

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada; köprü, tünel ve viyadük güzergahlarının jeofizik yöntemler ile incelenmesi kapsamında, Artvin ili Hopa ve Borçka ilçeleri arasında çok sayıda jeofizik ölçümler alınarak, zemin incelemesi yapılması amaçlanmıştır.

Yüksek lisans çalışmam süresince benden destek ve yardımlarını esirgemeyen, çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Aysel ŞEREN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu zor ve uzun dönemde, şikâyet etmeden, her zaman yanımda olan ve arazi çalışmaları esnasında yardımı için eşim Elif GENÇER'e teşekkür ederim.

Oğuzhan GENÇER

Trabzon 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Artvin Hopa-Borçka Karayolu Üzerinde Köprü, Tünel Ve Viyadük Güzergahlarının Jeofizik Yöntemler İle İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Aysel ŞEREN’in sorumluluğunda tamamladığımı, toplanmış verileri kendim değerlendirdiğimi ve yorumladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/06/2019

Oğuzhan GENÇER



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLolar DİZİNİ	VI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam	1
1.3. İnceleme Alanının Tanıtılması.....	2
1.4. Genel Jeoloji	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Sismik Yöntemler	6
2.1.1. Sismik Dalgalar.....	7
2.1.2. Sismik Kırılma Tomografi Yöntemi	8
2.1.3. İki Boyutlu Çok Kanallı YüzeY Dalgası Analizi (2DMASW).....	9
2.1.4. ZeminE Ait Dinamik ve Elastik Parametreler	10
2.1.5. Güzergahtaki Sismik Kırılma ve 2DMASW Ölüm Noktalarının Ölçüm Geometri-leri	13
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
3.1. Jeofizik Ölçümler.....	19
3.1.1. Köprü-3 Sol Köprü Başı (Km:14+795,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	19
3.1.2. Köprü-3 Sağ ve Sol Köprü Sonu (Km:15+050,00 - 15+055,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	26
3.1.3. Tünel-3 Sağ ve Sol Tünel Başı (Km:16+405,00 - 16+397,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm.....	30
3.1.4. Tünel-3 Sağ ve Sol Tünel Sonu, Viyadük (Km:18+611,00 - 18+617,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm.....	30
3.1.5. Köprü-6 Sol Köprü Başı (Km:19+275,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	32

3.1.6.	Köprü-6 Sağ ve Sol Köprü Başı (Km:19+695,00 – 19+677,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	36
3.1.7.	Köprü-6 Sağ ve Sol Köprü Sonu (Km:19+780,00-19+775,00), Tünel-5 Sağ ve Sol Tünel Başı (Km:19+855,00-19+825,00) Yapılarına Ait Jeofizik Ölçümler.....	39
3.1.8.	Tünel-5 Sağ ve Sol Tünel Başı (Km:19+855,00 – 19+825,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler	42
3.1.9.	Tünel-5 Sağ ve Sol Tünel Sonu (Km:20+900,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler	42
3.1.10.	Köprü-7 Sol Köprü Başı (Km:21+770,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler	44
3.1.11.	Köprü-7 Sol Köprü Sonu (Km:21+890,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler	48
3.1.12.	Köprü-8 Başı (Km:23+415,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	51
3.1.13.	Köprü-8 Sonu (Km:23+415,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler.....	54
3.1.14.	Köprü Başı (Km:0+190) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm	59
3.1.15.	Köprü Sonu (Km:0+282) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm	60
3.2.	Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi	61
3.2.1.	Deprem Durumu	61
3.2.2.	Bölgenin Deprem Tehlikesi ve Risk Analizi	62
3.2.3.	Artvin İli Borçka İlçesi ve Çevresi Magnitüt-Frekans İlişkisi.....	64
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
5.	KAYNAKLAR	70
6.	EKLER.....	72
	ÖZGEÇMİŞ	86

ÖZET

ARTVİN HOPA-BORÇKA KARAYOLU ÜZERİNDE KÖPRÜ VE TÜNEL GÜZERGAHLARININ JEOFİZİK YÖNTEMLER İLE İNCELENMESİ

Oğuzhan GENÇER

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aysel ŞEREN

2019, 85 (Tez sayfa)

Bu tez çalışması; Artvin ili, Hopa-Borçka ilçeleri arasındaki karayolu üzerinde, KGM 10. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen yol güzergahındaki zeminlerin özelliklerini jeofizik yöntemler ile ayrıntılı olarak belirlenmesi amaçlanmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında zemin özelliklerinin belirlenmesi için 9 profilde sismik kırılma tomografi, 2 boyutlu çok kanallı yüzey dalgası analizi ve 26 noktada mikrotremör ölçümleri alınmıştır. Toplanan sismik verilere gerekli veri işlem aşamaları uygulandıktan sonra 2 boyutlu görüntüler, zemine ait hız bilgileri ve bu hız bilgileri kullanılarak zeminin dinamik elastik parametreler elde edilmiştir. Toplanan mikrotremör verilerine gerekli veri işlem aşamaları uygulandıktan sonra zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütme değeri elde edilmiştir.

5. ve 8. profillere ait zeminlerin problemlili olduğu tespit edilmiş ve bu profillere ait dinamik-elastik parametreler dikkate alınarak gerekli tedbirler ışığında yapı inşaları gerçekleştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Köprü/Tünel, Güzergah, Jeofizik, Sismik Tomografi, 2DMASW, Mikrotremör, Zemin Özellikleri

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF BRIDGE, TUNNEL AND VIADUCT ROUTES ON ARMPIN
HOPA-BORÇKA HIGHWAY WITH GEOPHYSICAL METHODS

Oğuzhan GENÇER

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Geophysics Engineering Graduate Program

Supervisor: Prof. Dr. Aysel ŞEREN

2019, 220 (Tez sayfa)

This thesis study; On the highway of Artvin province, Hopa-Borçka districts, in the areas that are aimed at the establishment of KGM 10th Regional Directorate, in the field of geophysical studies and in the area where it is located. 9 profile seismic tomography, multidimensional surface wave analysis and 26 region microtremor measurements were performed. In seismic measurements, AMBROGEO ECHO brand 0011053 Serial Number, signal accumulating (ethernet) Seismograph, Geospace brand 4,5 Hz 12 Nums pcs vertical geophones and seismic wave number of 6.0 Kg. Ambrogeo brand, HVSR3 3-component 2 Hz seismometer device for large rubber microtremor measurements with sledge hammer. After the necessary data processing stages were applied to the collected seismic data, the 2D elastic images of the ground were obtained by 2D images, the velocity information of the floor and the information of this velocity. The data processing steps required for the collected microtremor were applied. Then the ground prevailing vibration and soil magnification value was obtained.

5. and 8. The profiles have been identified to be troublesome to the ground floor, and these profiles should be implemented in the light of the required procedures, taking into account the dynamic-elastic parameters.

Keywords: Seismic tomography, 2D multichannel surface wave analysis, Microtremor method, Soil dynamic elastic parameters

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2.	Bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti	4
Şekil 2.1.	Güzergâhta yapılması planlanan yapılar.....	5
Şekil 2.2.	Jeofizik ölçüm noktalarının haritada gösterimi	5
Şekil 2.3.	Genlik-Periyod ve Genlik-Dalga boyu gösterimi	7
Şekil 2.4.	Cisim ve Yüzey dalgaları.....	7
Şekil 2.5.	Sismik Kırılma ölçüm serimlerinin geometrisi.....	15
Şekil 2.6.	2DMASW ölçüm serimlerinin geometrisi.....	16
Şekil 2.7.	Veri işlem akış şeması (Nakamura yöntemi, H/V).....	17
Şekil 2.8.	Çalışmalar esnasında kullanılan cihazlar.....	18
Şekil 3.1.	Köprü-3 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi	19
Şekil 3.2.	HAT-1 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	20
Şekil 3.3.	Mikrotremör-1 noktasına ait veri işlem	21
Şekil 3.4.	Mikrotremör-2 noktasına ait veri işlem	21
Şekil 3.5.	Mikrotremör-3 noktasına ait veri işlem	22
Şekil 3.6.	Mikrotremör-4 noktasına ait veri işlem	23
Şekil 3.7.	Mikrotremör-5 noktasına ait veri işlem	24
Şekil 3.8.	Mikrotremör-6 noktasına ait veri işlem	24
Şekil 3.9.	Köprü-3 sağ-sol köprü sonu yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi.	26
Şekil 3.10.	Mikrotremör-7 noktasına ait veri işlem	27
Şekil 3.11.	Mikrotremör-8 noktasına ait veri işlem	28
Şekil 3.12.	Mikrotremör-9 noktasına ait veri işlem	28
Şekil 3.13.	Mikrotremör-10 noktasına ait veri işlem	29
Şekil 3.14.	Tünel-3 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçüm.....	30
Şekil 3.15.	Tünel-3 sağ ve sol tünel sonu , viyadük yapısına ait jeofizik ölçüm	30
Şekil 3.16.	HAT-4 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	31
Şekil 3.17.	Köprü-6 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi	32
Şekil 3.18.	Mikrotremör-11 noktasına ait veri işlem	33
Şekil 3.19.	Mikrotremör-12 noktasına ait veri işlem	33
Şekil 3.20.	Mikrotremör-13 noktasına ait veri işlem	34
Şekil 3.21.	Mikrotremör-14 noktasına ait veri işlem	35
Şekil 3.22.	Köprü-6 sağ, sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harta gösterim...	36

Şekil 3.23.	HAT-5 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	36
Şekil 3.24.	Mikrotremör-15 noktasına ait veri işlem	37
Şekil 3.25.	Köprü-6 sağ ve sol köprü sonu, Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterim.....	39
Şekil 3.26.	HAT-6 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	39
Şekil 3.27.	Mikrotremör-16 noktasına ait veri işlem	40
Şekil 3.28.	Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi...	42
Şekil 3.29.	Tünel-5 sağ ve sol tünel sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	42
Şekil 3.30.	HAT-8 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	43
Şekil 3.31.	Köprü-7 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	44
Şekil 3.32.	HAT-9 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	45
Şekil 3.33.	Mikrotremör-17 noktasına ait veri işlem	46
Şekil 3.34.	Mikrotremör-18 noktasına ait veri işlem	46
Şekil 3.35.	Köprü-7 sol köprü sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	48
Şekil 3.36.	HAT-10 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	48
Şekil 3.37.	Mikrotremör-19 noktasına ait veri işlem	49
Şekil 3.38.	Köprü-8 başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	51
Şekil 3.39.	HAT-11 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	51
Şekil 3.40.	Mikrotremör-20 noktasına ait veri işlem	52
Şekil 3.41.	Köprü-8 sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	54
Şekil 3.42.	HAT-12 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu	54
Şekil 3.43.	Mikrotremör-21 noktasına ait veri işlem	55
Şekil 3.44.	Mikrotremör-22 noktasına ait veri işlem	56
Şekil 3.45.	Mikrotremör-23 noktasına ait veri işlem	56
Şekil 3.46.	Mikrotremör-24 noktasına ait veri işlem	57
Şekil 3.47.	Köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	59
Şekil 3.48.	Mikrotremör-25 noktasına ait veri işlem	59
Şekil 3.49.	Köprü sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi.....	60
Şekil 3.50.	Mikrotremör-26 noktasına ait veri işlem	61
Şekil 3.51.	Artvin ili ve Borçka ilçesi Türkiye deprem bölgeleri haritasındaki yeri	62
Şekil 3.51.	Borçka ilçesi 100 km yarıçaplı çevresi $M \geq 4,5$ depremleri listesi.....	63
Şekil 3.52.	Borçka ilçesi 100 km yarıçaplı çevresi $M \geq 4,5$ depremleri harita gösterimi...	63
Şekil 3.53.	$\Delta M= 0.1$ için magnitüd – frekans ilişkisi.....	65



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. P dalgası hızı ile zeminlerin ya da kayaçların sökülebilirlikleri	10
Tablo 2.2. Kayma dalgası hızına göre yersel birim türleri ve zemin grupları	10
Tablo 2.3. Zemin Birimlerinin Yoğunluk Sınıflaması	11
Tablo 2.4. Poisson sınıflaması	11
Tablo 2.5. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanım	12
Tablo 2.6. Kayma modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı	12
Tablo 2.7. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı	13
Tablo 2.8. Sismik Kırılma ölçüm serimlerinin geometrik bilgileri	14
Tablo 2.9. 2DMASW ölçüm serimlerinin geometrik bilgileri	15
Tablo 3.1. HAT-1 değerlendirme sonuçları	20
Tablo 3.2. Köprü-3 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi	25
Tablo 3.3. Köprü-3 sağ ve sol köprü sonu yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi	29
Tablo 3.4. HAT-4 değerlendirme sonuçları	31
Tablo 3.5. Köprü-6 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi	35
Tablo 3.6. HAT-5 değerlendirme sonuçları	36
Tablo 3.7. Köprü-6 sağ ve sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	37
Tablo 3.8. HAT-6 değerlendirme sonuçları	39
Tablo 3.9. Köprü-6 sağ ve sol köprü sonu, Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	40
Tablo 3.10. HAT-8 değerlendirme sonuçları	43
Tablo 3.11. HAT-9 değerlendirme sonuçları	45
Tablo 3.12. Köprü-7 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi.	47
Tablo 3.13. HAT-10 değerlendirme sonuçları	49
Tablo 3.14. Köprü-7 sol köprü sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	49
Tablo 3.15. HAT-11 değerlendirme sonuçları	51
Tablo 3.16. Köprü-8 başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	52
Tablo 3.17. HAT-12 değerlendirme sonuçları	55

Tablo 3.18.	Köprü-8 sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	57
Tablo 3.19.	Köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	60
Tablo 3.20.	Köprü sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi	61
Tablo 3.21.	0,1 birim magnitüd aralıkları ile sınırlanan depremlerin oluş sayıları ve normal frekans değerleri	64
Tablo 3.23.	Sismik tehlike değerleri ve bunların dönüş periyotları	65
Tablo 3.24.	Borçka ilçesi çalışma alanı ivme değerleri ve aşılma olasılığı	66



SEMBLLER DİZİNİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CDP	: Ortak Derinlik Noktası
cm ²	: Santimetrekare
cm ³	: Santimetreküp
d	: Yoğunluk
E	: Elastisite Modülü
g	: ivme
G	: Kayma Modülü
gr	: Gram
h	: Kalınlık
H/V	: Yatay / Düşey spektral oran
Hz	: Hertz
K	: Bulk Modülü
kg	: Kilogram
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
K _s	: Zemin yatak katsayısı
M	: Magnitüd
m	: Metre
m ³	: Metreküp
MASW	: Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi
MTA	: Maden Tetkik Arama
P	: Birincil
Q _e	: Emniyetle taşıma gücü
S	: İkincil
sn	: Saniye
S/G	: Sinyal / Gürültü
T	: Ton
T ₀	: Zemin Hakim Titreşim Periyodu
T _a	: Zemin guruplarına göre rezonans bölgesi periyot değişim eğrisi alt periyod değeri
T _b	: Zemin guruplarına göre rezonans bölgesi periyot değişim eğrisi üst periyod değeri
v	: Poisson Oranı
V	: Volt

- V_1 : Birinci tabakaya ait sismik dalga hızı
 V_2 : İkinci tabakaya ait sismik dalga hızı
 V_P : Birincil sismik dalga hızı
 V_S : İkincil sismik dalga hızı
 V_{S30} : Üst 30 metredeki kayma-dalgası hızı
 $x-t$: Uzaklık – Zaman
2DMASW : İki Boyutlu Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi



BÖLÜM I

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Jeofizik, yer fiziği anlamına gelen Almanca kökenli bir sözcüktür. Yer altını inceleyen bilim dallarından birisidir. Daha çok jeoloji biliminin alt dalı olarak görülmektedir ancak mühendislik disiplinleri söz konusu olduğunda, jeoloji mühendisliğinden ayrılmaktadır. Özellikle mühendislik jeolojisinde (jeoloji biliminin yol, yapı vb alanlarda kullanımı) daha çok sondaj ya da araştırma çukuru gibi yer altından malzeme (numune) olarak ve bu malzemeleri laboratuvar ortamında inceleyerek (çeşitli deneyler yaparak) elde edilen sonuçlara göre belli başlı jeolojik parametreler belirlenmektedir. Ancak yer yüzünün her noktası sondaj ya da araştırma çukuru açılmasına elverişli olmamakla birlikte tüm araziye ve yer altını sadece bunlarla tanımlamak imkansızdır. Çünkü sondaj kuyusunun çapı ortalama 15 cm'dir. Örneğin; bir dönümlük bir araştırma sahasını 15 cm çapındaki kuyularla incelemek oldukça yetersiz kalacaktır. Dahası, yer altından numune alınmasına yönelik bu çalışmalar oldukça maliyetli ve de çok zaman alan bir iştir. Jeofizik mühendisleri yer altından numune almaktan ziyade, inceleme alanına hasar vermeden elektronik cihazlarla alınan verilerin çözümlenmesi ile yer altını modelleme (görüntüleme de denebilir) çalışmalarını yapmaktadır.

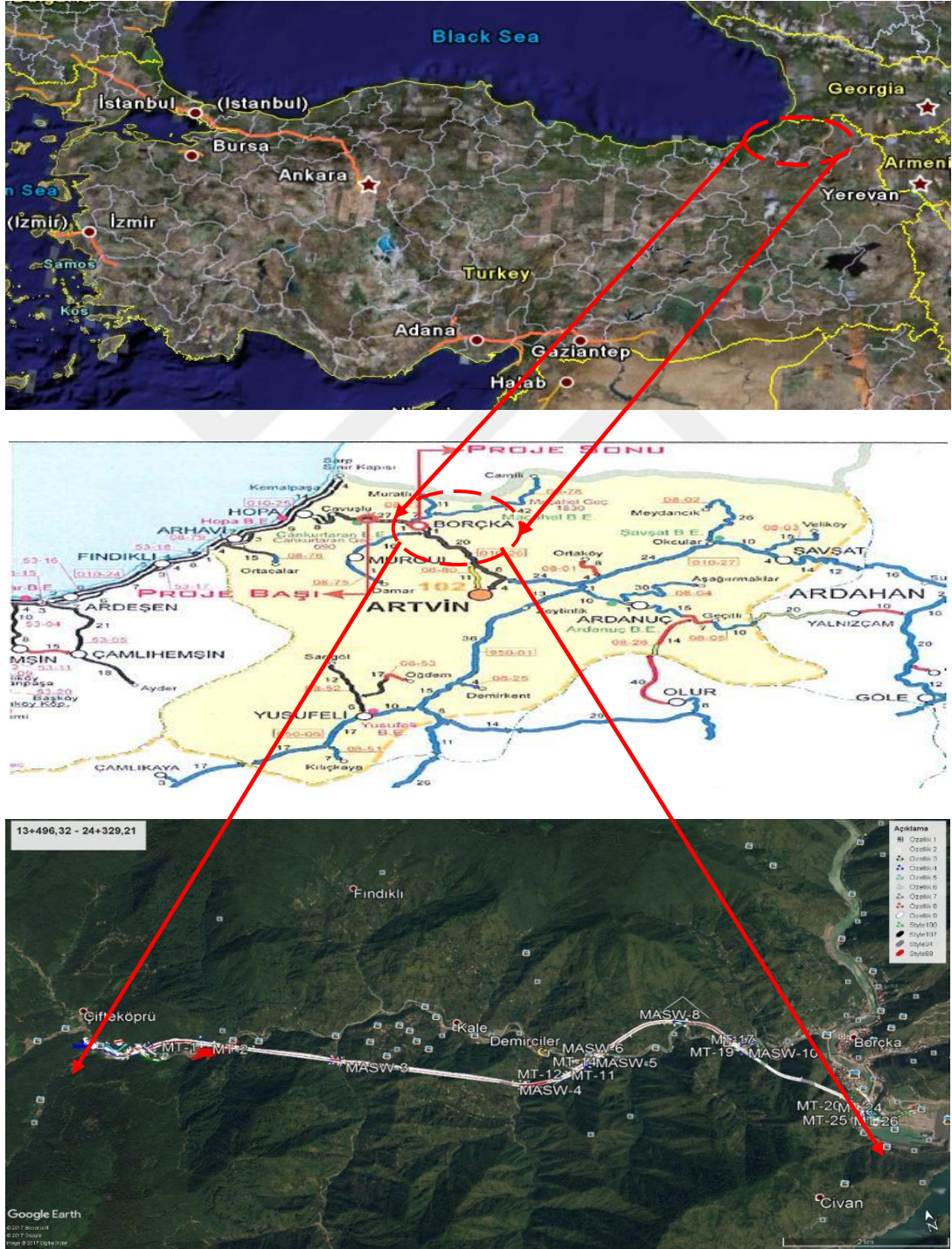
1.2. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma; Artvin ili, Hopa-Borçka ilçeleri arasındaki karayolu üzerinde, KGM 10. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen yol güzergahı zemin çalışmalarının jeofizik çalışmalar ile ayrıntılı incelenmesini içermektedir ve belirlenen yol güzergahındaki zeminlerin özelliklerini jeofizik yöntemler ile ayrıntılı olarak belirlenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu jeofizik çalışmada Sismik Yöntem ve Mikrotremör Yöntemi uygulanmış, çalışma metodu ve sonuçlar tüm hatlarıyla açıklanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda yol güzergahının yapılar için elverişli olup olmadığı incelenmiştir.

1.3. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme Alanı Artvin ili, Hopa-Borçka ilçeleri arasında yer almaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı 5° - 30° arasında değişen eğimli arazide bulunmaktadır.



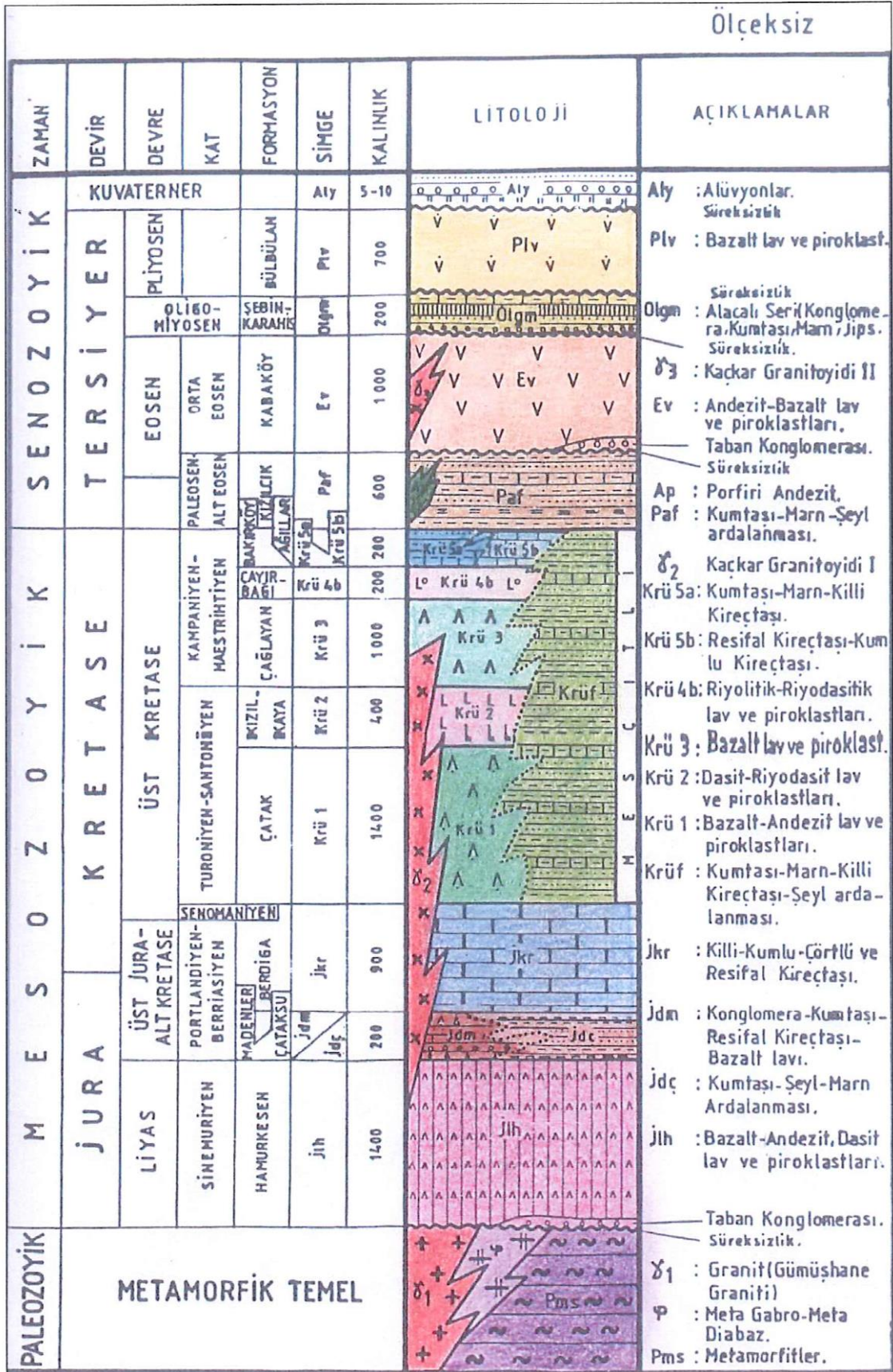
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.4.Genel Jeoloji

Artvin iline ait 1 / 25.000 ölçekli paftaların komplikasyon çalışmaları, MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü bünyesinde, Jeoloji Y. Müh. İ. Hakkı Güven başkanlığındaki ekiplerce gerçekleştirilmiştir (URL-1) (Şekil 1.3.).

İnceleme alanı Doğu Pontid Tektonik Ünitesinin kuzey doğusunda bulunmaktadır (Ketin,1966). Bu tektonik ünite; batıda Kızılırmak vadisi ile doğuda Gürcistan sınırı arasında yaklaşık 500 km. uzunluğunda ve kuzeyde Karadeniz kıyısı ile güneyde Kuzey Anadolu Fayı arası 50–75 km genişliğinde metalajoik bir kuşaktır. İnceleme alanında Mesozoyik ve Senozoyik dönemine ait toleyitik ve kalko - alkalen kayaçlar gözlenir. Mesozoyik dönemi Liyas yaşlı volkaniklerle başlar ve Üst Jura - Alt Kretase yaşlı sığ platform karbonatları ile devam eder. Üst Kretase döneminde görülen yoğun volkanik aktivite asit ve bazik nitelikli periyotlarla gelişimini devam ettirmiştir. Üst Kretase sonlarına doğru sona eren volkanik aktivite Paleosen sonlarına kadar yerini türbiditik çökellere bırakır.

Liyas'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. Paleosen sonlarında orojenik faaliyetlerle birlikte büyük ölçüde granitoyid yerleşimi gelişmiştir (Kaçkar Granitoyiti-I). Eosen döneminde tekrar hareketlenen volkanizma etkin bir şekilde devam eder. Denizaltı ortamında yayılma nedeniyle volkano - tortul bir istif yapısı gelişmiştir. Granitoyid yerleşimi Eosen döneminde de devam etmiştir (Kaçkar Granitoyiti-II). Pliyosen'de görülen genç volkanizmaandezitik breşler, volkanik çakıltaşları, hornblendli-ojitli andezit - bazaltlardan oluşan dördüncü volkanik seriyi vermiştir. İnceleme alanı; metalik maden yatakları bakımından ve özellikle masif sülfid, skarn tip oluşumlar yönünden oldukça zengindir.

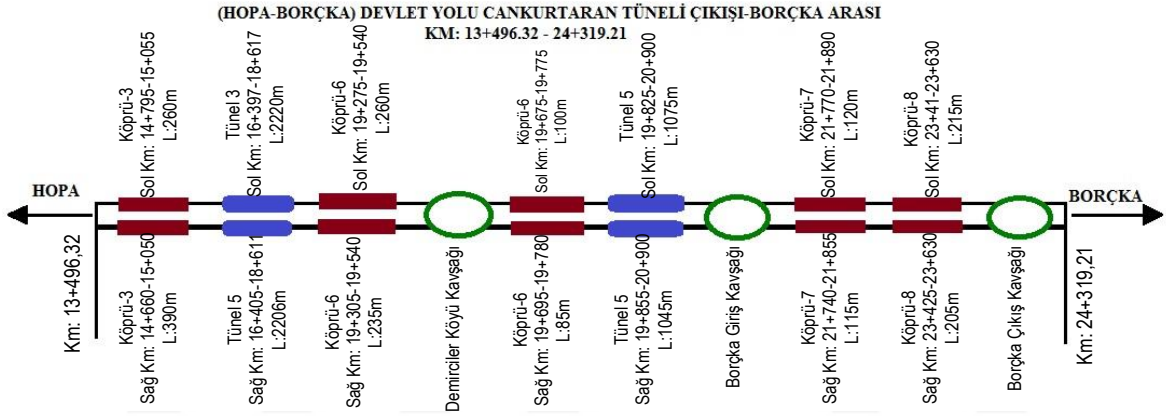


Şekil 1.2. Bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti

BÖLÜM II

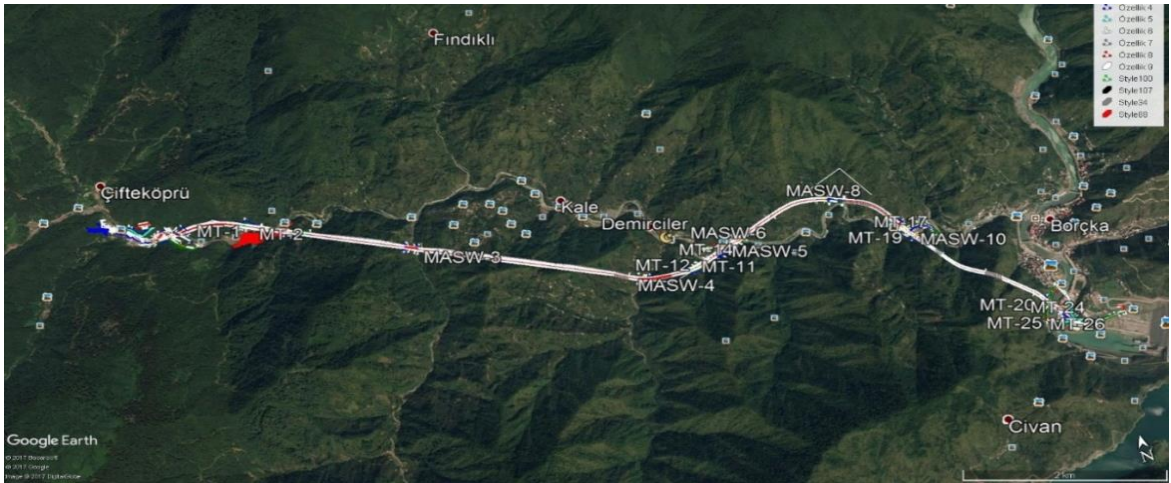
1. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Artvin ili, Hopa-Borçka karayolu üzerinde yapılması planlanan köprü ve tünel yapılarına ait zemin etüt çalışmaları kapsamında ayrıntılı jeofizik çalışmalar yapılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yol güzergahında yapılması planlanan yapılar

Artvin ili, Hopa – Borçka yolu 13+496,32 – 24+319,21 kilometreleri arasında yapılan jeofizik ölçümlerin konumları aşağıdaki harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Jeofizik ölçüm noktalarının haritada gösterimi

Güzergah boyunca belirlenen noktalarda sismik yöntemlerin uygulanışında karşılıklı atışlar olacak şekilde: HAT-1, HAT-5, HAT-8, HAT-9, HAT-10 ve HAT-11 için; kaynak noktaları 10,5 m, 7 m ve 3,5 m, kaynak noktası 29,75 m(orta atış), alıcı aralıkları 3,5 m ve toplam serim uzunluğu 59.5 m, HAT-4 için; kaynak noktaları 9 m, 6 m ve 3 m, kaynak noktası 25,5 m(orta atış), alıcı aralıkları 3 m ve toplam serim uzunluğu 51 m, HAT-6 ve HAT-12 için; kaynak noktaları 14 m, 10 m ve 6 m, kaynak noktası 36 m(orta atış), alıcı aralıkları 4 m ve toplam serim uzunlukları 72 m ölçüm düzenleriyle 12 adet 4,5 Hz'lik düşey jeofon kullanılarak "Sismik Kırılma Tomografi" çalışması, HAT-1, HAT-5, HAT-8, HAT-9, HAT-10 ve HAT-11 için; kaynak noktaları 10,5 m, 7 m ve 3,5 m - dış atışlar-, kaynak noktaları 12,25 m, 15,75 m ve 19,25 m - karşılıklı ve iç atışlar -, alıcı aralıkları 3,5 m ve toplam serim uzunluğu 59.5 m, HAT-4 için; kaynak noktaları 9 m, 6 m ve 3 m - dış atışlar-, kaynak noktaları 10,5 m, 13,5 m, 16,5 m – karşılıklı ve iç atışlar -, alıcı aralıkları 3 m ve toplam serim uzunlukları 51 m, HAT-6 ve HAT-12 için; kaynak noktaları 14 m, 10 m ve 6 m - dış atışlar-, kaynak noktaları 16 m, 20 m, 24 m – karşılıklı ve iç atışlar -, alıcı aralıkları 4 m ve toplam serim uzunlukları 72 m ölçüm düzenleriyle 4,5 Hz'lik 12 adet düşey jeofon kullanılarak "2DMASW (2 Dimensions Multichannel Analysis of Surface Wave)" çalışması ile 26 ayrı noktada Mikrotremör ölçümü yapılmıştır.

