

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALÇOVA BÖLGESİNE AİT MASW VE
MİKROTREMÖR PARAMETRELERİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE UYARLANMASI**

Nusret AĞIR

Ekim, 2019

İZMİR

**BALÇOVA BÖLGESİNE AİT MASW VE
MİKROTREMÖR PARAMETRELERİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE UYARLANMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

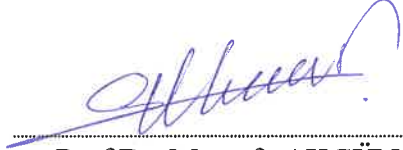
Nusret AĞIR

Ekim, 2019


İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NUSRET AĞIR, tarafından PROF.DR. MUSTAFA AKGÜN yönetiminde hazırlanan “BALÇOVA BÖLGESİNE AİT MASW VE MİKROTREMÖR PARAMETRELERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE UYARLANMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof.Dr. Mustafa AKGÜN

Yönetici


Prof.Dr. Oya PAMUKCU

Jüri Üyesi


Prof.Dr. Alper BABA

Jüri Üyesi


Prof.Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Danışman hocam Doç. Dr. Mustafa AKGÜN bu tezin her aşamasında çok değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol göstermiştir. Kendilerine Őukranlarımı sunarım.

Hayatımın her alanında desteklerini hiç eksik etmeyen sevgili aileme ve eşime çok teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Őenol ÖZYALIN'a çok teşekkür ederim.

Nusret AĞIR

BALÇOVA BÖLGESİNE AİT MASW VE MİKROTREMÖR PARAMETRELERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNE UYARLANMASI

ÖZ

Birçok bilim dalı ve alanda olduğu gibi jeofizik mühendisliğinde de yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar ait olduğu bölgenin özellikleri ve coğrafyası ile birlikte bir bütün oluşturacak biçimde sunulabilmesi, kolay anlaşılabilirliği ve bilginin paylaşılabilirliği için zorunlu hale gelmiştir. Gelişen günümüz teknolojisi ile birlikte ortaya çıkan programlar sayesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları yaygınlaşarak çalışmaların vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

Bu kapsamda yapılan jeofizik çalışmalar da mikrotremör ve MASW yöntemi kullanılmıştır. Mikrotremör ölçülerinde tek istasyon yöntemi ile Nakamura tekniği uygulanarak zemine ait hakim periyot ve büyütme haritaları oluşturulmuştur. Çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi, yeraltı tabakalarının fiziksel özellikleri makaslama (s) hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle MASW yöntemi S-hızı değişimlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma alanına ait Vs30 hız haritaları oluşturulmuş ve oluşturulan tüm haritalar CBS'ye aktararak yapılan çalışmaların ayrıntılı bir şekilde analiz yapılmasına ve görsel olarak bölgenin daha kolay incelenmesine olanak sağlanması hedef alınmıştır. CBS ile çalışılan bölgeye ait tüm bilgi ve kaynaklar, yapılan çalışmalar ile birlikte en iyi şekilde korele edilmiştir. Tüm bu kaynak, bilgi ve çalışmalar neticesinde elde edilen verilerin doğru bir biçimde işlenebilmesi için çok yaygın olarak kullanılan ARCGIS yazılımından faydalanılmıştır.

Sonuç olarak Balçova ilçesinin sahil kısmında kalan mahalleleri oluşturan alüvyonların geniş yayılım sunduğu zeminler, deniz seviyesinden daha yükseklerde bulunan fliş fasiyesinin yer aldığı mahallelere göre düşük hız ve büyük zemin hakim periyotları gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: CBS, MASW, Mikrotremör

ADAPTING MASW AND MICROTREMOR PARAMETERS OF BALÇOVA AREA TO GEOPRAPHIC INFORMATION SYSTEM

ABSTRACT

As a result of studies carried out in geophysical engineering, such as that of many scholars and fieldwork, the results obtained have become compulsory in order to be able to be presented in a form that will form a whole together with the characteristics and geography of the region to which it belongs. Geographical Information Systems applications have become an indispensable part of the studies by means of the programs that emerged together with the developing technology of today.

In this context, single source microtremor method and MASW were used in geophysical studies. In the microtremor measurements, Nakamura technique with single station method was applied dominant period and magnification maps of the ground were created. Multichannel surface wave method (MASW), which is physical properties of underground layers are directly related to shear (s) speed. Therefore, the MASW method is widely use to determine S-rate changes. Vs30 speed maps of the study area were created and all maps transferred to the GIS. The aim of the study is to provide a detailed analysis of all studies and to allow easier visual inspection of the region. All the information and resources of the study region by GIS are best correlated with the studies. As a result of all resources, information and studies created the data for accurate processing Arcgis software was used.

As a result, the alluvial deposits in the coastal are of Balçova district have wide spread, low velocity and large ground dominance periods have been observed compared to the regions with flysch facies higher than sea level.

Keywords: GIS, MASW, Microtremor

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ

1.1 Verilerin Toplanması.....	1
1.2 Kullanılan Yöntemler	1
1.2.1 Çok Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi (MASW)	1
1.2.2 Mikrotremör Yöntemi.....	7
1.2.2.1 Mikrotremörlerin Kaynakları.....	8
1.2.2.2 Mikrotremör Ne Tür Dalgalardan Oluşur?	9
1.2.2.3 Mikrotremör Yönteminin Tarihsel Gelişimi.....	10
1.2.2.4 Mikrotremör Genliklerinin Zamana Göre Dağılımı	13
1.2.2.5 Mikrotremör Yöntemlerinin Uygulama Amaçları	13
1.2.2.6 Mikrotremör Ölçümlerinde Kullanılan Yöntemler	14
1.2.2.6.1 H/V Yöntemi	15
1.2.2.6.2 Spektral Genlik Yöntemi.....	16
1.2.2.6.3 Referans Noktasına Göre Rölatif Olarak Spektral Oranlar Yöntemi	16
1.2.2.6.4 Yatay Bileşen Spektrum Değerlerinin Rölatif Olarak Düşey Bileşen Spektrum Değerlerine Oranı Yöntemi.....	16
1.2.2.6.5 Yöntemin Prensipleri.....	17

1.2.2.7 Mikrotremörlerin Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar Ve Genel Özellikleri	18
1.3 Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemine Uygun Olarak Toplanması	19
BÖLÜM İKİ - CBS	21
2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri GIS	21
BÖLÜM ÜÇ – ÇALIŞMA ALANI	27
3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi	27
3.2 Tektonik.....	29
BÖLÜM DÖRT – VERİ İŞLEM	31
4.1 Verilerin CBS Ortamına Aktarılması	31
4.2 Jeofizik Haritaların CBS Ortamına Aktarılması	34
4.3 Verilerin Yorumlanması.....	36
BÖLÜM BEŞ – SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 2-B Hız kesit elde edilişi.....	3
Şekil 1.2 Rayleigh dalgası yayılım geometrisi.....	5
Şekil 1.3 Love dalgası yayılım geometrisi.....	6
Şekil 1.4 Geniş periyot üç bileşen hız kaydeden sismometre	19
Şekil 2.1 Coğrafi bilgi sistemleri bileşenleri.....	23
Şekil 2.2 CBS'nin temel çalışma prensibi	24
Şekil 3.2 Neojen volkanik, sedimanter kayaçları ve ana tektonik yapıları gösteren genelleştirilmiş Batı Anadolu haritası	30
Şekil 4.1 İlçe ve mahalle sınırlarının ARCGİS programına yüklenmesi.....	31
Şekil 4.2 Jeofizik ölçü noktalarının ARCGİS programına yüklenmesi.....	32
Şekil 4.3 Jeofizik verilerle oluşturulan bölgesel haritaların sınırları	33
Şekil 4.4 Balçova mahallesinin sınırlarının ARCGİS programında gösterimi	34
Şekil 4.5 Vs30 hız haritasının ARCGİS de gösterimi.....	35
Şekil 4.6 Zemin hakim periyod haritasının ARCGİS de gösterimi	35
Şekil 4.7 ARCGİS programında mahalle üzerine tıklanarak özniteliklerin gösterimi	36
Şekil 4.8 ARCGİS programında display mönüde mahalle özniteliklerin gösterimi..	37
Şekil 5.1 ARCGİS programında Balçova mahallesinin gösterimi.....	39

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Verilerin Toplanması

Jeofizik çalışmalarda sağlıklı verilerin toplanabilmesi için gerek bilgi, deneyim ve kullanılan cihazların iyi bir biçimde kalibrasyon edilmesi yanı sıra ortamda gürültü diyebileceğimiz seslerin veya titreşimlerin en az seviyede olması da sağlıklı bir analiz için son derece önemlidir. Çalışma alanının şehir merkezinde yer alması sebebiyle veri toplanması gürültünün daha az olacağı düşünülen gece saatlerinde alınmıştır ve böylece daha temiz veri elde edilmesi amaçlanmıştır. Özellikle mikrotremör ölçümlerinin gece saatlerinde yapılmasına dikkat edilmiştir. Bölgede daha önce birçok jeofizik çalışmalar yapılmıştır (Gürler, 2015; Kırnıç, 2015; Akgün., Gönenç, Pamukçu, Özyalın, Özdağ, 2013a; Akgün, Gönenç, Tunçel, Pamukçu, 2013b). Bu çalışmalardan elde edilen parametreler de CBS'yi oluşturan veriler arasına kaydedilmiştir.

1.2 Kullanılan Yöntemler

Çalışma amacına uygun olarak, gerek çalışma alanı ve saptanması gereken parametreler göz önüne alınarak sorunlarımıza en uygun çözümü üretebilecek jeofizik yöntemlerinin seçilmesi çok önemlidir. Bu nedenle bölgeye ait VS₃₀ hız haritaları, büyütme ve zemin hakim titreşim periyodu (t_0) saptanabilmesi için MASW ve mikrotremör yöntemi kullanılmıştır.

