ters Çözüm Uygulanarak S-Dalga Hızının ve Yeraltı Yapısının Belirlenmesi

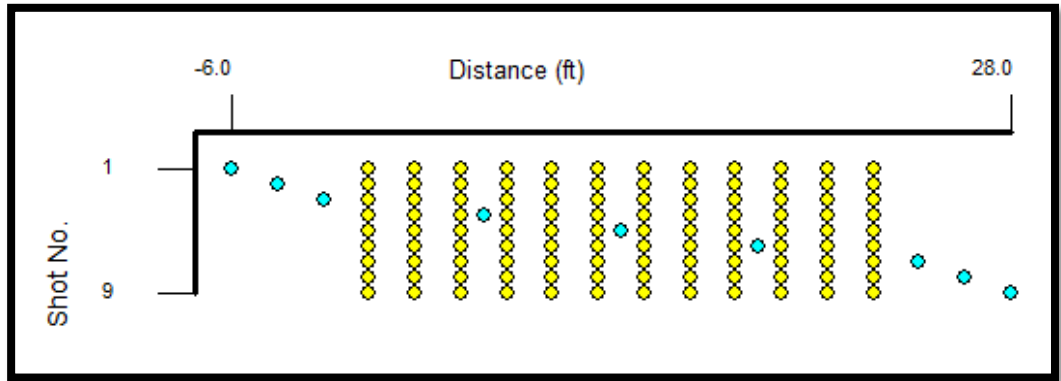
Frekans dalga sayısı analizleri yapılarak elde edilen Rayleigh dalgası faz hızı dispersiyon eğrilerine ters çözüm uygulanarak, derinliğe bağlı S dalgası hız kesiti elde edilir. Normal zemin (genel zemin ) durumunda derinliğe göre sismik hızdaki değişme miktarı artıka dispersiyonda artacaktır. Bu inceleme alanında yapılan MASW yöntemine göre arazi verilerine iterasyon uygulandıktan sonra elde edilen dispersiyon eğrisine uygulanan ters çözüm metoduna göre S dalga hızları, P dalga hızları ve yer içi modeli Şekil 4.40'da görülmektedir.



Şekil 4.40. Derinliğe bağlı S dalgası değişimi

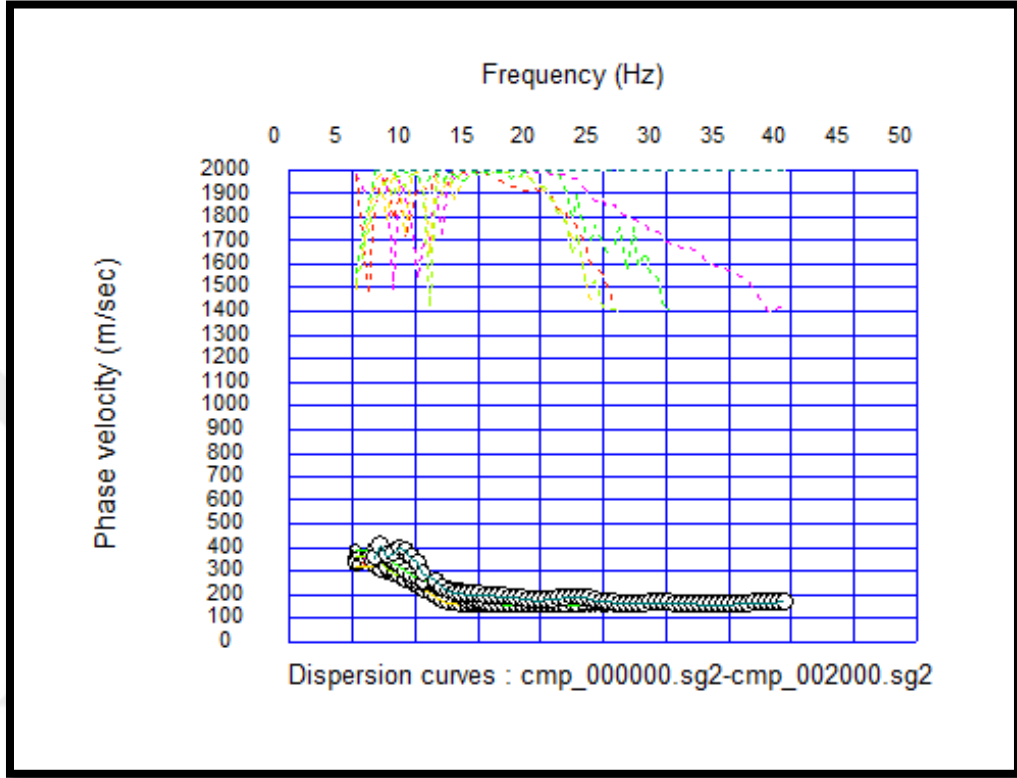
#### 4.3.2. İki Boyutlu Çok Kanallı Yüze Dalgası Analizi (MASW)

Sismik tomografi yöntemi ile farklı atış noktalarından jeofonlara gelen ilk varışlardan hızların hesaplanarak, taranan alan içinde farklı hız değerleri gösteren ortamların belirlenmesi amaçlanmıştır. İki boyutlu MASW yöntemi için atış geometrisi Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



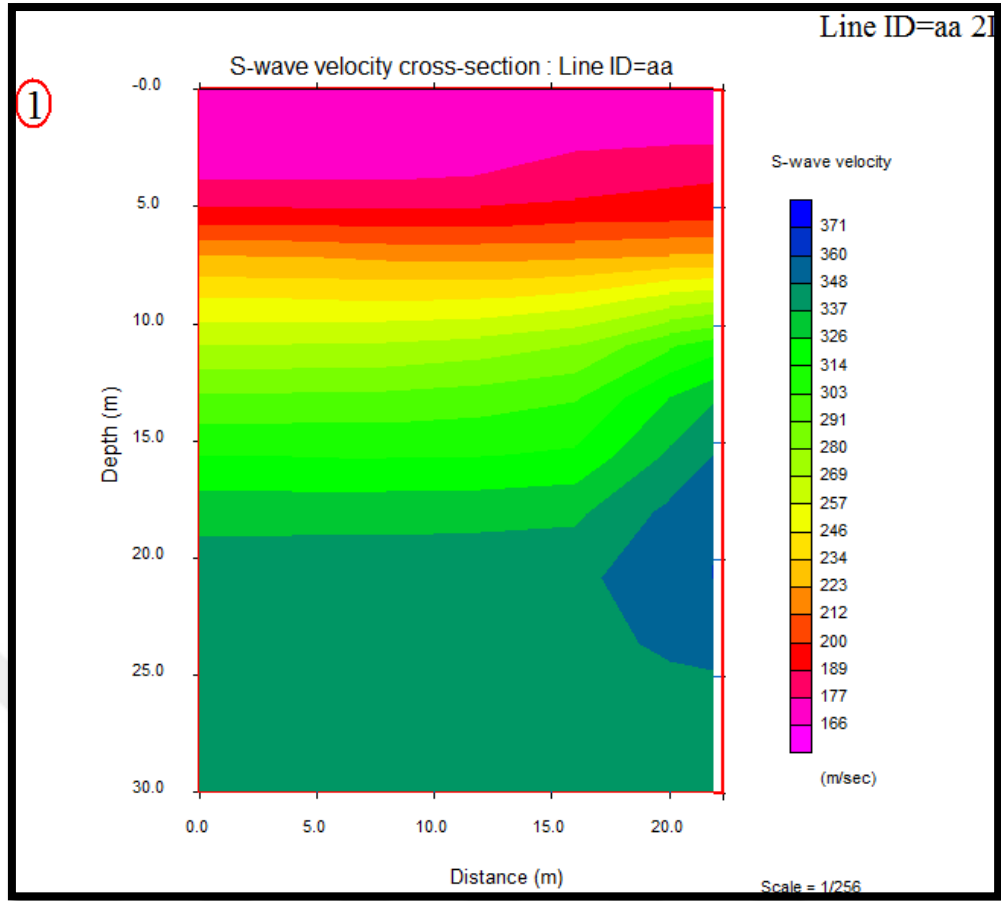
Şekil 4.41. Profil atış noktaları

İnceleme alanından, çok atışlı ölçümlerden elde edilen veriler iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren dispersiyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. İki boyutlu MASW dispersiyon eğrileri

Dispersiyon eğrilerinden yararlanarak İki boyutlu ortama ait tabakların  $V_s$  hızlarını ve  $V_s$  hızı değişimlerinden kaynaklanan farklı yapıları gösteren S dalgası ters çözüm yer altı tomografi kesiti; iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq /GeoPlot programı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.43). Şekil 4.43’de de görüldüğü üzere alanda gerçekleştirilen sismik kırılma ve yüzey dalga analizi çalışmalarına göre sismik hız değerleri açısından 2 farklı ortam tespit edilmiştir. Bunlar 1.Ortam  $V_p=327-471$  m/sn ve  $V_s = 163-186$  m/sn gevşek zemin yapısını temsil etmektedir. 2.Ortam  $V_p=694-998$  m/sn ve  $V_s=224-298$  m/sn orta-sıkı zemin birimleri temsil etmektedir. Yapılan sismik çalışmaları sonucunda; poisson ( $\nu$ ) ve sıklık ( $V_p/V_s$ ), ( $V_s$ ) hızlarına göre 7 metre’ye kadar gevşek ve gözenekli birimler mevcuttur.



Şekil 4.43. S dalgası yeraltı tomografisi

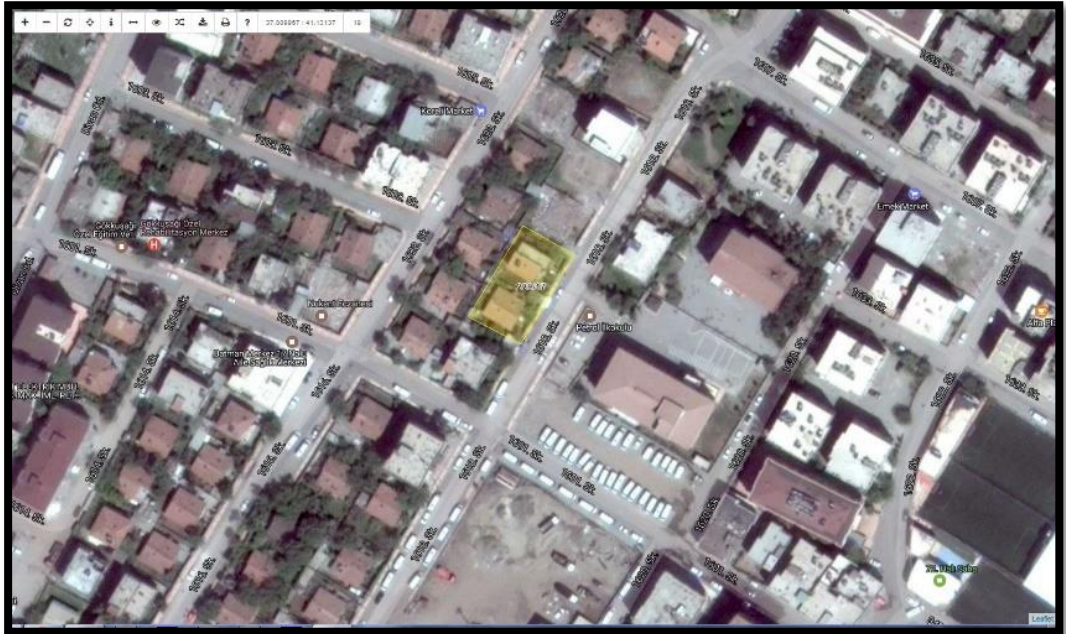
İnceleme alanında gerçekleştirilen kırılma-MASW ölçümleri neticesinde tabakaların  $V_p$  ve  $V_s$  hızları, tabaka derinlikleri, poisson oranları, sıklık değerleri, kayma (Shear) modülü, Elastisite (Young Modülü), Bulk Modülü belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Tabakaların  $V_p$  ve  $V_s$  hızları, tabaka derinlikleri, poisson oranları, sıklık değerleri, kayma (Shear) modülü, Elastisite ( Young Modülü), Bulk Modülü

Tabaka Sayısı	$V_s$ ( m/s)	Derinlik (m)	Poisson	$V_p / V_s$	$G_s$ kg /cm <sup>2</sup>	$E_d$ kg /cm <sup>2</sup>	B kg /cm <sup>2</sup>	
1. Profil	1. Ortam	167	2.63	0.32	1.96	441	1168	2420
	2. Ortam	224	6.00	0.44	3.10	854	2463	15613
2. Profil	1. Ortam	186	3.98	0.41	2.53	562	1583	4700
	2. Ortam	297	11.00	0.45	3.36	1611	4677	22547
3. Profil	1. Ortam	163	3.71	0.43	2.83	418	1193	2784
	2. Ortam	298	10.50	0.44	3.02	1623	4671	12676

#### 4.4. Bahçelievler Mahallesi Bölgesinde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

İnceleme alanının yer aldığı bölge Batman il merkezi Bahçelievler mahallesi civarındadır (Şekil 4.44). Şekil 4.45’de inceleme alanında yapılan sismik yöntem ölçüm çalışmaları verilmiştir.



**Şekil 4.44.** İnceleme alanının yer bulduru haritası





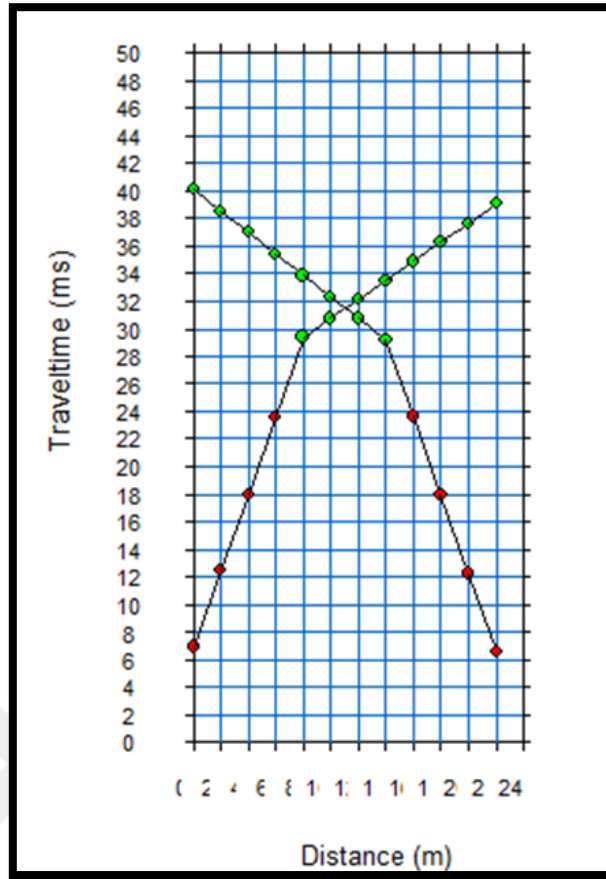
Şekil 4.45. İnceleme alanında yapılan sismik yöntem ölçüm çalışmaları

İnceleme alanında sismik çalışmalar kapsamında 2 profilde MASW Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW) çok kanallı yüzey dalgası arazi ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 4.6).