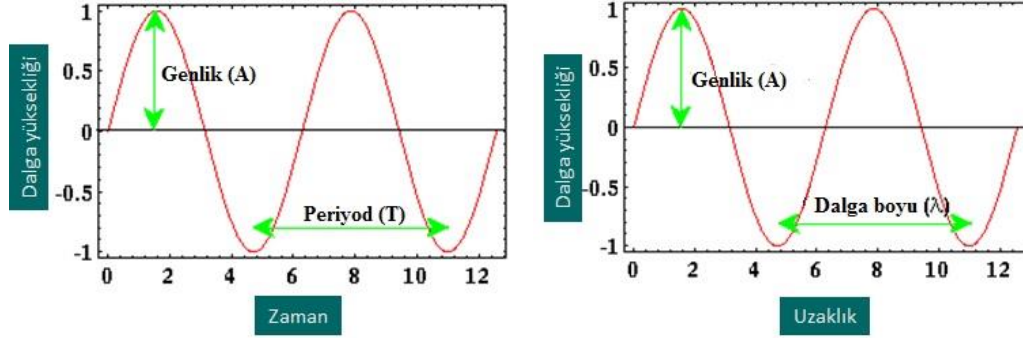
2.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler, yer altına ait jeolojik yapının en ayrıntılı şekilde belirlenebilmesine imkan sağlamaktadır. Mühendislik yapılarını taşıyacak olan zeminin dayanımı, tabakaların kalınlığı, su içeriği, dinamik yük altındaki davranış özelliklerini saptamaya yönelik kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Yapay bir kaynaktan oluşturulan ses (sismik) dalgaları ile yer altının jeolojik yapısını inceler. Ulaşılmak istenilen derinliğe göre kaynak farklı kaynak türleri (balyoz, ağırlık düşürme, patlayıcılar, vibroseis vb.) kullanılmaktadır. Sismik yöntemlerde kaydedilen parametre, sismik dalganın kaynaktan çıkıp alıcılara varıncaya kadar geçen süredir.

Sismik yöntemlerin kolaylıkları; 30 metre ve daha derinden veri sağlaması, iki ya da üç katmanlı yer altı modelinin kolayca incelenmesi, iki ve üç boyutlu hız kesitlerinin oluşturulması ve sismik enerji kaynağının kolaylığı vardır. Zorluğu ise; profil uzunluğu (kaynak ile son alıcı arası mesafe) ulaşılacak istenilen derinliğin 4-5 katı uzunlukta alınması, akustik gürültü ve titreşimlere karşı duyarlı olmasıdır.

2.1.1. Sismik Dalgalar

Dalga; genlik, periyot ve dalga boyu gibi kavramlar ile tanımlanabilir (Şekil 2.3.)



Şekil 2.3. Genlik-Periyot ve Genlik-Dalga boyu gösterimi

Genlik; dalganın sıfır noktasından pik noktasına kadar olan büyüklüktür. Periyod; dalga hareketini tamamlayıncaya kadar geçen süredir. Dalga boyu; dalga hareketini tamamlayıncaya kadar geçen uzaklıktır. Periyod ile dalga boyu arasında, sismik dalganın ortamdaki yayılım hızından dolayı ilişki vardır. Sismik dalga hızı, dalga boyunun periyoda bölümüdür.

Sismik dalgacık farklı frekans ve genliğe sahip sinüs eğrilerinin toplamıdır ve zengin frekans içeriğinden dolayı farklı kalınlıklara sahip tabakalardan bilgi taşıyabilmektedir.

Sismik dalgalar cisim dalgaları ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılır. Cisim dalgaları, P dalgaları yani birincil (boyuna) dalgalar ve S dalgaları yani ikincil (enine) dalgalar, yüzey dalgaları, Love dalgaları ve Rayleigh dalgaları olarak ikiye ayrılır (URL-2) (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Cisim ve Yüzey dalgaları

Cisim dalgaları, küçük genlikli, kısa dalga boylu, dar bir frekans bandı, daha hızlı seyahat etme ve her türlü depremde oluşma özelliklerine sahiptir. Yüzey dalgaları ise, büyük genlikli, uzun dalga boylu, çok geniş bir frekans bandı, yavaş seyahat etme ve derin depremlerde oluşma özelliklerine sahiptirler.

2.1.2. Sismik Kırılma Tomografi Yöntemi

Zeminlerin elastik parametrelerinin saptanmasında, örtü tabakasının kalınlığının ve ana kaya derinliğinin araştırılmasında, zeminlerin sınıflandırılması ve sökülebilirliğinin belirlenmesinde sismik kırılma yöntemi oldukça başarılıdır.

Sismik kırılma yöntemi Fermat, Snell ve Huygens yasası prensiplerine dayanmaktadır.

Fermat prensibine göre; sabit hızlı bir ortamlarda için dalga cephesi, dalga yayılım doğrultusuna diktir ve ışın yolları doğrusaldır. Ortamın sabit hızlı olmadığı durumlarda ışın gideceği noktaya en kısa zamanda en kısa yolu kullanarak (yüksek hızlı ortamda seyahat etmeyi seçerek) gider.

Snell yasasına göre; tabaka sınırında (farklı yayılma hızına sahip ortamlar) ışının nasıl davranacağını (kırılma, yansıma) hızlar ve açılar arasındaki ilişki ile tanımlamaktadır. İkinci ortamın hızı birinci ortamın hızından büyük olması durumunda kırılma oluşmaktadır.

Huygens prensibine göre; yüzeyde herhangi bir kaynak yardımıyla oluşturulan dalga ara yüzeye (tabaka sınırı) gelmekte ve ara yüzey boyunca her bir nokta yeni bir yarı küresel elastik dalga merkezi olmaktadır.

Sismik kırılma yöntemi; yatay katmanlı bir ortama gelen sismik dalganın tabaka sınırında kırılması (tam yansıması) ile tam yansıyan dalgaların alıcılara varış zamanları kullanılır. Sismik kırılma yönteminde, frekansı 2-40 Hertz civarında olan kırılma dalgalarının kaydedildiği görülmektedir.

Sismik kayıtlardan dalgaların ilk varış zamanları (sismik kaynaktan yayılan sismik dalgaların alıcılara ulaşması için geçen zaman) okuması yapılır. İlk varış zamanları jeofonların kaynaktan olan uzaklıklarının bir fonksiyonu olarak uzaklık-zaman (x-t) grafikleri çizilir. Birinci doğru parçası jeofonlara doğrudan gelen dalgaya aittir. Belirli uzaklıktan sonra jeofonlara gelen dalgaların, ikinci tabakadaki hız ile seyahat ettiği görülür. Bu varış zamanları grafikte ikinci doğru parçasını oluşturmaktadır. Uzaklık-Zaman (x-t) grafiğinde birinci doğru parçasının eğimi V_1 birinci tabakanın sismik dalga hızını, ikinci parçasının eğimi ise V_2 ikinci tabakanın hızını vermektedir (Dikmen, 2016).

2.1.3. İki Boyutlu Çok Kanallı Yüze Dalgası Analizi (2DMASW)

Geleneksel sismik kırılma yönteminde kayma dalga hızı doğrudan ölçülebilmektedir. Ancak sismik kırılma yönteminde yüksek S/G oranı elde etmek güçtür. Bu sorunla yalnızca ölçü alınımında değil veri işlem aşamasında da karşılaşılır. Aktif kaynaklı MASW yöntemi ölçü alımı ve veri işlem aşaması göreceli olarak kolay olan sismik yöntemdir ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Ölçü alınımında parametre seçimi, diğer sismik yöntemlere göre daha toleranslıdır. Yüksek S/G oranı kolayca sağlanabilmektedir.

MASW yöntemi, tabakalı yer altı modeli için Rayleigh dalgasında belirgin etkisi olan S-dalga hızına dayanır. Dönüşmüş faz hızları ile derinliğe bağlı bir boyutlu S-dalga hızı fonksiyonunu tanımlayan S dalga hızı profilleri elde edilir. MASW yönteminde, gürültüyü etkili bir şekilde kontrol etmek olasıdır. Bu nedenle, en yüksek sinyal/gürültü oranı sağlanır. Makaslama dalgası hız profilinde tam bir veri işlem, yüze dalgalarının kazancı, frekans bağımlı faz hızı eğrisinin yapılandırılması ve frekans bağımlı faz hızı eğrisinin ters-çözüm işleminden oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, makaslama dalgası hız derinlik profilini doğru saptayabilmek için geniş bantlı yüze dalgalarının en az gürültüyle kaydedilmesidir. MASW yönteminde bant-genişliği, araştırmanın derinliği ve çözünürlüğü artırıldığı zaman yüksek sinyal/gürültü oranı hesaplanan frekans bağımlı faz hızı eğrisinde yüksek doğruluğa neden olur. Daha yüksek “modlu” veri, temel “modlu” veriden daha derin araştırma derinliğine sahiptir. Aynı zamanda, daha yüksek “modlu” veri frekansa ek olarak kaynak uzaklığına bağlı olan dönüşmüş S-dalga hızının çözünürlüğünü artırır.

İlk olarak, standart CDP formatında birkaç çok kanallı kayıt toplanmalıdır. Yüze dalga verilerinin elde edilmesi için yüzeyden etkiyen darbe türü kaynaklar için normalde 4 – 5 Hz’den küçük alçak tepki frekanslı alıcılar seçilmelidir. Sismik kaynak, jeofon, ofset, alıcı aralığı gibi veri parametreleri, “Ground roll” dalga sinyallerini arttırmak için ayarlanmalıdır (Park vd., 1999).

Veri toplanmasından sonra, her bir atış topluluğunun ‘ground roll’ dalgası faz hızları hesaplanır. ‘Ground roll’ dalgasının frekans ve faz hız dizileri başlangıç doğrusu boyunca verinin analiz edilerek hesaplanmasını gerektirir. Bu iki dizi, her bir atış topluluğundan frekans bağımlı faz hızı eğrilerini tam olarak çıkarmak için çok önemli bir sınırlamadır (Park vd., 1999).

Ters-çözüm işlemi, derinlik profiline eş bir S-dalga hızının oluşturulması için her bir frekans bağımlı faz hızı eğrisine uygulanmalıdır (Xia vd., 1999). Dönüşen S-dalga hız profili, jeofon aralığının ortasına yerleştirilmelidir (Miller vd., 1999). Başlangıç modelleri, ters-çözüm

işleminin yakınsamasında anahtar bir etkidir. Regresyon analizi gibi iki boyutlu veri işlem teknikleri ise, bölgesel anomalileri arttırmak için S-dalga hızının düşey kesitine kolay bir şekilde uygulanabilir. 2-boyutlu S-dalgası hız haritasında çatlaklı bölgeler, boşluklar, örtülü dolgu alan sınırları ve benzeri alanlar, düşük hız bölgeleri S-dalga anomalileri ile gösterilirken, ana kaya yüzeyi, genellikle, yüksek S-dalga hız gradyanı ile ilişkilendirilir.

Tez çalışmasında veri işlem üç temel adımla yapılmaktadır. Belirli sayıda jeofon (çalışmalarda 12 adet jeofon kullanılmıştır) ve geçici kaynak (çalışmalarda balyoz kaynak olarak seçilmiştir) kullanılmasıyla elde edilecek veri toplama işlemi ilk adımdır. Elde edilen arazi verisinden dispersiyon görüntüsünün elde edilmesi ikinci adımdır. Ters çözüm ile yer altı V_S hız dağılımı serimin orta noktasından derinlikle değişimi olarak verilir.

2 boyutta çalışılırken farklı ofset noktalarından ve serim içinden atışlar yapılmaktadır. Her bir atışa ait dispersiyon eğrileri çıkartılır. Veri işlem adımları 1 boyutta veri işlem aşamaları ile aynıdır. Elde edilen her bir V_S derinlik modeli ilgili serimin orta noktasına atanmaktadır. Birbirini takip eden iki model arası aradeğer bulma yöntemiyle tamamlanarak iki boyutta yer altı V_S -derinlik görüntüsü elde edilir (Dikmen, 2016).

2.1.4. Zemine Ait Dinamik ve Elastik Parametreler

Boyuna Dalgası Hızları V_P (m/sn)

Boyuna dalgası hızları, malzemenin sıkışma ve genleşmeye karşı direnci varsa oluşurlar. Arazide ölçülen boyuna dalgası sinyal çıktısının alıcılara (jeofon) gelen varış zamanları okunmuş, alıcı aralıklarına karşılık gelen grafiği çizilerek hızları hesaplanmıştır.

Boyuna dalgası hızlarına göre zemin ya da kaya birimlerin sökülebilirlikleri verilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. P dalgası hızı ile zeminlerin ya da kayaların sökülebilirlikleri (Bilgin, N. 1989)

<i>P dalgası hızı (m/sn)</i>	<i>Sökülebilirlik</i>
300-600	Çok kolay
600-900	Kolay
900-1500	Orta
1500-2100	Zor
2100-2400	Çok zor
2400-2700	Son derece zor

Kayma Dalgası Hızları Vs (m/sn)

Kayma dalgası hızları; malzemenin şekil bozumuna veya burulmaya karşı direnci var ise oluşurlar. Arazide ölçülen kayma dalgası sinyal çıktısının alıcılara (jeofon) gelen varış zamanları okunmuş, alıcı aralıklarına karşılık gelen grafiği hızları hesaplanmıştır. Kayma dalgası hızlarına göre belirlenmiş zemin grupları verilmiştir (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. Kayma dalgası hızına göre yersel birim türleri ve zemin grupları (DBYYHY, 1998)

Kayma Dalgası Hızı (m/sn)	Yerel Birim Türü	Zemin Grubu
<200	Yumuşak kil, siltli kil	D
<200	Gevşek kum	D
<200	Yer altı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak- suya doymuş kalın alüvyonlu katmanlar	D
200-300	Katı kil –siltli kil	C
200-400	Orta sıkı kum, çakıl	C
400-700	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimento kum kayalar	C
300-700	Çok katı kil, siltli kil	B
400-700	Çok katı kum ,çakıl	B
700-1000	Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimento tortul kayalar	B
>700	Sert kil siltli kil	A
>700	Çok sıkı kum, çakıl	A
>1000	Masif volkanik kayalar ve ayrılmamış sağlam metamorfik kayalar sert ve çimento tortul kayalar	A

YOĞUNLUK: d (gr/cm³)

Boyuna dalga hızına göre ampirik olarak Telford (1976) tarafından verilen yoğunluk $d=0.31 V_p^{0.25}$ (gr/cm³) formülünden hesaplanır. Zemin birimleri yoğunluklarına göre sınıflandırılır (Tablo 2.3.).

Tablo 2.3. Zemin Birimlerinin Yoğunluk Sınıflaması (Keçeli, 1990).

Yoğunluk (d, gr/cm ³)	Tanımlama
<1.20	Çok düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
>2.20	Çok Yüksek

POISSON ORANI (v);

Formasyonun enine birim değişmesinin boyuna birim değişmesine oranı olarak tanımlanır. Poisson oranı birimlerin katılığını bir başka ifadeyle gözenekliliğini ifade etmektedir (Tablo 2.4.). Birimsizdir ve $v = (V_p^2 - 2V_s^2) / (2V_p^2 - 2V_s^2)$ formülü ile hesaplanır.

Tablo 2.4. Poisson sınıflaması (Keçeli, 1990)

Poisson Oranı (v)	Sıklık
0.5	Cıvık- sıvı
0.4-0.49	Çok Gevşek
0.3-0.39	Gevşek
0.20-0.29	Sıkı Katı
0.1-0.19	Katı
0-0.09	Sağlam Kaya

ELASTİSİTE MODÜLÜ (E, kg/cm²)

Bir doğrultuda streslerin (gerilmelerin), strainlere (deformasyonlara) oranı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle uygulanan düşey basınç yönünde yerin düşey yamulmasını tanımlar. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanım sınıflaması yapılmaktadır (Tablo 2.5.). $E = G(3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)$ kg/cm² formülü ile hesaplanmaktadır.

Tablo 2.5. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanım (Keçeli,1990)

Elastisite Modülü (E, kg/cm ²)	Dayanım
<1000	Çok zayıf
1000-5000	Zayıf
5000-10000	Orta
10000-30000	Sağlam
>30000	Çok Sağlam

KAYMA (SHEAR) MODÜLÜ (G, kg/cm²)

Makaslama gerilmelerine yani yatay kuvvetlere karşı formasyonun direncini gösterir. Sıvıların makaslamaya karşı direnci olmadığından bu parametre sıfırdır. Kayma modülü ne kadar yüksekse, formasyonun makaslama gerilmelerine yani yatay kuvvetlere (yatay deprem yükü) karşı direnci o kadar fazla demektir. $G = (dV_s^2) / 100$ formülünden

hesaplanır. Kayma modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanım sınıflaması yapılmaktadır (Tablo 2.6.).

Tablo 2.6. Kayma modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 1990)

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

BULK (SIKIŞMAZLIK) MODÜLÜ (K, kg/cm²)

Bulk Modülü, bir kütleli çepçevre saran basınç altında sıkışmasının ölçüsüdür. Dalga teorisinden elde edilen bulk modülü, $K=((d(V_p^2-4/3V_s^2)/100) \text{ kg/cm}^2$ formülü ile hesaplanır. Bulk modülü zemin ya da kayaçların sıkışmazlık sınıflaması yapılmaktadır (Tablo 2.7.).

Tablo 2.7. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı (Keçeli, 1990)

Bulk Modülü (K, kg/cm ²)	Sıkışmazlık
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>100000	Çok Yüksek

Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T₀, sn);

Zeminin doğal olarak titreştiği, periyodudur. Periyot, doğal ya da yapay etkenlerden oluşmuş, periyodu 0.05-2 saniye arasında olan yer titreşimleridir. Belli bir alanda, belli bir periyodun tekrarlanma sayısı maksimum olmaktadır. Maksimum tekrarlı olan periyot, hakim periyot olarak tanımlanmaktadır. $T_0=4h/V_s$ (sn) ve $T_a=T_0/1.5$ ve $T_b=T_0*1.5$ formülleri ile hesaplanmaktadır.

Emniyetli Taşıma Gücü (Q_e, kg/cm²);

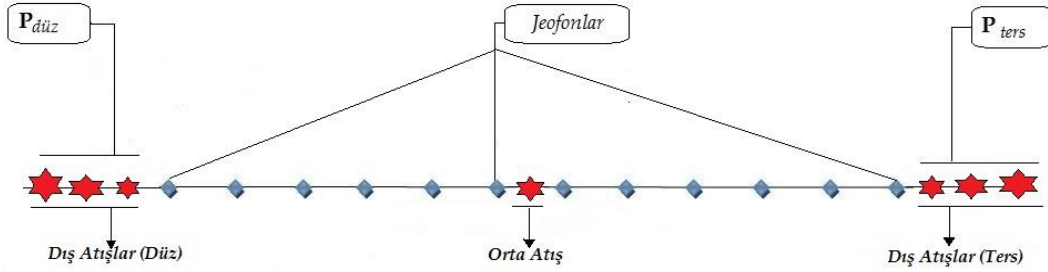
Yer taşıma gücüne benzer şekilde arazi ölçümleri sonucunda elde edilen V_P dalga hızından hesaplanır. Zemin taşıma gücü $Q_e=G/V_P$ formülünden hesaplanır.

Zemin Yatak Katsayısı- K_0 :

Yatak katsayısının hesaplanmasında çeşitli formüller kullanılmaktadır. Burada hesaplamalarda Elastisite Modülünden yararlanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda zemin yatak katsayısı $K_0 = E / (3 * (1 - \nu^2))$ ton/m³ formülünden hesaplanmıştır.

2.1.5. Güzergahtaki Sismik Kırılma ve 2DMASW Ölçüm Noktalarının Ölçüm Geometrileri

Sismik kırılma tomografi çalışması için 3 adet dış düz atış, 3 adet dış ters atış ve 1 adet orta atış yapılarak ölçümler alınmıştır (Şekil 2.5). Sismik tomografi çalışmasına ait ölçüm geometrisi aşağıdaki şekilde ve kaynak noktalarının bulunduğu metreler, jeofon aralıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.8).

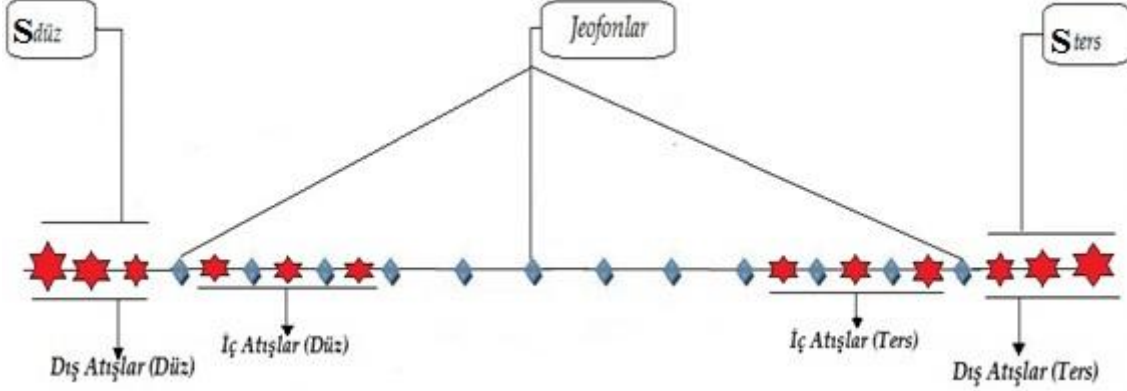


Şekil 2.5. Sismik Kırılma ölçüm serimlerinin geometrisi

Tablo 2.8. Sismik Kırılma ölçüm serimlerinin geometrik bilgileri

Serim No	Sismik Kırılma(P-Dalgası için)		
	Kaynak Aralığı	Kaynak Noktası (Orta Atış)	Jeofon Aralığı
HAT -1	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -4	3 m, 6 m, 9 m	25,5 m	3 m
HAT -5	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -6	6 m, 10 m, 14 m	36 m	4 m
HAT -8	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -9	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -10	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -11	3,5 m, 7 m, 10,5	29,75 m	3,5 m
HAT -12	6 m, 10 m, 14 m	36 m	4 m

2DMASW çalışması için 3 adet dış düz atış, 3 adet dış ters atış, 3 adet hat içi düz atış ve 3 adet hat içi ters atış yapılarak ölçümler alınmıştır (Şekil 2.6). 2DMASW çalışmasına ait ölçüm geometrisi aşağıdaki şekilde ve kaynak noktalarının bulunduğu metreler, jeofon aralıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.9).



Şekil 2.6. 2DMASW ölçüm serimlerinin geometrisi

Tablo 2.9. 2DMASW ölçüm serimlerinin geometrik bilgileri

Serim No	2DMASW		
	Kaynak Aralığı	Kaynak Noktası (İç Atış)	Jeofon Aralığı
HAT -1	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -4	3 m, 6 m, 9 m	10,5 m, 13,5 m, 16,5 m	3 m
HAT -5	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -6	6 m, 10 m, 14 m	16 m, 20 m, 24 m	4 m
HAT -8	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -9	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -10	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -11	3,5 m, 7 m, 10,5	12,25 m, 15, 75m, 19,25	3,5 m
HAT -12	6 m, 10 m, 14 m	16 m, 20 m, 24 m	4 m

$P_{düz}$, P_{ters} ölçüleri yukarıdaki tablolarda belirtildiği şekilde alınarak ilk varış okumaları yapılmış, ilk varış okumalarına bağlı olarak zaman-uzaklık (t-x) grafikleri oluşturulmuş, enerji alanından yola çıkılarak dispersiyon eğrisi elde edilmiş, buna bağlı olarak da V_s hızları hesaplanmış ve jeofizik zemin kesiti çizilerek eklere konulmuştur.

2.2. Mikrotremör Yöntemi

Mikrotremörler, farklı kaynaklardan yayılan yeryüzündeki sürekli titreşimlerdir. Bu titreşimlerin genlikleri 0.1-1 mikron arasında, periyotları ise 0.05-2 sn arasında değişir. Kaynağı da çeşitlilik gösterir. Araştırmacılara göre mikrotremörler doğal kaynaklı çevresel titreşimler veya insan aktivitesi sonucu oluşurlar. 0.1-1 sn arası periyotlardaki mikrotremörlerin, rüzgar, trafik, tren ve diğer endüstriyel aktivitelerle oluştuğu, orta periyotlu (0.3-0.5 Hz ve 1 Hz arasında) mikrotremörlerin deniz dalgalarının kıyıdaki yayılımından kaynaklandığı, daha uzun periyotlu hareketlerin ise atmosferdeki alçak basınç-okyanus etkileşmesi ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Bu tür mikrotremörler 6-8 saniyelik periyotlarla yayılırlar ve çok uzaklara ulaşabilirler. Okyanusların oluşturduğu titreşimler 12 sn, durağan dalgaların oluşturduğu periyotlar ise 6 saniyede maksimum verir. Bütün bu etkenler yeryüzünde titreşim olarak algılanabilir. Mikrotremörlerin en önemli özelliği, bu tür titreşimlerin noktadan noktaya belirgin değişimler göstermesidir. Bu değişimler ölçülen yerin jeolojik özellikleri ile ilişkilidir.

Genel olarak mikrotremörler, cisim ve yüzey dalgalarının girişimi ile oluşur ve enerjisinin büyük bir kısmı yüzey dalgası olarak yayılır (Toksöz ve Lacoss, 1968). Mikrotremörlerin içerdiği cisim ve yüzey dalgaları çeşitli mekanizmalarla zamansal ve uzaysal rastgele kaynaklar tarafından oluşur ve değişik jeolojik birimlerde ilerlerler. Sonuç olarak, mikrotremör kayıtları basit matematiksel işlemlerle tanımlanamayan çok karmaşık bir dalga formuna sahiptirler. Böylece belli bir zaman ve konumda mikrotremörlerin genlikleri kestirilemez. Bu aslında rastgele bir olaydır. Şöyle ki mikrotremörlerin genliği belirsiz ve tekrarlanamazdır (Okada, 2003).

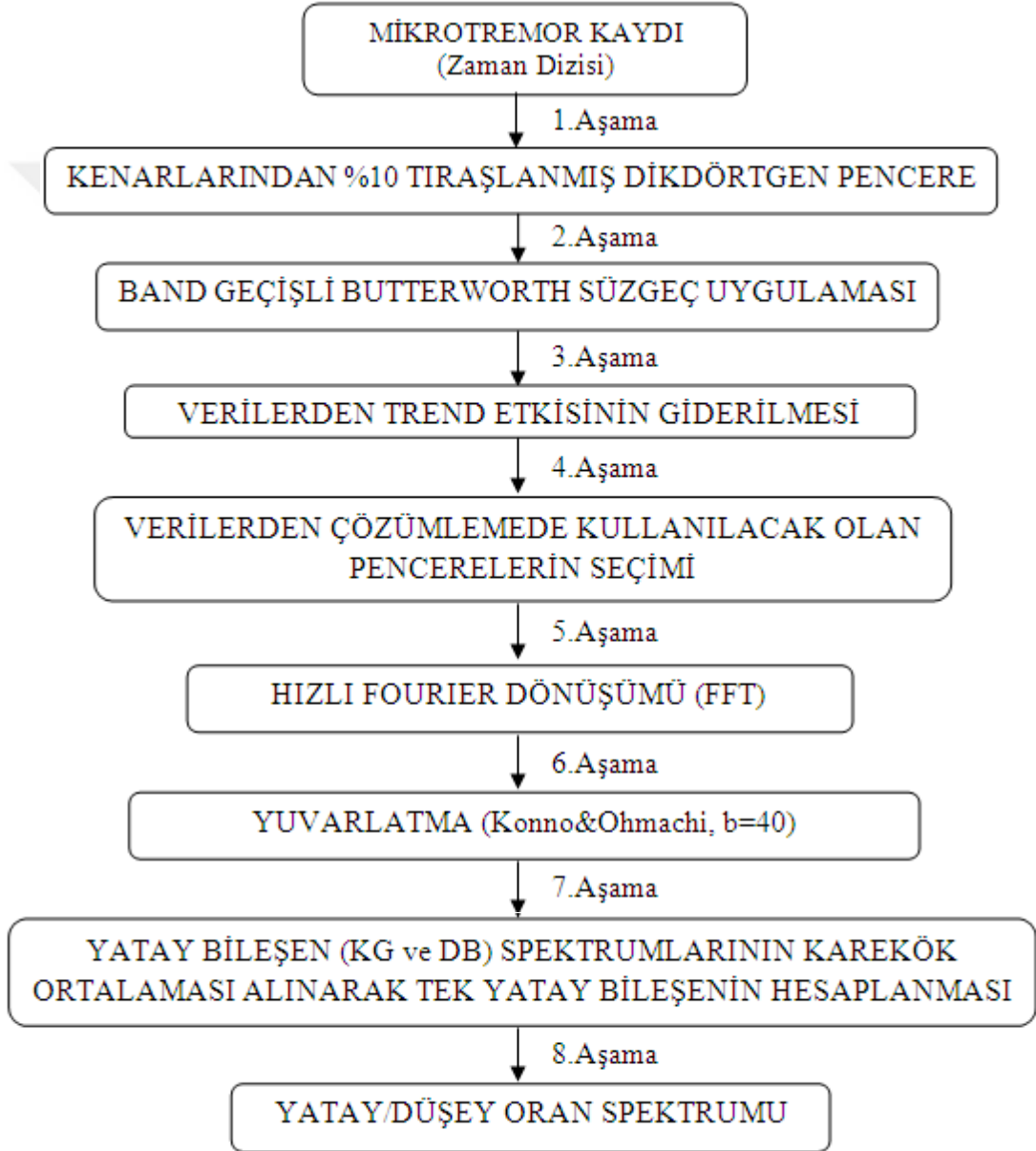
Yer hareketinin yerel zemin koşulları etkisi ile oluşturabileceği büyütme özelliklerinin (zemin hâkim periyodu ve zemin büyütme katsayısı) belirlenmesi, bölgelerin deprem duyarlılıklarına göre sınıflandırılması, sarsıntı sırasında zemin ve yapı davranışlarının saptanması ve yapılar için yer seçimi amaçlarıyla mikrotremör yöntemi kullanılmıştır.

Mikrotremör kayıtlarının elde edilmesinde genellikle Hız ölçen sismometreler kullanılmaktadır. Sismometreler iki yatay (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) ve bir düşey olmak üzere üç bileşenlidir. Kayıtlarda güç kaynağı olarak 12V pil kullanılmıştır ve arazide kayıtlar doğrudan sayısal olarak alınabilmektedir.

Mikrotremör ölçümlerinde kaydedilen değerler, sismometrenin üzerinde bulunduğu zeminin özelliklerini yansıtmaktadır. Bu sebeple ölçüm yapılan alanlarda sismometre doğal zemin üzerine yerleştirilmelidir. Aşırı gürültülü, asfalt ve beton gibi yapay zemin karakteri taşıyan yüzeyler üzerinde, ağaç, elektrik direği ve benzeri yapıların yakınında, aşırı rüzgarlı ve

yağışlı havalarda ve insan kaynaklı gürültülerin en yoğun olduğu zaman dilimlerinde kayıt alınmamalıdır. Bu nedenle arazi çalışmaları esnasında yol kenarlarında alınan ölçüler gece alınmış ve kayıt süreleri daha uzun tutulmuştur.

Nakamura (1989) tarafından geliştirilen H/V (Yatay/Düşey Spektral Oran) yöntemi Geopsy paket programı kullanılarak uygulanmıştır. Mikrotremor verilerinin Nakamura Yöntemi ile değerlendirilmesinde yürütülen işlemlerin akış şeması Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Veri işlem akış şeması (Nakamura yöntemi, H/V)

Arazi çalışmaları esnasında sismik ölçümler AMBROGEO ECHO marka 0011053 Seri Numaralı, sinyal biriktirmeli (Enhancement) bir Sismograf, Geospace marka 4,5 Hz'lik 12'şer adet düşey jeofon kullanılmış ve sismik kayıtlar alınmıştır. Sismik dalga kaynağı olarak 6.0 Kg. ağırlığındaki balyoz ile geniş kauçuk tabla üzerine yapılan vuruşlardan yararlanılmıştır. Mikrotremör ölçümleri sırasında Ambrogeo marka, HVSR3 3 bileşenli 2 Hz sismometre kullanılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Çalışmalar esnasında kullanılan cihazlar

BÖLÜM III

1. BULGULAR VE TARTIŞMA

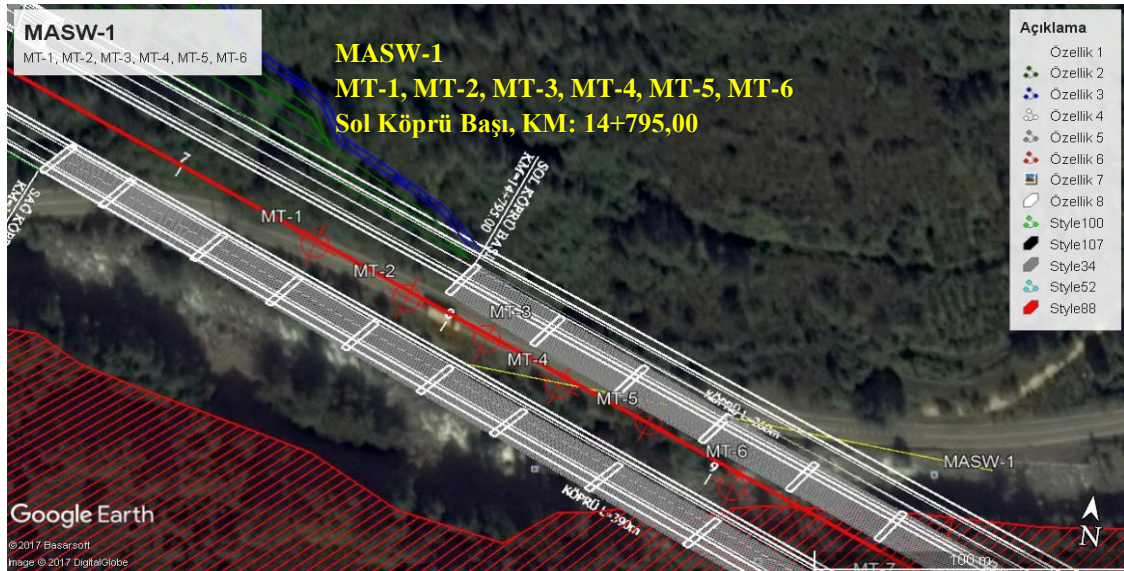
Yol güzergahı boyunca yapılması planlanan her bir yapı için yapılan jeofizik ölçümler birlikte değerlendirilmiştir.