1.2.1 Çok Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi (MASW)

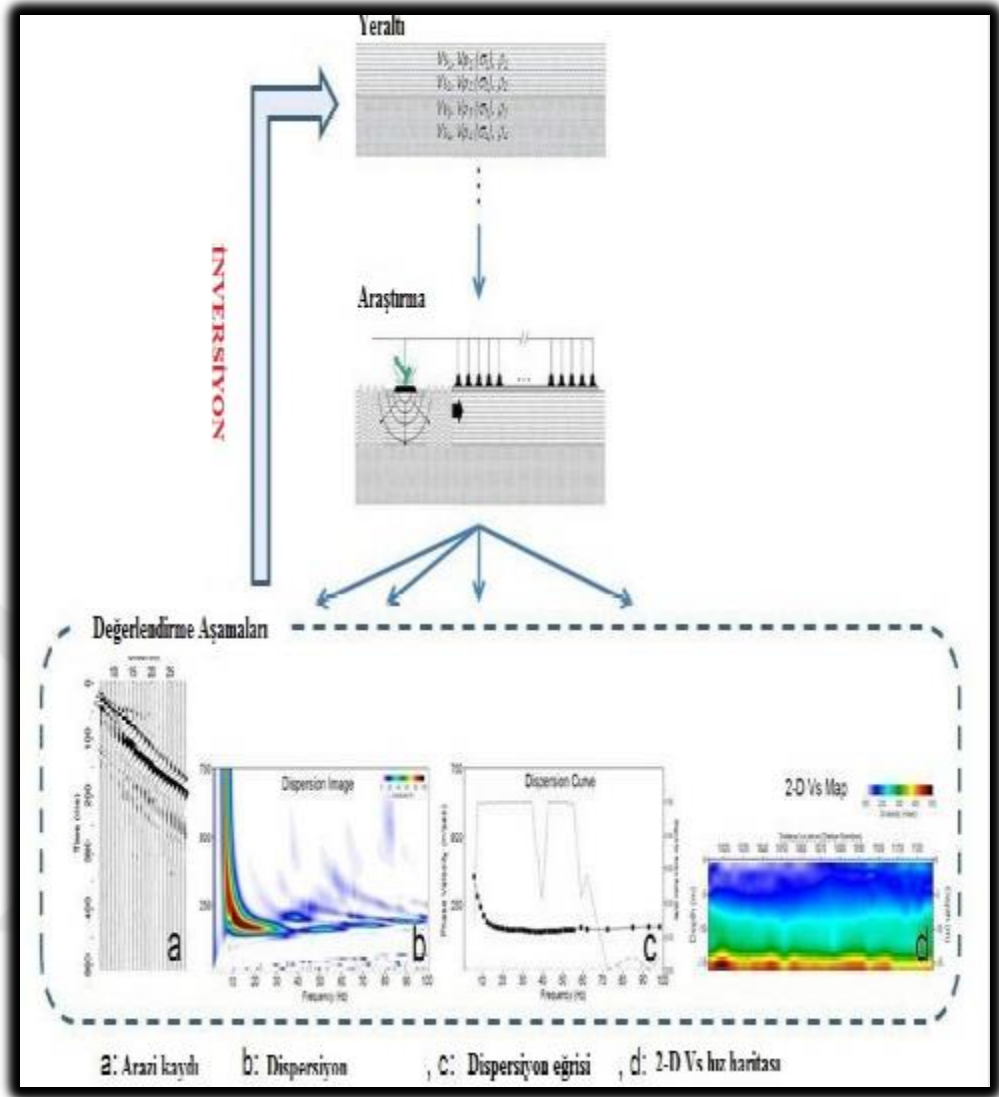
Yüzey dalgası metotlarının analizinde, Rayleigh dalgasının ayırıcı özelliğinden faydalanılarak yer altındaki katmanlı yapıların kesme dalgası hızının (V_s) derinlikle değişimi hesaplanır. Aktif ve pasif kaynaklı yöntemler olmak üzere yüzey dalgası yöntemlerini iki ana grup altında toplayabiliriz. Derin nüfus etme gücüne sahip pasif kaynaklı yöntemler ile ana kaya derinliğine ulaşılması gereken

Çalışma alanlarında etkin olarak kullanılabilir. Sığ nüfus derinliğine sahip olan MASW yöntemi etkin kaynak kullanılması ile daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Özellikle ilk 30 metre ve ince tabakaların tespitinde başarılı sonuçlar vermesi nedeniyle Vs30 alışmaları etkin kullanıma sahiptir.  adımıda gerçekleştirilen yüzey dalgası analiz yöntemleri aşağıdaki gibidir (Ercan, 2014, s. 15):

1. Arazi alışmaları,
2. Veri analizi ve dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi,
3. Elde edilen dispersiyon eğrilerine ters zmlenme uygulanarak, Vs değerlerinin derinlikle değişimi şeklinde özetlenebilir.

Ercan (2014, s.15) “Kritik bir adım olan dispersiyon eğrisinin elde edilmesi. Ters zmlenme yapılan dispersiyon eğrisinden elde edilen Vs hız profiline doğruluğu büyük lde dispersiyon eğrisini oluşturan frekans ve faz hızına bağlıdır”.

Ercan (2014, s.15) “MASW alışmaları, düz bir hat boyunca u uca alınan profillerin birleştirilmesiyle makaslama dalgalarının hızlarının iki boyutlu (yüzey ve derinlik) haritalarını oluşturmak için kullanılır”. 2-B hız kesiti elde edilişi şema halinde verilmiştir (şekil 1.1).



Şekil 1.1 2-B hız kesit elde edilişi (Akgün, 2013)

Bununla birlikte, sismik kırılmanın aksine bir üst seviyeye oranla düşük hıza sahip tabakaları da tespit etmek mümkündür.

MASW yöntemi, S-dalga hızlarını kullanarak tabakalı yerküre modellemeleri yapılmasını amaçlar. Bu modelleme için S-dalga hızı profillerinden yararlanılır. Dönüşmüş faz hızları ile derinliğe bağlı bir boyutlu S-dalga hızı fonksiyonlarından elde edilir. MASW yönteminde, en yüksek sinyal/gürültü oranı sağlanarak gürültüyü etkili bir biçimde kontrol etmek mümkündür (Çaylak ve Sarı, 2008, s. 67).

Makaslama dalgası hız profilinin elde edilebilmesi için yüzey dalgalarının kazancı, frekans bağımlı faz hızı eğrisinin yapılandırılması ve ters-çözüm işlemleri gerekir. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, makaslama dalgası hız derinlik profilini en iyi şekilde bulabilmek için geniş bantlı yüzey dalgalarının en az gürültüyle kaydedilmesidir. Frekans bağımlı faz hızı eğrisinde, yüksek sinyal/gürültü oranı hesaplanması araştırmalarda daha derine inebilmeyi ve çözünürlüğü arttırabilmeye olanak sağlar. Böylelikle daha doğru bir sonuç elde edilir. Yüksek modlu veri temel modlu veriye istinaden araştırma derinliğini daha yüksek tutmaya olanak sağlar. Bunun yanında frekansa ek olarak kaynak mesafesine bağlı olan dönüşmüş S-dalga hızının çözünürlüğü artar (Çaylak ve Sarı, 2008, s. 67).

İlk olarak, standart ortak derinlik noktası formatında birkaç çok kanallı kayıt toplanmalıdır. Yüzeyden etkiyen yapay kaynaklardan elde edilen yüzey dalgalarının toplanabilmesi için 4 – 5 Hz ‘den küçük jeofonlara ihtiyaç vardır. Yüzey dalga sinyallerini arttırabilmek için kullanılan kaynak ve jeofonun yanı sıra ofset ve alıcı aralığı gibi birçok parametreyi doğru bir şekilde ayarlayabilmek mümkündür (Park ve diğer., 1999a).

Park ve diğer., (1999a) “Toplanan verilerden sonra yapılan veri işleminde her bir atış dizisinin ‘ground roll’ dalgası faz hızları hesaplanır. Frekans bağımlı faz hızı eğrilerini elde etmek için hesaplanan ‘ground roll’ dalgasının frekans ve faz hızı dizileri başlangıç doğrusu boyunca verinin analizini gerektirir”.

Xia ve diğer., (1999) “Ters-çözüm işlemi, derinlik profiline eş bir S-dalga hızının oluşturulması için her bir frekans bağımlı faz hızı eğrisine uygulanmalıdır.”

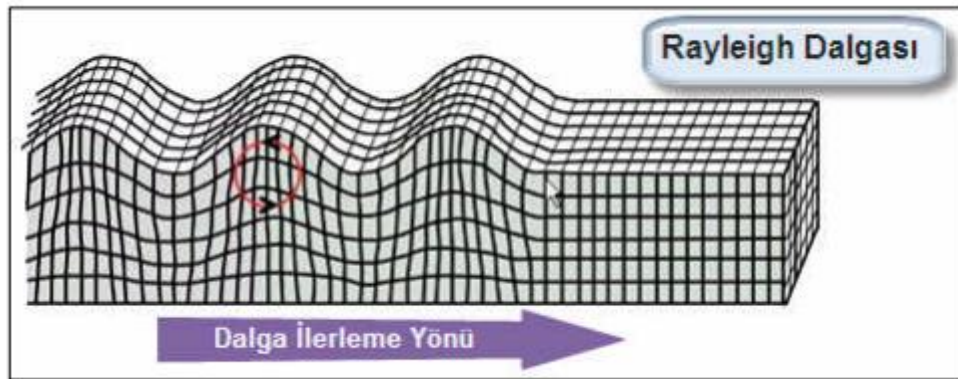
Miller ve diğer., (1999) “Dönüşen S-dalga hız profili, jeofon aralığının ortasına yerleştirilmelidir.”

Ters çözüm işleminin oluşmasında başlangıç modelleri kilit bir görev üstlenir. İki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan regresyon

analizi yöntemi, S-dalga hızının düşey kesitine uygulanarak bölgesel anomalileri artırabilir. İki boyutlu S-dalgası hız haritasının yorumlanmasında S-dalga anomalilerindeki düşük hız bölgeleri boşluklar, çatlaklı bölgeler, örtülü dolgu alan sınırları ve benzer alanlara karşılık gelirken, ana kaya yüzeyleri yüksek S-dalga hız gradyanı ile ilişkilendirilir (Çaylak ve Sarı, 2008, s. 67).

Yüzey Dalgaları: Yapılara en çok hasarı veren yüzey dalgaları sismik kayıtlara P ve S dalgalarından sonra gelir. Love ve Rayleigh dalgalarından oluşan yüzey dalgaları, cisim dalgalarına oranla yavaş yayılım göstermektedirler. Genlikleri cisim dalgalarına göre büyük olan bu dalgalardan Love dalgasının hızı daha fazladır. Rayleigh dalgasının genliği de daha büyüktür (Ercan, 2014, s. 17).

