

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALÇOVA-MAVIŞEHİR VE GÜZELBAHÇE
(İZMİR) KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYON
ZEMİNLERİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Öznur ZORLU KÜLÇE

Aralık, 2010

İZMİR

**BALÇOVA-MAVİŞEHİR VE GÜZELBAHÇE
(İZMİR) KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYON
ZEMİNLERİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Öznur ZORLU KÜLÇE

Aralık, 2010

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZNUR ZORLU KÜLÇE, tarafından **DOÇ. DR. MUSTAFA AKGÜN** yönetiminde hazırlanan **“BALÇOVA-MAVIŞEHİR VE GÜZELBAHÇE (İZMİR) KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYON ZEMİNLERİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa AKGÜN

Danışman

Prof. Dr. Rahmi PINAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Şerif BARIŞ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu doktora çalışmam, TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı(1007 Projesi) tarafından desteklenmiştir.

Tezimin hazırlanmasına kadar geçen tüm evrelerde yardım ve desteğini esirgemeyen ve tezime danışmanlık yapan değerli hocam Doç. Dr. Mustafa AKGÜN'e, tezin sonuna kadar desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ'a çalışmalarım esnasında fikir, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Öğr. Gör. Dr. Şenol ÖZYALIN, Araş. Gör. Aykut TUNCEL ve Araş. Gör. Tolga GÖNENÇ'e,

Tez çalışmalarına yeterli zaman ayırmam konusunda katkı sağlayan Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi Müdürü Jeoloji Mühendisi Okşan MERSİN'e, oda arkadaşlarım Jeoloji Mühendisi Neslihan YAZGAN ve Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi Ece KAVAS'a,

Arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Jeofizik Mühendisi Hilmi DİNDAR'a ve gerek arazi çalışmalarında gerekse veri işlem aşamasında yardımcı olan TUBİTAK KAMAG 106G159 proje ekibine katkılarından dolayı,

Ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Aile'me, her vazgeçtiğimde beni tekrardan cesaretlendirip motive eden ve destek olan eşim Necdet KÜLÇE'ye ve "Anne ne zaman doktor olcaksın?" diye soran biricik kızım Ümit Begüm KÜLÇE'ye teşekkür ederim.

BALÇOVA-MAVIŞEHİR VE GÜZELBAHÇE (İZMİR) KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYON ZEMİNLERİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

ÖZ

İzmir Metropolitan alanının, deprem ve deprem riski açısından irdelenmesi amacıyla 106G159 no'lu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenen proje kapsamında kurulan 16 adet Kuvvetli Yer Hareketi istasyonlarından; jeolojik olarak alüvyon birimine karşılık gelen zeminlere yerleştirilen Balçova, Güzelbahçe ve Mavişehir istasyonları zeminlerinde, iki aşamalı uygulamalı jeofizik ve zemin sondajı çalışmaları bu tezin içeriğini oluşturmaktadır.

Bu kapsamda; ilk aşamada Balçova, Güzelbahçe ve Mavişehir istasyonlarında zemin özelliklerinin yanal ve düşey yönlü özelliklerini irdelemek amacıyla 1 sondaj kuyusu, 1 profil DES uygulaması, 1 profil öz direnç tomografi, 1 nokta mikrotremör ve 1 profil MASW ölçüsü, ikinci aşamada ise X, Y, Z yönlü yapısal özelliklerin değişimlerini irdelemek için Balçova istasyonunda 3 profil öz direnç tomografi, 4 profil MASW ve toplam 68 noktada mikrotremör ölçüsü; Güzelbahçe istasyonunda 6 profil MASW, 30 noktada mikrotremör ölçüsü ve Mavişehir istasyonunda 4 profil öz direnç tomografi, 4 profil MASW ve 21 noktada mikrotremör ölçüsü alınmıştır. Ayrıca Balçova ve Güzelbahçe istasyonu arasındaki bölgede K-G yönlü 8 profilde MASW ölçüsü alınmıştır.

Elde edilen jeofizik sonuçlar, zemin sondajı sonuçları ile birlikte değerlendirilmiş ve jeolojik olarak özellikle birikim alanlarında zemin tipi ve yapısal özelliklerin çok kısa aralıklarda (10m – 100 m) bile X, Y, Z yönlerinde ani değişimler gösterebileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: H/V spektral oran, MASW, mikrotremör, risk analizi, zemin sınıflaması.

INVESTIGATION OF THE GROUND BELONGING TO BALÇOVA- MAVIŞEHİR, AND GÜZELBAHÇE (İZMİR) STRONG GROUND MOTION STATIONS BY USING APPLIED GEOPHYSICAL METHODS

ABSTRACT

Two phased applied geophysical and soil drilling works on the ground belonging to Balçova, Güzelbahçe, and Mavişehir stations, corresponding to the alluvial unit geologically, among the 16 Strong Ground Motion Stations installed with the aim of investigating the İzmir Metropolitan area as regards to the earthquake and earthquake risks within the TÜBİTAK project numbered 106G159, constitute the scope of this thesis.

Within this context, with the aim of investigating lateral and vertical properties of the soil characteristics, 1 drilling well, 1 profile of resistivity application, 1 profile of resistivity tomography, 1 point micro-tremor, and 1 profile of MASW measurements at Balçova, Güzelbahçe, and Mavişehir stations were taken in the first phase. In the second phase, 3 profiles of resistivity tomographies, 4 profiles of MASW measurements, and micro-tremor measurements at 68 points were taken in Balçova station; 6 profiles of MASW measurements and micro-tremor measurements at 30 points were taken in Güzelbahçe station whereas 4 profiles of resistivity tomographies, 4 profiles of MASW measurements, and micro-tremor measurements at 21 points were taken in Mavişehir station. Furthermore, MASW measurements were obtained for 8 N-S directional profiles in the region between Balçova and Güzelbahçe stations.

The geophysical results obtained were evaluated along with the results of the soil drilling works; and since it is determined that soil types and structural characteristics could display sudden variations, even in exceptionally short intervals (10m – 100 m), towards X, Y, and Z directions especially on the accumulation areas.

Keywords:H/V spectral ratio, MASW, microtremor, risk analysis, soil classification.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v

BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
--------------------------------	----------

BÖLÜM İKİ- ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	5
---	----------

2.1 İzmir ve Yöresinin Genel Jeolojisi	5
2.2 Aktif Faylar ve Jeolojik Sorunlar	9

BÖLÜM ÜÇ - KURAMSAL BİLGİLER	12
---	-----------

3.1 Uygulamalı Jeofizik Yöntemler	12
3.1.1 Elektrik Özdirenç Yöntemi.....	12
3.1.1.1 DES Tekniği.....	13
3.1.1.2 Çok Elektrotlu Özdirenç Ölçü Yöntemi(Özdirenç Tomografi)	13
3.1.2 Yer Titreşimi(Mikrotremör) Yöntemi	15
3.1.2.1 Mikrotremörlerin Değerlendirilmesi.....	16
3.1.2.2 Nakamura (H/V Spektral Oran) Tekniği.....	16
3.1.2.3 Mikrotremörlerin Periyot Dağılımları.....	17
3.1.2.4 Mikrotremör Verilerinin Kullanım Amaçları	18
3.1.2.5 Hasar Olasılığı İndeksleri, Zeminler için K Değerler(Vulnerability)20	
3.1.2.6 Zeminlerin Sınıflandırılması.....	21
3.1.3 Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Yöntemi (MASW)	27
3.1.3.1 Yöntem.....	27
3.1.3.2 Yöntemin Arazide Uygulanması.....	29

3.1.3.3 Değerlendirme Aşamaları	32
3.1.3.3.1 Dispersiyon eğrilerinin oluşturulması	33
3.1.3.3.2 Dispersiyon.....	34
3.1.3.3.3 Faz Hızı ve Grup Hızı	35

BÖLÜM DÖRT - ARAZİ ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR..... 36

4.1 Giriş	36
4.2 Standart Çalışmalar	37
4.2.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	37
4.2.1.1 Balçova İstasyonu (01_BLC) Zemin Sondajı Çalışmaları.....	38
4.2.1.2 Balçova İstasyonu (01_BLC) Elektrik Özdirenç Çalışmaları.....	38
4.2.1.3 Balçova İstasyonu (01_BLC) MASW Çalışması	41
4.2.1.4 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör Çalışmaları.....	42
4.2.2 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL)	43
4.2.2.1 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL) Zemin Sondajı Çalışmaları	44
4.2.2.2 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL) Elektrik Özdirenç Çalışmaları.....	44
4.2.2.3 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL) MASW Çalışması	41
4.2.2.4 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL) Mikrotremör Çalışmaları	46
4.2.3 Mavişehir İstasyonu (12-MVS)	47
4.2.3.1 Mavişehir İstasyonu (12-MVS) Zemin Sondajı Çalışmaları	48
4.2.3.2 Mavişehir İstasyonu (12-MVS) Elektrik Özdirenç Çalışmaları	49
4.2.3.3 Mavişehir İstasyonu (12-MVS) MASW Çalışması	51
4.2.3.4 Mavişehir İstasyonu (12-MVS) Mikrotremör Çalışmaları	52
4.4 Ayrıntılı Çalışmalar	53
4.4.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	54
4.4.1.1 Balçova İstasyonu (01_BLC) Elektrik Özdirenç Çalışmaları.....	54
4.4.1.2 Balçova İstasyonu (01_BLC) MASW Çalışmaları.....	56
4.4.1.3 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör Çalışmaları.....	60
4.4.1.4 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör G-K Yönlü Çalışmaları.....	68
4.4.1.5 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör D-B Yönlü Çalışmalar	74
4.4.2 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL).....	90

4.4.2.1 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) MASW Çalışmaları.....	90
4.4.2.2 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) Mikrotremör Çalışmaları.....	100
4.4.2.3 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) ile Balçova İstasyonu(01_BLC) Arasındaki K-G Yönlü MASW Çalışması.....	113
4.4.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)	126
4.4.3.1 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Elektrik Özdirenç Çalışmaları....	127
4.4.3.2 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) MASW Çalışmaları.....	129
4.4.3.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Mikrotremör Çalışmaları.....	132
BÖLÜM BEŞ - TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	141
KAYNAKLAR	145

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Önlenmesi mümkün olmayan depremin, insan hayatı üzerindeki ölümcül sonuçlarını bertaraf etmek, deprem sırasında yapıların davranışlarını incelemek, depreme dayanıklı yapılar tasarlamak, deprem sırasında yerin nasıl davranabileceğini tahmin etmek ve deprem hasarlarını en aza indirmek için deprem ile ilgili mühendislik disiplinleri ortaya çıkmıştır.

Farklı zeminlerin farklı periyotlarda salındıklarının anlaşılmasından sonra, zeminlerin bölgelendirme çalışmalarına katılabilecek yeni parametreler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, yeryüzünde alınan mikrotremor kayıtlarından elde edilen dinamik zemin parametrelerine göre mikrobölgelendirme çalışmaları yapılabilineceği anlaşılmıştır. Mühendislik amaçlı uygulamalara temel oluşturması ve projelendirme çalışmaları için bilgi sağlaması açısından mikrobölgelendirme çalışmaları önem taşımaktadır. Mikrobölgelendirme çalışmaları verimlilikleri açısından içerik ve nitelik olarak bilimsel doğruluk ve geçerlilikler taşımalıdır. Amaca yönelik uygun ve doğru çalışmalar ile deprem ve benzeri yer hareketlerinin bölgesel etkilerinden korunmak mümkündür.

Field ve diğer. (2000) ile Bommer ve diğer. (2003) kalın sedimanter (tortul) tabakaların bulunduğu ovalar ve vadilerde S dalgasının 30 m'ye kadar olan eşdeğer sismik hız verisi olarak kullanılmasının dahi, zeminin deprem sırasında gerçek hareketini hesaplamada yeterli olmadığını ve bu tür alanlarda ayrıntılı araştırmalar yapılmasını önermişlerdir.

İzmir Metropol alanı deprem riski açısından en tehlikeli bölge içinde yer alır. Bu nedenle depremin ölümcül sonuçlarını bertaraf etmek, deprem sırasında yapıların davranışlarını incelemek, depreme dayanıklı yapılar tasarlamak, deprem sırasında yerin nasıl davranabileceğini tahmin etmek ve deprem hasarlarını en aza indirmek

için deprem ile ilgili mühendislik disiplinleri çok önemlidir. Deprem; Türkiye ve bölge coğrafyasının bir gerçeğidir. Mühendislik branşlarından jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendislikleri disiplinleri tarafından ortaklaşa yapılan projeler depremin yaratabileceği hasarları önlemek için son derece etkilidir. Elde edilecek sonuçlar, depremin etkileyeceği coğrafyadaki sosyo-ekonomik zararları en aza indirmeyi sağlayabilir. Bu doğrultuda yaşam alanlarının bu araştırmaların dikkate alınmasıyla belirlenmesi ve düzenlenmesi olası can kayıplarını azaltacak ve mal kayıplarını da asgari seviyeye çekecektir. Deprem zararlarını önlemek zemin yapısına göre yapılacak binalara bağlıdır. 1999 Kocaeli depreminde de görüldüğü gibi maalesef bilinçsizlik ile inşa edilen binalar milyonlarca insanın hayatlarını doğrudan etkilemiş on binlerce insanın hayatlarını kaybetmesine neden olmuştur.

Depreme dayanıklı bina tasarımı depremlerin hasarlarının azaltılmasında en önemli görevlerin başında yer almaktadır. Deprem kuvvetlerini absorbe edecek, depremin yıkıcı gücüne karşı koyabilecek bir yapı deprem felaketinin en baştan yok edilmesi için çok büyük bir avantajdır. Bu avantajı yakalamak için jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendislerinin etkili bir biçimde çalışması gerekmektedir. Binanın yapılacağı zemin özelliklerinin bilinmesi, deprem sırasında zeminin ve üzerindeki yapının nasıl davranacağını ortaya konulması, yapının zemin özelliklerine uygun olarak inşa edilmesi depreme karşı savaşta önemli bir adımı oluşturmaktadır.

Bir gözlem noktasında alınan deprem kaydı, kaynaktan algılama noktasına gelinceye kadar yeraltının birçok fiziksel unsurundan etkilenir. Bunlar genel olarak, deprem kaynağının kinematik ve dinamik özellikleri (kaynak etkisi), deprem dalgalarının gözlem noktasına gelinceye kadar geçtiği ortamın fiziksel/geometrik parametreleri ve dalgaların soğurulması (ortam etkisi), gözlem noktasındaki sığ yer yapısının (zemin) fiziksel ve jeolojik özellikleri (zemin etkisi) olarak sayılabilir. Yeryüzünde deprem kökenli yer hareketini belirleyen bu unsurların anlaşılması deprem hasarlarını en aza indirmeye yönelik planlama ve inşaat mühendisliği çalışmalarına önemli katkılar sağlamaktadır.

Hızla büyüyen, nüfus yoğunluğu ve sanayileşme bakımından sürekli gelişim

gösteren İzmir Metropolü Yerleşim Alanında mikro dağılımla yerleştirilmiş ivme-ölçer kayıtçılardan elde edilen deprem kayıtlarına ve diğer jeofizik ölçümlere (Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), mikrotremor, sismik, özdirenç ve zemin sondajları) dayalı olarak elde edilen verilerden en uygun yer hareketi davranış modellerinin oluşturulması gerekmektedir.

Mühendislik sismolojisi ve deprem mühendisliğindeki bu görüş ve ihtiyaçlardan hareketle İzmir Metropol Alanında Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAUM) ile Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AİGM) Deprem Araştırma Dairesi (DAD) ortak işbirliğinde Temmuz 2008 itibarıyla 16 adet kuvvetli yer hareketi kayıtçısı kurulmuştur.

İzmir Metropol alanına kurulan yerel ivme-ölçer kayıtçıları simgesel olarak Balçova (BLC), Bornova (BRN), Buca (BUC), Bayındırlık(BYN), Bayraklı (BYN), Bostanlı (BOS), Güzelbahçe (GZL), Kaynaklar (KYN), Konak (KON), Karşıyaka (KSK), Mavişehir (MVS), Manavkuyu (MNV), Çamdibi(CMD), Urla (URL), Yamanlar (YMN) ve Yeşilyurt (YSL) şeklinde tanımlanmışlardır.

Söz konusu 16 adet kuvvetli yer hareketi kayıtçısı kurulum alanlarında (istasyonlarında),Vs hız dağılımını araştırmak amacıyla Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) çalışmaları (Miller ve diğerleri, 1999), yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirlemek amacıyla Özdirenç Düşey Elektrik Sondajı (DES) ve Özdirenç Tomografi çalışmaları (Tong ve Yang, 1990, Loke, 2004) ile zemin sınıflaması, H/V spektral oranlar, vulnerability indeksi ve zemin transfer fonksiyonlarının (Aki,1957, Kanai,1961 ve Nakamura, 1989, 1997 ve 2000,) elde edilmesine yönelik mikrotremor ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her istasyonda birer tane olmak üzere ve derinliği 20-300 m arasında değişen karotlu ve standart penetrasyon deneyli (SPT) zemin sondajları da yapılmıştır.

Çalışmalar iki aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada tüm istasyonlarda standart sayıda (1 serim MASW, bir adet DES, bir profil özdirenç tomografi ve 5 noktada mikrotremor ölçümleri) ve içerikte çalışmalar yapılarak elde edilen

sonuçların ön değerdendirilmeleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise ön değerdendirme sonuçlarına göre bazı istasyonlarda çalışmalar genişletilerek yöne bağılı olarak zemin özelliklerinin değışimi mikro dağılım özellikte irdelenmiştir. Bu aşamada elde edilen tüm jeofizik sonuçlar mekanik sondaj sonuçları ile birlikte değerdendirilmiştir.

Jeofizik çalışma sonuçları ile jeolojik veriler göz önüne alınarak BLC (Balçova), GZL (Güzelbahçe) ve MVS (Mavişehir) istasyonlarında araştırma alanı genişletilmiştir.

Bu amaç kapsamında BLC istasyonu çevresinde 4 profil MASW, 3 Profil özdirenç tomografi ve toplam 21 noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. BLC istasyonuna dik G-K doğrultusunda 12, istasyona paralel olarak şekilde D-B doğrultusunda 35 noktada olmak üzere toplam 68 mikrotremor ölçüsü alınmıştır.

GZL istasyonu çevresindeki alanda seçilen 6 profilde düz ve ters atışlarla MASW-REMİ ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca birbirini dik olarak kesen iki prfil üzerindeki 30 noktada mikrotremör ölçümleri yapılarak denize paralel ve dik doğrultuda zeminin micro ölçekte değışimleri incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca Güzelbahçe (GZL) istasyonu ile Balçova (BLC) istasyonları arasındaki bölgede K-G yönünde (denize dik) 8 noktada MASW-REMİ ölçümleri yapılmıştır.

MVS istasyonunda 4 profil MASW, 4 Profil özdirenç tomografi ve 21 noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada BLC (Balçova), GZL (Güzelbahçe) ve MVS (Mavişehir) kuvvetli yer hareketi istasyonlarında yapılan standart ve genişletilmiş jeofizik çalışmalara ait değerdendirmeler sunulacaktır.

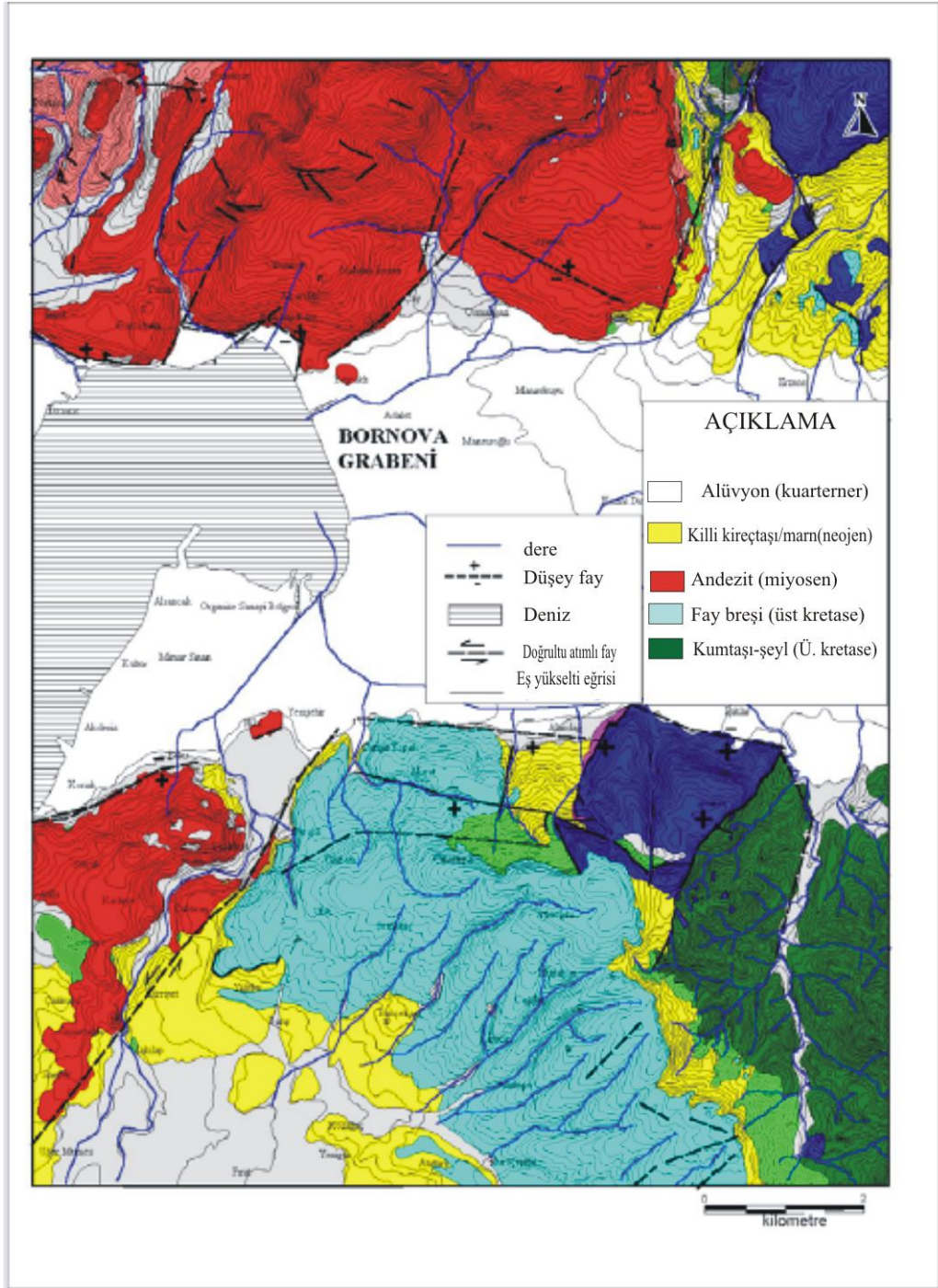
BÖLÜM İKİ

ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ

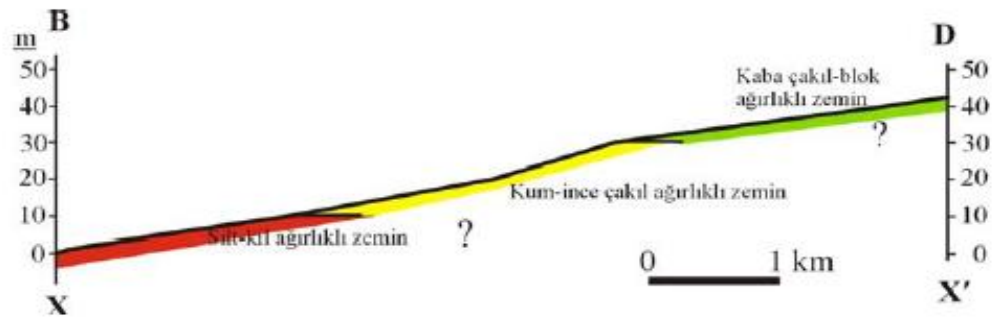
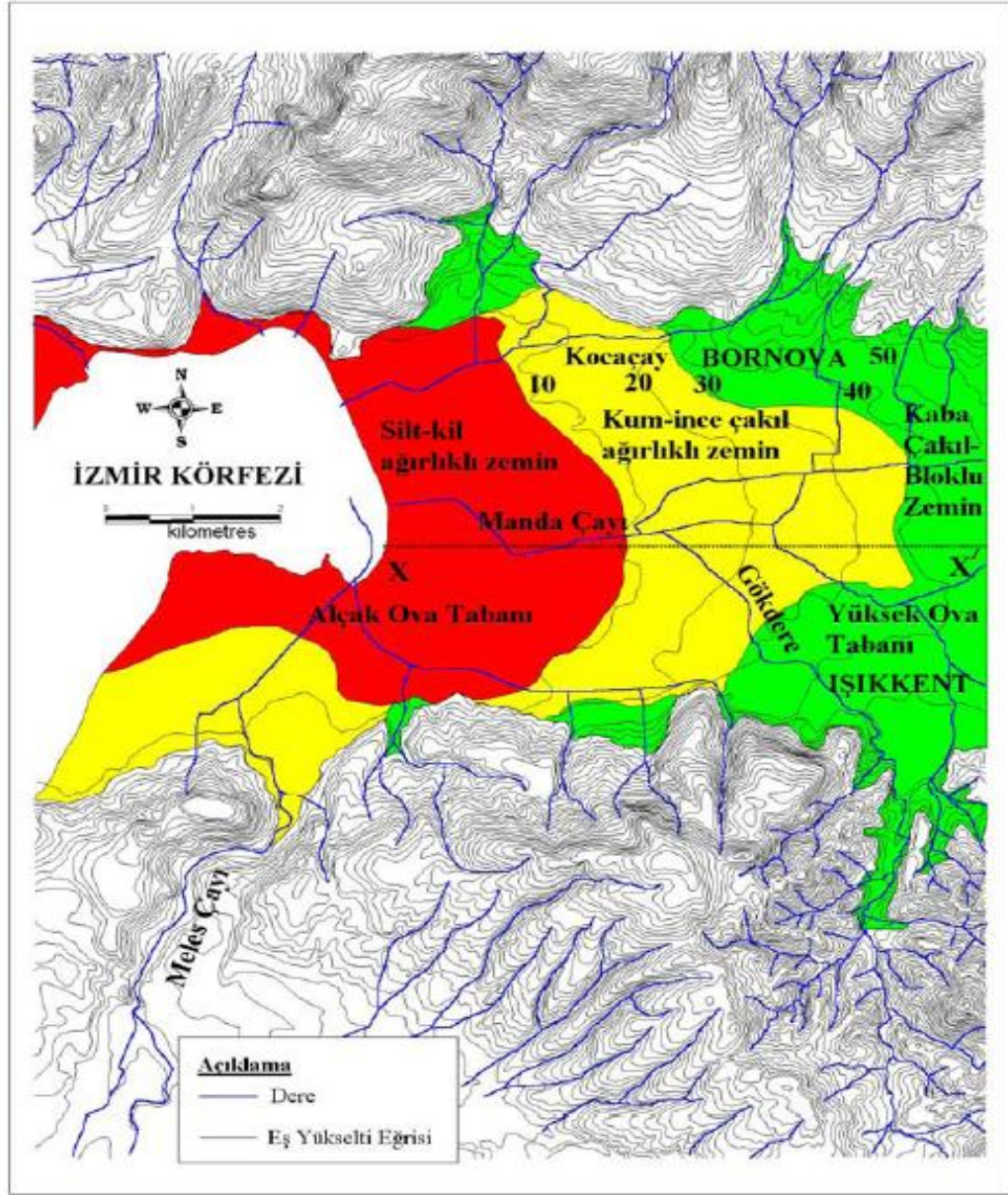
2.1 İzmir ve Yöresinin Genel Jeolojisi

İzmir ve yöresinde temeli, Üst Kretase yaşlı Bornova Melanjı oluşturur (Özbek, 1981). Melanjın matriksinden daha yaşlı kireçtaşı mega-olistolitleri Bornova Melanjı'nın matriksi içinde gelişigüzel bir düzen içinde bulunurlar. Bahsedilen kireçtaşları, Altındağ ve yöresinde Işıklar kireçtaşı olarak bilinir (Özer ve İrtem, 1982). Bornova Melanjı (karmaşığı), kumtaşı/şeyl-kalkerli şeyl aralanmasından oluşmuş matriks içerisinde yüzen platform türü kireçtaşı ve diyabaz bloklarından ve çakıltası mercek/kanal dolgularından meydana gelmiştir (Erdoğan, 1990). Neojen yaşlı gölssel tortullar Bornova Melanjı'nın üzerine açısız uyumsuz olarak gelir. Yamanlar volkanitleri de mevcut birimleri uyumsuz olarak örter. Kuvaterner yaşlı alüvyon alanda mevcut tüm birimleri uyumsuz olarak üstler (Kıncal, 2005) (Şekil 2.1).

Yamaç molozları, temel kayalardan türeme blok ve çakılların silt ve kil içerikli olarak kum matriks içinde bulunduğu bir malzeme özelliğı sunmaktadır. Bu zeminin özelliğı, üzerinde bulunduğu ana kayanın özelliklerine göre de değişmektedir. Marnlar üzerinde yer alan yamaç molozlarının matriksi silt-kil içerikliken, çakıltalarının üzerinde yer alanların matriksi ince-orta kum boyutuna sahip malzemelerden oluşmaktadır. Yamaç molozları arazi genelinde, topografyanın şekiller oluşturduğu ve eğimin nispeten düşük olduğu alanlarda ve derelerle sınırlı alanlarda gözlenmiştir (Kıncal, 2005) (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 İzmir ve yöresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Kıncal, 2005'den değiştirilmiştir).



Şekil 2.3 Bornova Ovası'nın alüvyal jeomorfoloji haritası ve D-B yönlü jeoloji kesiti (Not: Kesit üzerinde zeminler yüzeyden itibaren yaklaşık 0-1 metre arası temsil etmektedir; Kınal, 2005).

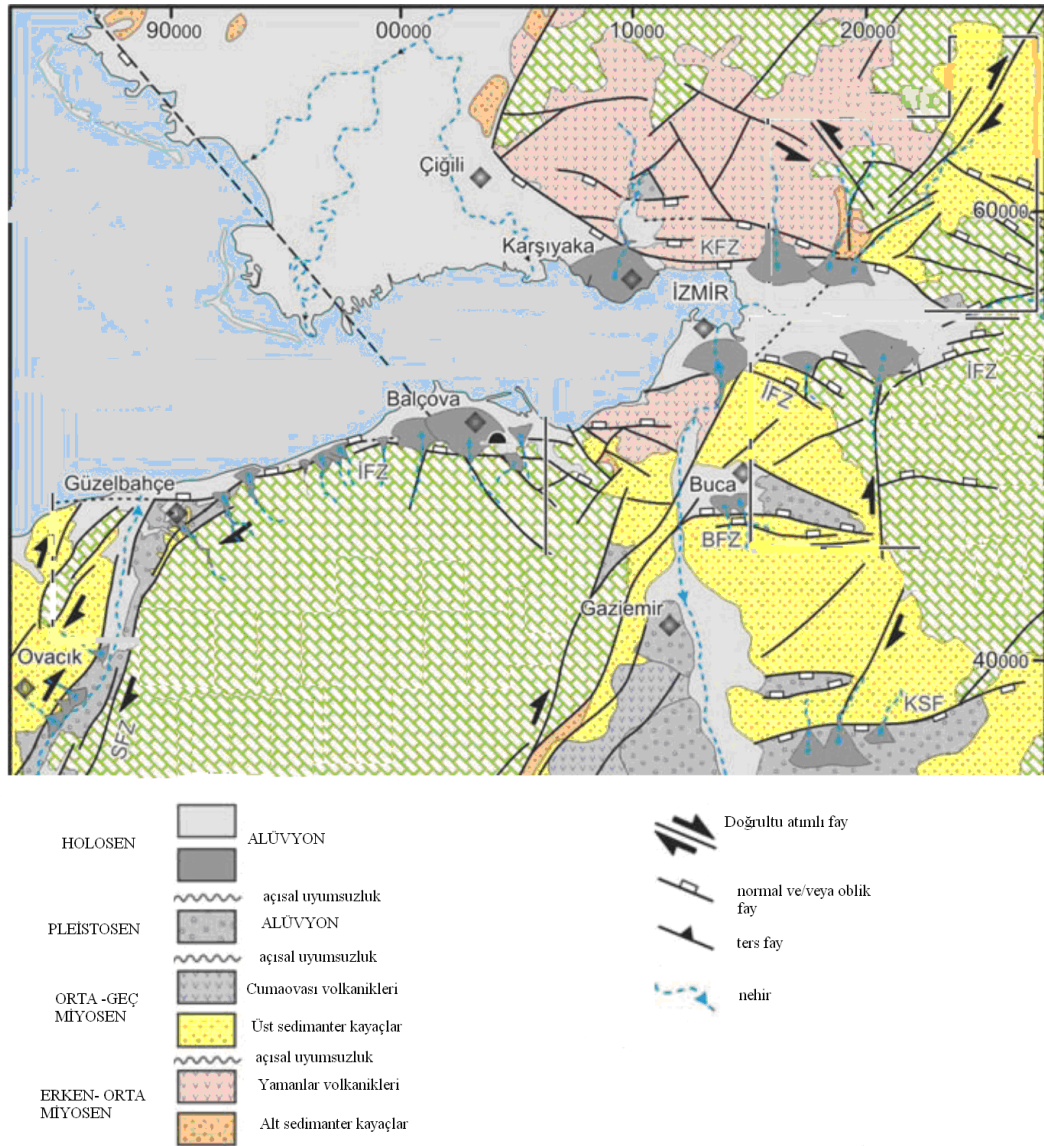
2.2 Aktif Faylar ve Jeolojik Sorunlar

Ege bölgesindeki önemli yapı unsuru olan yaklaşık doğu-batı uzanımlı grabenler, Orta-Geç Miyosen'den sonra olasılıkla Pliyosen sonu ve Pleyistosen'de gelişmeye başlamıştır. Bunlar, Anadolu ve Ege Denizi'ni belirli aralıklarla ve az çok D-B gidişli dar yapısal havzalar halinde bölmüştür. Bu grabenler, Ege Denizi içinde de deniz taban topoğrafyasını şekillendirmiştir. Bölgedeki gerilme sistemi içerisinde gelişen bu grabenlerde ve yakın çevresinde kıta kabuğunun 30 km'den daha incelendiği değişik araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Meissner vd.,1987; Akçığ, 1988). Grabenler, çoğunlukla her iki tarafları da faylı olmakla birlikte, asimetrik bir gelişim göstermiştir. Gerilmenin giderek geliştiği Kuvaterner'de hızla yeniden yükselen Menderes Masifi'nin aşındırılmasının sağladığı klastik gereç sığ sahil ortamlarını kaplamış, son dönemlerde denizin yerel doldurulup antik kentlerin kara içerisinde kalmasına yol açmıştır. Ege Bölgesi, günümüzde kıta içlerinde aktif gerilmenin hızlı geliştiği yörelere iyi bir örnektir. Litosferin incelmesi, bölgenin jeotermal enerji potansiyelini arttırırken, sismik aktivite birçok yıkıcı depremin de nedeni olmaktadır.

İzmir ve yakın çevresi, tarihsel dönemlerden bu yana yoğun deprem aktivitesine sahne olmuştur. Bölgedeki deprem episantırlarının çoğunluğu Ege Denizi'ndedir ve Karaburun-Sakız Adası, İzmir Körfezi-Midilli Adası, Doğanbey Burnu-Sisam Adası arasına rastlamaktadır. Bir kısım depremler ise Gediz grabeninin batı yarısı ile Ege Denizi arasında kalan kara kütlesi üzerinde gerçekleşmektedir. İzmir kenti merkez olmak üzere, yaklaşık 50-60 km yarıçaplı bir alanda yeralan ve üretebilecekleri olası depremlerle İzmir metropolü ve yakın çevresi için tehlike oluşturabilecek aktif faylar; Gediz grabeni batı yarısında yeralan Manisa ve Kemalpaşa Fayları, körfez güneyindeki İzmir Fayı, Cumaovası-Doğanbey Burnu arasındaki Tuzla Fayı ve Karaburun Yarımadası'nda yeralan Gülbahçe-Karaburun Fayıdır.

İzmir kent merkezi ve çevresi aktif olan graben fayları ve bu fayları keser konumunda bulunan doğrultu atımlı faylarla içiçedir. Graben fayları normal fay özelliğinde olup, genellikle KB-BKB uzanımlıdır. Doğrultu atımlı faylar ise K20-30D uzanımlıdır (Kıncal, 2005). Bu faylar, Geç Pliyosen-Kuvaterner dönemde

çalışmışlar ve morfolojiyi şekillendirmişlerdir. Grabenler, kenarlarında normal faylarla sınırlıdır. Grabenlerin kenar fay zonları 100-150 km devamlılık göstermekle birlikte, bu zon uzunlukları çoğunlukla 5-10 km'yi geçmeyen kısa faylardan oluşmuş bir fay demeti halindedir. Bu faylar, Orta-Geç Miyosen-Pliyosen boyunca gelişmiştir. Bu faylar, Erken Miyosen'de karasal bir ortamda çökelmeye başlamış Neojen yaşlı tortulları kesmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 İzmir ve yöresinin jeoloji haritası (Uzel, ve diğ. 2010'dan değiştirilmiştir).

Yüksek deprem aktivitesi gösteren Ege Bölgesi'ndeki depremlerin K-G yönlü açılma rejimine bağlı olarak geliştiği bilinmektedir. Buna ek olarak, son yıllarda yapılan deniz jeofiziği araştırmalarından, doğrultu atımlı fayların (Tuzla fayı, Bergama-Foça Fay Zonu) da etkin olduğu vetektonik sistemler denetiminde harekete geçme potansiyelinin daha önceden bilinenin aksine, sanılandan daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Ocaloğlu ve diğ.; 2004, 2005).

BÖLÜM ÜÇ

KURAMSAL BİLGİLER

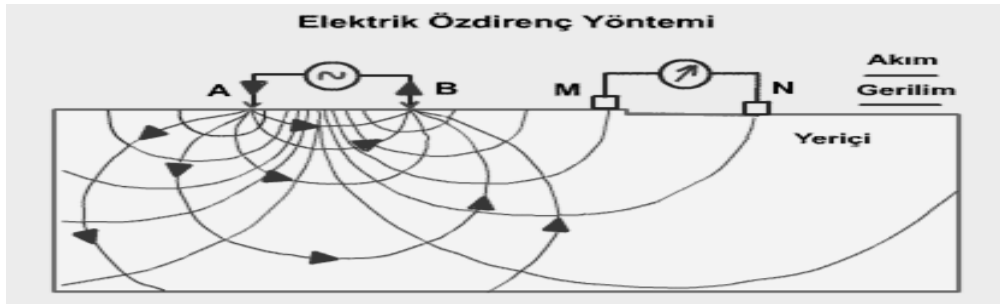
3.1 Uygulamalı Jeofizik Yöntemler

Uygulamalı Jeofizik; yer kabuğunun sığ derinliklerindeki lokal özelliklerinin spesifik yöntemlerle araştırılmasıdır. Bu kapsamda izleyen alt başlıklarda Elektrik Öz direnç, MASW ve Mikrotremör yöntemleri hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

3.1.1 Elektrik Öz direnç Yöntemi

Jeofizik yöntemlerden biri olan elektrik öz direnç (rezistivite) yöntemi ile yeraltına ait parametrelerin belirlenmesi uzun yıllardan beri yapılmaktadır. İlk defa 1915 yılında Wenner tarafından uygulanan öz direnç yöntemi, Schlumberger (1920) tarafından geliştirilerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bilgisayar ve jeofizik cihaz teknolojisinin gelişmesiyle elektrik öz direnç yöntemi, yeraltının öz direnç değişimlerinin bir, iki ve üç boyutta incelenmesine olanak vermiştir. Böylelikle yöne bağımlı ve tekdüze olmayan yeraltının öz direnç değişimleri gerçeğe daha yakın bir şekilde incelenebilmiştir. Elektrik yöntemlerde yeryüzünde toprağa çakılan iki paslanmaz metal-çelik elektrod aracılığı ile yeriçine elektrik akımı gönderilir.

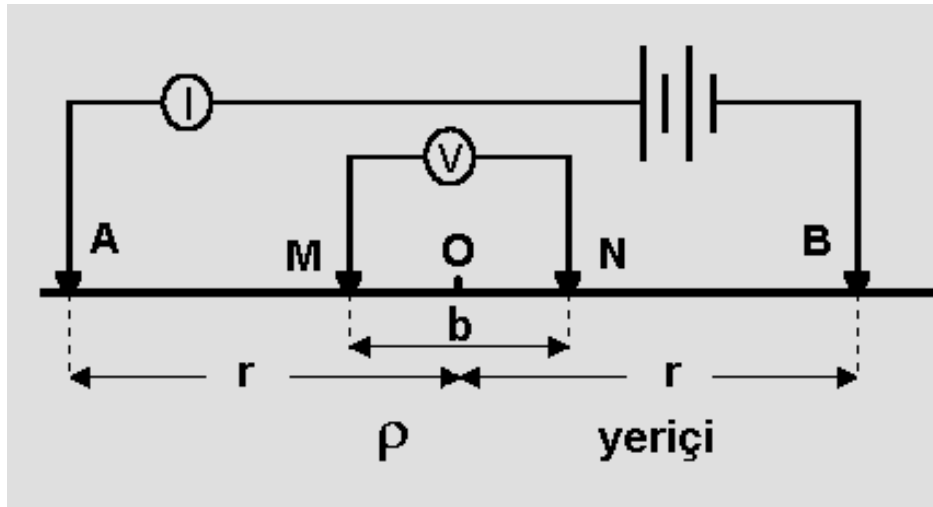
Yeryüzündeki diğer iki noktada yerleştirilen iki elektrod yardımı ile de yeriçinde oluşan gerilim farkı ölçülür. Şekil (3.6)'da akım elektrodlarından uygulanan akım çizgileri dağılımı ve bunun sonucu oluşan elektriksel gerilim (elektriksel potansiyel) çizgilerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.1 Akım (A ve B) ve gerilim (M ve N) elektrotları ile arazide oluşturulan ölçü sistemi.

3.1.1.1 DES Tekniği

Bu dizilim tekniğinde dizilim merkezi O noktasıdır (Şekil 3.2). Uygulamada O noktasının derine doğru öz direnç değışimleri incelenir. Ölçülen görünür öz direnç değeri bu noktanın altına atanır. DES tekniğinde bu merkez noktada yayılı bulunan elektrod dizilimindeki akım ve gerilim elektrodları arası belli bir sistematik içerisinde daha geniş açılarak ölçüler alınır.



Şekil 3.2 DES Tekniği şematik gösterimi.

3.1.1.2 Çok Elektrotlu Öz direnç Ölçü Yöntemi(Öz direnç Tomografi)

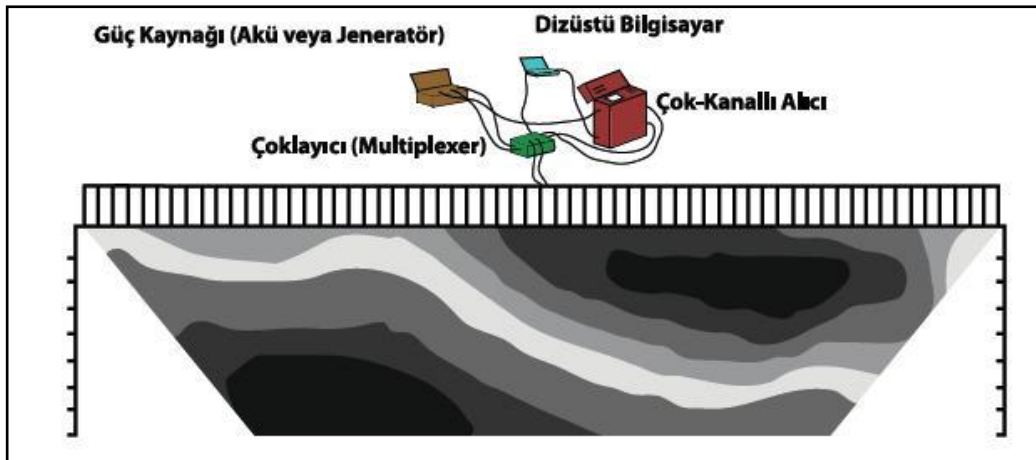
Çok elektrotlu öz direnç yöntemi, eşit aralıklı (örneğin 5 m) olarak ve bir hat boyunca çakılmış elektrotlar ile bunların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) kablodan oluşmaktadır. Elektrot sayısı, yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamına göre farklı olabilir. Üreticiler genel olarak 28, 56, 84 ve 112 elektrotlu veya 20, 30, 50 elektrotlu düzenekler üretmektedirler. Kullanılan elektrotlar ise, eski düzeneklerde kullanılan paslanmaz çelik elektrotlardır. Öz direnç ölçü cihazında elektrotları, önceden tanımlanan ölçü alım sıralamasına göre değıştiren ve alınan ölçüleri saklayan bir hafıza (akım ve gerilim elektrotlarının belirlenen bir sistemde numaralandırıldığı bir dosya) vardır. Akım (A,B) ve gerilim (M,N) elektrotlarının çeşitli kombinasyonları ile karmaşık bir sondaj profil kesiti, kablounun toplam boyuna

bağlı olan en büyük araştırma derinliği ile elde edilmektedir. Çeşitli elektrot dizilimleri (Wenner-Schlumberger, Dipole- Dipole vb.) kullanılabilir. Çok elektrotlu yöntemde, ölçü cihazı bilgisayar kontrollüdür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Çok elektrotlu öz direnç cihazı ile arazide ölçü alımı.

Tüm elektrotlar tek kablo ile ölçü cihazına bağlandıktan sonra, istenen elektrot dizilimi için sıralı olarak ölçü alınır (Şekil 3.4). Sonuçta, belli istasyonlarda (noktalarda) ve belli $AB/2$ değerleri için ölçüm yapılmış ve doğrudan sondaj profil ölçüsü alınmış olur. Bu veriler ile yapma kesit elde edilir. Günümüzde, çok elektrotlu ölçü cihazları sayesinde ölçü alımı hızlı ve kolay olmaktadır. Bu yöntem ile ölçülen verilerden yeraltının hem düşey hem de yatay yöndeki öz direnç yapısı hakkında bilgi edinilebilir. Yöntem, sondaj ve profil ölçü yöntemlerinin avantajlarını kapsamaktadır.



Şekil 3.4 Yöntemin ana bileşenleri ve elde edilen 2B görüntü.

3.1.2 Yer Titreşimi(Mikrotremör) Yöntemi

Depremler ve sismik patlamalar dışında doğal dönem ve genlik ya da yapay etkenlerden oluşmuş, periyotları birkaç dakikayı aşmayan, yeryüzünün titreşim hareketlerine genel olarak mikroseism (çok küçük yer sarsıntıları) denir.

Mikrotremor (titreşimcik) ifadesi ise dönemi 0,05–2 saniye, genlikleri ise 0,01–1 mikron arasında değişen yer titreşimleri için kullanılır. Bunlar trafik, endüstri makineleri, rüzgâr gibi etkenler nedeni ile oluşmakta, gündüzleri gecedan daha etkin olup, dalga biçimleri düzensiz seyretmektedir. Sert yerlerde dönem ve genlikleri, yumuşak yerlere oranla daha küçüktür. Dolayısıyla baskın dönem süresi de o denli kısadır. Mikrotremorların periyot spektrumları alınan zemin yapısına bağlı olarak benzer özellikler gösterebilmektedir.

Mikrotremorlar, yerin çok küçük genlikli titreşimleridir. Titreşimcik genlikleri genellikle 0,001–0,01 mm arasında değerler almaktadır. Titreşimcikler rüzgâr, okyanus dalgaları, jeotermal etkileri, küçük yer sarsıntıları gibi doğal etkiler yanında kültürel etki olarak tanımlanan ve başta trafik olmak üzere insanların yaşam sürecinde neden oldukları devinimlerden kaynaklanmaktadır.

Mikrotremorlar yüzey dalgaları mı yoksa cisim dalgaları mı olduğu konusunda çeşitli araştırmacılarca ayrı ayrı görüşler ileri sürülmektedir. Kanai ve Tanaka(1961), titreşimciklerin yer içinde S dalgalarının yinelenmeli yansımaları sonucunda ortaya çıktıklarını belirtir. Wilson (1953) 4–100 Hz frekans aralığındaki titreşimcikleri incelemiş ve üç bileşenli sismometre kullanarak yaptığı ölçümler sonucunda parçacık deviniminin Rayleigh dalga türüne oldukça benzer olduğunu, 9 Hz den yüksek olanların ise yüzey dalgalarından oluştuğunu belirtmiştir. Aki (1993), yapmış olduğu çalışmalarda titreşimciklerin verilen bir frekansta belirli bir hıza edinmiş yüzey dalgaları olduğunu belirlemiş ve yatay devinimleri Love dalgaları olarak nitelemiştir. Genel olarak rüzgâr, okyanus dalgaları ve kültürel gürültü gibi yüzeysel kaynakların yüzey dalgaları ürettikleri, buna karşın derin kaynaklı ve küçük depremlerin neden olduğu titreşimlerin ise düşey yönlü cisim dalgaları olarak yayıldıkları benimsenir.

3.1.2.1 Mikrotremörlerin Değerlendirilmesi

Gerçekte mikrotremorların periyot dağılım eğrileri büyük ölçüde yerin ilk katmanının özelliklerinin etkisinde kalmaktadır. Titreşimcik özellikleriyle, en büyük genlik, ortalama, baskın ve en büyük periyotlarla, yer sınıflaması yapılmaktadır.

Genel olarak spektral analiz yöntemleri kullanılarak sismik dalga karakteristikleri tanımlanmaya çalışılır. Bu amaçla Fourier dönüşüm tekniği ile kayıtların spektrumları elde edilir. Veriler değerlendirilirken dört teknik kullanılır.

1. Sert zeminde veya kaya üzerinde bulunan bir referans istasyonuna göre spektral oranların elde edilmesi
2. Fourier genliklerinin yada güç spektrumlarının doğrudan değerlendirilmesi,
3. Yatay hareket bileşenlerinin düşey hareket bileşenine göre spektral oranlarının belirlenmesi (Nakamura Yöntemi) yöntemi
4. Sıfır kesme yöntemi (Kanai Yöntemi)

İlk üç yöntemin ortak özelliği, yerel zemin etkisinin elastik yarı sonsuz ortam üzerinde yer alan tek bir yumuşak zemin tabakasından kaynaklandığını kabul etmeleridir.

Fourier genliklerinin ya da güç spektrumlarının doğrudan değerlendirilmesi sonucu zemin hakim periyodunun bulunması ve referans istasyonuna göre spektral oranların elde edilmesi veya yatay hareket bileşenlerinin düşey hareket bileşenlerine göre spektral oranların belirlenmesi sonucunda zeminlerdeki büyütme seviyelerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu durumda iki boyutlu ve üç boyutlu yerel zemin etkileri ihmal edilmiştir(Lermo ve Chavez-Garcia, 1994b).

3.1.2.2 Nakamura (H/V Spektral Oran) Tekniği

Yapılan birçok araştırma, tek bir yerdeki mikrotremorların yatay spektrumlarının düşey spektrumlarına oranlanmasıyla bölgesel yer etkilerinin hesaplanabildiğini göstermiştir (Mirzaoglu ve Dikmen, 2003) Bu fikir 1989’ da Yutaka Nakamura

tarafından açıklanmıştır. Yüzey jeolojisinden kaynaklanan yer etkileri genellikle yüzeydeki yumuşak zemindeki (H_s) deprem kayıtlarının yatay bileşeni ile temel kayanın (H_B) yüzeydeki yatay bileşeni arasındaki spektral oran (SR) olarak kabul edilir.

$$S_R = H_s/H_B \quad (3.1.2.1)$$

Bu teknik Nakamura (1989) tarafından denenmiş ve Japonya’da uzun zamandır kullanılmaktadır. Ülkemizde de yeni kullanılmaya başlanan bir tekniktir.

3.1.2.3 Mikrotremörlerin Periyot Dağılımları

Kanai ve Tanaka (1961), yaptıkları çalışmalarda yer yapısının basit ve tek tabakalı olduğu durumlarda mikrotremor verilerinin spektrumunda, 0,1 sn ile 0,6 sn arasında keskin bir şekilde doruk (pik, tepe) oluşumu görüldüğünü açıklamışlardır.

Diğer yandan yer yapısı karmaşık olduğunda birden fazla doruk görülebilmektedir. Bu değerler 0,2 sn'den kısa ve 1 sn'den uzun periyotlarda gözlenmektedir.

Örtü tabakasının olmadığı ya da çok az olduğu yerlerde, örneğin dağlık bir bölgede mikrotremorların periyotları 0,1–0,2 sn'lerde doruklar vermektedir. Akarsu kaynaklı yerlerde ise 0,2–0,4 saniyelerde pikler gözlenmektedir.

Alüvyonal yerlerde ise Kanai ve Tanaka (1961), Japonya'da 0,4–0,8 sn civarında düzgün dağılımı olmayan birden fazla pik içeren spektrumlar gözlemiştir.

Genellikle kalın ve yumuşak örtü tabakalı yerlerde eğri düz bir şekil alırken 0,05–0,1'den 1-2 saniyeye kadar bir dağılım göstermektedir. Tabakalı ortamlarda periyot dağılım eğrileri çoğunlukla tabakalı ortamlarda en üst tabakanın özelliklerinden etkilenmektedirler (Kanai ve Tanaka 1961).

3.1.2.4 Mikrotremör Verilerinin Kullanım Amaçları

Bir bölgedeki titreşimler, o bölgelerde yerin doğal gürültüsünü oluştururlar. Farklı yer koşullarına ait yerin doğal gürültüsü de farklı olacaktır. Yerin doğal gürültüsünün genlik ve frekans içeriklerini, yerin litolojisi ve geometrisi gibi faktörler etkileyecektir. Yerin çok küçük genlikli doğal salınımları incelenerek yerin etkin salınım periyotları saptanabilir. Bu şekilde yerin davranış özellikleri belirlenebilir. Bu durumda yerin bu doğal titreşimlerinden yararlanılarak elde edilecek parametrelere göre bölgesel olarak yer sınıflamaları yapılabilir. Bu görüşü ilk savunan ve uygulamasını yapan, yeri dört ana gruba ayırarak bu sınıflamanın Japon bina yönetmeliğinde kullanılmasını sağlayan araştırmacılar Kanai ve arkadaşları olmuştur (Kanai 1961). Mikrotremör verilerinden ve kuvvetli yer hareketi verilerinden elde edilen genlik spektrumlarına bakıldığı zaman spektrumların benzerlik gösterdiği görülür. Deprem kayıtlarına ve mikrotremör kayıtlarına bakıldığında görülen farklılık ise genellikle genlik değerlerinde gözlenirken, etkin frekansların çok fazla farklılık göstermediği görülmektedir (Kanai ve Tanaka 1965).

Bu kavramdan yola çıkılarak basit homojen yatay tabakalı ortam kabulü yapılarak; zemin hakim periyodunun, doğrudan mikrotremör ölçümleri ile belirlenerek bölgede kuvvetli yer hareketi verisi olmaması durumunda da saptanması olanaklı olmaktadır.

Mikrotremör aygıtı ile çeşitli bölgelerde ölçümler yapılarak yer etkin periyodu ve bir yaklaşım olarak etkin periyottaki büyültme katsayısı gibi parametreler bulunabilir ve bu veriler ışığında bölgesel olarak parametrelerin değişimi saptanarak pratik sınıflandırmalar yapılabilir.

Zemin hakim titreşim periyodu hesaplamalarında, spektral genlikler (Kobayashi ve diğerleri, 1986), referans noktasına göre göreceli spektral oranlar (Kagami ve diğerleri, 1986) veya yatay bileşen spektrum değerlerinin düşey bileşen spektrum değerlerine oranı, Nakamura yöntemleri uygulanabilir.

Deprem sırasında oluşan büyütmelere en yakın değeri daha doğru yaklaşımla veren yöntemin Nakamura yöntemi olduğu yayınlanan birçok yabancı kaynakta belirtilmiştir. Fakat temelde kullanılan üç yöntemin, belirli kabuller içerdiğinden çeşitli eksiklikleri bulunmaktadır. Temelde yöntemler, yerin homojen yatay tabakalardan oluştuğunu kabul etmiş, diğer iki ve üç boyutlu etkileri hesaplamalara katmamışlardır.

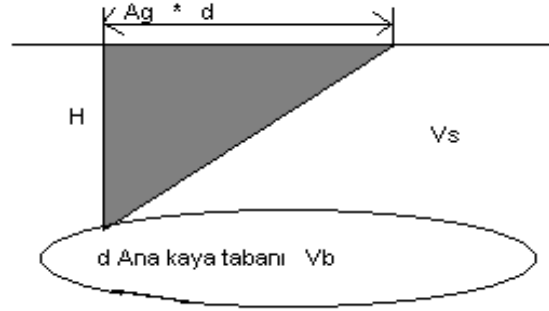
Yere ait bu fiziksel özelliklerin saptanması ile daha iyi tanınan bir yer üzerine yerin yapısına uygun daha doğru, sağlam ve daha dayanıklı yapılar yapmak mümkün olacaktır.

Mikrotremor çalışmalarından elde edilecek sonuçlar, mikrobölgelendirme çalışmalarında, yapı dizaynında ve inşaa edilmesinde, şehir planlama, yer seçimi, şehircilik çalışmalarında, deprem senaryoları çalışmalarında, sismik risk analizi gibi birçok çalışmada kullanılabilir.

Yerin özellikleri saptandıktan sonra bu özellikler kesinlikle yapı dizaynına katılmalı alt yapı ve üzerine yapılacak üstyapı ilişkileri hiçbir proje safhasında göz ardı edilmemelidir. Etkin titreşim periyodu saptanan yer üzerine olan yapının da, kendisine has bir doğal periyodu olacaktır. Yerin etkin periyodunun saptanması kadar üstyapının da periyodunun saptanması önemlidir. Yapılaşmada yerin ve yapının periyotlarının aynı olmamasına dikkat edilmelidir. Zira, bu iki periyodun uyuşması durumunda rezonans ortaya çıkabilir ve aslında sağlam ve ayrı ayrı uygun olan iki faktör, yer ve yapı, olumsuz yönde etkilenebilir. Bu olaya ülkemizden bir örnek verecek olursak, 28 Mart 1970 yılında Gediz depremi, Bursa'da Tofaş fabrikasında etkili olmuş ve yıkıma neden olmuştur. Daha sonra yapılan araştırmalarla fabrikanın üzerine kurulduğu yerin ve üzerindeki yapıların doğal periyotlarının uyuştugu saptanmıştır (Gül 1972).

3.1.2.5 Hasar Olasılığı İndeksleri, Zeminler için K Değerler(Vulnerability)

Nakamura (1997) tarafından zemin ve yapıların olası bir deprem anında hasarını tam olarak hesaplamak için K Değeri önerilmiştir. K_g hesaplaması için kesme gerilmesi düşünülmüştür. Şekil (3.5)de kesme deformasyonu basitçe görülmektedir.



Şekil-3.5 Zemin Deformasyonu (Nakamura 2000)

Kesme Deformasyonu γ ;

$$\gamma = A_g d / h \quad (3.1.2.2)$$

A_g : Yüzey tabakasının büyütme faktörüdür.

h : Yüzey tabakasının kalınlığıdır.

d : Sismik yerdeğiştirmedir.