Sismik ölçümler, Seisimager paket programında ilk varış okumaları yapılmış, ilk varış okumalarına bağlı olarak zaman-uzaklık (t-x) grafikleri oluşturulmuş, enerji alanından yola çıkılarak dispersiyon eğrisi elde edilmiş, buna bağlı olarak da Vs hızları belirlenmiş ve zemin kesitleri oluşturulmuştur.

Mikrotremör ölçümleri, Geopsy programında değerlendirilerek zemin hakim titreşim periyodu ve H/V değerleri belirlenmiştir.

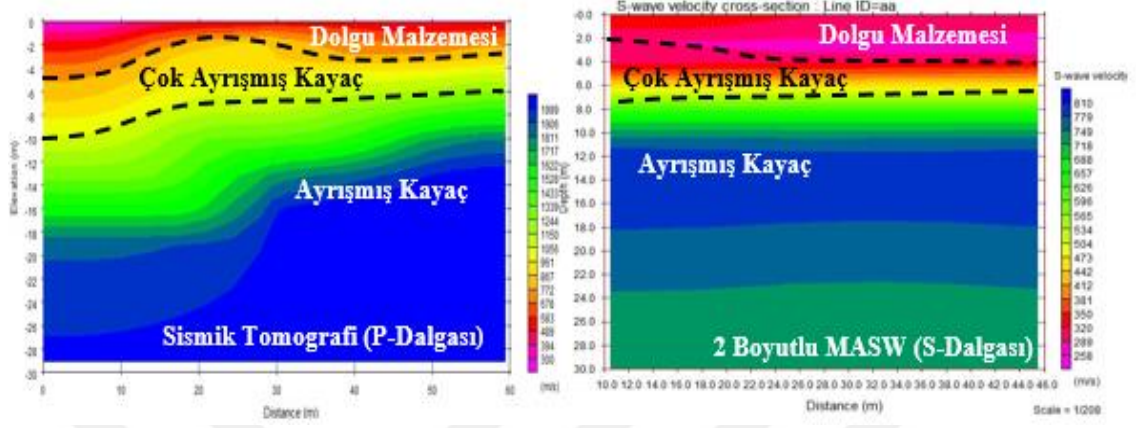
1.1. Jeofizik Ölçümler

1.1.1. Köprü-3 Sol Köprü Başı (Km:14+795,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Köprü-3 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi

HAT-1 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.2.). HAT-1 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.1.).



Şekil 3.2. HAT-1 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

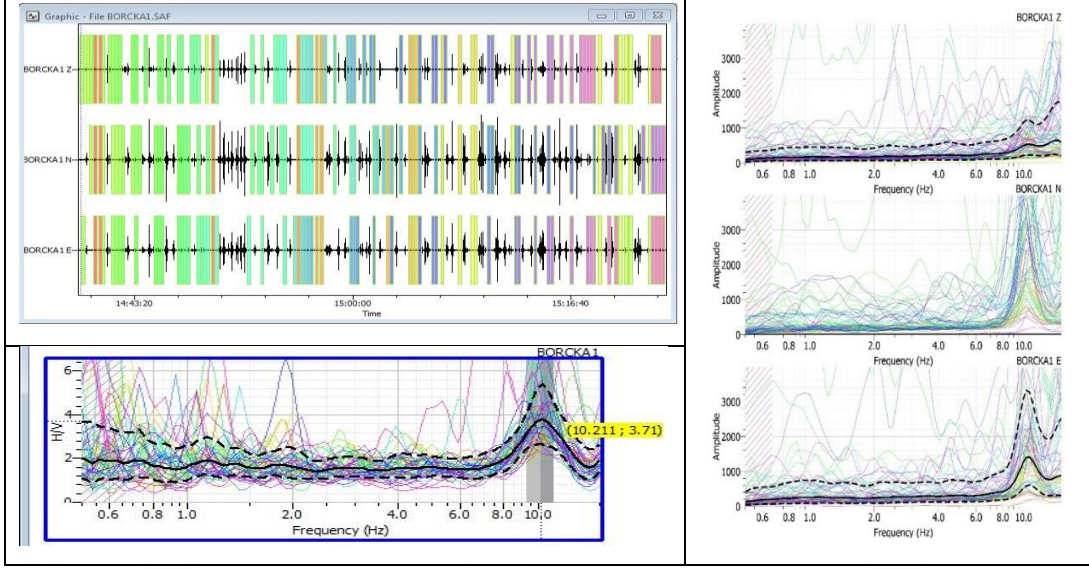
Tablo 3.1. HAT-1 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-1	1	580	290	5~3	5~3	Dolgu Malzemesi
	2	1150	630	5~3	10~6	Çok Ayrışmış Kayaç
	3	1500	810	-	-	Ayrışmış Kayaç

Serim	d (g/cm ³)	Q _e (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	K _s (T/m ³)	T ₀
HAT-1	1,52	2,21	1279	3412	3412	0,33	11157	0,29
	1,81	6,23	7165	18423	14321	0,29	66004	
	1,93	8,44	12657	32763	26531	0,29	115705	

Mikrotremör 1 noktası

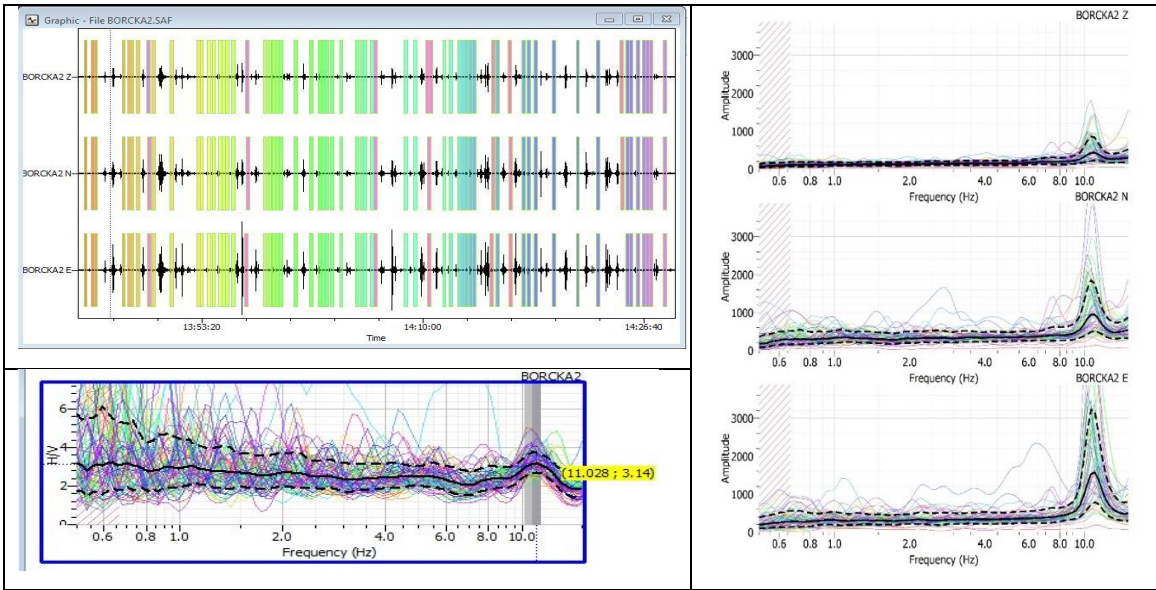
Mikrotremör-1 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 10,211Hz, baskın periyot: 0,10 s, H/V oranı: 3,71 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Mikrotremör-1 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 2 noktası

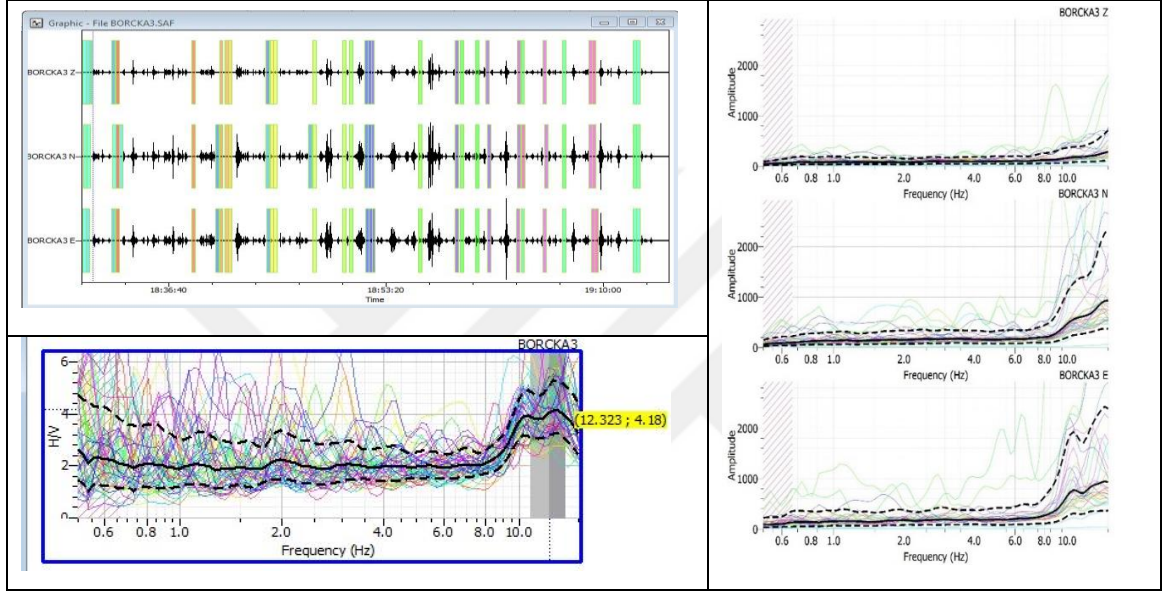
Mikrotremör-2 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 11,028 Hz, baskın periyot: 0,09 s, H/V oranı: 3,14 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Mikrotremör-2 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 3 noktası

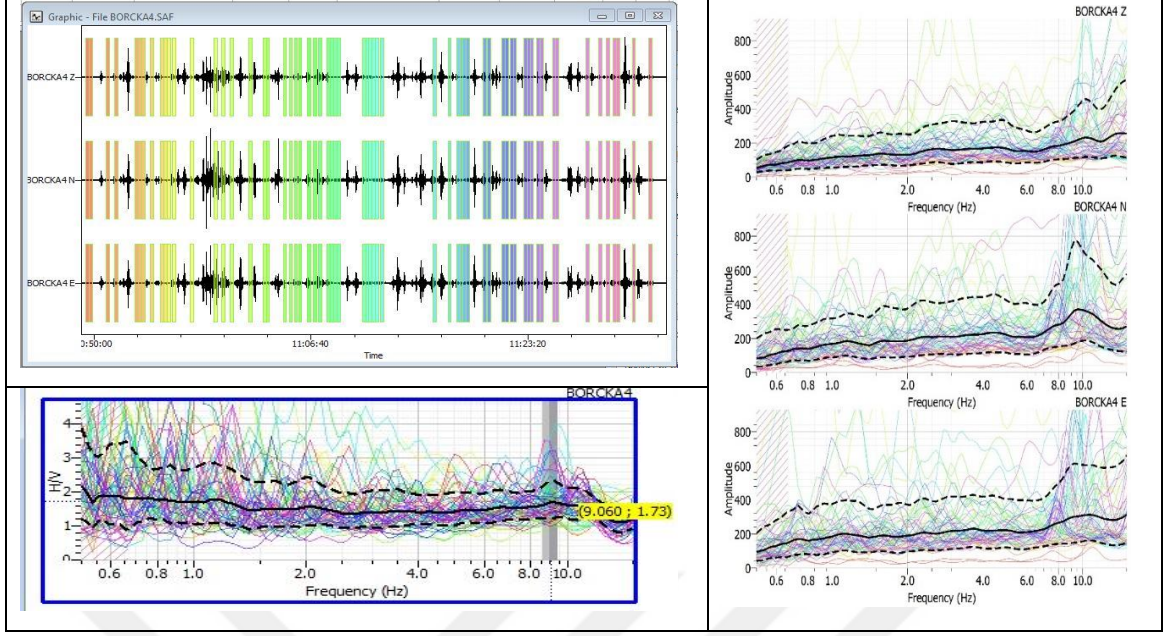
Mikrotremör-3 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 12,323 Hz, baskın periyot: 0,08 s, H/V oranı: 4,18 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Mikrotremör-3 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 4 noktası

Mikrotremör-4 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 9,060 Hz, baskın periyot: 0,11 s, H/V oranı: 1,73 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.6.).

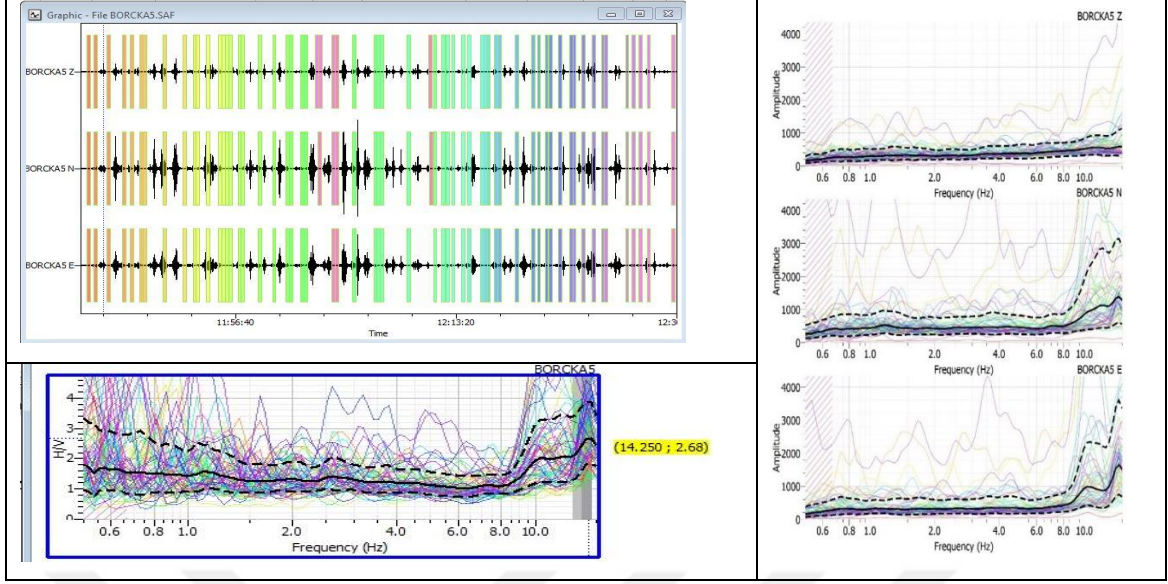


Şekil 3.6. Mikrotremör-4 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör-4 noktası yol kenarına yakın bir nokta olduğu için kayıt süresi 45 dk tutulmasına rağmen araç geçişinin fazla olmasından dolayı diğer noktalardaki gibi net sonuçlar gözlenememiştir. Bu sebepten dolayı Mikrotremör-4 verisi için baskın periyot ve H/V değeri, ölçüm noktasına ait 3 bileşenli verinin genlik spektrumlarına bakılarak belirlenmiştir.

Mikrotremör 5 noktası

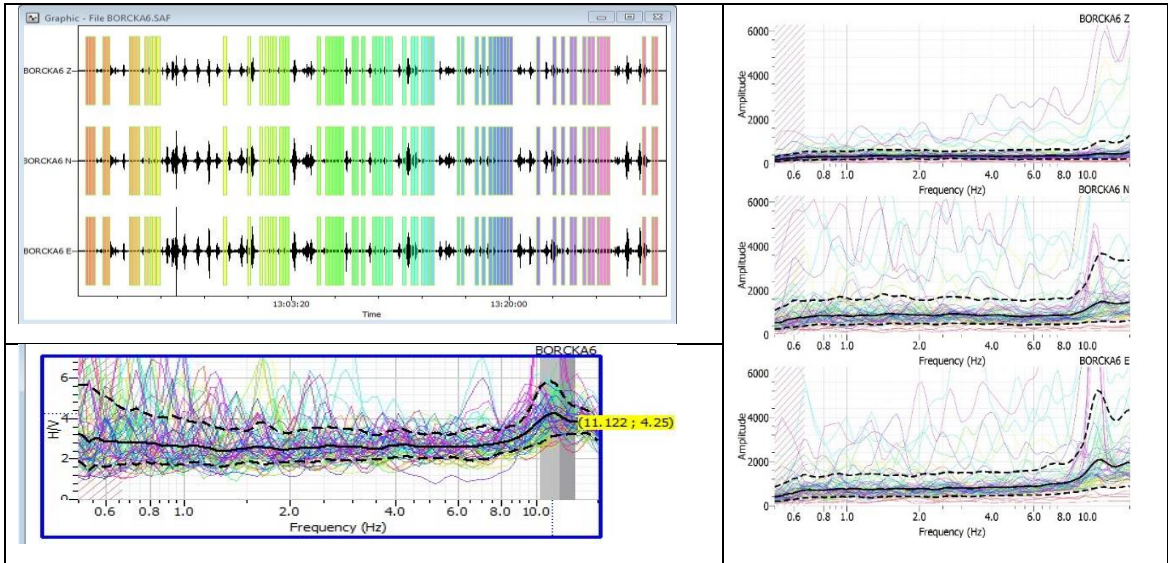
Mikrotremör-5 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 14,250 Hz, baskın periyot: 0,07 s, H/V oranı: 2,68 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Mikrotremör-5 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 6 noktası

Mikrotremör-6 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 11,122 Hz, baskın periyot: 0,09 s, H/V oranı: 4,25 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Mikrotremör-6 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.2. Köprü-3 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi

<i>Ölçü No</i>	<i>Baskın Frekans (Hz)</i>	<i>Baskın Periyot (sn) T_0</i>	<i>Alt Periyod (sn) T_a</i>	<i>Üst Periyod (sn) T_b</i>	<i>H/V Oranı</i>
<i>Mikrotremör-1</i>	10,211	0,10	0,07	0,15	3,71
<i>Mikrotremör-2</i>	11,028	0,09	0,06	0,14	3,14
<i>Mikrotremör-3</i>	12,323	0,08	0,05	0,12	4,18
<i>Mikrotremör-4</i>	9,060	0,11	0,07	0,17	1,73
<i>Mikrotremör-5</i>	14,250	0,07	0,05	0,11	2,68
<i>Mikrotremör-6</i>	11,122	0,09	0,06	0,14	4,25

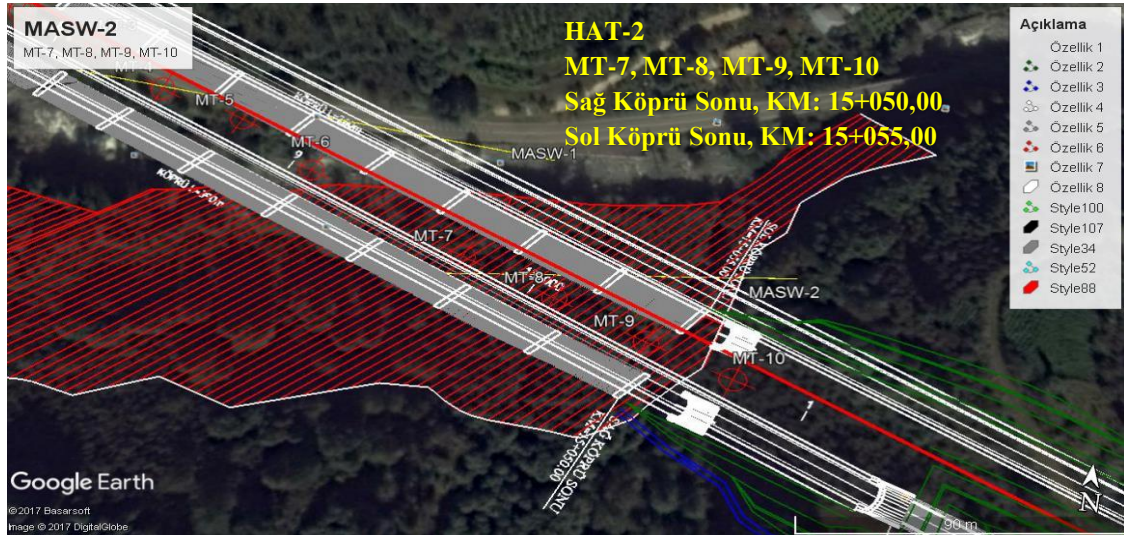
Köprü-3 sol köprü başı (km:14+795,00) yapısına ait HAT-1 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-1 için; 1. tabakanın ortalama kalınlığı 5~3 m ve çok kolay derecede sökülebilir, ikinci tabakanın ortalama kalınlığı 5~3 m ve orta derecede sökülebilir ve üçüncü tabaka 10~6 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (29 m) devam ettiği ve zor sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *dolgu malzemesi*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar, zemin grubu C ve üçüncü tabakanın yerel zemin birimi: *tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu B olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-7 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-7 sondaj noktasında; 0,00-3,00 m arası dolgu malzemesi, 3,50 – 15,00 m çok ayrılmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci ve ikinci tabakaların orta yoğunlukta, üçüncü tabakanın ise yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci tabakanın gevşek, ikinci ve üçüncü tabakaların sıkı-katı birimler oldukları tespit edilmiştir. Bu değerler ile ölçüm alınan yerde yer altı suyu olmadığı düşünülmektedir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı ve üçüncü tabakanın çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay

kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı ve üçüncü tabakanın çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci tabakanın az ikinci ve üçüncü tabakaların orta sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Mikrotremör-1, Mikrotremör-2, Mikrotremör-3, Mikrotremör-4, Mikrotremör-5, Mikrotremör-6 verileri sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,18$ sn, $T_a= 0,12$ sn, $T_b= 0,27$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2). Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması uyumludur.

H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-1, Mikrotremör-2, Mikrotremör-5 için B (orta), Mikrotremör-3 ve Mikrotremör-6 için C (yüksek), Mikrotremör-4 için A (düşük) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.2. Köprü-3 Sağ ve Sol Köprü Sonu (Km:15+050,00 - 15+055,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.9.)

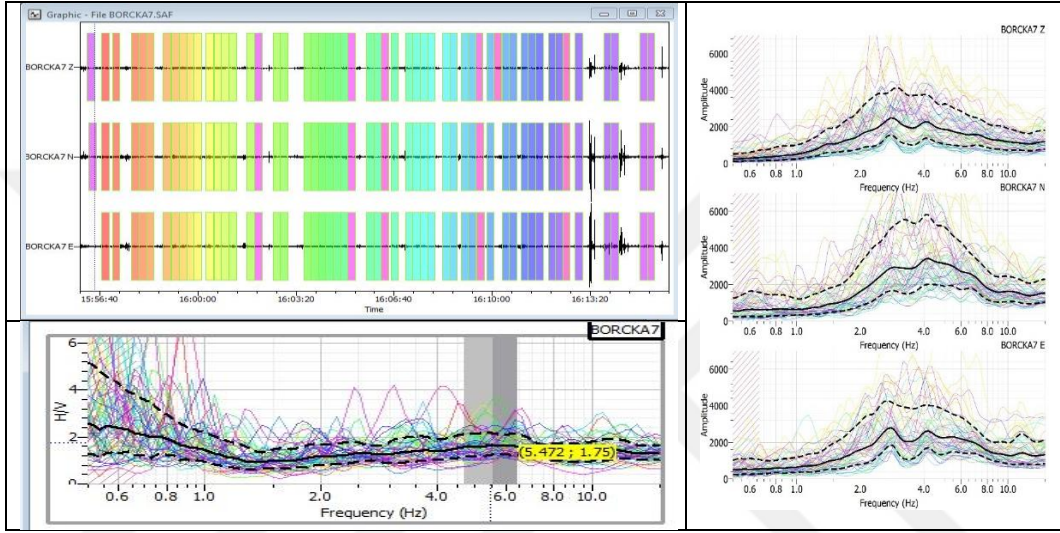


Şekil 3.9. Köprü-3 sağ ve sol köprü sonu yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi

HAT-2 noktasına ulaşım olmaması, aşırı engebeli arazi şartları nedeniyle ölçüm alınamamıştır.

Mikrotremör 7 noktası

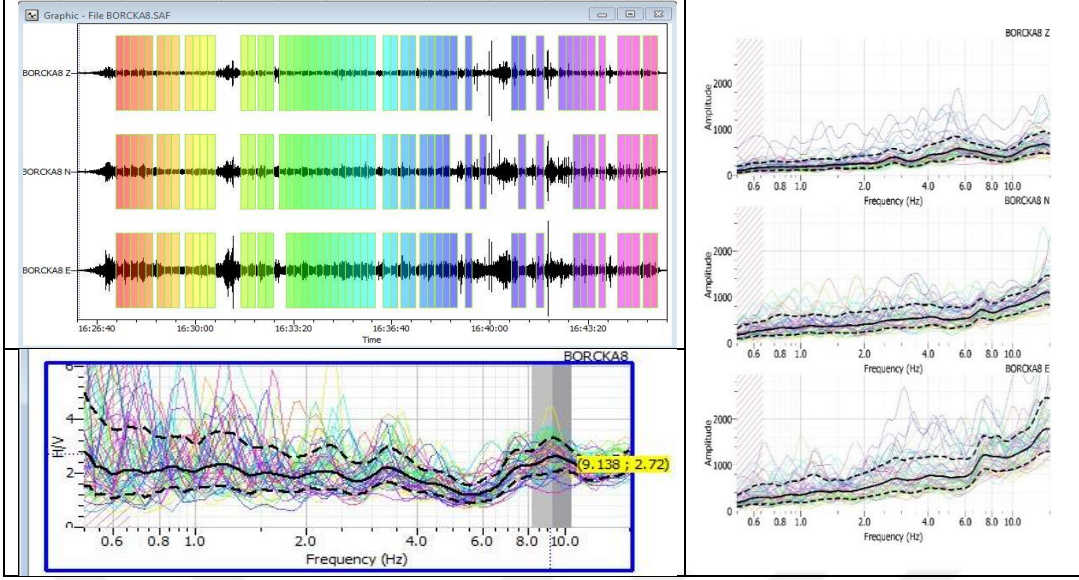
Mikrotremör-7 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 5,472 Hz, baskın periyot: 0,18 s, H/V oranı: 1,75 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Mikrotremör-7 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 8 noktası

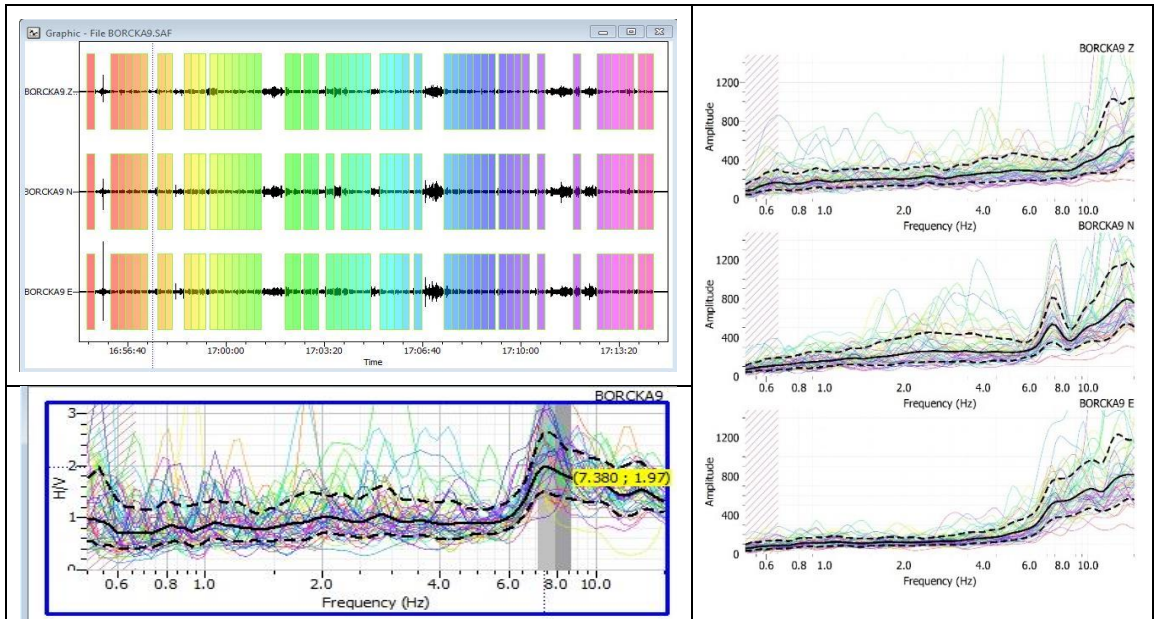
Mikrotremör-8 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 9,138 Hz, baskın periyot: 0,11 s, H/V oranı: 2,72 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Mikrotremör-8 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 9 noktası

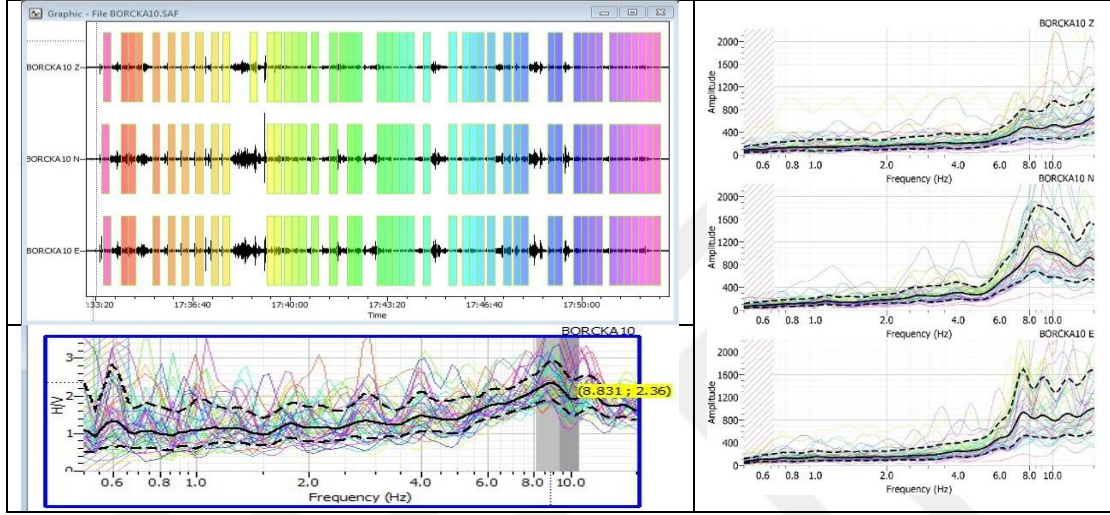
Mikrotremör-9 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 7,380 Hz, baskın periyot: 0,14 s, H/V oranı: 1,97 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Mikrotremör-9 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 10 noktası

Mikrotremör-10 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelemiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 8,831 Hz, baskın periyot: 0,11 s, H/V oranı: 2,36 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Mikrotremör-10 noktasına ait veri işlem

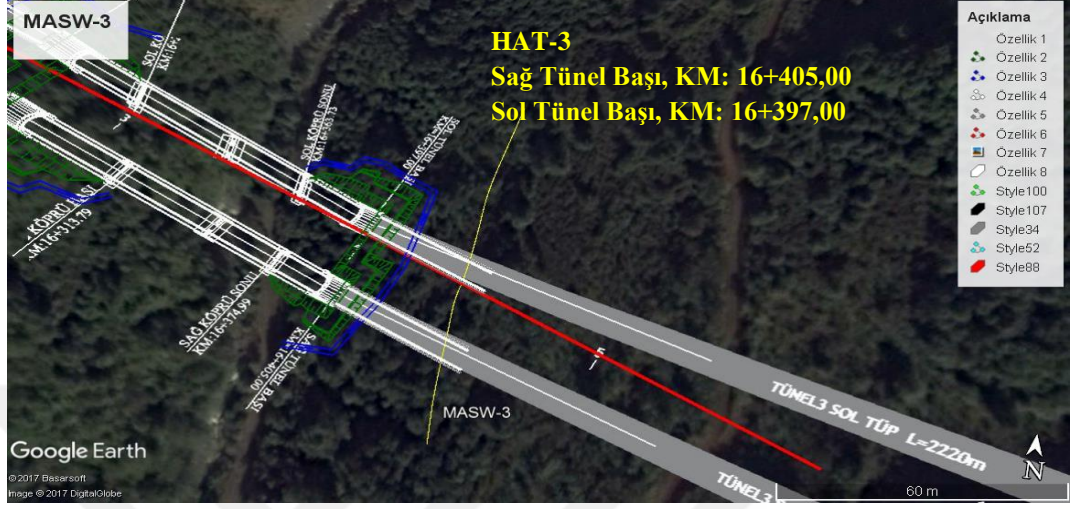
Tablo 3.3. Köprü-3 sağ ve sol köprü sonu yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-7	5,472	0,18	0,12	0,27	1,75
Mikrotremör-8	9,138	0,11	0,07	0,17	2,72
Mikrotremör-9	7,380	0,14	0,09	0,20	1,97
Mikrotremör-10	8,831	0,11	0,07	0,17	2,36

Mikrotremör-7, Mikrotremör-8, Mikrotremör-9, Mikrotremör-10 verileri sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.3).

