

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEOFİZİK YÖNTEMLER İLE HEYELAN ARAŞTIRMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Nuh DEMİRBAŞ

TEMMUZ 2008
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEOFİZİK YÖNTEMLER İLE HEYELAN ARAŞTIRMALARI

Jeofizik Müh. Nuh DEMİRBAŞ

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.07.2008

Tezin Savunma Tarihi : 28.07.2008

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hakan KARSLI

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN

Enstitü Müdürü V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

“Jeofizik yöntemlerle heyelan araştırmaları” adlı bu araştırma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır.

Bu tezde kullanılan verilerin toplanmasında K.T.Ü. Jeofizik Mühendisliği Bölümüne ait GEOMETRICS marka ES-3000 Sismik cihazı, ABEM marka Terrameter SAS 1000 Model Özdirenç/IP aleti, RAMAC/GPR (Yer Radarı) ve ekipmanları kullanılmıştır.

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, planlanmasında ve çalışmalarının yürütülmesinde her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ’ ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince yardımlarını ve zamanını esirgemeyen, Doç. Dr. Hakan KARSLI, Yrd. Doç. Dr. Aysel ŞEREN, Yrd. Doç. Dr. Yusuf BAYRAK, Arş. Gör. Ali Erden BABACAN, M.T.A Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğünden Jeofizik Yük. Müh Kürşad BEKAR, Jeofizik Müh. Osman PEKŐEN, 22. Bölge D.S.İ. yetkilileri ve bana her zaman destek olan sevgili eşim Necla DEMİRBAŞ’a ve her türlü manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürleri bir borç bilirim.

Nuh DEMİRBAŞ
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Heyelanların Tarihçesi	2
1.2.1. Heyelanların Bölümleri	3
1.2.2. Heyelanların Nedenleri	4
1.2.3. Heyelan Hareketlerinin Sınıflanması	5
1.2.3.1. Heyelan Türleri	6
1.2.3.1.1. Düşmeler (Kopmalar)	7
1.2.3.1.2. Devrilme	8
1.2.3.1.3. Akmalar	8
1.2.3.1.4. Kaymalar	9
1.2.3.2. Karmaşık Heyelanlar	11
1.2.3.2.1. Çeşitli Şev Hareketleri	11
1.2.3.2.1.1. Krip (creep)	12
1.2.3.2.1.2. Akıcı Killerdeki Heyelanlar	12
1.2.3.2.1.3. Soliflüksiyon (Solifluction)	12
1.2.3.2.1.4. Çığlar	12
1.2.4. Türkiye ve Bölgemizdeki Heyelanlar	13
1.2.5. Heyelanların Önlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar	15
1.2.5.1. Heyelan Oluşumu Anında Yapılması Gerekenler	17
1.2.6. Heyelanları Araştırma Yöntemleri	18
1.2.6.1. Ön ve Büro Araştırmaları	18
1.2.6.2. Arazi ve Laboratuar Araştırmaları	19
1.2.6.2.1. Yüzey Çalışmaları	19

1.2.6.2.2.	Yamaçlarda Duraylılık Çalışması	19
1.2.6.2.3.	Yeraltı Çalışmaları	20
1.2.7.	Heyelan Araştırmalarında Kullanılan Jeofizik Yöntemler	21
1.2.7.1.	Doğal Potansiyel Yöntemi (SP)	21
1.2.7.2.	Mikro-Gravite Ölçüleri.....	22
1.2.7.3.	Sismik Kırılma Yöntemi.....	24
1.2.7.4.	Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analiz Yöntemi	29
1.2.7.5.	Elektrik Özdirenç Yöntemi (Düşey Elektrik Sondajı)	31
1.2.7.5.1.	Elektrot Dizilimleri.....	33
1.2.7.6.	Elektrik Özdirenç Görüntüleme	34
1.2.7.7.	Yer Radarı (GPR).....	35
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
2.1.	Araklı-Yiğitözü Heyelanı	40
2.1.1.	Araklı-Yiğitözü Heyelan Alanının Genel Jeolojisi	40
2.1.2.	Araklı-Yiğitözü Heyelanı Arazi Verilerinin Toplanması ve Değerlendirilmesi	42
2.1.2.1.	Araklı-Yiğitözü Heyelanı Yeraltı Yapısı ve P-Dalgası Hızları.....	44
2.1.2.2.	Araklı-Yiğitözü Heyelanı Yeraltı Yapısı ve S Dalgası Hızları.....	51
2.1.2.3.	Araklı-Yiğitözü Heyelanı Yer radarı (GPR) Kesitleri	58
2.2.	Gümüşhane Mescitli Heyelanı	63
2.2.1.	Gümüşhane-Mescitli Heyelan Alanının Tanıtımı ve Genel Jeolojisi.....	64
2.2.2.	Gümüşhane-Mescitli Heyelanı Arazi Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi	65
2.2.2.1.	Gümüşhane-Mescitli Sahası Elektrik Özdirenç Çalışması	67
2.2.2.2.	Gümüşhane-Mescitli Sahası Yüzey Dalgaları Ölçüsü	78
2.2.2.3.	Gümüşhane-Mescitli Sahası Yer Radarı Kesitleri	79
3.	SONUÇLAR	83
4.	TARTIŞMALAR	86
3.	KAYNAKLAR	88
EK-1	Sondajlar (Gümüşhane).....	95
EK-2	Radarı Kesitleri	106
EK-3	Mescitli Heyelan Sahasına ait Vp Hızları Atış Kayıtları.....	114
EK-4	Arazi Resimleri	115

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Yamaçlarının duraylılık analizlerinde öncelikle bilinmesi gerekenler yamacın yapısı, toprak ve kayanın jeoteknik özellikleridir. Kayan kütlelerin ve altındaki yapının özelliklerinin yüksek doğruluk oranıyla belirlenmesi heyelan yapısının ortaya çıkarılmasında önemlidir. Jeofizik yöntemler; heyelan alanındaki malzemelerin sınıflanmasında ve özelliklerinin belirlenmesi için uygulanır. Heyelan analizlerinde kullanılan jeofizik yöntemler içerisinde en uygun olanı sismik yöntemlerdir. Sismik yöntemler, şev stabilitesi analizlerinde kuvvet karşısındaki malzemenin özelliklerinin belirlenmesinde önemli yer tutmaktadır. Diğer jeofizik yöntemler, örneğin elektrik, elektromanyetik, doğal potansiyel ve gravite yöntemleri de yer içinin belirlenmesinde faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerle elde edilen veriler, sondaj ve laboratuardan elde edilen sonuçlarla korele edilmelidir.

Bu tez çalışması kapsamında Trabzon ve Gümüşhane ilinde bulunan iki farklı heyelan üzerinde jeofiziksel yaklaşımlarla elde edilmiş çalışmalar ve sonuçları sunulmaktadır. Heyelanlar jeolojik olarak birbirinden oldukça farklıdır. Sismik kırılma yöntemi, düşey elektrik sondajı (DES), yer radarı (GPR) tekniği kullanılarak, heyelan yapısının kayma yüzeyi, satürasyon zonu, tabaka kalınlıkları, P ve S dalga hızları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda heyelan alanına ait olan yapı kesitleri, elastik hızların dağılımı ve özdirenç seviye haritaları elde edilmiştir. Ayrıca farklı jeofizik yöntemlerin heyelan araştırmalarındaki etkinliği tartışılmıştır. Değişik jeofizik yöntemlerden elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılarak çözümlenmeler yapılmış ve aralarında oldukça iyi bir uyum olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma, heyelan gibi karmaşık jeolojik yapılarda jeofizik yöntemlerin oldukça kullanışlı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, sismik, elektrik (DES), yer radarı (GPR)

SUMMARY

Landslide Investigations by Using the of Geophysical Methods

A pre-requisite in slope stability analyses is the internal structure, geotechnical properties of soil and rock. It is important to determine the properties of sliding mass and its basement for exposition of the structure of the landslide. Geophysical methods to determine the internal structure of a soil or rock mass may be used for this purpose. Seismic methods are often the most suitable because the measurements depend on the mechanical properties that are also important in the mechanical calculation of slope stability analyses. Other geophysical methods, such as electromagnetic, electric resistivity, self-potential and gravity methods may be useful to determine the internal structure, but require a correlation of found boundaries with mechanical properties.

In this study, the outputs of geophysical studies for two landslides area showing different characterization within Trabzon and Gümüşhane Region (NW of Turkey) were presented. In particular, we used the seismic refraction, vertical electrical sounding (VES), ground penetrating radar (GPR) to determine the slope surface of landslides, the saturation zone, P and S wave velocities and the thickness of the landslide material. The landslide structure, distribution of the elastic velocities and resistivity level maps are obtained from the results of the investigations. Also, effectiveness of different geophysical methods in investigation of landslides is discussed. The results were compared with each of the geophysical methodologies and a valuable correlation was found between each of the results. This study offers that geophysical techniques are useful for investigating landslide areas characterized by complex geology.

Key Words: Landslide, Seismic Refraction, Geo-electric, GPR, Surface waves

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Bir heyelanın şematik diyagramı.....	4
Şekil 2. Heyelan türleri.....	6
Şekil 3. Düşme türü heyelana bir örnek	8
Şekil 4. Devrilme.....	8
Şekil 5. Akma türleri.....	9
Şekil 6. Bir kayma heyelanının şematik görünümü.....	10
Şekil 7. Türkiye heyelan dağılım haritası.....	15
Şekil 8. Trabzon ili heyelan dağılım haritası.....	15
Şekil 9. Doğal potansiyel elektrotunun yapısı.....	22
Şekil 10. Gravimetre ölçü aleti.....	23
Şekil 11. Sismik kırılma ölçüm düzeni.....	24
Şekil 12. Fermat Kanunu.....	25
Şekil 13. Snell yasası.....	26
Şekil 14. P Sıkışma dalgası yayınıcı.....	27
Şekil 15. S Enine dalga yayınıcı.....	27
Şekil 16. Love dalgalarının yayınıcı hareketi.....	28
Şekil 17. Rayleigh dalgasının yayınıcı	28
Şekil 18. P dalgası hız değeri.....	29
Şekil 19. S dalgası hız değeri.....	29
Şekil 20. Yüzey dalgalarının çok kanallı analiz yöntemi ile veri toplanması.....	30
Şekil 21. Toprak ve kaya kütlelerinin elektrik özdirenç değeri.....	31
Şekil 22. Arazide özdirenç ölçüm şekli.....	32
Şekil 23. Akım ve potansiyel elektrotları için değışik dizilimler.....	33
Şekil 24. Düşey elektrik sondaj ölçüsü ve elde edilen eğri.....	33
Şekil 25. Yer radarı Yönteminin şematik gösterimi	36
Şekil 26. Araklı Yiğitözü heyelanı yer bulduru ve jeoloji haritası.....	41
Şekil 27. Araklı-Yiğitözü heyelanında ölçü alınan profillerin yerleri.....	42

Şekil 28.	Araklı-Yiğitözü heyelan alanının görünümü.....	43
Şekil 29.	Birinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti.....	44
Şekil 30.	İkinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti.....	45
Şekil 31.	Üçüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti.....	46
Şekil 32.	Dördüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti	47
Şekil 33.	Beşinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti.....	48
Şekil 34.	Altıncı profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti	48
Şekil 35.	Yedinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti	49
Şekil 36.	Sekizinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti	50
Şekil 37.	Tüm sismik profillerden elde edilen P dalgası derinlik kesiti.....	51
Şekil 38.	Tüm sismik profillerden elde edilen heyelan alanına ait yapı kesiti.	52
Şekil 39.	Birinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti	52
Şekil 40.	İkinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti.....	53
Şekil 41.	Üçüncü profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti	53
Şekil 42.	Dördüncü profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti.....	54
Şekil 43.	Beşinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti	55
Şekil 44.	Altıncı profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti.....	55
Şekil 45.	Yedinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti.....	56
Şekil 46.	Sekizinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti	57
Şekil 47.	Tüm profillerden elde edilen S dalgası derinlik kesiti	58
Şekil 48.	Birinci profile ait radar kesiti.....	59
Şekil 49.	Üçüncü profile ait radar kesiti.....	60
Şekil 50.	Yedinci profile ait radar kesiti.....	60
Şekil 51.	Dokuzuncu profile ait radar kesiti.....	61
Şekil 52.	Onbirinci profile ait radar kesiti.....	62
Şekil 53.	Onüçüncü profile ait radar kesiti.....	62
Şekil 54.	Onaltıncı profile ait radar kesiti.....	63
Şekil 55.	Gümüşhane-Mescitli heyelanı yer bulduru ve jeolojik haritası.....	64
Şekil 56.	Mescitli çalışma alanının topografyası ve Jeofizik ölçü lokasyonları	66
Şekil 57.	Gümüşhane-Mescitli heyelan sahasının görünümü.....	67
Şekil 58.	DES1 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit.....	68
Şekil 59.	DES2 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit.....	69
Şekil 60.	DES3 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit	69

Şekil 61.	DES4 görünür özdirenç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit.....	70
Şekil 62.	DES5 görünür özdirenç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit	71
Şekil 63.	DES6 görünür özdirenç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit	71
Şekil 64.	DES7 görünür özdirenç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit	72
Şekil 65	Mescitli heyelan alanı KD-GB yönündeki yapı kesiti.....	73
Şekil 66	Mescitli heyelan alanı KB-GD yönündeki yapı kesiti.....	74
Şekil 67.	5 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası sı.....	75
Şekil 68.	10 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	75
Şekil 69.	20 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	76
Şekil 70.	40 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	76
Şekil 71.	60 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	77
Şekil 72.	80 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	77
Şekil 73.	100 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası	78
Şekil 74.	Mescitli heyelanı S dalgası derinlik kesiti.....	79
Şekil 75.	1 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti.....	80
Şekil 76.	5 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti.....	81
Şekil 77.	14 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti	81
Şekil 78.	17 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti.....	82

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Heyelanların sınıflaması.....	7
Tablo 2. Genel jeolojik malzemelerin dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri n/a bu malzemeler için bir değer olmadığını ifade etmektedir.....	38

SEMBOLLER DİZİNİ

c	Kohezyon
I	Akım
G_s	Güvenlik Katsayısı
r	: Elektrotlar arası uzaklık
V	: Elastik dalga hızı
v	: Elektromanyetik hız
ΔV	: Potansiyel
ρ_a	: Görünür Özdirenç
ε	: Dielektrik sabiti
μ	: Manyetik geçirgenlik
φ	: Enlem derecesi
γ	: Enlem düzeltmesi
γ_e	: Deniz seviyesi ekvator gravite değeri
τ	Kayma gerilmesi
τ_f	Kaymaya karşı dayanım
σ	Düşey gerilme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Heyelanlar, genel anlamı ile kütle hareketleridir. Ülkemizi çok yakından ilgilendiren, birçok doğal etken ve süreçler ile insanların çeşitli etkinliklerine bağlı olarak gelişirler. Heyelanlar kütle hareketi olmasından daha çok doğal bir afettir. Kütle dengesinin bozulmasıyla ortaya çıkmaktadır. Heyelan olayına neden olan birincil faktör yerçekimi kuvvetidir. Diğer faktörler ise; hidroloji, insan aktivitesi, deprem ve jeolojik, jeomorfolojik, meteorolojik olaylar sayılabilir. Heyelanlar tipik olarak aşırı yağış ve ani kar erimeleri, bitki örtüsü tahribatı ve yoğun sismik aktiviteler ile hareketlenebilir. Hareketin hızı ve büyüklüğü yamaç eğimi ve su miktarı ile orantılıdır. Buna ek olarak, kütlenin hareketini tetikleyen ve türünü belirleyen, hareketin hızını, kayma derecesini azaltan veya artıran pek çok doğal ve insan aktivitesi de söz konusudur. Heyelanlar, yıkım ölçüsünde can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Heyelanların neden olduğu can kayıplarının, ekonomik olarak ölçülebilmesinin olanağı yoktur. Kaldı ki yalnızca alt ve üst yapı yatırımlarında, parasal zarara yol açan heyelanlarda bile doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların değerlendirilebilmesi çok güçtür.

Heyelan konusu, jeoloji, jeofizik ve inşaat mühendisleri gibi birçok mühendislik disiplininin ilgi alanına girmektedir. Ani ve sürpriz nitelikli hiçbir yamaç hareketi yoktur. En hızlı heyelanlar da daha öncesinden işaretlerini verir, geleceklerini duyururlar. Bütün bunlara rağmen heyelanların acılara neden olması, tehlike işaretlerinin zamanında görülemeyişindedir.

Heyelanın yapısını ve su doygunluğunu ortaya koyma ve yorumlamada mühendislik jeolojisinin bilinen metotları ile çözüme ulaşmak çoğu zaman imkânsız olmaktadır. Oysa jeofizik yöntemlerin uygulanması ile çok geniş alanlarda hızlı araştırmalar yapılmakta ve çok fazla ayrımlılıkta veri üretilebilmektedir. Dolayısıyla jeofizik yöntemlerin uygulanması, bu tür sorunların çözülmesi ve daha detaylı bilgilere ulaşılması bakımından son derece yararlı ve önemlidir.

Bu tez çalışmasının ana amacı; heyelan kütlesi üzerinde sismik kırılma, yüzey dalgası analiz yöntemi, düşey elektrik sondajı ve GPR (radar) çalışmaları ile heyelanın geometrik ve fiziksel özelliklerinin bulunmasıdır. Bu araştırmada iki farklı heyelan alanı

üzerinde inceleme yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Gümüşhane-Mescitli ve Trabzon-Araklı (Yiğit özü) heyelanları seçilmiştir.

1.2. Heyelanların Tarihçesi

Zemin mekaniğinin gelişmesine paralel olarak heyelan inceleme yöntemleri de gelişme göstermiştir. Bu sahada 18. asrın sonlarına kadar bugünkü bilgilerimize temel olacak değerde bir çalışmaya pek rastlanılmamaktadır. Ancak (1773) de Coulomb, zemin mekaniğinin en esaslı ve ifadesi en basit kanununu ileri sürmüştür.

Coulomb' granüler ve kohezyonlu malzemelerin kohezyon ve sürtünme katsayısı ile kayma kamasının dengesinin incelenmesini geliştirmiştir. 1856'da Rankin toprak kütlesi dengesine ait araştırmalar yapmış, elde edilen sonucu bazı problemlere uygulamıştır. 1865'de Culmann'da aynı kapsamda grafik bir yöntem vermiştir.

Heyelan konusu ilk kez 19. asırda büyük kanallar, yol ve demiryolu güzergâhlarının açılması ile mühendislerin karşısına bir problem olarak ortaya çıkmıştır. İlk çalışmalar Fransa'da başlamıştır. Fransız mühendisi A.Collin (1846) kanal inşaatlarında büyük kayma problemleri ile karşılaşmış ve kaymaların bir eğri boyunca meydana geldiğine dikkat çekmiştir (A.Collin,1846). Benzer olarak, Alman ve İsveç mühendisleri yol ve demiryolu inşaatlarında büyük kayma problemleri ile karşılaşmışlardır. Amerika'da ise baraj yıkılmaları ve Panama Kanalı inşaatında önüne geçilemeyen kaymalar meydana gelmiştir. Bunun üzerine 1913'de İsveç'te, Amerika'daki heyelanlar ile ilgili cemiyetler kurulmuştur. Araştırmalardan ilk olumlu neticeyi K.E. Peterson (1916) almıştır. Peterson'un komisyona teklifi, kaymanın dairesel olduğu şeklindedir. W. Fellenius kohezyon ve sürtünme açısı kabulü ile kapsamlı bir stabilite analizi yapmış ve bu eserini 1927'de yazmıştır. Bu dönemden sonra K. Terzaghi ve çeşitli araştırmacıların gayretiyle önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Artık pek çok isim ve yeni metotlara rastlanıyor, bu devrede Frontard ve Caquot (1923), Jaky (1936) problemi grafik ve analitik olarak çözmek isteyenlerin başında gelmektedir. D.W. Taylor (1936) bütün yöntemleri içeren ve karşılaştıran makalesini yayınladı. Bundan sonraki çalışmalar dilim metodunda ihmal edilen yanal kuvvetleri hesaba katmayı araştırır yönde olmuştur. Janbu (1954) Bishop ve N. Morgenstern (1965). Morgenstern ve E. Price (1967)'in çalışmaları konu ile ilgili temel çalışmalardır.

İsveçde gölsel killerde, Norveç'te ise denizsel killerinde kitle hareketleri ve heyelanlar görülmüştür. Norveç Geoteknik Enstitüsünde (NGI)' ve İsveç'te heyelanların

stabilitesi ile ilgili ilk çalışmalar; düşey tebeşir yamaçları ve orta kesimlerdeki mavi killer üzerinde yapılmıştır (Önalp, 1983). İsviçre'nin Elm kasabasındaki 1881'de bir taşocağında 10 milyon m³ moloz ve kayanın hareketi sonucunda 115 kişi ölmüştür. Panama kanalı inşaatında toplam kazı 70 milyon m³ iken heyelanlar sonucunda 175 milyon m³ yükselmiştir. İtalya'da Vajont barajında su tutulmaya başladığında Jura kireçtaşında eski bir heyelan yeniden harekete geçmiş ve 240 milyon m³ malzeme baraj gövdesinden aşarak yerleşim alanlarına ulaşmış ve 2.000–3.000 kişinin ölümüne neden olmuştur (Murch ve Barbara, 1995). Ant dağlarında (Peru) Huascaran tepesinde moloz kaymasından 5.000 kişi ölmüştür. 1970 Peru depreminde (7,7 magnitüt) yine moloz kayması sonucu 18.000 kişi ölmüştür. Ant dağlarında Montara vadisinde 1974 de kaya kayması sonucunda 450 kişi ölmüştür. 1971 yılında Japonya'da deprem ve muson yağışları etkisiyle oluşan heyelanlardan 5000 konut yıkılmış ve 180 kişi ölmüştür. 1966'da Galler'de 200 m yüksekliğinde kömür yığıntısının kayması sonucunda çoğu çocuk 144 kişi yaşamını yitirmiştir. 1972'de ABD Batı Virginia'da aynı nedenle 118 kişi ölmüştür. 1985 yılında Kolombiya da volkanik erime sonucunda çamur akıntısı oluşmuş ve bunun sonucunda 23.000 kişi hayatını kaybetmiştir. 1987 senesinde Ekvator ülkesinde depremle gelişen heyelanda 1.000 kişi hayatını kaybetmiştir. 1999 yılında Venezüella'da aşırı yağışlarla oluşan sığ heyelanlarda ise 30.000 kişi yaşamını yitirmiştir. En yakın 2006 yılında Filipinler de deprem ve yağmurla oluşan heyelanda 18.000 insanın hayatı son bulmuştur. Ülkemiz doğal afetlerin yoğun olarak gözlendiği bir bölge içerisinde yer almaktadır. Türkiye'de 1950–2004 yılları arasında heyelandan etkilenmiş konut sayısı yaklaşık 65.000, meydana gelen heyelan olayı sayısı yaklaşık 4.000 ve heyelandan etkilenmiş ve/veya etkilenmekte olan yerleşim yeri sayısı ise yaklaşık 3.500'dür. Meydana gelen afetler nedeni ile nakil edilen konut sayısı ise 167.787 dir (Turner ve Keith ve diğ, 1996) .

1.2.1. Heyelanların Bölümleri

Heyelanlarda üst seviyeler (kayma zonu) aşağı doğru hareket ederken, alt kısımlarda “çökme”, “kabarma” ve “akma” (birikme zonu) bölgeleri meydana gelir. Heyelan kütlesi üzerinde birbirinden farklı karakteristik kısımlar bulunmaktadır (Şekil 1).

Taç: Heyelanın en üst kısmı ve aynanın gözlendiği bölümde karakteristik olarak gerilme çatlakları gözlenir, hareketsiz kalmış kısım olarak tanımlanır.

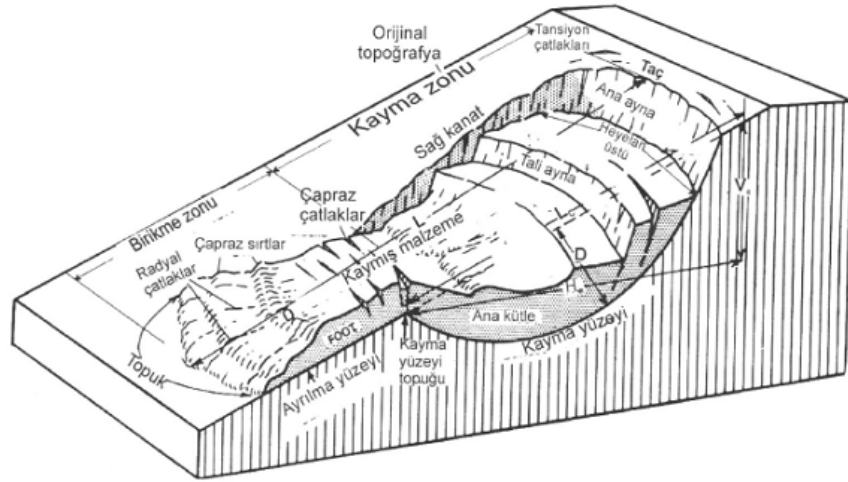
Ana (Esas) Ayna: Kayan zemin kütlelerinin dik veya dike yakın yüzey bölgesidir. Esas aynanın önünde kayan bölge içerisinde bir kayma kaması ve tali aynalar meydana gelebilir.

Tepe: Hareket eden kütle ile ana aynanın kesiştiği yerin en üst noktasıdır.

Ana Kütle: Kayma yüzeyi boyunca hareket eden malzemenin tümüne verilen isimdir.

Çapraz (Enine) Çatlaklar: Heyelanın topuğunun üst kısmında meydana gelen çatlaklardır. Genellikle kabarma bölgesinde meydana gelir. Kabarma bölgesine karşılık çökme bölgelerinin karakteristikleri ise heyelan gölcükleridir.

Topuk: Hareket eden kütlelerin en son kısmıdır. Heyelan sınıflamalarında malzemenin toplandığı yer olarak tanımlansa da topuk genellikle dairesel kaymalarda kullanılan bir terimdir. Heyelanların orta kısımlarında genellikle çökmeler meydana gelirken alt kısımlarında kabarmalar meydana gelir.



Şekil 1. Bir heyelanın şematik diyagramı (Varnes, 1978).

1.2.2. Heyelanların Nedenleri

Heyelanlar gerek doğal gerekse yapay faktörlerin etkisi altında meydana gelebilirler. Bölgenin jeolojik tarihçesi ve insan aktivitesi sonucu bölgede meydana gelen değişiklikler şevlerin dayanımının bozulmasına etki eder. Ayrıca meydana gelen depremler de kritik denge konumundaki yamacın stabilitesini bozarak kaymaya neden olabilmektedir. Şev stabilitesine etki eden birincil faktör yerçekimi etkisidir. Heyelana uğrayan birimler diğer ana ve tali etkilerinde yardımıyla yerçekimi kuvvetinin etkisi altında hareket ederler.

Heyelana neden olan faktörler değişik şekillerde sınıflandırılmış olup genelde dört ana başlık altında toplanmaktadır;

- a) Şev açısı (topografya),
- b) Yağış (yoğun yağış, ani kar erimesi, uzun süreli yağış),
- c) Tekrar aktivite kazanabilecek eski heyelan kütlelerinin varlığı,
- d) Ana kaya ve onu örten konsolide olmamış birimlerin litolojik özellikleri (Jeoloji).

Bunlar dışında detay olarak heyelana neden olan faktörler; Jeolojik, morfolojik, fiziksel ve insan aktivitesi olarak ayrılabilir (Turner ve diğ., 1996). Heyelanların nedenleri iç ve dış nedenler olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Erguvanlı 1982).

1) Dış Nedenler:

- a) Şev ve yamaç eteklerinde yapılan kazılar,
- b) Şev ve yamaç topuklarının sular tarafından oyulması,
- c) Aşınma ile şev eğiminin artması, yani şev yüksekliğini ve şev açısının değişmesi,
- d) Zemine doğal ve yapay olarak ek yüklerin yüklenmesi,
- e) Zeminin üstündeki bitki örtüsünün kaldırılması, yüzey sularının sızmasının kolaylaştırılması.
- f) Çatlak ve fissürler de suların donması,
- g) Depremler,
- h) Yapay patlamalar ve sarsıntılar (dinamit patlatılması gibi) olarak verilebilir.

2) İç Nedenler:

- a) Boşluk suyu basıncının artması,
- b) Şev ve malzeme kohezyonunun azalması,
- c) Kabarma ve şişme basınçları.

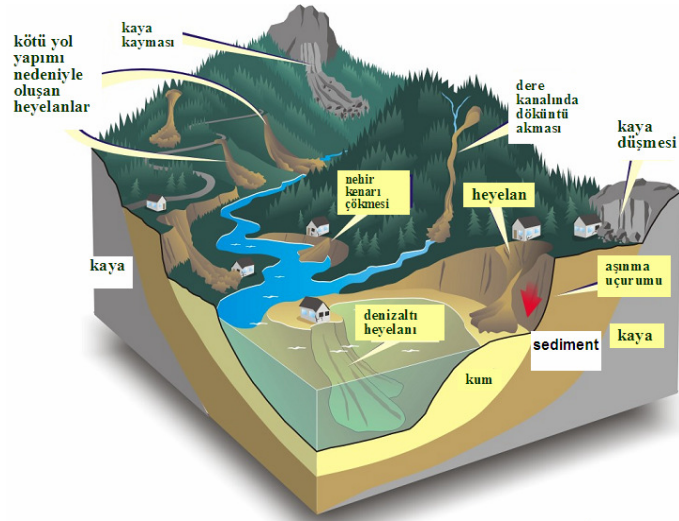
1.2.3. Heyelan Hareketlerinin Sınıflanması

Terzagi' nin 1950 senesinde yayınladığı çalışmasında, heyelan olayının son derece karışık ve çeşitli olduğunu ve birçok sınıflandırmaların yapılmasının mümkün olabileceğini belirtmiştir. Mühendisler heyelan, şev stabilite problemleri ile ayrıca ekonomik ve emniyetli inşaat projelerinin ortaya konmasından sorumludurlar. Mühendisler gayelerine en iyi şekilde ulaşabilmek için bu açıdan hareketle bir sınıflandırma yapabilirler. Heyelanların sınıflandırılması çok çeşitlidir. Mesela, içerdikleri malzemeler yönünden hız, sebep ve hareket tarihleri yönünden; birçok gruplara ayrılabilirler. Terzaghi

1950’de heyelanı oluşturan birimlerin fiziki özelliklerine göre bir sınıflandırma yapılmasını önermiştir. Savarenski tarafından geliştirilen sınıflandırma ve heyelan kayma yüzeyine göre gruplandırılan sistem olarak tariflenmiştir (Kuran. , 1975) .Bu sınıflandırma Sovyetler Birliği’de çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.2.3.1. Heyelan Türleri

Doğada gözlemlenen genel heyelan türleri şekil 2’ de gösterilmiştir. Genelde heyelanları yaşlarına göre aktif heyelanlar ve durmuş heyelanlar olarak bölümlere ayırmak mümkün olabilir. Tablo 1’de ise heyelan hareketinin türüne göre sınıflandırılması verilmiştir.



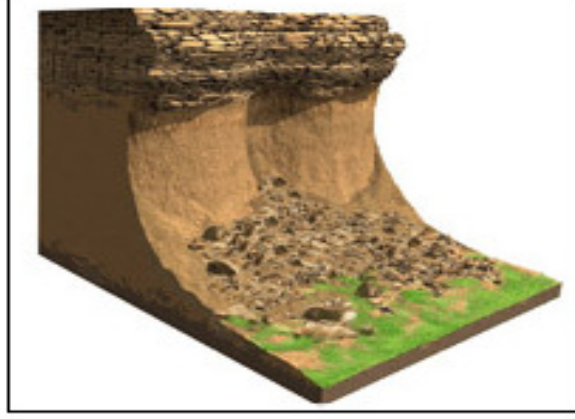
Şekil 2. Heyelan türleri (URL-1, 2008)

Tablo 1. Heyelanların sınıflaması (Varnes, 1978’den basitleştirilerek alınmıştır).

HAREKET TÜRÜ		Malzemenin türü		
		KAYACLAR	ZEMİNLER	
			İri Daneli	İnce Daneli
<u>DÜŞME</u>		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
<u>DEVRİLME</u>		Kaya Devrilmesi	Molozda devrilme	Zeminde devrilme
<u>AKMA</u>	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi	Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı Kayaç Akması	Moloz Akması	Zemin Akması
<u>KAYMA</u>	Ötelenmeli	Kayada blok türü ötelenme	Zeminde ve molozda blok türü ötelenme	
	Dönel (Dairesel)	Sıkı Çatlaklı Kayada dönel kayma	Zeminde ve molozda dönel kayma	
<u>YANAL YAYILMA</u>		Kaya yayılması	Zemin veya moloz yayılması	
<u>KARMAŞIK</u>		Hareket Türü ve Malzeme Karışık		

1.2.3.1.1. Düşmeler (Kopmalar)

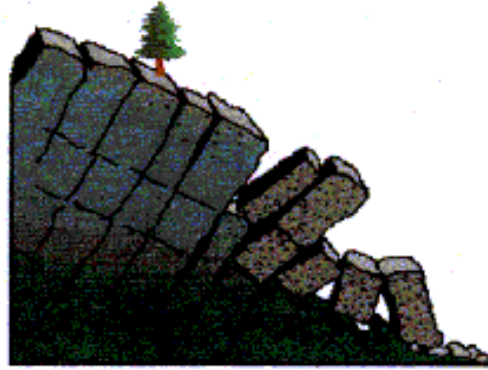
“Düşmeler” çok yaygındır. “Toprak ve kaya düşmeleri” kütle, havada serbest düşme, sıçrama, sekme ya da yuvarlanma hareketi yapar, bu düşme sırasında hareket eden birimler birbirlerine ya hiç etkisi olmaz veya çok az olur. Hareketler hızlıdan son derece hızlıya kadar değişir. Deniz, göl kenarlarından ve dik kazı şevlerinden, dik yamaçlardan, mağara tavanlarından, sivri dağ doruklarından, deniz kenarındaki dik falezlerden, özellikle süreksizlik yüzeyi ile sınırlanmış münferit bloklarının değişik boy ve çeşitteki kaya veya zemin parçalarının yerçekimi etkisi ile aşağıya doğru hareket ederek düşmesi olayıdır. Düşen malzemenin cinsine göre (Kaya düşmesi, moloz düşmesi, zemin toprak akması) gibi adlandırılırlar. Şekil 3’ te düşmeye ait bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3. Düşme türü heyelana bir örnek (URL-2, 2008)

1.2.3.1.2. Devrilme

Fazlaca süreksizlik içeren kayaların orijinal konumlarının bozularak yıkılmalarına devrilme denilmektedir. Doğada çeşitli devrilme tipleri saptanmıştır. Bükülme devrilmesi, blok devrilmesi veya her ikisinin karışımı olan bir devrilme çeşidi oluşabilir. Bu çeşitlere örnek olarak Şekil 4 verilebilir.

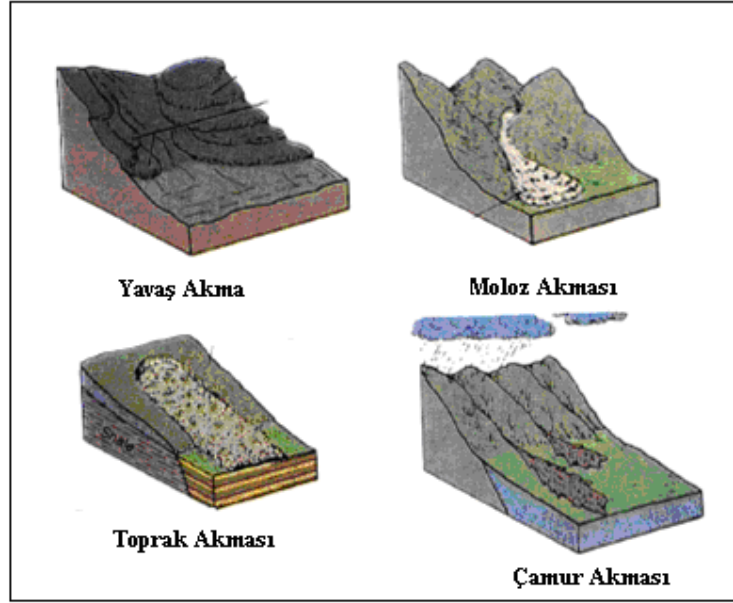


Şekil 4. Devrilme (URL 3, 2008)

1.2.3.1.3. Akmalar

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin doymun veya kuru halde yavaş veya hızlı şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duraysızlığına neden olmaktadır. Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür duraysızlık gelişebilir ve kum akması, çamur akması ve moloz akması

şeklinde adlandırılır (Ulusay 2001). “Akmalar” da yer değiştiren kütle içerisindeki hareket o şekildedir ki hareket eden malzemenin aldığı şekil ya da görünen hız dağılımları ve yer değiştirmeler yüksek akışkanlı sıvılardaki duruma benzer. Hareket eden kütle içindeki kayma yüzeyleri çoğunlukla görülmez. Hareket eden malzeme ile duran malzeme arasındaki sınır kesin olabilir veya “ plastik akma bölgesi” ile ayrılabilir. Malzeme zorunlu olarak akma anında gevşemiştir. Ancak bu malzeme kaya parçaları, ince granüler zemin, su ve döküntü karışımı, ya da plastik kilden teşekkül etmiş olabilir. Kaya, toprak, bozuşmuş kaya parçaları karışımından oluşan katı malzemenin daha fazla su alması sonucunda “döküntü heyelanı ya da döküntü çığı” ve sonunda “döküntü akmasına” giden devamlı bir geçiş vardır. Plastik ya da çok taneli malzemedan teşekkül eden toprak kaymaları su tenörü artınca, “çamur akması” haline gelir. Bu akma türleri aşağıdaki şekil 5 verilmiştir.

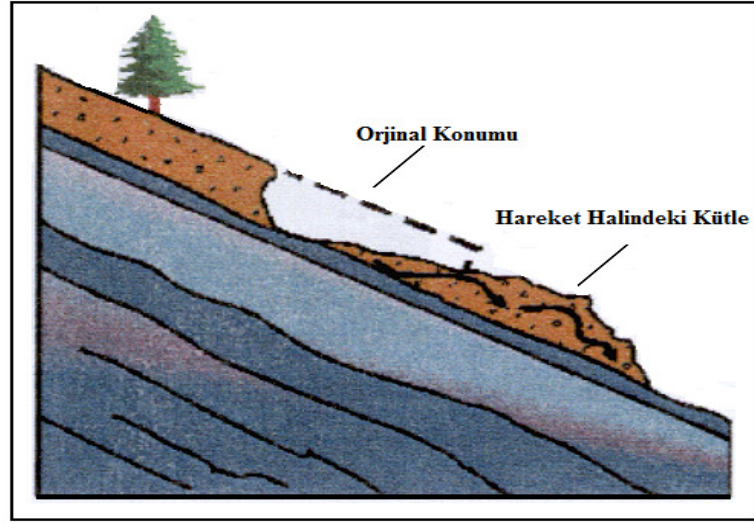


Şekil 5. Akma türleri (URL 4, 2008)

1.2.3.1.4. Kaymalar

Kayma, şevi oluşturan malzemede, belirgin bir yüzey boyunca ve makaslama yenilmesine bağlı olarak, kazı boşluğuna doğru dönel veya ötelenmeli (düzlem üzerinde) bir hareket sonucu meydana gelen bir duraysızlık türüdür (şekil 6). Şevler de karşılaşılan

en yaygın duraysızlık türü olan kaymalar, dönel ve ötelenmeli kaymalar olmak üzere iki şekilde gelişirler. Gerçek kaymalarda hareketler bir ya da birkaç yüzey boyunca kesme mukavemetinin azalmasından doğar; Bu yüzeyler gözle görülebilir veya tahmin edilebilir. Kaymalar hareketlerinin mekanik özelliklerine göre iki alt gruba ayrılabilir: “Hareket eden kütlede büyük değişimler bulunmayanlar” Bu gruba herkesçe çok iyi bilinen “çökmeler”, yani “dönel kaymalar” olarak tanımlanan az çok düzlemsel yüzeyler boyunca oluşan kaymalar girmektedir. Diğer alt grubu, daha çok “kaya ve döküntü kaymaları” ve “yanal yayılmalar” kapsamaktadır. Her iki gruba, sınıflandırmada” blok kaymaları” olarak adlandırılan ve az çok düzlemsel yüzeyler boyunca oluşan kaymalar da dâhildir.



Şekil 6. Bir kayma heyelanının şematik görünümü (URL 5, 2008)

a) Dairesel (dönel) Kayma: Bu tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır. Kayma yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir. Dairesel kayma; kil, silt, kum vb türdeki toprak zeminlerin yanı sıra, akarsu kanallarında, yol yarmalarında, dolgularda, atık yığınlarında ve ileri derecede eklemlili kaya kütlelerinde ve/veya ileri derecede ayrılmış kayalarda meydana gelir.

b) Düzlemsel Kayma: Bu tür duraysızlıklarda kaymalar, düz veya çok az ondülasyonlu bir yüzey boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak, malzemenin kayma yüzeyine paralel şekilde öne doğru hareketiyle gelişir. Hareket eden kütle dairesele

kaymalarla karşılaştırıldığında, aşırı derecede deforme olmaz. Bu tür duraysızlıklar kayaç veya toprak zemin malzemesine oranla daha düşük makaslama dayanımına sahip olan süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu, şistozite vb) boyunca meydana gelen, dolayısıyla süreksizlik denetimli duraysızlıklardır. Türleri aşağıda verilmiştir.

1) Kama Türü Kayma: Bu tür duraysızlık, kesişen iki süreksizliğin oluşturduğu tetra hedral bir kama bloğunun, eğimi şevinkinden daha yatık olan kesişme hattı boyunca öne doğru hareket etmesi sonucu meydana gelir.

2) İki veya Çok Yüzeyle Kayma: Bu duraysızlık türü, birden fazla süreksizlik veya zayıflık yüzeyi üzerinde meydana gelir. Özellikle fay veya tabakalanma yüzeylerinin birleşmesi sonucu doğal ortamlarda veya zayıf zeminler üzerinde yer alan pasa yığınları ile dolgularda gelişebilen tipik bir duraysızlıktır.