Anakaya ve yüzey tabakasının S dalga hızları (C_b ve C_f) yukarıdaki formülde yerine konulunca yüzey tabakasının frekansı F aşağıdaki gibi gösterilir:

$$F_g = V_b / 4 A_g h \quad (3.1.2.3)$$

Anakayadaki ivme değeri α yazılacak olursa:

$$\begin{aligned} \gamma &= ((A_g \cdot \alpha_b) / (2\pi F_g)^2) \cdot (4 \cdot A_g (F_g / C_b)) \\ &= (A_g^2 / F_g) (\alpha_b / \pi^2 C_b) \\ &= c \cdot K_g \cdot \alpha \end{aligned} \quad (3.1.2.4)$$

$\alpha_b = (2\pi F_g)^2$ ve kesme gerilmesinin γ olduğu varsayıldığında

$$c = 1/\pi^2 V_b$$

$$K_g = A_g^2 / F_g \text{ dir.} \quad (3.1.2.5)$$

c' nin, birçok yerde yaklaşık olarak sabit olduğu varsayılır. Efektif kesme gerilmesi denklemde ($\gamma = A_g \cdot d / h$) e % olarak tanımlanır. Ve e =60% ve $C_b = 600 \text{ m/sn}$ kabul edildiğinde K_g ve α_b çarpımı neredeyse birbirine eşit olmaktadır.

K_g , zeminin dayanıksız bölgelerinin belirlenmesinde kullanışlı olmakta, hasar olasılığı hesaplamada doğru olduğu düşünülen ve zemini uygun olarak temsil eden bir değerdir.

3.1.2.6 Zeminlerin Sınıflandırılması

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007 Deprem Yönetmeliği' ne göre yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak, yerel zemin sınıfları Tablo 3.1'de zemin grupları ise Tablo 3.3' de ve spektrum karakteristik periyotları Tablo 3.2' de verilmiştir.

Elde edilen S-dalgası hız profilleri kullanılarak zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için sınıflama kriterlerinden birisi de NEHRP (**N**ational **E**arthquake **H**azard **R**eduction **P**rogramme) zemin sınıflama kriterleridir. NEHRP, A.B.D'de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul görmüş ve yeni yapılan inşaatların sismik dizaynında yaygın olarak kullanılan zemin sınıflama kriterleridir (Wills ve diğ., 2000) NEHRP'e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanmaktadır (Sancılı ve diğ, 2007) ve bu sınıflar Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Yerel zemin sınıfı (2007 Deprem Yönetmeliği'nden).

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 1' e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Tablo 3.2 Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) (2007 Deprem Yönetmeliği'nden).

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Tablo 3.3 Zemin grupları (2007 Deprem Yönetmeliği'nden).

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1.Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar.... 2.Çok sıkı kum, çakıl.... 3.Sert kil ve siltli kil....	>50 <32	---- 85-100 ----	>1000 ---- >400	>1000 >700 >700
(B)	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.... 2.Sıkı kum, çakıl.... 3.Çok katı kil ve siltli kil....	---- 30-50 16-32	---- 65-85 ----	500-1000 1000 ---- 200-400	700-1000 400-700 300-700
(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.... 2.Orta sıkı kum, çakıl.... 3.Katı kil ve siltli kil....	---- 10-30 8-16	---- 35-65 ----	<500 ---- 100-200	400-700 200-400 200-300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.... 2.Gevşek kum.... 3.Yumuşak kil, siltli kil....	---- <10 <8	---- <35 ----	---- ---- <100	<200 <200 <200

Tablo 3.4 NEHRP'e göre zemin sınıflama kriterleri.

ZEMİN SINIFI	TANIMLAMA	ORTALAMA S-DALGA HIZI 30 M'YE KADAR	ZEMİN HAKİM PERİYOTLARI
A	Sert ana kaya	> 1500 m/s	$T \leq 0.08$
B	Sağlam, dayanıklı ile sert kaya arası birimler	760 – 1500 m/s	$0.08 \leq T < 0.16$
C	Yoğun toprak, yumuşak kaya	360 - 760 m/s	$0.16 \leq T < 0.33$
D	Sert toprak	180 – 360 m/s	$0.33 \leq T < 0.67$
E	Yumuşak killer	< 180 m/s	$T \geq 0.67$
F	Özel çalışma gerektiren zeminler, örneğin sıvılaştırılabilir zeminler, suya dolgun kil ve organik olan ve 36 m'den daha kalın zeminler	< 180 m/	

NEHRP kriterlerine göre zeminler Vs30 ortalama değerlerine göre, A ile F sınıfı arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. NEHRP'e göre en yüksek kalitedeki A tipi zemin, Vs30 hızı 1500 m/sn veya daha yüksek olan, en düşük kalitedeki E tipi zemin, Vs30 hızı 180 m/sn veya daha düşük olan zeminler olarak tanımlanmıştır. F sınıfı zeminler ise kalınlığı 36 metreden daha fazla ve düşük Vs (< 180 m/sn) hızlı zeminlerdir.

Üçüncü zemin sınıflama kriteri ise Eurocode 8 (E8) ile verilmektedir (Tablo 3.5). Eurocode 8 kriterlerinde zeminler NEHRP'e benzer şekilde Vs30 ortalama değerlerine göre sınıflandırılmaktadır.

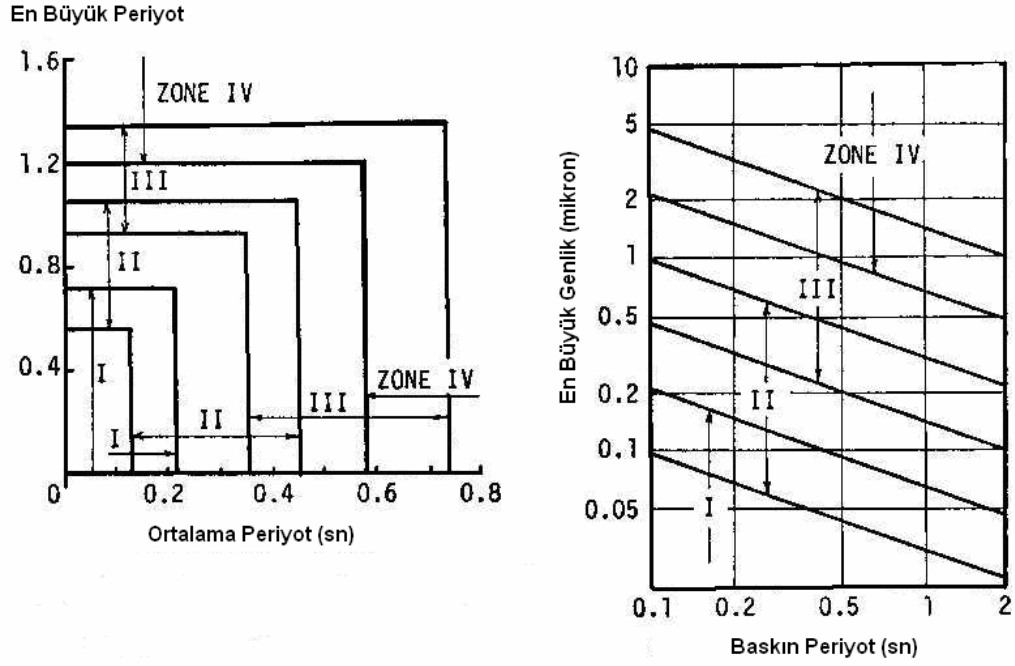
Tablo 3.5 Eurocode 8'e göre zemin sınıflama kriterleri.

Zemin tipi	Stratigrafik kesitin tanımı	V_{s30} (m/s)
A	Kaya veya yüzeyde en çok 5 metre zayıf malzeme içeren kaya benzeri jeolojik oluşumlar	> 800
B	Çok sıkı kum depolanmaları, çakıl, veya dereceli olarak derinlikle mekanik özellikleri artan en azından bir kaç 10 metre kalınlıklı çok sert kil	$360 - 800$
C	Sıkı veya orta-sıkı derin kum depolanmaları, çakıl veya kalınlıkları birkaç 10 metreden yüzlerce metreye varabilen sert kil	$180 - 360$
D	Gevşekten ortaya düşük kohezyonlu toprak depolanmaları (bazı yumuşak kohezif tabakalar içerebilir), veya hakim olarak yumuşaktan-dayanıklıya kohezif toprak	< 180
E	Yüzey alüvyon tabakasında V_{s30} değeri tip C veya D olan ve kalınlığı 5 m ila 20 m arasında değişen, altında $V_s > 800$ m/s'lik sert malzeme bulunan toprak kesiti	

Kanai, mikrotremorları en büyük periyot ile ortalama periyot ve en büyük genlik ile etkili periyot ilişkileri açısından değerlendirerek bir sınıflamaya gitmiştir. Bu sınıflamaya göre yeri dört ana gruba ayırmıştır (Kanai ve Tanaka 1961). Japon yapı yönetmeliğinde de belirtilen gruplar şunlardır:

- 1.Grup: Tersiyer ya da daha yaşlı sert, kumlu, çakıllı birimlerden oluşmaktadır.
- 2.Grup: Sel getirimli, Pleistocene ya da çakıllı alüvyona ait kumlu sert kil ve milden oluşan 5 m ya da daha kalın tortullardan oluşmaktadır.
- 3.Grup: Yer, kalınlığı 5 m ya da daha çok kalınlıktaki alüvyon içermektedir.
- 4.Grup: Yumuşak delta birikintilerini, çamur ve üst toprak katmanını içeren alüvyonlu yer olup, katman kalınlığı 30 m ya da daha kalındır.

Japonya’ da kullanılan Kanai (1961) tarafından önerilen zemin periyotları ve büyütme faktörlerine göre zemin sınıflamaları Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Dört Zemin sınıfı için, En Büyük periyot - Ortalama periyot ve En büyük Genlik Hakim Periyot Grafikleri (Tuncel,2008)

3.1.3 Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Yöntemi (MASW)

3.1.3.1 Yöntem

Yüzey dalgası analiz yöntemlerinde, yeraltındaki tabakalı yapıların kesme dalgası hızının (V_s) derinlikle değişiminin hesaplanması amacıyla Rayleigh dalgasının dispersif özelliğinden faydalanılır. Yüzey dalgası yöntemleri aktif kaynaklı ve pasif kaynaklı yöntemler olmak üzere iki ana grup altında toplanabilir. Pasif kaynaklı yöntemler daha derin nüfus gücüne sahiptir. Özellikle ana kaya derinliğine ulaşılması gereken sahalarda etkin olarak kullanılabilir. Arazide ilk bakışta kolay uygulanabilir olması yöntemin avantajları olarak görülmesinin yanında, veri eldesi sırasında geometriden kaynaklanan problemler ve yüzeye yakın tabakaların tespitinde yanılğı payının olması dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında, MASW yöntemi daha sınırlı nüfus derinliğine sahip olmasının yanında, etkin kaynak kullanılması ile daha başarılı sonuçlar alınmaktadır. Özellikle V_{s30} çalışmalarında ilk 30 metrenin önemi ve ince tabakaların tespitinde oldukça sağlıklı sonuçlar vermesi nedeniyle etkin kullanıma sahiptir. Tüm farklılıklarına rağmen, yüzey dalgası analiz yöntemleri aşağıdaki üç adımda gerçekleştirilir.

- 1- Yüzey dalgalarının alıcılar ile kaydedildiği arazi aşaması,
- 2- Veri işlem ve dispersiyon eğrilerinin eldesi,
- 3- Dispersiyon eğrisinin farklı yöntemlerle ters çözümlenmesinden elde edilen, V_s değerlerinin derinlikle değişimi.

Dispersiyon eğrisinin elde edilmesi kritik bir adımdır. Ters çözümleme ile elde edilen V_s hız profilinin doğruluğu büyük oranda frekansa ve faz hızına bağlı olan dispersiyon eğrisinin doğruluğuna ve özelliklerine bağlıdır.

Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) tekniği, var olan gürültüde SASW'nin eksiklerini gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Benzer şekilde 12 veya daha fazla sayıda alıcı kısa (1–2 m) ve uzun (50–100 m) mesafeler arasında yerleştirilir ve impuls veya vibratör kaynağıyla kayıtlar alınarak istatistiksel açıdan

yeterli miktarda faz hızı ölçülür. Hem fazlaca kaynak kullanılması hem de yığma yapılması durumunda, esas Rayleigh dalga modu baskın olarak elde edilir. Makaslama hızının iki-boyutlu yatay belirtilerini elde etmek için, profiller boyunca birçok kayıt alınıp ters çözümü yapılır. Büyük kaynakları taşımak ve birçok noktada tekrarlamak oldukça pahalı bir çaba gerektirir.

Rayleigh tipi yüzey dalgaları sismik yansıma çalışmalarında önemli bir uyumlu gürültü tipidir (ground roll gürültüsü). Bu dalgalar geleneksel sismik veri işlemede farklı frekans, dalga sayısı ve faz hızlarına sahip olayları ayrılmı bir şekilde haritalamak ve süzgeçlemek gibi çok amaçlı kullanılan f-k ve f-p dalga alanı dönüşüm teknikleri sayesinde, uygun süzgeç düzenleri ile yansıma verisinden atılırlar. Bununla birlikte son yıllarda bu dalgaların dispersiyon özellikleri jeofizik (Park ve diğ., 1996, 1998; Xia ve diğ., 1999) ve jeoteknik (Stokoe ve diğ., 1994) mühendislik çalışmalarında sığ yer altının kesme dalgası hız (S dalgası, V_s) yapısını belirlemek için önemli bir bilgi kaynağı (frekansa karşılık faz hızı değişimleri) olarak çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

S dalgasının derinliğin fonksiyonu olarak yüksek ayrımlılık ve doğrulukta belirlenmesi, çoğunlukla dispersiyon eğrisinin tam olarak elde edilmesine bağlıdır. Çünkü dispersiyon eğrisinin elde edilmesi en kritik aşamadır ve ters çözümleme ile elde edilen V_s hız profilinin doğruluğu büyük oranda frekansa ve faz hızına bağlı olan dispersiyon eğrisinin doğruluğuna ve özelliklerine bağlıdır (Kanlı ve diğ., 2006). Bu nedenle arazi verilerinden dispersiyon eğrisinin belirlenmesi çalışmalarında, tek istasyon verisinin tekrarlı süzgeç analizi (Dziewonski ve diğ., 1972), iki istasyon verisi ile yüzey dalgalarının spektral analizi (SASW) (Stokoe ve diğ., 1994) ve çok istasyon verisinin f-k ve f-p dalga alanı dönüşüm yöntemlerine bağlı olarak çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) (Park ve diğ., 1998; Xia ve diğ., 1999; McMechan ve Yedlin, 1981) teknikleri kullanılmaktadır.

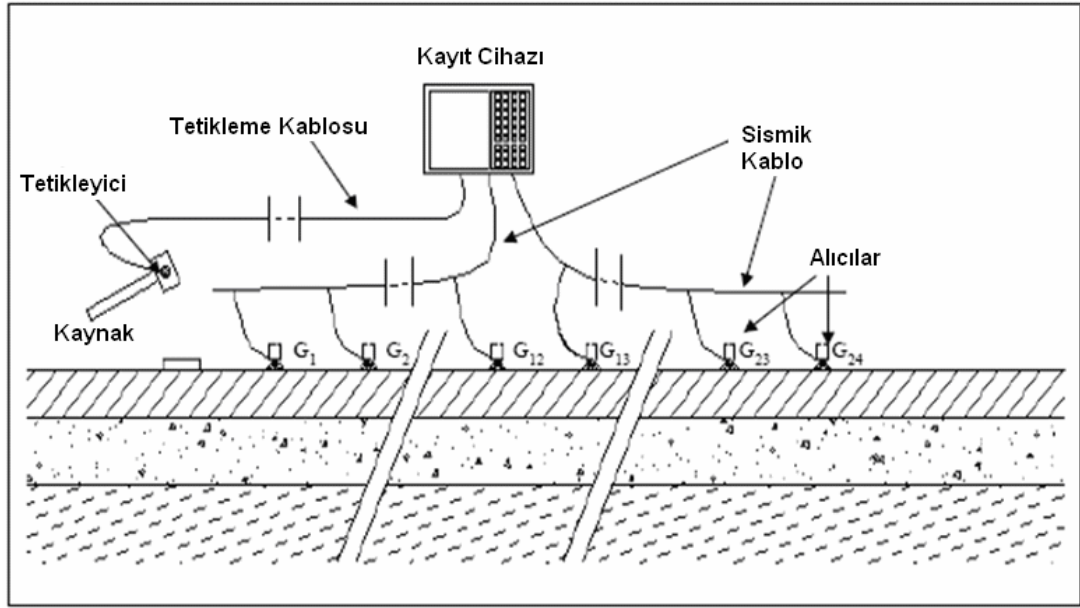
3.1.3.2 Yöntemin Arazide Uygulanması

Aktif kaynaklı MASW yönteminin arazide uygulanması için öncelikle mümkün olduğunca şehir gürültüsünden uzak alanlar seçilmelidir. Uygulama alanının seçme şansına sahip değilsek, seçilmiş olan yerin en sessiz olduğu zamanlarda arazi uygulaması yapılabilir. Uygulama amacına göre jeofon aralığı tespit edilir ve profil boyu hesaplanarak, en uygun profilde serim yapılır. MASW yöntemi uygulanırken ihtiyacımız olan ekipman aşağıda yazılmıştır;

- 1-Jeofon seti,
- 2-Kayıtçı
- 3-Sismik serim kablosu
- 4-Güç kaynağı.

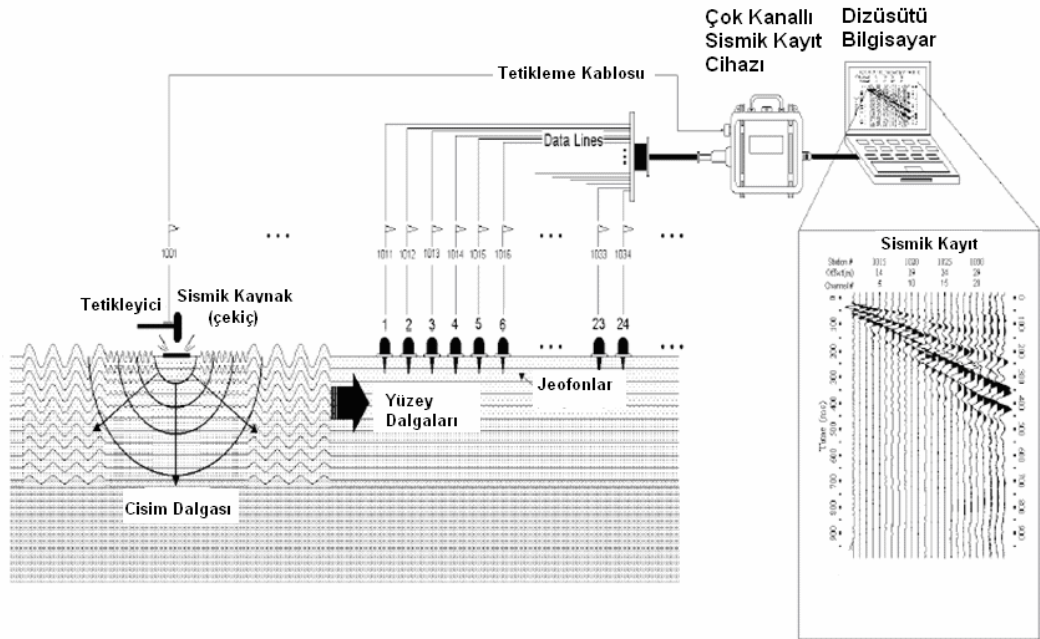
Temel olarak arazi ekipmanı yukarıdaki gibi sıralanabilir. Jeofon seti kayıtçının özelliğine göre 12, 24 veya 48 jeofondan oluşabilir. Kayıtçı bilgisayar düzenekli bir kayıtçı olabilir ya da arazide dizüstü bilgisayara bağlanabilen bir sismik kayıtçı ile yöntem uygulanabilir. Serim kablosu jeofonların algıladığı impulsları kayıtçıya iletmek amacıyla kullanılan ve üzerinde jeofon bağlantı yerleri olan özel bir kablodur. Güç kaynağı olarak balyoz, hidrolik güç kaynağı veya yer üzerinde anlık impuls oluşturacak herhangi bir güç kaynağı olabilir.

İlk olarak araziye çıkılarak çok kanallı sismik ekipman ile veriler elde edilir. Yere sismik bir kaynak aracılığı ile etki yapılır ve jeofonlar aracılığı ile bu etkilerin oluşturduğu tepkiler dinlenir.



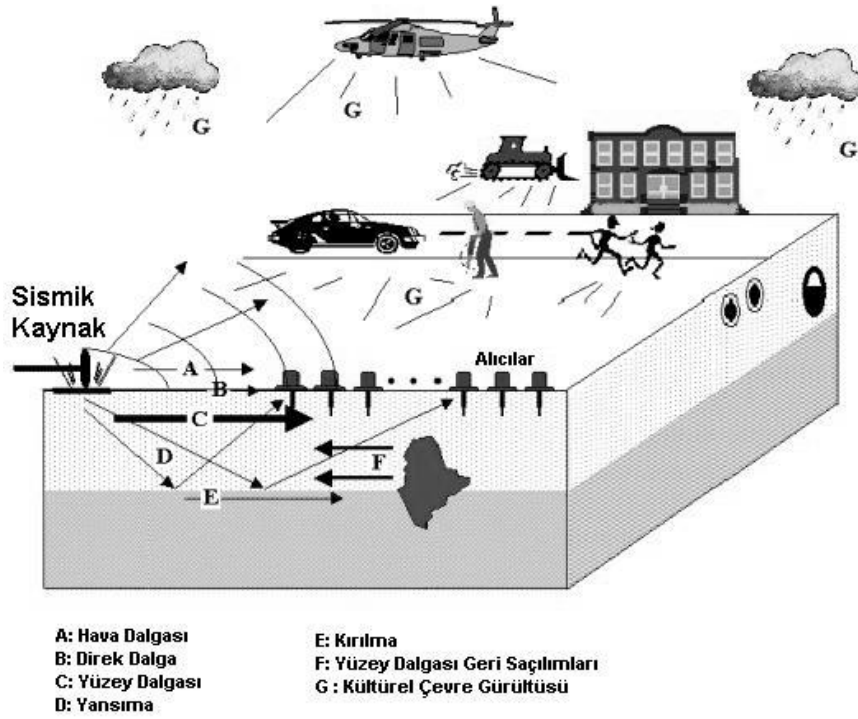
Şekil 3.7 MASW veri toplama şeması.

(<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/mikrobolgeleme/MikrobolgelemeDokuman.htm>)



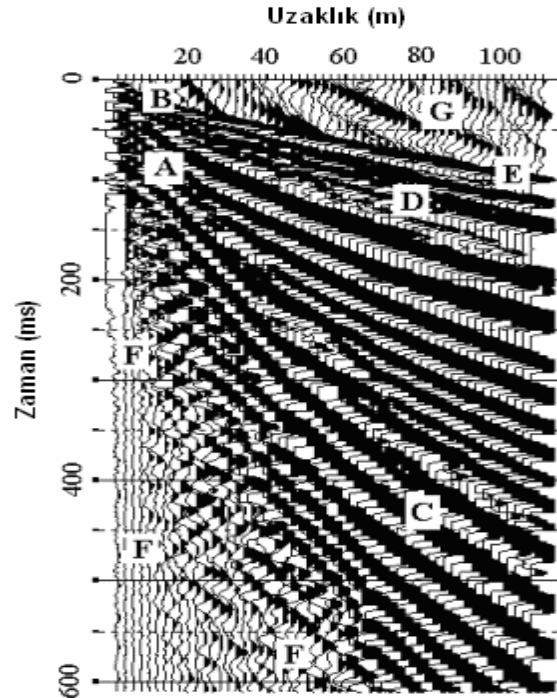
Şekil 3.8 Jeofonların arazideki konumu ve uygulama şeması.

(<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/mikrobolgeleme/MikrobolgelemeDokuman.htm>)

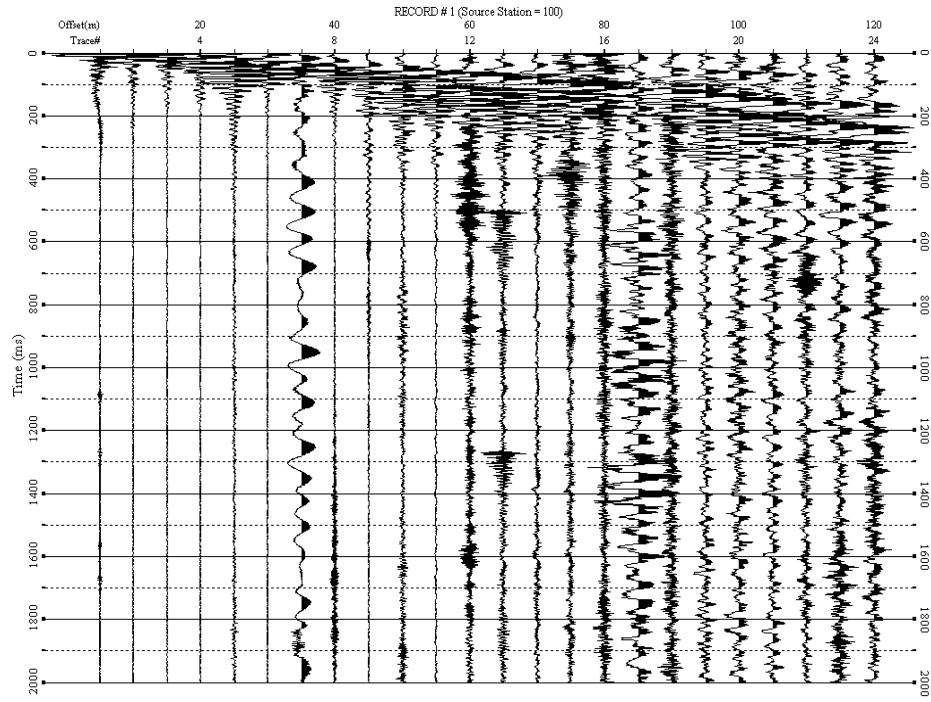


Şekil 3.9 MASW tekniğinin arazide uygulanması.

(<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/mikrobolgeleme/MikrobolgelemeDokuman.htm>)



Şekil 3.10 Sismik dalgaların görünümü. (A-Hava dalgası B-Direk dalga C-Yüzey dalgası D-Yansıma E-Kırılma F-Yüzey dalgası geri saçılımları G-Kültürel çevre gürültüsü (<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/mikrobolgeleme/MikrobolgelemeDokuman.htm>))



Şekil 3.11 MASW ekipmanı ile alınmış çok kanallı (24 kanal) kayıt örneği.

3.1.3.3 Değerlendirme Aşamaları

Çok kanallı verinin dispersiyon analizi için en çok kullanılanlar f-k ve f-p dalga alanı dönüşüm teknikleridir. Her iki yöntemin uygulama temelini uzaklık-zaman ortamından elde edilen verilerin farklı ortamlara ileri ve geri dönüşüm özellikleri oluşturmaktadır ve bu iki yöntem uygulamada çoğunlukla benzer sonuçlar üretirler. Bununla birlikte bu dönüşümlerin farklılığı çoğunlukla onların dönüşüm parametrelerinden ve uygulama kriterlerindeki farklılıklarından kaynaklanmaktadır (Nolet ve Panza, 1976). Çok istasyon verisinin f-k dönüşüm temeline dayalı uygulaması için, kaydedilen atış verisi, $U(x,t)$, 2 Boyutlu Hızlı Fourier Dönüşümü (2B-HFD) ile uzaklık-zaman (x,t) ortamından frekans-dalgasayısı (f,k) ortamına aktarılır. 2BFD'in uygulamada hesaplanması çok fazla zaman ve veri depolama gerektirdiği için pratikte 1 boyutlu hızlı Fourier (1B-HFD) algoritmaları kullanılarak hesaplanabilir (Butkus, 2000). Bu dönüşüm sabit bir frekans ve dalga sayısında orijinal dalga alanını bileşenlerine ayrıştırır. Kaydedilen verinin dispersiyon modları, frekansın ve dalga sayısının bir fonksiyonu olarak haritalanır. Sonra f-k spektral ortamında haritalanmış veri üzerinde yüzey dalgaları ile ilişkili maksimumların

lokasyonundan aşağıdaki ilişki kullanılarak dispersiyon eğrisi (frekansa karşılık yüzey dalgası faz hızı eğrisi) elde edilir.

$$C_m(f) = 2\pi f / k_m(f) \quad (3.1.3.1)$$

Yüzey dalgalarının dispersiyon analizinde çok kullanışlı olan diğer dalga alanı dönüşüm yöntemi f-p dönüşüm yöntemidir (Fobi, 2000). F-k dönüşüm tekniğine benzer olarak sismik veri işleminde, eğimli yığma, sismik hızların analizi ve süzgeçleme, sinyal/gürültü oranını artırmak ve tekrarlıların bastırılması, göç, ters çözüm ve ters dönüşümde uzaysal örnekleme oranını artırarak izlerin interpolasyonu gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Buttkus, 2000; Yılmaz, 1987). Yöntemin yüzey dalgası dispersiyon analizinde kullanılmasının en önemli avantajı, kaydedilen verinin doğrudan frekans-hız ortamına aktarılmasını sağlamasıdır.

3.1.3.3.1 Dispersiyon eğrilerinin oluşturulması. Dalga boyundan, yüzey dalgalarının faz hızı aşağıdaki ilişki ile belirlenir.

$$VR = f \lambda R \quad (3.1.3.2)$$

f frekansını değiştirerek dispersiyon eğrisi elde etmek mümkündür. f-k (frekans dalga sayısı) yönteminde, k pik değeri güç spektrumunda (zaman ve mekan ortamındaki verinin frekans ve dalga sayısı ortamına dönüştürmede) pik (en büyük) değere tekabül eden dalga sayısıdır. Herhangi bir f0 frekansı için Rayleigh dalgası faz hızı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$VR = (2\pi f_0 / (k_{pik})) \quad (3.1.3.3)$$

Ayrıca 2B Fourier dönüşümü kullanılarak veri f-k ortamına aktarılır. Rayleigh dalgası hızı (VR) homojen ortamda sabittir ve aşağıdaki denklemle hesaplanır (Ergin, 1995):

$$VR^6/Vs^6 - 8(VR^4/Vs^4) + (VR^2/Vs^2)(24 - 16(Vs^2/Vp^2))Vs^4VR^2 - 16(1 - (Vs^2/Vp^2)) = 0 \quad (3.1.3.4)$$

-VR Uniform ortam içinde Rayleigh dalgası hızı

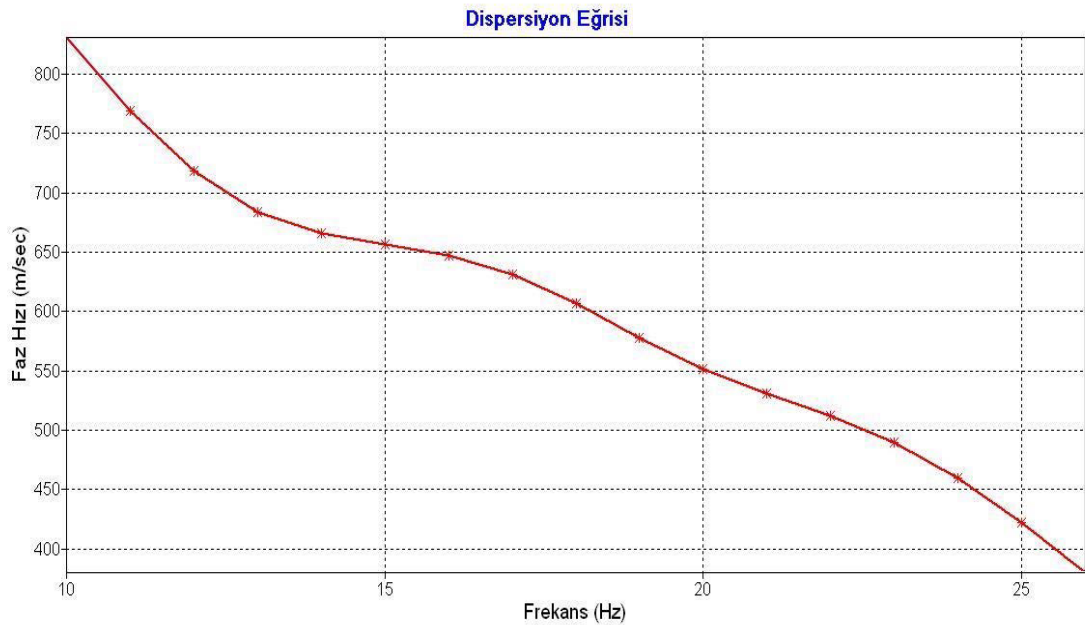
-Vs Uniform ortam içinde kayma dalgası hızı

-Vp Uniform ortam içinde sıkışma dalgası hızıdır.

Rayleigh dalgası hızı yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi ortamın kayma ve sıkışma dalgası hızına bağlıdır. Ayrıca basit olarak;

$$V_R = V_s \sqrt{(0.87 + 1.7 \nu) / (1 + \nu)} \quad (3.1.3.5)$$

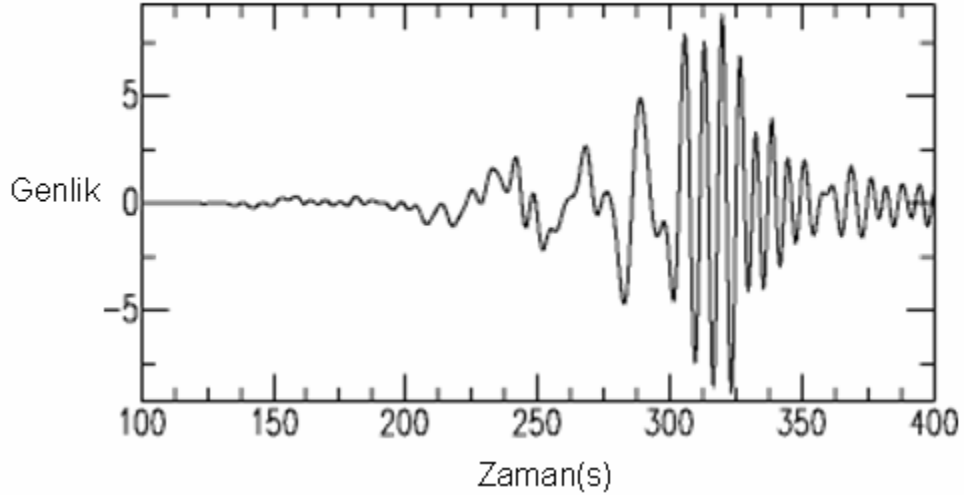
formülü ile de hesaplanabilir. (Viktorov, 1967). Burada ν poisson oranıdır. Bu aşamalardan sonra dispersiyon eğrisi elde edilir(Şekil 3.20).



Şekil 3.12 Tüm işlemlerden sonra elde edilen dispersiyon eğrisi.

3.1.3.3.2 Dispersiyon. Yüzey dalgaları, homojen ve izotropik yarı sonsuz ortamdaki Rayleigh dalgaları hariç, frekansa bağlı olarak yüzey boyunca belirli bir hız dağılımı gösterirler. Bu hız dağılımındaki dalga paketinin farklı faz hızlarıyla hareket etmesine dispersiyon denir (Aki and Richards 1980). Yüzey boyunca dispersiyona uğrayan yüzey dalgalarının hızları frekans ya da periyoda bağlıdır. Dispersiyon kuramı, yakın yüzey yer yapısının bir fonksiyonu olduğundan, yakın yüzey ile ilgili bilgiler dispersiyon eğrisinden elde edilebilir (Okada 2003). Yüzey dalgalarının

frekansa bağılı hızlarına faz hızı denir ve frekansa karşılık faz hızları çizildiğinde o yüzey dalga türüne ait dispersiyon eğrisi elde edilir. Bir kaynaktan çıkan sinyal, bulunulan yerden daha uzaklarda kaydedildiğinde, sinyal üzerindeki dispersiyonun etkisi daha da dikkat çeker.



Şekil 3.13 Missouri’de (Gulf kıyısı yakınları, Alabama) kaydedilmiş, depremin yarattığı dispersif Rayleigh dalgası (<http://eqseis.geosc.psu.edu>, 2006).

3.1.3.3.3 Faz Hızı ve Grup Hızı. Dispersiyon olayı yüzey dalgalarında iki ayrı hız kavramını ortaya çıkarmaktadır. Bunlar, faz ve grup hızlarıdır. Her ikisi de frekansın ya da periyodun fonksiyonudurlar. Farklı frekanslı yüzey dalgaları birbiri üzerine binerek bir dalga grubu oluştururlar. Bu dalga grubunda herhangi bir noktanın ilerleme hızına $c(\omega)$, faz hızı denir. Tüm dalga grubunun ilerleme hızına ise grup hızı denir. Yani grup hızı, dalga zarfının ilerleme hızıdır (Lay ve Wallace 1995). Faz hızı, doğrudan tabaka parametreleri ile (tabaka boyu, gerçek P ve S hızları, rijitlik, ...vb.) ve sınır şartları düşünüldüğünde belirli harmonik bileşenlerinin geometrik uyumu ile denetlenebilir.

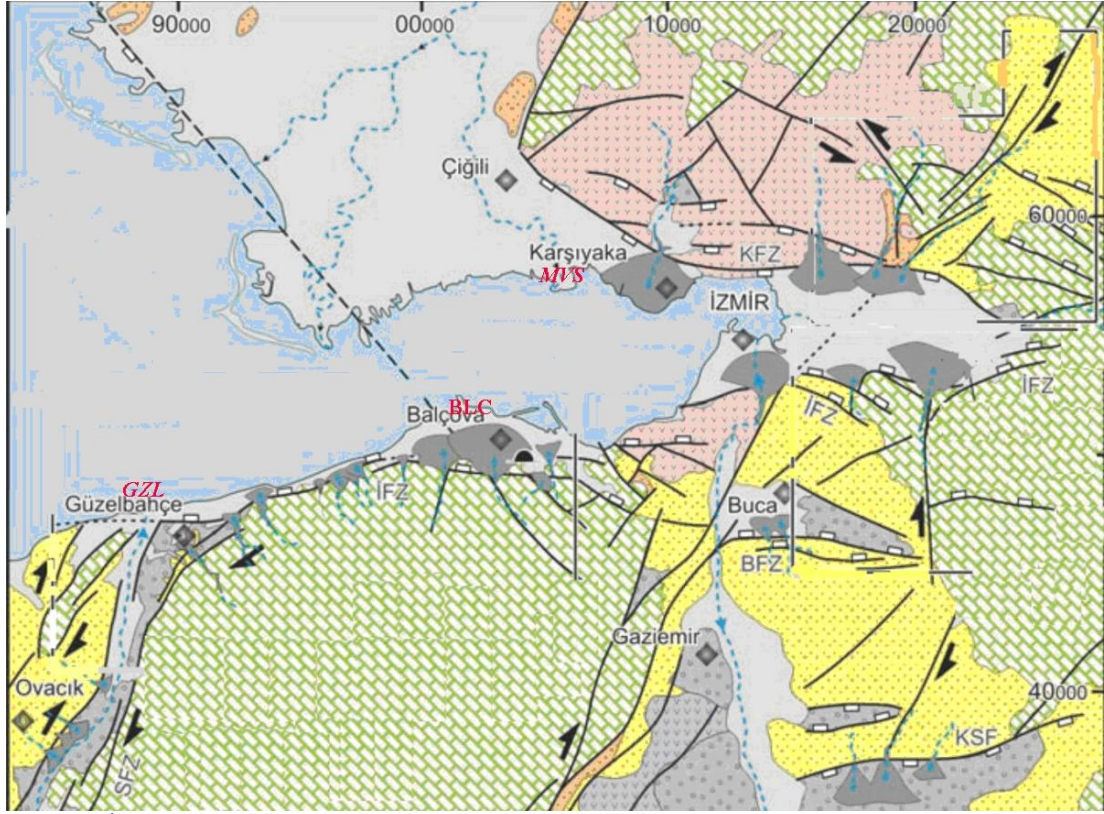
BÖLÜM DÖRT

ARAZİ ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR

4.1 Giriş

Tübitak KAMAG 106G159 nolu proje kapsamında Jeofizik çalışmalar, kuvvetli yer hareketi istasyonlarının yerleştirildiği zeminlere ait temel özelliklerin (Vs hız dağılımını araştırmak, yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirlemek, zemin sınıflaması, H/V spektral oranlar, vulnerability indeksi ve zemin transfer fonksiyonları) mikro ölçekte elde edilmesine yönelik olarak yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında jeolojik olarak alüvyon birimine karşılık gelen zeminlere yerleştirilen BLC (Balçova), GZL (Güzelbahçe) ve MVS (Mavişehir) kuvvetli yer hareketi istasyonlarında Tübitak KAMAG 106G159 nolu proje kapsamında yapılan standart arazi ölçümlerinin (DES, Sondaj, tek nokta microtremör ve tek profil MASW) haricinde alüvyon biriminin micro ölçekteki zemin özelliklerinin değişimini irdelemek amacıyla istasyonlar çevresinde genişletilmiş alanda ayrıntılı mikrotremör, MASW-REMi ve özdirenç tomografi çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sözkonusu çalışma alanlarının iki boyutlu zemin özelliklerinin(zemin hakim titreşim periyotları ve zemin büyütme hızları, Vs hızları) ortalama 30m ye kadar yanal ve düşey yönlü değişimleri saptanmıştır.



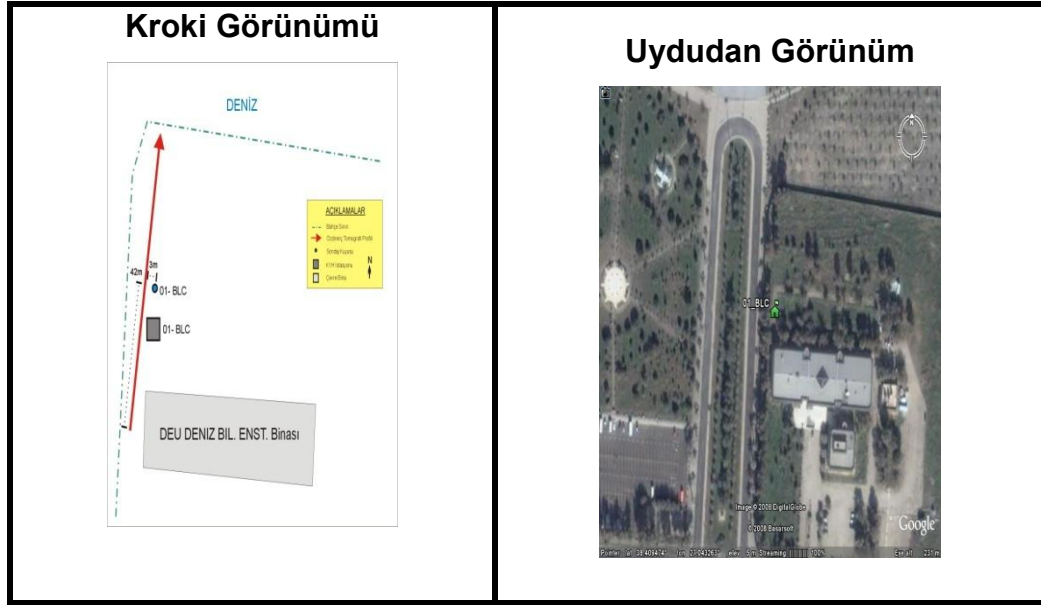
Şekil 4.1 İzmir jeoloji haritasında BLC (Balçova), GZL (Güzelbahçe) ve MVS (Mavişehir) kuvvetli yer hareketi istasyonlarının yerlerini gösterir harita.

4.2 Standart Çalışmalar

İzmir Metropol Alanını kapsayacak şekilde yerleştirilen kuvvetli yer hareketi istasyonlarının konumlarında zemin özelliklerini tanımlamaya yönelik standart çalışmalar olarak 1 sondaj kuyusu, 1 profil DES uygulaması, 1 profil öz direnç tomografi, 1 nokta microtermör ve 1 profil MASW ölçüsüleri alınmıştır.

4.2.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

BLC istasyonu Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü içerisinde 503964-4251438 UTM koordinatlarında bulunmaktadır.



Şekil 4.2 Balçova istasyonu krokisi ve uydu görüntüsü

4.2.1.1 Balçova İstasyonu (01_BLC) Zemin Sondajı Çalışmaları

Sondaj raporları doğrultusunda istasyonda yüzeyden itibaren 0,3 m derinliğe kadar bitkisel toprak malzemesi bulunmaktadır. 0,3 – 3 m derinliğe kadar kumtaşı bloklu, killi inşaat malzemesi içerikli dolgu tespit edilmiştir. 3 ile 6,5 metreleri arasında kil (grimsi siyahımsı renkli, bitki kökleri içerikli, 6 – 6,5 m arası az ince çakıllı) mevcuttur. 6,5 – 7,5 metre arası kumlu killi çakıl, 7,5 – 8 metrelerinde kumlu killi çakıl birimi görüldü. 8 ile 12 metreler arasında kumlu çakıl, 12 - 12,5 metrede killi çakıl, 12,5 ile 17,5 metreleri arasında kum, 17,5 metreden 20 metreye kadar çakıllı kum tespit edilmiştir. 20 ile 22 m arasında killi kumlu çakıl, 22 ile 23,5 metrelerinde çakıllı kum, 23,5 ile 24,5 metreleri arasında kum, 24,5 metreden 31 metreye kadar killi kumlu çakıl, 31 – 32 metre arası kum, 32 – 34 metre arası çakıllı kil, 34 – 36,5 m arası killi çakıl ve son olarak 36,5 – 40 m arasında çakıllı kil formasyonları tespit edilmiştir (Kuyu derinliği 40 m).

4.2.1.2 Balçova İstasyonu (01_BLC) Elektrik Özdirenç Çalışmaları

DES tekniği uygulaması 1 Nisan 2008 tarihinde, D.E.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü binası doğu tarafındaki arazi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3-

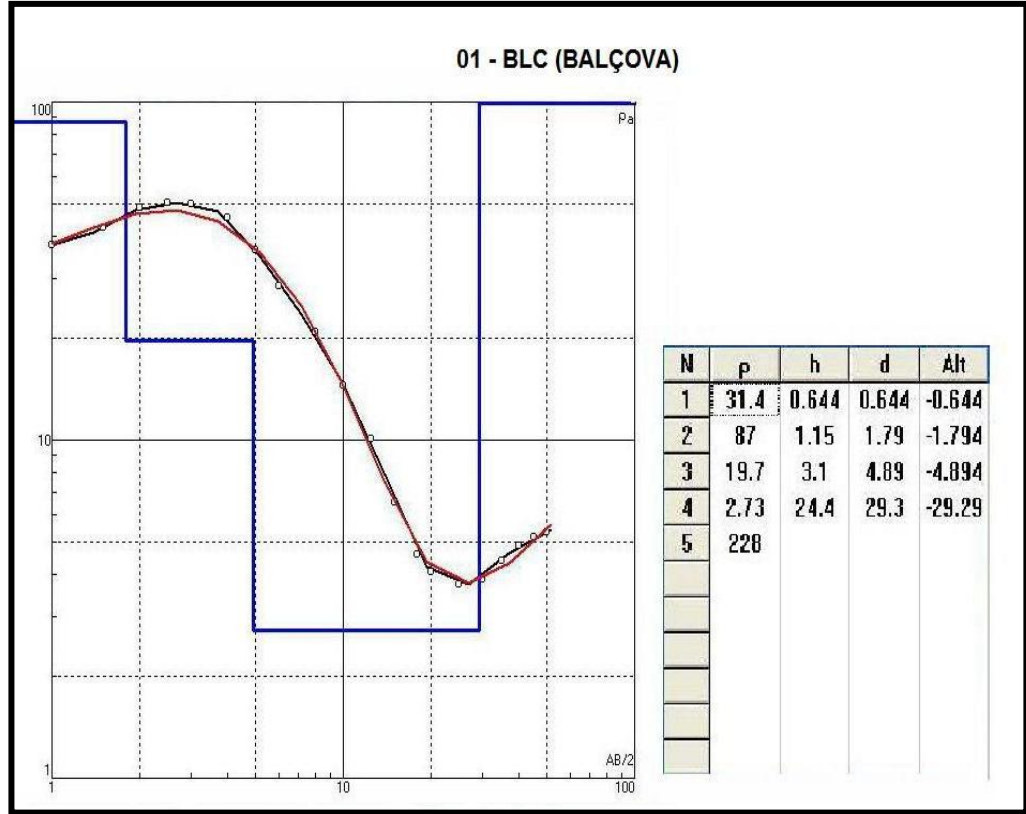
a).Profil doğrultusu K50B yönlü olup IPI2WIN programıyla elde edilen değerlendirme Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları

a) DES yöntemi uygulaması.

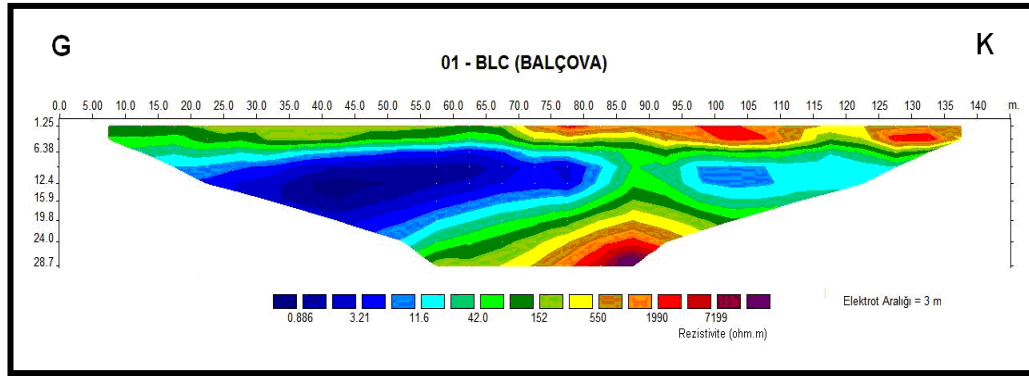
b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması.



Şekil 4.4 IPI2WIN programı ile elde edilen Yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri.

Elektrik Özdirenç DES ölçümleri sonucuna göre: yüzeyde (0-3m arası) yüksek özdirençli kumtaşı bloklu dolgu malzemesi, 3m'den 24m'ye kadar kumlu-killi-çakıllı su içeriği yüksek malzeme ve 25m'den sonra ise daha iri taneli malzeme yer almaktadır. Bu sonuçlar zemin sondajı sonuçları ile uyumludur.

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 87 metre uzunluğunda 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.5) . Profil doğrultusu G-K yönlüdür. RES2DINV programıyla elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.5'de verilmiştir.

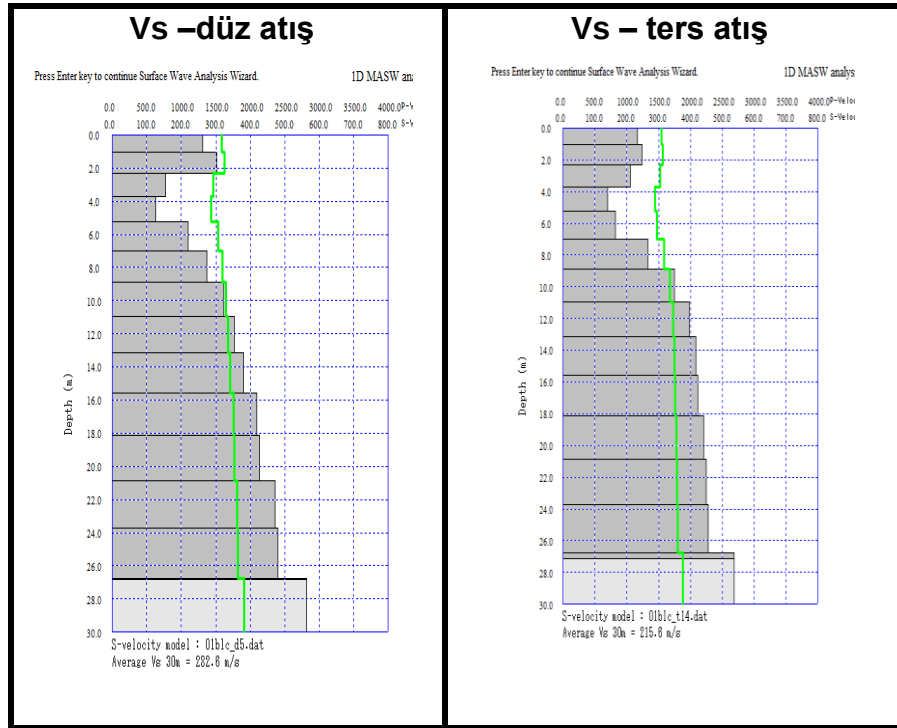


Şekil 4.5 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

Elektrik Özdirenç Tomografi değerlendirmesi sonucu yanal ve düşey yönde düzensiz yapının varlığı saptanmıştır. Su içeriği belirgin olarak 3-20m arasında izlenmektedir. Özdirenç değerlerinin çok düşük olması deniz suyu girişiminin varlığını göstermektedir.

4.2.1.3 Balçova İstasyonu (01_BLC) MASW Çalışması

Kaynak olarak hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kullanılarak 48 kanallı Geometrics Geode kayıtçısı ile 48 adet 4,5Hz lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Tüm istasyonlarda çalışma parametreleri ortak olup offset aralığı 2 m ve jeofon aralığı 2 m seçilmiştir. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma(stack) yapılmıştır. Masw yöntemi ile Vs hız dağılımlarının derinlikle değişimi elde edilerek 30 m derinliğe kadar kayma dalga hızları irdelenmiştir.



Şekil 4.6 Balçova İstasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri.

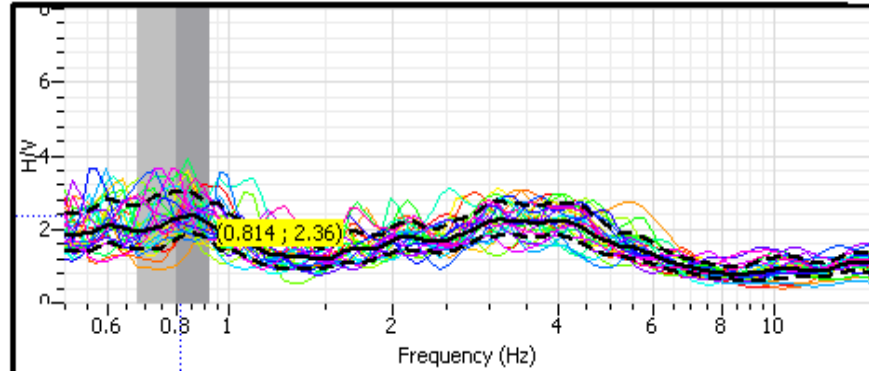
Tablo 4.1.Balçova İstasyonu İçin Ortalama Vs30 Değerlerine Göre NEHRP , Eurocode 8 Ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Hazırlanan Zemin Grubu Tablosu.

İstasyon Adı	Vs 30 düz atış(m/sn)	Vs 30 ters atış (m/sn)	ORTALAMA Vs30	NEHRP	EUROCODE 8	ZEMİN GRUBU (2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ)
01 blc	282.6	215.6	249.1	D	C	C2 veya C3

4.2.1.4 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör Çalışmaları

Deniz Bilimleri Enstitü'sünde 503964-4251438 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır. Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle Tek İstasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-40TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranıanalizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme

oranları saptanmıştır(Field ve Jacob, 1995) Ayrıca Nakamura Tekniği (1997) kullanılarak sismik vulnerability indeks Kg değerleri de (deformasyonun bir ölçüsü) saptanmıştır.



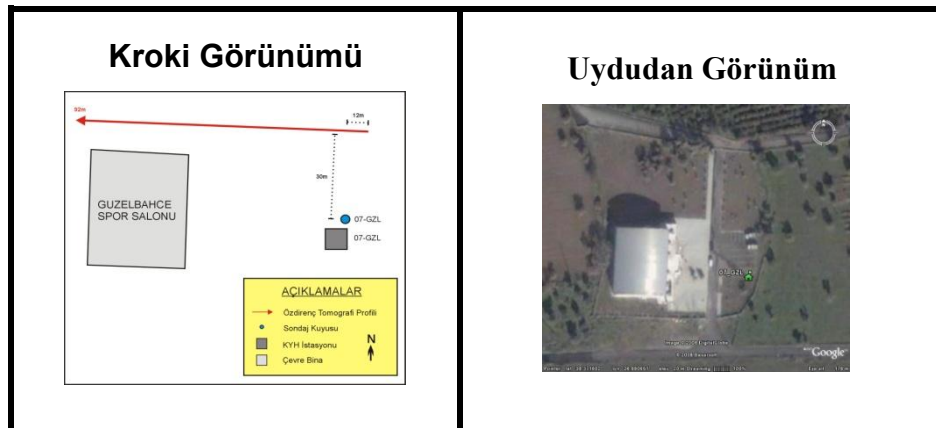
Şekil 4.7 Balçova istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirmesi

Tablo 4.2 Balçova İstasyonu Zemin Hakim Titreşim Frekansları (F), Spektral Oran Değerleri ve Zemin Sınıflaması

istasyon no	F(Hz)	T(sn)	H/V SPEKTRAL ORAN	Yerel Zemin Sınıfı	NEHRP
01_BLC	0.814	1.228501	2.36	Z4	E

4.2.2 Güzelbahçe İstasyonu(07-GZL)

Güzelbahçe Kapalı Spor Salonu arazisi içerisinde bulunan Güzelbahçe kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (07_GZL) 490449-4247276 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.8 Güzelbahçe istasyonu kroki ve uydu görünümü

4.2.2.1 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) Zemin Sondajı Çalışmaları

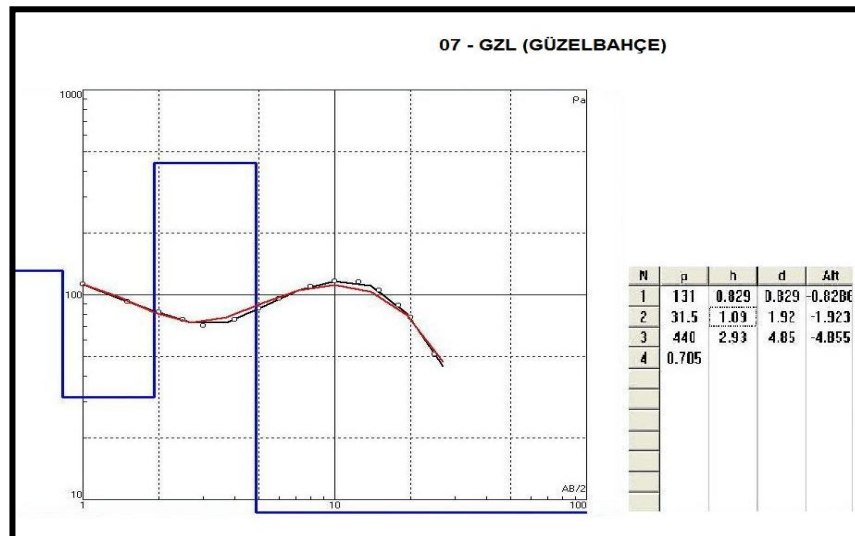
Sondaj raporları doğrultusunda yüzeyden 1 m'ye kadar bitkisel toprak formasyonu, 1-3 m arasında çakıl, 3-11,5 m arasında killi çakıl, 11,5-40 m aralıklarında kiltası formasyonu görülmektedir (Kuyu Derinliği 40 m).

4.2.2.2 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) Elektrik Özdirenç Çalışmaları

DES tekniği uygulaması, spor salonu arka tarafında KB-GD yönlü, merkezden 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.9'da verilmiştir.