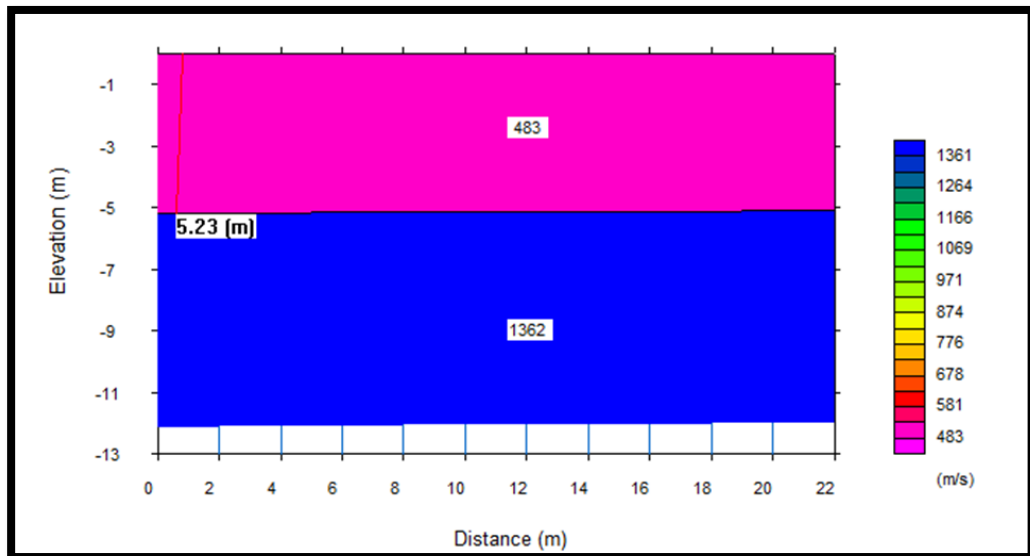
Çizelge 4.6. Sismik Masw-refraction jeofon ve ofset mesafeleri

Profil No	Jeofon Aralığı (m)	Ofset Mesafesi (m)
1	2.00	6.00
2	2.00	4.00

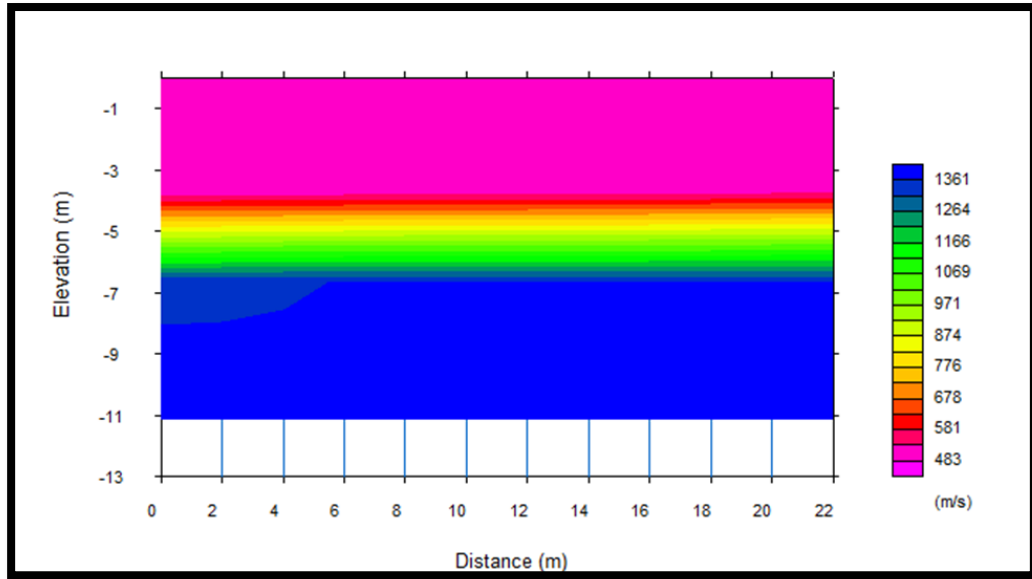
Sismik kırılma ölçüsü 2. profilden elde edilen P dalgası yol-zaman grafiği Şekil 4.46'da yeraltı kesiti Şekil 4.47'de ve P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti Şekil 4.48'de verilmiştir.



Şekil 4.46. P Dalgası yol-zaman grafiği

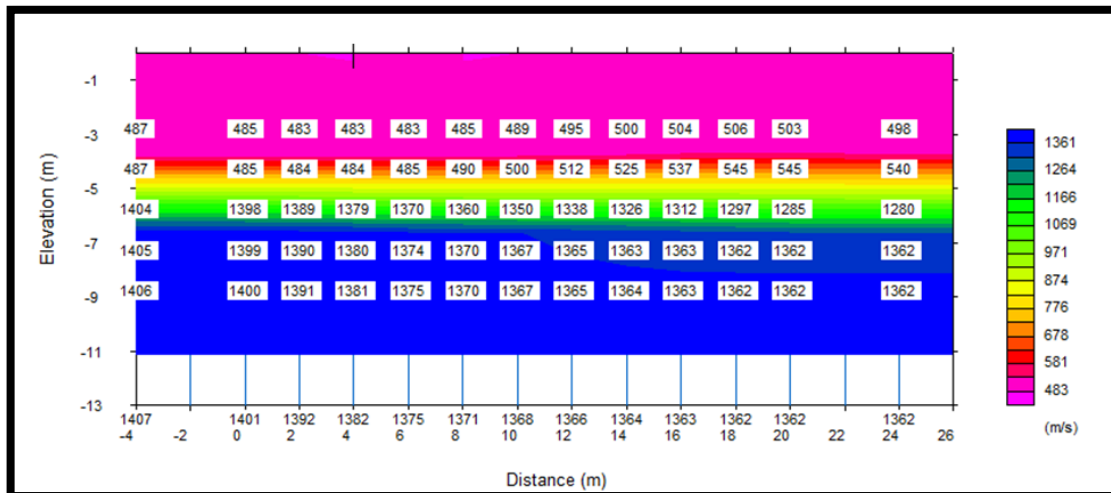


Şekil 4.47. P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



Şekil 4.48 P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti

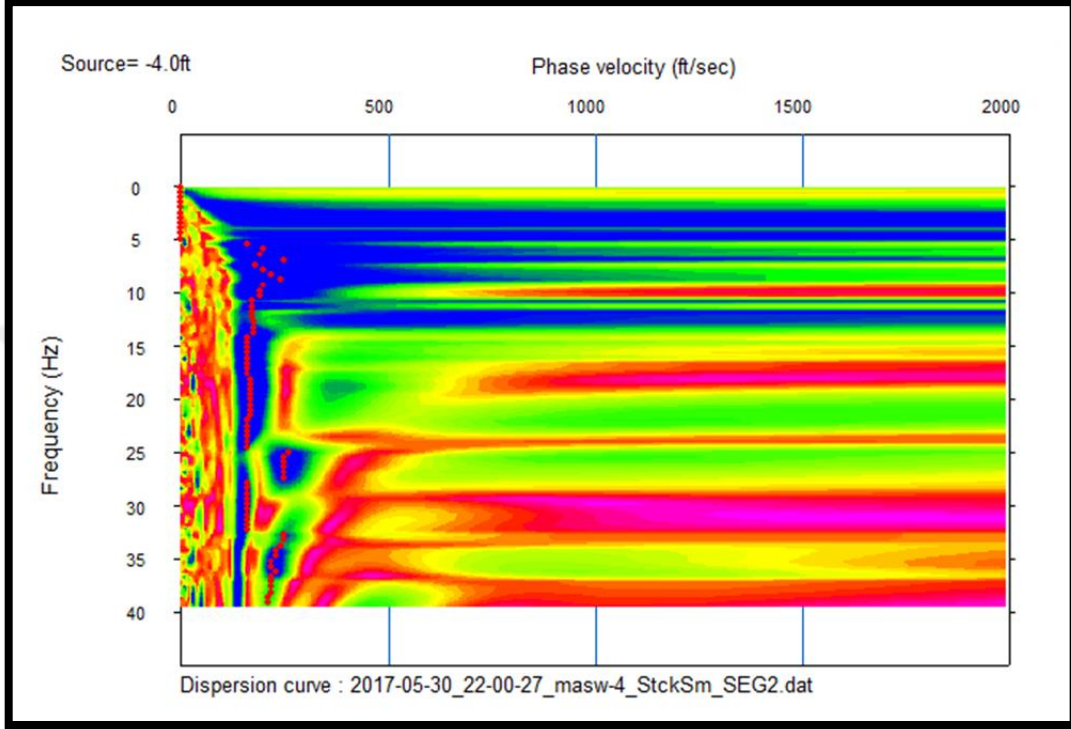
İnceleme alanında gerçekleştirilen kırılma-masw ölçümleri neticesinde 1. profil ölçümünde ; 1. Tabaka 5,23 m. derinliğe sahip yer almakta olup,  $V_p= 483$  m/sn,  $V_s= 158$  m/sn. hesaplanmıştır, hesaplanan P dalgası hız değerinden ve saha çalışmalarından orta sıkı zemini, 2. Tabakada 12,00.m. derinliğe kadar devam eden  $V_p= 1362$  m/sn ve  $V_s= 466$  m/sn hızına sahip ise sıkı zemini temsil etmektedir (Şekil 4.49).



Şekil 4.49.P dalgası yeraltı tomografisi

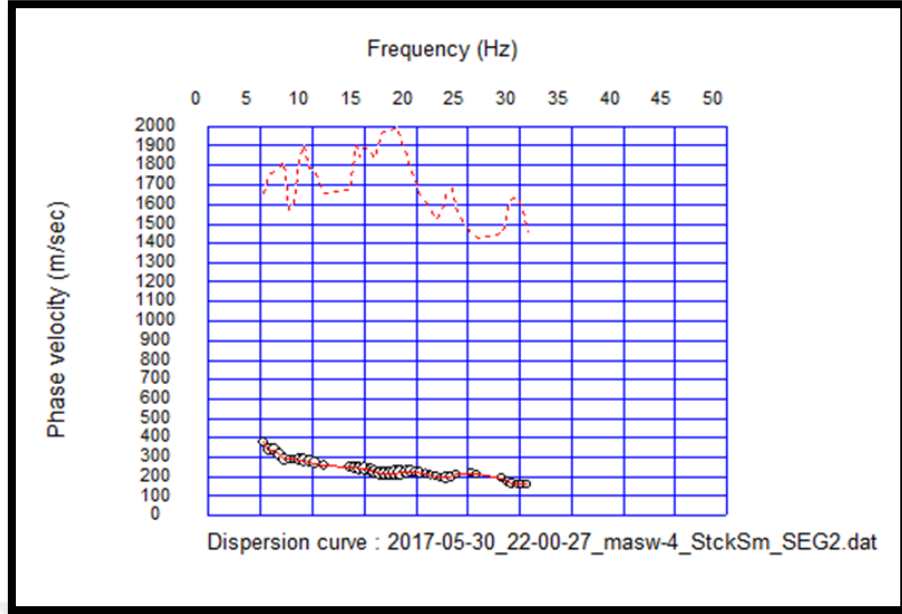
1.profiliden elde edilen veriler bir boyutlu (1D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren dispersiyon eğrisi elde edilmiştir. Bu dispersiyon eğrisinden 1B

ortama ait tabaka parametreleri belirlenerek, yüzey dalgası dispersiyon eğrilerinin ters çözümü tabakaların S dalgası hızının modellenmesin de kullanılmıştır. Şekil 4.50'de 1.profilinden elde edilen dispersiyon eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Dispersiyon eğrisi

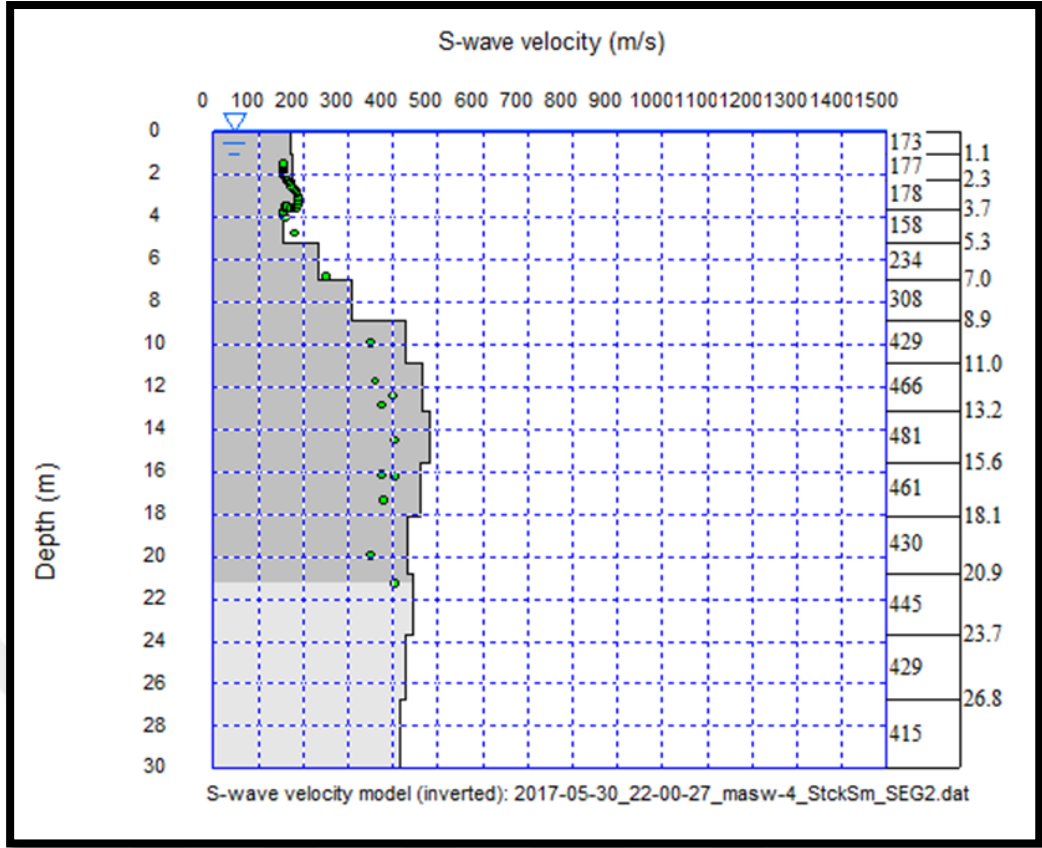
İnceleme alanından elde edilen veriler bir boyutlu (1D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren yüksek mod ve düşük modlu dispersiyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Dispersiyon-inversiyon eğrisi

#### 4.4.1. Dispersiyon Eğrisine Ters Çözüm Uygulanarak S-Dalga Hızının ve Yeraltı Yapısının Belirlenmesi

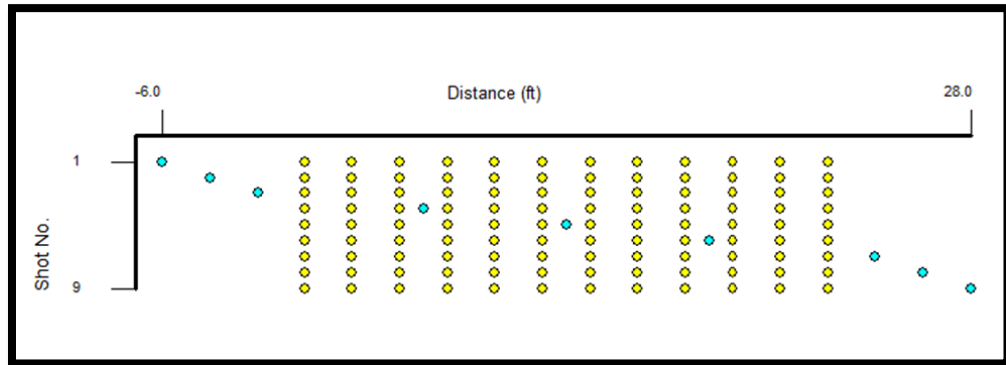
Frekans dalga sayısı analizleri yapılarak elde edilen Rayleigh dalgası faz hızı dispersiyon eğrilerine ters çözüm uygulanarak, derinliğe bağlı S dalgası hız kesiti elde edilir. Normal zemin durumunda derinliğe göre sismik hızdaki değişme miktarı artıka dispersiyonda artacaktır. Bu inceleme alanında yapılan çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) yöntemine göre arazi verilerine iterasyon uygulandıktan sonra elde edilen dispersiyon eğrisine uygulanan ters çözüm metoduna göre S dalga hızları, P dalga hızları ve yer içi modeli Şekil 4.52’de görülmektedir.



Şekil 4.52. Derinliğe bağlı S dalgası değişimi

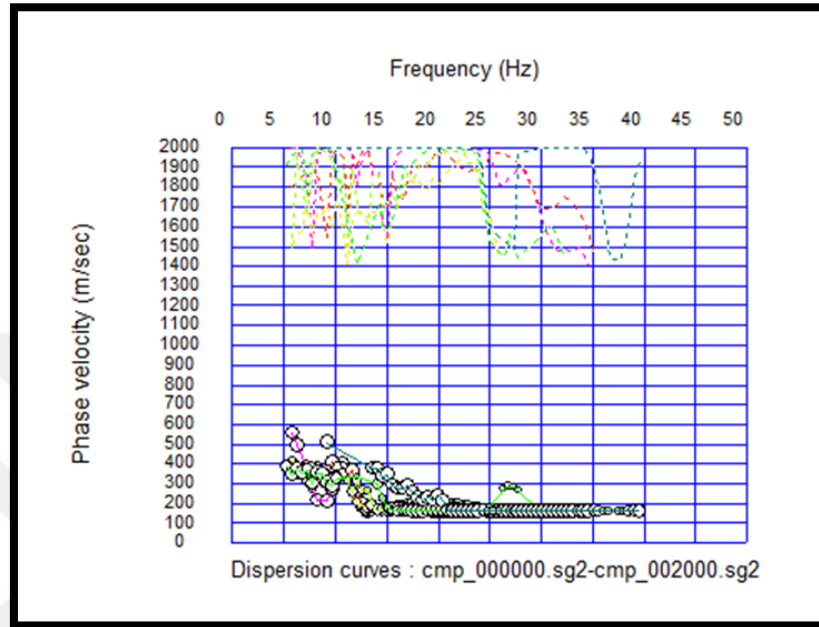
#### 4.4.2. İki Boyutlu Çok Kanallı Yüzeysel Dalgası Analizi (MASW)

Sismik tomografi yöntemi ile farklı atış noktalarından jeofonlara gelen ilk varışlardan hızların hesaplanarak, taranan alan içinde farklı hız değerleri gösteren ortamların belirlenmesi amaçlanmıştır. İki boyutlu çok kanallı yüzeysel dalgası analizi (MASW) yöntemi için atış geometrisi Şekil 4.53’de gösterilmiştir.



