

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİR METROPOLİTEN ALANINA
YERLEŞTİRİLECEK OLAN KUVVETLİ YER
İSTASYONLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİ
TANIMLAMAYA YÖNELİK JEOFİZİK
ÇALIŞMALAR

Hilmi DİNDAR

Aralık, 2010
İZMİR

**İZMİR METROPOLİTEN ALANINA
YERLEŞTİRİLECEK OLAN KUVVETLİ YER
İSTASYONLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİ
TANIMLAMAYA YÖNELİK JEOFİZİK
ÇALIŞMALAR**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Hilmi DİNDAR

Aralık, 2010

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HİLMİ DİNDAR, tarafından **DOÇ. DR. MUSTAFA AKGÜN** yönetiminde hazırlanan “**İZMİR METROPOLİTEN ALANINA YERLEŞTİRİLECEK OLAN KUVVETLİ YER İSTASYONLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİ TANIMLAMAYA YÖNELİK JEOFİZİK ÇALIŞMALAR**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Mustafa AKGÜN

Danışman

.....
Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ

Jüri Üyesi

.....
Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

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

İzmir’de geçirdiğim tüm öğrencilik hayatımda geçirdiğim zor günleri aşmamı sağlayan, 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’e,

Arazi çalışmalarımdayardımlarını esirgemeyen Jeofizik Müh. Mehmet Murat Bozdemir’e Jeofizik Müh. Erim Refik Ongun’a, Jeofizik Müh. Emir Y. Ersay’a, Jeofizik Müh. Mustafa Acar’a, Jeofizik Müh Serhat Değirmencioğlu’na, Jeofizik Müh Gökhan Yiğit’e, Jeofizik Müh Hasan Emre Yamanlı’ya, Özkan Cevdet Özdağ’a ve Jeofizik Müh. Seray Seçkin’e 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 her zaman yanımda olan değerli dostlarım, Umut Özgünel, Çağan Alevkayalı, Kemal Hüdasoy, İlhan Birand ve Ulus Kasap’a teşekkür ederim.

İZMİR METROPOLİTEN ALANINA YERLEŞTİRİLECEK OLAN KUVVETLİ YER İSTASYONLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİ TANIMLAMAYA YÖNELİK JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

ÖZ

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 davranacağına ortaya konulması, yapının zemin özelliklerine uygun olarak inşa edilmesi depreme karşı savaşta önemli bir adımı oluşturmaktadır.

Bölgenin, depremlerle son derece hareketli bir ilişkiye sahip olduğu, bu özelliğiyle bölge morfolojisinin şekillenmesinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. İzmir ve Çevresi, Batı Anadolu deprem rejimi içinde önemli bir yere sahiptir. İzmir ve çevresi deprem aktivitesi çok yüksek bir bölgedir. Yüksek hasar riski taşımaktadır.

Hızla büyüyen, nüfus yoğunluğu ve sanayileşme bakımından sürekli gelişim gösteren İzmir Metropolü Yerleşim Alanında sık aralıklarla yerleştirilmiş ivme-ölçer kayıtlardan elde edilen deprem kayıtlarına ve diğer jeofizik ölçümlere (MASW, microtremor, sismik, özdirenç ve zemin sondajları) dayalı olarak elde edilen verilerden en uygun yer hareketi davranış modelleri oluşturulacaktır.

Kurulan 16 adet kuvvetli yer hareketi kayıtcısı kurulum alanlarında (istasyonlarında), Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) çalışmaları, Özdirenç Düşey Elektrik Sondajı (DES) ve Özdirenç Tomografi çalışmaları, 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.

İkinci aşamada ise ön değerlendirme sonuçlarına göre bazı istasyonlarda (bu çalışmada BLC-Balçova BRN-Bornova istasyonu ve MVS-Mavişehir) çalışmalar genişletilerek yöne bağlı olarak zemin özelliklerinin değişimi mikro dağılım özellikte irdelenmiştir. Bu aşamada elde edilen tüm jeofizik sonuçlar mekanik sondaj ile birlikte değerlendirilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlara göre İzmir Metropol alanında zemin sınıflaması yapılırken mikro ölçekte çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: H/V spektral oran., hassasiyet indeksi, MASW, mikrotremor, zemin sınıflaması.

**GEOPHYSICAL TECHNIQUES ARE USED TO DETERMINE GROUND
PROPERTIES OF LOCATED STRONG GROUND MOTION STATIONS AT
IZMIR METROPOLITAN AREA**

ABSTRACT

Earthquake resistant design of buildings to reduce earthquake damage, is one of the most important tasks. A structure that absorbs earthquake forces and that can withstand the destructive power of earthquake, is a great advantage to destroy earthquake disaster from the rough. To achieve this advantage, the engineers of geophysics, geology and construction, must work effectively. To know the properties of ground where the building be done, to introduce how the ground and the structure on the ground act during the earthquake, is the major step of the war against earthquakes.

It was observed that this region had an extremely dynamic relationship with earthquakes; and played an important role in the formation of the region's morphology by means of this feature. Izmir and its Surrounding Region have a significant location within the West Anatolia seismological regime. Izmir and its surroundings is a region with a high seismic activity; and carry a high risk of damage.

The most suitable ground motion behavior model will be established using the earthquake recording obtained via accelerometers records placed by frequent sampling interval and other geophysical measurement (MASW, microtremor, seismic, resistivity and ground drilling) on the rapid growing population density and industrialization in terms of showing the continuous development of Izmir Metropolitan urbanized allocation area.

There are 16 pieces of strong ground motion measurement stations established. Multichannel Analysis of Surface Waves(MASW) studies, Vertical Electrical Resistivity Sounding(VES) and Resistivity Tomography studies, microtremor measurements was carried out. In addition, the geotechnical borehole drilling with

the depth in the range of 20 to 300 meters and Standard Penetration Tests(SPT) were obtained one each at every station.

At the second stage, according to the results of the preliminary assessment at some stations(BLC_Balcova, BRN_Bornova and MVS_Mavisehir stations at this study), the change of soil properties depending on the change of direction were examined.

It was concluded that a micro scale study should be done while the soil classification is realised in the region of Izmir Metropolitan, which is based on the all results obtained.

Keywords: H/V spectral ratio, MASW, microtremor, soil classification, vulnerability index.

İçindekiler

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
BÖLÜM BİR-GİRİŞ	1
BÖLÜM BİR-JEOLOJİ	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 İçin K Değerleri	20
3.1.2.6 Zeminlerin Sınıflandırılması	21
3.1.3 Çok Kanallı Yüzeysel Dalgaları Yöntemi (MASW)	27
3.1.3.1 Yöntem	27
3.1.3.2 Yöntemin Arazide Uygulanması	29
3.1.3.3.1 Faz Hızı ve Grup Hızı	32
3.1.3.3.1.1 Dispersiyon eğrilerinin oluşturulması	33
3.1.3.3.1.2 Dispersiyon	34
3.1.3.3.1.3 Faz Hızı ve Grup Hızı	35

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

4.1 Giriş.....	36
4.2 Zemin Sondajı Çalışmalar.....	46
4.2.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	46
4.2.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)	46
4.2.3 Buca İstasyonu (03_BUC)	46
4.2.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN).....	47
4.2.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)	47
4.2.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS).....	47
4.2.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL).....	48
4.2.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN).....	48
4.2.9 Konak İstasyonu (09_KON).....	48
4.2.10 Karşıyaka İstasyonu (10_KSK)	49
4.2.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV)	50
4.2.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)	50
4.2.13 Çamdibi İstasyonu (13_CMD)	51
4.2.14 Urla İstasyonu (14_URL).....	52
4.2.15 Yamanlar İstasyonu (15_YMN)	52
4.2.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL).....	52
4.3. Elektrik Özdirenç Çalışmaları.....	53
4.3.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	54
4.3.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)	56
4.3.3 Buca İstasyonu (03_BUC)	58
4.3.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN).....	60
4.3.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)	61
4.3.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS).....	63
4.3.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL).....	65
4.3.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN).....	67
4.3.9 Konak İstasyonu (09_KON).....	68
4.3.10 Karşıyaka İstasyonu (10_KSK)	70
4.3.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV)	71
4.3.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)	73
4.3.13 Çamdibi İstasyonu (13_CMD)	75

4.3.14 Urla İstasyonu (14_URL).....	77
4.3.15 Yamanlar İstasyonu (15_YMN)	79
4.3.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL).....	80
4.4 Masw Çalışmaları.....	82
4.5 Mikrotremör Çalışmaları	98
4.5.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	100
4.5.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)	101
4.5.3 Buca İstasyonu (03_BUC)	101
4.5.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN).....	101
4.5.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)	102
4.5.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS).....	102
4.5.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL).....	103
4.5.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN).....	103
4.5.9 Konak İstasyonu (09_KON).....	103
4.5.10 Karşıyaka İstasyonu (10_KSK)	104
4.5.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV).....	104
4.5.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)	104
4.5.13 Çamdibi İstasyonu (13_CMD)	105
4.5.14 Urla İstasyonu (14_URL).....	105
4.3.15 Yamanlar İstasyonu (15_YMN)	105
4.5.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL).....	106
4.6 Genişletilmiş Çalışmalar	107
4.6.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)	107
4.6.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)	114
4.6.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)	120
BÖLÜM BEŞ TARTIŞMA VE SONUÇLAR	127
K AYNAKLAR.....	131

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Son yıllarda artan deprem zararları bizleri zemin davranışlarını irdelemeye ve modellemeye yönelik araştırmalara yönlendirmiştir.

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 ortaya çıkmıştır. Depremin oluşumunu, yerini, zamanını, büyüklüğünü keşfetme amacıyla doğan deprem bilimi, çağımızın en önemli disiplinlerinden biri olmuştur. 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.

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 taşımaktadır. Amaca yönelik uygun ve doğru çalışmalar ile deprem ve benzeri yer hareketlerinin bölgesel etkilerinden korunmak mümkündür

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 davranacağına ortaya konulması, yapının zemin özelliklerine uygun olarak inşa edilmesi depreme karşı savaşta önemli bir adımı oluşturmaktadır.

Hızla büyüyen, nüfus yoğunluğu ve sanayileşme bakımından sürekli gelişim gösteren İzmir Metropolü Yerleşim Alanında mikro dağılımla yerleştirilmiş ivmeölçer kayıtçılardan elde edilen deprem kayıtlarına ve diğer jeofizik ölçümlere (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 kayıtçuları simgesel olarak Balçova (BLC), Bornova (BRN), Buca (BUC), Bayraklı (BYN), Bostanlı (BOS), Güzelyalı (GZL), Kaynaklar (KYN), Konak (KON), Karşıyaka (KSK), Mavişehir (MVS), Manavkuyu (MNV), 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 1 noktada mikrotremor ölçümleri) ve içerikte çalışmalar yapılarak elde edilen sonuçların ön değerlendirilmeleri yapılmıştır.

İkinci aşamada ise ön değerlendirme sonuçlarına göre bazı istasyonlarda çalışmalar genişletilerek yöne bağlı olarak zemin özelliklerinin değişimi mikro dağılım özellikte irdelenmiştir. Bu aşamada elde edilen tüm jeofizik sonuçlar mekanik sondaj ile birlikte değerlendirilmiştir.

Jeofizik çalışma sonuçları ile jeolojik veriler göz önüne alınarak BLC (Balçova), BRN (Bornova) ve MVS (Mavişehir) istasyonlarında araştırma alanı genişletilmiştir. Bu amaç kapsamında BLC istasyonunda 4 profil MASW, 3 Profil özdirenç tomografi ve toplam 13 noktada mikrotremor ölçümleri, BRN istasyonunda 4 profil MASW, 3 Profil özdirenç tomografi ve 18 noktada mikrotremor ölçümleri; MVS istasyonunda

4 profil MASW, 4 Profil özdirenç tomografi ve 14 noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada kuvvetli yer hareketi istasyonlarında yapılan genişletilmiş jeofizik çalışmalara ait değerlendirmeler sunulacaktır.

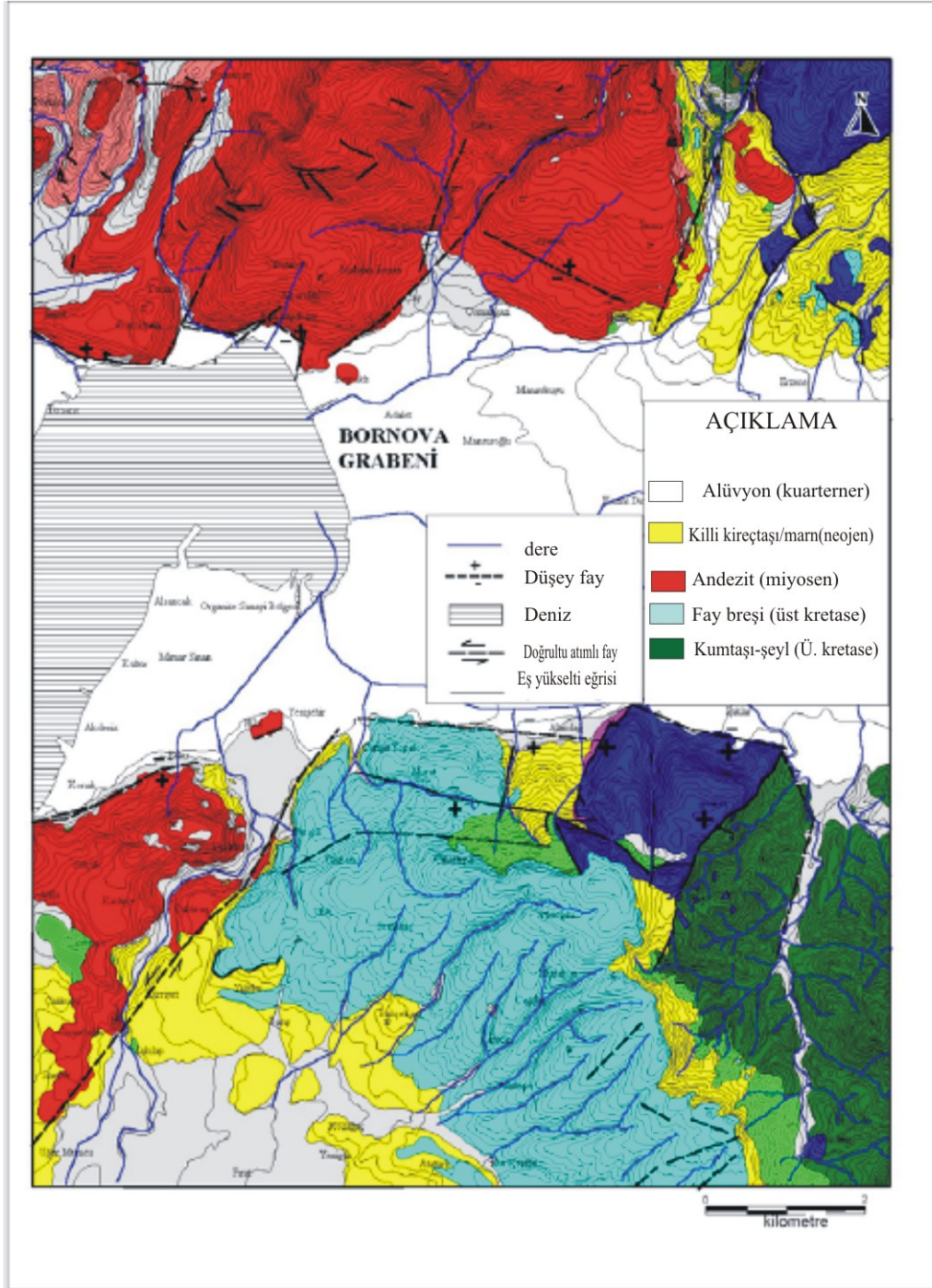
BÖLÜM İKİ

JEOLOJİ

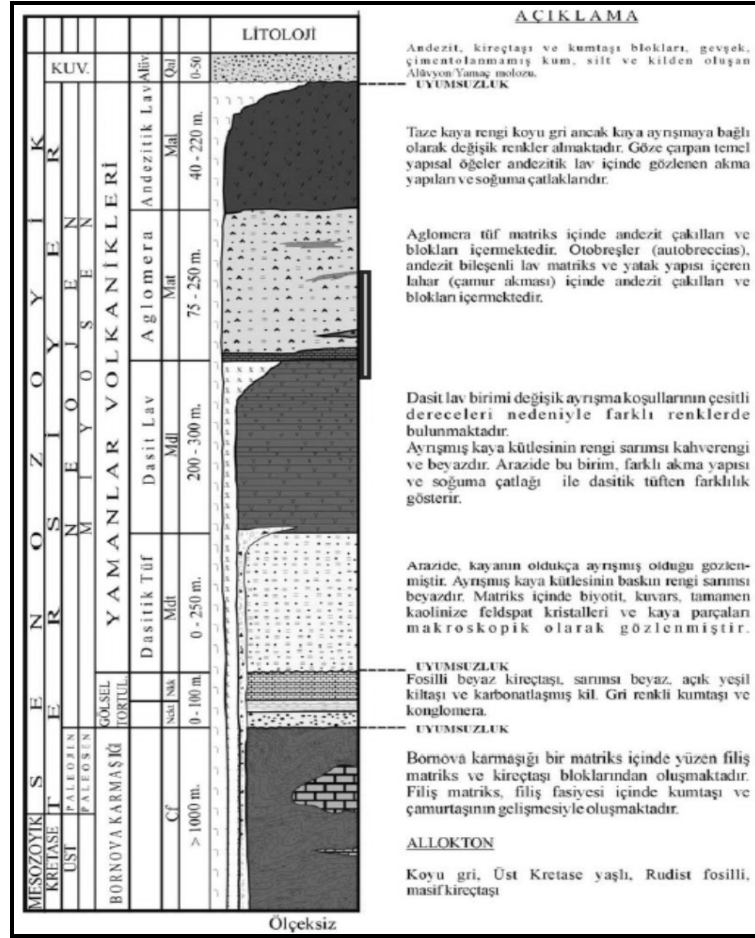
2.1 İzmir ve Yöresinin Genel Jeolojisi

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 İrttem, 1982). Bornova Melanjı (karmaşığı), kumtaşı/şeyl-kalkerli şeyl ar dalanmasından oluşmuş matriks içerisinde yüzen platform türü kireçtaşı ve diyabaz bloklarından ve çakıltaşı mercek/kanal dolgularından meydana gelmiştir (Erdoğan, 1990). Neojen yaşlı göl sel tortullar Bornova Melanjı'nın üzerine açıl sal 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 değışmektedir. Marnlar üzerinde yer alan yamaç molozlarının matriksi silt-kil içerikliyken, çakıltaşlarının üzerinde yer alanların matriksi ince-orta kum boyutuna sahip malzemelerden oluşmaktadır. Yamaç molozları arazi genelinde, topografyanın sekiler oluşturduğu ve eğimin nispeten düşük olduğu alanlarda ve derelerle sınırlı alanlarda gözlenmiştir (Kıncal, 2005) (Şekil 2.2).

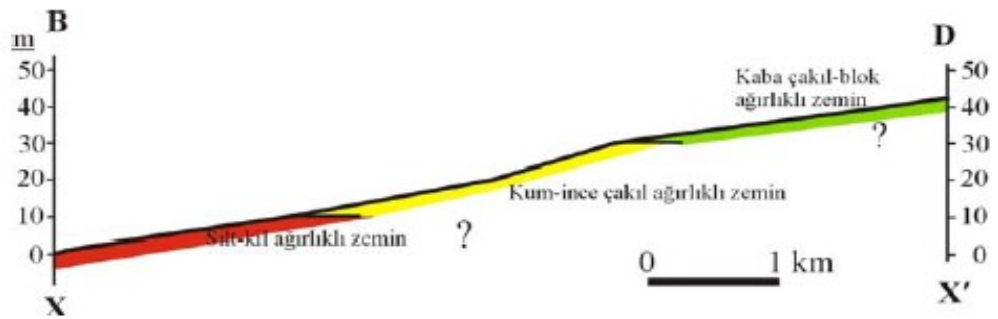
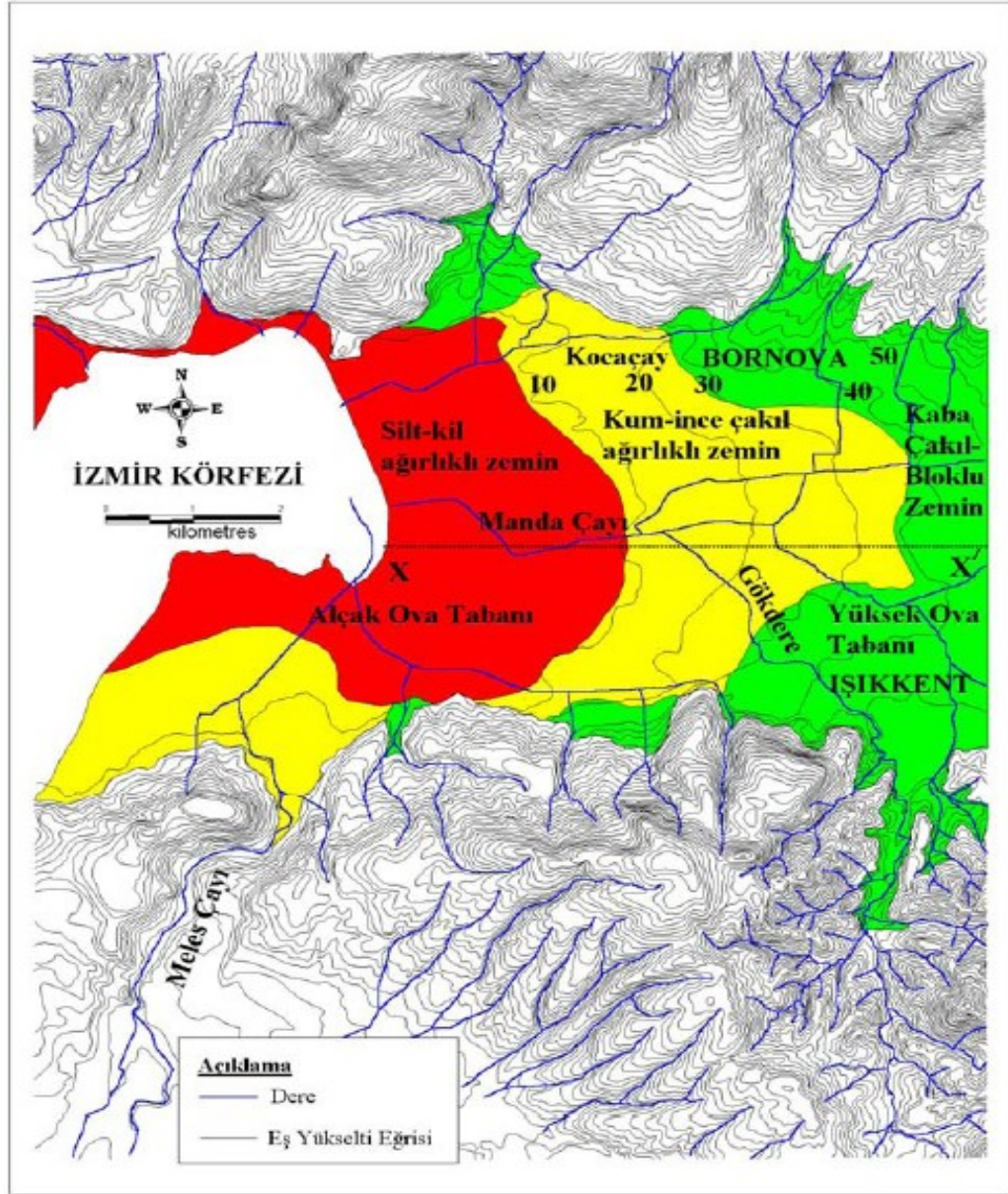


Şekil 2.1 İzmir ve yöresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Kıncal, 2005'den değiştirilmiştir.)



Şekil 2.2 İzmir ve yöresine ait stratigrafik kolon kesit (Koca, 2005)

Temelde aynı karasal dolgular üzerinde gelişmekle birlikte, İzmir Körfezi çevresindeki bugünkü alüvyal düzlükler jeomorfolojik oluşumları bakımından farklılıklar gösterir. İç körfez kıyılarında, güneyde Balçova ve Alsancak, kuzeyde Karşıyaka deltaları dağ derelerinin önünde gelişmiş basit delta düzlükleridir. Buna karşılık Gediz Deltası, Batı Anadolu'nun geniş bir bölümünün sularını toplayan Gediz Irmağı'nın alüvyonları ile şekillenmiş, büyük ve karmaşık bir jeomorfolojik oluşumdur. Doğuda Bornova düzlüğü ise, kıyıdan başlamakla birlikte, tipik bir delta düzlüğü değildir. Bunun nedeni, öncelikle Bornova'dan denize ulaşan büyük bir akarsuyun bulunmamasıdır. Gerçekten, Bornova'ya inen dağ derelerinin su bölümü çizgisi ovaya çok yakındır (Kayan, 2000) (Şekil 2.3).



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 arasında temsil etmektedir; Kınca, 2005)

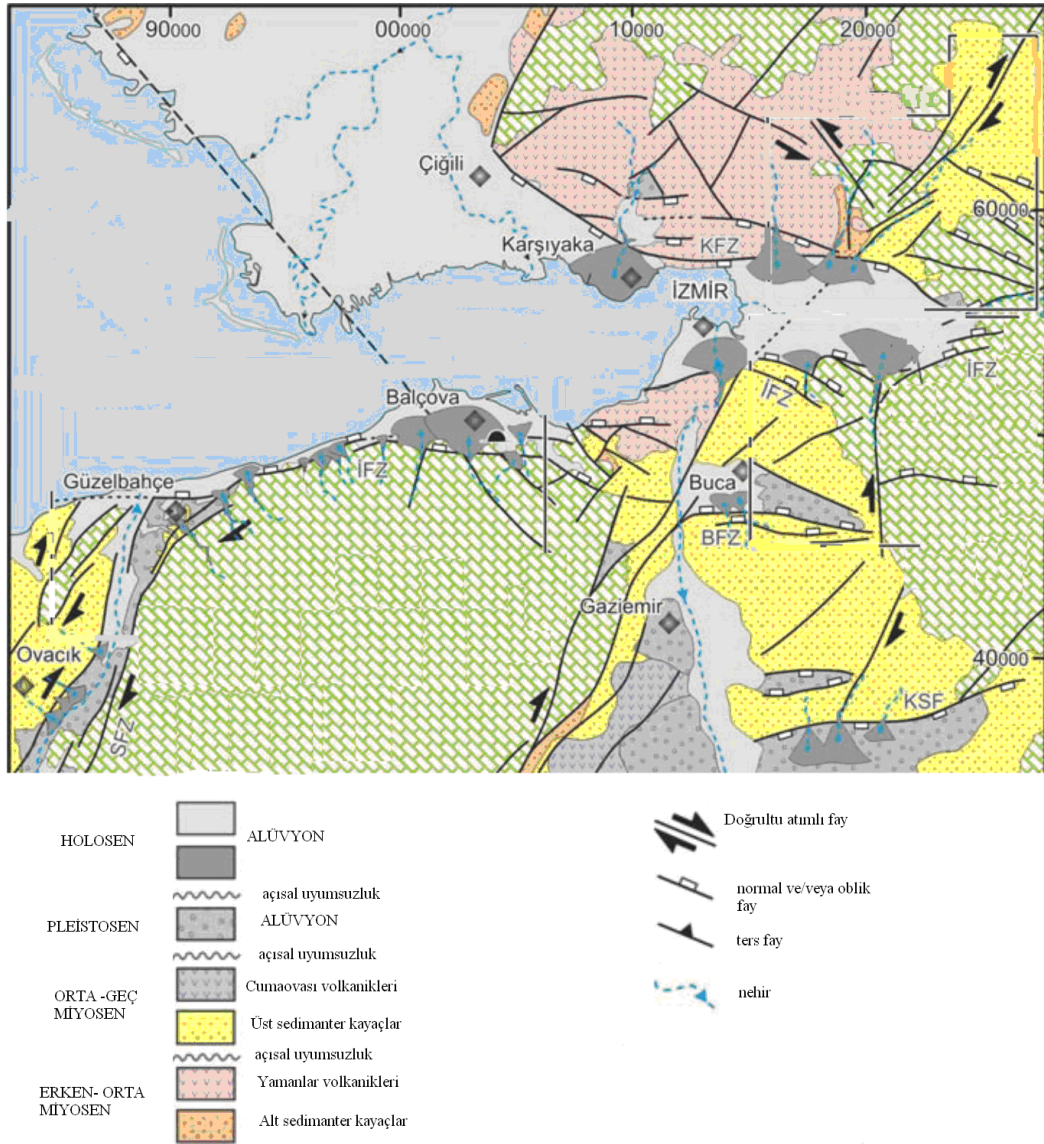
2.2 Aktif Faylar ve Jeolojik Sorunlar

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 incelmeye, 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 konumda 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 ve tektonik sistemler denetiminde harekete geçme potansiyelinin daha önceden bilinenin aksine, sanılandan daha fazla olduğu anlaşılmıştır (Ocakoğlu ve diğ.; 2004, 2005).

BÖLÜM ÜÇ

KURAMSAL BİLGİLER

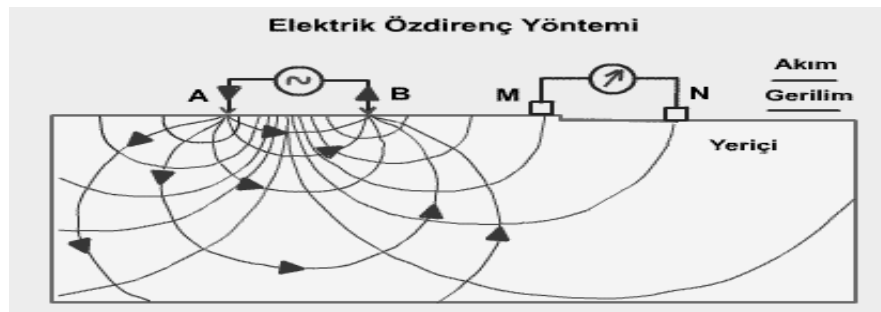
3.1 Uygulamalı Jeofizik Yöntemler

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

3.1.1 Elektrik Özdirenç Yöntemi

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

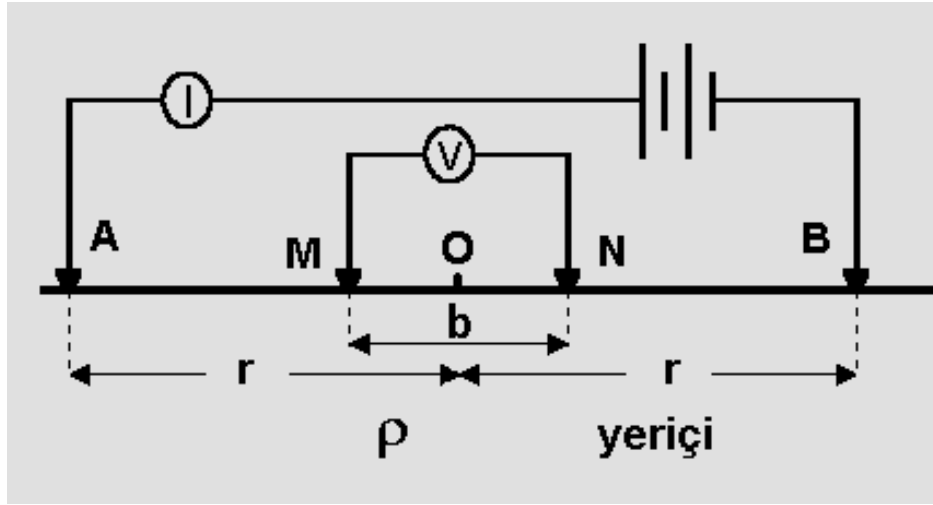
Yeryüzündeki diğer iki noktada yerleştirilen iki elektrot yardımı ile de yer içinde oluşan gerilim farkı ölçülür. Şekil 3.1'de akım elektrotlarından uygulanan akım çizgileri dağılımı ve bunun sonucu oluşan elektriksel gerilim (elektriksel potansiyel) çizgilerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.1 Akım (A ve B) ve gerilim (M ve N) elektrotları ile arazideki 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 atanırlar. 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)

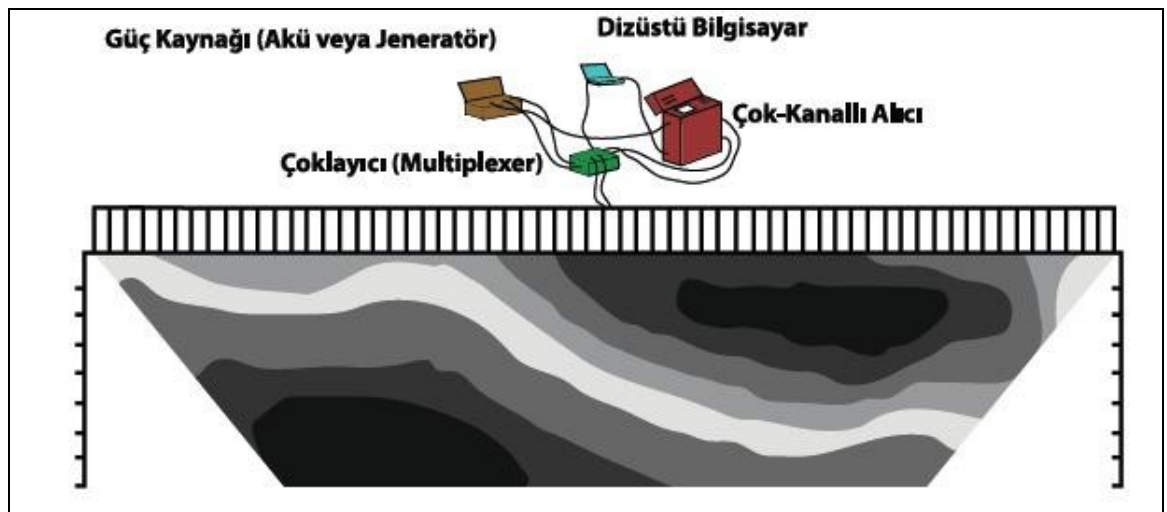
Çok elektrotlu öz direnç yöntemi, eşit aralıklı (örneğin 5 m) olarak ve bir hat boyunca çakılmış elektrotlar ile bunların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) kablodan oluşmaktadır. Elektrot sayısı, yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamına göre farklı olabilir. Üreticiler genel olarak 28, 56, 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, kablunun 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 mikrotremörlerin periyot dağılım eğrileri büyük ölçüde yerin ilk katmanının özelliklerinin etkisinde kalmaktadır. Titreşimci 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 ya da 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 mikrotremörlerin yatay spektrumlarının düşey spektrumlarına oranlanmasıyla bölgesel yer etkilerinin hesaplanabildiğini göstermiştir (Mirzaoğlu 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 (S_R) 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 mikrotremör 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 mikrotremörlerin 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.

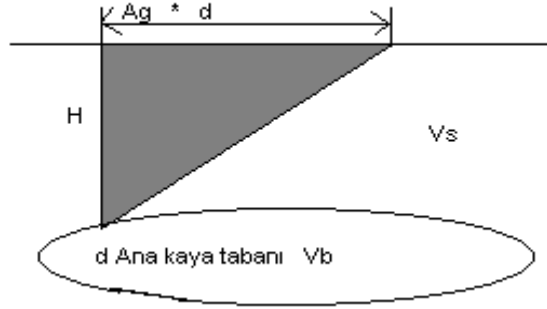
Yere ait bu fiziksel özelliklerin saptanması ile daha iyi tanınan bir yer üzerine yerin yapısına uygun daha doğru, sağlam ve daha dayanıklı yapılar yapmak mümkün olacaktır.

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 denkleminde ($\gamma = A_g d / h$) e % olarak tanımlanır. Ve $e = 60\%$ ve $C_b = 600$ 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 (National Earthquake Hazard Reduction Programme) 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	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50 \text{ m}$ 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....		----	>1000	>1000
	2.Çok sıkı kum, çakıl....	>50	85-100	----	>700
	3.Sert kil ve siltli kil....	<32	----	>400	>700
(B)	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	----	----	500-1000	700-1000
		30-50	65-85	1000	400-700
	2.Sıkı kum, çakıl....	16-32	----	----	300-700
(C)	3.Çok katı kil ve siltli kil....			200-400	
	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar....	----	----	<500	400-700
		10-30	35-65	----	200-400
(D)	2.Orta sıkı kum, çakıl....	8-16	----	100-	200-300
	3.Katı kil ve siltli kil....			200	
	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları....	----	----	----	<200
	<10	<35	----	<200	
	<8	----	<100	<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 V_{s30} ortalama değerlerine göre, A ile F sınıfı arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. NEHRP'e göre en yüksek kalitedeki A tipi zemin, V_{s30} hızı 1500 m/sn veya daha yüksek olan, en düşük kalitedeki E tipi zemin, V_{s30} hızı 180 m/sn veya daha düşük olan zeminler olarak tanımlanmıştır. F sınıfı zeminler ise kalınlığı 36 metreden daha fazla ve düşük V_s (< 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 V_{s30} ortalama değerlerine göre sınıflandırılmaktadır.

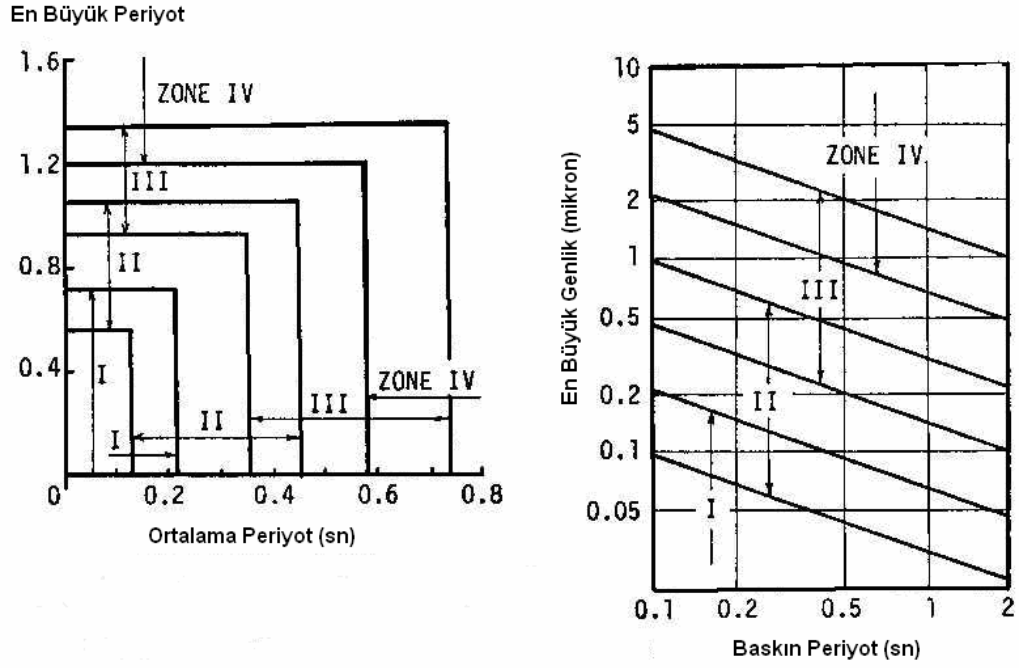
Tablo 3.5 Eurocode 8'e göre zemin sınıflama kriterleri.