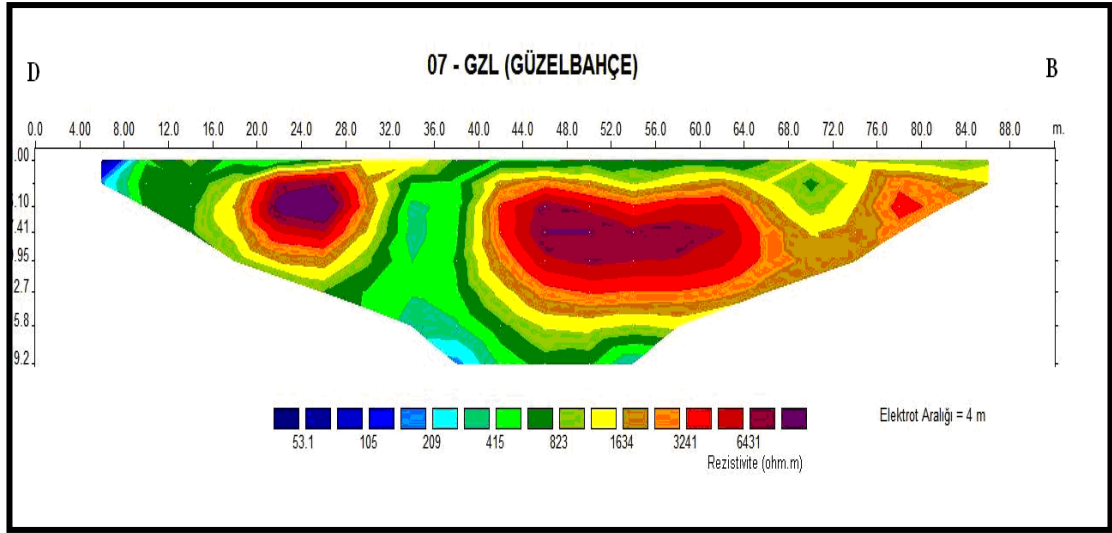
Şekil 4.9 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları.



Şekil 4.10 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri.

Elektrik Özdirenç ölçümleri sonucuna göre: yüzeyde (0-3m arası) çakıllı yüzey örtüsü, 3m'den sonra killi-kumlu birim, tabanda ise düşük özdirençli kil oranı ve/veya su içeriği yüksek birim yer almaktadır. Bu sonuçlar zemin sondajı sonuçları ile uyumludur.

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması Güzelbahçe Spor Salonu arka tarafında, doğrultusu D-B yönlü 92 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 24 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 4 metre seçilerek yapılmıştır. RES2DINV programı kullanılarak elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.11'de verilmiştir.



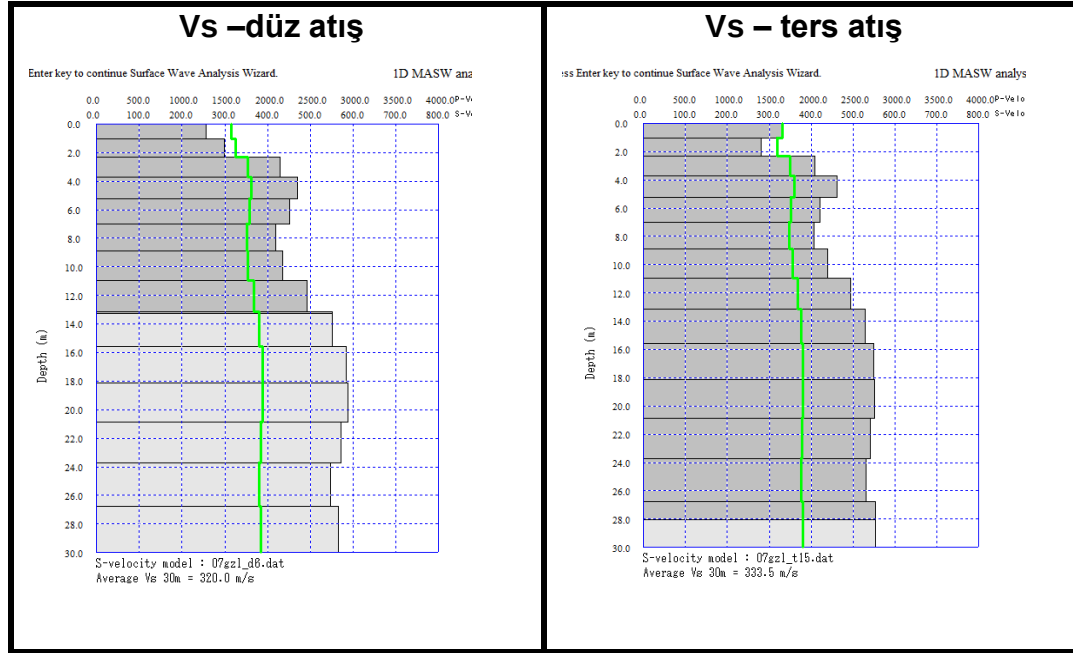
Şekil 4.11 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

Elektrik Özdirenç Tomografi değerlendirmesi sonucu yanal ve düşey yönde düzensiz, heterojen bir yapının varlığı saptanmıştır. Yer yer bloklu malzeme içeren homojen dağılım göstermeyen yatay tabakalar saptanmıştır.

4.2.2.3 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) MASW Çalışması

Kaynak olarak hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kullanılarak 48 kanallı Geometrics Geode kayıtçısı ile 48 adet 4,5Hz'lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Tüm istasyonlarda çalışma parametreleri ortak olup offset aralığı 2 m ve jeofon

aralığı 2 m seçilmiştir. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma(stack) yapılmıştır. Masw yöntemi ile Vs hız dağılımlarının derinlikle değişimi elde edilerek 30 m derinliğe kadar kayma dalga hızları irdelenmiştir.



Şekil 4.12 Güzelbahçe istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri

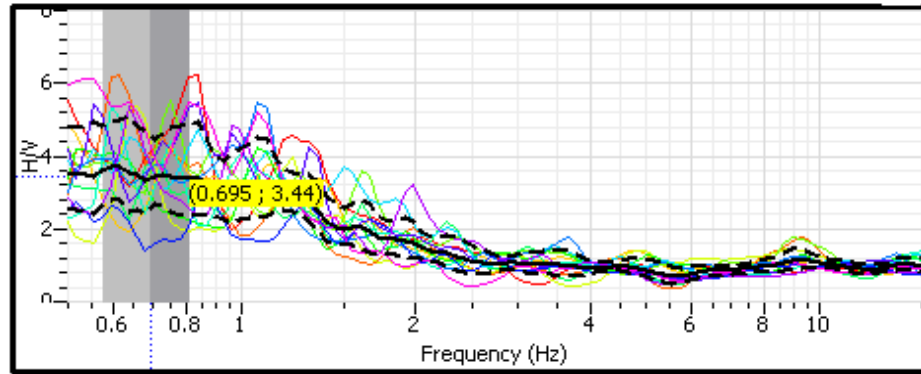
Tablo 4.3.Güzelbahçe İstasyonu İçin Ortalama Vs30 Değerlerine Göre NEHRP , Eurocode 8 Ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Hazırlanan Zemin Grubu Tablosu

İstasyon Adı	Vs 30 düz atış(m/sn)	Vs 30 ters atış (m/sn)	ORTALAMA Vs30	NEHRP	EUROCODE 8	ZEMİN GRUBU (2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ)
07 gzl	320	333.5	326.75	D	C	B3 veya C2

4.2.2.4. Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) Mikrotremör Çalışmaları

490449-4247276 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle Tek İstasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-40TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranıanalizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile

değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır(Field ve Jacob, 1995) Ayrıca Nakamura Tekniği (1997) kullanılarak sismik vulnerability indeks Kg değerleri de (deformasyonun bir ölçüsü) saptanmıştır.



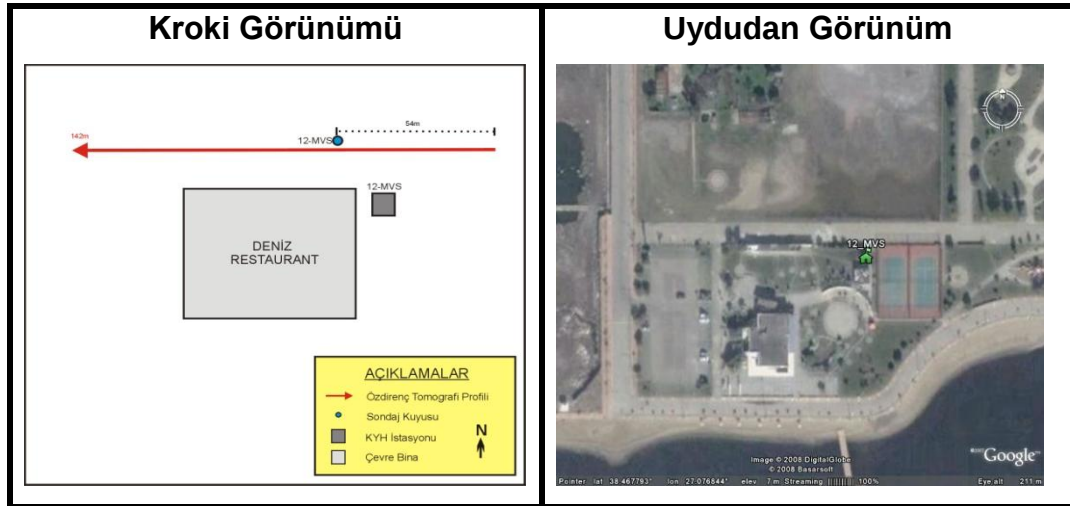
Şekil 4.13 Güzelbahçe istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirme

Tablo 4.4 Güzelbahçe İstasyonu Zemin Hakim Titreşim Frekansları (F), Spektral Oran Değerleri ve Zemin Sınıflaması

istasyon no	F(Hz)	T(sn)	H/V SPEKTRAL ORAN	Yerel Zemin Sınıfı	NEHRP
07_GZL	0.695	1.438849	3.44	Z4	E

4.2.3 Mavişehir İstasyonu (12-MVS)

Mavişehir'e kurulan kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (12_MVS), Denizkent Restorant bahçesinde olup 506745-4257958 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.14) .



Şekil 4.14 Mavişehir istasyonu kroki ve uydu görünümü.

4.2.3.1 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Zemin Sondajı Çalışmaları

Mavişehir istasyonu sondaj raporuna göre; yüzeyden 0,5 m'ye kadar bitkisel toprak, 0,5-3,2 m aralığında dolgu, 3,2-7 m aralığında siltli kil, 7-8,5 m aralığında siltli kum, 8,5-9,5 m aralığında silt, 9,5-9,7 m aralığında kil, 9,7-12,5 m aralığında silt, 12,5-19,5 m aralığında kil, 19,5-21 m aralığında silt, 21-28 m aralığında siltli kil, 28-35,5 m aralığında çakıllı kil, 35,5-35,8 m aralığında çakıllı siltli kil, 35,8-36,5 m aralığında kumlu killi çakıl, 36,5-37,5 m aralığında çakıllı kil, 37,5-38,5 m aralığında kumlu çakıllı kil, 38,5-39 m aralığında çakıllı killi kum, 39-53,9 m aralığında çakıllı kil, 53,9-54 m aralığında çakıllı kumlu kil, 54-55,3 m aralığında kil, 55,3-56,5 m aralığında killi siltli kum, 56,5-60 m aralığında killi kumlu siltli çakıl, 60-66 m aralığında çakıllı kil, 66-66,5 m aralığında çakıllı kumlu kil, 66,5-68,8 m aralığında siltli kil, 68,8-69,6 m aralığında çakıllı kumlu siltli kil, 69,6-72 m aralığında çakıllı kumlu kil, 72-72,3 m aralığında kil, 72,3-72,7 m aralığında kil, 72,7-74,9 m aralığında çakıllı kil, 74,9-76,5 m aralığında kil, 76,5-84,4 m derinlikleri arasında killi çakıl, 84,4-87 m aralığında kumlu çakıllı kil, 87-88 m aralığında killi çakıllı kum, 88-90,3 m aralığında kumlu killi silt tespit edildi. 90,3-90,5 m aralıklarında çakıllı siltli kum, 90,5-92 m aralığında killi kumlu silt, 92-93 m aralığında kumlu siltli çakıl, 93-101 m aralığında da çakıllı kil gözlenmiştir. 101-103 m aralığında çakıllı killi kum, 103-106 m aralığında çakıllı kil, 106-106,2 m aralıklarında siltli kil, 106,2-111 m aralığında çakıllı kil, 111-113,8 m aralığında kumlu çakıllı kil, 113,8-

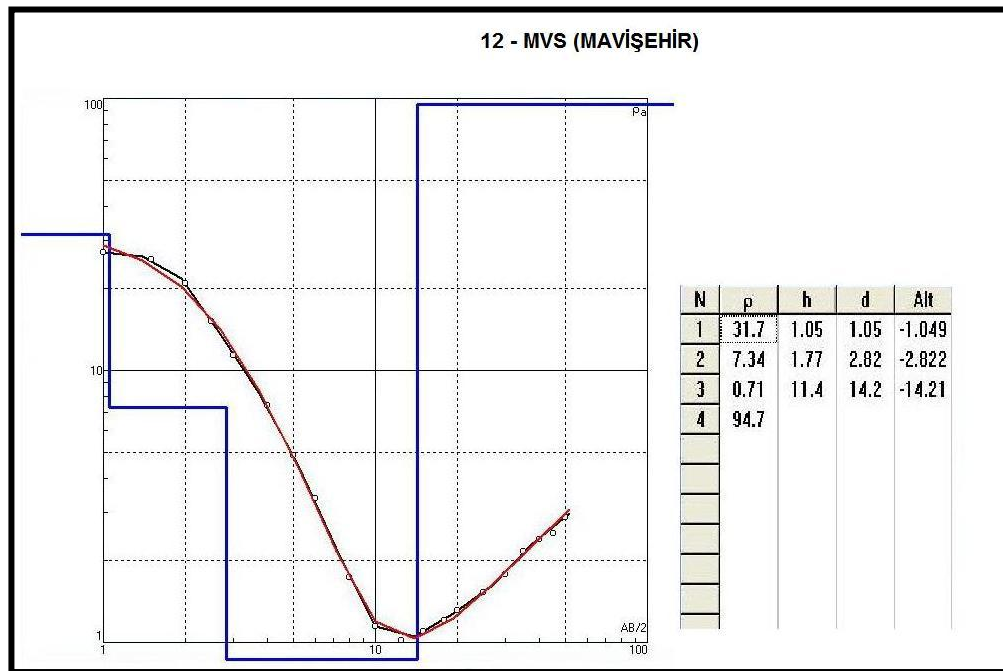
114 m aralığında killi kumlu çakıl, 114-114,3 m aralığında çakıllı kumlu kil, 114,3-116 m aralığında çakıllı killi kum, 116-117,5 aralıklarında çakıllı kumlu kil, 117,5-119 m aralığında çakıllı kil, 119-120 m aralığında killi kum, 120-122,8 m aralığında kumlu çakıllı kil, 122,8-123 m aralığında killi çakıl, 123-123,5 m aralığında çakıllı killi kum, 123,5-124,5 m aralığında çakıllı kumlu kil, 124,5-128,5 m aralığında çakıllı kil, 128,5-129,5 m aralığında kumlu kil, 129,5-129,6 m aralığında siltli kil, 129,6-134,8 m aralığında çakıllı killi kum, 134,8-135 m aralığında kumlu killi çakıl, 135-137,8 m aralıklarında killi siltli kum, 137,8-144,5 m aralıklarında killi çakıl, 144,5-147 m aralıklarında ise killi kum tespit edilmiştir. 147-149 m aralığında çakıllı killi kum, 149-156,9 m aralığında çakıllı kil gözlenmiştir. 156,9-162 m aralığında çakıllı kumlu kil, 162-171 m aralığında çakıllı kil, 171-171,5 m aralığında killi çakıl, 171,5-183 m aralığında kumlu çakıllı kil, 183-184 m arasında çakıllı kil, 184-185,8 m aralığında çakıllı kumlu kil, 185,8-195 m aralığında kumlu killi çakıl, 195-198 m arasında killi çakıllı kum, 198-207 m aralığında kumlu çakıllı kil, 207-225 m aralığına killi kumlu çakıl, 225-226,5 m aralığında çakıllı kil, 226,5-228 m aralığında kil formasyonları belirlenmiştir. 223 metreden 243 metreye kadar kumlu çakıllı kil formasyonu gözlenmiştir. 243-255 m aralığında kumlu killi çakıl, 256-257,5 m aralığında kil, 257,5-270 m aralığında da çakıllı killi kum mevcuttur. 270-271 m aralıklarında killi kumlu çakıl, 271-272 m aralıklarında çakıllı kil, 272-273 m aralığında killi kum, 273-286 m aralığında çakıllı kil, 286-297 m aralığında kumlu çakıllı kil ve 297 metreden son derinlik 300 metreye kadar da çakıllı kil formasyonu mevcut olduğu tespit edildi.

4.2.3.2 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Elektrik Öz direnç Çalışmaları

DES tekniği uygulaması Karşıyaka Denizkent restoranın önündeki boş arazide açılan sondaj kuyusu DES merkez noktası seçilerek merkezden 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.15). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme ise Şekil 4.16'da verilmiştir.



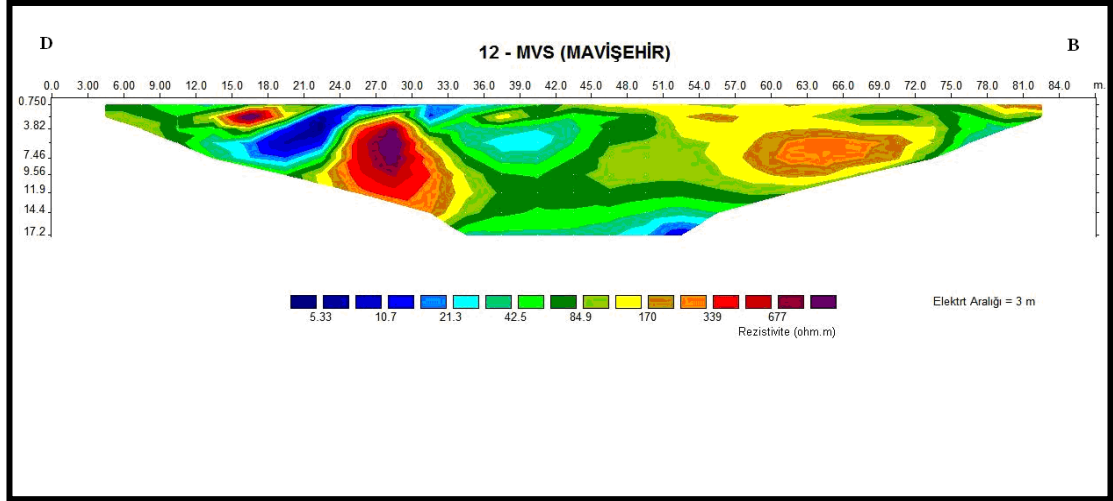
Şekil 4.15 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları



Şekil 4.16 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri.

Elektrik Özdirenç DES ölçümleri sonucuna göre: 3m'ye kadar yüzey örtüsü (dolgu malzemesi) onun altında su içeriği siltli-killi-kumlu birim, 10m'den sonra olasılıkla sıkışmış, pekleşmiş temel birim yer almaktadır. Bu sonuçlar zemin sondajı sonuçları ile uyumludur.

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması DES profili üzerinde, doğrultusu D-B, uzunluğu 147 metre 1 profil üzerinde 50 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır. Elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.17’de verilmiştir.

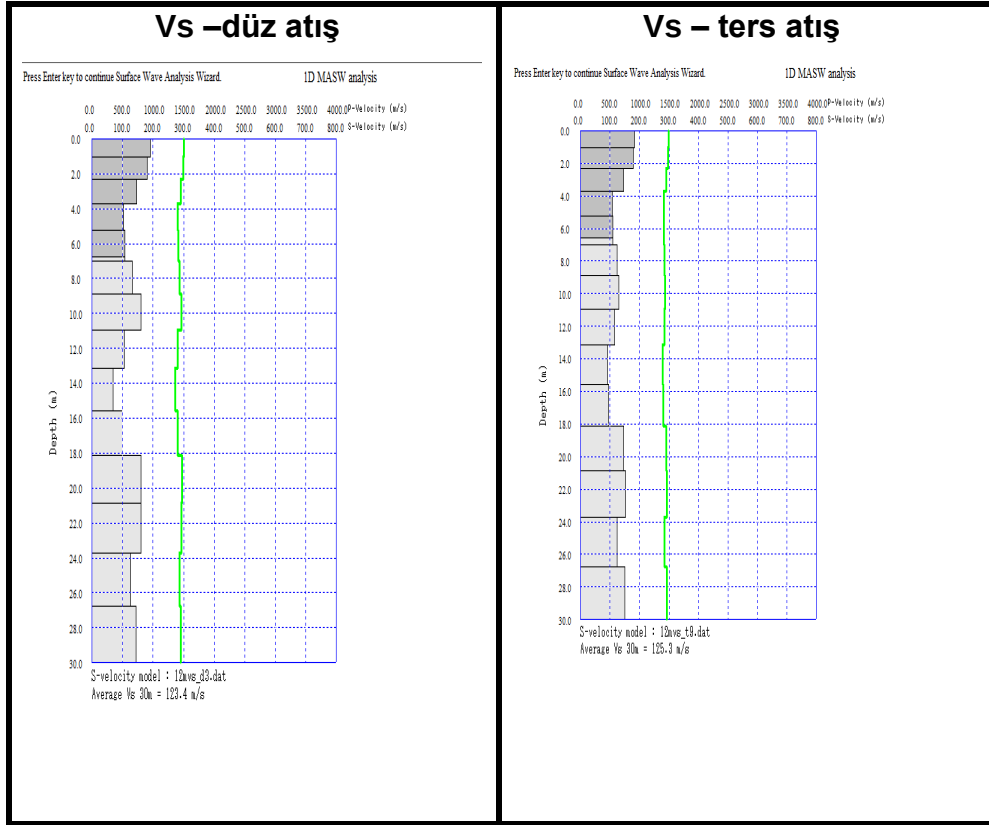


Şekil 4.17 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

Elektrik Özdirenç Tomografi değerlendirmesi sonucu yanal ve düşey yönde düzensiz, heterojen bir yapı bulunmaktadır. 0-15m arası olasılıkla iri taneli temel malzemesini içeren, yatay tabakalanma ve homojen dağılımı olmayan birim yer almaktadır.

4.2.3.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) MASW Çalışması

Kaynak olarak hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kullanılarak 48 kanallı Geometrics Geode kayıtçısı ile 48 adet 4,5Hz lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Tüm istasyonlarda çalışma parametreleri ortak olup offset aralığı 2 m ve jeofon aralığı 2 m seçilmiştir. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma (stack) yapılmıştır. Masw yöntemi ile Vs hız dağılımlarının derinlikle değişimi elde edilerek 30 m derinliğe kadar kayma dalga hızları irdelenmiştir.



Şekil 4.18 Mavişehir istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri

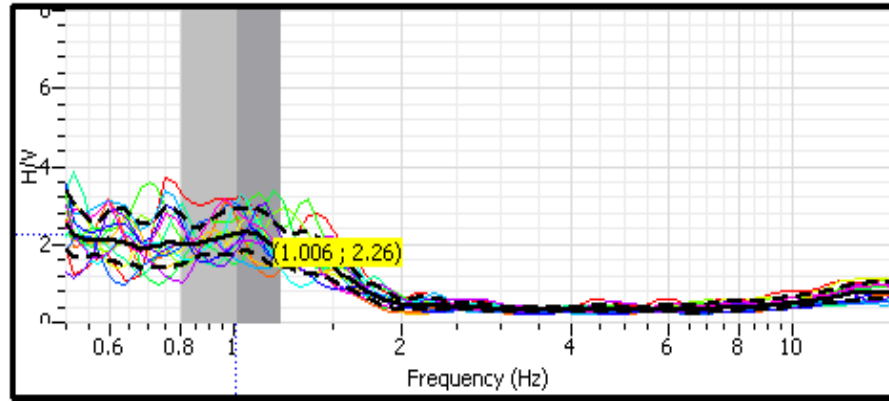
Tablo 4.5.Mavişehir İstasyonu İçin Ortalama Vs30 Değerlerine Göre NEHRP , Eurocode 8 Ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Hazırlanan Zemin Grubu Tablosu

İstasyon Adı	Vs 30 düz atış(m/sn)	Vs 30 ters atış (m/sn)	ORTALAMA Vs30	NEHRP	EUROCODE 8	ZEMİN GRUBU (2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ)
12 mvs	123.4	125.3	124.35	F veya E	D	D1,D2 veya D3

4.2.3.4 Mavişehir (12_MVS) istasyonu Mikrotremör Çalışmaları

506745-4257958UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır. Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle Tek İstasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-40TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranı analizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu

periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır(Field ve Jacob, 1995) Ayrıca Nakamura Tekniği (1997) kullanılarak sismik vulnerability indeks Kg değerleri de (deformasyonun bir ölçüsü) saptanmıştır.



Şekil 4.19 Mavişehir istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirmesi

Tablo 4.6 Mavişehir İstasyonu Zemin Hakim Titreşim Frekansları (F), Spektral Oran Değerleri ve Zemin Sınıflaması

istasyon no	F(Hz)	T(sn)	H/V SPEKTRAL ORAN	Yerel Zemin Sınıfı	NEHRP
11_MVS	1.006	0.99403	2.26	Z4	E

4.4. Ayrıntılı Çalışmalar

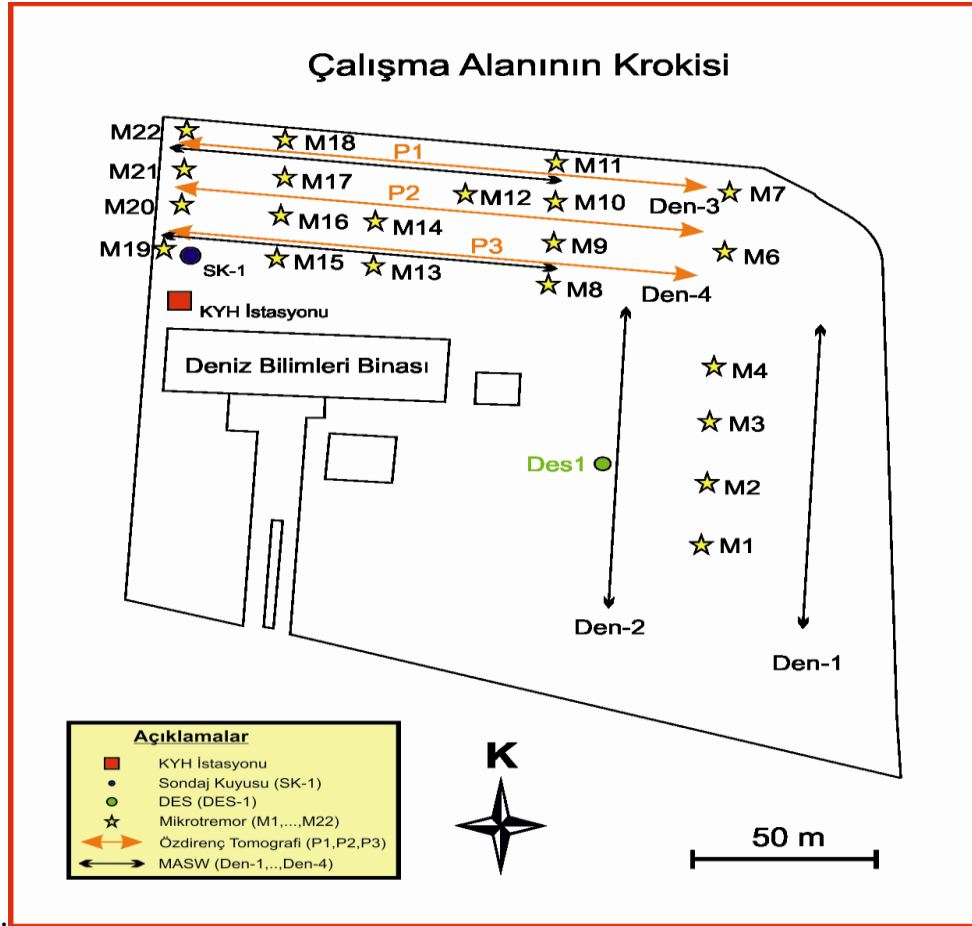
Yapılan standart ölçümler sonucunda jeolojik olarak aynı alüvyon birimine karşılık gelen BLC, MVS, GZL istasyonlarında alüvyon biriminin micro ölçekteki zemin özelliklerinin değişimini irdelemek amacıyla istasyonlara en yakın arazi alanları içerisinde ayrıntılı Mikrotremor ve MASW, öz direnç tomografi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda çalışma alanlarının iki boyutlu zemin özelliklerinin(zemin hakim titreşim periyotları ve zemin büyütme oranları, Vs hızları) ortalama 30m ye kadar yanal ve düşey yönlü değişimleri saptanmıştır.

4.4.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

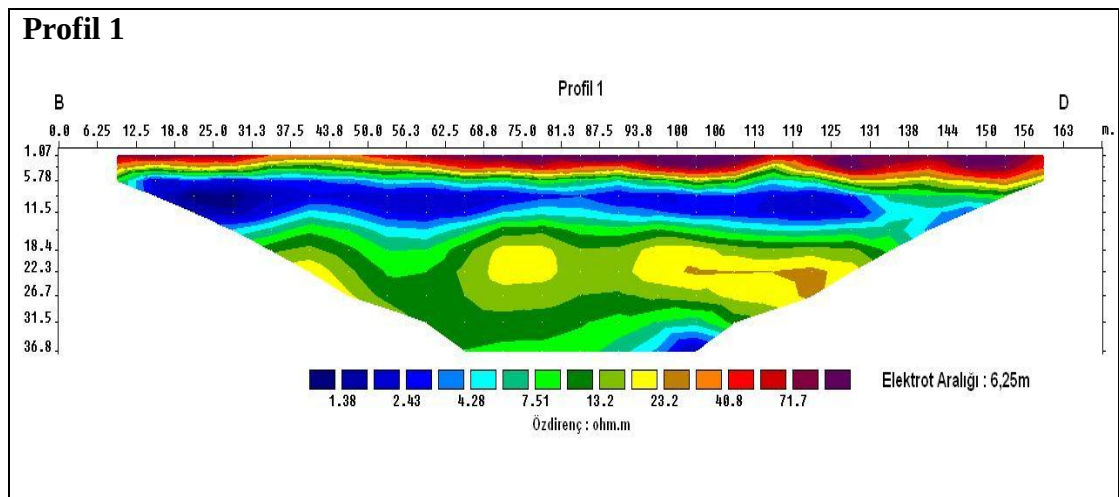
BLC (Balçova) istasyon zemininde D-B yönlü 3 profil üzerinde özdirenç tomografi çalışmaları, 4 ayrı noktada MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ve toplam 68 ayrı noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.20)

4.4.1.1 Balçova İstasyonu (01_BLC) Elektrik Özdirenç Çalışmaları

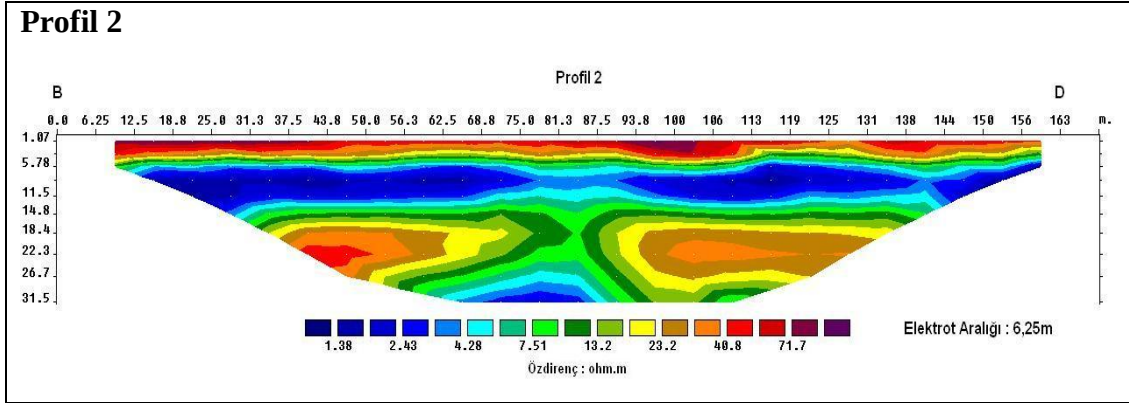
Balçova istasyonu zemininde D-B yönlü 3 profil üzerinde özdirenç tomografi çalışması yapılmıştır. Özdirenç tomografi çalışmalarında amaç yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirleyerek x,y,z yönünde özdirenç dağılımını irdelemek amacıyla özdirenç tomografi çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda 12 volt - 125 amper akü, AGI Supersting R8 elektrik ölçüm cihazı, 28 kanallı çoklu kablo, 28 adet elektrot kazığı ve bağlantı maşaları kullanılarak Wenner-Schlumberger dizilim sistemi ile 6,25m örnekleme aralıklı 168,75m lik batı-doğu yönlü birbirine paralel 3 profil üzerinde (P1, P2 ve P3) ölçümler yapılmış ve yaklaşık 30,0m lik araştırma derinliğine inilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler “RES2DINV” bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir.(Şekil 4.21-4.23).



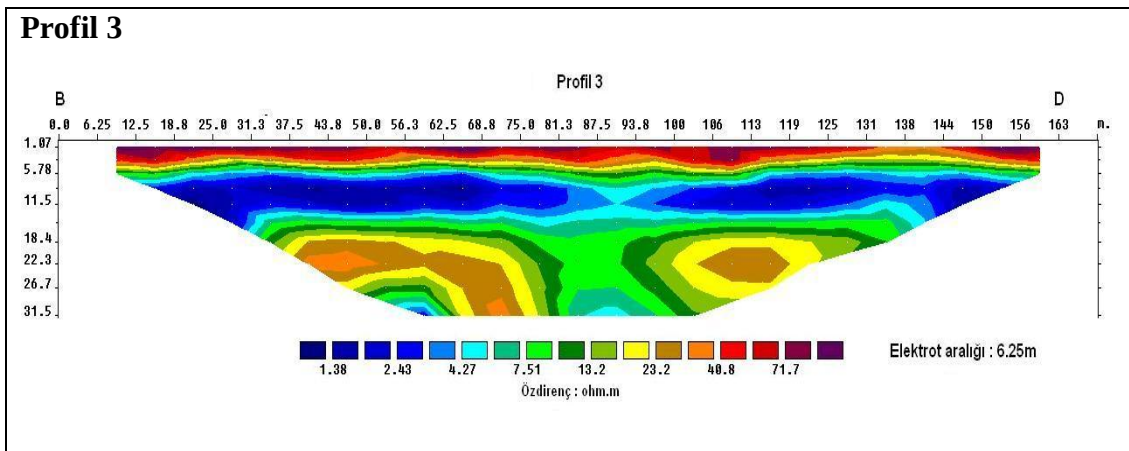
Şekil 4.20 BLC istasyon zemininde (Deniz Bilimleri Enstitü Binası'nda yapılan jeofizik çalışmaların profilleri.



Şekil 4.21 Profil-1Özdirenç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.



Şekil 4.22 Profil-2Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.



Şekil 4.23 Profil-3Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.

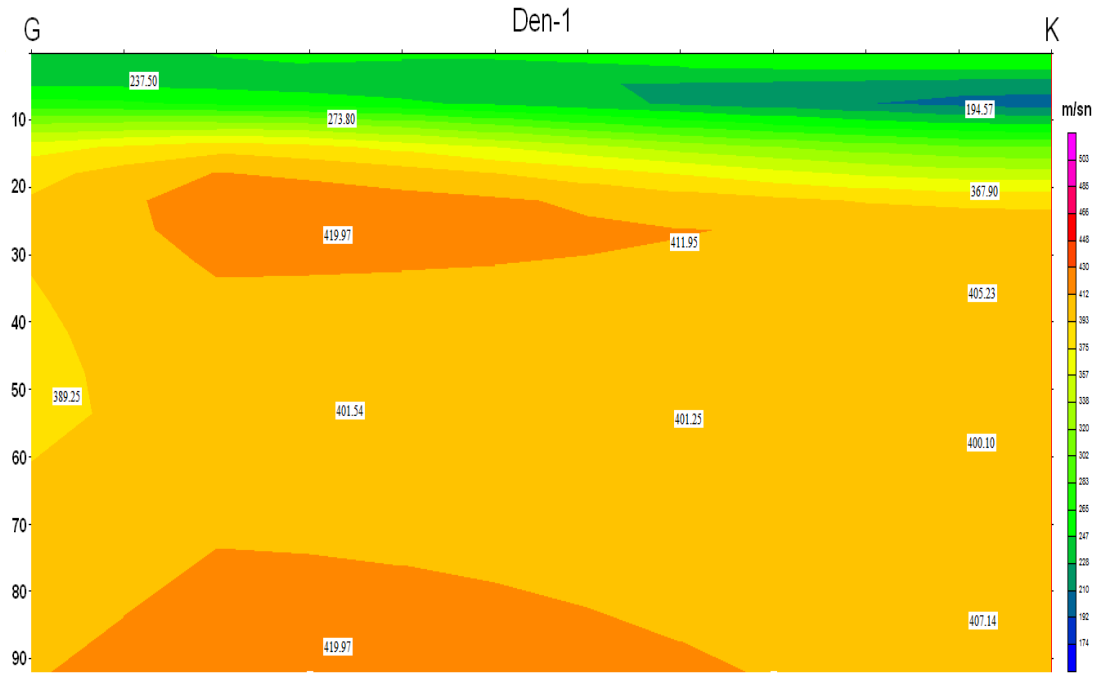
Elektrik Öz direnç Tomografi profillerinin tümünde ortamın öz direnç dağılımı açısından heterojen yapıda olduğu görülmektedir. Yüzeyde 1-3m arasında yüksek öz dirençli dolgu malzemesi, onun altında ise 15-20m'ye kadar su içeriği yüksek düşük öz dirençli malzeme, en altta ise bloklı malzemeler yer almaktadır.

4.4.1.2 Balçova İstasyonu (01_BLC) MASW Çalışmaları

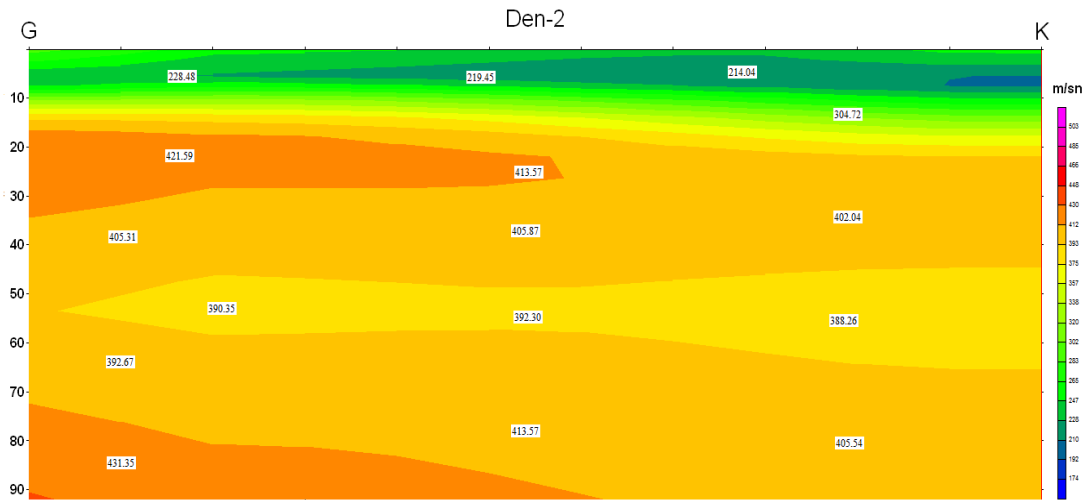
İstasyonda uygulanan bir diğer yöntem de MASW çalışmalarıdır. MASW çalışmalarında amaç S-dalga hızı derinlik profil bilgileri ile Vs30 hızlarının elde edilmesidir. Bunun için hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kaynak kullanılarak 24 kanallı Geometrics Geode kayıtçısı ile 24 adet 4,5Hz lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı

kullanılmıştır. Profilin baş, son ve ortasında olmak üzere 4 profilde 12 adet ölçüm yapılmıştır. Den-1 ve Den-2 profilleri K-G, Den-3 ve Den-4 profilleri B-D yönlüdür.

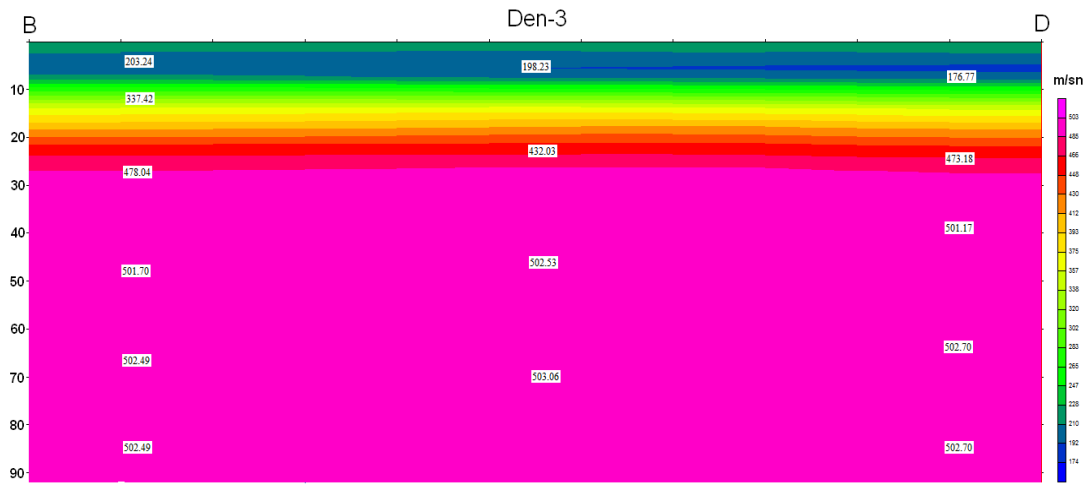
MASW verilerinin analizleri Frekans-Dalgasayısı (FK) analizi olarak bilinen yöntemle yapılmıştır (Stokoe ve diğ., 1994). Bu analiz ile elde edilen dispersiyon eğrilerinin temel özelliğine bakıldığında yüksek frekanslardaki (5-15 Hz) faz hızı değişimlerinin sığ derinliklerdeki (< 30-40m) S-dalga hızlarının elde edilmesine yönelik bilgi sağladığı görülmektedir. MASW verileri bilgisayar ortamında “Seisimager” yazılımı kullanılarak her profilde derinliğe bağlı 2 boyutlu Vs30 hız değerleri elde edilmiştir.



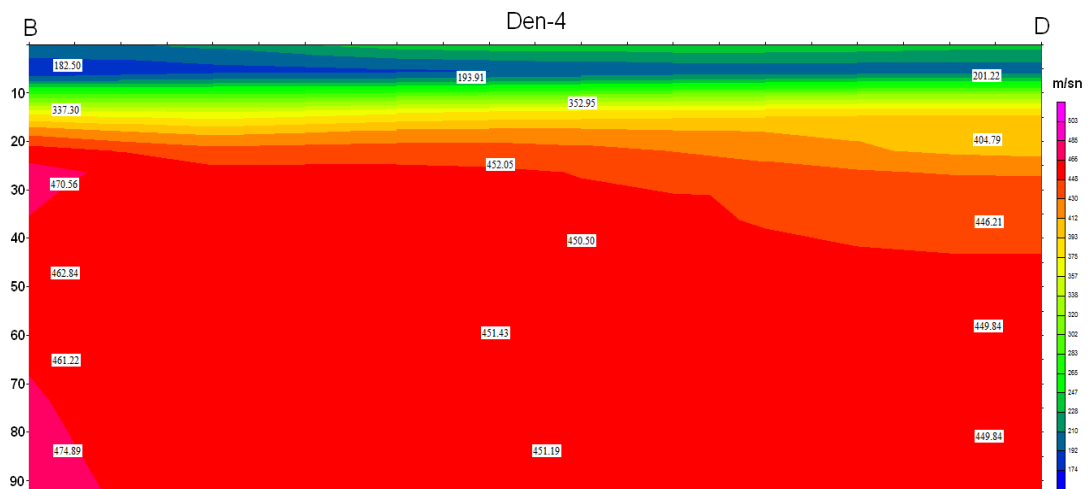
Şekil 4.24 Den-1 Yer Hız Kesiti (Vs(m/s)).



Şekil 4.25 Den-2 Yer Hız Kesiti (V_s (m/s)).



Şekil 4.26 Den-3 Yer Hız Kesiti (V_s (m/s)).



Şekil 4.27 Den-4 Yer Hız Kesiti (V_s (m/s)).

Hesaplanan Vs30 hız değerlerinden NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan zemin sınıflama kriteri sınıflama sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir. Sonuç olarak NEHRP A ve C sınıfları, EURODE 8 göre A-B ve 2007 deprem yönetmeliğine göre B3-C2 sınıfları hakimdir.

Tablo 4.7 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması

İSTASYON ADI	PROFİL NO	DATA İSMİ	VS30	NEHRP	EUROCODE 8	2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ
BALÇOVA	DEN_1	1.DAT	319,6	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_1	3.DAT	323,0	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_2	1.DAT	321,6	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_2	3.DAT	318,1	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_3	1.DAT	307,1	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_3	3.DAT	303,8	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_4	1.DAT	300,4	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_4	3.DAT	301,7	D	C	B3 veya C2

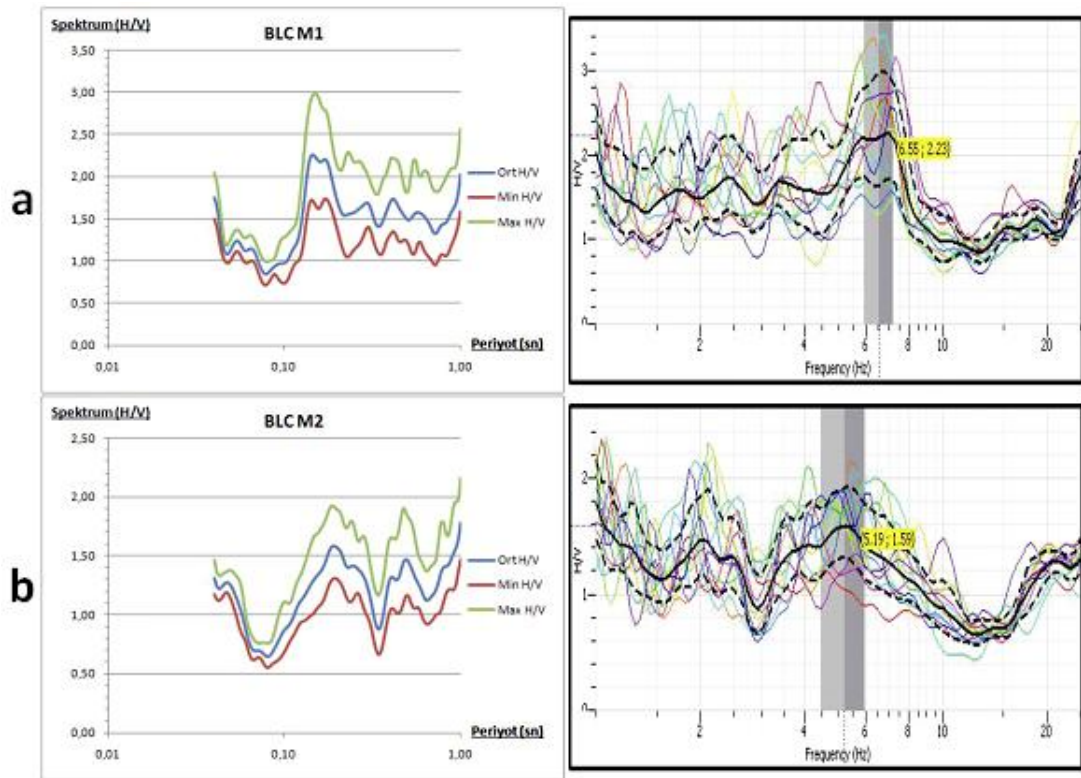
Özdirenç tomografi ölçümlerinden elde edilen özdirenç değerleri ile MASW ölçümlerinden elde edilen Vs30 hız değerleri karşılaştırılarak yapılan zemin birimi Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.8 Zemin birimlerinin MASW ve özdirenç tomografi yöntemiyle karşılaştırılması

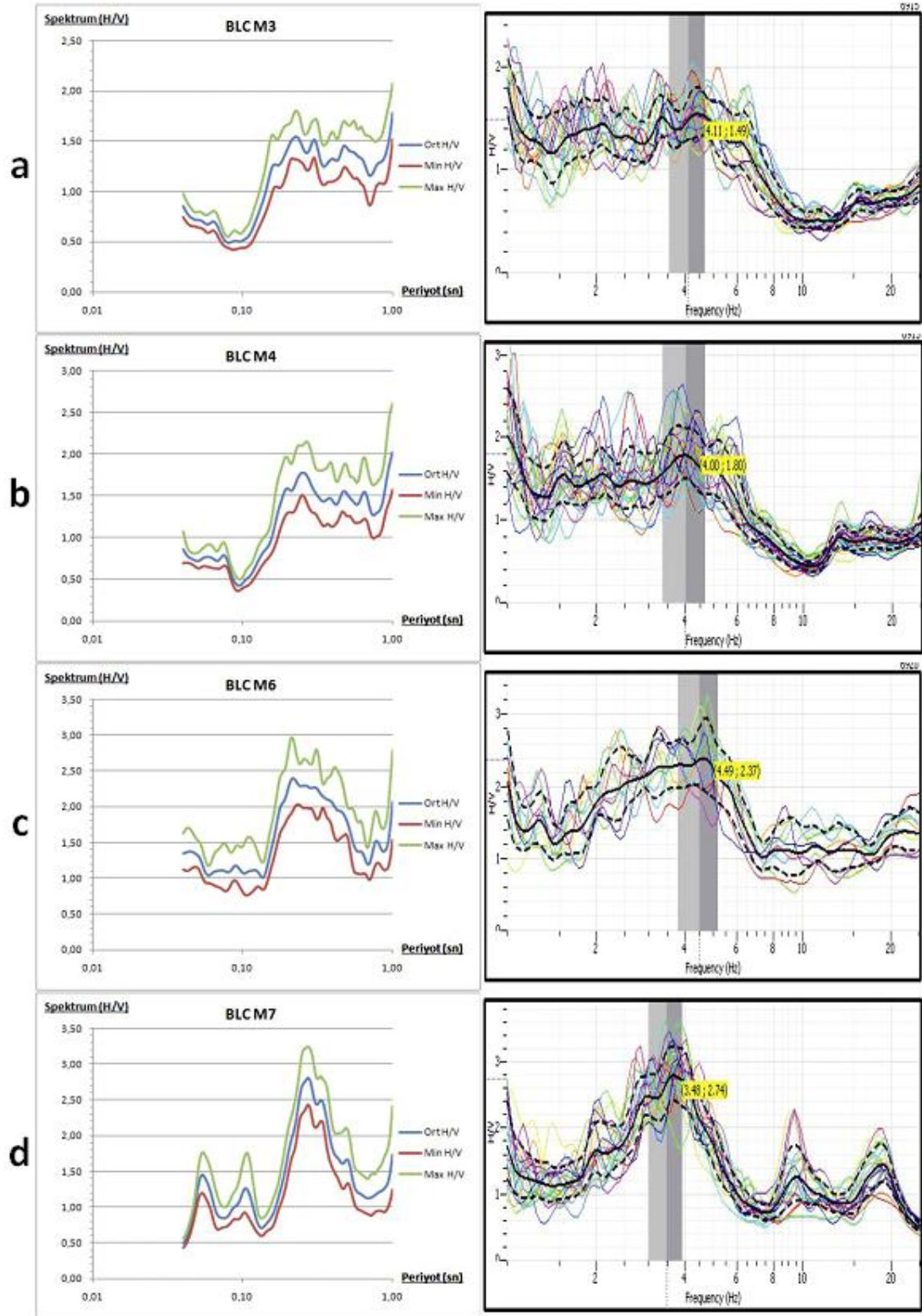
<u>Derinlik (m)</u>	<u>Vs30 (m/sn)</u>	<u>Özdirenç (ohm.m)</u>	<u>Zemin birimi</u>
0,0 - 3,0 m	200m/sn < Vs30 < 225m/sn	70 - 25 ohm.m	dolgu malzemesi
3,0 - 6,5 m	180m/sn < Vs30 < 200m/sn	25 - 10 ohm.m	humus içerikli kil zonu
6,5 - 32,0 m	225m/sn < Vs30 < 470m/sn	60 - 1,5 ohm.m	kumlu çakıl ve/veya çakıllı kum
32,0 - 40,0 m	450m/sn < Vs30 < 510m/sn	15 - 2 ohm.m	çakıllı killer

4.4.1.3 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör Çalışmaları

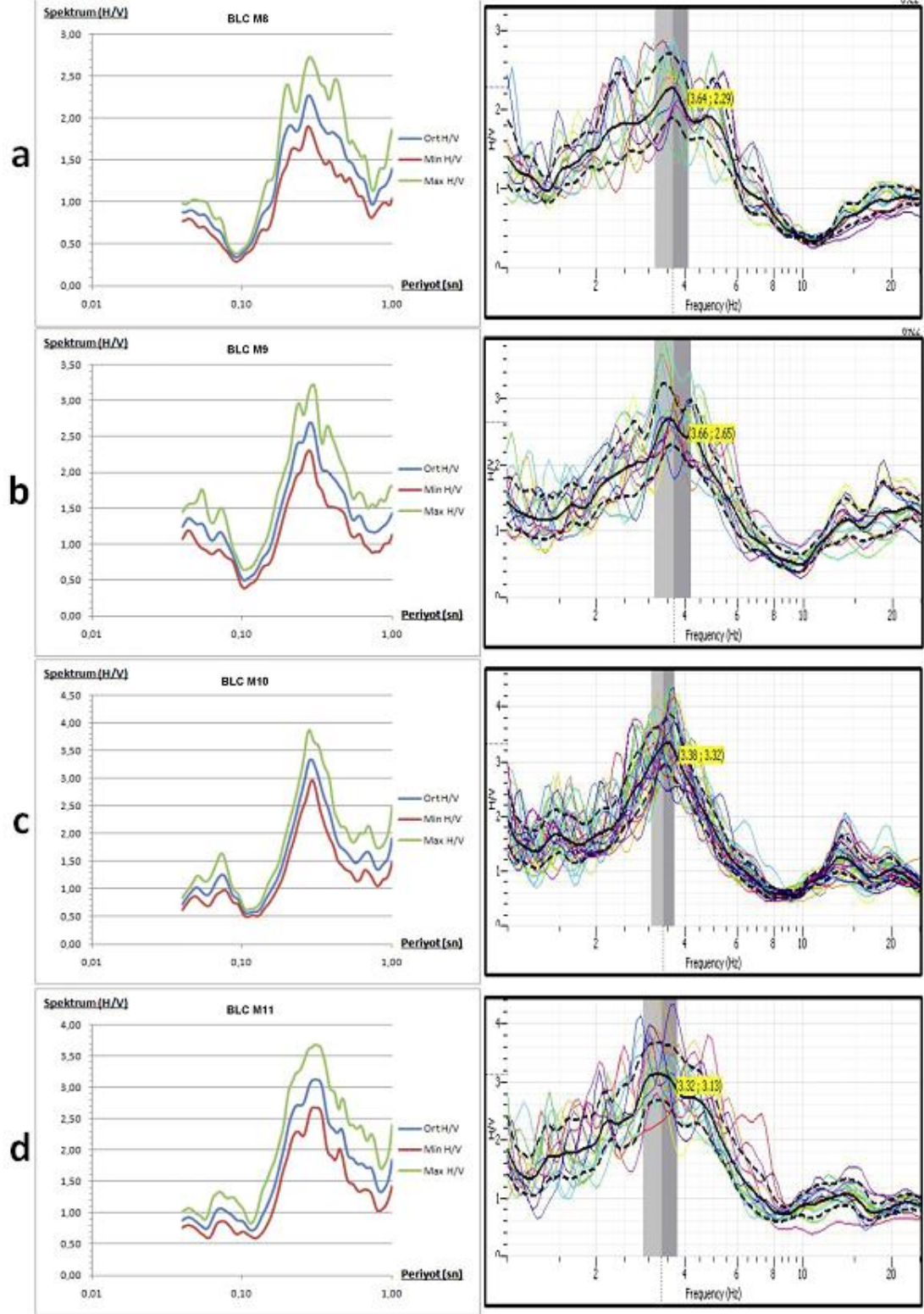
Son olarak Balçova istasyonu için Mikrotremör çalışmaları yapılmıştır. Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle tek istasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-6TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) Balçova istasyonun çevresinde yer alan bölgede 22 noktada ölçü alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranı analizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması (Tablo 4.9) ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Field ve Jacob, 1995).