1.2.3.2. Karmaşık Heyelanlar

Herhangi bir heyelan çoğunlukla gelişiminin çeşitli zamanları ya da türlü kısımlarında değişik hareket tipleri gösterir. Böylece heyelanların çoğu karmaşıktır. Ancak bunlardan her biri hâkim karakteristik bir hareket tipini göz önüne serdiğinden kolaylıkla sınıflandırılabilir (Bekaroğlu, 1973).

Bir den fazla türde heyelanın bir arada görüldüğü olaylara karmaşık heyelanlar denir. Örneğin devrilme türü bir hareket kaya düşmesine, daha sonrada kaya akmasına kaya kayması da kaya düşmesine dönüşebilir. Killi siltli zeminlerde meydana gelen heyelan daha sonra çamur akmasını meydana getirebilir.

1.2.3.2.1. Çeşitli Şev Hareketleri

Heyelan, aslında belli, tariflenmiş bir hareket olduğu halde, heyelandan bahseden herhangi bir makale veya eserde, krip akıcı (çok hassas) killerdeki heyelanlar, solifluction, çığlar gibi arazinin diğer denge bozukluklarına da yer vermek adet haline gelmiştir. Her mühendis arazide diğer hareket tiplerine rastlayabileceğinden, bu noktalara kısaca değinerek ana konu olan heyelanın daha iyi anlaşılması sağlanacaktır.

1.2.3.1.1.1. Krip (creep)

Krip yer çekimi tesirlerine ilave olarak kar, yağmur, don, ısı tesirleriyle, şişme ve büzülme, donma ve erime sonucu su muhtevasında ve sıcaklıkta meydana gelen değişmeler gibi mevsimsel iklim olayları etkisiyle kohezyonlu zeminlerde meydana gelir. Krip hareketinin hızı yılda cm.ler hatta mm.ler mertebesindedir. Yerçekiminden doğan uzun süreli bir plastik deformasyonun sonucu meydana gelir, yer içi derinliklerine inebildiği halde iklimsel olaylarla oluşanlar bu olayların etkileyebildikleri katmanların derinliği ile sınırlıdır. Kripte oturmuş ve hareket eden bölgeler arasında kesin bir sınır yoktur.

1.2.3.1.1.2. Akıcı Killerdeki Heyelanlar

Aletsel büyüklüğü 8 veya daha büyük depremlerde denizel orijinli kil çökeltilerinde özel bir türde kitle hareketleri meydana gelir. Denizin çekilmesi nedeniyle, İskandinavya ve Kıbrıs'ta olduğu gibi yüksek tuz ihtiva eden denizel killer deniz seviyesinin üstünde kalırlar. Zeminin boşluk suyundaki tuz muhtevasının tedricen azalması, zeminin floküle (petek) (kardan ev gibi birstrüktür) yapıdan dağınık (danesel bir strüktür) yapıya dönüşmesine yol açar. Bu olay bu çökeltilerinin kayma direncinin azalması sonucunu doğurur. Zemin tuzunun yıkanması durumunda zeminin su muhtevası değişmez. Kayma direncinin azalması bu tür killerin viskoz bir sıvı gibi davranarak kaymasına yol açar. Bu olay geriye doğru gelişen bir karakter gösterir. Çok az eğimli veya hemen hemen yatay durumdaki şevlerde bile çok geniş alanlara yayılabilir. Olay çok hızlıdır.

1.2.3.1.1.3. Soliflüksiyon (Solifluction)

Donlu bölgelerde donmuş yüzeysel tabakalar yazın sıcaklığa bağlı olarak bir sınıra kadar erirler. Suya doymuş bu yüzeysel tabakalar donmuş, dolayısıyla geçirimsiz durumda olan alttaki tabakalar üzerinde hareket edebilirler. Bu olay çok az eğimli şevlerde bile meydana gelebilir.

1.2.3.1.1.4. Çığlar

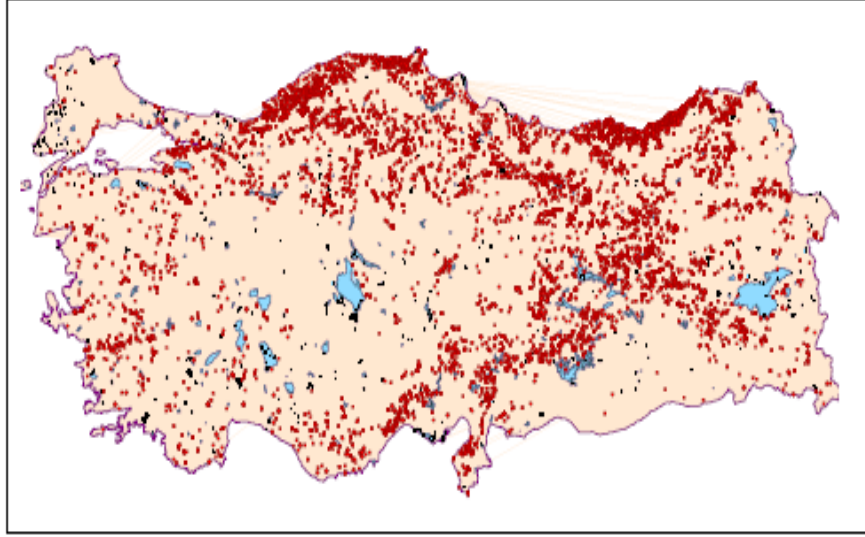
Çığlar esas olarak kar ve buzdan oluşurlar. Ancak yöresel koşullara bağlı olarak zemin kitlelerini de bünyelerine alabilirler veya oluşumları sırasına yolları üzerindeki

zeminleri kazanabilir ve bünyelerine alabilirler. Zaten pür çığlar (zemin ihtiva etmeyen) bile, mühendislik açısından heyelanlar gibi pek çok sorunlar doğururlar.

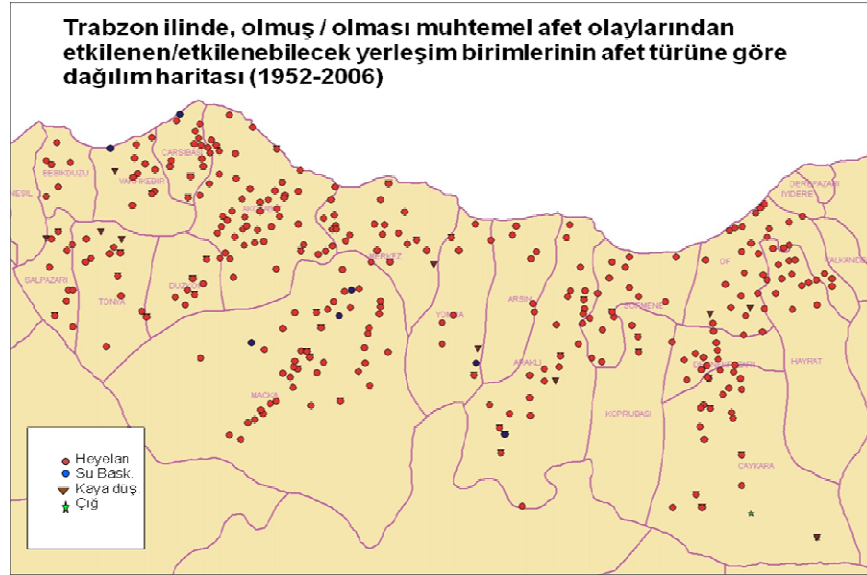
1.2.4. Türkiye ve Bölgemizdeki Heyelanlar

Türkiye dünya deprem haritalarında “Kuzey Anadolu fay hattı” olarak bilinen ve uzunluğu 1000 km yi aşan aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu fay doğuda Van ilimizden Karadeniz kıyı şeridine paralel ve 50–150 km kara içerisinde devam etmektedir (Kuran 1975). Şekil 7’de ülkemizin heyelan dağılım haritası verilmiştir. Heyelan sahalarıyla deprem dış odaklarının aynı harita üzerinde işlenmesi şu hususları ortaya koymaktadır. Mevcut heyelanların büyük bir kısmı tahripkâr depremlerin meydana geldiği Kuzey Anadolu fay hattıyla Antakya-Kars hattı arasındaki aktif deprem kuşağı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Türkiye’de diğer doğal afetlerin yanında kütle hareketlerinin ve özellikle de heyelanların ayrı bir yeri vardır. Bu olaylar hemen her yıl ülkenin pek çok yerinde görülmekte, önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Heyelanların bu kadar yaygın bir şekilde görülmesi ve olayların sonucunda büyük kayıpların ortaya çıkması ülkemizin doğal özellikleri yanında sosyoekonomik yapısından da kaynaklanmaktadır. Türkiye’nin iklimi, jeomorfolojik ve jeolojik özellikleri her türlü kütle hareketlerinin oluşması için uygun koşullara sahiptir. Ayrıca yamaçlar üzerindeki bitki örtüsünün yok edilmesi veya tahribi; çeşitli amaçlar için arazinin yanlış kullanılması bu türlü hareketlere hız kazandırmaktadır. Nitekim yerleşim alanlarının seçiminde her türlü alt yapı çalışmalarından önce kapsamlı bir zemin etüdünün yapılmaması, heyelan oluşumuna ortam hazırladığı gibi heyelan sonucunda meydana gelen zararları da artırmaktadır. Ayrıca, yol, köprü, tünel ve baraj gibi çalışmalarda yörenin doğal ve sosyoekonomik yapısının dikkate alınmaması da ülkemizde sık görülen heyelanların etkili bir şekilde ortaya çıkmasına temel oluşturmaktadır. Türkiye yüzölçümünün %80’ini kütle hareketlerini kolaylaştıran eğimli ve sarp araziden oluşan alanları kaplamaktadır. Ayrıca eğimli arazilerin tarım alanı olarak kullanılması, jeolojik özellikler ve aşırı derecede ormanların tahribi, buna paralel olarak meraların aşırı otlatılması kütle hareketlerini önemli ölçüde tetiklemektedir. Bununla beraber Türkiye, Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle büyük bir bölümünde yarı kurak iklim koşulları yaşanır. Bu iklim tipinin özelliği çok yağışsız geçen bir dönemi; bol yağışlı geçen bir dönemin izlemesidir. Bu durum kütle hareketlerinin meydana gelmesinde önemli bir nedendir. Yine uzun süreli ve bol yağışın

görüldüğü nemli iklime sahip yörelerimiz de kütle hareketlerinin çok sık olarak görüldüğü yerlerdir. Genellikle bu iklim özelliklerine sahip Karadeniz Bölgesinin özellikle doğu ve Orta Karadeniz bölümünün ayrı bir yeri vardır. Türkiye arazi varlığı raporunda (Toprak Su 1978); ülkemizde kütle hareketlerinin en fazla görüldüğü bölgenin Karadeniz Bölgesi olduğu belirtilmiştir. Bu raporda bölgenin %89'unun heyelana duyarlı yerler olduğu açıklanmaktadır. Bol yağışlı, dik eğimli yarılmış topografyası, nemli ve uygun litolojisi; Kuzey Anadolu dağlık alanları üzerinde yer alan bu bölgeye bu konuda hassas özellik kazandırmaktadır. Kıyı şeridi ve vadi tabanlarındaki sınırlı düzlükler dışında bölgenin hemen her kesimi dik ve sarp eğimli alanlardan oluşmaktadır. Nitekim bu bölgede 1929, 1950, 1952, 1985, 1988, 1990, 1995, 2003 yıllarında büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olan çok büyük heyelanlar olmuştur. Tortum, Geyve, Ayancık, Sinop, Of, Sürmene, Sera/Trabzon ve Maçka/Çatak, Beşköy heyelanları bu tarihlerde yaşanan heyelanlardan bazılarıdır. 1950 yılında Sera vadisinde meydana gelen heyelan sonucunda vadinin tıkanması ile derinliği 55 metre, uzunluğu ve genişliği 4 km'ye ulaşan bir göl ortaya çıkmıştır. Yine 21 Haziran 1990 Günü şiddetli yağışa bağlı olarak Maçka/Çatak kesiminde görülen heyelanda 65 kişi yaşamını yitirmiş ve büyük maddi kayıplar ortaya çıkmıştır. Kütle hareketlerine bağlı olarak 13 Temmuz 1995 günü Senirkent (Isparta)'de yaşanan çamur akıntısı sonucunda 74 kişi hayatını kaybetmiş, yüzlerce konut akan çamurun altında kalmıştır. Mart ayı heyelanların en sık görüldüğü aydır. Mart ayını Nisan, Ocak, Şubat ve Mayıs ayları izler. Ekim ayında ise hiç etkili heyelana rastlanmamıştır. Heyelanların % 65'i ilkbaharda meydana gelmiştir. Bunun başlıca nedeni; Ülkemizin genellikle ilkbaharda yağışlı geçmesidir. Ayrıca dağlarda bulunan karların bu mevsimde erimesiyle ortaya çıkan kar sularının da, heyelanın oluşumunu hızlandırmasıdır. Şekil 8'de Trabzon ili sınırları içerisinde meydana gelen heyelanların dağılım haritaları verilmiştir.



Şekil 7. Türkiye heyelan dağılım haritası (Gürbüz ve diğ., 2006).



Şekil 8. Trabzon ili heyelan dağılım haritası (Gürbüz ve diğ., 2006).

1.2.5. Heyelanların Önlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar

Kütle hareketleri oluşabilecek ve hareketten olumsuz etkilenecek alanların ülke bazın da haritaları yapılmalıdır. Hangi bölgede ne tür bir hareketin oluşabileceği belirlenmelidir. Bu olayların oluşmaması için alınması gereken önlemler belirlenerek gerçekleştirilmelidir.

İnsanlar Afet karşısında nasıl davranacağı konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu kısımda heyelan oluşmaması için alınması gereken önlemleri ve heyelan anında yapılması gerekenler kısaca açıklanacaktır.

a. Yamaç Altı Kenarına Yük Koymak: Kaydırıcı kuvvetlerin etkisini azaltmak, karşı koymak ve önüne geçmek için en kolay çözüm yamacın alt bölümüne yerleştirilecek bir yükü hareketi durdurmak veya taş duvar yapmaktır. Potansiyel kütle hareketinin büyüklüğüne bağlı olmakla beraber kalıcı çözüm için ise, ana kayaya kadar inen betonarme koruyucu duvar yapmak veya çelik kazıklar çakmaktır.

b. Yamaçların (şevlerin) Korunması: Eğimi yüksek olan dik yamaçların yüzey sularının sızmasından korunması gerekir. Yamaç yüzeylerinde aşınmayı önlemek için teraslama yapılmalı ve ağaçlandırılmalıdır. Yamaçlara suyu seven ve kökü derinlere inen, dayanıklı kısa boylu bodur ağaçlar dikilmeli, varsa yüzey ve yeraltı suları drene edilmeli, yüzeyleri çimlendirilerek, taş ve beton duvarla örülmelidir.

c. Yamaçları Düzenlenmesi: Kritik denge durumundaki yamaçlarda dengeyi bozacak her türlü ek yük ve kazı yapılmamalı eğim açısı azaltılmalıdır. Yamaç tepelerindeki yükler kaldırılmalı, eğim düşürülmeli, yamaç yüzeyi tıraşlanarak teraslanmalıdır.

d. Heyelanlarda Drenaj Sisteminin Oluşturulması: Heyelanları çoğu kez, suyun etkisiyle ortaya çıktığından, yer üstü ve yeraltı suyu drenaj sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Yüzey ve yeraltı suları, çeşitli yollarla şev sahasından uzaklaştırılarak, boşluk suyu basıncı düşürülüp, kohezyonun artması sağlanır. Heyelanların önlenmesine drenaj sisteminin oluşturulması en önemli ve iyi çözümdür.

e. Yamaç Hareketine Neden Olan Kısımın Kazılması: Yamaç boyunca kaymaya neden olan kısımların maruz kaldığı kaydırıcı kuvvetin etkisinin hafifletilebilmesi için, planlı ve projeli bir çalışma ile kayma geriliminin azalmasını sağlayan kazıların yapılmalıdır.

f. Zemin Sertleştirilmesi: Heyelan sahasındaki yamaçlarda malzeme sertleştirilerek, zeminin iç direnci artırılabilir. Genellikle akma biçimindeki harekette daha etkili olup, akma malzemesinde tanelerin birbiriyle kuvvetli bağlanması hareketin durmasını sağlamakta. Zeminler çimentolama, kimyasal madde kullanma, gibi daha birçok teknik çözüm yolları kullanılarak sertleştirilebilir.

g. Heyelanlı Alanlarda Araştırmalara Aralıksız Olarak Devam Edilmelidir: Heyelanların sık görüldüğü veya görülme şansının yüksek olduğu yerlerin topografyası,

jeomorfolojisi, jeolojik-hidrojeolojik, meteorolojik koşulları ve bunlarla kütle hareketleri arasındaki ilişkilerin kapsamlı bir biçimde ortaya konması gerekir.

h. Yerleşim Alanları ve Yollarının Heyelana Duyarlı Olup Olmadığı Belirlenmelidir: Bazı yerleşim bölgelerinde daha önceden heyelan olayı görülmüş veya olması muhtemel olan yerlerde, yeni yerleşim alanları açılmamalı, bu alanlar heyelan tehlikesi nedeniyle kullanım dışı bırakılmaktadır. Yani buralara yerleşim yasaklanmalı, sosyo-ekonomik durum da düşünülerek, yeni yerler bulunmalıdır. Kara ve demiryolu güzergâhı seçiminde kütle hareketine duyarlı alanlar göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle dağlık ve deniz seviyesinden yükselti farkının fazla olduğu yerlerde, vadilerin yamaçları ve yamaç kenarları yol yapımında tercih edilen yerler olmalıdır. Ulaşım yollarının litolojisi ve iklim özellikleri heyelan oluşumu için uygunsa, yamaç hareketleri yanında heyelan olayları da kaçınılmaz olacaktır. Bunun için çok kapsamlı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Böylece hem heyelanı önler, hem de zararları azaltılır ve ulaşımın sürekliliği sağlanır.

1.2.5.1 Heyelan Oluşumu Anında Yapılması Gerekenler

Heyelan anında heyelan bölgesinde bulunan bir kişinin yapması gerekenler aşağıdaki gibi özetlenebilir. Harekete karşı sabit ve güvenli bir noktaya sıkıca tutunun ve hareket sona erinceye kadar yerinizden kımıldamayın. Şayet kapalı bir alan daysanız ve dışarı çıkmak için vaktiniz yoksa en az etkilenebilecek köşesinde (Hareketin kaynağından uzak) sağlam eşyalar arasına saklanın. Şayet açık aladaysanız, toprak kaymasının meydana geldiği bölgeden acil bir şekilde yukarı kotlara doğru uzaklaşın. Çamur veya moloz akmasından kaçabilecek zamanınız yoksa kalkan görevi yapacak, sağlamlığına güvendiğiniz cisimlerin arkasına saklanın ve mutlak surette başınızı ve vücudunuzun hassas kesimlerini koruyun. Çevrenizde yaşayan insanları, komşularınızı toprak kayması tehlikesine karşı ikaz edin. İlk önce kendinizi güvene alın. Her hareketinizden önce mutlaka kendinizin güvende olduğundan emin olun. Elektrik, gaz ve su kaynaklarını hemen kapatın, gaz kaçağı olmadığından emin olana kadar kibrit veya diğer yanıcı maddeleri kullanmaya çalışmayın.

İletişim hatları zarar görmemiş ise telefonları en az seviyede kullanarak bölgenizde meydana gelen afet olayını en yakın yetkililere haber verin. Çevrenizdeki yaralı veya yardıma muhtaç kişiler olup olmadığını tespit edin, mümkünse yardım ilk müdahaleyi yapın, çevrelerine uyarıcı ve ikaz edici levhalar yerleştirin, gelen yardım ekiplerine

yardımcı olunur, tehlikeli yapılara (duvarlar, çatılar ve bacalara) karşı çevrenizdekileri uyarın, basın ve yayın gibi iletişim araçları vasıtasıyla yapılacak ikazları dinleyin ve titizlikle uygulayın. Cadde ve sokakları işgal etmeyerek acil yardımlar için boş bırakın. Hasarlı yapılara kesinlikle güvenlik önlemleri almadan yaralı ve eşyalarınızı kurtarmak amacıyla de olsa girmeyin.

1.2.6 Heyelanları Araştırma Yöntemleri

Heyelan araştırma yöntemlerini ön ve büro araştırmaları ve arazi ve laboratuvar araştırmaları olarak ikiye ayrılabilir.

1.2.6.1. Ön ve Büro Araştırmaları

Heyelanların belirlenmesi çalışmalarında bölgenin havadan çekilmiş olan fotoğraflarının ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarının araziye çıkılmadan önce incelenmesi gereklidir. Yüzey şekilleri, yükseklik, topografya yüzeyinin eğimi, heyelan topografyasının özelliği ve erozyon şekilleri, hava fotoğrafları üzerinde incelenir, heyelanların genel görünüşü ve yayılım alanı tespit edilir. Farklı zamanlarda çekilen hava fotoğrafları ile yamaç ve şevlerde meydana gelebilecek sorunlarını karşılaştırılmalı ve jeomorfolojik incelemesi yapılmalıdır. Ayrıca, hava fotoğrafları gibi uydu fotoğraflarından da yararlanabilir. Yüzey, yeraltı ve laboratuvar çalışmalarının sonucunda heyelanlara ait bilgiler bir araya getirilir ve aralarındaki ilişkileri ortaya konularak, korelasyonları yapılır. Bölgenin, mühendislik jeolojisi ve mühendislik jeofizik haritaları hazırlanır. Kaya ve zeminlerin özellikleri, hareket eden kitlenin sınırları, kayma yüzeyi derinliği ve şekli, kaymayı oluşturan nedenler, kayan malzeme miktarı ve meydana gelen ya da gelebilecek zarar ziyan belirlenir. Sonuçta ekonomik analiz yapılarak gerekli görülmesi halinde, hareketi durduracak ya da engel olacak önlemler alınır.

1.2.6.2. Arazi ve Laboratuvar Araştırmaları

1.2.6.2.1. Yüzey Çalışmaları

Heyelanların oluşmasında büyük etkisi olan iklim parametrelerinden yağış ve sıcaklık durumu, kar örtüsü gözlemi, donma ve çözünme bilgileri incelenir, heyelan sahasının bitki örtüsü, bitki türleri ile bunların kök derinlikleri araştırılır. Ayrıca heyelan sahasındaki arazide bulunan kayaç ve zeminin türü, kayaçlardaki süreksizliklerin doğrultusu ve eğimleri, açıklığı, kalınlığı ve dolgu türü araştırılır ve zeminlerin özellikleri belirlenmeye çalışılır.

1.2.6.2.2. Yamaçlarda Duraylılık Çalışması

Belli bir eğimi olan yamacı harekete geçirmeye çalışan kuvvetler karşı dengede olmasına duraylılık denir. Yamaç adı verilen eğik yüzeylerin kayması için;

- a- Yeterli eğim
- b- Kaydıma yüzeyi
- c- Doğal ve yapay baskılar, titreşimler ve sarsanımlar olması gerekir.

Bu tür kaydırıcı etmenlerin yerde oluşturduğu kayma gerilmesine τ oluşturur. Kayma gerilmesinin kaymaya karşı koyan dayanımı τ_f yendiği noktada, yerin doğal dengesi bozularak oluşan duraysızlık kayma ile neticelenir.

Kayma oluşmaması için kayma dayanımı (τ_f), kayma gerilmesinin en az 1.5 kat büyük olması gerekir. Bu dayanım-gerilim oranına G_s güvenlik sayısı denir.

$$G_s = \tau_f / \tau \quad (1)$$

Güvenlik sayısı 1,5'dan küçük ise yamaçlar duraysız, güvensiz ya da yıkılabilir özelliktedir.

Kaymaya uygun bir yerin τ_f (kg/cm^2) kayma dayanımı ya da düzlemin taşıyabileceği en büyük kayma gerilmesi; c (kg/cm^2), toprak taneleri arasındaki kohezyon ve sürtünme ise kayma zemine ait bu iki parametreye bağlı olarak

$$\tau = c + \sigma_n \tan \Phi \quad (2)$$

bu bağıntıya Coulomb'un kırılma koşulu bağıntısı olarak tanımlanır. Burada σ (kg/cm^2), dikey gerilmedir.

1.2.6.2.3. Yeraltı Çalışmaları

Heyelan ve kayma yüzeyini belirlemek için jeolojik sondajlar ve jeofizik ölçmeler yapılır, kayan zeminin birim sınırlarının tespiti, yeraltı su seviyesi ölçülür, sondajlarda standart penetrasyon deneyleri yapılarak, zemin sınıflaması için örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınır. Potansiyel heyelan aktivitelerinin belirlenmesinde jeoteknik ve Jeofizik yöntemler uygulanır. Hareket eden kitlenin genel sınırları, yönü, miktarı ve tipi ortaya konulmaya çalışılır. Kayma derinliği ve şekli, hareket sonucu oluşan gerilme enine ve boyuna çatlakların yerleri, derinlikleri, açıklıkları araştırılır. Örneğin yüzey yer değiştirme ölçmelerinde; Heyelanın hareketi çok genişse, farklı zamanlarda arazinin jeodezi ölçümler ile yer değiştirmeleri belirlenir

Zeminlerdeki hareketlerin izlenmesinde kullanılan jeoteknik algılayıcı ve cihazları şunlardır:

İnclinometre

Piezometre

Manyetik oturtma kolonu

Extensometre

Strengaç ve

Basınçölçer.

Yüzeysel çalışmalarda ise yer değiştirme levhası da kullanılmaktadır. Yerüstü ve yeraltı suları araştırılması; Hareket eden kütle ve civarındaki kaynak ve debileri, yeraltı su seviyesi, akış yönü ve hızı araştırılır. Hız ve yön araştırmalarında boya ve radyoaktif izotoplar kullanılır.

Heyelanlarda yapılan jeofizik çalışmalar, genellikle sismik ve elektrik yöntemlerdir. Detay gerektiren çalışmalarda amaca göre diğer jeofizik yöntemler de uygulanır. Jeofizik yöntemlerin uygulanması ile çok geniş alanlarda hızlı araştırmalar yapmakta ve çok fazla ayrımlılıkta veri üretilebilmektedir. Dolayısıyla jeofizik yöntemlerin uygulanması, bu tür sorunların çözülmesi ve daha detaylı bilgilere ulaşılması bakımından son derece yararlı ve önemlidir. Uygulamalarda jeofizik yöntemlerle üstteki duraysız birim ile alttaki temel birimin ara yüzeyi ortaya konulmaktadır. Bu çalışmalarla ara yüzeyin derinliği ve konumu

araştırılmaktadır. Hareket eden duraysız zeminin fiziksel özellikleri yeraltı suyu nedeniyle duraylı birimin fiziksel özelliklerinden farklıdır. Titreşimler; araştırılan sahanın sismik durumu ile arazi yakınında yapılan patlatmalar, yoldan geçen araçların oluşturduğu titreşimler ve bu titreşimlerin hareketin bağlamasına neden olup olamayacağı araştırılır. Yüzey ve yeraltı çalışmaları esnasında alınan numuneler üzerinde jeolojik olarak kayacın adı mineralojik ve kimyasal bileşimleri, varsa fosiller, buna bağlı aşları, ayrışma durumları ve suya karşı hassasiyetleri araştırılır. Yüzey ve yeraltı çalışmalarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş numunelerden Zeminlerin fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, kohezyon ve içsel sürtünme açıları belirlenmeye çalışılır.

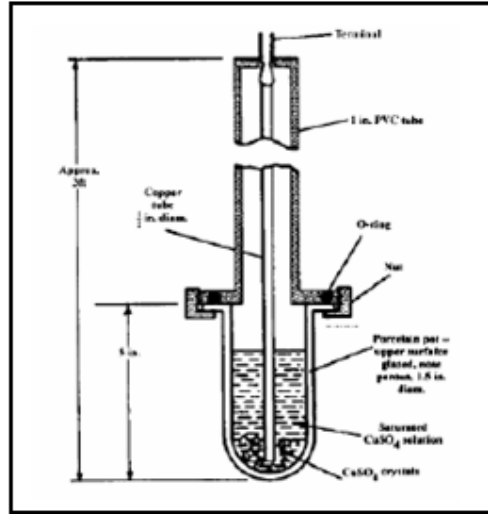
1.2. 7. Heyelan Araştırmalarında Kullanılan Jeofizik Yöntemler

Jeofizik yöntemlerle yapılan, şev araştırmaları malzemelerin dağılımı, sınırları ve özelliklerini belirlemek için uygulanır. Analizlerde yıllarca pek çok yöntem kullanılsa da son yıllarda özellikle bilgisayar kullanımının artması ile büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Ara yüzeylerin araştırmalarında jeofizik yöntemlerle beraber genelde kuyu ölçümleri ve sondajlar tercih edilerek uygulanmaktadır. Mühendislik jeologları ve jeoteknik mühendislerince de kolaylıkla uygulanabilen jeofizik yöntemler tercih edilerek ara yüzey sınırları ve malzemenin özellikleri belirlenebilir. Jeofizik metotlar farklı birimlerin/malzemelerin sınırlarını belirlemede etkilidir. Jeofizik ölçülerle belirlenen sınırların farklı (malzemelerin/meکانik) özelliklerine dayandığına dikkat edilmelidir. Örnek; elektromanyetik yöntemlerle malzemenin elektrik sabiti özelliği malzemenin iletkenliği ölçülür. Ölçülerle belirlenen sınırlar, mekanik sınırlarla çakışıyorsa yeni sınır şev stabilitesi analizi ile ilgilidir.

1.2.7.1. Doğal Potansiyel Yöntemi (SP)

Doğal Potansiyel araştırmaları ara yüzeylerin içinde elektromekaniksel veya mekaniksel oluşumlar, özellikle kendiliğinden elektrik potansiyelinin oluşmasını sağladığını ortaya koymuştur. (Bogoslovsky ve Ogilvy, 1977; Bruno ve diğ., 1998; Telford ve diğ., 1990). Yeraltı suları bu oluşumları kontrol eden önemli bir faktördür. Kendiliğinden oluşan potansiyeller; sülfür ayrışması, kaya özelliklerinin değişimi, jeolojik ve korozyon gibi olaylarla ilgilidir. Ölçüm ekipmanı basittir. Yer ile temas olan iki elektrot ve bu iki elektroda bağlı bir

potansiyometreden oluşmaktadır. Elektrotlar gözenekli bir kabın içerisine yerleştirilen bakır bir tel ile CuSO_4 çözeltisinden oluşmaktadır (Şekil 9). Doğal potansiyel araştırmaları genellikle elektrik özdirenç araştırmalarıyla beraber yapılır. Bir yerden bir yere su akışı SP anomalisi oluşturur.



Şekil 9. Doğal potansiyel elektrotunun yapısı (Robert, 2000).

Jeoteknik çalışmalarda SP araştırma verisinin yorumlanması yalnızca niteldir. Doğal potansiyel (SP) verisinin dağılımı ayrışma ve jeolojik sınırların uzanımıyla ilgilidir. Nitel yorumlama çok zordur. Çünkü jeoteknik çalışmalar için pek çok ara yüzeyde oluşan SP değeri bilinmez.

1.2.7.2 Mikro-Gravite Ölçüleri

Gravimetre, farklı materyaller arasındaki yoğunluk farklılıklarının araştırılmasına yarar. Jeoteknik çalışmalarda mikrogravite ölçümü çok küçük yoğunluk farklarının gösteriminde kullanılır. Gravite formülü enleme bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\gamma = \gamma_e (1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.56 * 10^{-5} \sin^2 2\phi) \quad (3)$$

Burada, ekvatordaki enlemin deniz seviyesindeki gravitesi $\gamma_e = 978,03267715 \text{ cm/s}^2$ dir. Gözlenen ve normal gravite arasındaki farklılıklar yanal yöndeki yoğunluk değişimi olarak yorumlanır. Gravite çalışmalarında standart birim gal''(Gal= cm/sn^2) dir. Mikrogravimetrelerle yaklaşık 10^{-6} gal veya daha yüksek doğrulukta ölçümler alınmaktadır. Gravite ölçümleri gibi bir dizi faktörlerden etkilenir. Gel-gitler, derinlik, topoğrafik etkileri ve aletsel sapmalar. Gravite ölçümleri üzerinde düzensiz topoğrafik çıkıntılarının etkilerini düzeltmek için doğru topoğrafik harita gereklidir. Bu etkilerin uygun düzeltmeler yapılarak giderilmesi gereklidir. Geoteknik çalışmalar için yapılan mikrogravite araştırmaları ile kısa zamanda pek çok ölçüm yapılabilir. Yorumlama anomaliye neden olan kütlelerin nümerik modeli ile gözlenen anomalinin kıyaslanmasıyla gerçekleştirilir. Şekil 10' da gravimetre aleti gösterilmiştir. (Robert, 2000).

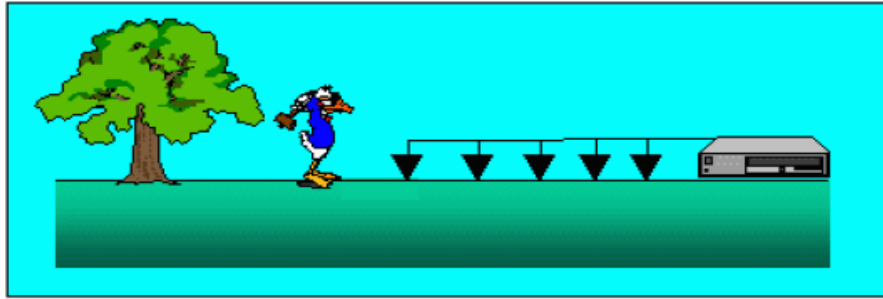
Yeraltı suyu seviyelerindeki farklılıklar ile karstik boşlukların belirlenmesinde başarılı sonuçlar veren mikrogravite araştırmalarının şev stabilite çalışmalarındaki uygulamaları nadirdir. Gravimetre, yöntemi gravite farklılıklarıyla derinliği korele eden yöntemler kullanılarak eğimli malzemenin yoğunluğunun yerinde belirlenmesine imkân verir (Nettleton, 1939; Parasnis, 1962).



Şekil 10. Gravimetre ölçü aleti (URL 6, 2008)

1.2.7.3. Sismik Kırılma Yöntemi

Sismik kırılma yöntemi, mühendislik jeofizikinde kırıcı tabakanın derinliği ve hızları bulmak için kullanılan en temel yöntemlerden biridir. Sığ aramalarda kuyu yöntemlerine göre daha ucuz ve daha kullanışlı olması bakımından tercih edilen bir yöntemdir. Yapay bir kaynak vasıtasıyla üretilen enerji, yeraltında farklı hızlara sahip tabaka sınırlarından kırılarak yüzey de belirli aralıklarla doğrusal olarak yerleştirilmiş alıcılar yardımıyla kaydedilir (Şekil 11).

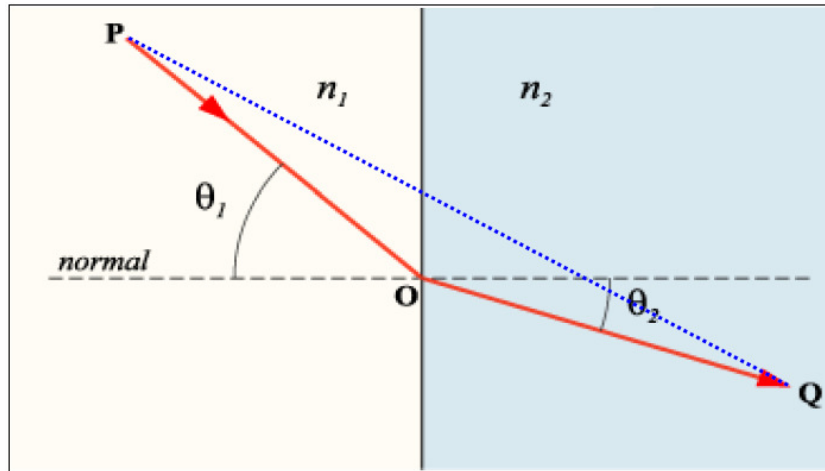


Şekil 11. Sismik Kırılma Ölçüm Düzeni (URL 7, 2008)

Yöntem, bir noktadan yere verilen enerjinin yer içerisinde elastik dalga şeklinde yayılırken profil boyunca dizilen alıcılarda algılanıp kayıt edilmesi esasına dayanır. Kayıt edilen her dalganın gidiş-geliş seyahat zamanıdır. Dalganın bilinen seyahat zamanı ve aldığı yol bilgileri yardımı ile hızı belirlenir. Hız bilgileri ile tabaka kalınlıkları tespit edilir. Çalışma yöntemi uygulanırken dikkat edilmesi gereken hususlar; veri yapay gürültü kaynaklarının etkisinden veri işlemler uygulanarak arındırılmalıdır, ölçüm yapılan profil boyu penetrasyon derinliğinin en az üç katı olmalıdır. Sismik kırılma yönteminde arazi işleri uygun patlayıcı kullanılarak yapılır. Genelde jeoteknik amaçlar için yapılan sismik çalışmalarda kaynak bir metal plakanın üzerine balyozla vurulmasından elde edilir. Ara yüzey ile plaka arasında bulunan ayrışmış toprak tabakası oluşan sismik sinyalin yer içine yüksek frekanslı ve yüksek enerjili şekilde yayılmasına izin vermez. Özellikle patlayıcı bant ve fişek gibi kaynaklarda hızla yayılarak sinyalin yüksek frekanslı bileşenlere sahibi, yüksek enerjili belirgin güçlü spike kaydı elde edilir. Ancak patlayıcı kullanımı çoğu yerde sakıncalı ve de yasaklanmıştır. Alternatif olarak yer içine kontrollü (vibro) sinyali gönderen kaynaklar tercih edilir (Ghose ve diğ., 1996). Kaynak sinyali kaydedilen sinyallerle korole edilir. Kayıt edilen sinyalin (S/N) oranının artmasına izin verir ve S/N

oranı düşükse kötü kayıt elde edilmiştir. Bütün enerjinin yüksek frekanslar içinde yoğunlaşması enerji kaybına sebep olur. Ancak düşük frekanslar içinde hiçbir enerji kaybı olmaz. Ayrırlılığı, yüksek frekanslı bir kaynak ile dizilim boyu veri kayıtlarını etkiler. Enerji kaybı nedeni ile derinlerden çok yüksek ayrırlılık ile ayrırlılık elde etmek zordur. Çok kaliteli ve ayrırlı ve toplamak için zaman ve para sorunu olmamalıdır. Genellikle profil atışları kullanılır. Profil atışları: tabakaların alt ve üst sınırı, faylar ile yanal değişimleri belirler. Sismik kırılma yönteminin kuramsal esasları Fermat ve Snell kanunlarına dayanmaktadır, bu kanunlardan; Aşağıdaki Şekillerde fermat ilkesi ve ve snell yasası sırasıyla verilmiştir. (Robert, 2000).

Fermat Kanunu: Dalga cephesine dik ışın yollarının geometrisi ile ilgilidir. Bu durumu herhangi bir ışın, iki nokta arasını en kısa zamanda ve en kısa yoldan tamamlamasıdır.(Şekil 12)



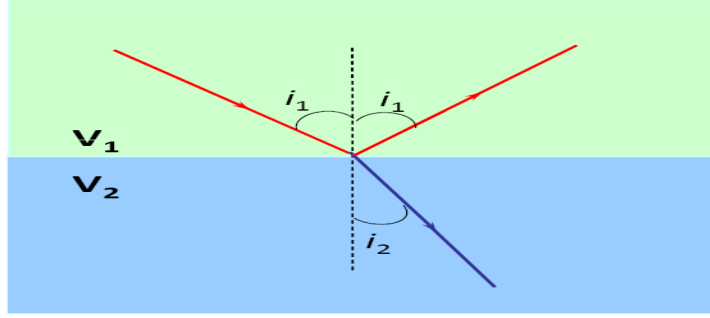
Şekil 12. Fermat kanunu

Snell Yasası: Snell yasası, farklı yayılma hızına sahip ortamlardaki ışınların kırılmasını hızları ve açıların arasındaki ilişki ile tanımlanır(Şekil 13).

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{V_2} \quad (4)$$

Kırılan dalganın yüzeyi ile yaptığı açı ($i=90^\circ$) olursa kritik açı;

$$\text{Sini}_c = V_1/V_2 \quad \text{olur.} \quad (5)$$



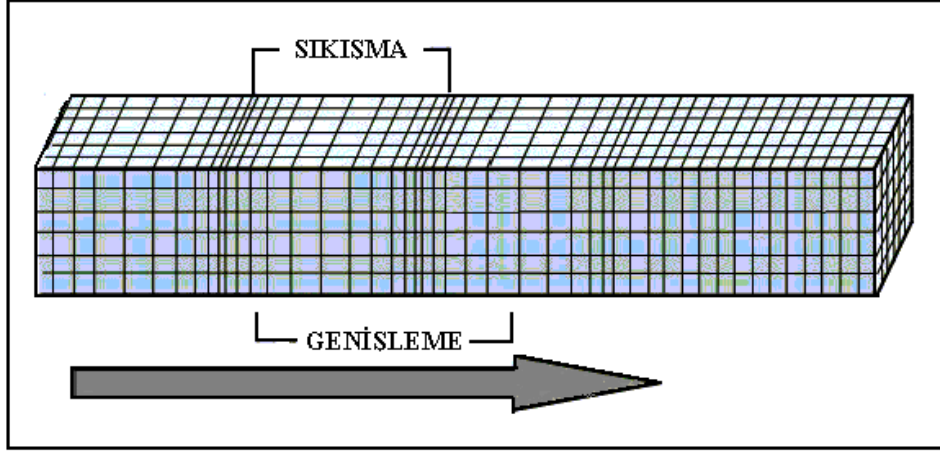
Şekil 13. Snell Yasası

Sismik kırılma çalışmalarının yorumlanması bilgisayar programları yardımı olmaksızın basit 2 ve 3 tabaka durumu içinde kolaydır. Tabaka sayısının fazla ve sınırların düzensiz olduğu durumlarda doğru yorumlama zorlaşır. Bilgisayar programları ile yorumlama kolay ve dalga cephesi tekniklerine dayanır (Sandmeier, 2000; Telford ve dig., 1990; Tomo, 2000). Bu programlar her bir sinyalin varışı için ara yüzey boyunca hipotetik bir yol oluştururlar. Her bir tabaka içinde seyahat zamanları ve tabakaların hızları program içindeki algoritma tarafından sinyalin varış zamanları optimize edilir ve hipotetik seyahat yolları düzenlenir. Seyahat zamanları üzerinde en uygun çakışma sağlanana kadar bu işleme devam edilir. En uygun çakışmanın sağlandığı zaman-uzaklık eğrisi (x-t) derinlik kesitine dönüştürülür. Düzensiz sınırların yorumlanması ve çoklu tabaka durumları bu programlarla yorumlamada genellikle sorun oluşturmaz. Elde edilen ayrımlılık ise kaynak sinyalinin frekans içeriğine ve alıcı dizilimine bağlıdır. (Robert, 2000).