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 büyütmelerine göre zemin sınıflamaları Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Dört Zemin sınıfı için, En Büyük periyod - Ortalama periyod ve En büyük Genlik Hakim Periyod 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 yanlış 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 çözümlenme 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 ayrımlı 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, Vs) 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 Vs hız profiline 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.

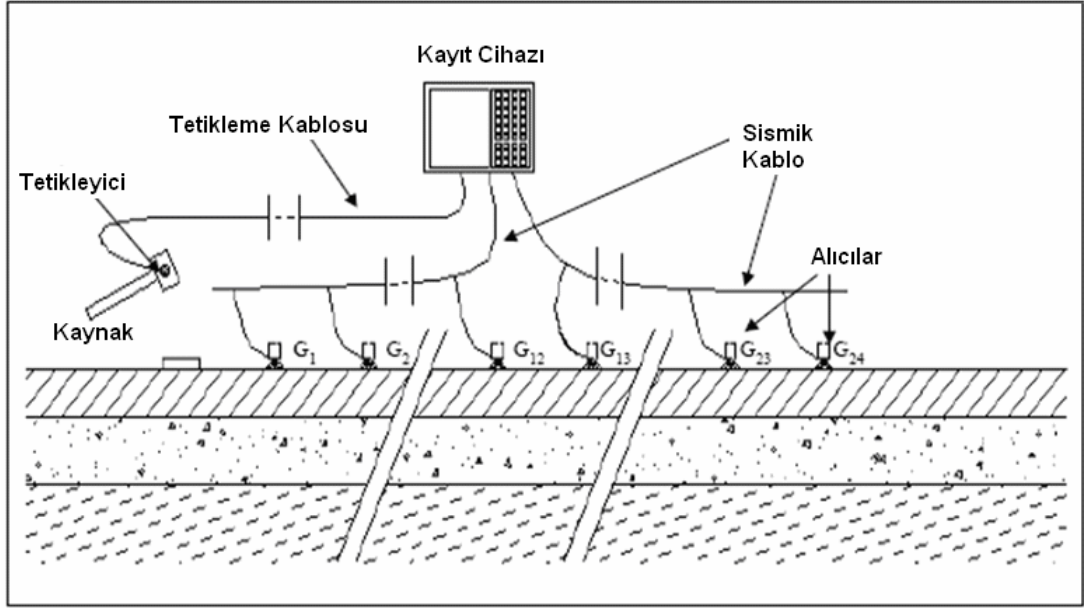
3.1.3.2 Yöntemin Arazide Uygulanması

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 profile serim yapılır. MASW yöntemi uygulanırken ihtiyacımız olan ekipman aşağıda yazılmıştır;

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

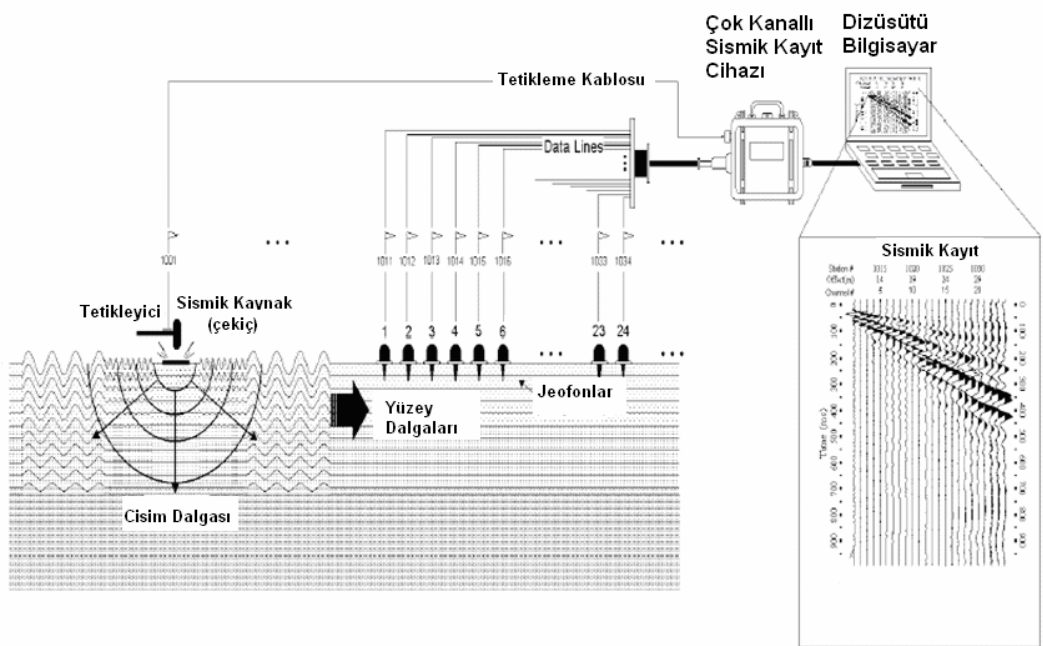
Temel olarak arazi ekipmanı yukarıdaki gibi sıralanabilir. Jeofon seti kayıtçının özelliğine göre 12, 24 veya 48 jeofondan oluşabilir. Kayıtçı bilgisayar düzenekli bir kayıtçı olabilir ya da arazide dizüstü bilgisayara bağlanabilen bir sismik kayıtçı ile yöntem uygulanabilir. Serim kablosu jeofonların 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.



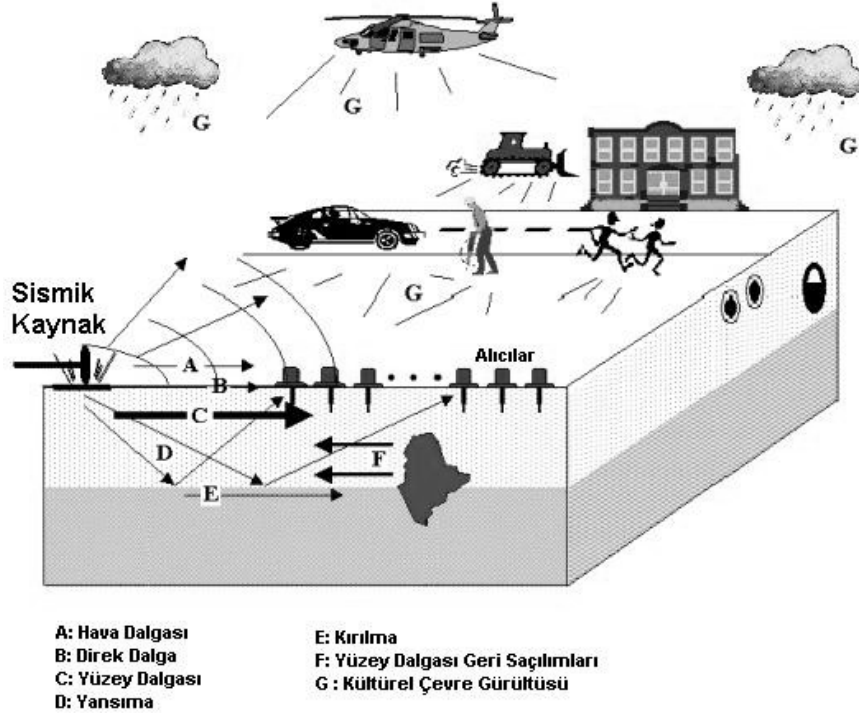
Şekil 3.7 MASW veri toplama şeması.

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



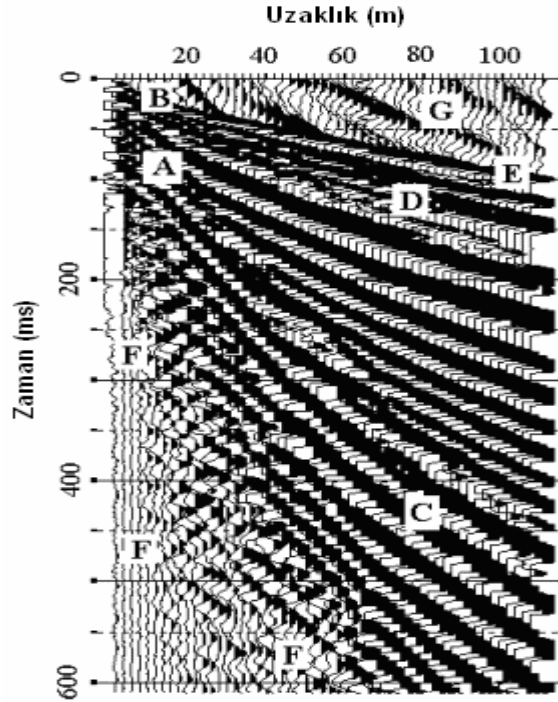
Şekil 3.8 Jeofonların arazideki konumu ve uygulama şeması.

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

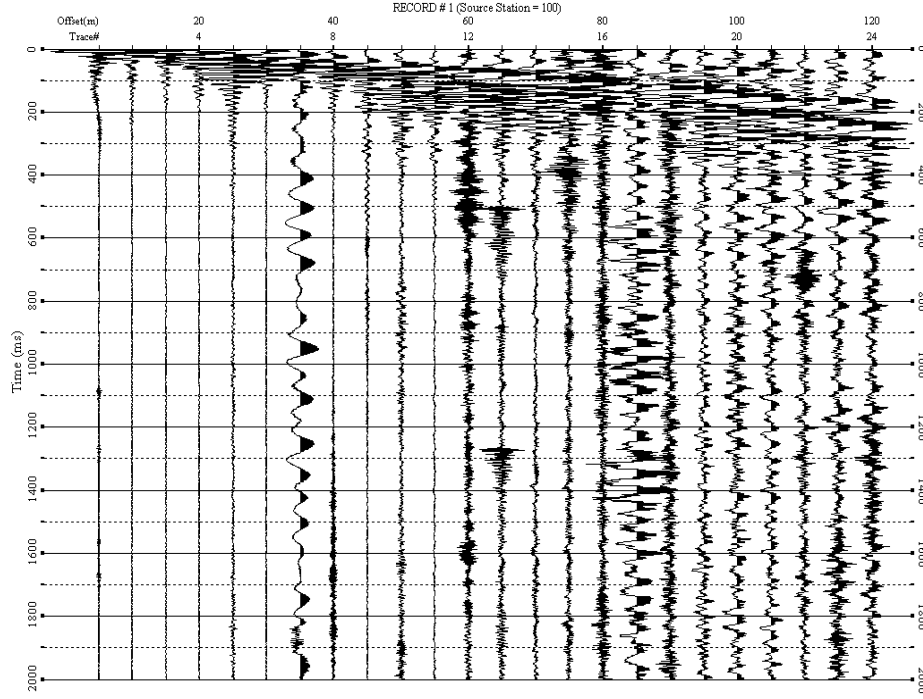


Şekil 3.9 MASW tekniğinin arazide uygulanması.

(<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/Mikrobolgelem.Dokuman.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 (Buttkus, 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 yığılma, 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.

3.2.3.3.1 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):

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

-VR Uniform ortam içinde Rayleigh dalgası hızı

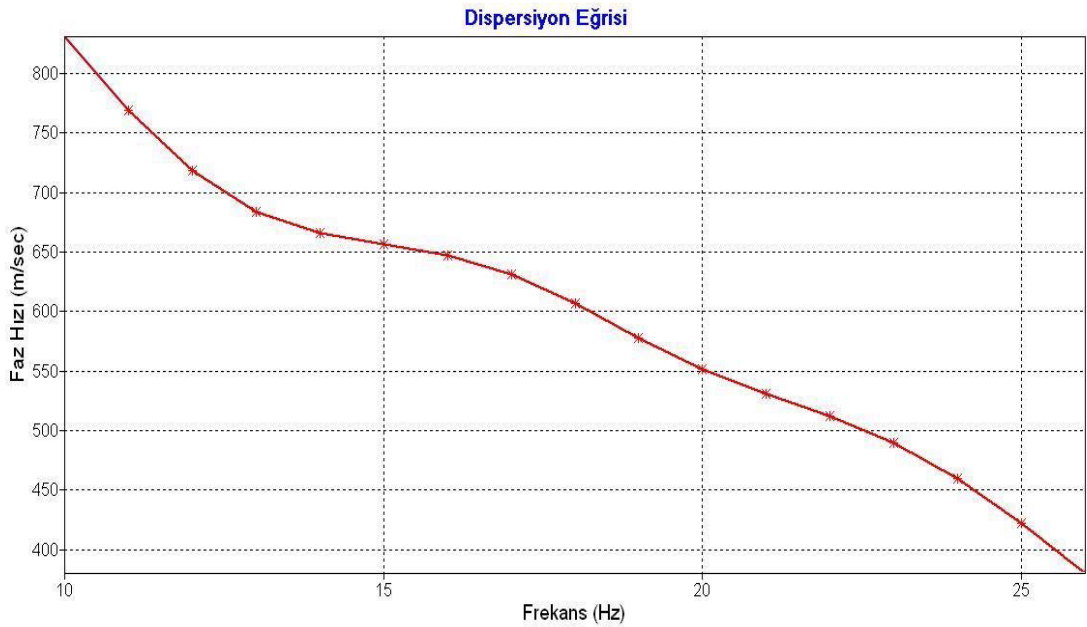
-Vs Uniform ortam içinde kayma dalgası hızı

-Vp Uniform ortam içinde sıkışma dalgası hızıdır.

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

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

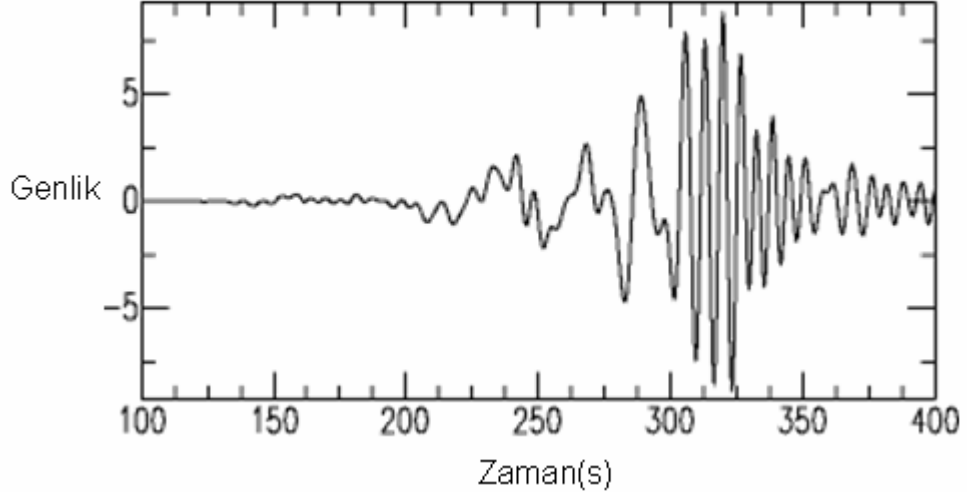
formülü ile de hesaplanabilir. (Viktorov, 1967). Burada ν poisson oranıdır. Bu aşamalardan sonra dispersiyon eğrisi elde edilir(Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Tüm işlemlerden sonra elde edilen dispersiyon eğrisi.

3.2.3.3.2 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 3.12 Missouri'de (Gulf kıyısı yakınları, Alabama) kaydedilmiş, depremin yarattığı dispersif Rayleigh dalgası (<http://eqseis.geosc.psu.edu>, 2006).

3.2.3.3.3 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, ... v^h) ve sınır şartları düşünüldüğünde belirli harmonik bileşenlerinin geometrik uyumu ile denetlenebilir.

BÖLÜM DÖRT

ARAZİ ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR

4.1 Giriş

Bina tasarımında, özellikle binanın yüksekliği, atılacak temel veya kaç katlı yapılacağı hususunda, zemin hakim titreşim periyodu, binanın deprem anında rezonans etkisi altında kalmaması için önemli ve gerekli bir parametredir. Zemin periyoduyla aynı periyottaki yapı deprem anında rezonans etkisi ile daha fazla salınmaktadır. Zemin hakim titreşim periyodunu elde etmek için uygulamalı jeofizik yöntemleri kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan sismik kırılma yöntemi ile S dalgası kaydı alınıp ampirik bağıntılarla elde etme yöntemidir. Bu yöntem ek olarak Mikrotremor ve MASW yöntemleri de zemin hakim titreşim periyodunun saptanmasında kullanılan diğer yöntemlerdir.

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.

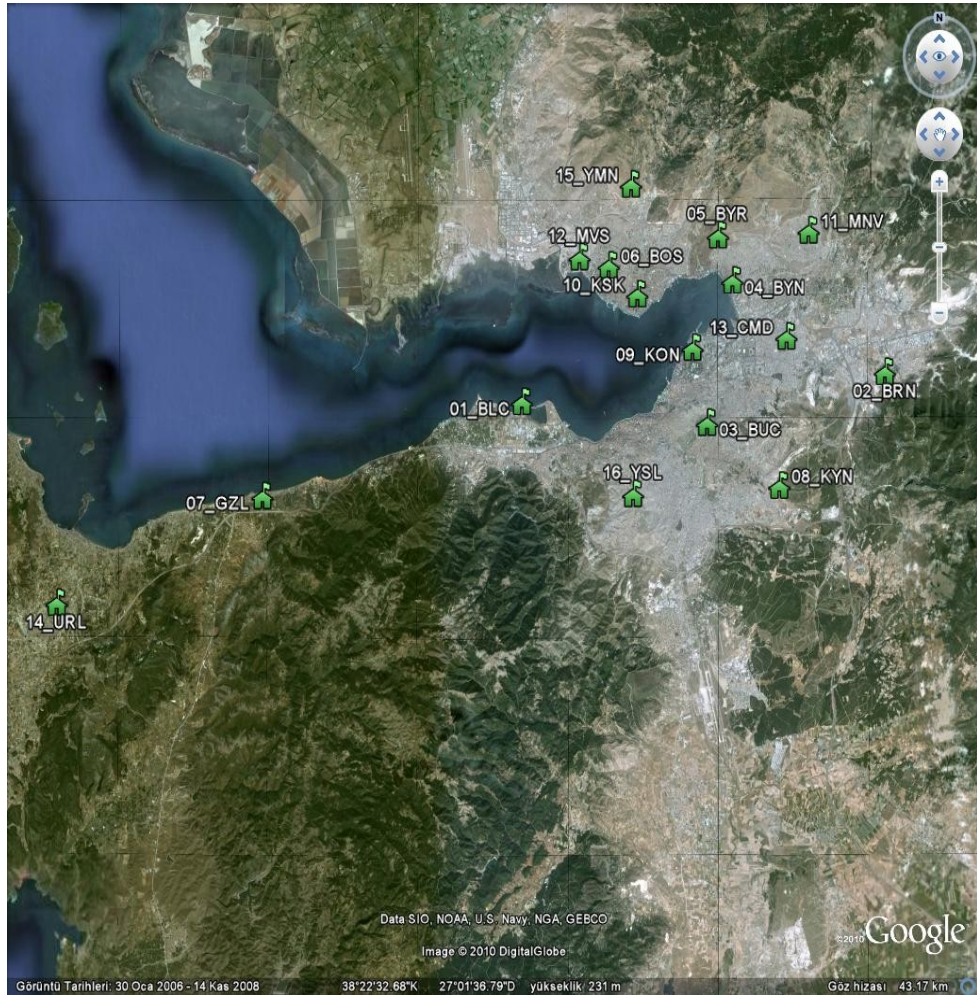
İzmir Metropol Alanını kapsayacak şekilde yerleştirilen kuvvetli yer hareketi istasyonlarının konumlarında zemin özelliklerini tanımlamaya yönelik jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarla istasyon zeminlerinin özellikleri saptanmıştır.

Tez çalışmasında, Mikrotremor ve MASW yöntemleri uygulanarak zemin hakim titreşim periyotları ve zemin büyütme saptanmış ve aralarındaki uyum incelenmiştir. Masw yöntemi ile Vs hız dağılımlarının derinlikle değişimi incelenmiş ve 30 m derinliğe kadar ortalama kayma dalga hızları elde edilmiştir.

Yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirlemek için Elektrik yöntemlerden, Özdirenç tomografi yöntemi ile Düşey Elektrik Sondaj (DES) yöntemi uygulamaları

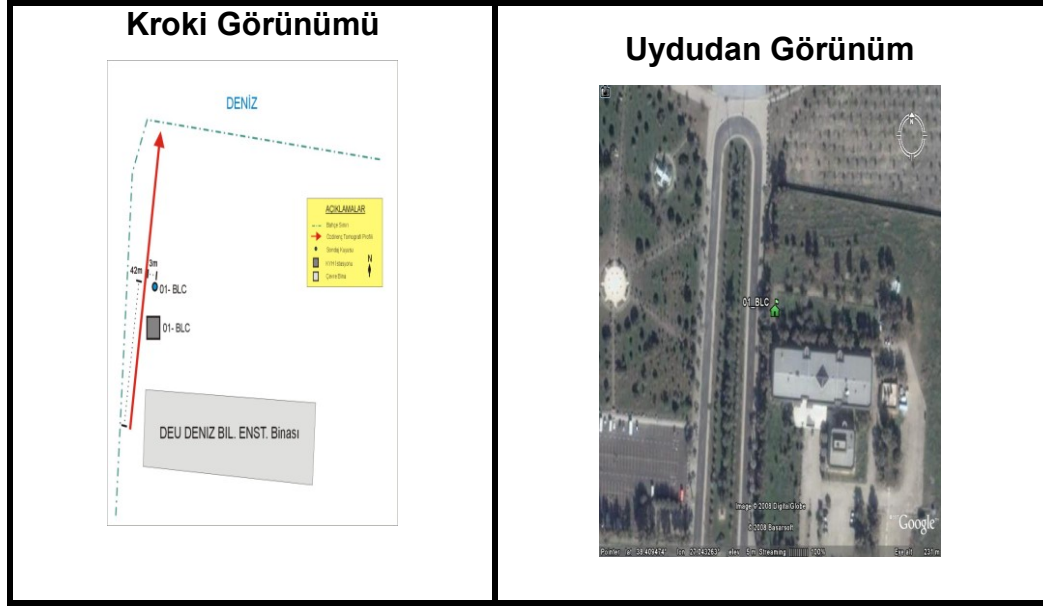
yapılmıştır. Ayrıca her istasyonda sondaj kuyusu açılarak ortamın jeolojisi hakkında daha detaylı bilgi edinilmiştir.

Bu izlençe kapsamında İzmir ili sınırları içine konumlandırılan 16 kuvvetli yer hareketi istasyonlarının yerleştirildiği noktalarda (Şekil 4.1) toplam 16 adet Mikrotremor, 15 adet Masw, 16 adet öz direnç tomografi ve 16 adet DES uygulaması yapılmıştır. Buna ek olarak her istasyonda bir adet olmak üzere 16 sondaj kuyusu açılmıştır.



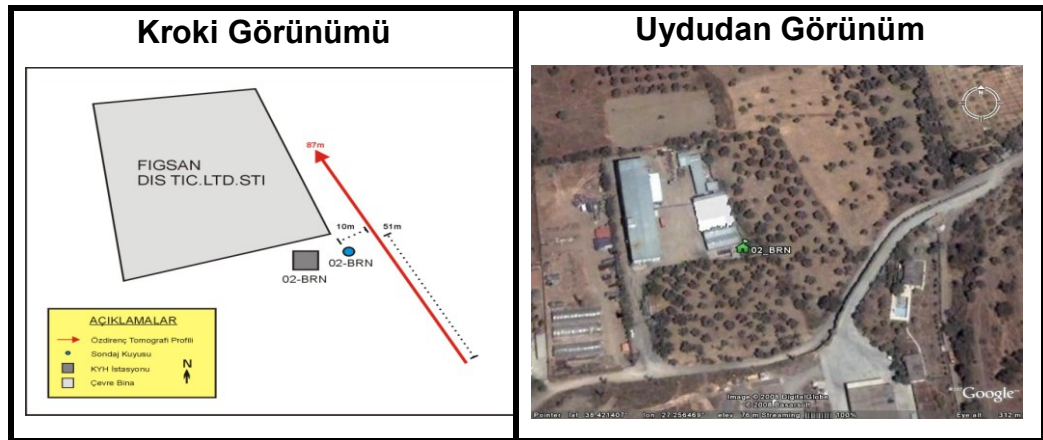
Şekil 4.1 İzmir kuvvetli yer hareketi istasyonları uydu fotoğrafı.

Bu doğrultuda seçilen istasyonların konumları kroki ve uydu görüntüleri Şekil 4.2’de Balçova istasyonu için oluşturulan örnekte olduğu gibi diğer istasyonlar da ifade edilmiştir. Buna göre 01_BLC istasyonu Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü içerisinde 503964-4251438 UTM koordinatlarında bulunmaktadır.



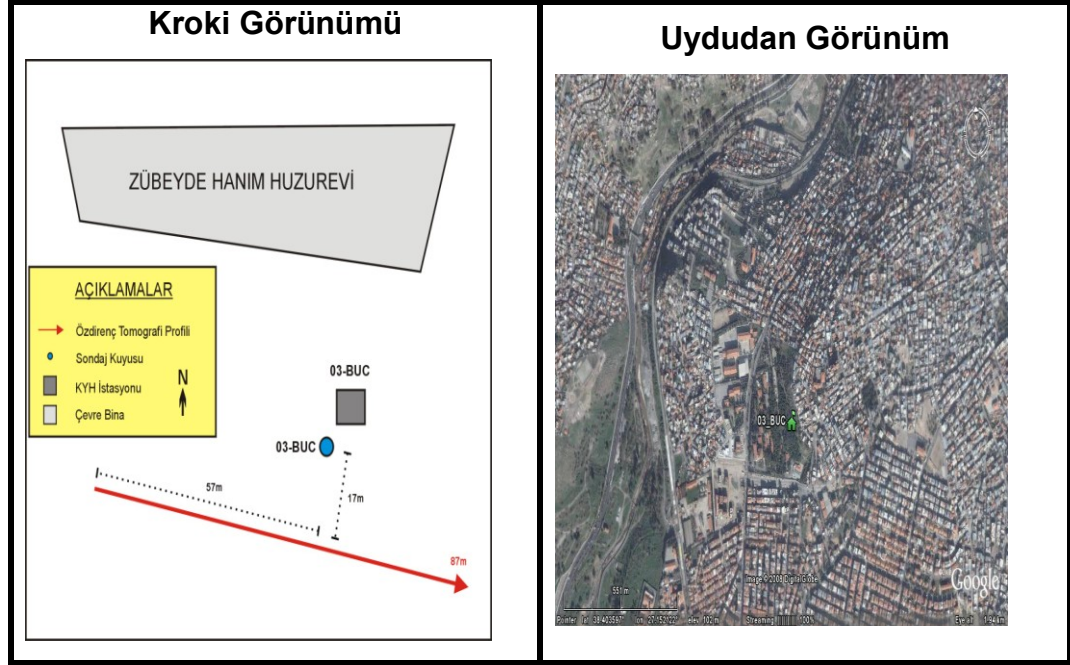
Şekil 4.2 Balçova istasyonu krokisi ve uydudan görüntüsü

Pınarbaşı mezarlığının arkasındaki Figsan Dış Ticaret LTD ŞTİ. Tesisleri yanında bulunan Bornova istasyonu (02_RBN) 522409-4252819 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.3).



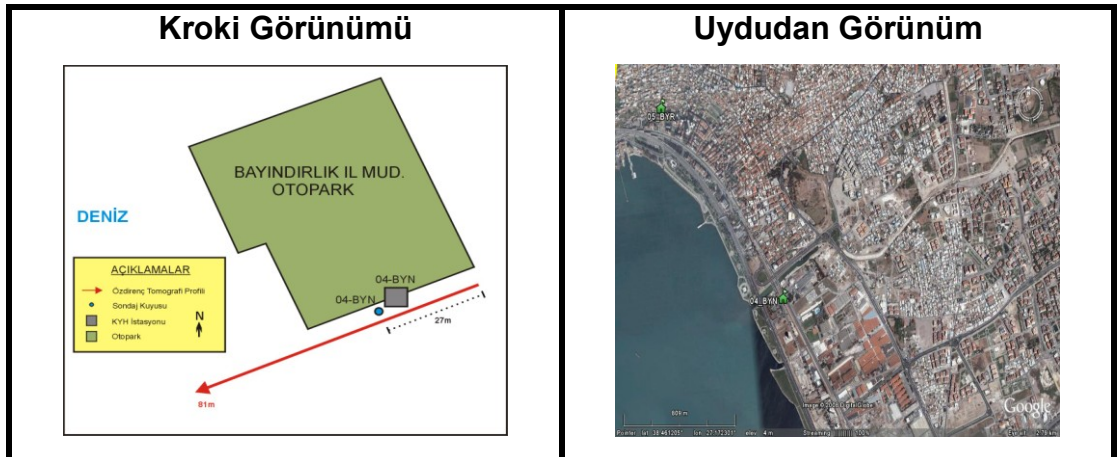
Şekil 4.3 Bornova istasyonu krokisi ve uydudan görünüm

İzmir'in Buca ilçesinde Zübeyde Hanım Huzurevi bahçesi içerisinde 513253-4250492 UTM koordinatlarında Buca istasyonu (03_BUC) yer almaktadır (Şekil 4.4).



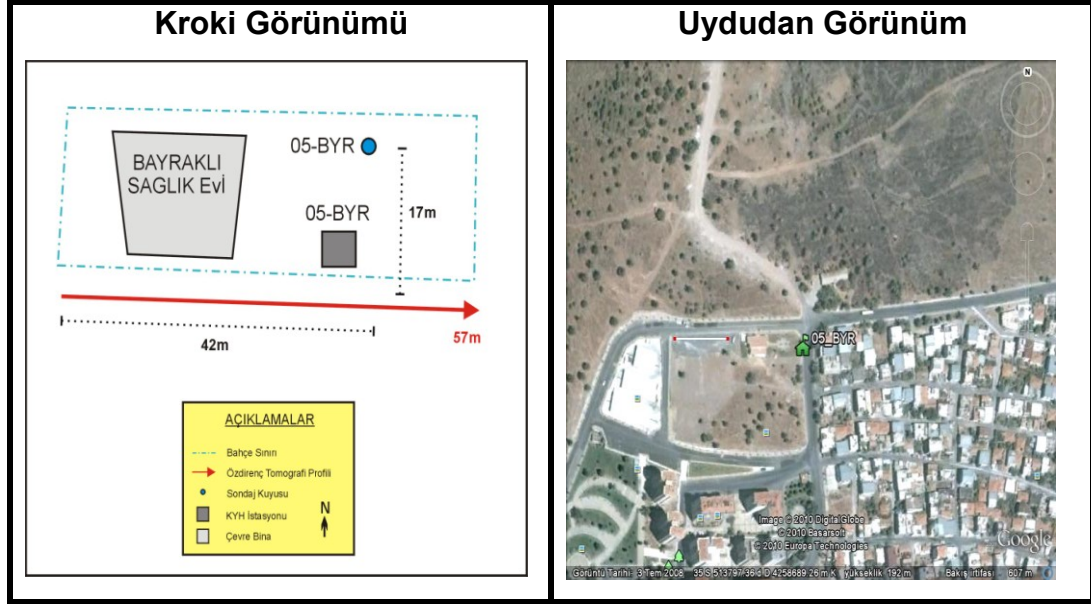
Şekil 4.4 Buca istasyonunu gösteren kroki ve uydudan genel görünümü

04_BYN koduyla tanımlanan kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu 514618-4256874 UTM koordinatlarında Bayındırlık İl Müdürlüğü binasının bulunduğu alan içerisinde (Şekil 4.5).



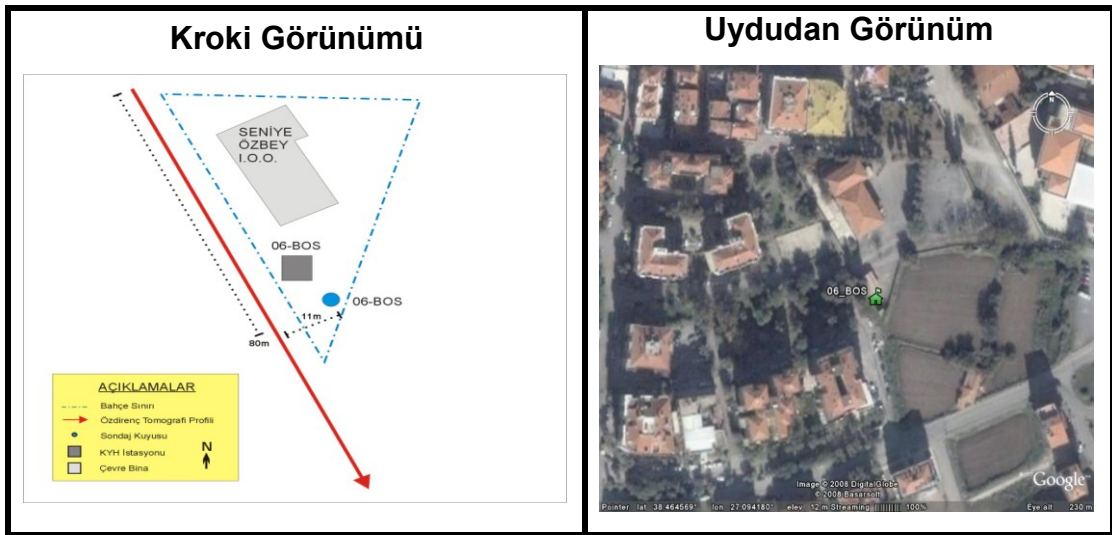
Şekil 4.5 Bayındırlık istasyonu kroki ve uydu görünümü

Şekil 4.6 ile gösterilen Bayraklı deprem istasyonu Bayraklı Sağlık Evi kamu binası arazisi içinde 513753-4258846 UTM koordinatlarında yerleştirilmiştir.



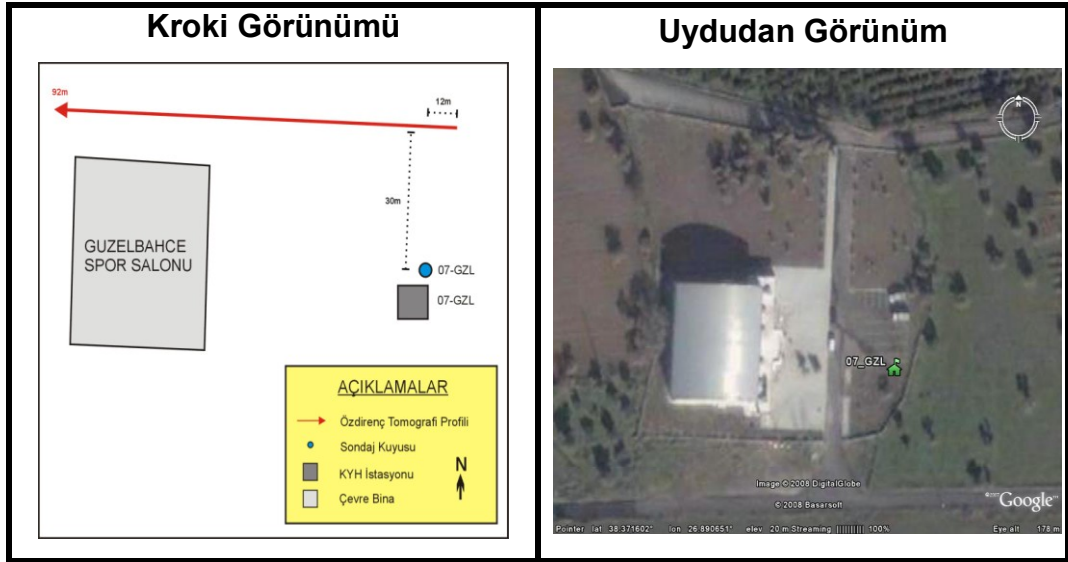
Şekil 4.6 Bayraklı istasyonu kroki ve uydu görünümü

Bostanlı deprem istasyonu (06_BOS), Seniye Özbey İlköğretim Okulu arazisi içerisinde 508314-4257610 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil.4.7).



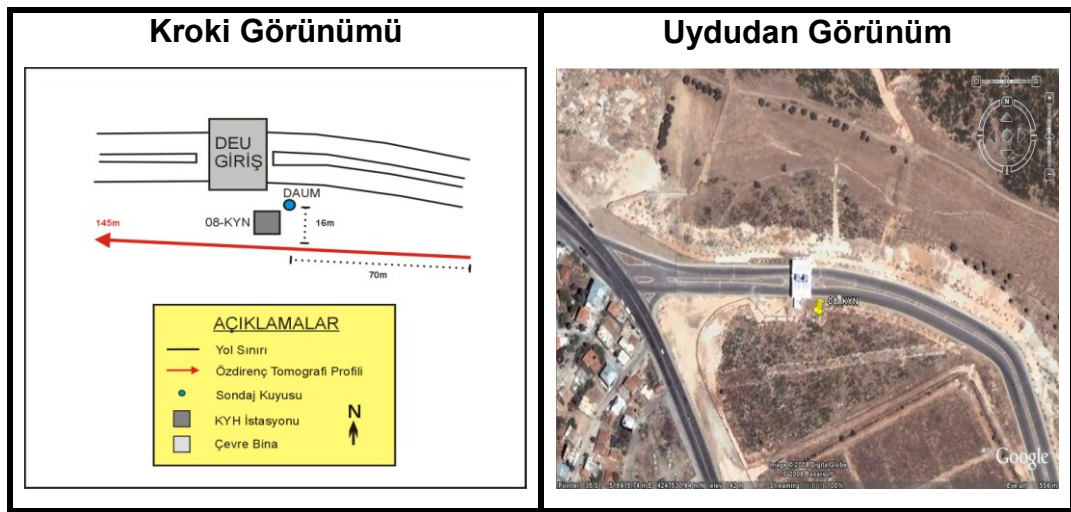
Şekil 4.7 Bostanlı istasyonu kroki ve uydu görünümü

Güzelbahçe Kapalı Spor Salonu arazisi içerisinde bulunan Güzelbahçe kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (07_GZL) 490449-4247276 UTM koordinatlarında yer almaktadır (şekil 4.8).