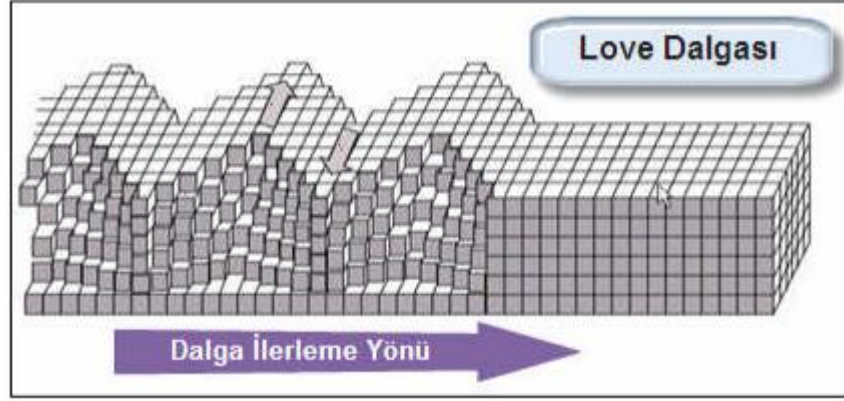
- **Rayleigh Dalgası(R):** Yeryüzü boyunca hem düşey hem yatay yönde salınım göstererek yayılan Rayleigh dalgaları deniz dalgaları gibi hareket eder. Parçacık hareketlerinden meydana gelen Rayleigh dalgaları eliptik bir yörünge izler. Derine doğru etkisi azalan bu dalgaların elipse benzeyen yörünge uzun eksenini P ve S dalgalarının bileşkesi olarak düşünülebilir (Ercan, 2014, s. 17).



Şekil 1.2 Rayleigh dalgası yayılım geometrisi

- **Love Dalgası(L):** Ercan (2014) “Yüzey dalgalarının yatay yönde hareket gösteren dalgalarına Love dalgası ismi verilir. Dispersiyon özelliği göstermesi sebebiyle, salınım düzlemleri yatay olmasına rağmen yayılım

doğrultusuna dik salınan parçacık hareketlerinden meydana gelirler” (s. 17).



Şekil 1.3 Love dalgası yayılım geometrisi

Yüzey dalgası yöntemlerinin en önemli avantajları şu şekilde özetlenebilir (Park, 2005):

- İlk olarak, arazi veri toplama aşaması oldukça basittir. Yüzey dalga enerjisi basit bir kaynak kullanılarak kolayca oluşturulabilir,
- Yüzey dalgaları jeoteknik araştırmayı amaçlayan değişken özellikli sığ derinliklerdeki anomalilerin belirlenmesinde oldukça etkilidir,
- Gürültü ya da farklı diğer fazlar tarafından kirletilmiş bir kayıt üzerinde, Rayleigh dalgasının frekansı kolayca hesaplanabilir,
- V_s profili oluşturmak için tek bir atışla elde edilen kayıtlardaki yüzey dalgası kullanılarak, yüksek doğrulukta dispersiyon eğrisi elde edilebilir.

Park ve diğer., (2003) “Tüm bu üstünlüklerinden dolayı, yüzey dalgası yönteminin sığ derinlikte (birkaç metreden birkaç yüz metre ’ye kadar) başarılı bir araştırma yöntemi olarak kullanılma şansı, diğer sismik yöntemlere göre daha fazladır”.

Yüzey dalgası yöntemleri aktif ve pasif kaynaklı yöntemler olarak iki sınıfa ayrılabilir. Aktif kaynaklı yüzey dalgası yönteminde enerji, yere yapay olarak sinyal

göndermek suretiyle gerçekleştirilirken, pasif kaynaklı yöntemde ise yerdeki doğal titreşimlerin kaydedilmesi esasına dayanır.

1.2.2 Mikrotremör Yöntemi

Sarıca (2008, s.16) “Periyotları 0,05 ile 2 sn arasında değişen, doğal ve doğal olmayan sebeplerden meydana gelen yeryüzündeki ufak yer sarsıntılarında mikroseism denir. Sismik çalışmalar için üretilen patlatmalar ve depremlerden hariç tüm etkilerden oluşan titreşimlere Mikrotremör (titreşimcik) ismi verilir”.

Mikrotremörler, farklı kaynaklardan yayılan yeryüzündeki sürekli titreşimlerdir ve mikrotremörlerin kaynağı da çeşitlilik gösterir. Mikrotremörler insan veya doğal kaynaklı titreşimler sonucu meydana gelir. Kısa periyotlu 0,1-1 sn arası değişen titreşimler rüzgar, trafik, tren ve diğer sanayi hareketlerle meydana geldiği, deniz dalgalarının kıyıdaki yayılımından, orta periyotlu (0,3-0,5 Hz ve 1 Hz arasında) mikrotremörlerin oluştuğu ve daha uzun periyotlu aktivitelerin ise atmosferdeki alçak basınç- okyanus etkileşmesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu tür titreşimler 6-8 saniyelik periyotlarla yayılırlar ve çok uzaklara ulaşabilirler. Durağan dalgaların oluşturduğu periyotlar 6 saniye iken, okyanusların oluşturduğu mikrotremörler 12 saniye ye kadar çıkabilir. Yeryüzünde titreşim olarak algılanabilmesinde tüm bu etkenlerin rolü vardır. Ölçülen yerlerin jeolojik özelliğine bağlı olarak mikrotremörler da belirgin değişimler gösterir.

Beker (2013, s.5) “Kültürel kaynaklarca oluşturulan 1 Hz üzeri (1 sn altı) periyotlardaki titreşimlere kısa periyotlu titreşimler denir. Doğal olaylarca oluşturulan 1 Hz altı (1 sn üzeri) periyotlardaki titreşimlere uzun periyotlu titreşimler denilir”.

Dikmen (2006) “Periyod aralığı 0,01–0,5 sn arasındaki titreşimleri kısa periyod, 0,5–1 sn periyod aralığındaki titreşimleri orta periyod ve 2 saniyeye kadar olan titreşimlere de uzun periyod derken, 2 sn üzerindeki titreşimleri ‘mikroseism’ olarak adlandırmaktadır”.

Toksöz ve Lacoss (1968) “Genel olarak mikrotremörler, cisim ve yüzey dalgalarının girişimi ile oluşur ve enerjisinin büyük bir kısmı yüzey dalgası olarak yayılır”.

Mikrotremörleri oluşturan cisim ve yüzey dalgaları uzaysal ve zamansal birçok mekanizma tarafından rastgele oluşturulur. Oluşan bu dalgalar çeşitli jeolojik birimlerde ilerler. Bu özelliklerinden dolayı mikrotremörler basit matematiksel ifadeler ile tanımlanamazlar. Çünkü çok karmaşık dalga formuna sahiptirler. Bu sebepten mikrotremörlerin genlikleri belli bir konum ve zamanda kestirilemez. Mikrotremörlerin genliğinin belirsizliği ve tekrarlanamaması rastgele (stokastik) bir olay olmasından kaynaklanır (Okada, 2003).

Mikrotremörlerin genel özellikleri

- Çok küçük periyotları sahiptir (0,05 – 2 sn).
- Genlikleri 0,1 mikron mertebesinde.
- Geceleri gündüzdən daha pasiftir.
- Düzgün dalga şekli göstermezler.
- Grup halindeki titreşimleri sürekli kısıdır.
- Çoğunlukla yapay nedenlerle meydana gelirler (Ercan, 2014, s. 19).

1.2.2.1 Mikrotremörlerin Kaynakları

Kartz (1976) “Deniz dalgaları, rüzgarlar, jeotermal aktiviteler ve magnitudü ufak olan yer sarsıntıları gibi doğal etkilerin yanı sıra insanlardan kaynaklı bir çok aktiviteden trafik gürültüleri gibi hareketliliklerden kaynaklanmaktadır”.

Bu mikroseisimleri düzenli ve düzensiz olarak iki ana başlık altında toplayabiliriz.

Düzenli mikroseisimler

- Periyotları 0,01-0,5 sn arasında değişen trafik, sanayi makinaları ve rügarlar tarafından meydana gelen mikroseisimler.

- Periyotları 1-4 sn arasında değişen bir çok farklı rüzgar tarafından meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 2-6 sn arasında olan kasırgalar ve tayfunlar gibi çok kuvvetli rüzgarlar tarafından denizlerde ve okyanuslarda meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 4-10 sn arasında değişen hava basıncıyla meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 4-10 sn arasında değişen Muson ve benzer yapıdaki rüzgarlar tarafından meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 10-20 sn arasında değişen kıyıya çarpan su dalgalarından meydana gelen mikroiseismler.

Düzensiz mikroiseismler

- Periyotları 1-4 sn arasında değişen deniz dalgaları tarafından meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 1-4 sn arasında değişen rüzgarların ağaçlara ve yapılara etkimesi sonucu meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 20-100 sn arasında değişen aletlerin tepe kısmında oluşan hava akımlarından meydana gelen mikroiseismler.
- Periyotları 40-200 sn arasında değişen yerin donması sonucu meydana gelen mikroiseismler.

1.2.2.2 Mikrotremör Ne Tür Dalgalardan Oluşur?

Kanai ve diğer. (1954, 1957, 1961, 1965), Japonya'da birçok noktada alınan mikrotremör ölçümleri neticesinde, titreşimciklerin depreme dayanıklı yapı tasarlanmasında, sismik faktörlerin saptanabilmesi amacıyla kullanılabilceği ortaya konulmuştur.

Doğal aktiviteler ve kültürel gürültülerden kaynaklandığı düşünülen yüzey dalgalarına karşın magnitudü ufak olan depremlerden düşey yönde cisim dalgalarının oluştuğu kanaatinde genel bir kabul bulunmaktadır. Günümüzde birçok araştırmacı mikrotremörlerin oluşumları ile ilgili farklı görüşler dile getirmektedir. Bu görüşlerin en bilinenlerini şu şekilde sıralayabiliriz (Mustombaki, 2018).

Akamatsu (1956), mikrotremörlerin Rayleigh ve Love dalgalarının birleşiminden oluşmuş, karışık yüzey dalgalarından meydana geldiğini ifade etmiştir.