H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. H/V oranlarına bakılarak Mikrotremör-7, Mikrotremör-9, Mikrotremör-10 için A (düşük), Mikrotremör-8 için B (orta) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

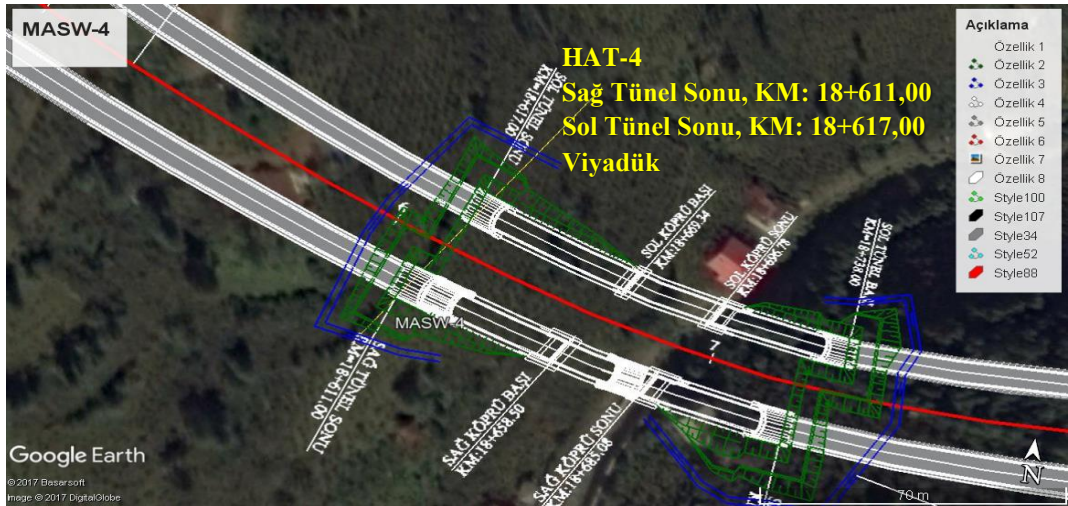
3.1.3. Tünel-3 Sağ ve Sol Tünel Başı (Km:16+405,00 - 16+397,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm (Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. Tünel-3 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçüm

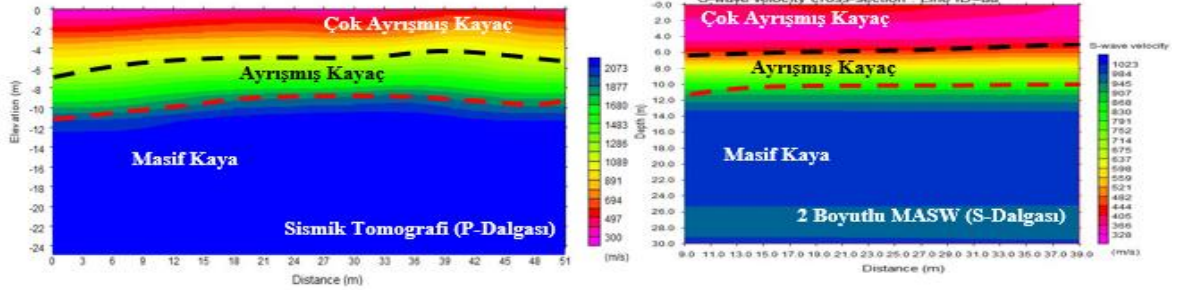
HAT-3 noktasında arazinin aşırı engebeli ve sık orman oluşu nedeni ile serim yapılp ölçüm alınamamıştır.

3.1.4. Tünel-3 Sağ ve Sol Tünel Sonu, Viyadük (Km:18+611,00 - 18+617,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm



Şekil 3.15. Tünel-3 sağ ve sol tünel sonu, viyadük yapısına ait jeofizik ölçüm

HAT-4 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.16.). HAT-4 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.4.).



Şekil 3.16. HAT-4 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

Tablo 3.4. HAT-4 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-4	1	1080	405	7~6	7~6	Çok Ayrışmış Kayaç
	2	1460	790	4	11~10	Ayrışmış Kayaç
	3	1850	1000	-	-	Masif Kaya

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	T ₀
HAT-4	1,78	2,70	2915	8268	16842	0,42	20277	0,14
	1,92	8,19	11959	30927	24901	0,29	109442	
	2,03	10,99	20331	52600	42475	0,29	185948	

Tünel-3 sağ ve sol tünel sonu, viyadük (km:18+611,00 - 18+617,00) yapısına ait HAT-4 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-4 için; 1. tabakanın ortalama kalınlığı 7~6 m ve orta derecede sökülebilir, ikinci tabakanın ortalama kalınlığı 4 m ve orta derecede sökülebilir ve üçüncü tabaka 11~10 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (25 m) devam ettiği ve zor sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: tuf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu

tortul kayalar, zemin grubu B ve üçüncü tabakanın yerel zemin birimi: *masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar sert ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu A olarak belirlenmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci tabakanın orta yoğunlukta, ikinci ve üçüncü tabakaların yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci tabakanın çok gevşek, ikinci ve üçüncü tabakaların sıkı-katı birimler oldukları tespit edilmiştir. Bu değerler ile ölçüm alınan yerde yer altı suyu olmadığı düşünülmektedir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci ve üçüncü tabakaların çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci ve üçüncü tabakaların çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci ve ikinci tabakaların orta, üçüncü tabakanın yüksek sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,14$ sn, $T_a= 0,09$ sn, $T_b = 0,21$ sn. bulunmuştur ve zemin sınıfı Z_1 olarak belirlenmiştir.

3.1.5. Köprü-6 Sol Köprü Başı (Km:19+275,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler

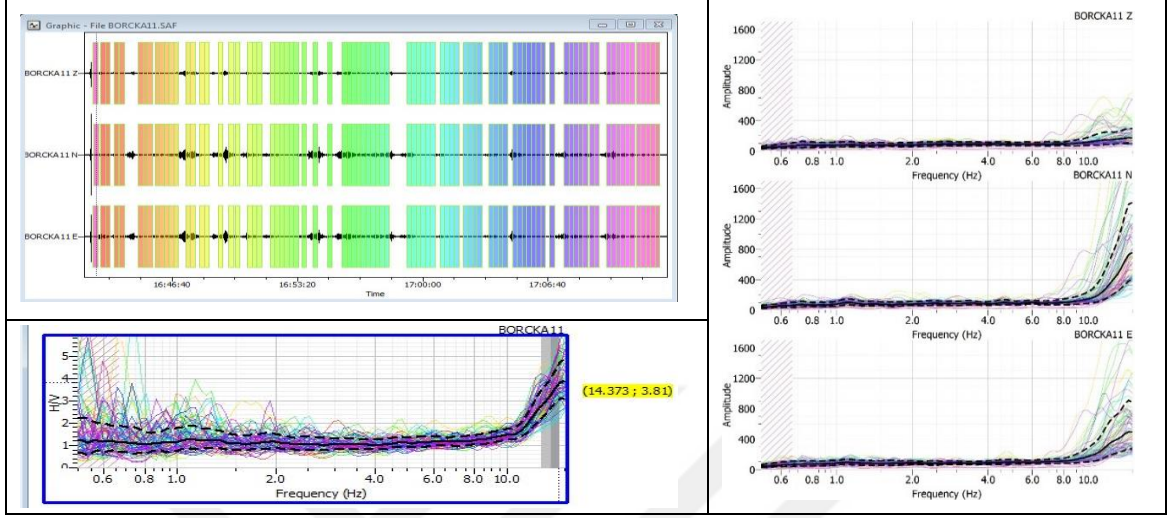


Şekil 3.17. Köprü-6 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterimi

Mikrotremör 11 noktası

Mikrotremör-11 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda

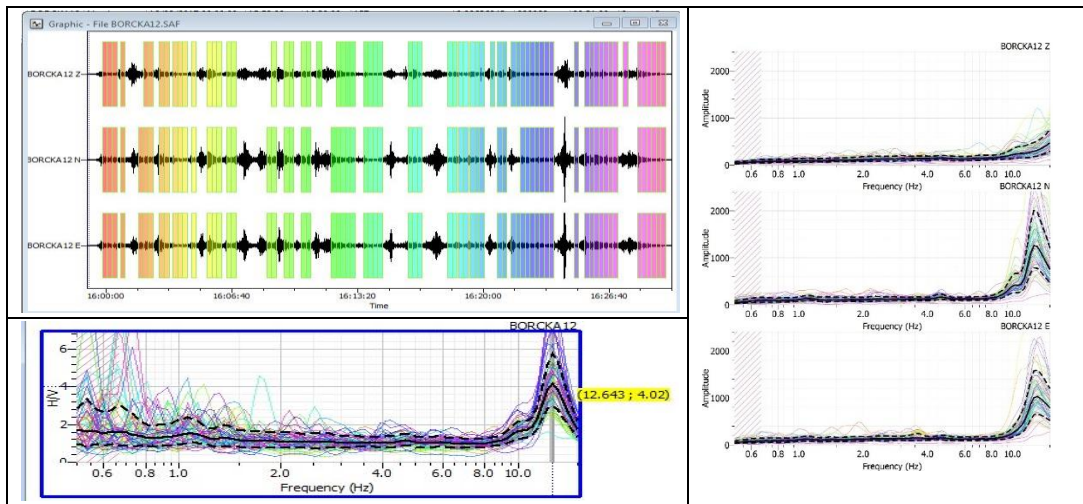
verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 14,373 Hz, baskın periyot: 0,07 s, H/V oranı: 3,81 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. Mikrotremör-11 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 12 noktası

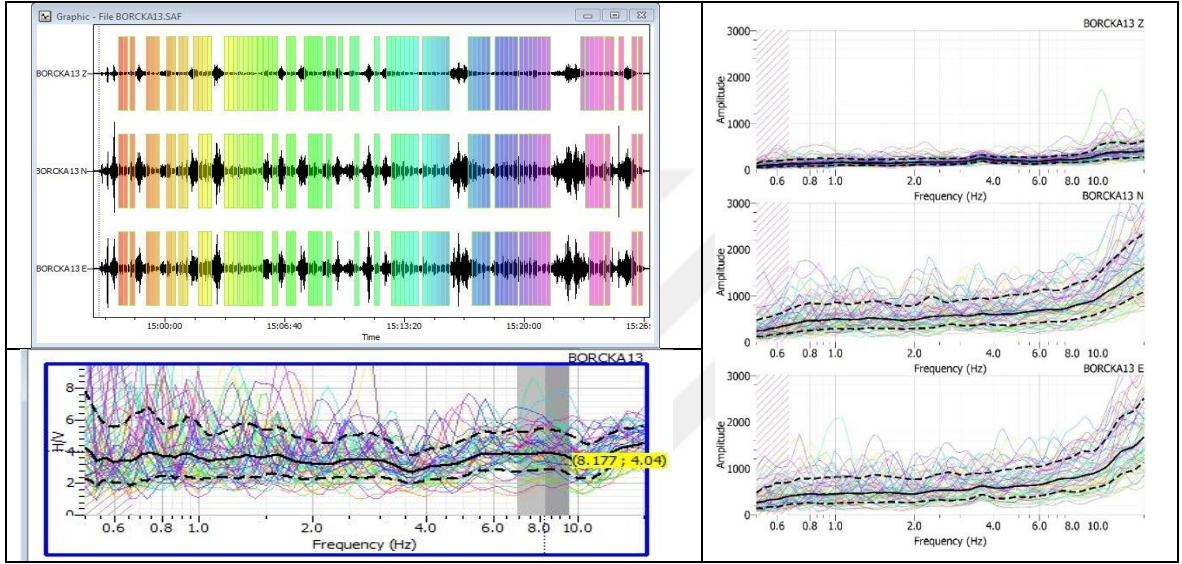
Mikrotremör-12 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 12,643 Hz, baskın periyot: 0,08 s, H/V oranı: 4,02 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.19.).



Şekil 3.19. Mikrotremör-12 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 13 noktası

Mikrotremör-13 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 8,177 Hz, baskın periyot: 0,12 s, H/V oranı: 4,04 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.20.).

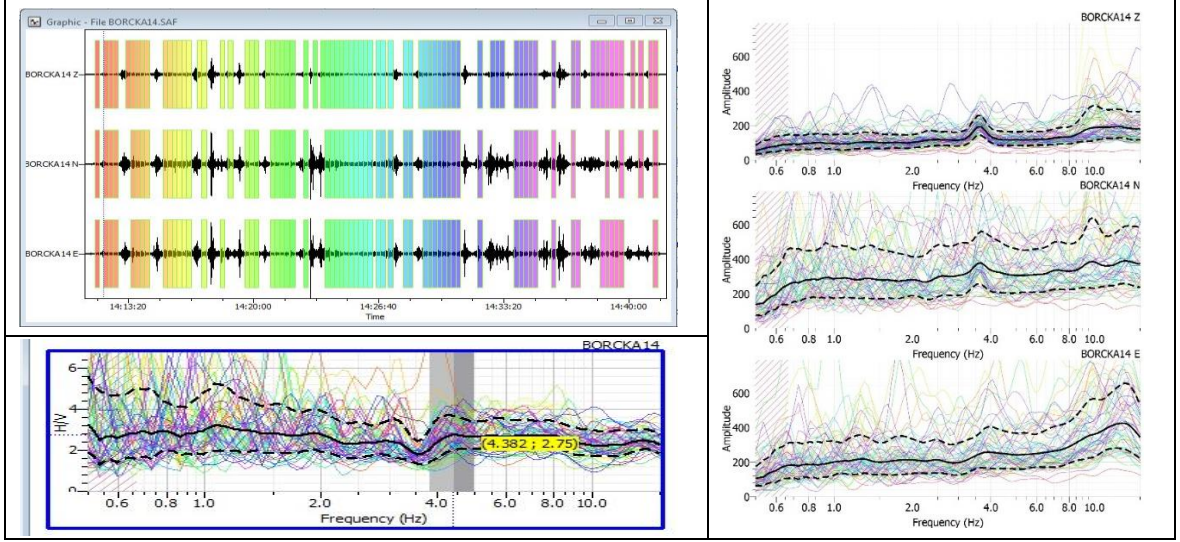


Şekil 3.20. Mikrotremör-13 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör-13 noktası çevresel gürültünün fazla olmasından dolayı diğer noktadaki gibi net sonuçlar gözlenememiştir. Bu sebepten dolayı Mikrotremör-13 verisi için baskın periyot ve H/V değeri, ölçüm noktasına ait 3 bileşenli verinin genlik spektrumlarına bakılarak belirlenmiştir.

Mikrotremör 14 noktası

Mikrotremör-14 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 4,382 Hz, baskın periyot: 0,23 s, H/V oranı: 2,75 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.21.).



Şekil 3.21. Mikrotremör-14 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör-14 noktası çevresel gürültünün fazla olmasından dolayı diğer noktadaki gibi net sonuçlar gözlenememiştir. Bu sebepten dolayı Mikrotremör-14 verisi için baskın periyot ve H/V değeri, ölçüm noktasına ait 3 bileşenli verinin genlik spektrumlarına bakılarak belirlenmiştir.

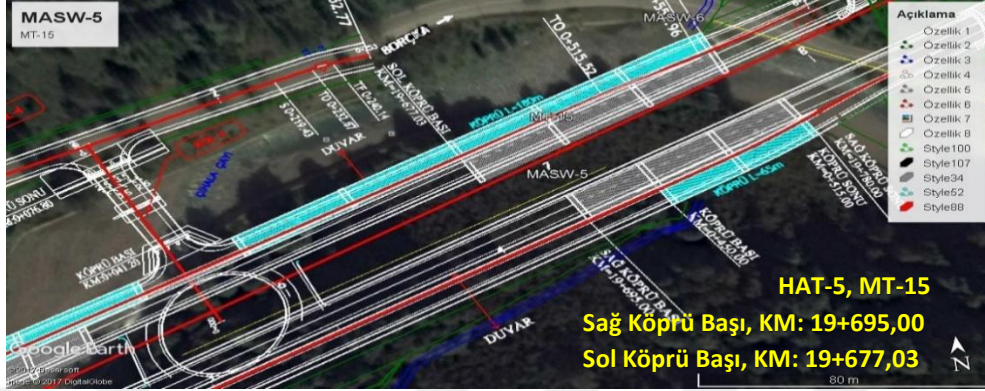
Tablo 3.5. Köprü-6 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verilerinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
<i>Mikrotremör-11</i>	<i>14,373</i>	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	<i>0,11</i>	<i>3,81</i>
<i>Mikrotremör-12</i>	<i>12,643</i>	<i>0,08</i>	<i>0,05</i>	<i>0,12</i>	<i>4,02</i>
<i>Mikrotremör-13</i>	<i>8,177</i>	<i>0,12</i>	<i>0,08</i>	<i>0,18</i>	<i>4,04</i>
<i>Mikrotremör-14</i>	<i>4,382</i>	<i>0,23</i>	<i>0,15</i>	<i>0,34</i>	<i>2,75</i>

Mikrotremör-11, Mikrotremör-12, Mikrotremör-13, Mikrotremör-14 verileri sonucu zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5).

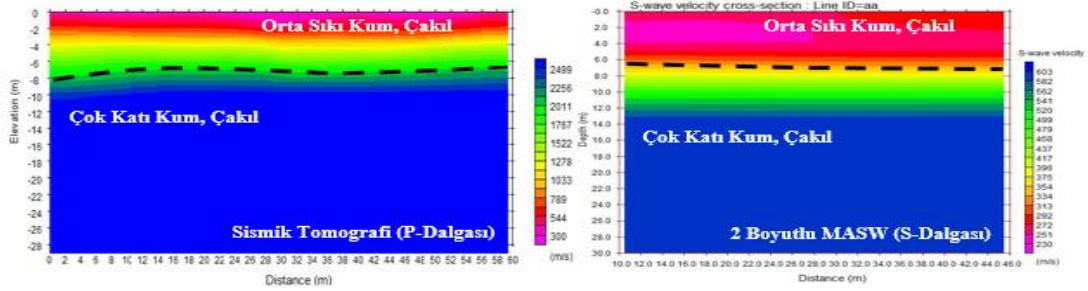
H/V oranlarına bakılarak Mikrotremör-11, Mikrotremör-14 için B (orta), Mikrotremör-12, Mikrotremör-13 için C (yüksek) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.6. Köprü-6 Sağ ve Sol Köprü Başı (Km:19+695,00 – 19+677,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.22)



Şekil 3.22. Köprü-6 sağ ve sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harta gösterimi

HAT-5 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.23.). HAT-5 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.6.).



Şekil 3.23. HAT-5 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

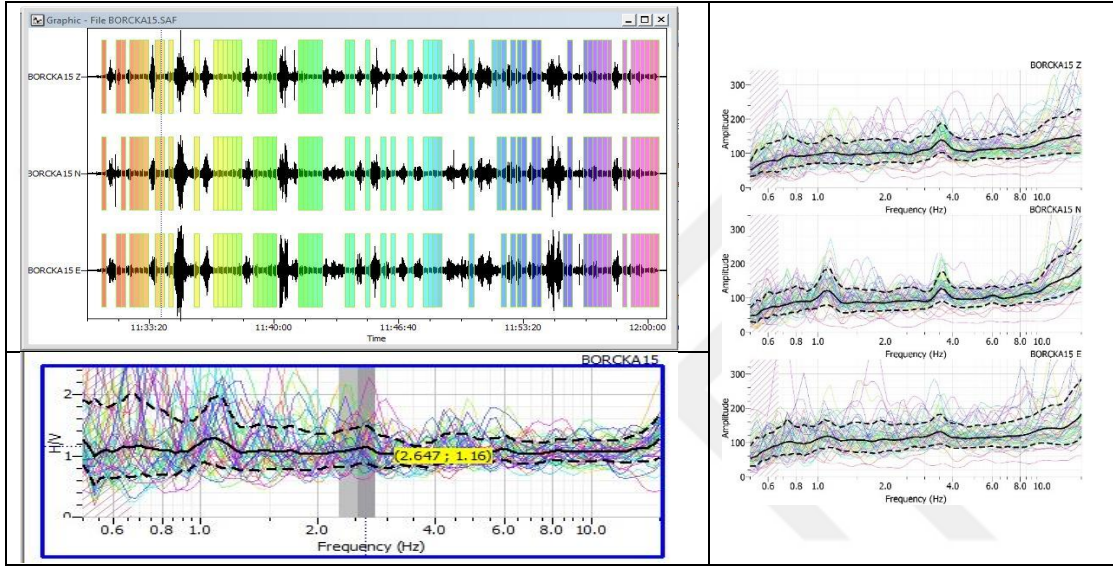
Tablo 3.6. HAT-5 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-5	1	1100	370	8~6	8~6	Orta Sıkı Kum, Çakıl
	2	2200	580	-	-	Çok Katı Kum, Çakıl

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	To
HAT-5	1,79	2,22	2444	7020	18343	0,44	15444	0,22
	2,12	3,25	7142	20893	93235	0,46	36023	

Mikrotremör 15 noktası

Mikrotremör-15 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelemiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 2,647 Hz, baskın periyot: 0,38 s, H/V oranı: 1,16 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.24.).



Şekil 3.24. Mikrotremör-15 noktasına ait veri işleme

Tablo 3.7. Köprü-6 sağ ve sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-15	2,644	0,38	0,25	0,57	1,16

Köprü-6 sağ ve sol köprü başı (km:19+695,00 – 19+677,00) yapısına ait HAT-5 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-5 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 8~6 m ve orta derecede sökülebilir, ikinci tabaka 8~6 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (25 m) devam ettiği ve zor sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: orta sıkı kum, çakıl, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel

zemin birimi: *çok katı kum, çakıl*, zemin grubu B olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-11 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-11 sondaj noktasında; 0,00-4,50 m arası alüvyon, 4,50 – 15,00 m çok ayrıışmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir.

Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci tabakanın orta yoğunlukta, ikinci tabakanın yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir.

Poisson oranı, ortamın sıklık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci ve ikinci tabakaların çok gevşek birimler oldukları tespit edilmiştir. Bu değerler ile ortamın çok gözenekli olduğu ve ölçüm alınan yerde yer altı suyu olduğu düşünülmektedir.

Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir.

Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir.

Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci tabakanın orta ikinci tabakanın yüksek sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3.6.).

Mikrotremör-15 verisi sonucu elde edilen T_0 değeri ile zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,22$ sn, $T_a= 0,15$ sn, $T_b = 0,33$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması uyumludur (Tablo 3.7.).

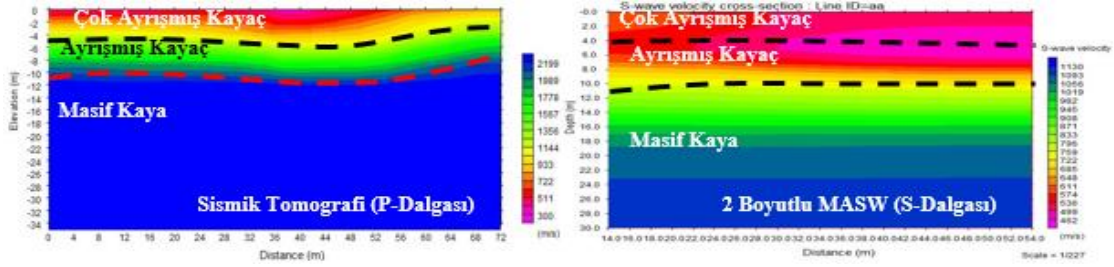
H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-15 için A (düşük) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.7. Köprü-6 Sağ-Sol Köprü Sonu (Km:19+780,00-19+775,00), Tünel-5 Sağ-Sol Tünel Başı (Km:19+855,00-19+825,00) Yapılarına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.25.)



Şekil 3.25. Köprü-6 sağ ve sol köprü sonu, Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçümlerin harita gösterim

HAT-6 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.26.). HAT-1 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.8.).



Şekil 3.26. HAT-6 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

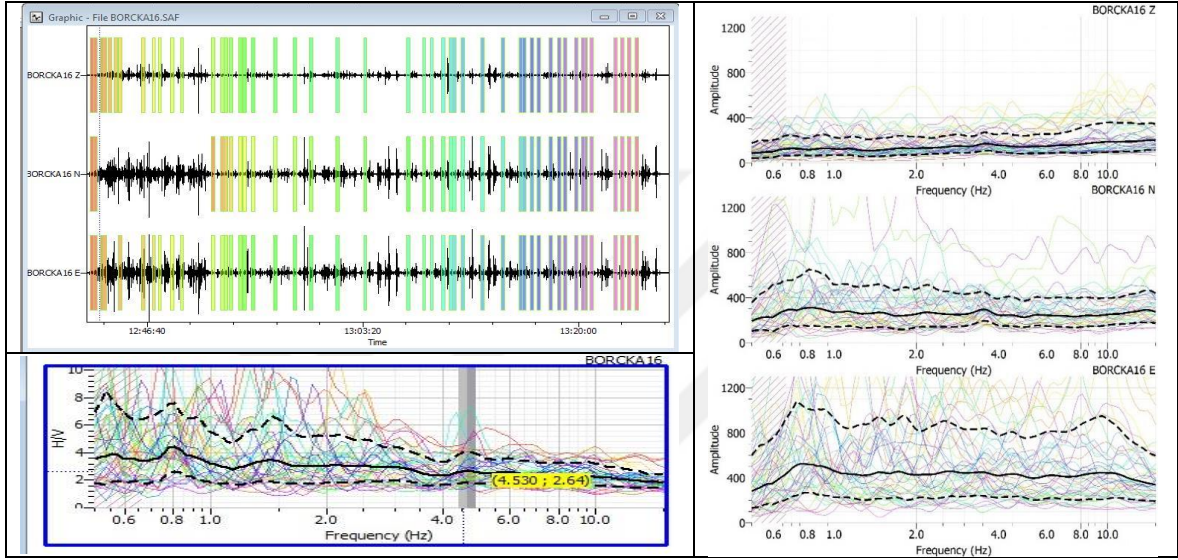
Tablo 3.8. HAT-6 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-6	1	1030	570	5~3	5~3	Çok Ayrışmış Kayaç
	2	1700	940	6~4	11~7	Ayrışmış Kayaç
	3	2000	1100	-	-	Masif Kaya

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	T ₀
HAT-6	1,76	5,54	5706	14599	11024	0,28	52836	0,13
	1,99	10,35	17589	45020	34076	0,28	162802	
	2,07	12,54	25084	64374	49478	0,28	231555	

Mikrotremör 16 noktası

Mikrotremör-16 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 4,530 Hz, baskın periyot: 0,22 s, H/V oranı: 2,64 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27. Mikrotremör-16 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.9. Köprü-6 sağ ve sol köprü sonu, Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-16	4,53	0,22	0,15	0,33	2,24

Köprü-6 ve sol köprü sonu (km:19+780,00-19+775,00), Tünel-5 sağ ve sol tünel başı (km:19+855,00-19+825,00) yapılarına ait HAT-6 ölçüm değerlendirme sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-6 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 5~3 m ve orta derecede sökülebilir, ikinci tabakanın ortalama kalınlığı 6~4 m ve zor derece sökülebilir ve üçüncü tabaka 11~7 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (35 m) devam ettiği ve zor sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve

zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu B ve üçüncü tabakanın yerel zemin birimi: *masif volkanik kayalar ve ayrılmamış sağlam metamorfik kayalar sert ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu A olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-13 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-13 sondaj noktasında; 0,00-4,50 m arası çok ayrılmış kayaç, 4,50 – 15,00 m ayrılmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir.

Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci tabakanın orta yoğunlukta, ikinci ve üçüncü tabaka yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir.

Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci, ikinci ve üçüncü tabakaların sıkı-katı birimler oldukları tespit edilmiştir. Bu değerler ile ölçüm alınan yerde yer altı suyu olmadığı düşünülmektedir.

Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın sağlam dayanımlı, ikinci ve üçüncü tabakaların çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir.

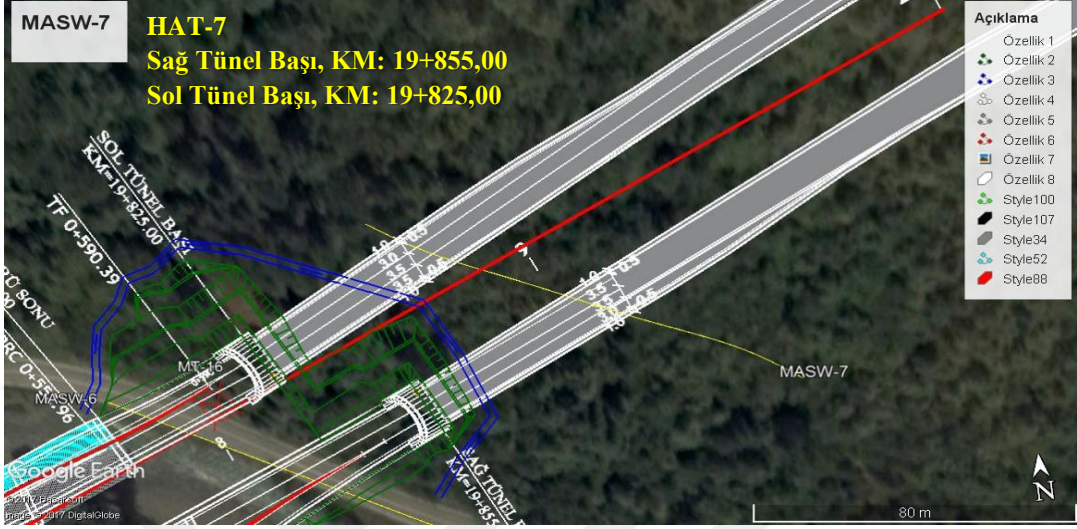
Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın sağlam dayanımlı, ikinci ve üçüncü tabakaların çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir.

Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci ve ikinci tabakaların orta, üçüncü tabakanın yüksek sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Mikrotremör-16 verisi sonucu elde edilen T_0 değeri ile zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,13$ sn, $T_a= 0,08$ sn, $T_b = 0,20$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması ihmal edilebilecek küçük bir fark ile uyumludur (Tablo 3.9.).

H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir . Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-16 için B (orta) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

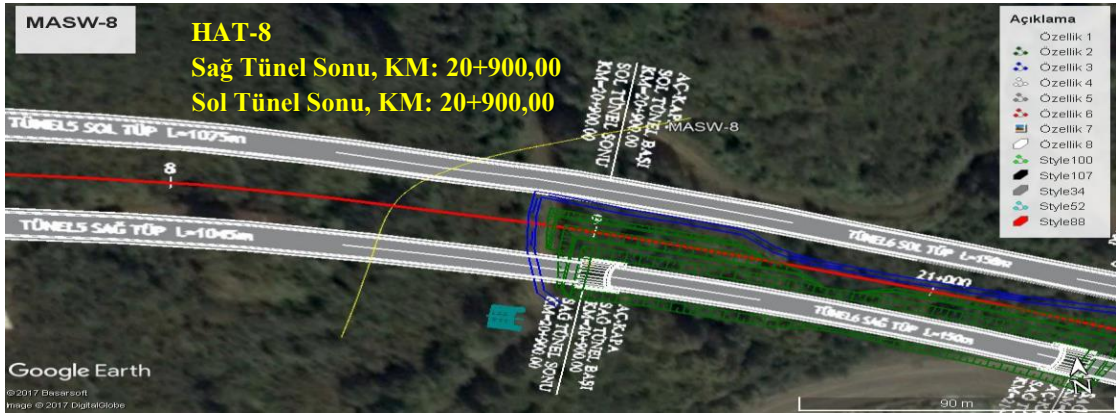
3.1.8. Tünel-5 Sağ ve Sol Tünel Başı (Km:19+855,00 – 19+825,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm (Şekil 3.28)



Şekil 3.28. Tünel-5 sağ ve sol tünel başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

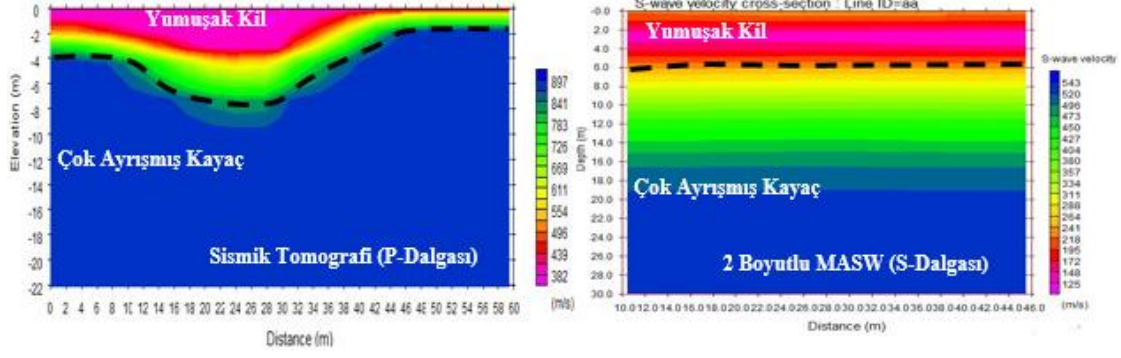
HAT-7 noktasında dik yamaçlar nedeni ile ulaşım sağlanamamış ve ölçüm alınamamıştır.