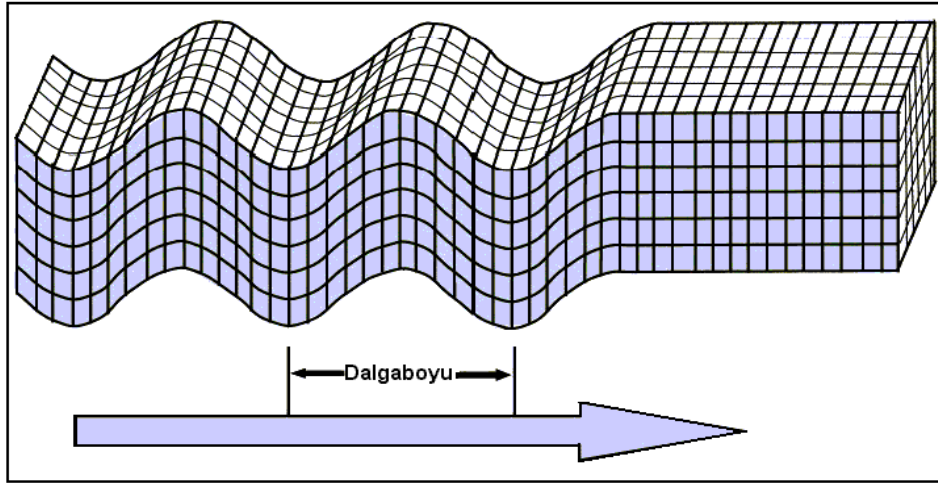
Elastik Dalga Tipleri: Bir kaynaktan çıkan ve yer içerisinde yayılan dalgalar cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılır. Cisim dalgaları; sıkışma (P), kesme (S) dalgaları. Yüzey dalgaları (Rayleigh ve love) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şekil 14, 15, 16 ve 17'de bu dalga tiplerinin yayılımı sırasıyla verilmiştir. Dalga türleri toprak ve kaya gibi malzemelerin farklı özelliklerine bağlı olarak farklı etkilenirler. Daha çok mekanik (geleneksel, yapay) olarak kolay üretilip kayıt edildikleri için P (sıkışma) dalgası kullanılır.

S dalgaları ve yüzey dalgaları (R,L) yayılma boyunca ilerlerken malzemenin makaslama katılığında daha fazla etkilenirken P dalgası sadece ilerleme doğrultusundaki sıkılık değişimine karşı hassastır. Fakat makaslama sertliği sıkışma sertliğinden daha önemlidir. Çünkü makaslama sertliği ara yüzeydeki malzemenin kuvvet yapısındaki makaslanan gerilim durumu

ile ilgilidir (Helbig ve Mesdağ,1982). S dalgaları için kaynak yetersizliği mevcut olmakla beraber son yıllarda önemli çalışmalar sonucu yeni yöntemler ortaya çıkmıştır (Ghose ve diğ., 1986, Pceters ve diğ, 1998).

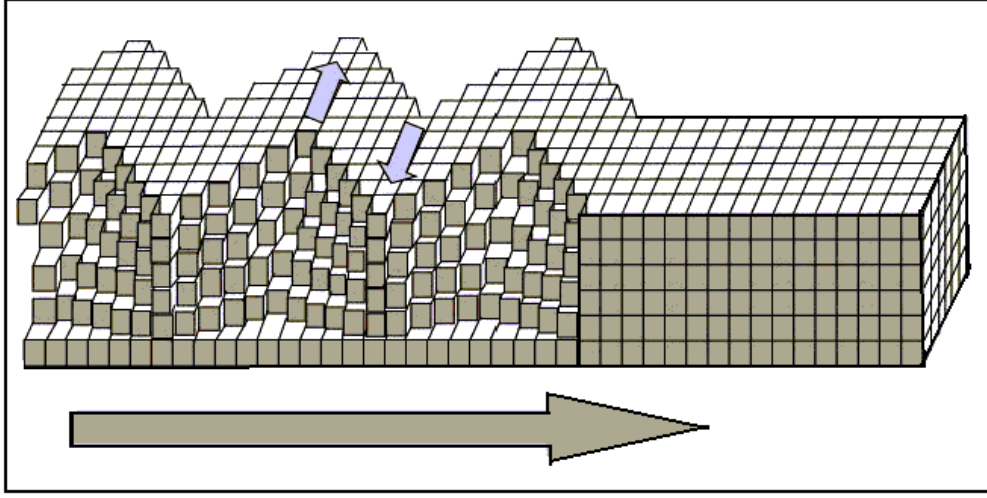


Şekil 14. P dalgası yayınımlı (Reynolds, 1997).

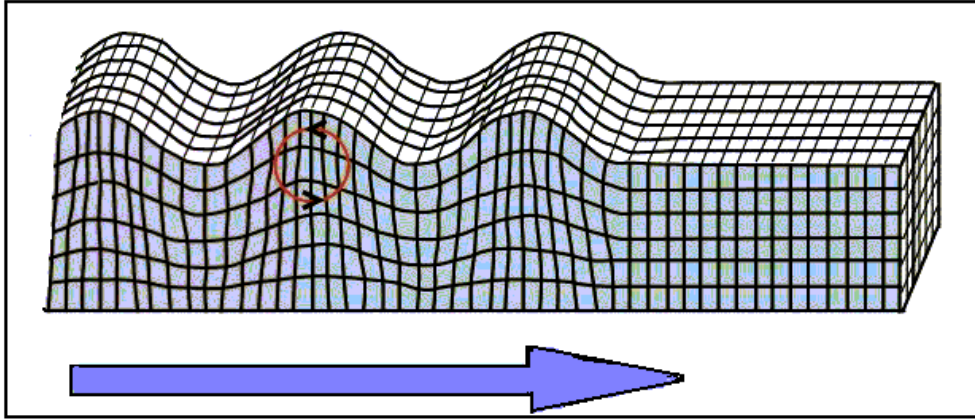


Şekil 15. Enine dalga yayınımlının yatay düzlem üzerindeki hareketi (Reynolds, 1997).

Love dalgaları yayınımlı yönüne dik yönde ki yatay düzlemde, Rayleigh dalgaları ise yayınımlı yönüne dik eliptik bir yörüngede yayılırlar.(Şekil 16,17)

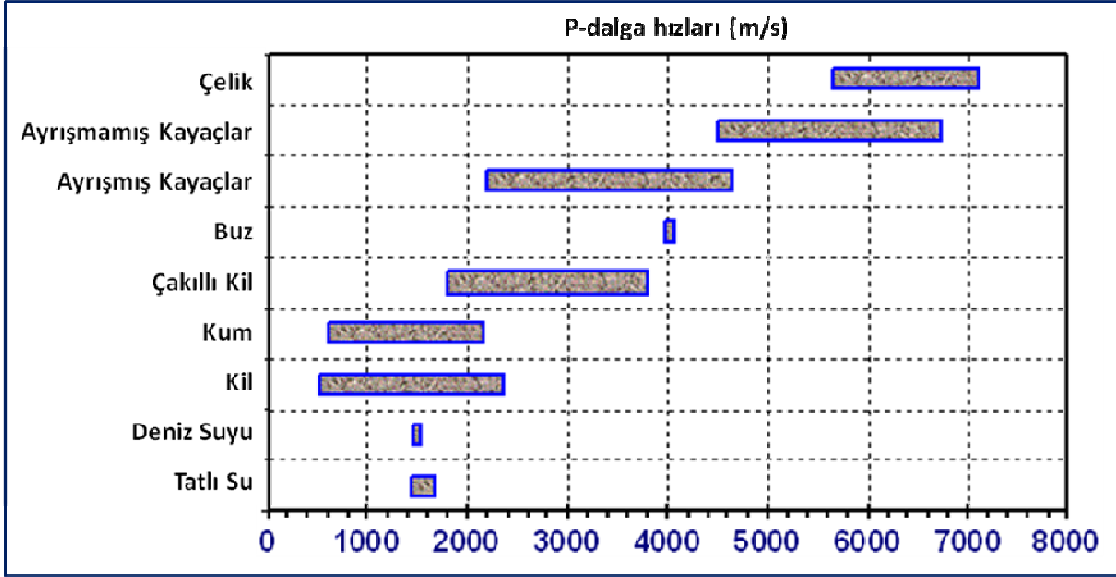


Şekil 16. Love dalgalarının yayılım hareketi (Reynolds, 1997)

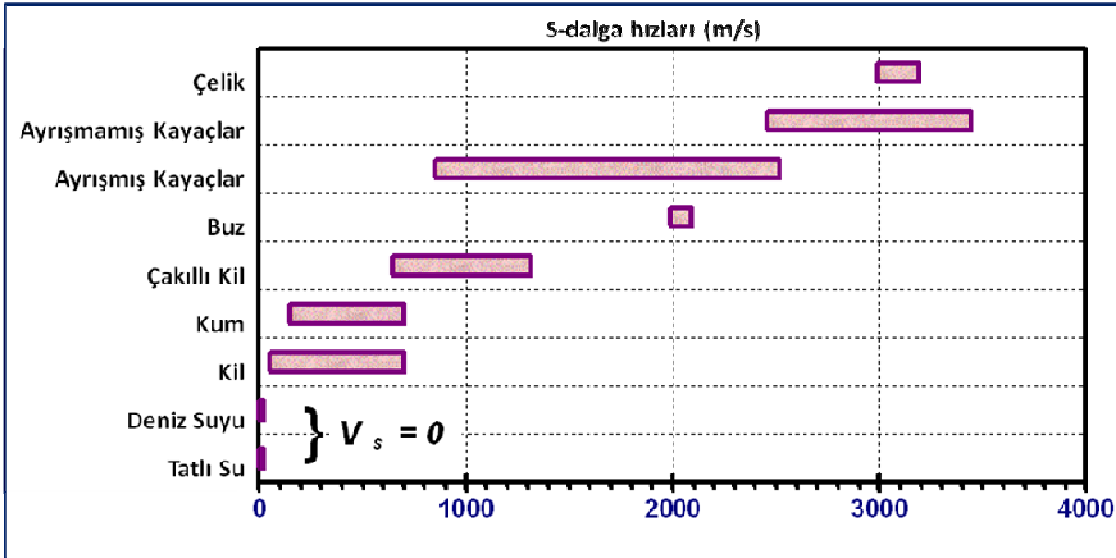


Şekil 17. Rayleigh dalgasının yayılımı (Reynolds, 1997)

Bazı malzemelerin içerisinde P ve S dalgalarının yayılma hızları Şekil 18 ve 19' da verilmiştir.



Şekil 18. P dalgası hız değerleri (Cone Tec and GeoProbe, 1997).

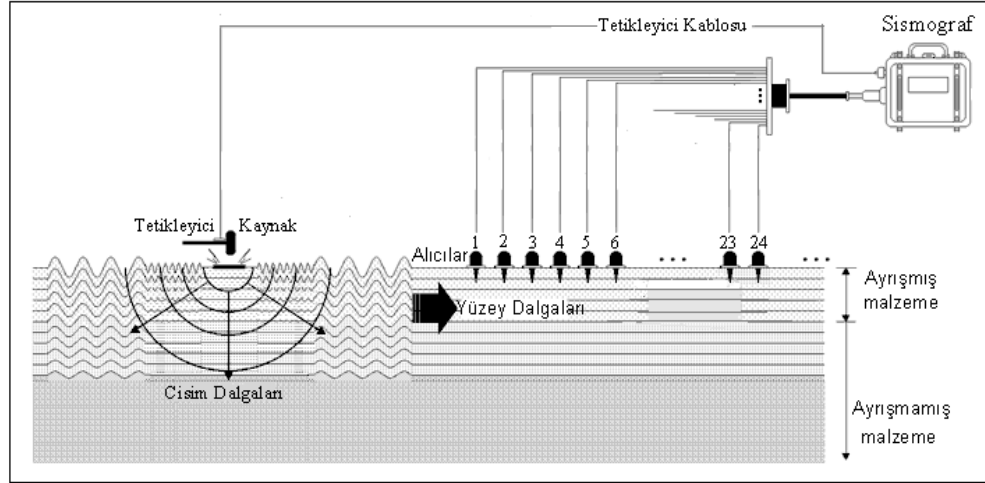


Şekil 19. S dalgası hız değerleri (Cone Tec and GeoProbe, 1997).

1.2.7.4. Yüzeysel Dalgaların Çok Kanallı Analiz Yöntemi

Yüzeysel dalgaların çok kanallı analizi (YDÇKA), yüzeysel dalgası bilgisini kullanarak kesme dalgası hızının elde edilmesinde kullanılan sismik yöntemlerden biridir. YDÇKA yöntemi ile ölçüm alınırken temel olarak hem sismik kırılma hem de yansıma yöntemi uygulanabilir. YDÇKA yöntemi ile veri toplama Şekil 20'de gösterilmiştir. Her iki yöntem

hem kaynak-alıcı düzenekleri hem de veri-işlem teknikleri bakımından birbirinden ayrılır. Sismik kırılma yönteminde; bir profil boyunca 16 veya daha fazla sayıda alıcı hedef derinliğine göre belirli aralıklarla yerleştirilerek kayıt alınır



Şekil 20. Yüzeysel dalgaların çok kanallı analiz yöntemi ile veri toplanması (URL-8, 2007).

YDÇKA yönteminde kaynak olarak balyoz, ağırlık düşürme ve vibroseis kullanılabilir. Kayıtlar bir hat boyunca düşük frekanslı alıcılar kullanılarak alınır. Kullanılan kaynak istenilen hedef derinliğe göre seçilir. Bilindiği gibi yüzeysel dalgaları belirli bir uzaklığa kadar seyahat ettikten sonra düzlem dalga olarak kabul edilirler. Bu uzaklık dalga boyuna bağlıdır. Kaynak alıcı aralığı hedeflenen maksimum araştırma derinliğinin en az iki katı seçilmelidir. İnceleme derinliği ise, dalga boyuna bağlıdır. Güvenilir sonuçların alınacağı en büyük derinlik, Z_{max} ise en uzun dalga boyunun yarısına eşittir. Bu durumda, en küçük alıcı mesafesi ile olan ilişki, $X_m \geq Z_{max}$; bağıntısı ile verilir (Park vd diğ, 1999).

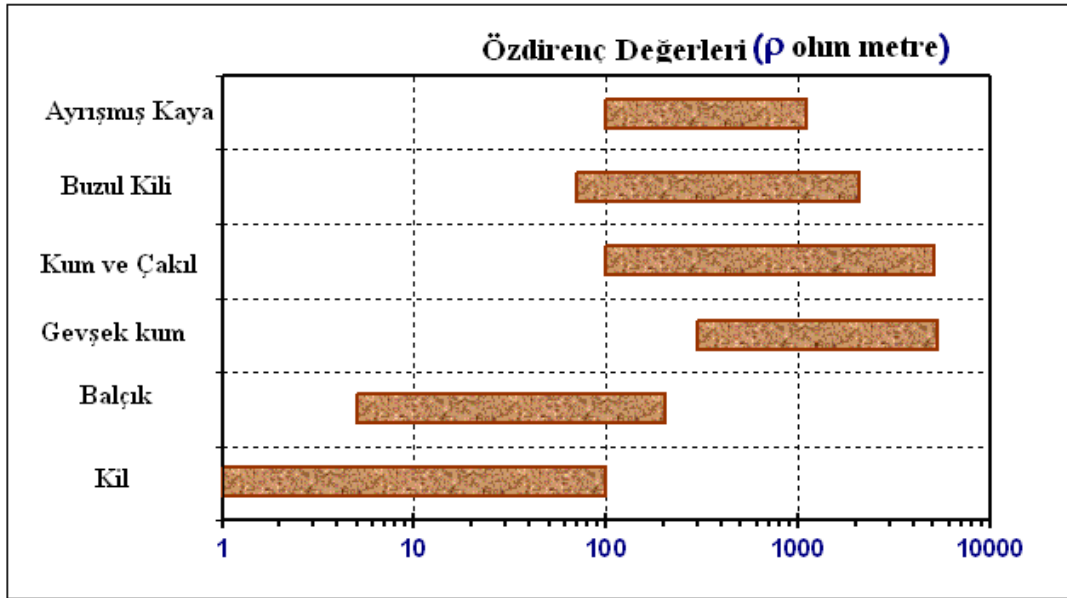
Yüzeysel dalgası verisinin analizi için kullanılan yöntemlerin çoğu dalga alanı dönüşümüne dayanır. Zaman uzaklık ortamında kaydedilen veri Fourier dönüşümü uygulanmak suretiyle frekans ortamına aktarılır (McMechan ve Yeldin, 1981). Zaman-uzaklık ortamından frekans ortamına aktardığımız veriye integral dönüşümü uygulayarak faz hızı-frekans eğrisi elde edilir (Park vd diğ, 1999a, 1999b). Faz hızı-frekans ortamındaki eğrinin, her bir frekansa karşılık gelen maksimum genlik noktalarının işaretlenmesiyle dispersiyon eğrisi elde edilir. Elde edilen dispersiyon eğrisine en küçük kareler yöntemi

veya doğrusal olamayan ters çözüm yaklaşımlarından birini temel alan ters çözüm tekniklerinin uygulanmasıyla derinliğe bağlı olarak kesme dalgası hız yapısı elde edilir.

1.2.7.5. Elektrik Özdirenç Yöntemi (Düşey Elektrik Sondajı)

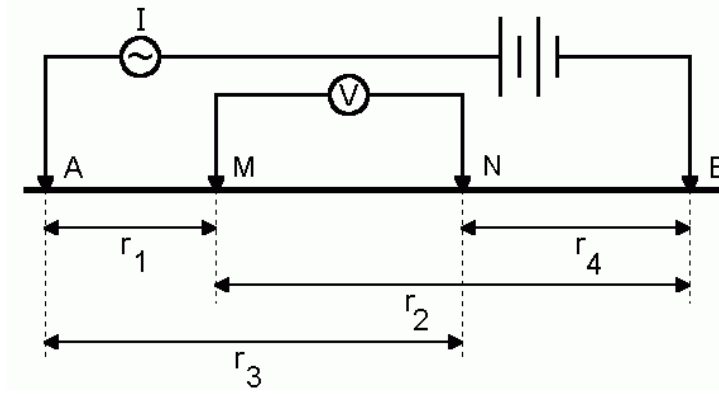
Yer elektrik veya DES ölçümleri şev stabilite analizlerinde uzun zamandan beri uygulanmaktadır (Bogoslovsky ve Ogilvy, 1977; Stötzner, 1974). Ölçümlerin yorumlanması matematiksel olarak oldukça karmaşıktır. Normal çözümleme standart grafikler yardımı ile yapılır. Bilgisayar programları ve ekipmanlardaki son gelişmeler, 2 ve 3 boyutlu olarak daha kolaylıkla analiz yapmaya imkân verir (Dahlin ve Bernstone, 1977; Griffiths ve Turnbull, 1985; Griffiths ve dig. 1990; Li ve Oldenberg, 1992; Loke ve Barker, 1996; Vogelsang, 1994; Ward, 1990).

Elektrik özdirenç ölçümleri, farklı ara yüzey materyalleri arasındaki direnç farklarını belirlenmesine dayanır. Şekil 21’değişik materyaller için karakteristik elektrik özdirenç değerleri verilmektedir.



Şekil 21. Toprak ve kaya kütlelerinin elektrik özdirenç değerleri (Cone Tec and GeoProbe, 1997).

Ölçüm ekipmanları ise iki akım elektrotu ile genelde iki potansiyel elektrotu, bir DC akım kaynağı ve ölçüm cihazından oluşmaktadır.(Şekil 22) Yere yerleştirilmiş iki akım elektrotu ile akım verilir ve yüzeye yerleştirilmiş olan potansiyel elektrotları ile oluşan potansiyel farkı ölçülür. Sonra izleyen bağıntı yardımıyla görünür özdirençler hesaplanabilir.



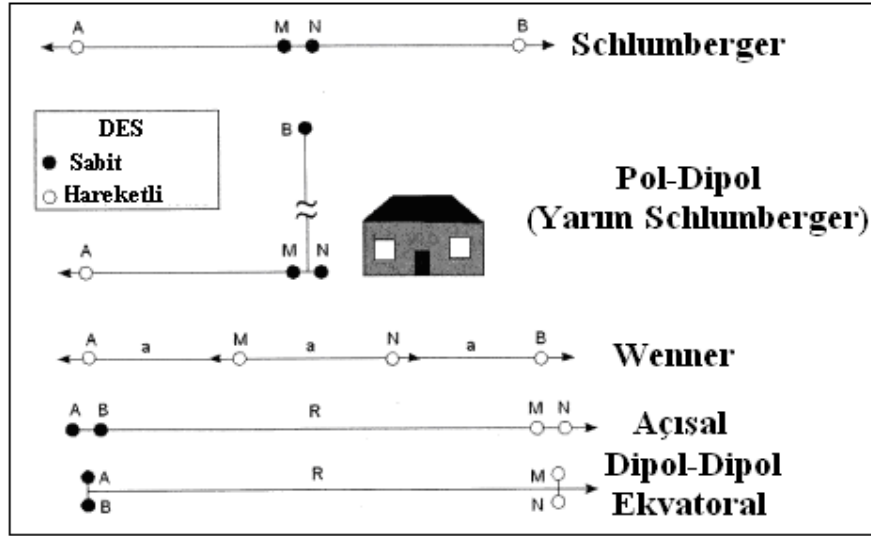
Şekil 22. Arazide özdirenç ölçüm şekli (Robert, 2000).

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)} \quad (6)$$

Burada ρ_a ; Görünür özdirenç, I; akım, ΔV ; Potansiyel farkı, r_1, r_2, r_3, r_4 ise elektrotlar arası uzaklıkları göstermektedir. Derinlik hassasiyeti; elektrotlar arası uzaklık, dizilimin türü, akım girişine ve ölçüm ekipmanın hassasiyetine bağlıdır. Bu yöntem düşey ve yatay profillere olmak üzere iki tip uygulanır. Eğer elektrotlar arasındaki uzaklık çok geniş veya akım çok güçlü ise en derinlerdeki materyaller potansiyel elektrotlarındaki potansiyeli etkileyecektir (artırır). Dizilim merkezi sabit iken düşey profil yönteminde elektrotlar arası uzaklık düzenli olarak artırılır. Yatay profil boyunca yapılan ölçümlerde ise potansiyel ve akım elektrotları hat üzerinde hareket ettirilir. Yukarıda tanımlandığı gibi yüzey araştırmalarının dışında yer içi elektrik araştırmaları tek veya birden fazla kuyuda yapılabilir. Akım ve potansiyel elektrotları için tek bir kuyu kullanılırsa ölçümlerin yorumlama prosedürü farklı yönelimli olan yüzey araştırmalarına benzer. Şayet akım ve potansiyel elektrotları farklı kuyularda ise tomografi biçimi uygulanır

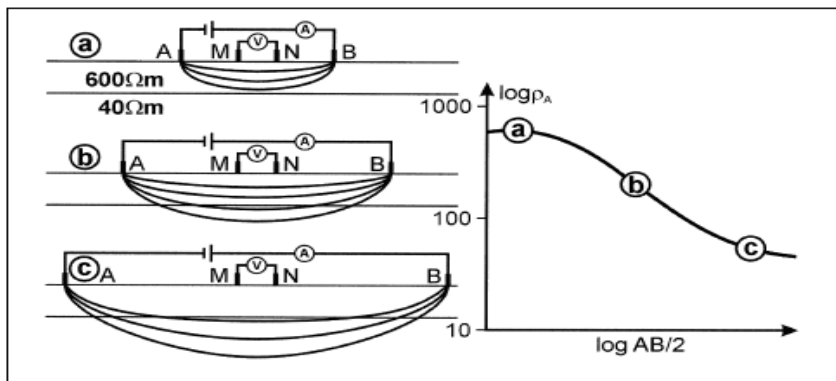
1.2.7.5.1. Elektrot Dizilimleri

Elektrik öz direnç araştırmalarında değişik elektrot dizilimleri mevcuttur (Sekil 23). Bütün dizilimlerde maksimum hassasiyet ölçüm elektrotları arasındaki uzaklıkla ilgilidir. Saha araştırmaları için dizilim seçimi araştırmanın amacı ve alanın özelliklerine bağlıdır.



Şekil 23. Akım ve potansiyel elektrotları için değişik dizilimler (URL-7, 2008)

Şekil 24 deki bir dizilimde potansiyel elektrotlarını sabit akım elektrotları hareket ettirilerek düşey elektrik sondaj ölçüsü ile elde edilen eğri ve yeraltındaki akım çizgilerinin yayılımı görülmektedir.



Şekil 24. Düşey elektrik sondaj ölçüsü ve elde edilen eğri (URL 7, 2008)

Wenner Dizilimi: Wenner elektrot dizilimi, merkezinin altındaki (iki potansiyel elektrot arasındaki) özdirenç değişimlerine karşı duyarlıdır. (Şekil 23) Wenner dizilimi en çok yatay yapıların tespitinde kullanılır, dar ve düşey yapıların tespitinde yetersizdir. Wenner diziliminde sinyal gerilimi güçlüdür.

Dipol-Dipol Dizilimi: Dizilim düşey yapılar, düşey süreksizlikler ve boşlukların aranması için uygundur. Yatay yapıları az da olsa tanımlayabilir. Dizilimdeki her bir dipol çiftinin elektrotları arasındaki elektrik özdirenç değişimleri hassasiyetle belirlenir. Araştırma derinliği Wenner dizilimine göre daha azdır. Sinyalin nüfuz değeri “n” değerine bağlı olarak değişir. “n” büyüdükçe sinyalin gücü azalır (Şekil 23). Ekipman kaliteli ve iyi olmalıdır. Ölçüm aletinin hassasiyeti yüksek olmalıdır. Elektrotlar ile yer arasında iyi temas sağlanmalıdır.

Wenner-Schlumberger: Dizilimin hassasiyeti hem düşey hem de yatay yapılar için hassastır. Bu dizilimle ortalama bir araştırma derinliği dıştaki elektrotlar arasındaki uzaklık kadardır. Wenner diziliminden araştırma derinliği daha büyüktür. Sinyalin gücü ise Wenner diziliminden daha küçükken dipol-dipol dizilimindeki güçten daha büyüktür.

Pol-Dipol Dizilimi (Yarım Schlumberger): Pol-dipol dizilimi asimetriktir ve simetrik yapılar üzerinde yapılan çalışmalar için andıran kesitte asimetrik özdirenç anomalileri verir. Bu etki elektrotların ters çevrilmesiyle yapılan tekrarlı ölçümlerle ortadan kaldırılabılır. Bir elektrot araştırma hattından yeterince uzağa yerleştirilmelidir. Eğer A elektrotunun uzaklığı, N ve B uzaklığından 5 kat daha fazla ise hesaplamalarda A elektrotunun etkisinin ihmal edilmesinin neden olacağı hata oranı % 5’den daha az kabul edilir. Pol-dipol dizilimi, dipol-dipol dizilimine göre daha yüksek sinyal gücüne sahiptir. Dizilim pol-pol dizilimi kadar gürültüye karşı hassas değildir. Sinyal gücü ise wenner, wenner-schlumberger dizilimine göre daha düşüktür.(Şekil 23)

1.2.7.6. Elektrik Özdirenç Görüntüleme

Görüntüleme işleminde düşey ve yatay özdirenç değişimini ölçen standart dizilimler dikkate alınmaz düşey profilde yanal değişimler, yatay profilde düşey değişimler ihmal edilir. Bu durum tabakalı ara yüzelerde çoğunlukla problem oluşturmaz. Eğer ara yüzey birimlerindeki karstik boşluk ve süreksizlik gibi yatay ve düşey yönde değişimler varsa, standart yöntemler pek az uygundur. Son yıllarda elektrik özdirenç yöntemi ile yanal ve düşey değişimleri haritalamada 2 ve 3 boyutlu modelleme (elektrik görüntüleme)

araştırmaları geliştirilmiştir (Dahlin ve Bernstone, 1997; Li ve Oldenburg, 1992; Loke ve Barker, 1996).

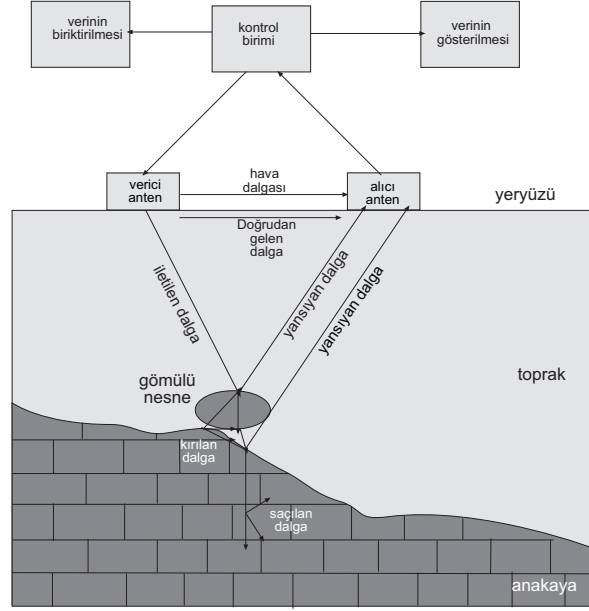
Tek bir akım ve potansiyel elektrotunun kullanımından ziyade elektrot serileri kullanılır (2B araştırmalarında 20 veya daha fazla, 3B araştırmalarında 256 veya daha fazla). Elektrotların tamamı bir kontrol kutusuna bağlanır. Bilgisayarla kontrol edilen kontrol kutusu sayesinde ölçümler alınarak depolanır. Alınan ölçümler farklı programlarla değerlendirilir. Ölçüm noktaları andıran kesit kontur yöntemiyle çizilir. Yatay noktanın pozisyonu, ölçüm alınırken kullanılan elektrotların orta noktasına yerleştirilir. Çizilen noktanın düşey lokasyonu elektrotlar arasında orantılı olarak ayrılan bir uzaklığa yerleştirilir. Diğer bir yöntem ortalama araştırma derinliğinde belirlenen noktanın düşey pozisyonuna yerleştirilir (Edwards, 1997).

1.2.7.7. Yer Radarı (GPR) Yöntemi

Yer Radarı (GPR); araştırılan yüzeyin sığ derinliklerinin yüksek çözünürlükle görüntülenmesini sağlayan ve son zamanlarda uygulama alanı gittikçe artan bir jeofizik yöntemdir (Lorenzo vd diğ, 2002; Carcione, 1996; Pettinelli vd diğ, 1996). Yer Radarı yönteminde kaynak olarak yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar kullanılmaktadır. Yöntem özellikle sığ derinliklerde yüksek ayrımlılık sağladığından yeraltı jeolojisi ve heterojenliği hakkında bilgi vermektedir. Delgi yapmadan, kazı yapmadan ya da patlatma yapmadan kullanılması, çevreye zarar vermeden uygulanması yöntemi oldukça çekici hale gelmektedir (URL-9, 2007, Tillard, 1994). Yer radarı yönteminin araştırma alanlarını gelişen teknoloji ile geliştirilen sayısal radar sistemleri nedeniyle artırmıştır (Knight, 2001).

Bu yöntemde yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar bir verici antenle yeraltına gönderilmektedir. Gönderilen bu dalgaların bir kısmı yeraltında farklı dielektrik özelliklere sahip yüzeylerden yansırken, diğer kısmı da daha derin ortamlara ilerleme fırsatı bulabilmektedir (Şekil. 25) Alıcı bir anten ise yansıyan sinyalleri almaktadır. Alınan sinyal kontrol biriminde biriktirilmekte ve çift-yol seyahat zamanı nanosaniye olarak kaydedilmektedir. Yansıyan ve iletilen sinyallerin genliği, yansıma katsayısına ve yansıma sınırındaki nesnelere büyüklüklerine de bağlı olmaktadır. Yeraltında yansıma yüzeyleri değişik olup yansıma yüzeylerine örnek olarak yatay toprak, toprak-kaya ara yüzeyleri,

insan yapımı objeler verilebilir. Bu yöntem sismik yansıma yöntemine teorik olarak benzemektedir (Smith ve Jol., 1997; Naegeli vd., 1996).



Şekil 25. Yer radarının Yönteminin şematik gösterimi (Smemoe, 2000).

Penetrasyon derinliği ve radar sinyalinin ayrımlılık gücü iletilen dalganın frekansına ve araştırılan ortamdaki malzemenin dielektrik özelliklerine bağlıdır. Kullanılan farklı frekanslar hem penetrasyon derinliğini hem de çözünürlüğü etkiler. Düşük frekanslarda araştırma derinliği artarken, düşey ayrımlılık azalmakta ve düşük frekanslar madde içindeki yüklerin polarize olması yerine yüklerin hareket etmesine neden olmaktadır. Bu durumda elektromanyetik enerji iletkenliğe dönüşmekte ve soğrulmaya neden olmaktadır. Yüksek frekanslarda ise düşey ayrımlılık artarken, penetrasyon derinliği azalmaktadır. Genellikle çalışılan ortamın düşük iletkenlikli ortam olması istenir. Bu tip bir ortamın matematiksel ifadesi $\sigma/w\epsilon \ll 1$ olarak verilir. Burada σ ; iletkenlik, w ; açısal hız ve ϵ ; ortamın dielektrik sabitidir. Kum ve granit gibi düşük iletkenlikli ortamlarda Yer Radarı dalgaları derinlere ulaşabilirken; kil, şeyl gibi iletken ortamlar iletilen sinyalin penetrasyon derinliğinin azalmasına ve soğrulmasına neden olmaktadır (Annan ve diğ., 1988). Düşük iletkenlikli ortamda 5–20 metre derinlere kadar penetrasyon sağlanabilirken, iletken ortamlarda bu derinlik birkaç metre olmaktadır (Davis ve Annan, 1986). Yeraltı malzemelerinin dielektrik özellikleri Davis ve Annan (1989); Ulriksen (1982); (Kruk ve diğ,

1998); tarafından verilmektedir. Bazı malzemelere ait permittivite (dielektrik sabit), iletkenlik, hız ve soğurma değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Yer Radarı yönteminde dalga hızı; ortamın dielektrik sabiti (ϵ) ve manyetik geçirgenliğe (μ) bağlı olarak değişmektedir.

$$v = 1/\sqrt{\mu\epsilon} \quad (7)$$

Dielektrik permittivite, bir malzemedeki artı ve eksi yüklerin polarizasyonu sonucu oluşan elektrik dipollerin konumlarındaki değişimler nedeniyle elektrik alan enerjisini biriktirebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (URL- 10, 2007). Örneğin Tablo 2.’den de görüleceği üzere su polar bir yapıya sahip olduğundan oldukça yüksek bir permittivite değerine sahiptir. Manyetik permeabilite ise manyetik enerjiyi biriktirebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Ramo (1994)’e göre yeraltı malzemeleri kobalt, nikel ya da ferromanyetik yapılu mineraller içermedikçe manyetik cevap oldukça zayıftır (Bohidar, 2001). Pratikte serbest uzayın geçirgenliği μ_0 kullanılır ve yaklaşık olarak bu değer 1’e eşittir. Bu nedenle geçirgenliğin elde edilen sonuçlara fazla bir etkisi olmamaktadır (Bohidar, 2001).

Elektromanyetik yöntemler uzun zamandan beri şev stabilite analizlerinde kullanılmaktadır (Bogoslovsky ve Ogilvy, 1977; Bruno ve dig., 1998; Stötzner, 1974). Düşük frekanslı (EM 31, EM34) ekipmanlar veya yüksek frekanslı (GPR) ekipmanlar arasında bir ayırım yapılabilir. Elektromanyetik alanın nüfus derinliği ara yüzeydeki materyallerin dielektrik sabiti, elektrik iletkenliğine ve kullanılan frekansa bağlıdır. Daha yüksek iletkenlik veya frekansla daha az nüfus derinliği de sağlanabilir. Elektromanyetik yöntemlerle yapılan ölçümler araştırılan alanın özelliklerini direk vermez. Şayet alandaki malzemelerin elektromanyetik özellikleri ayrıntılı olarak biliniyorsa bu mümkündür. Ancak, pek çok durumda bunlarda bilinmez ve elektromanyetik özellikler araziden alınan örneklerden hesaplanmalı ve ölçülen profiller kuyu bilgisi ile de kıyaslanmalıdır.

Tablo 2. Genel jeolojik malzemelerin dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri n/a bu malzemeler için bir değer olmadığını ifade etmektedir (Wilchek, 2000).

Malzeme	Bağıl dielektrik, Sabit, ϵ_r (ϵ/ϵ_0)	İletkenlik, σ , (mS/m)	Yayılm hızı, V, (m/nsn)	Soğrulma, Soğrulma sabiti, α
Hava	1	0	0.3	0
Buz	3-4	0.01	0.16	0.01
Su (taze)	80	0.5	0.033	0.1
Su (tuzlu)	80	3000	0.01	1000
Topraklar				
Kil	5-40	2-1000	0.06	1-300
Toprak (kuru)	3-5	0.01	0.15	0.01
Toprak (doymun)	20-30	0.1-1.0	0.06	0.03-0.3
Silt	5-30	1-100	0.07	1-100
Mineraller				
Kalsit	7.8-8.5	$5 \cdot 10^{-10}$	0.11	$3 \cdot 10^{-10}$
Kuvars	4.2-5	$3 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-12}$	0.13-0.15	$2 \cdot 10^{-8}$ - $4 \cdot 10^{-12}$
Tortul kayalar				
Kireçtaşı	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1.0
Tuz (kuru)	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Kumtaşı	4.7-12	$1 \cdot 10^{-5}$ -0.7	0.09-0.14	$5 \cdot 10^{-8}$ -0.6
Şeyl	5-15	1-100	0.09	1-100
Magmatik kayalar				
Bazalt	12	$8 \cdot 10^{-6}$ -0.025	0.09	$4 \cdot 10^{-6}$ -0.01
Dasit	6.8-8.2	0.05	0.12	0.03
Diyabaz	10.5-34.5	$2 \cdot 10^{-5}$ -50	0.05-0.09	$1 \cdot 10^{-2}$ -26
Diorit	6	0.0002-0.002	0.12	0.0001-0.001
Gabro	8.5-40	0.001-1	0.05-0.10	$3 \cdot 10^{-4}$ -0.6
Granit	4.6	0.01-1	0.13	0.01-1
Norit	61	0.02-1	0.04	0.004-0.2
Obsidiyen	5.8-10.4	n/a	0.11	n/a
Peridotit	8.6	0.15-0.33	0.10	n/a
Metamorfik kayalar				
Gnays	8.5	0.0003-0.02	0.10	n/a
Arjilit	n/a	1-100	n/a	n/a
Kuvarsit	n/a	$5 \cdot 10^{-6}$ -100	n/a	n/a

Bazı GPR sistemlerde yalnızca tek bir anten kullanılır. Alıcı ve verici anten tek bir birimin içerisinde. CDP ve filtreleme teknikleri sismik yansıma araştırma prensipleri ile benzerdir. 10–1200 Mhz arasındaki frekanslı elektromanyetik dalgalar ile GPR çalışmaları 0,1–3 metre arasında ayrımlılık verir. Yüksek frekanslar daha ayrıntılı ve ayrımlı bilgi verir. Enerji soğurulması yüksek frekanslar için yüksektir ve sonuçta daha az nüfus derinliği sağlar. Tuzlu su gibi iletken materyaller nüfus derinliğini santimetreye kadar

azaltır ve kil ve turbada (kömürün ilk aşaması) birkaç metreden fazla nüfus derinliği elde edilemez. Nüfus derinliği bazı materyallerde 40 ile 60 metre arasındadır. En ideal şartlarda nüfus derinliği 300 metreden daha fazla olabilir (örnek olarak kuru ayrışmamış granitte).