Kubetoro ve Otsuka (1970), Aso Caldera alanında gözlemledikleri 1-3 sn periyotlu mikrotremörlerin gerçekte Love dalgaları olduğunu ve etkin periyotlarının zemin tabaka kalınlığı ile ilişkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Aki (1957) gerçekleştirdiği birçok çalışmada mikrotremörlerin verilen bir frekansta belirli bir hıza sahip olan yüzey dalgalarından meydana geldiği Love dalgalarının ise yatay hareketler sonucu oluştuğunu belirtmiştir.

Kanai (1983), S dalgalarının yer içinde tekrarlı yansımalarının sonucu mikrotremörlerin oluştuğunu düşünmüştür.

Wilson (1953) “Üç bileşenli sismometre ile gerçekleştirdiği çalışmalar sonucunda frekans aralığı 4-100 Hz olan mikrotremörleri analiz etmiş ve Rayleigh dalga türüne benzer parçacık hareketleri olduğunu gözlemlemiştir. Cisim dalgalarının 9 Hz’den büyük, yüzey dalgalarının ise 9 Hz’e yakın olduğunu belirtmiştir”.

1.2.2.3 Mikrotremör Yönteminin Tarihsel Gelişimi

Omorı (1908) “Periyodu 2 sn üzerindeki titreşimler (mikroseism) üzerinde çalışmış ve bu tip titreşimlerin kaynağı, okyanusal dalga yolundaki iletim mekanizması, kıtasal kabuktaki etkisi ve kıtasal kabuktaki yayılım türünü araştırmıştır”.

Ewing ve diğeri., (1957) “Ohta ve diğeri., (1978), Kagami ve diğeri., (1982, 1986), uzun periyotlu titreşimlerin yer tepkisinin belirlenmesinde kullanılabilirliğini incelemiştir”.

Kanai ve Tanaka (1954, 1961, 1965), Aki (1957), Irikura ve Kawanaka (1980), Kanai (1983), Kobayashi ve diğeri., (1986), Lermo ve diğeri., (1988), Delgado ve diğeri., (2000), Mirzaoğlu ve Dikmen (2003) “Kısa periyotlu titreşimlerin kaynağı, yayılım türü ve yer tepkisi çalışmalarında kullanılabilirliğini incelemiştir”.

Bramhati ve diğeri., (1980), Çelebi (1987, 1991), Aki (1989), Facioli (1991), Dikmen ve Mirzaoğlu (2005) “Yüzey topografyasının sismik büyütme üzerindeki etkisini mikrotremör verileri kullanarak incelemiştir”.

Kısa periyotlu titreşimler üzerine yapılan çalışmalar arasında, Kanai ve Tanaka'nın (1954, 1961, 1965, 1966) çalışmaları ayrı bir yer tutmaktadır. Zeminlerin mühendislik amaçlı dinamik özelliklerini belirlemek amacıyla, mikrotremör yönteminin kullanımı Kanai ve diğeri., (1954), Kanai ve Tanaka (1961) tarafından yapılmıştır. Kanai ve Tanaka (1961) bu amaçla yüzlerce noktada mikrotremör ölçümlerinden 2 dakikalık pencereler alarak frekans periyot dağılımlarını incelemiştir.

Kanai ve Tanaka (1961) mikrotremörlerin frekans periyot dağılımlarına dayanarak Japon bina kodunu (Japan Building Code) geliştirmiş ve dört farklı zemin grubu belirlemiştir. Kanai ve Tanaka'nın (1961) çalışmaları sonucu elde ettiklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

Basit jeolojik yapılarda, sıklık periyot dağılım eğrisinden elde edilen keskin doruk (pik) yaklaşık 0,1 saniye ile 0,6 saniye aralığında görülmektedir.

Jeolojik birimin karmaşık olması durumunda, sıklık-periyot dağılım eğrisinde, birden fazla doruk noktası görülmektedir. Bu doruk noktasından biri 0,2 saniyeden daha düşük periyotlar da diğeri ise 1 saniyeden daha büyük periyotlarda görülür.

Yüksek bölgelerde alınan ölçülerde doruk nokta 0,1 saniye ile 0,2 saniye arasında görülürken diluviyal birimlerde doruk noktalar 0,2 saniye ile 0,4 saniye arasındadır. Buna karşın alüvyon birimlerde sıklık–periyot dağılım eğrisi düzensiz ve doruk değerleri 0,4 saniye ile 0,8 saniye arasında görülebilir. Alüvyon kalınlığı arttıkça sıklık–periyot dağılım eğrisi düz ve periyot aralığı 0,05 saniye ile 2 saniye aralığında değişmektedir.

Kanai ve Tanaka (1961) mikrotremör ölçümlerine dayanarak, mikro bölgeleme için iki yöntem önermişlerdir. Bunlar; ortalama periyot ve en büyük periyoda dayalı sınıflama, mikron cinsinden en büyük genlik ve etkin periyodun kullanılmasıdır.

Udwadia ve Trifunac (1973) mikrotremörlerin zemin büyütmesinde kullanılabilirliğini belirlemek için California depremi kayıtları ile mikrotremör kayıtlarını karşılaştırmışlar ve deprem kaydı ile mikrotremör kayıtları arasında zayıf bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Mikrotremör verilerinin yorumlanmasındaki en büyük sorun kaynağın belirsizliğidir. Diğer yandan mikrotremörler 5–10 dakikalık süreç içerisinde durağan iken gün boyutunda bu özellik geçerli değildir. Udwadia ve Trifunac’a (1973) göre bir noktadaki mikrotremör ölçümü, noktanın transfer fonksiyonundan ziyade kaynak fonksiyonu hakkında bilgi vermektedir.

Beker (2013, s.4) “Nakamura (1989) almış olduğu 30 ar dakikalık birçok mikrotremör ölçümlerinde kültürel etkilerin Fourier spektrumunu nedeni değiştirdiğini gözlemlemiş ve değişken kaynakların doruk periyotları üzerindeki etkilerini incelemiştir”.

Beker (2013, s.4) “Aki (1988) mikrotremör kayıtları kullanarak frekans bağımlı zemin büyütmesini incelemiştir. Mikrotremör gözlemlerinin yorumlanmasındaki en büyük engelin farklı yerde farklı kaynakların bulunması nedeniyle kaynak etkisi ile zemin etkisinin birbirinden ayrılamamasına işaret etmiştir”.

Aki (1988) bir nokta için ortak kaynak ve dalga yolu kullanılmasından dolayı birbirine yakın farklı noktaların genlik büyütmelerinin koda dalgaları ile daha

güvenirlilikle belirlenebileceğini göstermiştir. Seo ve diğer., (1989) deprem kayıtları ile ivme kayıtlarını karşılaştırmak üzere Ashigara–Japonya havzasında ölçümler yaparak yer dinamik tepkisinin değişimini incelemiştir. 1989 Chiba depremini kaya üzerinde R3 ve R7 istasyonlarında, zeminde S7 ve S8 istasyonlarında gözlemlemiş ve bu noktalarda mikrotremör kayıtları da olarak karşılaştırmışlardır.

Kayada gözlenen deprem kaydına ilişkin spektrum, R7 bağıl olarak düz iken zeminde 0,5 saniyede bir doruk göstermiştir. Şekil 7 de verilen spektral oran grafiğinde deprem ve mikrotremör 1 saniye kadar farklılık göstermektedir. Böylece mikrotremör kayıtlarından hareketle bir yerin sismik büyütmesinin belirlenmesinin güvenilir olmayacağı gözükmektedir. Benzer bir çalışma Kobayashi ve diğer., (1986) tarafından yapılmış ve kaynak etkisinin frekans ve genlik üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

1.2.2.4 Mikrotremör Genliklerinin Zamana Göre Dağılımı

Mikrotremörleri oluşturan titreşimler ölçü alınan sahanın özelliğini en iyi şekilde yansıtabilmesi için kültürel etki dediğimiz aktivitelerden kaynaklı titreşimlerden en az şekilde etkilenebileceği gece saatlerinde alınmalıdır. Bu etkiler altında gündüz vaktinde alınan ölçülerin genlikleri gece alınan ölçülere göre yüksek olmaktadır.

Mikrotremör kayıtlarında yüksek genliklere sahip olan gündüz alınan ölçümlere bağlı olarak kentsel bölgelerdeki ölçülerin kırsal alanlardaki ölçülere göre büyük genlikli olduğu alınan birçok kayıta gözlemlenmiştir. Buna benzer bir çalışmayı Kanai Japonya’da almış olduğu 30 noktalı kayıtlar ile aşağıdaki formülü tanımlamıştır;

$$\text{Gece} = 0,3 \times (\text{Gündüz})^{1,5} \quad (1.1)$$

1.2.2.5 Mikrotremör Yöntemlerinin Uygulama Amaçları

- Zemin tipleri ve zemin katmanlarının belirlenmesi.

- Yerel zemin koşullarına bağlı olarak yer hareketlerinin meydana getirdiği büyütme özelliklerinin saptanması ve çalışmaların meydana gelmesinde aktif rolü olan zemin hakim periyodunun saptanmasında aktif olarak yararlanılmaktadır.
- Mikro bölgelendirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan mikrotremörler sayesinde sismik bölgelendirme yapılabilmektedir.
- Sismik bölgelendirme yapılmış yerin jeoteknik risklere karşı farklı risk derecelerinin tanımlanmasını amaçlar.

1.2.2.6 Mikrotremör Ölçümlerinde Kullanılan Yöntemler

S dalgası hızının derinlikle değişimini, zeminle ilgili hakim periyod ve büyütmeleri bulmak için çeşitli yöntemler vardır. Her yöntemin kendine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu yönleri vardır. S dalgası hızının derinlikle değişimini bulmaya gelindiğinde üç farklı yaklaşım vardır.