3.1.9. Tünel-5 Sağ ve Sol Tünel Sonu (Km:20+900,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.29.)



Şekil 3.29. Tünel-5 sağ ve sol tünel sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

HAT-8 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.30.). HAT-1 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.10.).



Şekil 3.30. HAT-8 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

Tablo 3.10. HAT-8 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-8	1	450	190	4~2	4~2	Yumuşak Kil
	2	840	430	-	-	Çok Ayrışmış Kayaç

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	T ₀
HAT-8	1,43	1,15	515	1434	2204	0,39	3961	0,30
	1,67	3,67	3086	8162	7661	0,32	27324	

Tünel-5 sağ ve sol tünel sonu (km:20+900,00) yapısına ait HAT-8 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-8 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 4~2 m ve çok kolay derecede sökülebilir, ikinci tabaka 4~2 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (22 m) devam ettiği ve kolay derece sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak kil*, zemin grubu D, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar (killeşme özelliği gösteren tüf)*, zemin grubu C olarak belirlenmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci ve ikinci tabakaların orta yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci tabakanın çok gevşek ve ikinci tabakanın gevşek birimler oldukları

tespit edilmiştir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın orta dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci ve ikinci tabakaların az sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,30$ sn, $T_a= 0,20$ sn, $T_b = 0,45$ sn. bulunmuştur ve zemin sınıfı Z_3 olarak belirlenmiştir.

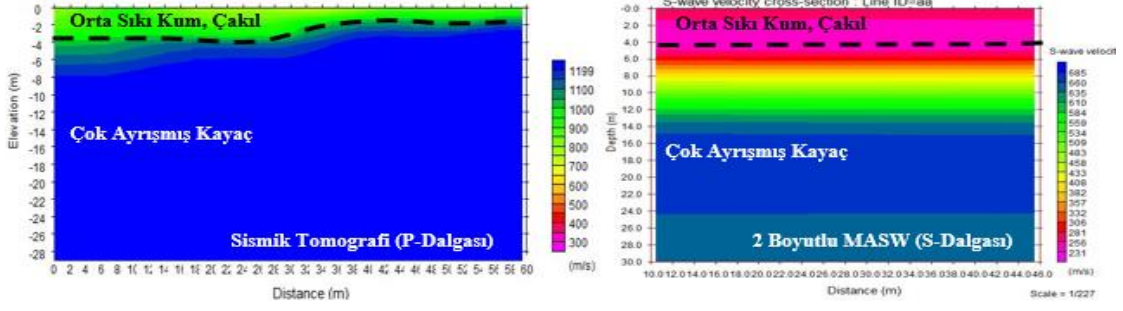
HAT-8 hattının bulunduğu alanda ölçüm alınırken yer yer akmaların ve küçük çaplı toprak kaymalarının olduğu gözlenmiştir. Ortalama 6 m derinlik kayma daresi olarak nitelendirilebilir. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi bu konuda gerekli tedbirlerin alınması önerilir.

3.1.10. Köprü-7 Sol Köprü Başı (Km:21+770,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.31)



Şekil 3.31. Köprü-7 sol köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

HAT-9 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.32.). HAT-1 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.11.).



Şekil 3.32. HAT-9 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

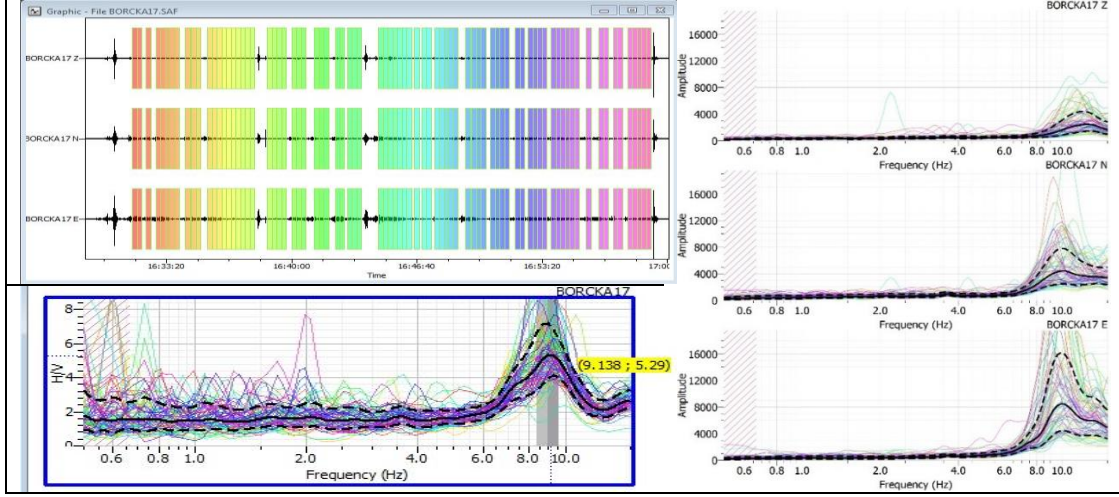
Tablo 3.11. HAT-9 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-9	1	900	280	3~2	3~2	Orta Sıkı Kum, Çakıl
	2	1100	595	-	-	Çok Ayrışmış Kayaç

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	T ₀
HAT-9	1,70	1,48	1331	3851	11978	0,45	7835	0,22
	1,79	5,65	6215	16134	13316	0,29	56595	

Mikrotremör 17 noktası

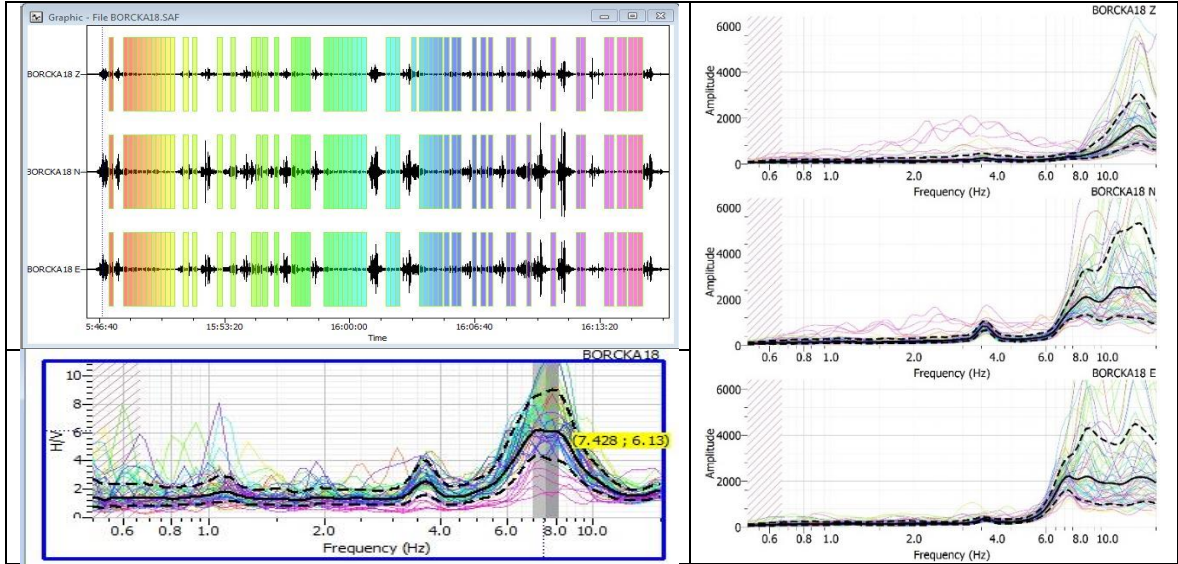
Mikrotremör-17 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 9,138 Hz, baskın periyot: 0,11 s, H/V oranı: 5,29 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.33.).



Şekil 3.33. Mikrotremör-17 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 18 noktası

Mikrotremör-18 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 7,428 Hz, baskın periyot: 0,14 s, H/V oranı: 6,13 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.34.).



Şekil 3.34. Mikrotremör-18 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.12. Köprü-7 sol köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-17	9,138	0,11	0,07	0,17	5,29
Mikrotremör-18	7,428	0,14	0,09	0,21	6,13

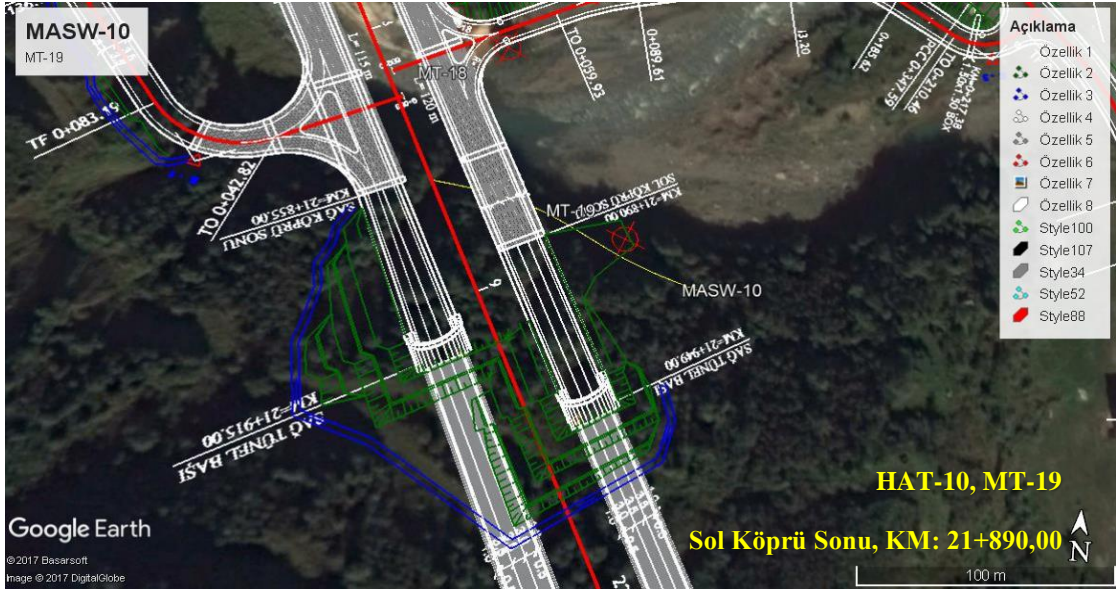
Köprü-7 sol köprü başı (km:21+770,00) yapısına ait HAT-9 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-9 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 3~2 m ve orta derecede sökülebilir, ikinci tabaka 3~2 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (22 m) devam ettiği ve orta derece sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *orta sıkı kum, çakıl*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu C olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-14 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-14 sondaj noktasında; 0,00-4,50 m arası yamaç molozu, 4,50 – 15,00 m çok ayrılmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci ve ikinci tabakaların orta yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci tabakanın çok gevşek, ikinci tabakanın sıkı katı birimler oldukları tespit edilmiştir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci ve ikinci tabakaların orta sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Mikrotremör-17, Mikrotremör-18 verisi sonucu elde edilen T_0 değeri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,22$ sn, $T_a= 0,15$ sn, $T_b = 0,33$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. Mikrotremör ve

sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması ihmal edilebilecek kadar küçük bir fark ile uyumludur (Tablo 3.12.).

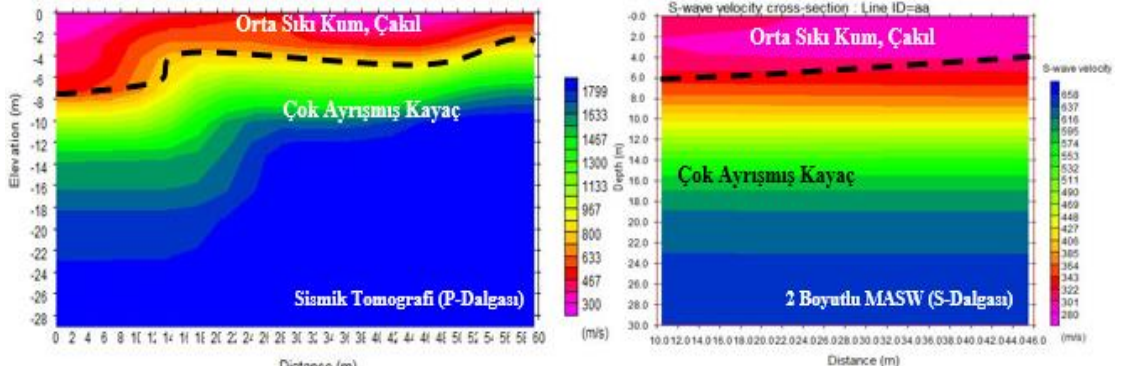
H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-17, Mikrotremör-18 için C (yüksek) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.11. Köprü-7 Sol Köprü Sonu (Km:21+890,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.35)



Şekil 3.35. Köprü-7 sol köprü sonu yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

HAT-10 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.36.). HAT-10 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.13.).



Şekil 3.36. HAT-10 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

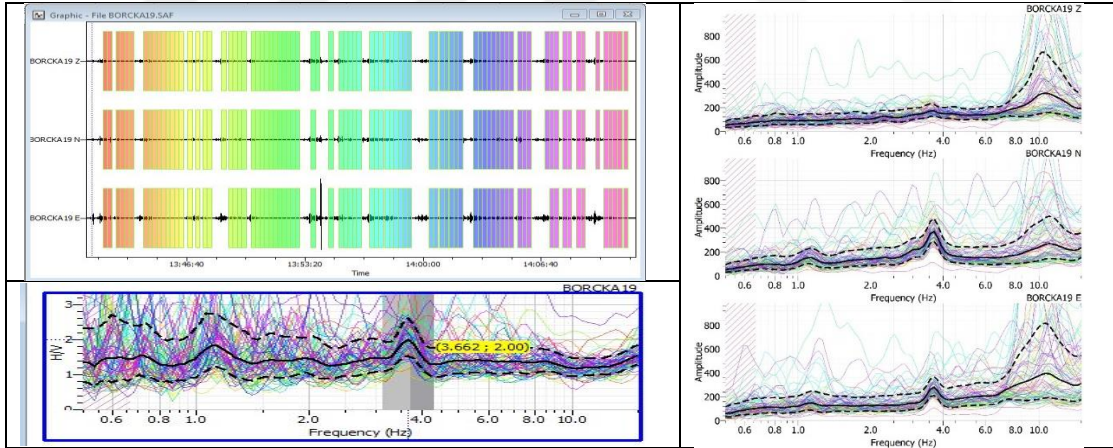
Tablo 3.13. HAT-10 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-10	1	700	360	6~3	6~3	Orta Sıkı Kum, Çakıl
	2	1500	630	-	-	Çok Ayırılmış Kayaç

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	T ₀
HAT-10	1,59	2,95	2067	5456	5058	0,32	18352	0,21
	1,93	5,10	7657	21331	33198	0,39	58593	

Mikrotremör 19 noktası

Mikrotremör-19 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 5,662 Hz, baskın periyot: 0,18 s, H/V oranı: 2,00 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.37.).

**Şekil 3.37.** Mikrotremör-19 noktasına ait veri işlem**Tablo 3.14.** Köprü-7 sol köprü sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T ₀	Alt Periyod (sn) T _a	Üst Periyod (sn) T _b	H/V Oranı
Mikrotremör-19	5,662	0,18	0,12	0,27	2,00

Köprü-7 sol köprü sonu (km:21+890,00) yapısına ait HAT-10 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-10 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 6~3 m ve kolay derecede sökülebilir, ikinci tabaka 6~3 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (22 m) devam ettiği ve zor sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *orta sıkı kum, çakıl*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu C olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-17 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-17 sondaj noktasında; 0,00-6,00 m arası alüvyon, 6,00 – 15,00 m çok ayrılmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci tabakanın orta yoğunlukta ve ikinci tabakanın yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıklık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci ve ikinci tabakaların gevşek birimler oldukları tespit edilmiştir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci tabakanın az ve ikinci tabakaların orta sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

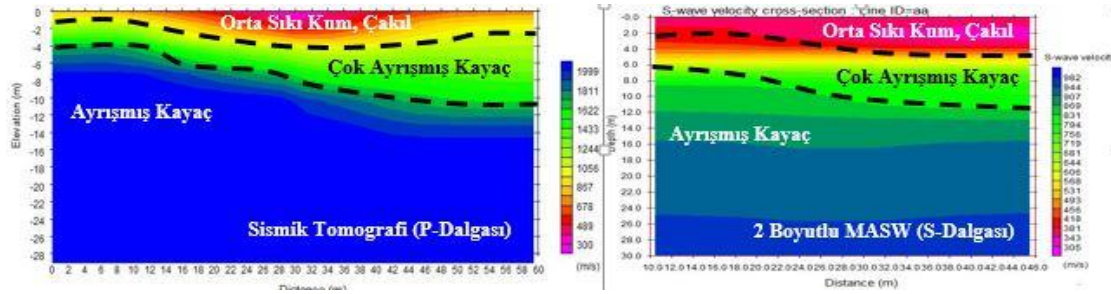
Mikrotremör-19 verisi sonucu elde edilen T_0 değeri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,21$ sn, $T_a= 0,14$ sn, $T_b = 0,32$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.14.). Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması ihmal edilebilecek kadar küçük bir fark ile uyumludur. H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-19 için A (düşük) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.12. Köprü-8 Başı (Km:23+415,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.38)



Şekil 3.38. Köprü-8 başı (km:23+415,00) yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

HAT-11 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.39.). HAT-11 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.15.).



Şekil 39. HAT-11 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

Tablo 3.15. HAT-11 değerlendirme sonuçları

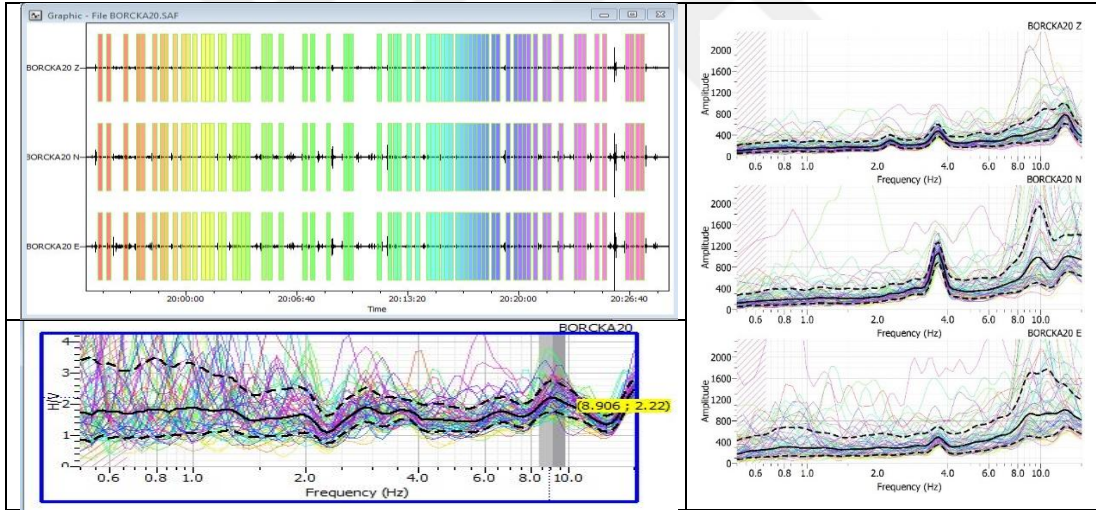
Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-11	1	670	340	1~3	1~3	Orta Sıkı Kum, Çakıl
	2	1340	690	3~8	4~11	Çok Ayırışmış Kayaç
	3	1740	940	-	-	Ayırışmış Kayaç

Tablonun Devamı

Serim	d (g/cm^3)	Q_e (kg/cm^2)	G (kg/cm^2)	E (kg/cm^2)	K (kg/cm^2)	ν	K_s (T/m^3)	T_0
HAT-11	1,58	2,72	1823	4837	4649	0,33	16054	0,15
	1,88	6,66	8930	23567	21772	0,32	79265	
	2,00	10,17	17691	45782	37029	0,29	161754	

Mikrotremör 20 noktası

Mikrotremör-20 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelemiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 8,906 Hz, baskın periyot: 0,11 s, H/V oranı: 2,22 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.40.).



Şekil 3.40. Mikrotremör-20 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.16. Köprü-8 başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyot (sn) T_a	Üst Periyot (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-20	8,906	0,11	0,07	0,17	2,22

Köprü-8 başı (km:23+415,00) yapısına ait HAT-11 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak

tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-11 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı $1\sim3\text{ m}$ ve kolay derecede sökülebilir, ikinci tabakanın ortalama kalınlığı $3\sim8\text{ m}$ ve orta derece sökülebilir ve üçüncü tabaka $4\sim11\text{ m}$ ' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca (29 m) devam ettiği ve zor derece sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *orta sıkı kum, çakıl*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu C ve üçüncü tabakanın yerel zemin birimi: *tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar*, zemin grubu B olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-18 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-18 sondaj noktasında; 0,00-8,00 m arası yamaç molozu, 8,00 – 15,00 m ayrılmış kayaç birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir.

Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci ve ikinci tabakaların orta yoğunlukta, üçüncü tabaka yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıkılık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci ve ikinci tabakaların gevşek ve üçüncü tabakanın sıkı-katı birimler oldukları tespit edilmiştir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın zayıf dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam ve üçüncü tabakanın çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam ve üçüncü tabakanın çok sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci tabakanın az, ikinci ve üçüncü tabakaların orta sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Mikrotremör-20 verisi sonucu elde edilen T_0 değeri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,15\text{ sn}$, $T_a=0,10\text{ sn}$, $T_b=0,23\text{ sn}$ bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması uyumludur (Tablo 3.16.).

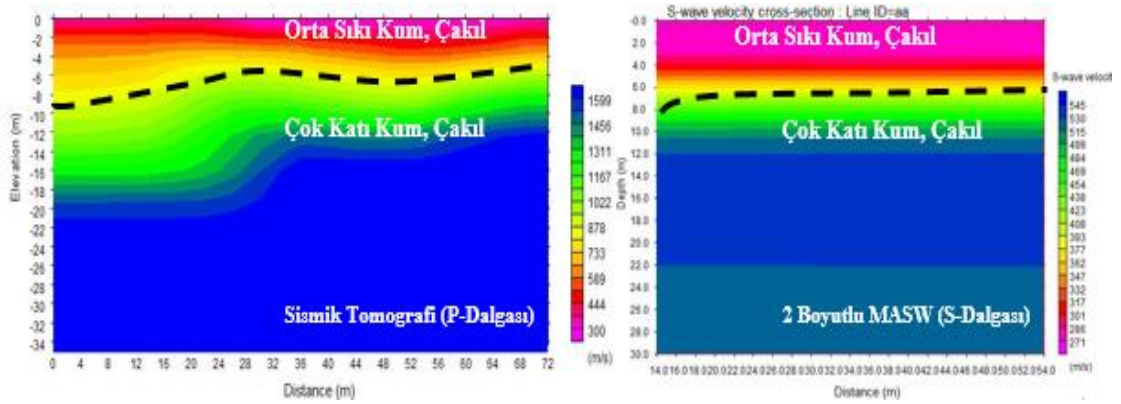
H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-20 için A (düşük) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.13. Köprü-8 Sonu (Km:23+415,00) Yapısına Ait Jeofizik Ölçümler (Şekil 3.41)



Şekil 3.41. Köprü-8 sonu (km:23+415,00) yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

HAT-12 için sismik kırılma tomografi ve 2DMASW sonuçlarına göre iki boyutlu yer altı kesiti oluşturulmuştur (Şekil 3.42.). HAT-12 için zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmıştır (Tablo 3.17.).



Şekil 3.42. HAT-12 için sismik tomografi ve 2DMASW yorumu

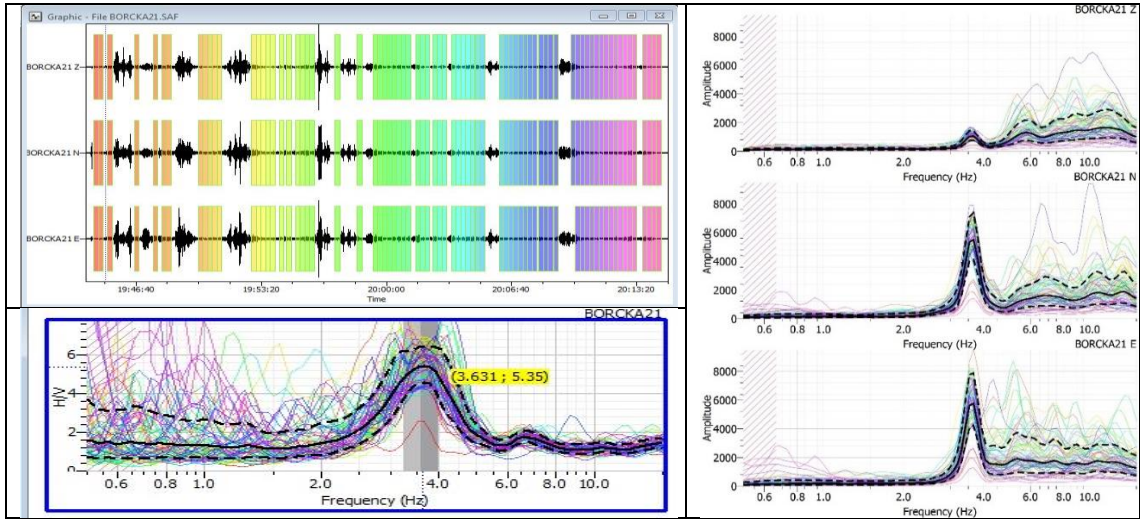
Tablo 3.17. HAT-12 değerlendirme sonuçları

Serim	Tabaka No	P Dalgası Hızı (m/sn)	S Dalgası Hızı (m/sn)	Tabaka		Muhtemel Litoloji
				Kalınlık (h) m	Derinlik (d) m	
HAT-12	1	730	360	9~6	9~6	Orta Sıkı Kum, Çakıl
	2	1400	530	-	-	Çok Katı Kum, Çakıl

Serim	d (g/cm ³)	Qe (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	v	Ks (T/m ³)	To
HAT-12	1,61	2,86	2088	5594	5803	0,34	18041	0,25
	1,90	3,80	5327	15089	30064	0,42	37357	

Mikrotremör 21 noktası

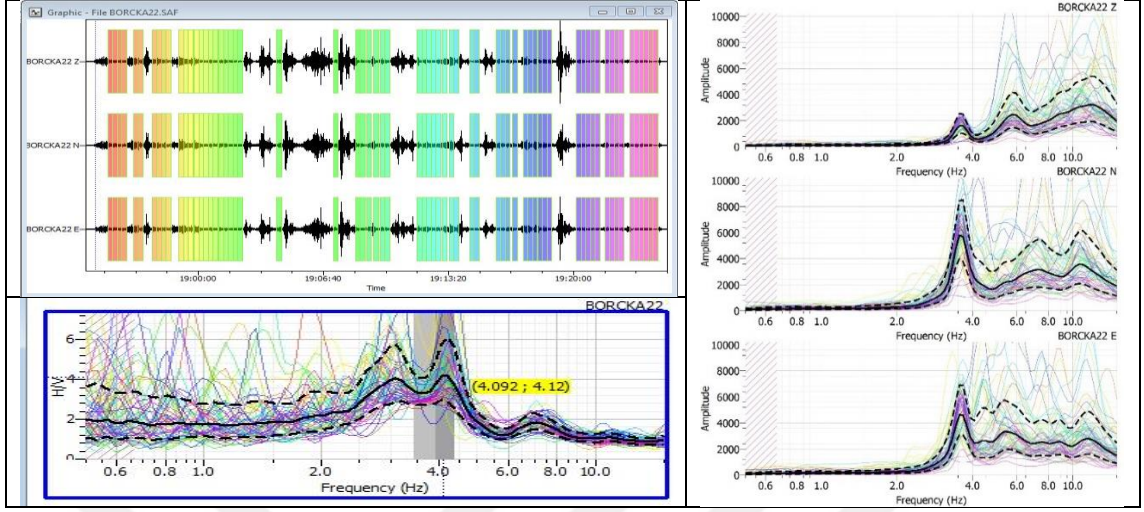
Mikrotremör-21 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 3,631 Hz, baskın periyot: 0,28 s, H/V oranı: 5,35 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.43).

**Şekil 3.43.** Mikrotremör-21 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 22 noktası

Mikrotremör-22 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda

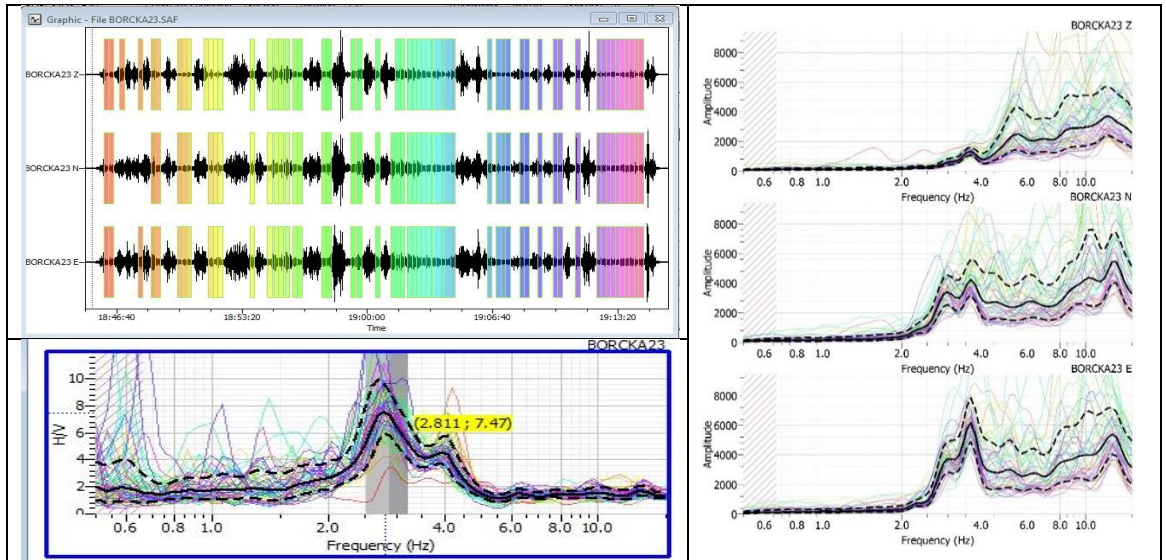
verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 4,092 Hz, baskın periyot: 0,24 s, H/V oranı: 4,12 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.44.).



Şekil 3.44. Mikrotremör-22 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 23 noktası

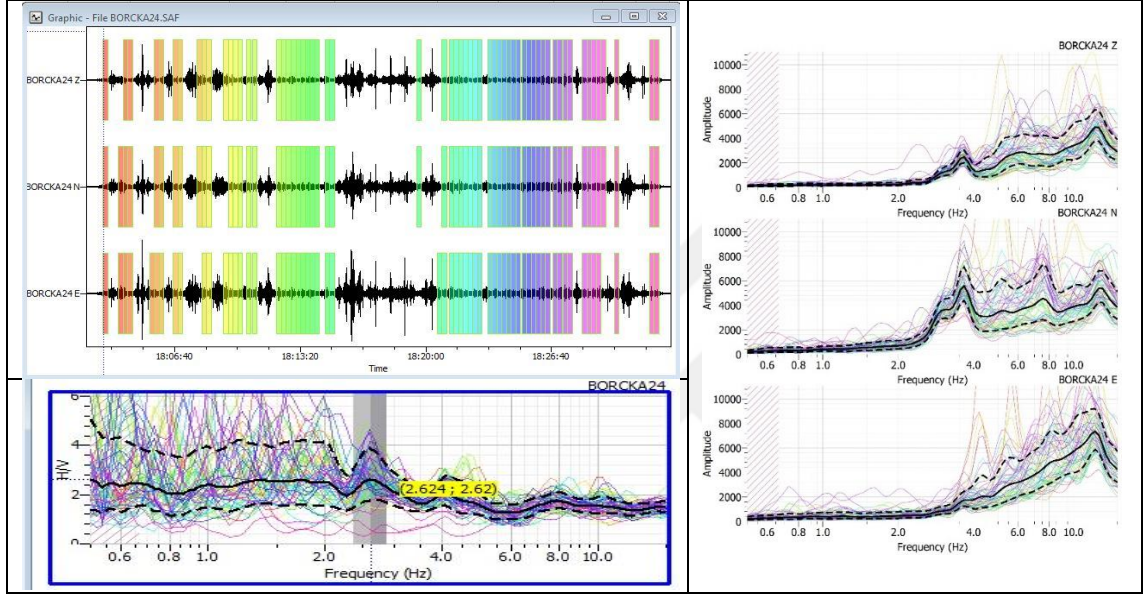
Mikrotremör-23 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 2,881 Hz, baskın periyot: 0,35 s, H/V oranı: 7,47 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Mikrotremör-23 noktasına ait veri işlem

Mikrotremör 24 noktası

Mikrotremör-24 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 2,624 Hz, baskın periyot: 0,38 s, H/V oranı: 2,62 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.46).