Saha düzeni tek kanallı sismik araştırmalarla karşılaştırılabilir. Verici anteni kaynak ve alıcı anteni jeofon olarak düşünebiliriz. Yer radarı ölçümlerinin analizi tek kanallı sismik yansıma çalışmalarına benzer. Sismik çalışmaların aksine antenler yerle direkt temas etmezler. Ancak, yer ile anten arasındaki mesafe çok az olmalıdır ki enerji kaybı en aza inebilsin. Herhangi bir tekere bağlı antenler düzgün yüzeylerde ölçüm alınırken araba veya elle çekilebilir. Çalışma sahasının yüzeyi iletken bir materyalden oluşmuş ise gönderilen sinyal derinlere etki edemeyecektir. Yer radarı sinyalleri ara yüzeylerdeki lokal değişimlere karşı da çok hassastır. Özellikle insan yapımı dolgu alanları derinlerdeki materyallerden gelen sinyalleri bozar ve sinyalin saçılıma uğramasına neden olur. Toprak veya kaya blokları içindeki heterojenitenin varlığını tespit etmek için yapılan araştırmalar başarıyla sonuçlanmaktadır. Örneğin kireçtaşı içindeki karstik boşluklar ve yerleri, kaya kütlesi içindeki süreksizliklere dolmuş killer yüksek doğrulukla belirlenebilir. Ölçümlerin farklılığı materyalin iletkenliği ve dielektrik sabitine bağlıdır. Yer radarı verisini yorumlama çoğunlukla risklidir Yer radarı ölçümleri hava ve kireçtaşı arasındaki farklılığı gösterir. Çünkü hava ile kireçtaşı arasındaki sınır elektromanyetik farklılığı gösterir. Ancak kalkerli, siltli ve kireçtaşı arasındaki sınır küçüktür ve dolu karstik boşluktan gelen yansıma belirsizdir ve yorumlamada başarısızlığa neden olabilir. Yorumlama güvenilmez çünkü manganez ve demirce zengin olan bölgeler, kireçtaşı bakımından zengin olmayan çevre ile geniş bir elektromanyetik farklılığa sahip olacak ve kayıtlarda açık bir yansıma görülecektir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tez kapsamında heyelanlı sahalarda jeofizik uygulamalar yapmak için iki saha belirlenmiştir, Trabzon-Araklı (Yiğitözü) Köyü heyelanı ile Gümüşhane Mescitli heyelanında Jeofizik ölçüler alınmıştır. Yapılan çalışmalar ile heyelanların sınırları, yapısı, Jeoteknik özellikleri ve su durumu belirlenmeye çalışılmış elde edilen bilgilerin ışığında heyelan sahalarında oluşan hareketlerin mekanizması, alınması gereken tedbirler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2.1. Araklı-Yiğitözü Heyelanı

Bu tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında Trabzon ili Araklı ilçesi Yiğitözü köyündeki heyelan. Çalışma alanlarını boyutları 130*240 metrekaredir,

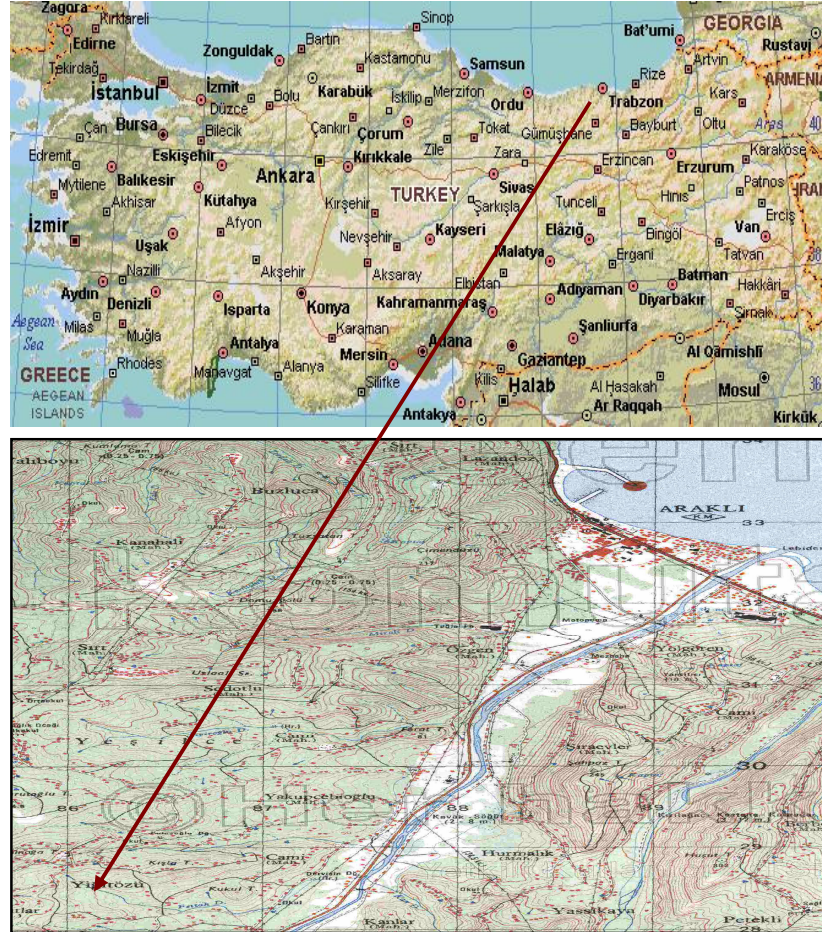
Araklı ilçesinin merkez köyü olan Yiğitözü köyünde(şekil26) 2006 yılında bir evin yıkılmasına sebep olan bir hareket yetkililere bildirilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde olayın bir heyelan olduğu belirlenmiştir. Bölgede iskân edenlere terk etmeleri söylenmiştir. Olay gerçekleşirken can kaybına neden olmaması sevindiricidir.

2.1. 1. Araklı-Yiğitözü Heyelan Alanının Tanıtımı ve Genel Jeolojisi

Pontit Tektonik Birliği'nde yer alan Araklı-Yiğitözü alanında büyük ölçekli, kırırımlı yapılar gelişmemiştir. Bölgede genellikle kırık tektoniği egemen olup, yaklaşık KD-GB doğrultulu büyük ölçekli faylar gelişmiştir. İnceleme alanının da içinde yer aldığı Pontit'ler, Erken Alpin dönemine ait Austrik, Orta Alpin dönemine ait Anadolu ve Geç Alpin dönemine ait Attik tektonik fayların etkisinde kalmıştır.

Granitik kayaçların yerleşimi de orojenik faaliyetlerle ilişkili olup, Kaçkar Granitoidi (Rize Plütonu)'nin yerleşimi Üst Kretase sonlarında (veya Paleosen) başlayıp, Eosen sonlarında da (veya Oligosen) devam etmiştir. Lıyas'ta başlayarak Üst Kretase sonlarına kadar periyotlar halinde gelişimini sürdüren volkanik faaliyet, denizaltı volkanizması şeklinde olup, çökel ara katkılarla birlikte istiflenme gösterirler. Lavlarda genellikle yastık lav yapıları izlenir. Eosen döneminde yeniden hareketlenen volkanizma etkin bir şekilde devam eder. Denizaltı ortamında yayılma nedeni ile volkano-tortul bir istif yapısı gelişmiştir. Pliyosende görülen genç volkanizma andezit breşler, volkanik çakıltaşları, hornblent-ojit-andezit, bazaltlardan oluşan volkanik seriyi verir.

Yiğitözü çalışma alanında Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile Pliyosen yaşlı Beşirli Formasyonu yüzeyleir. Bu birimlerinde üzerinde Karadere vadisinde izlenen alüvyonlar yer alır. (Şekil 26)



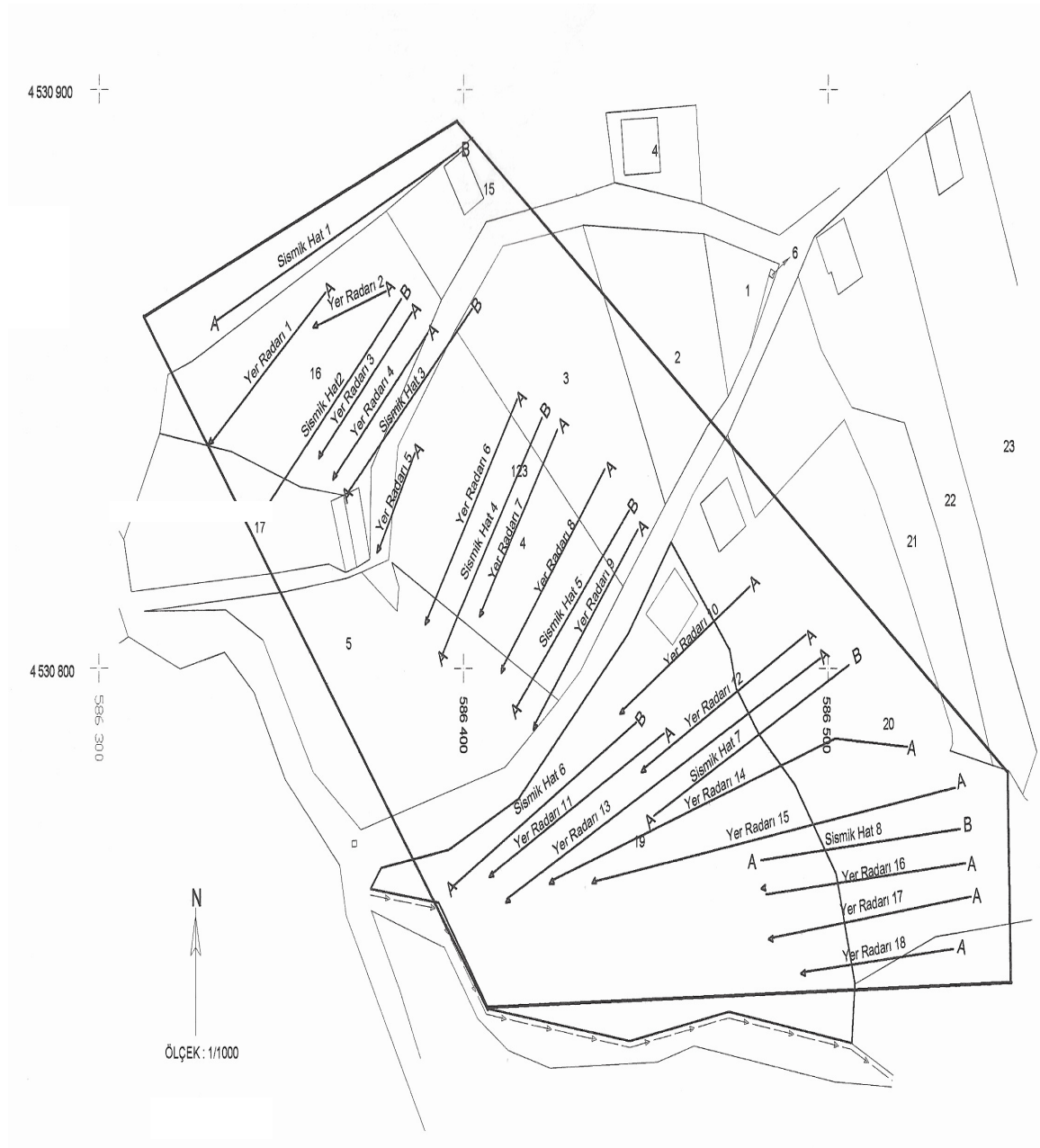
Şekil 26. Araklı Yiğitözü heyelanı yer bulduru ve jeoloji haritası

Beşirli Formasyonu (Pl): Formasyon Karadere Vadisi ile Küçükdere Vadisi arasında genellikle andezit bazalt aglomeralarının kumlu, siltli malzeme ile çimentolanmasından oluşmuştur. Karadere vadisinin batı yamacında; ince taneli, kumlu, siltli ve konglomeratik seviyeler çoğunluktadır.

Kabaköy Formasyonu(Ev): Formasyon; andezit-bazalt lav ve piroklastlarından oluşmuştur. Lavlar yer yer çatlaklı yapıda olup, çatlak açıklıkları 1–10 mm. arasında değişmektedir. Bu çatlaklar genellikle kalsit dolguludur.

2.1.2. Araklı-Yiğitözü Heyelanı Arazi Verilerinin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Mühendislik problemlerinden biri olan heyelanları, birden fazla jeofizik yöntemler kullanılarak analiz edilmesi daha duyarlı sonuçlar elde edilmesini sağlar. Araklı-Yiğitözü heyelanında sismik kırılma yöntemi, yüzey dalgalarının çok kanallı analiz yöntemi ve yer radarı yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 27. Araklı-Yiğitözü heyelanında ölçü alınan profillerin yerleri

Bu yöntemlerden elde edilen verilerden yararlanarak heyelanın yapısı ve zemine ait mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Sismik kırılma ve yüzey dalgası ölçümleri için Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümüne ait olan Geometrics firmasının ürettiği ES-3000 marka araştırma sismografı kullanılmıştır

Sismik yöntemde enerji kaynağı balyoz ve demir bir plakadan oluşmaktadır. Yer radarı ölçümlerinde ise Jeofizik mühendisliği bölümüne ait olan Ramac GPR CUII aleti ve bu alete ait olan 100 Mhz'lik korumasız anten kullanılmıştır. Jeofizik yöntemler ile alınan ölçümlerde her bir profil için heyelan sahasının topografyası dikkate alınmıştır.

Araklı-Yiğitözü heyelanında yapılan jeofizik çalışmaları sismik, yer radarı olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Arazi ölçüm profillerin yerleri Şekil 27'de gösterilmiştir.

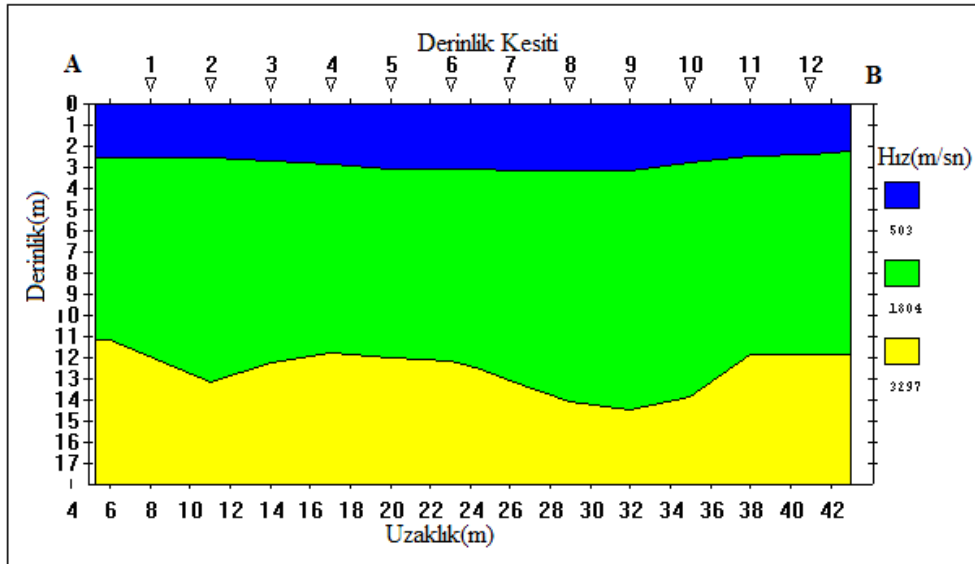


Şekil 28 Araklı-Yiğitözü heyelan alanının görünümü

2.1.2.1 Araklı-Yiğitözü Heyelanı Yeraltı Yapısı ve P –Dalgası Hızları

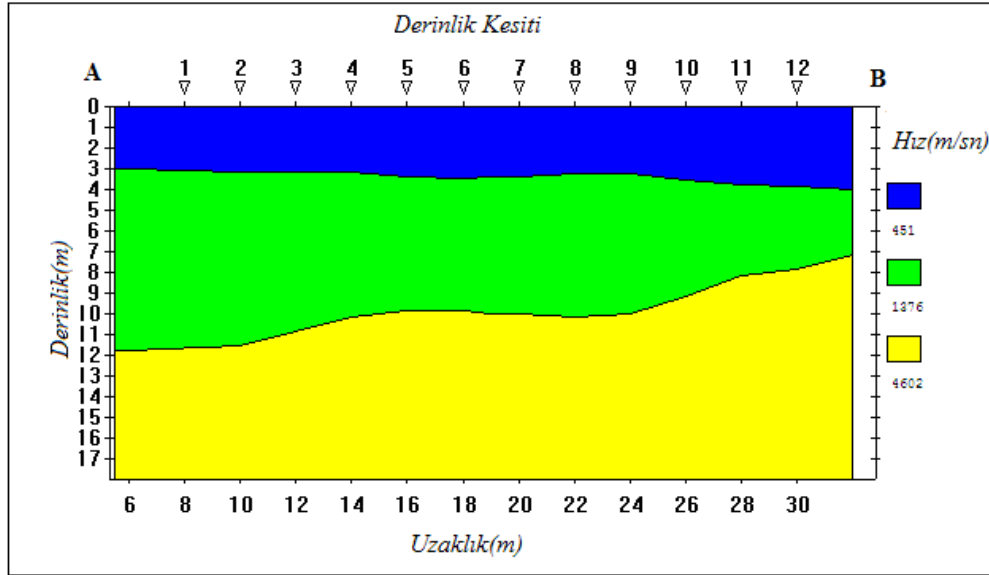
Araklı- Yiğit özü heyelan alanının eğimine dik olarak 8 profil boyunca sismik kırılma yöntemi uygulanmış ve yer altına ait olan P dalgası hızları ve derinlik bilgileri elde edilmiştir. Ölçüler 12 adet 4,5 Hz düşey bileşenli alıcılar alınmıştır. Bu atışlarda elde edilen veriler Seismodül programı ile değerlendirilmiştir.

Birinci profil heyelanın aynasının üzerinde alınmış olup ofset 8 m ve alıcı aralıkları 3 metre olarak belirlenmiş, beş atış yapılmıştır. Şekil 29’da birinci profile ait olan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir. P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman ortalama 2 metrelere kadar hızı 373 m/sn olan bir örtü tabaka ve onun altında ise hızı 1613 m/sn olan ikinci bir tabaka gözlenmiştir.



Şekil 29. Birinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

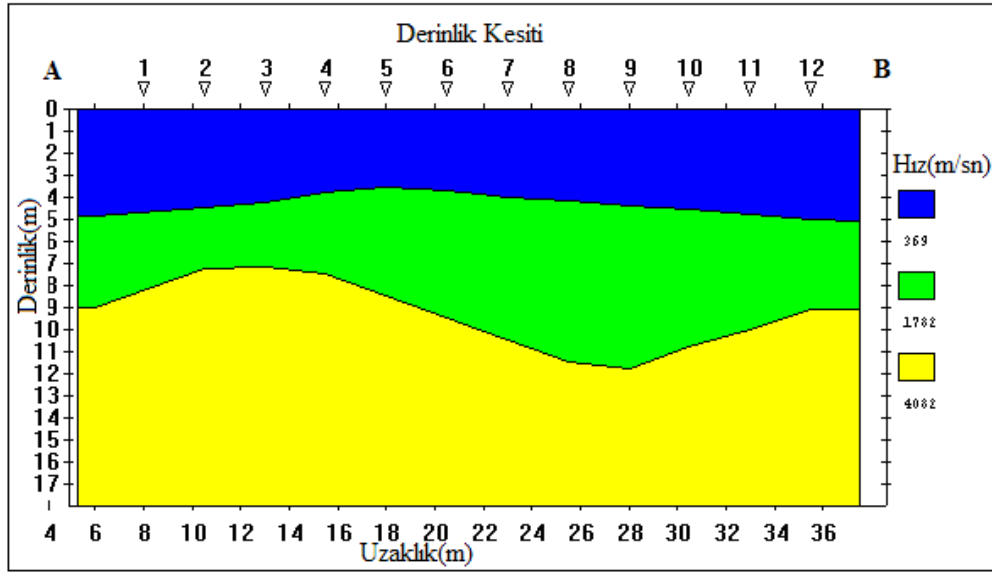
İkinci profil (Şekil 30) heyelanın aynasının hemen altında alınmış olup ofset 8m, alıcı aralıkları 2 metre olarak belirlenmiş ve beş vuruş yapılarak kayıt alınmıştır. İkinci profil ile birinci profil arasındaki uzaklık yaklaşık 25 metredir. Şekil 30’de ikinci profile ait olan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 30. İkinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

İkinci profile ait P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman; ortalama 3 metrelere kadar hızı 451 m/sn olan bir örtü tabakası, onun altında yaklaşık 3 metreden 12 metreye kadar inen hızı 1376 m/sn olan ikinci bir tabaka ve en altta ise hızı 4602 m/sn olan bir üçüncü tabaka gözlenmiştir.

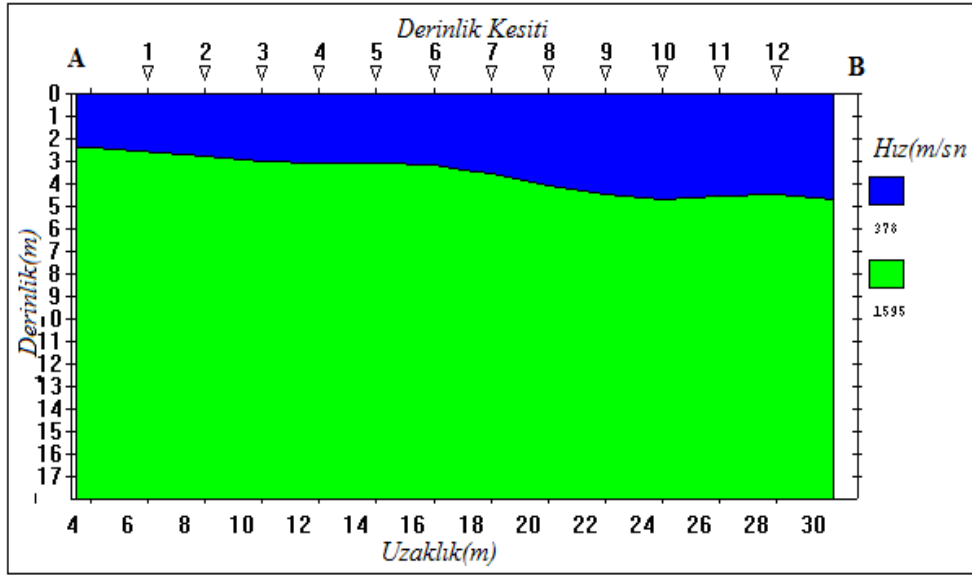
Üçüncü profil heyelanın aynasının hemen altında bulunan eski bir evin arkasına kadar uzanan kısımda alınmış olup ofset 5m, alıcı aralıkları 1,5 metre olarak belirlenmiş ve beş vuruş yapılmıştır. Üçüncü profil ile ikinci profil arasındaki uzaklık yaklaşık 20 metredir. Şekil 31’de Üçüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 31. Üçüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

Üçüncü profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman yine ortalama 4.5 metrelere kadar hızı 378 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında derinliği ortalama 5 ile 11m arasında değişen ve hızı 1731 m/sn olan ikinci bir tabaka, en altta ise hızı 4082 m/sn olan üçüncü bir tabaka gözlenmiştir.

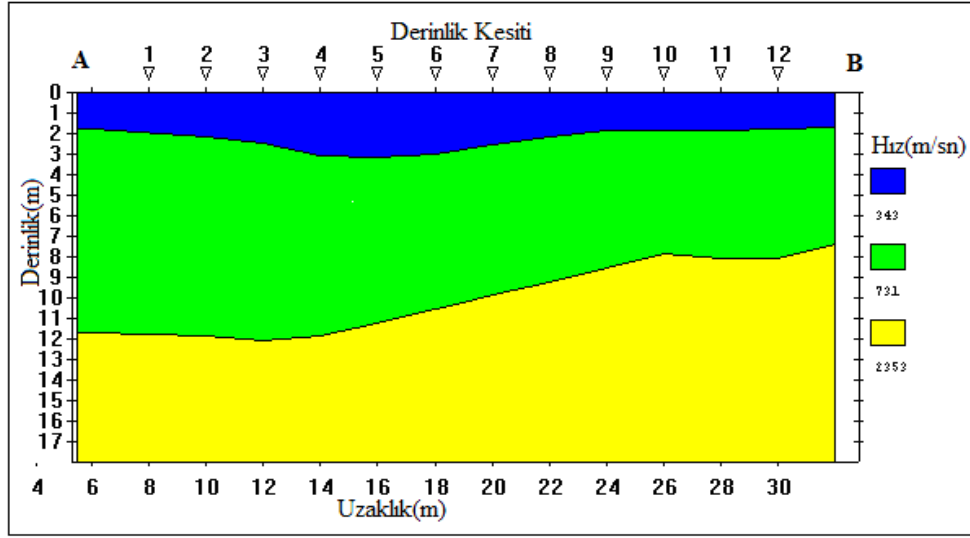
Dördüncü profil heyelanın aynasının hemen altındaki eski evin alt kısmında yol üstü bölgesinde alınmış olup ofset 8m, alıcı aralıkları 2 metre olarak belirlenmiş ve beş vuruş yapılmıştır. Dördüncü profil ile üçüncü profil arasındaki uzaklık yaklaşık 35 metredir. Şekil 32’de dördüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 32. Dördüncü profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

4. profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman ortalama 3 metrelere kadar hızı 378 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında hızı 1595 m/sn olan ikinci bir tabaka gözlenmiştir. Diğer kesitlerle kıyaslandığında, bu kesitin iki tabakalı olmasının nedeni heyelanın çökme bölgesi üzerinde alınmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bölgede daha fazla gevşek ve nem oranı yüksek malzeme biriktiği için yeterli nüfus derinliği sağlanamadığından dolayı üçüncü bir tabaka gözlenememiştir.

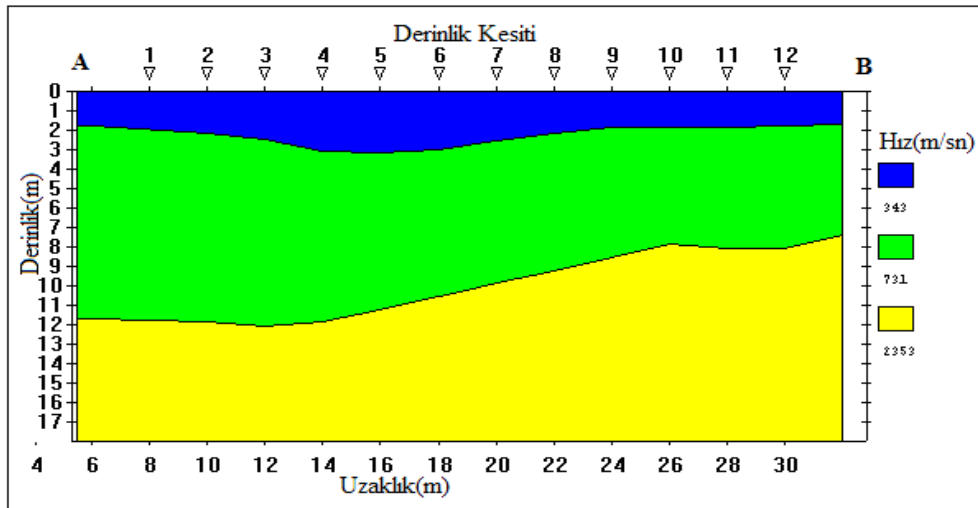
Beşinci profil yola paralel olarak yolun üstünde alınmış olup ofset 8m, alıcı aralıkları 2 metre olarak belirlenmiş ve beş atış yapılmıştır. Dördüncü profil ile arasındaki uzaklık yaklaşık 35 metredir. Şekil 33'de beşinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 33. Beşinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

5. profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman ortalama 3 metrelere kadar hızı 243 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında hızı 731 m/sn ve 3–9 metre arası ikinci bir tabaka ile. Hızı 2343 m/sn 17 metrelere inen üçüncü bir tabaka vardır.

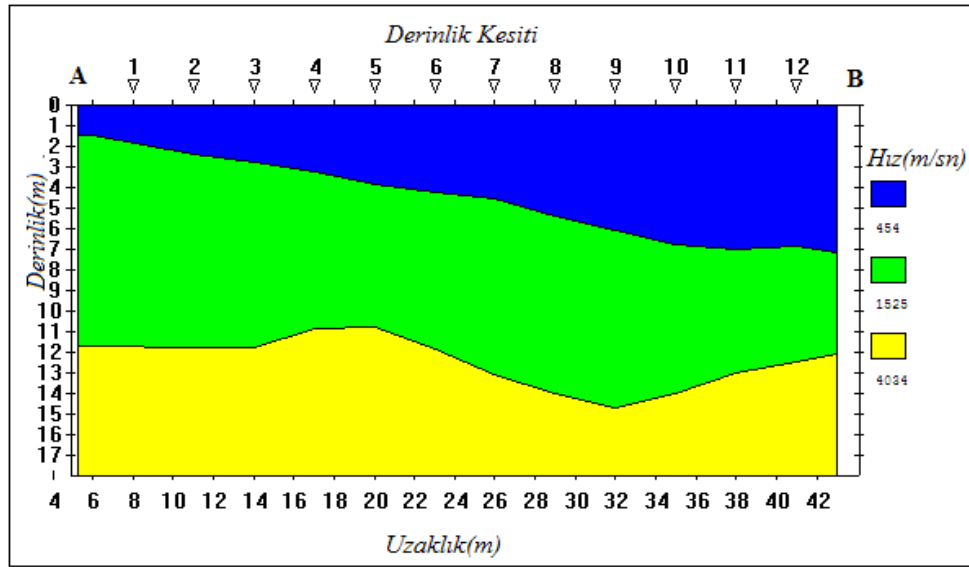
Altıncı profil yolun alt kısmında alınan yola paralel bir profildir. Ofset 10m, alıcı aralıkları 1.5 metre olarak belirlenmiş ve beş atış yapılmıştır. Şekil 34'de altıncı profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 34. Altıncı profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

6. profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman yine ortalama 3 metrelere kadar hızı 343 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında derinliği 3 ile 12 arasında değişen, hızı 731 m/sn olan ikinci bir tabaka ve en altta hızı 2353 m/sn olan üçüncü tabaka gözlenmiştir.

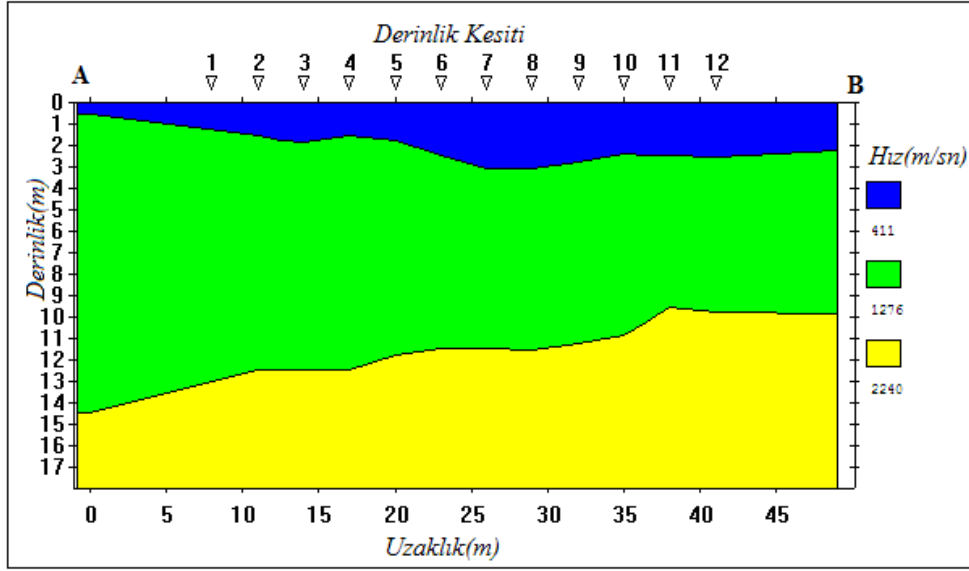
Yedinci profil yol altında yıkılmış olan evin altında ve heyelan topuğuna yakın bir bölgede alınmış olup ofset 8m, alıcı aralıkları 3 metre olarak belirlenmiş ve beş atış yapılmıştır. Altıncı profil ile arasındaki uzaklık yaklaşık 20 metredir. Şekil 35’de yedinci profile ait olan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



Şekil 35. Yedinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

7. profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman; ortalama (2–6)m arasında soldan sağa doğru eğimli hızı 454 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında ortalama 12 metreye kadar inen hızı 1525 m/sn olan ikinci bir tabaka ve en altta ise hızı 4034 m/sn olan bir üçüncü tabaka gözlenmiştir.

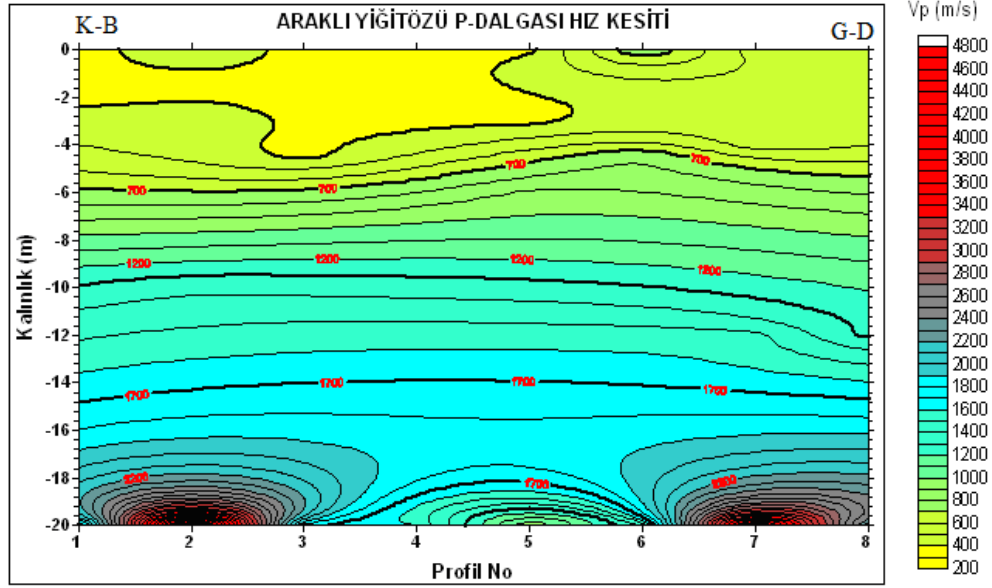
Sekizinci profil yol altındaki en alt kısmında topuğa yakın bir bölgede alınmış olup ofset 8m ve alıcı aralıkları 3 metre olarak belirlenmiş ve beş atış yapılmıştır. Yedinci profil ile arasındaki uzaklık yaklaşık 30 metredir. Şekil 36’da sekizinci profile ait olan P dalgası derinlik kesiti verilmektedir.



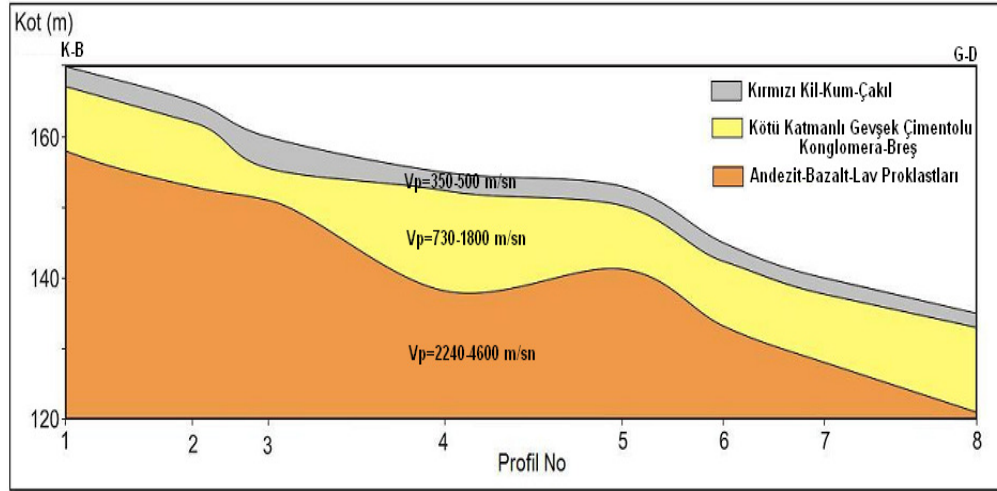
Şekil 36. Sekizinci profilden hesaplanan P dalgası derinlik kesiti

Sekizinci profile ait olan P dalgası derinlik kesitini incelediğimiz zaman; ortalama (1-3)m arasında soldan sağa doğru eğimli hızı 411 m/sn olan bir örtü tabaka, onun altında ortalama 14 metreye kadar sağdan sola doğru inen hızı 1276 m/sn olan ikinci bir tabaka ve en altta ise hızı 2240 m/sn olan bir üçüncü tabaka gözlenmiştir.

Heyelan eğimine dik olarak 8 profilin belli noktalardan elde edilen P dalgası hız bilgilerinden oluşturulan heyelan alanının derinlik hız kesiti Şekil 37'de verilmektedir. Ayrıca, hız ve derinlik bilgileri kullanılarak elde edilen heyelan alanına ait yapı kesiti Şekil 38'de verilmektedir. Şekil 37 ve 38'den görüleceği gibi ortamın üç tabakalı bir yapıda olduğu gözlenmektedir. 0-3 metre arasında ortalama hızı 350-500 m/sn olan gevşek kırmızı kil, kum ve çakıldan oluşan örtü tabakası, 3-12 metreler arasında ortalama hızı 730-1800 m/sn olan yüksek oranda nemli, kötü katmanlı gevşek çimentolu konglomera ve breşlerden oluşan akma ve çökmelerin geliştiği örtü ile birlikte Beşirli formasyonunu temsil eden jeolojik birim bulunmaktadır. 12 metrelerden derinlere doğru devam eden, hızı 2240-ile 4600 m/sn arasında değişen sıkı andezit, bazalt ve lav proklastlarından oluşan Kabaköy formasyonu bulunmaktadır.



Şekil. 37 Tüm sismik profillerden elde edilen P dalgası derinlik kesiti



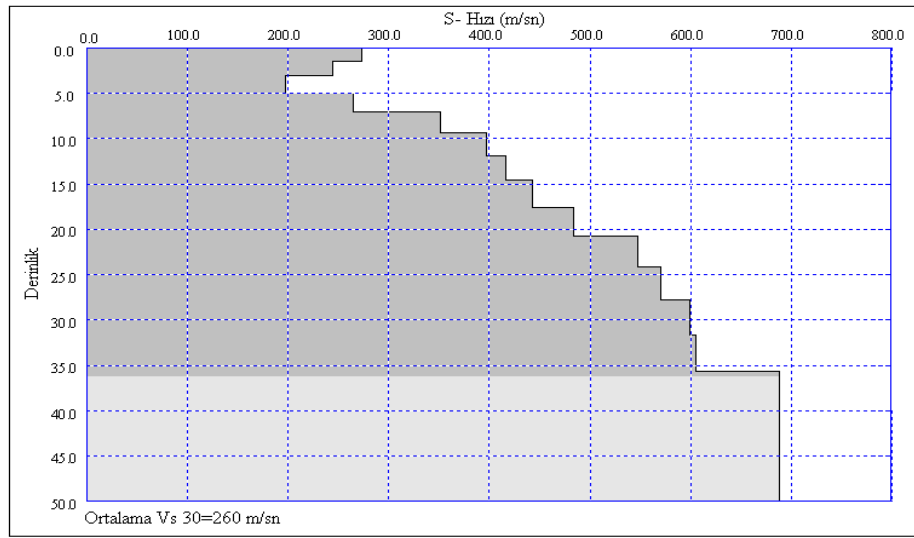
Şekil 38. Tüm sismik profillerden elde edilen heyelan alanına ait yapı kesiti

2.1.2.2. Araklı Yiğit özü Heyelanı Yeraltı Yapısı ve S Dalgası Hızları

Araklı- Yiğitözü heyelan alanında S dalgası hızlarını elde etmek için yüzey dalgası çok kanallı analiz yöntemi kullanılarak 8 profil boyunca heyelanın eğimine dik olarak ölçümler alınmıştır (Şekil 27). Alınan ölçümler SeisImager programı ile değerlendirilmiş ve heyelan alanına ait S dalgası hız profili bir boyutlu olarak elde edilmiştir. Yüzey dalgası

ölçümleri P dalgası ölçümleri ile aynı hatlar üzerinde yapılmıştır. Çalışmada 24 adet 4,5 Hz'lik düşey bileşenli alıcılar kullanılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sismik kayıtlara 2 boyutlu Fourier dönüşümünü uygulamak suretiyle dispersiyon eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen dispersiyon eğrilerine doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemini temel alan ters çözüm uygulamak suretiyle 1 boyutlu S dalgası hızları elde edilmiştir.

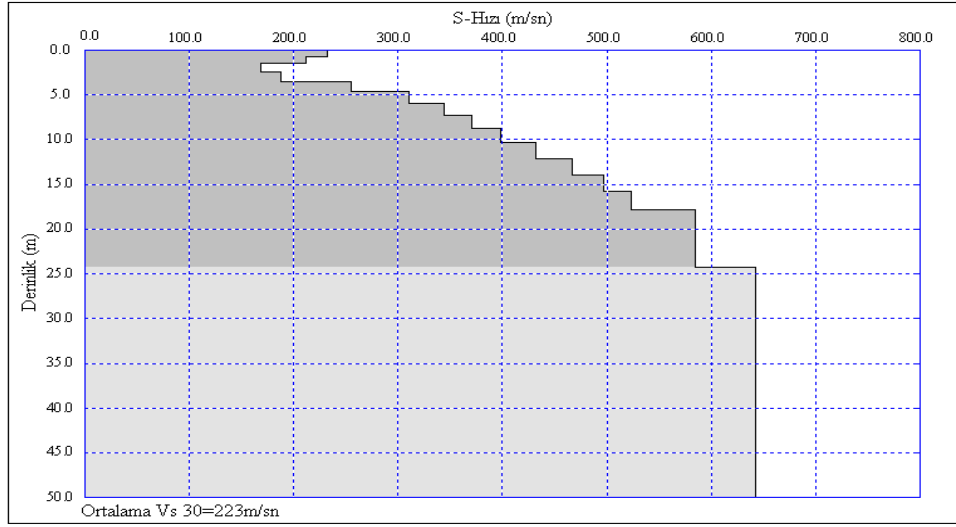
Birinci profil heyelanın aynasının üzerinde alınmış olup ofset 5m alıcı aralıkları 2 metre olarak seçilmiştir. Şekil 39'da birinci profile ait 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 39. Birinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 39 incelendiğinde efektif olarak ortalama 35 metrelere kadar inen 3 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 5 metrelere kadar inen, ortalama hızı 240m/sn olan ilk tabaka ve 5metreden 20 metreye kadar inen ve ortalama hızı 440 m/sn olan ikinci tabaka mevcuttur. 20–35 metreler arasında hızı 550m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

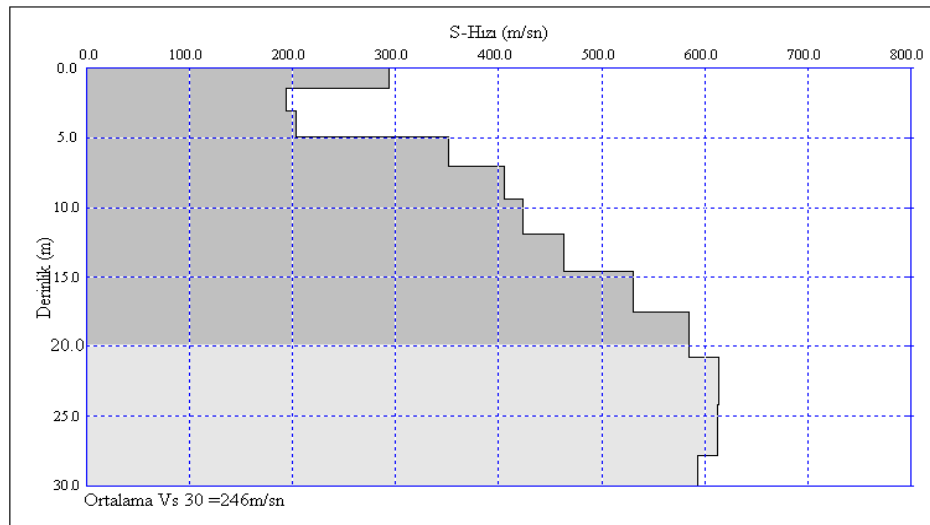
İkinci profil heyelanın aynasının hemen altında alınmış olup ofset 5m ve alıcı aralıkları 3 metre olarak seçilmiştir. Şekil 40'da ikinci profile ait hesaplanan 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 40. İkinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 40 incelendiğinde efektif olarak ortalama 25 metrelere kadar inen 3 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 7 metrelere kadar inen, ortalama hızı 240m/sn olan ilk tabaka ve 7 metreden 17 metreye kadar inen ve ortalama hızı 420 m/sn olan ikinci tabaka ve 17 metre–25 metre arasında hızı 550 m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

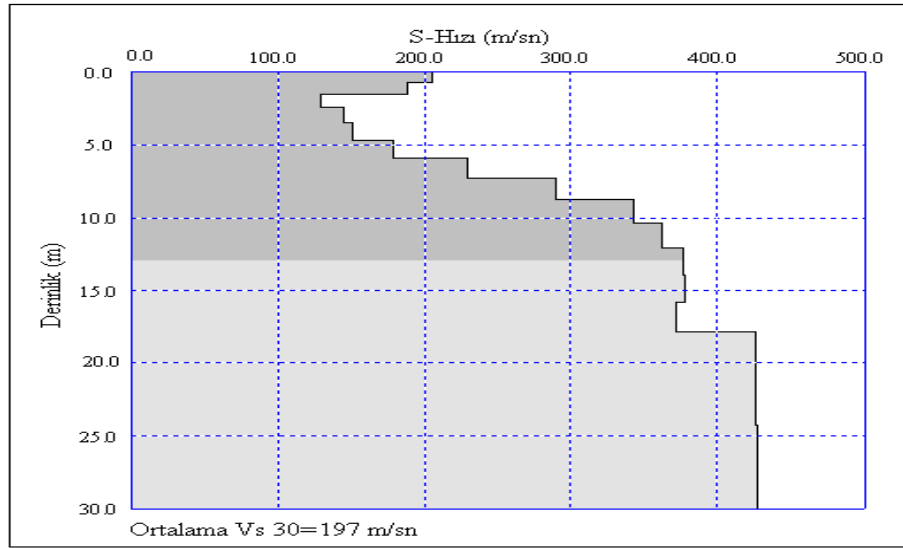
Üçüncü profil, 2 profilin 20 metre kadar aşağı kısmında yer almaktadır.(Şekil 41) Üçüncü profile ofset 5m ve alıcı aralıkları 1.5 metre olarak seçilmiştir. Hesaplanan üçüncü profile ait 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 41. Üçüncü profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 41 incelendiğinde efektif olarak ortalama 20 metrelere kadar inen üç tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 5 metrelere kadar inen, ortalama hızı 250m/sn olan ilk tabaka ve 10 metreden 15 metreye kadar inen ve ortalama hızı 350 m/sn olan ikinci tabaka ile 15- 20 metre arasında hızı 550 m/sn olan üçüncü tabakanın varlığı belirlenmiştir.