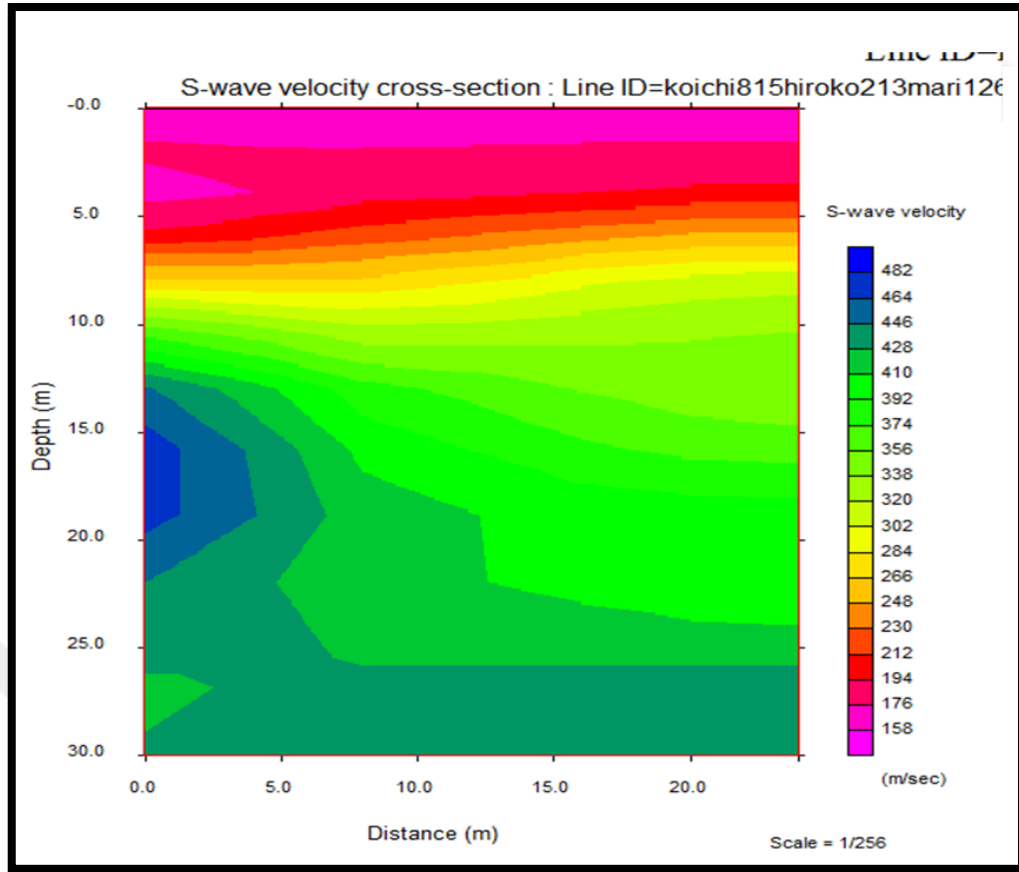
Şekil 4.53. Profil atış noktaları

İnceleme alanından, çok atışlı ölçümlerden elde edilen veriler iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq programında değerlendirilerek faz hızının frekansa bağlı olarak değişimini gösteren dispersiyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. İki boyutlu MASW dispersiyon eğrileri

Dispersiyon eğrilerinden yararlanarak İki boyutlu ortama ait tabakların  $V_s$  hızlarını ve  $V_s$  hızı değişimlerinden kaynaklanan farklı yapıları gösteren S dalgası ters çözüm yer altı tomografi kesiti; iki boyutlu (2D) Pickwin/Surface Waves Analysis/ Wawe Eq /GeoPlot programı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.55). Şekil 4.55’de görüldüğü üzere, alanda gerçekleştirilen Sismik kırılma ve yüzey dalga analizi çalışmalarına göre sismik hız değerleri açısından 2 farklı ortam tespit edilmiştir. Bunlar 1.Ortam  $V_p= 419-483\text{m/sn}$  ve  $V_s = 158-193 \text{ m/sn}$  zeminden ilk 5 metreye kadar gevşek zemin yapısını temsil etmektedir. 2.Ortam  $V_p=1162-1362\text{m/sn}$  ve  $V_s=354-466\text{m/sn}$  12 metreye kadar orta-sıkı kısmi gözenekli zemin birimini temsil etmektedir. Yapılan sismik çalışma sonucunda 1.profil 2.boyutlu MASW kesitindeki Profilin ilk 7 metreye kadarki  $V_s$  hızlarına göre gevşek gözenekli birimler mevcuttur.



Şekil 4.55.S dalgası yeraltı tomografisi

#### 4.4.3. İnceleme Alanında Yapılan Sıvılaşma Analizi

İnceleme alanında sismik yöntem çalışmaları sonucunda gevşek zeminde bulunması nedeniyle zemin sıvılaşmaya uygun bir yapı teşkil etmektedir. (Dobry ve ark.,1981) yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır.

Eşik ivme kriteri yönteminde, kayma dalgası hızı  $V_s$  ile  $a$  ivmesini kullanarak sıvılaşma potansiyelini belirleyen bir yöntemdir. Sıvılaşma potansiyeli deprem sırasında meydana gelen ivme ile yerin deformasyona uğramadan dayanabileceği ivme ilişkisine göre yüksek veya düşüktür.

Eşik ivme kriterinde emniyet faktörü  $F_a$  için

$$F_a = 1.6 (a_t/a_{max}) \quad (4.1)$$

ile verilmiştir.



Formül (4.1)'de  $a_t$ ; sınıvlaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç ivmesi,  $a_{max}$ ; depremin meydana getireceği maksimum yer ivmesidir. Eğer,  $F_a < 1$  ise sınıvlaşma potansiyeli yüksek,  $F_a \geq 1$  ise sınıvlaşma potansiyeli düşüktür.

Kayma dalgası hızı,  $V_s$  değeri kullanılarak sınıvlaşma potansiyelini belirleyen bu kriteri Dobry ve ark.,1981 önermişlerdir.

$\gamma_t = 0.0001$  kabulü yapılmıştır.  $\gamma_t = 0.0001$  değerine karşılık gelen  $G/G_{max}$  değeri de 0.8 olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.56).

$$(a_t/g) = [\gamma_t (G/G_{max})_t V_s] / g z r_d \quad (4.2)$$

bağıntısı ile doğrudan hesaplanabilir.

Formül (4.2)'de  $a_{max}$ ; depremin ivmesi (gal),  $G_{max}$ ; kayma modülü,  $\rho$ ; yoğunluk, ton/m<sup>3</sup>,  $g$ ; yer çekimi ivmesi, 980 gal,  $\sigma_v$ ; toplam düşey gerilme (ton/m<sup>2</sup>) ve  $z$ ; derinlik (metre)'dir.

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (4.3)$$

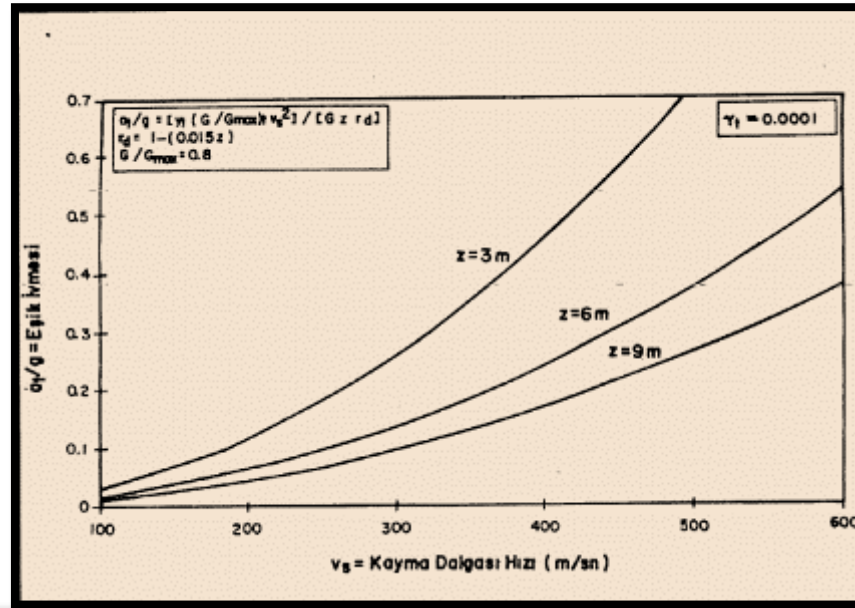
alınmıştır.

Formül (4.3)'de  $r_d$ ; yerin derinlikle artan sınıvlaşmaya karşı direncini temsil eden bir azaltma faktörü olup,

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (4.4)$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Formül (4.4)'de,  $G_{max}$ ; kayma modülü,  $\rho$ ; yoğunluk,  $V_s$ ; kayma dalga hızı (m/sn) dir.



Şekil 4.56. Eşik ivme değerleri önerisi (Teri ve Tezcan, 1996)

Çizelge 4.7 'de (Dobry ve ark.,1981) yaklaşımı ile inceleme alanında yapılan sıvılaşma hesabı için kullanılan parametreler görülmektedir. 1.profil için  $Fa=0,49$  , 2.profil için  $Fa=1,20$  olarak hesaplanmıştır. Sismik kayma dalgası hızına bağlı olarak yapılan sıvılaşma analizlerinde risk 1. profilde beklenmektedir.

Çizelge 4.7. İnceleme alanında sıvılaşma hesabı için kullanılan parametreler.

Profil	G	G <sub>max</sub>	V <sub>s</sub>	z	a <sub>max</sub>	at	Fa
1.Profil	548	3166	184	7	0,3	0,093537	<b>0,498865</b>
2.Profil	632	1710	196	7	0,3	0,226627	<b>1,208678</b>

İnceleme alanında gerçekleştirilen kırılma-MASW ölçümleri neticesinde tabakaların Vp ve Vs hızları, tabaka derinlikleri, poisson oranları, sıkılık değerleri, kayma (Shear) modülü, Elastisite ( Young Modülü), Bulk Modülü belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8.** Tabakaların  $V_p$  ve  $V_s$  hızları, tabaka derinlikleri, poisson oranları, sıklık değerleri, kayma (Shear) modülü, Elastisite ( Young Modülü), Bulk Modülü

Tabaka Sayısı		$V_s$ ( m/s)	Derinlik (m)	Poisson	$V_p / V_s$	$G_s$ kg /cm <sup>2</sup>	$E_d$ kg /cm <sup>2</sup>	<b>B</b> kg /cm <sup>2</sup>
1. Profil	1. Ortam	158	5.23	0.44	3.06	397	1144	3181
	2. Ortam	466	12.00	0.43	2.92	4527	12980	32634
2. Profil	193	186	5.12	0.37	1.64	623	1701	2105
	2. Ortam	354	12.00	0.45	1.91	2439	7067	23026

## 5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Batman ili kent merkezindeki yeraltı yapısı ve kent genelindeki zemin problemlerinin ortaya çıkarılması amacıyla, sismik yöntem kullanılarak ölçümler alınmış elde edilen sismik modeller ve kesitler değerlendirilmiştir. Kent merkezinin zemin durumu ve zemindeki zayıf dayanımları oluşturan fay, çökme, karstik boşluklar ve gevşek birimler ile ilgili yeni bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

**1-)** Batman il merkezinde birçok mevkide çukur oluşumlarının varlığı bilinmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar ile özellikle Gültepe mahallesi Esentepe güneyinde gelişen çukurların oluşum mekanizmaları araştırılmıştır. İnceleme alanında şelmo formasyonu içerisinde karstik boşluklar bulunmaktadır. Çökme çukurları, özellikle, karstik bölgelerde yaygın görülen doğal jeolojik yapılardan biridir. Bu durumda, bina temelinde taşıma gücü kaybı veya kireçtaşında dike yakın kazı yapılabilirken karstik boşluğun kil dolgulu kesimlerde şev duraylılığı sorunları ortaya çıkabilmektedir. Kil dolgulu karstik boşluklar şev duraylılığına yol açarken, bazı durumlarda temel altında bulunan boşluklar ve kil dolgulu boşluklar taşıma gücü bakımından sorunlu olabilmektedir. Bu nedenle karstik boşlukların yeraltı araştırma tekniklerin kullanılarak tespit edilmesi ve bu alanlarda iyileştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

**2-)** Batman ili Esentepe ve Gültepe bölgeleri için alanda gerçekleştirilen sismik yansıma ve yüzey dalga analizi çalışmalarından elde edilen modeller birbiri ile uyum göstermektedir. Yapılan çalışmalar birbirini tamamlamaktadır. Temel çukurunu ortadan geçen ve temel çukurundan sonra gözlenen Doğu-Batı yönlü ve birbirine paralel iki kırık sistemi mevcuttur. Birinci kırık sisteminin derinliği tespit edilememiştir. İkinci kırık sistemi ilk 50. metre derinliğe kadar izlenebilmiştir. Sismik kesitlerde görülen kırık sistemlerinin ana faya bağlı olarak gelişen sistemler olduğu düşünülmektedir. Batman ili Esentepe ve Gültepe bölgeleri için yapılan bir diğer çalışmada üç adet küçük süreksizlik (kırık) çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) modellerinde tespit edilmiştir.

**3-)** İnceleme alanı olan Batman ili Esentepe ve Gültepe bölgeleri için inşaatı planlanan konutların kırıklara göre yeniden konumlandırılarak statik hesaplara; görülen kırıkların etkisinde eklenerek, yapıların kırıklardan en az 10 metre mesafede inşaa edilmesi uygun

olduğu düşünölmektedir. Binanın inşa edildiği yerde zeminden kaynaklanan binanın bünyesindeki farklı çalışma binaya hesaplanamayan yükler bindirebilir. Bu nedenle binaların kırıklardan en azından 10 metre uzağında zemine oturması, inşaat tekniği ve bina maliyeti açısından daha uygundur.

**4-)** İnceleme alanı olan Batman ili Esentepe ve Gültepe bölgeleri çevredeki diğer fayların ürettiği depremlerin etkisi mevcut kırıkların da farklı çalışmasına sebebiyet vereceğinden dolayı fayın tam üzerine herhangi bir yapı yapılması uygun değildir. Kırık hareket etmese de, olası bir deprem esnasında kırığın sağı-solu ve ortası farklı davranış tipi göstereceği için üzerine yapılacak binalar açısından olumlu bir etki söz konusu olmayacaktır.

**6-)** Batman ili kent merkezinde hakim olan Şelmo formasyonu gevşek birimleri içermektedir. Batman ili Şafak mahallesi bölgesi için yapılan sismik çalışmaları sonucunda; poisson ( $\nu$ ) ve sıklık ( $V_p/V_s$ ), ( $V_s$ ) hızlarına göre 7 metre'ye kadar gevşek ve gözenekli birimler mevcuttur.

**7-)** Batman ili kent merkezinde zemin sıvılaşması problemi daha önceki çalışmalar ile de tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında, Batman ili Bahçelievler mahallesi bölgesi için Dobry ve diğer.(1981) yaklaşımı ile inceleme alanında yapılan sıvılaşma hesabı sonucunda 1.profil için  $F_a=0,49$ , 2.profil için  $F_a=1,20$  olarak hesaplanmıştır. Sismik kayma dalgası hızına bağlı olarak yapılan sıvılaşma analizlerinde risk 1.profilde beklenmektedir.

**8-)** İnceleme alanını kapsayan Batman ili Bayındırlık ve İskân Bakanlığının "Türkiye Deprem Bölgeleri" haritasına göre 2. derece deprem bölgesi içerisinde görülmesine rağmen, yapılan bu çalışma ile söz konusu haritanın güncellenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapılacak yapının 1. derece deprem bölgesi esaslarına göre yapılması uygundur. Uzak depremlerde mevcut kırık sistemi çevreye nazaran daha fazla etkiye yol açacaktır. Bölgede çeşitli yüzey kırıkları ve faylar bilinmektedir. Batman ve çevresinin sismik etkinliği diri fayların tarihsel ve aletsel dönemde oluşturduğu hasar yapıcı ve yıkıcı depremler ile en son van depremi ile ortaya çıkan ve yüksek deprem potansiyelli sismik boşluklardır.

## 5.1. Öneriler

Çalışması sahasını içeren bölge ve çevresindeki ana fay veya fayların ve bağlı kırıkların aktif olup olmadığının belirlenmesi için bölge bazında çalışma yapılması gerekmektedir. Bölgeyi etkileyen tektonizmanın belirlenebilmesi için bölge bazında ayrıntılı çalışmaların yapılması şarttır.