Şekil 3.46. Mikrotremör-24 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.18. Köprü-8 sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyot (sn) T_a	Üst Periyot (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-21	3,631	0,28	0,19	0,42	5,35
Mikrotremör-22	4,092	0,24	0,16	0,37	4,12
Mikrotremör-23	2,881	0,35	0,23	0,52	7,47
Mikrotremör-24	2,624	0,38	0,25	0,57	2,62

Köprü-8 sonu (km:23+415,00) yapısına ait HAT-12 ölçüm değerlendirmesi sonucu P ve S dalga hızlarından oluşturulan yer altı iki boyutlu kesitlerine (P ve S için) bakılarak tabaka sınırları belirlenmiştir. Ayrıca P Dalga hızları buldukları tabakaya ait sökülebilirlik derecesini vermektedir. HAT-12 için; birinci tabakanın ortalama kalınlığı 9~6 m ve kolay derecede sökülebilir, ikinci tabaka 9~6 m' den itibaren başlayıp incelenen derinlik boyunca

(35 m) devam ettiği ve orta derece sökülebilir olduğu belirlenmiştir. S dalga hızları, tabakaların yerel zemin birimi ve zemin grubunu belirlemektedir. Birinci tabakanın yerel zemin birimi: *orta sıkı kum, çakıl*, zemin grubu C, ikinci tabakanın yerel zemin birimi: *çok katı kum, çakıl*, zemin grubu B olarak belirlenmiştir. Sismik Kırılma-MASW çalışması yapılan serim yakınlarında KSK-21 no'lu sondaj kesilmiştir. KSK-21 sondaj noktasında; 0,00-15,00 m arası alüvyon birimi kesilmiştir. Yapılan sondaj çalışması ile jeofizik çalışma arasındaki kot farkından dolayı kısmen uyumlu birimler elde edilmiştir. Yoğunluk parametrelerine bakıldığında birinci tabakanın orta yoğunlukta, ikinci tabakanın yüksek yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Poisson oranı, ortamın sıklık derecesini vermektedir ve gözeneklilik hakkında bilgi verir. Gözeneklilik ve s dalga hızı göz önünde bulundurularak yer altı suyu hakkında da yorum yapılabilir. Poisson oranı değerleri ile birinci tabakanın gevşek ve ikinci tabakaların çok gevşek birimler oldukları tespit edilmiştir. Elastisite modülü, zeminin düşey kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Kayma modülü, zeminin yatay kuvvetlere karşı dayanımını vermektedir ve birinci tabakanın orta dayanımlı, ikinci tabakanın sağlam dayanımlı birimler olduğu tespit edilmiştir. Bulk modülü, ortamın sıkışmazlık derecesini vermektedir ve birinci tabakanın az ikinci tabakanın orta sıkışmazlık özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Mikrotremör-21, Mikrotremör-23, Mikrotremör-24 verileri sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_2 , Mikrotremör-22 verisi sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_1 olarak belirlenmiştir. Sismik ölçümler sonucu $T_0=0,25$ sn, $T_a= 0,17$ sn, $T_b = 0,38$ sn. bulunmuştur. Sismik sonuçlara göre zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. Mikrotremör ve sismik ölçümlerden elde edilen zemin sınıflandırması ihmal edilebilecek kadar küçük bir fark ile uyumludur.

H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-21, Mikrotremör-22, Mikrotremör-23 için C (yüksek), Mikrotremör-24 için B (orta) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

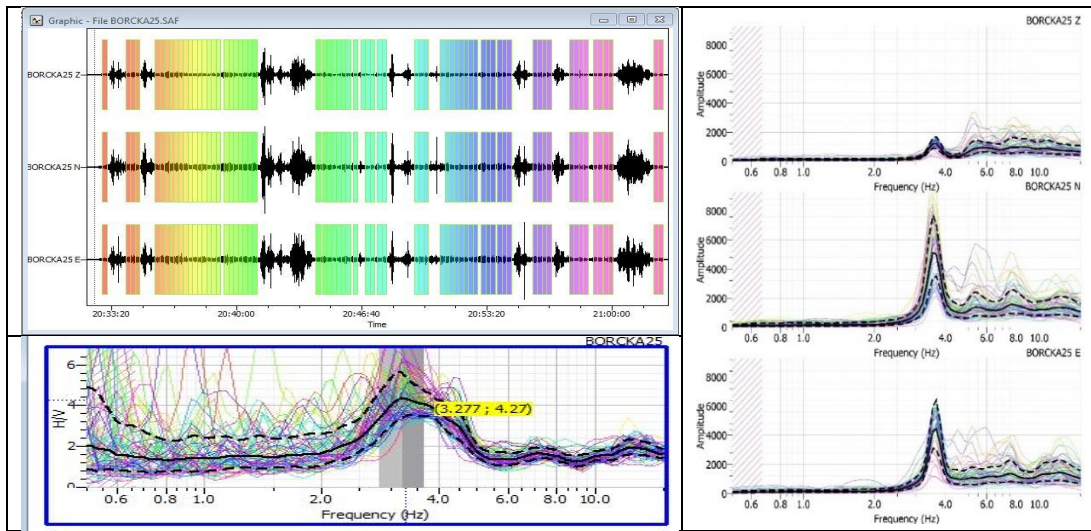
3.1.14. Köprü Başı (Km:0+190) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm (Şekil 3.47)



Şekil 3.47. Köprü başı yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

Mikrotremör 25 noktası

Mikrotremör-25 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 3,277 Hz, baskın periyot: 0,31 s, H/V oranı: 4,27 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 3.48. Mikrotremör-25 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.19. Köprü başı yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyod (sn) T_a	Üst Periyod (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-25	3,277	0,31	0,20	0,46	4,27

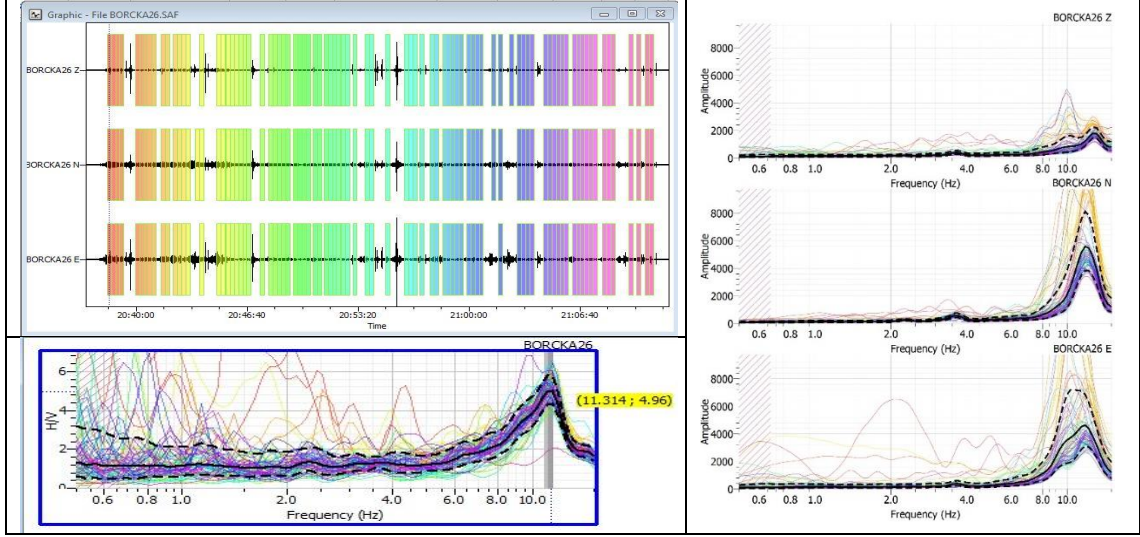
Mikrotremör-25 verisi sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-25 için C (yüksek) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

3.1.15. Köprü Sonu (Km:0+282) Yapısına Ait Jeofizik Ölçüm (Şekil 3.49)

**Şekil 3.49.** Köprü sonu (km:0+282) yapısına ait jeofizik ölçümün harita gösterimi

Mikrotremör 26 noktası

Mikrotremör-26 noktasından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans H/V oranı grafiği aşağıda verilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans: 11,314 Hz, baskın periyot: 0,09 s, H/V oranı: 4,96 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. Mikrotremör-26 noktasına ait veri işlem

Tablo 3.20. Köprü sonu yapısına ait mikrotremör verisinin değerlendirilmesi

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (sn) T_0	Alt Periyot (sn) T_a	Üst Periyot (sn) T_b	H/V Oranı
Mikrotremör-26	11,314	0,09	0,06	0,14	4,96

Mikrotremör-26 verisi sonucu elde edilen T_0 değerleri ile zemin grubu Z_2 olarak belirlenmiştir. H/V oranları zemin büyütme değerlerini vermektedir. Zemin büyütme değerlendirmesi Mikrotremör-26 için C (yüksek) tehlike düzeyinde oldukları belirlenmiştir.

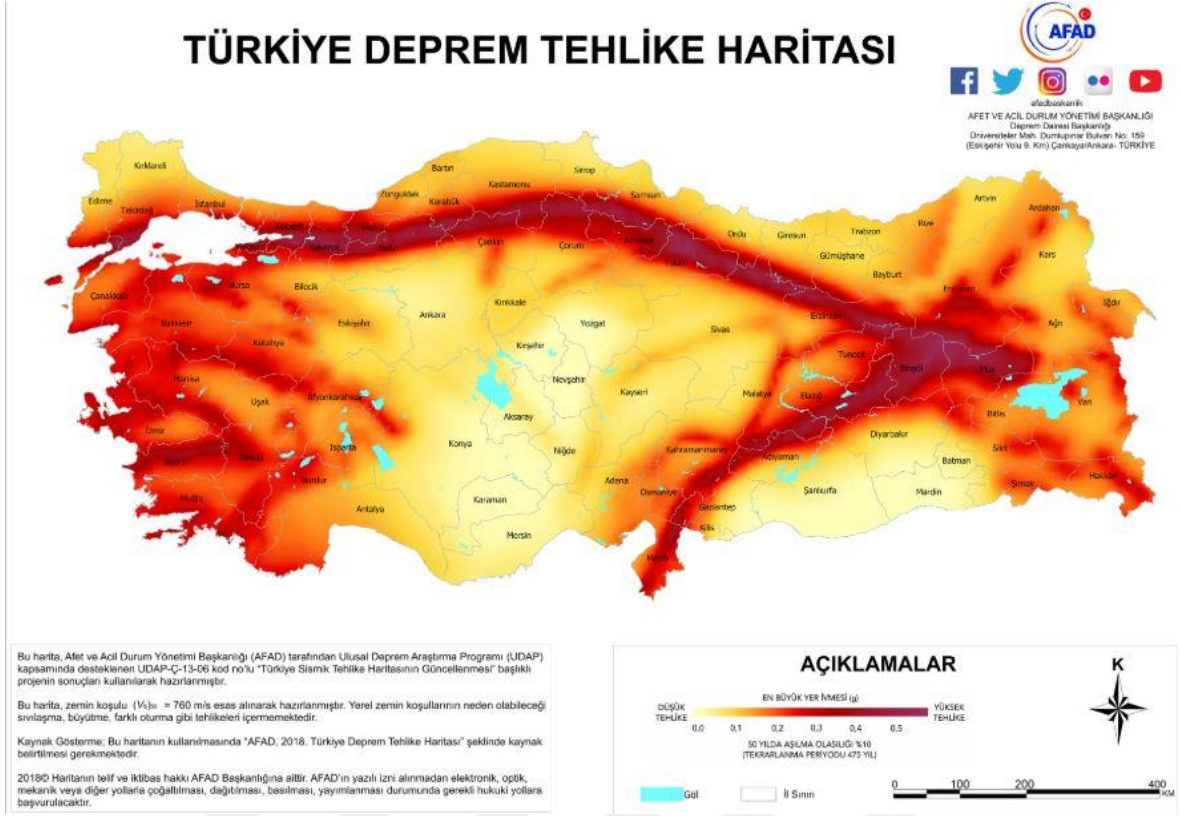
Borçka ilçesi 4. Derece deprem bölgesidir. Depremsellik analizi ile ortalama yer ivmesi (g) değeri 0,04 bulunmuştur. Bu durumda inceleme alanı lokal olarak 5. Derece deprem bölgesi olarak nitelendirilebilir.

3.2. Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi

3.2.1. Deprem Durumu

18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı resmi gazete yayımı ile 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’na göre Artvin İli, Borçka İlçesi yer ivmesi değerine göre düşük tehlike düzeyindedir (URL-3).

Artvin ilini etkileyen ve yıkıcı olmayan pek çok küçük depremlerde meydana gelmiştir.



Şekil 3.51. Artvin ili ve Borçka ilçesi Türkiye deprem bölgeleri haritasındaki yeri

3.2.2. Bölgenin Deprem Tehlikesi ve Risk Analizi

Artvin ili, Borçka ilçesi merkez olmak üzere çalışma alanı ve çevresinin depremsellik ve Poison Olasılık Dağılımı ile deprem tehlike analizi yapılmıştır. Bu amaçla; çalışma alanı **Enlemi:41.369047, Boylamı: 41.616252** merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde çalışma alanımızı kapsayan alanda sismik tehlikenin araştırılması için, bölgede 1900-2019 yılları arasında meydana gelmiş magnitüdü 4,5 ve daha büyük deprem verileri kullanılmıştır. Bu veriler; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü'ne ait internet adresinden Deprem Sorgulama Sistemi internet sitesinden alınmıştır (URL-4) (Şekil 3.52, (Şekil 3.53). Hesaplamalarda kullanılan depremlerle ilgili verilerde tarih, enlem (N), boylam (E), kaynak, odak derinliği ve büyüklük değerleri verilmiştir.

B.Ü. Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi

Koordinata göre **Dairesel arama** Sarsıntı türü **Hepsi** EN

Başlama **1900** **05** **17** Bitiş **2019** **05** **17** Tarih Aralığı
 Enlem **41.3690** Boylam **41.6162** Yarıçap **100**
 Büyüklük **4.5** ≤ M ≤ **9.0**
 Derinlik **0** ≤ d ≤ **500**

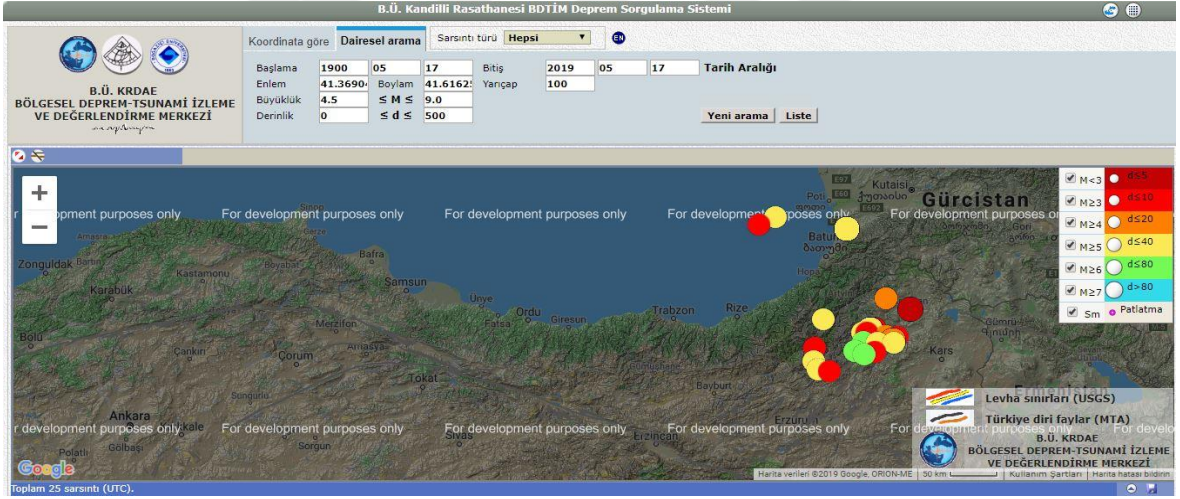
Yeni arama **Harita**

Kriterlere uygun sonuç bulunamadı.

No Deprem Kodu Olus tarihi Olus zamani Enlem Boylam Der(km) xM MD ML Mw Ms Mb Tip Yer

000001	19880629023200	1988.06.29	02:32:00.00	40.5800	41.4800	0035	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	DIKYAR-UZUNDERE (ERZURUM) [North West 5.8 km]
000002	19850920062940	1985.09.20	06:29:40.70	40.8200	42.5400	0010	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	CAKIRUZUM-GOLE (ARDAHAN) [North West 3.2 km]
000003	19841026150803	1984.10.26	15:08:03.10	40.5000	41.5400	0039	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	Ke	UZUNDERE (ERZURUM) [South West 3.7 km]
000004	19841021180426	1984.10.21	18:04:26.40	40.7600	42.2900	0021	4.7	0.0	0.0	3.9	4.7	Ke	UGURLU-SENKAYA (ERZURUM) [North East 0.9 km]	
000005	19841018094620	1984.10.18	09:46:20.70	40.7900	42.4800	0019	5.3	0.0	0.0	5.2	5.3	Ke	DOLUNAY-SENKAYA (ERZURUM) [South East 1.6 km]	
000006	19841017204505	1984.10.17	20:45:05.00	40.8300	42.4000	0020	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	GUNORTA-GOLE (ARDAHAN) [South 6.4 km]
000007	19841017141605	1984.10.17	14:16:05.20	40.7600	42.4900	0033	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	Ke	KOSKKOY-SENKAYA (ERZURUM) [North West 2.3 km]
000008	19840918132602	1984.09.18	13:26:02.20	40.9000	42.2400	0010	5.5	0.0	0.0	5.5	5.3	Ke	TASGECIT-OLUR (ERZURUM) [North West 0.7 km]	
000009	19840212045451	1984.02.12	04:54:51.10	40.6500	42.1200	0048	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	Ke	YOLBOYU-OLTU (ERZURUM) [West 2.3 km]
000010	19841017204505	1984.10.17	20:45:05.00	40.8300	42.4000	0020	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	GUNORTA-GOLE (ARDAHAN) [South 6.4 km]
000011	19831030044442	1983.10.30	04:44:42.80	40.8000	42.2000	0010	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	Ke	OLURDERE-OLUR (ERZURUM) [South East 3.2 km]
000012	197702180000858	1977.02.18	00:08:58.30	40.4800	41.6800	0010	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	Ke	BASBAGLAR-OLTU (ERZURUM) [North 1.4 km]
000013	19760421215805	1976.04.21	21:58:05.50	40.7700	42.1100	0043	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	YESILBAGLAR-OLUR (ERZURUM) [South West 0.9 km]
000014	19760420045719	1976.04.20	04:57:19.20	40.8600	42.1000	0037	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	OLGUN-OLUR (ERZURUM) [South West 1.5 km]
000015	19750112043946	1975.01.12	04:39:46.90	40.6800	42.0000	0047	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	Ke	YAYLACAYIR-OLTU (ERZURUM) [North East 3.3 km]
000016	19680525002926	1968.05.25	00:29:26.00	40.8600	42.1600	009.0	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6	Ke	ILIKAYNAK-OLUR (ERZURUM) [North East 1.8 km]
000017	19641220110604	1964.12.20	11:06:04.00	42.0000	41.0000	030.0	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6	Ke	GURCISTAN ACIKLARI (KARADENIZ)
000018	19630116120011	1963.01.16	12:02:01.70	41.2000	42.4000	020.0	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	4.5	Ke	DUZENLI-SAVSAT (ARTVIN) [South East 3.2 km]
000019	19630116120017	1963.01.16	12:00:17.00	41.2000	42.4000	020.0	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6	Ke	DUZENLI-SAVSAT (ARTVIN) [South East 3.2 km]
000020	19590520194919	1959.05.20	19:49:19.20	41.8900	41.9000	030.0	5.5	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2	Ke	GURCISTAN
000021	19531020053655	1953.10.20	05:36:55.50	41.9300	40.7900	010.0	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9	Ke	KARADENIZ
000022	19341102164150	1934.11.02	16:41:50.00	41.0000	41.6000	022.0	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8	Ke	BOYALI-YUSUFELI (ARTVIN) [North East 3.0 km]
000023	19250726025359	1925.07.26	02:53:59.40	40.7100	41.4900	010.0	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7	Ke	KILICKAYA-YUSUFELI (ARTVIN) [South East 1.0 km]
000024	19250208000001	1925.02.08	00:00:01.00	41.1000	42.7000	005.0	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0	5.5	Ke	ARDAHAN [South 1.4 km]
000025	19190108101253	1919.01.08	10:12:53.00	40.9000	42.2000	040.0	5.4	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1	Ke	EKINLIK-OLUR (ERZURUM) [North West 2.7 km]

Şekil 3.52. Borçka ilçesi 100 km yarıçaplı çevresi $M \geq 4,5$ depremleri listesi



Şekil 3.53. Borçka ilçesi 100 km yarıçaplı çevresi $M \geq 4,5$ depremleri harita gösterimi

Şekil 3.52 ve Şekil 3.53 incelendiğinde aletsel dönem içerisinde $4,5 \leq M \leq 5,9$ magnitüd aralığındaki depremlerin 25 adet olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki yapı stoğu itibariyle yıkıcı deprem eşliğinin $M=5,0$ olduğu kabulüyle, çalışma alanı ve çevresinde orta büyüklükte deprem sayısının çok az olmadığı görülmektedir. Bunun yanında $5,5 \leq M \leq 6,0$ magnitüd aralığındaki yıkım etkisi fazla olan depremlerin 3 tane olduğu görülmektedir ki şiddetli deprem olasılığından bahsedilebilir. Çalışma alanı için; $5,5 \leq M \leq 6,0$ magnitüd aralığındaki depremlerden, parametreler göz önüne alınarak; 20.05.1959 tarihinde hiposentr uzaklığı 30 km, çalışma alanına uzaklığı yaklaşık 60 km olan $M=5,5$ Gürcistan depremi olmuş olan en

etkili deprem olarak belirlenmiştir. Bu durum incelendiğinde bu bölgede yapılacak olan yapıların “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik*” hükümlerine uygun olarak yapılmalıdır.

3.2.3. Artvin İli Borçka İlçesi ve Çevresi Magnitüd – Frekans İlişkisi

Çalışmanın bu bölümündeki matematiksel hesaplamalar ve en küçük kareler yönteminin kullanıldığı risk analizi çalışmasında magnitüd-frekans ilişkisini gösterir lineer eğri; İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümü Yer Fiziği Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ferhat ÖZÇEP tarafından Microsoft Excel tabanlı ‘Zemin Jeofizik Analiz©’ programının ‘Deprem Tehlike Analizi’ alt başlığı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma Alanının Deprem Riski

Magnitüd–frekans ilişkisinin belirlenmesi için a ve b parametrelerinin hesaplanmasında En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) kullanılmıştır. Hesaplamalar için 1900-2017 yılları arasında bölgede oluşmuş magnitüdü 4.5 ve daha büyük depremler taranmıştır.

0.1 birim magnitüd aralıkları ile sıralanan depremlerin oluş sayıları ve normal frekans değerleri çizelge halinde sunulmuştur (Tablo 3.21). Bu çizelgelerdeki değerler kullanılarak, EKKY ile $M - \log N$ ilişkisinden a ve b katsayıları bulunmuştur (Şekil 3.53).

Tablo 3.21. 0,1 birim magnitüd aralıkları ile sınırlanan depremlerin oluş sayıları ve normal frekans değerleri.

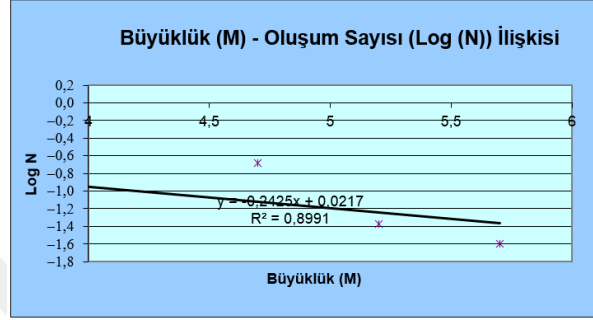
PROBABLİSTİK DEPREM TEHLİKE ANALİZİ		Bu program Poisson olasılık dağılımını kullanarak Deprem Risk Analizi yapar. Hazırlayan: Dr.Ferhat Özcep İ.Ü. Müh.Fak. Jeofizik Müh. Böl.					
YIL		119					
Poison Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi		Proje alanı çevresinde 100 kmlik bir yarıçap içinde kalan depremleri alınız !					
Regresyon için Veri Sayısı		3					
Büyüklik (M) Aralıkları		4.5 ≤ M < 5.0	5.0 ≤ M < 5.5	5.5 ≤ M < 6.0	6.0 ≤ M < 6.5	6.5 ≤ M < 7.0	7.0 ≤ M < 7.5
Ni (Oluşum Sayıları)		20	2	3			
Ortalama Büyüklük(M) yada (Xi)		4,7	5,2	5,7	0	0	0
ΣNi (Kümülatif Oluş Sayıları)		25	5	3	0	0	0
ΣNi/t		0,210084034	0,042016807	0,025210084	0	0	0
Log ΣNi/t yada (Yi)		-0,677606953	-1,376576957	-1,598425707	0	0	0
ΣXi		15,6000000					
ΣYi		-3,6526096					
ΣXi ²		81,6200000					
ΣXiYi		-19,4539794					
(Σxi) ²		243,3600000					
a		3,570720982					
b		-0,920818754					
Log (N) = a - b* M							

Dr. Ferhat Özcep

Linear Fit: $y=a+bx$

Coefficient Data: Deprem tehlikesi parametreleri

$$\text{Log (N)} = a - b * M$$



Şekil 3.53. $\Delta M=0.1$ için magnitüd – frekans ilişkisi

1900 – 2019 yılları arasında meydana gelmiş, magnitüdü 4,5 – 8,0 arasında olan depremlerin % olarak analizleri yer almaktadır (Tablo 3.22.).

Tablo 3.22. Sismik tehlike değerleri ve bunların dönüş periyotları.

Poisson Olasılık Dağılımı		Rm = 1 - e-(N(M) * D)				Ortalama
N(M)	Büyüklik (M)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	Tekrarlama Periyodu (Yıl)
0,271893	4,5	93,4	100,0	100,0	100,0	4
0,094186	5	61,0	99,1	99,9	100,0	11
0,032627	5,5	27,8	80,4	91,3	96,2	31
0,011302	6	10,7	43,2	57,2	67,7	88
0,003915	6,5	3,8	17,8	25,4	32,4	255
0,001356	7	1,3	6,6	9,7	12,7	737
0,000470	7,5	0,5	2,3	3,5	4,6	2128

D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyüklik)
50	80	5,5

Δ , Episantral Uzaklık (km)	H, odak Derinliği (km)
60	30

İvme (g)	Donavan(1973c)	Oliviera (1974)	Joyner ve Boore (1981)	Campbell (1997)	Ortalama	Tehlike Düzeyi
	0,04	0,01	0,05	0,04	0,04	Düşük Tehlike

Görüldüğü üzere; çalışma alanında büyüklüğü 5,0 olan bir depremin dönüş periyodu 11 yıl ve 5,5 büyüklüğündeki bir depremin dönüş periyodu 31 yıl olarak görülmektedir. Bu

analiz sonucunda bölgenin sismik aktivitesinin ortanın üzerinde olduğu dönüş periyotlarının kısa aralıklı olması ile net olarak görülmektedir.

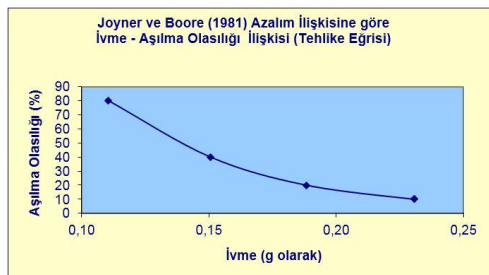
Artvin İli, Borçka İlçesi Deprem Tekrarlama Periyotları ve İvme Değeri

Depreme dayanıklı yapı ve tesislerin uygun şekilde tasarlanması için bu yapıların maruz kalacakları yer sarsıntısı düzeyinin hesaplanması gerekir. Bir bölgedeki deprem tehlikesini ve buna bağlı olarak da deprem riskini gösteren en önemli unsurlardan biri, yer hareketi ivmesi olarak tanımlanan deprem etkisidir. Magnitüd, bir depremin büyüklüğünü tanımlamak için geçerli bir ölçü olmakla birlikte bir bölgede deprem tehlikesinin belirlenmesinde ve o bölgede depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde tek başına yeterli değildir. Bu nedenle bir depremin yeryüzünün herhangi bir noktasında yaratacağı en büyük ivme değerini veren zemin hareketi azalım ilişkilerine gerek vardır.

Bu bilgiler ışığında 119 yıllık zaman aralığında, çalışma alanı ve çevresinde oluşmuş orta ve büyük ölçekli depremler nokta kaynak ve yine saha çevresindeki aktif kırıklar çizgisel kaynak gibi düşünülerek, bu depremlerin çalışma alanında meydana getirebilecekleri pik ivmeler çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen, dünyanın birçok yerinden alınmış kayıtlar kullanılarak geliştirilmiş olan azalım ilişkileri yardımıyla çalışma alanında oluşturabileceği düşünülen pik yatay yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.23).

Tablo 3.23. Borçka ilçesi çalışma alanı ivme değerleri ve aşılma olasılığı

Yukardaki D (yıl) ve % olarak aşılma oranı için ivme değerleri	D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyüklük)	Dr. Ferhat Özcep		
	50	80	5,5			
	Δ, Episantral Uzaklık (km)	H, odak Derinliği (km)	Ayrıntılı analiz için İvme azalım ilişkileri bölümü için tıklayınız !			
	60	30				
İvme (g)	Donavan(1973c)	Oliviera (1974)	Joyner ve Boore (1981)	Campbell (1997)	Ortalama	Tehlike Düzeyi
	0,04	0,01	0,05	0,04	0,04	Düşük Tehlike



European Seismological Commission'a (ESC) Göre	
Tehlike Düzeyi	İvme Değeri
Düşük Tehlike	< 0,08g
Orta Tehlike	0,08g - 0,24g
Yüksek Tehlike	> 0,24g

Yukarıda hesaplanan ivme değerlerinin ortalaması $0,04 g$ olup “*düşük tehlike*” düzeyinde kabul edilmektedir. Normal bir yapı 50 yıllık ekonomik ömrü içinde % 80 ihtimal ile yukarıda hesaplanan ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir. Ekonomik ömrü daha uzun ya da 50 yıllık ömrü içinde proje ivmelerinin aşılp aşılmayacağı kontrolü amaçlı veya önemli yapılar için karşılaşılabilecek en büyük ivme değerlerinin ayrıca hesaplanması gereklidir.



BÖLÜM IV

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanı Artvin ili, Hopa – Borçka devlet yolu cankurtaran tüneli çıkışı ile Borçka arası 13+496,32 - 24+319,21 kilometrelerinde 9 hat boyunca Sismik tomografi - 2 boyutlu MASW ve 26 ayrı noktada mikrotremör ölçümleri alınmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda;

1.profilin bulunduğu güzergahta ~4 m kalınlığında dolgu malzemesi olduğu tespit edilmiştir.

4.profilin bulunduğu güzergahta zeminin çok ayrılmış kayaç, ayrılmış kayaç ve masif kaya ar dalanması olduğu görülmektedir.

5.profilin bulunduğu güzergahta zemin kumlu çakıllı birimlerden oluşmaktadır ve dere yatağında bulunmaktadır.

6.profilin bulunduğu güzergahta zeminin çok ayrılmış kayaç, ayrılmış kayaç ve masif kaya ar dalanması olduğu görülmektedir.

8.profilin bulunduğu güzergahta ölçüm alınırken yer yer akmların ve küçük çaplı toprak kaymalarının olduğu gözlenmiştir. Ortalama 6 m derinlik kayma dairesi olarak nitelendirilebilir.

9.profilin bulunduğu güzergahta zeminin orta sıkı kum, çakıl ve çok ayrılmış kayaç ar dalanması olduğu görülmektedir.

10.profilin bulunduğu güzergahta zeminin orta sıkı kum, çakıl ve çok ayrılmış kayaç ar dalanması olduğu görülmektedir.

11.profilin bulunduğu güzergahta zeminin orta sıkı kum, çakıl, çok ayrılmış kayaç ve ayrılmış kayaç ar dalanması olduğu görülmektedir.

12.profilin bulunduğu güzergahta zeminin orta sıkı kum, çakıl ve çok katı kum, çakıl ar dalanması olduğu görülmektedir.

Yapılması planlanan yapıların olası bir rezonans olayına maruz kalmaması için Mikrotremör çalışmalarından elde edilen değerlerin hesaplamalarda mutlaka kullanılması ve hesaplanan dinamik ve elastik parametreler dikkate alınarak gerekli tedbirlerin alınarak yapı inşa edilmesi önerilmektedir.

5. profilin bulunduğu güzergaha yapılacak yapılar için hesaplanan dinamik elastik parametreler dikkate alınmalı ve gerekli tedbirler alınarak yapı inşa edilmesi önerilmektedir.

8. profilin bulunduğu güzergahta yapılacak yapıların ortalama 6 m derinlik kayma dairesine ve hesaplanan dinamik ve elastik parametreler dikkate alınarak gerekli tedbirlerin alınarak yapı inşa edilmesi önerilmektedir.