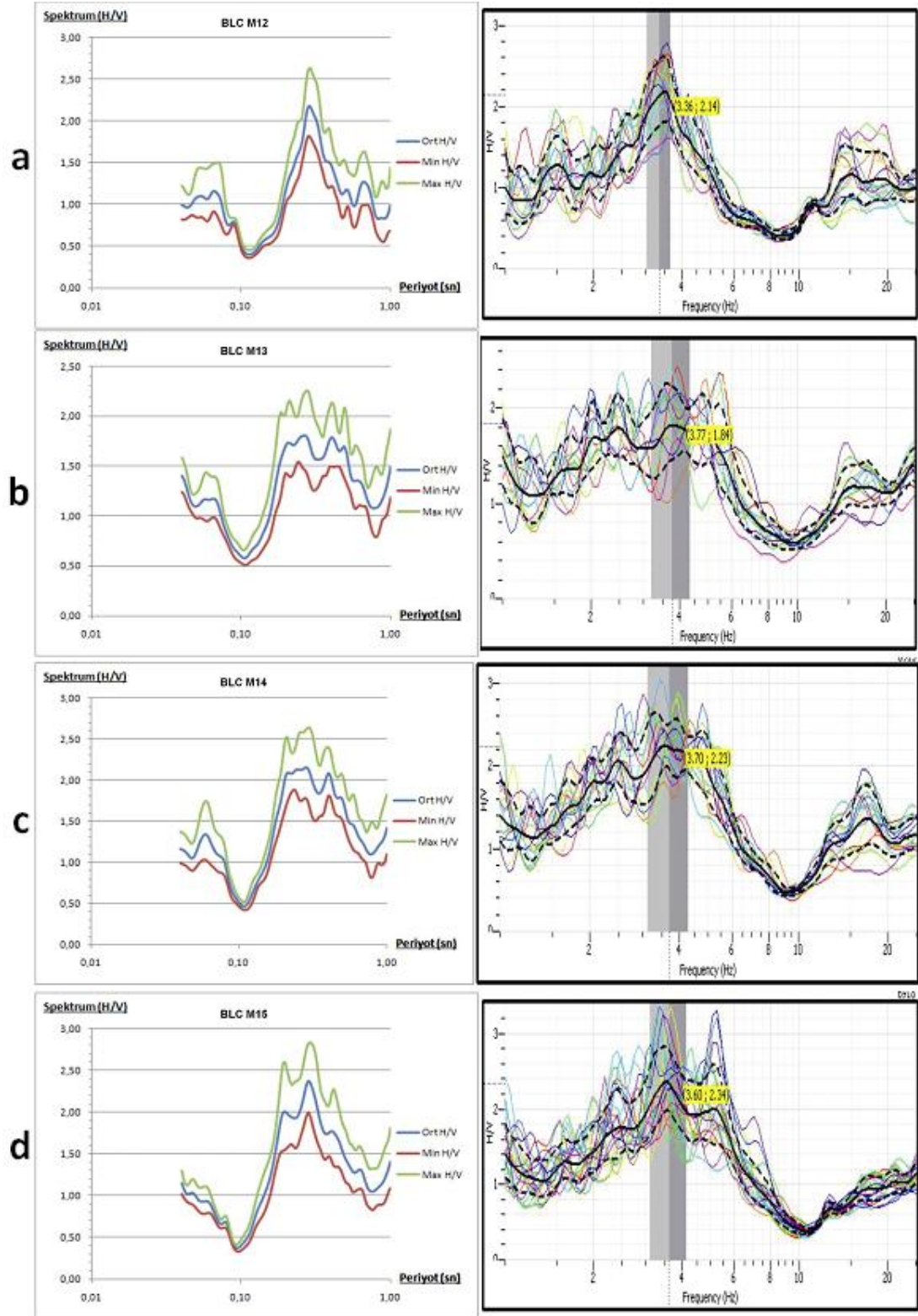
Şekil 4.12 a)M1 b)M2 mikrotremör ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri



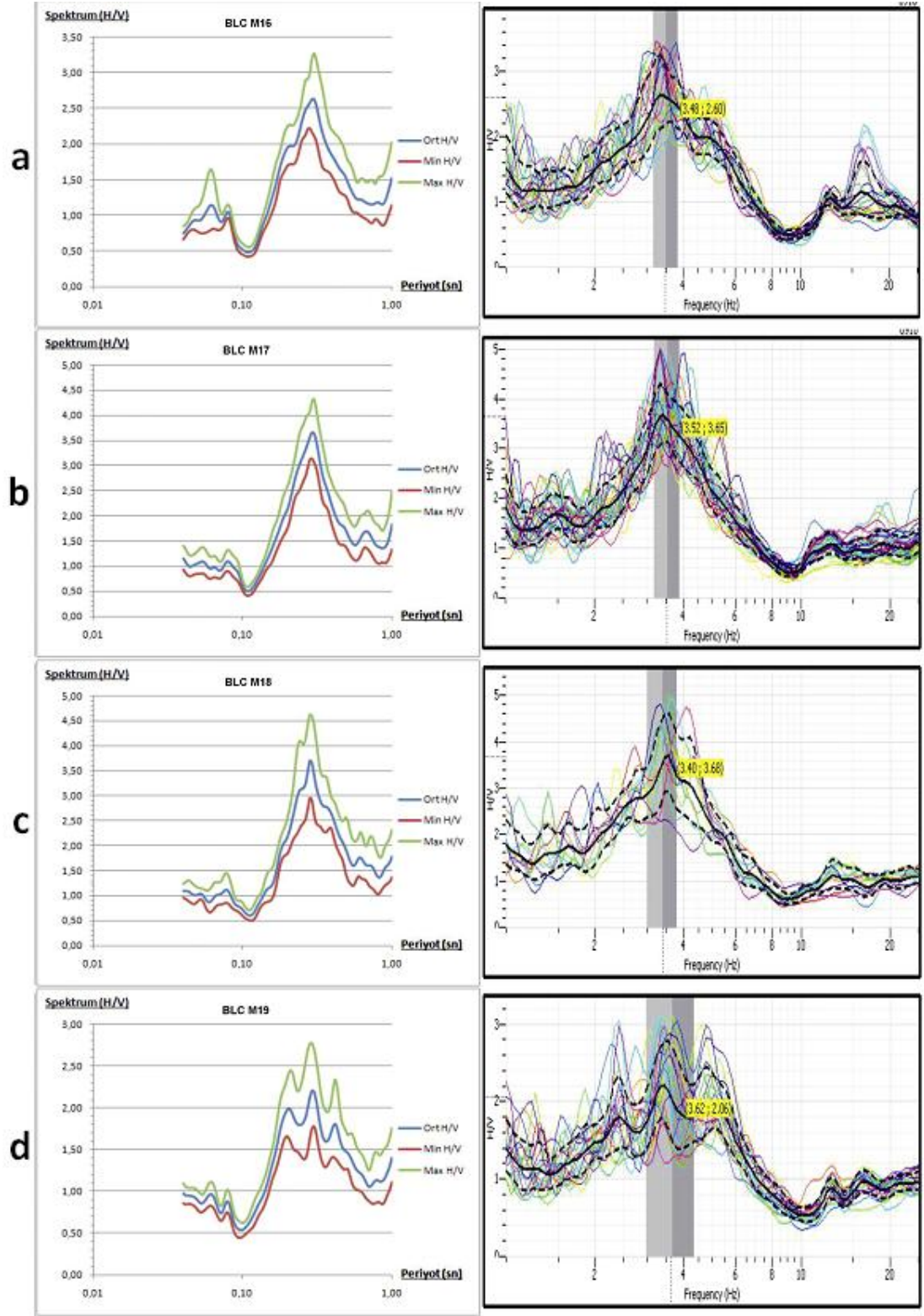
Şekil 4.28 a)M3 b)M4 c)M6 d)M7 mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri



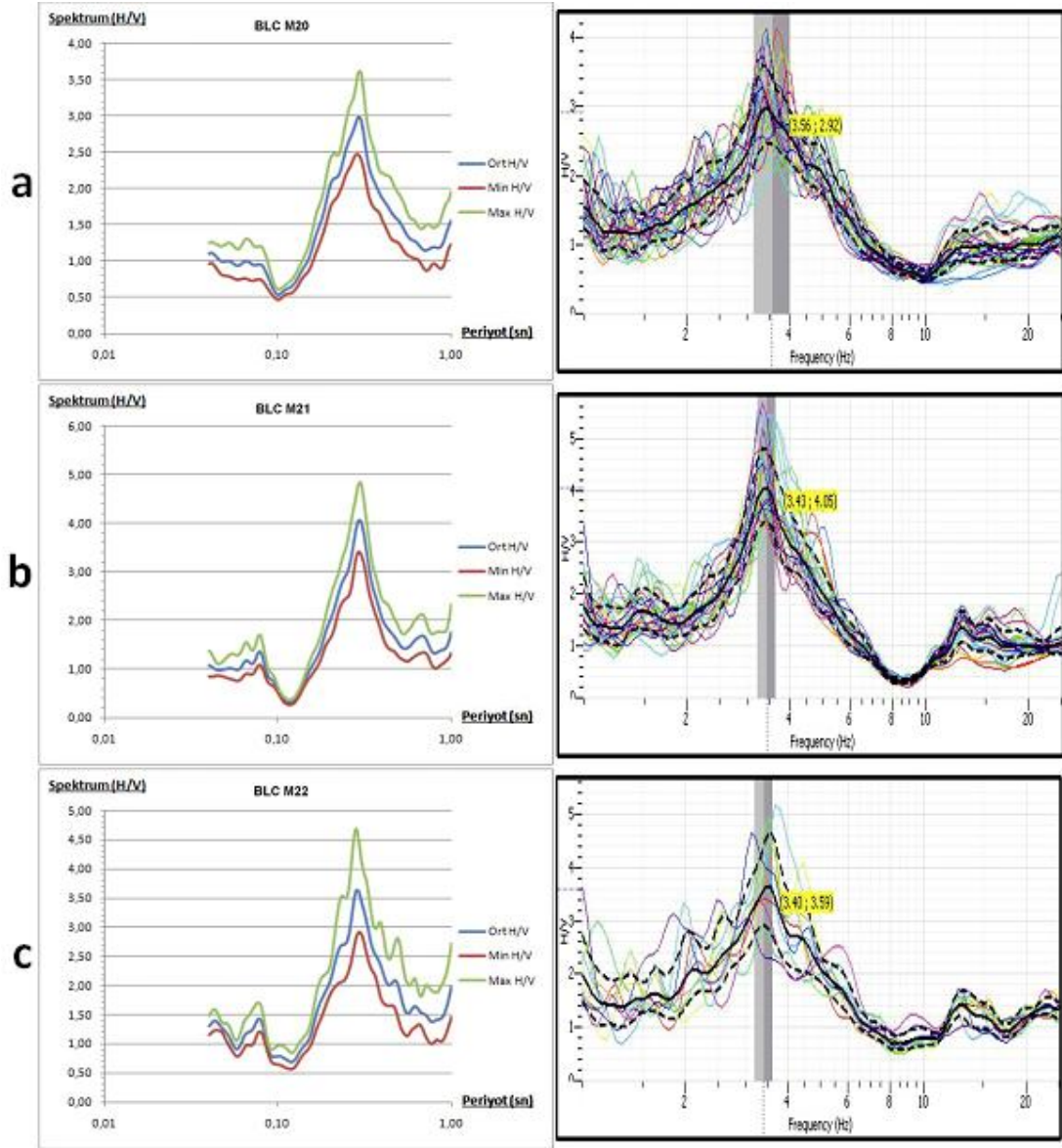
Şekil 4.29 a)M8 b)M8 c)M10 d)M11 mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri



Şekil 4.30 a)M12 b)M13 c)M14 d)M15 mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri

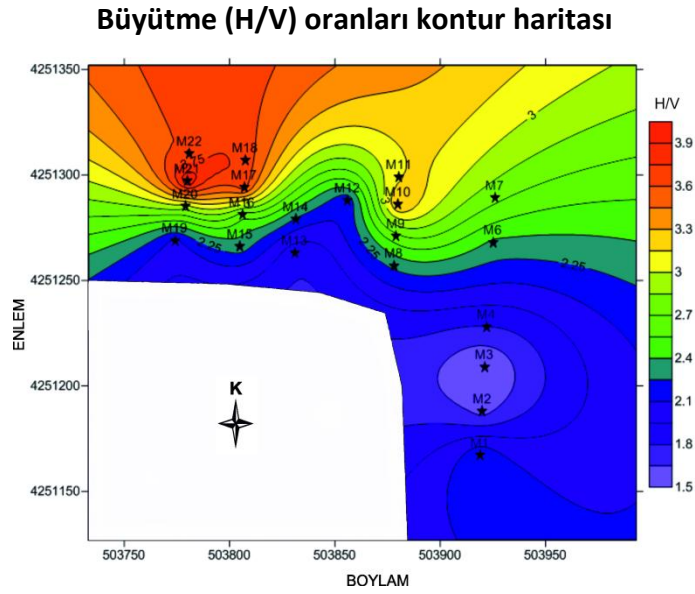


Şekil 4.31 a)M16 b)M17 c)M18 d)M19 mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri



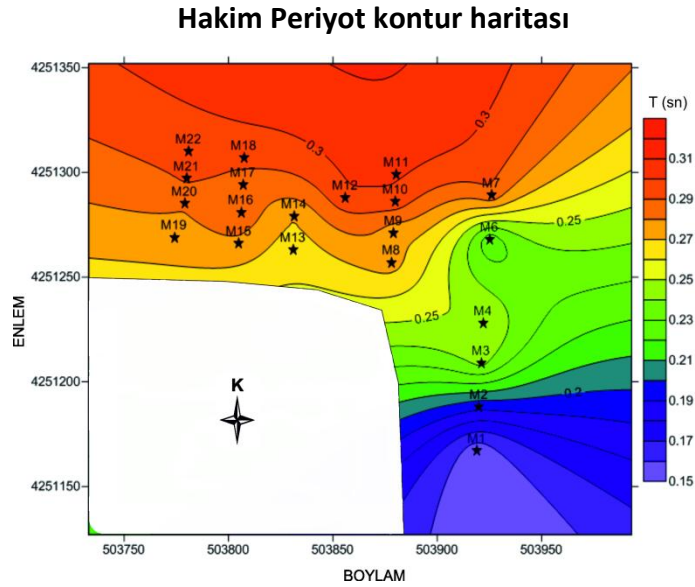
Şekil 4.32 a)M20 b)M21 c)M22 mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri

Mühendislik yapısı öz periyodunun, rezonansa girmemesi için zemin hakim periyodu ve spektral genlik oranlarından zemin hakim titreşim frekansı ve bu frekansa ait yatay-düşey genlik büyütme oranı belirlenmelidir. Yatay-düşey genlik büyütme oranları 1,5-4,0 arasında değişmekte ve çalışma alanının kuzey bölgesinde güneye göre yüksek değerler almaktadır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 Yatay-düşey genlik büyütme (H/V) oranları kontur haritası.

Hakim periyot değerleri 0,15-0,30sn arasında değişmekte ve yine alanın kuzey bölgesinde daha büyük değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Hakim Periyot kontur haritası (T₀)

Dolayısıyla, çalışma alanının kuzey bölgesinde hem hakim periyot hem de büyütme faktörünün daha yüksek olması sebebiyle zemin özellikleri güney kısma göre daha gevşek ve yumuşaktır.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Tablo 4.9). NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 A-B ve 2007 deprem yönetmeliğine göre B3-C2 zemin sınıfları hakimdir.

Tablo 4.9 Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

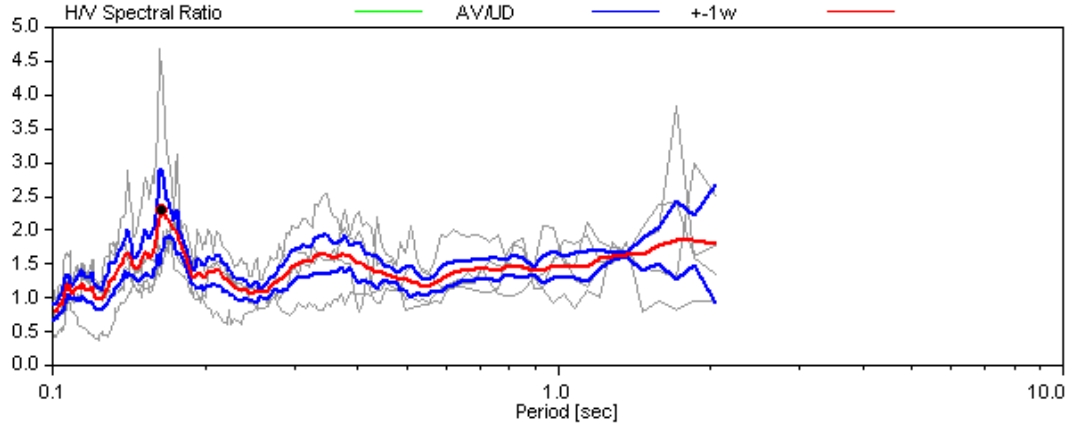
<u>Nokta</u>	<u>Boylam</u>	<u>Enlem</u>	<u>Spektral Genlik Oranı Ao (H/V)</u>	<u>Hakim Periyod To (sn)</u>	<u>Hakim Frekans Fo (Hz)</u>	<u>NEHRP</u>	<u>TDY 2007</u>
M1	503919	4251167	2,2300	0,1527	6,5500	B	Z2
M2	503920	4251188	1,5900	0,1927	5,1900	C	
M3	503921	4251209	1,4900	0,2433	4,1100		
M4	503922	4251228	1,8000	0,2500	4,0000		
M6	503925	4251268	2,3700	0,2227	4,4900		
M7	503926	4251289	2,7400	0,2874	3,4800		
M8	503878	4251257	2,2900	0,2747	3,6400		
M9	503879	4251271	2,6500	0,2732	3,6600		
M10	503880	4251286	3,3200	0,2959	3,3800		
M11	503880,5	4251299	3,1300	0,3012	3,3200		
M12	503856	4251288	2,1400	0,2976	3,3600		
M13	503831	4251263	1,8400	0,2653	3,7700		
M14	503831,5	4251279	2,2300	0,2703	3,7000		
M15	503805	4251266	2,3400	0,2778	3,6000		
M16	503806	4251281	2,6000	0,2874	3,4800		
M17	503807	4251294	3,6500	0,2841	3,5200		
M18	503807,4	4251307	3,6800	0,2941	3,4000		
M19	503774	4251269	2,0600	0,2762	3,6200		
M20	503779	4251285	2,9200	0,2809	3,5600		
M21	503780	4251297	4,0500	0,2915	3,4300		
M22	503781	4251310	3,5900	0,2941	3,4000		

4.4.1.4 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör G-K Yönlü Çalışmaları

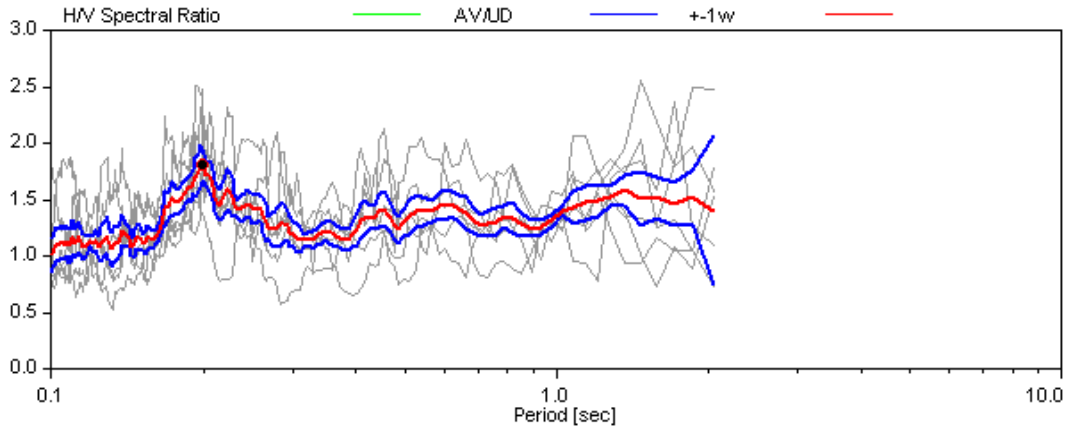
Öncelikle BLC (Balçova) istasyonunun doğusunda G-K yönlü profil üzerinde 7 ayrı noktada mikrotremör ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.35) Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle tek istasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-6TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) ölçü alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranı analizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir.



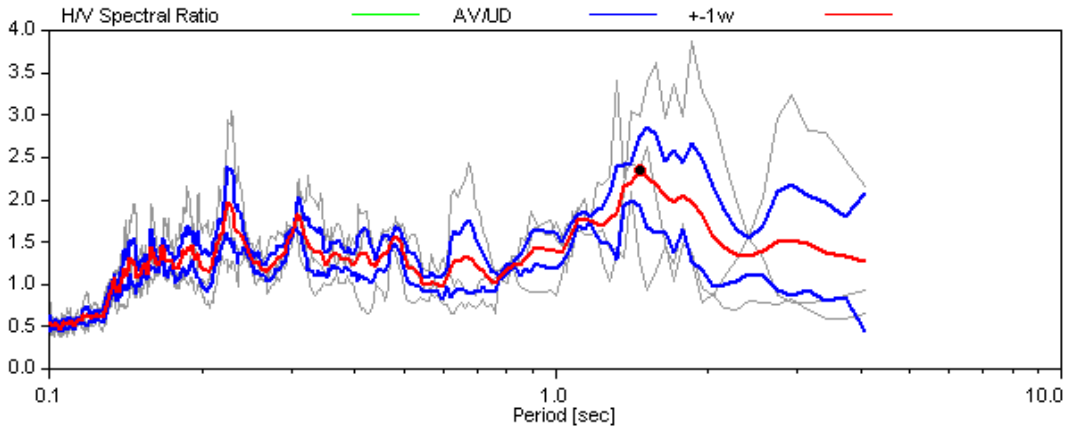
Şekil 4.35 Balçova istasyonu G-K profili noktaları gösterir kroki.



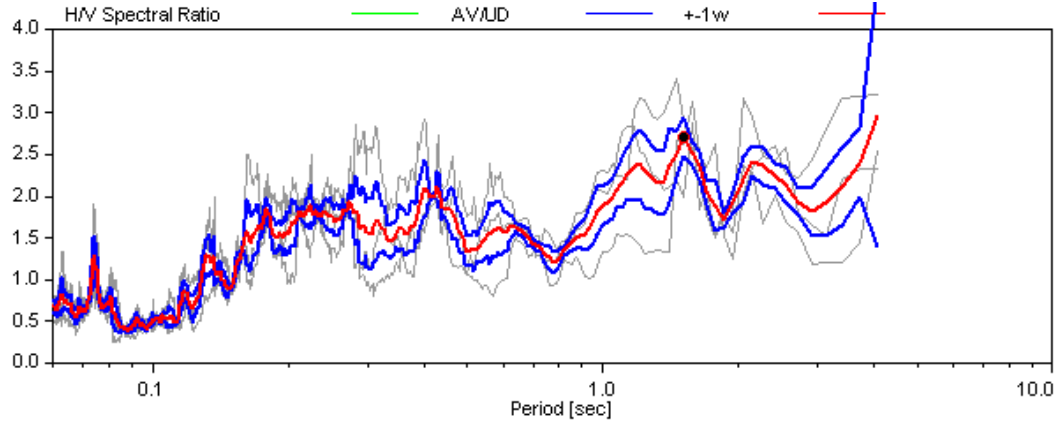
Şekil 4.36 1 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



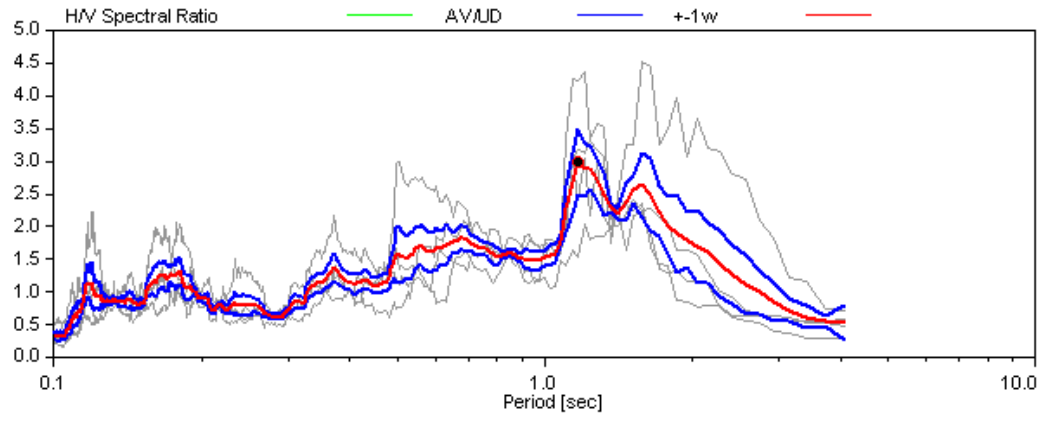
Şekil 4.37 2 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



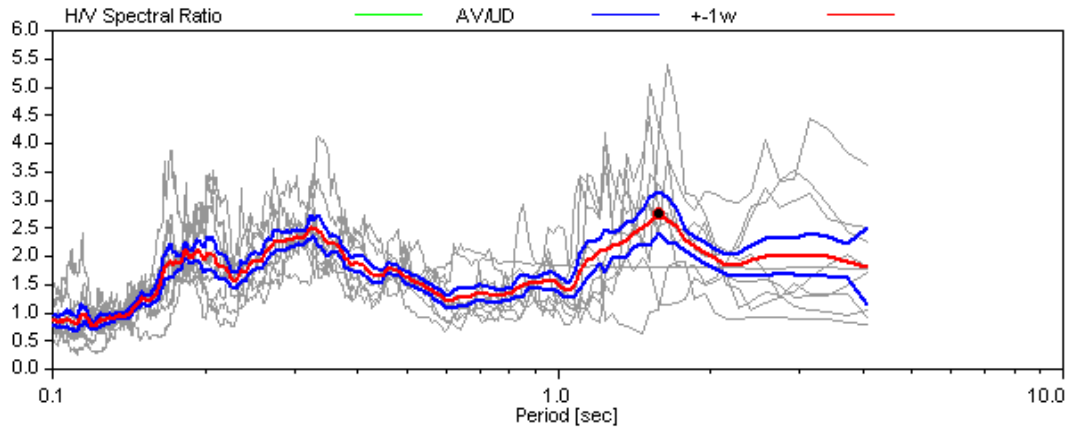
Şekil 4.38 3 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



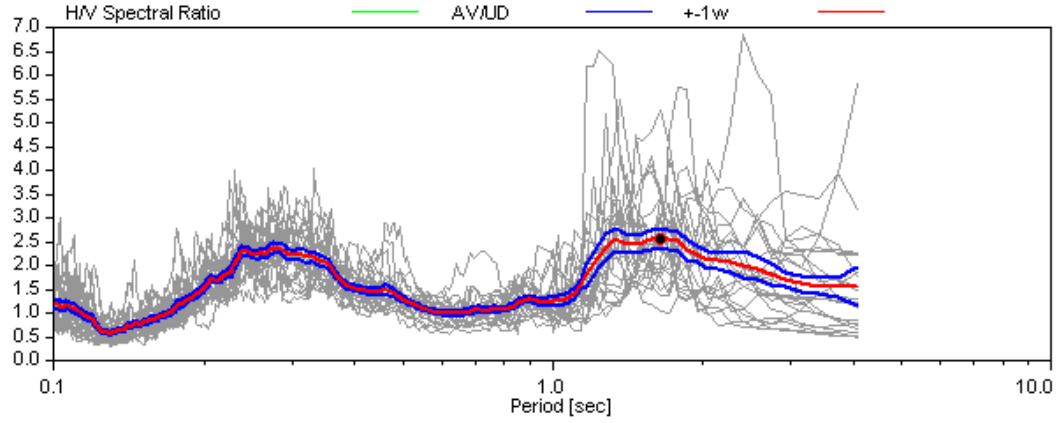
Şekil 4.39 4 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.40 5 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.41 6 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

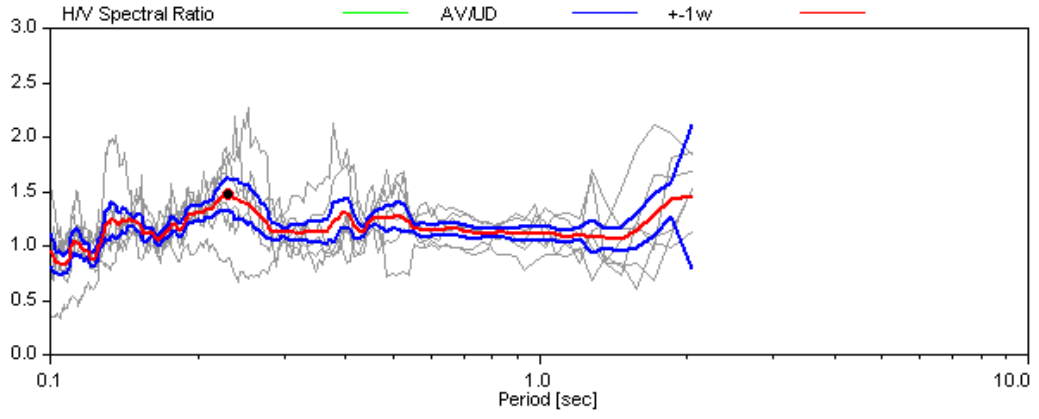


Şekil 4.42 7 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

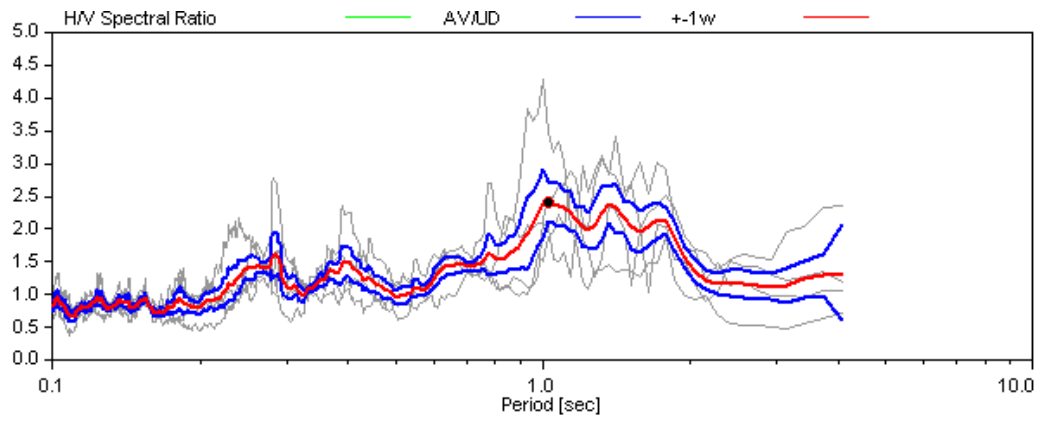
İkinci etapta ise BLC (Balçova) istasyonunun güneyinde denize dik olacak şekilde G-K yönlü profil üzerinde 5 ayrı noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.43) .



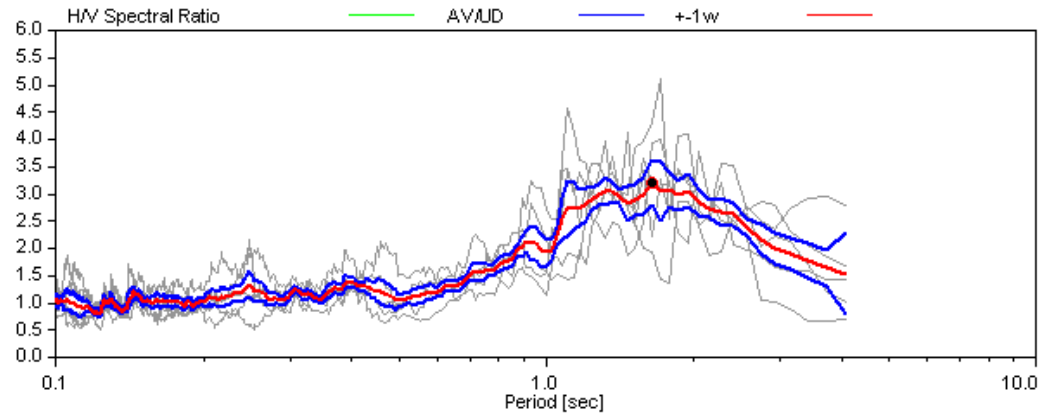
Şekil 4.43 Balçova istasyonu güneyindeki G-K profili noktaları gösterir kroki.



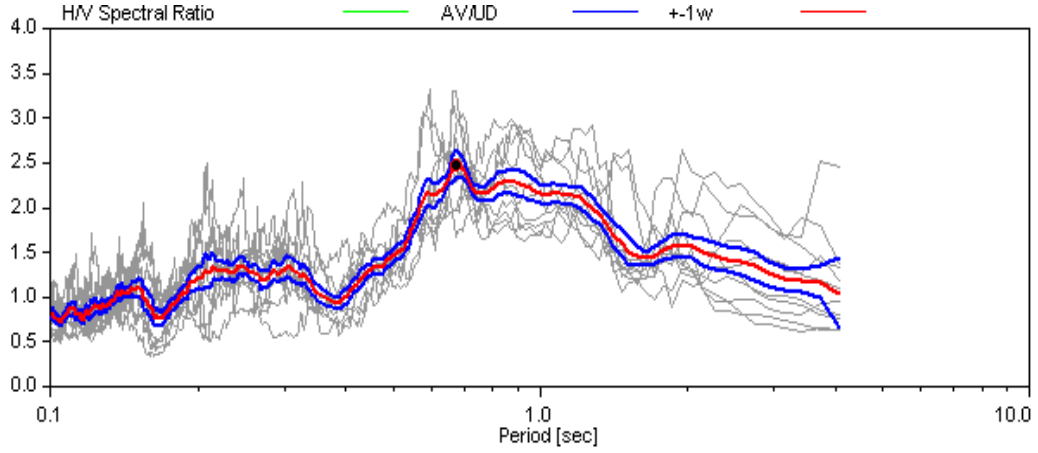
Şekil 4.44 1-1 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



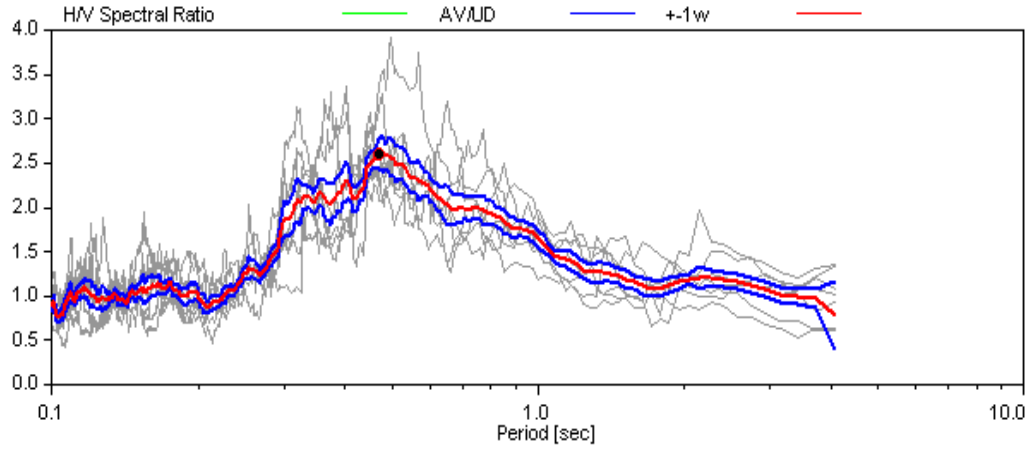
Şekil 4.45 1-2 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.46 1-3 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.47 1-4 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



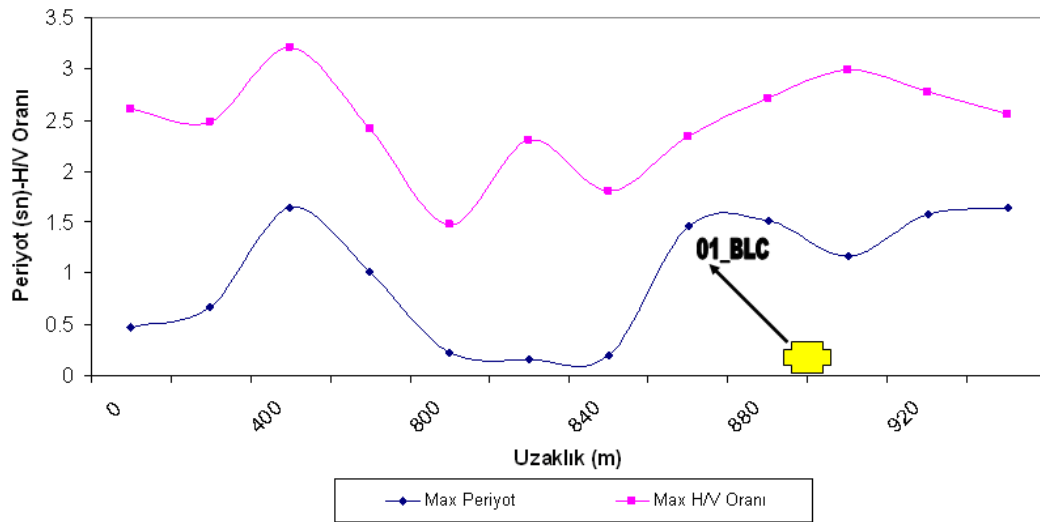
Şekil 4.48 1-5 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması (Tablo 4.10) ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Field ve Jacob, 1995).

Tablo 4.10 G-K yönlü mikrotremör ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

NOKTA NO	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
1	Z1	0.16	2.30
2	Z1	0.20	1.81
3	Z4	1.46	2.34
4	Z4	1.52	2.71
5	Z4	1.17	2.99
6	Z4	1.58	2.77
7	Z4	1.64	2.56
1-1	Z1	0.23	1.48
1-2	Z4	1.02	2.42
1-3	Z4	1.64	3.21
1-4	Z4	0.67	2.48
1-5	Z3	0.47	2.61

G-K Yönlü Değişim Grafiği



Şekil 4.49 Balçova istasyonu G-K profili max periyot ve H/V değişim grafiği

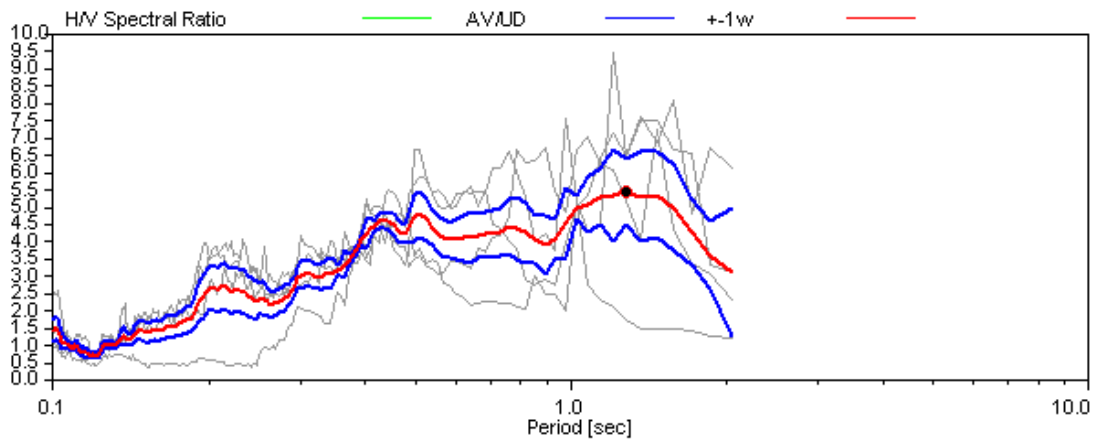
4.4.1.5 Balçova İstasyonu (01_BLC) Mikrotremör D-B Yönlü Çalışmalar

Öncelikle BLC (Balçova) istasyonun doğusunda D-B yönlü profil üzerinde doğudan istasyona doğru yola paralel, denize dik olarak 20 ayrı noktada mikrotremör ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.50) Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem

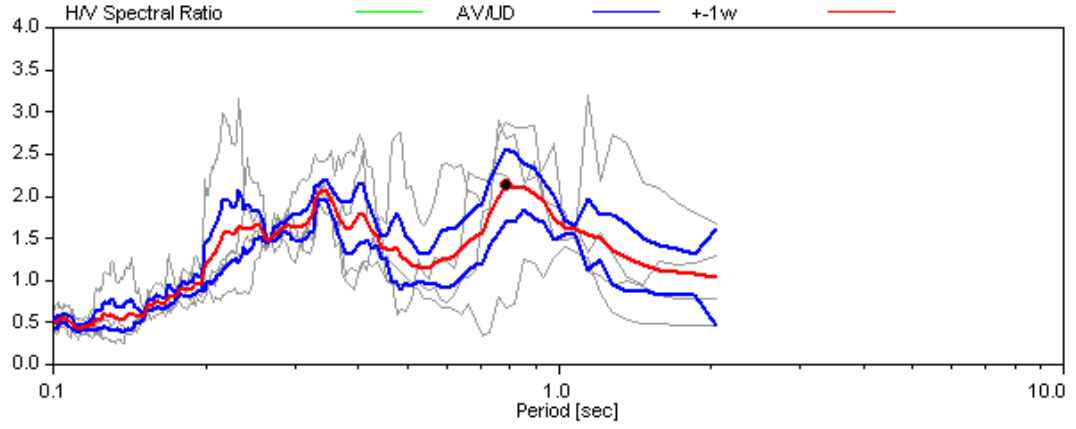
de hızlı bir teknik olması nedeniyle tek istasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-6TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) ölçü alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranı analizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir.



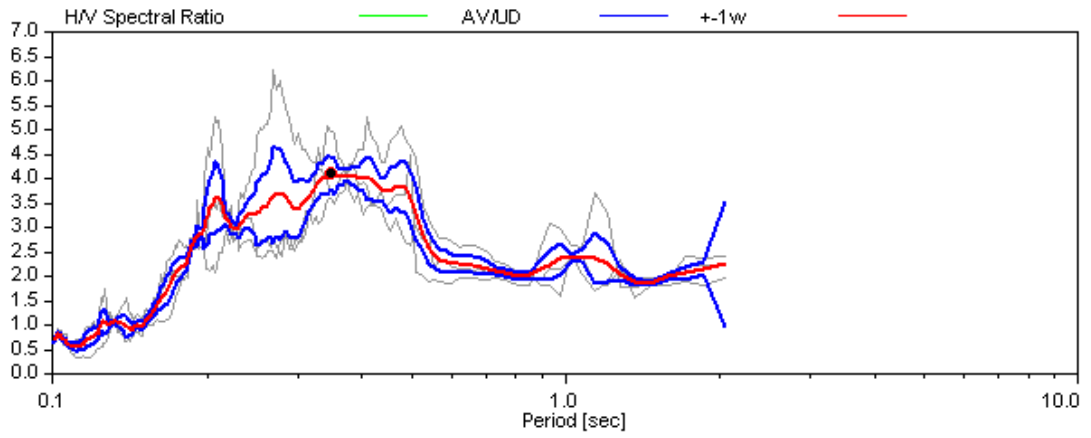
Şekil 4.50 Balçova istasyonu doğusundaki D-B profili noktaları gösterir kroki.



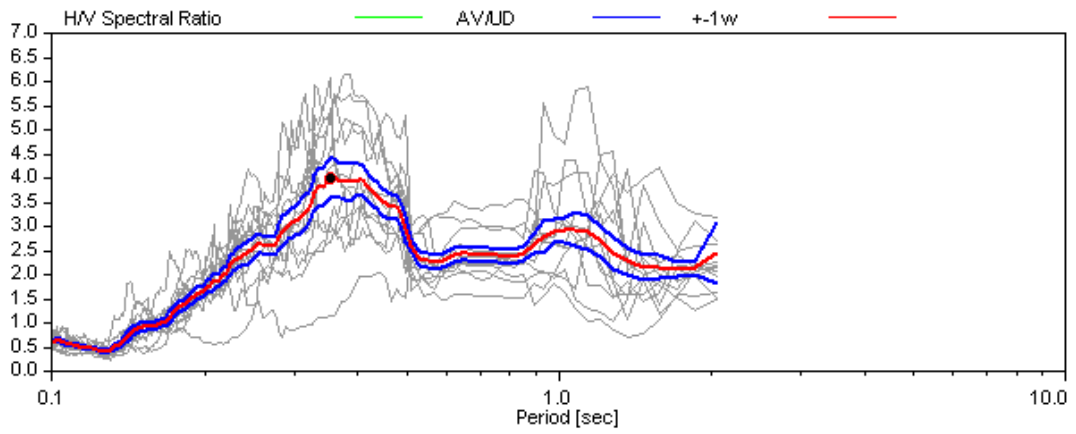
Şekil 4.51 1 nolu mikrotremör ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



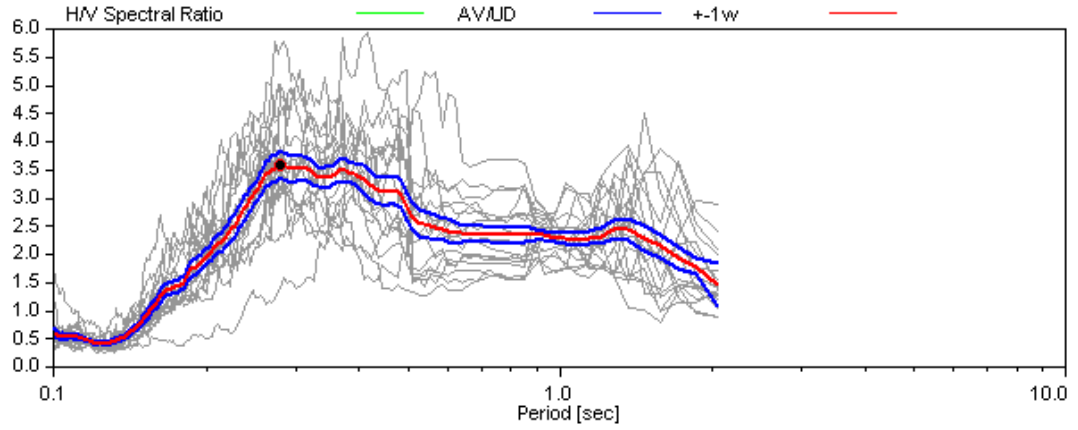
Şekil 4.52 2 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



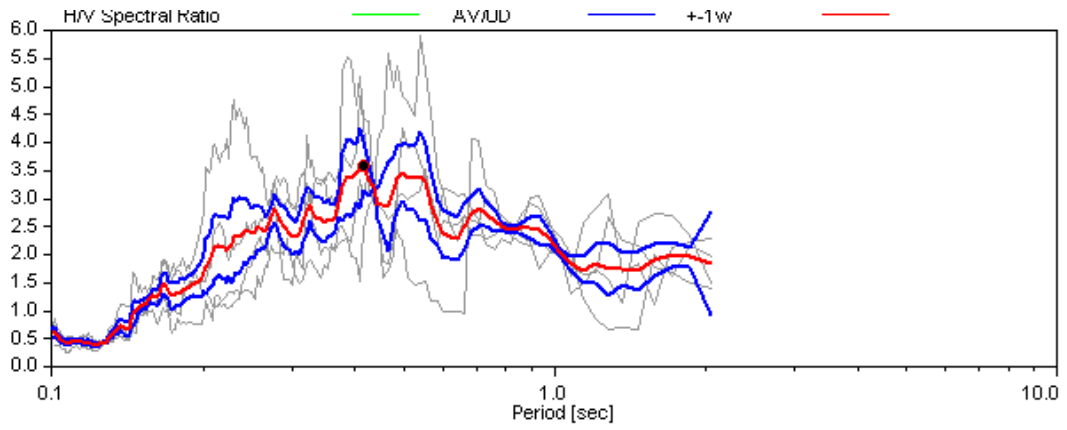
Şekil 4.53 3 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



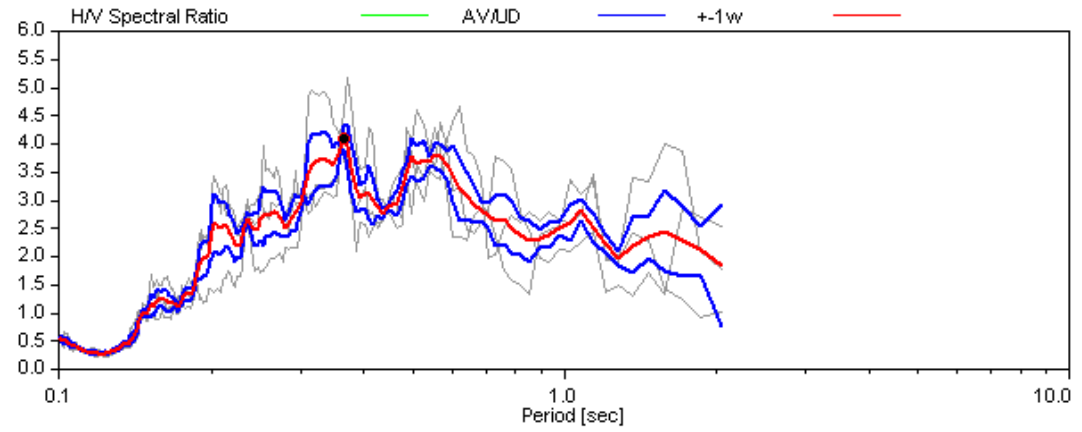
Şekil 4.54 4 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



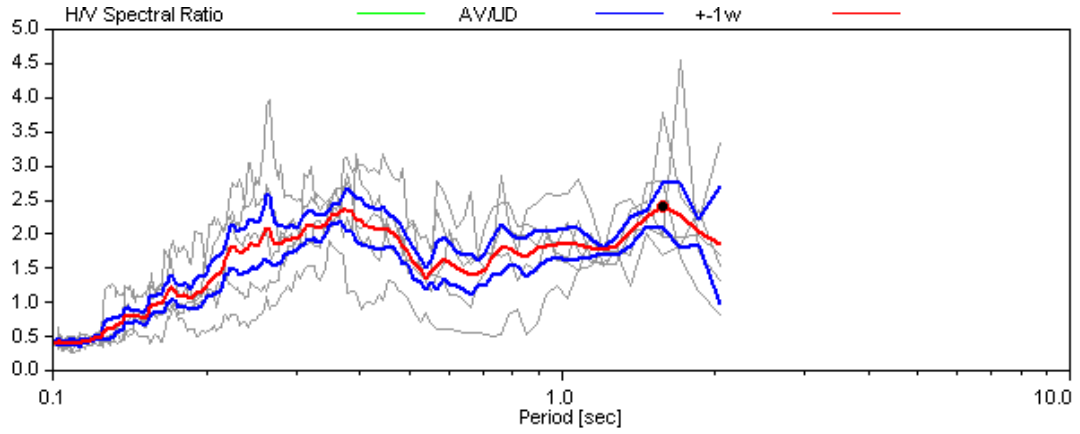
Şekil 4.55 5 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



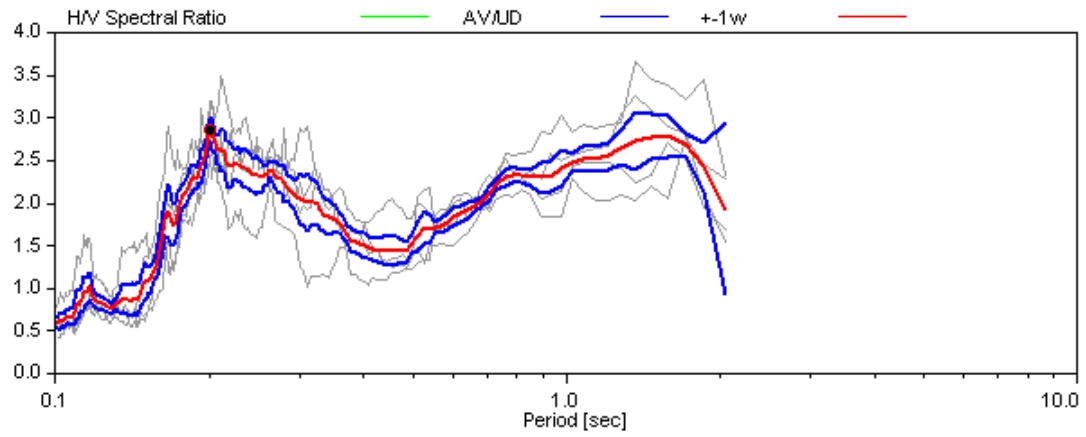
Şekil 4.56 6 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



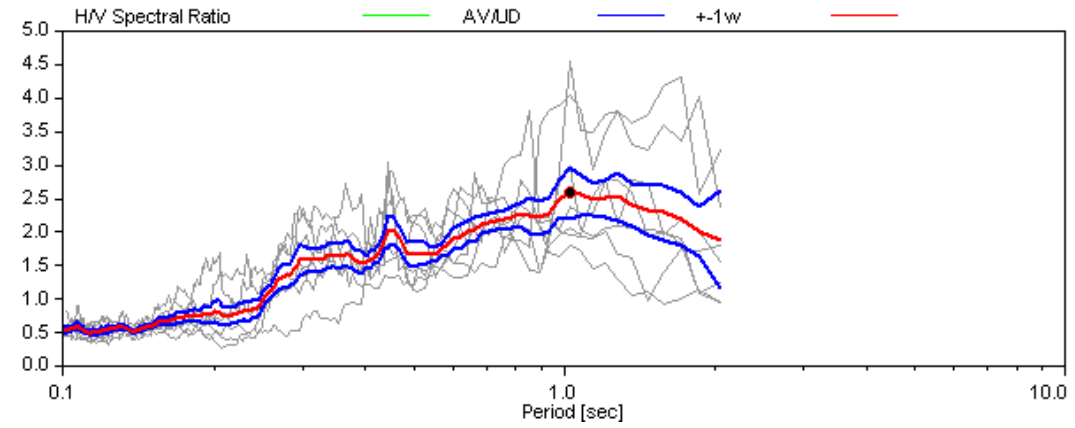
Şekil 4.57 7 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



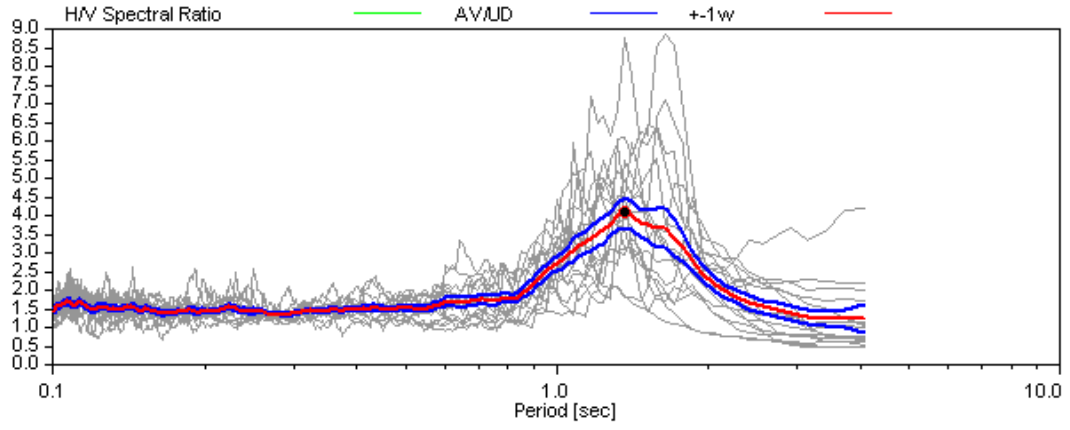
Şekil 4.58 8 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



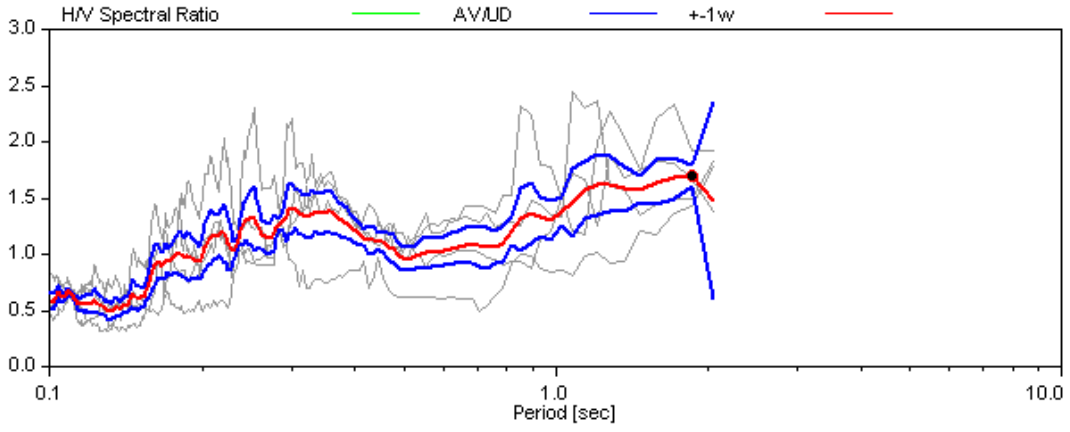
Şekil 4.59 9 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



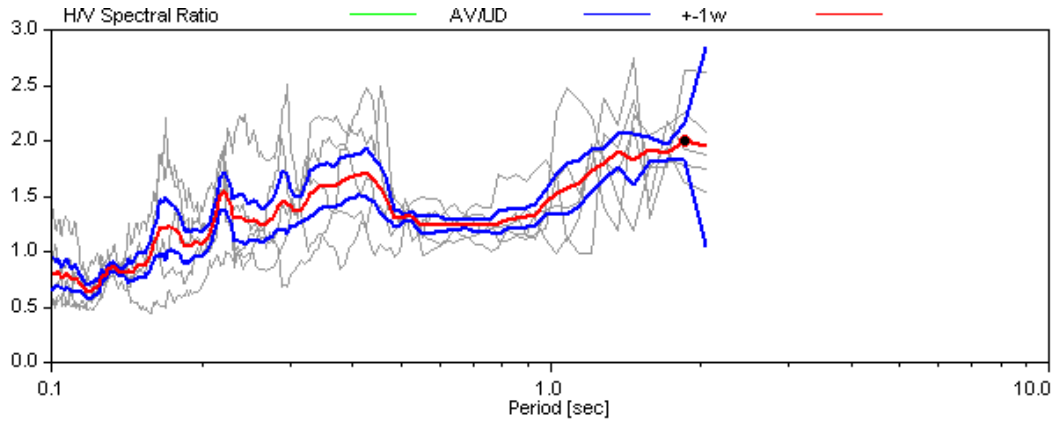
Şekil 4.60 10 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



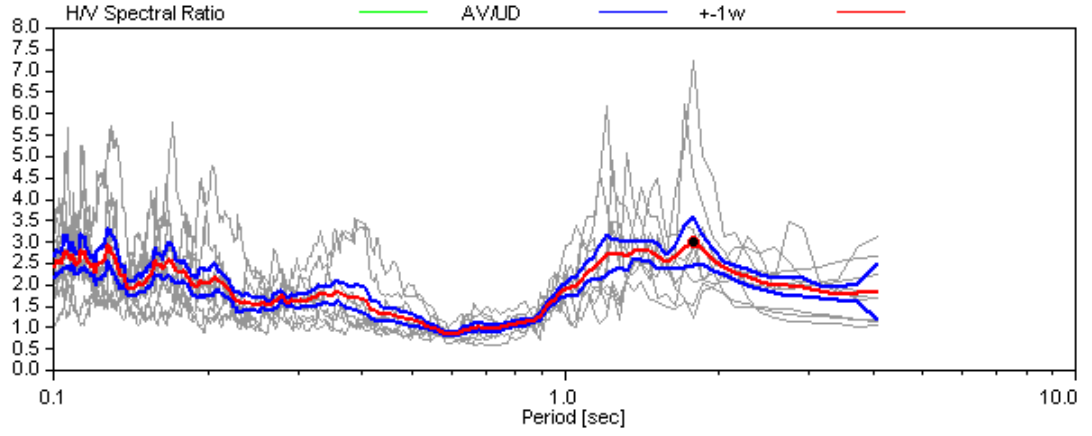
Şekil 4.61 11 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



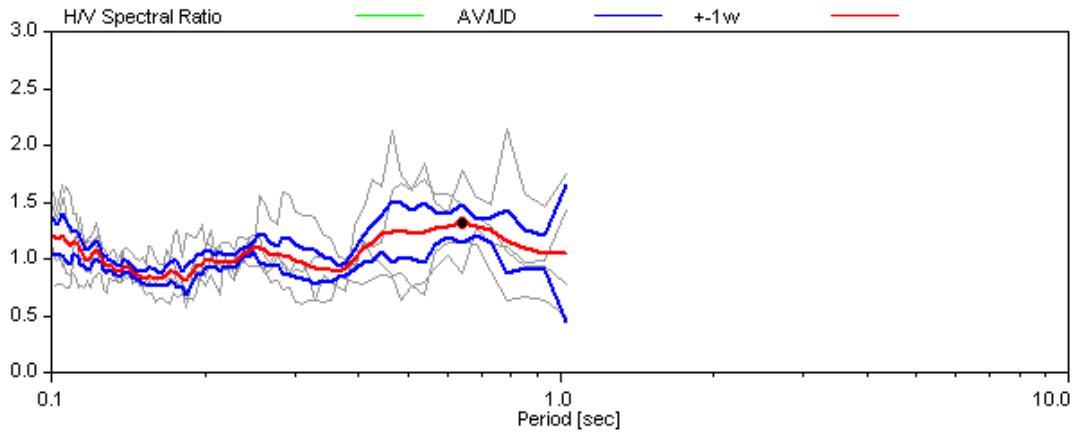
Şekil 4.62 12 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



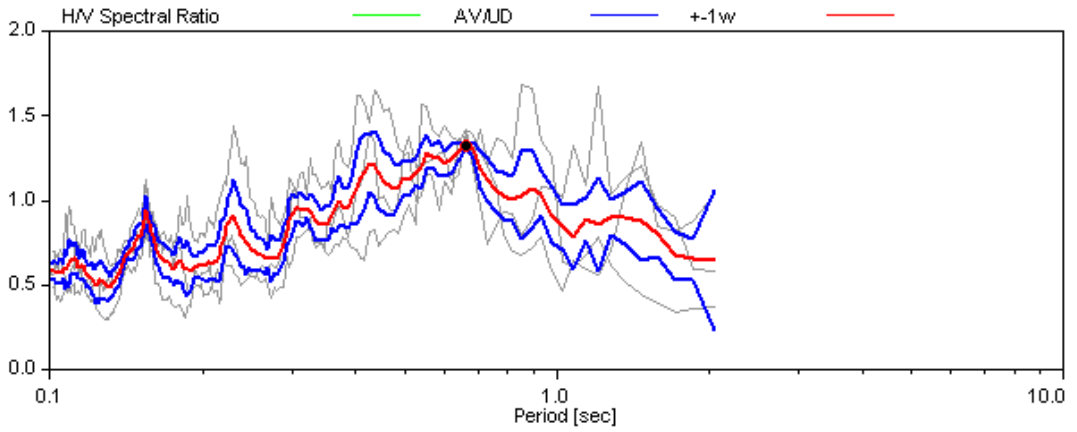
Şekil 4.63 13 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



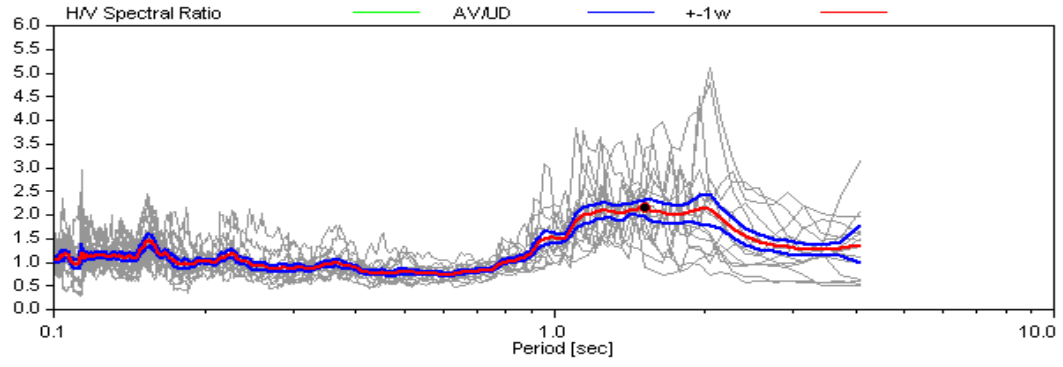
Şekil 4.64 14 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



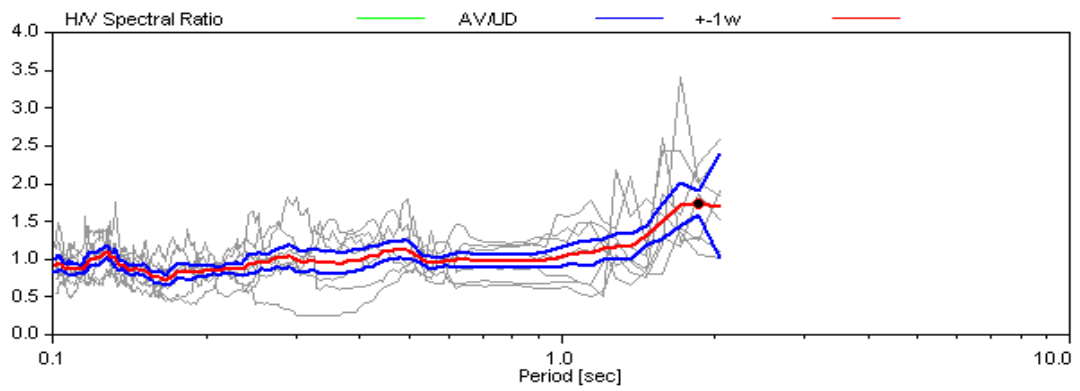
Şekil 4.65 15 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



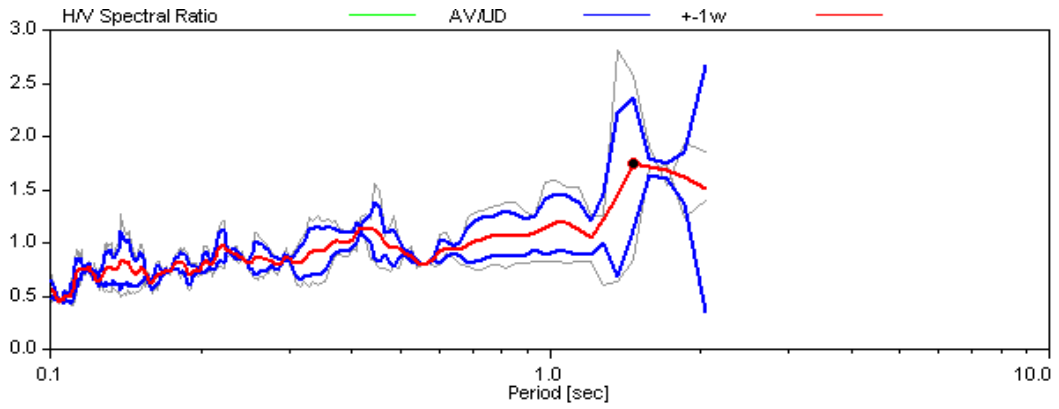
Şekil 4.66 16 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



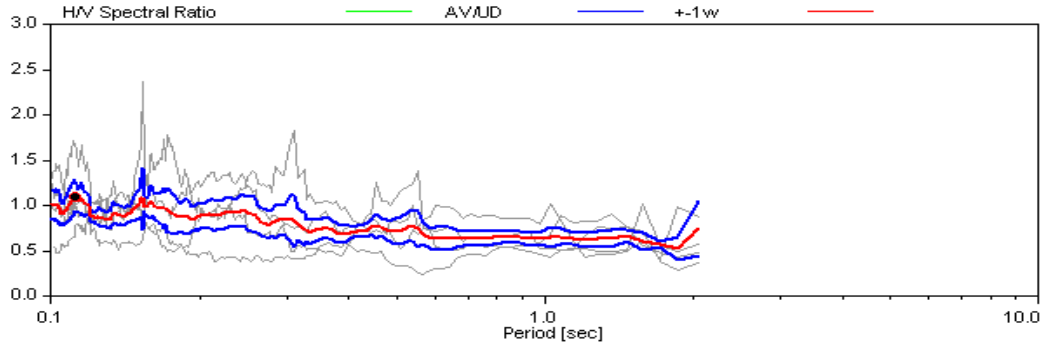
Şekil 4.67 17 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.68 18 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.69 19 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.70 20 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması (Tablo 4.11) ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Field ve Jacob, 1995).