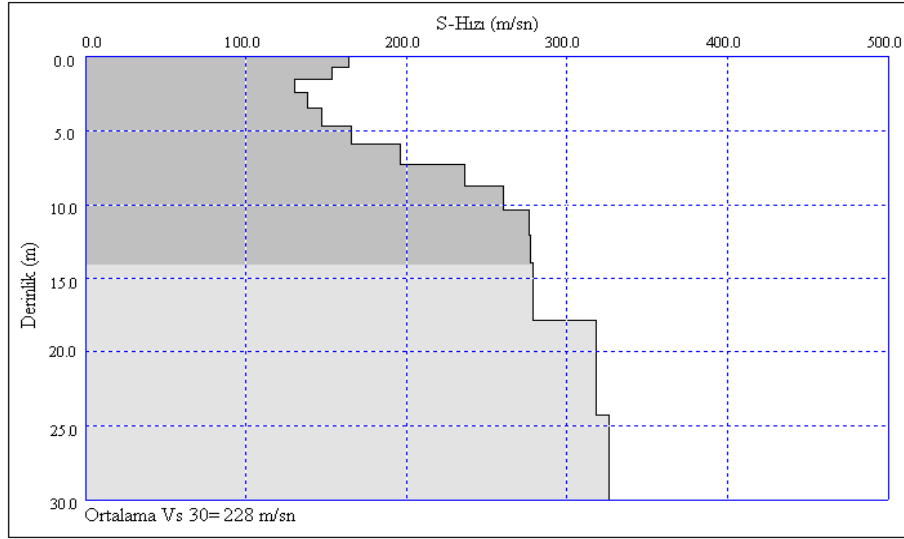
Dördüncü profil, 3 profilin 20 metre kadar aşağı kısmında yer almaktadır. Dördüncü profile ofset 10 ve alıcı arakları 1 metre olarak seçilmiştir. Şekil 42de 4. profilden hesaplanan 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti görülmektedir.



Şekil 42. Dördüncü profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 42 incelendiğinde efektif olarak ortalama 13 metrelere kadar inen tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 5 metrelere kadar inen, ortalama hızı 200m/sn olan ilk tabaka ve 6 metreden 9 metreye kadar inen ve ortalama hızı 350 m/sn olan ikinci tabaka ile 9- 13 metre arasında hızı 350 m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

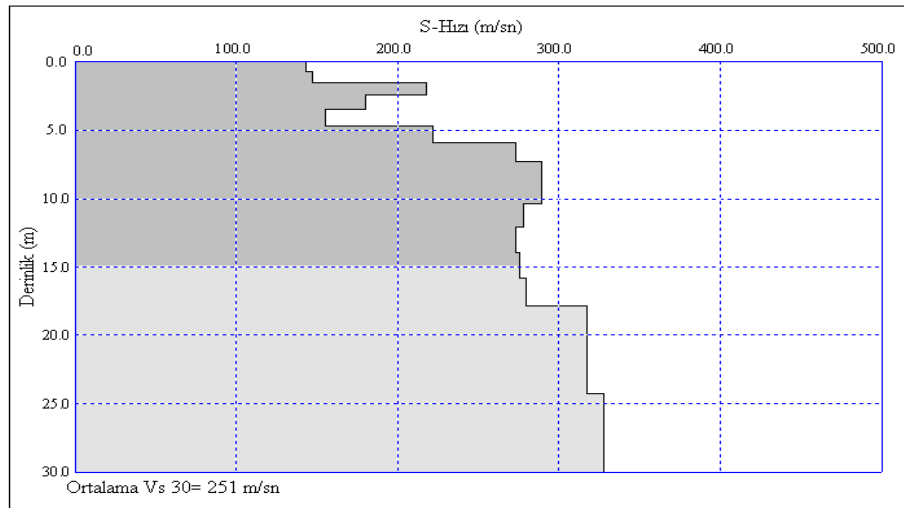
Beşinci profil, yol üstünde, yola paralel olarak ve 4. profilin yaklaşık 15 metre kadar aşağı kısmında yer almaktadır (Şekil 43). Beşinci profile ofset 5 ve alıcı aralıkları 1 metre olarak seçilmiştir. Beşinci profile ait 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 43. Beşinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 42 incelendiğinde efektif olarak ortalama 15 metrelere kadar inen 3 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 5 metrelere kadar inen, ortalama hızı 150 m/sn olan ilk tabaka ve 5 metreden 10 metreye kadar inen ve ortalama hızı 220 m/sn olan ikinci ile 10- 13 metre arasında hızı 270 m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

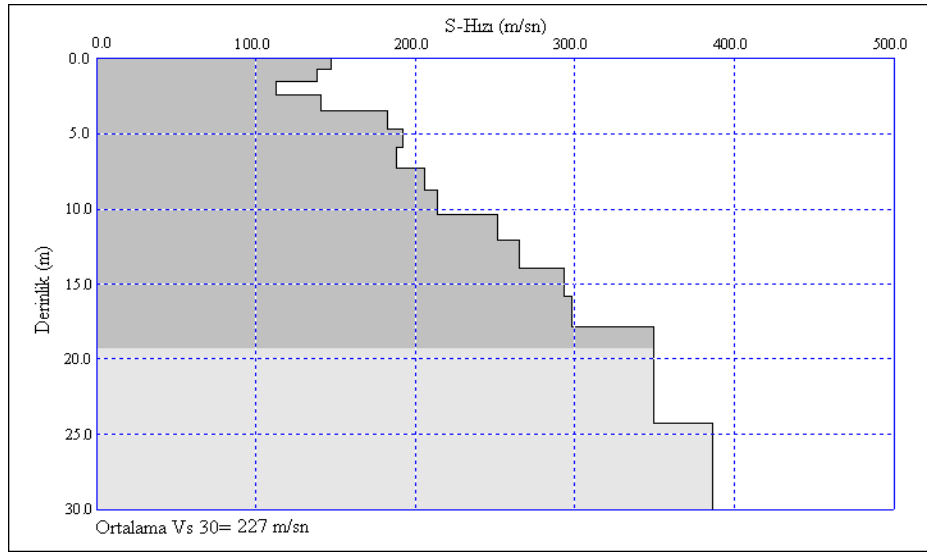
Altıncı profil, yolun alt kısmında ve yola paralel olarak alınan ilk profildir. Altıncı profile ofset 10 ve alıcı aralıkları 1.5 metre olarak seçilmiştir. Şekil 44'de 6. profile ait 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 44. Altıncı profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 44 incelendiğinde efektif olarak ortalama 15 metrelere kadar inen 3 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 5 metrelere kadar inen, ortalama hızı 150 m/sn olan ilk tabaka ve 5–15 metre arasında hızı 240m/sn olan ikinci tabaka ve bunun altında ise ortalama hızı 275 m/sn olan Üçüncü tabaka mevcuttur.

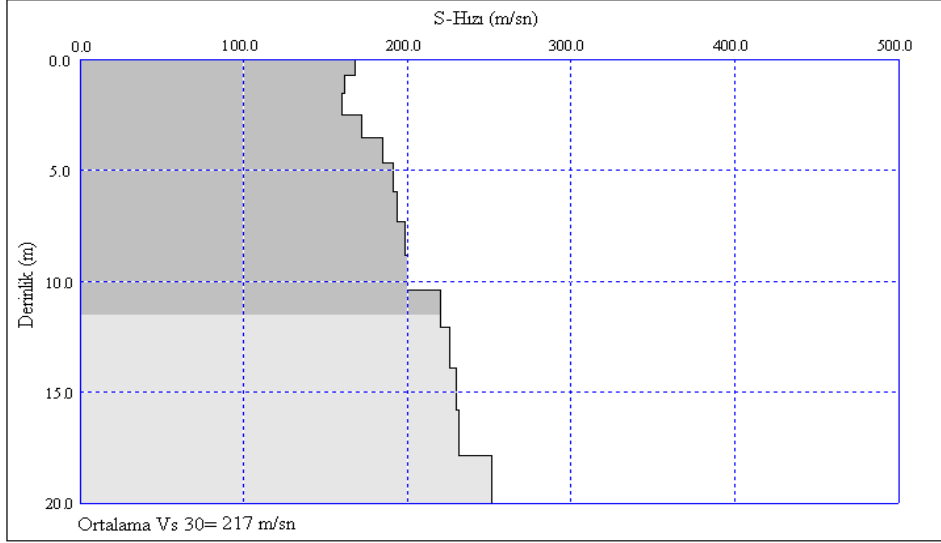
Yedinci profil, yolun alt kısmında ve 6. profilden yaklaşık 20 metre aşağıda yer almaktadır (Şekil 45). Yedinci profilde ofset 10 ve alıcı aralıkları 1.5 metre olarak seçilmiştir. 7. profil için hesaplanan 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 45. Yedinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 44 incelendiğinde efektif olarak ortalama 20 metrelere kadar inen 3 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 3metrelere kadar inen, ortalama hızı 150 m/sn olan ilk tabaka ve 3–10 metre arasında hızı 200m/sn olan ikinci ve 10den 20 metreye kadar inen ve ortalama hızı 350 m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

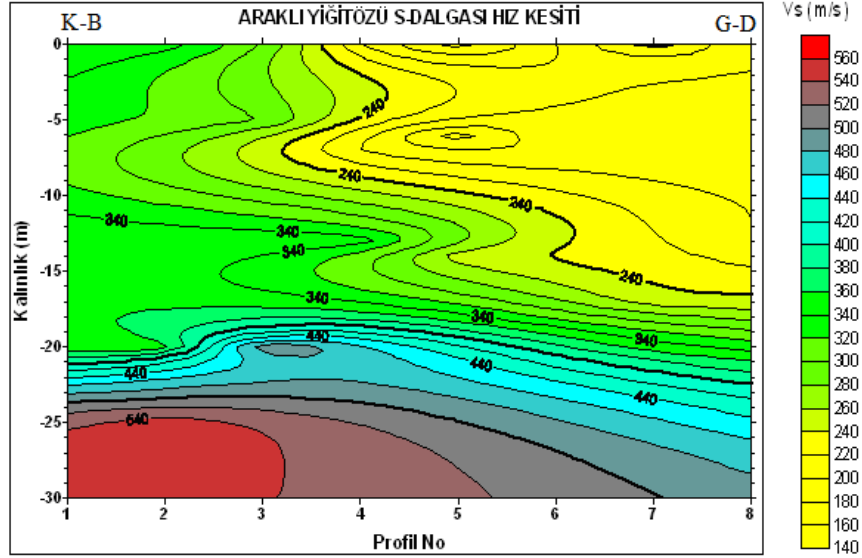
Sekizinci profil, yolun alt kısmında ve heyelan topuğuna yakın en son profildir (Şekil 46) Sekizinci profilde ofset 10 ve alıcı aralıkları 3 metre olarak seçilmiştir. Şekil 46'de 8. profile hesaplanan 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 46. Sekizinci profil için hesaplanan S dalgası hız-derinlik kesiti

Şekil 46 incelendiğinde efektif olarak ortalama 12 metrelere kadar inen üç tabakalı ve hızları birbirine yakın bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 3 metrelere kadar inen, ortalama hızı 150 m/sn olan ilk tabaka ve 3 metreden 10 metreye kadar inen ve ortalama hızı 200 m/sn olan ikinci 10den 20 metreye kadar inen ve ortalama hızı 250 m/sn olan üçüncü tabaka mevcuttur.

Heyelan eğimine dik olarak 8 profilin belli noktalardan elde edilen heyelan alanının S dalgası hız-derinlik kesiti (Şekil 47) elde edilmiştir. Bu şekilden görüleceği gibi hız dağılımı ortamın üç tabakalı bir yapıda olduğunu göstermektedir. Daha önceden hesaplanan P dalgası bilgileri ile jeolojik yapı yönünden uyumludur. Tüm S dalgası hız kesitlerinde ortalama 0 ile 2.5 metreler arasında gözlenen hız düşümünün sebebinin ortamın içerdiği nemlilikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ortalama hızı <300 m/sn olan, yaklaşık 3 metre kalınlığında gevşek kırmızı kil, kum ve çakıldan oluşan örtü tabakası, 3–12 metreler arasında ortalama hızı 300–600 m/sn olan yüksek oranda nemli, kötü katmanlı gevşek çimentolu konglomera ve breşlerden oluşan akma ve çökmelerin geliştiği örtü ile birlikte Beşirli formasyonunu temsil eden jeolojik birim bulunmaktadır. 12 metrelerden derinlere doğru devam eden, hızı >600 m/sn'den büyük olan sıkı andezit, bazalt ve lav proklastlarından oluşan Kabaköy formasyonu bulunmaktadır.



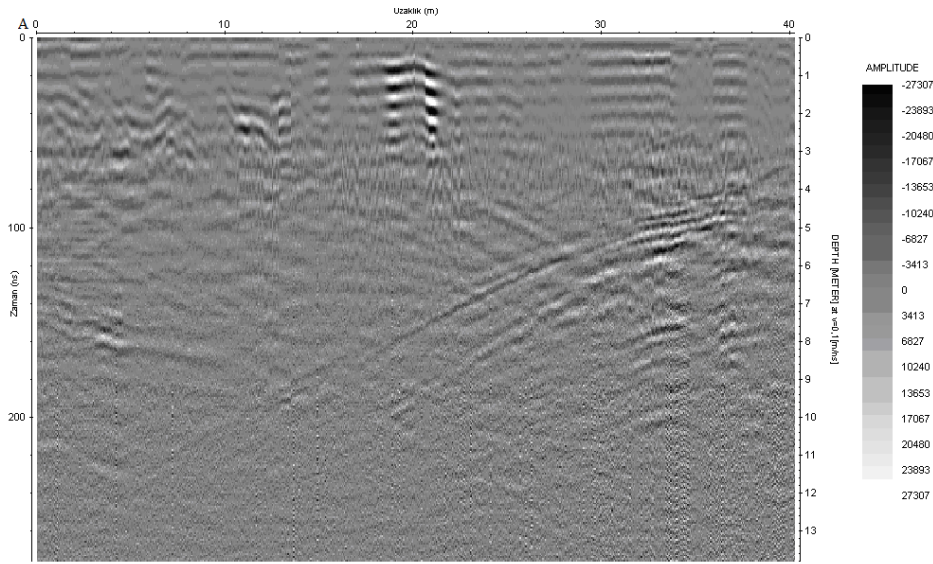
Şekil 47 Tüm profillerden elde edilen S dalgası derinlik kesiti

2.1.2.3. Araklı-Yiğitözü Heyelanı Yer radarı (GPR) Kesitleri

Ayrıca Araklı-Yiğitözü sahasında yaklaşık K-G doğrultuda 18 adet profile yer radarı ölçümleri alınmıştır (Şekil 28). Ölçümler, verici ve alıcı anten profile karşılıklı olarak profile dik doğrultuda tutularak YY modunda alınmıştır. Alınan ölçümler Reflexw programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ölçülerin değerlendirmeleri yapılırken temel veri işlemler (Dewow, Background Removal, zaman kazancı (energy decay)) uygulanmıştır. Bu programla hız bilgileri yardımıyla kenar yansımalar, yer altı yansıma sınırları ayırt edilmiştir. Kenar yansımaları dikkate alınmamıştır. Temel veri işlemlerle derindeki düşük genlikli yansımalar belli oranlarda genlikleri artırılmıştır. Bu işlemle topografyanın düzgün olmayışı ve antenlerle yerin iyi uyum göstermemesi neticesinde radar gramlardan gözlemlenen yatay derine doğru periyodik görünümlü olayların giderilmesi amaçlanmıştır. Kesitler Pointmode (scan) ile çizdirilmiştir.

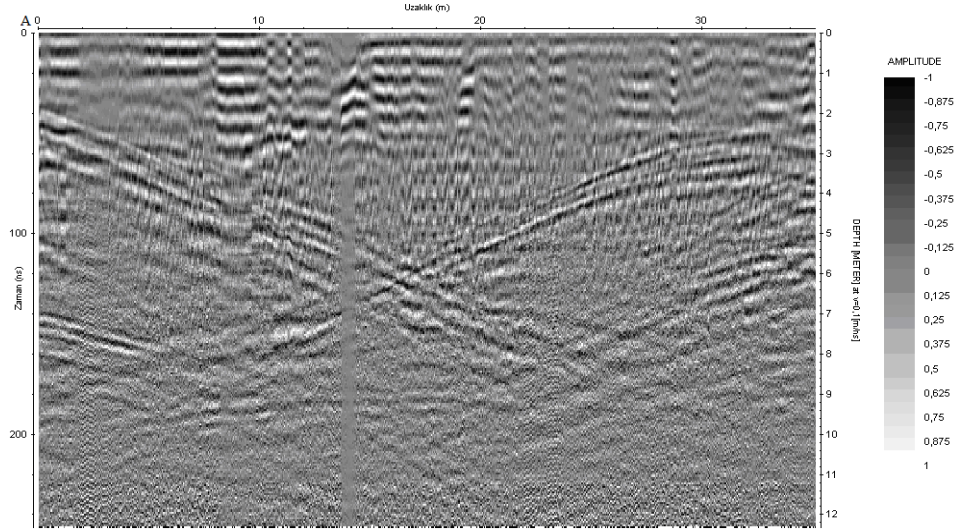
Her bir profil arası yaklaşık 10 metredir. Birinci profil heyelan aynasının hemen alt kısmında 2. sismik profile aynı hat üzerinde alınmıştır. Toplam hat uzunluğu 40 metredir. Şekil 48’de birinci profile ait olan GPR Radar gramı verilmiştir. Tüm kesitlere karakteristik olarak bakıldığında üç guruba ayrılabilir olmak üzere ((1–9), (10–15), (16–18)) dir. 1, 3, 7, 9, 11, 13, 16 no’ lu radargramlar sismik hatlarla aynı doğrultuda yer almaktadır. Diğer profillere ait olan GPR radargramları ekler bölümünde sunulmuştur.

Şekil 48’ de birinci profile ait olan radar gram verilmiştir. Bu şekli inceleyecek olursak; $x=40$ ’ metreden $x=5$ metreye, $t=100$ ns ile başlayıp $t=200$ ns kadar devam eden, sağdan sola doğru kavisli ve gittikçe derinleşen bir yansımaya sınırı izlenmektedir. Ayrıca $d=0-3$ metre arasında hat boyunca $t=60-70$ ns arasında bir yansımaya sınırı da gözlenmektedir. bu sınıra paralel $d=8-9$ metre arası ve $t=160$ ns lerde hat boyu yansımaya sınırı belirgindir. Bu sınırların Ayrıca şekil üzerinde var olan $t=90$ ns ile 220 ns arasında soldan sağa devam eden kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



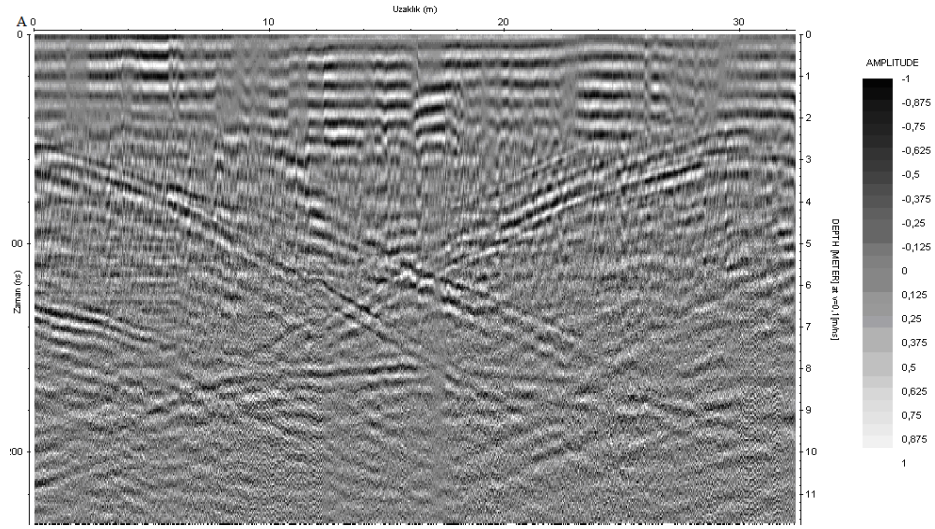
Şekil 48. Birinci profile ait radar kesiti

Şekil 49 ı inceleyecek olursak; $x=36$ metreden $x=10$ metrelerde $t=50$ ns’ den başlayıp, $t=150$ ns ve son bulan, sağdan sola doğru kavisli ve gittikçe derinleşen bir yansımaya sınırı izlenmektedir. Ayrıca $d=0-3$ metre arasında hat boyunca $t=60-70$ ns ye arasında bir yansımaya sınırı da gözlenmektedir. Bu sınıra paralel $d=9-10$ metre arası ve $t=200$ ns’ lerde belirgin bir yansımaya sınırı görülmektedir. Şekil üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



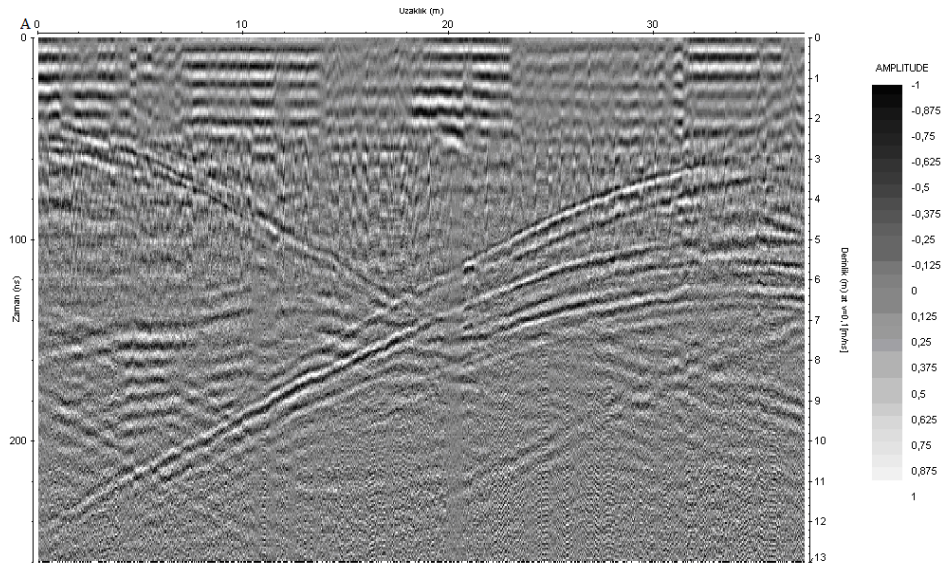
Şekil 49. Üçüncü profile ait radar kesiti

Şekil 50'ı inceleyecek olursak; $x=33$ metreden $x=10$ metrelerde ve $t=60$ ns'ye den başlayıp, $t=150$ ns ve son bulan, sağdan sola doğru kavisli ve gittikçe derinleşen bir yansımaya sınırı vardır. Ayrıca, Şekil 50' de $x=0$ dan $x=20$ metreye $t=50-180$ ns lerde aynı şekilde soldan sağa doğru olan yansımalar izlenmektedir. $d=0-3$ metre arasında hat boyunca $t=50-55$ ns ye arasında bir yansımaya sınırı da gözlenmektedir. Buna paralel $d=8-10$ metreler arası ve $t=170-200$ ns arası kavisli yansımaya sınırı belirgindir. Şekil üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



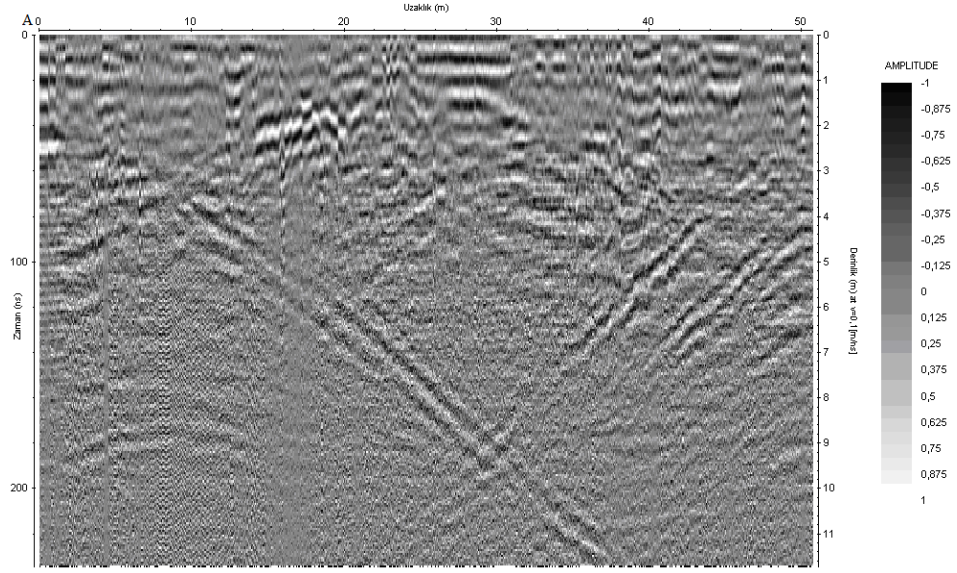
Şekil 50. Yedinci Profile ait radar kesiti.

Şekil 51'yi inceleyecek olursak; $x=36$ metreden $x=0$ metreye kadar $t=60-220$ ns'ye arasında son bulan, sağdan sola doğru kavisli ve gittikçe derinleşen bir yansıma sınırı vardır. $x=0$ dan $x=20$ metreye $t=50$ den $t=150$ ns'lerde aynı şekilde soldan sağa doğru olan yansımalar izlenmektedir. Şekilde $d=0-3$ metre arasında hat boyunca $t=50-60$ ns ye arasında bir yansıma sınırı da gözlenmektedir. Buna paralel $d=7-8$ metreler arası ve $t=145-150$ ns arası yansıma sınırı belirgindir. Şekil üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



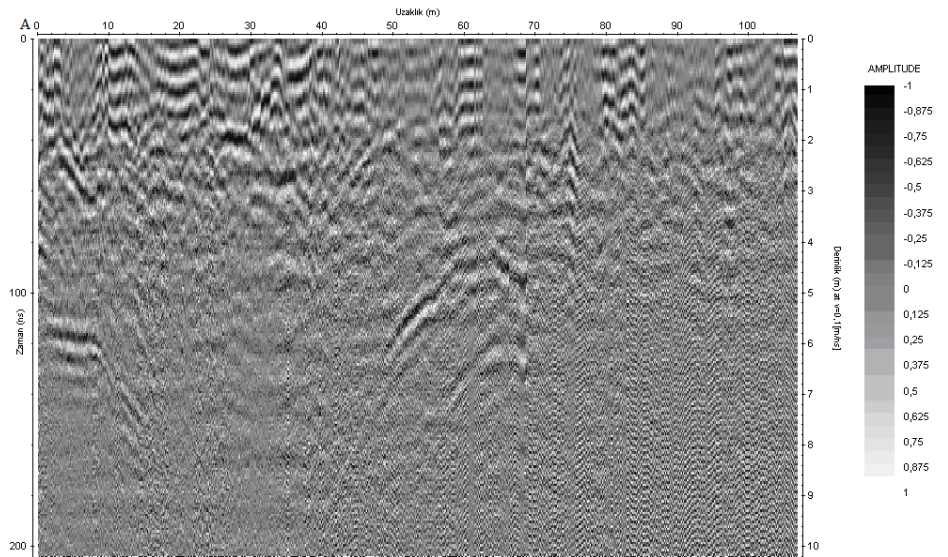
Şekil 51. Dokuzuncu. profile ait radar kesiti

Şekil 52'yi inceleyecek olursak; $x=50$ metreden $x=20$ metrelere kadar $t=50$ ns'ye den başlayıp, $t=220$ ns arasında son bulan, sağdan sola doğru sabit eğimli ve gittikçe derinleşen bir yansıma sınırı bulunmaktadır. $x=10$ dan $x=40$ metreye $t=70-220$ ns lerde aynı şekilde soldan sağa doğru olan yansımalar izlenmektedir. Ayrıca $d=0-3$ metre arasında hat boyunca $t=50-60$ ns ye arasında bir yansıma sınırı da belirgin değildir. Şekil 52 üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



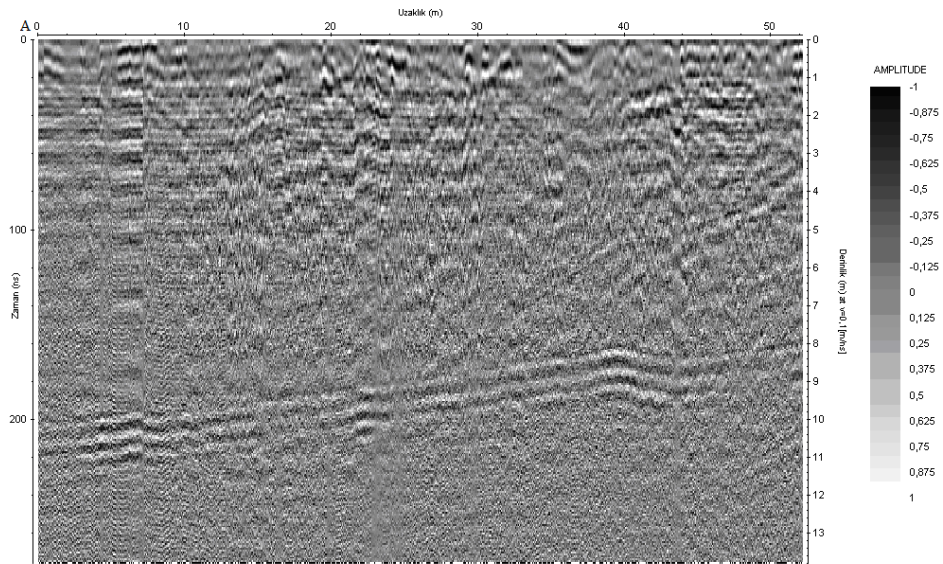
Şekil 52. Onbirinci profile ait radar kesiti

Şekil 53'ü inceleyecek olursak; $d=0-3$ metrelerde dalgalı hat boyu yansımalar gözlenmiştir. Karakter olarak II. grupta yer almaktadır. $t=80$ ns başlayıp, $t=120$ ns'de son bulan, $x=50-70$ metre arasında bir yansıma hiperbolü gözlenmiştir. Şekil üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır.



Şekil 53. Onüçüncü profile ait radar kesiti

Şekil 54'ü inceleyecek olursak; $d=0-4$ metrelerde dalgalı hat boyu yansımalar gözlenmiştir. Karakter olarak III. grupta yer almaktadır. $t=170$ ns başlayıp, $t=220$ ns'de son bulan, profil boyunca sağdan sola doğru ondüveli bir yansıma sınırı gözlenmiştir. Şekil üzerinde var olan tekrarlı ve kenar yansımaları dikkate alınmamıştır. Radargramları, P ve S hızlarının yapı ve derinlik kesitleri ile birlikte değerlendirdiğimizde 0-3 metre arasının örtü tabaka olduğu görülmektedir. Radargramlarda $d=8-10$ metreler arasında gözlemlenen yansıma sınırının kayma yüzeyi sınırına denk geldiği ifade edilebilir Buradaki sınırın sismik çalışmalarla belirlenen kayma yüzeyi ile derinlik farkı radargram değerlendirilmesinde Beşirli formasyonu örtü ve alttaki yüksek nemli gevşek çimentolu malzemelerden oluşmasından dolayı veri işlem aşamasında verilen ortalama hızdan kaynaklandığı düşünülmektedir.



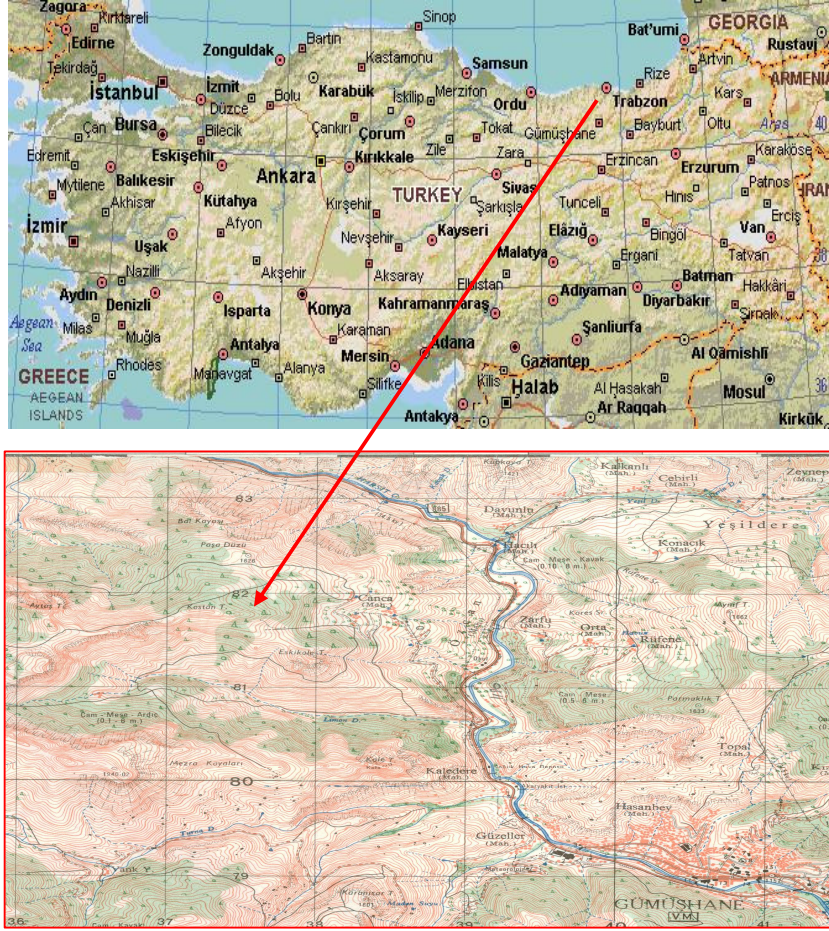
Şekil 54. Onaltıncı profile ait radar kesiti.

2.2. Gümüşhane-Mescitli Heyelanı

İkinci çalışma alanı Gümüşhane-Trabzon devlet karayolu üzerinde Gümüşhane il merkezine yaklaşık 10 km'lik bir mesafede yer almaktadır (Şekil 55). 2006 yılında içerisinde akma ve kaya düşmesi sonucunda oluşan heyelan nedeniyle Trabzon-Gümüşhane Devlet karayolu ulaşımına kapanmıştır.

Mescitli heyelanının meydana gelmesi sonrası üzerine 2007 yılı Mart ayında yapılan jeoteknik çalışmalar neticesinde yol güzergâhı değiştirilmiştir. Geçiş tünelle vadinin karşısına alınmıştır.

2.2.1. Gümüşhane-Mescitli Heyelan Alanının Genel Jeolojisi



Şekil 55. Gümüşhane-Mescitli heyelanı yer bulduru ve jeolojik haritası

Doğu Pontid tektonik birliğinin güney kesiminde yer alan Gümüşhane yöresi (Ketin, 1966) sırası ile Hersiniyen ve Alp orojenezlerinin etkisinde kalmıştır. Bu orojenez sonucu yörede uyumsuzluk faylanmaları, kırık yapıları, bindirmeler ve zayıf kıvrımlanmalar olmuştur. Güney-Kuzey yönünde oluşan bölgesel sıkışma tektoniği Gümüşhane yöresinde genellikle KB-GD yönünde bir kırık tektoniğinin gelişmesine neden olmuştur. Gümüşhane bölgesinin kuzeyinde andezit ve ona eşlik eden Üst Kretase yaşlı

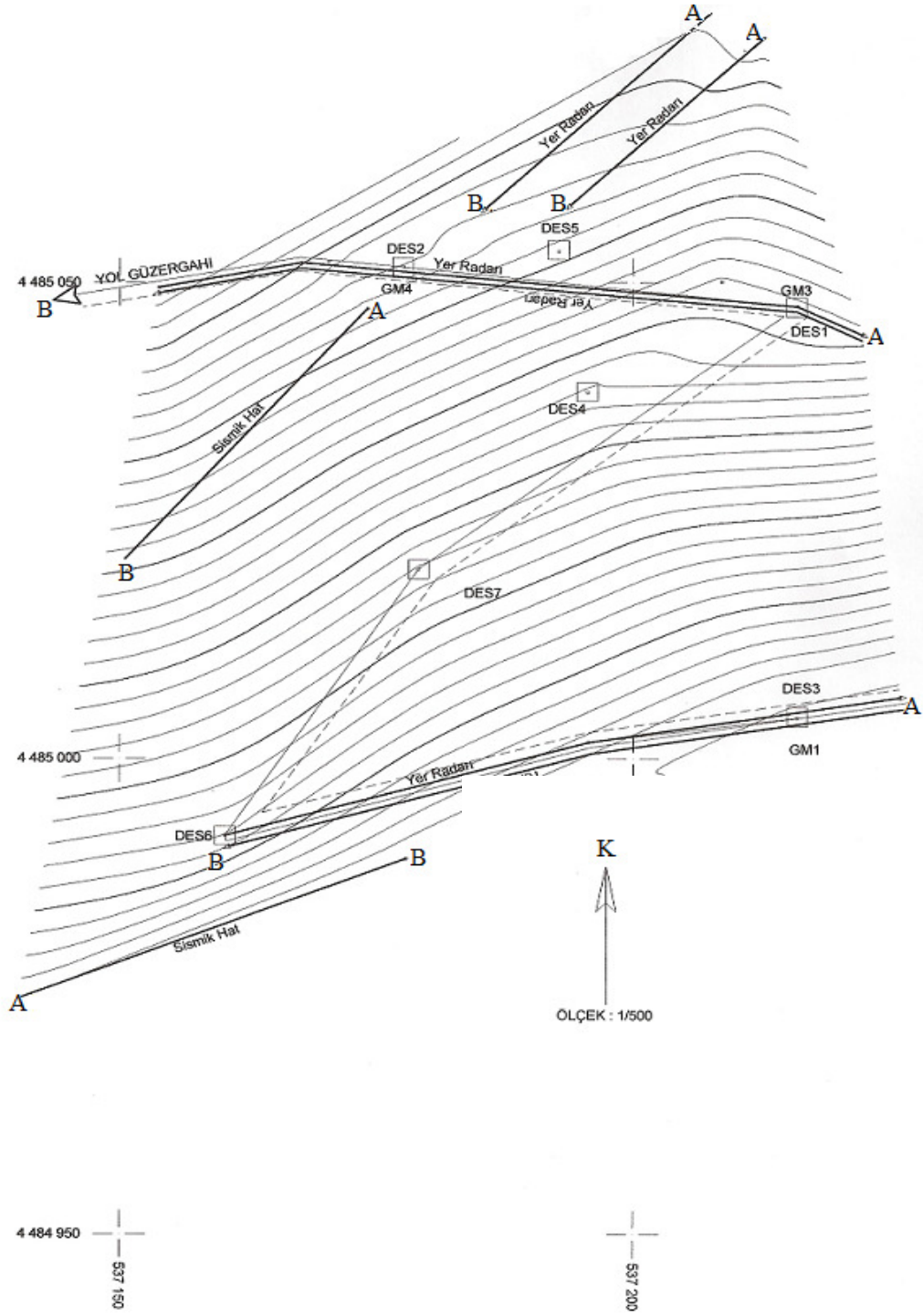
Zigana Formasyonunun piroklastitleri yaygındır. Gümüşhane il sınırları içerisinde genelde granadiyorit, adamellit ve ince taneli porfirik granit olarak gözlenen Gümüşhane granitleri içinde yer yer küçük ölçekli dolerit ve diyorit sokulumları bulunur (Yılmaz, 1972). Tabandaki bunu metamorfik ve granit kayalar bazen spilitik karakterli lavlar çört, dasitik tuf ve kumtaşı içeren bazaltik kayalardan oluşan Alt Jura yaşlı Hamurkesen (Zimonköy) Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülürler. Hamurkesen Formasyonu genelde taban konglomerası, dasitik tuf, bazalt lavları, bazaltik proklastitler, spilit lavları, kırmızı kireçtaşı kumtaşı, çamurtaşı ve çörten oluşur (Türk-Japon ekibi, 1985).