5. KAYNAKLAR

- Alptekin, Ö., Öncel, A. O., Yörük, A., En Büyük Olasılık Yöntemi ile Kuzey Anadolu Fay Zonunun Deprem Riskinin Belirlenmesi, Jeofizik Mühendisleri Odası Teknik Bülteni, Ankara, 1992.
- Bilgin, N., İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1989.
- Çamlıbel, N., Yüzeysel Yapı Temelleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- Çaylak, Ç., Sarı, C., Yörük, A., Çok Kanallı Yüzeysel Dalgası Kullanılarak Yüzeysel Yakın Yapıların Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, Ankara, 2008.
- Dikmen, Ü., 2016, Remi, 2DMASW ve SPAC Kurs Notları, TBMM Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- American Bureau of Reclamation, Design Of Small Dams, A Water Resources Technical Publication, 1988
- Imai, T. And Yoshimura M., P and S Wave velocities in Subsurface of Ground in Japan, OYO Corp, 1976.
- Katz, L.J., Microtremor Analysis of Local Geological Conditions, Bulletin of the Seismological Society of America, 1976.
- Keçeli, A., Jeofizik, Jeoloji, Jeoteknik, Maden Mühendislerine Uygulamalı Jeofizik, TBMM Jeofizik Mühendisleri Odası, 2009.
- Ketin, İ., Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, 1966.
- Nakamura, Y., A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground Surface, 1989.
- Okada, K., 2003, Passive seismic methods using the microtremor
- Özçep, F., Zemin Jeofizik Analiz Programı
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999a. Multi-channel analysis of surface waves (MASW). Geophysics, 64, 800-808.
- Tabban, A., 1969. Türkiye'nin Sismisitesi, T.C. İmar ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı
- Tandoğan, N., Doğu Kara-deniz Bölgesinin Deprem Riski, 1999.
- Toksöz, M. N., Lacoss, R., 1968, Microseisms: Mode Structure and Sources

T.C. Resmi Gazete, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 26511 Sayı, 03/05/2007 Tarih

Telford, W., Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, 1976.

Xia, J., Miller, R.D., Park, C.B., Hunter, J.A., and Harris, J. B., 1999. Evaluation of the MASW technique in unconsolidated moduli and thicknesses of pavement systems. Transportation Research Record, 930, 38-45.

Miller, R.D., Xia, J., and Park, C.B., 1999. Using MASW to map bedrock in Olathe, Kansas. Open-file Report-Kansas Survey 99-9.

Yıldırım, S., Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı, Birsen Yayınevi, 2009.

URL-1, www.mta.gov.tr

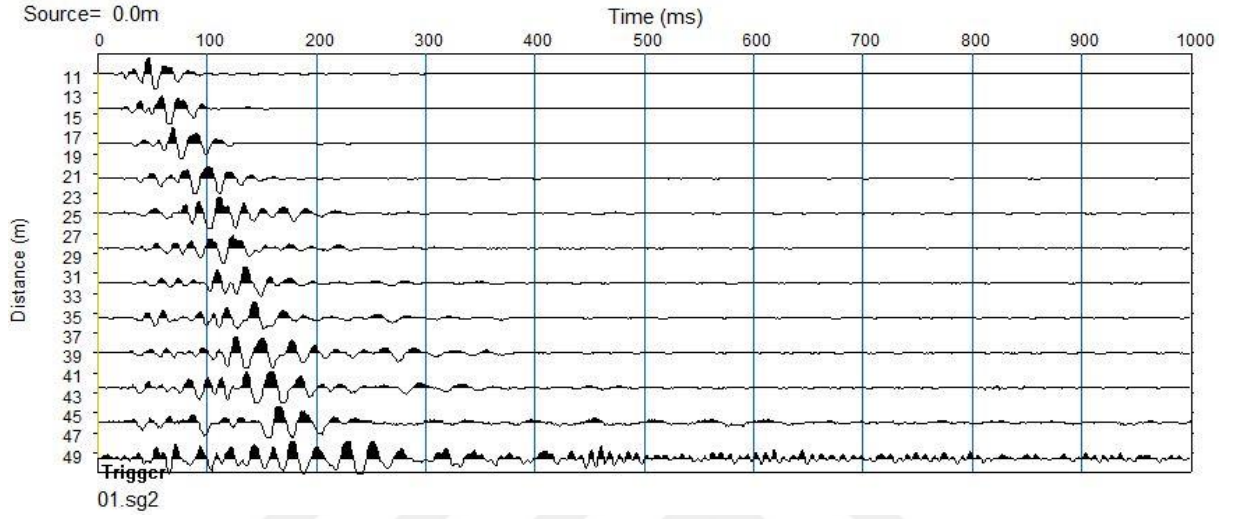
URL-2, www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/Sismik.Dalga

URL-3, www.deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi

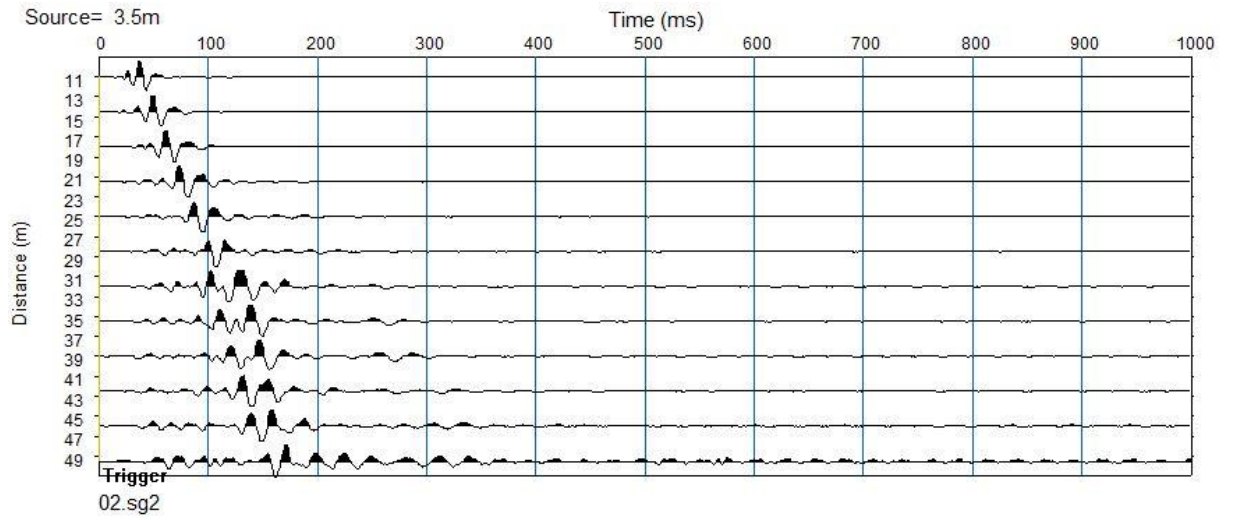
URL-4, <http://udim.koeri.boun.edu.tr/zeqdb/>

6. EKLER

EK 1. MASW-1 İçin Sismik İzler

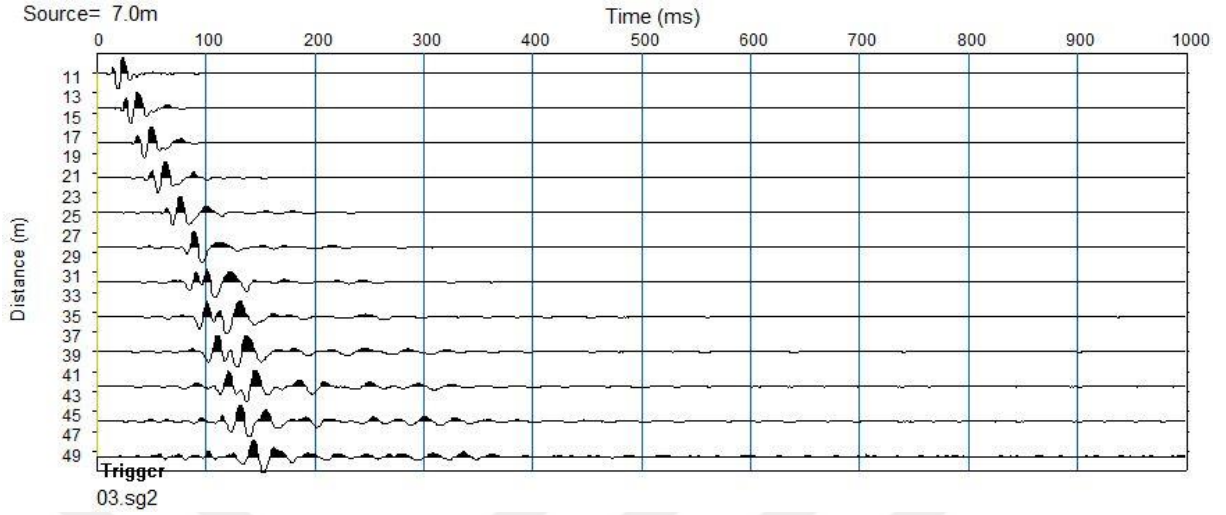


10.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

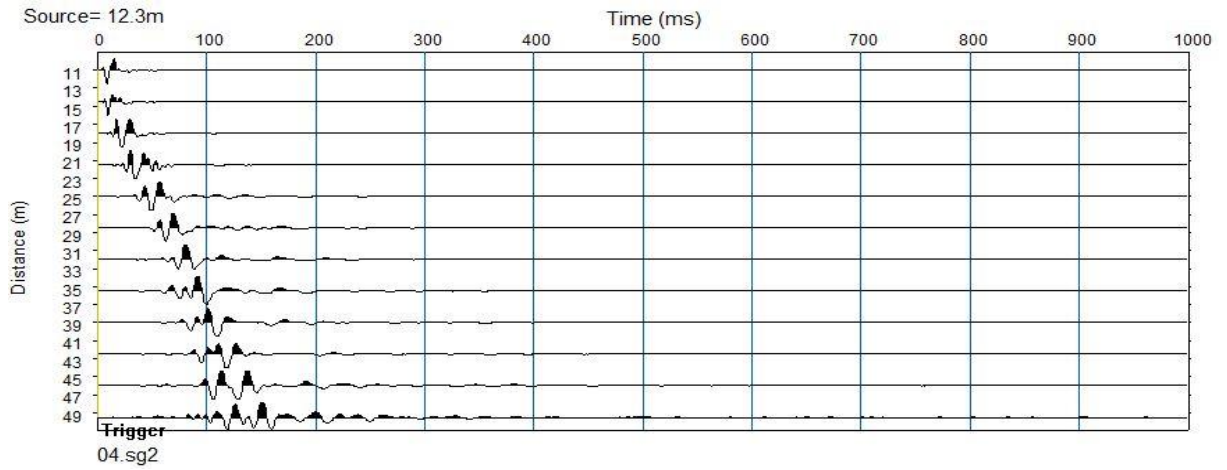


7 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

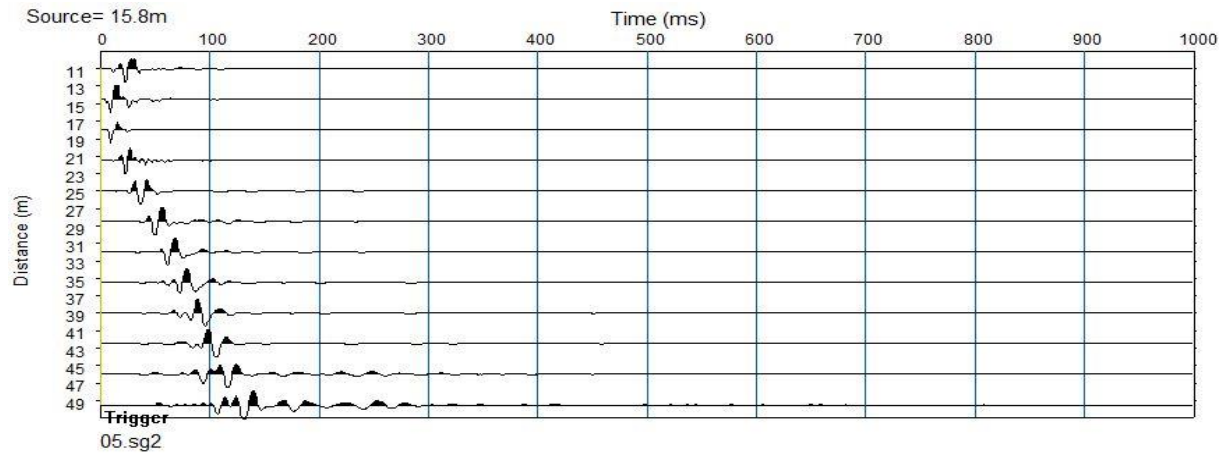
EK 1. Devamı



3.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

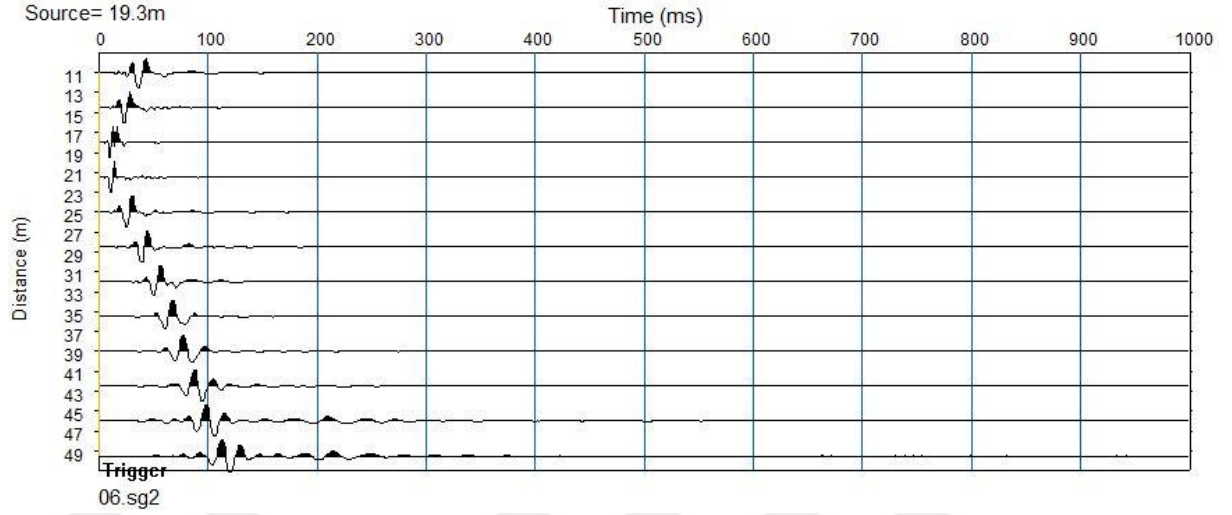


Kaynak noktası 12.25 m'de P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

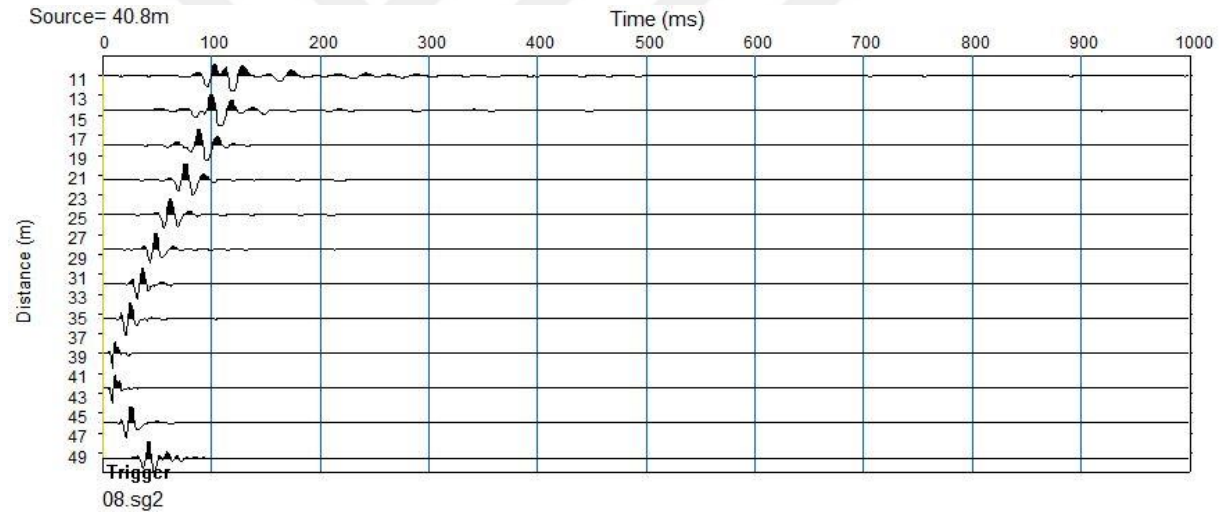


Kaynak noktası 15.75 m'de P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

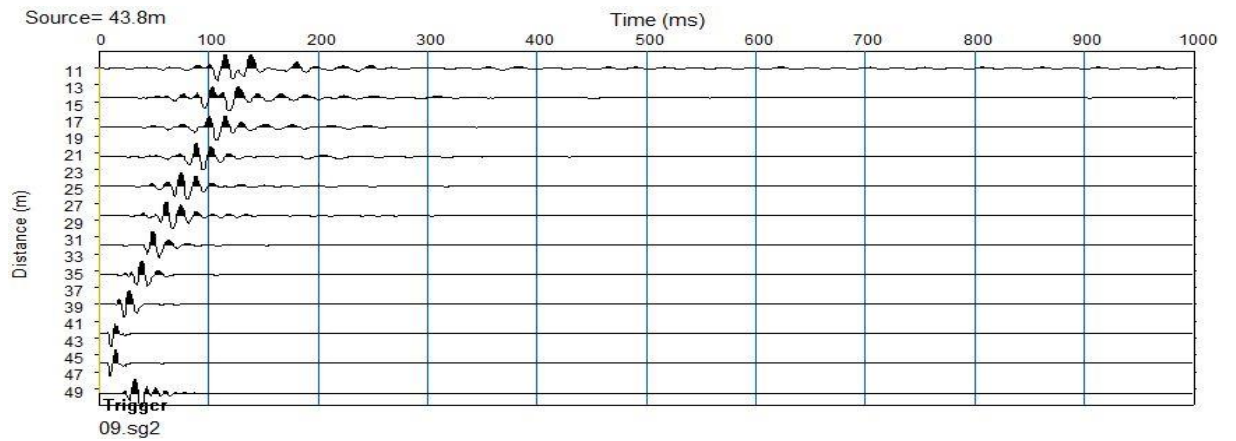
EK 1. Devamı



Kaynak noktası 19.25 m'de P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

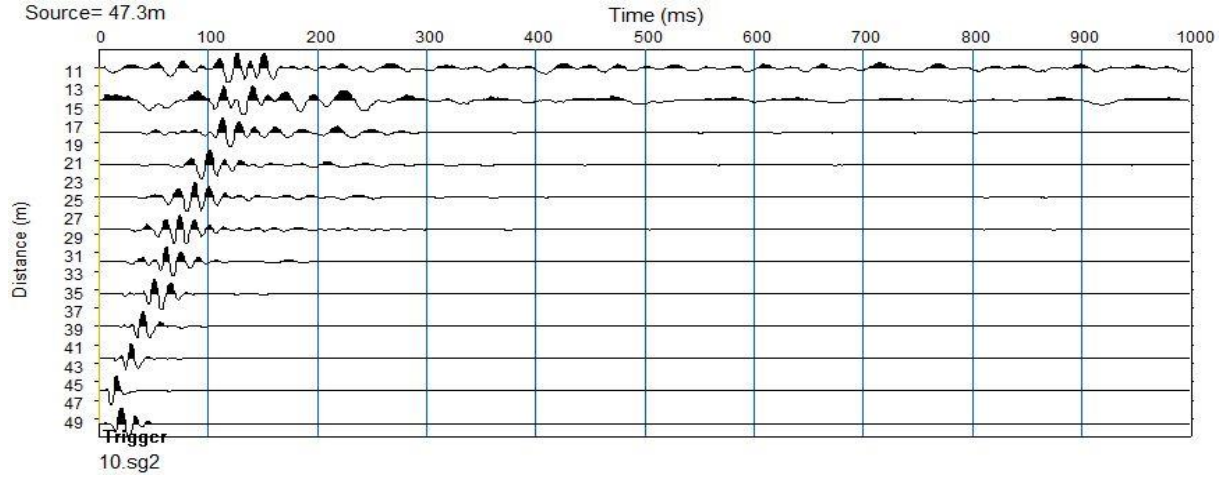


Kaynak noktası 19.25 m'de P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

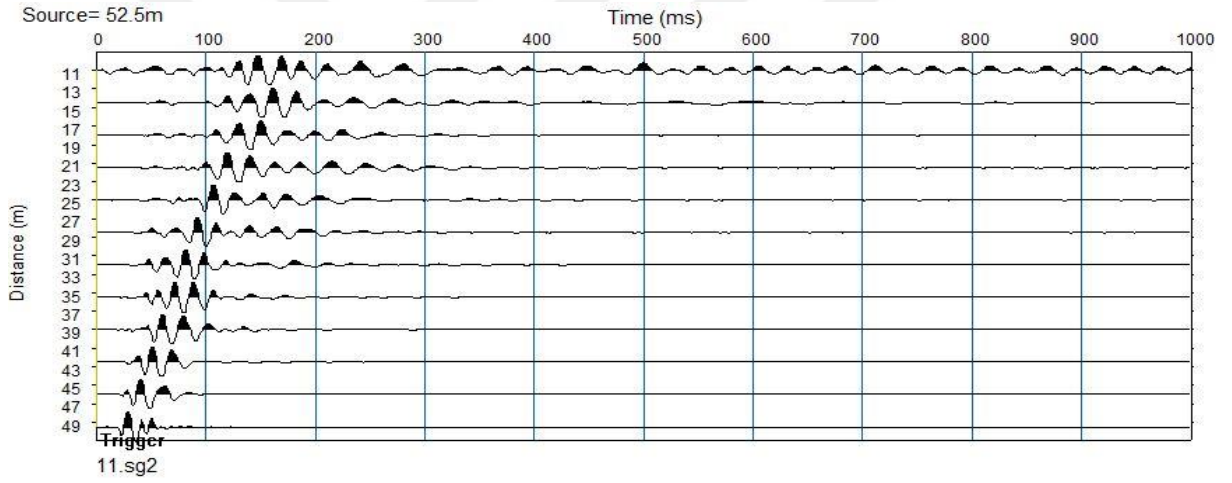


Kaynak noktası 15.75 m'de P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

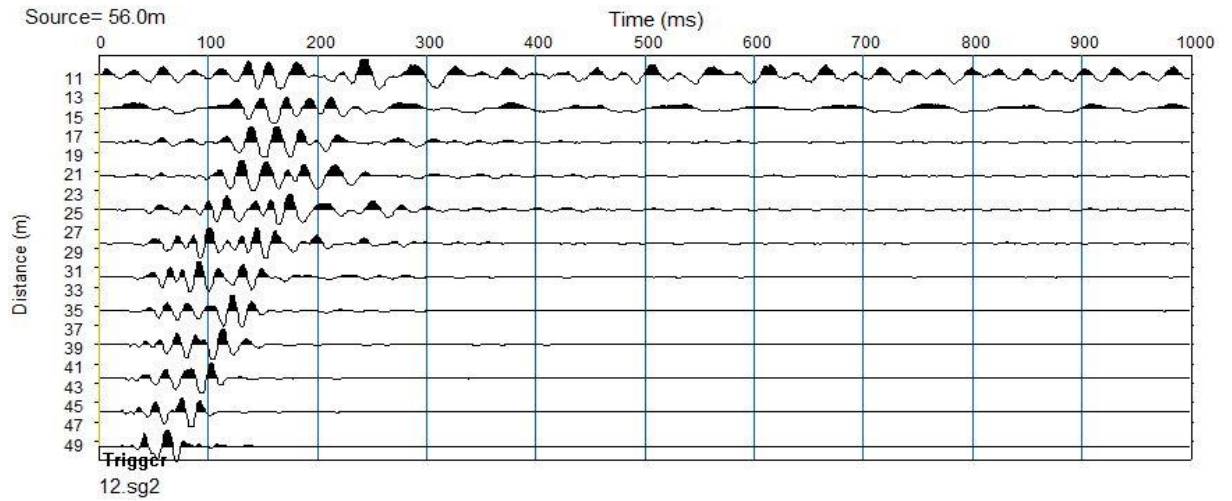
EK 1. Devamı



Kaynak noktası 12.25 m'de P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

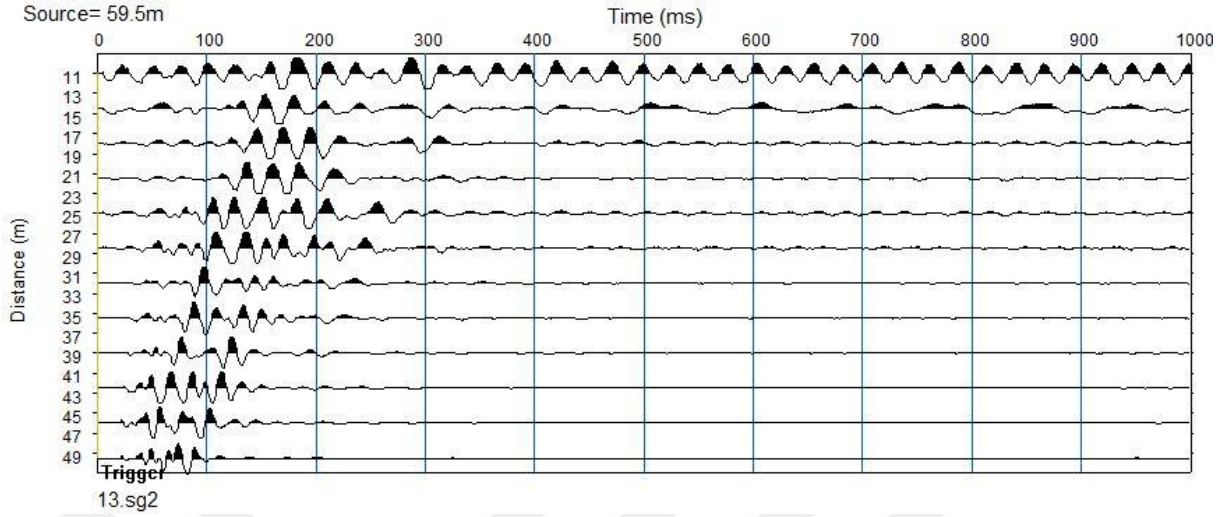


3.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

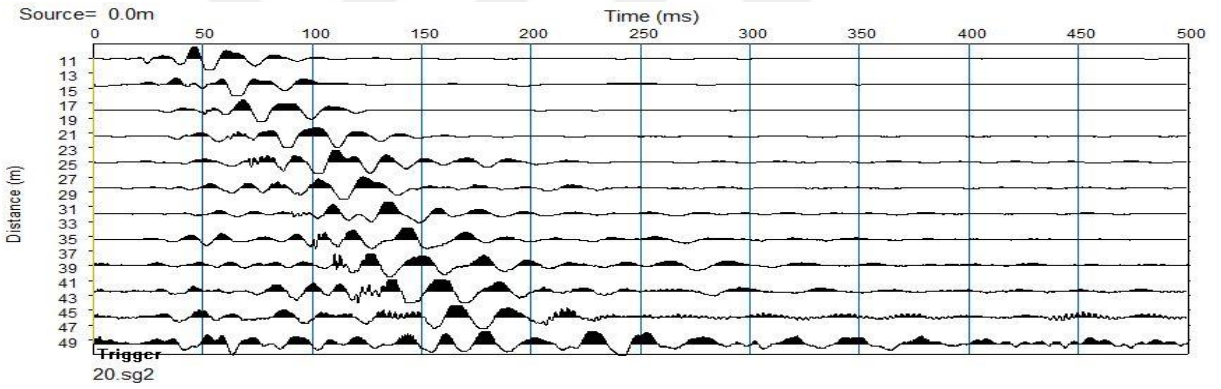


7 m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

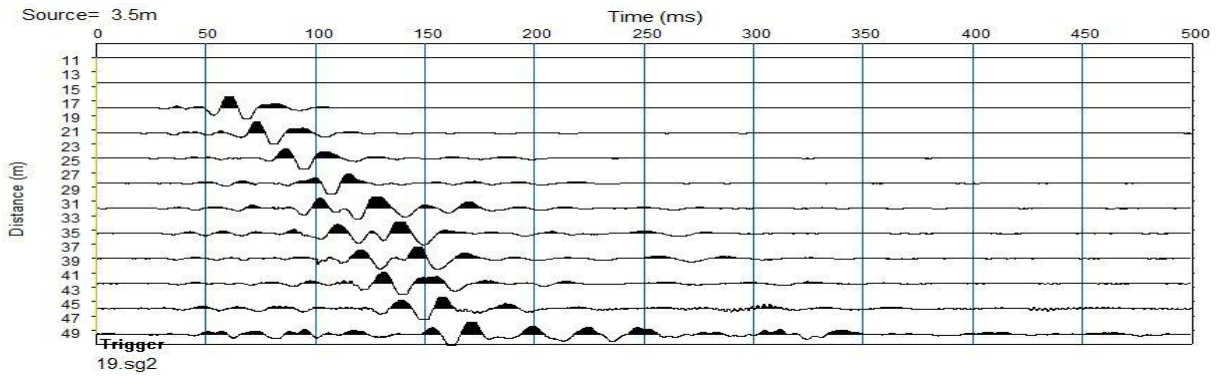
EK 1. Devamı



10.5m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz-MASW-1)

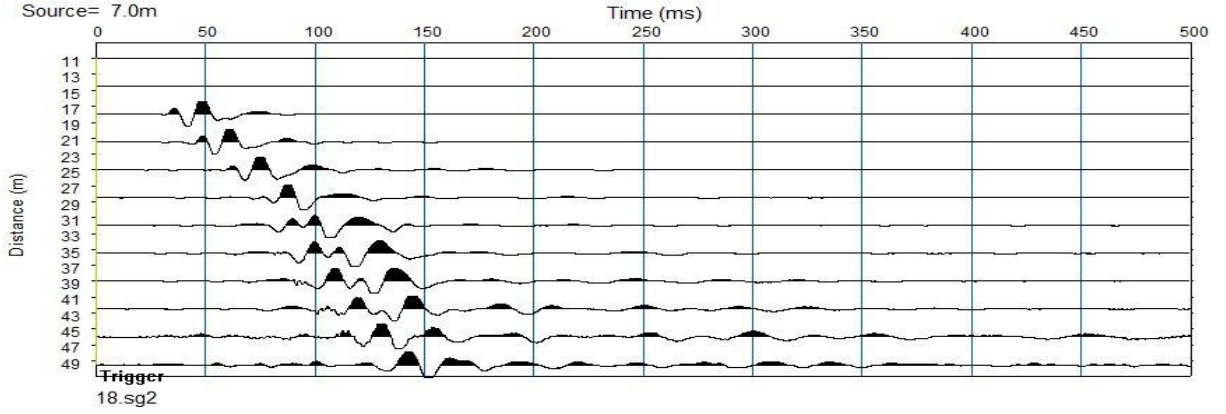


10.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz (P Jeofonu)-Sismik Kırılma-1)

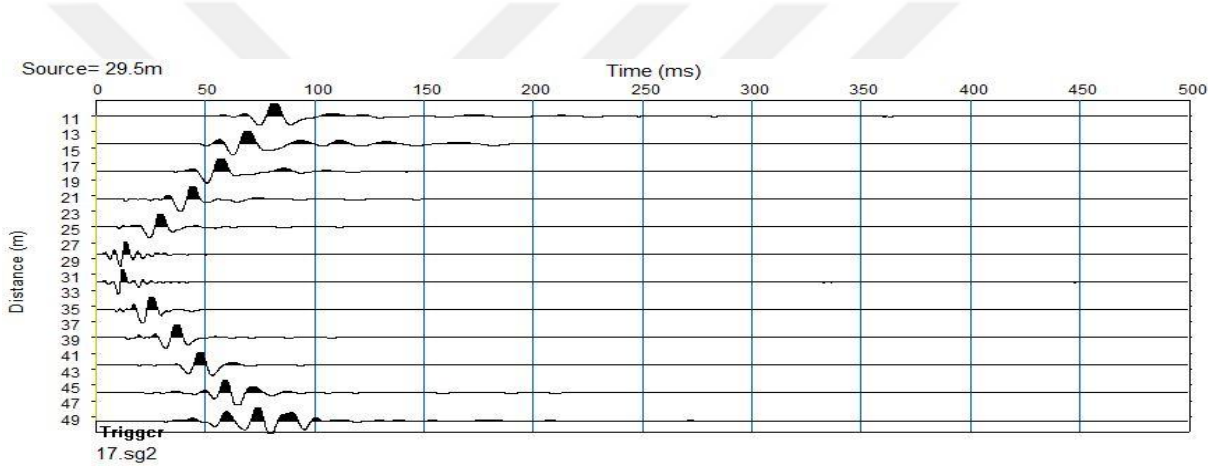


7 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz (P Jeofonu)-Sismik Kırılma-1)