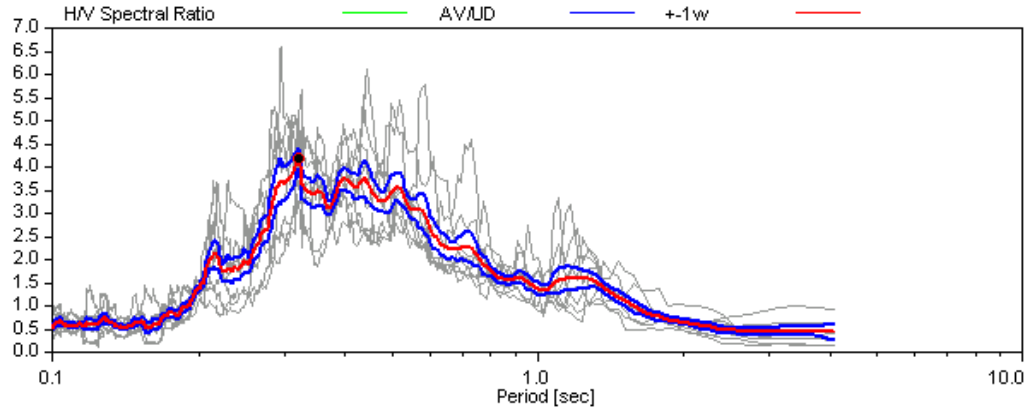
Tablo 4.11 D-B yönlü ilk etap mikrotremor ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

NOKTA NO	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
1	Z4	1.28	5.45
2	Z4	0.79	2.13
3	Z2	0.35	4.11
4	Z2	0.35	4.01
5	Z1	0.28	3.59
6	Z3	0.42	3.59
7	Z2	0.37	4.11
8	Z4	1.58	2.42
9	Z1	0.20	2.86
10	Z4	1.02	2.58
11	Z1	0.11	1.44
12	Z4	1.86	1.70
13	Z4	1.86	1.99
14	Z1	0.11	1.58
15	Z4	0.54	1.31
16	Z4	0.66	1.32
17	Z1	0.12	1.45
18	Z4	1.86	1.75
19	Z4	1.46	1.74
20	Z1	0.11	1.10

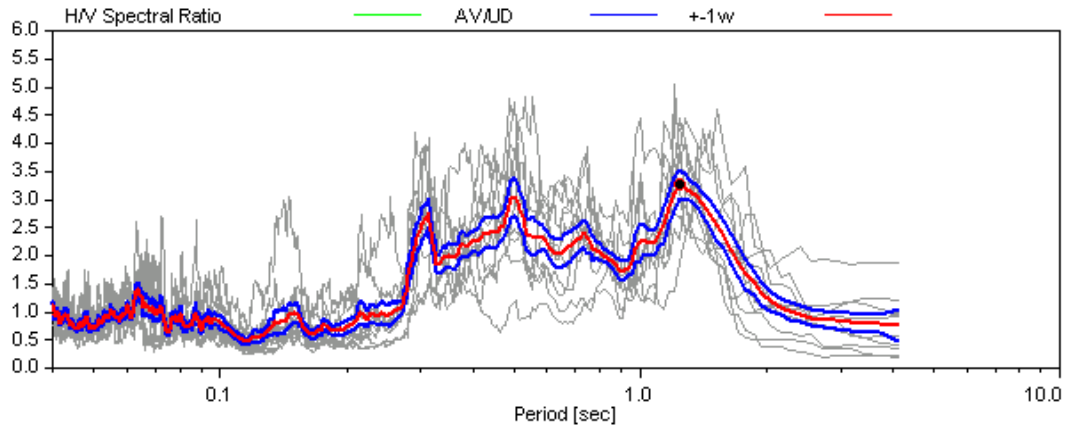
İkinci etapta BLC (Balçova) istasyonunun batısında D-B yönlü profil üzerinde istasyondan Özdilek mağazası yönüne doğru, yola paralel olarak 15 ayrı noktada mikrotremör ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.71) Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle tek istasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-6TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) ölçü alınmıştır. Toplanan mikrotremör verileri yatay-düşey spektral oranı analizi olarak tanımlanan Nakamura Tekniği (1989) ile GEOPSY programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir.



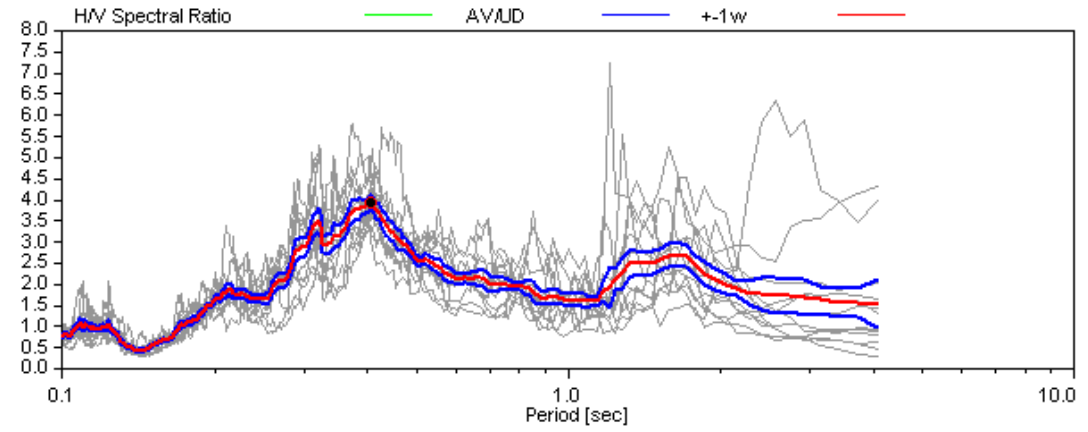
Şekil 4.71 Balçova istasyonu batısındaki Özdilek alışveriş merkezi doğrultusundaki D-B profili noktaları gösterir kroki.



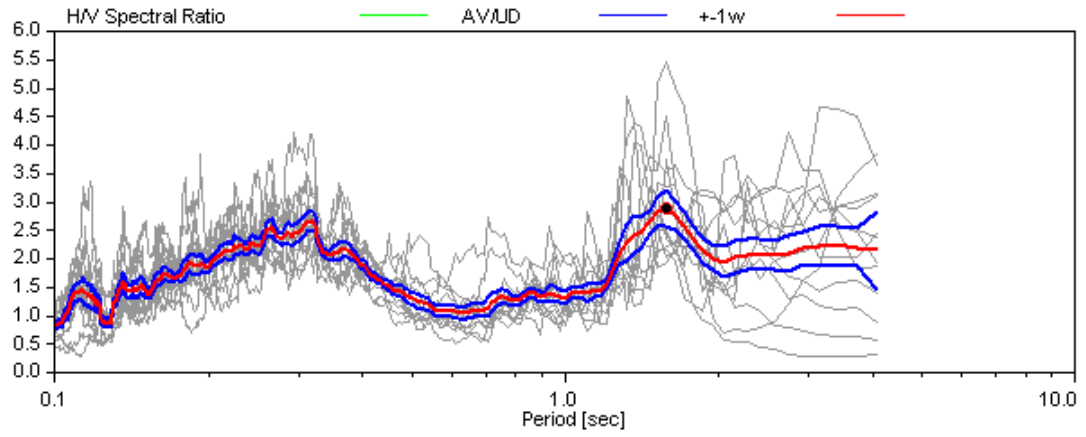
Şekil 4.72 1 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



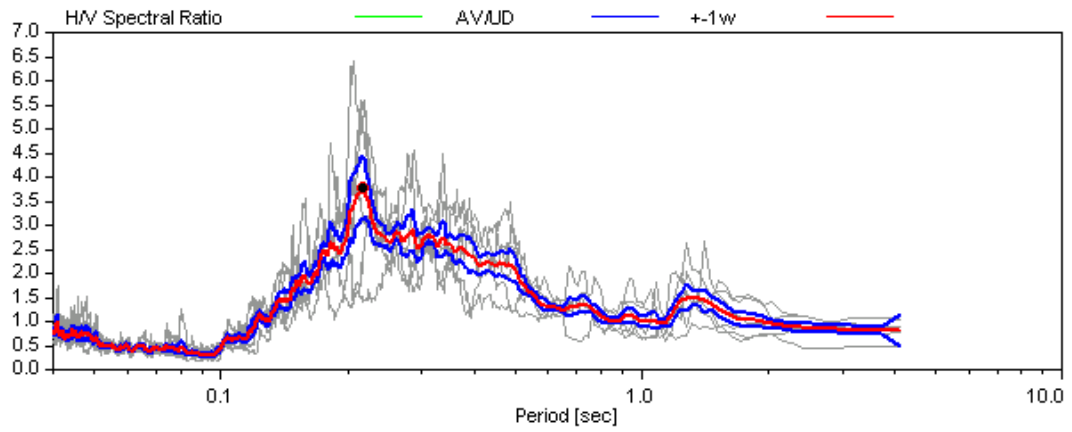
Şekil 4.73 2 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



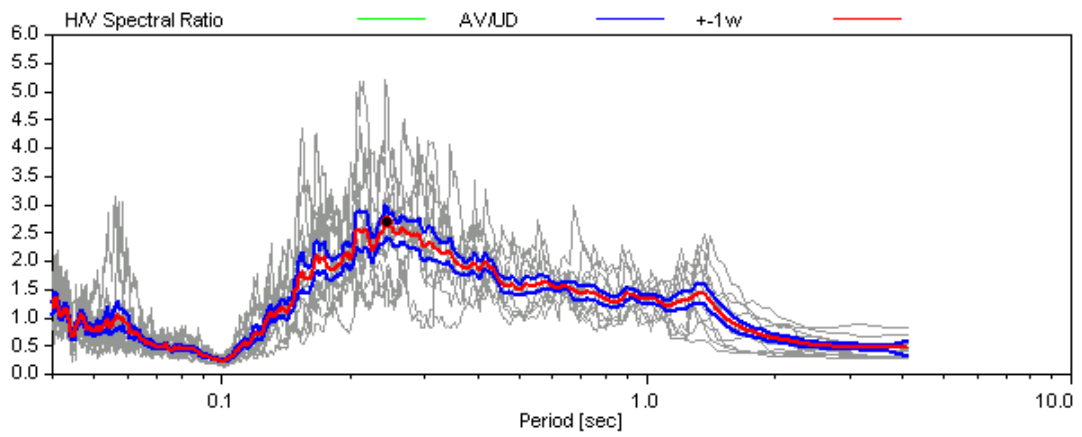
Şekil 4.74 3 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



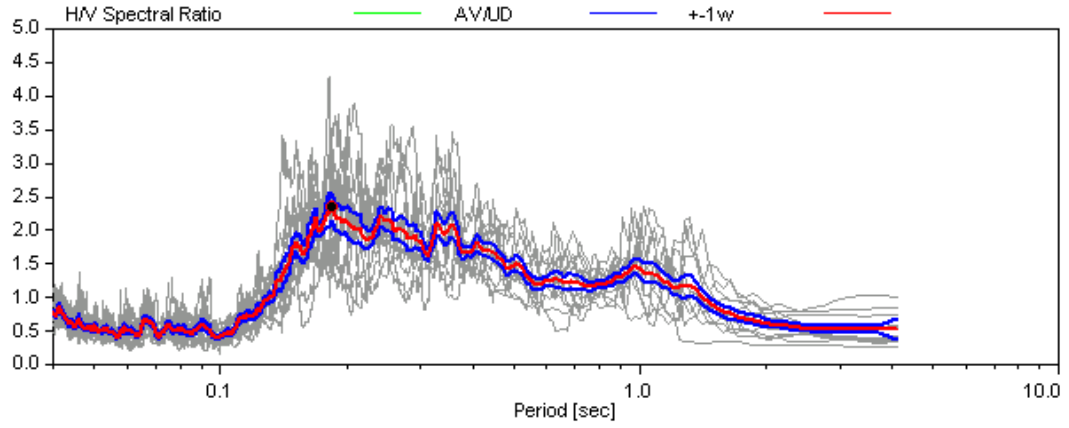
Şekil 4.75 4nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



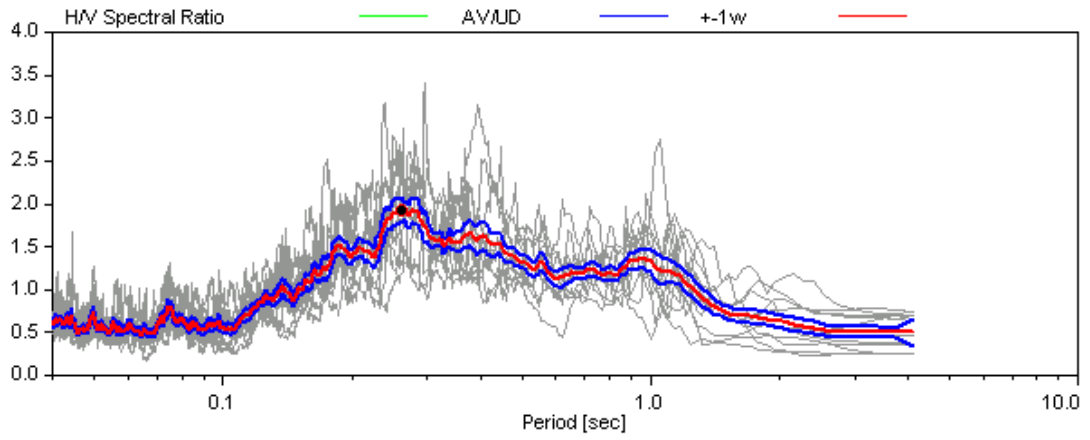
Şekil 4.76 5nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



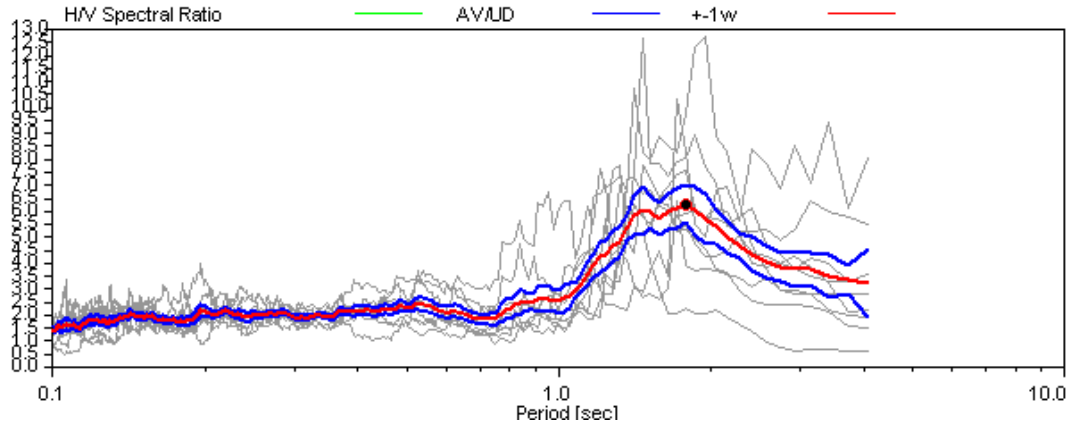
Şekil 4.77 6 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri..



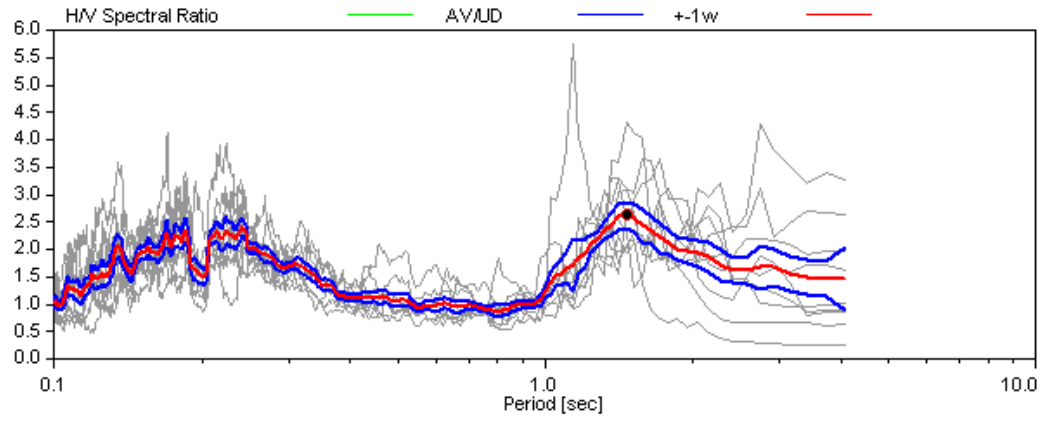
Şekil 4.78 7 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri..



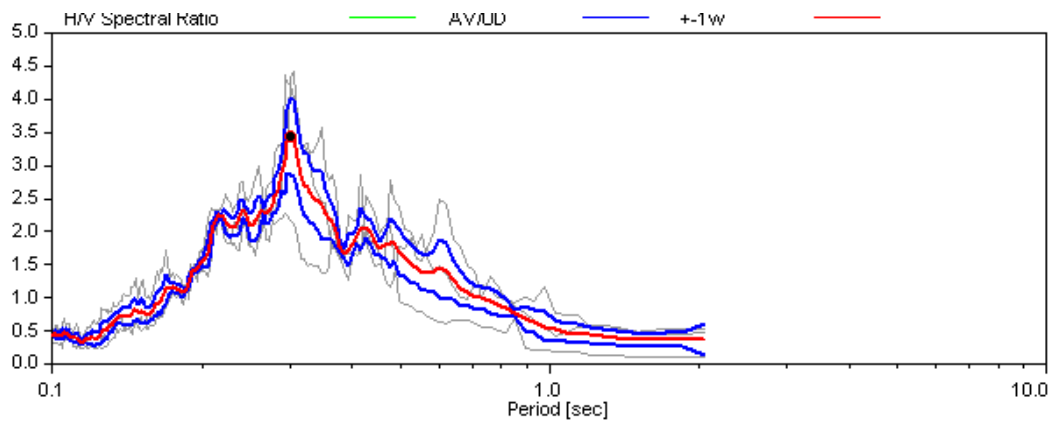
Şekil 4.79 8nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



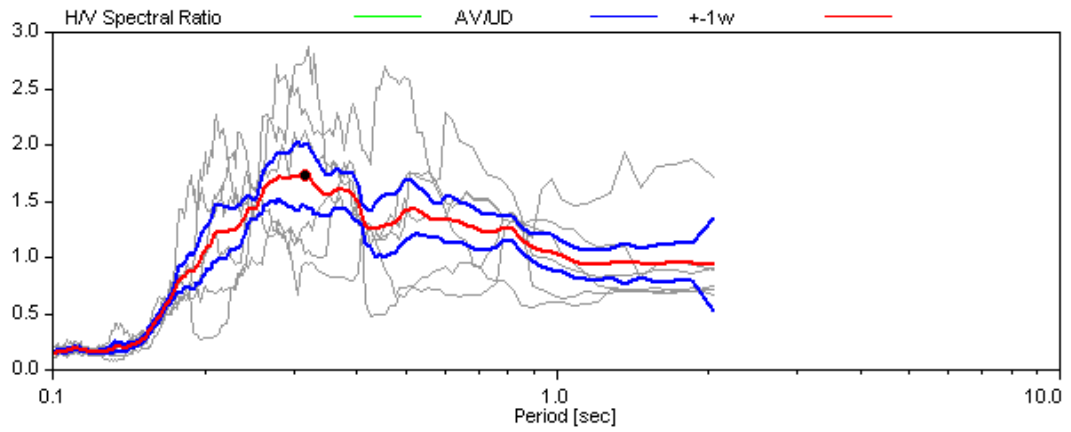
Şekil 4.80 9nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



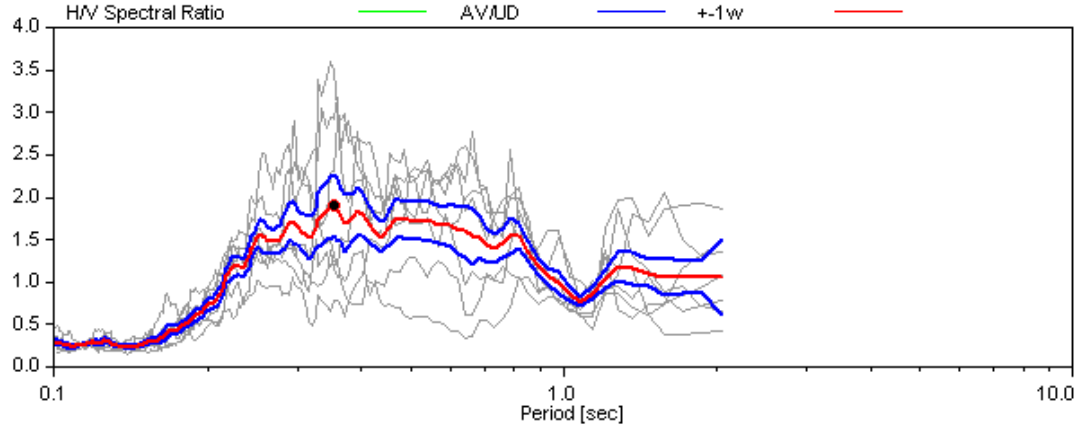
Şekil 4.81 10 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



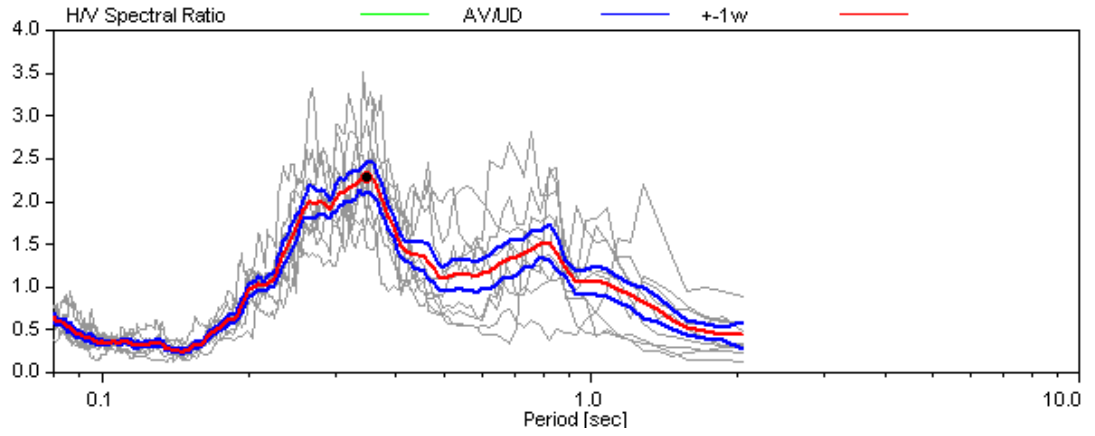
Şekil 4.82 11 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



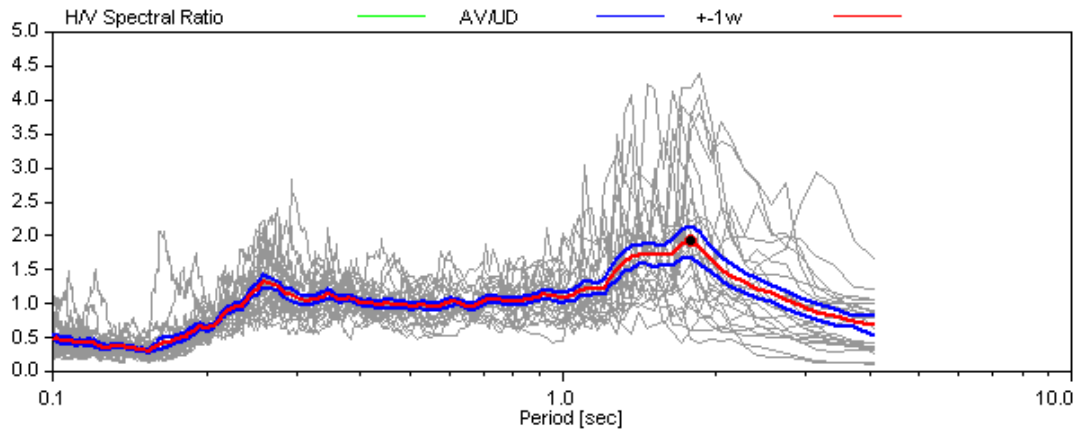
Şekil 4.83 12 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.84 13nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.85 14nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



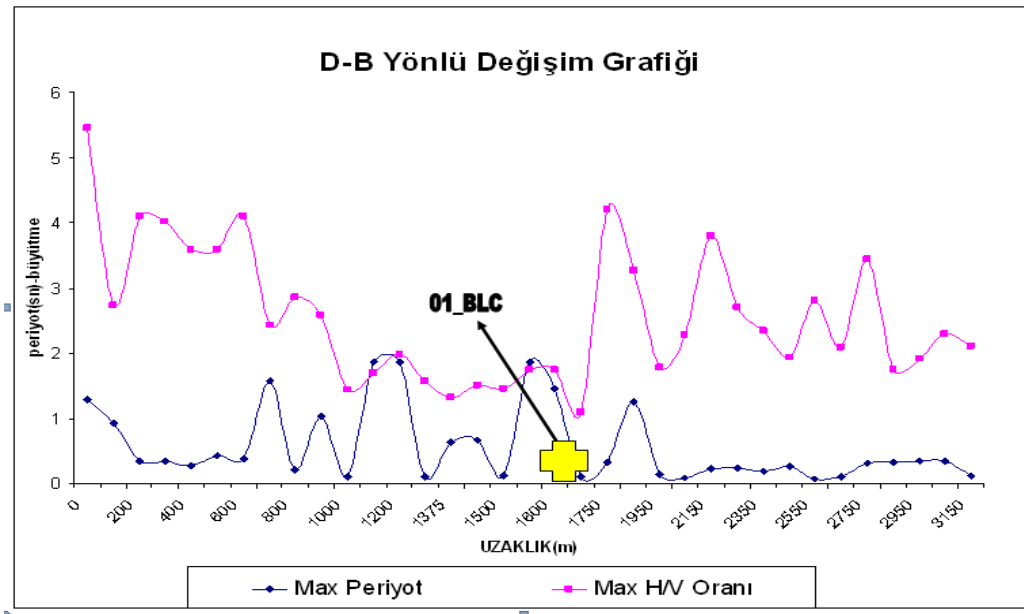
Şekil 4.86 15nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması (Tablo 4.12) ile bu periyot değerlerine karşılık gelen

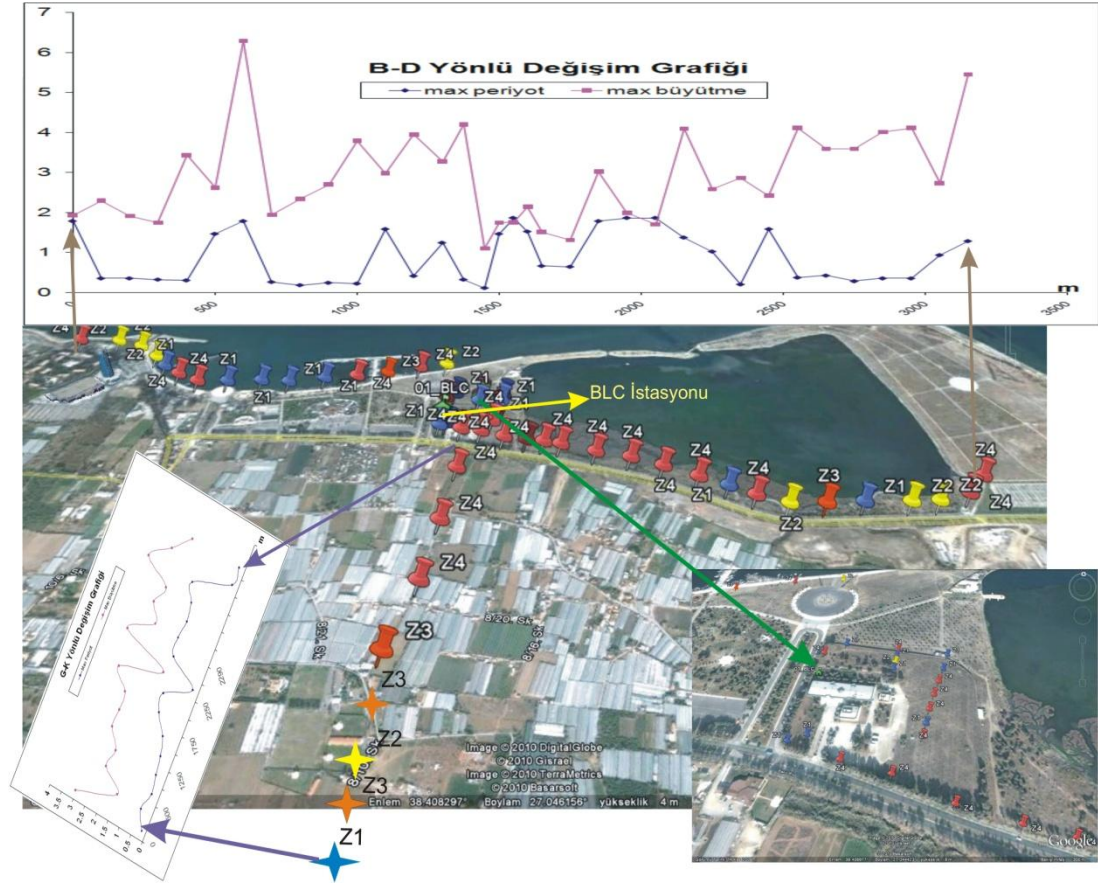
yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Field ve Jacob, 1995). K-G ve D-B yönlü açılımlarda zemin tipi açısından ani değişimler gözlenmektedir(Şekil 4.88) .

Tablo 4.12 D-B yönlü ikinci etap mikrotremor ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

NOKTA NO	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
1	Z2	0.32	4.20
2	Z4	1.24	3.27
3	Z3	0.41	3.95
4	Z4	1.58	2.89
5	Z1	0.22	3.79
6	Z1	0.24	2.70
7	Z1	0.18	2.34
8	Z1	0.26	1.94
9	Z4	1.78	6.29
10	Z4	1.46	2.62
11	Z2	0.30	3.43
12	Z2	0.32	1.74
13	Z2	0.35	1.91
14	Z2	0.35	2.29
15	Z4	1.78	1.93



Şekil 4.87 Balçova istasyonu D-B profili max periyot ve H/V değişim grafiği.



Şekil 4.88 Balçova istasyonunda yapılan tüm çalışmaların zemin değerlendirme sonuçları.

4.4.2 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL)

GZL (Güzelbahçe) istasyonu yakınında, Güzelbahçe fayına paralel ve dik olacak şekilde seçilen 6 profilde düz ve ters atışlarla MASW-REMİ ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca Güzelbahçe fayına dik ve paralel iki doğrultuda toplam 30 noktada mikrotremör ölçümleri yapılarak faya paralel ve dik doğrultuda zeminin micro ölçekte değişimleri incelenmeye çalışılmıştır.

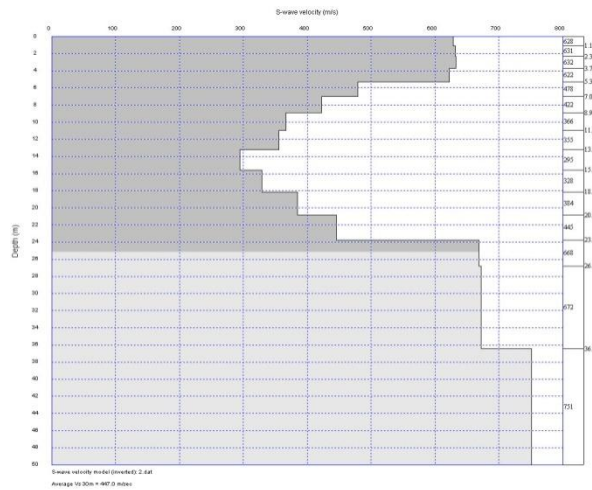
4.4.2.1 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) MASW Çalışmaları

Güzelbahçe istasyonunda yapılan MASW-REMİ çalışmalarındaki ölçülerde 2 sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılarak 6 profilde ölçü alınmıştır. 4.5 Hz'lik 24 jeofon kullanılıp, jeofon aralıkları 5 metre, offset uzaklığı 5 metre olarak seçilmiştir. (Şekil 88). MASW verilerinin analizleri Frekans-Dalgasayısı (FK) analizi

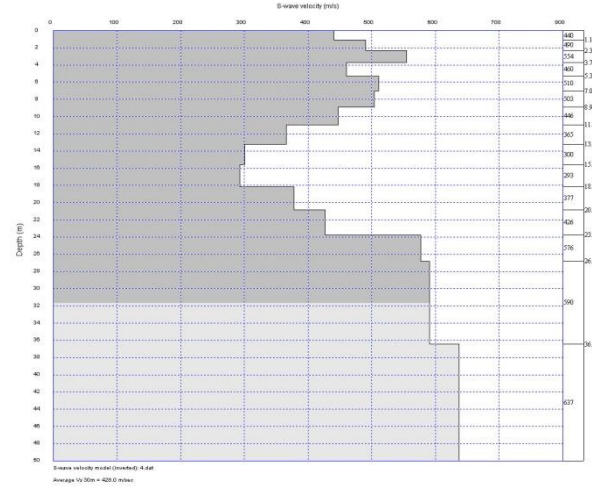
olarak bilinen yöntemle yapılmıştır (Stokoe ve diğ., 1994). Bu analiz ile elde edilen dispersiyon eğrilerinin temel özelliğine bakıldığında yüksek frekanslardaki (5-15 Hz) faz hızı değişimlerinin sığ derinliklerdeki (< 30-40m) S-dalga hızlarının elde edilmesine yönelik bilgi sağladığı görülmektedir. MASW verileri bilgisayar ortamında “Seisimager” yazılımı kullanılarak her profilde derinliğe bağlı 2 boyutlu Vs30 hız değerleri elde edilmiştir.



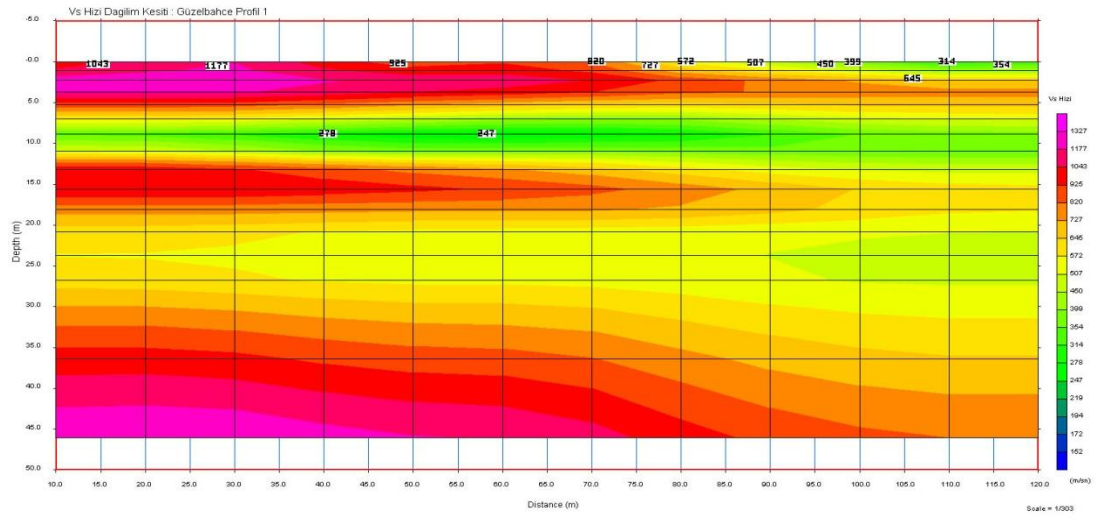
Şekil 4.89 Güzelbahçe istasyonu çevresinde denize dik ve paralel MASW ölçü profilleri.



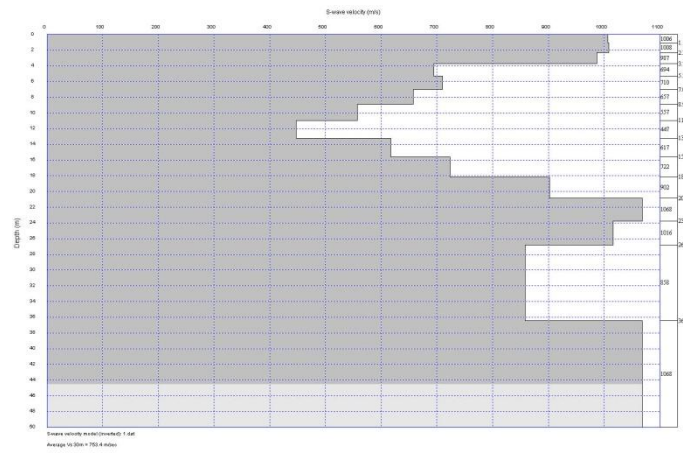
Şekil 4.90 Gzl 1 profili düz atış değerlendirmesi.



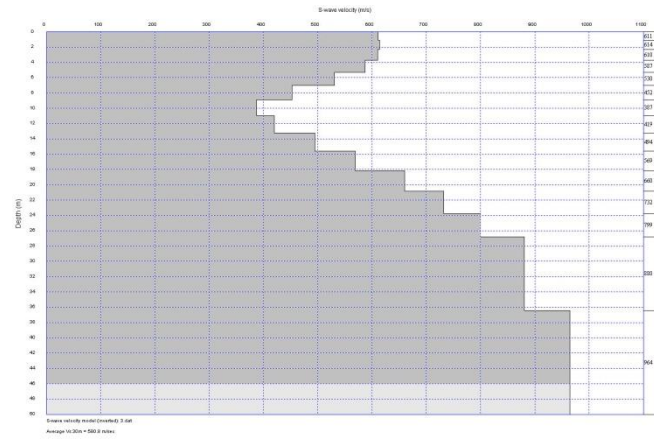
Şekil 4.91 Gzl 1 profili ters atış değerlendirmesi.



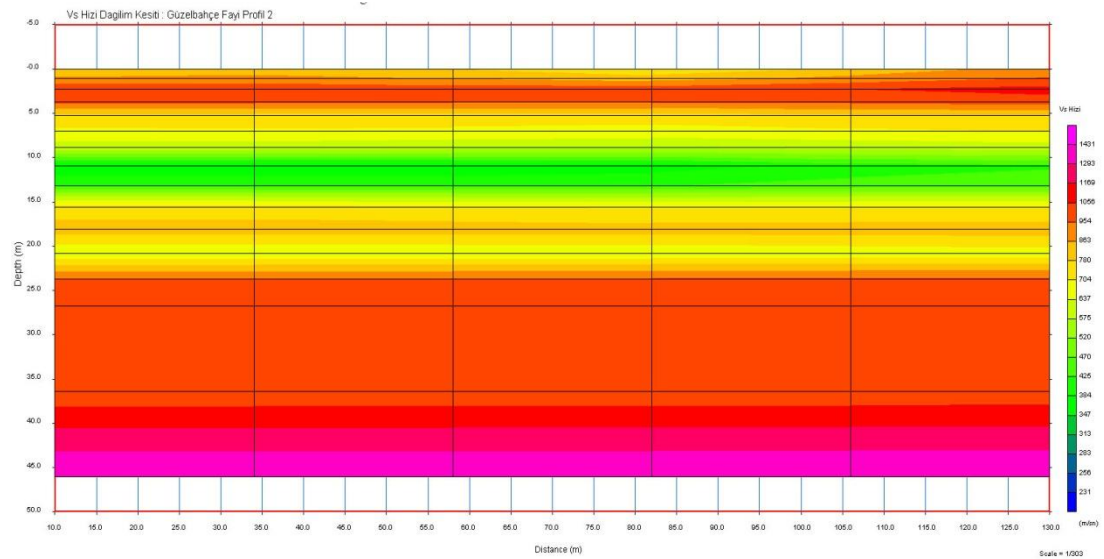
Şekil 4.92 Gzl 1 profili 2D Vs Dağılım kesiti.



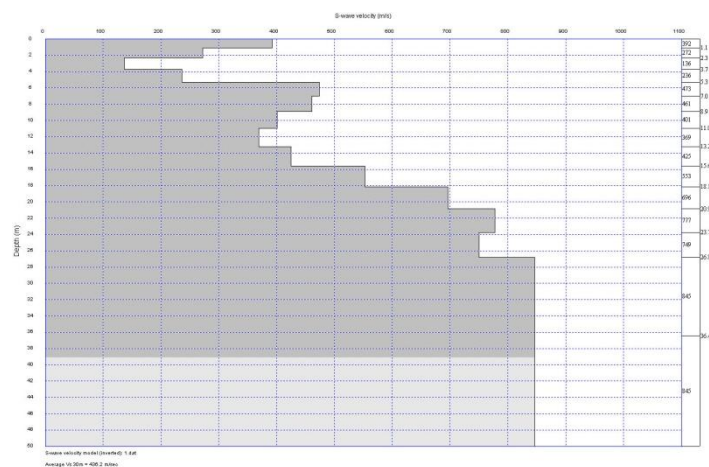
Şekil 4.93 Gzl 2 profili düz atış değerlendirmesi.

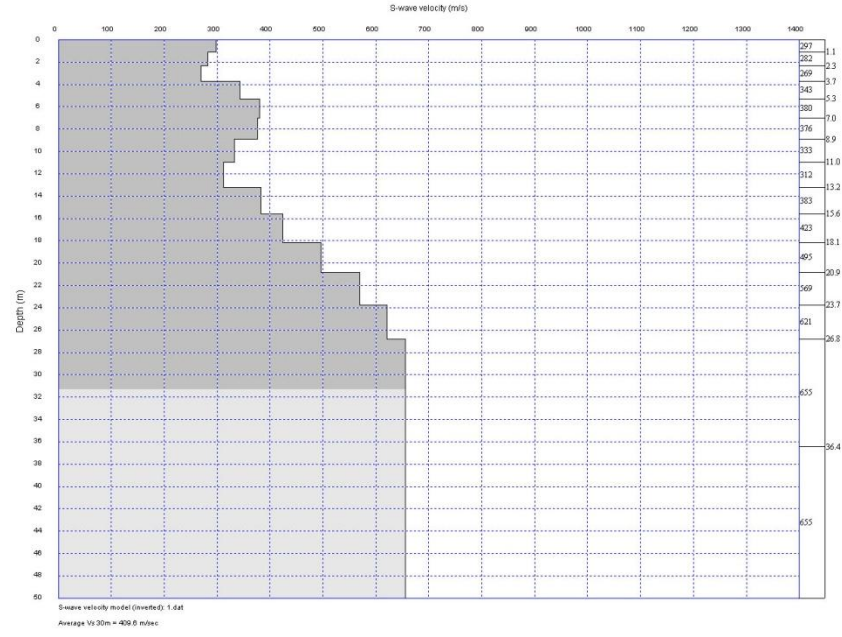


Şekil 4.94 Gzl 2 profili ters atış değerlendirmesi.

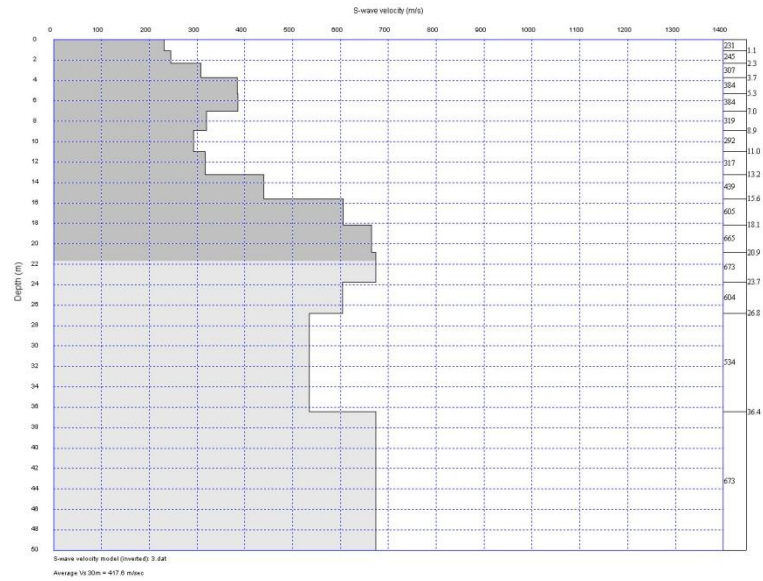


Şekil 4.95 Gzl 2 profili 2D Vs Dağılım kesiti.

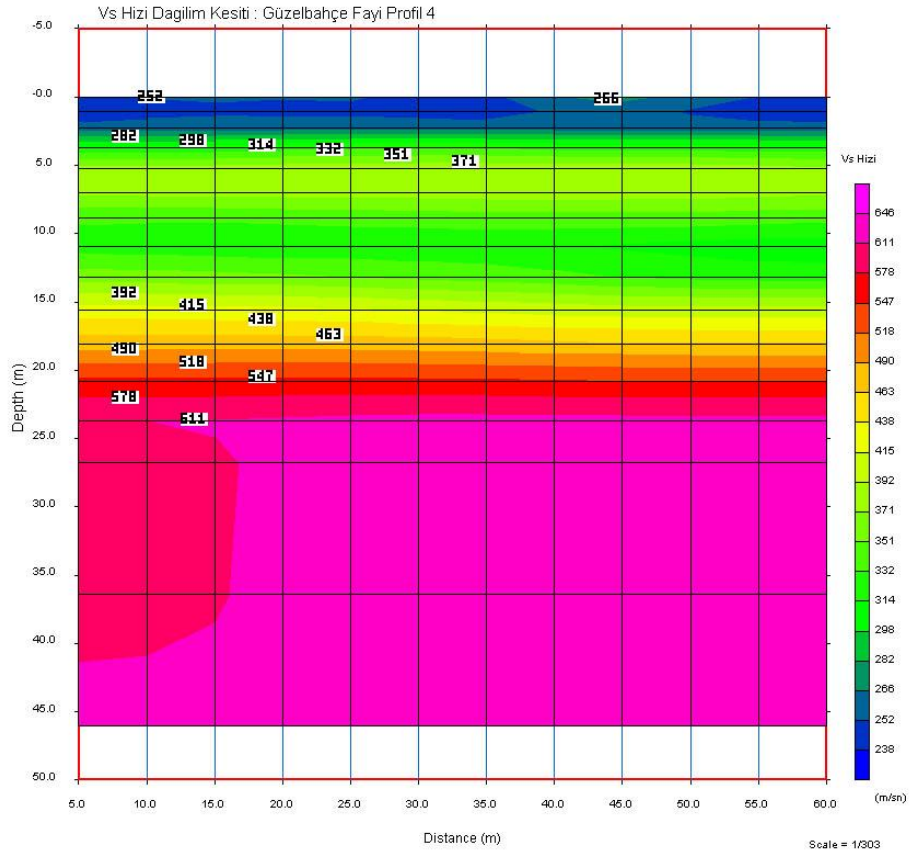




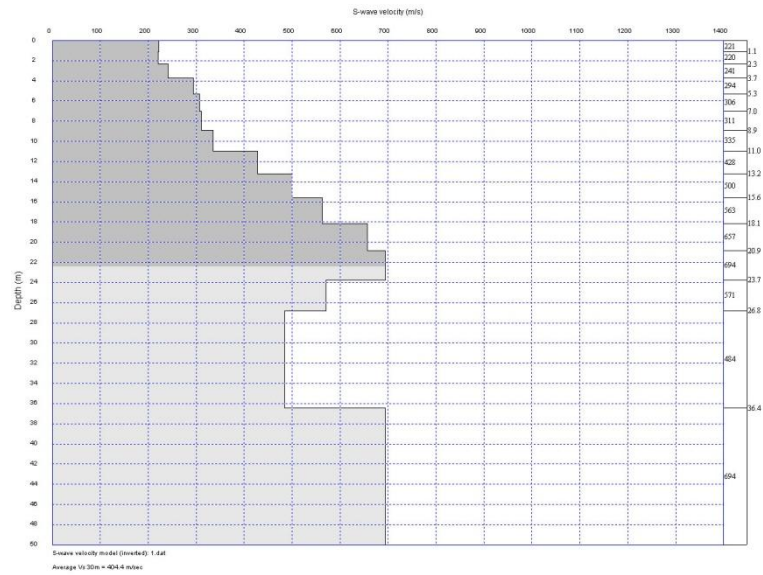
Şekil 4.99 Gzl 4 profili düz atış değerlendirmesi.



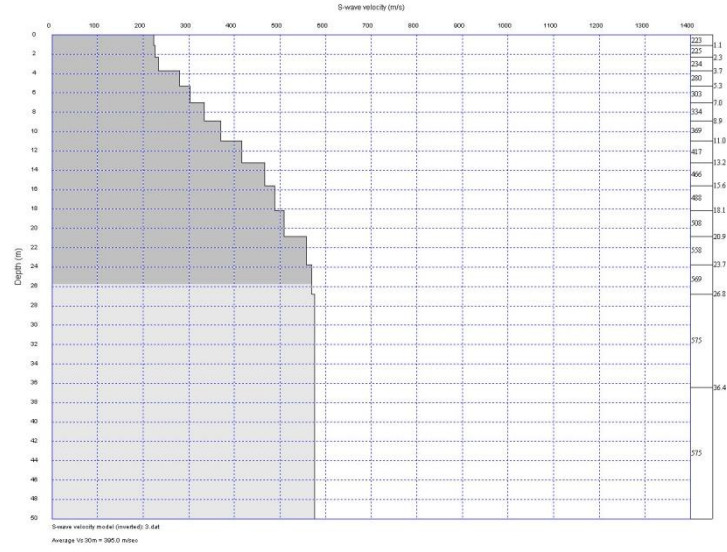
Şekil 4.100 Gzl 4 profili ters atış değerlendirmesi.



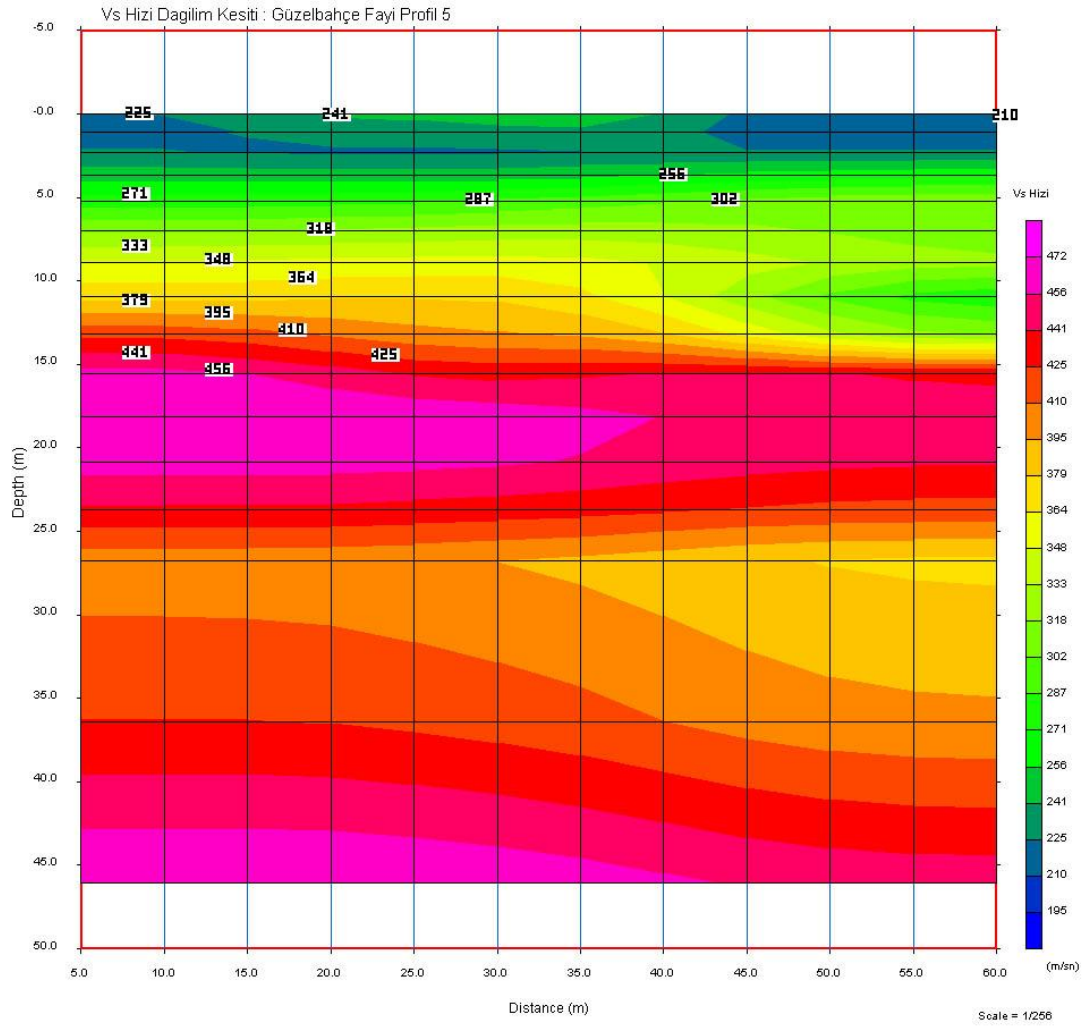
Şekil 4.101 Gzl 4 profili 2D Vs Dağılım kesiti.