**KATKI BELİRTME**

Bu tez çalışmasında kullanılan bir kısım verilerin sağlanması ve yorumlanması çalışmaları için UBM Yerbilimleri Dayk Mühendislik A.Ş'ye ve Jeofizik Mühendisi Serhan GÖREN'e teşekkür ederiz.



## 6. KAYNAKLAR

- Alpaslan N, Öncül N, Biçen M., 2016, Batman ili gültepe mahallesinde jeolojik jeofizik ve jeoteknik yöntemler ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve mini kazık uygulaması. *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016)* Çukurova University, Congress Center, October 26-28, 2016, Adana / TURKEY, p:767-776.
- Alpaslan N, Balcı M. C, Öncül N., 2017, Evaluation of Liquefaction Potential of the Alluvial Soil with Initial Acceleration Method, Province of Batman Case. *Materials, Methods Technologies*, ISSN 1314-7269, p:361-369.
- Alpaslan N, Özçep F, Balcı M. C, Öncül N., 2017, Determination of Geological And Geophysical (Electrical-Ves method) Features of The Karst Cavity In The Esentepe Region Of Batman Province. *European Journal of Technic.*, ISSN 2536-5010 , p:8-20.
- Bolgi, T., 1961, V. Petrol Bölgesi seksiyon ölçümleri AR/TPO/261 nolu saha ile Reşan Dodan arası batısındaki sahanın strüktürel etüdüleri; *TPAO Arama Grubu Rapor No. 162*, Ankara.
- Bowles, J.E., 1988, *Foundation Analysis and Design*, McGrawHill, 4th Edition, Singapore
- Demirbağ, E., Çoruh, C., Costain, J.K., 1993, Inversion of P-wave AVO. Offset Dependent Reflectivity-Theory and Practice of AVO Analysis (Editors: J.P Castagna and M. Backus). *Society of Exploration Geophysicists, Investigations in Geophysics*, No: 8, p.287-302.
- Dikmen Ü., 2012, Sismik Yöntemlerde Aktif ve Pasif Kaynaklı Yüzey Dalgaları ile Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi, Ölçü Alımı, Değerlendirme ve Yorumlama, *Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Ders Notları*, Ankara.
- Dobry, R., Stoke, K.H., Land, R.S., Youd, T.L., 1981, Liquefaction for S wave, Preprint 81-544, ASCE National Convention, St Lois, Missouri.
- Dondurur D., 2009, Deniz Sismiğinde Veri İşlem, *JFMO Eğitim Yayınları Ankara*, ISBN: 978-9944-89-751-8.



- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ. ve Perinçek, D., 1988, Güneydoğu Anadolu'da Midyat ve Silvan Gruplarının stratigrafisi, sedimantolojisi ve petrol potansiyeli; *TPJD Bülteni*, cilt 1/2, 99-126.
- Düşünür, D., 2004, Orta Marmara Havzası'nın aktif tektonik yapısının deniz jeofiziği akustik yöntemleriyle araştırılması: *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 96-100.
- Ercan, A. 1998, Mühendislik Jeofiziği Ders Notları. *İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü*, (Yayınlanmamış)
- Ergin K.,1995, Advanced Seismology, (Rays and Waves), Tübitak Marmara Research Centre Department of Earth Sciences, ISBN: 975-403-033-2, s.,263
- Eren, Y., Nalbantçılar, M.T., Beyaz, T., Dinç, S., Ünal, M., Arslan, Ş. ve Polat, S., 2012, Esentepe (Gültepe/Batman) Çukurunun Oluşum Mekanizması, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1 (2), 385-394.
- Gürel, O. 2008, Sismik Yansıma Yöntemi ile 2B-3B Veri Toplama Teknikleri, Veri İşlem ve Spektral Analiz, *North African Geophysical Exploration Company*, Libya.
- Heisey, J.S., Stokoe II, K. H., and Meyer, A. H., 1982, Moduli of pavement systems from spectral analysis of surface waves. *Transportation Research Research Record No. 852*, 22-31.
- Kaşlılar, A. 2009, Sismik Yansıma Yöntemi ve veri İşlem, JMO eğitim kursları 5-6 Aralık 2009, *Ankara İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü*
- Kazım,E,1995, Advanced Seismology, (Rays and Waves), Tübitak Marmara Research Centre Department of Earth Sciences, ISBN: 975-403-033-2, s.,263, 1995.
- Kearey P., Brooks M., Hill I., 2002, An Introduction to Geophysical Exploration, *Blackwell Science Third Edition, London*, ISBN:0-632-04929-4R.
- Keçeli, A., 1990, Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini, *Jeofizik Dergisi*, 4, 83-92, Ankara

- Kurtuluş, C., 2010, Sismik araştırmalar teori ve uygulama, *Özlem matbaası*, Kocaeli.
- Küçük, Z., 2006, İki boyutlu ve üç boyutlu sismik veri toplama ve test atışlarının önemi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi*, Trabzon.
- Lavergne, M., 1986, Methodes sismiques, *Editions Technip, Paris*, ISBN: 2710805146
- Maxson, J. H., 1936, Geology and petroleum possibilities of the Hermis dome; *MTA Derleme no. 255*, Ankara.
- MTA,1992, Batman İli Gap Mahallesi çöküntü alanında yapılan ES-1,2,3,4 zemin sondajları kuyu bitirme raporu, *MTA Genel Müdürlüğü*
- Ogunsuyi, O.,2010, Geophysical Characterization of Peace River Landslide, Thesis (Master), *University of Alberta*.
- Öncül, N, Alpaslan, N., 2014, Batman İli Gültepe Mahallesi Yeraltı Yapısının Sismik ve Elektrik Özdirenç Yöntemleri ile İncelenmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, Cilt 4 Sayı 1, p:31-51*.
- Öncül, N, Alpaslan, N., 2016, Assessment and Determination of Engineering Parameters with Geophysical and Geotechnical Methods of Çamlıtepe District Batman of Ground. *International Engineering, Science and Education Conference*, December 2016, p:1056-1073.
- Öncül N, Yavuz V. S, Alpaslan N., 2016, Assessment of The Soil Sections Viewed By Seismic Method with The Obtained Models Using Plaxis Software on Soil Settlement Batman City Çamlıtepe Neighborhood Field Application. *International Engineering, Science and Education Conference*, December 2016, p:1043-1055.
- Öztürk, K.,1993, Prospeksiyon Jeofiziği (Sismik), *İstanbul Üniversitesi yayını*,17, 165s
- Özçep, F., 2012, Zeminlerin Geoteknik ve Jeofizik Analizi *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Kurs Notları*, 25-26, Ankara.
- Park, C.B., Miller, R.D.and Xia, J., 1998, Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. *The Society of Exploration Geophysicists*, 1377-1380.

- Park, CB, Miller RD ve Xia J 1999, Multichannel analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64, 800- 808.
- Perinçek, D., 1980, Arabistan Kıtası Kuzeyindeki Tektonik Evrimin Kıta Üzerinde Çökelen İstifteki Etkileri, 5. *Türkiye Petrol Kongresi Bildirileri*, 77-93, Ankara.
- Perinçek, D., Günay, Y. ve Kozlu, H., 1987, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler, *Türkiye 7. Petrol Kongresi*, 89-103, Ankara.
- Perinçek, D., Duran, O., Bozdoğan, N., ve Çoruh,T., 1992, Güneydoğu Türkiye’de otokton sedimanter kayaların stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi: Türkiye ve çevresinin tektoniği, petrol potansiyeli. *Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri*, 274–305, Ankara
- Reynolds J.M., 1997, An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics, Wiley, ISBN:0-471-96802-1.
- Sefunç A., Vur, C., 2009. Sismik Yorumda Hızlar ve Derinlik Dönüşümü. TPJD Bülteni 21 (2), 13-29s.
- Sheriff, R.E., 1978, A First Course In Geophysical Exploration And Interpretation. International Human Resource Development Co., Boston.
- Sheriff, R.E., 1980, Seismic Stratigraphy, International Human Resources Development Corporation, Boston.
- Steeple, D.W., and Miller, R.D., 1990, Seismicreflection methods applied to engineering, environmental, and groundwater problems. The Society of Exploration Geophysicists. *Investigations in Geophysics*, 5, S.H. Ward (ed.), 1: Review and Tutorial, 1-30.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye’nin neotektoniğinin esasları, *Türkiye jeoloji Kurumu, Konferans serisi:2*.

- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherif, R.E., Keys, D.A., 1990, Applied Geophysics. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1991, Applied Geophysics, 2nd edn. *Cambridge University Press*, 770 sayfa, New York
- Teri, L, Tezcan, S. S., 1996, İzmir Konak Meydanı Sıvılaşma Kriterinin Değerlendirmesi. T.C. Boğaziçi Üniversitesi Yapı Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi.
- UBM Yerbilimleri A.Ş.,2013, Batman İli Merkez ilçesi, Tilmerç Köyü, Gültepe Mahallesi jeofizik incelemesi ve hizmet alım işi, 15-19.
- UBM Yerbilimleri ve DAYK Mühendislik A.Ş., 2014, Batman İli Göçük Araştırması jeofizik incelemesi ve hizmet alım işi, 17-19.
- UBM yerbilimleri A.Ş.,2019, Batman İli Merkez ilçesi, Gültepe Mahallesi jeofizik incelemesi ve hizmet alım işi,18-21.
- Us, E., 1998, Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş. *TMMOB Jeofizik Müh. Odası*, 227 s.
- Xia, J., Miller, R.D. and Park, C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave. *Geophysics*, 64(3), 691-700.
- Xia, J., Miller, R.D., and Park, C.B., 2000, Advantages of calculating shear-wave velocity from surface waves with higher modes. *The Society of Exploration Geophysicists*, 1295–1298.
- Yıldırım, A. ve Karadoğan, S., 2011, Raman Dağları Güneyinde (Dicle Vadisi) Morfometrik ve Morfotektonik Analizler, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16, 154-166.
- Yılmaz, Ö., 1987, Seismic data processing: *Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa 526s.
- Yılmaz, E. , Duran, O., 1997, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton ve Allohton Birimler Stratigrafi Adlana Sözlüğü, 241, *T.P.A.O. Arş. Merk. Grubu Başkanlığı Eğitim Yay.* No: 31, Ankara.

Veeken,P.,C.,H.,2007,Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir Characterisation. *Elsevier Science*, 522p.

<http://earthquake.usgs.gov/>



## EKLER

## EK-1 JEOTEKNİK LOGLAR

SONDAJ LOGU / BORING LOG										SOND. No : SK-1									
										SAYFA No : 1 / 2									
PROJE ADI / Project Name : Emulaş SUYUK Yüksek Loans Proj.					BAS. BIT. TAR. / Start Finish Date : 20.11.2017-23.02.2017														
SONDAJ YERİ / Boring Location : BATMAN Esentepe					M.H.B.D.R. DER. / Casing Depth :														
KİLOMETRE / Chainage :					YASSI ve Ölçüm Tarzı / KWL & Data : Yok														
SONDAJ DER. / Boring Depth : 20.00 m					KOOR. SİSTEMİ / Coord. System :														
DELİK ÇAP / Hole Diameter : NW : 75					KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X :														
SONDAJ MAK. & YÖN. / D. Rig & Met. : Rocky					KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y :														
SONDOR / Driller : H.İ. Sevim					SONDAJ KÖTÜ / Elevation (m) :														
SOND. / BOREHOLE	Sonda Derinliği / Borehole Depth (m)	KILIMSİZ ÇİĞ / Sample Type	MANÇUKLA BÖLÜMÜ / Section	YÖNLEM DENEYİ / In-Situ Test	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test						JEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	PROFİL / Profile	DAYANIMLI KATLARI / Weathering	AYRISMA / Fracture (düz) / Fracture (düz)	SARILIMLI KATLARI / Comp. / Comp.	RÖLÖ / -			
					DARBE SAYISI / Num. of Blows			GRAFİK / Graph											
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm	10	20	30	40	50	60					
0																			
3.00	UID			UID															
6.00	SPT1			SPT2	15	20	28	48											
9.00	SPT2			SPT3	17	20	38	67											
12.00	K-1			K-1															
DAYANIMLILIK / Strength				AYRISMA / Weathering				İNCE TANELİ / Fine Grained				KÖR TANELİ / Coarse Grained							
I	DAYANIRLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-3	ÇOK YUMUŞAK	V. Zayıf	M : 0-4	ÇİĞERİK	V. Loose								
II	ORTA DAYANIRLI	M. Strong	II	AZ AYRISMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	M : 5-10	DEĞERİK	Loose								
III	ORTA ZAYIF	M. Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weather.	N : 5-8	ORTA KATI	M. Stiff	M : 11-20	ORTA SIKI	M. Dense								
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	M : 21-30	SIKI	Dense								
V	ÇOK ZAYIF	V. Weak	V	TURBULEN. A.	Comp. Weak	N : 16-30	ÇOK KATI	V. Stiff	N : 31-50	ÇOK SIKI	V. Dense								
						N : >30	SERT	Hard											
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD				KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR - Proportions											
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V. Poor	1	SEYREK	Widely (W)	% 5	RENK AZ	Slightly	1/3	RENK AZ	Slightly								
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	1/3-2/3	AZ	Little								
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SİK	Close (C)	% 15-30	ÇOK	Very	2/3-5/5	ÇOK	Very								
% 75-90	İYİ	Good	10-30	ÇOK SIKI	Dense (D)	% 35	VE	Ext.											
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>30	PARÇALI	Crushed (Cr)														
SPT	Standart Penetrasyon Testi	K	KARŞI KURUMSAL			LOGU YAPAN / Logged By		KONTROL / Checked											
SGT	Standart Su Testi	P	Çevre Örneği / Pressuremeter Test			İSİM / Name													
UID	Özellikle Su Numarası / Unsat. Water Content	k	Permeabilite Deneyi / Permeability Test			İMZA / Sign													

SONDAJ LOGU / BORING LOG																					
PROJE ADI / Project Name : Erişlik SUYUK-Yük.Usmanı Pa.						BAŞ. BİT. TAR. / Start Finish Date : 20.11.2017-25.11.2017															
SONDAJ YERİ / Boring Location : BATMAN/Esentepe						MUH. BOR. DER. / Casing Depth :															
KİLOMETRE / Chainage :						YARŞ ve Ölçüm Tarihi / GWT, & Date : Yok															
SONDAJ DER. / Boring Depth : 20.00 m						KODL. SİSTEMİ / Code System :															
DELİK ÇAP / Hole Diameter : NW / HW						KORDİNAT / Coordinate (N-S) X :															
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Mtd. : Rotary						KORDİNAT / Coordinate (E-W) Y :															
SONDOR / Driller : Habis Sevin						SONDAJ KOTU / Elevation (m) :															
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)	KUMLUK OLMU / Sample Type	SANKIYA BÖYÜ / Pen. / S-Gra Test	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test					JEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description													
			DARBE SAYISI / No. of Blows			GRAFIK / Graph							PROFİL / Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRISMA / Weathering	İNCE TANELİ / Fine Grained	KABA TANELİ / Coarse Grained				
15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60													
0																					
0.5																					
1.0																					
1.5																					
2.0																					
2.5																					
3.0																					
3.5																					
4.0																					
4.5																					
5.0																					
5.5																					
6.0																					
6.5																					
7.0																					
7.5																					
8.0																					
8.5																					
9.0																					
9.5																					
10.0																					
10.5																					
11.0																					
11.5																					
12.0																					
DAYANIMLILIK / Strength			AYRISMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			KABA TANELİ / Coarse Grained												
I DAYANIMLI	Strong	I TAĞI	Fresh	N 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V SPT	N 3-4	ÇEVREK	V Loose												
II ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II AZ AYRISMIŞ	Slightly W.	N 3-4	YUMUŞAK	Silt	N 5-10	GEVSEK	V Loose												
III ORTA ZAYIF	M.Weak	III ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N 5-8	ORTA KATI	M.Silt	N 11-30	ORTA SİNE	M.Dense												
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N 9-15	KATI	Silt	N 31-60	SİNE	Dense												
V ÇOK ZAYIF	V.Weak	V TUMAYLA A.	Comp.Weat.	N 16-30	ÇOK KATI	V.Silt	N 60	ÇOK SİNE	V.Dense												
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 20 cm / Fractures			ÖRANLAR - Proportions															
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V Poor	1	SEYİRKİ	Wife (W)	% 5	FEK AZ	Slightly	% 5-20	FEK AZ	Slightly										
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 20-50	AZ	Little										
% 50-75	ORTA	Fair	2-15	SİNE	Close (C)	% 15-35	ÇOK	Very	% 50-100	ÇOK	Very										
% 75-90	İYİ	Good	15-30	ÇOK SİNE	Intense (I)	% 35	VE	Ext													
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>30	DARÇALI	Crushed (C)																
SPT	Standard Penetration Test	K	Kerf Numarası	LOGU YAPAN / Logged By			KONTROL / Checked														
SST	Rockwell 'S' Test	H	Cone Setback																		
WPT	Water Pressure Test		Permeability Test																		
LD	Developmental Number	k	Permeability Coefficient																		
U	Unsaturation Sample		Permeability Test																		