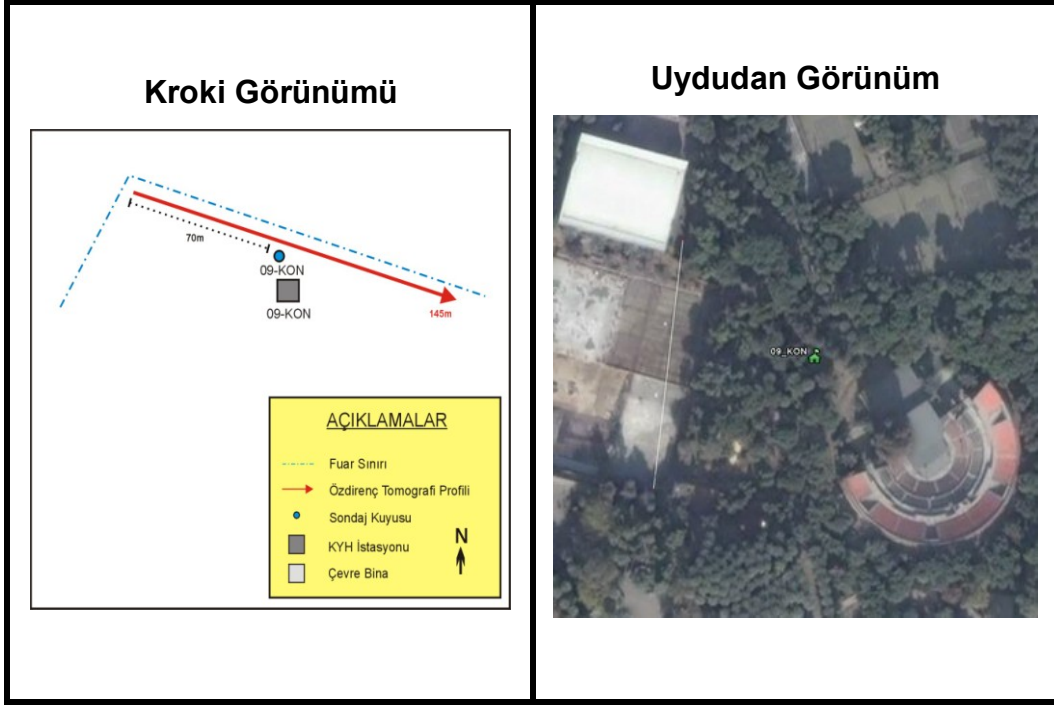
Şekil 4.8 Güzelbahçe istasyonu kroki ve uydu görünümü

Kaynaklar istasyonu (08_KYN), Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe yerleşkesi alanında batı kapısı yakınında 516922-4247502 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.9).



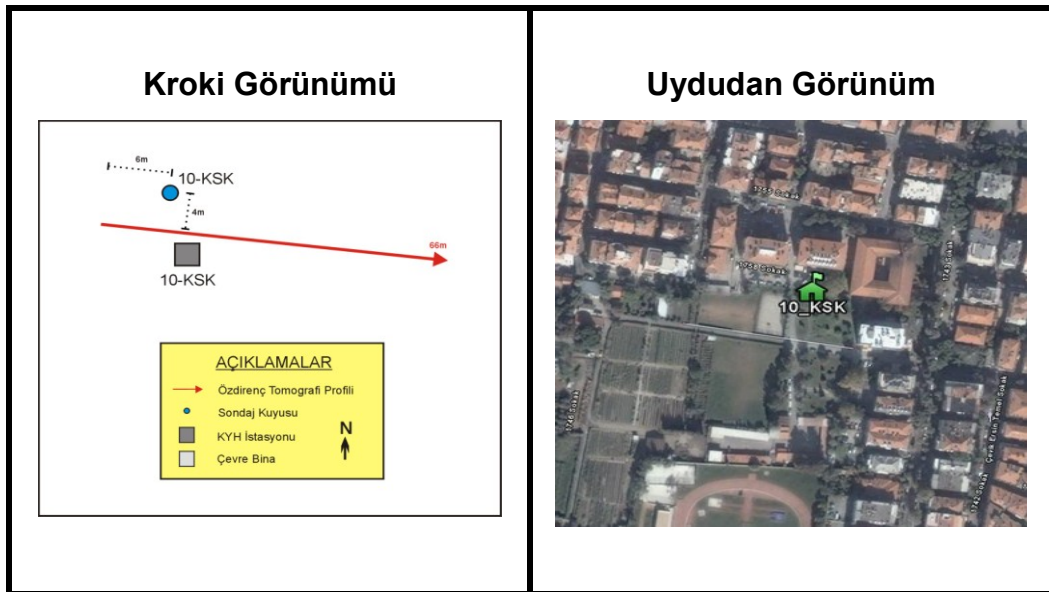
Şekil 4.9 Kaynaklar istasyonu kroki ve uydu görünümü

İzmir fuar alanı içinde yer alan Konak deprem istasyonu (09_KON) UTM koordinat sistemine göre 512874-4253697 koordinatları ile gösterilmektedir (Şekil 4.10).



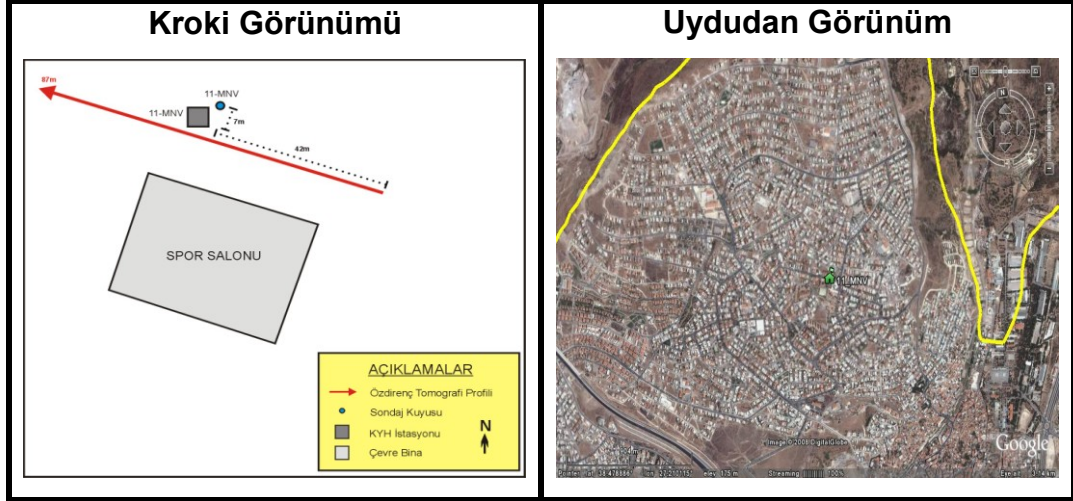
Şekil 4.10 Konak istasyonu kroki ve uydu görünümü

10_KSK diye isimlendirilen Karşıyaka istasyonu, Orman Müdürlüğü bahçe alanı içerisinde 509699-4256277 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.11).



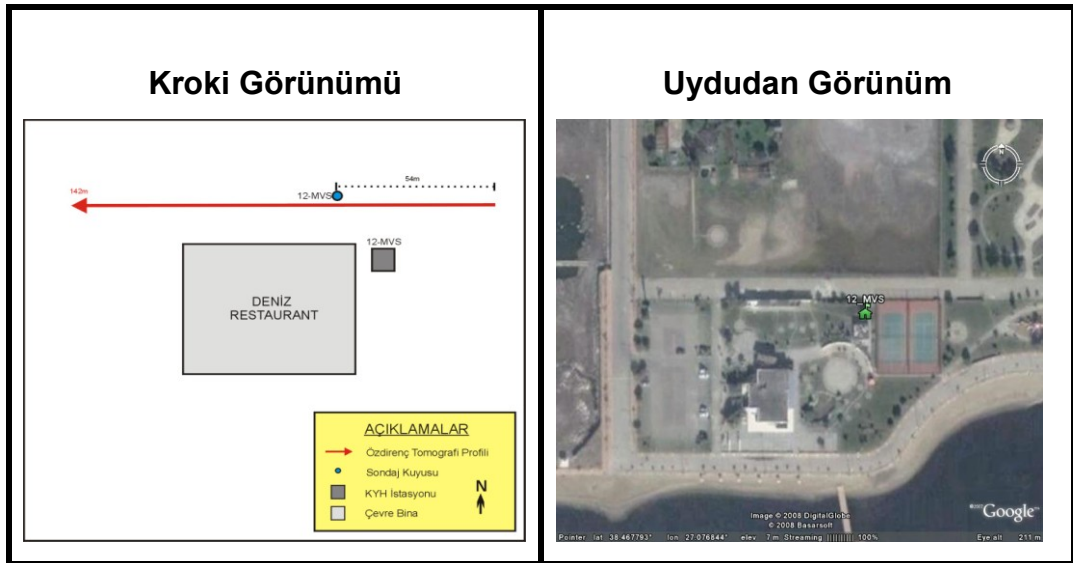
Şekil 4.11 Karşıyaka istasyonu kroki ve uydu görünümü

Manavkuyu istasyonu, Manavkuyu Atatürk Mahallesi'ndeki Mehmet Akif Ersoy Halk Kütüphanesi arka bahçesine yerleştirilmiştir. İstasyon 518412-4259046 UTM koordinatlarıyla verilmektedir (Şekil 4.12).



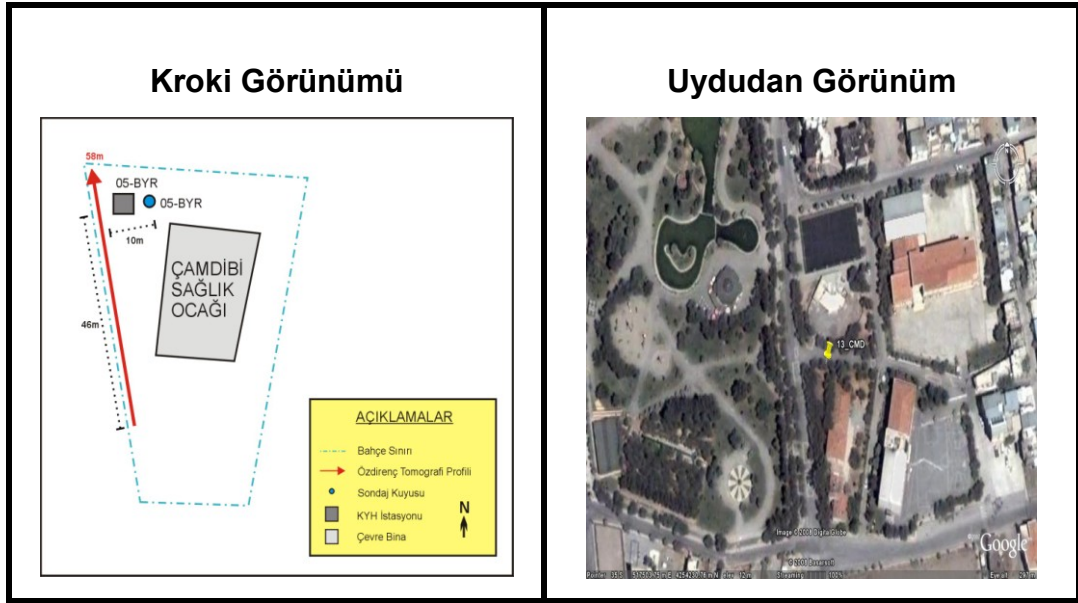
Şekil 4.12 Manavkuyu istasyonu kroki ve uydu görünümü

Mavişehir'e kurulan kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (12_MVS), Denizkent Restorant bahçesinde olup 506745-4257958 UTM koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 4.13) .



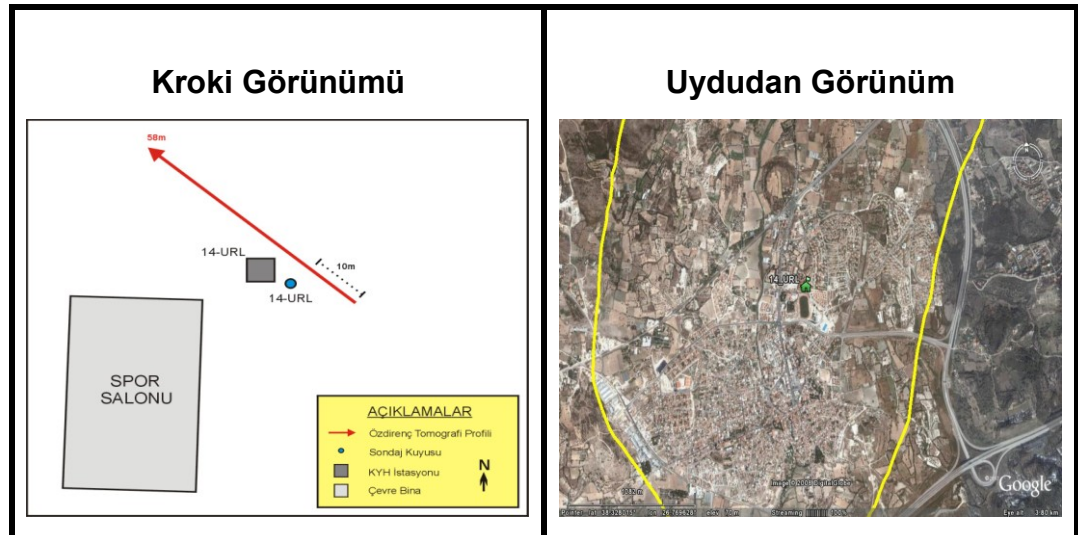
Şekil 4.13 Mavişehir istasyonu kroki ve uydu görünümü

Çamdibi Kuvvetli Yer Hareketi Deprem istasyonu (13_CMD), Çamdibi semti aile Sağlık Ocağı arazisinde yer almaktadır. UTM koordinatları boylam 517398 ve enlem 4254367 istasyonun bulunduğu yeri ifade etmektedir (Şekil 4.14) .



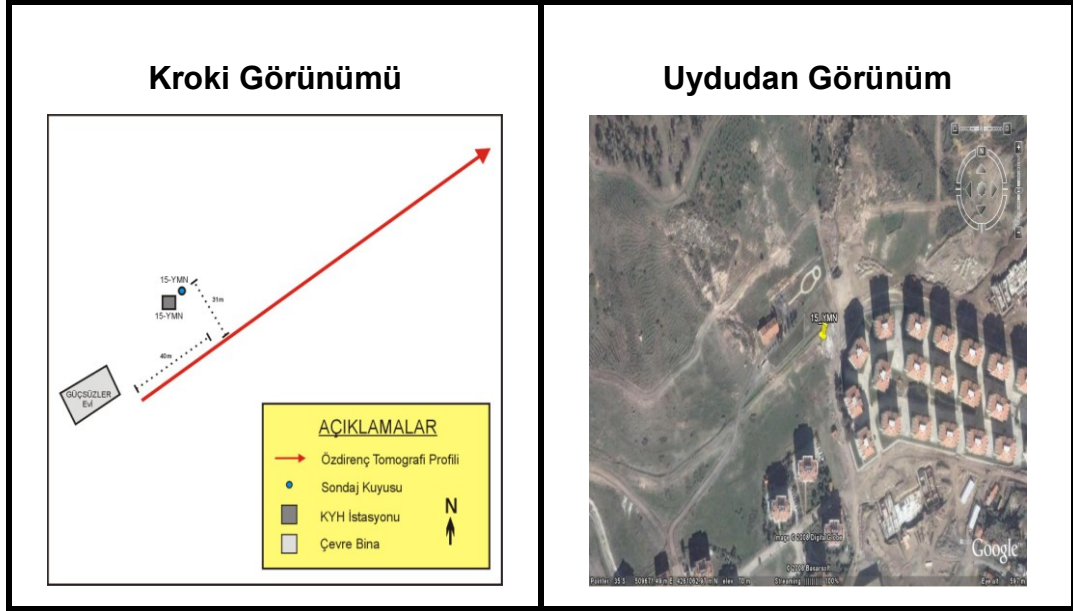
Şekil 4.14 Çamdibi istasyonu kroki ve uydu görünümü

Urla kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (14_URL), 479905-4242502 UTM koordinatlarında semt kapalı spor salonu arazisine yerleştirilmiştir (Şekil 4.15) .



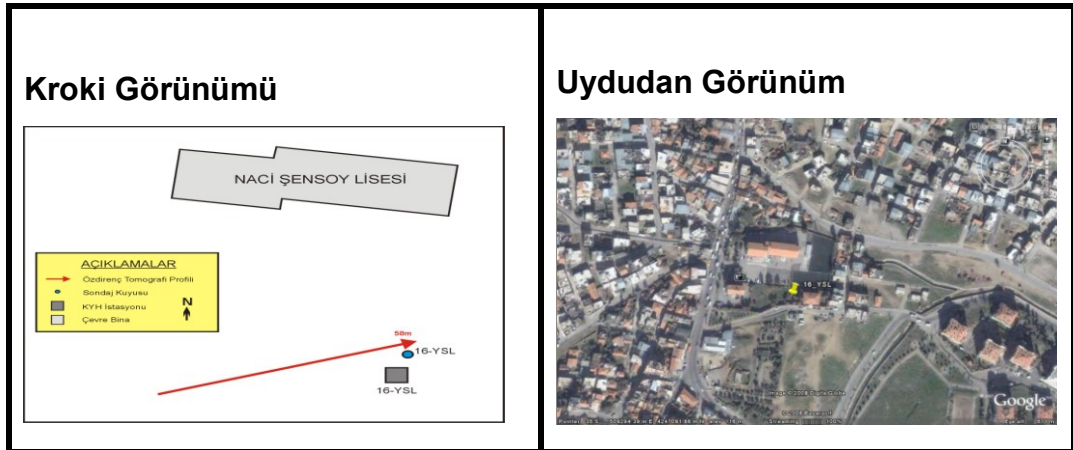
Şekil 4.15 Urla istasyonu kroki ve uydu görünümü

Yamanlar kuvvetli yer hareketi deprem istasyonu (15_YMN), Müyesser Turfan Güçsüzler Evi arazisi içerisinde, 509414-4261069 UTM koordinatlarında konumlandırılmıştır (şekil 4.16) .



Şekil 4.16 Yamanlar istasyonu kroki ve uydu görünümü

Yeşilyurt Naci Şensoy Lisesi arazisi içerisine 509492-4247314 UTM koordinatları ile gösterilen nokta üzerine 16_YSL kodu ile tanımlanan KYH deprem istasyonu yerleştirilmiştir (şekil 4.17) .



Şekil 4.17 Yeşilyurt istasyonu kroki ve uydu görünümü

4.2 Zemin Sondajı Çalışmaları

İzmir Metropol alanı içindeki 16 kuvvetli yer hareketi istasyon zeminlerinin jeolojik özelliklerini yansıtacak her istasyonda bir adet olmak üzere toplam 16 sondaj çalışması yapılmıştır.

4.2.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

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).

4.2.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)

0 – 0,5 metre arası bitkisel toprak, 0,5 – 1 metre arası çakıllı kil, 1 – 3 metre arası çakıllı siltli kil mevcuttur. 3 metreden 6 metreye kadar çakıllı kil, 6 – 12 m arası çakıl ve 12 metreden kuyu sonu olan 20 metreye kadar killi çakıl tespit edilmiştir.

4.2.3 Buca İstasyonu (03_BUC)

Sondaj raporuna göre zeminde; 0 – 0,5 m arası bitkisel toprak, 0,5 – 27,5 m arası kıltaşı, 27,5 – 28,3 m arası killi kireçtaşı (krem renkli) ve 28,3 metreden kuyu sonu olan 30 metreye kadar kıltaşı gözlenmiştir.

4.2.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN)

Açılan sondaj kuyusundan elde edilen bilgilere göre; zeminin 0 - 0,3 m arası bitkisel toprak, 0,30 - 6 m arası dolgu malzeme, 6 - 13,5 m arası kil, 13,5 - 14,5 m arası çakıllı kil, 14,5 - 15 m arası siltli killi çakıl, 15 - 18,5 m arası siltli killi kum, 18,5 - 19,5 m arası siltli kil, 19,5 - 21,5 m arası killi kumlu çakıllı silt, 21,5 - 22,5 m arası kumlu killi silt, 22,5 - 24,7 m arası killi silt, 24,7 - 30 m arası siltli kil, 30 - 31,6 m arası çakıllı killi siltli kum, 31,6 - 32 m arası siltli kil, 32 - 33 m arası killi silt, 33 - 37 m arası siltli kil, 37 - 39 m arası çakıllı siltli kil, 39 - 41 m arası kumlu siltli kil, 41 - 42 m arası killi siltli kum, 42 - 43 m arası siltli kil, 43 - 44,5 m arası killi siltli kum, 44,5 - 44,8 m arası kumlu siltli kil, 44,8 - 45 m arası killi kum, 45 - 45,5 m arası siltli kil, 45,5 - 45,8 m arası çakıllı kumlu killi silt, 45,8 - 46,5 m arası killi silt, 46,5 - 47 m arası çakıllı kumlu killi silt, 47 - 48 m arası kumlu kil, 48 - 49,20 m arası siltli kil, 49,20 - 49,50 m arası siltli kum, 49,50 - 51,5 m arası siltli kil, 51,5 - 54,5 m arası siltli kumlu kil, 54,5 - 55 m arası kumlu çakıllı kil, 55 - 55,5 m arası çakıllı kil, 55,5 - 56,5 m arası çakıllı kumlu kil, 56,5 - 58,7 m arası siltli kil, 58,7 - 59 m arası kil, 59 - 61,7 m arası çakıllı kil, 61,7 - 62 m arası siltli kil, 62 - 62,2 m arası killi kumlu silt ve 62,2 metreden kuyu sonu olan 63,5 metreye kadar arası kumlu siltli kil birimleridir.

4.2.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)

Sondaj kuyusu verilerine göre, zeminin 0 - 0,3 m arası bitkisel toprak formasyonu ve 0,3 metreden kuyu sonu derinliği olan 30 metreye kadar da andezit belirlenmiştir.

4.2.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS)

Açılan kuyudan elde edilen bilgilere göre zemin yüzeyinden itibaren; 0 - 3,3 m arası dolgu, 3,3 - 4 m arası killi silt, 4 - 5 m arası siltli kil, 5 - 6,5 m arası silt, 6,5 - 7 m arası siltli kum, 7 - 8 m arası kumlu silt, 8 - 8,5 m arası killi kumlu silt, 8,5 - 11 m arası silt, 11 - 14 m arası siltli kil, 14 - 14,5 m arası kumlu siltli kil, 14,5 - 16 m arası siltli kil, 16 - 17 m arası kumlu siltli kil, 17 - 18,5 m arası kumlu kil, 18,5 - 19,7 m

arası kil, 19,7 - 21 m arası çakıllı kil, 21- 22,7 m arası killi çakıl, 22,7 - 24,5 m arası çakıllı siltli killi kum, 24,5 - 27,1 m arası kumlu killi çakıl, 27,1 - 36,2 m arası çakıllı kil, 36,2 - 37,3 m arası çakıllı kumlu kil, 37,3 - 37,5 m arası killi çakıl, 37,5 - 38,2 m arası çakıllı kumlu siltli kil, 38,2 - 39 m arası killi kumlu çakıl, 39 - 40,6 m arası çakıllı killi kum, 40,6 - 42,8 m arası siltli kil, 42,8 - 44,5 m arası çakıllı kil, 44,5 - 47,2 m arası çakıllı kumlu kil, 47,2 - 48,7 m arası çakıllı kil, 48,7 - 49,4 m arası çakıllı killi kum, 49,4 - 50,3 m arası çakıllı kil, 50,3 - 50,7 m arası killi siltli kum, 50,7 - 55 m arası killi çakıl, 55 - 57 m arası kumlu çakıllı kil, 57 - 57,2 m çakıllı siltli kum, 57,2 - 58,2 m arası siltli kil, 58,2 - 58,4 m arasında çakıllı siltli kum, 58,4 - 58,5 m arasında çakılı kil, 58,5 - 59 m arasında çakıllı siltli kum bulunmaktadır.

4.2.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL)

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 kilitaşı formasyonu görülmektedir (Kuyu Derinliği 40 m).

4.2.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN)

Bu istasyonda sondaj raporlarına dayanılarak yüzeyden itibaren formasyonlar şöyledir; 1,4 m'ye kadar çakıllı kil, 1,4-20 m aralıklarında ise killi kireçtaşı olarak görülmektedir (Kuyu derinliği 20 m).

4.2.9 Konak İstasyonu (09_KON)

Bu istasyonda sondaj raporlarına göre, yüzeyden 0,5 m derinliğe kadar bitkisel toprak, 0,5-9,5m arasında dolgu, 9,5-10,3 m aralıklarında siltli kil, 10,3-11,5 m arasında killi siltli kum, 11,5-14 m aralıklarında kil, 14-14,8 m aralıklarında ise çakıllı kumlu kil formasyonu tespit edilmiştir.14,8-20,5 m aralıklarında kil, 20,5-21 m aralığında kumlu killi çakıl , 21-22 m aralığında killi çakıl, 22-23 m arasında kumlu killi çakıl, 23-23,4 m aralıklarında çakıllı kumlu kil, 23,4-30,5 m aralıklarında kil, 30,5-31 m aralıklarında çakıllı kil, 31-34 m aralıklarında kumlu kil, 34-37 m

arasında kil, 37-38,2 m çakıllı siltli kil, 38,2-39 m aralıklarında çakıllı killi kum, 39-40 m arasında ise çakıllı siltli kil formasyon gözlemlenmektedir.40-42,2 m aralıklarında kumlu killi çakıl, 42,2-43,4 m aralıklarında çakıllı siltli kil, 43,4-44,2 m aralıklarında kumlu killi çakıl, 44,2-44,8 m aralıklarında çakıllı siltli kil, 44,8-45,1 m aralıklarında killi çakıl, 45,1-45,5 m aralıklarında çakıllı kil, 45,5-46,5 m aralıklarında kumlu killi çakıl, 46,5-48 m çakıllı killi kum, 48 metreden kuyu sonu derinliği olan 60,5 metreye kadar çakıllı kil formasyonu görülmüştür.

4.2.10 Karşıyaka İstasyonu (10_KSK)

Karşıyaka istasyonu sondaj raporuna göre ; yüzeyden itibaren 0,3 m'ye kadar bitkisel toprak,0,3-2 m aralıklarında çakıllı kil, 2-2,5 m arasında siltli killi kum, 2,5-3,5 m aralıklarında siltli kum, 3,5-4 m aralıklarında killi siltli kumlu çakıl , 4-6,8 m aralıklarında siltli kum , 6,8-7 m aralıklarında çakıllı siltli kum , 7-9 m aralıklarında kumlu silt ,9-11 m aralıklarında çakıllı siltli kum, 11-12,5 m aralıklarında kumlu silt , 12,5-15,2 m aralıklarında kil, 15,2-15,55 m aralıklarında killi kum, 15,55-18,5 m aralıklarında kil, 18,5-19,5 m aralıklarında siltli killi kum, 19,5-20 m aralıklarında ise killi siltli kum formasyonu tespit edilmiştir.20-21,5 m aralıklarında siltli kil, 21,5-25,5 m aralıklarında çakıllı kil gözlenmiştir.25,5 ile 27,5 m arasında siltli kil , 27,5-28 m aralıklarında çakıllı kumlu siltli kil , 28-28,3 m arasında siltli kil, 28,3-34 m arasında kil, 34-35 m arasında çakıllı siltli kil, 35-41 m aralıklarında kumlu çakıllı siltli kil, 41-41,5 m aralıklarında çakıllı kil, 41,5-42,5 m aralıklarında siltli kil, 42,5-43 m aralıklarında çakıllı kumlu kil, 43-43,5 m aralıklarında kumlu killi çakıl, 43,5-44,5 m aralıklarında çakıllı killi kum, 44,5-45 m arasında kil, 45-47 m aralıklarında çakıllı kumlu kil, 47-49 m aralığında kumlu kil, 49-49,4 m aralığında çakıllı siltli kil, 49,4-51,5 m aralıklarında çakıllı kil, 51,5-52,4 m aralığında kil, 52,4-54,5 m aralığında çakıllı kil, 54,5-56 m aralığında kil, 56-58,5 m aralığında kumlu çakıllı kil, 58,5-87 m aralığında çakıllı kil gözlenmiştir.87-91 m arasında çakıllı kumlu kil, 91-93 m aralığında çakıllı kil, 93-96 m aralığında çakıllı killi siltli kum, 96-97 m aralığında killi silt, 97-99 m aralığında killi kumlu çakıl, 99-99,5 m aralığında çakıllı killi kum, 99,5-100,5 m aralığında çakıllı siltli kil, 100,5-101 m aralığında çakıllı kumlu kil, 101-102 m arasında kumlu siltli kil, 102-106 m aralığında çakıllı kumlu

kil, 106-108,4 m aralığında siltli killi çakıl, 108,4-111 m aralığında kumlu çakıllı kil, 111-113 m aralığında siltli kumlu çakıllı kil, 113-115 m aralığında çakıllı kil, 115-119 m aralığında kumlu çakıl, 119-121,5 m aralığında çakıllı kumlu kil, 121,5-129,3 m aralıklarında çakıllı kil ve de 129,3-136 m aralığında siltli kumlu çakıllı kil, 136-144 m aralığında kumlu çakıllı kil formasyonları tespit edildi.

4.2.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV)

Sondaj raporu sonucu Manavkuyu istasyonunda; sıfır noktasından itibaren 0,3 m derinliğe kadar bitkisel toprak, 0,3-1,5 m aralığında yamaç molozu, 1,5-14,3 m aralığında andezit, 14,3-14,5 m aralığında tuf, 14,5-20,7 m aralığında andezit, 20,7-21 m derinliklerinde tuf, 21-30 m aralığında ise andezit tespit edildi (Kuyu derinliği 30 m).

4.2.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)

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.

4.2.13 Çamdibi İstasyonu (13_CMD)

Yapılan sondajda yüzeyden itibaren 0,3 m derinliğe kadar bitkisel toprak bulunduğu görülmüştür. 2. metreye kadar çakıllı siltli kil, 2. metreden itibaren 0,3 m siltli kil 2,3m den 3,5. metreye kadar tekrar çakıllı silt kil birimi yer almaktadır. 3.5 m den itibaren 5,5. Metreye kadar kil birimi hâkim iken 5,7. metreye kadar 0,2m lik

kısımda killi silt görülmüştür. 5,7 . metreden itibaren siltli kil birimine girilmiş ve bu birim 9. Metrede killi çakıl ile sonlanmıştır. Arda arda 0,5 m lık çakıllı kil ve killi kumlu çakıl yer almış ve 11. Metreden 14 m ye kadar kil birimi gözlenmiştir. 14. Metreden itibaren 50 cm lik Siltli çakıllı kil birimini 2m lik siltli killi çakıl birimi takip etmiş ve 0,3 m lik çakıllı kil in ardından 16.60 ile 17,80 metreleri arasında killi silt biriminin yer aldığı görülmüştür. Killi siltli kum birimi ve çakıllı siltli kil birimleri kesilerek 26,5 . metreye ulaşılmıştır.27,65. Metreye kadar Siltli kumlu çakıllı kil gözlenmiş ve 29,80 m ye kadar çakıllı kil biriminde ilerlenmiştir. 34. Metreye kadar çakıllı siltli kil yar alırken 0,5 m lik killi kumlu çakıl birimi kesilmiş ve 40. Metreye kadar çakıllı kil birimi devam etmiştir.

4.2.14 Urla İstasyonu (14_URL)

Yapılan sondajda yüzeyden itibaren 0,3 m derinliğe kadar bitkisel toprak bulunduğu görülmüş ve bu örtüyü kuyu sonu derinliği olan 20. metreye kadar marn birimi takip etmiştir.

4.2.15 Yamanlar İstasyonu (15_YMN)

Yapılan sondajda yüzeyden itibaren 0,5 m derinliğe kadar yer alan bitkisel toprak malzemesini 1,5 ile 7 metreler arasında kireçtaşı takip etmektedir. 7. metreden itibaren formasyon değişmiş ve kuyu sonu olan 15. metreye kadar tuf birimi yer almaktadır.

4.2.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL)

Yapılan sondajda yüzeyden itibaren 0,5 m derinliğe kadar bitkisel toprak malzemesi bulunmaktadır. 0,5 – 1,30 m arasında çakıl, 1,3 – 3,00 m arasında ise kil bulunduğu tespit edilmiştir. 3. metreden itibaren kil taşı formasyonuna girilmiş olup kuyu sonu olan 21. metreye kadar kil taşı birimi devam etmektedir Bu formasyonu 6 ve 7 metreler arasında ile 19 ve 19,5 metreler arasında kumtaşı birimi kesmiştir.

4.3 Elektrik Özdirenç Çalışmaları

Yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirlemek için Elektrik yöntemlerden, Düşey Elektrik Sondaj (DES) yöntemi ile Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulamaları yapılmıştır.

DES tekniği uygulamaları; ABEM TERRAMETER SAS1000 cihazı ile alınmıştır. Kaynak türü olarak 12V'lik doğru akım (DC) güç kaynağı (akü) kullanılmıştır. DES tekniği uygulamaları Schlumberger Dizilim sistemine göre yapılmıştır.

Özdirenç tomografi yöntemi uygulamaları; D.E.Ü. Jeofizik Mühendisliği bölümüne ait rezistivite cihazı ile 2 adet 115 Ah'lık akü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dizilim türü olarak Wenner-Schlumberger tekniği kullanılmıştır. Elde edilen veriler RES2DINV programı ile değerlendirilmiştir.

Bu izlenince kapsamında İzmir ili sınırları içinde konumlandırılan 16 kuvvetli yer hareketi istasyonunun buldukları araziler içerisinde her istasyon için 1 adet olmak üzere toplam 16 adet özdirenç tomografi ve 16 adet DES uygulaması yapılmıştır. Yamanlar istasyonu için yapılan DES ölçümü verisinin kalitesiz olmasından dolayı değerlendirilmeye alınmamıştır. Tüm DES ölçüm verileri IPI2WIN programı ile değerlendirilmiştir.

Her istasyon için uygulanan elektrik özdirenç çalışmaları sırasıyla; yapılan DES çalışmasının arazi fotoğrafı, data karnesi ve değerlendirmesi ile bir diğer uygulama özdirenç tomografi çalışmasının arazi fotoğrafı, data karnesi ve değerlendirmesi şeklinde aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

4.3.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

DES tekniği uygulaması 1 Nisan 2008 tarihinde, D.E.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü binası doğu tarafındaki arazi üzerinde gerçekteştirilmiştir (şekil 4.18-a) Profil doğrultusu K50B yönlü olup IPI2WIN programıyla elde edilen değerlendirme şekil 4.19’da verilmiştir.

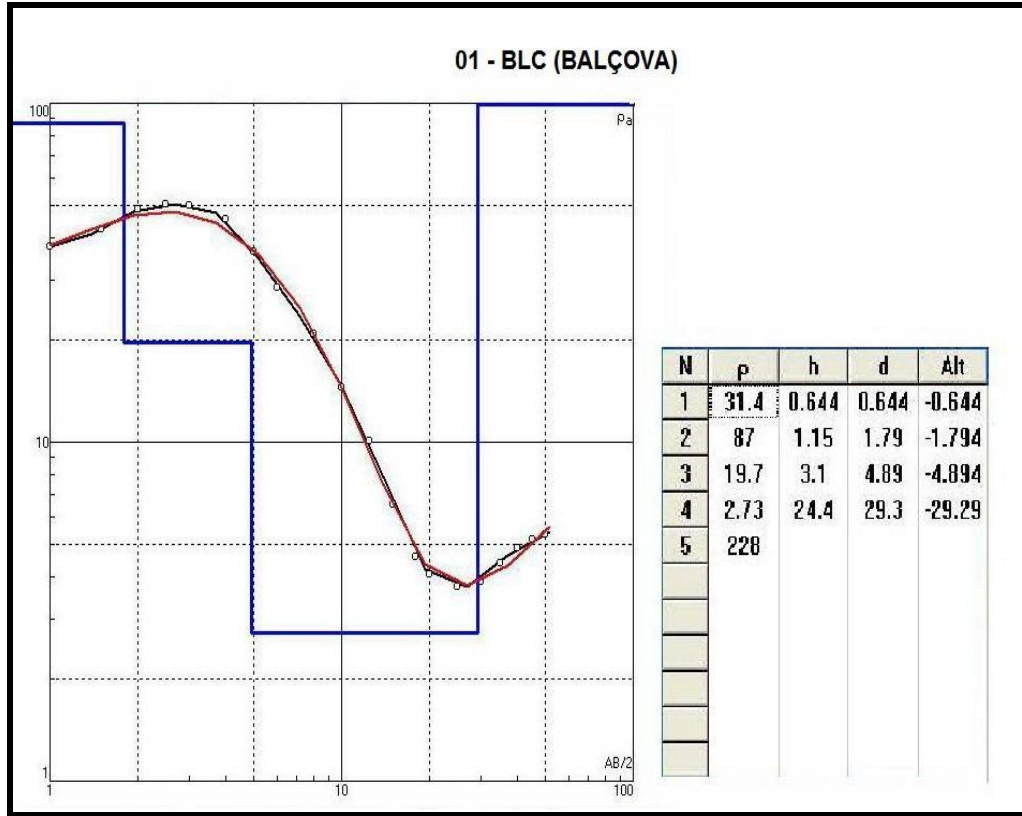


a)



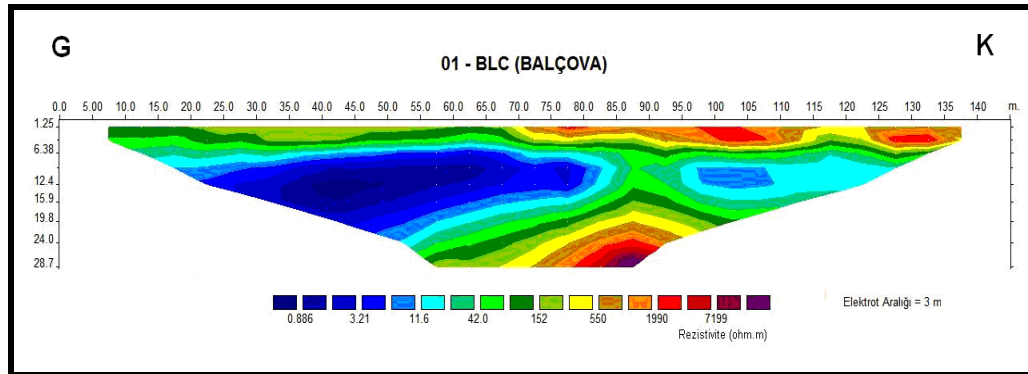
b)

şekil 4.18 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması.
b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.19 IPI2WIN programı ile elde edilen Yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

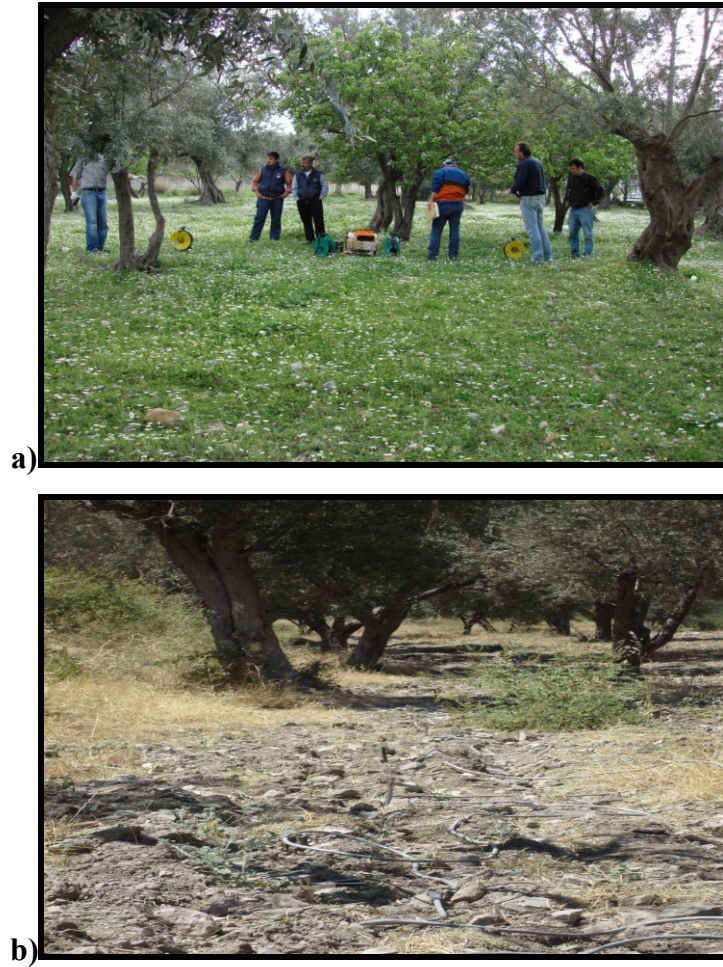
Doğru Akım Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 87 metre uzunluğunda 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.2) . Profil doğrultusu G-K yönlüdür (Şekil 4.18-b). RES2DINV programıyla elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.20’de verilmiştir.