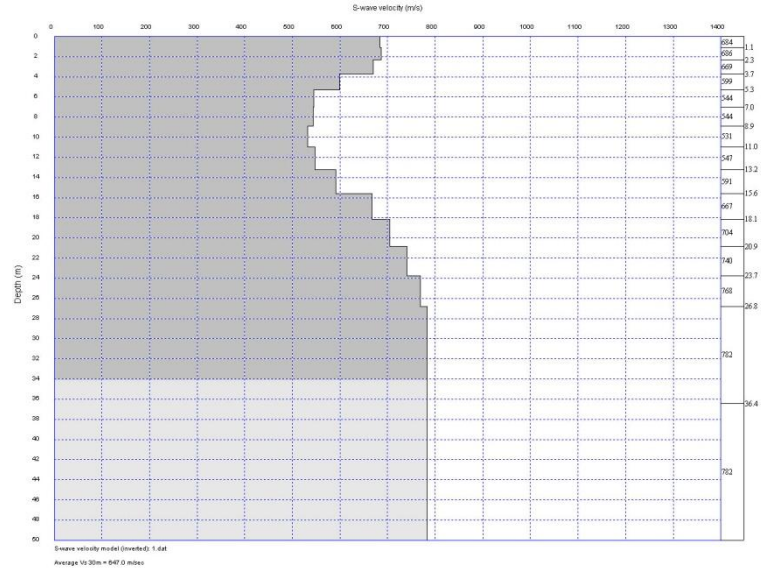
Şekil 4.102 Gzl 5 profili düz atış değerlendirmesi.



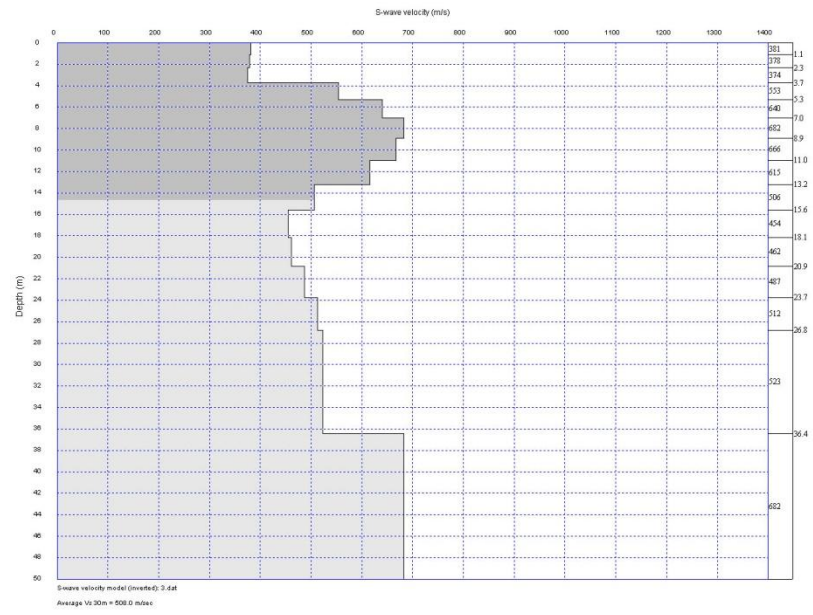
Şekil 4.103 Gzl 5 profili ters atış değerlendirmesi.



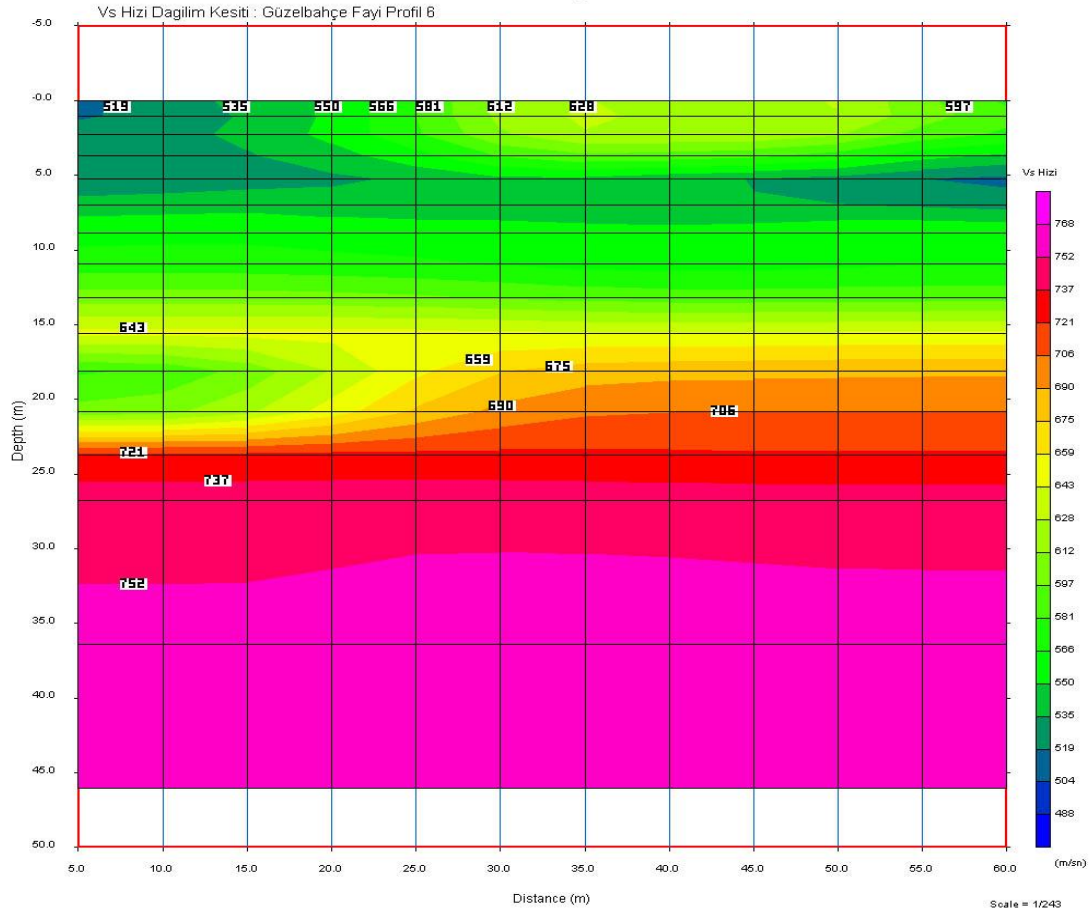
Şekil 4.104 Gzl 5 profili 2D Vs Dağılım kesiti.



Şekil 4.105 Gzl 6 profili düz atış değerlendirme.



Şekil 4.106 Gzl 6 profili ters atış değerlendirme.



Şekil 4.107 Gzl 6 profili 2D Vs Dağılım kesiti.

Hesaplanan Vs30 hız değerlerinden NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan zemin sınıflama kriteri sınıflama sonuçları Tablo-4.13'de verilmiştir. Sonuç olarak NERPH A ve C sınıfları, EURODE 8 göre A-B ve 2007 deprem yönetmeliğine göre B3-C2 sınıfları hakimdir.

Tablo 4.13 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması.

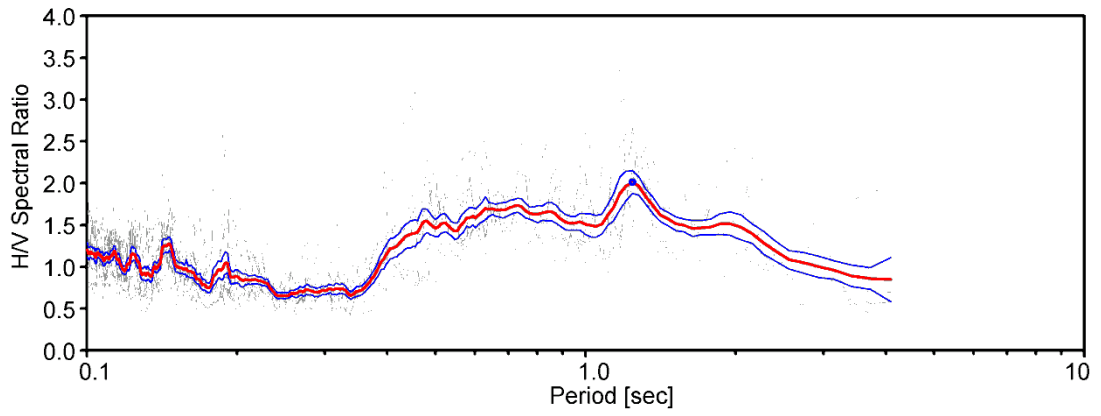
İSTASYON ADI	PROFİL NO	VS30	NEHRP	EUROCODE 8	2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ
GÜZELBAHÇE	GZL1	550.2	A	A	B3 veya C2
GÜZELBAHÇE	GZL2	742	C	B	C2 veya C3
GÜZELBAHÇE	GZL3	373.5	A	A	B3 veya C2
GÜZELBAHÇE	GZL4	404.4	A	A	C2 veya C3
GÜZELBAHÇE	GZL5	358	D	C	B3 veya C2
GÜZELBAHÇE	GZL6	600.7	A	A	C2 veya C3

4.4.2.2 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) Mikrotremör Çalışmaları

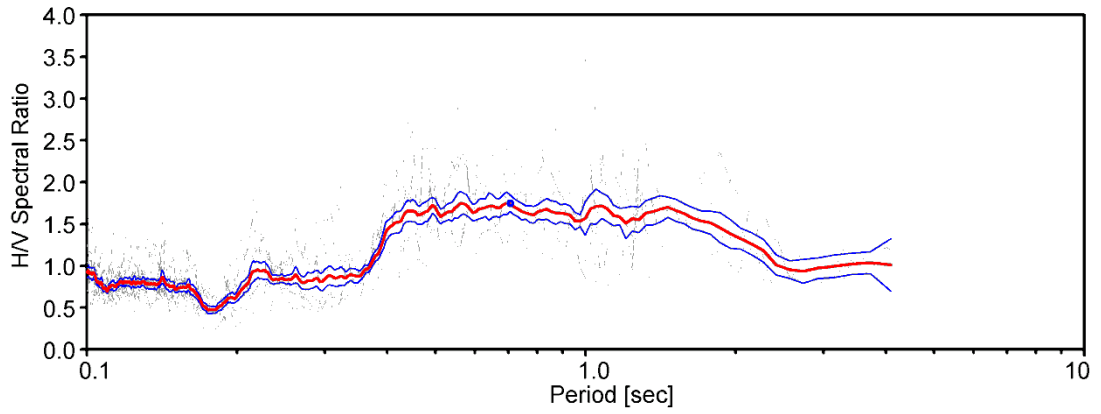
Güzelbahçe istasyonu çevresindeki alanda yapılan Mikrotremör ölçümlerinde, denize paralel olacak şekilde D-B yönlü profilde 20 ve denize dik olacak şekilde G-K yönlü profilde 10 ölçü olmak üzere toplam 30 ölçüm noktası belirlenerek, kayıt uzunluğu 20 dakika seçilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler bilgisayar ortamında Geopsy porgramı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir.



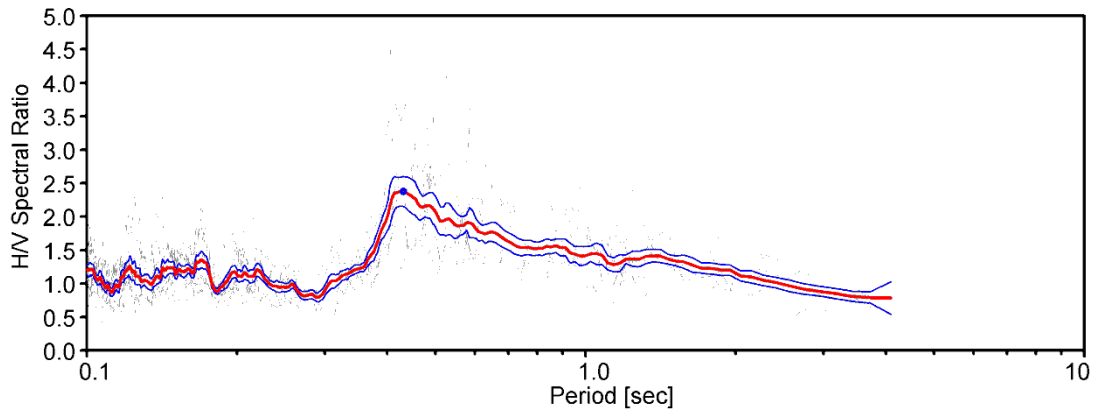
Şekil 4.108 Güzelbahçe istasyonu çevresinde denize dik ve paralel mikrotremör ölçü noktaları.



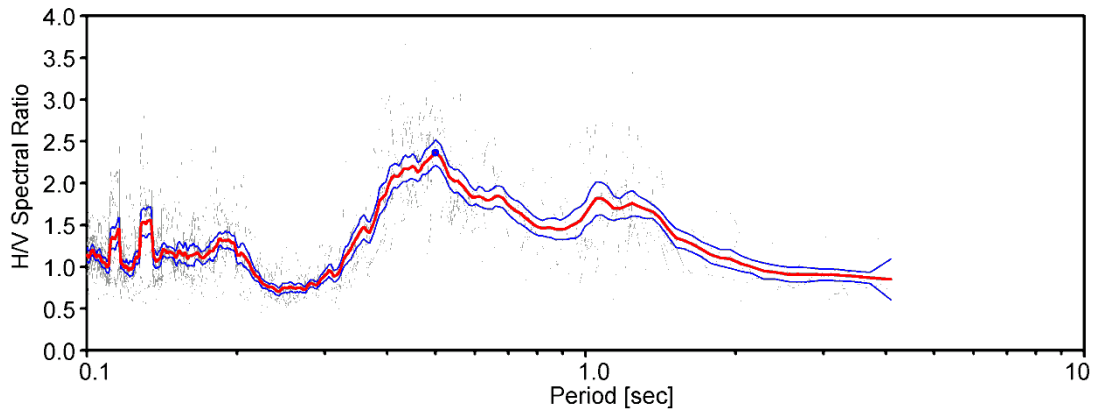
Şekil 4.109 Gzl 1 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



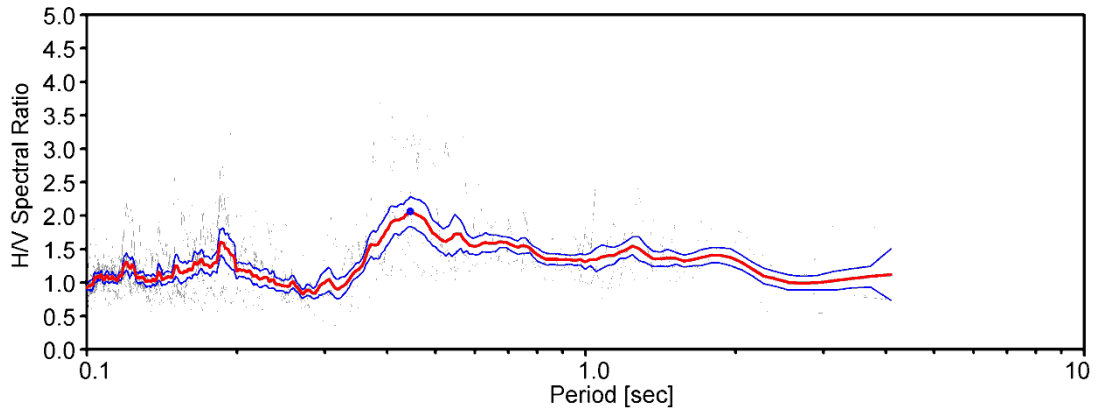
Şekil 4.110 Gzl 2 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



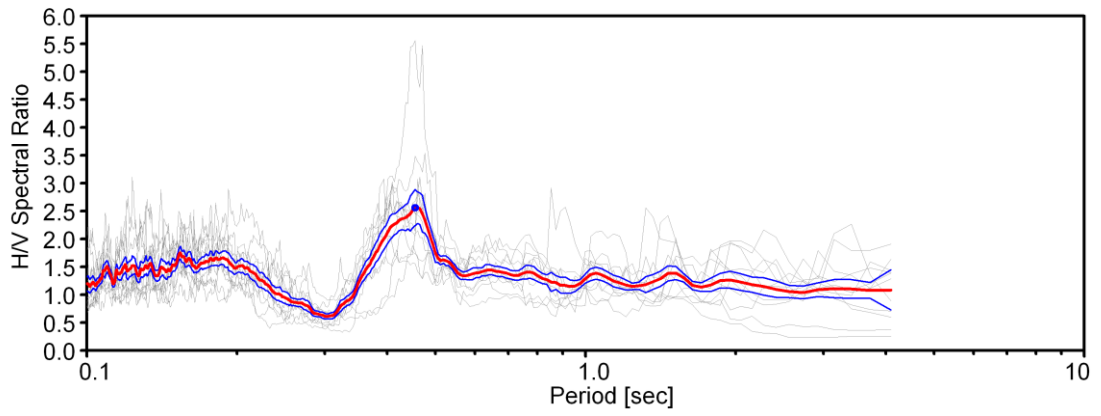
Şekil 4.111 Gzl 3 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



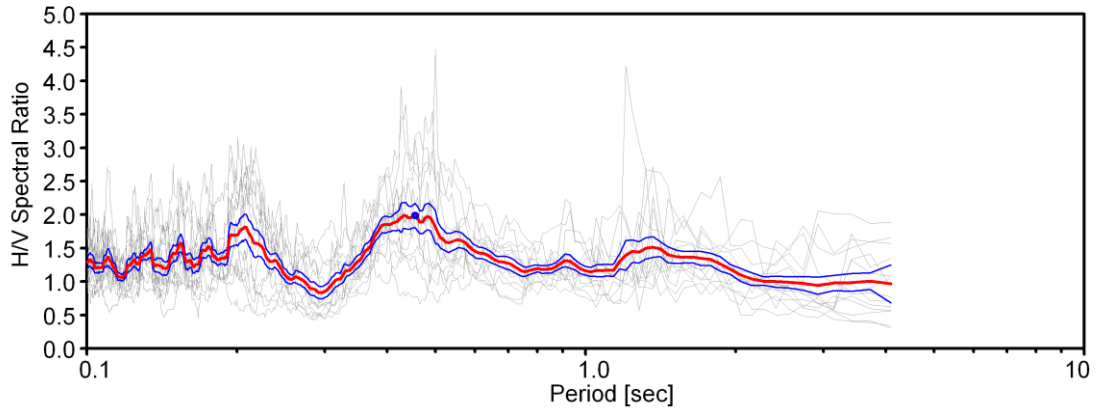
Şekil 4.112 Gzl 4 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



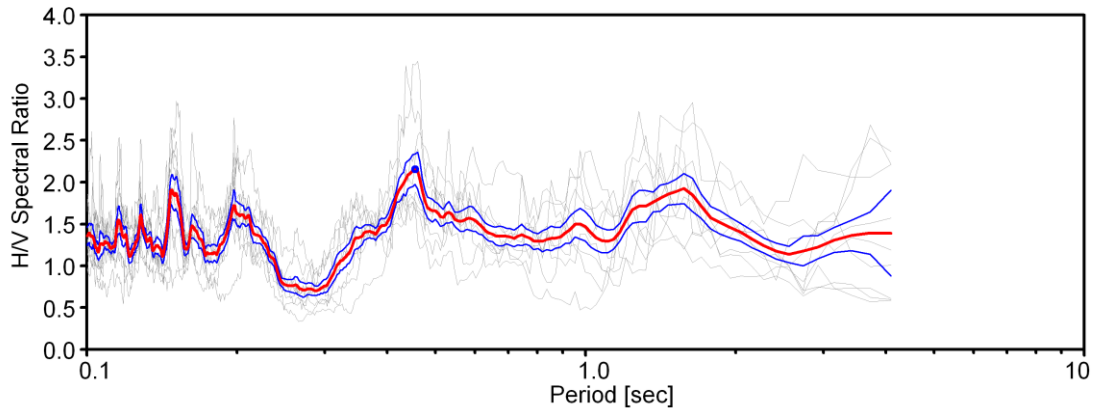
Şekil 4.113 Gzl 5 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



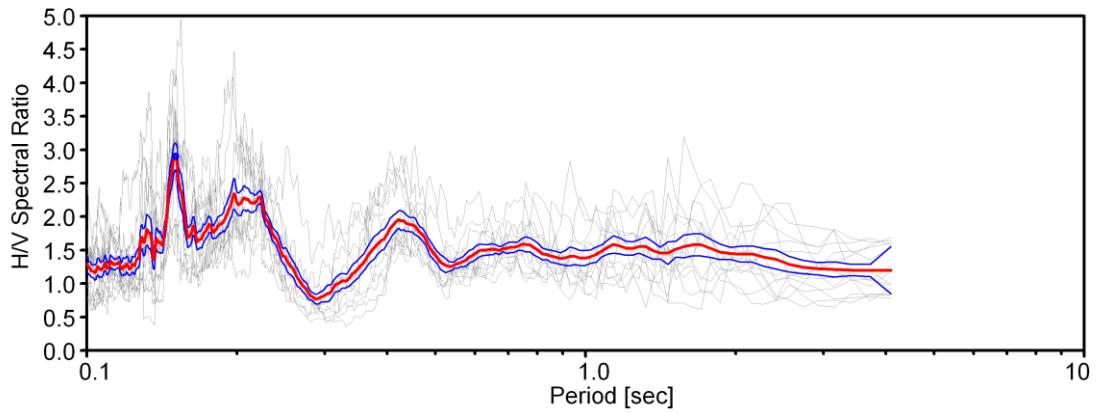
Şekil 4.114 Gzl 6 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



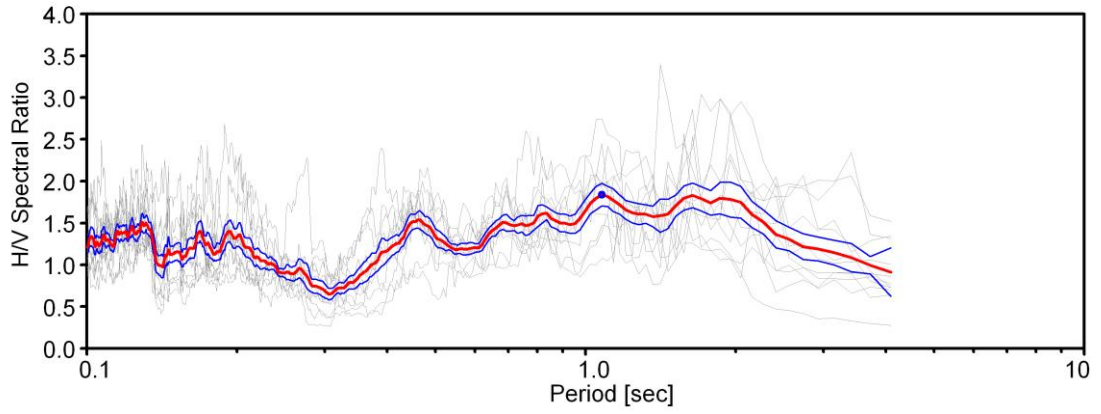
Şekil 4.115 Gzl 7 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



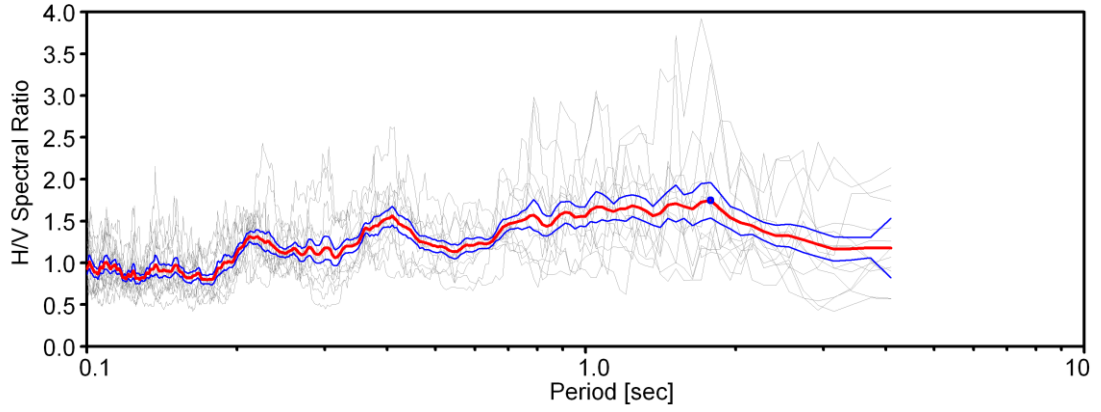
Şekil 4.116 Gzl 8 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



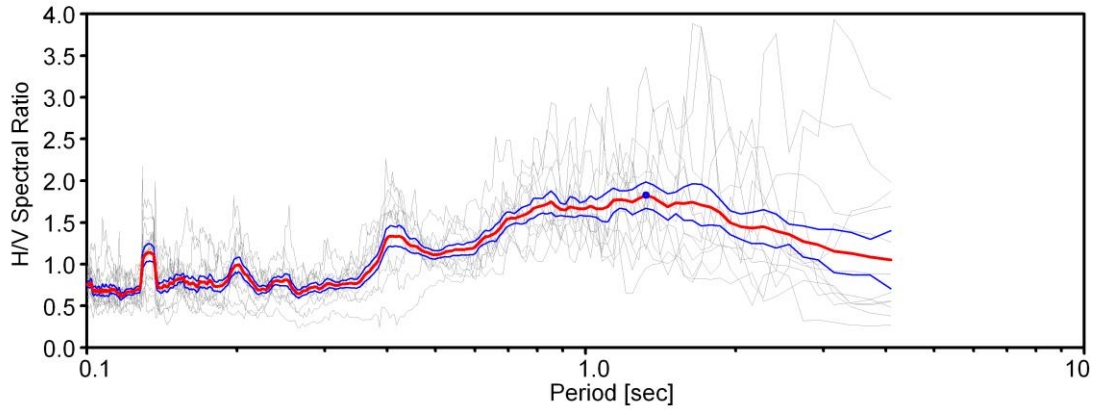
Şekil 4.117 Gzl 9 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



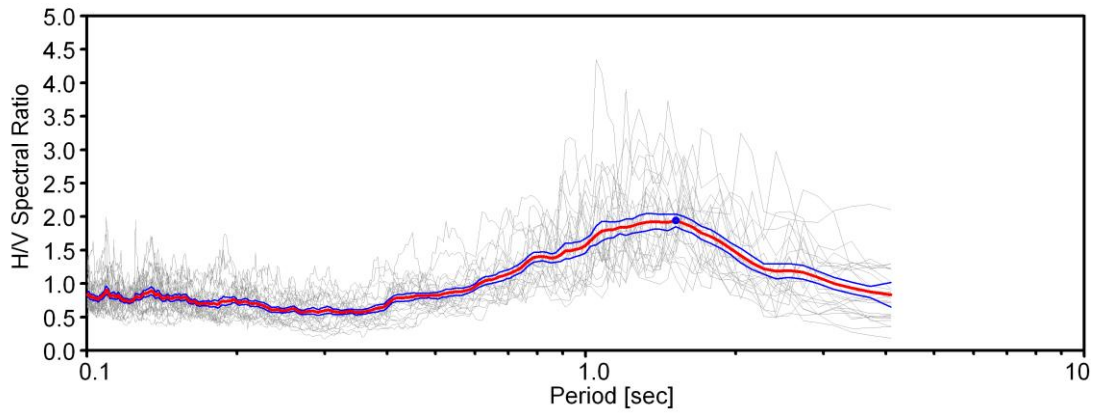
Şekil 4.118 Gzl 10 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



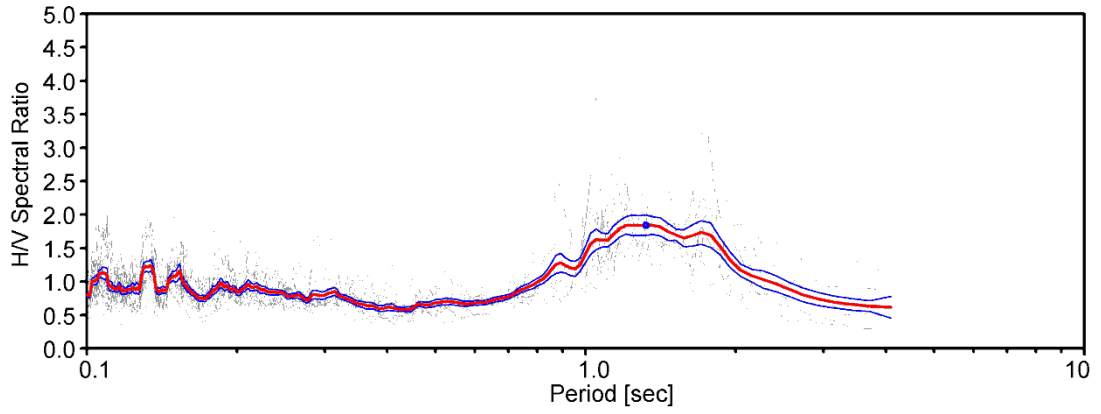
Şekil 4.119 Gzl 11 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



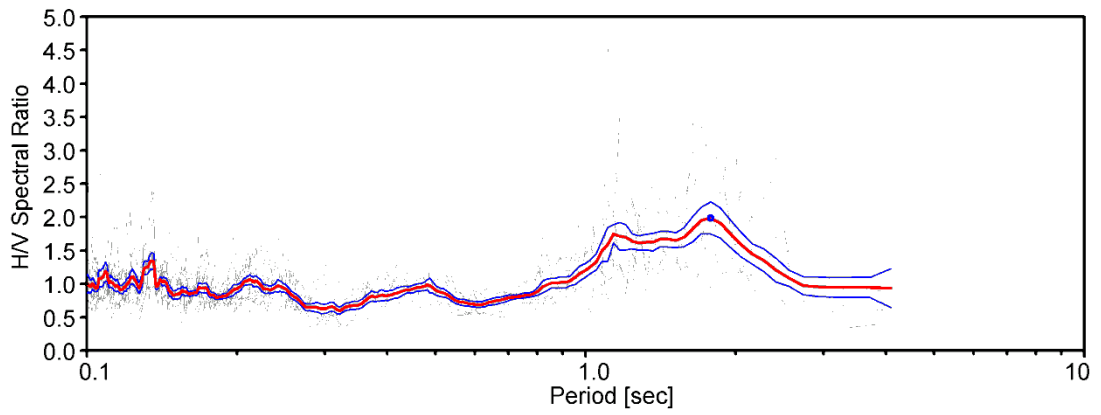
Şekil 4.120 Gzl 12 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



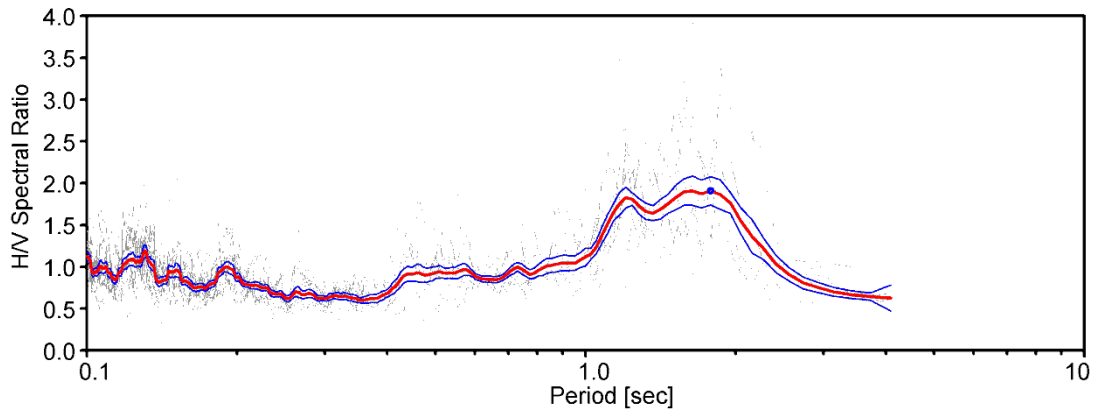
Şekil 4.121 Gzl 13 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



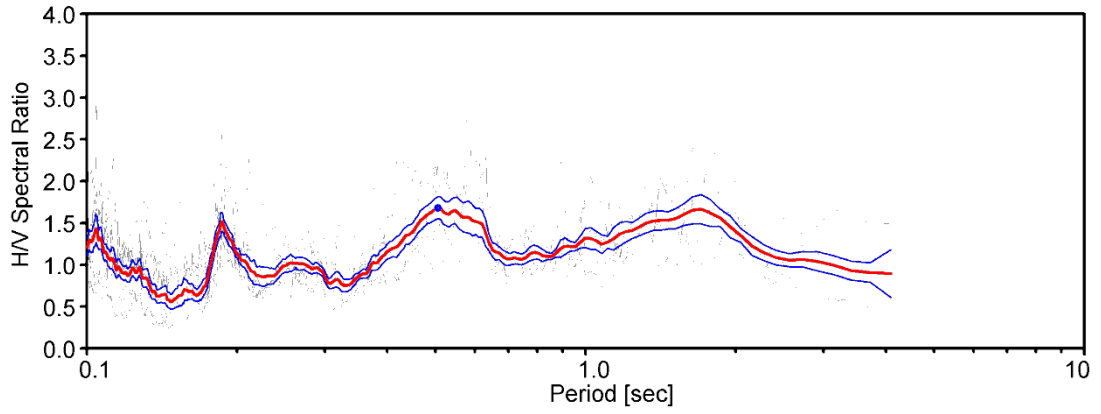
Şekil 4.122 Gzl 14 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



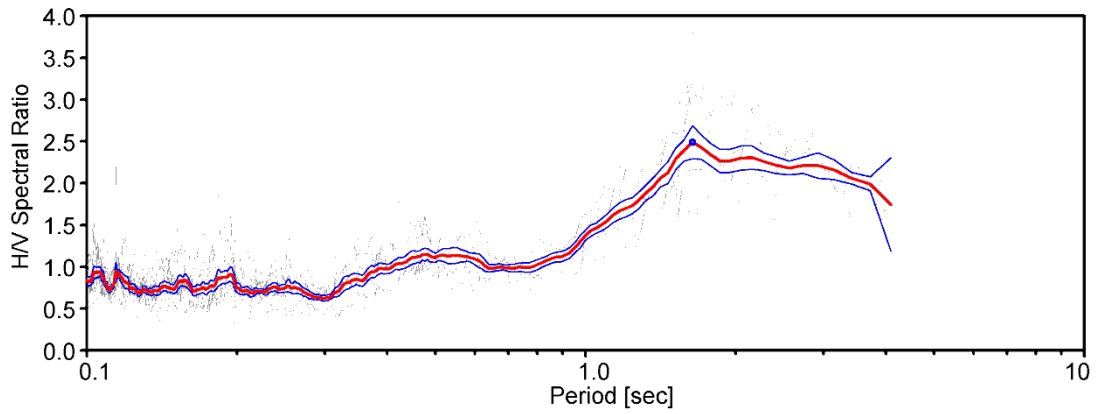
Şekil 4.123 Gzl 15 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



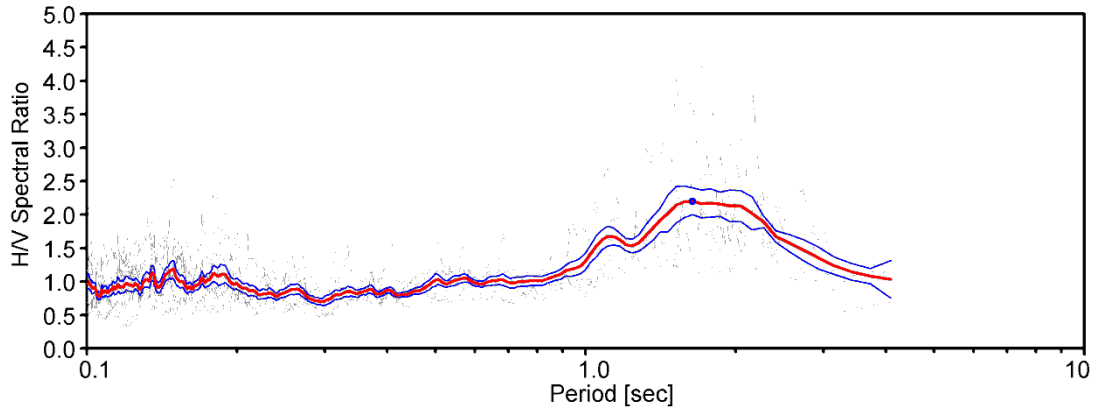
Şekil 4.124 Gzl 16 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



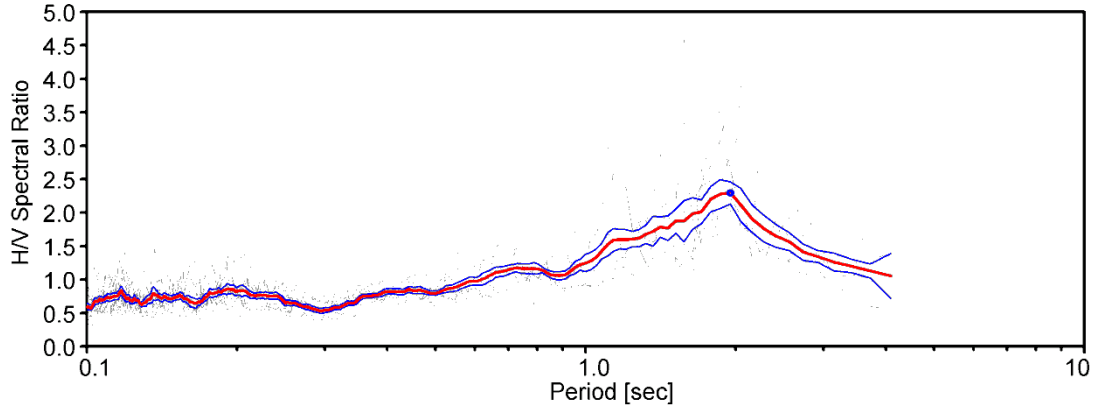
Şekil 4.125 Gzl 17 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



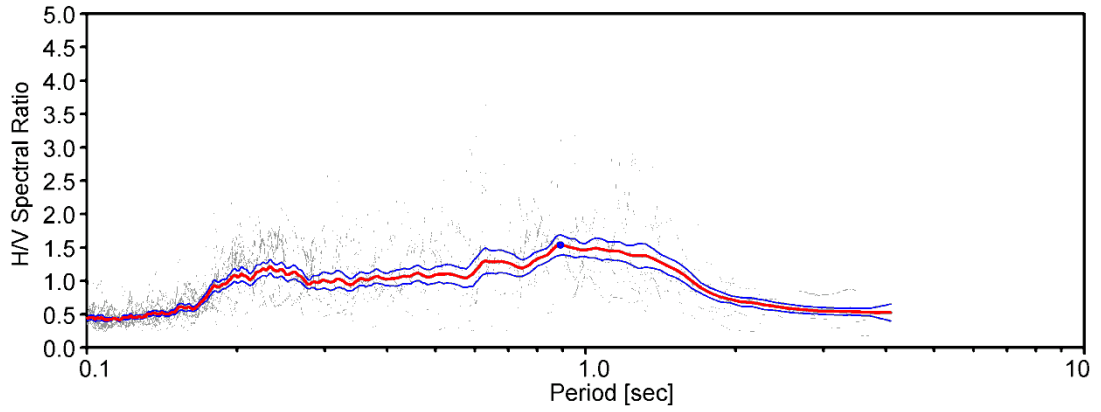
Şekil 4.126 Gzl 18 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



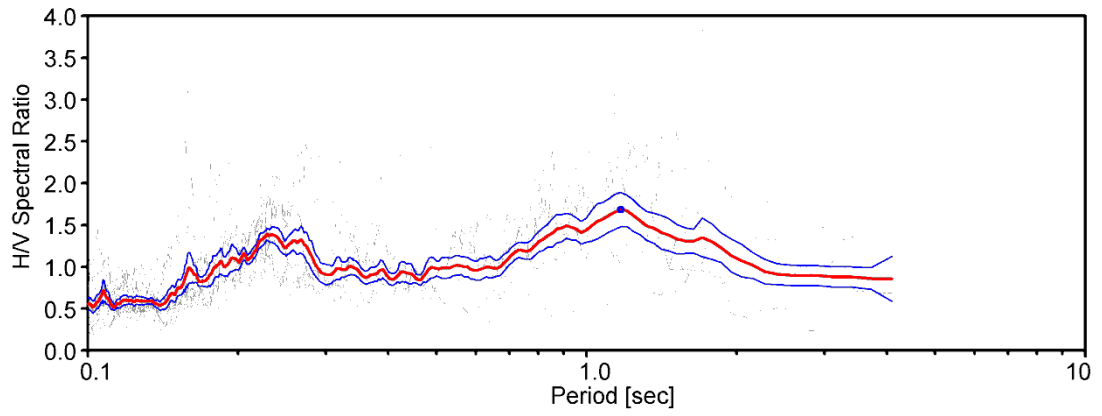
Şekil 4.127 Gzl 19 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



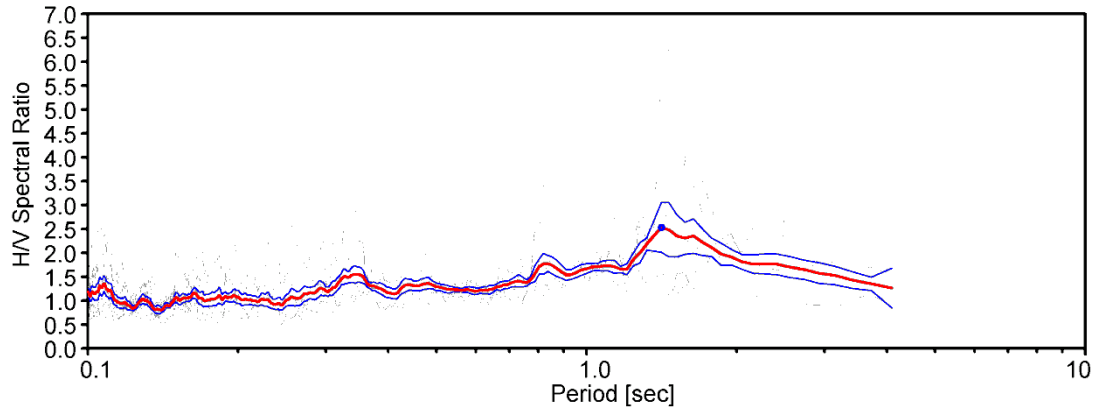
Şekil 4.128 Gzl 20 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



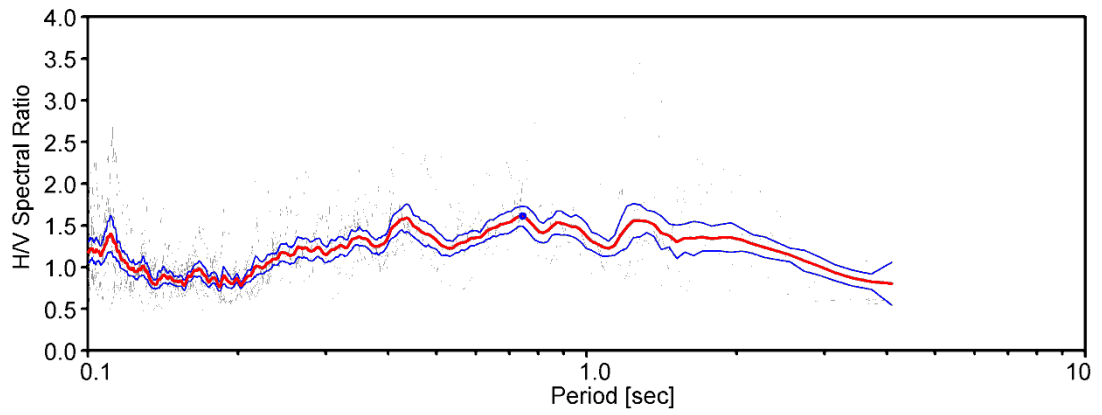
Şekil 4.129 Gzl 21 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



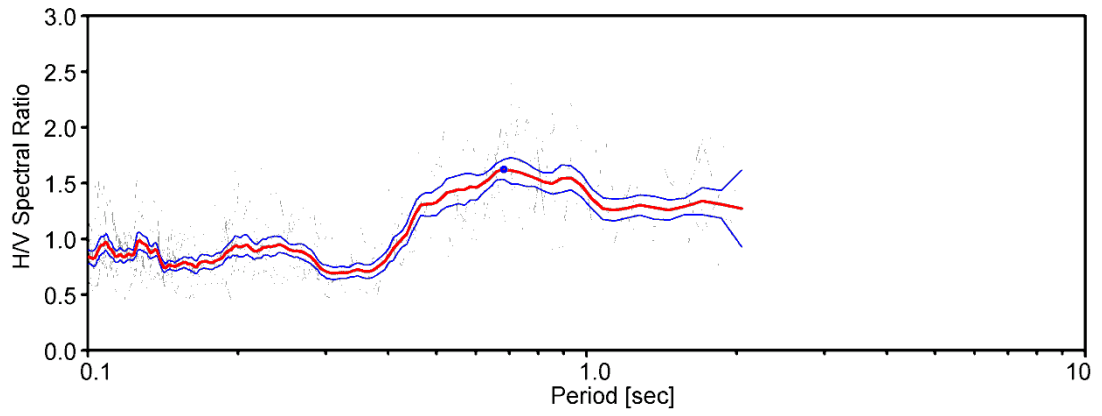
Şekil 4.130 Gzl 22 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



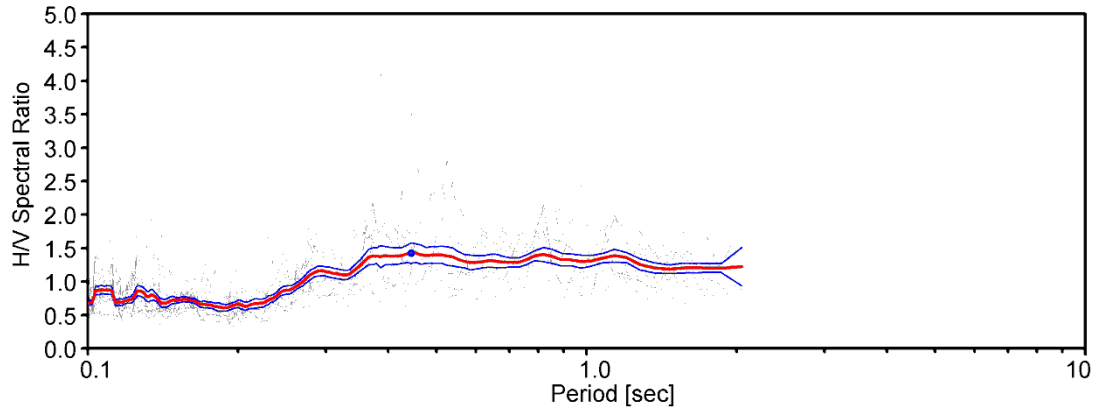
Şekil 4.131 Gzl 23 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



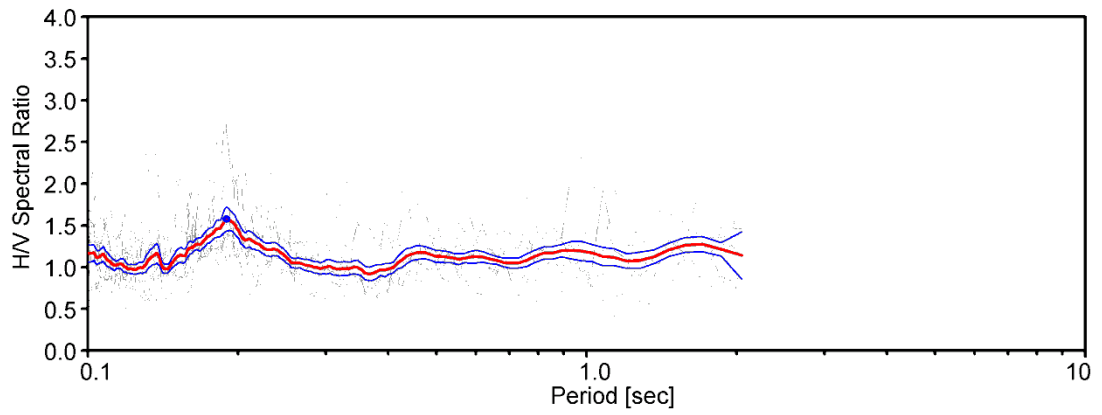
Şekil 4.132 Gzl 24 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



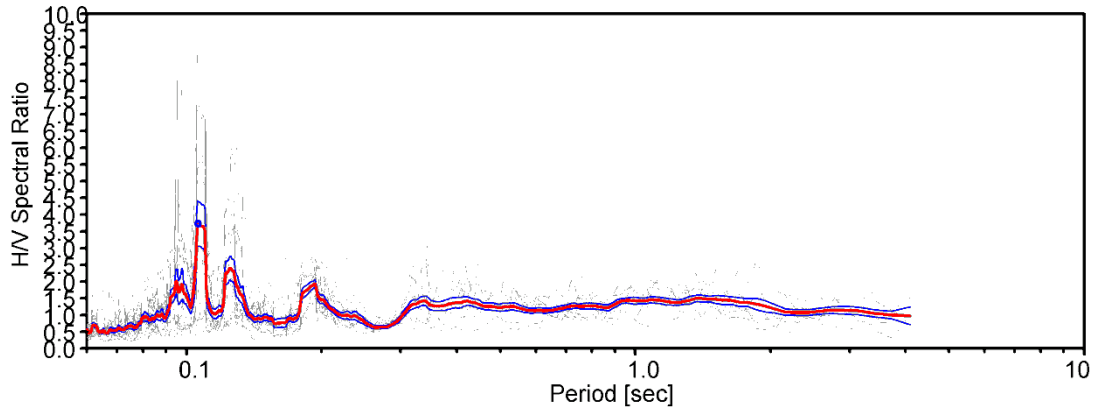
Şekil 4.133 Gzl 25 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



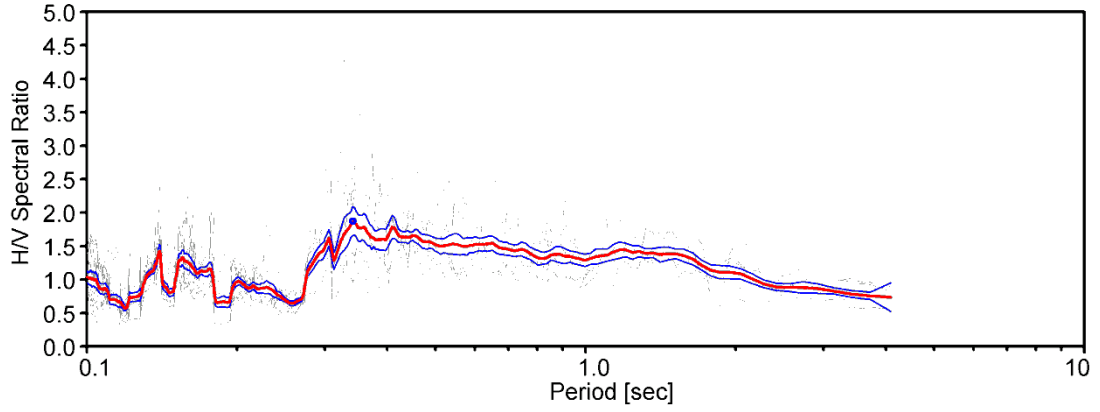
Şekil 4.134 Gzl 26 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



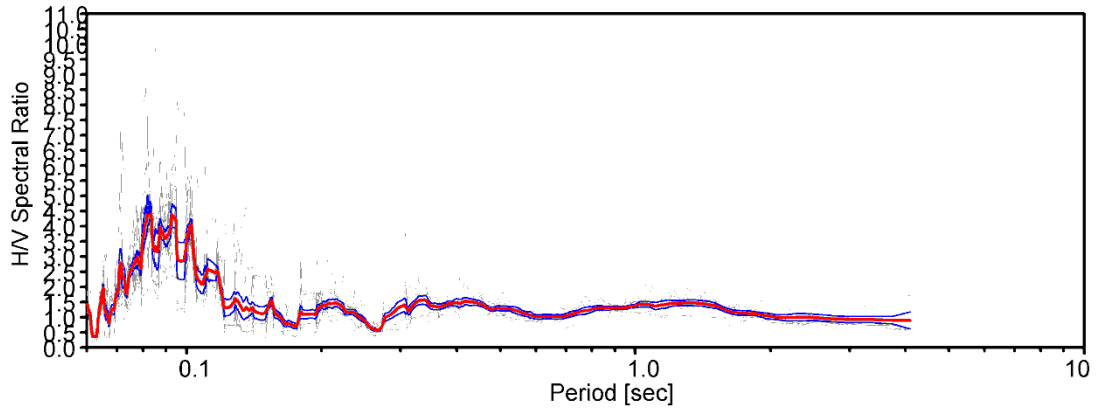
Şekil 4.135 Gzl 27 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.136 Gzl 28 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.137 Gzl 29 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

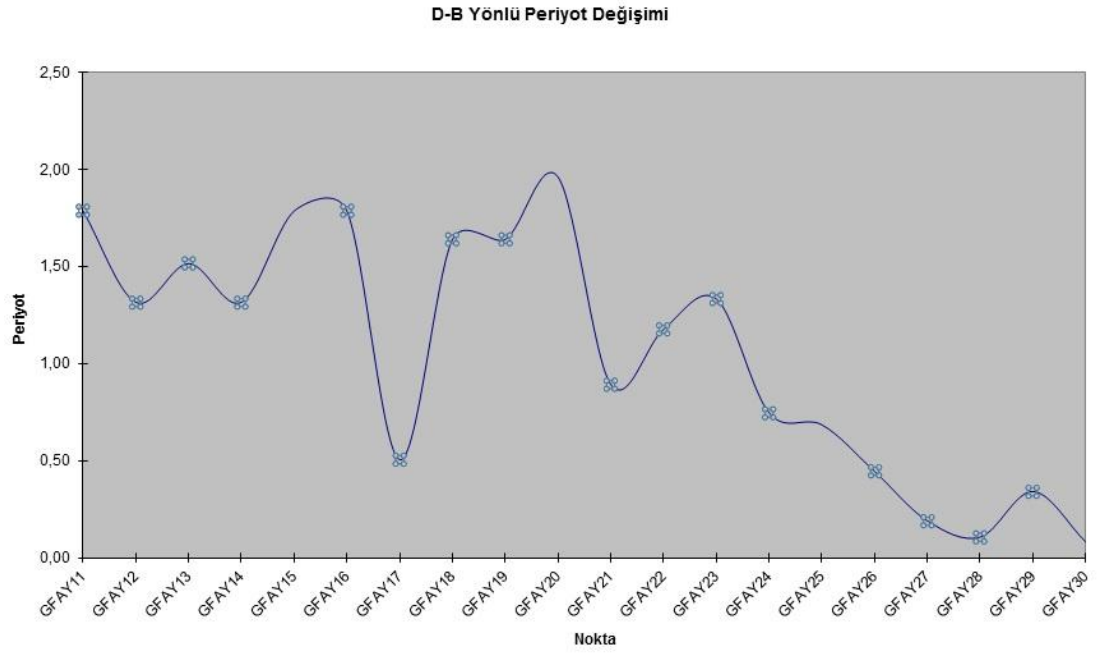


Şekil 4.138 Gzl 30 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Tablo 14).

Tablo 4.14 Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

NOKTA NO	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
Gzl 1	Z4	1.24	2.02
Gzl 2	Z4	0.71	1.75
Gzl 3	Z3	0.43	2.38
Gzl 4	Z3	0.50	2.37
Gzl 5	Z3	0.45	2.06
Gzl 6	Z3	0.46	2.56
Gzl 7	Z3	0.46	1.99
Gzl 8	Z3	0.46	2.16
Gzl 9	Z1	0.15	2.90
Gzl 10	Z4	1.08	1.84
Gzl 11	Z4	1.78	1.75
Gzl 12	Z4	1.52	1.94
Gzl 13	Z4	1.86	1.99
Gzl 14	Z4	1.32	1.84
Gzl 15	Z4	1.78	1.99
Gzl 16	Z4	1.78	1.91
Gzl 17	Z3	0.51	1.68
Gzl 18	Z4	1.64	2.49
Gzl 19	Z4	1.64	2.20
Gzl 20	Z4	1.95	2.30
Gzl 21	Z4	0.89	1.54
Gzl 22	Z4	1.17	1.69
Gzl 23	Z4	1.41	2.53
Gzl 24	Z4	0.74	1.61
Gzl 25	Z4	0.68	1.63
Gzl 26	Z3	0.45	1.43
Gzl 27	Z1	0.19	1.58
Gzl 28	Z1	0.11	3.74
Gzl 29	Z2	0.34	1.87
Gzl 30	Z1	0.08	4.54



Şekil 4.139 Güzelbahçe istasyonu D-B profili max periyot ve H/V değişim grafiği



Şekil 4.140 Güzelbahçe istasyonu K-G profili max periyot ve H/V değişim grafiği

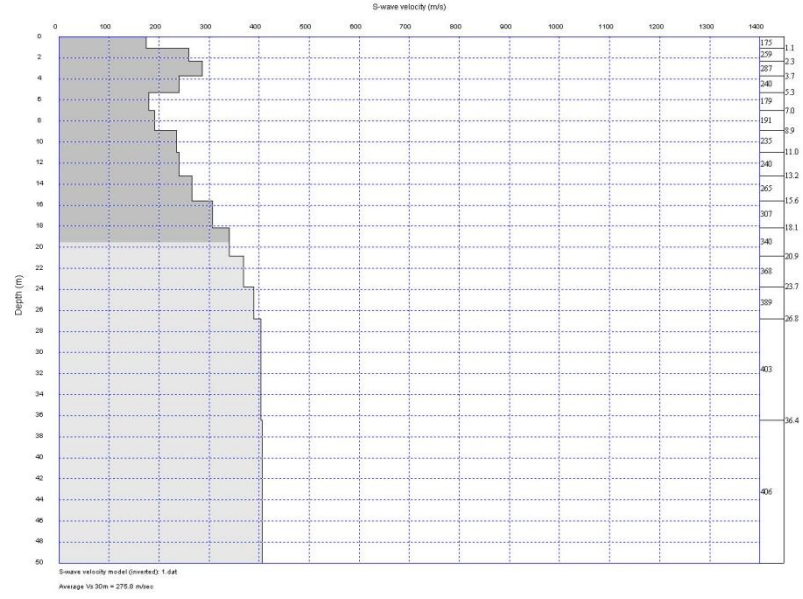
4.4.2.3 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL) ile Balçova İstasyonu(01_BLC) Arasındaki K-G Yönlü MASW Çalışması

Ayrıca Güzelbahçe (GZL) istasyonu ile Balçova (BLC) istasyonları arasındaki bölgede yer alan bölgede denize dik olacak şekilde 8 noktada MASW-REMİ ölçümleri yapılarak zemin micro ölçekte incelenmeye çalışılmıştır.(Şekil 4.140)

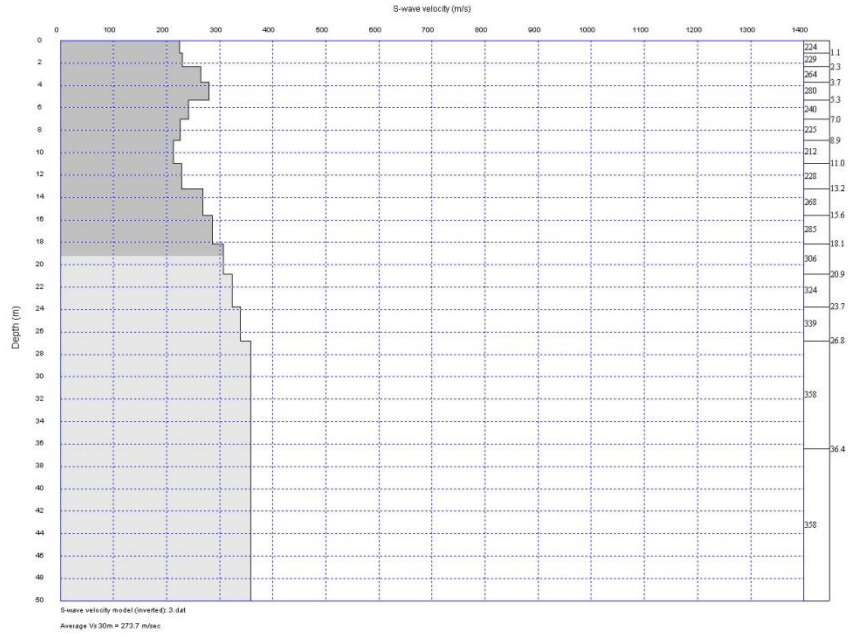


Şekil 4.141 Güzelbahçe ve Balçova istasyonları arasındaki K-G yönlü MASW profil noktalarını gösterir kroki.