1. Yapay kaynak kullanılarak S dalgası hızı hesabı. Bu yöntem konvansiyonel yöntem adı verilmektedir. Bu yöntemin lojistik nedenlerden, uygun kaynağın yeterince sağlanamaması ve pahalı olması nedeniyle yerleşim alanlarının bulunduğu bölgelerde uygulanması mümkün değildir. Ayrıca profil uzunluğu kaynak ve lojistik nedenlerden dolayı istenilen uzunlukta seçilememektedir. Buda kısa açılıma neden olmakta ve yapılan çalışmalar ile inilen derinliğin yeterli olmaması nedeniyle uygun değildir.
2. Diğer bir yöntem kuyuların açılması ve bu açılan kuyulardan sonik logların alınmasıdır. Bu yaklaşım oldukça pahalıdır ve başka bir amaçla açılması zorunlu olan kuyularda veya özellikle bu iş için özel kuyuların açılması sonucu yapılabilir. Ayrıca tortul tabakanın kalın veya temel kayanın derin olduğu durumlarda uygulanması tercih edilecek bir yöntem değildir.
3. Diğer yöntemler doğal kaynaklara dayanmaktadır. Bu yöntemler değişik şekilde mikrotremör ölçümlerin alınmasıyla olmaktadır. Mevcut olan üç yöntem alıcıların bir dizilim şeklinde serilmesi ile olmaktadır. Burada

amaç dispersiyona uğramış yüzey dalgalarını kayıt etmektir. Gözlenen yüzey dalgalarından frekansa bağlı olarak S dalgası hızlarının bulunması ve elde edilen bu frekans – S dalgası hız eğrisinden ters çözümü ile derinlikle S dalgası hız değişiminin belirlenmesidir. Zemin büyütmesi ve hakim periyot temel kaya üstündeki tortul tabakaların toplam etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu tabakaların kalınlığı değişkendir ve bir km den büyük olabilir. Bu nedenle kullanılan yöntemin bu derinlikleri örnekleyecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Dizilim yöntemleri dışında sadece zemin büyütmesi ve hakim periyodu belirleyen ve tek istasyon kaydına dayanan mikrotremör yöntemi vardır. Bu yöntem H/V olarak bilinmektedir. Bir noktada belirli bir süre gürültü kaydı alınarak yapılabildiği gibi deprem kayıtları da kullanılabilir.

1.2.2.6.1 H/V Yöntemi. Depremler sonucu yerleşim alanının deprem kaynağından uzaklığına bakmaksızın yıkıma neden olabilirler. Buna neden zeminlerin, deprem dalgalarına sahip oldukları topoğrafya ve jeolojik yapıya göre farklı davranmasından kaynaklanmaktadır. Bu açıdan zeminlerin deprem dalgalarına olan tepkilerinin bilinmesi önemlidir ve mikrozonlama ile bir yerleşim alanının planlanmasında çok önemlidir. Mikrotremör ölçümlerinin zeminin ve bu zemin üzerindeki yapıların dinamik tepki karakteristiklerinin tanımlanmasında etkin bir rolü vardır. Mikrotremör ölçümleri deprem zararlarının en aza indirilmesi ve olası bir depremden zarar görmemek için yerleşim alanlarında yapılması gereken bir işlemdir. Mikrotremör ölçümleri herhangi bir zamanda ve istenilen zaman aralığında alınabilir. Ölçümlerin alımı sırasında çevresel gürültünün en az olması istenir. Bu nedenle ölçümler çevresel gürültünün az olduğu hafta sonları veya gece geç saatlerde alınmalıdır. Mikrotremör çalışmalarında henüz kesin olmayan noktalar mikrotremörün kaynağı ve mikrotremörlere neden olan dalga türleridir. Eğer yerel jeoloji karmaşık değilse mikrotremör ölçümlerinden hakim periyot ve büyütmenin miktarı belirlenebilir. Mikrotremör ölçülerinin çözümlenmesinde çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Bu yöntemler spektral genlik yöntemi, referans noktasına göre rölatif olarak spektral oranlar yöntemi ve yatay bileşen spektrum değerlerinin rölatif olarak düşey bileşen spektrum değerlerine oranı yöntemidir. Deprem kayıtları kullanıldığında S dalgaları

alınmaktadır. Kullanılan bu yöntemler kısaca aşağıda verilmiştir. Her yöntemin kendine göre uygulanabilirlik alanları vardır. Çalışma bölgesine ve mevcut şartlara göre bir yöntem seçilerek kayıtlar alınmalıdır.

1.2.2.6.2 Spektral Genlik Yöntemi. Bu yöntemde Kobayashi ve diğer., (1986) mikrotremörleri düşey olarak yayılan S dalgaları ve bir mikrotremörün kaynak spektrumunu beyaz gürültü olarak kabul eder. Bu çalışmaya iyi bir örnek Gutierrez ve Singh (1992) 'in çalışmasıdır. Referans olarak alınan noktadaki spektrum değeri ilgilenilen frekans bandı için düz alınmıştır. Diğer bir deyişle spektrumda belirgin bir pik değer yoktur. Sağlam kayadaki spektrum değeri sabit kabul edilir ve yumuşak zemindeki spektrum değerine sağlam zeminden elde edilen spektrum değeri bölünerek bir pik değer bulunur. Bulunan bu değerden ölçü noktasına ait zeminin büyütmesi ve doğal hakim frekansı belirlenebilir.

1.2.2.6.3 Referans Noktasına Göre Rölatif Olarak Spektral Oranlar Yöntemi. Kagami ve diğer., (1986) yumuşak ve sağlam zeminlerde kayıt edilmiş zayıf ve kuvvetli yer hareketi sismogramların S dalgası kısmından spektrum oranlarını hesaplayarak zemin ile ilgili bilgileri elde ederler. Referans noktasındaki hareket yumuşak zemine tabandan gelen tetikleyici harekete eşdeğer kabul edilerek zeminin sismik dalgalara olan tepkisi hesaplanabilir. Referans noktasındaki spektrumun düz olması gerekmez.

1.2.2.6.4 Yatay Bileşen Spektrum Değerlerinin Rölatif Olarak Düşey Bileşen Spektrum Değerlerine Oranı Yöntemi. Bu yöntem son yıllarda çok kullanılmaya başlanmış ve değişik ülkelerde araştırma konusu olmuştur ve Nakamura yöntemi olarak bilinmektedir (Nakamura, 1989). Bu yöntem mikrotremörlerin Rayleigh dalgalarından oluştuğunu ve yerel kaynaklardan üretildiğini varsayar. Düşey bileşen hareketi yumuşak toprak tarafından büyütülmez. Yerel etkiyi yüzeyde yatay ve düşey bileşenlerin spektrum oranlarından belirleyebiliriz. Bu yöntemin geçerliliği için önerilen varsayımlar nümerik modellerle de doğrulanmıştır (Lermo ve Chavez-Garcia, 1994). Bu yöntem Meksika da üç farklı bölgeye uygulanmış ve diğer yöntemlere göre daha başarılı bulunmuştur. Bu bölgeler tektonik ve jeolojik açıdan

birbirlerinden farklıdır. Mikrotremör ölçüsü yanında deprem kayıtları da zayıf ve kuvvetli yer hareketi kayıtçılarının kullanımı zeminin hakim periyodu ve büyütme değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Field ve diğer., 1995; Suzuki ve diğer., 1995). H / V oranı yerin tepkisinin transfer fonksiyonunu temsil eder. Yumuşak zeminin oluşturduğu bir tortul tabakanın temel rezonans frekansının belirlenmesinde etkin ve güvenilir bir yöntemdir. Diğer taraftan yerin büyütme faktörünün tahmininde yanılığa neden olabilir. Genellikle ikinci yöntemle bulunan değere göre biraz küçük kalmaktadır. Ama iki yöntemle bulunan değer arasında doğrusal bir ilişki vardır (Konno ve Ohmachi, 1998). İki yöntem arasındaki fark büyük boyutlarda değildir. Mikrotremör yöntemiyle bulunan büyütme değerlerinin diğer yöntemlere göre biraz küçük çıkmasının nedeni tam olarak bilinmemektedir. Önemli olan hakim periyodun bulunmasıdır. Yapılan bütün çalışmalarda diğer yöntemlerle bulunan değerlerle hemen hemen aynı sonuçları vermektedir. Kullanım kolaylığı ve ölçülerin hızlı bir şekilde alınması nedeniyle tercih sebebi olmaktadır.

1.2.2.6.5 Yöntemin Prensipleri. Yöntemin esasını bir yarı sonsuz düzlem üzerinde yer alan yumuşak toprak tabasının varlığı oluşturur. Bu durumda dört bileşenden bahsetmek gerekir (Finn, 1991). İki bileşen yüzeyde ve iki bileşen ise yarı sonsuz düzlemde yer almaktadır. Kaynağın genlik etkisini aşağıda verilen orandan tahmin edebiliriz.

$$A_s = V_s / V_b \quad (1.2)$$

Burada V_s yüzeydeki düşey hareketin genlik spektrumu ve V_b ise yarı düzlemdeki düşey bileşen hareketin genlik spektrumudur. Yerel etki ise;

$$S_e = H_s / H_b \quad (1.3)$$

bağıntısı ile verilir (Nakamura, 1989). Burada H_s yüzeydeki yatay bileşen hareketin genlik spektrumunu ve H_b ise toprak tabakasının tabanındaki yatay bileşen hareketin genlik spektrumudur. Kaynak etkisi ile S_e yi tamamlamak için değiştirilmiş yeni bir yerel etki fonksiyonu hesaplanmalıdır.

$$S_m = S_e / A_s \quad (1.4)$$

Bu ise şuna eşdeğerdir.

$$S_m = (H_s / V_s) / (H_b / V_b) \quad (1.5)$$

Sonuç olarak H_b / V_b oranının bir olduğunu varsayarsak, yerel etki fonksiyonu (kaynak etkisi giderilmiş) şu şekilde ifade edilebilir;

$$S_m = H_s / V_s \quad (1.6)$$

Mikrotremör kayıtlarından yukarıdaki bağıntı yardımıyla yerleşim alanlarındaki hakim periyod ve bu periyoda tekabül eden büyütme değerlerinin hesaplanması mümkündür.

1.2.2.7 Mikrotremörlerin Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar ve Genel Özellikleri

Mikrotremör ölçülerini genlik sınırları 0,005 ila 3000 mikron olan hassas aletler olan sismometreler ile kaydedilebilmektedir. Kayıt türleri ivme, hız ve yer değiştirmedir.