SONDAJ LOGU / BORING LOG					SONDAJ Borehole No: <b>SK-3</b>						
PRJUE ADI / Project Name : Emmah SUVAK Yüksek Lisans Pk					BAŞ.BİT TAR. / Start Finish Date : 20.11.2017-23.02.2017						
SONDAJ YERİ / Boring Location : BATMAN/Esentepe					MÜH.BÖR.DER. / Casing Depth :						
KİLOMETRE / Chainage :					YASSI ve Ölçüm Tarhi / GWT & Date : Yok						
SONDAJ DER. / Boring Depth : 20.00 m					KODL. SİSTEMİ / Code System :						
DELİK ÇAP / Hole Diameter : NR - HW					KORDİNAT / Coordinate (N-S) X :						
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met. : Rotary					KORDİNAT / Coordinate (E-W) Y :						
SONDOR / Driller : Hala Sevim					SONDAJ RÖTÜ / Elevation (m) :						
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	KİLİMİNE ÇİĞİ Sample Type	MİKROKİLEME Pen.	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test			JEO TEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description					
			DARBE SAYISI Blow Count		GRAFİK Graph						
			0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	<p>0,00-1,00m <b>DOLGU MALZEMESİ</b></p> <p>1,00-6,00m <b>KİL (Ayrışma Zonu)</b> Açık kahve renkli, orta-yüksek plastiteli plastitelli, kumlu, siltli KİL.</p> <p>6,00-9,00m <b>KUM (Ayrışma Zonu)</b> Gri renkli ince taneli, sıkı, kili KUM</p> <p>9,00-20,00m <b>KUMTAŞI</b> Gri renkli, zayıf dayanımlı, çok ayrışmış, parçalanmış, çok zayıf KUMTAŞI</p>					
0											
2											
3,00	SPT1	3,00	SPT2	15	19		26	48			
3,40											
4											
6,00	SPT2	6,00	SPT3	15	26		37	83			
6,45											
8											
8,00	SPT3	8,00	SPT4	17	28		40	74			
8,45											
10											
12	K-1										
DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering		İNCE TANELİ / Fine Grained		KIRI TANELİ / Coarse Grained				
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N - 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-Silt	N - 0-4	ÇOK İZLENK	V-Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N - 3-4	YUMUŞAK	Silt	N - 5-10	İZLENK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weak.	N - 5-8	ORTA KATI	M.Silt	N - 11-30	ORTA İZLENK	M-Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N - 9-10	KATI	Silt	N - 31-60	İZLENK	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. weak.	N - 11-30	ÇOK KATI	V.Silt	N - 60	ÇOK İZLENK	V-Dense
						N - 30	İZLENK	Silt			
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		GRANLAR - Proportions						
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	BEYERK	Wide (W)	% 0	REN AZ	Slightly	% 0	REN AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	3-10	İÇİ	Close (C)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-100	İYİ	Good	10-20	ÇOK İÇİ	Intense (I)	% 35	VE	Ext.			
% 100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Coastal (C)						
SPT	Standard Penetration Test		N	Karot Numarası		LOGU YAPAN Logged By		KONTROL Checked			
PCT	Basınç Su Testi		P	Core Sample		Mühür					
WPT	Water Pressure Test			Permeability Test		Mühür					
UT	Orta Ölçüm Numarası		U	Permeability Test		Mühür					
	Undersized Grains			Permeability Test		Mühür					



## EK-2 LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI

DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ : ONUR MÜHENDİSLİK		RAPOR NO: 2017-543		TARİH																	
Sayfa : 1 Ek :		NUMUNE GELİŞ TARİHİ: 25.11.2017		BAKANLIK RAP. NUM. 13877382																	
Proje Adı: BATMAN İLİ, MERKEZ İLÇESİ, GÜLTEPE MAH. (Emrullah ŞUVAK YÖKSEK LİSANS PROJESİ)		DENEY SONUÇLARI ÖZET TABLOSU																			
Kuyu / A.C. No	Örnek No	Derinlik (m)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		USCS		Birim Ağırlık		Tek Eksenli Basıncı		Üç eksenli		Konsolidasyon		Hidrometri		Proktor		
			#10	#200	LL	PL	Pi	Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Bu Oran	Doğal B.A.	% Su İçeriği	q <sub>u</sub>	Deneysel	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi	Deney Tipi
%	%	%	%	%	%	USCS	%	gr/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
SK-1	UD	3,00-3,50	4.13	82.09	56	22	38	CH	15.78	1.93				0.57	5	1.40					
SK-1	SPT	6,00-6,45	6.38	69.04	42	24	18	CL	15.15												
SK-1	SPT	9,00-9,45	7.85	31.28	28	13	15	SC	13.17												
SK-2	UD	3,00-3,50	5.74	75.19	40	20	20	CL	14.21	1.90				0.52	8	1.30					
SK-2	SPT	4,50-4,95	50.49	29.57	26	12	14	GC	13.46												
SK-2	SPT	6,00-6,45	53.70	28.48	29	16	13	GC	13.77												
SK-3	SPT	3,00-3,45	51.95	29.43	27	13	14	GC	13.69												
SK-3	SPT	6,00-6,45	9.64	30.56	28	14	14	GC	13.25												
SK-3	SPT	12,00-12,45	9.50	32.28	25	11	14	GC	14.5												

Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 21/09/2017 tarih 679 numaralı "Laboratuvar İçin Belgesiz"ne sahiptir.  
 2019-04-11 Yayımlı Kanun No: 679  
 Laboratuvarımız örnek alımı ve raporlamada kayıtsız kalacak halden sorumlu değildir.  
 SİZİMLERİNE DENEY SONUÇLARI YATIRILAN VE EDİLEN ÖRNEKLERİ İZİNİ ALMAYI BİLMELİSİNİZ.  
 Bu deney sonucu tablosu laboratuvarımız için çıkarılan raporun kapsamına girmez, doğrudur.

**DENEYİ YAPAN**  
 KAYATEST ZEMİN LABORATUVAR LTD. ŞTİ.  
 Aydınlık Mah. İsmail Paşa Cad. No: 10/B  
 Bağcıbaşı Köyü, Çarşıbaşı Mahallesi  
 Muratlı - 63700 - ŞANLIURFA

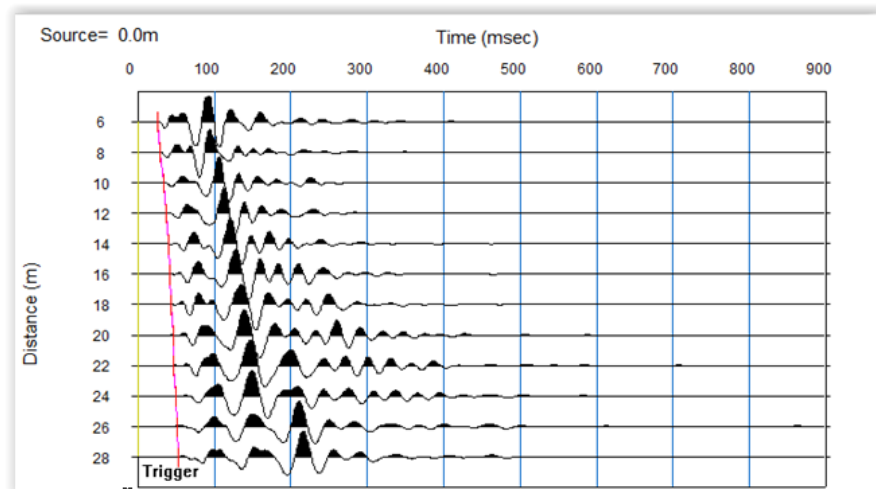
**DENEYİ YAPAN**  
 KAYATEST ZEMİN LABORATUVAR LTD. ŞTİ.  
 Aydınlık Mah. İsmail Paşa Cad. No: 10/B  
 Bağcıbaşı Köyü, Çarşıbaşı Mahallesi  
 Muratlı - 63700 - ŞANLIURFA

**DENEYİ YAPAN**  
 KAYATEST ZEMİN LABORATUVAR LTD. ŞTİ.  
 Aydınlık Mah. İsmail Paşa Cad. No: 10/B  
 Bağcıbaşı Köyü, Çarşıbaşı Mahallesi  
 Muratlı - 63700 - ŞANLIURFA

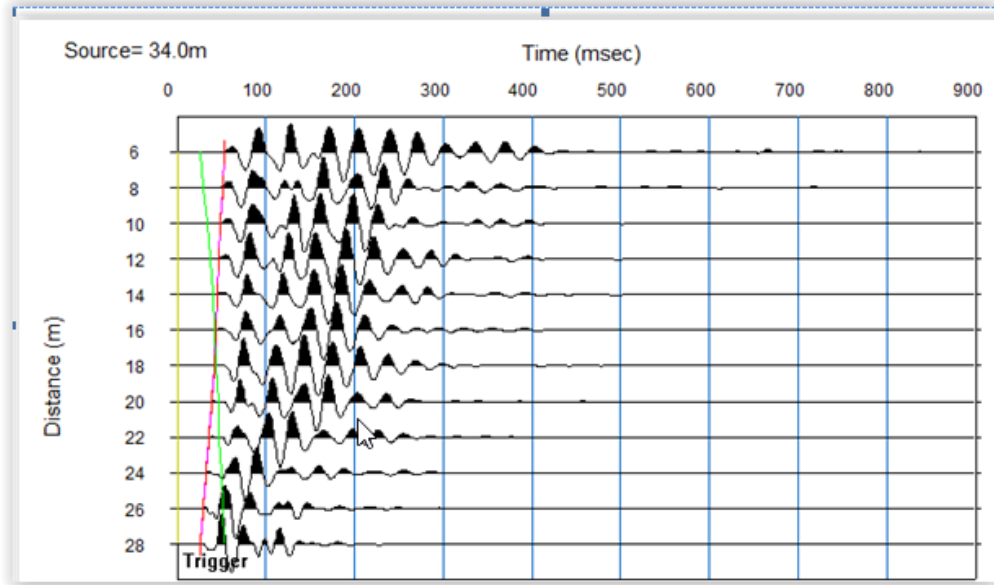
## EK-3 JEOFİZİK (SİSMİK ÇALIŞMA)

### BATMAN İLİ ESENTEPE ve GÜLTEPE

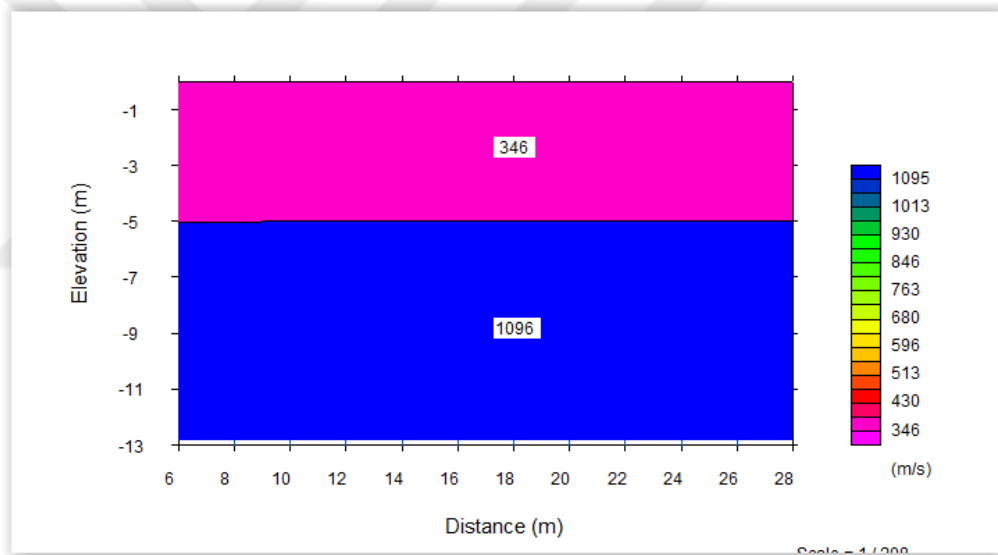
#### PROFİL 1



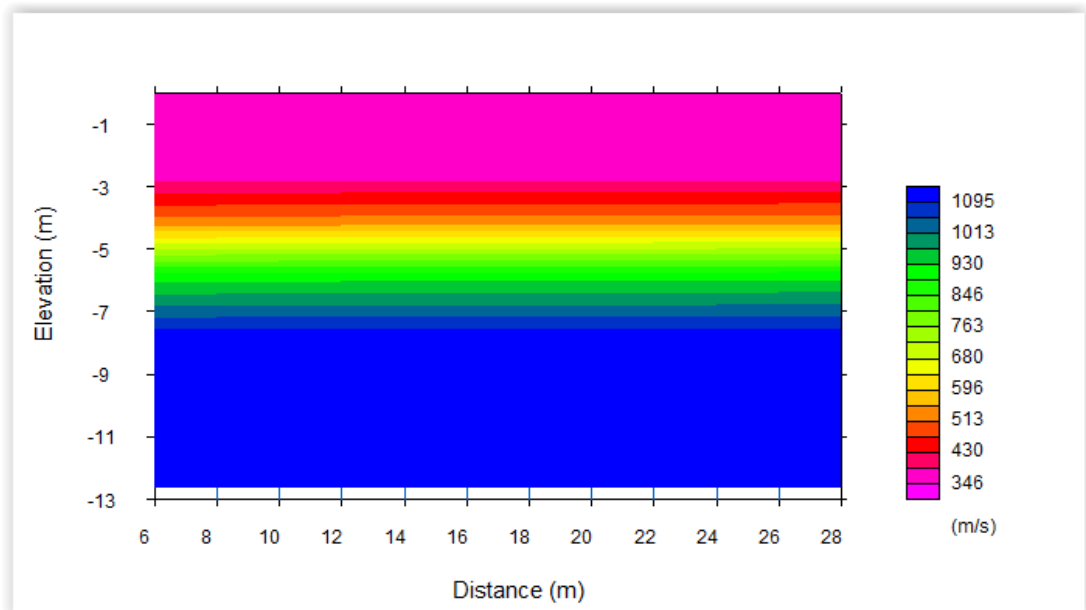
P dalgası düz atış kaydı.



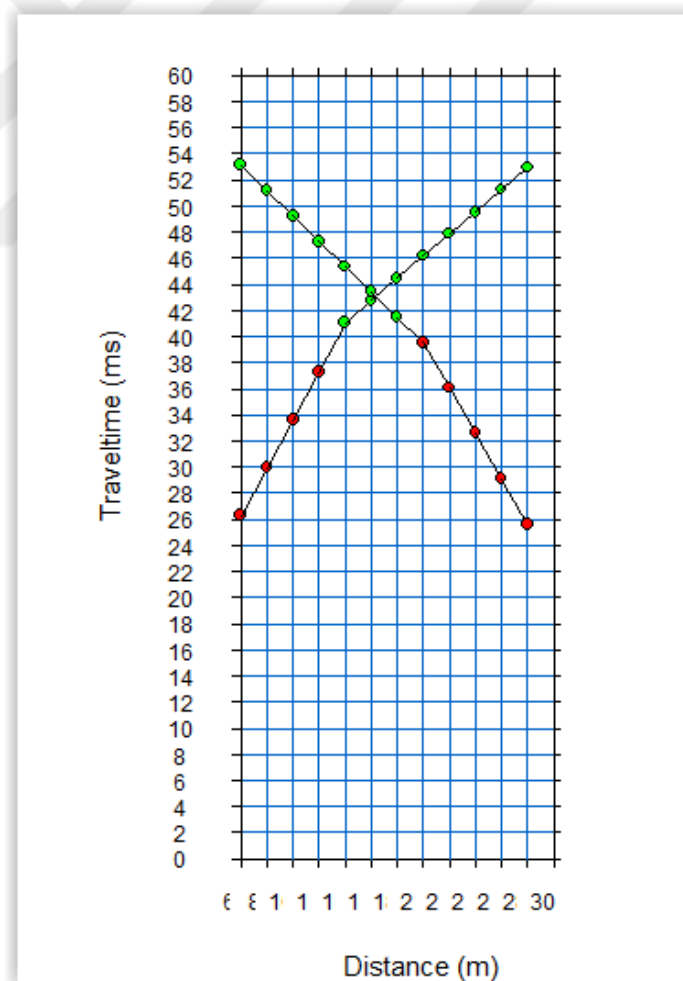
P dalgası ters atış kaydı.