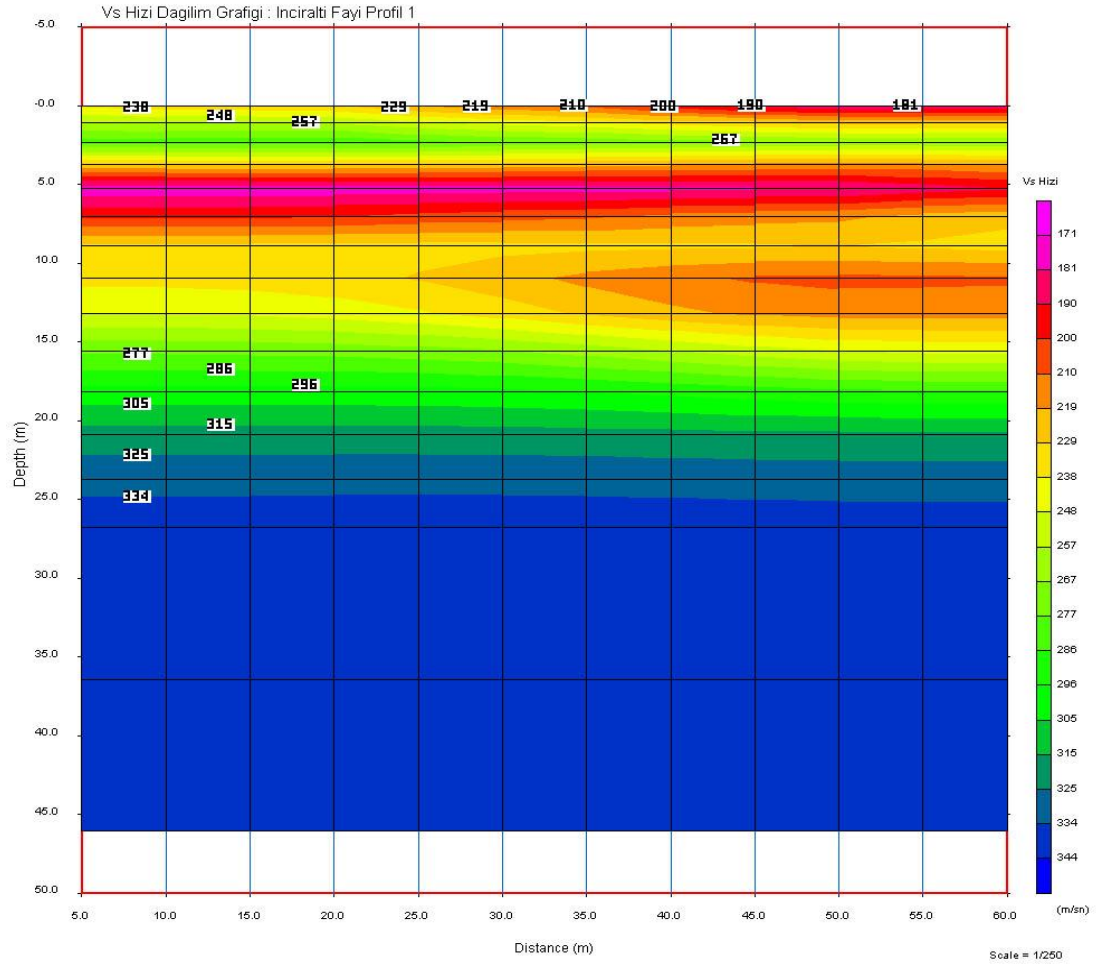
MASW verilerinin analizleri Frekans-Dalgasayısı (FK) analizi olarak bilinen yöntemle yapılmıştır (Stokoe ve diğ., 1994). Bu analiz ile elde edilen dispersiyon eğrilerinin temel özelliğine bakıldığında yüksek frekanslardaki (5-15 Hz) faz hızı değişimlerinin sığ derinliklerdeki (< 30-40m) S-dalga hızlarının elde edilmesine yönelik bilgi sağladığı görülmektedir. MASW verileri bilgisayar ortamında “Seisimager” yazılımı kullanılarak her profilde derinliğe bağlı 2 boyutlu Vs30 hız değerleri elde edilmiştir.



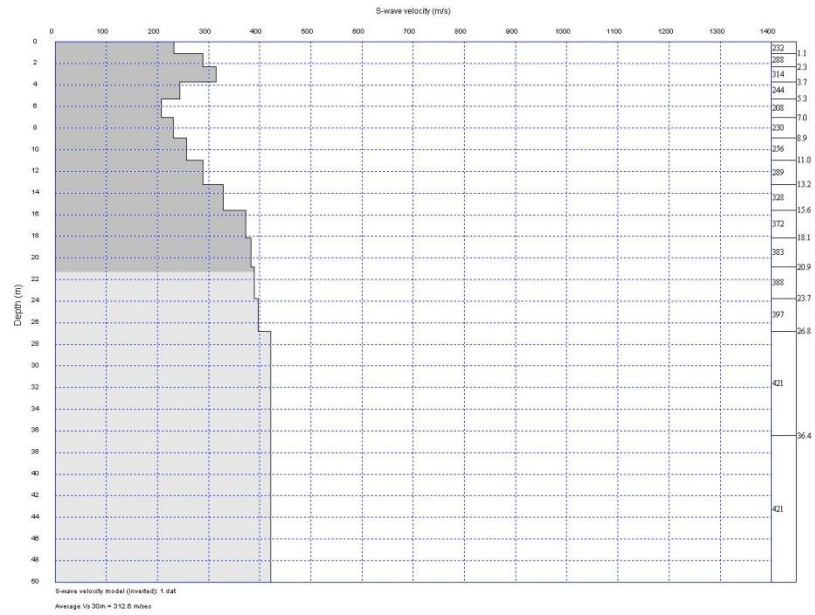
Şekil 4.142 1 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



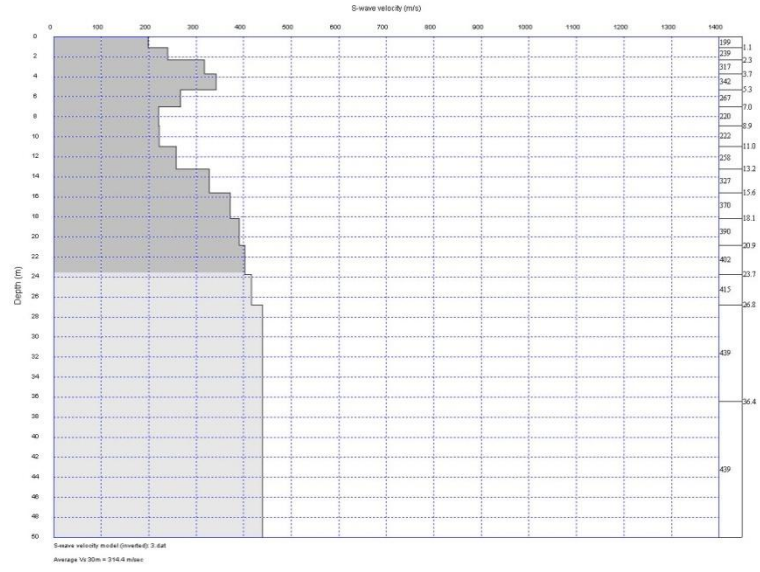
Şekil 4.143 1 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



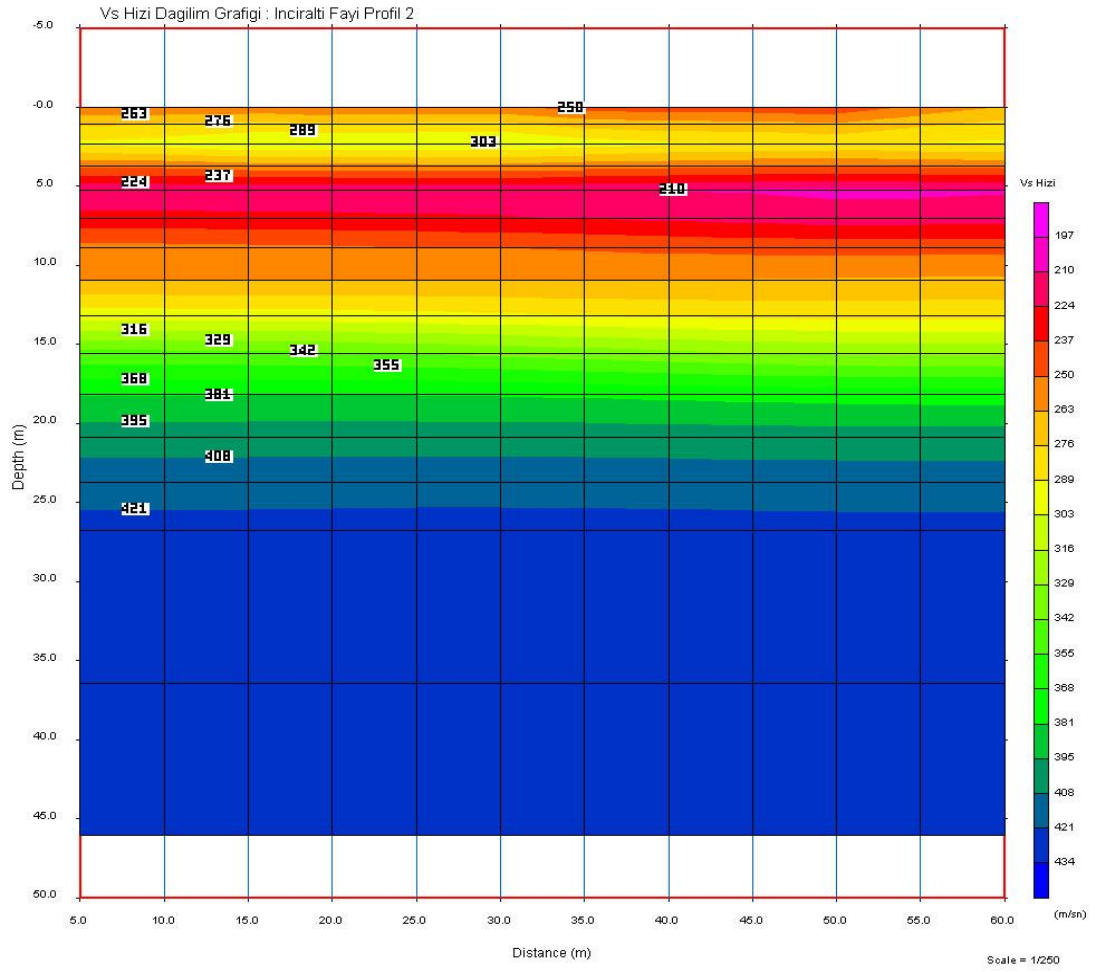
Şekil 4.144 1 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



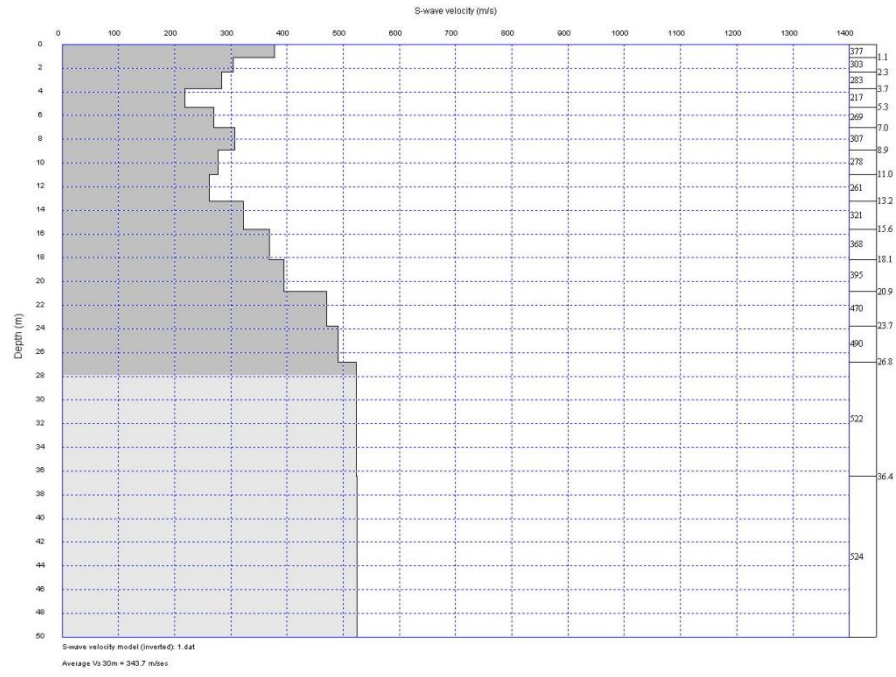
Şekil 4.145 2 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



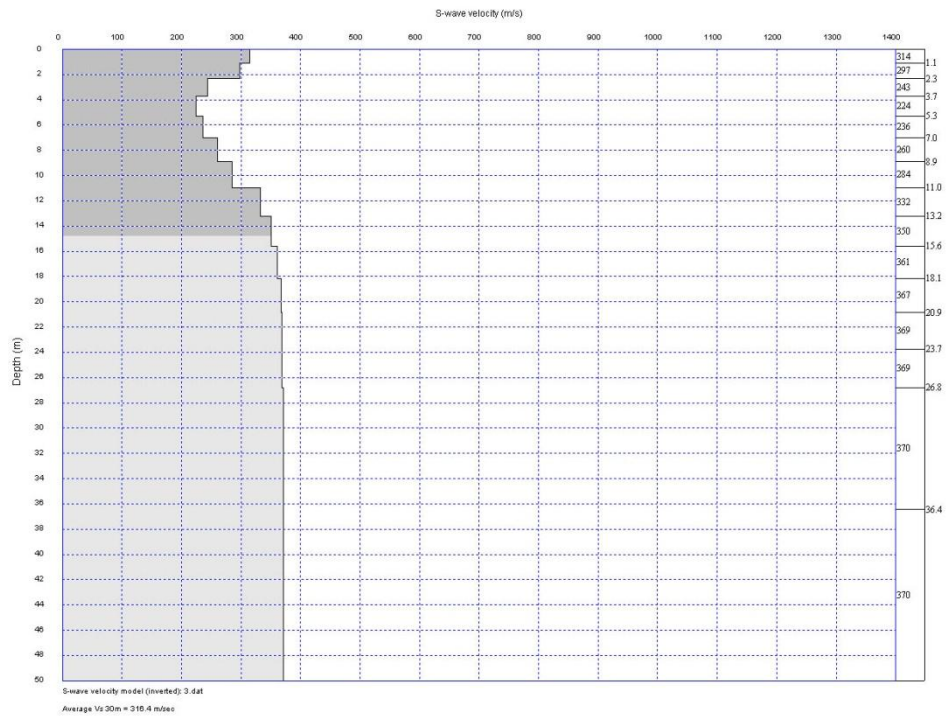
Şekil 4.146 2 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



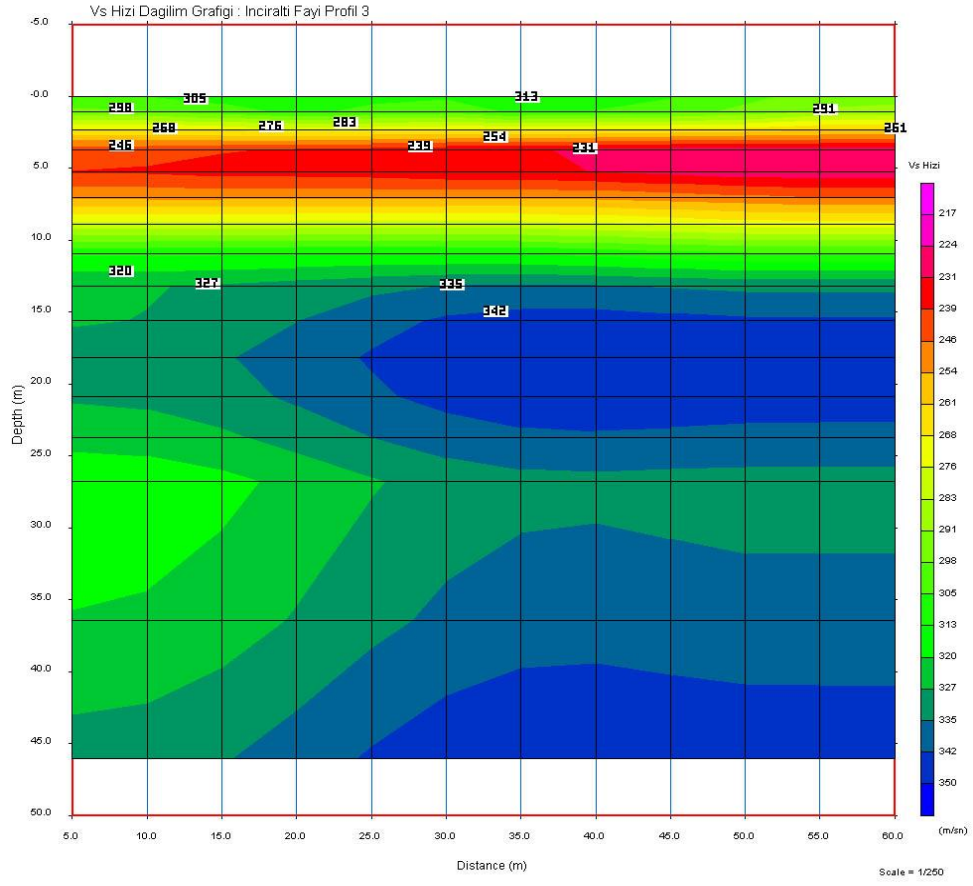
Şekil 4.147 2 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



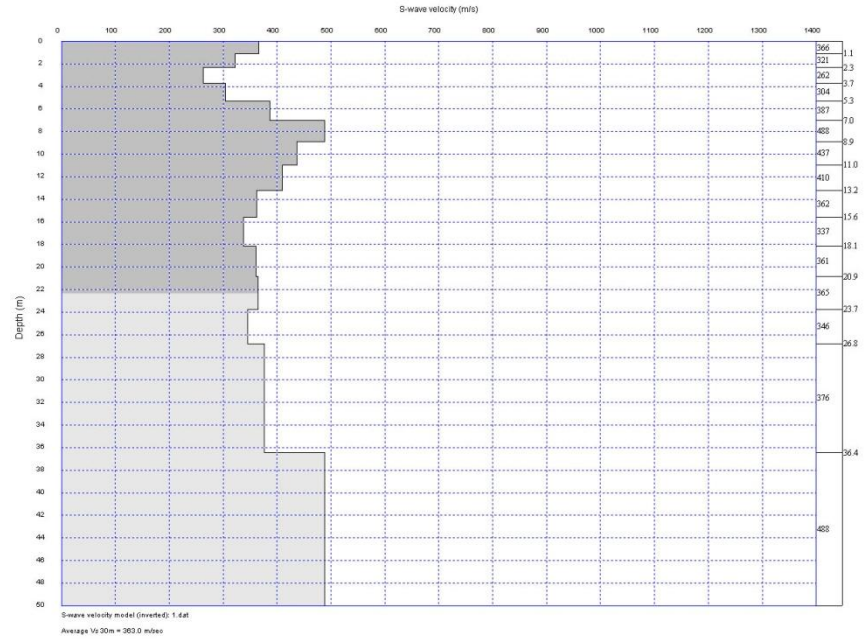
Şekil 4.148 3 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



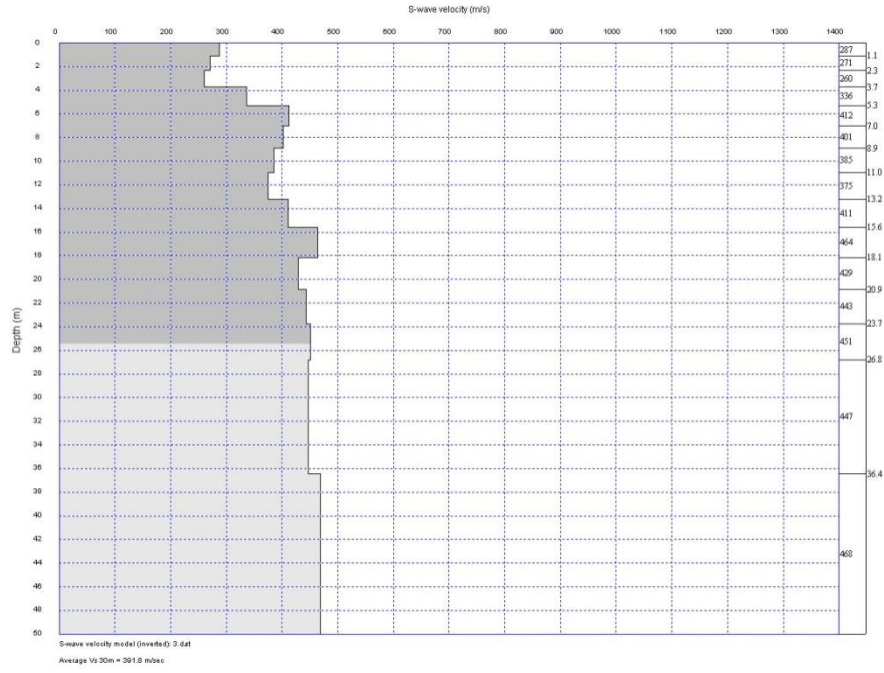
Şekil 4.149 3 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



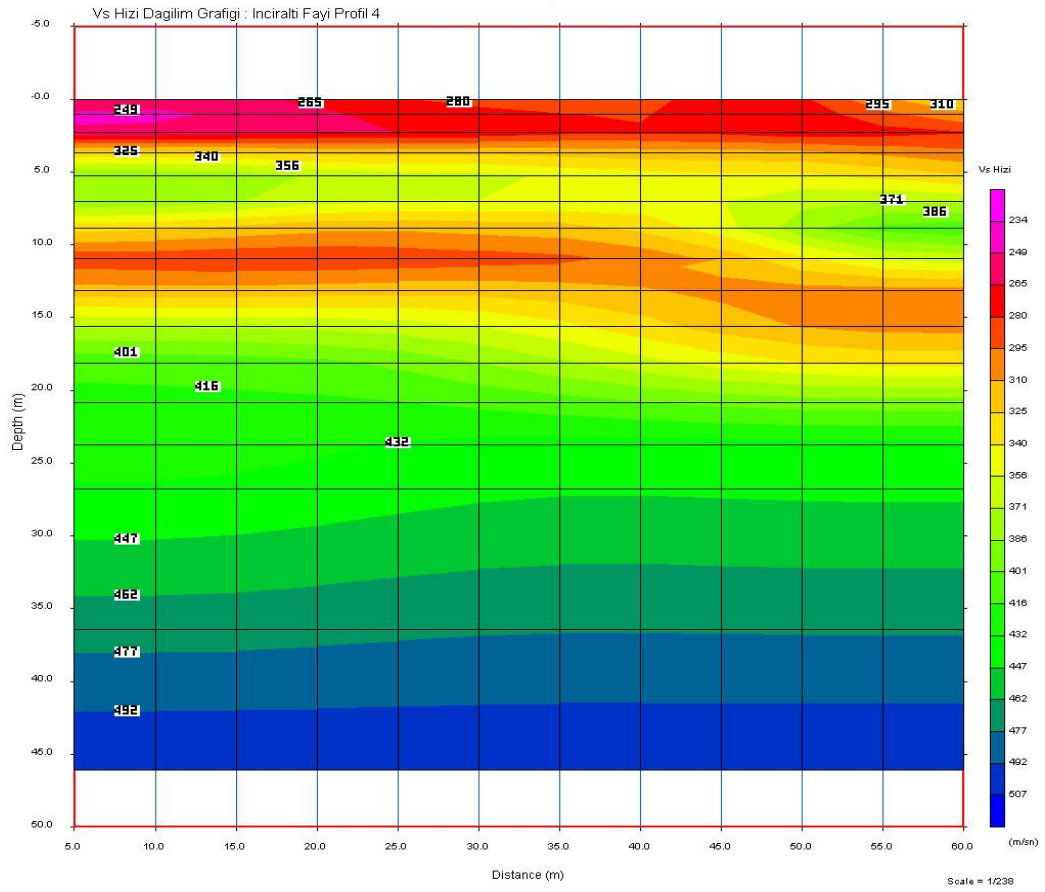
Şekil 4.150 3 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



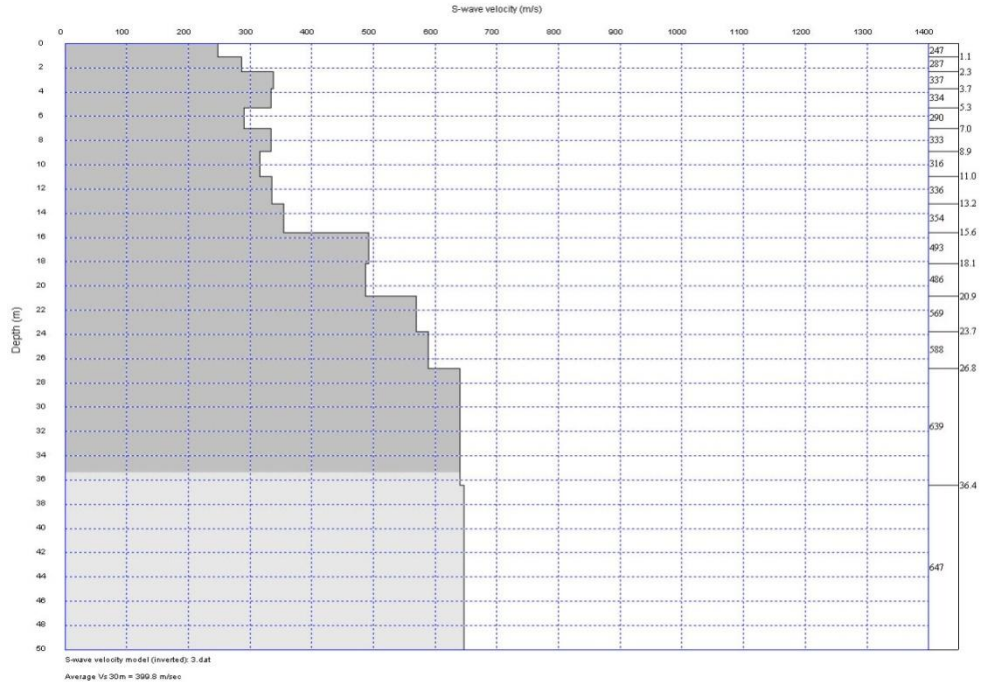
Şekil 4.151 4 nolu profil düz atış değerlendirme.



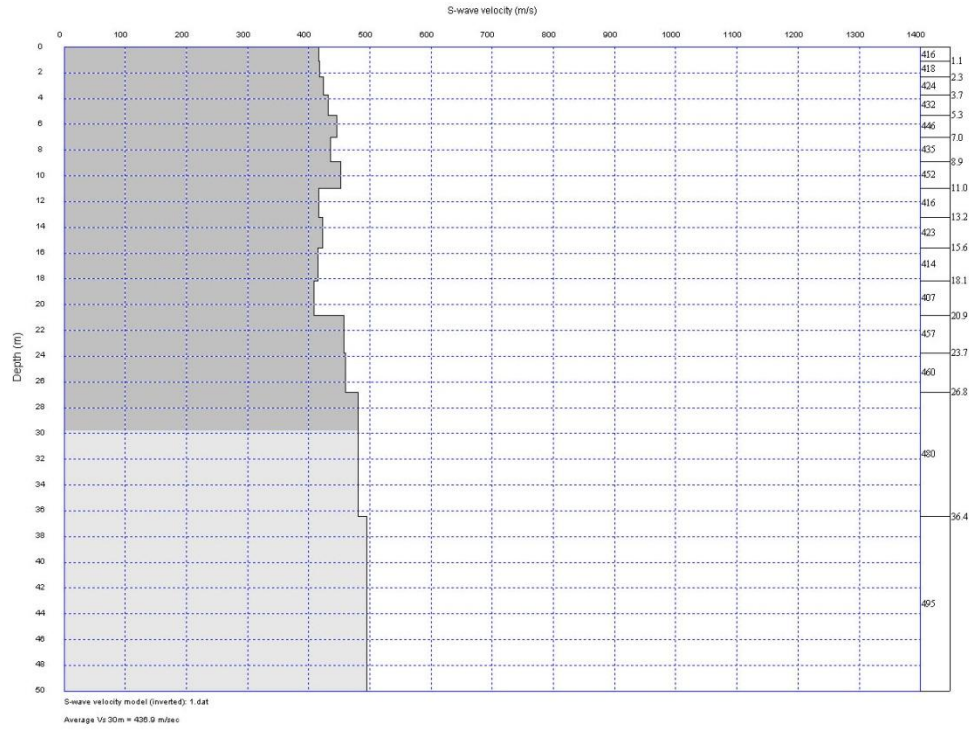
Şekil 4.152 4 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



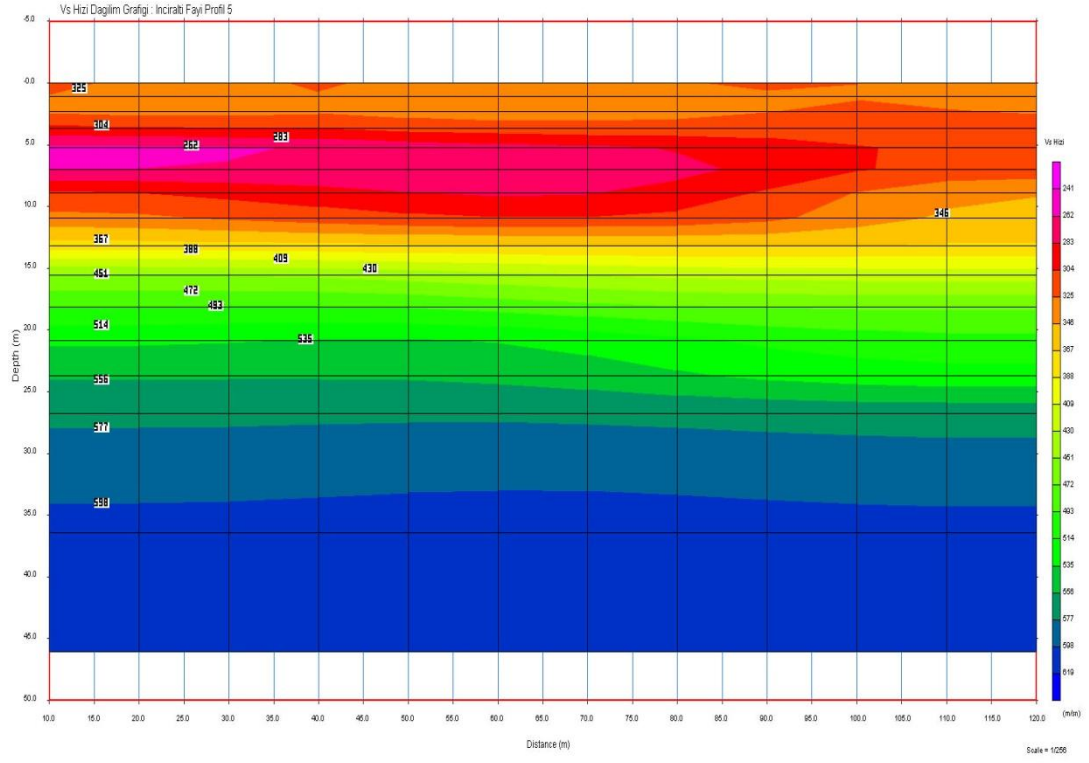
Şekil 4.153 4 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



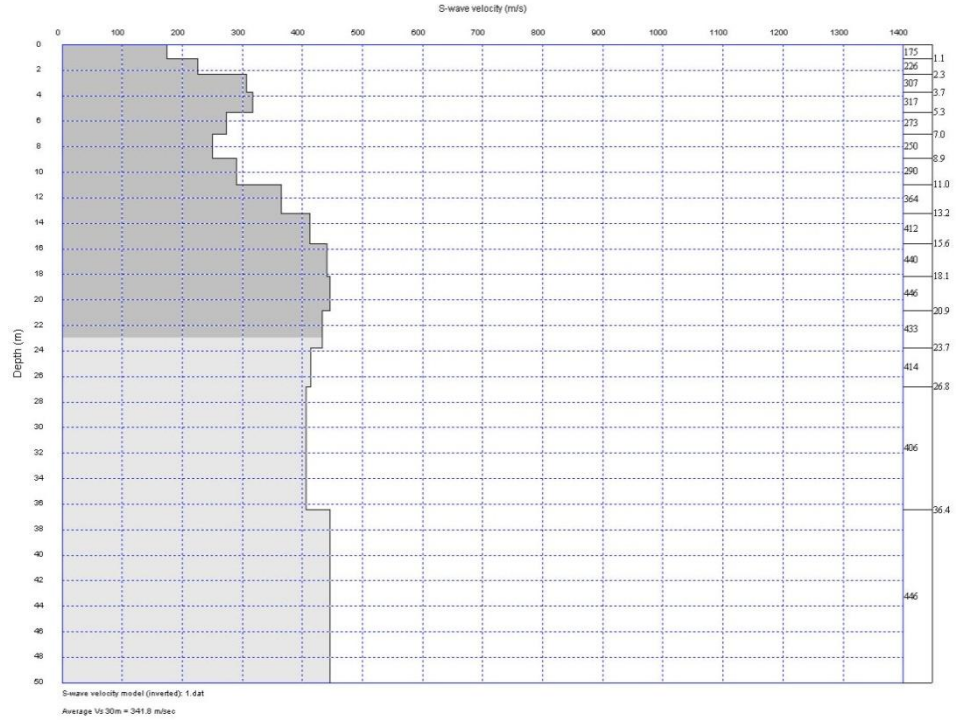
Şekil 4.154 5 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



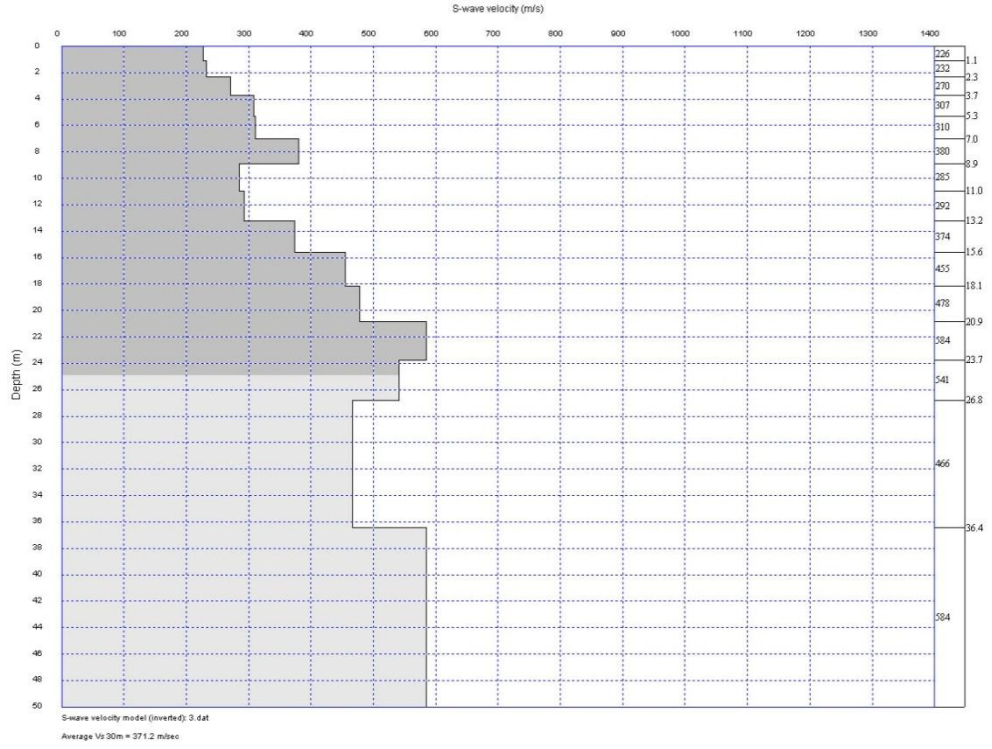
Şekil 4.155 5 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



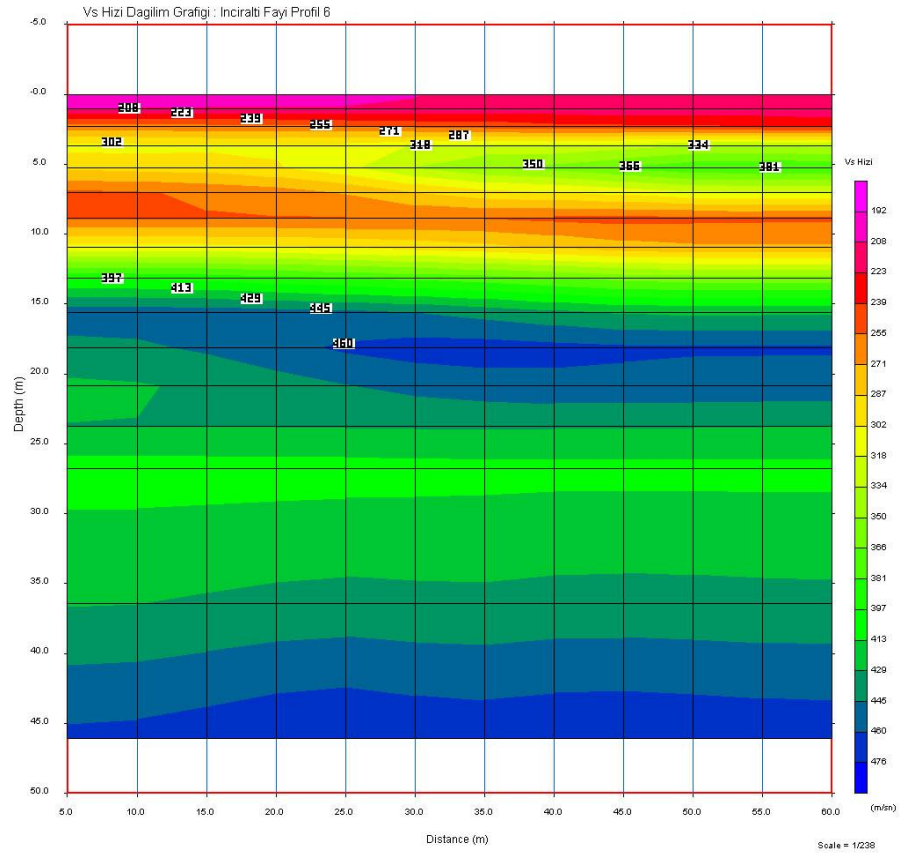
Şekil 4.156 5 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



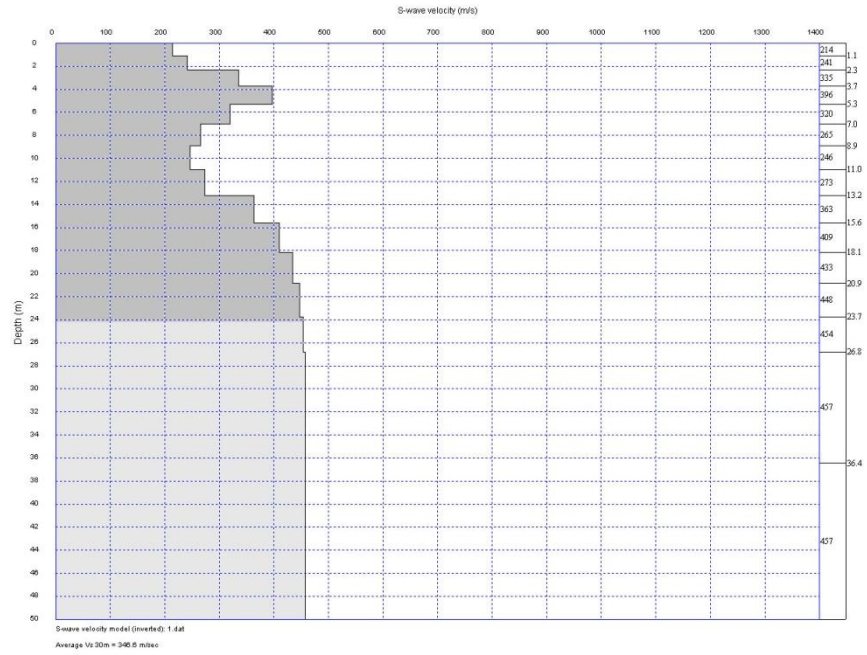
Şekil 4.157 6 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



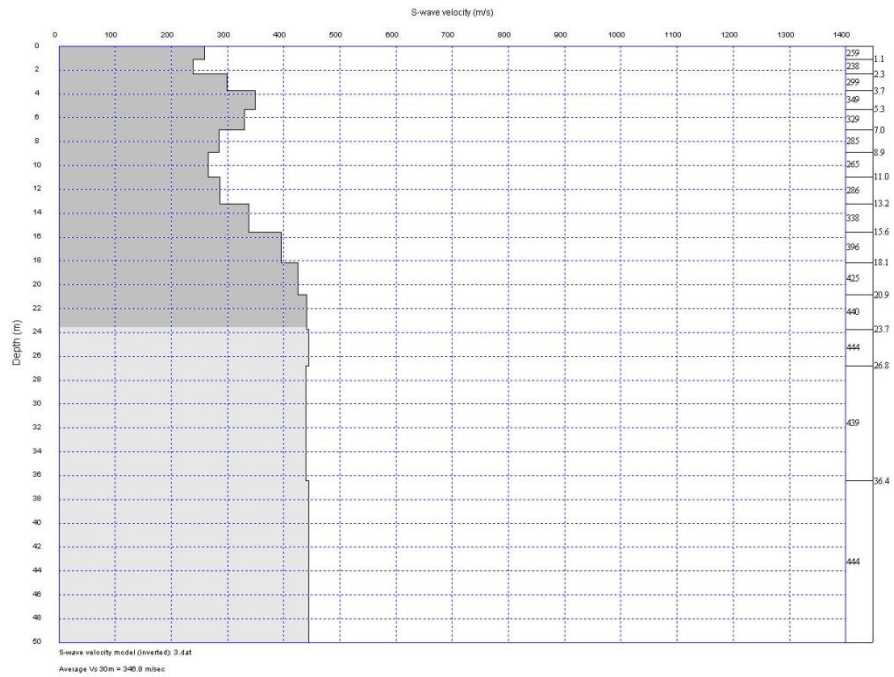
Şekil 4.158 6 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



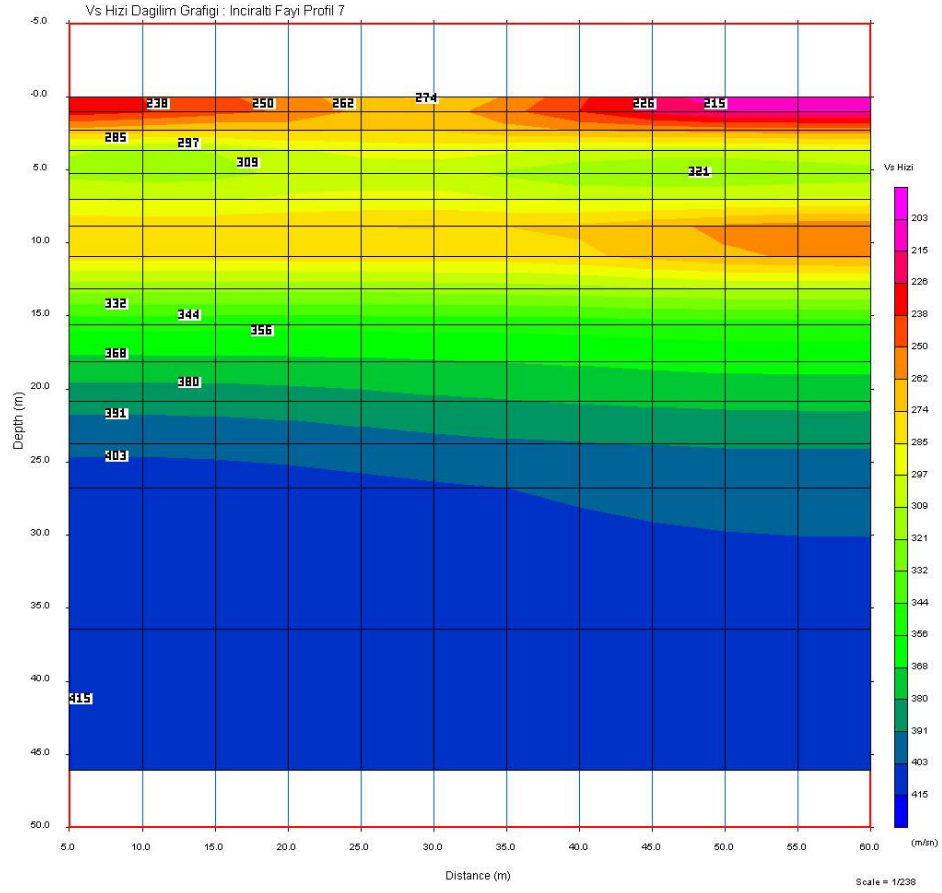
Şekil 4.159 6 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



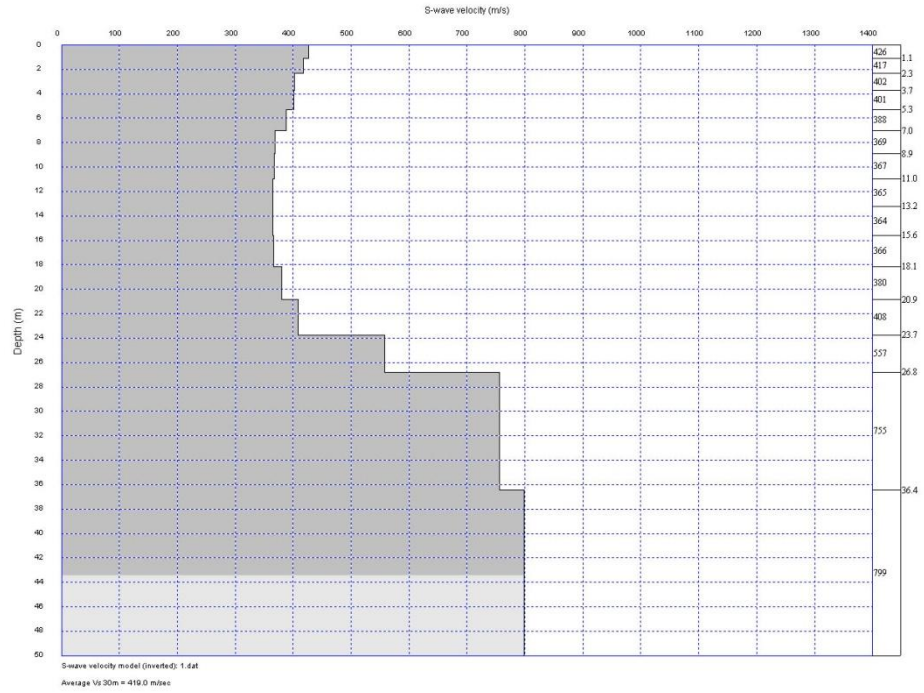
Şekil 4.160 7 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



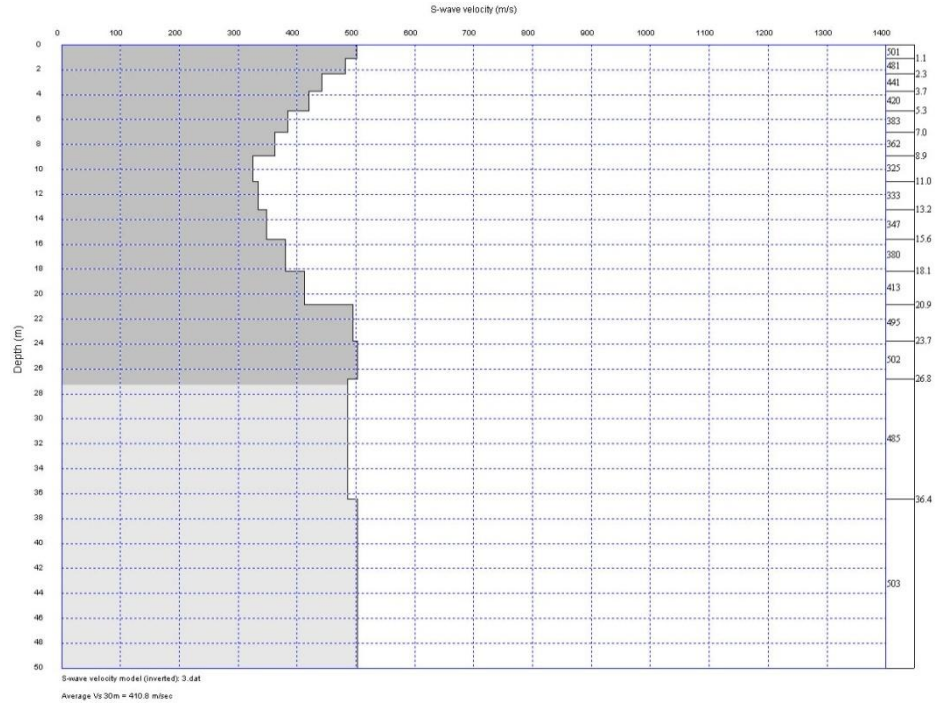
Şekil 4.161 7 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



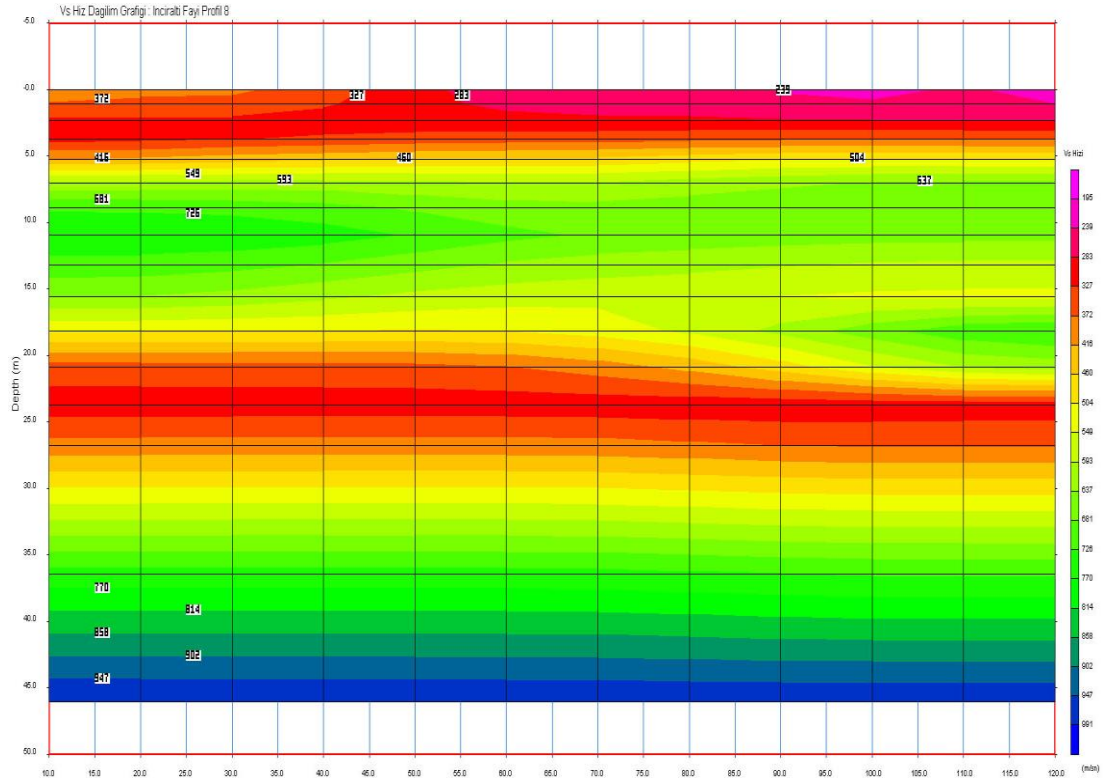
Şekil 4.162 7 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



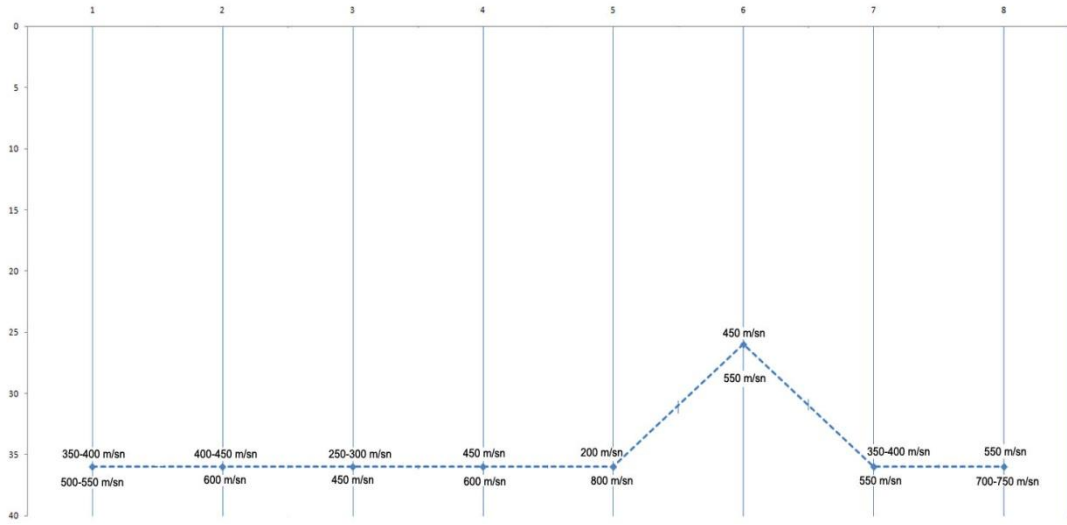
Şekil 4.163 8 nolu profil düz atış değerlendirmesi.



Şekil 4.164 8 nolu profil ters atış değerlendirmesi.



Şekil 4.165 8 nolu profil 2D Vs Dağılım kesiti.



Şekil 4.166 K-G yönlü MASW ölçümlerinden elde edilen anakaya topoğrafyası.

Hesaplanan Vs30(m/sn) hız değerlerinden NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan zemin sınıflama kriteri sınıflama sonuçları Tablo-4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması.

PROFİL NO	VS30	NEHRP	EUROCODE 8	2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ
Profil 1	263.9	A	A	B3 veya C2
Profil 2	313.3	A	A	C2 veya C3
Profil 3	298.9	A	A	B3 veya C2
Profil 4	275.4	A	A	C2 veya C3
Profil 5	355.3	A	A	B3 veya C2
Profil 6	253.7	A	A	C2 veya C3
Profil 7	252.8	A	A	B3 veya C2
Profil 8	316.7	A	A	B3 veya C2

4.4.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)

Mavişehir istasyonunda (12_MVS) Güzelbahçe ve Balçova'daki çalışmalara benzer olarak MASW, öz direnç tomografi ve mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Tüm ölçümler istasyonun bulunduğu Denizkent restoranı batısındaki boş arazide gerçekleştirilmiştir. Buna göre 4 profil MASW, 4 profil tomografi ve her profilde 7 ölçüm noktası olacak şekilde 3 profil üzerinde toplam 21 noktada mikrotremör ölçüm

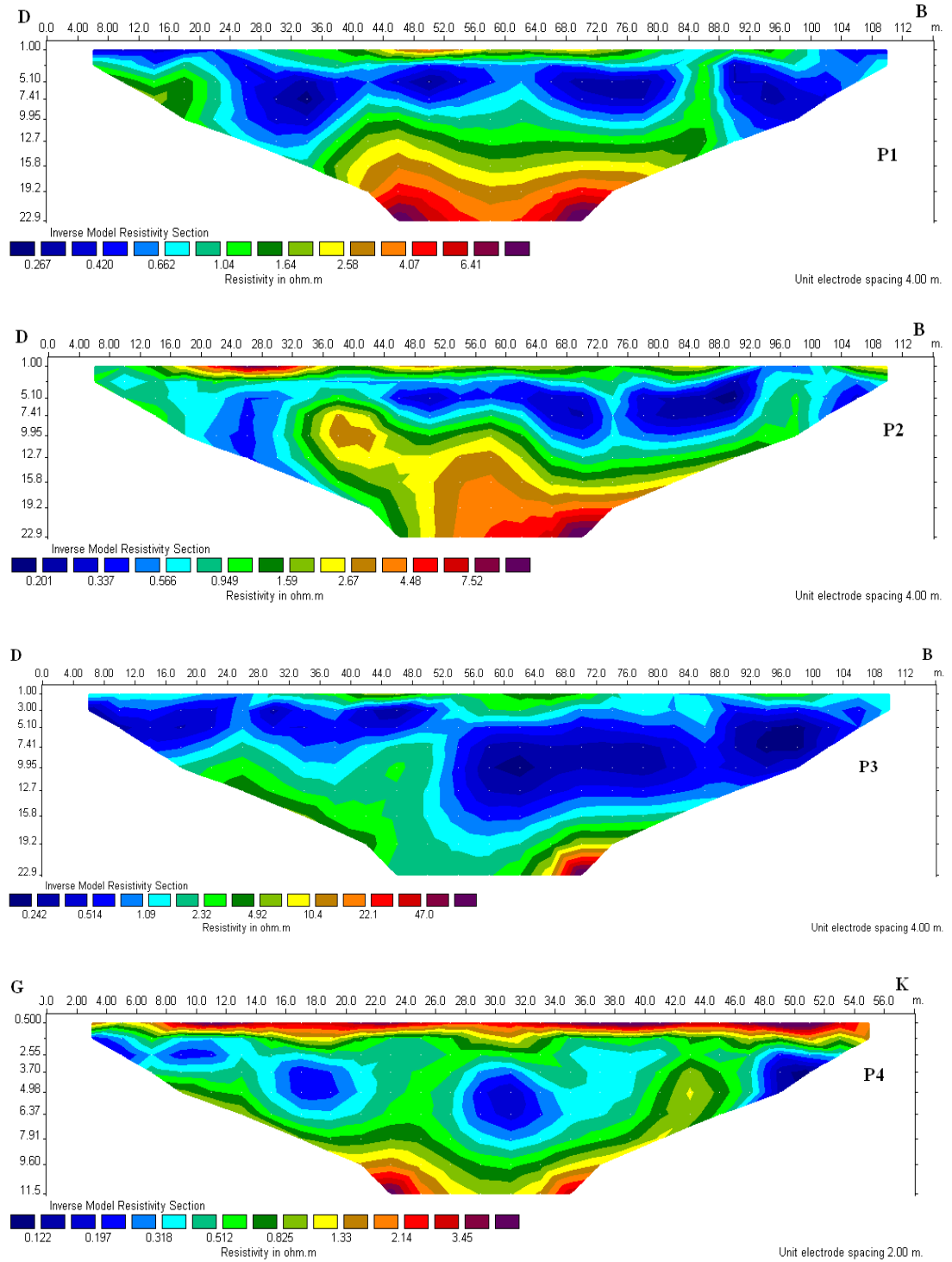
kaydı alınmıştır. MASW profilleri ile öz direnç tomografi profilleri birbirleri üzerinde olup, öz direnç tomografi çalışmalarında paralel olan 3 profil D-B yönlü bir profil ise G-K yönelimlidir. Mikrotremör ölçümleri denize yakın taraf 1. profil olacak şekilde noktalar 15 metre aralıklarla belirlenmiştir (Şekil 4.167).



Şekil 4.167 Mavişehir istasyonunda yapılan genişletilmiş çalışmalar.