Hamurkesen Formasyonu(Jlh): Bayburt-Demirözü yöresinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları altında bulunan Volkano-tortul karakterli birim olup, Ağar (1977) tarafından adlandırılmıştır. Birim genellikle mor ve yeşilimsi gri renkli bazalt lav ve proklastlarından oluşur. Bazalt lavları genellikle bol olivinli olup, entergranüler ve mikrolitik porfirik dokuya sahiptir. Lav ve proklastlar arasında kalınlığı 3–5 m kadar olan kırmızı bordo renkli killi kireçtaşları ve kumtaşları izlenir. Hamurkesen Formasyonu Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları (Berdiga Formasyonu) ile uyumlu olarak örtülür. Formasyonun görünür kalınlığı 500 m kadardır.

Kabaköy Formasyonu (Ev): İnceleme alanında yüzeylenen bu birim, kumtaşı-kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren gri ve yeşilimsi gri renkli andezit lav ve piroklastları ile yeşilimsi gri renkli, bol ojitli ve hornblentli bazalt lav ve proklastlarından oluşur. Formasyon Üst Kretase dönemine ait çeşitli birimlerin üzerine aşınma uyumsuzluğu ile oturur. Kalınlığı 800 m. kadardır.

2.2.2. Gümüşhane-Mescitli Heyelanı Arazi Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Bu heyelan alanında sismik kırılma, yüzey dalgalarının çok kanallı analiz yöntemi, yer radarı ve elektrik özdirenç yöntemi (DES) kullanılmıştır. Bu yöntemlerden elde edilen verilerden yararlanarak heyelanın yapısı ve zemine ait mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Elektrik özdirenç ölçümleri için Jeofizik mühendisliği bölümündeki Abem SAS1000 elektrik özdirenç cihazı kullanılmıştır. Jeofizik yöntemler ile alınan ölçümlerde her bir profil için heyelan sahasının topografyası dikkate alınmıştır. Arazi ölçüm profillerin yerleri Şekil 56'da gösterilmiştir.



Şekil 56. Mescitli çalışma alanının topografyası ve Jeofizik ölçü lokasyonları



Şekil 57. Gümüşhane-Mescitli heyelan sahasının görünümü

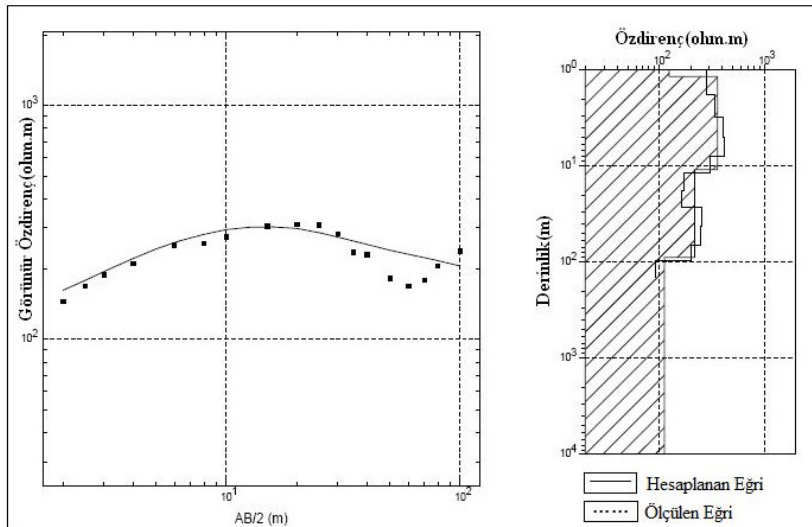
Gümüşhane mescitli sahasında heyelan yapısını belirlemek amacıyla 2 profil boyunca sismik kırılma, bir profilde de yüzey dalgası ölçümü alınmıştır. Ayrıca, 7 noktada elektrik özdirenç ile 4 profil boyunca da yer radarı ölçüsü alınmıştır. Yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen kayıtlar (Ek-2) incelendiğinde, sinyal/gürültü oranının düşük olması nedeniyle ilk varış zamanları okunamamış, dolayısıyla elastik P dalgası hızları ve derinlik kesiti elde edilememiştir. Sahada önceden dört noktada mekanik sondajlar yapılmış ve 20 metrelere kadar inilmiş, kayma düzlemine ulaşılamamıştır. Sondaj yerleri şekil 56’te gösterilmiş ve bu sondajlara ait log bilgileri Ek-1’de verilmiştir. Bu durumu dikkate alarak profil boyları uzun seçilmek zorunda kalınmıştır. Kaynak olarak balyoz kullanılmak zorunda kalındığı için uzak alıcılarda sinyal/gürültü oranı oldukça düşüktür. Sahanın ayrılmış, çatlaklı ve çok boşluklu olması da sinyal/gürültü oranının uzak açılımlarda düşük olmasının diğer bir nedenidir.

2.2.2.1. Gümüşhane-Mescitli Sahası Elektrik Özdirenç Çalışması

Çalışma sahasında, yeraltını yapısını belirlemek amacıyla 7 noktada düşey elektrik sondaj ölçüsü alınmıştır. Ölçüler KTÜ Jeofizik mühendisliği bölümündeki Abem SAS 1000 elektrik özdirenç cihazı ile alınmıştır. Toplanan veriler ve WinGlink bilgisayar programı ile değerlendirilmiş, sahadaki sondaj verileri sonucu ile korole edilmiştir. Seviye

haritaları (5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 metre) surfer bilgisayar programında çizdirilmiştir. Daha sonra iki hat belirlenerek (DES2, DES3, DES4) ile (DES1, DES4-DES5, DES6, DES7) yapı kesitleri Coreldraw bilgisayar programı ile hazırlanmıştır. DES eğrileri karakteristik olarak iki grupta toplanabilir. Bu şekilde bir ayırım yapılarak iki farklı grup için yeraltı yapı kesitleri çıkarılmıştır. DES2 ile DES4 arasında yaklaşık 25 metrelik bir atım vardır. Ayrıca DES6 ile DES7 arasında 25 metrelik diğer bir atım vardır. Sahada birden fazla basamak şeklinde faylanma söz konusudur. DES3' (DES2 ve DES4) açılım boyu kısadır. DES1 ve DES5 birbirine çok yakın yerde ve birbirini denetlemesi için alınmıştır. Bu durum eğri karakteri ve özellikleri ile de bellidir. DES6 ve DES 7 birbirine benzemektedir. DES sondaj verileri aşağıda ayrı ayrı analiz edilecektir.

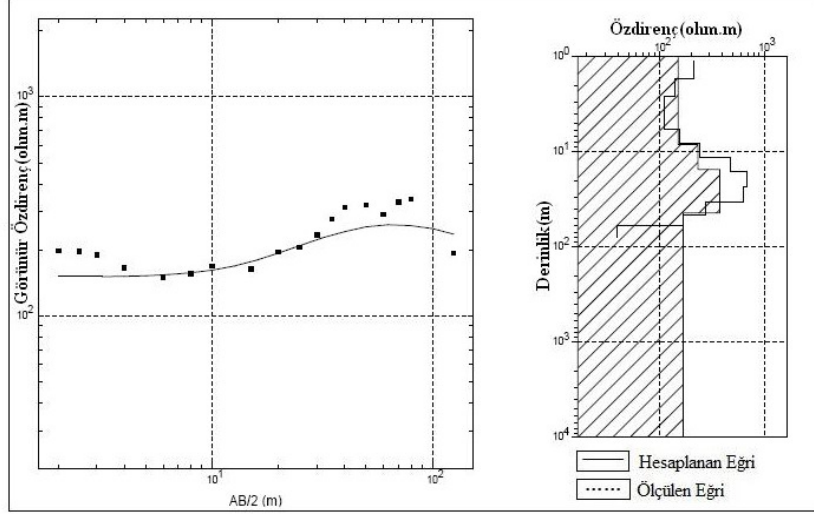
DES1 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri A, H tipine benzemektedir (Şekil 58). Bu eğrinin yorumunu; 0–8 metre yamaç molozu, 8–25 metre volkanik breş, tuf, kil taşı, 25–60 metre masif andezit, kil taşı, 60–125 metre altere olmuş andezit, şeklinde yapılmaktadır. Buna göre kayma yüzeyi derinliği 60 metredir.



Şekil 58 DES1 görünür özdirenç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

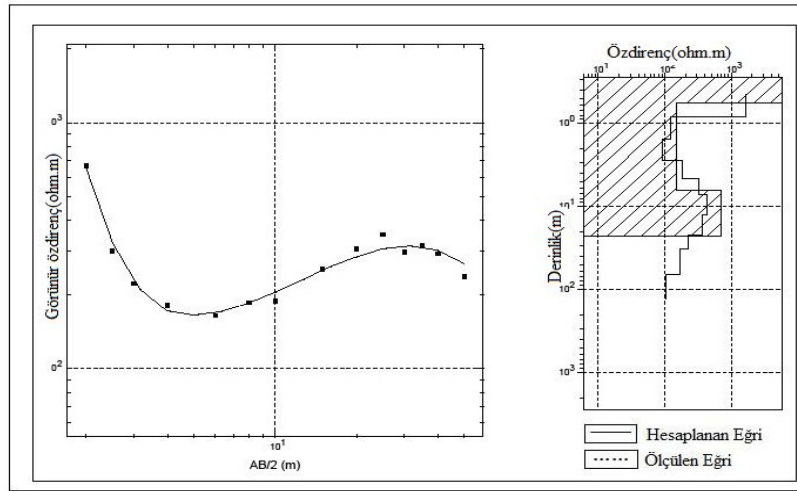
DES2 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H, K tipinde olup geçişlerin belirginliği keskin değildir (şekil 59). Yapılan değerlendirmeden; 0–5 metre yamaç molozu, 5–30 metre volkanik breşler, tuf, 30–60 metre bloklu ve altere andezitler, 60–100 metre masif andezittir, 100 metreden sonrası ise DES4 ün 100 metresinden ve DES5' in 125 m'den

sonraki desteği ile altere andezit olarak tarif edilmiştir. Kayma yüzeyi derinliği 60 metre olarak tespit edilmiştir.



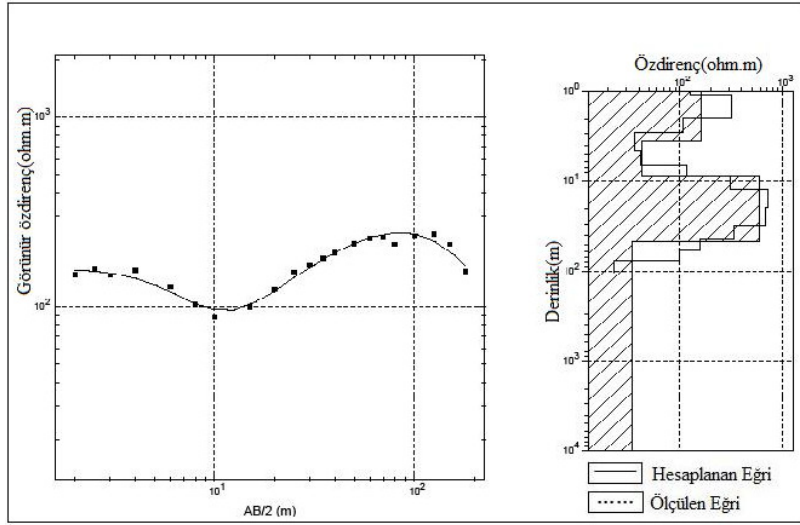
Şekil 59. DES2 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

DES3 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H ve K türü bir eğridir (Şekil 60). Yapılan değerlendirme sonucu 0–8–10 metre yamaç molozu 10–40 metre andezit, 40-metreden sonra volkanik breş ve altere andezit şeklinde yapı elde edilmiştir. Bu sonuçlar aynı yerdeki GMH1 sondajı ile de korale edilmiştir. Kayma yüzeyi derinliği 30 metredir.



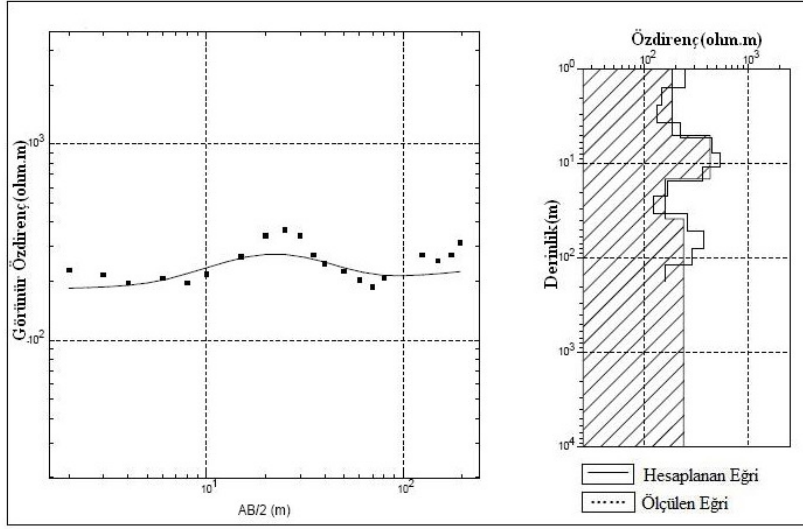
Şekil 60 DES3 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

DES4 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H, K ve H,K türü ergiye benzer (Şekil 61). Yapılan değerlendirmeler sonucunda, 0–10–12 metre yamaç molozu, 12–55 metre arası andezit, 55- (80–90) metre volkanik breş veya altere olan andezitler, 90–125 metreler andezittir. Kayma yüzeyi derinliği yaklaşık 90 metre olarak belirlenmiştir.



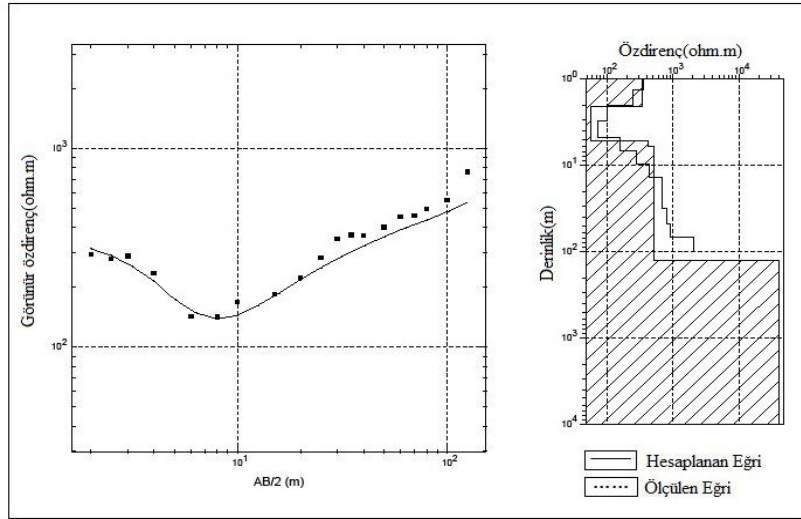
Şekil 61 DES 4 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

DES5 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H, K, H, tipine benzemektedir (Şekil 62). Bu eğrilerin yorumunu yapacak olursak; 0–8 metre yamaç molozu, 8–25 metre volkanik breş, tüf, kil taşı, 25–60 metre masif andezit, kil taşı, 60–125 metre altere olmuş andezit, olarak isimlendirilmiştir. Kayma yüzeyi derinliği yaklaşık 65 metredir.



Şekil 62. DES 5 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

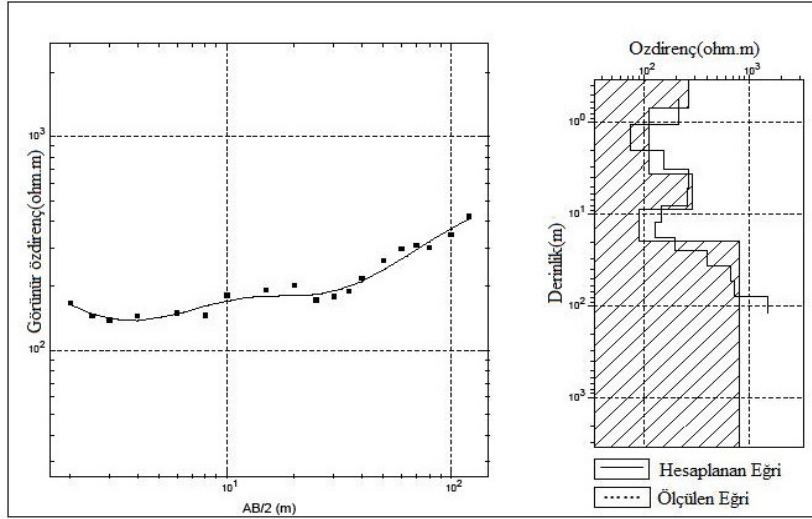
DES6 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H, A ve A türü eğriye benzer (Şekil 63). Yapılan değerlendirme sonucunda, 0-8 metre yamaç molozu, 8-30 metre masif andezit, 30-70 metre tuf, 90-metre masif andezittir. Kayma yüzeyi derinliği 40 metredir.



Şekil 63. DES6 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

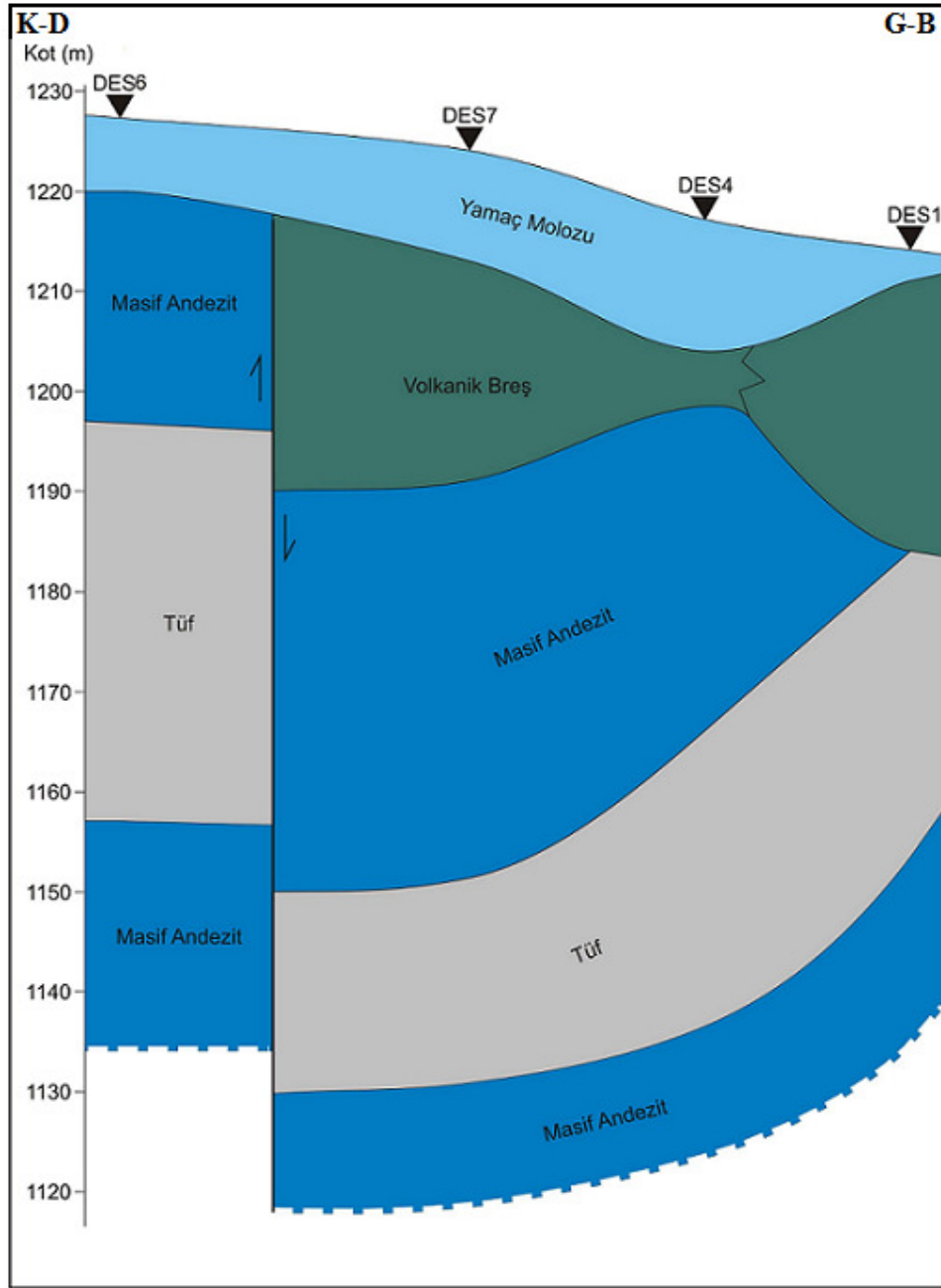
DES7 (Şekil 56) noktasından elde edilen eğri H, K ve A türü eğriye benzer (Şekil 64). Yapılan değerlendirmeler sonucunda, 0-8 metre yamaç molozu, 8-30 metre volkanik

breş, 30–70 masif andezit, 70–90 metre tuf, 90- metre masif andezit devamı belirlenemedi. Kayma yüzeyi derinliği yaklaşık 30 metredir.

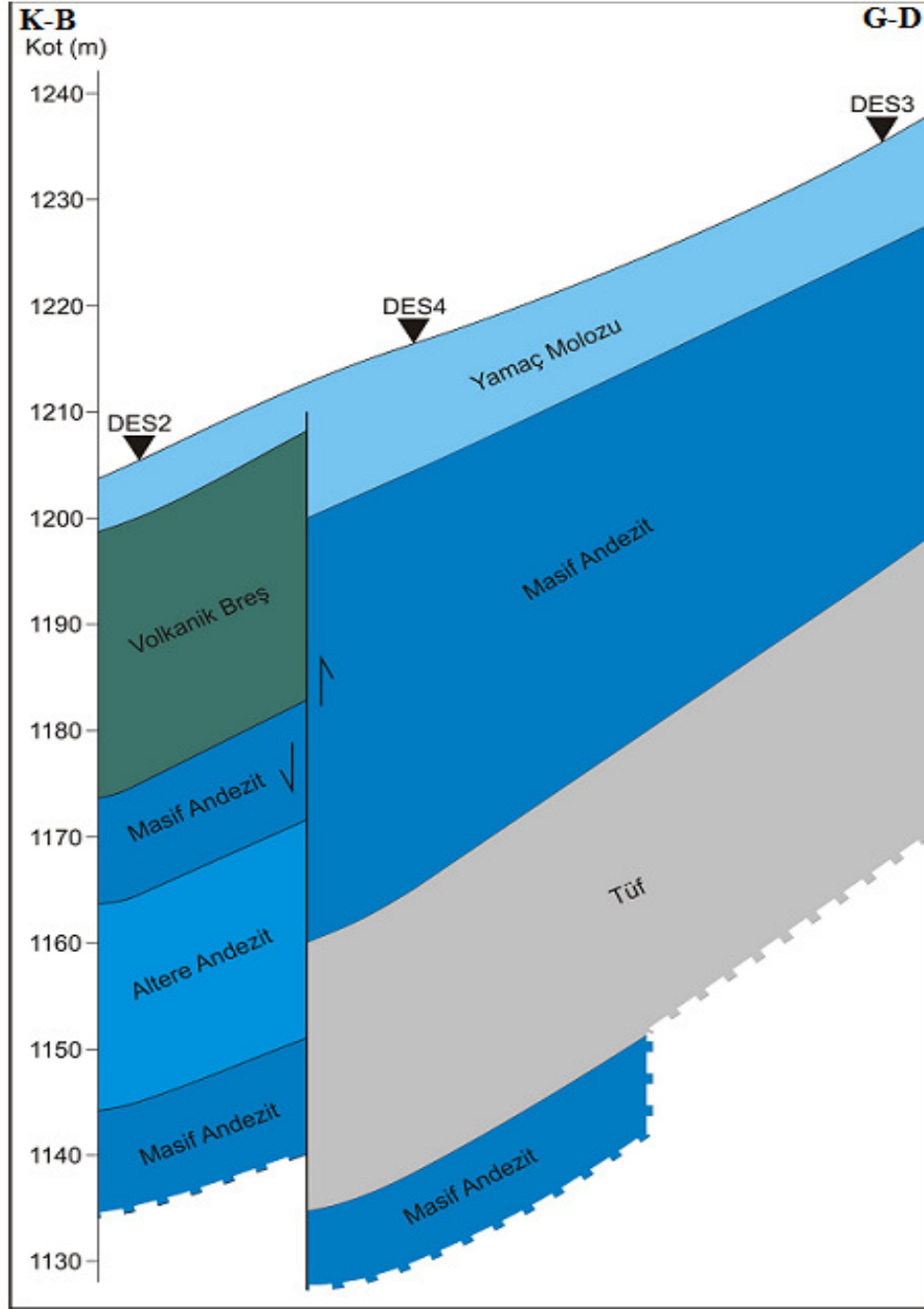


Şekil 64. DES7 görünür öz direnç eğrisi ve çözümünden elde edilen kesit

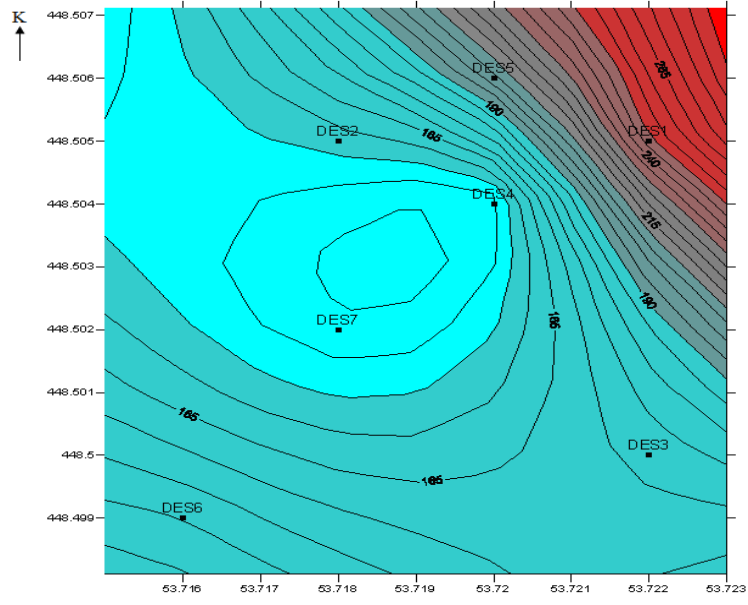
Çalışma alanındaki DES noktalarında uygun düşenler birleştirilerek iki hat üzerinde kolon kesitleri elde edilmiştir (Şekil 65 ve 66). Ayrıca yine DES noktaları kullanılarak oluşturulan her iki yapı kesitinde muhtemel bir fayın etkisi açıkça gözlenmektedir. 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 metre derinlikleri için seviye haritaları oluşturulmuştur (Şekil. 67–73).



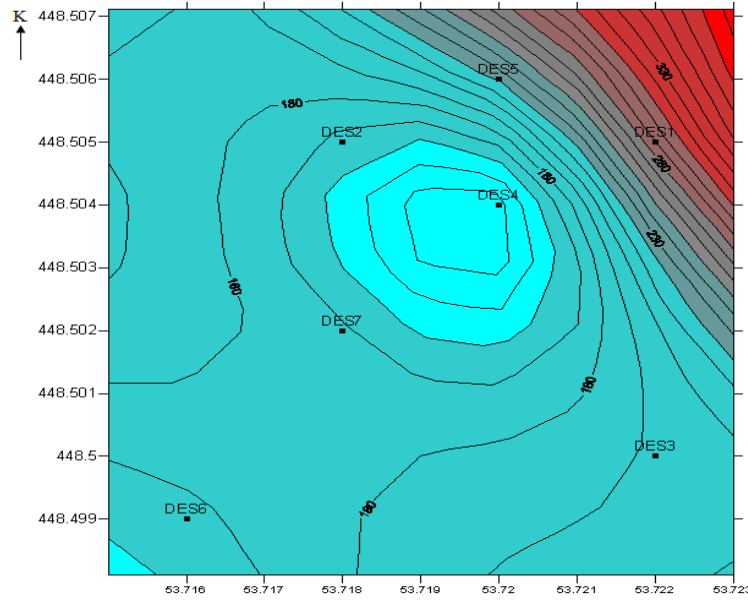
Şekil 65. Mescitli heyelan alanı KD-GB yönündeki yapı kesiti



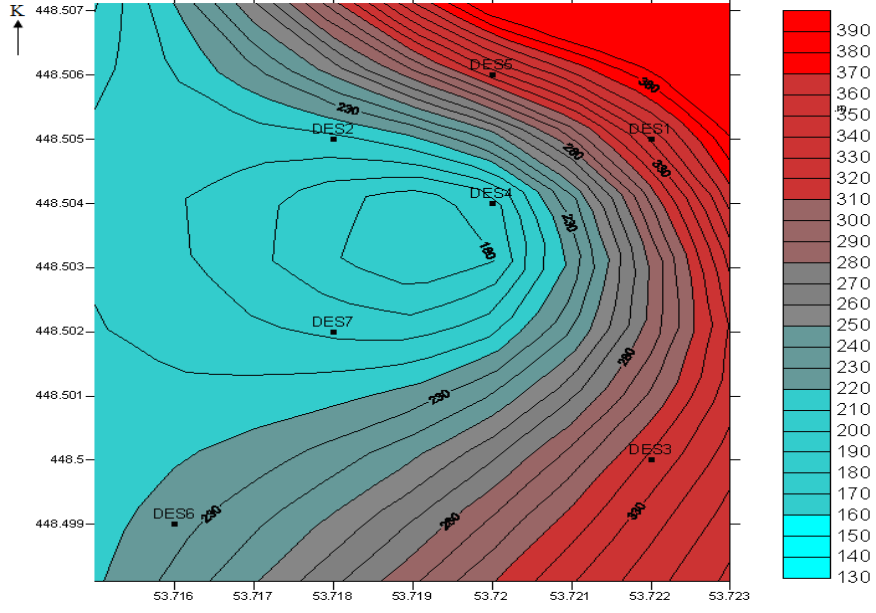
Şekil 66. Mescitli heyelan alanı KB-GD yönündeki yapı kesiti



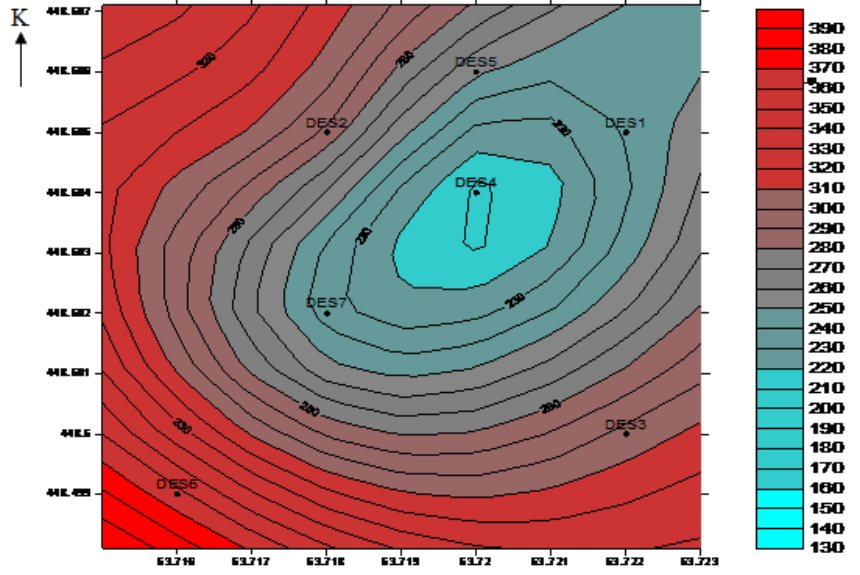
Şekil 67. 5 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



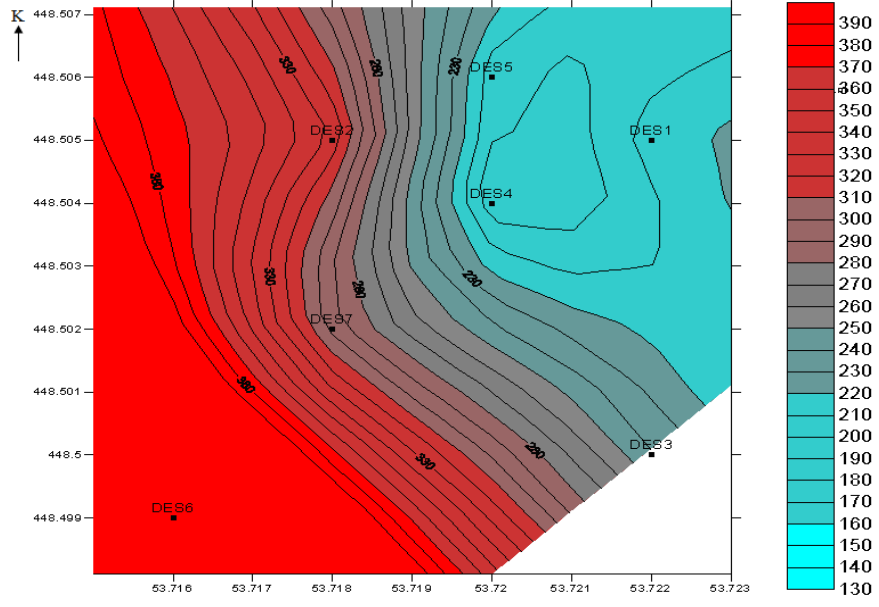
Şekil 68. 10 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



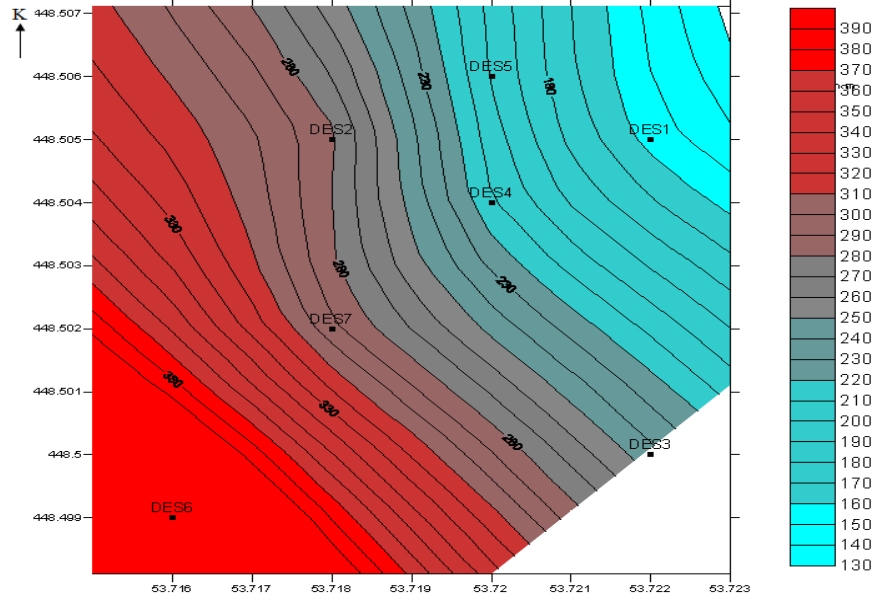
Şekil 69. 20 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



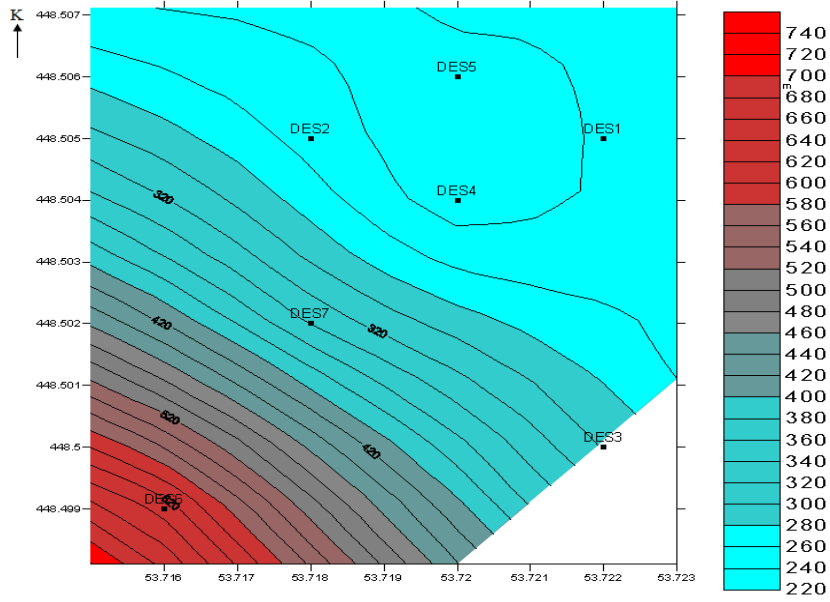
Şekil 70. 40 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



Şekil 71. 60 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



Şekil 72. 80 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası



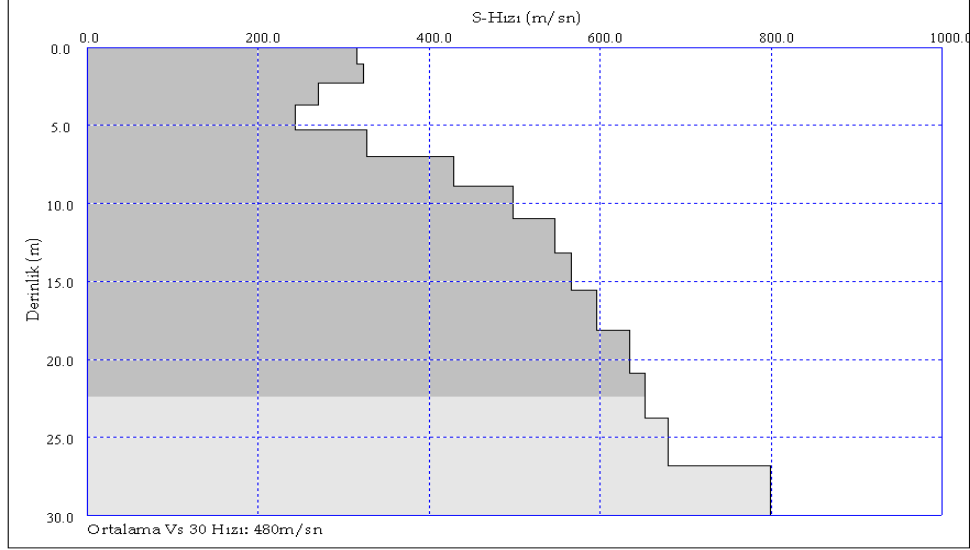
Şekil 73. 100 metre için oluşturulan derinlik seviye haritası

Sahadaki ölçülerden elde edilen eğrilerde, sıg seviyelerdeki yüksek özdirenç değerleri yamaç molozlarına, orta ve derin seviyelerdeki yüksek özdirençler andezitlere orta ve derin seviyelerdeki düşük özdirençler altere andezit, kiltası, kumtaş ve volkanik breşlere tekabül ettiği düşünülmektedir. Bu değerlendirme Gümüşhane ili ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti ile sondaj sonuçları dikkate alınarak yapılmıştır. Tüm seviye haritalarına bakılarak yapılan tespit, heyelanın kayma yüzeyinin basamaklı olduğu görülmektedir. Seviye haritalarının (60.80.100 m) sağ alt köşesindeki boşlukların profil boylarının yetersizliğimden kaynaklanmıştır.

2.2.2.2. Gümüşhane-Mescitli Sahası Yüzey Dalgaları Ölçüsü

Gümüşhane-Mescitli heyelan alanında S dalgası hızlarını elde etmek için yüzey dalgası çok kanallı analiz yöntemi kullanılarak 1 profil boyunca heyelanın eğimine dik olarak ölçüm alınmıştır (Şekil 56). Alınan ölçümler SeisImager programı ile değerlendirilmiş ve heyelan alanın S dalgası hız profili bir boyutlu olarak elde edilmiştir. Çalışmada, önceki çalışmaya benzer olarak 24 adet 4.5 Hz'lik düşey bileşenli alıcılar kullanılmıştır.

Yüzey dalgası ölçümü GMH4'ün üstünde, yola paralel olarak alınmıştır. Çalışmada ofset 10 ve alıcı aralıkları 2.5 metre olarak seçilmiştir. Şekil 74'de bu profile ait 1 boyutlu S dalgası derinlik kesiti verilmiştir.