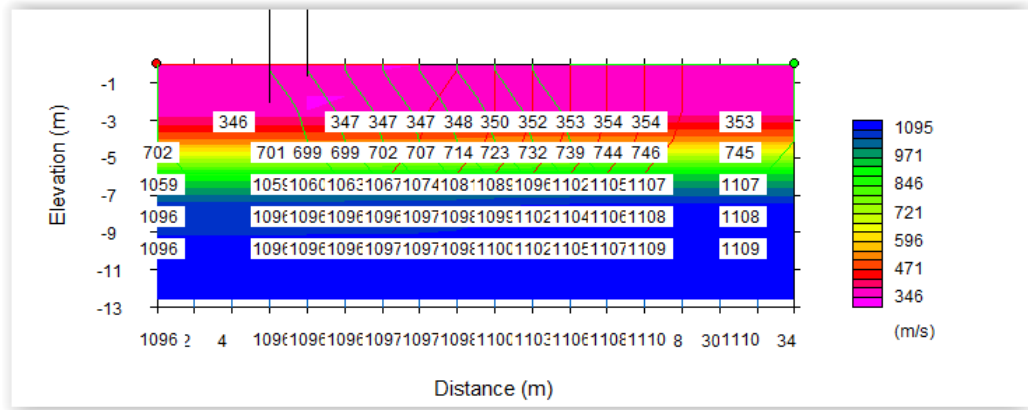
P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



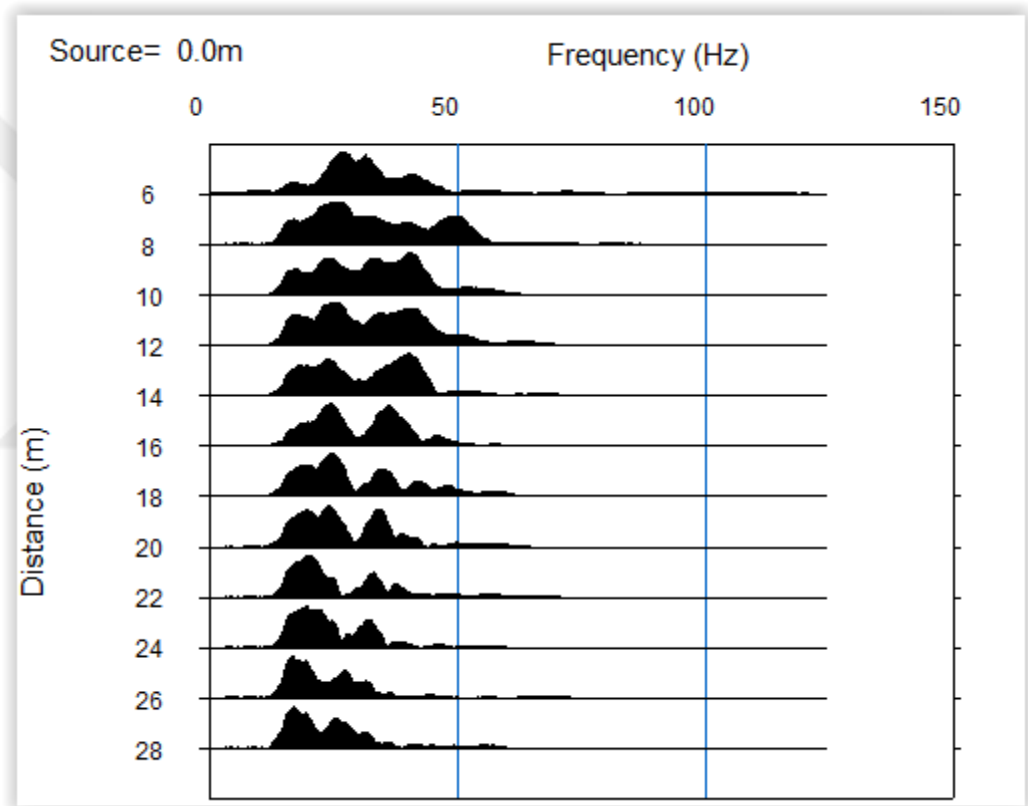
P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti