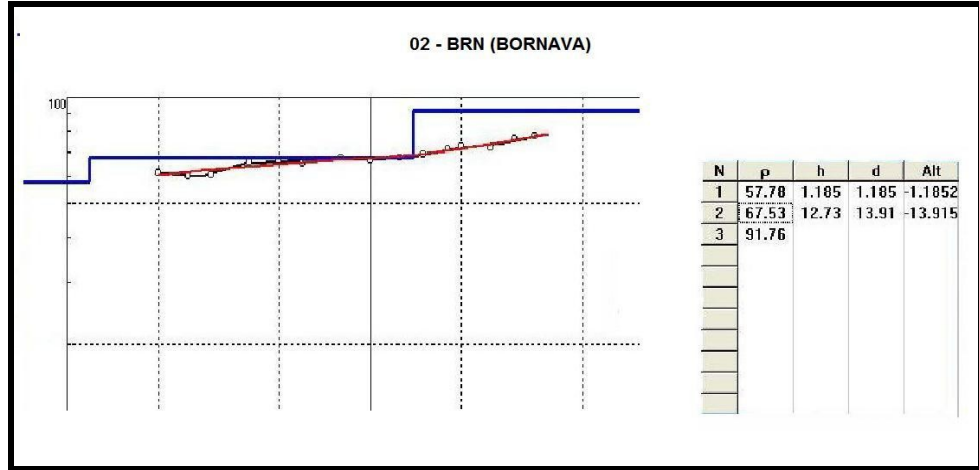
Şekil 4.20 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)

DES tekniği uygulaması 29 Mart 2008 tarihinde, Figsan fabrikası ön tarafındaki arazi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3). Profil doğrultusu D-B yönlü olup istasyonun konumlandırıldığı nokta merkez alınmıştır (Şekil 4.21-a). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.22’de verilmiştir.

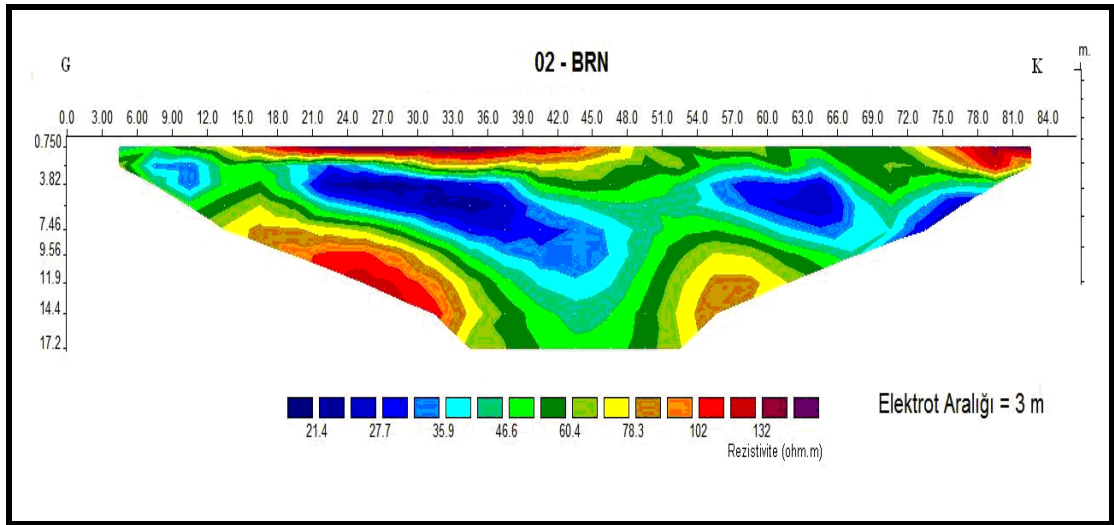


Şekil 4.21 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.22 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 4 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 87 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (şekil 4.21-b). Profil doğrultusu G-K yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.23’da verilmiştir.



Şekil 4.23 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.3 Buca İstasyonu (03_BUC)

DES tekniği uygulaması 04 Nisan 2008 tarihinde, Şekil 4.4'de gösterilen tomografi profilinin orta noktası DES merkez noktası olacak şekilde 70 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.24-a) . IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme ise Şekil 4.25'de verilmiştir.

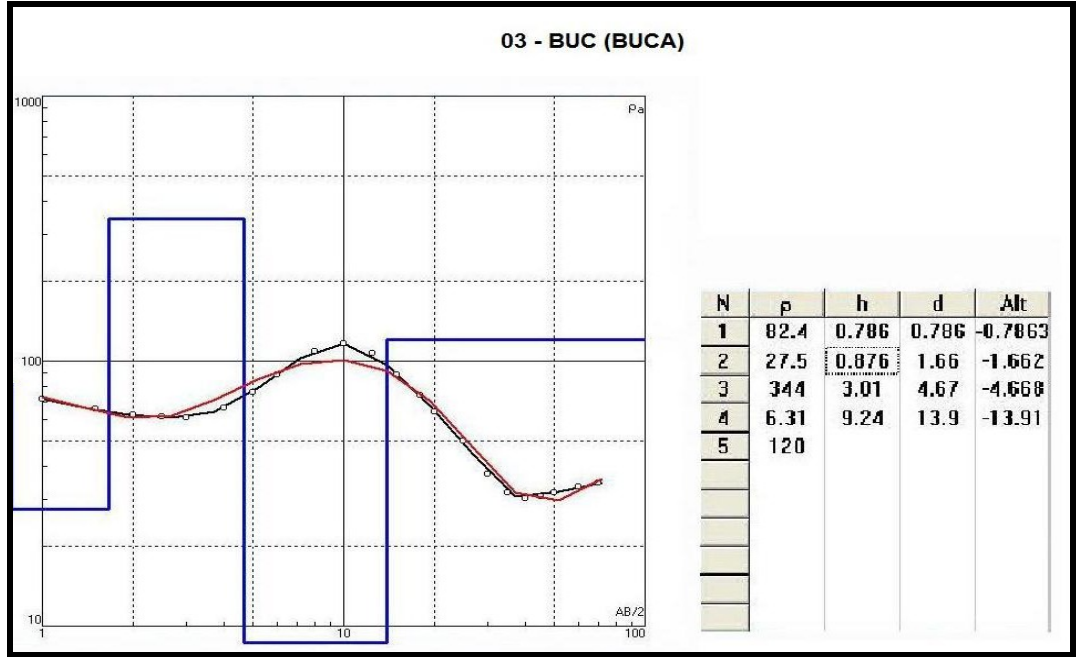


a)



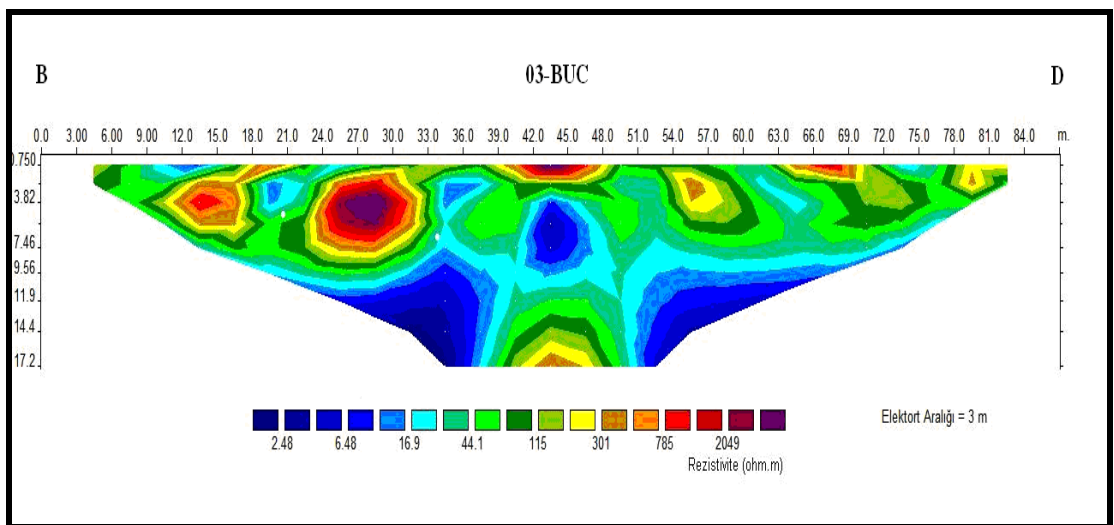
b)

Şekil 4.24 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.25 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 8 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonuna 17 metre uzaklıkta, 87 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.4). Profil doğrultusu B-D yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.26'da verilmiştir .



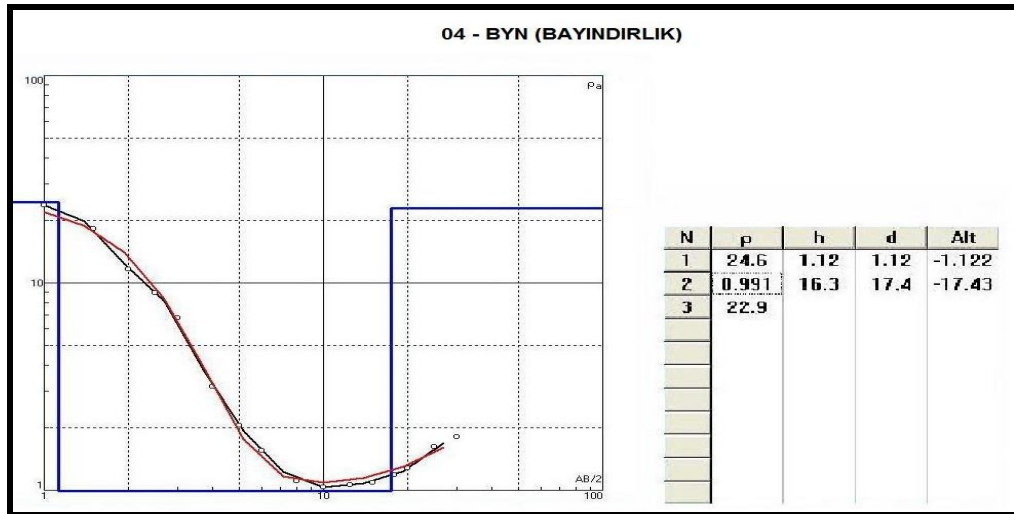
Şekil 4.26 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN)

DES tekniği uygulaması 5 Nisan 2008 tarihinde, Bayındırlık İl Müdürlüğü otopark alanı içinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.27) . Profil doğrultusu KD-GB yönlü olup merkez noktası öz direnç tomografi profilinin orta noktasıdır (Şekil 4.5) . IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.28’de verilmiştir.

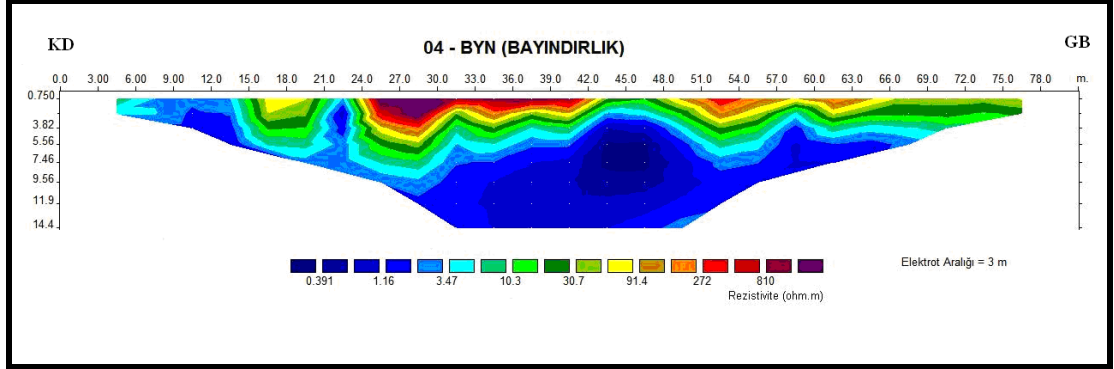


Şekil 4.27 DES yöntemi uygulaması.



Şekil 4.28 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 3 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 81 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 28 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.5) . Profil doğrultusu KD-GB yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.29 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)

DES tekniği uygulaması 28 Mart 2008 tarihinde, 75. Yıl Pazaryeri ile Sağlık evi arasında D-B yönlü, merkezden 35 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.30). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.31'de verilmiştir.

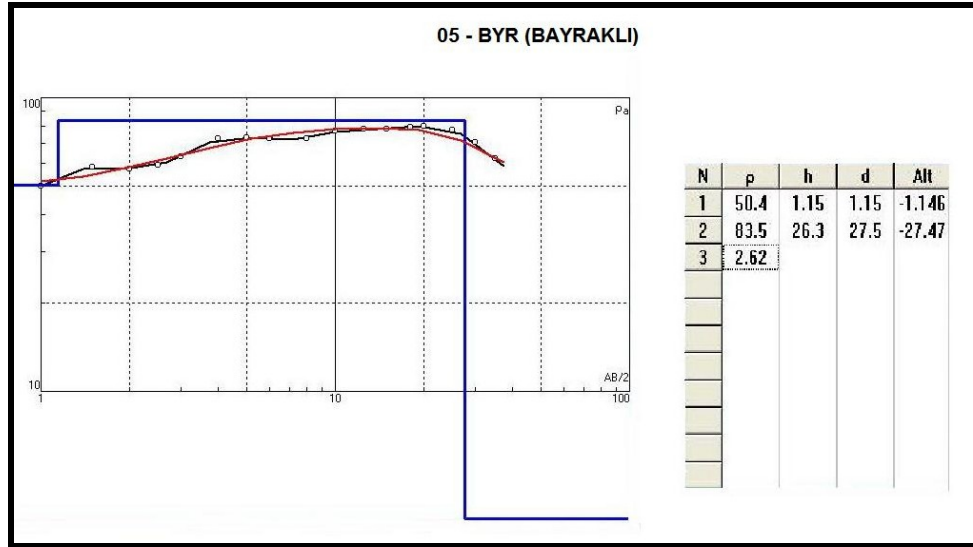


a)



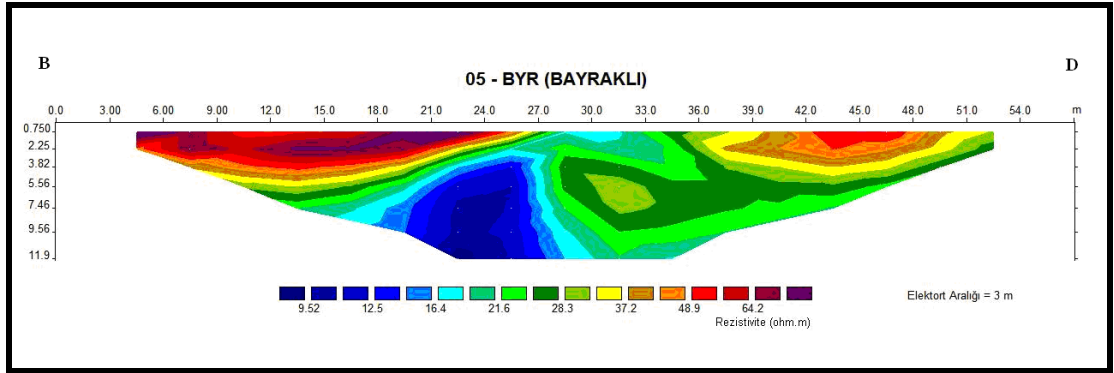
b)

Şekil 4.30 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları
(a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.31 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 7 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu alt tarafında, doğrultusu B-D yönlü 57 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 20 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.6 ve 4.30-b) . Elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.32’de verilmiştir.



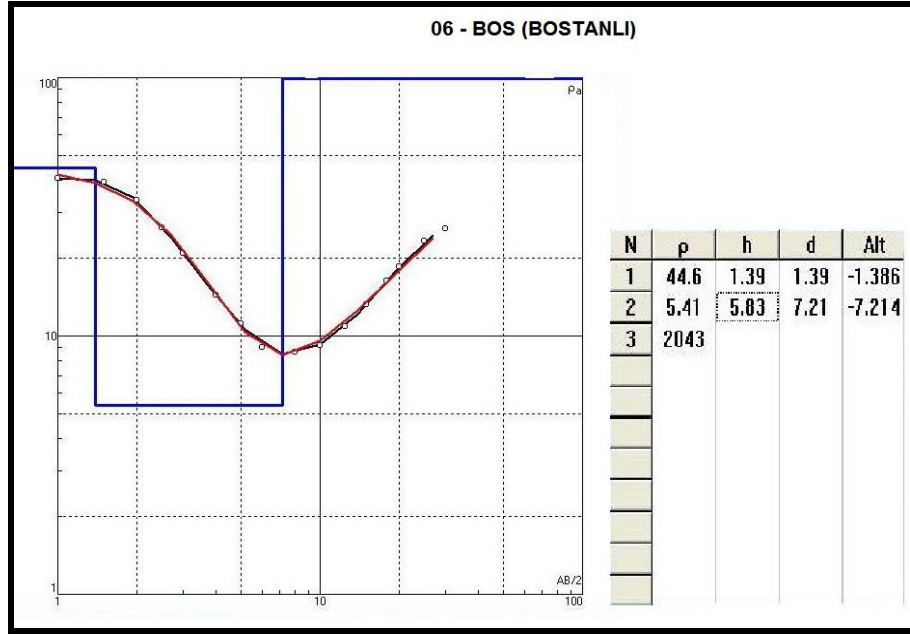
Şekil 4.32 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS)

DES tekniği uygulaması 29 Mart 2008 tarihinde, Seniye Özbey İlköğretim Okulu arazisi içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7). Profil doğrultusu KD-GB yönlü olup açılım uzunluğu (AB/2) 30 metredir (Şekil 4.33). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.34'de verilmiştir.

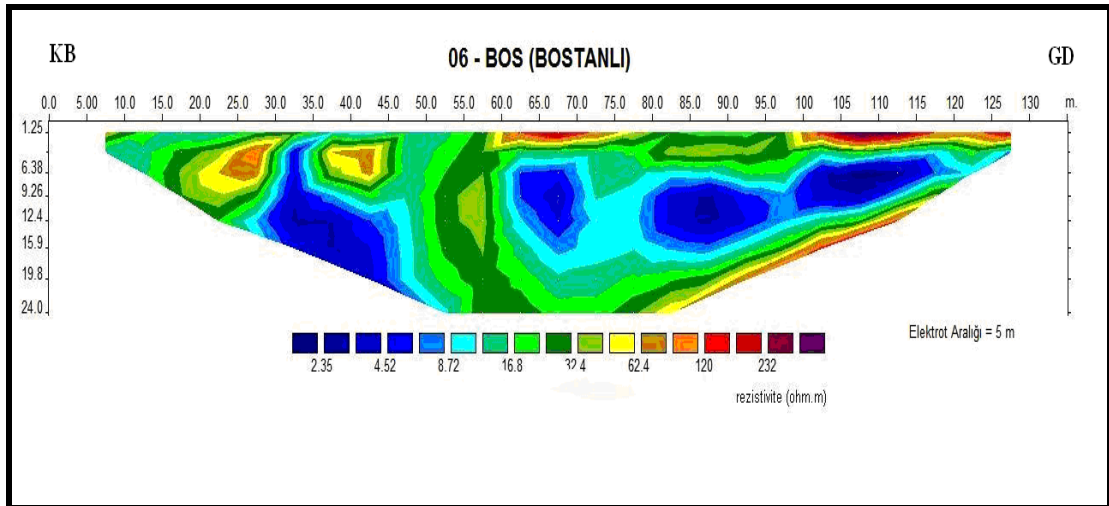


Şekil 4.33 DES yöntemi uygulaması



Şekil 4.34 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması 2 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 135 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 28 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 5 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.7). Profil doğrultusu KB-GD yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4.35 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL)

DES tekniği uygulaması 1 Nisan 2008 tarihinde, spor salonu arka tarafında KB-GD yönlü, merkezden 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.36-a). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değeriendirme Şekil 4.37'de verilmiştir.



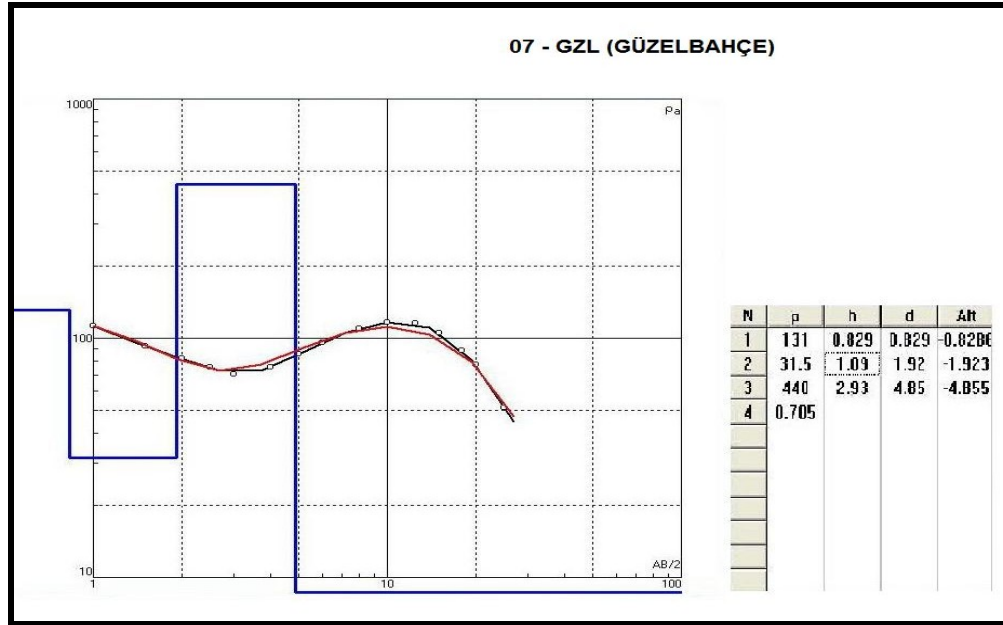
a)



b)

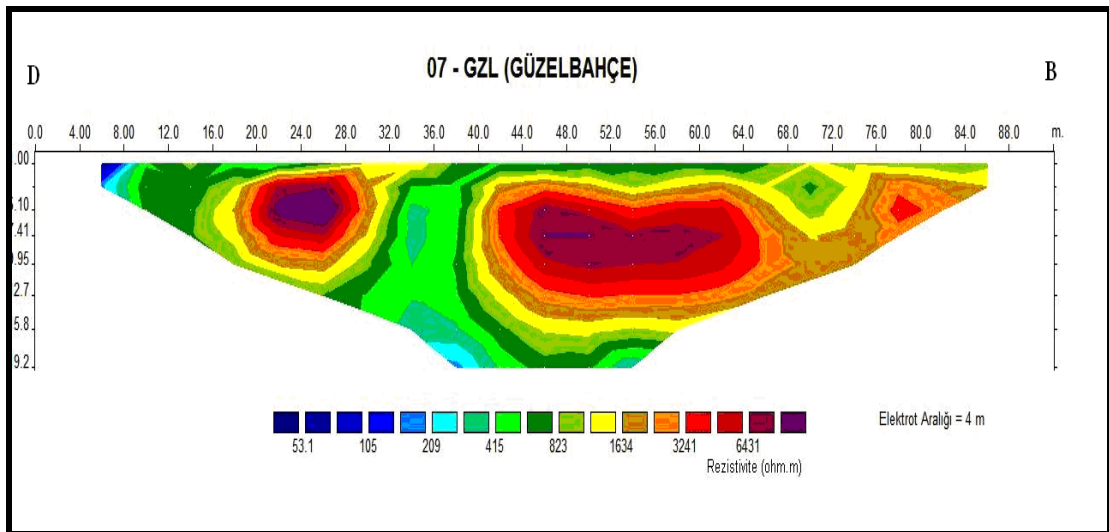
Şekil 4.36 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları

(a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.37 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması 7 Temmuz 2008 tarihinde spor salonu arka tarafında, doğrultusu D-B yönlü 92 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 24 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 4 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.8) (Şekil 4.36-b). RES2DINV programı kullanılarak elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.38’de verilmiştir.



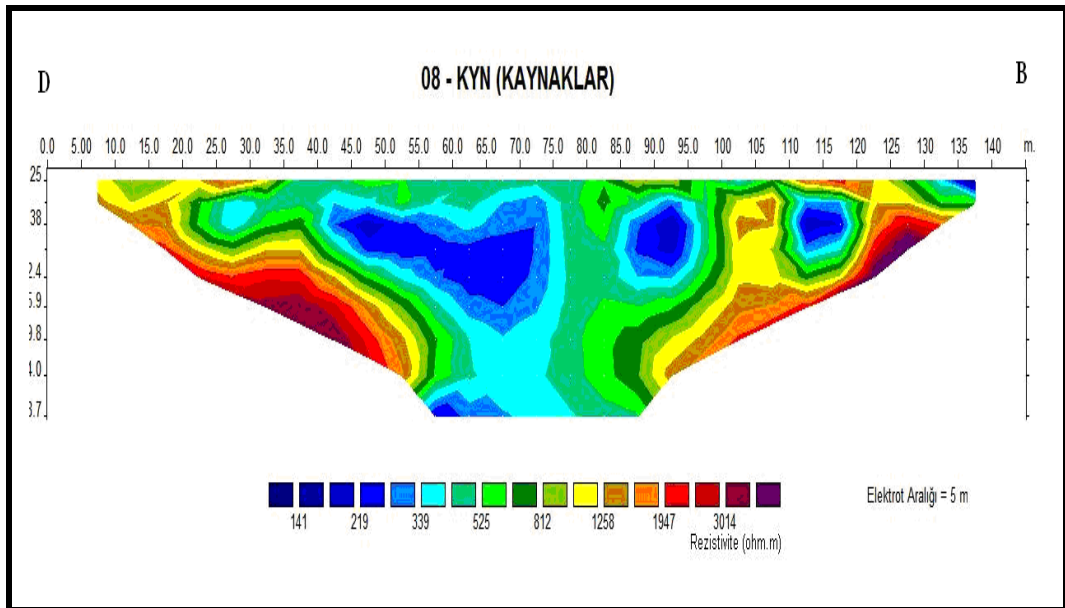
Şekil 4.38 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti

4.3.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN)

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 9 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonuna 15 metre uzaklıkta, 145 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.9) . Profil fotoğrafları Şekil 4.39'da verilen Kaynaklar istasyonunun profil doğrultusu D-B yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.40'da verilmiştir.



Şekil 4.39 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



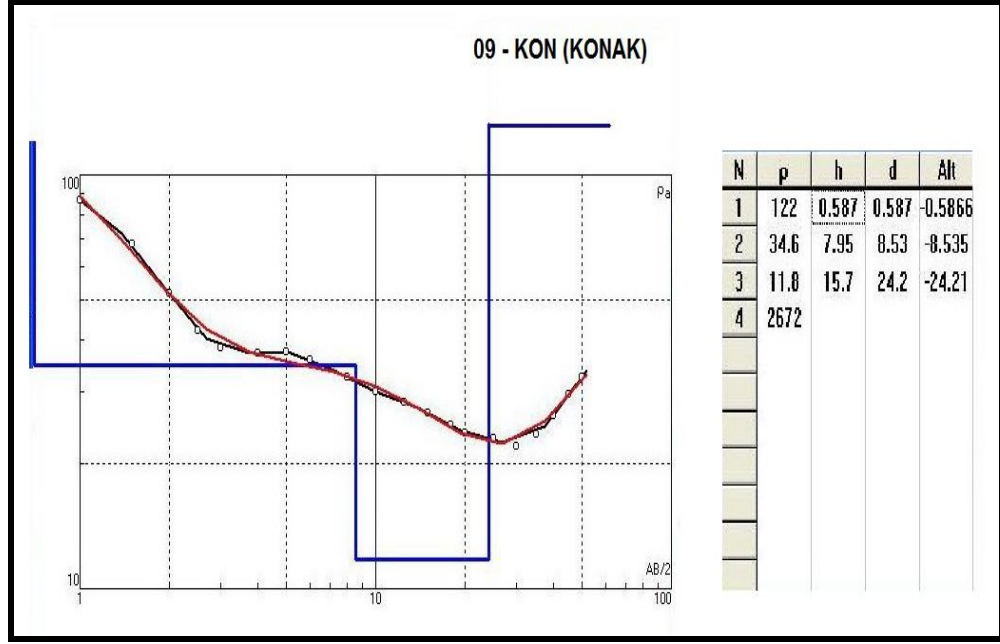
Şekil 4.40 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.9 Konak İstasyonu (09_KON)

DES tekniği uygulaması 31 Mart 2008 tarihinde, İzmir Fuar Alanı alanı içinde merkezden 50 metre açılım yapılarak(AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10) . Profil doğrultusu KB-GD yönlü olup merkez noktası öz direnç tomografi profilinin orta noktasıdır (Şekil 4.41-a). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.42'de verilmiştir.

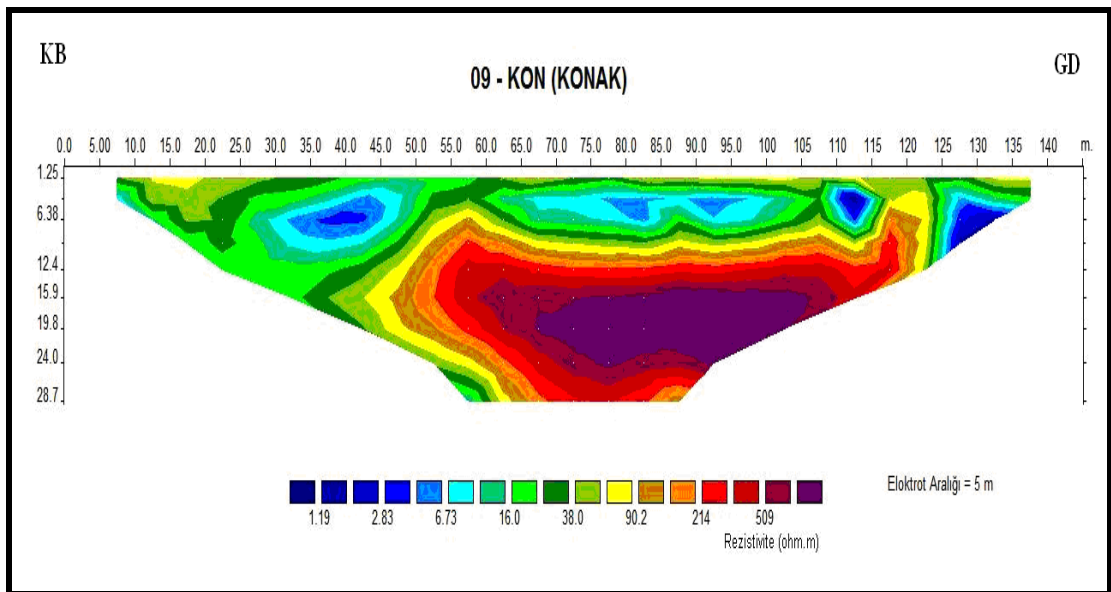


Şekil 4.41 Elektrik Öz direnç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması. b) Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması).



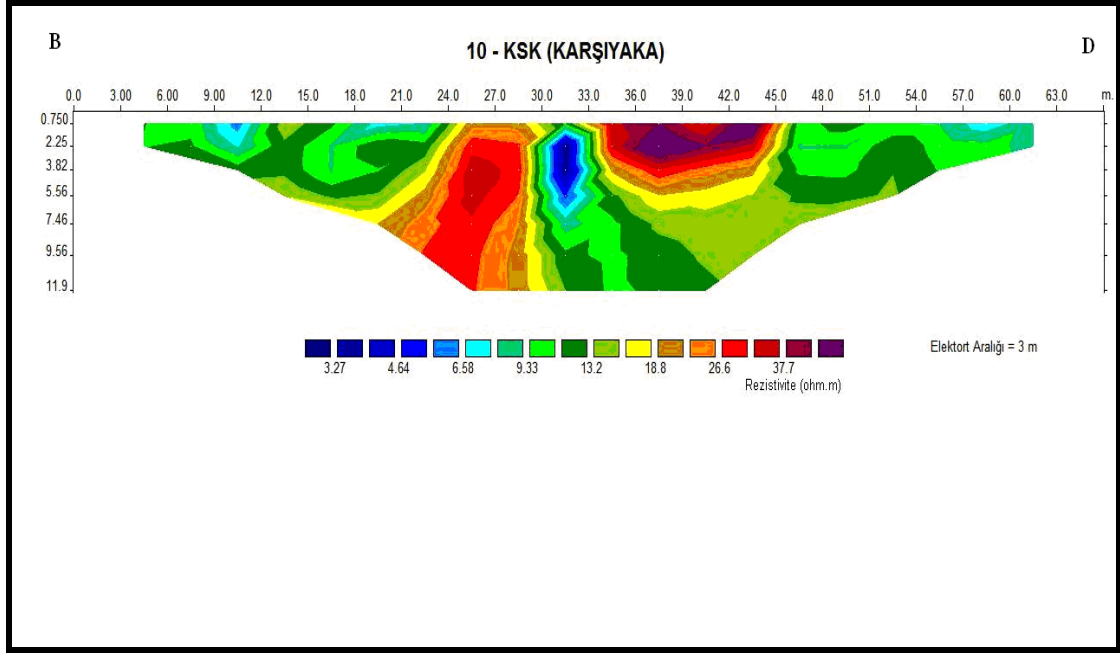
Şekil 4.42 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması 4 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 145 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 5 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.10 ve Şekil 4.41-b). Profil doğrultusu KB-GD yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.43'da verilmiştir.



Şekil 4.43 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 3 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu alt tarafında, doğrultusu B-D yönlü 87 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.11). RES2DINV programıyla elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.46'de verilmiştir.



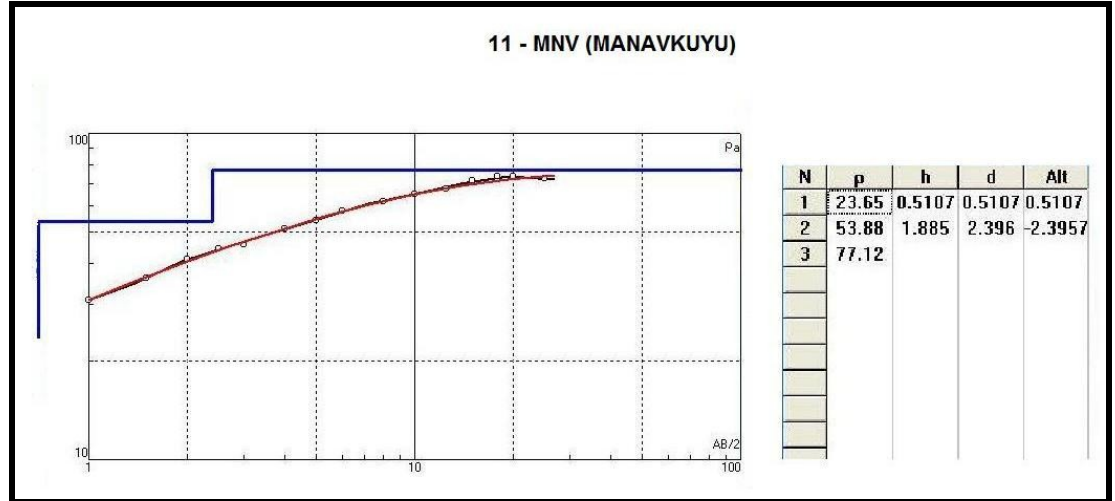
Şekil 4.46 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV)

DES tekniği uygulaması 28 Mart 2008 tarihinde, Manavkuyu Atatürk Mahallesi'ndeki Mehmet Akif Ersoy Halk Kütüphanesi arka bahçesinde, merkezden 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12 ve Şekil 4.46) . Profil doğrultusu KD-GB yönlü olup, IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.48'de verilmiştir.