Şekil 74. Mescitli heyelanı S dalgası derinlik kesiti

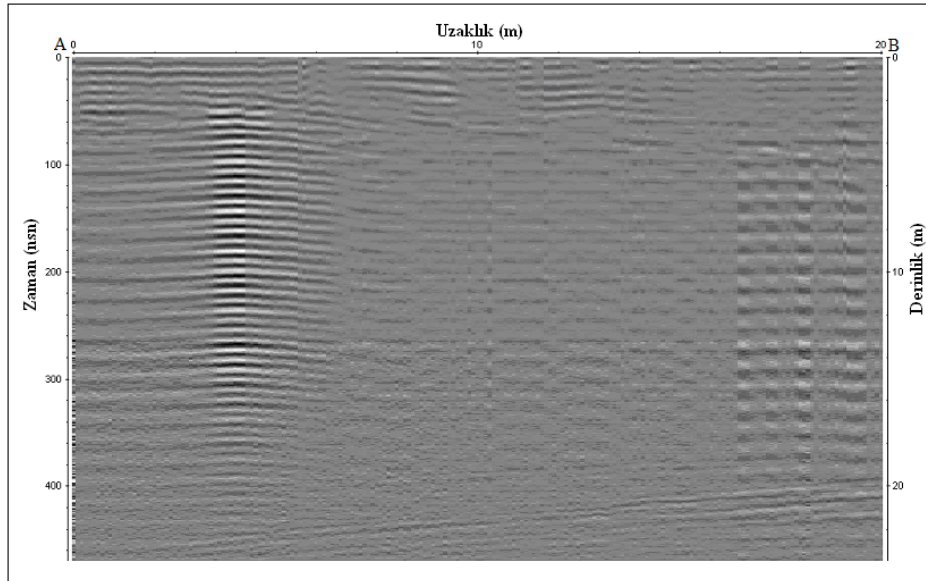
Şekil 74 incelendiğinde efektif olarak ortalama 22 metrelere kadar inen 2 tabakalı bir yapı görülmektedir. Yaklaşık 10 metrelere kadar inen, ortalama hızı 300 m/sn olan ilk tabaka ve metreden 27 metreye kadar inen ve ortalama hızı 550 m/sn olan ikinci tabaka mevcuttur.

2.2.2.3. Gümüşhane-Mescitli Sahası Yer Radarı Kesitleri

Gümüşhane ili mescitli heyelan sahasında, diğer Jeofizik verilerle birlikte yer altı yapısını belirlemek amacıyla 16 profilde radar ölçüsü alınmıştır. Bu ölçüler sahada karayolları genel müdürlüğü tarafından açılan dört adet sondaj kuyuları ile su derinlik bilgileriyle ve DES verileriyle korole edilmek için 14 adet profil ölçüsü yol boyunca alınmış 2 adet profil ise açılma çatlaklarının çok belirgin olarak gözlemlendiği kopma ve devrilmenin gerçekleştiği kayanın arkasında alınmıştır (Şekil 56). 14 adet profil ölçüsü YY modunda yol boyu gidiş geliş şekilde topografyanın eğiminin düşük ve düz hatlarda alınmaya çalışılmıştır. GMH 1 ve GMH 2' nin bulunduğu yolda 9 adet, GMH 3 ve GMH 4

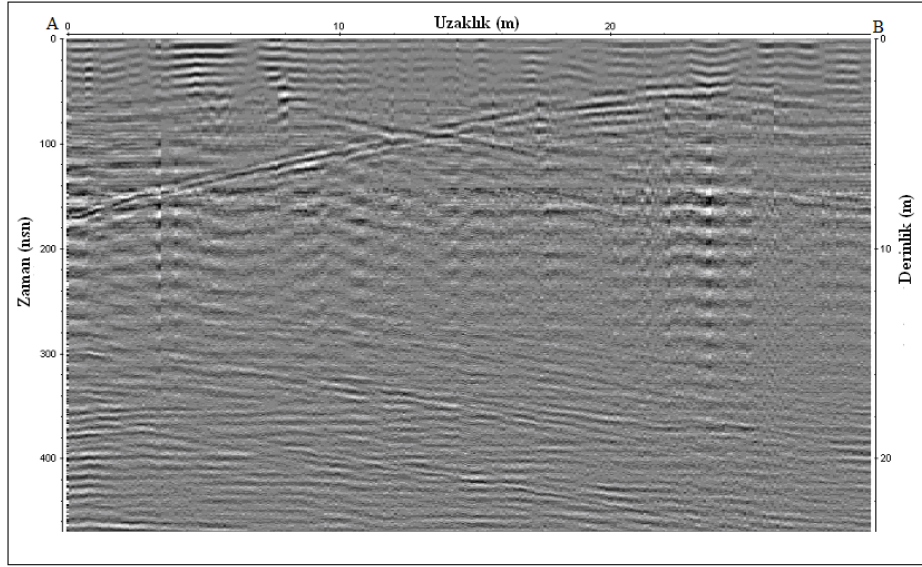
bulunduğu yolda 5 adet profil ölçüsü alınmıştır. DES 3 noktası, Radar1 profili, GMH1 sondaj noktası, radar ölçüsünün 5–9 nolu profili ile GMH2 nolu sondaj DES1. Radarın 14 nolu profili ile GMH3 sondajı aynı bölgededir. DES2,Radar 17 nolu profil ile GMH4 aynı yerdedir. Mescitli heyelan sahasında alınan radar ölçülerinin kesitlerinden sahanın genel karakterini ifade eden ve kullanılan 4 tane kesit değerlendirilmiş ve diğer kesitler ise ekler bölümünde sunulmuştur.

Radar 1 kesitini incelediğimizde belirgin bir yansıma mevcut değildir. Fakat $x=4\text{m}$ 'den $x=20\text{m}$ 'ye inen $t=50\text{ ns}$ ve $d=20\text{m}$ ' lere inen bir yapı gözükmemektedir. Bu yerin GMH 1 sondaj yeri olduğu düşünölmektedir. Ayrıca hat boyu $d=5\text{--}6$ metrelerde, $t=50\text{--}60$ ns boyda dalgalı yansımalar görölmüştür (Şekil 75).



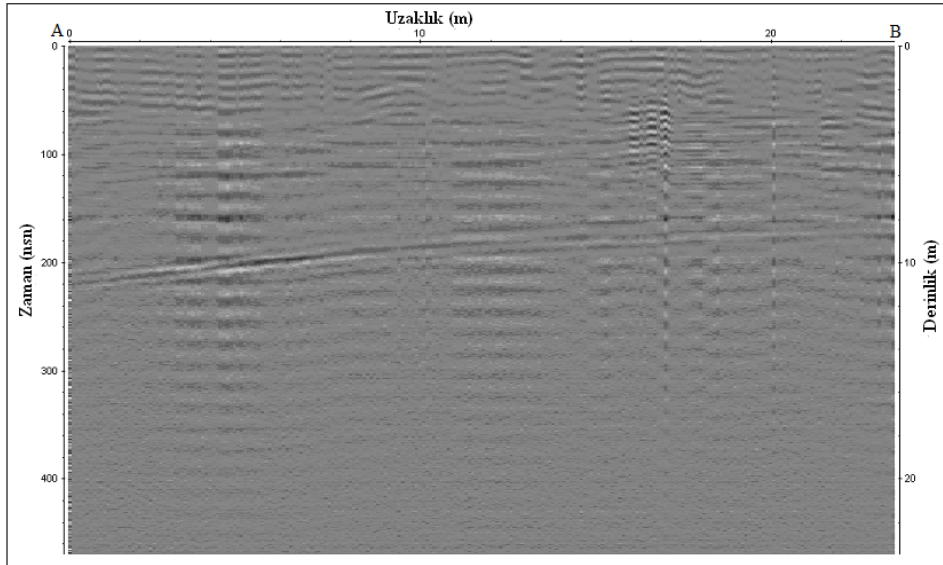
Şekil 75. 1 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti

5. profile ait radar kesiti; GMH 2 nolu sondajın yanında 9 nolu radar gramla aynı yerde ters yönde alınmıştır. Hat boyunca sola eğimli $t=180\text{ ns}$ ile başlayıp $t=50\text{ ns}$ kadar devam eden 6–10 m arasında bir yansıma sınırı mevcuttur. $x=4$ metreden $d=16$ metreye inen kısa belirgin olan yansıma GMH 2 'nin olduğu yer olarak düşünölmektedir. Şekil 76 te 5 nolu kesit gösterilmiştir.



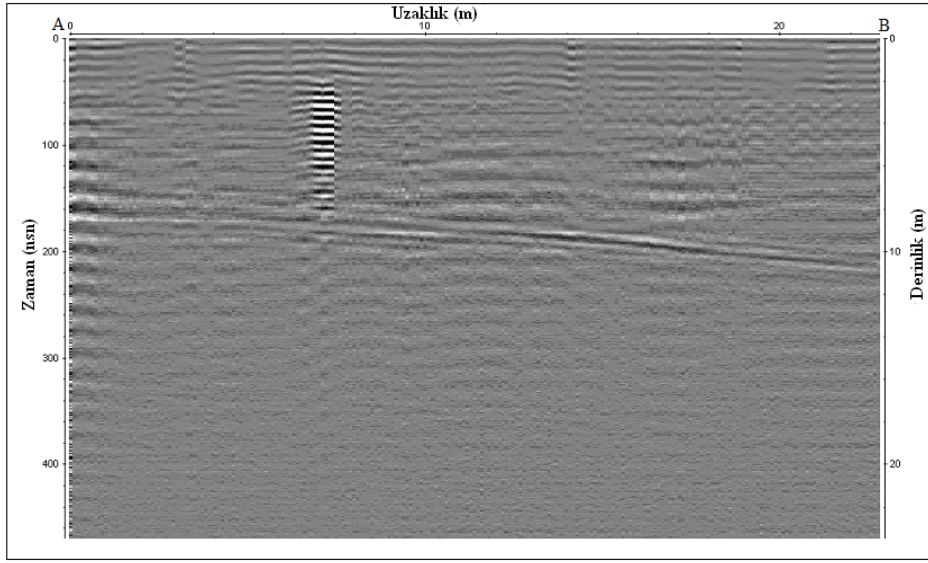
Şekil 76. 5 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti

14. profile ait radar kesiti, hat boyunca soldan sağa doğru $t=210$ ns ile $t=180$ ns arasında sabit eğimli 10–12 metrelerde 10 metrelere çıkan bir yansıma gözleniyor. $x=1$ metrelerdeki belirgin yansıma ise GMH3 ün yeri olarak düşünülmektedir (Şekil. 77).



Şekil 77. 14 nolu profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti

17. profile ait radar kesiti, hat boyunca $d=5$ metrelerden başlayıp $t=50$ ns'de kesit kısa dalgalı bir yansıma sınırı gözleniyor ayrıca $d=10-15$ metreler arasında soldan sağa eğimli $t=180-200$ ns arasında bir yansıma daha vardır. Ayrıca $x=4$ metrede belirgin olan yansıma GMH4 ün olduğu yer olarak düşünülmektedir. Ayrıca sahanın genel karakterini ifade edebilen GMH2 nin yanında alınmış olan diğer bir radar kesiti 4 nolu kesittir (Şekil 78). Bu kesitte de 74 nolu kesite benzer fakat ters bir sonuç elde edilmiştir.



Şekil 78. Onyedinci profilden elde edilen işlenmiş yer radarı kesiti

3. SONUÇLAR

Heyelanların ekonomik boyutları göz önüne alındığında, depremlerden sonra afet zararlarında en yüksek paya sahip doğal afetlerdir ve heyelan zararlarını azaltmak için, yapılacak her türlü çalışma desteklenmelidir.

Çoğu kez Karmaşık bir jeolojik yapı sunan heyelan sahalarında kaya ve toprağın kütlesi, mekaniksel özellikleri ve içyapıları bilinmelidir. Şevin stabilitesi ve güvenlik katsayısı, (c, ϕ) kohezyonlu zeminler için doğru ve hatasız değerlendirerek hesaplanabilmesi, şevin gözlenmesi, toprak ve kaya kütesinin özelliklerinin tespit edilmesi öncelikli olmalıdır. Bu özellikleri direkt olarak belirlemek için kuyu ölçüsü ve sondaj da yararlıdır. Ancak bu durum çoğunlukla mümkün olmamakta, bazı durumlarda ise çok pahalıya mal olmaktadır. Kayanın veya toprağın özellikleri ile yapısını jeofizik yöntemler ile oldukça düşük maliyetlerle belirlemek mümkündür.

Günümüzde teknoloji ve bilgisayar alanlarında yaşanan gelişmeler, sığ mühendislik jeofiziğinde önemli ilerlemelere neden olmuştur. Kolay uygulanabilirliği nedeniyle çalışmalarda tercih edilmeye başlanmıştır, Mühendislik problemlerinde jeofizik yöntemlerin ürettiği çözümlerin başarısını arttırmıştır. Jeofizik çalışmalardaki amacımız daha çok hareket eden malzeme ile duran malzeme arasındaki sınırın tespitidir. Jeofizik araştırmalarla heyelan kütesinin geometrisinin belirlenmesi, satürasyon zonunun tanımlanması ve heyelan kütesinin kalınlığının bulunması için kullanılmaktadır.

Sismik yöntemler heyelan araştırmalarında en uygundur. Çünkü malzemenin mekanik özelliklerinin sonucu oluşan hızlar ölçülebilir. Modern sismik ekipmanlar yüksek ayrımlı araştırma ve yorumlamaya imkân vermektedir.

Elektromanyetik ve yer elektrik yöntemlerdeki gelişmeler umut vericidir. Bu teknikler zamanla jeoteknik uygulamalarda standart çalışmalar olarak yapılmaya başlanmıştır.

DES tekniği ile diğer tekniklerde olduğu gibi yüzeyden benzer oranda yüksek ayrımlılıkta görüntü elde edilebilir. Fakat aynı zamanda elde edilen bilgilerin yorumlamalarını kolaylaştırmak için çizilen eğrilerin ifade ettikleri anlam bakımından kuvvetli benzerlikler görülmüştür.

Heyelanın türleri olarak hem hareketi hemde malzemesi farklı iki heyelanda jeofizik yöntemlerin başarılı bir şekilde uygulanması bu tez ile ortaya konulmuştur.

Araklı-Yiğitözü heyelan alanında; ortalama 0–5 metre arasında örtü tabakası, 5–12 metreler arasında kayan bir tabaka, onun altında ise ana kaya olan andezitli-kireçtaşlarının olduğu belilemiştir. Konsolide olmamış malzemeden oluşan Araklı heyelanı, ince taneli zemin akması ve moloz akması şeklinde meydana gelmiştir. Yer yerde çökmeler gözlenmektedir. Sismik çalışmalarla kayma yüzeyi sınırı, yeraltı su varlığı, radar ile sıg yanal değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Kayma yüzeyi 12 metrelerdir. DES uygulaması eksik kalmıştır. Heyelan sahasının ortasından açılan yol duraysızlığı a neden olmuştur. Sahadaki Beşirli formasyonunda oluşan heyelanın en önemli etkeni iklim nedeniyle oluşan ani ve aşırı yağıştır. Çöken ve kayan malzeme Beşirli formasyonuna aittir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda; Gümüşhane-Mescitli heyelanında. sondaj verileri DES Kesitleri ile koordine edilerek yorumlanmış, heyelan kütesinin derinlik kesitleri ve taban topografyası ile birimlerin S dalga hızları belirlenmiştir.

Mescitli heyelanı; karmaşık bir hareket türüne sahip olup, çok parçalı kaya akması ve kaya düşmesi şeklinde meydana gelmiştir. Heyelanın oluşmasının nedenleri ise aşırı yüksek eğim yerçekimi etkisi ve iklim özellikleridir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda; Gümüşhane-Mescitli heyelanında yeraltı suyu gözlenmemiştir. 25 metre atımlı fay olduğu tespit edilmiştir. Kayma dairesi derinliği 30–90 metreler arasında basamaklı bir şekilde olduğu düşünülmektedir.

DES eğrilerinden (KD-GB) ve(KB-GD) yönlerinden elde edilmiş olan yapı kesitlerine göre 25 metre atımlı fay olduğu tespit edilmiştir. Bu benzerlikler ve korelasyonlar, bölgede kamu kurumlarının yaptığı araştırmalar sonucu elde edilen raporlarda belirtilen risklerde bir azalma olmadığı aktivitesi devam edeceğini ortaya koymaktadır.

Her iki sahada yapılan jeofizik çalışmalar ile heyelanın modeli geometrisi, dinamik ve elastik özellikleri, ölçme ve hesaplama dayanılarak kişisel ve gözlemsel yorumdan kaçılarak yapılmıştır. Mescitlide DES uygulamasında açılım sorunu yaşanmıştır. Bazı açılım mesafelerindeki iletkenlik sorunu ise sahanın çatlaklı ve bloklar arası boşlukları ve açılmaların sonucudur.

Araklı'da sismik yöntemler ile iyi sonuç alınmıştır. Fakat Mescitli heyelanında sismik yöntemlerde bazı sınırlamalar ile karşılaşmıştır. Bu durum sahaların jeolojik özelliklerine ilgilidir Araklı'da birimler arası sınır farklı yapısal özelliklerinden dolayı belirgin kayma yüzeyine sahiptir. Mescitli'de farklı formasyonların malzemeleri birbirinin

karakterini kazanmışlardır. Kırıklı ve basamaklı bir yapı oluşmuştur. Ayrıca bu sahadaki kayma yüzeyinin oldukça derin olması diğer önemli bir sonuçtur.

4. TARTIŞMALAR

Heyelan araştırmalarında, her jeofiziksel yöntem her tür jeolojik yapıya başarı ile uygulanamayabilir. Yöntemlerin başarısı ile uygulanabilir olması heyelan sahasın topografik şartları, eğimi ve malzemenin jeolojik özellikleri ile ilgilidir.

Çoğunlukla bir araştırmanın başarısı benzer bir araştırmanın herhangi bir belirsizlik karşısındaki başarısına dayanır. Hayal kırıklığı yaşamamak için benzer bir yapıda yapılan çalışmanın özel durumları, yapının özellikleri alınan ölçülerin uygun ölçme olasılığının bilinmesi gereklidir. Bu işlemleri yalnızca tecrübeye dayalı olarak belirlemek mümkün değildir. Ancak hesaplamalar mümkün olan en iyi şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde hesap işlemlerinin uygun olarak yapılmadığı araştırmalar başarısız olur.

Aynı sahada farklı jeofiziksel yöntemlerle başarılı bir araştırma yapılabilir. Çünkü ara yüzey yapısının farklı özellikleri farklı yöntemlerle tespit edilebilir. İkinci olarak, farklı yöntemler belirsiz özelliklerin varlığının belirlenmesini sağlar. Tek bir yöntemle bu belirsizlikler gözden kaçabilir. Sonuç olarak heyelan kütleleri üzerinde yapılan sismik ve özdirenç ölçümleri ile kayma yüzeyi ve birimlerin birbirinden ayrımlılığı sağlanmıştır.

Araklı Yiğitözü heyelanında; yeraltı su seviyesinin belirlemek için sahanın belirli yerlerinde DES yapılması gerekli olduğu düşünülmektedir. Sismik ve yer radar çalışmaları başarı ile uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar hem jeoloji hem de uygulanan farklı jeofiziksel yöntemler ile uyumludur.

Gümüşhane-Mescitli heyelan alanında jeofizik çalışmaların heyelanlarda gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmıştır. 6 ay gibi bir zamanda yapılan 4 adet jeoteknik temel sondajla heyelanlarda tespit edilmesi gerekenler eksik kalmış ve bu problem çözülemeyince yol güzergâhı değiştirilmiştir. Aynı sahada 10 gün kısa bir sürede yapılan Jeofizik çalışmalar heyelanın yapısını ve geometrisini ortaya çıkarmakta daha başarılı olmuştur. Heyelan sahalarında jeofizik yöntemlerin uygulanabilirliğini etkileyen topografya, eğim, sismik kaynak, nüfus derinliği ve S/G oranının etkileri Mescitli heyelanında gözlenmiştir. Bu durum elektrik ve sismik hatlarda açılım sorunu olarak ortaya çıkmıştır. Elektrik seviye haritalarında eksiklik oluşmuştur. Kaynak yetersizliği ve jeolojik yapı nedeniyle sismik kırılma kayıtları düzgün alınamamıştır. Yer radarı sinyali düzgün ara yüzey sınırı olmadığı için, heyelan sahasının dolgulu ve çatlaklı bir yapıda olması nedeniyle elektromanyetik dalganın aşırı soğurulmasına neden olmuştur. Ayrıca, korumasız antenlerle yapılan çalışma

alınan ölçünün kalitesini olumsuz etkilemiştir. Gümüşhane-Mescitli heyelan alanında yapılan sondajların derinliği 15–20 metre arasındadır. Bu verilerden kayma dairesinin tespit edilememiştir. Bunun için kayma dairesinin daha derinlerde olduğu düşünülerek DES, sismik ve sığ yatay heterojenitenin belirlenmesi için yer radarı yöntemi uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar sondaj verileri ile korele edildiğinde uyumlu olduğu gözlenmiş ve heyelan çalışmalarında uygulanması gerekliliği anlaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- Annan, A. P., Waller, W. M., Strangway, D. W., Rossiter, J. R., Redman, J. D. and Watts, R. D., 1975. The electromagnetic response of a low-loss, 2-layer dielectric earth for horizontal electric dipole excitation: Geophysics, 40, 285-298.
- Anon, 1995. Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations, US Army Corps of Engineers, SACE Publication Department, CEIM-IM-PD 28035 2nd Ave. Hyattsville, MD 20781-1102, SA.
- Ambraeys, N., 1970. Some characteristic Features of the Anatolian tectone. Tectonophysics. 9, 143-165.
- Atalay F. ve Bekâroğlu N., 1973. Heyelanlar ve Mühendislik Uygulanması Bayındırlık Bakanlığı yayın N. 200.
- Bevan, B. 1975. A magnetic survey at les forges du Saint-Maurice: MASCA Newsletter, 11, 18.
- Bevan, B., 1991. The search for graves: Geophysics, 56, 1310-1319.
- Bishop, A.W. ve Morgenstern, N., 1960. "Stability Coefficients for Earth Slopes," Geotechnique, 10, 4, 29-50.
- Bogoslovsky, V. A., ve Ogilvy, A. A., 1977. Geophysical methods for investigation of landslides. Geophysics, 42, 3, 562-571.
- Bruno, F., Levato, L. ve Marillier, F., 1998. 'High-resolution seismic reflection, EM and electrokinetic SP applied to landslide studies: "Le Boup" landslide (western Swiss Alps)', Proc. [V Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society (European Section)], Barcelona, 514-571.
- Brown R. Jr. J. G. Vedder, Robert E. Wallace. 1966. The park Field-Cholame California, Earthquakes of June-August.
- Caquot, A., 1954. Methode Exacte pour le calcul de la Rupture d'un Massif par Glissement Cylindrique, Sess. ¼.
- Collin, A., 1956. (Trans. N.R. Schriever) Landslides in Clays (1846) TORONTO.
- Dahlin, T. ve Bernstone C., 1991. 'A roll-along technique for 3D resistivity data acquisition with multi-electrode arrays', Proc. Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, 2, Reno, Nevada, 927-935.

- Dere, D. U., Hendrona, J., Patton, F. D. ve Cording E. L., 1967. Design of surface and near surface construction in rock', Proc. 8 th U.S.S ymp. Rock Mechanics Minnesota and, airhurst Publishers A, IME, New York, 237-302.
- Doğu, A. F., Çiçek, İ. ve Gürgen, G., 1989. "Çatak Heyelanları (Trabzon-Maçka)" Atatürk Kül. Dil. Ve Tarih Yük. Kurumu, Coğ. Bil ve Üye Kolu. Coğ Araştırma, cilt:1, sayı:1, sayfa 103–109, Ankara.
- D.S.İ. 22 Bölge Müdürlüğü Mescitli Heyelanı Mühendislik Jeolojisi Raporu 2006-TRABZON.
- Ecevitoglu, B., 2001. Yer radarı ve uygulamaları, JFMO bilgi Notları serisi
- Edwards, L. S., 1977. 'A modified pseudo section for resistivity and induced-polarization', Geophys 4, 2, 102-1036.
- Erinç, S., 1996. Jeomorfoloji 1, genişletilmiş 4. Baskı, İstanbul.
- Ercan, A., 2001. Yer Araştırma Yöntemleri, TMMOB JFMO Jeofizik Mühendisleri Odası.
- Ergun, U., Özkan, Y., Önalp, A., ve Keçeli, A., 2005. Parsel Bazında Zemin-Temel Etüdüleri ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Erguvanlı, K., 1982. Mühendislik Jeolojisi.
- Eyüboğlu. Y, Livaoglu, R., Şirin, A., Bektaş, O., 2006. Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, "Tektonik Kontrollü Heyelanlara Bir Örnek: Mescitli Heyelanı ve Gümüşhane İli için Potansiyel Tehlikesi, KD Türkiye; Ön Bulgular"
- Gallipol, M. R., Lapenna, V., ve Others., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in Southern Italy. European Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 4, 117–128.
- Gelişli, K., Şeren, A. ve Turan, Ö., 2004. Trabzon ve Çevresi Mühendislik Jeofiziği İncelemeleri, Jeofizik Bülteni, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası.
- Ghose, R., Brouwer, J. ve Ntjhol V., 1996. A portable S-wave vibrator for high-resolution imaging of the shallow subsurface, xp. abstr. of the 58th EAGE Conference, M037.
- Ghose, R., Nijhof, V., Brouwer, J., Matsubara, Y., Kaida, Y. and Takahashi, T., 1998. 'Shallow to very shallow, high-resolution reflections seismic using a portable vibrator system', Geophys 6, 3(4), 1, 295 -1309.

- Graai L. W. ve Rupke, J., 1999. Analyse der Felssturzbedrohung am Breiten Berg, Austria, Alpine Geomorphology Research Group, University Amsterdam, Netherlands.
- Graaf, L. W., Seijmonsbergen, H. C., Biewinga, D., Busnach, T., ve Rupke, J., 2000. Erdwissenschaftlich Untersuchungen im Schluchter (Malbun, Liechtenstein) Alpine Geomorphology Research Group, University Amsterdam Netherlands.
- Griffiths, D. H. ve Turnbull, J., 1985. 'A multi-electrode array for resistivity surveying', First Break 3(7), 16-20.
- Griffiths, D. H., Turnbull, J. ve Olayinka, A. I., 1990. 'Two-dimensional resistivity mapping with a computer controlled array', First Break 8(12), 121-129.
- Gürbüz, M. Koç, N. Hamzaçebi, G., 2006. Jeofiziksel yaklaşımlarla Heyelan yapısının araştırılması Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu TRABZON.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara.
- Fenner, T. J., 1992. Ground penetrating radar for identification of mine tunnels and abandoned mine stopes: Paper presented at the SME Annual Meeting, Phoenix, Arizona, February 24-27.
- Fellenius, W., 1927. Erdstatische Berechnungen mit Reibung und Kohäsion und unter Annahme kreisförmiger Gleitflächen, Ernst und Sohns. BERLIN.
- Frontard, J. ve Caquot, I., 1923. Lignes de Glissement et Hauteur Dangereuse d'un Massif de Tere Limite par un Talus plan., Sess. 1/5.
- Hack, H. R. G. K. ve Price, D. G., 1990. 'A refraction seismic study to determine joint properties in rock-masses' 6.th Congress IAEG, Amsterdam, Balkema, Rotterdam, 935-941.
- Helbig, K. ve Mesdag C. S., 1982. 'The potential shear-wave observations Den Haag, Geophysical Prospecting, 30(4), 4, 1343-1.
- Hollender, F. ve Tillard, S., 1998. Modelling ground-penetrating radar propagation and reflection with the Johcher parametrization: Geophysics, 63, 1933-1942.
- Jaky, J., 1936. Stability of earth slopes 1. int conf. soil mech. Found. 11., 200-207.
- Janbu, N., 1954. Application of composite slip circles for stability analysis, proc. European conf. on. stability of Earth slopes, Stockholm, 4, 43-49.

- Kahle, M., 1992. Investigation of Historic Masonary by means of radar: In Bautechnik, 69, Heft 7.
- Karnik, V., 1969. Seismicity of the European area. Parti, D. Reidel Publishing Company, Dardrecht, Holland.
- Ketin, İ., 1966. Anadolunun tektonik üniteleri M.T.A yayınları.
- Kobayashi, Y., 1981. The seismic refraction surway in landslide areas. Bull. Disas. Pres. Inst., Kyoto Univ., 31, Part 1, No. 275.
- Kuran. U., 1975. Yer altı suyundan maksimum verim elde edilebilecek sahanın jeofizik çalışmalarla saptanması ve bunların mühendislik problemlerin çözümündeki önemi. Jeofizik Mecmuası- Türkiye Jeofizikçiler yayını.
- Kramer, S., 1996. Geoteknik Deprem Mühendisliği, Çeviren, Kayabalı, K., Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi , Ankara.
- Kurahash, T., Watanabes, O. T. ve Inazaki, T., 1998.' Fractureim agingb ehinda rock surface for the slope stability assessment 4.th SEGJI intemational Symposium Fracture Imaging,Tokyo, Japan.
- Li, Y. ve Oldenburg, D. W., 1992. 'Approximare inverse mapping in DC resistivity problems', Geophysical Journal Internarional, 109, 3 43-362.
- Loke, M. H. ve Barker, R. D., 1996. 'Practicatl techniquefs for 3D resistivity surveys and data inversion', Geophysical Prospecting, 499-523.
- Luijk, E. J., 1998. 'Discontinuitys tiffness determinatiofnr om normal incidence in-situ seismic transmission measurements CTG report/M.Sc. thesis. Centre for Technical Geosciences Delft, The Netherlands.
- McMechan, G. A. ve Yedlin, M. J., 1981. Analysis of dispersive waves by wave-field transformation, Geophysics, 46, 869.
- Mencl, V. ve Zaruba, Q., 1969. Landslides and their control Medvedev, S.V. 1963- Quntitative data on ground motion from Strong earthquakes, in research in the field of engineering seismology. Federal Sci. Tech. Inst. TT-66-62216.
- Merkler, G., Toma, V. ve Victor, M., 1970. 'Geophysikalisch Meessungena, ngewan dtzur Ermittlunge iniger Material-kenwertdees Gebirges Ergebnisseu and Problematikdieser Messungen', 2nd Congress of the Int. Society for Rock Mechanics, Belgrade.
- Milsom, J., 1996. Field Geophysics second edition:John Willey & SonsPublishing Company. Murch, Barbara, Skinner,Brian and Porter, Stephen., Environmentel Geology.

- Morgenstern, N. R. ve Price, V. E., 1967. "A Numerical Method for Solving the Equations of Stability of General Slip Surfaces," The Computer Journal, Great Britain, 9, 4, 388-393.
- Nakamura, Y., 2000. 12. WCEE "Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications". 2656–2660.
- Nettleton, L., 1939. 'Determination of density for reduction of gravimeter observations', Geophys 4, 176-183.
- Önalp, A., 1983. İnşaat mühendislerine geoteknik bilgisi Cilt II.
- Öner, E. ve Çiçek, İ., 1987. Jeomorfoloji, 15-53.
- Parasnis, D. S., 1962. Principles of Applied Geophysics Methuen, London.
- Park, C.B., Miller, R.D. ve Xia, J., 1998. Imaging Dispersion Curves of Surface Waves on Multi-Channel Record, 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1377–1380.
- Park, C.B., Miller, R.D., ve Xia, J., 1999a. Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW), Geophysics, 64, 3, 800–808.
- Park, C.B., Miller, R.D. ve Xia, J., 2001c. Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MSW): Proceedings of the SAGEEP 2001, Denver, Colorado, SSM-4.
- Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., Hunter, J.A. ve Harris, J.B., 1999b. Higher Mode Observation y the MASW Method, SEG, 524–527.
- Pell, P.S., 1965. Fatigue of Bituminos Materials in Flexible pavements. Proc Inst. Civil Engrs. 31.
- Peeters, M., Drijkoningen, G. G., Donselaar, M. ve Kempen, M.H., 1998.' Huesca,,highresolutions ubsurfaceim aging and rock characterization Project', Society of Exploration Geophysics Annual Meeting,New Orleans.
- Pyrak, N.J. ve Shiau, J.Y., 1998.' Imagings eismicw ave propagationin fractureddia',4 th SEGJ I nternational Symposium Fracture Imaging,Tokyo,Japan.
- Reynolds, J.M., 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Reynolds Geo-Sciences Ltd, UK.
- Rendulic, L., 1935. Ein Beitrag zur Bestimmung der Gleitsicherheit. Der Bauingnieur, 19-20.
- Robert, H., 2000. Section Engineering Geology. Centre for Technical Geociences, Internaonal Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Delft the Netherlands.

- Sandmeier, K.J., 2000. Refra, Computer Program for Refraction Seismic Interpretation, Zipser Str.1, 76-227 Karlsruhe Germany.
- Sarman. H.Z., 1958. Heyelanların Analizi Karayolları Genel Müdürlüğü yayın, 62.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu, Ş., 2002. Doğal Afetler ve Türkiye, Gündüz Eğitim yayıncılık, Ankara.
- Skempton, A.W. ve Hutchinson, J.N. 1969. Stability of naturel slopes and embankment Foundations Proc. 7 tn. Ind. Conf. Soil mech. 291–340.
- Sears, F. W., Zemansky, M.W. ve Young, H.D., 1982. University Physics 6th Edition: Addison-Westley Publishing Company.
- Stotzner, U., 1974. Ingenieur geophysikalisch Uen tersuchungen zur Erkundung und Überwachungv on Rutschungenu nd Felsstijrzen, 2, 3, Zeitschrift für geologische Wissenschaften Berlin, 325-331.
- Tarhan, F., 1989. Mühendislik jeolojisi prensipleri.
- Taşdemiroğlu, M., 1970. Türkiye Kütle Hareketleri. Türkiye JeolojiKurumu Bülteni Sayı 2., Cilt XIII.
- Taylor, D.W., 1937 Stability of Earth Slopes Cont. Soil Mech. Boston. Soc. Civil Eng. 1925–1940.
- TCK Genel Müdürlüğü 10. Bölge Müdürlüğü, 2006- “Torul-Gümüşhane Devlet Yolu Mescitli Köyü Mevkii Sağ Yamaç Heyelanı Sondaj Raporu TRABZON.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. ve Keys, D.A., 1990. Applied Geophysics, Cambridge University Pres Cambridge 7, 70.
- Terzaghi, K., 1950. “Mechanism on Landslides.” in Application of Geology to Engineering Practice.”. BERKEY Volume, Sidney Paige, chairman; Geol. Soc. America, Sayfa 83–123,1950.
- Terzaghi, K., 1950. Mechanism of Landslides. Form Theory to Practice in soil mechanics. 202–245.
- Tomo, V., 2000. Computer program for Refraction Seismic Interpretation GeotomoL LC,3354 Rogerdale Road, Suite 9III, Houston,Texas 77042, USA.
- Tunç, A., 2002. Yol mühendisliğinde geoteknik ve uygulamaları.
- Turner, A., Keith ve Schuster, R., 1996. Landslides investigations and mitigation.
- Türk-Japon ekibi, 1985. Gümüşhane Trabzon ortak maden projesi M.T.A-J.İ.C.A

Ulusay, R., 2001. Uygulamalı jeoteknik bilgileri.

URL-1, <http://web.viu.ca/geoscape/images/landslides.jpg>, 12.05.2008

URL-2, <http://visual.merriam-webster.com/earth/geology/landslides.php>, 12.05.2008

URL-3, http://www.ga.gov.au/image_cache/GA9878.jpg, 16.05.2008

URL-4, <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/images/Fig3grouping-2LG.jpg>, 16.05.2008

URL-5, <http://www.earlham.edu/~donatru/flowdiagram.gif>, 06.06.2008

URL-6, <http://www.zlscorp.com/prod01.htm>, 06.06.2008

URL-7, <http://www.geosphereinc.com/index.html>, 16.06.2008

URL-8, http://www.isgs.uiuc.edu/app-geophy/tools/appgeophys_seisreflect.htm,
26.01.2007.

URL-9, <http://www.ka.shuttle.de/software.com/gprtext.htm>, 26.01.2007

URL-10, www.enel.ucalgary.ca/~fear/lab3/lab3_help.doc 26.01.2007

Us, E., 1993. Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş, TMMOB, Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.

Vogelsang, D., 1994. Environmental Geophysics, Springer, Berlin, 73 ward, S.H. (ed.):1990, Geotechnical and Environmental Geophysics, society of Exploration Geophysicists Tulsa, Oklahoma 3, 89.

Williams, R.A., ve Pratt, T.L., 1996. 'Detection of the base of Slumgullion landslide, Colorado, by seismic reflection and refraction methods', in D.J. Varnes and W.Z. Savage (eds), The Slumgullion Earth Flow: A Large-Scale Natural Laboratory U, .S. Geological Survey Bulletin, 2, 30, United States Government Printing Office, Washington.

Yılmaz, Y., 1972. Gümüşhane granitinin Petrolojik ve petrojenik özellikleri Doktora tezi İst Üniversitesi.

6. EKLER

EK 1. Sondajlar (GÜMÜŞHANE)

Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü tarafından Yüksel Proje Uluslar arası. A.Ş. şirketine; Gümüşhane Mescitli mevkiinde meydana gelen kütle hareketinin kayma düzlemini belirlenmesi amacı ile 4 adet sondaj kuyusu (Mart 2006) açtırılmıştır. Kuyulara ‘GMH-1, GMH-2, GMH-3, GMH-4 ‘ diye isimlendirilmiştir. GMH-1. 21.45 metre açılmış yeraltı suyu gözlenmemiştir. GMH-2. 15.00 metre açılmış yeraltı suyu gözlenmemiştir. GMH-3. 15.50 metre açılmış yeraltı suyu gözlenmemiştir. GMH-4. 18.-20 metre açılmış yer altı suyu gözlenmemiştir. Açılan sondajlarda kayma düzlemine ulaşılammıştır. Bu sondajlara ait Yüksel Proje Şirketinin hazırladığı sondaj logları burada sunulmuştur.

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birik Mahallesi 9. Caddesi No:41
06810 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ No: **GMH-1**

SAYFA No: **1/3**

PROJE ADI / Project Name		MESCİTLİ HEYELANI		DELİK ÇAPLI / Hole Diameter		HW (114 mm)							
SONDAJ YERİ / Boring Location				YERALTI SUYU / Groundwater		Yok							
KİLOMETRE / Chainage				MUH.BOR.DER. / Casing Depth		16.50 m NW / 6.00 m HW							
SONDAJ DER. / Boring Depth		21.45 m.		BAŞ.BIT.TAR. / Start Finish Date		21.12.2005 - 25.12.2005							
SONDAJ KOTU / Elevation		1236.68 m.		KOORDİNAT / Coordinate (N-S) x		4 485 004.236							
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.		Mobile Drill / B53		KOORDİNAT / Coordinate (E-W) y		537 215.959							
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRAYA BOYURUN	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	İNCE DANELİ / Fine Grained	İRİ DANELİ / Coarse Grained	
			DARBE SAYISI Numb. of Blows			GRAFİK Graph							
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10 20 30 40 50 60						
0		0,50											
1	K-1												
	SPT-1	1,50	50			R						72	
		1,57	7										
2	K-2											61	
3	K-3	3,00											
	SPT-2	3,40	50			R						43	
		3,60	5										
4	K-4	4,50										74	
5	K-5												
6												69	
DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ / Coarse Grained				
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N :	0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N :	0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N :	3-4	YUMUŞAK	Soft	N :	5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N :	5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N :	11-30	ORTA SIKI	M.Den
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N :	9-15	KATI	Stiff	N :	31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N :	16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N :	>50	ÇOK SIKI	V.Den
						N :	>30	SERT	Hard				
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions							
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly		
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little		
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (C)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very		
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35	VE	And					
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)								
SPT	Standart Penetrasyon Testi		K	Karot Numunesi		LOGU YAPAN Logged By			KONTROL Checked				
D	Standart Penetrasyon Testi Örselenmiş Numune		P	Core Sample Pressiyometre Deneyi		ISIM Barış HASANCEBI							
UD	Disturbed sample Örselenmemiş Numune		VS	Pressuremeter Test Veyn Deneyi		Name Jeo.Müh.							
	Undisturbed Sample			Vane Shear Test		İMZA Sign							

Kahverengimsi gri-gri renkli, çok sıkı, killi siltli kumlu bloklu ÇAKIL / çakılı BLOK. Nemli, sert, yarı yuvarlak-köşeli, 70-80 cm'ye varan boyutlarda olup volkanik kökenlidir. % 20-25 ince-iri taneli, sert köşeli kumlu; eser: % 10 düşük plastisiteli ince malzemeli.
(YAMAÇ MOLOZU)

YÜKSEL PROJE																
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Birik Mahallesi 9. Cadde No:41 06610 ÇANKAYA-ANKARA TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr																
SONDAJ LOGU / BORING LOG					SONDAJ No : GMH-2											
					SAYFA No : 1/2											
PROJE ADI / Project Name : MESCİTLİ HEYELANI					DELİK ÇAP / Hole Diameter : HW (114 mm)											
SONDAJ YERİ / Boring Location :					YERALTI SUYU / Groundwater : Yok											
KİLOMETRE / Chainage :					MUH.BOR.DER. / Casing Depth : 13.50 m HW											
SONDAJ DER. / Boring Depth : 15.00 m.					BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date : 25.12.2005 - 28.12.2005											
SONDAJ KOTU / Elevation : 1214.38 m.					KOORDİNAT / Coordinate (N-S) x : 4 485 001.693											
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : Mobile Drill / B53					KOORDİNAT / Coordinate (E-W) y : 537 195.633											
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/CoreR	RQD %	LUGEON	
			DARBE SAYISI Numb. of Blows			N										
			0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
0																
1																
1.50	SPT-1		19	19	24	43										
1.95																
2																
3																
3.00	SPT-2		20	12	14	26										
3.45																
4																
3.90	P1															
4.50																
4.95	SPT-3		15	17	21	38										
5																
6																
DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained							
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loos					
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose					
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Den					
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense					
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Den					
						N : >30	SERT	Hard								
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions										
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slight					
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little					
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (C)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very					
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35	VE	And								
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)											
SPT	Standart Penetrasyon Testi		K	Karot Numunesi		LOGU YAPAN Logged By			KONTROL Checked							
D	Standart Penetrasyon Testi Örselemiş Numune		P	Core Sample		Name Barış HASANCEBİ										
UD	Disturbed sample Örselememiş Numune		VS	Pressuremeter Test		Sign Jeo.Müh.										
	Undisturbed Sample			Vane Shear Test												

Grimsi kahverengi-kahverengi, orta çok sıkı, killi siltli kumlu bloklu ÇAKIL / çakıllı BLOK. Nemli, sert, yarı yuvarlak-köşeli, 40-50 cm' ye varan boyutlarda olup volkanik kökenlidir. % 20-30 ince-iri taneli, sert köşeli kumlu; % 20-30 düşük plastisiteli ince malzemeli.