4.4.3.1 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Elektrik Öz direnç Çalışmaları

Mavişehir istasyonunda genişletilmiş çalışmaların ilki öz direnç tomografi yöntemidir. Çalışmalarda 12 volt - 125 amper enerji kaynağı kullanılarak, D-B yönlü birbirine paralel 4m elektrot aralıklarıyla 3 profil üzerinde (P1, P2 ve P3) Wenner-Schlumberger elektrod dizilim sistemi seçilerek ölçüler alınmıştır. Ayrıca bu profilleri dik kesecek şekilde bir de G-K yönlü 2m elektrot aralıklı ölçüm alınmıştır. Veriler RES2DINV bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.168).



Şekil 4.168 Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.

4.4.3.2 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) MASW Çalışmaları

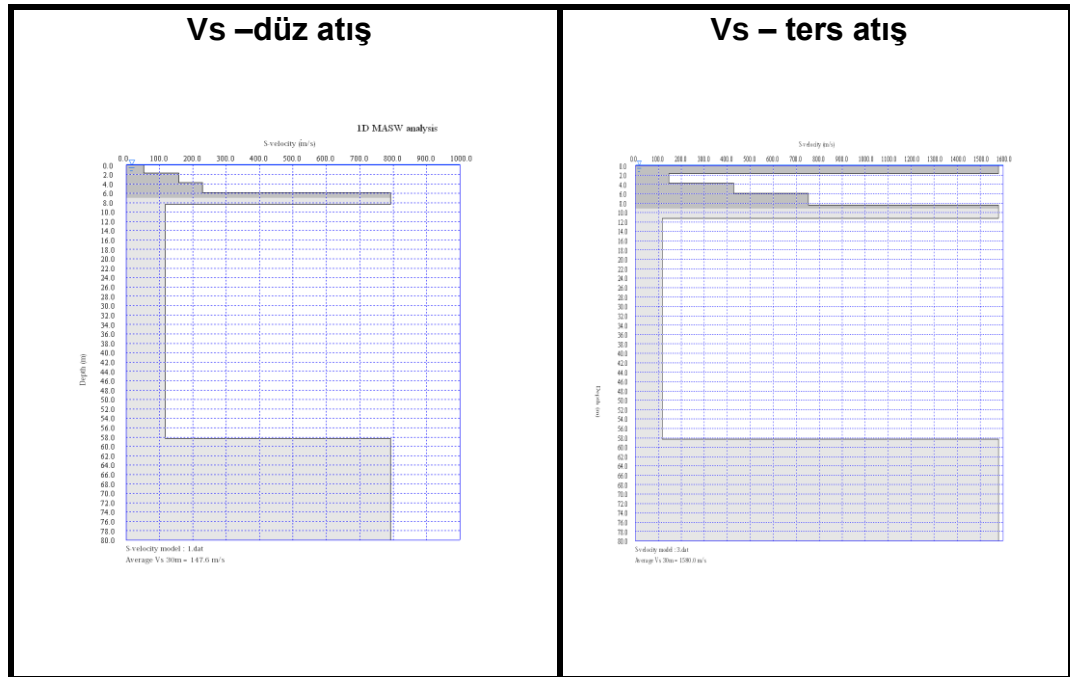
Mavişehir istasyonunda yapılan ikinci ayrıntılı çalışma MASW çalışmalarıdır. Ölçülerde 2 sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Atışlar açılımın baş ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında bir ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma (stack) yapılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. 4.5 Hz'lik 24 jeofon kullanılıp, profil aralıkları 10 metre, jeofon aralıkları profil 1,2 ve 3 için 4 metre, profil 4 için ise 2,5 m olarak seçilmiştir. Tüm profillerde offset uzaklığı 2,5 metre olarak seçilmiştir (Şekil 4.164). MASW verileri bilgisayar ortamında Seisimager yazılımı kullanılarak her MASW noktasında derinliğe bağlı S dalga hızları ile Vs30 hız değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlendirmelerden NEHRP, Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği zemin sınıflama kriterlerine göre çıkan sonuçlar Tablo4.16'da verilmiştir.



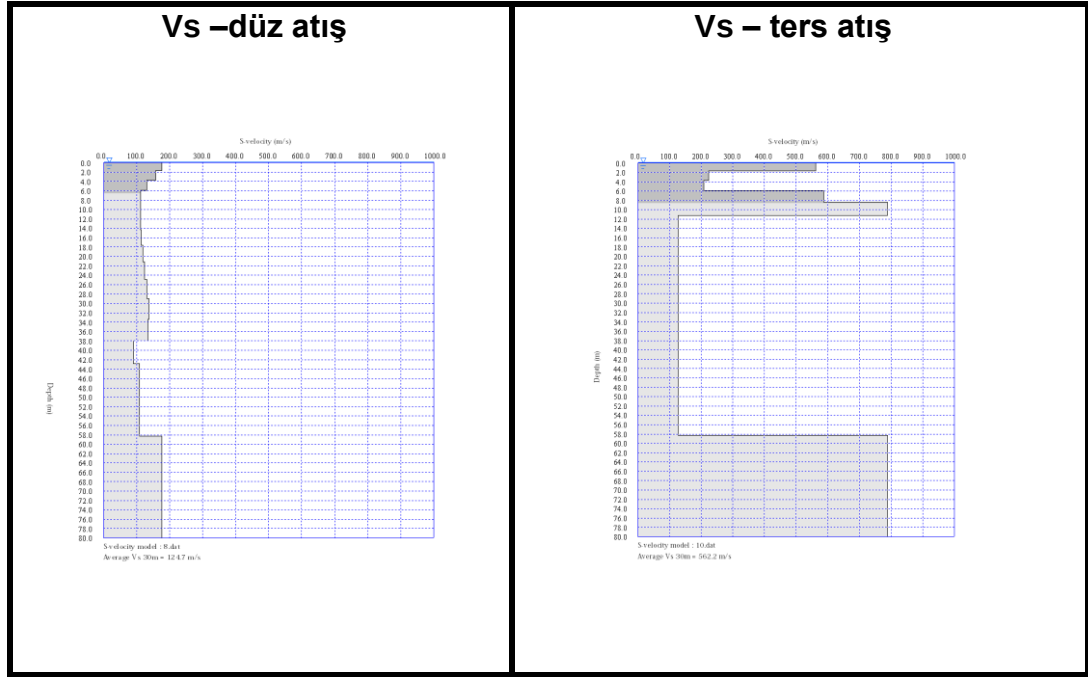
Şekil 4.169 Mavişehir istasyonunda yapılan Masw çalışmalarını gösteren fotoğraf.



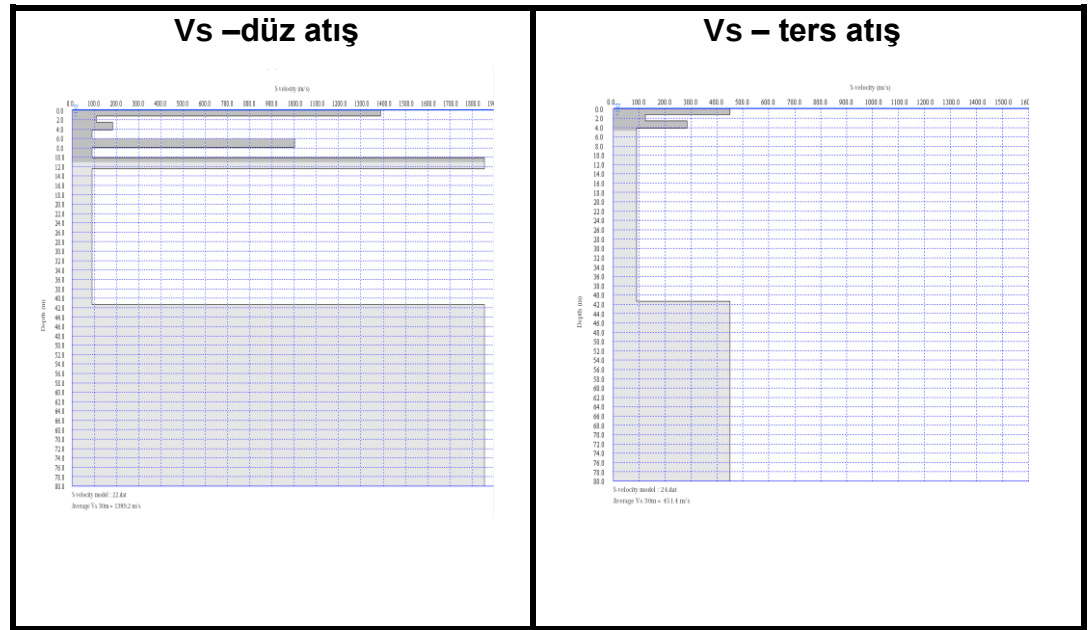
Şekil 4.170 Profil 1 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri.



Şekil 4.171 Profil 2 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri.



Şekil 4.172 Profil 3 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri.



Şekil 4.173 Profil 4 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri.

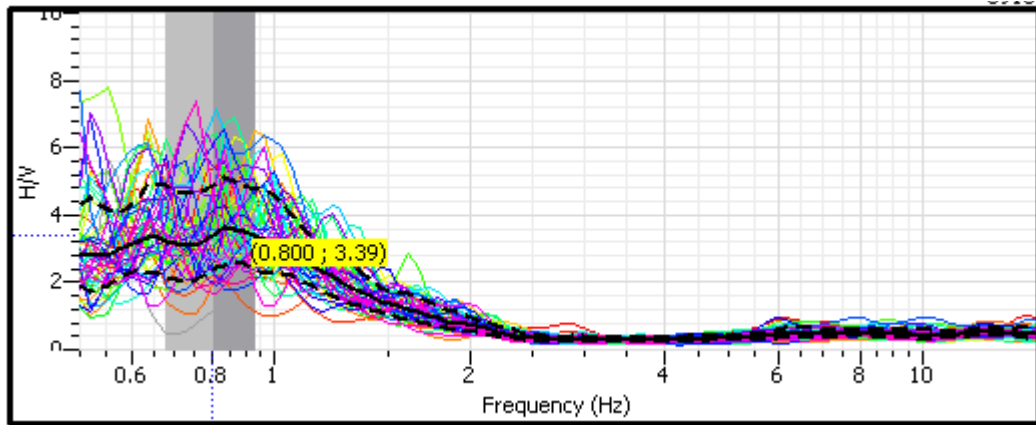
Hesaplanan VS30(m/sn) hız değerlerinden NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan zemin sınıflama kriteri sınıflama sonuçları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması.

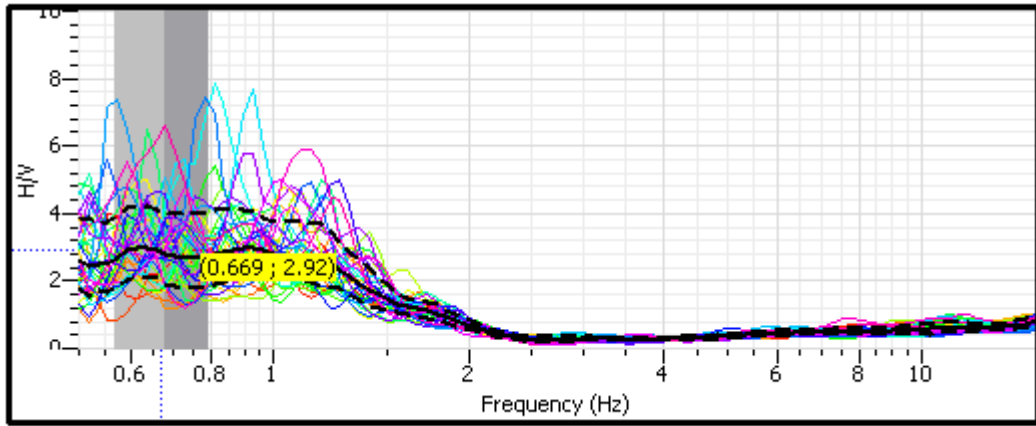
İSTASYON ADI	PROFİL NO	VS30(m/sn)	NEHRP	EUROCODE 8	2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ
MAVİŞEHİR	P1	107.4	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P1	1782.4	A	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P2	147.6	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P2	1580	A	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P3	124.7	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P3	562.2	C	B	B2,B3 veya C1
MAVİŞEHİR	P4	1389.2	B	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P4	451.4	C	B	B2,B3 veya C1

4.4.3.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS) Mikrotremör Çalışmaları

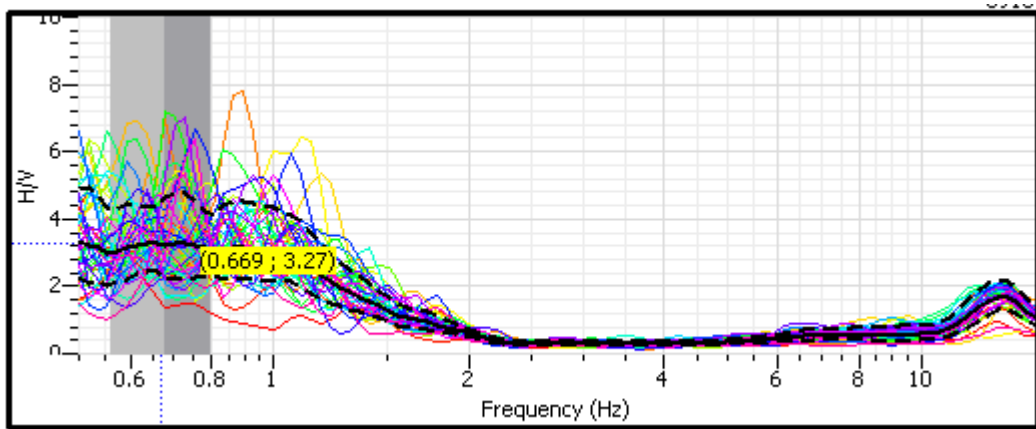
Mavişehir istasyonunda yapılan son uygulama Mikrotremör ölçümleridir. D-B yönlü her profilde 7 ölçüm noktası belirlenerek, ölçüm noktaları arası uzaklık 10 metre, kayıt uzunluğu 20 dakika seçilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler Geopsy programı ile değerlendirilerek spektral oran eğrileri elde edilmiştir.



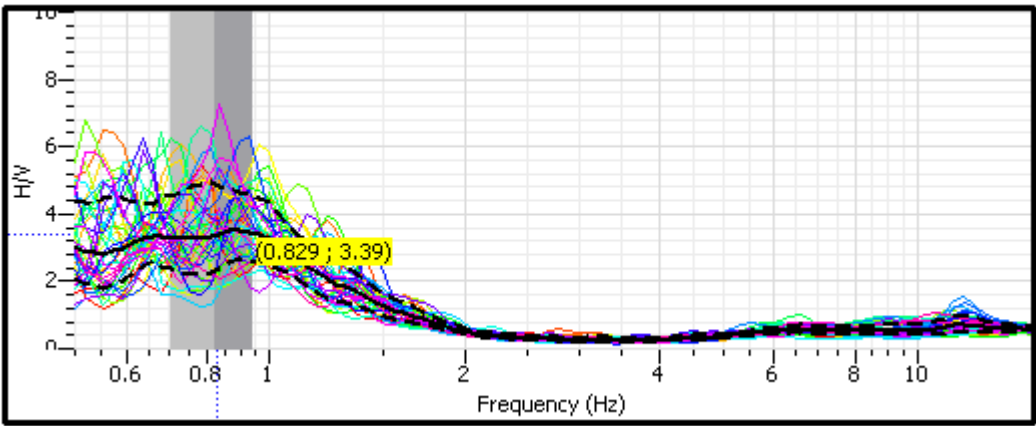
Şekil 4.174 MVS 11 nolu mikrotremör ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



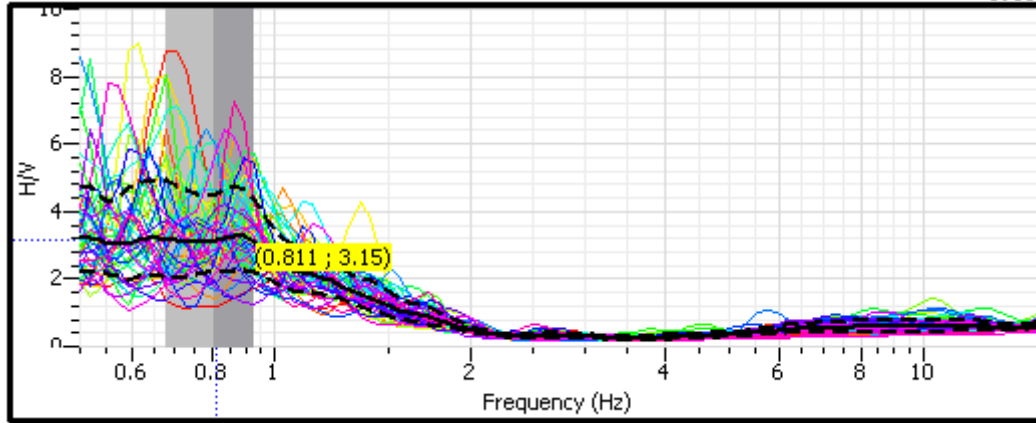
Şekil 4.175 MVS 12 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



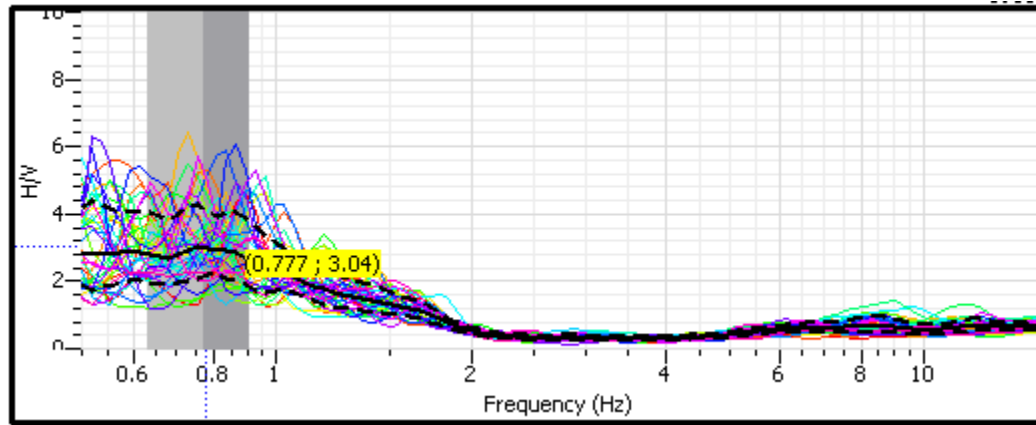
Şekil 4.176 MVS 13 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



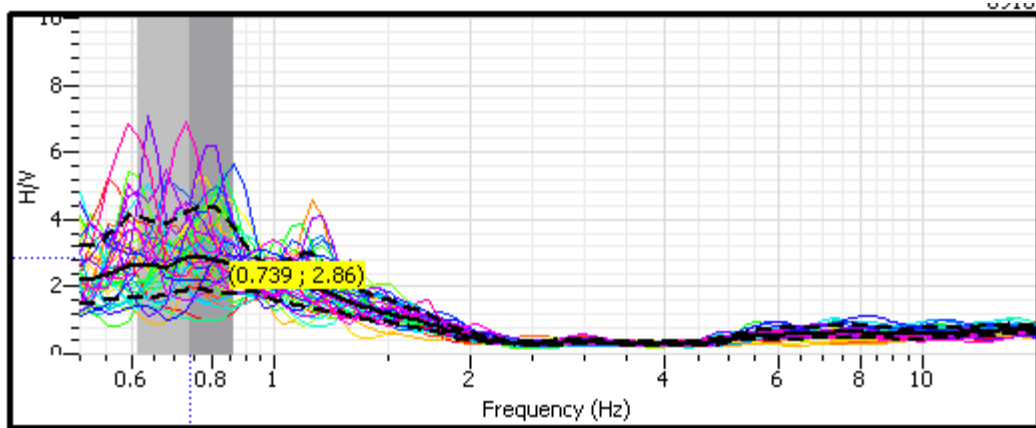
Şekil 4.177 MVS 14 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



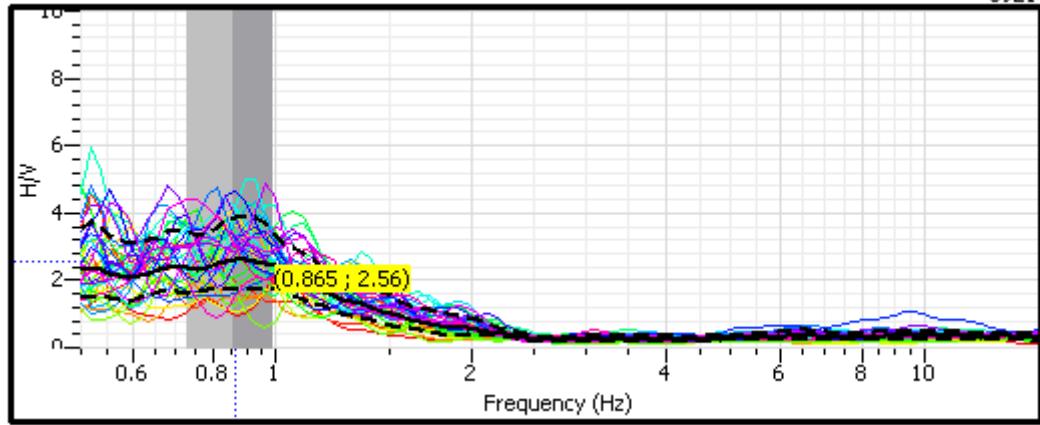
Şekil 4.178 MVS 15 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



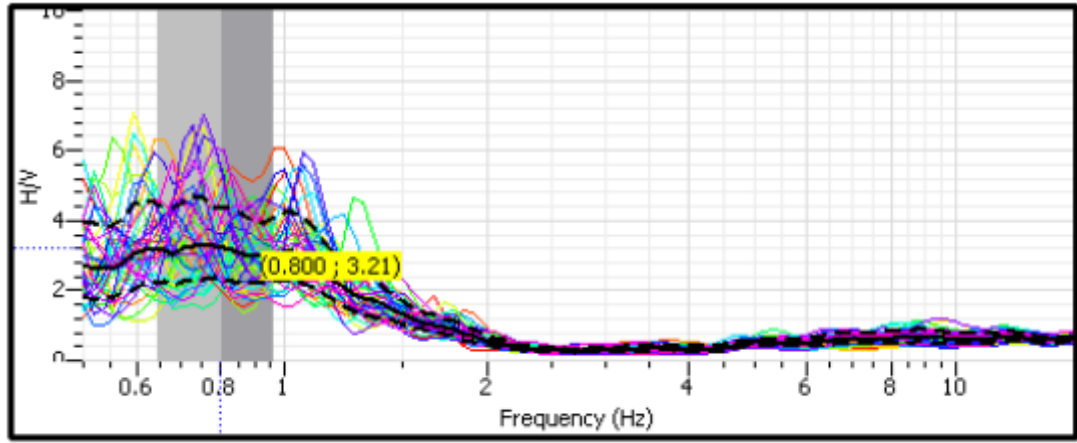
Şekil 4.179 MVS 16 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



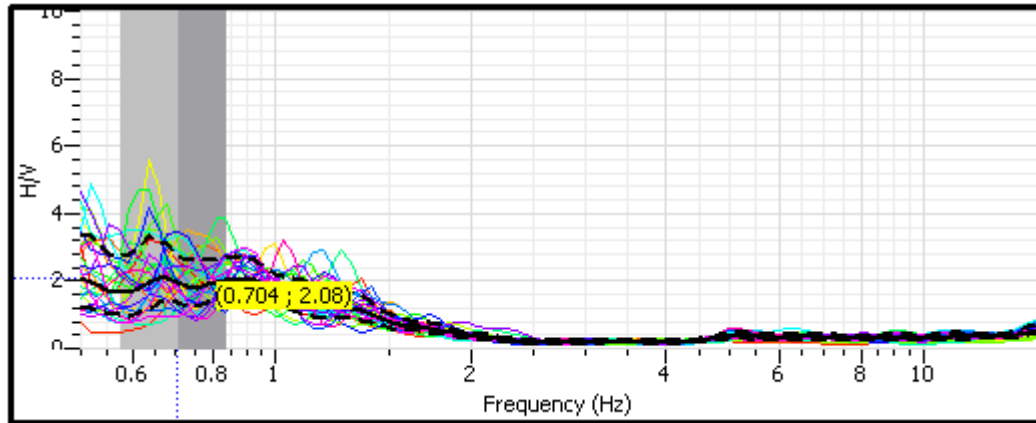
Şekil 4.180 MVS 17 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



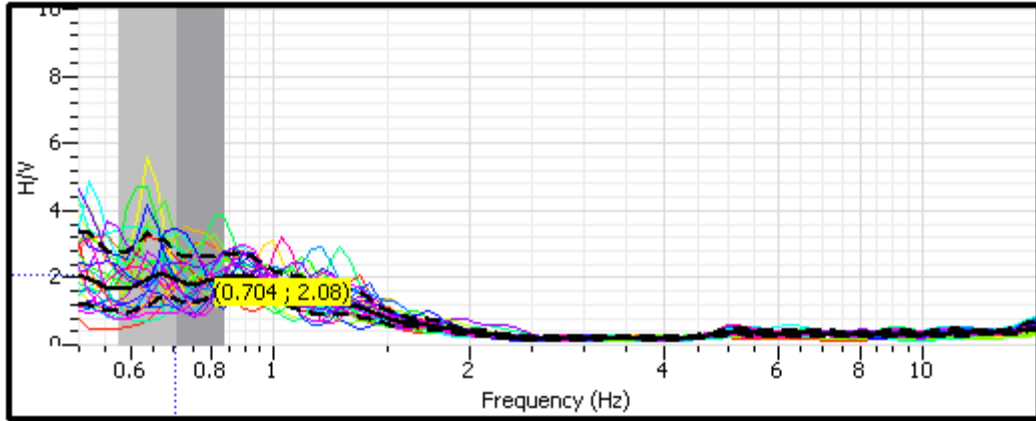
Şekil 4.181 MVS 21 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



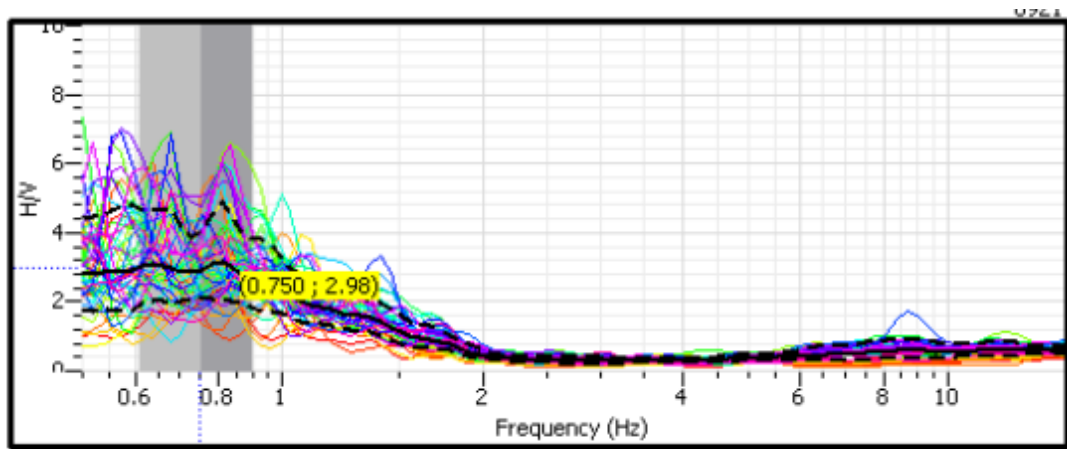
Şekil 4.182 MVS 22 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



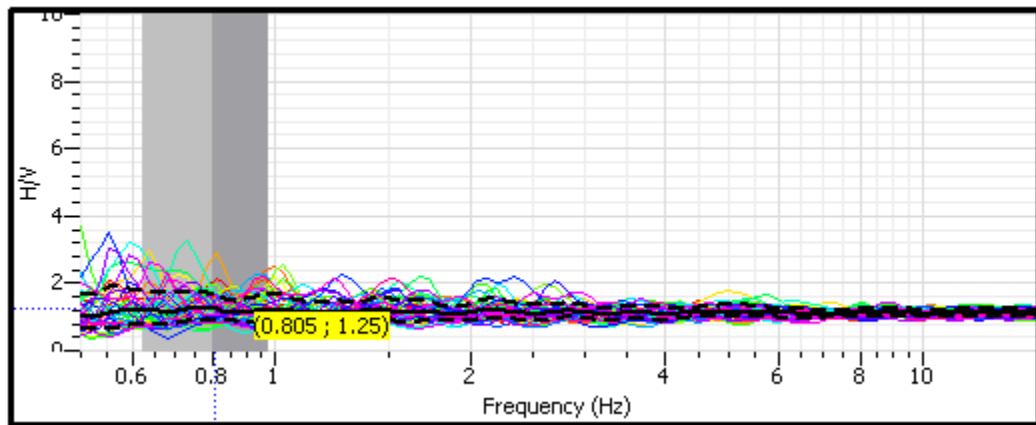
Şekil 4.183 MVS 23 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



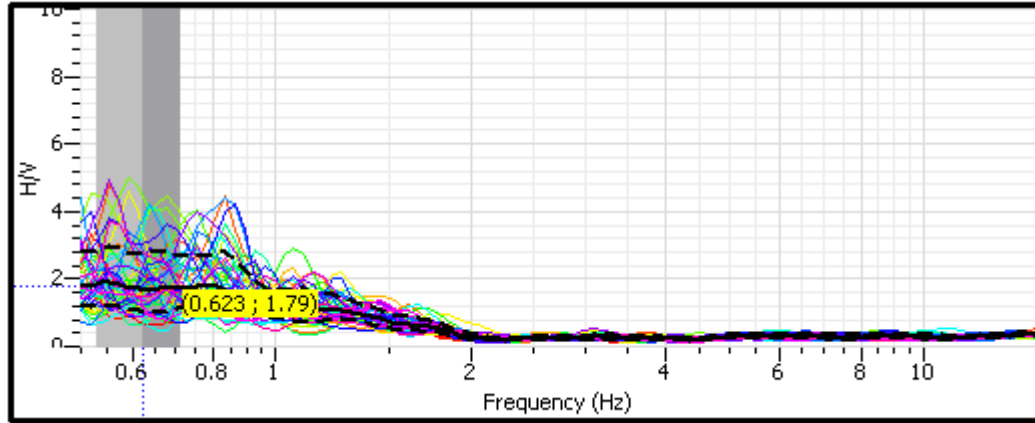
Şekil 4.184 MVS 24 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



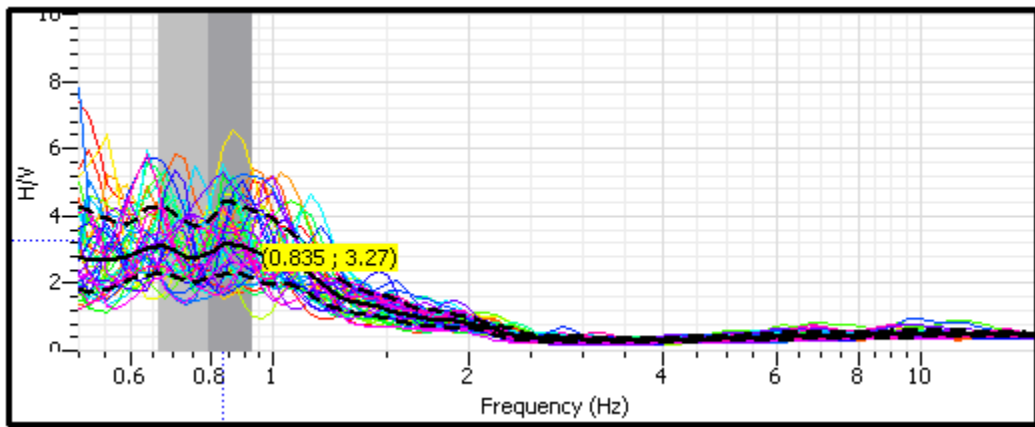
Şekil 4.185 MVS 25 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



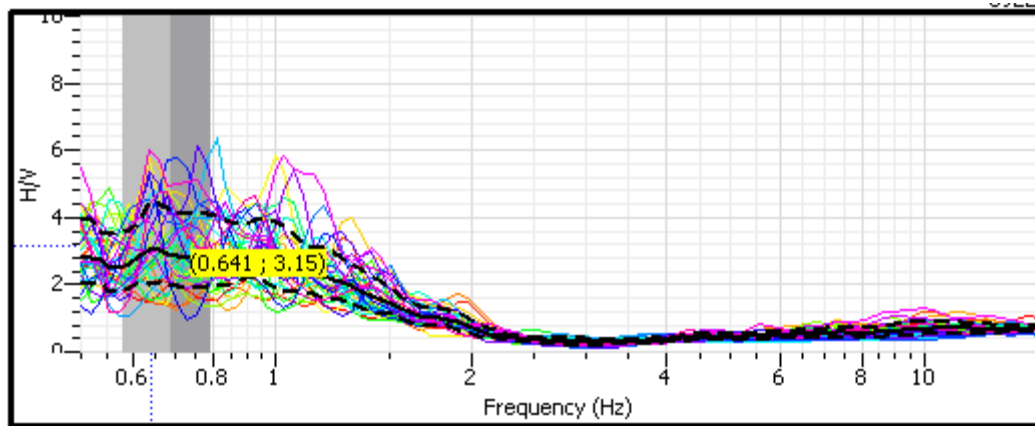
Şekil 4.186 MVS 26 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



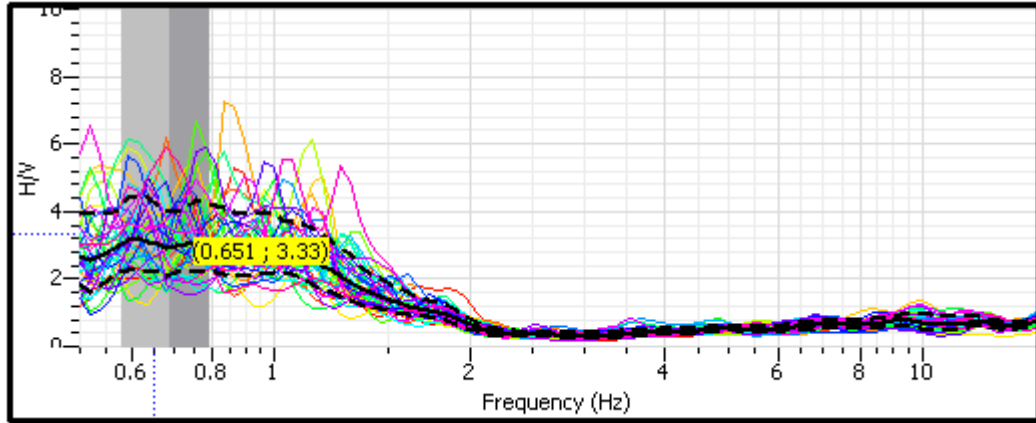
Şekil 4.187 MVS 27 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



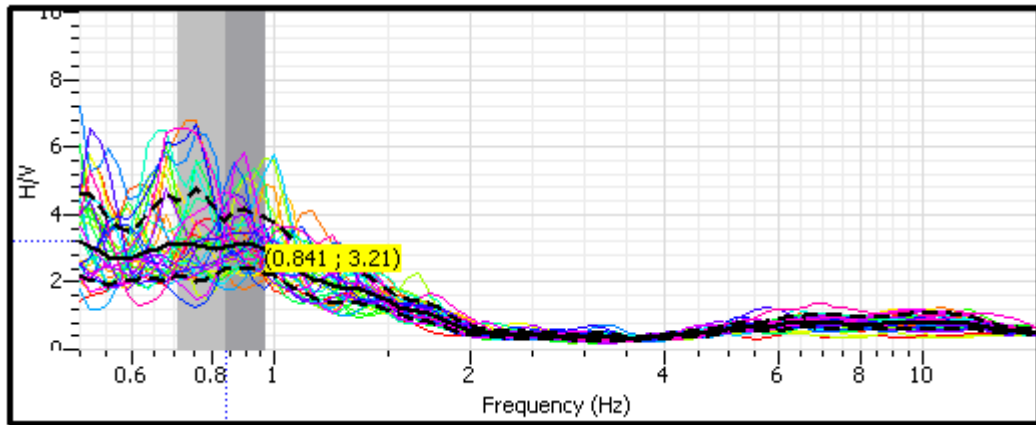
Şekil 4.188 MVS 31 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



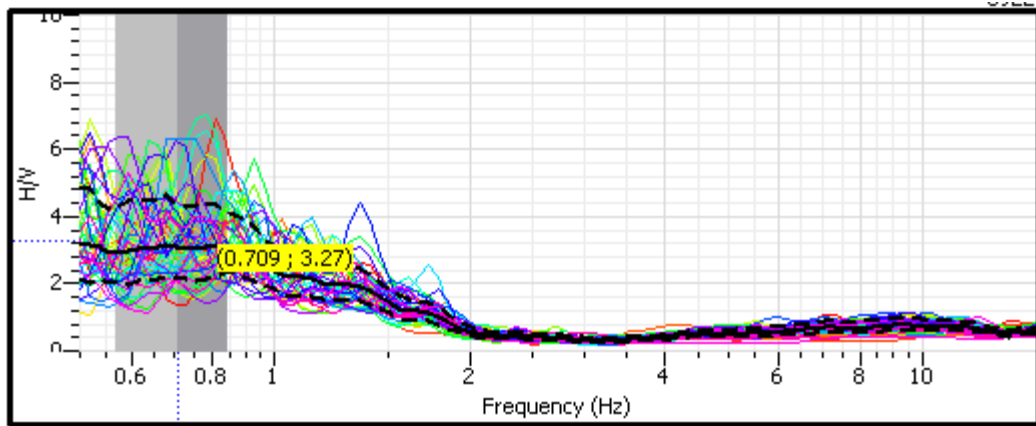
Şekil 4.189 MVS 32 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



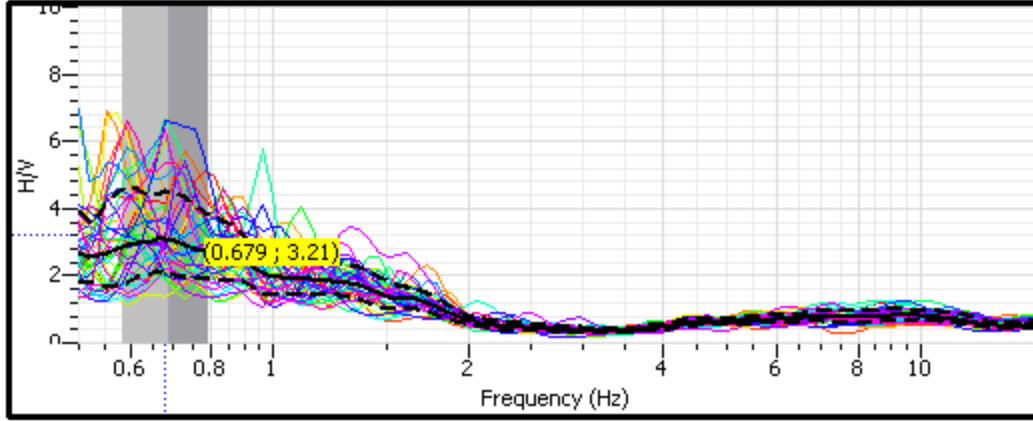
Şekil 4.190 MVS 33 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



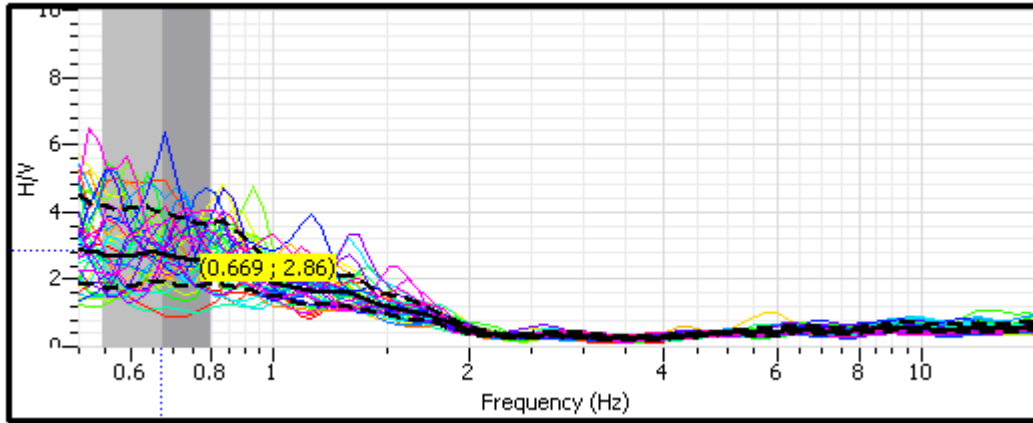
Şekil 4.191 MVS 34 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.192 MVS 35 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.193 MVS 36 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.



Şekil 4.194 MVS 37 nolu mikrotremor ölçüm noktalarından elde edilen H/V grafikleri.

Bu spektral oran eğrilerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyotları kullanılarak zemin sınıflaması ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17 Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen spektral genlik oranı ve hakim periyot değerleri

NOKTA NO	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
11	Z4	1.25	3.39
12	Z4	1.49476831	2.92
13	Z4	1.49476831	3.27
14	Z4	1.20627262	3.39
15	Z4	1.23304562	3.15
16	Z4	1.28700129	3.04
17	Z4	1.35317997	2.86
21	Z4	1.15606936	2.56
22	Z4	1.00908174	2.34
23	Z4	1.25	3.21
24	Z4	1.42045455	2.08
25	Z4	1.33333333	2.98
26	Z4	1.24223602	1.25
27	Z4	1.60513644	1.79
31	Z4	1.19760479	3.27
32	Z4	1.5600624	3.15
33	Z4	1.53609831	3.33
34	Z4	1.18906064	3.21
35	Z4	1.41043724	3.27
36	Z4	1.47275405	3.21
37	Z4	1.49476831	2.86

BÖLÜM BEŞ

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İzmir Metropolitan alanının, deprem ve deprem riski açısından ayrıntılı şekilde irdelenmesi amacıyla 106G159 no'lu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenen proje kapsamında İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisine 16 adet Kuvvetli Yer Hareketi deprem gözlem istasyonu yerleştirilmiştir.

Bu tez içeriğinde İzmir Metropolitan alanına kurulan 16 istasyonundan; jeolojik olarak alüvyon birimine karşılık gelen zeminlere yerleştirilen Balçova (01_BLC), Güzelbahçe (07_GZL) ve Mavişehir (12_MVS) istasyonlarında yapılan zemin sondaj ve uygulamalı jeofizik çalışmaları yer almaktadır. Bu kapsamında çalışmalar iki aşamada yapılmıştır.

İlk aşamada Balçova(01_BLC), Güzelbahçe (07_GZL) ve Mavişehir(12_MVS) istasyonlarında zemin özelliklerin yanal ve düşey yönlü özelliklerini irdelemek amacıyla standart çalışmalar yapılmıştır(1 sondaj kuyusu, 1 profil DES uygulaması, 1 profil öz direnç tomografi, 1 nokta microtermör ve 1 profil MASW ölçüsü).

İkinci aşamada söz konusu istasyon zeminlerinin yanal ve düşey yönlü (X, Y , Z) yapısal özelliklerindeki değişimleri irdelemek için ayrıntılı uygulamalı jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda Balçova istasyonunda 3 profil öz direnç tomografi, 4 profil MASW ve toplam 68 noktada mikrotremör ölçüsü; Güzelbahçe istasyonunda 6 profil MASW, 30 noktada mikrotremör ölçüsü ve Mavişehir istasyonunda 4 profil öz direnç tomografi, 4 profil MASW ve 21 noktada mikrotremör ölçüsü alınmıştır. Ayrıca, bu çalışmalara ilave olarak Balçova ve Güzelbahçe istasyonu arasındaki bölgenin K-G yönlü zemin özelliklerini araştırmak amacıyla 8 profilde MASW ölçüsü alınmıştır.

Yapılan standart ve ayrıntılı arazi çalışmalar sonucunda;;

1- Söz konusu istasyonların tümü aynı jeolojik birimde (Alüvyon) yer almasına rağmen zemin özelliklerinin hem kendi içinde hem de birbirine göre yanal ve düşey yönlü değişim sunduğu saptanmıştır.

2- Balçova (01_BLC) istasyonu değerlendirme sonuçlarına göre, elektrik özdirenç DES sonucuna göre yaklaşık 30 m' den sonra gözlenen yüksek özdirençli zeminin hem MASW sonuçlarıyla (15 m den sonra Vs hızının artması) hem de zemin sondajından elde edilen SPT değerleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Bu zemin olasılıkla sismik temel olarak kabul edilebilir. Elektrik özdirenç tomografi ve MASW yöntemleri sonuçlarından zemin özelliklerinin yanal ve düşey yönde çok değişken olduğu saptanmıştır. MASW sonuçlarından elde edilen Vs30 değerlerine göre zemin NEHRP sınıflamasına göre D sınıfı olarak saptanırken Eurocode 8 sınıflamasına göre C sınıfı ve 2007 TDYY sınıflamasına göre ise B3 veya C2 olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.7). İstasyondaki mikrotremor çalışmalarından elde edilen zemin tiplerinde çok kısa mesafelerde bile (10 m – 30 m) ani değişimler (Z1, Z2, Z3 ve Z4) izlenmiştir. H/V spektral oran değerleri 1.1 – 6.29 arasında değişim göstermektedir (Tablo 4.7, Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12).

3- Güzelbahçe (07_GZL) istasyonu değerlendirme sonuçlarına göre, elektrik özdirenç DES sonucuna göre 13 metre derinliğe kadar olan 3 tabakalı ortam, zemin sondajından da anlaşılacağı üzere yüzeyde 1 metreye kadar bitkisel ortam ve ardından gelen killi çakıllı birimleri işaret etmektedir. MASW ölçüm sonuçlarına göre, yaklaşık 7 metreden sonra Vs hızlarının artışı gözlenmekte olup bu artışın zemin sondajında aynı metrelerde belirlenen çakıllı kil formasyonu ile çakıl formasyonu sınırında olmasından ve Vs hızlarındaki bu yükselişin kaynağının artan çakıl oranı olması muhtemeldir. K-G ve D-B yönlü profiller üzerinde yapılan mikrotremor sonuçlarına göre Deniz ve İzmir-Çeşme otobanı arasında kalan bölgede Z4 ve Z3 zeminleri hakim iken otobanın güneyinde kalan bölgede ise zemin tipi ani değişimle Z1 ve Z2 tipine dönüşmektedir. Bu durum olasılıkla bölgenin tektonik yapısından (D-B yönlü faylanma gibi nedenlerden olabilir) kaynaklanmaktadır. Bu alanın daha ayrıntılı çalışmalarla detaylandırılması gerekmektedir. MASW sonuçlarından elde edilen Vs30 değerlerine göre zemin NEHRP sınıflamasına göre

genellikle A ve D sınıfı olarak saptanırken Eurocode 8 sınıflamasına göre A, B ve C sınıfı olarak tanımlanmıştır. 2007 TDYY zemin sınıflamasına göre ise B3 veya C2 ve C2 veya C3 olarak sınıflandırılmaktadır(Tablo 4.13). İstasyondaki mikrotremor çalışmalarından elde edilen zemin tiplerinde çok kısa mesafelerde bile (10 m – 30 m) ani değişimler (Z1, Z2, Z3 ve Z4) izlenmiştir. H/V spektral oran değerleri 1.61 – 4.54 arasında değişim göstermektedir(Tablo 4.14). Balçova ve Güzelbahçe istasyonları arasındaki bölgede yapılan MASW sonuçlarına göre zemin NEHRP ve Eurocode 8 sınıflamasına göre A, 2007 TDYY zemin sınıflamasına göre ise B3 veya C2 ve C2 veya C3 olarak sınıflandırılmaktadır(Tablo 4.15).

4- Mavişehir (12_MVS) istasyonu Özdirenç Tomografi yöntemi sonuçlarına göre, değerlerin 0,2-50 ohm.m arasında değiştiği görülmektedir. Özdirenç değerleri yüzeyden yaklaşık 25 metre derinliğe kadar bakıldığında 2-10 metre derinlikleri arasında çok düşük özdirenç değerli yatay tabakalı bir yapıyı göstermektedir. Zemin sondajına bakıldığında bu birimin olasılıkla kil ağırlıklı malzeme olduğu tespit edilmiştir. 3 nolu profilde yüzeyde izlenen killi birimin kalınlığı doğudan batıya doğru artmaktadır. Tabanda daha yüksek özdirençli çakıllı ve/veya siltli kil birimi izlenmiştir. 1 nolu profilde yüzeyde killi birim baskın olup bu birim 15 metre derinliklere kadar izlenmektedir. 4 no'lu profil diğer profilleri dik kesecek şekilde oluşturulup mümkün olan en geniş açılım uzunluğu olan 56 m profil uzunluğuyla yüzeyden yaklaşık 12 metreye kadar olan derinlik incelenebilmiştir. Buna göre diğer 3 profille benzer sonuçlar elde edilmiştir. MASW çalışmaları düz ve ters atış değerlendirmelerine bakıldığında oluşturulan hız-derinlik grafiklerinin aynı profil üzerindeki düz ve ters atışlarının birbirinden farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu sonuçların nedeni olasılıkla yeraltında sismik temel kaya üzerindeki yumuşak malzeme kalınlığının(olasılıkla kil ağırlıklı birim) doğudan batıya doğru kalınlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlar Özdirenç Tomografi sonuçlarında da benzer şekilde izlenmektedir. Diğer profillere dik G-K yönlü 4 no'lu MASW profilinde düz ve ters atış değerlendirmelerinin D-B yönlü diğer profillere benzer şekilde olması dikkat çekmektedir. Bunun nedeni G-K yönlü kil tabakası kalınlığının çok fazla değişmemesi olarak açıklanabilir. Vs30 değerlerini kullanarak yapılan NEHRP sınıflamasına göre zemin, arazinin en batısında F veya E sınıfı olarak

saptanırken doğruya doğru gidildikçe zemin A ve C sınıfı olarak tanımlanmıştır. 4 no'lu profildeki ölçümlerden hareketle elde edilen Vs30 değerlerine göre güneyden kuzeye doğru zemin tipi C tipi zeminden B sınıfına geçmektedir. Eurocode 8 sınıflamasına göre ise zemin batı uçta D sınıfı iken doğu uçta A sınıfı olarak tanımlanmıştır. Aynı şekilde güney uç Eurocode-8'e göre A zemin sınıfı iken, kuzeyde B tip zemin sınıflaması olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.16). İstasyondaki mikrotremor çalışmalarından toplam 21 noktadaki ölçümden elde edilen değerlerin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir. H/V spektral oran değerleri 1,25 – 3,39 arasında değişim göstermektedir. Yerel zemin sınıflamasına göre zemin tipi tüm ölçümlerde Z4 olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.17).

Çalışmalar sonucunda jeolojik olarak özellikle birikim alanlarında zemin tipi ve yapısal özelliklerin çok kısa aralıklarda (10m – 100 m) bile X, Y, Z yönlerinde ani değişimler gösterebileceği açıkça saptanmıştır. Bu durumun dikkate alınarak zemin araştırmalarında arazi araştırma ve ölçü alma planlamasının çok dikkatli olarak yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçığ. Z. (1988). Batı Anadolu'nun yapısal sorunlarının gravite verileri ile irdelenmesi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 31, 63-70.
- Aki K. (1957). Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with special reference to microtremors, *Bulletin of Earthquake Engineering*. Inst. Tokio Univ., 25, 415-457.
- Aki, K. ve Richards, P.G. (1980). *Quantitative Seismology Theory and Methods*, I-II, W.H. Freeman and Co., San Francisco.
- Aki, K. (1993). Local site effects on weak and strong ground motions, *Tectonophysics*, 218(1993), pp93-111.
- Bommer, J.J., Douglas, J., Strasser, F. (2003). Style-of-faulting in ground motion prediction equations. *Bulletin of Earthquake Engineering* 1(2), 171-203.
- Buttkus, B. (2000). *Spectral Analysis and Filter Theory in Applied Geophysics*, Springer-Verlag 2000.
- Dindar, H. (2010). *İzmir Metropolitan Alanına Yerleřtirilecek Olan Kuvvetli Yer İstasyonlarının Zemin Özelliklerini Tanımlamaya Yönelik Jeofizik Çalışmalar* D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans Tezi.
- Dziewonski A.M., Hales A.L. (1972). Numerical analysis of dispersive seismic waves, B.A. Bolt, (ED.), *Methods in computational physics*(11) içinde (271–295). Academic Press.
- Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar Arasındaki Bölgede Stratigrafik Özellikleri ve Tektonik Evrimi: *TPJP Bülteni*. c. 2/1-Aralık 1990, 1-20.

- Field, H. E. (2000). Accounting for site effects in Probabilistic Seismic Hazard Analyses of Southern California: Overview of the SCEC Phase III Report, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90, 6B, pp.S1-S31.
- Gül, A. (1972). Mikrobölgelendirme Etüdları İlke ve Yöntemleri, *Türkiye' de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Ankara.
- Kagami, H., Okada, S., Shino, K., Oner, M., Dravinski, M., Mal, A. K. (1986). Observation of 1 to 5 second microtremors and their application to earthquake engineering. Part III. A two dimensional study of site effects in S. Fernando valley, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 76, 1801- 1812.
- Kanai, K., Tanaka, T. (1961). *On Microtremors*, 8. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 39, 97–114.
- Kanai, K., Tanaka, T., Yoshizawa, S. (1965). *On Microtremors*, 9. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, University of Tokyo, 43, 577–588.
- Kanai, K. (1983). *Engineering Seismology*, University of Tokyo, 251, Japonya.
- Kanlı, A.I., Tjldy, P., Pronay, Z., Pınar, A., & Hermann, L. (2006). Vs30 mapping and soil classification for seismic site effect evaluation in Dinar region, SW Turkey, *Geophys. J. Int.* 165, 223–235.
- Kayan, İ. (2000). İzmir çevresinin morfotektonik birimleri ve alüvyonal Jeomorfolojisi, *Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu*, 103.
- Kıncal, C. (2005). *İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi* D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

- Kobayashi, H., Seo, K., Midorikawa, S. (1986). *Part 1, Estimated strong ground motions in the Mexico city due to the Michoacan, Mexico earthquake of September 19, 1985 based on characteristics of microtremor, Part 2, Report on seismic microzoning studies of the Mexico earthquake of September 19, 1985. The Graduate School of Nagatsuta, Tokyo Institute of Technology, 34–68.*
- Koca, M. Y. (1995). *Slope Stability Assessment of the Abandoned Andesite Quarries in Around the Izmir City Centre*, PhD. Thesis, Dokuz Eylul University Graduate School of Natural and Applies Science, Izmir-Türkiye, 430 p.
- Koca, M. Y., Yavuz, A. B. and Türk, N. (2005). Material properties of the Menderes Massif marbles from SW Turkey, *Engineering Geology, Elsevier*, Vol. 82, 91-106.
- Lay, T. and Wallace, T. C. (1995). *Modern Global Seismology*, San Diego: Academic Pres.
- Lermo, J., Garcia, F. J. (1994). Area Microtremors useful in site response evaluation, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84 (5), 1350 – 1364.
- Loke, M. H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*. Penang, Malaysia, Universiti Sains Malaysia, unpublished course notes.
- McMechan, G. A., and Yedlin, M. J. (1981). Analysis of dispersive waves by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869–874.
- Meissner, R., Wever, T., Flüh, E. (1987). The Moho in Europe-implications for crustal development, *Annales Geophysicae* 5B, 357– 364.
- Miller, R.D., Xia, J., Park, C.B. and Ivanov, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves to map bedrock, *Leading Edge*, 18, 1392-1396.

- Mirzaoğlu, M., Dikmen, Ü. (2003). Application of Microtremors to Seismic Microzoning Procedure, *Journal of the Balkan Geophysical Society*, vol. 6, 143-156.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *QR of RTRI*, 30,1, 25-33.
- Nakamura, Y. (1997). Seismic Vulnerability Indices For Ground And Structures Using Microtremor, *World Congress on Railway Research*, Florence.
- Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications, *Proc. 12th World Conf. on Earthquake Engineering*, 2656.
- Nogoshi M., Igarashi T. (1970). On the propagation characteristics of microtremor, *Journal of the Seismology Society of Japan.*, 23, 264– 280.
- Nolet, G., Panza, G.F. (1976). Array analysis of seismic surface waves: limits and possibilities, *Pure and Applied geophysics*, 114, 776–790.
- Ocakoğlu, N., Demirbağ, E., Kuşçu, İ., (2004). Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strike slip faulting in the Aegean extensional province, *Tectonophysics Special Issue: Active Faulting and Crustal Deformation in the Eastern Mediterranean Region*, 391, 67-83.
- Ocakoğlu, N., Demirbağ, E., Kuşçu, İ., (2005). Neotectonic structures in the Gulf of İzmir and surrounding regions (western Turkey): evidences of transpressional faulting in the Aegean extensional regime, *Marine geology*, 219, 155-171.
- Okada, H. (2003). The Microtremor Survey Method, *Geophysical Monograph Series 12, Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa.

- Özbek, D. (1981). *Altındağ Köyü (İzmir) Çevresinin Jeoloji ve Altındağ Taş Ocaklarının Mühendislik Jeolojisi*, Bitirme Ödevi, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, s.54.
- Özer, S. ve İrtem, O. (1982). Işıklar-Altındağ (Bornova-İzmir)alam Üst Kretase kireçtaşlarının jeolojik konumu, stratigrafisi ve fasiyes özellikler, *TürkiyeJeol.Kur. Bült.*, 25, 41-47.
- Özçep, F.,Avcı, K. (2006). *Kent Jeofiziğinde Yeni Bir seçenek: Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Yöntemi*, <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/mikrobolgeleme>.
- Park, C.B., Miller, R.D., & Xia, J. (1998). Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. *The Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts*, 1377–1380.
- Park, C., B., Miller R., D., Xia J. (1999). Multichannel analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64, No.3, 800-808.
- Radius Projesi (1999). *İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı*, <http://www.izmir.bel.tr/izmirdeprem>.
- Stokoe, K., H., Wright, G., W., James, A., B., Jose, M., R., (1994). *Characterization of geotechnical sites by SASW method in Woods*, Geophysicalcharacterization of sites: Oxford Publish.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007), *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar*, Bölüm 7. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, Ankara.
- Tezcan, S.S., İpek, M., (1970). 28 Mart 1970 Gediz depreminden dolayı Bursa otomobil fabrikasındaki hasarın sebepleri, *İMO Türkiye İnşaat Mühendisliği V. Teknik kongresi, Konu:III, Rapor No: 4, Ankara*.

- Tunçel, A. (2008). *Sismik Kırılma Yöntemi ve Mikrotremör Ölçümlerinden elde edilen dinamik Zemin Parametrelerinin Karşılaştırılması*. D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Tong, L., Yang, C. (1990). Incorporation of topography into two-dimensional resistivity inversion. *Geophysics*, 55(3), 354-361.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., (2010). Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences (baskıda)*
- Viktorov, I. A. (1967). Rayleigh and Lamb Waves, *Physical Theory and Applications*, New York: Plenum Pres.
- Wills, C. J., Petersen, M., Bryant, W. A., Reichle, M., Saucedo, G. J., Tan, S., Treiman, J. (2000). A Site-Conditions Map for California Based on Geology and Shear Wave Velocity, *Bulletin of Seismology Society of America*, 90, 187-208.
- Xia, J., Miller, R. D., Park, C. B. and Tian, G. (2002). Determining Q of near-surface materials from Rayleigh waves, *Journal of Applied Geophysics*, 51 (2-4), 121-129.