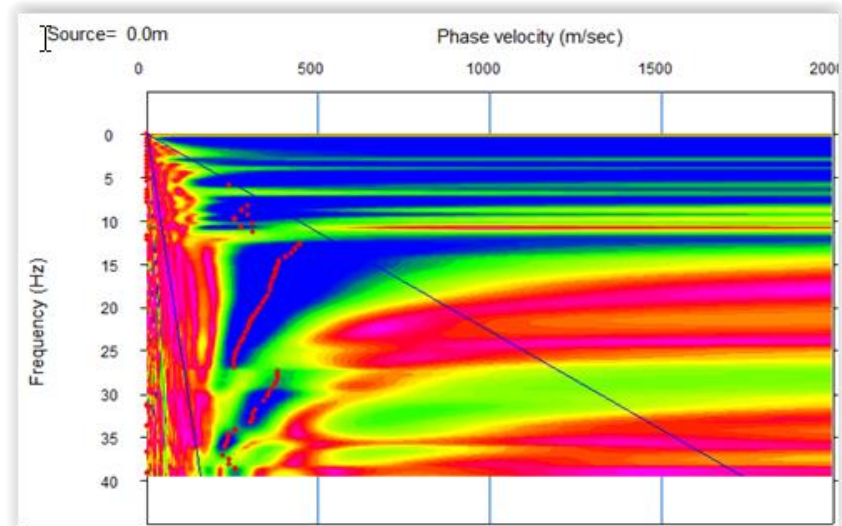
P Dalgası Yol-Zaman Grafiği



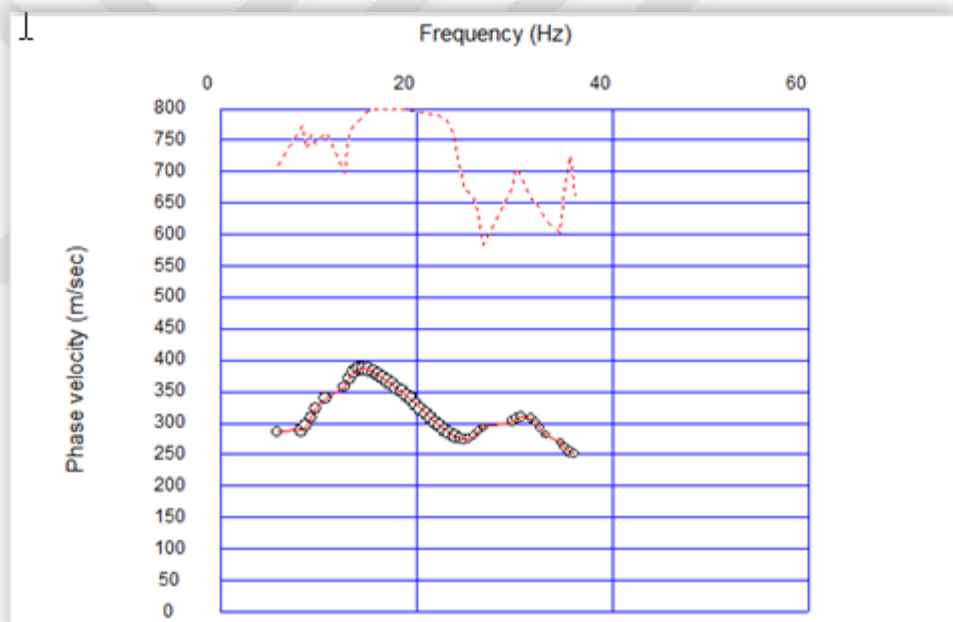
P dalgası yeraltı tomografisi



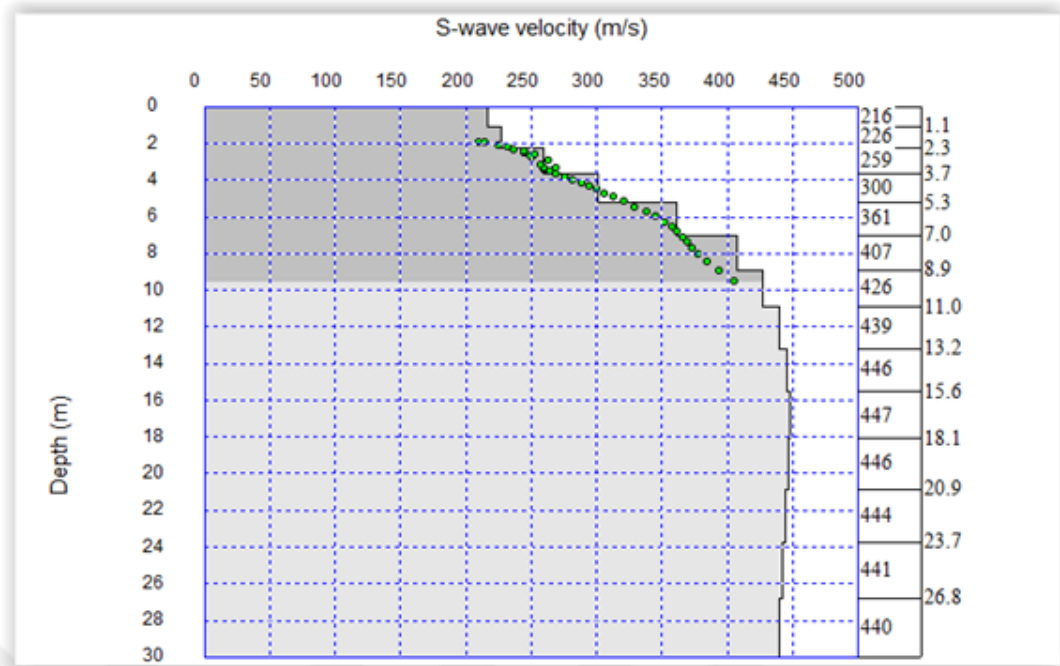
Yüzey Dalgası Arazi Kaydı



Dispersiyon Eğrisi

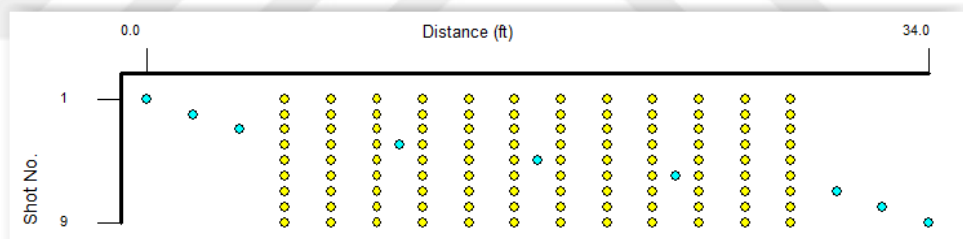


Dispersiyon-İnversiyon Eğrisi

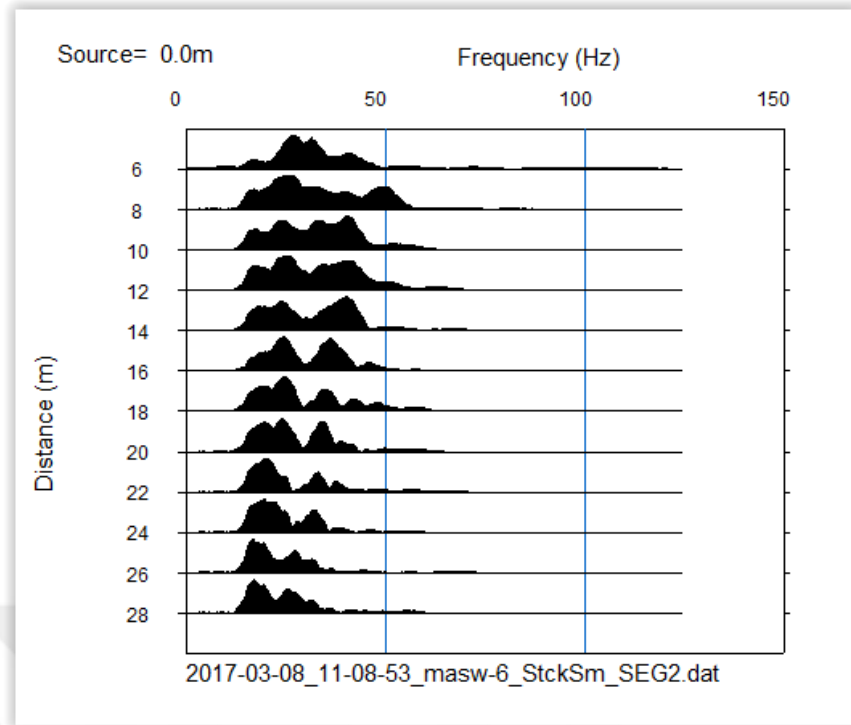


Derinliğe Bağlı S Dalgası Değişim

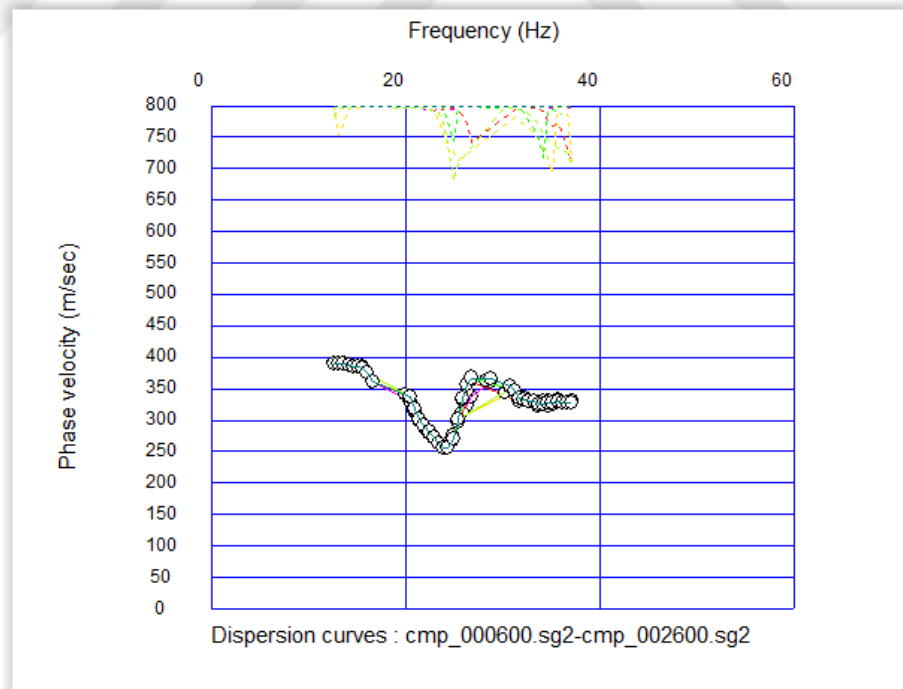
### MASW 2D



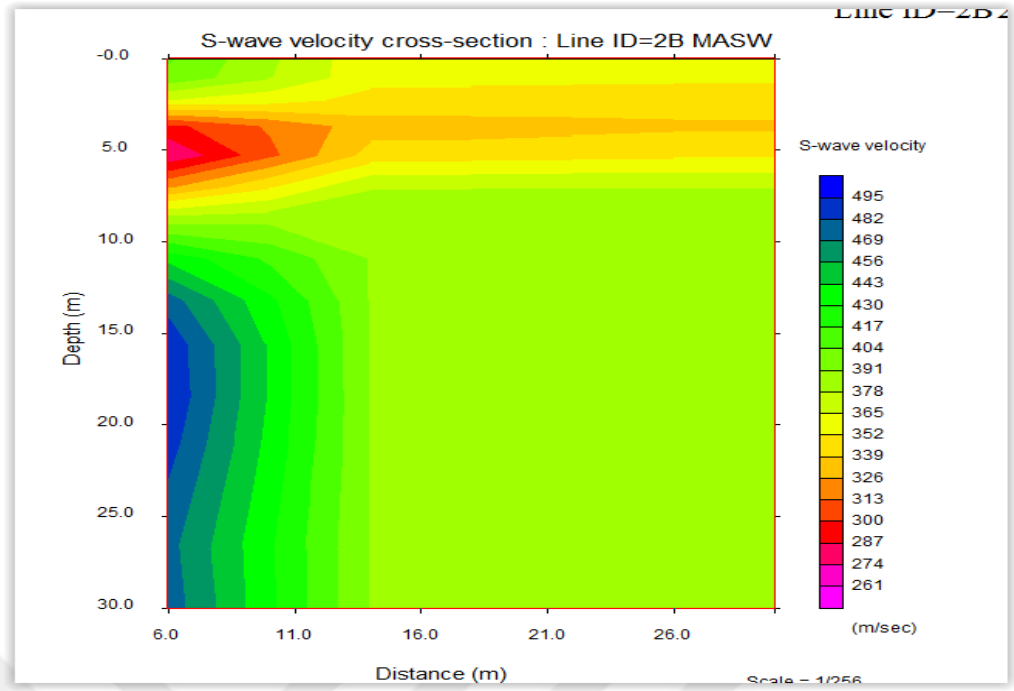
Profil atış noktaları



Yüzey dalgası arazi kaydı

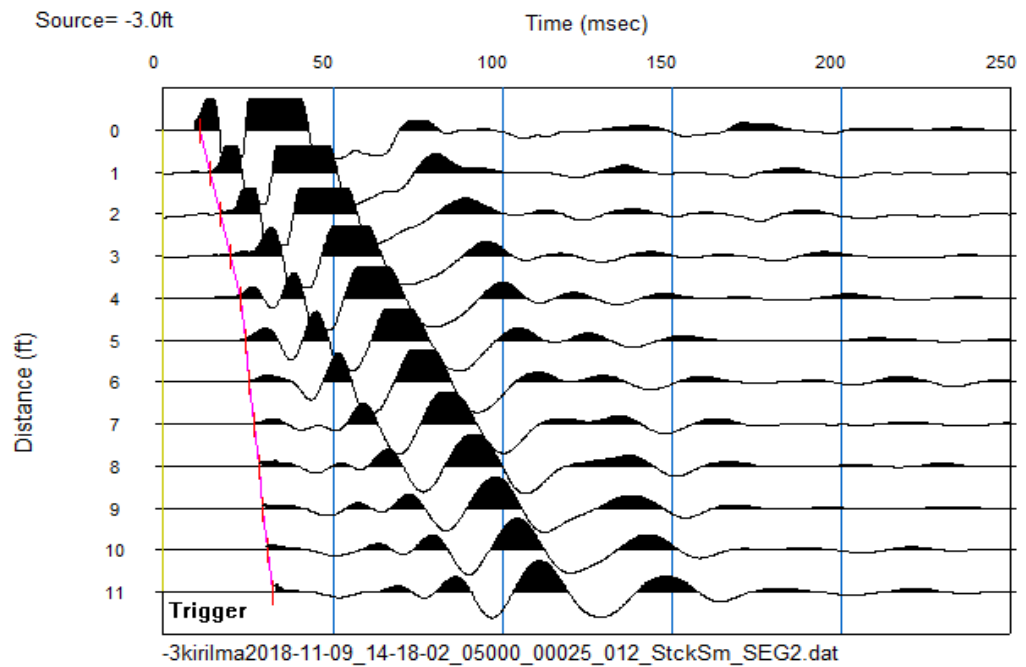


Dispersiyon eğrisi



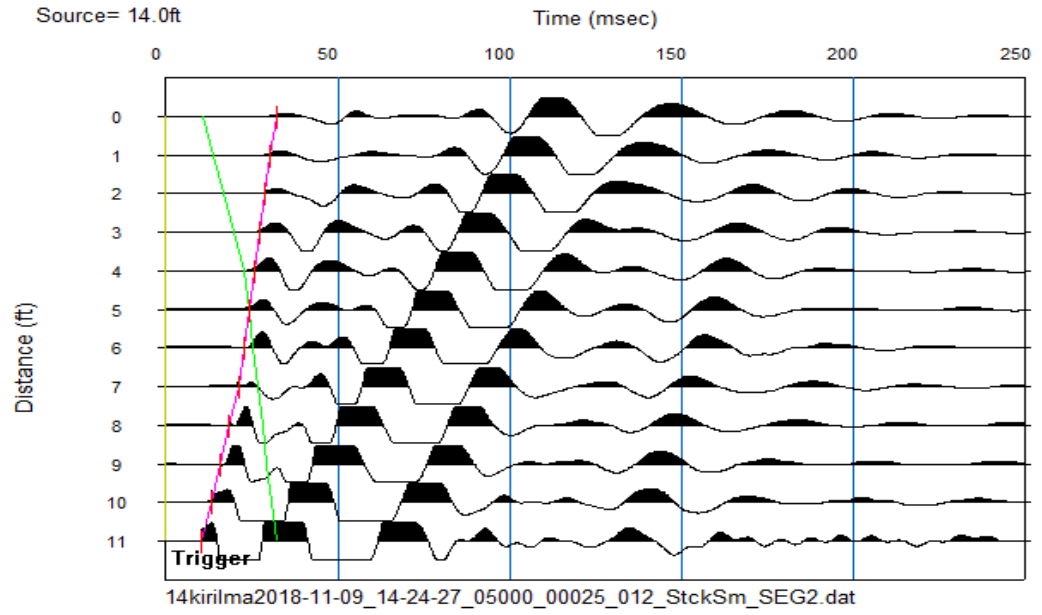
S dalgası yeraltı tomografisi

## PROFİL 2

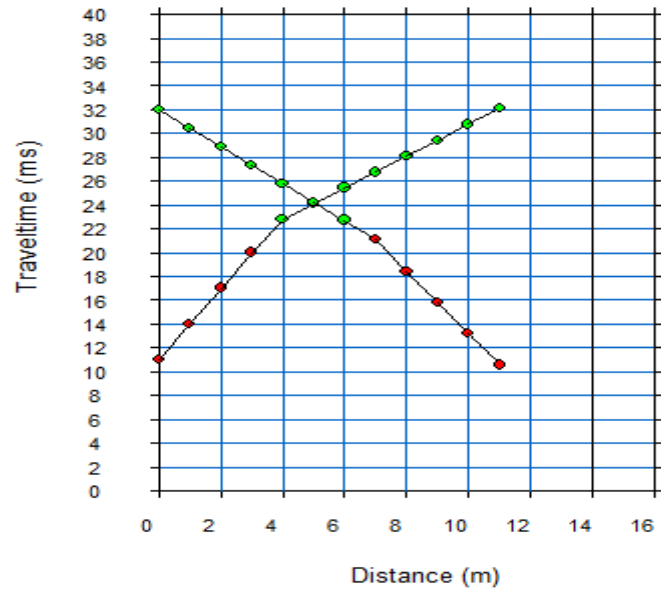


P dalgası düz atış kaydı

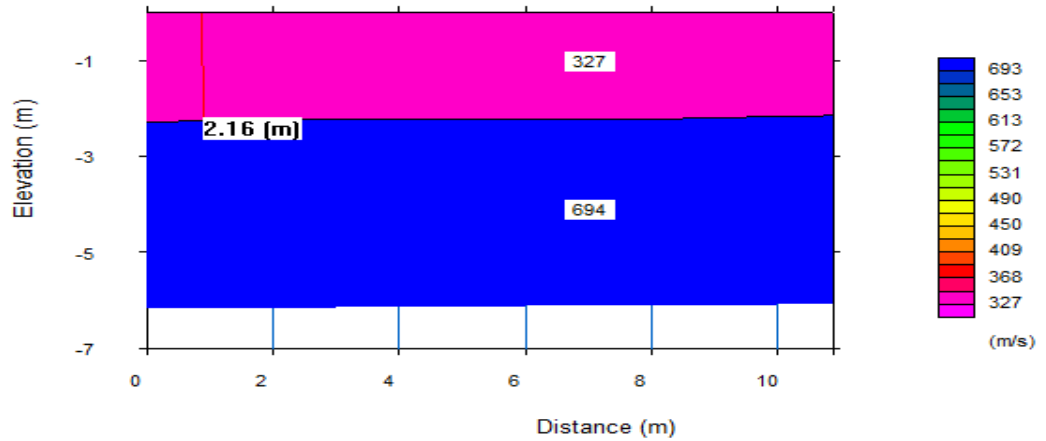




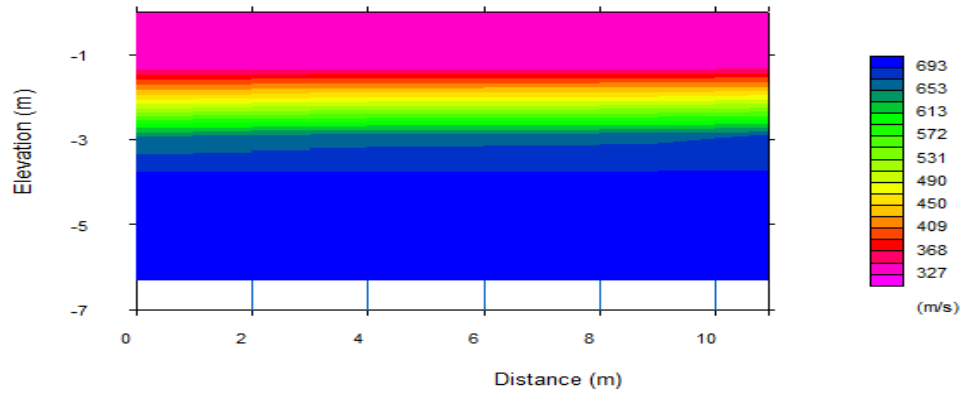
P dalgası ters atış kaydı



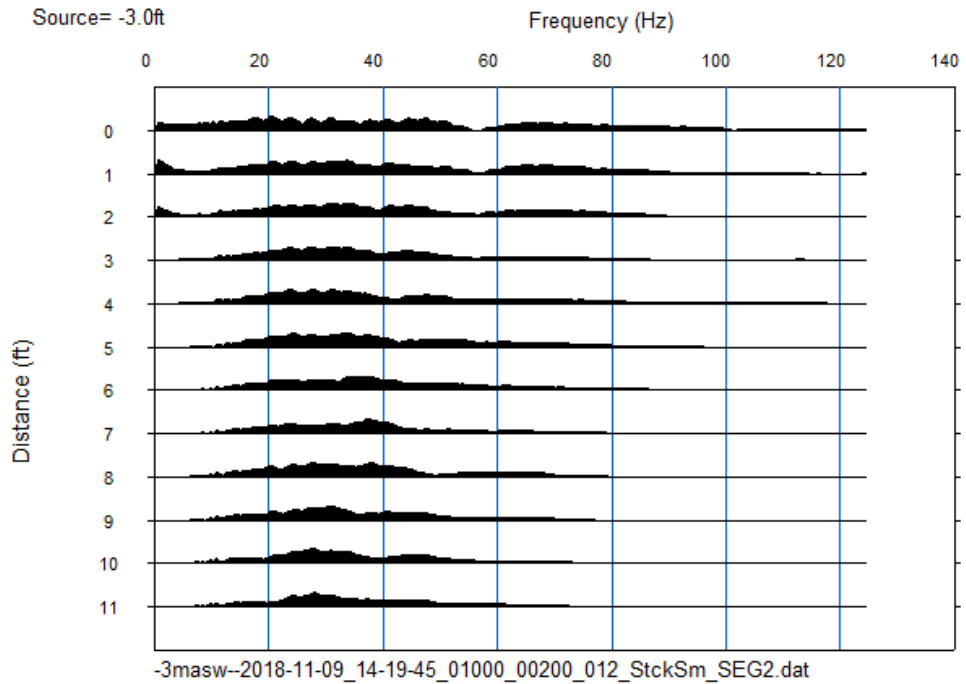
P Dalgası Yol-Zaman Grafiği



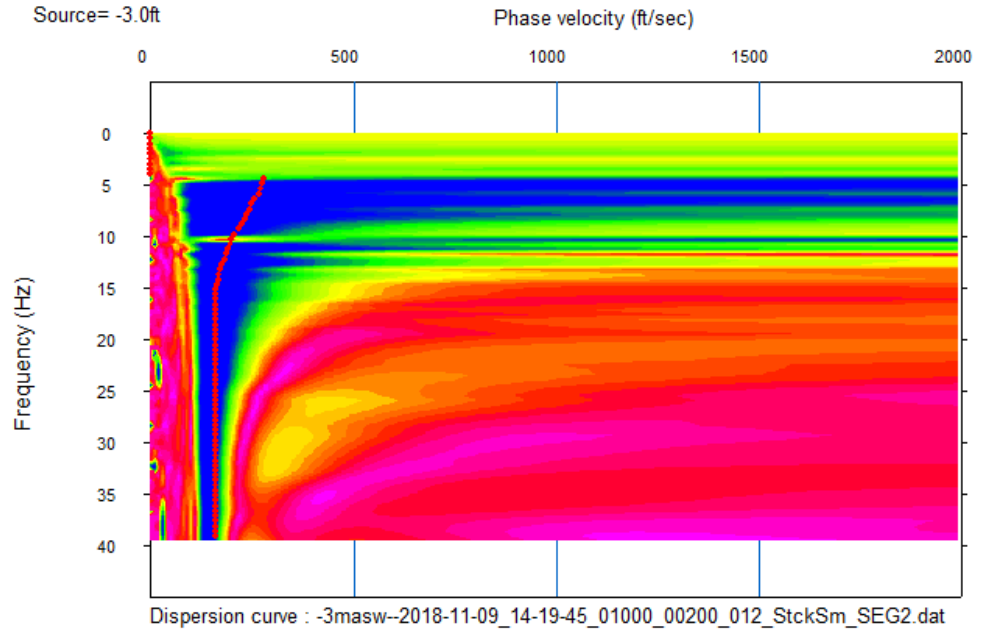
P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



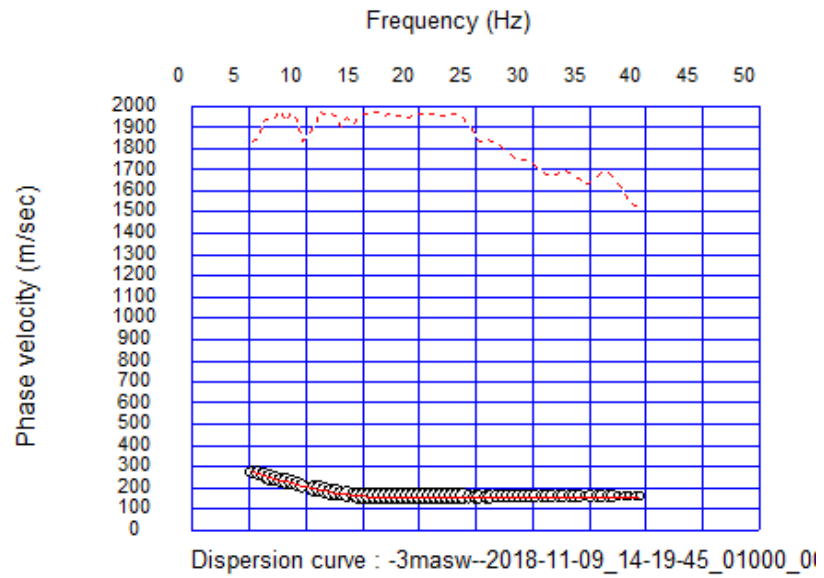
P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti