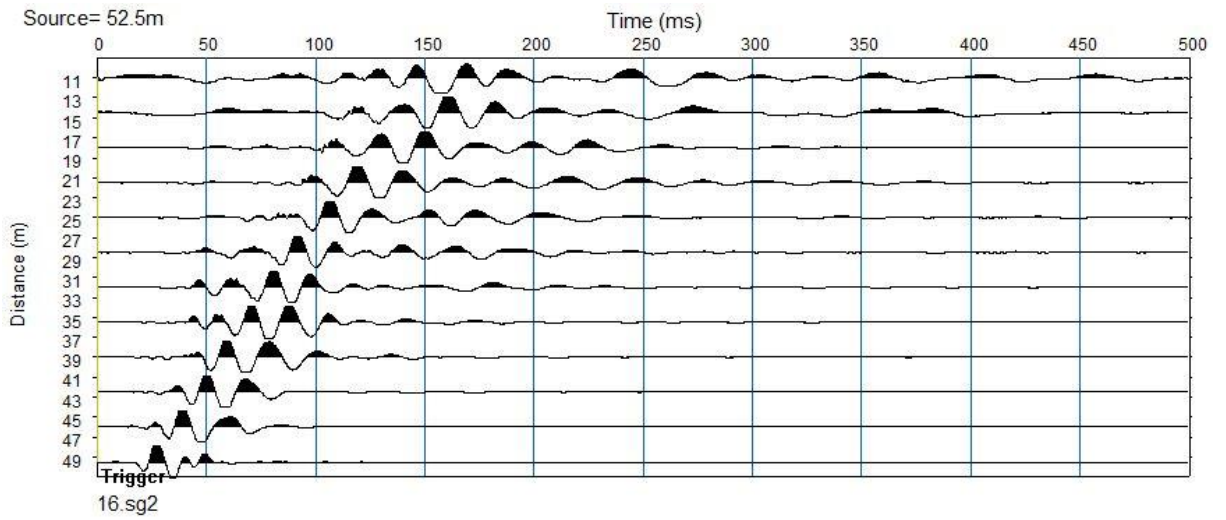
EK 1. Devamı



3.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Düz Atış Kaydı (4,5 Hz (P Jeofonu)-Sismik Kırılma-1)

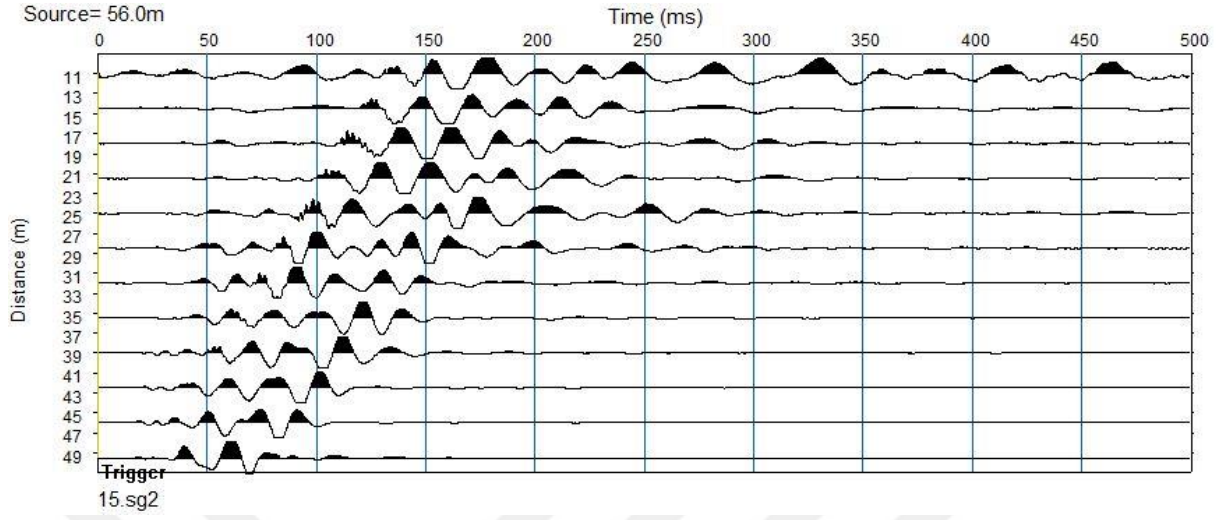


Kaynak noktası 29.5 m'de P-Dalgası Orta Atış Kaydı (4,5 Hz - Sismik Kırılma-1)

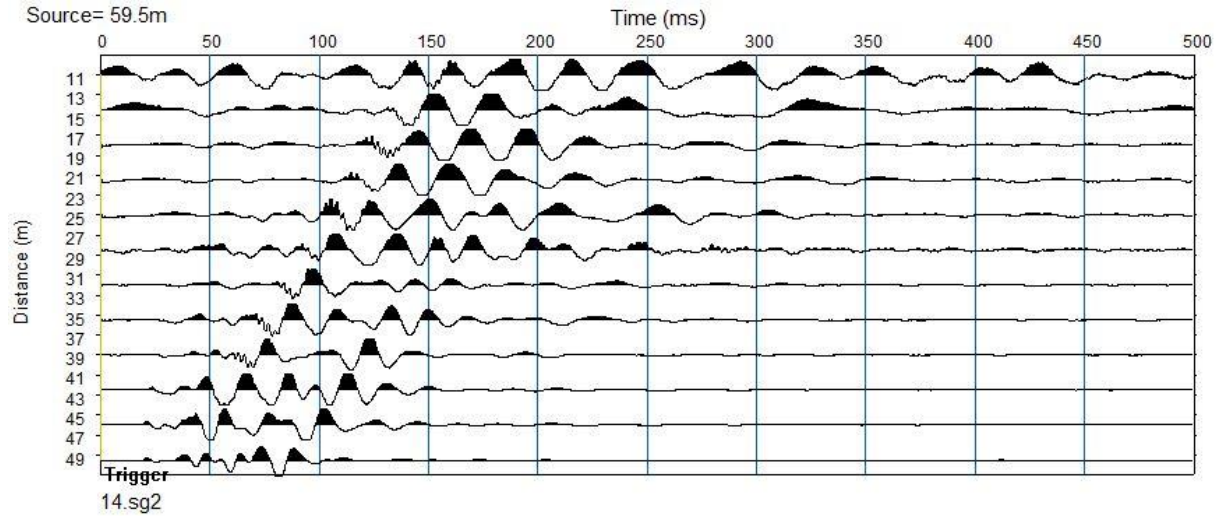


3.5 m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz - Sismik Kırılma-1)

EK 1. Devamı

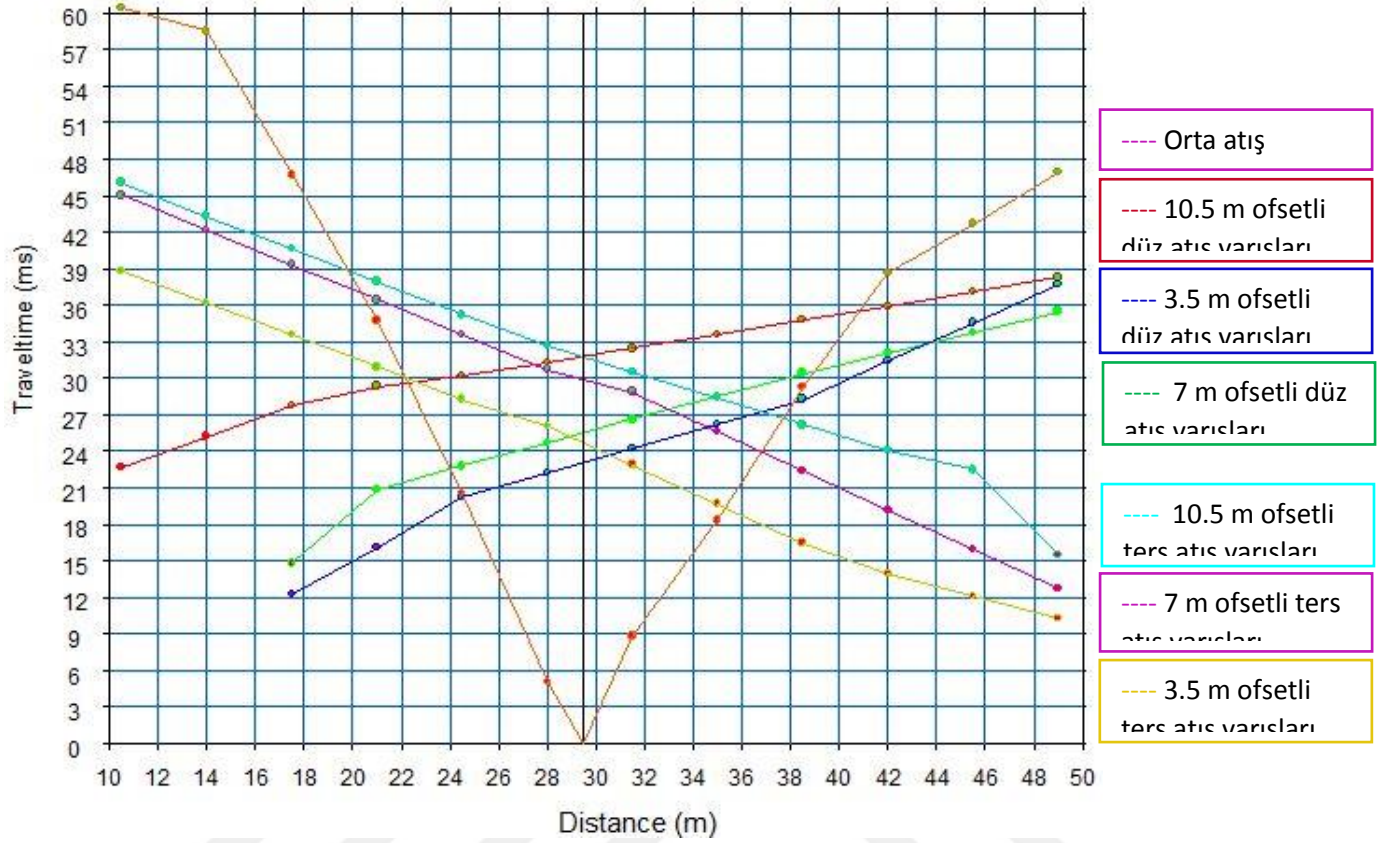


7 m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz - Sismik Kırılma-1)



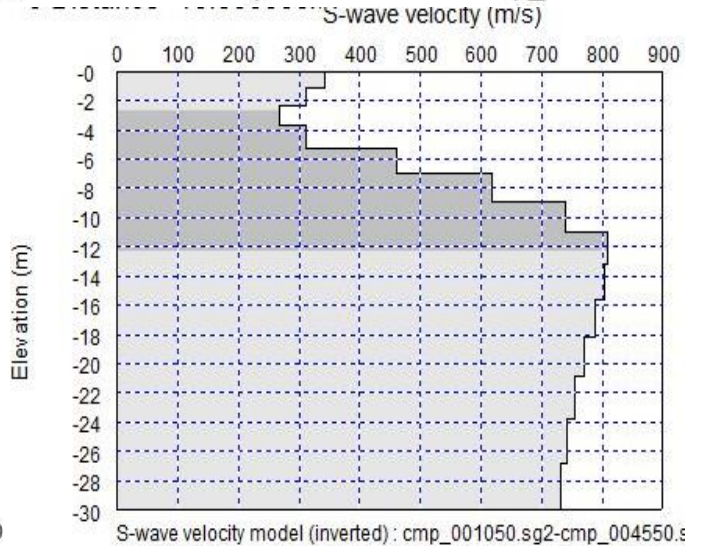
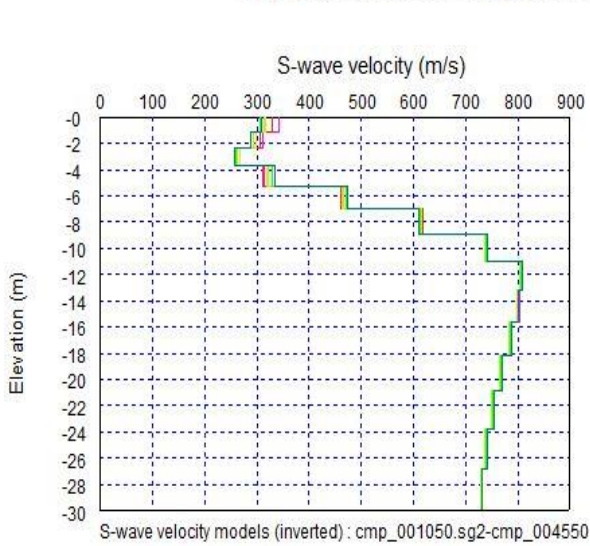
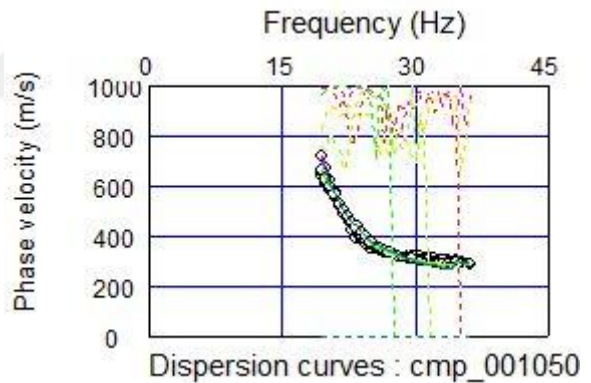
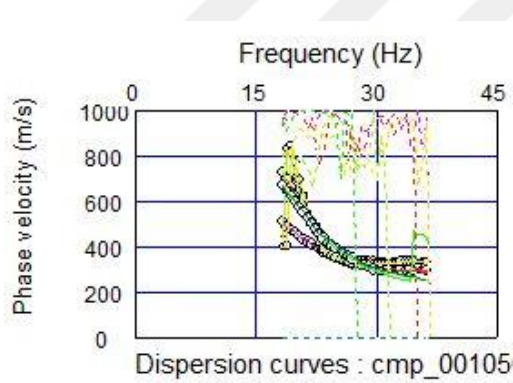
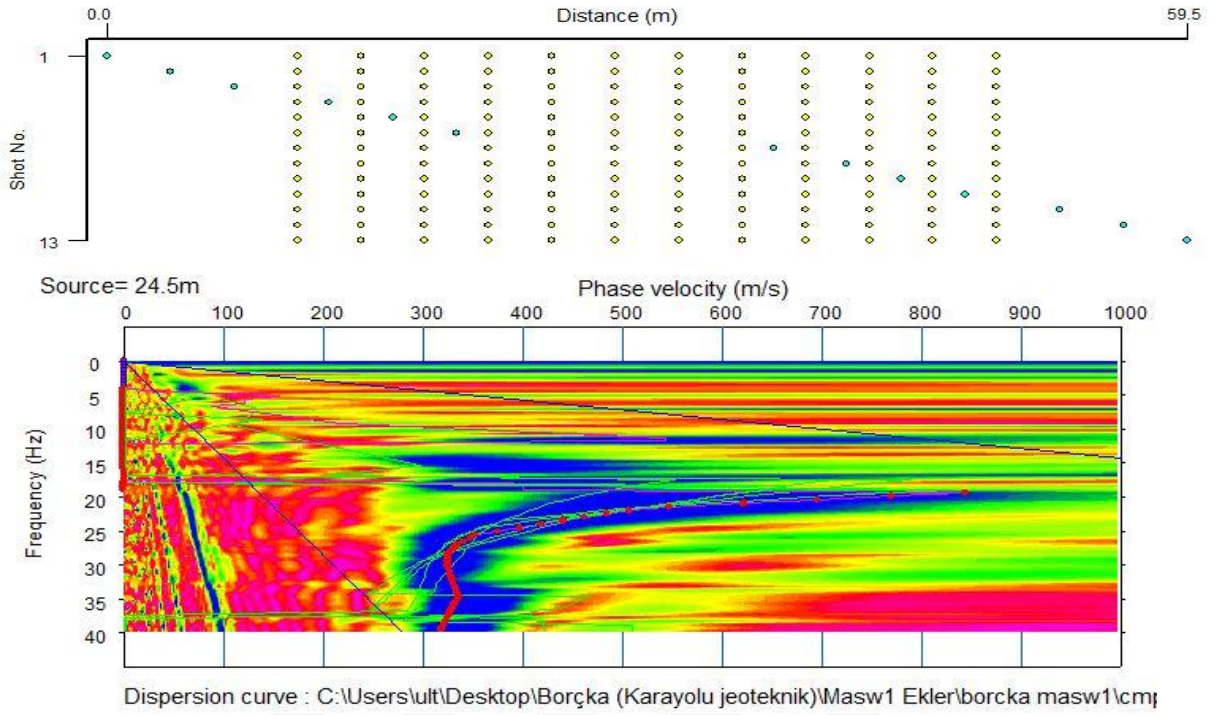
10 m kaynak aralıklı P-Dalgası Ters Atış Kaydı (4,5 Hz - Sismik Kırılma-1)

EK 2. MASW-1 için zaman-uzaklık (t-x) grafiği ve ilk varış zamanları

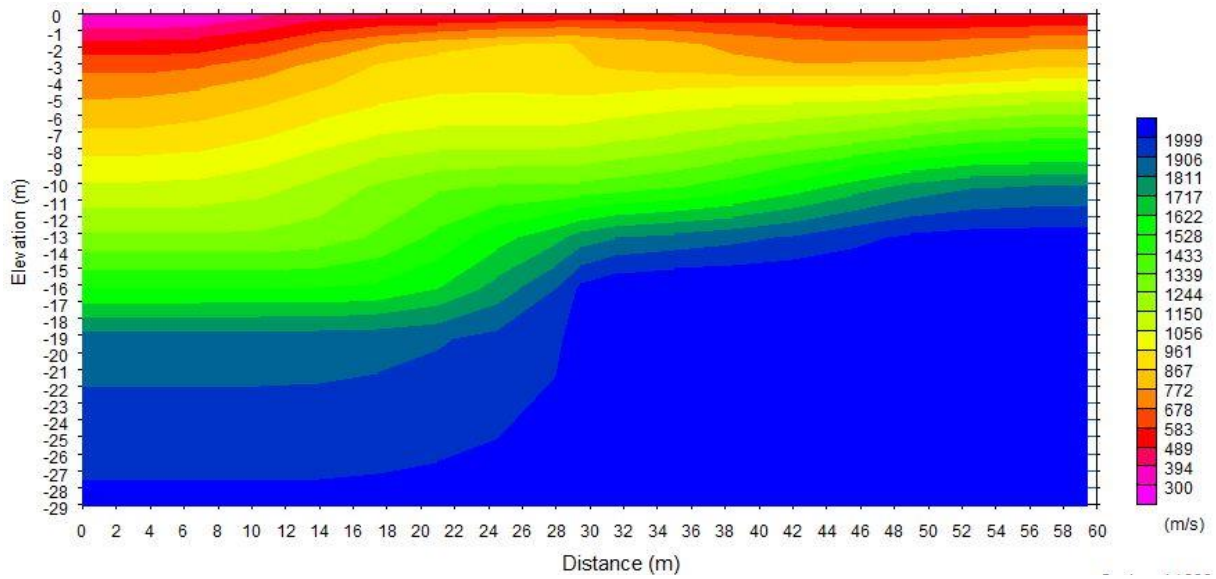
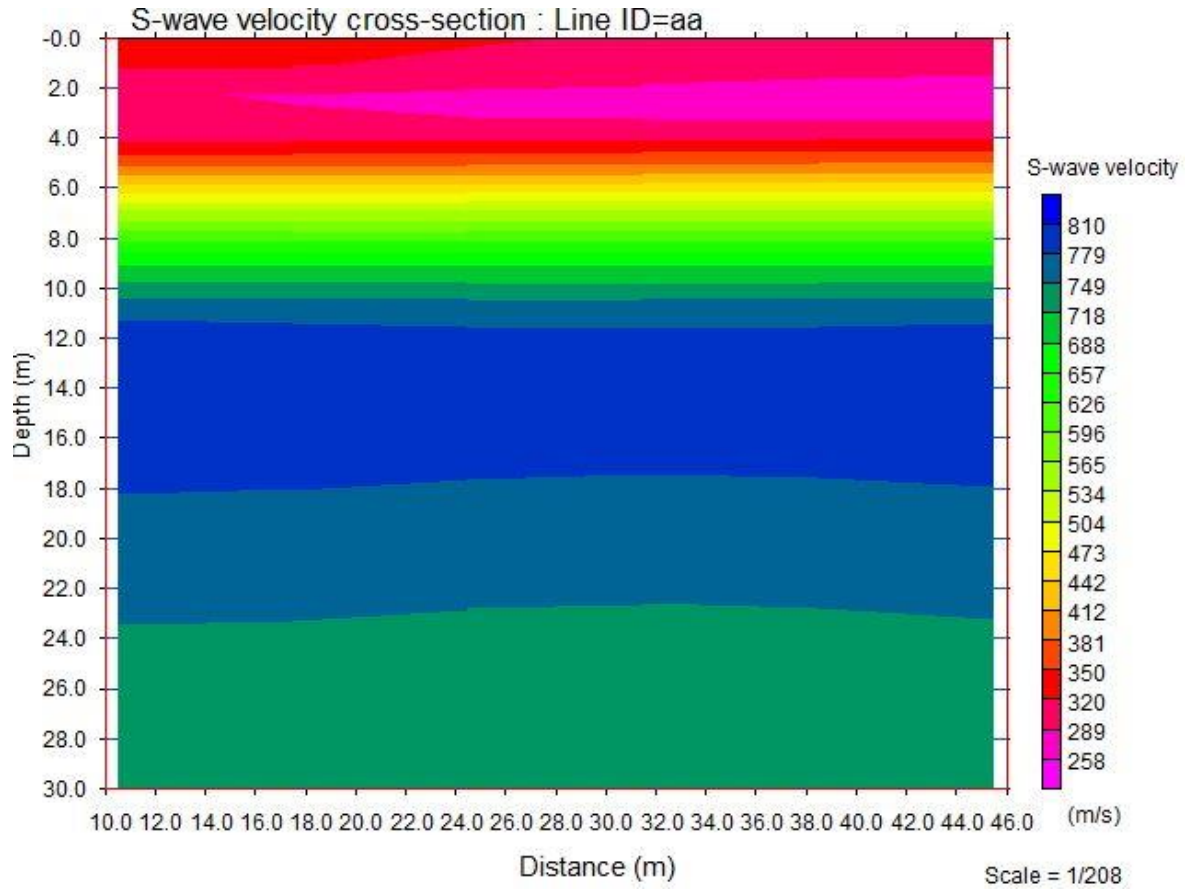


Jeofon No	Uzaklık (m)	Varış Zamanı (msn)						
		V _P Düz	V _P Ters	V _P Düz	V _P Ters	V _P Düz	V _P Ters	V _P Orta
1	10.5	22,72	46,05	-	45,05	-	38,87	60,39
2	14	25,24	43,34	-	42,19	-	36,21	58,52
3	17.5	27,76	40,64	14,84	39,32	12,29	33,57	46,72
4	21	29,38	37,93	20,87	36,46	16,11	30,92	34,71
5	24.5	30,17	35,22	22,78	33,60	20,29	28,27	20,54
6	28	31,29	32,71	24,69	30,74	22,27	26,12	5,07
7	31.5	32,45	30,55	26,61	28,88	24,24	22,91	8,79
8	35	33,62	28,38	28,53	25,65	26,22	19,70	18,35
9	38.5	34,78	26,21	30,44	22,42	28,28	16,48	29,28
10	42	35,94	24,04	32,05	19,19	31,45	13,98	38,68
11	45.5	37,10	22,51	33,05	15,95	34,61	12,12	42,71
12	49	38,26	15,48	35,51	12,73	37,76	10,27	46,98
Ofset (m)		10,5	10,5	7	7	3,5	3,5	

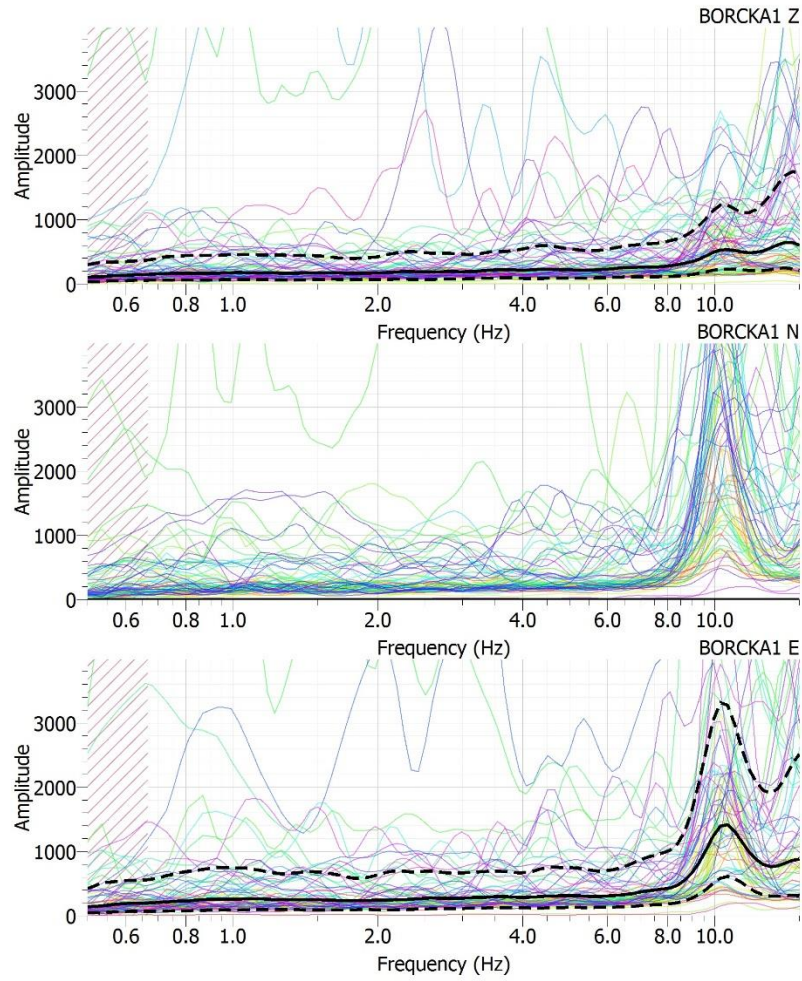
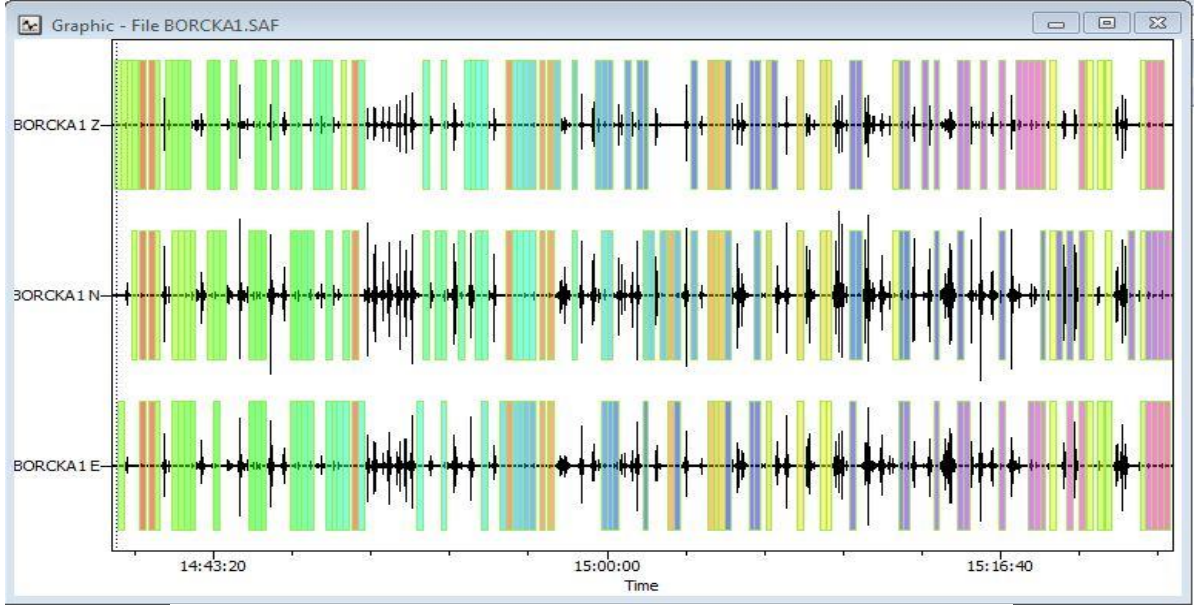
EK 3. MASW-1 için dispersiyon eğrisi, s dalga (bir boyutlu) hız modeli

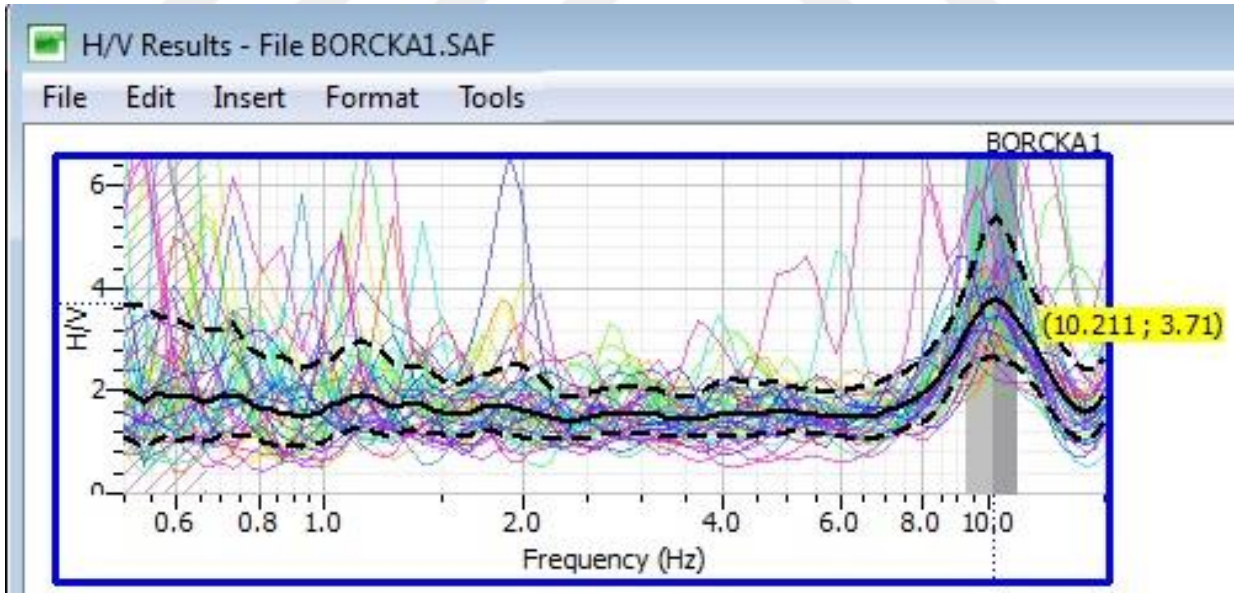
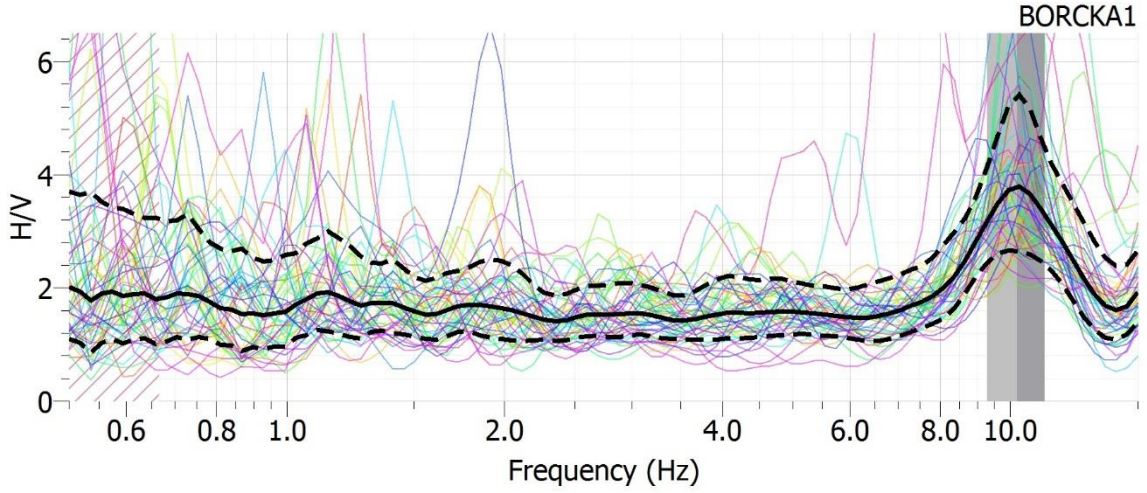


EK 4. MASW-1 için S dalga (iki boyutlu) hız modeli, P dalga hız modeli



EK 5. Mikrotremör-1 için mikrotremör-3 bileşenli spektrumu ve pencereleme



EK 6. Mikrotremör-1 için mikrotremör-zemin hâkim titreşim frekansı ve büyümesi


ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	1	BORCKA1	Vertical	18/09/2017 00:00:00	14:39:00	15:24:00	157	0,00636943	423900	00:45:00	0	0	0	Waveform
2	2	BORCKA1	North	18/09/2017 00:00:00	14:39:00	15:24:00	157	0,00636943	423900	00:45:00	0	0	0	Waveform
3	3	BORCKA1	East	18/09/2017 00:00:00	14:39:00	15:24:00	157	0,00636943	423900	00:45:00	0	0	0	Waveform

EK 7. Arazi Resimleri



EK 7. Arazi Resimleri devamı



ÖZGEÇMİŞ

06.10.1991'de Konya'da doğdu. İlköğretimini Ali İhsan Hayırlıoğlu İlköğretim Okulunda, liseyi Mevlana Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde bitirdi. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı. 2017-2018 yılları arasında Gencer Mühendislik Yer Bilimleri Mühendislik ve Danışmanlık Hizmetleri'nde çalıştı.