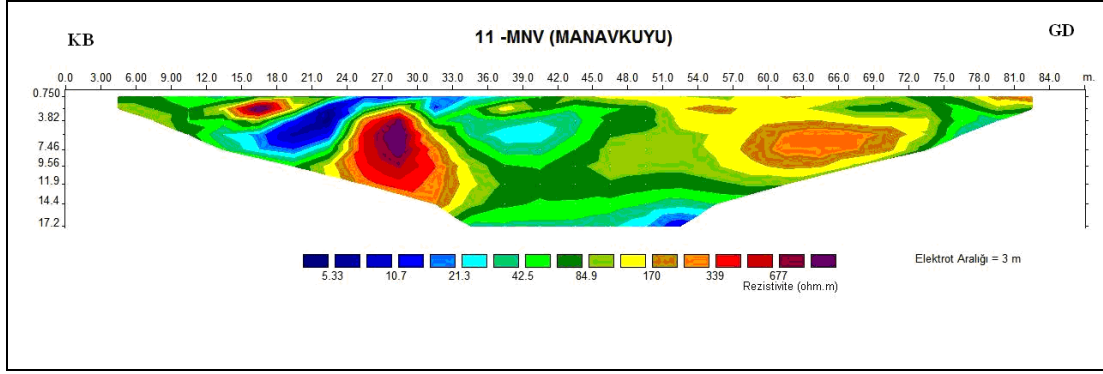


Şekil 4.47 DES yöntemi uygulaması.



Şekil 4.48 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 2 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 87 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.12). Profil doğrultusu KB-GD yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.49'da verilmiştir.



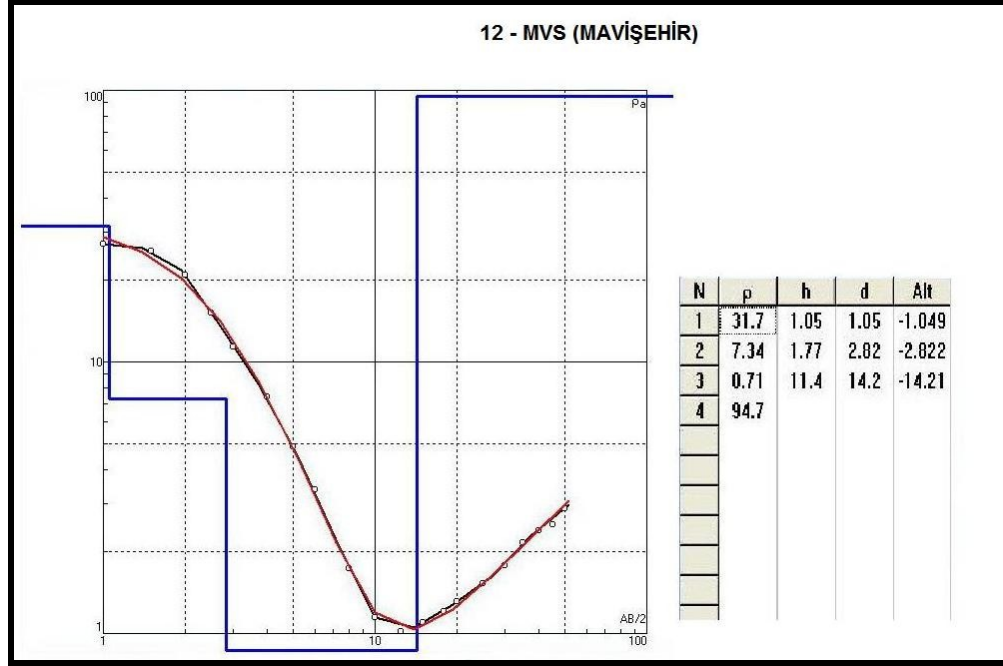
Şekil 4.49 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)

DES tekniği uygulaması 31 Mart 2008 tarihinde, Karşiyaka Denizkent restoranın önündeki boş arazide açılan sondaj kuyusu DES merkez noktası seçilerek merkezden 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.50). IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme ise Şekil 4.51'de verilmiştir.

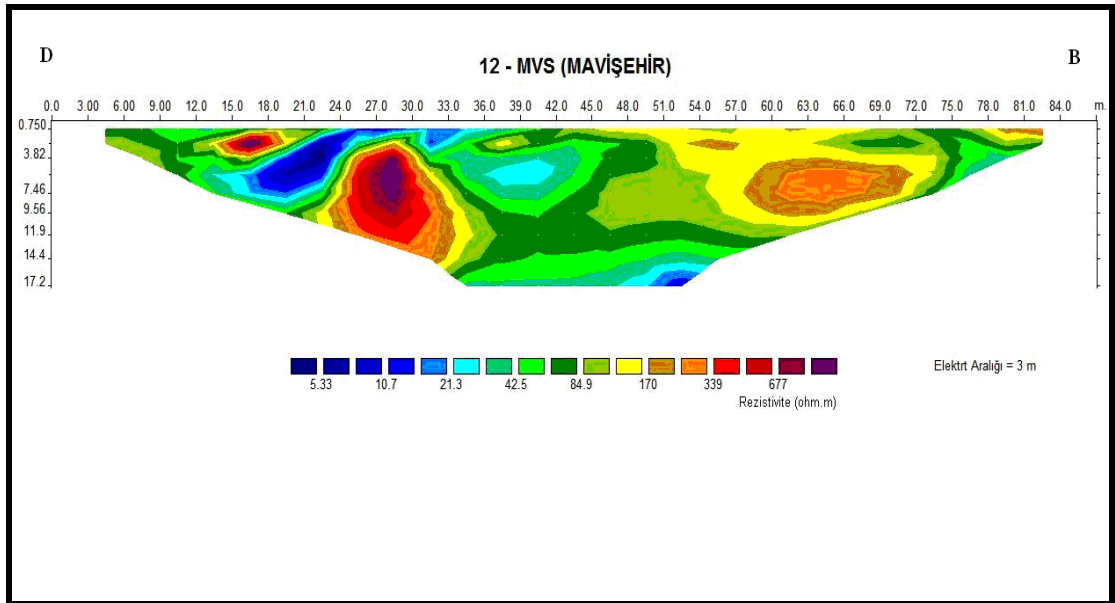


Şekil 4.50 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması.
b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.51 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 2 Temmuz 2008 tarihinde DES profili üzerinde, doğrultusu D-B, uzunluğu 147 metre 1 profil üzerinde 50 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 3 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.13 ve Şekil 4.50-b) . Elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.52’de verilmiştir.



Şekil 4.52 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti

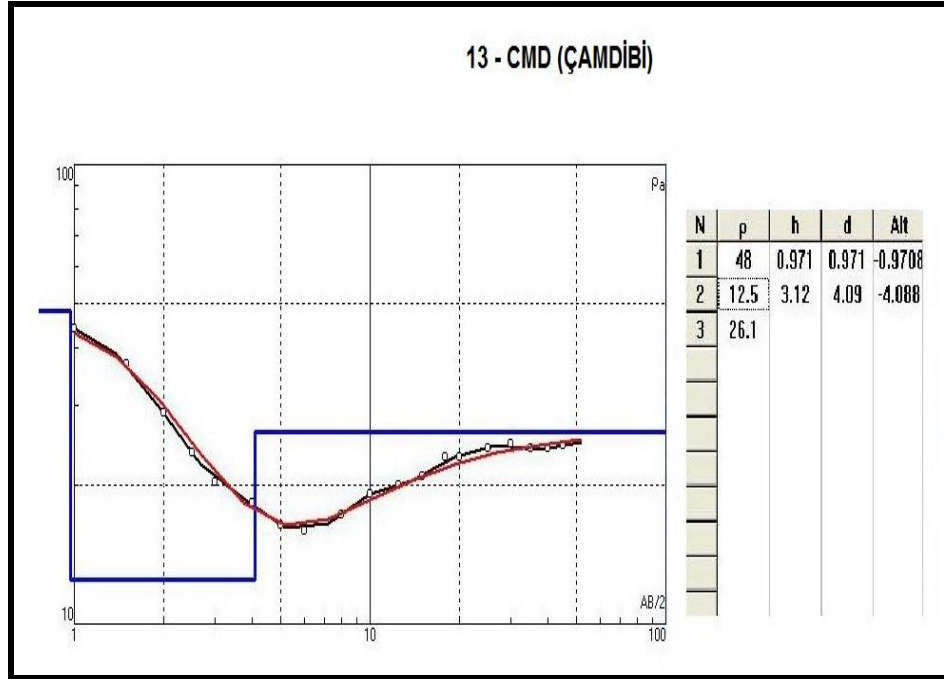
4.3.13 Çamdibi İstasyonu (13_CMD)

DES tekniği uygulaması 28 Mart 2008 tarihinde, Çamdibi Aile Sağlık Ocağı binası yanındaki arazide, merkezden 45 metre açılım yapılarak AB/2) gerçekleştirilmiştir (şekil 4.53-a). IPI2WIN programı kullanılarak elde edilen değerlendirme sonucu Şekil 4.54'de verilmiştir.



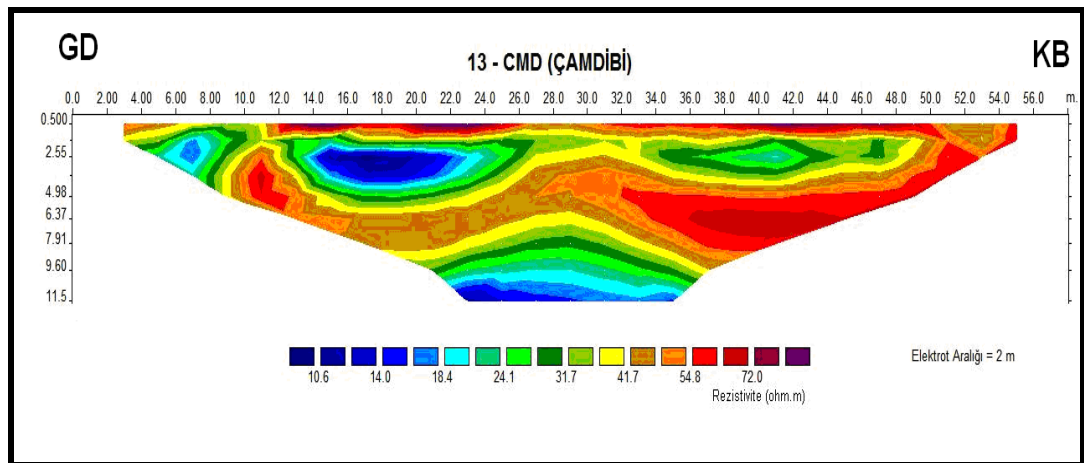
Şekil 4.53 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları

(a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.54 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Öz direnç Tomografi yöntemi uygulaması 7 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu alt tarafında, doğrultusu GD-KB yönlü 58 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 2 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.53-b). Elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.54'de verilmiştir.



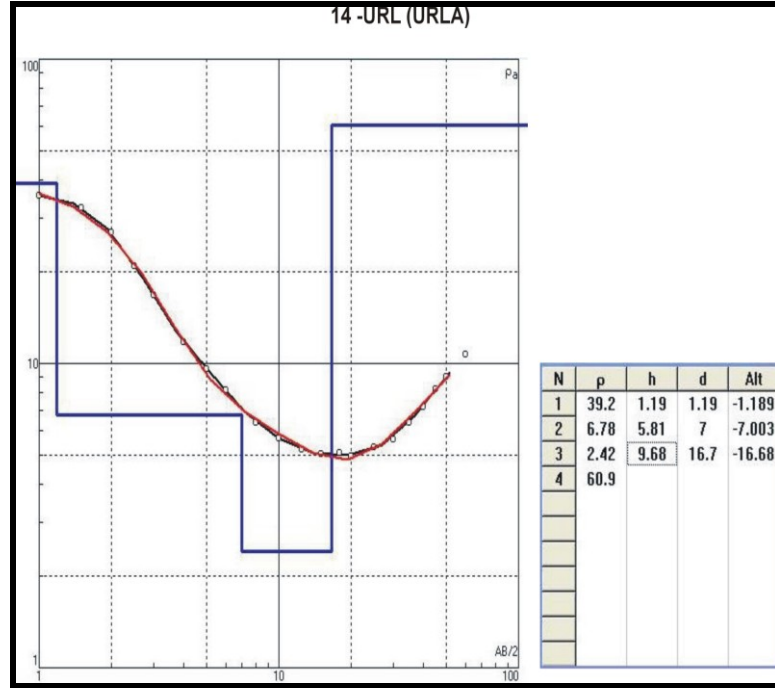
Şekil 4.55 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

4.3.14 Urla İstasyonu (14_URL)

DES tekniği uygulaması 2 Nisan 2008 tarihinde, Urla Stadyumu içinde atletizm pisti üzerinde merkez noktadan 60 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.15 ve Şekil 4.56-a). Profil doğrultusu K 50 B yönlü olup, IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme ise Şekil 4.57’de verilmiştir.

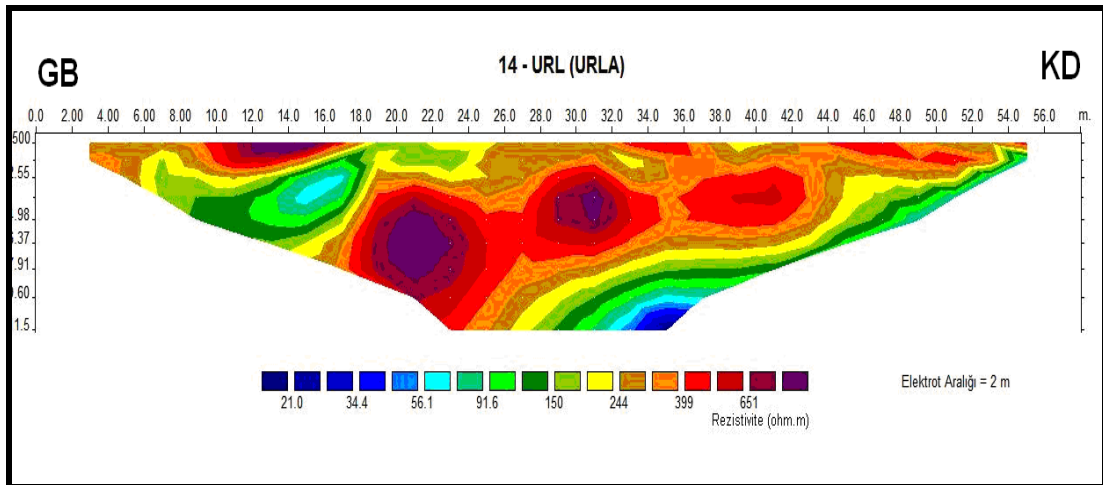


Şekil 4.56 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları (a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.57 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 7 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 58 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 2 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.56-b) . Profil doğrultusu GB-KD yönlü olup elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.58'de verilmiştir.



Şekil 4.58 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti.

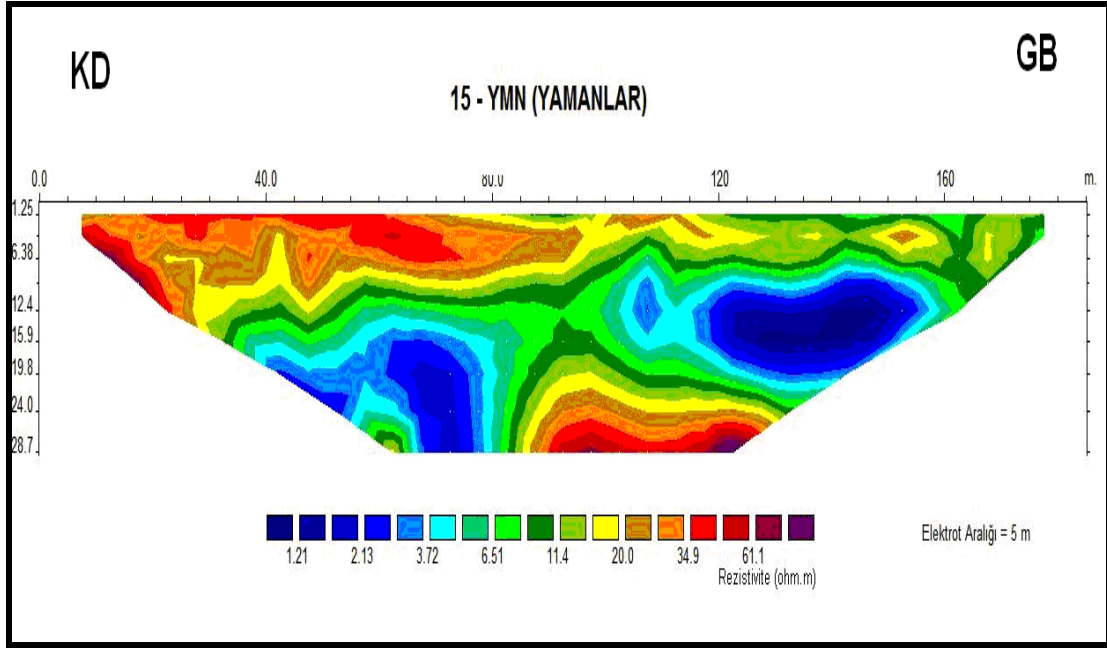
4.3.15 Yamanlar İstasyonu (15_YMN)

DES tekniği uygulaması 23 Mart 2008 tarihinde, Müyesser Turfan Güçsüzler Evi alt tarafında kalan toprak yol üzerinde DES merkez noktası seçilerek merkezden 60 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.59) . Veri setindeki ani özdirenç değışimleri nedeniyle veriler değerdendirilememiştir.



Şekil 4.59 DES yöntemi uygulaması.

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 2 Temmuz 2008 tarihinde DES profili üzerinde , doğrultusu KD-GB, uzunluğu 185 metre 1 profil üzerinde 38 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 5 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.16) . Elde edilen yer yapı kesiti Şekil 4.60'da verilmiştir.



Şekil 4.60 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti

4.3.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL)

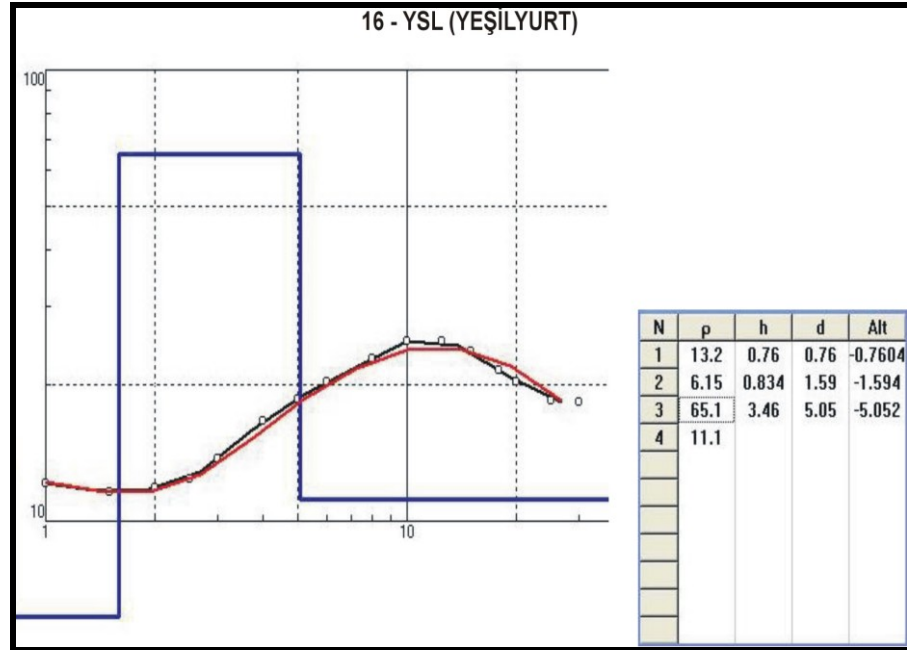
DES tekniği uygulaması 5 Nisan 2008 tarihinde, üzerinde merkez noktadan 25 metre açılım yapılarak (AB/2) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.61) Profil doğrultusu K 85 D yönlü olup, IPI2WIN programı kullanılarak yapılan veri değerlendirme Şekil 4.62'de verilmiştir.



a)

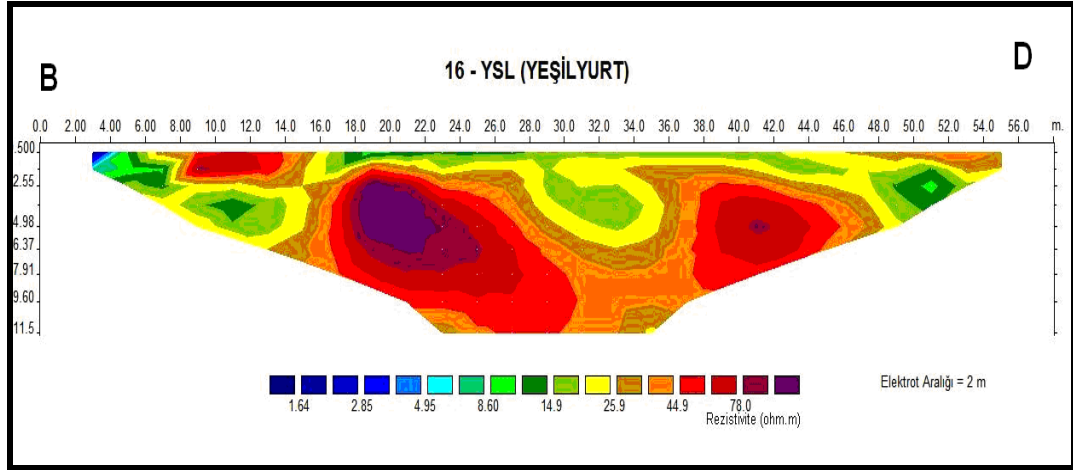


Şekil 4.61 Elektrik Özdirenç Yöntemi arazi uygulamaları
(a) DES yöntemi uygulaması. b) Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması).



Şekil 4.62 IPI2WIN programı ile elde edilen yeraltı tabaka modeli ile model parametreleri

Doğru Akım Özdirenç Tomografi yöntemi uygulaması 7 Temmuz 2008 tarihinde kuvvetli yer hareketi istasyonu yanında 58 metre uzunluklu 1 profil üzerinde 30 elektrot kullanılarak ve elektrot aralığı 2 metre seçilerek yapılmıştır (Şekil 4.61-b). Profil doğrultusu B-D yönlü olup elde edilen yer yapısı kesiti Şekil 4.63'de verilmiştir.



Şekil 4.63 RES2DINV programı ile elde edilen 2B yer elektrik yapı kesiti

4.4 MASW Çalışmaları

MASW çalışmalarında amaç S-dalga hızı derinlik profil bilgileri ile Vs30 hızlarının elde edilmesidir. Bunun için kaynak olarak hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kullanılarak 48 kanallı Geometrics Geode kayıtcısı ile 48 adet 4,5Hz lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma(stack) yapılmıştır.

İzmir'de kurulan 16 deprem istasyonu zemini (Şekil 4.2-4.17) için bu amaç doğrultusunda Masw yöntemi ile Vs hız dağılımlarının derinlikle değişimi elde edilerek 30 m derinliğe kadar kayma dalga hızları irdelenmiştir.

Tüm istasyonlarda çalışma parametreleri ortak olup

Offset aralığı = 2 m

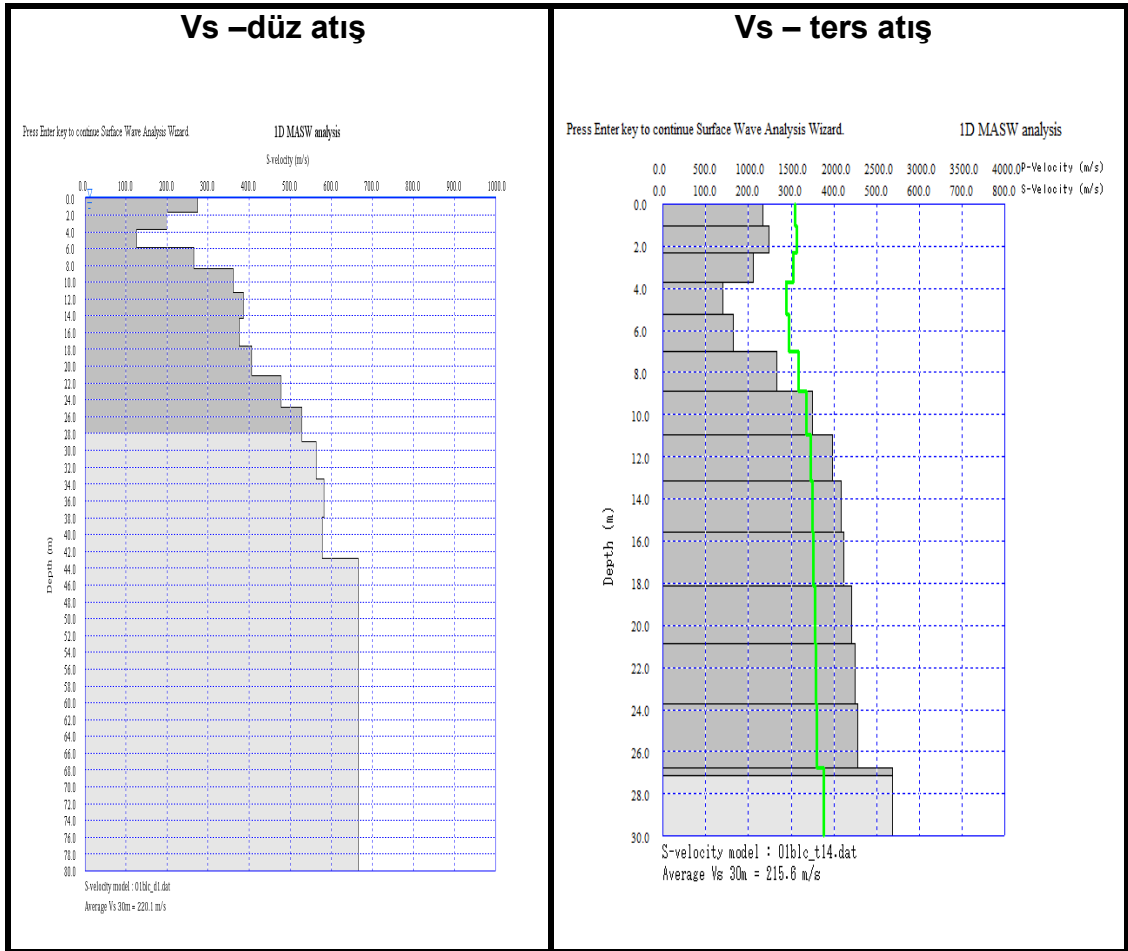
Jeofon aralığı = 2 m

Enerji kaynağı = 50 kg ivmeli balyoz

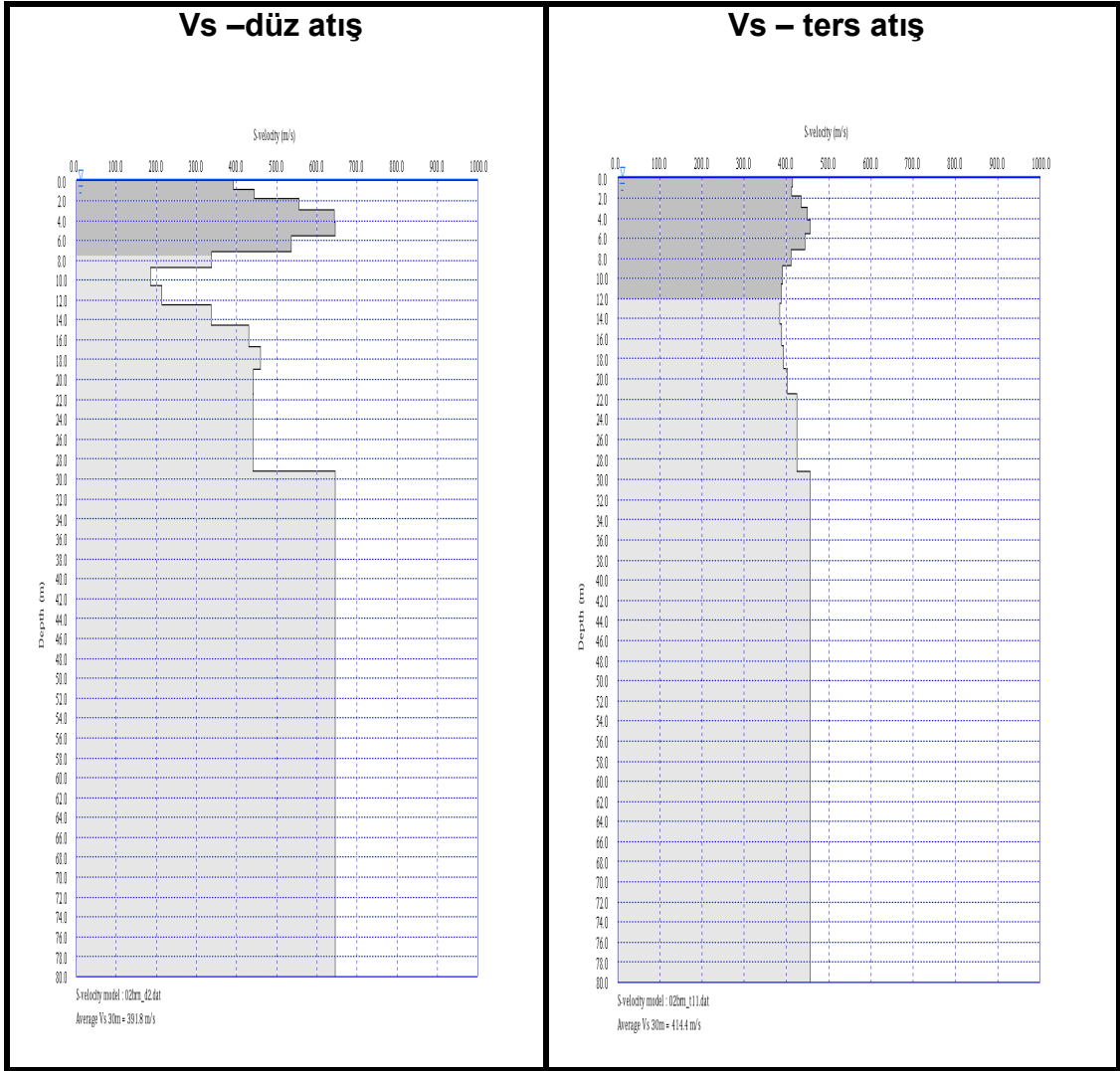
Kayıt uzunluğu = 2 sn

Yığma Sayısı = 3

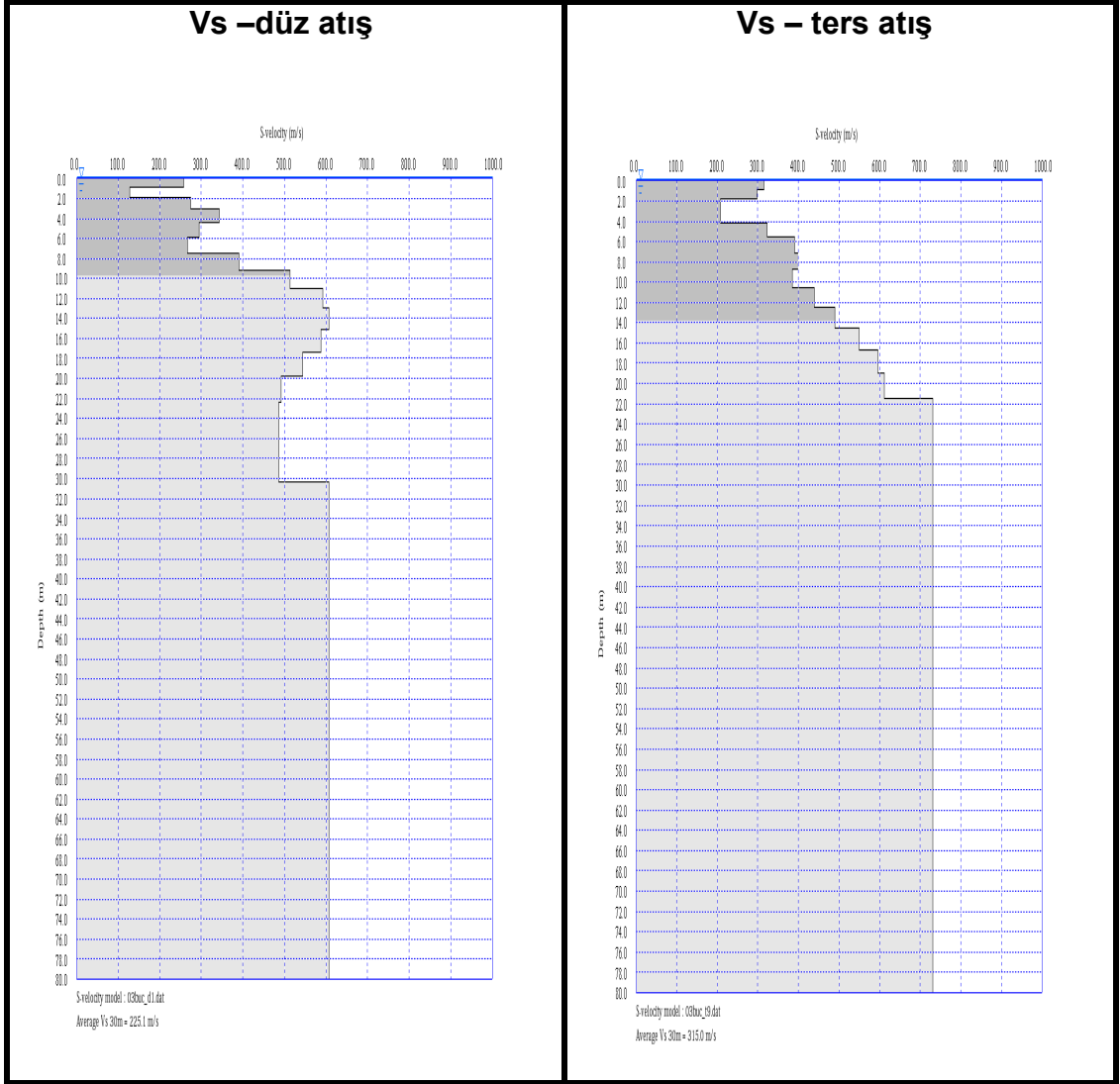
olarak seçilmiştir. Elde edilen VS hız derinlik kesitleri şekil 4.64 - 4.93 te verilmiştir. Ayrıca Vs30 hızlarını kullanarak farklı zemin kriterlerine göre istasyonların bulunduğu bölgeler tanımlanmıştır (Tablo 4.1).