Mikrotremörlerin genliklerinin ufak olması sebebiyle, büyütmesi yüksek olan sismometrelerle kaydetmek mümkündür. Sismometreler de ivme, hız ve yer değiştirme değerlerinden her hangi birisi için kayıt alınır. Mikrotremörler genel olarak partikül hızı algılayan sismometrelerle kaydedilmiştir. İvme sismometresinin duyarlılığı artırılarak mikrotremörler de ivme kayıtları alınabilir. Fakat bu tür ivme aletlerinin 18 bit'ten daha yüksek olması gerekir. Alınan ölçülerin sayısal olarak kaydedilmesi veri işlem sırasında daha seri ve doğru analiz yapılabilmesine olanak sağlar. Sismometreler üç bileşenlidir. Doğu-Batı mavi renk Kuzey-Güney kırmızı

Düşey yeşil'dir. Cihaz yerleştirileceği zemin düz olmalıdır yani alet düzeçlenmelidir. Sarı uç kuzey'e hava kabarcığı da ortaya gelmelidir (Mustombaki, 2018).

Kullanılan ekipmanlar

- Laptop bilgisayar
- 6,75 V pilt
- Bağlantı kabloları
- Gps
- Üç bileşenli geniş periyod üç bileşen sismometre



Şekil 1.4 Geniş periyot üç bileşen hız kaydeden sismometre (Kişisel arşiv, 2019)

1.3 Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemine Uygun Olarak Toplanması

CBS'yi oluşturan en önemli bileşen "data" dır. Bu datalar coğrafi veriler, öznitelikler, tablolar, analizler, istatistiksel bilgiler ve benzeri şekilde sıralanabilir. Verileri kendimizde oluşturabileceğimiz gibi çalışmalarımız için gerekli olanları piyasadan da temin edebiliriz. Farklı kurum ve kuruluşlara ait veriler birleştirilerek konumsal veriler ile bütünleştirilebilir (Efe, 2013, s. 49).

Uzmanlara göre CBS'nin en önemli yapı taşı veridir ve aynı zamanda elde edilmesi de çok zordur. Çünkü veri çeşitliliği ve veri sayısının fazla olması daha verinin toplanma aşamasında çok büyük zaman ve maliyete neden olmaktadır. Öyle ki bu zaman ve maliyet çalışmaların %50 den fazlasına denk gelmektedir (Efe, 2013, s. 49).

Çalışmalarımızın temelini oluşturan jeofiziksel veriler bölgeyi en iyi şekilde ifade edebilmesi için konum bilgilerinin itina ile kaydedilmesi ve gerekli haritaların (jeolojik, büyütme ve VS₃₀ hız haritası gibi) koordinatları aynı şekilde olmalıdır.



BÖLÜM İKİ

CBS

2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Bilgi sistemleri verilerin elde edilerek depolanması, işlenmesi ve anlamlı hale getirilmesi için oluşturulan sistemlerdir. Gelişen teknoloji verilerin sayısal olarak daha kolay saklanmasına olanak sağlarken, verinin anlamlandırılarak bilgiye dönüştürülmesine ve veri ile bilginin yönetimine dayalı sistemleri zorunlu hale getirmiştir. Anlamlaştırılmış verinin bilgiye dönüştürülmesi ve bu bilgilerin yönetilmesi için yapılmış sistemler bilgi sistemleridir (Düzgün, 2011).

Yomralıoğlu (2000) “Bilgi sistemlerinin asıl amacı karar verme yetisini kolaylaştırmak ve bu süreçleri kısaltmaktır”.

Düzgün (2011) “Kısa sürede daha kolay karar vermeye olanak sağlayan bilgi sistemleri etkili karar vermeye yardımcı olur. Bilgi sistemleri ayrıca çeşitli bilgilerin ilişkilendirilip daha anlaşılır hale getirilmesine olanak sağlar”.

Düzgün (2011) “Bilgi sistemleri ile verileri daha etkin yöneterek kullanıcılara sunabilir ve verilerin anlamlandırılarak bilgiye dönüştürülmesi aşamasında uygulamalara altlık teşkil eder. Verilerin sorunların çözümünde kullanılması ve analiz edilmesine imkan sağlar. Karar vericilerin kararlarını destekleyen analiz imkanları sunar”.

Düzgün (2011) “Kullanıcıların sistemle aktif bir şekilde etkileşimde bulunarak elde edilen verileri anlamlı bir bilgiye dönüştürmesi gerekir. Bu aşamada kullanıcı etkisi ve müdahalesi giderek artmaktadır. Yapılan işlemlerin her aşamasında kendileri arasındaki ilişkinin kurulması ve anlaşılır olması çok önemlidir”.

Veri bilgiye, anlamlandırılmış ve genellenmiş bilgiye dönüşümü sorunları çözme ve karar verme süreçlerini destekleme amacıyla yapılır. CBS'nin temel amacı ne nerede? sorusunun cevabını bulmaktır. Nerede sorusuna haritalar üzerinde çalışma alanlarının konumu belirleme, ne var sorusuna cevap olarak da yapılan çalışmaların tanımlamaları ve özniteliklerini ifade etmek için kullanılır. Kısacası CBS bu soruların cevabını en iyi şekilde anlaşılabilirliği için geliştirilmiştir (Düzgün, 2011).

Düzgün (2011) "CBS ile reel dünya da kullandığımız bilgi ve verilere dayalı kavramsal bir model meydana getirilir. Bu modelin oluşturulması için toplanan verilerin kullanılması aşamasında bu verilerle doğrudan ilişkili olan reel dünya olgularının, süreçlerinin modelleri ve soyutlamaları aşağıdaki aşamalarla gerçekleştirilir":

- Modellerin ve soyutlamaların tanımlanması ve çözümlenmesi
- Neticelerin elde edilmesi
- Kararlar verilmesi
- sorunların çözülmesi

Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri iki ayrı perspektifte incelenebilir (Şekil 2.1).

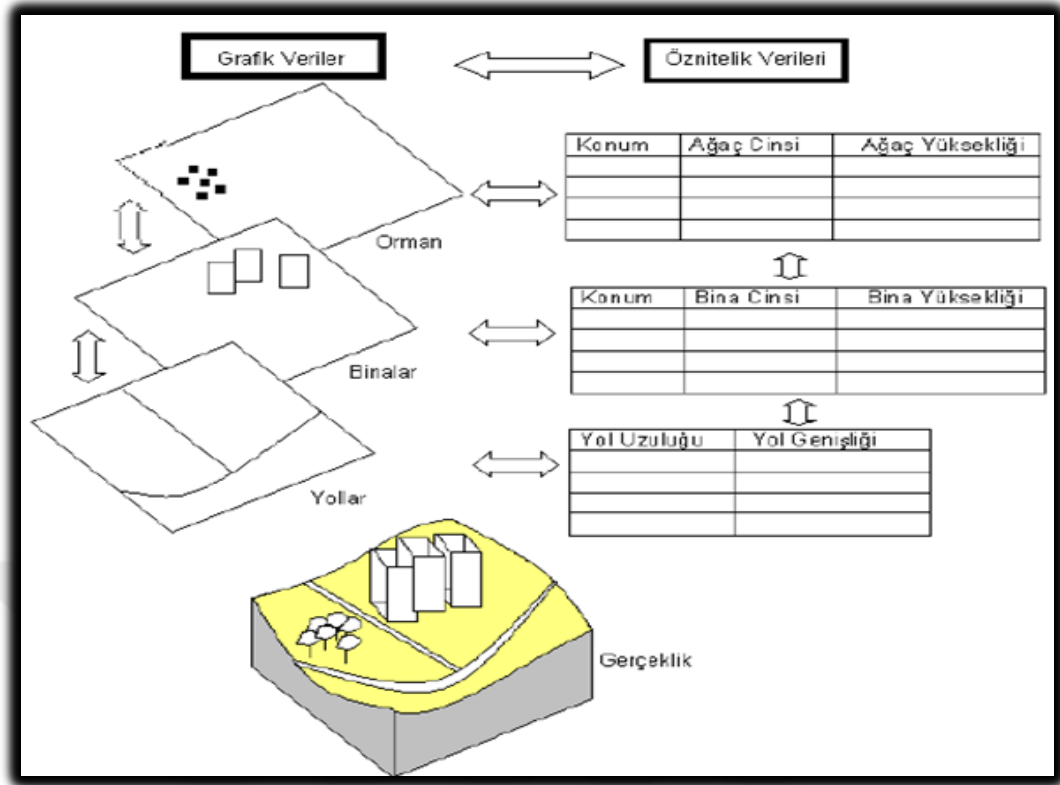


Şekil 2.1 Coğrafi bilgi sistemleri bileşenleri (Düzgün, 2011)

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi perspektif I 'de CBS'nin işleyişi ile ilgili gerekli aşamaları ifade etmektedir. Perspektif II de ise sistemin tamamı olarak ifade edilmiştir. Perspektif II sistemin fiziksel yapısını ön plana getirirken, perspektif I de sistemin yazılım yapısını gözler önüne sermektedir (Düzgün, 2011).

CBS bileşenleri iyi bir şekilde analiz edildiğinde her bir bileşenin sistem içinde ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bilgisayara dayalı sistemlerde yazılım ve donanım ne kadar önemliyse de bu sisteme girilecek veriler, işlemler, analizler, sunum ve bunların yönetilmesi de çok önemlidir (Düzgün, 2011).

CBS'nin ana çalışma yöntemi çalışma alanına ait mekânsal ve konumsal bilgilerin, yapılan çalışmaları ifade eden sonuçlar ve öznetelikler ile ilişkilendirilerek sistem içinde ayrı katmanlar olarak saklanmasıdır. Kullanıcılar bu katmanları kullanmak suretiyle arzu edilen gerekli analizler yapılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 CBS 'nin temel çalışma prensibi (Düzgün, 2011)

Düzgün (2011) “Veri tabanı yönetim sistemi (VTYS) ile tablosal hale gelmiş öznitelik verileri ve grafiksel verilerin birlikte ilişkili bir biçimde depolanmasıdır. Haritalar grafiksel verilerden oluşurken, bu haritalara ait tablolarda öznitelik bilgilerini ifade eder”.

CBS'nin en çok kullanıldığı alanlar aşağıda sıralanmıştır.