(YAMAÇ MOLOZU)

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No : **GMH-2**

SAYFA Page No : **2/2**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRAYA BOYURUN	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRISMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%/TCR/TC CoreR.	RQD %	LUGEON						
			DARBE SAYISI Numb. of Blows			N									GRAFIK Graph					
			0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm										10	20	30	40	50	60
6	K-1	6.10																		
7	P2	6.90																		
	SPT-4	7.50 7.69	15	50 4		R														
8	K-2																			
9		9.00																		
10	K-3	9.90																		
	P3																			
	SPT-5	10.50 10.56	50 6			R														
11	K-4																			
12		12.00																		
	K-5																			
13		13.50																		
14	K-6																			
15		15.00																		
16																				
<p>KUYU SONU : 15.00 m SANDIK : 1/1 : 6.10-15.00 m.</p>																				
<p>Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 15,00 m, Ø50 mm. perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm. kuyu ağızı beton yapılmıştır.</p>							LOGU YAPAN Logged By		KONTROL Checked											
							İSİM Name		Barış HASANCEBİ											
							İMZA Sign		Jeo.Müh.											

YÜKSEL PROJE																		
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Birik Mahallesi 9. Cadde No:41 06610 ÇANKAYA-ANKARA TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr																		
SONDAJ LOGU / BORING LOG					SONDAJ No: GMH-3													
SONDAJ YERİ / Boring Location					YERALTI SUYU / Groundwater : Yok													
KİLOMETRE / Chainage					MUH.BOR.DER. / Casing Depth : 3.00 HW, 6.00 m. NW													
SONDAJ DER. / Boring Depth : 15.50 m.					BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date : 29.12.2005 - 31.12.2005													
SONDAJ KOTU / Elevation : 1206.50 m.					KOORDİNAT / Coordinate (N-S) x : 4 485 047.460													
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : Mobile Drill / B53 / Rotary					KOORDİNAT / Coordinate (E-W) y : 537 215.959													
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEYRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Corer.	RQD %	LUGEON			
			DARBE SAYISI Numb. of Blows		N													
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm													
0																		
1																		
2	SPT-1	1.50	11	17	22	39												
3	K-1	1.95																
4	K-2	2.50																
5	K-3	3.00																
6		4.50																
			YAMAÇ MOLOZU Kahverengi sert, çakıllı kumlu SİLT. Nemli, düşük plastisiteli; % 20-25 çok ince-orta taneli kumlu; % 15-20 ince-in taneli, sert kışeli çakıllı.				2,40 m		III		IV		Cr		44 0			
			VOLKANİK BREŞ Açık gri renkli, sert, dayanımlı, az yer yer orta derecede ayrılmıştır. Süresizlikler: 0-15-30 seyrek-orta sık yer yer kırık, açık, pürüzlü, temiz yer yer Feo boyalıdır. 7.50-7.80 m. arası 0-90 parçalı, açık, pürüzlü. 12.50-13.00 m. arası andezit; Süresizlikler 0°-90° parçalı açık, pürüzlü, temiz.								I		I		Cl		83 0	
									II		II				88 36			
DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering				İNCE DANELİ / Fine Grained				İRİ DANELİ/Coarse Grained							
I DAYANIMLI Strong			I TAZE Fresh				N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK V.Soft				N : 0-4 ÇOK GEVŞEK V.Loos							
II ORTA DAYANIMLI M.Strong			II AZ AYRIŞMIŞ Slightly W.				N : 3-4 YUMUŞAK Soft				N : 5-10 GEVŞEK Loose							
III ORTA ZAYIF M.Weak			III ORTA D. AYR. Mod. Weath.				N : 5-8 ORTA KATI M.Stiff				N : 11-30 ORTA SIKI M.Den							
IV ZAYIF Weak			IV ÇOK AYR. Highly W.				N : 9-15 KATI Stiff				N : 31-50 SIKI Dense							
V ÇOK ZAYIF V.Weak			V TÜMÜYLE A. Comp.Weat.				N : 16-30 ÇOK KATI V.Stiff				N : >50 ÇOK SIKI V.Den							
							N : >30 SERT Hard											
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR - Proportions											
% 0-25 ÇOK ZAYIF V.Poor			1 SEYREK Wide (W)				% 5 PEK AZ Slightly				% 5 PEK AZ Slight							
% 25-50 ZAYIF Poor			1-2 ORTA Moderate (M)				% 5-15 AZ Little				% 5-20 AZ Little							
% 50-75 ORTA Fair			2-10 SIK Close (Cl)				% 15-35 ÇOK Very				% 20-50 ÇOK Very							
% 75-90 İYİ Good			10-20 ÇOK SIKI Intense (I)				% 35 VE And											
% 90-100 ÇOK İYİ Excellent			>20 PARÇALI Crushed (Cr)															
SPT Standart Penetrasyon Testi			K Karot Numunesi				LOGU YAPAN				KONTROL							
Standart Penetration Test			Core Sample				Logged By				Checked							
D Orselenmiş Numune			P Pressiyometre Deneyi				İSİM											
Disturbed sample			Pressuremeter Test				Name				Barış HASANCEBİ							
UD Orselenmemiş Numune			VS Veyn Deneyi				İMZA											
Undisturbed Sample			Vane Shear Test				Sign											

YÜKSEL PROJE										SONDAJ LOGU / BORING LOG		SONDAJ No : GMH-3							
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Birik Mahallesi 9. Caddesi No:41 06610 ÇANKAYA-ANKARA TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr										SAYFA No : 2/2		Page							
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRİ BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description				PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.ConeR.	ROD %	LUGEON		
			DARBE SAYISI Numb. of Blows																
			0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40								50	60
6	K-4	6.00																	
7		7.50																	
8	K-5	9.00																	
9	K-6	10.50																	
10		12.00																	
11	K-7	13.50																	
12	K-8	15.00																	
13																			
14	K-9																		
15	K-10																		
16																			
Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 15,50 m, Ø50 mm. perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm. kuyu ağızı betonu yapılmıştır.										LOGU YAPAN Logged By Baş HASANCEBİ Jeo.Müh.		KONTROL Checked							
										ISIM		IMZA							
										Name		Sign							

SANDIK :
1/2 : 2.50-10.50 m.
2/2 : 10.50-15.50 m.

KUYU SONU : 15.50 m

LOGU YAPAN
Logged By
Baş HASANCEBİ
Jeo.Müh.

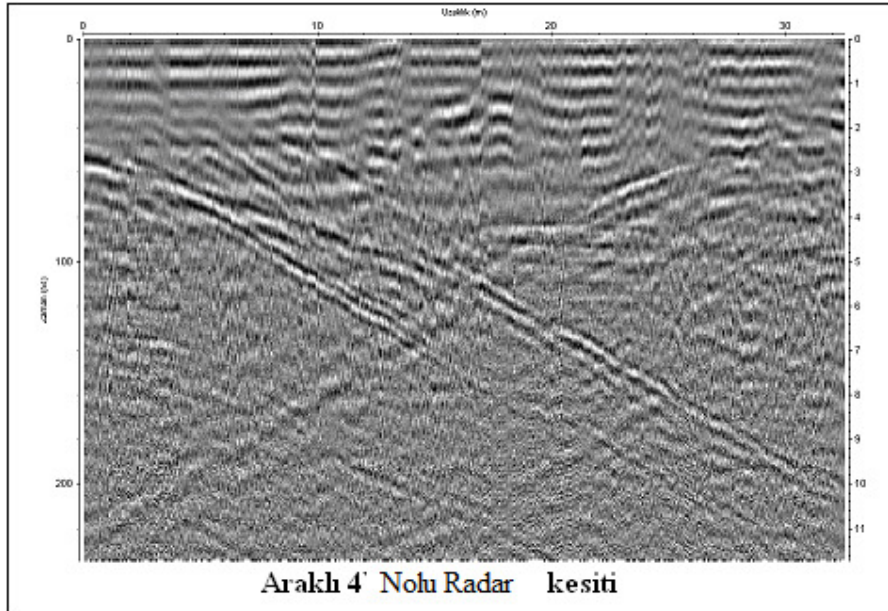
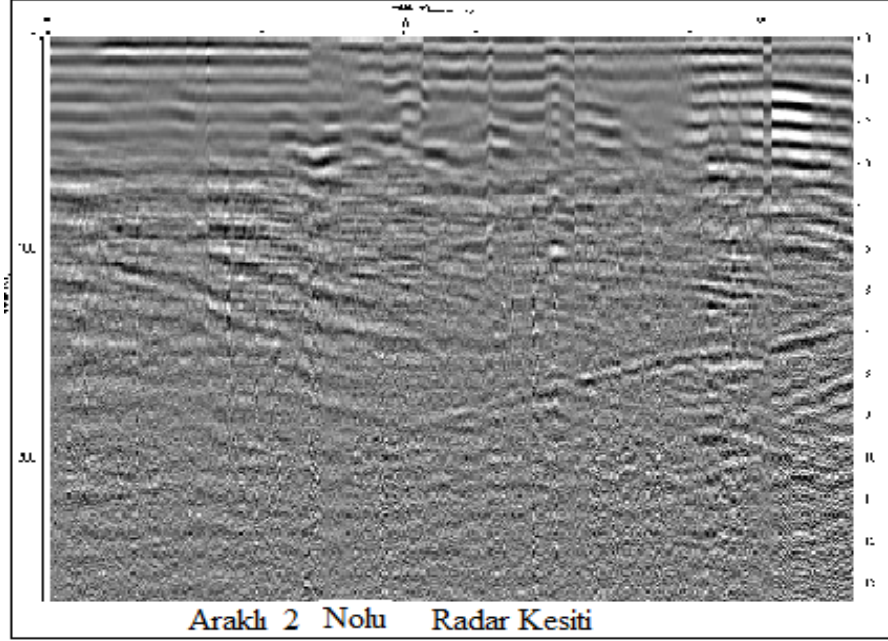
KONTROL
Checked

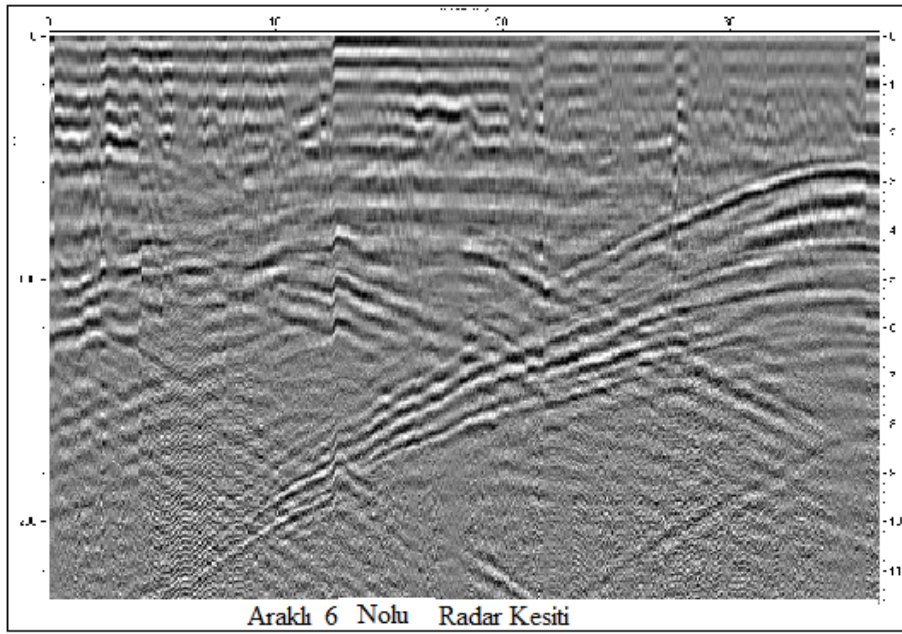
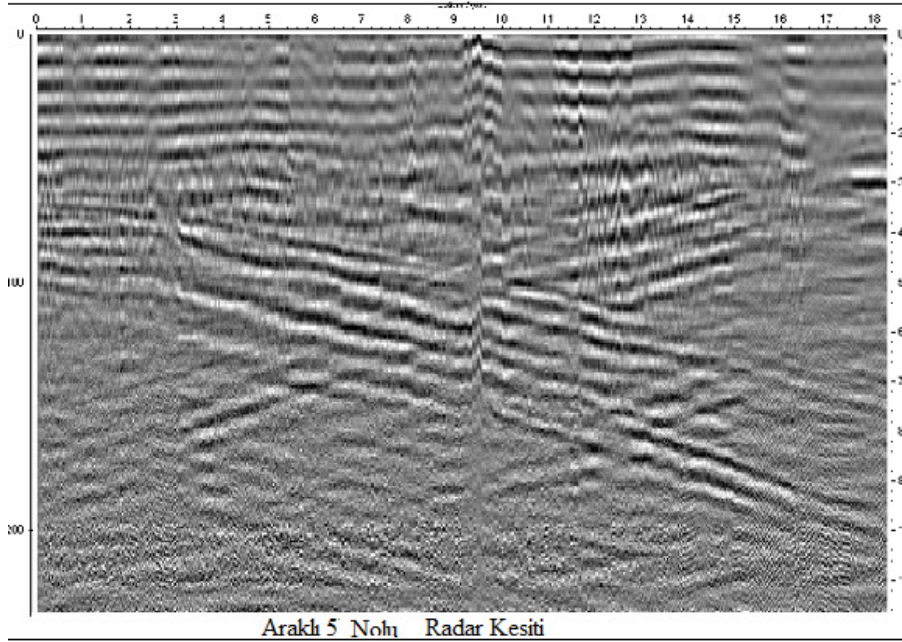
YÜKSEL PROJE																			
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Birik Mahallesi 9. Cadde No:41 06610 ÇANKAYA-ANKARA TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr					SONDAJ LOGU / BORING LOG														
SONDAJ Borehole No : GMH-4					SONDAJ Borehole No : GMH-4														
SAYFA Page No : 1/3					SAYFA Page No : 1/3														
PROJE ADI / Project Name : MESCITLI HEYELANI					DELİK ÇAPLI / Hole Diameter : HW (114 mm)														
SONDAJ YERİ / Boring Location :					YERALTI SUYU / Groundwater : Yok														
KİLOMETRE / Chainage :					MUH.BOR.DER. / Casing Depth : 15.00 m. HW, 15.00 m. NW														
SONDAJ DER. / Boring Depth : 18.20 m					BAŞ.BIT.TAR. / Start Finish Date : 02.01.2006 / 05.01.2006														
SONDAJ KOTU / Elevation : 1233.390 m.					KOORDİNAT / Coordinate (N-S) x : 4 485 053.090														
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : Mobile Drill / B53 / Rotary					KOORDİNAT / Coordinate (E-W) y : 537 177.847														
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/RUN	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test						JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%/CORJT/ CoreR.	RQD %	LUGEON			
			DARBE SAYISI Numb. of Blows			GRAFİK Graph													
			0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20									30	40	50
0																			
1																			
2	SPT-1	1,80 2,14	23	16	50 4	R													
3		3,00																	
4	K-1	4,50																	
5	K-2																		
6		6,00																	
YAMAÇ MOLOZU Kahverengimsi gri-gri renkli, çok sıkı, killi siltli kumlu bloklu ÇAKIL / çakıllı BLOK. Nemli, sert, köşeli 40-50 cm'ye varan boyutlarda olupandezit kökenlidir. % 15-25 ince-iri taneli, sert köşeli kumlu; % 10-15 düşük plastisiteli ince malzemeli.										5,10 m									
VOLKANİK BRES (Tanımı Sayfa 2 / 3 dedir.)										Cr Cl									
DAYANIMLILIK / Strength					AYRIŞMA / Weathering					İNCE DANELİ / Fine Grained					İRİ DANELİ/Coarse Grained				
I DAYANIMLI Strong					I TAZE Fresh					N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK V.Soft					N : 0-4 ÇOK GEVŞEK V.Loose				
II ORTA DAYANIMLI M.Strong					II AZ AYRIŞMIŞ Slightly W.					N : 3-4 YUMUŞAK Soft					N : 5-10 GEVŞEK Loose				
III ORTA ZAYIF M.Weak					III ORTA D. AYR. Mod. Weath.					N : 5-8 ORTA KATI M.Stiff					N : 11-30 ORTA SIKI M.Den				
IV ZAYIF Weak					IV ÇOK AYR. Highly W.					N : 9-15 KATI Stiff					N : 31-50 SIKI Dense				
V ÇOK ZAYIF V.Weak					V TUMÜYLE A. Comp.Weat.					N : 16-30 ÇOK KATI V.Stiff					N : >50 ÇOK SIKI V.Den				
N : >30 SERT Hard																			
KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD					KIRIKLAR - 30 cm / Fractures					ORANLAR - Proportions									
% 0-25 ÇOK ZAYIF V.Poor					1 SEYREK Wide (W)					% 5 PEK AZ Slightly					% 5 PEK AZ Slightly				
% 25-50 ZAYIF Poor					1-2 ORTA Moderate (M)					% 5-15 AZ Little					% 5-20 AZ Little				
% 50-75 ORTA Fair					2-10 SIK Close (Cl)					% 15-35 ÇOK Very					% 20-50 ÇOK Very				
% 75-90 İYİ Good					10-20 ÇOK SIKI Intense (I)					% 35 VE And									
% 90-100 ÇOK İYİ Excellent					>20 PARÇALI Crushed (Cr)														
SPT Standart Penetrasyon Testi					K Karot Numunesi					LOGU YAPAN					KONTROL				
Standart Penetrasyon Testi					Core Sample					Logged By					Checked				
D Örselenmiş Numune					P Pressiyometre Deneyi					İSİM					Banş HASANCEBİ				
Disturbed sample					Pressuremeter Test					Name					Jeo.Müh.				
UD Örselenmemiş Numune					VS Veyn Deneyi					İMZA									
Undisturbed Sample					Vane Shear Test					Sign									

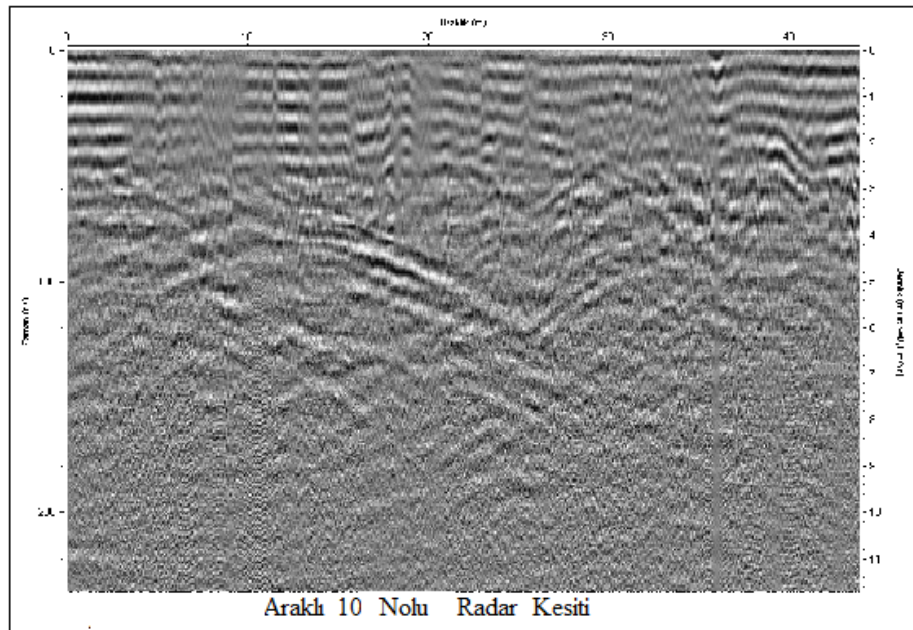
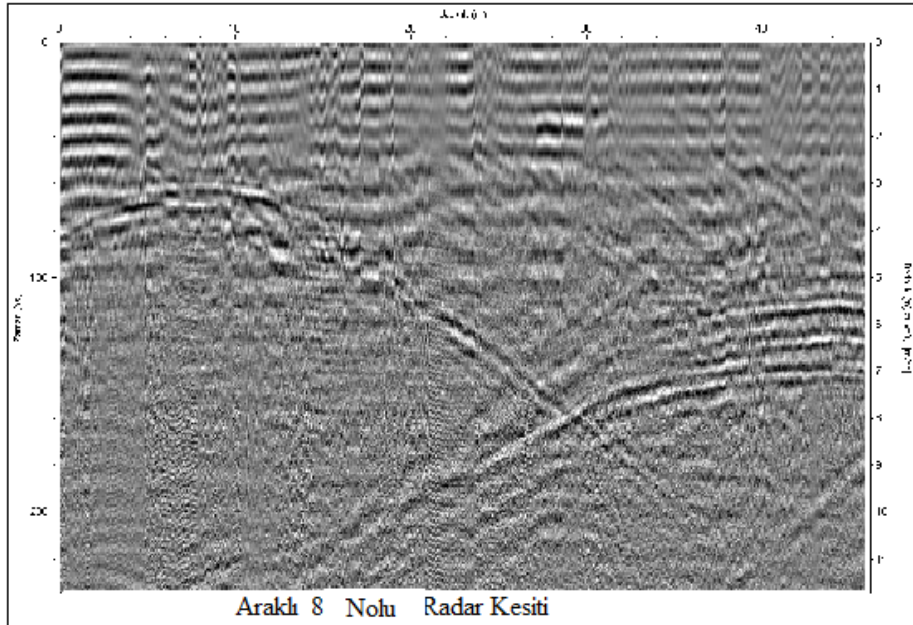
YÜKSEL PROJE																						
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Birik Mahallesi 9. Cadde No:41 06610 ÇANKAYA-ANKARA TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr																						
SONDAJ LOGU / BORING LOG																						
SONDAJ Borehole No: GMH-4										SAYFA Page No: 3/3												
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test						JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description													
			DARBE SAYISI Numb. of Blows			GRAFIK Graph																
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCRYT-ConeR.	RQD %	LUGEON			
16	K-8	16.50																				
17	K-9																					
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
<p>Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 15.00 m, Ø50 mm. perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm. kuyu ağızı betonu yapılmıştır.</p>												<p>LOGU YAPAN Logged By Baş HASANCEBİ Name Geo.Müh. İMZA Sign</p>			<p>KONTROL Checked</p>							
<p>KUYU SONU : 18,20 m</p> <p>SANDIK : 1/2 : 3.00-16.10 m. 2/2 : 16.10-18.20 m.</p>												<p>VOLKANİK BREŞ (Tanımı Sayfa 2 / 3' dedir.)</p>										

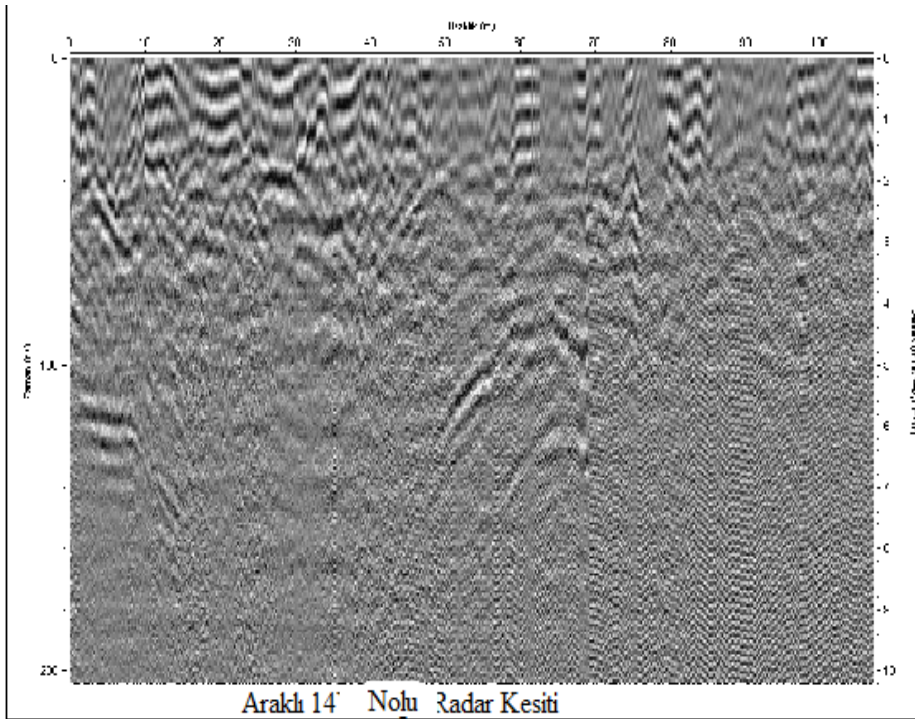
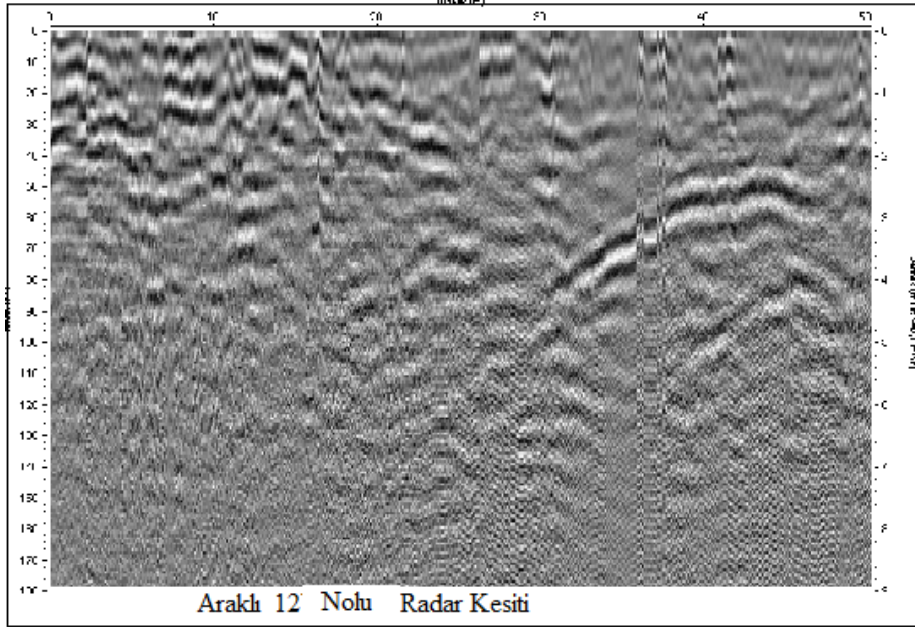
EK-2 Radar kesitleri

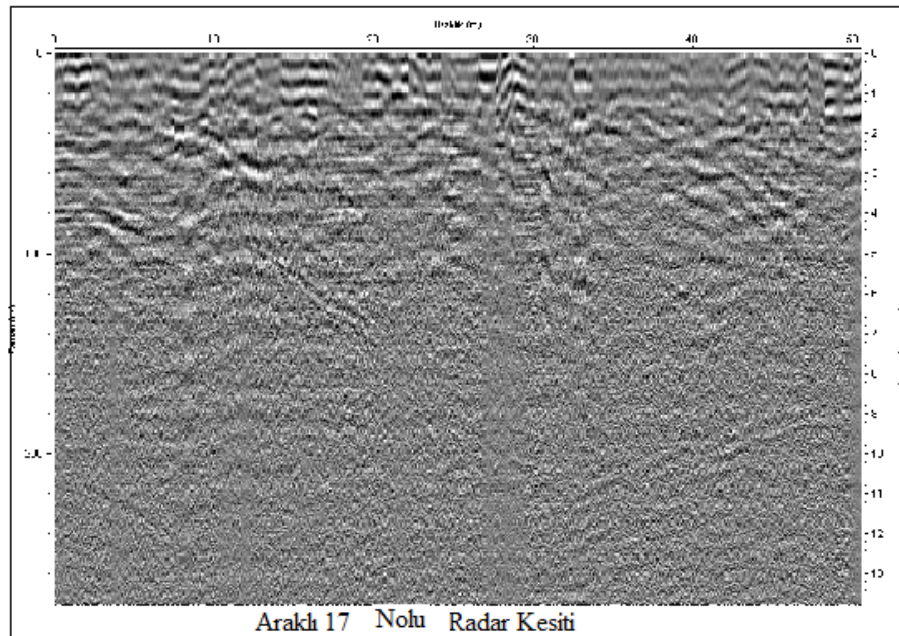
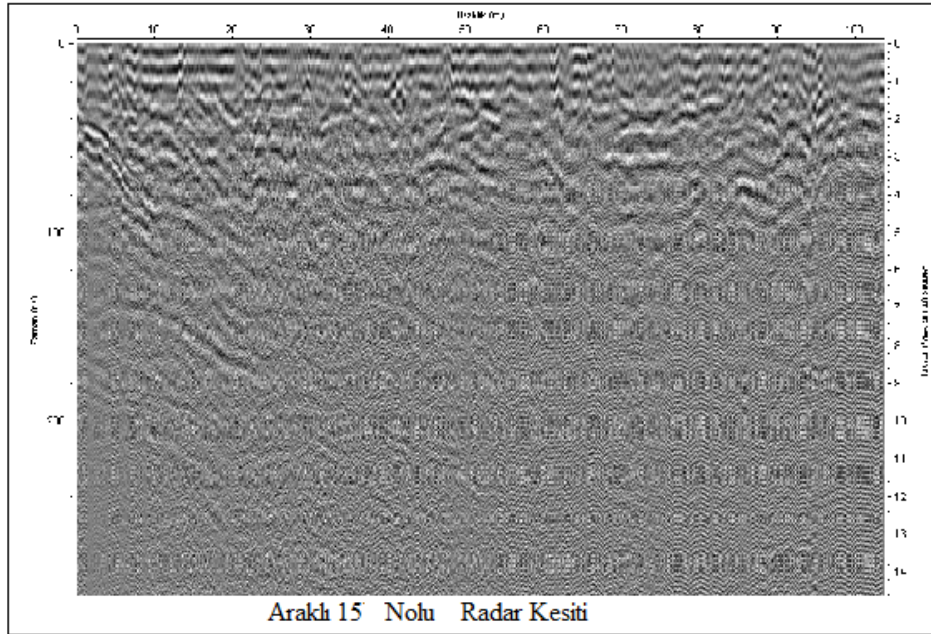
Araklı Yiğit özü köyü ve Gümüşhane Mescitli Çalışma sahalarının da ölçülen ve temel veri işlem uygulanmış fakat ölçü tekrarı, aynı modlu, diğer yöntemlerle alınan ölçüler ile birlikte değerlendirilmediği için ekler bölümünde sunulmuştur.

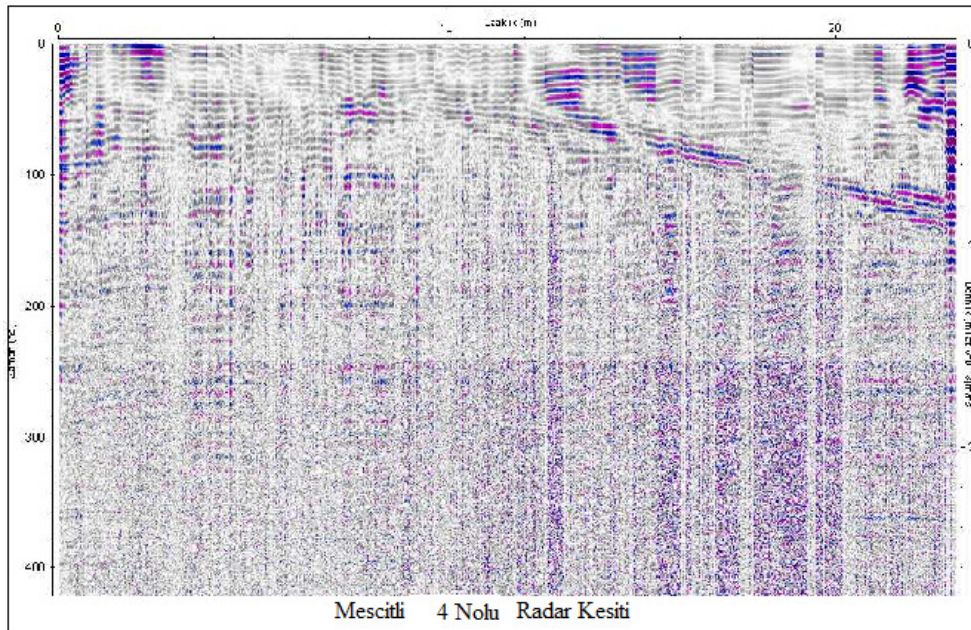
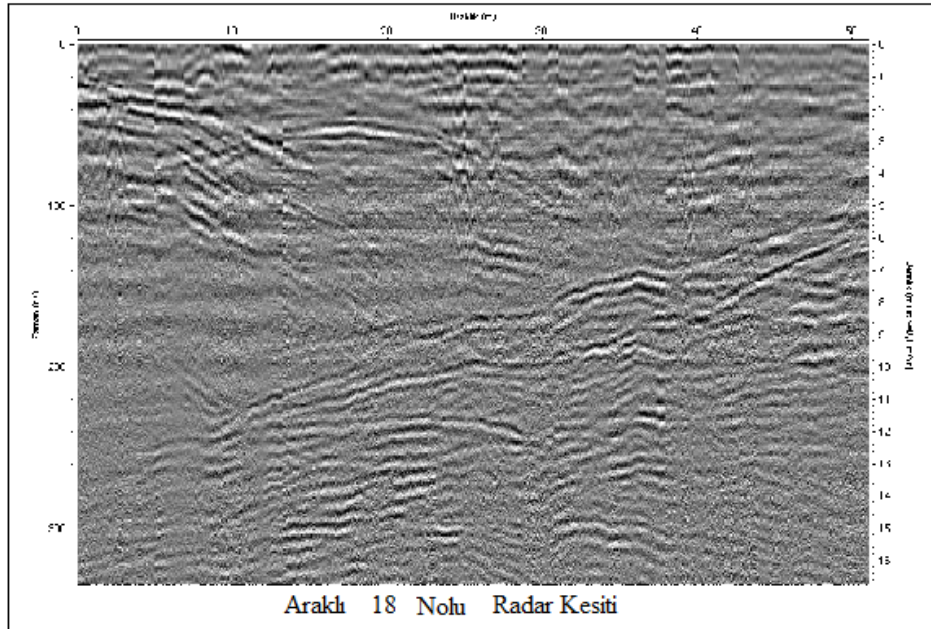


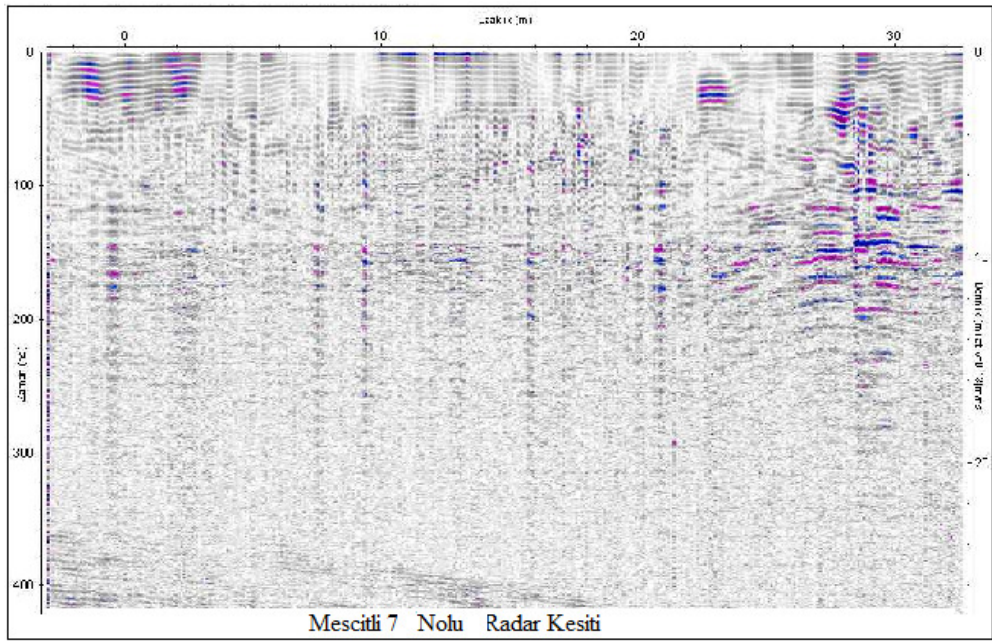
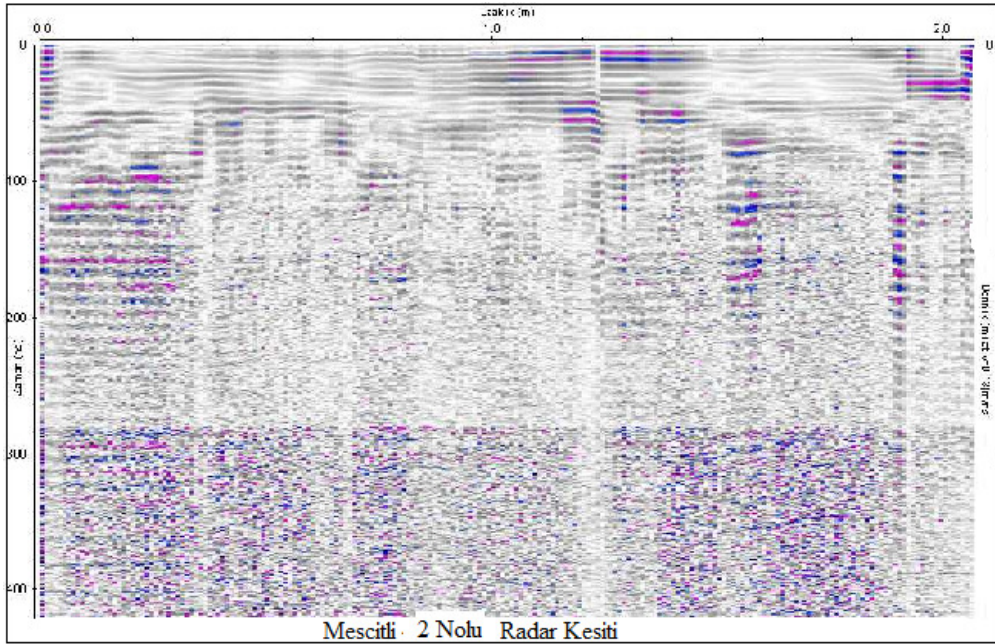


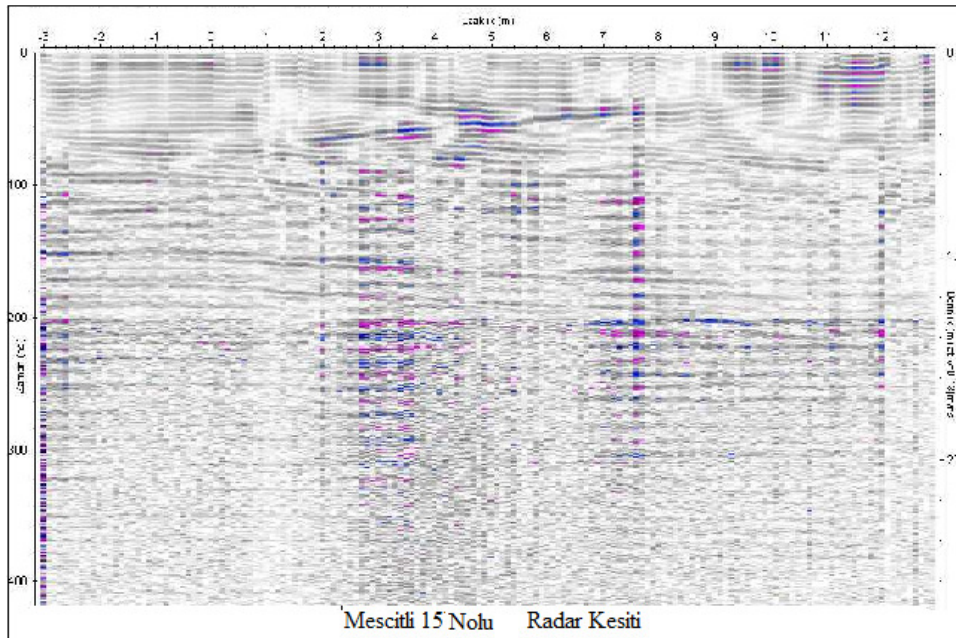
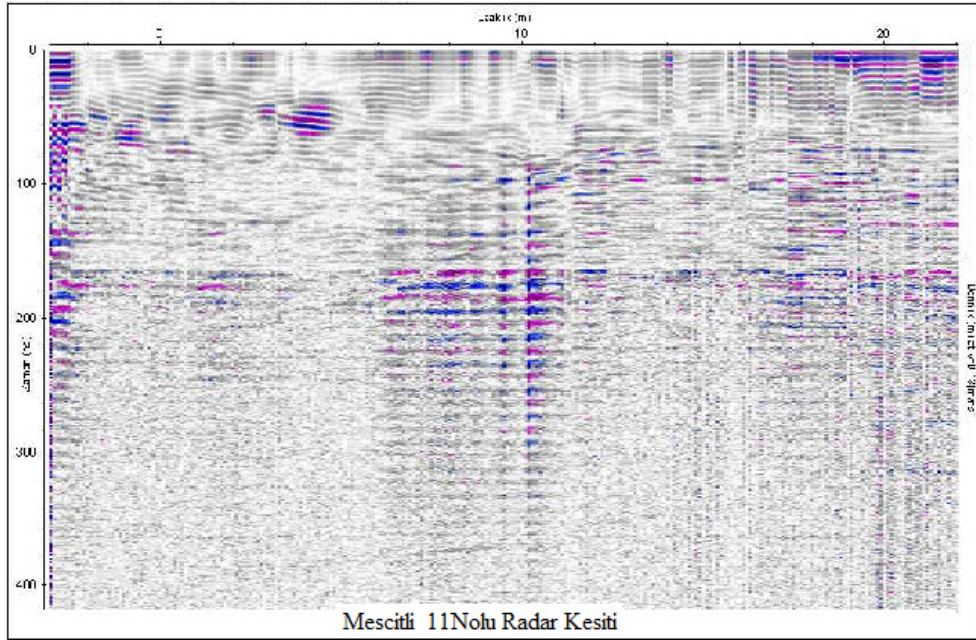












EK-4 Arazi Resimleri





ÖZGEÇMİŞ

08.05.1963'de Trabzon-Şalpazarı Geyikli Beldesinde doğdu. İlk Öğrenimini Geyikli Beldesinde, orta öğrenimini Beşikdüzü Öğretmen Lisesinde Bitirdi. 1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimi tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine devam etmekte olan Nuh DEMİRBAŞ' evli ve iki çocuk babasıdır.