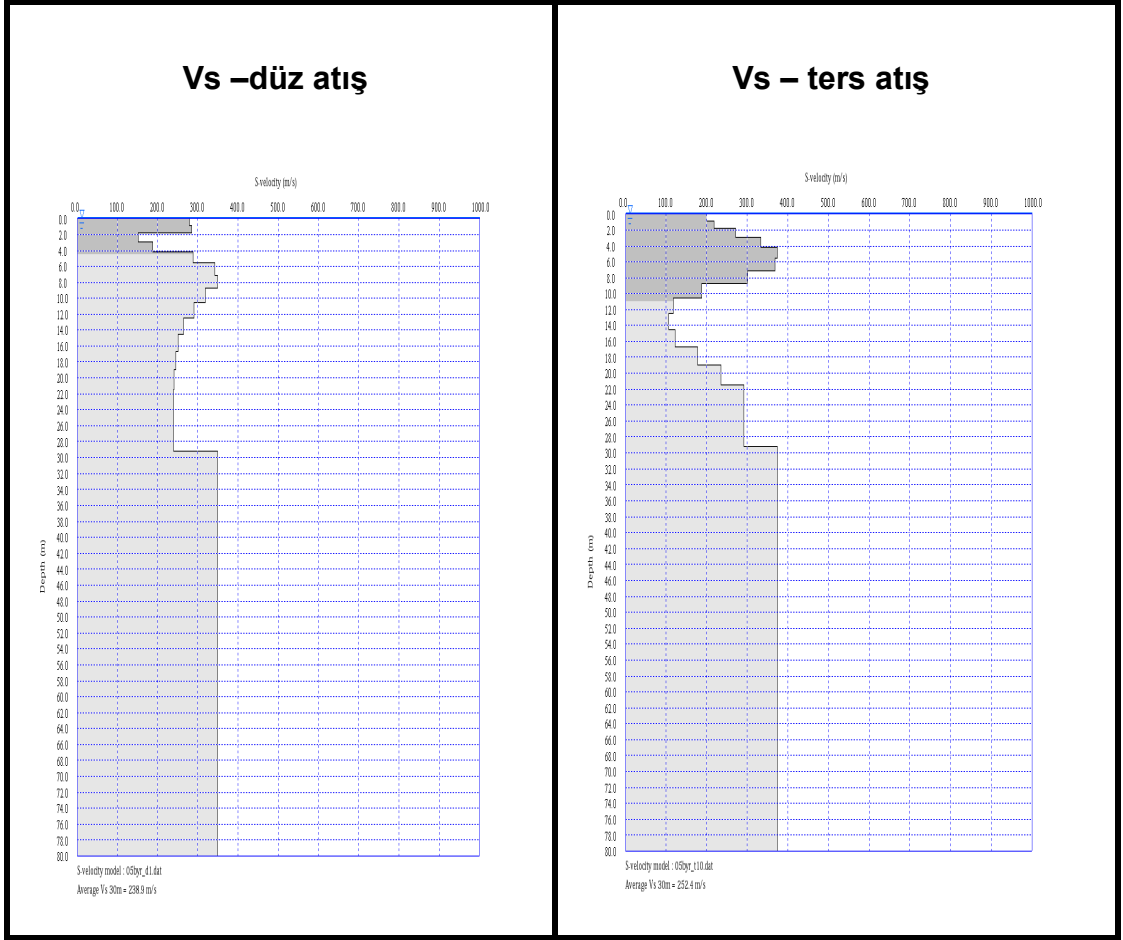
Şekil 4.64 Balçova istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



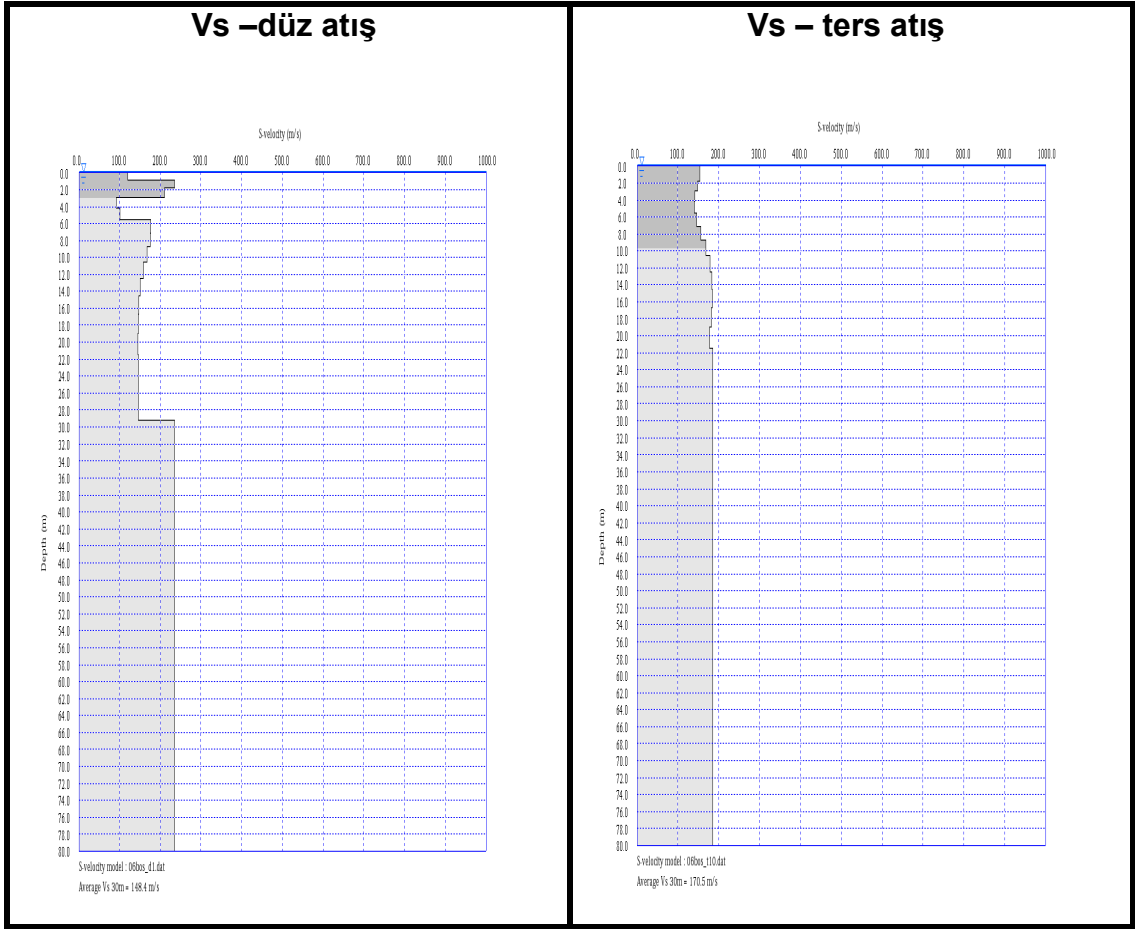
Şekil 4.65 Bornova istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



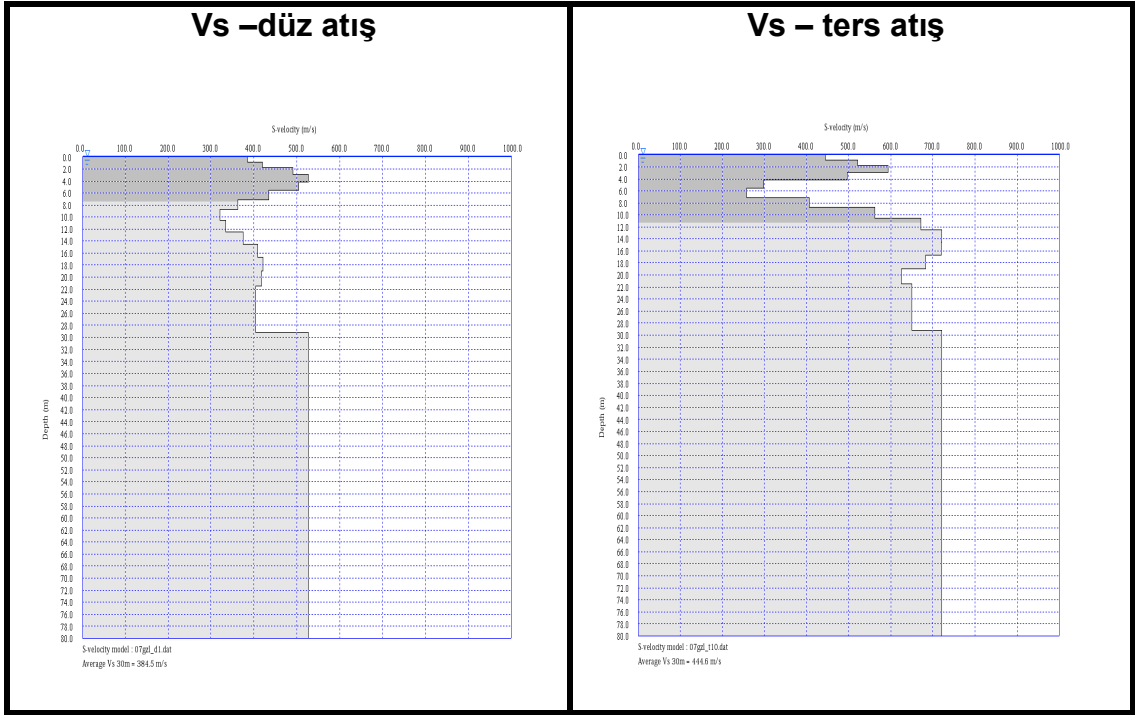
Şekil 4.66 Buca istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



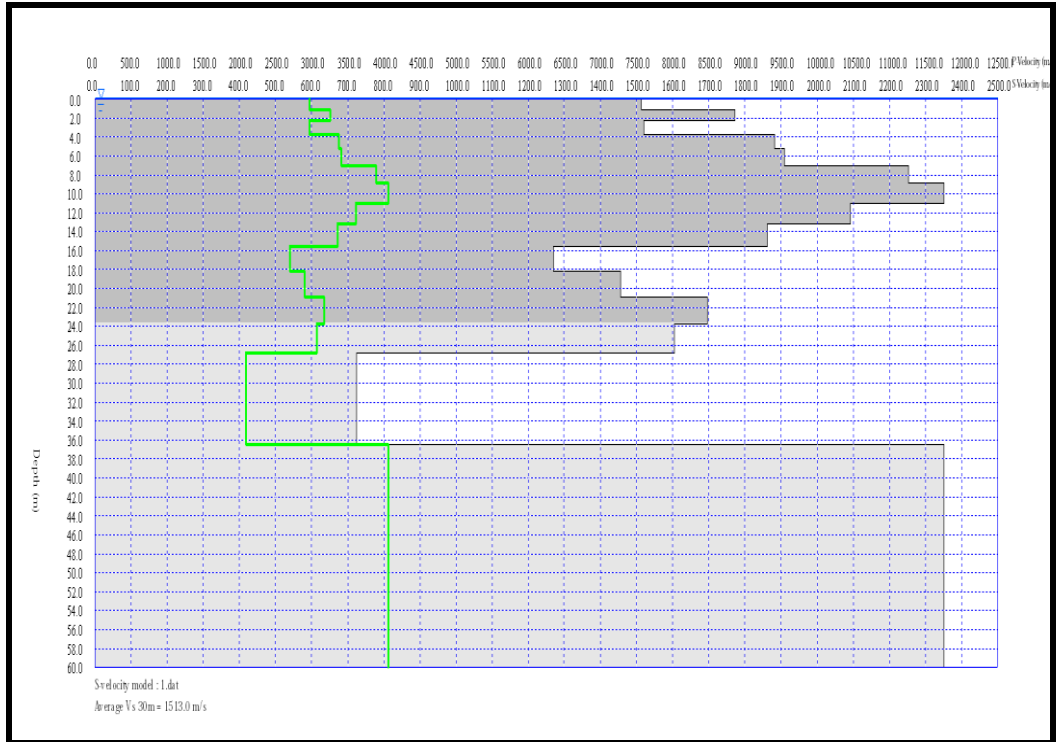
Şekil 4.67 Bayraklı istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



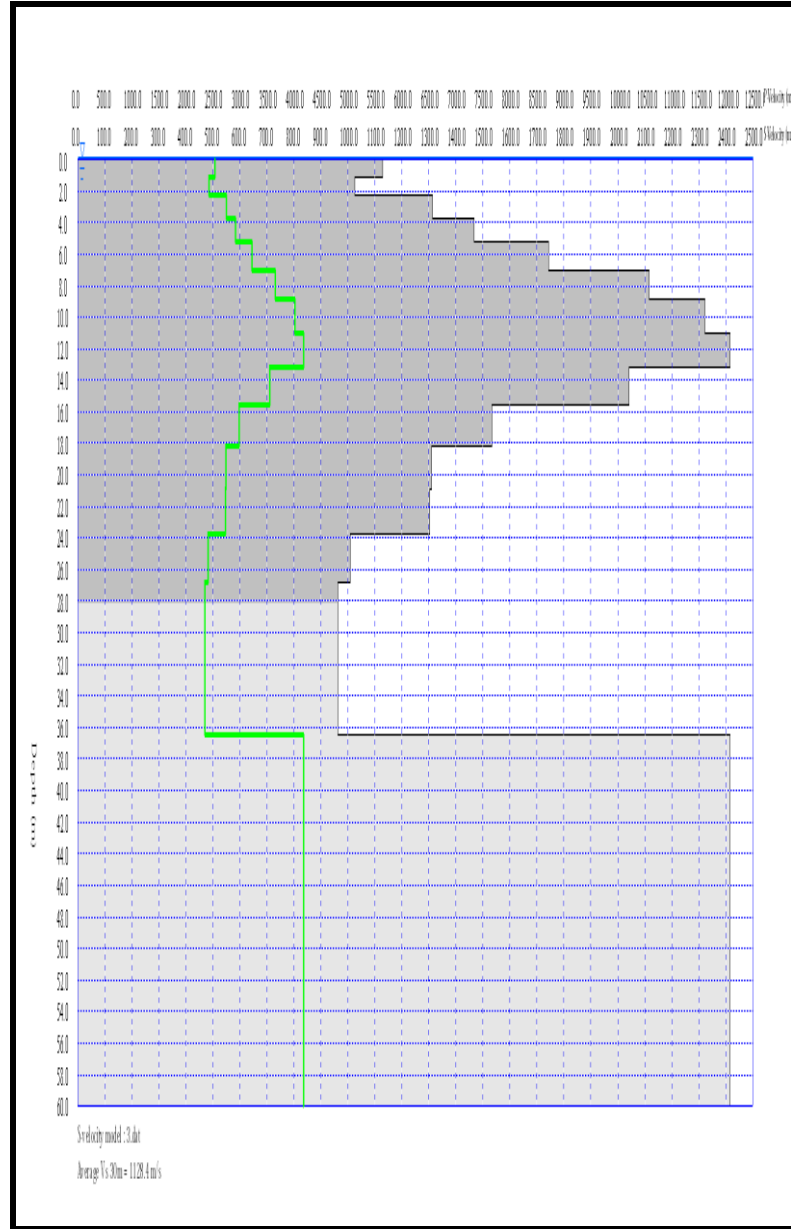
Şekil 4.68 Bostanlı istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



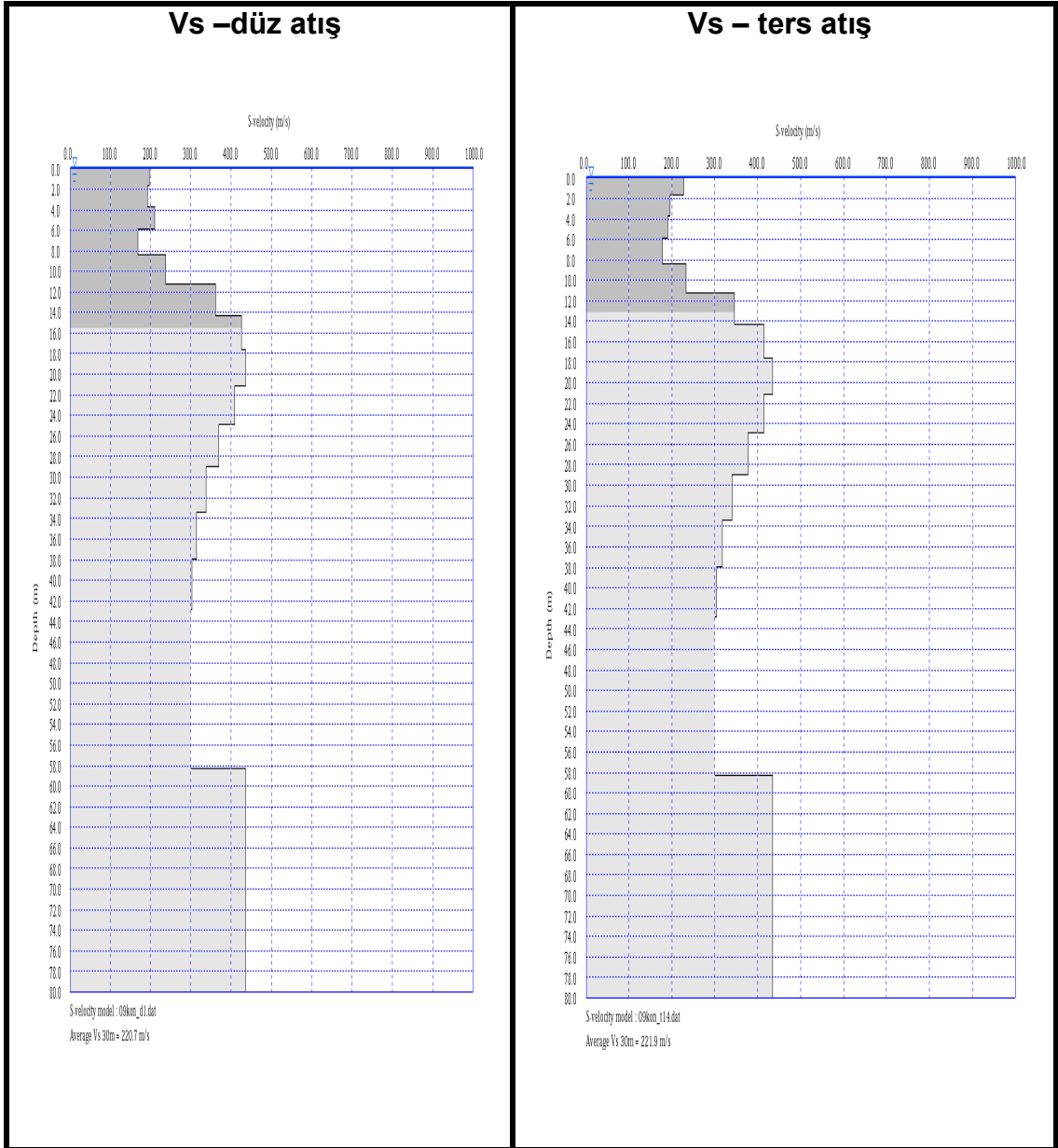
Şekil 4.69 Güzelbahçe istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.70-a Kaynaklar istasyonuna ait düz atış hız-derinlik grafiği



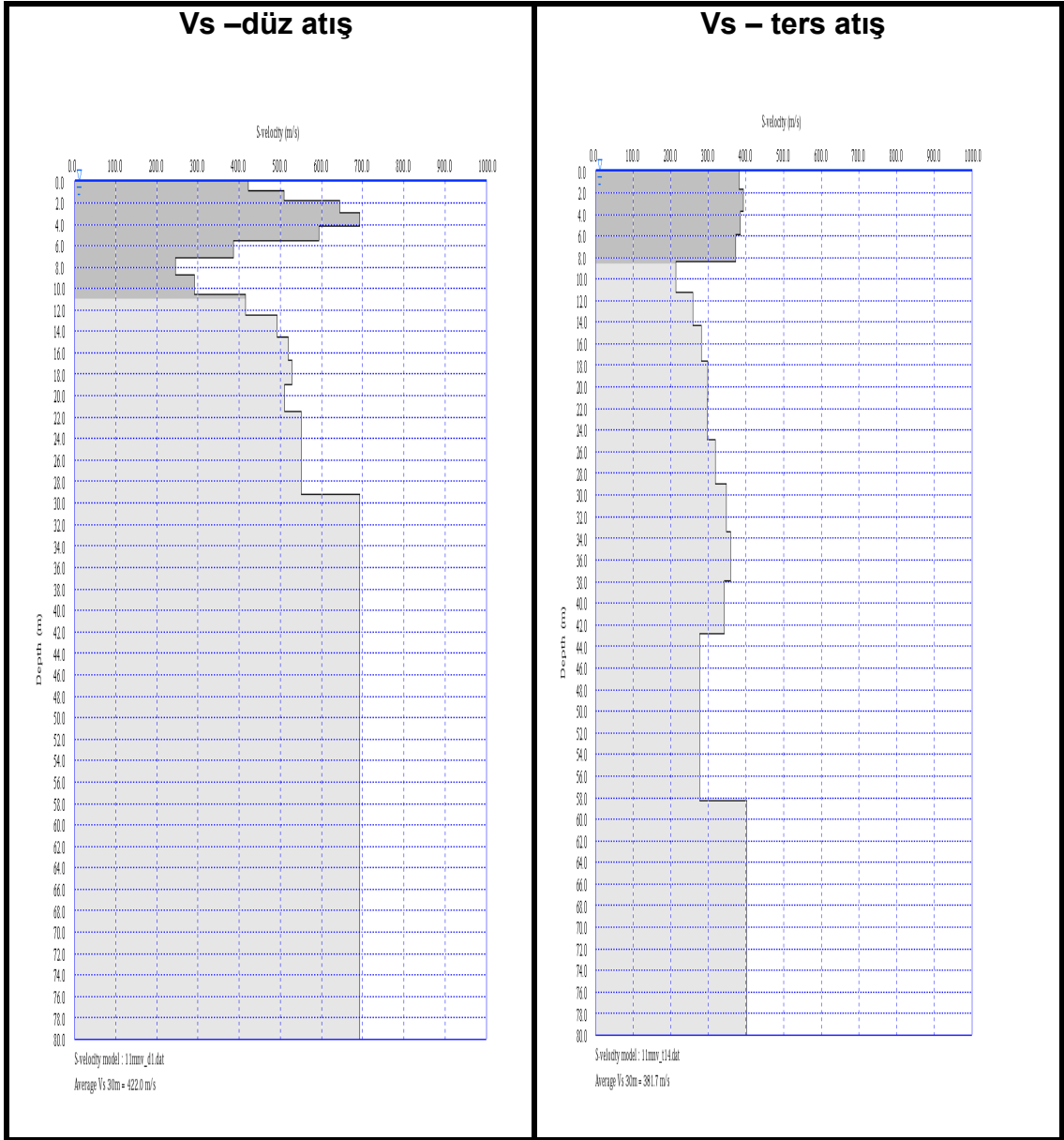
Şekil 4.70-b Kaynaklar istasyonuna ait ters atış hız-derinlik grafiği



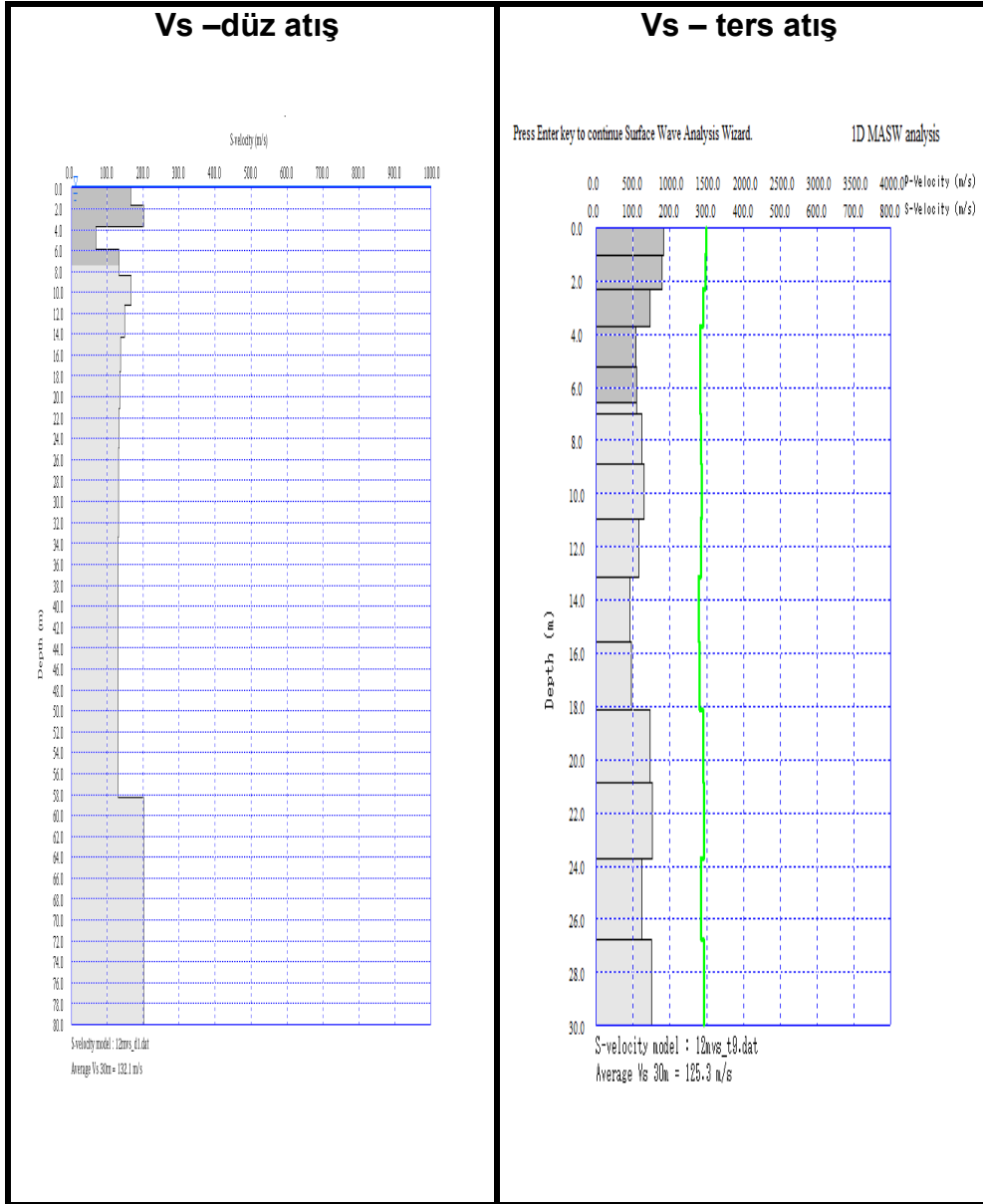
Şekil 4.71 Konak istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



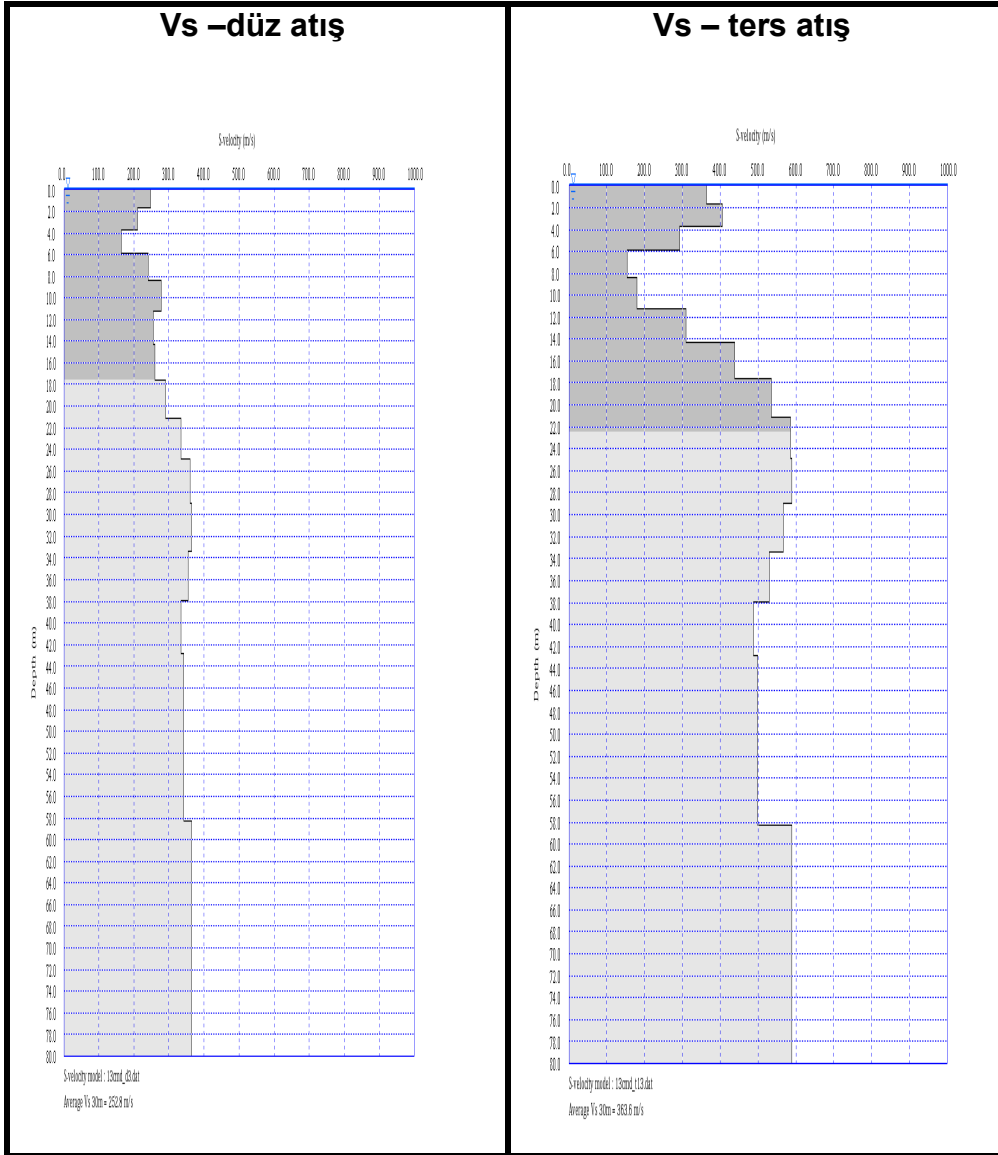
Şekil 4.72 Karşıyaka istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



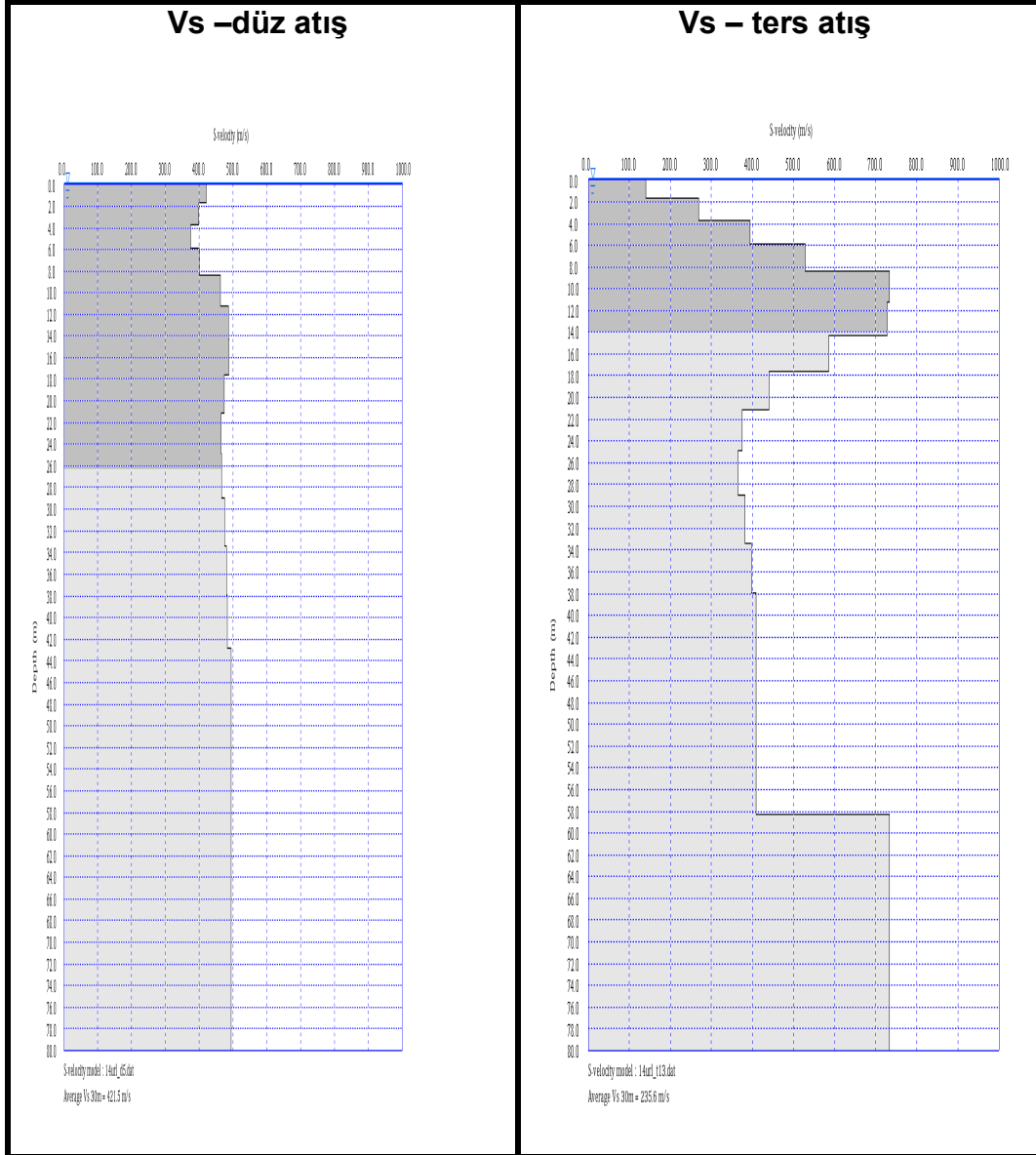
Şekil 4.73 Manavkuyu istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



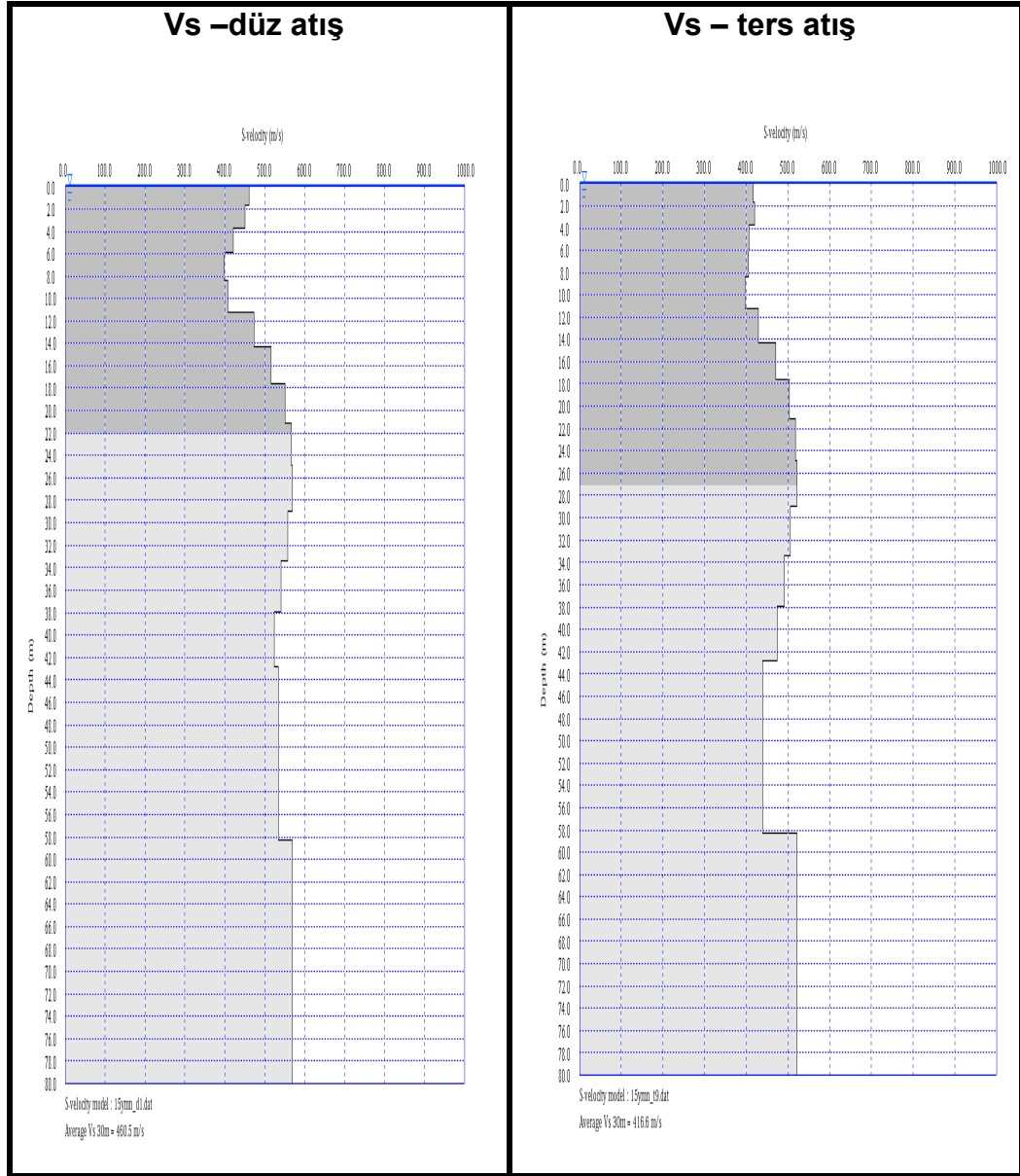
Şekil 4.74 Mavişehir istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



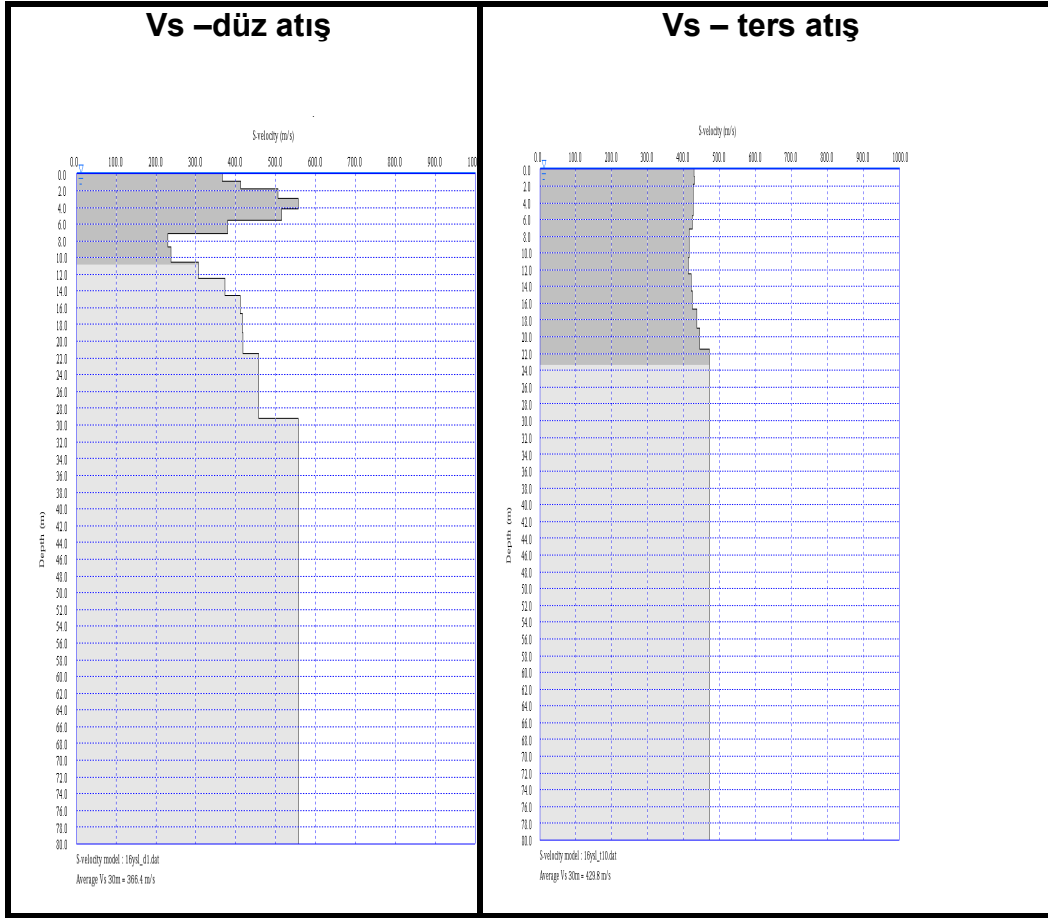
Şekil 4.75 Çamdibi istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.76 Urla istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.77 Yamanlar istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.78 Yeşilyurt istasyonuna ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri

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

İstasyon Adı	NEHRP	EUROCODE 8	ZEMİN GRUBU (2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ)
01 blc	D	C	C2 veya C3
02 brn	C	B	B2, B3 veya C1
03 buc	D	C	C2 veya C3
05 byr	D	C	C2 veya C3
06 bos	F veya E	D	D1, D2 veya D3
07 gzl	C	B	B2, B3 veya C1
08 kyn	B	A	A1, A2 veya A3
09 kon	D	C	C2 veya C3
10 ksk	F veya E	D	D1, D2 veya D3
11 mnv	C	B	B2, B3 veya C1
12 mvs	F veya E	D	D1, D2 veya D3
13 cmd	D	C	B3 veya C2
14 url	D	C	B3 veya C2
15 ymn	C	B	B2, B3 veya C1
16 ysl	C	B	B3 veya C2

4.5 Mikrotremör Çalışmaları

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 (Şekil 4.79-a,b,c,d ve e). 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 4.2) 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.





b)



c)



d)

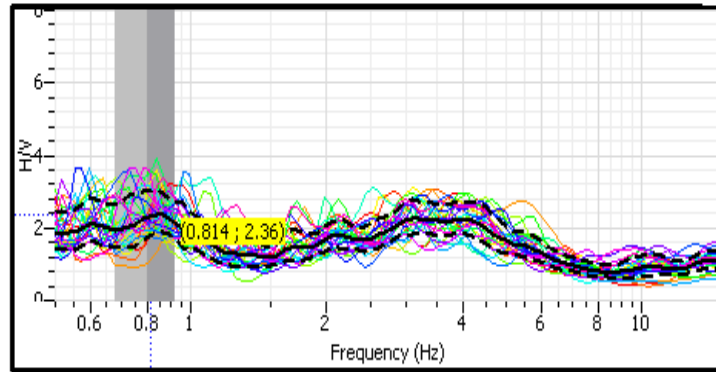


e)