- Jeodezi ve Geomatik
- İnşaat Mühendisliği
- Jeoloji
- Jeofizik
- Petrol Mühendisliği
- Şehir ve Bölge Planlama
- Madencilik
- Oşinografi

- Hidrografi
- Peyzaj Mimarlığı
- Kadastro
- Coğrafya
- Tarım
- Arkeoloji
- Biyoloji (ekoloji, biyo-coğrafya)
- Çevre ve Yer Bilimleri
- Sosyoloji
- Siyasal Bilimler
- Kriminoloji
- Lojistik
- Ulaşım
- Epidemiyoloji

CBS'nin avantajları şu şekildedir;

- Daha etkili planlama ve idari metotlarının geliştirilmesi
- Kararların kısa sürede ve doğru alınabilmesi
- Kısa ve uzun vadede güncel ve zamana bağlı değişimi gözlenebilen veri yönetiminin oluşturulması
- Giderlerin azalması
- Başarılı hizmetlerin verilmesi
- Hizmetlerin, kararların ve çözümlerin ilgili paydaşlar ile kolay paylaşımı
- Görsel analitik yöntemlerle anlatılması kolay olmayan olguların daha kolay biçimde anlatılabilmesi

CBS uygulama alanları;

- Bayındırlık hizmetlerinde
- Sağlık

- Ulaşım
- Eğitim ve Ekonomi
- Çevresel koruma
- Sanayi ve Ticaret
- Tarım ve Ormancılık
- Turizm
- Savunma-Güvenlik
- Sosyal-Kültürel amaçlı
- İstatiksel amaçlı uygulamalarda
- Diğer sektörler



BÖLÜM ÜÇ ÇALIŞMA ALANI

3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi

Bölgede alttan üste doğru; Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığı, Neojen Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır.

a) Bornova Karmaşığı

Erdoğan (1990) “İzmir-Ankara Zonu olarak adlandırılan tektonik kuşak içerisinde yer alan Bornova Karmaşığı'nın içerisinde Kretase yaşlı filiş en baskın birimi oluşturmaktadır. Bu birim içerisinde başlıca kumtaşı-şeyl ardalanması ve bu ardalanma içerisinde yüzer konumda bulunan kireçtaşı blokları bulunur”.

Özellikle Bornova Ovası ve Narlıdere civarlarında kumtaşı-şeyl ardalanmasındaki yapraklanmalar bölgenin şiddetli deformasyon geçirmiş olmasının sonucudur. Bu birimin matrisinin oluşumunda kireçtaşı blokları taşınmış ve bunun sonucunda çevrede karmaşık yapılar meydana gelmiştir.

Bölgesel olarak temeli oluşturan bu birim üzerine Neojen yaşlı tortul ve volkanik kayalar açısız uyumsuz olarak gelir. Miyosen' den itibaren bölgede neotektonik evreye geçilmiş ve bu evrede değişik tip ve büyüklükteki bölgesel gerilmelerin etkisi altında kalan tüm birimlerde ve jeolojik ortamlarda deformasyonlar gelişmiş, bunun sonucunda Batı Anadolu'nun tipik horst-graben yapıları ortaya çıkmıştır (Erdoğan, 1990).

b) Neojen Formasyonları

Neojen Formasyonlar, altta çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası, daha üstte kireçtaşı ve en üstte Yamanlar Volkanik birimlerden oluşur. Genelde Neojen tortulları zayıf ile ortaç arası pekleşmiş olduğundan ve bol kil içerdiğinden dolayı az duraylıdır. Tüm kayalar yanal ve düşey yönde geçiş gösterdiğinden zemin niteliği ve yeraltı suyu miktarı her yerde farklıdır. Kireçtaşı, kalın katmanlı bölümlerinde dayanımlı bir zemin oluşturur (Kaya, 1982).

c) Volkanik Birimler

Kalın ve yaygın bir andezitik volkanik dizi Bergama ile İzmir arasında yer almaktadır. Bu dizinin farklı bölümlerine bir takım yerel isimler verilmiştir (Kaya, 1981; Kaya ve Savaşçın, 1981; Yılmaz, 1989). Akyürek ve Sosyal (1978), Yuntdağ volkaniti olarak Bergama ile Ayvalık arasındaki bölgeyi detaylı bir şekilde haritalandırıp bu birimi ilk olarak adlandırdılar. Ayrıca benzer volkanitler Bergama ve İzmir arasında yaygındır. Dumanlıdağ volkanı yakalaşık 1000 metre yükseklikte ve 20 km çapında, en gelişmiş ve en iyi Aliğa-Foça da ki üç ana merkezi delikten birini korumuştur. Dumanlıdağ'ın merkez kısmında ki yarı dairesel normal faylar yaklaşık 5 km çapındaki kaldera yapısını sınırlar. Volkanın merkezi ayrışmış andezit, trachyandesitik lav akıntıları ile bloklar ve 20-308 radyal dışa doğru dalımlı lav akıntılarında oluşur. Kalderanın orta kısımları ince tuf, tuf birikintileri, andezit ve dayklar en yaygın kaya türlerini oluşturur. Dumanlıdağ kalderası dairesel-yarı dairesel alçak topoğrafik çöküntü ile karakterize edilerek, akış yapraklanma düzlemlerinin vuruşlarının dairesel haritası ve saha görüntüsü ile ayırt edilir. Dik bir kaldera duvarının kuzey kenarında, pembemsi andezitik lav akıntıları ve iç içe geçmiş blok ve kül akış tortulları dışa doğru daldırma boyunca karakteristiktir. Doğu ucunda öte yandan Dumanlı tepe civarında dışa akış yaprak düzlemlerine ek olarak, yüksek açılı kalderanın dairesel sınır fayı, içe daldırma bloğu ve fayın tabanındaki kül birikintileri karakterize eder. Güney ucunda doğu kısmına benzer şekilde 70-80⁰ dalımlı iki yüksek açılı faylar kaldera oluşumunu kontrol eder. Bu kenar boyunca lav akıntıları ve koninin güney kenarını oluşturan volkanik plastik birikintiler güneye

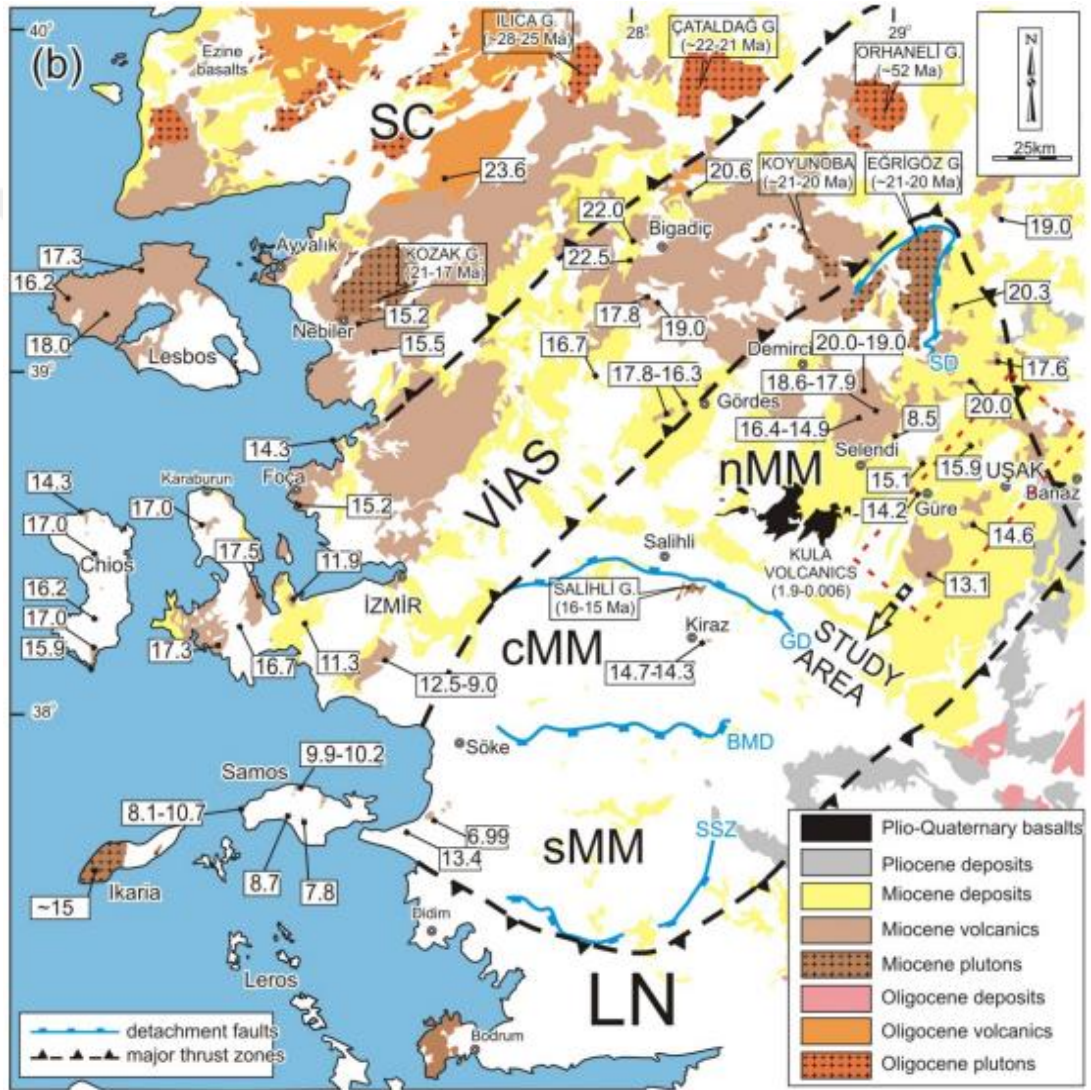
Menemen ovasına doğru yönelir. Kaldera yapısının orta kısmında, lav akıntılarının dipleri ve piroklastikler kısa mesafede değişim gösterir ve baskın bir şekilde koninin merkezine dalar. Yatakların çarpma ve suya dalma değişiminin bu karmaşıklığı, koninin orta kısmının normal faylanma ile çökmesiyle ilgilidir. Yarım daire biçimli normal faylar 70-808⁰ iç diplere sahiptir. Dumanlıdağ kalderasının orta kısmında en tipik volkanik yapılar yarı radyal dayklar ve subvolkanik kubbeleri kesen hem lav akıntıları hem de püsküren piroklastik birikintilerdir. Dumanlıdağ kaldera'nın dış yamaçlarındaki geniş alanlarda lav akıntıları, blok ve kül akıntıları ve kül birikintileri genellikle düşük eğimle veya paleotopografiye bağlı olarak yatay morfoloji gösterirler. Yuntdağ volkanitlerinde, trakyandezitik lavlar ve masif andezitik içeren kırmızı-gri renkli andezitler hakimdir (Akay ve Erdoğan, 2004).