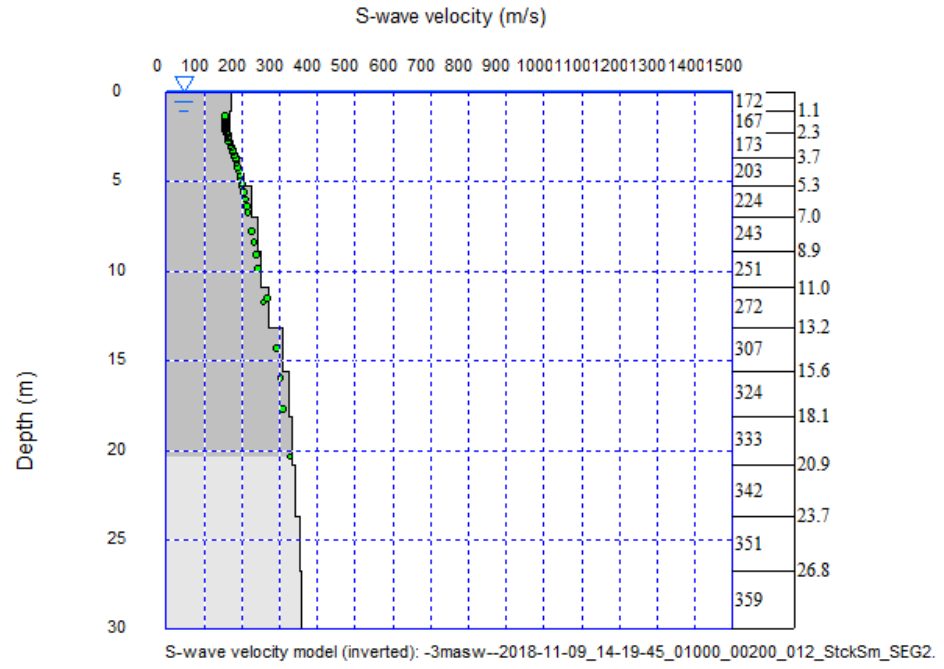
Yüzey Dalgası Arazi Kaydı



Dispersiyon Eğrisi

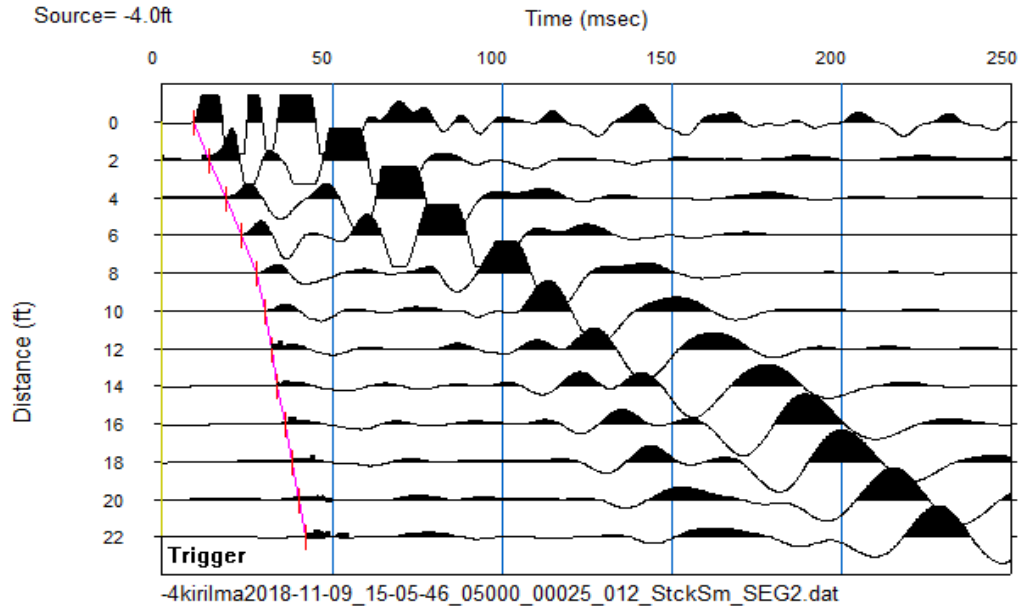


Dispersiyon-İnversiyon Eğrisi

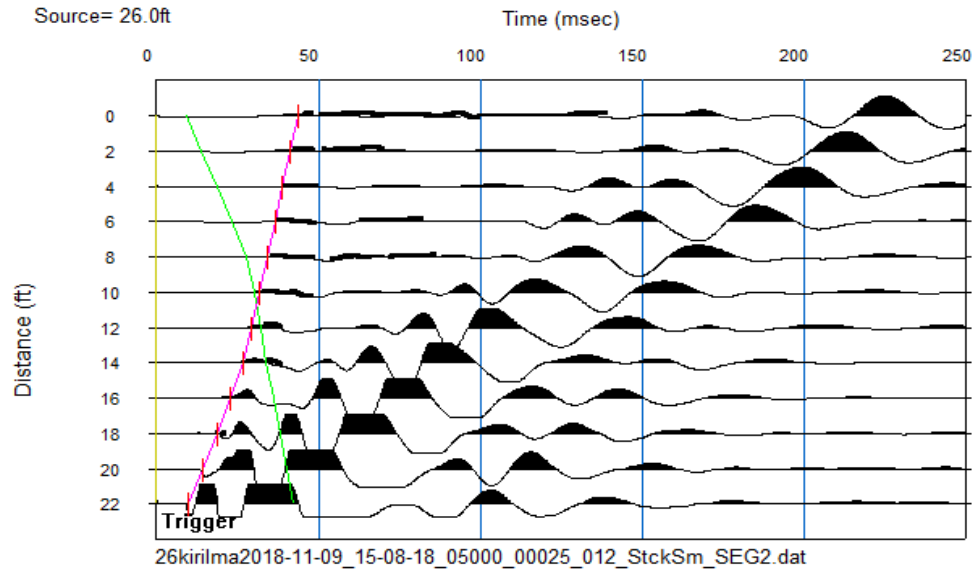


Derinliğe Bağlı S Dalgası Değişim

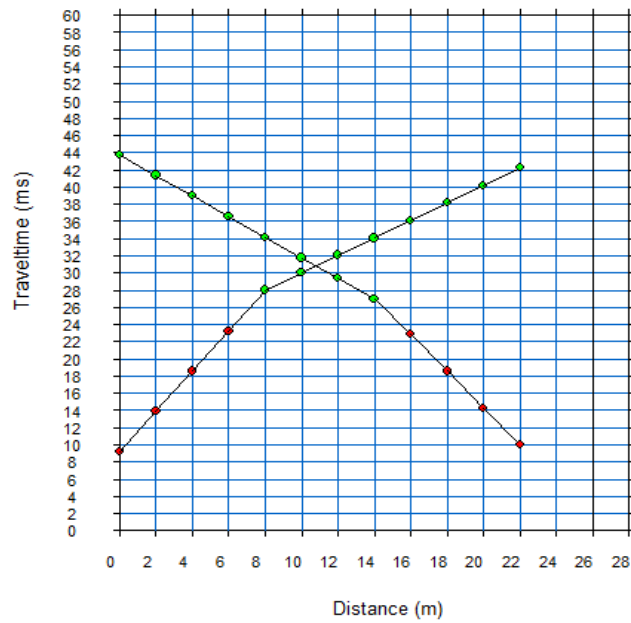
### PROFİL 3

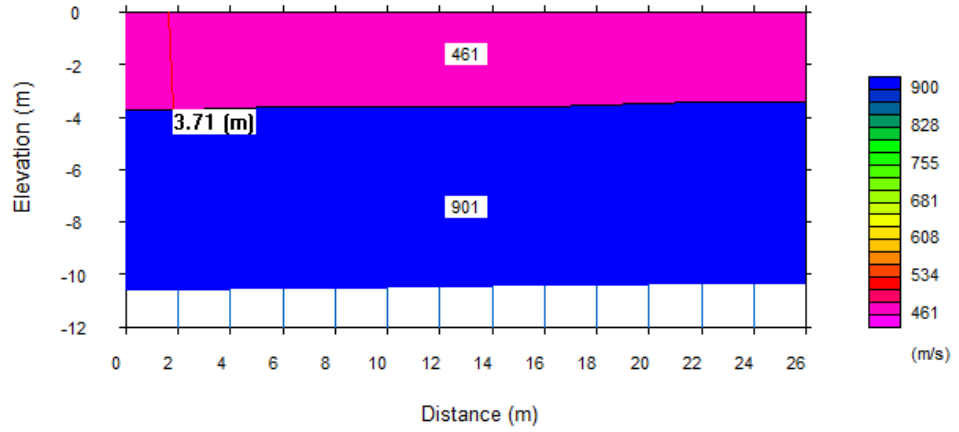


P dalgası düz atış kaydı

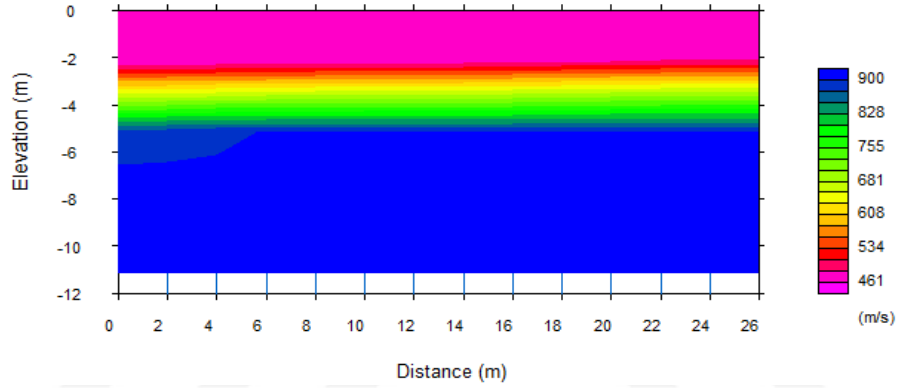


P dalgası ters atış kaydı

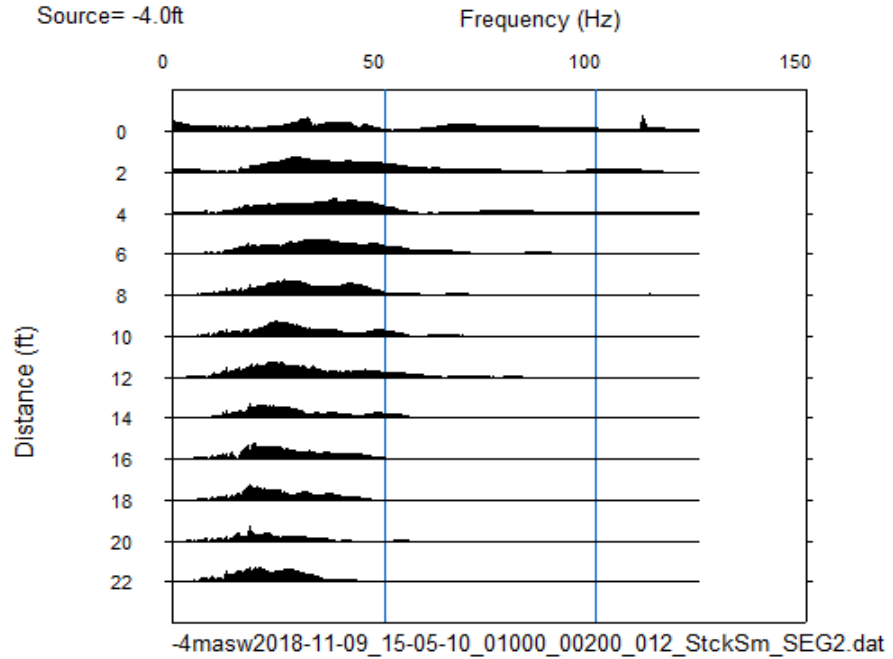




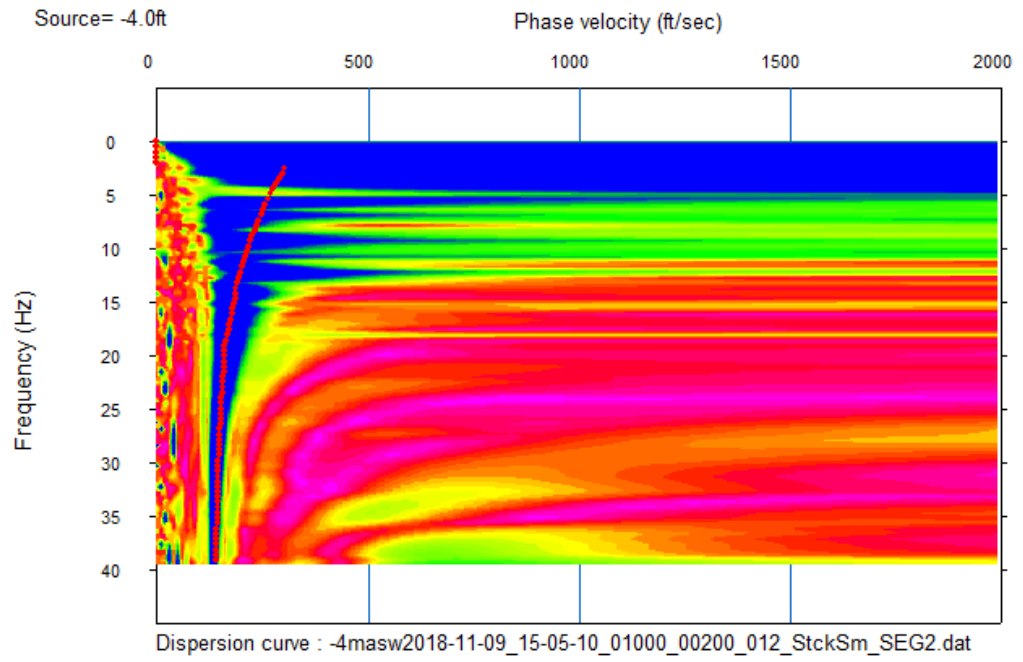
P dalgası hızlarından elde edilen zemin kesiti



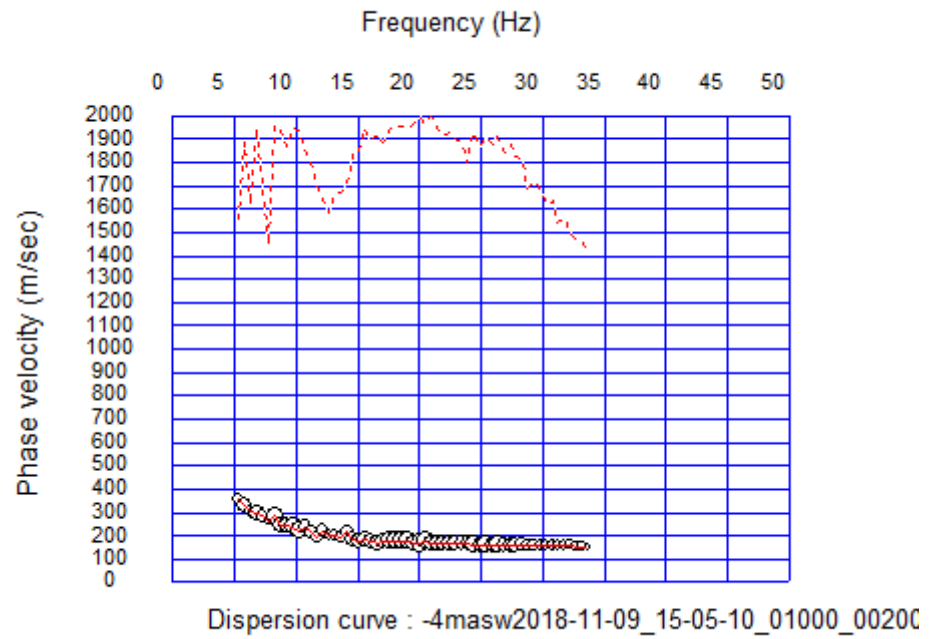
P dalgası hızlarından elde edilen ters çözüm zemin kesiti



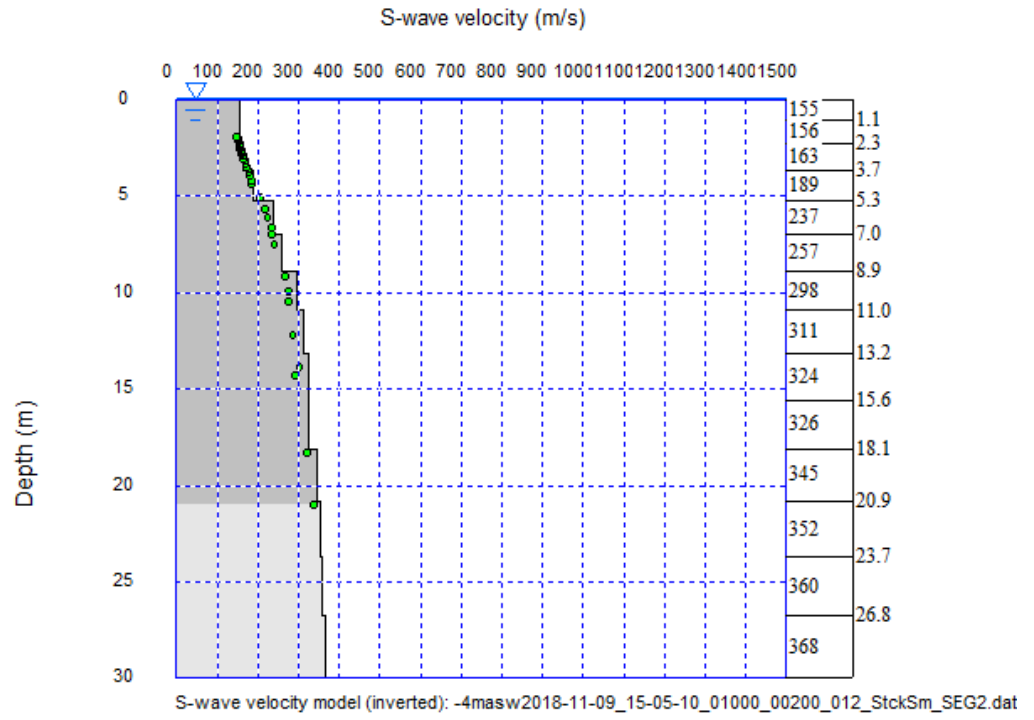
Yüzey Dalgası Arazi Kaydı



Dispersiyon Eğrisi



Dispersiyon-İnversiyon Eğrisi



Derinliğe Bağlı S Dalgası Değişim



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Emrullah şuvak  
**Uyruğu** : T.C  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Beşiri/ BATMAN  
**Telefon** : 05465041989  
**e-mail** : emr7272@gmail.com

### EĞİTİM

		<b>Bitirme Yılı</b>
<b>Lise</b>	: Fatih lisesi merkez/BATMAN	2007
<b>Üniversite</b>	: DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BUCA/İZMİR	2014
<b>Yüksek Lisans:</b>	Batman Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı / BATMAN/Merkez	2019
<b>Doktora</b>	: -	

### İŞ DENEYİMLERİ

<b>Yıl</b>	<b>Kurum</b>	<b>Görevi</b>
2016 -2019	Umut mühendislik	Şirket sahibi/jeofizik mühendisi
2017	Pro-yol	Jeofizik mühendisi
2017	Onur mühendislik	Jeofizik mühendisi

**UZMANLIK ALANI:** Uygulamalı Jeofizik, Zemin Mekaniği

**YABANCI DİLLER:** İngilizce