Şekil 4.79 İstasyonlarda gerçekleştirilen Mikrotremör ölçümlerinden görünüm (a-03_BUC istasyonu, b-06_BOS istasyonu, c-10_KSK istasyonu, d-12_MVS istasyonu, e- 16_YSL istasyonu)

4.5.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

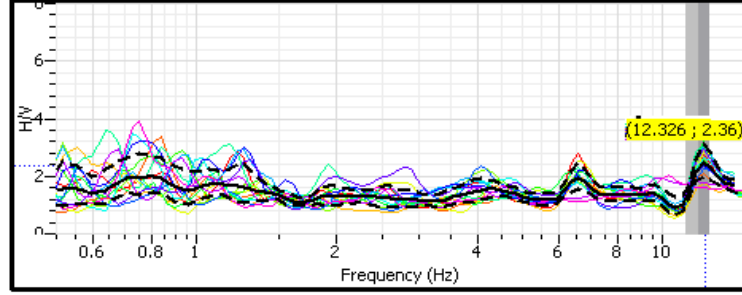
Deniz Bilimleri Enstitü'sünde 503964-4251438 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.80 Balçova istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)

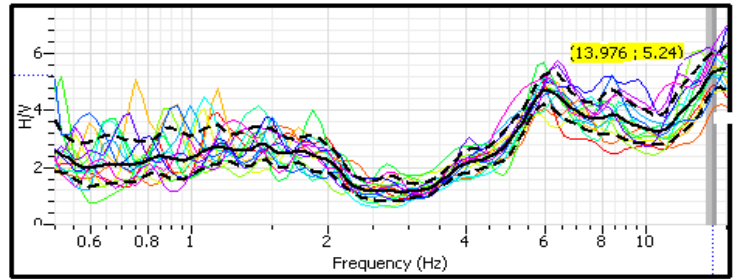
522409-4252819 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.81 Bornova istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.3 Buca İstasyonu (03_BUC)

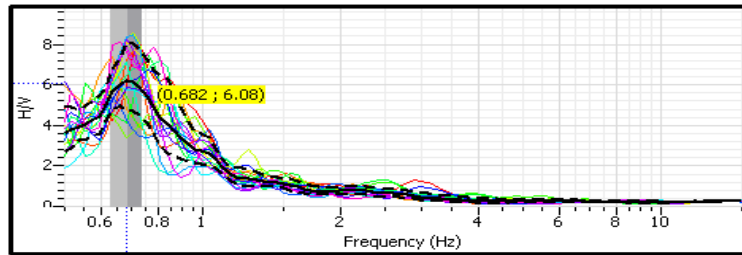
513262-4250534 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır



Şekil 4.82 Buca istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.4 Bayındırlık İstasyonu (04_BYN)

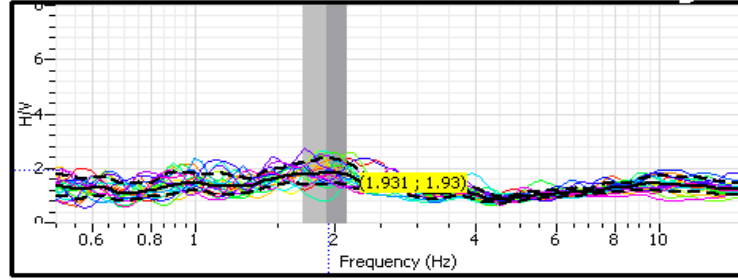
514618-4256874 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.83 Bayındırlık istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.5 Bayraklı İstasyonu (05_BYR)

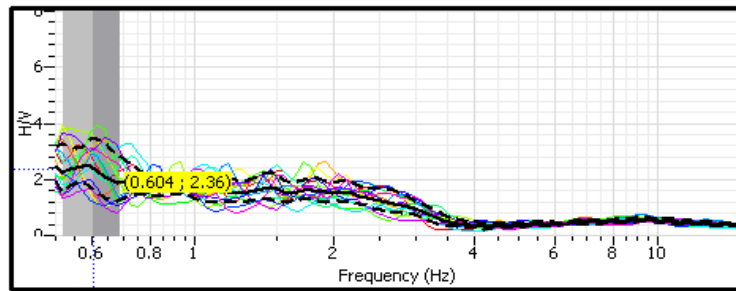
513753-4258846 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.84 Bayraklı istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.6 Bostanlı İstasyonu (06_BOS)

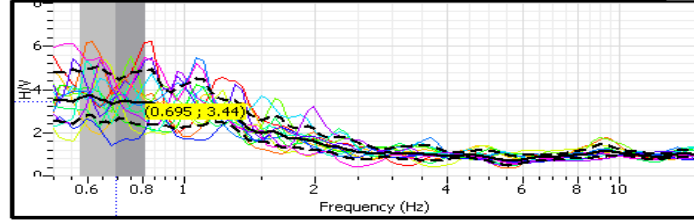
508314-4257610 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.85 Bostanlı istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.7 Güzelbahçe İstasyonu (07_GZL)

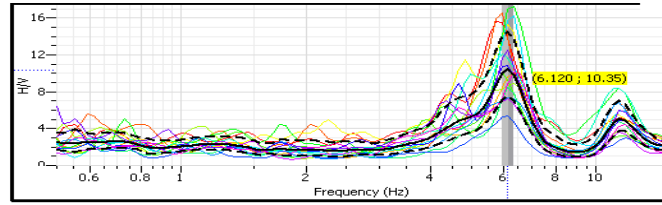
490449-4247276 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.86 Güzelbahçe istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirme

4.5.8 Kaynaklar İstasyonu (08_KYN)

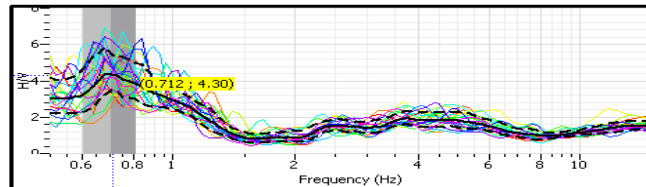
N38.37560 E27.19364 koordinatlarında 20 dk süren mikrotremör ölçümü alınmıştır. Ölçüm CMG-6TD hız ölçer cihazla 100Hz örnekleme aralığı seçilerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.87 Kaynaklar istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirme

4.5.9 Konak İstasyonu (09_KON)

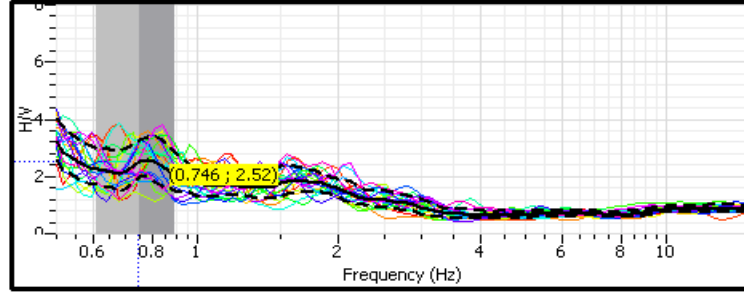
512874-4253697 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.88 Konak istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirme

4.5.10 Karşıyaka İstasyonu (10_KSK)

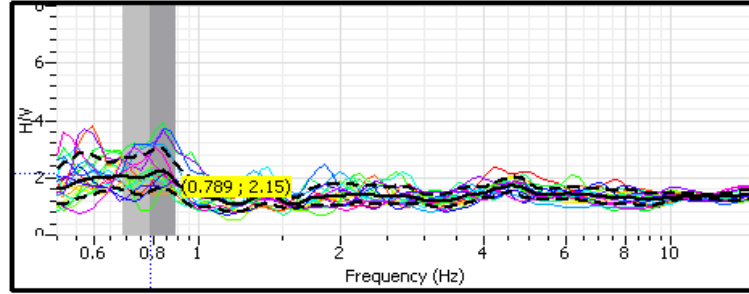
509699-4256272 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.89 Karşıyaka istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.11 Manavkuyu İstasyonu (11_MNV)

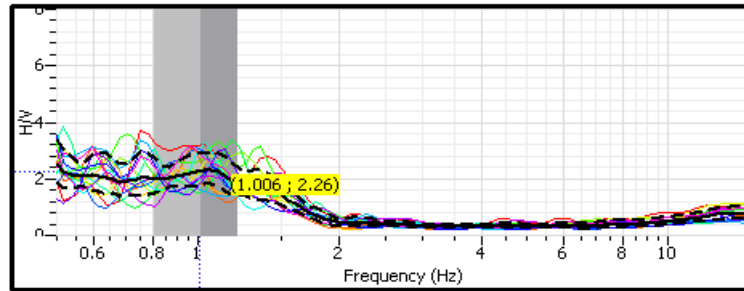
518514-4259053 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.90 Manavkuyu istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.12 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)

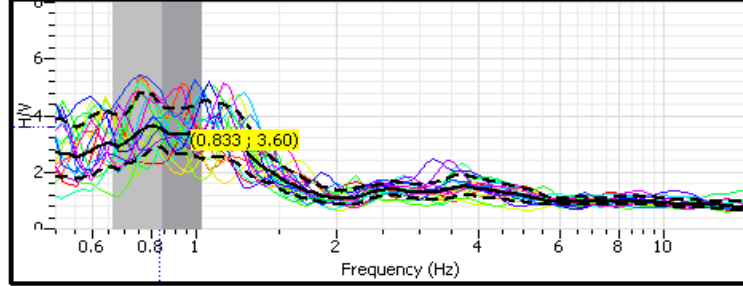
506745-4257958 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır.



Şekil 4.91 Mavişehir istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.13 *Çamdibi İstasyonu (13_CMD)*

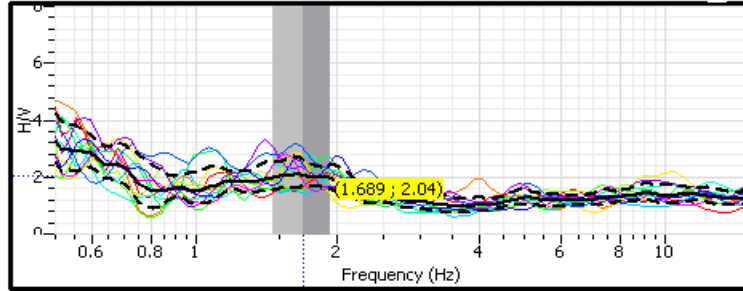
517398-4254367 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır



Şekil 4.92 Çamdibi istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.14 *Urla İstasyonu (14_URL)*

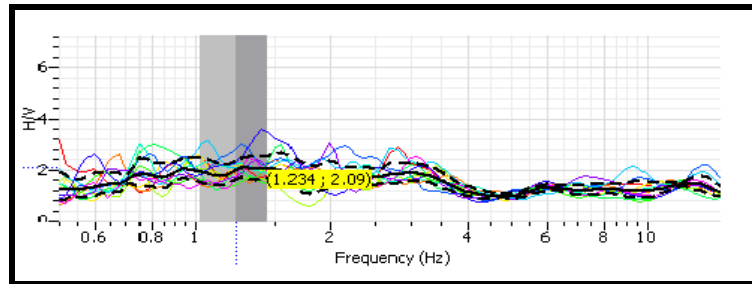
479905-4242502 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır



Şekil 4.93 Urla istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.15 *Yamanlar İstasyonu (15_YMN)*

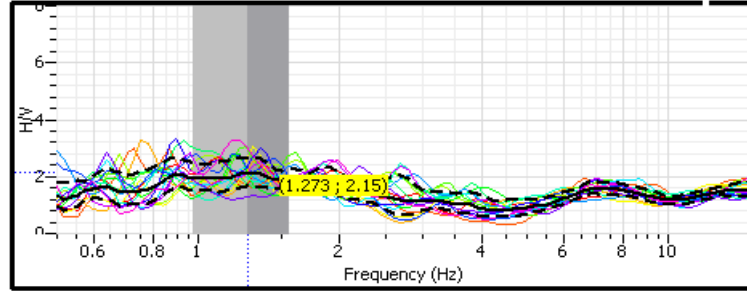
509414-4261069 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır



Şekil 4.94 Yamanlar istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

4.5.16 Yeşilyurt İstasyonu (16_YSL)

509492-4247314 UTM koordinatlarında 30 dk süreli mikrotremör ölçümü alınmıştır



Şekil 4.95 Yeşilyurt istasyonu mikrotremör ölçümü değerlendirilmesi

Tablo 4.2 Tüm İstasyonların 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
02_BRN	12.326	0.081129	2.36	Z1	B
03_BUC	13.976	0.071551	5.24	Z1	A
04_BYN	0.682	1.466276	6.08	Z4	E
05_BYR	1.931	0.517866	1.93	Z3	D
06_BOS	0.604	1.655629	2.36	Z4	E
07_GZL	0.695	1.438849	3.44	Z4	E
08_KYN	6.12	0.163399	10.35	Z1	C
09_KON	0.712	1.404494	4.3	Z4	E
10_KSK	0.746	1.340483	2.52	Z4	E
11_MNV	0.789	1.267427	2.15	Z4	E
12_MVS	1.006	0.994036	2.26	Z4	E
13_CMD	0.833	1.20048	3.6	Z4	E
14_URL	1.689	0.592066	2.04	Z3	D
15_YMN	1.234	0.810373	2.09	Z4	E
16_YSL	1.273	0.785546	2.15	Z4	E

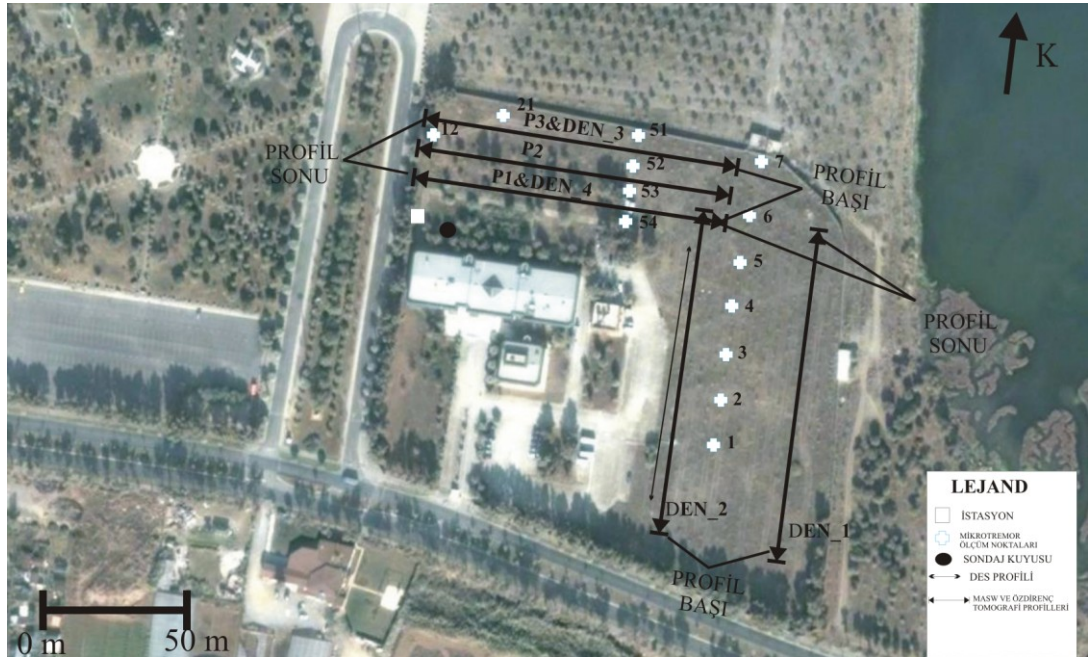
4.6 Genişletilmiş Çalışmalar

16 istasyon için yapılan uygulamalı jeofizik çalışmalardan elde edilen ilk değerlendirme sonuçlarına göre İzmir'in farklı 3 bölgesinde 3 istasyon zemininde ayrıntılı jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonlar sırası ile 01_BLC, 02_BRN ve 12_MVS kod adlarıyla gösterilen Balçova, Bornova ve Mavişehir istasyonlarıdır.

Söz konusu bu istasyonların konumlandırıldıkları noktalara en yakın arazi alanları içerisinde Masw, öz direnç tomografi ve Mikrotremor ölçümleri alınmıştır.

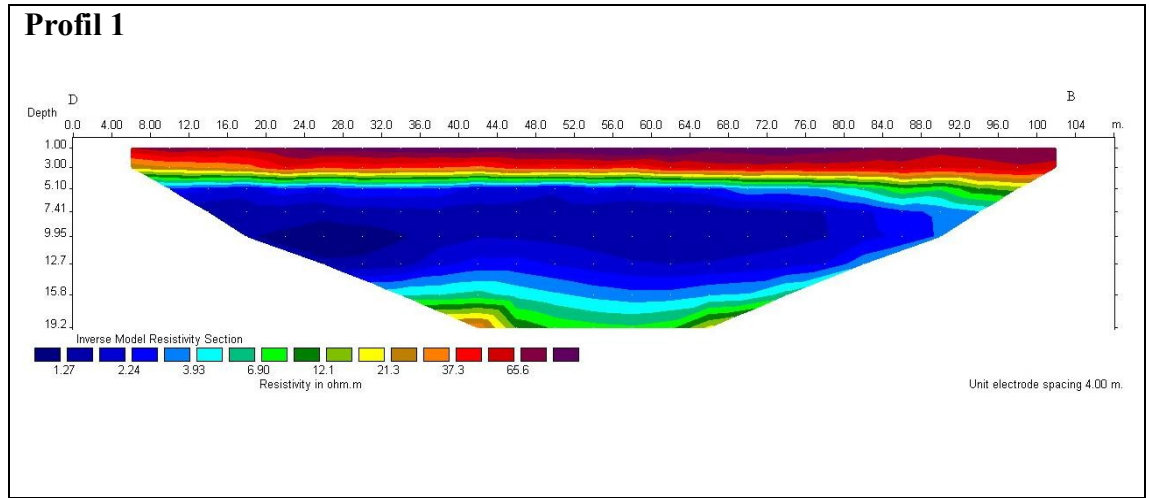
4.6.1 Balçova İstasyonu (01_BLC)

BLC (Balçova) istasyon zemininde D-B yönlü 3 profil üzerinde öz direnç tomografi çalışmaları, 4 ayrı noktada MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ve 13 ayrı noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.96) .

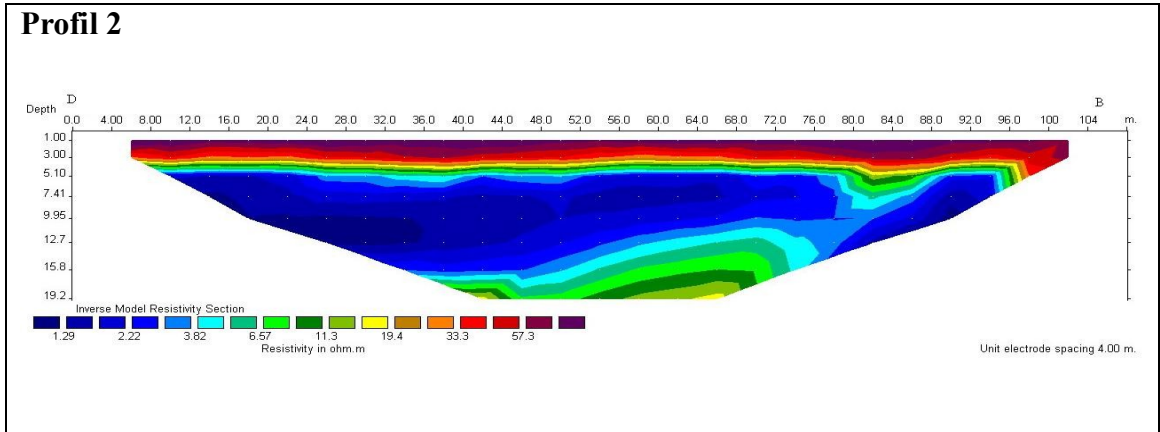


Şekil 4.96 BLC istasyon zemininde (Deniz Bilimleri Enstitü Binası'nda yapılan jeofizik çalışmaların profilleri.

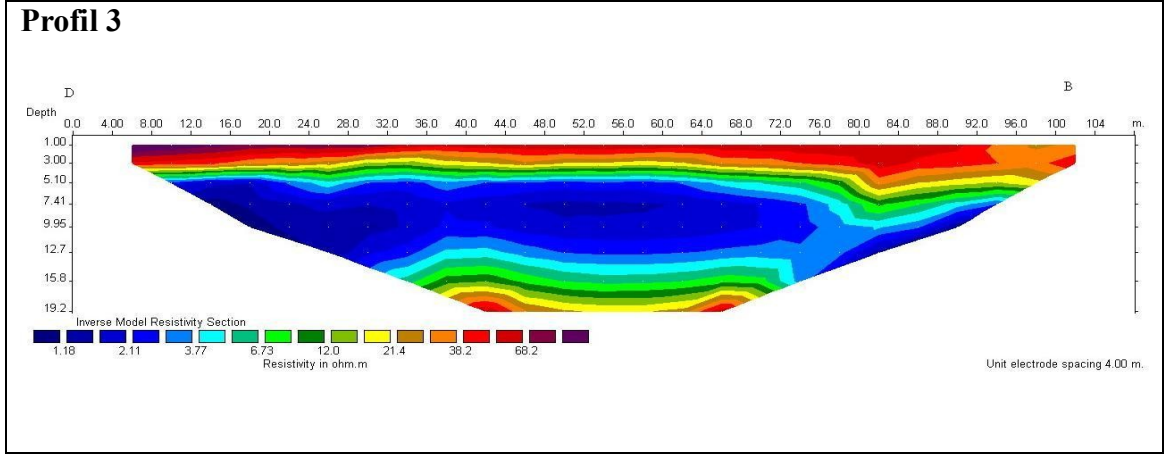
Balçova istasyonunda uygulanan genişletilmiş çalışmaların ilki öz direnç tomografi yöntemidir. Öz direnç tomografi çalışmalarında amaç yanal ve düşey yönlü yapısal değişimleri belirlemektir. Çalışmalarda 12 volt - 125 amper enerji kaynağı, 4m örnekleme aralığı ile 28 adet elektrot (108 m profil uzunluğu) kullanılarak, D-B yönlü birbirine paralel 3 profil üzerinde (P1, P2 ve P3) Wenner-Schlumberger elektrod dizilim sistemi seçilerek ölçüler alınmıştır. Veriler RES2DINV bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.97-4.99).



Şekil 4.97 Profil-1 Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları

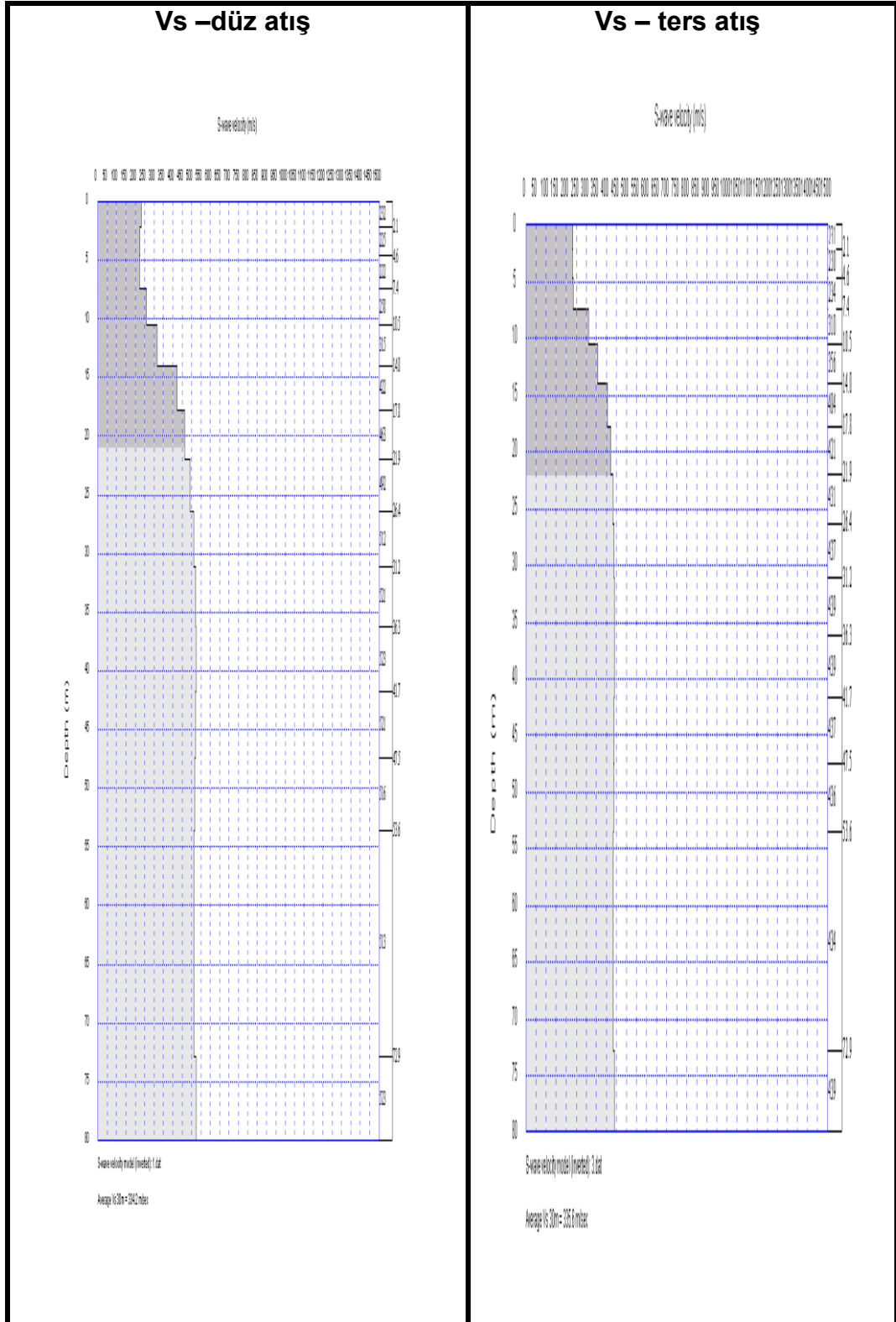


Şekil 4.98 Profil-2 Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları

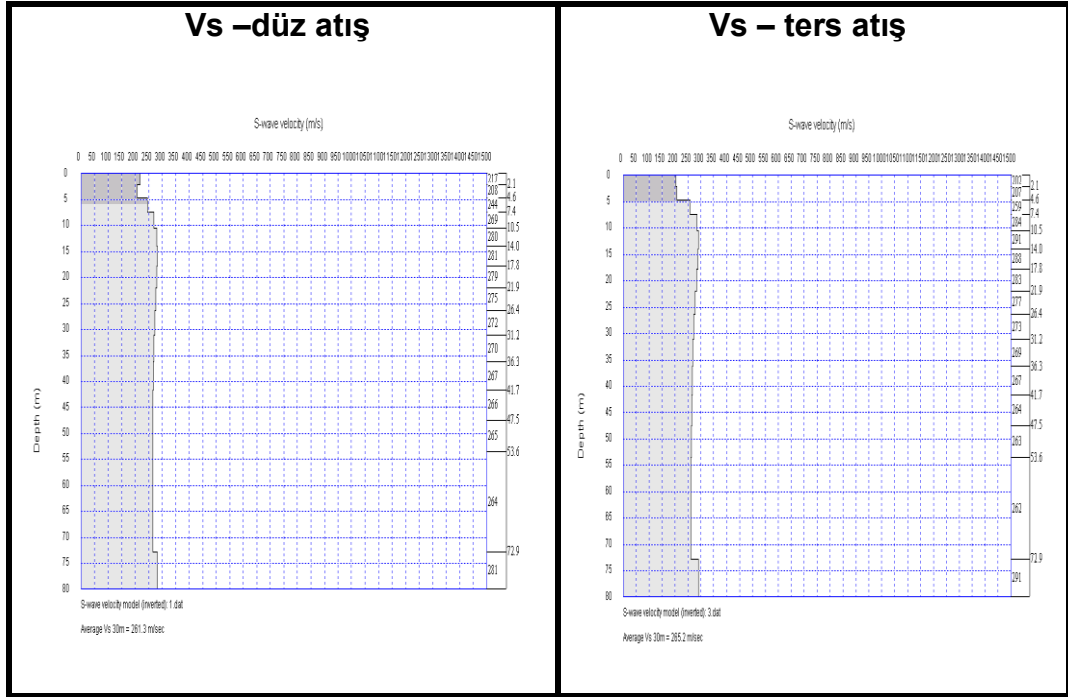


Şekil 4.99 Profil-3 Özdirenç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları

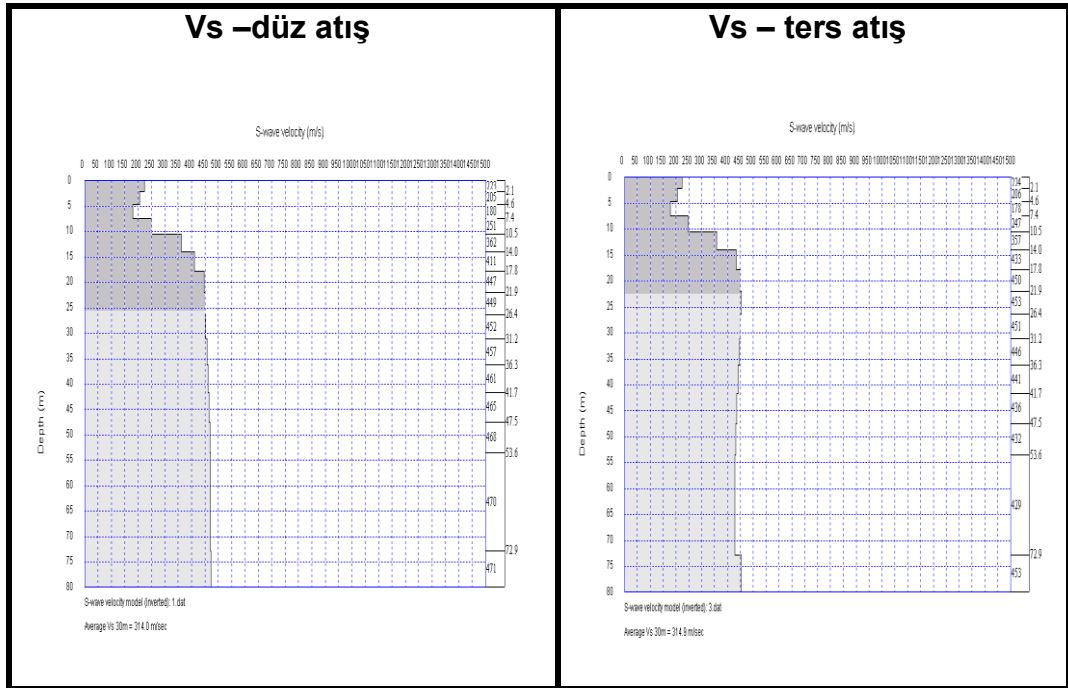
İstasyonda uygulanan bir diğer yöntem de MASW çalışmalarıdır. MASW çalışmalarında amaç S-dalga hızı derinlik profil bilgileri ile Vs30 hızlarının elde edilmesidir. Bunun için hidrolik balyoz (100 lb) ve/veya balyoz (8kg) kaynak kullanılarak 24 kanallı Geometrics Geode kayıtcısı ile 24 adet 4,5Hz lik jeofonlar ile kayıtlar alınmıştır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma(stack) yapılmıştır (Şekil 4.100-4.103).



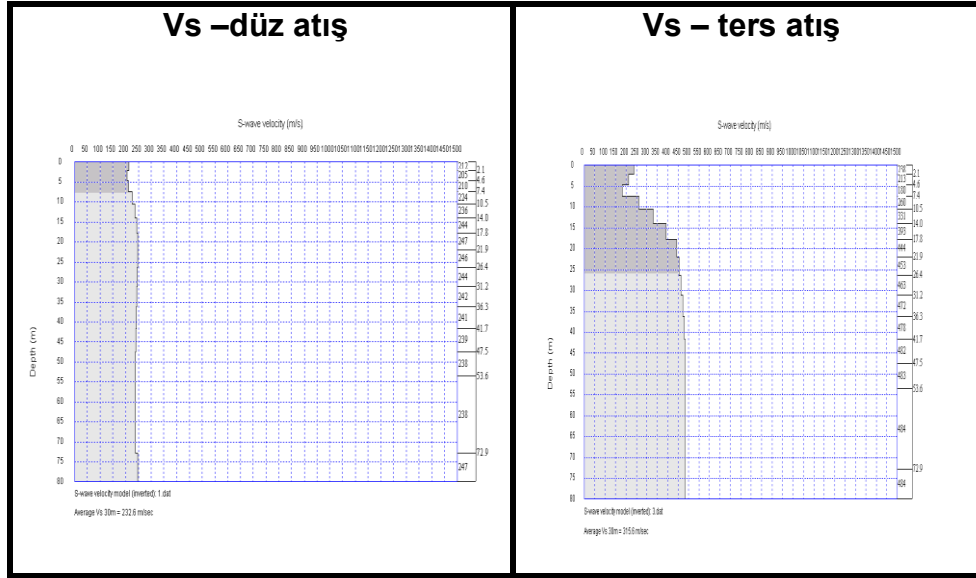
Şekil 4.100 DEN-1 MASW değerlendirme sonucu.



Şekil 4.101 DEN-2 MASW değerlendirme sonucu.



Şekil 4.102 DEN-3 MASW değerlendirme sonucu.



Şekil 4.103 DEN-4 MASW değerlendirme sonucu.

MASW verilerinin analizleri Frekans-Dalga sayısı (FK) analizi olarak bilinen yöntemle yapılmıştır (Capon 1969, Stokoe ve diğ., 1994, Park ve diğ., 1999;). Bu analiz ile elde edilen dispersiyon eğrilerinin temel özelliğine bakıldığında yüksek frekanslardaki (5-15 Hz) faz hızı değişimlerinin sığ derinliklerdeki (< 30-40 m) S-dalga hızlarının elde edilmesine yönelik bilgi sağladığı görülmektedir. MASW verileri bilgisayar ortamında Seisimager yazılımı kullanılarak her MASW noktasında derinliğe bağlı S dalga hızları ile Vs30 hız değerleri elde edilmiştir.

Ayrıca, NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmelikleri'ne göre hesaplanan zemin sınıflama kriteri sınıflama sonuçları Tablo-4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 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	334.2	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_2	1.DAT	261.3	D	C	C2 veya C3
BALÇOVA	DEN_3	1.DAT	314	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_4	1.DAT	232.6	D	C	C2 veya C3
BALÇOVA	DEN_1	3.DAT	335.6	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_2	3.DAT	265.2	D	C	C2 veya C3
BALÇOVA	DEN_3	3.DAT	314.9	D	C	B3 veya C2
BALÇOVA	DEN_4	3.DAT	315.6	D	C	B3 veya C2

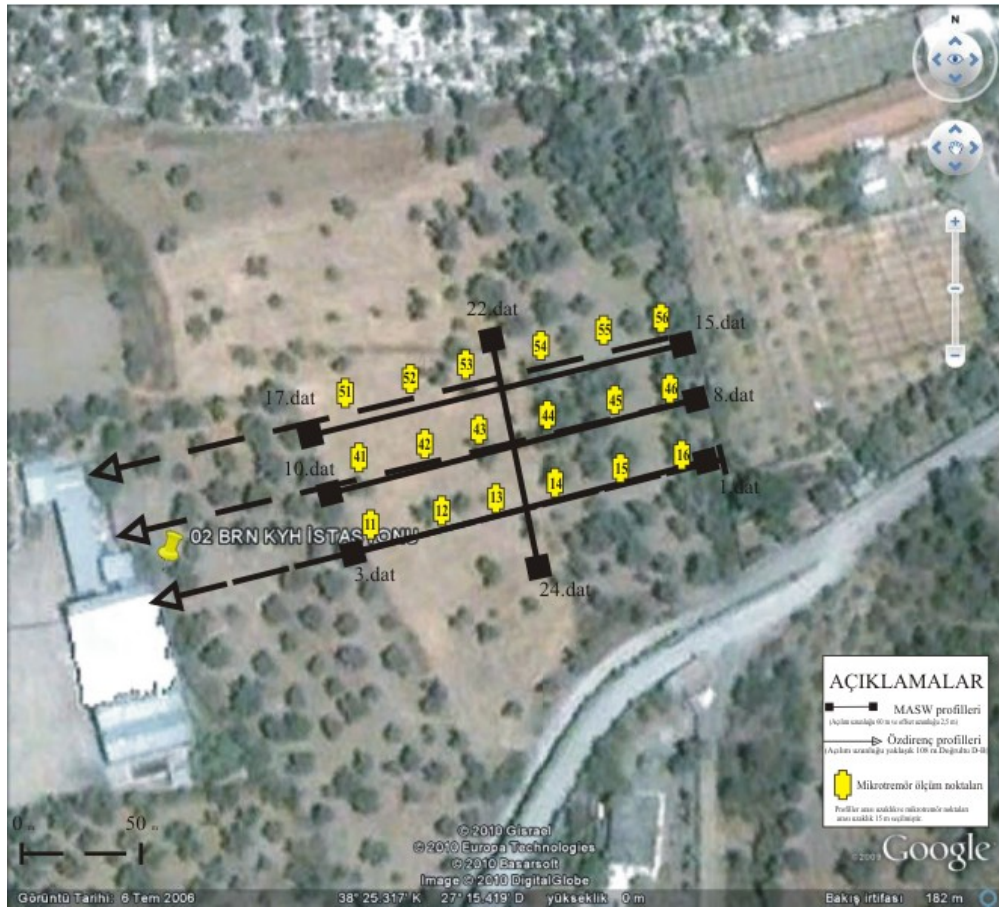
Son olarak Balçova istasyonu için Mikrotremör çalışmaları yapılmıştır. Mikrotremör çalışmalarında hem ekonomik hem de hızlı bir teknik olması nedeniyle tek istasyon Mikrotremör yöntemi kullanılmıştır (Nogoshi, 1970). Kayıtlar Guralp Systems üç bileşenli CMG-6TD ile (Kayıt uzunluğu çalışılan alanın gürültü seviye durumuna göre 15 ile 30 dk arasında, örnekleme aralığı da 100 Hz) 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 4.4) ile bu periyot değerlerine karşılık gelen yatay-düşey genlik büyütme oranları saptanmıştır (Field ve Jacob, 1995). Ayrıca Nakamura Tekniği kullanılarak sismik vulnerability indeks (Kg) değerleri de (deformasyonun bir ölçüsü) saptanmıştır.

Tablo 4.4 Mikrotremör Değerlendirme Sonuçları.

NOKTA NO	VULNERABİLİTY İNDEKSİ	YEREL ZEMİN SINIFI	MAXIMUM PERİYOT (T)(SN)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)
1	15.558953	Z4	1.37	3.37
2	8.692256	Z4	1.46	2.44
3	10.664217	Z4	1.37	2.79
4	9.49365	Z4	1.46	2.55
5	21.916044	Z4	1.71	3.58
6	2.208492	Z1	0.27	2.86
7	1.288225	Z1	0.25	2.27
12	2.708188	Z1	0.28	3.11
21	10.6434	Z4	1.46	2.7
51	13.14	Z4	1.46	3
52	2.697725	Z1	0.29	3.05
53	2.063484	Z2	0.31	2.58
54	1.339754	Z1	0.26	2.27

4.6.2 Bornova İstasyonu (02_BRN)

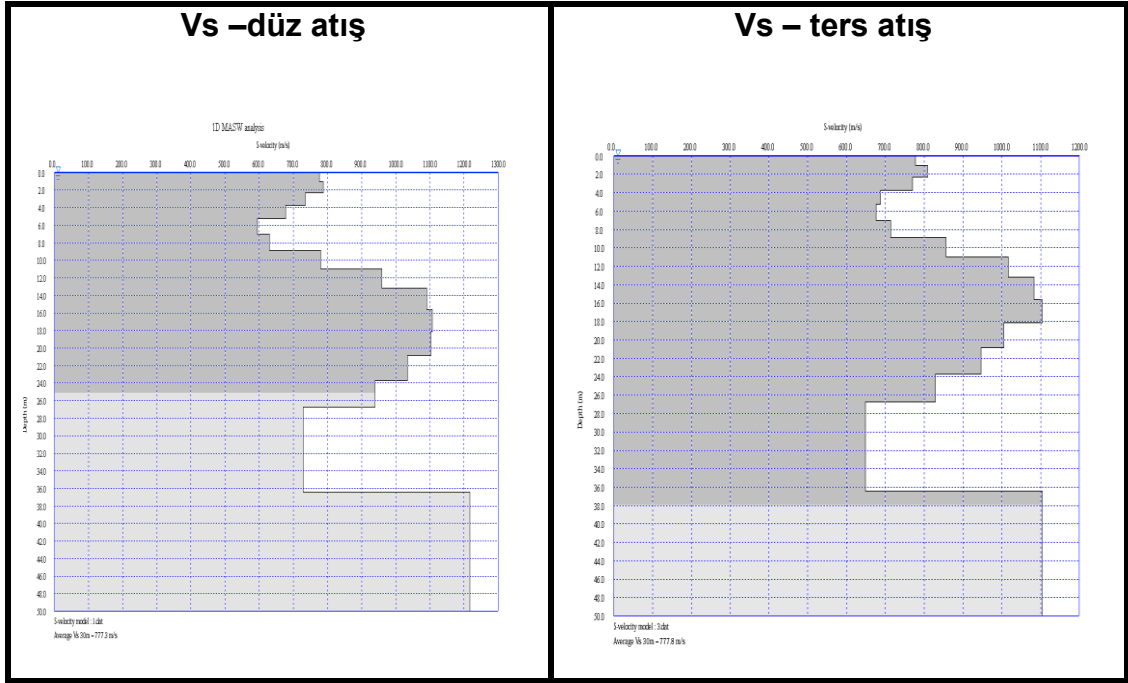
Bornova (02_BRN) istasyonunun doğusunda kalan arazide 4 profil Masw, 3 profil tomografi ve 18 noktada Mikrotremor ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Masw uygulamaları D-B yönlü birbirine paralel 3 profil üzerinde ve diğer 3 profilin merkezlerinden geçen K-G yönlü bir profil üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özdirenç tomografi profilleri MASW profilleri üzerinde D-B yönlü olacak şekilde uzanmıştır. Son olarak aynı profiller üzerinde her profilde 6 nokta olacak şekilde toplam 18 noktada mikrotremör ölçümleri alınmıştır (Şekil 4.104).



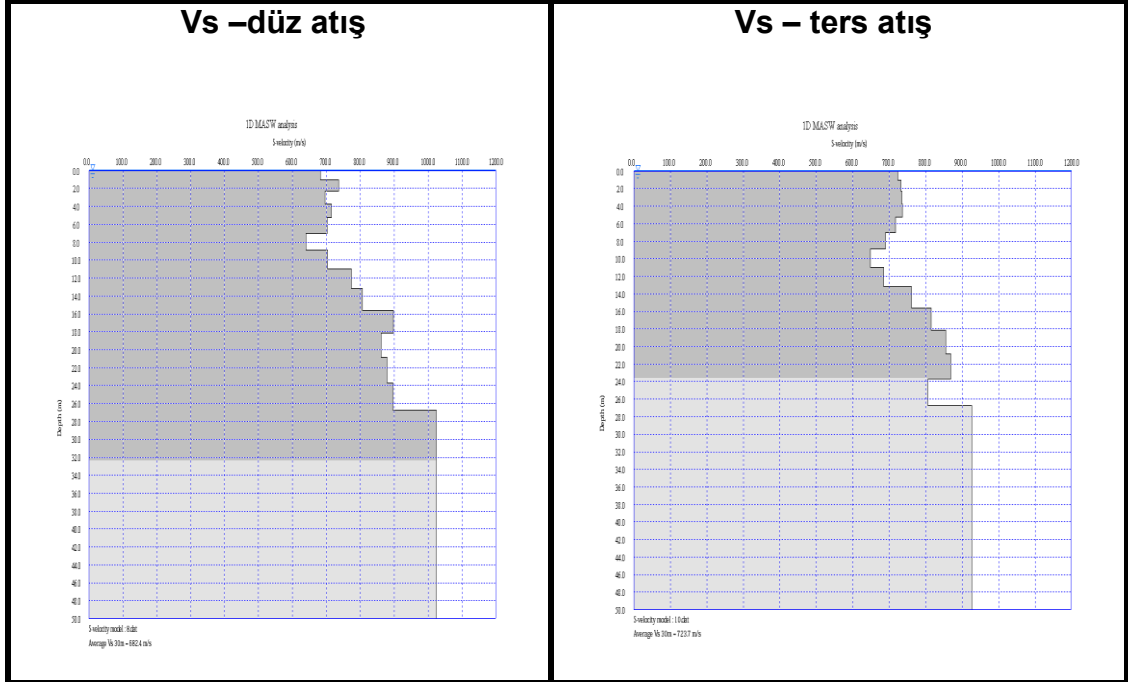
Şekil 4.104 Bornova istasyonunda yapılan genişletilmiş çalışmalar uydu görüntüsü

İstasyonda uygulanan ilk yöntem MASW çalışmalarıdır. Ölçülerde 2sn kayıt uzunluğu ve 1 msn örnekleme aralığı kullanılmıştır. Atışlar açılımın baş, orta ve sonundan olmak üzere her ölçüm noktasında 3 adet ölçüm ve her ölçüye ait 3 yığma (stack) yapılmıştır. 4.5 Hz'lik 24 jeofon kullanılıp, profil aralıkları 10 metre, jeofon aralıkları 2,5 metre ve offset uzaklığı 2,5 metre olarak seçilmiştir (Şekil 4.104).

MASW verileri bilgisayar ortamında Seisimager yazılımı kullanılarak her MASW noktasında derinliğe bağlı S dalga hızları ile Vs30 hız değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.105 Profil 1'e ait düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



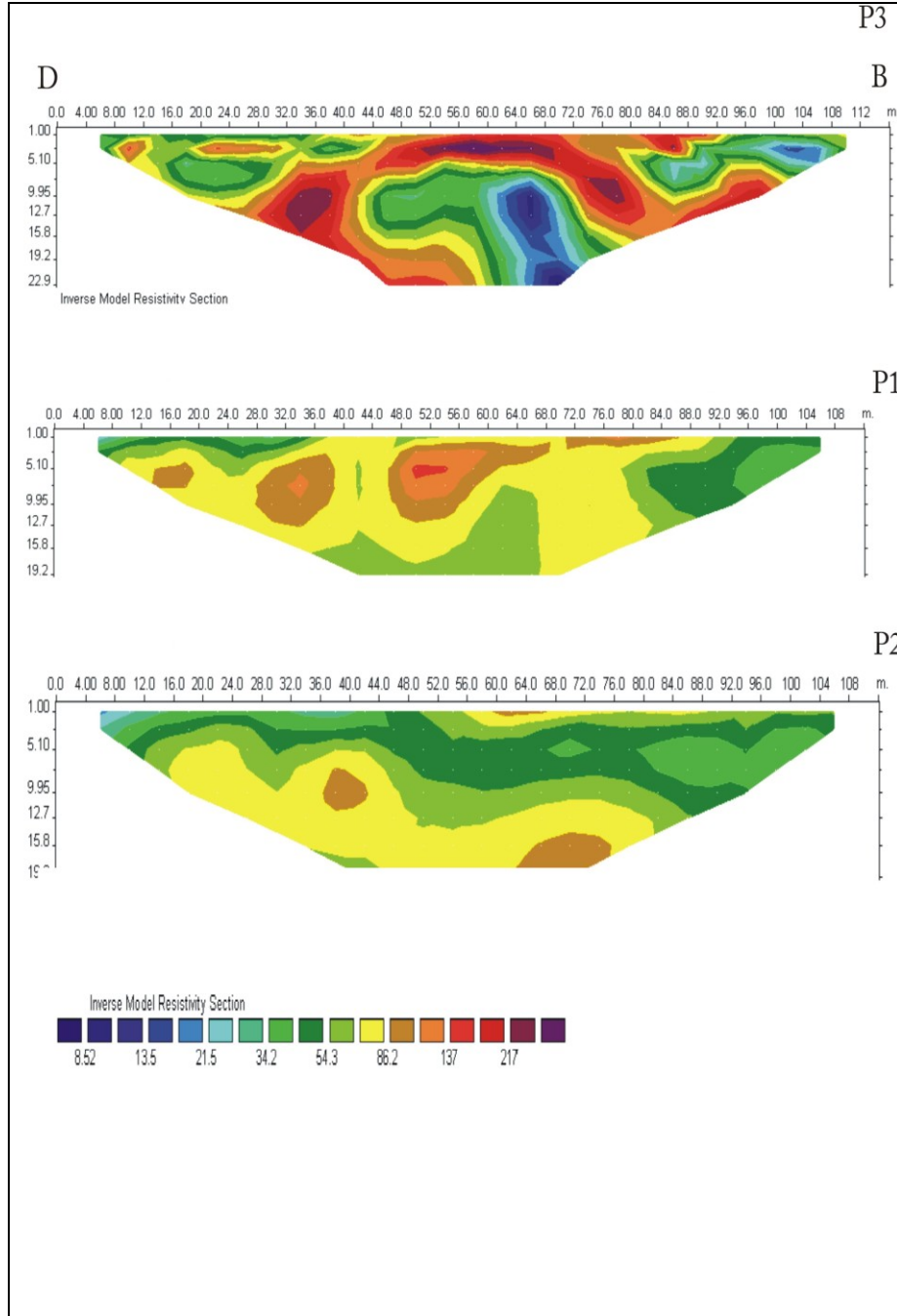
Şekil 4.106 Profil 2 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri

Elde edilen değerlendirmelerden NEHRP, Eurocode 8 (E8) ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği zemin sınıflama kriterlerine göre çıkan sonuçlar Tablo-4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması.

İSTASYON ADI	PROFİL NO	DATA İSMİ	VS30(m/sn)	NEHRP	EUROCODE 8	ZEMİN GRUBU (2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ)
BORNOVA	P1	1.DAT	777.3	B	B	B1, A2 VEYA A3
BORNOVA	P1	3.DAT	777.8	B	B	B1, A2 VEYA A3
BORNOVA	P2	8.DAT	682.4	C	B	C1,B2 VEYA B3
BORNOVA	P2	10.DAT	723.7	C	B	B1, A2 VEYA A3
BORNOVA	P3	15.DAT	651.1	C	B	C1,B2 VEYA B3
BORNOVA	P3	17.DAT	640.5	C	B	C1,B2 VEYA B3
BORNOVA	P4	22.DAT	559.8	C	B	C1,B2 VEYA B3
BORNOVA	P4	24.DAT	1029	B	A	A1,A2 VEYA A3

Bornova istasyonunda yapılan diğer bir uygulama da özdirenç tomografi yöntemidir. Tomografi verileri, D-B yönlü birbirine paralel 3 profil üzerinden elde edilmiştir. Ölçümlerde, profil 1 ve profil 2’de elektrot sayısı 29, profil 3’de 30, elektrot aralığı 4 metre ve profil aralığı 10 metre seçilmiştir. Wenner-Schlumberger elektrod dizilim sistemi seçilerek ölçüler alınmış olup elde edilen veriler RES2DINV bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.109) .



Şekil 4.109 Özdirenç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.
(P1, P2 ve P3 yer elektrik yapı kesitleri birlikte gösterilmiştir.)

Bornova istasyonunda yapılan son uygulama Mikrotremor ölçümleridir. D-B yönlü her profile 6 ölçüm noktası belirlenerek, ölçüm noktaları arası uzaklık 15 metre, kayıt uzunluğu 20 dakika seçilerek çalışma alanında gürültünün etkisinin en az olduğu bir günde gündüz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler 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 (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Mikrotremör Değerlendirme Sonuçları.

NOKTA NO	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	MAX FREKANS (Hz)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)	VULNERABİLİTY İNDEKSİ	YEREL ZEMİN SINIFI
11	0.19952115	5.012	2.04	0.830327215	Z1
12	1.38121547	0.724	2.14	6.325414365	Z4
13	1.37174211	0.729	2.44	8.166803841	Z4
14	1.31233596	0.762	1.62	3.444094488	Z4
15	1.40646976	0.711	2.38	7.966807314	Z4
16	1.46842878	0.681	1.68	4.144493392	Z4
41	0.25163563	3.974	1.9	0.90840463	Z1
42	1.47928994	0.676	1.93	5.510207101	Z4
43	1.34228188	0.745	2.86	10.97932886	Z4
44	0.20959966	4.771	1.96	0.805198072	Z1
45	1.45137881	0.689	2.98	12.88882438	Z4
46	1.35869565	0.736	1.88	4.802173913	Z4
51	0.19127774	5.228	2.18	0.909028309	Z1
52	1.46842878	0.681	2.19	7.042731278	Z4
53	1.46842878	0.681	2.29	7.700587372	Z4
54	0.15169903	6.592	1.95	0.576835558	Z1
55	1.42653352	0.701	1.75	4.368758916	Z4
56	0.73746313	1.356	2.1	3.252212389	Z4

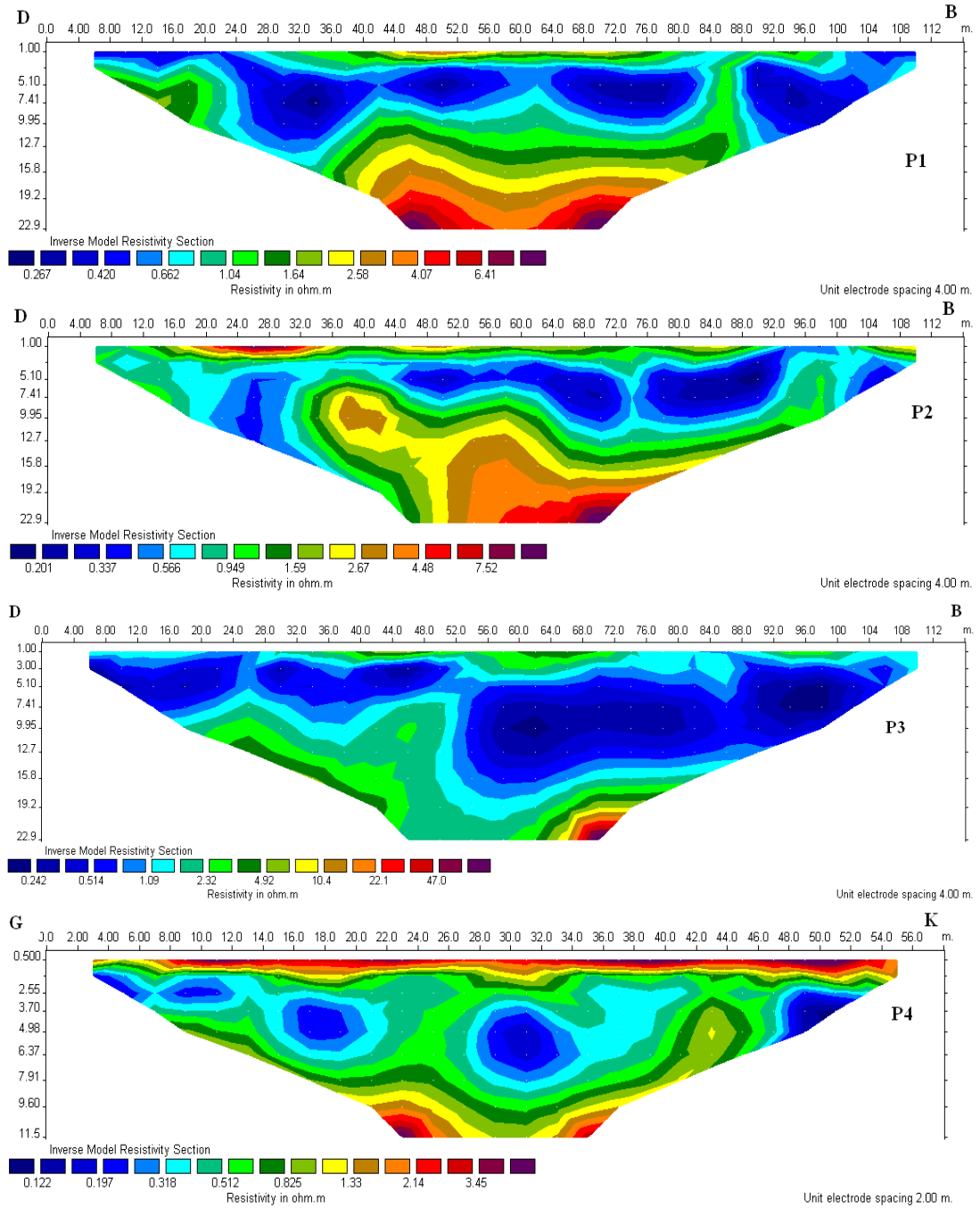
4.6.3 Mavişehir İstasyonu (12_MVS)

Mavişehir istasyonunda (12_MVS) da Bornova 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 4.110).



Şekil 4.110 Mavişehir istasyonunda yapılan genişletilmiş çalışmalar .

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 4.111).



Şekil 4.112 Öz direnç Tomografi Çalışması değerlendirme sonuçları.

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). MASW verileri bilgisayar ortamında Seisimager yazılımı kullanılarak her MASW noktasında derinliğe bağlı S dalgası 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 Tablo-4.7'de verilmiştir.

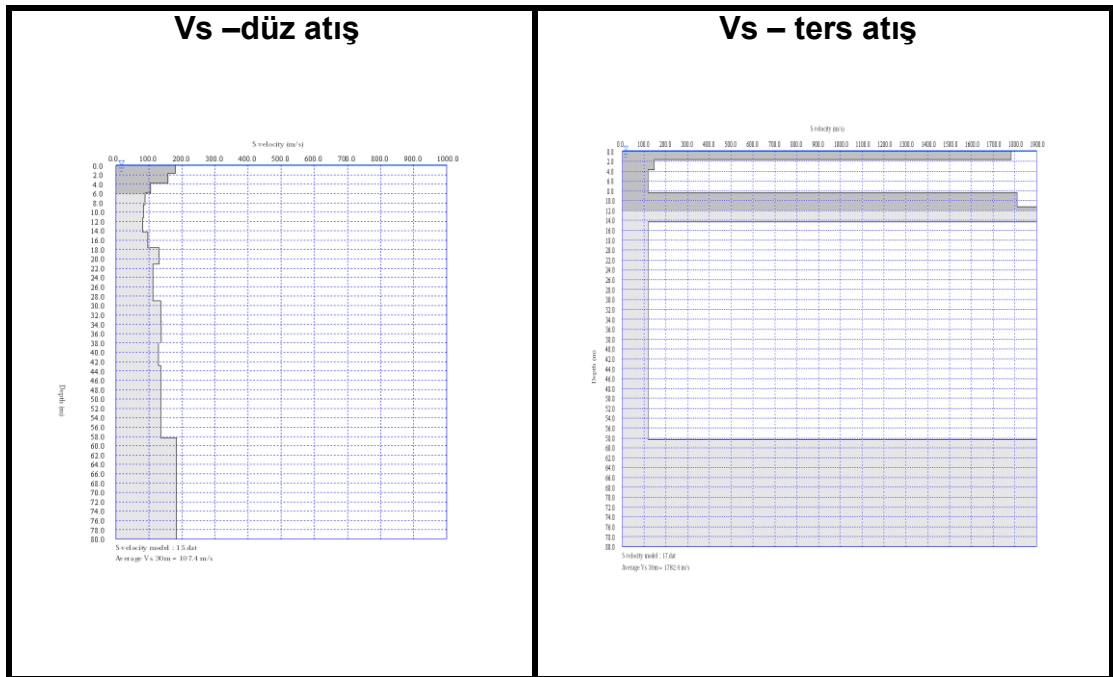


a)

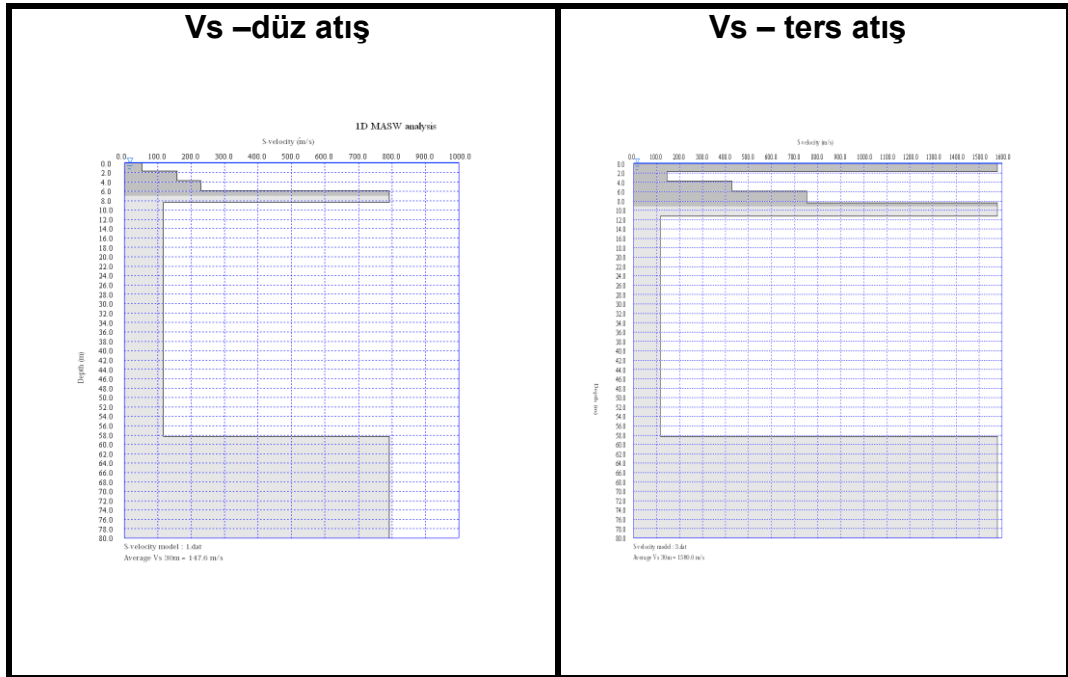


b)

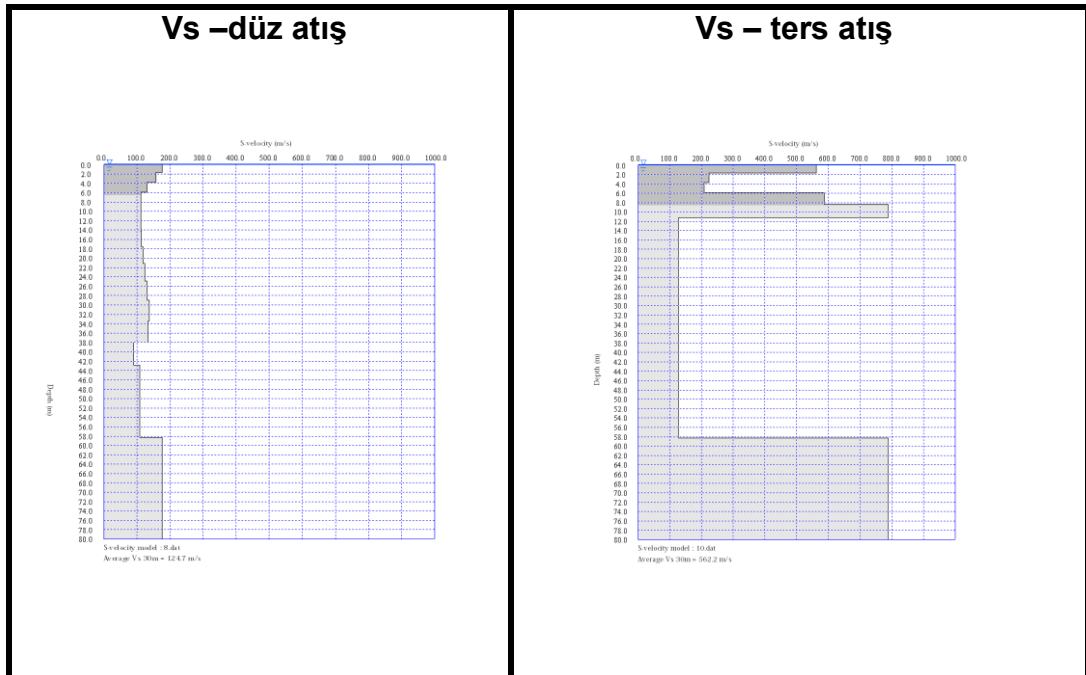
Şekil 4.113 Mavişehir istasyonunda yapılan Masw ve özdirenç tomografi çalışmalarının gösteren fotoğraflar (a-Profil 2, b-Profil 4).



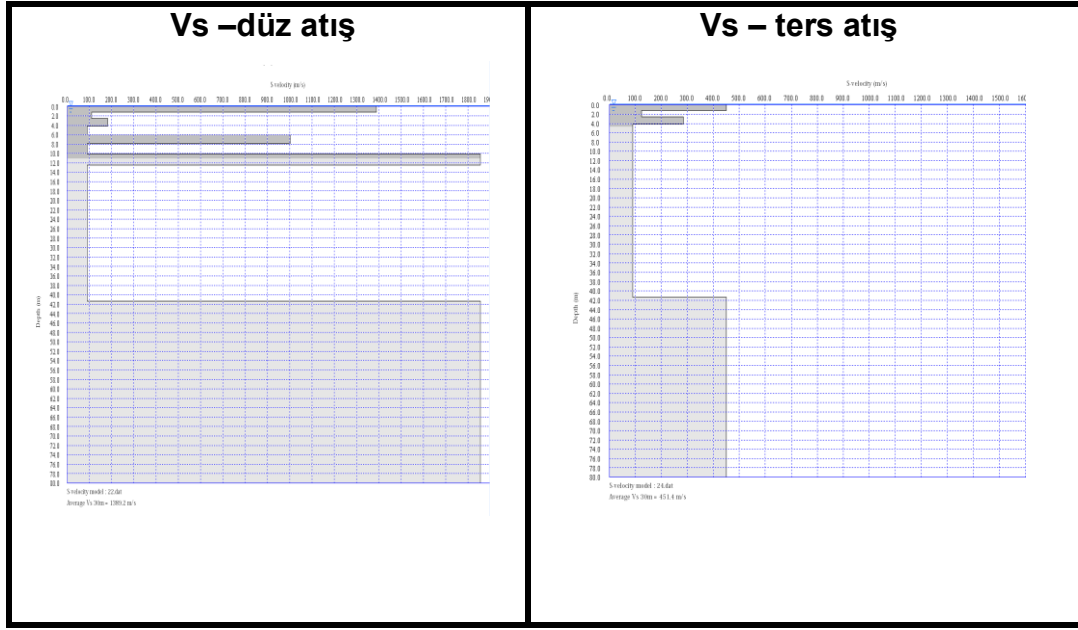
Şekil 4.114 Profil 1 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.115 Profil 2 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.116 Profil 3 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri



Şekil 4.117 Profil 4 düz ve ters atış hız-derinlik grafikleri

Tablo 4.7 Vs30 Değerlerine Göre NEHRP ve Eurocode 8 Zemin Sınıflaması.

İSTASYON ADI	PROFİL NO	DATA İSMİ	VS30(m/sn)	NEHRP	EUROCODE 8	2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ
MAVİŞEHİR	P1	15.DAT	107.4	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P1	17.DAT	1782.4	A	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P2	1.DAT	147.6	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P2	3.DAT	1580	A	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P3	8.DAT	124.7	F veya E	D	D1,D2 veya D3
MAVİŞEHİR	P3	10.DAT	562.2	C	B	B2,B3 veya C1
MAVİŞEHİR	P4	22.DAT	1389.2	B	A	A1,A2 veya A3
MAVİŞEHİR	P4	24.DAT	451.4	C	B	B2,B3 veya C1

Mavişehir istasyonunda yapılan son uygulama Mikrotremor ölçümleridir. D-B yönlü her profile 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. 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 4.8).

Tablo 4.8 Mikrotremör Değerlendirme Sonuçları.

NOKTA NO	MAXİMUM PERİYOT (T)(SN)	MAX FREKANS (Hz)	YATAY-DÜŞEY GENLİK BÜYÜTME ORANI (H/V)	VULNERABİLİTY İNDEKSİ	YEREL ZEMİN SINIFI
11	1.25	0.8	3.39	14.365125	Z4
12	1.49476831	0.669	2.92	12.74499253	Z4
13	1.49476831	0.669	3.27	15.98340807	Z4
14	1.20627262	0.829	3.39	13.86260555	Z4
15	1.23304562	0.811	3.15	12.23489519	Z4
16	1.28700129	0.777	3.04	11.89395109	Z4
17	1.35317997	0.739	2.86	11.06847091	Z4
21	1.15606936	0.865	2.56	7.576416185	Z4
22	1.00908174	0.991	2.34	5.525327952	Z4
23	1.25	0.8	3.21	12.880125	Z4
24	1.42045455	0.704	2.08	6.145454545	Z4
25	1.33333333	0.75	2.98	11.84053333	Z4
26	1.24223602	0.805	1.25	1.940993789	Z4
27	1.60513644	0.623	1.79	5.143017657	Z4
31	1.19760479	0.835	3.27	12.80586826	Z4
32	1.5600624	0.641	3.15	15.47971919	Z4
33	1.53609831	0.651	3.33	17.03364055	Z4
34	1.18906064	0.841	3.21	12.25219976	Z4
35	1.41043724	0.709	3.27	15.08166432	Z4
36	1.47275405	0.679	3.21	15.17540501	Z4
37	1.49476831	0.669	2.86	12.22660688	Z4

BÖLÜM BEŞ

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İzmir Metropolitan alanının, deprem ve deprem riski açısından ayrıntılı şekilde irdelenmesi amacıyla 106G159 no'lu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenen bu proje kapsamında İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde 16 adet Kuvvetli Yer Hareketi deprem gözlem istasyonu yerleştirilmiş olup bu istasyon zeminlerinin irdelenmesi amacıyla bir dizi uygulamalı jeofizik yöntem (MASW, özdirenç tomografi, özdirenç DES ve Mikrotremör) ve zemin sondajları ölçümleri yapılmıştır.

Kurulan deprem istasyonlarında gerçekleştirilen çalışmalardan; elektrik özdirenç yöntemleri iki aşamalı olarak uygulanmıştır. İlk olarak tüm istasyonlarda Düşey Elektrik Sondaj tekniği uygulanarak düşey yönde özdirenç değişimleri irdelenip zemin sondajlarıyla uyumluluğu kontrol edilmiştir. Buna ek olarak her istasyonda Özdirenç Tomografi Tekniği uygulanarak yaklaşık 30 metre araştırma derinliği hedeflenerek yatay ve düşey yöndeki özdirenç değişimleri incelenmiştir.

Proje kapsamında gerçekleştirilen bir diğer önemli uygulamalı jeofizik yöntemi olan MASW ile tüm kuvvetli yer hareketi istasyonları için Vs30 değerleri belirlenerek NEHRP , Eurocode 8 ve T.C. 2007 Deprem Yönetmeliği kriterlerine göre zemin sınıfları belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Tüm istasyonlarda (16 istasyon) gerçekleştirilen 3-bileşen Mikrotremör yöntemi ile zeminin hakim titreşim frekansı ve yer hareketini büyütme potansiyeli, yatay/düşey spektral oran (Nakamura Tekniği) yöntemi kullanılarak doğrudan belirlenmiştir (Tablo 4.2). Ayrıca zemin hakim titreşim periyotlarını kullanarak NEHRP ve yerel zemin sınıflama kriterlerine göre istasyonlar tanımlanmıştır.

Projenin diğer aşamasında, 3 farklı bölgeyi temsil eden 3 istasyon noktasında çalışmalar genişletilerek uygulamalı jeofizik yöntemlerden MASW, Özdirenç Tomografi ve Mikrotremör ölçümleri yapılarak zemin özellikleri ayrıntılı şekilde irdelenmiştir. Bu istasyonlar sırasıyla Balçova (01_BLC), Bornova (02_BRN) ve

Mavişehir (12_MVS) istasyonlarıdır. Bu istasyonlar için elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

01_BLC istasyonu değerlendirme sonuçlarına baktığımızda, DES sonucuna göre yaklaşık 30 m den sonra gözlenen yüksek özdirençli zemin hem MASW sonuçlarıyla (15 m den sonra Vs hızının artması) hem de zemin sondajından elde edilen SPT değerleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

Aynı istasyonda uygulanan Özdirenç tomografi ve MASW yöntemleri sonuçlarından zemin özelliklerinin yanal ve düşey yönde çok değişken olduğu saptanmıştır. NEHRP sınıflamasına göre zemin D sınıfı olarak saptanırken Eurocode 8 sınıflamasına göre C sınıfı olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.3).

İstasyondaki mikrotremor çalışmalarından elde edilen zemin tiplerinde çok kısa mesafelerde (10 m – 30 m) ani değişimler (Z1, Z2 ve Z4) izlenmiştir. H/V spektral oran değerleri 2.3 – 3.5 arasında, vulnerability indeks değerleri de 1.5 – 22 arasında değişim göstermektedir (Tablo 4.4).

02_BRN istasyonu değerlendirme sonuçlarına baktığımızda, DES sonucuna göre araştırma derinliği 15 m civarında olup özdirenç değerleri 50-100 ohm.m arasında seyretmektedir. DES sonucundaki 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.

İstasyon kurulumu aşamasında gerçekleştirilen 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.

Aynı istasyon için uygulanan genişletilmiş çalışmalar kapsamında özdirenç tomografi, MASW ve Mikrotremör yöntemleri uygulanmıştır. Özdirenç tomografi

sonuçlarına göre 2 nolu profilde yüzeyde izlenen olasılıkla çakıllı killi birimin kalınlığı doğudan batıya doğru artmaktadır. Tabanda daha yüksek özdirençli çakıl ve killi çakıl birimi izlenmiştir. 1 nolu profilde ise olasılıkla, yüzeyde çakıl oranı yüksek killi birim baskın olup bu birim araştırma derinliği boyunca izlenmektedir. Ayrıca yer yer bu birimin içinde özdirenç değerini yükselten ve çakıl oranı yüksek, bloklu ve/veya merceksi yapılar gözlemlenmektedir. Profilin batı ucunda ise ani yanal geçişli olarak kil oranının arttığı izlenmektedir. 3 nolu Profil incelendiğinde diğer kesitlerden farklı olarak yüzeyde yanal ve düşey yönde karmaşık bir yapı sunan ve çakıl oranı yüksek birimler gözlemlenmektedir. Bununla beraber yatayda 60-70 m arasında ve düşeyde 10 m derinlikten sonra kil oranının oldukça arttığı özdirenç değişimlerinden izlenmektedir.

MASW yöntemleri sonuçlarından düz ve ters atış değerlendirmelerine bakıldığında oluşturulan hız-derinlik grafiklerinin birbirine benzer olduğu gözlenmiştir. Vs30 ortalama değerlerini kullanarak, NEHRP sınıflamasına göre zemin, arazinin en güneyinde B sınıfı olarak saptanırken kuzeye doğru gidildikçe zemin C sınıfı olarak tanımlanmıştır. Eurocode sınıflamasına göre ise zemin B sınıfı olarak tanımlanmıştır (sadece 24.dat ölçümü A sınıfı olarak tanımlandı) (Tablo 4.5).

İstasyondaki mikrotremor çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre iki baskın zemin sınıfı (Z1 ve Z4) izlenmiştir. H/V spektral oran değerleri 1,6 – 3 arasında, vulnerability indeks değerleri de 0,5 – 8,2 arasında değişim göstermektedir (Tablo 4.6).

Mavişehir istasyonu için yapılan genişletilmiş çalışmalardan ilk olarak uygulanan 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.

12_MVS istasyonu MASW yöntemleri sonuçlarından 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 kalınlaştığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Özdirenç Tomografi sonuçlarında da izlenmektedir. Öte yandan 4 no'lu profilde düz ve ters atış değerlendirmelerinin diğer profillere kıyasla benzer olduğu dikkat çekmektedir. Bu da G-K yönlü kil tabakası kalınlığının çok fazla değişmediğini göstermektedir.

Vs30 değerlerini kullanarak NEHRP sınıflamasına göre zemin, arazinin en batısında F veya E sınıfı olarak saptanırken doğuya 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 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 4.7).

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, vulnerability indeks değerleri de 5,5 – 16 arasında değişim göstermektedir. Yerel zemin sınıflamasına göre zemin tipi tüm ölçümlerde Z4 olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.8).

Elde edilen tüm sonuçlara göre İzmir Metropol alanında zemin sınıflaması yapılırken mikro ölçekte çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

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.
- 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 Etüdüleri İlke ve Yöntemleri, *Türkiye' de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Ankara.

131

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 Applied 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 içinde (497.)*, San Diego: Academic Press.
- 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 sub-surface 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 İrttem, O. (1982). Işıklar-Altındağ (Bornova-İzmir)alam Üst Kretase kireçtaşlarının jeolojik konumu, stratigrafisi ve fasiyes özellikler, *Türkiye Jeol.Kur. Bült.*, 25, 41-47.
- Özçep, F.,Avcı, K. (2006). Kent Jeofiziğinde Yeni Bir seçenek: Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Yöntemi, 20 Temmuz 2008, <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”, inWoods, R. D., Ed., *Geophysical characterization 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, 1970.*

- 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* (2010) (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.