Alüvyon: İzmir Körfezi çevresindeki kıyı düzlükleri başlıca Gediz Deltası ve körfeze boşalan akarsulara ait alüvyon konileridir. Gediz Deltası'nın üst seviyelerinde kumlu zeminler çok gevşek, derinlere doğru gevşek ve orta sıkılıklarda bulunmakta, killi zeminler çok yumuşak ve yumuşak kıvam durumu göstermektedir. Çalışma alanında gözlenmemektedir.

3.2 Tektonik

Batı Anadolu genişleme bölgesinde yer alan İzmir Körfezi'ni güneyden sınırlayan İzmir Fayı yaklaşık 40 km uzunlukta, 500 metre genişlikte ve doğrultu atım bileşeni olan D-B uzanımlı normal bir faydır. Balçova bölgesi bu fay zonu zerinde yer almaktadır. Ana fayı, fay zonu içerisindeki güney segment oluşturur. Bu ana fayın önündeki düşen blokta, yanal yönde devam etmeyen antitetik ve sintetik faylar gözlenmiştir. Fayın düşen bloğunda Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı-şeyl birimleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyonel, flüviyal, denizel depositler yer almaktadır. Fayın yükselen kısmında bloğunda ise yaşlı Bornova Karmaşığına ait Üst Kretase-Paleosen birim gözlenir. İzmir Fayı'nın taban bloğunda yer alan antitetik ve sintetik faylardan dolayı Bornova Karmaşığı'nın, fayın tavan bloğunda yüzlenmesine sebep olmaktadır. KD-GB ve KB-GD yönlü faylar İzmir Fayı'nın yükselen bloğunda gözlenmiştir. KD yönlü olanlar düşük rake açıları ve yüksek eğimlere sahipken, KB

doğrultulu hatlar ise verev atımlı fay karakteri özelliği gösterir ve 20-30° lik rake açlarına sahiptir. İzmir Fayı tarafından kesilen bütün yapısal süreksizlikler fayın taban bloğunda kalmaktadır. Alüvyol yelpazeler, ütü altı yapıları, karakteristik drenaj ağları ve dağ önü çizgisellikleri inceleme alanında gözlenen jeomorfolojik indislerdir. Bu parametreler yardımı ile fayın türü saptanmıştır (Sözbilir ve diğer., 2004). Aşağıdaki şekilde Batı Anadolu Fay sistemi gösterilmiştir (Şekil 3.2).



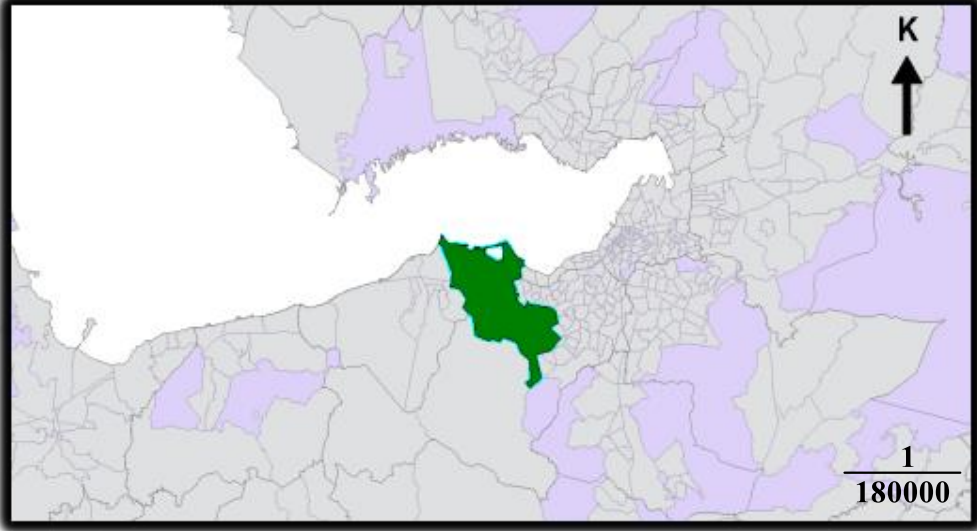
Şekil 3.2 Neojen volkanik, sedimanter kayalar ve ana tektonik yapıları gösteren geliştirilmiş Batı Anadolu haritası (Karaoğlu, 2012)

BÖLÜM DÖRT

VERİ İŞLEM

4.1 Verilerin CBS Ortamına Aktarılması

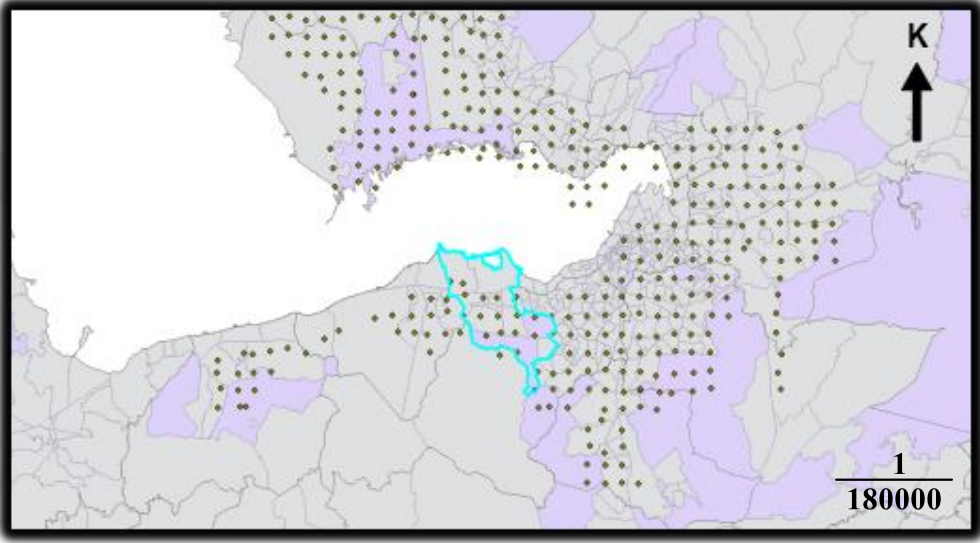
Elde edilen tüm verilerin koordinatları ARCGİS programında girilmeden önce çalışmalarımıza altlık oluşturacak mahalle sınırları yüklenildi. Böylelikle çalışma yapılan yerlerin anlaşılır olması yanı sıra çalışma alanlarını da irdeleyebilmek açısından çok gerekli olmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 İlçe ve mahalle sınırlarının ARCGİS programına yüklenmesi

Coğrafi bilgi sistemlerine aktarılan veriler ile mahalle sınırlarının birlikte sunulması klasik bölgesel analiz metotlarından ziyade mahalleye dayalı hatta adrese dayalı bir zemin bilgi sistemi sağlamamızı ve ileride tüm yapılacak olan zemin etüt çalışmalarında bir fikir sahibi olunmasına olanak vermektedir. Bu tür çalışmaların ivedi bir şekilde yapılıp tüm belediyeliklere entegre edilmesi günümüzde yaygın olarak yapılmakta olan kentsel dönüşüm çalışmalarına da çok yararlı olması muhtemeldir.

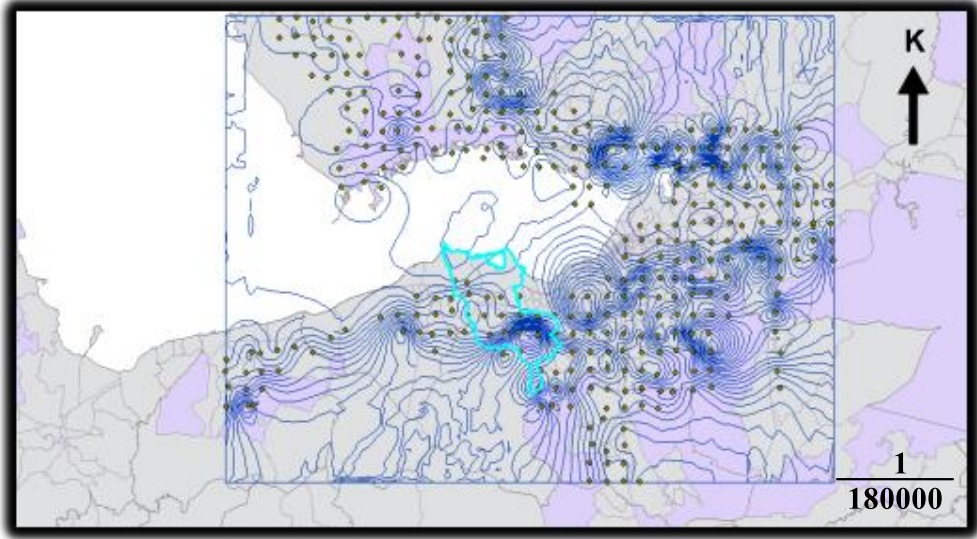
İzmir Büyükşehir Belediyesinden temin edilen mahalle sınırları ED50 koordinat sisteminde olmasından dolayı jeofizik çalışmalardan elde edilen verilerle uyumlu olması açısından tüm verilerin koordinatlarının ED50 olarak ARCGİS programına girilmesi gerekmiştir. İlk olarak verilerin konumu noktasal olarak mahalle sınırlarına eklenerek çalışma alanlarının sınırları çizilmiş olur (Şekil 4.2). Daha sonra ölçüm noktalarına ait elde edilen jeofizik nitelikler birbirleriyle eşit değerdekilerle haritalar oluşturulup mahalle sınırlarına işlenmiştir.



Şekil 4.2 Jeofizik ölçü noktalarının ARCGİS programına yüklenmesi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi ARCGİS programında yer alan noktalar jeofizik ölçü noktalarını temsil etmektedir. Mahalle sınırları ile birlikte gösterilmesi ile ölçü yerlerinin adrese dayalı bir sistem olarak görülmesine olanak sağlanmıştır. Ayrıca kolay bir bilgi paylaşımı ve anlaşılabilir olması da en büyük avantajıdır.

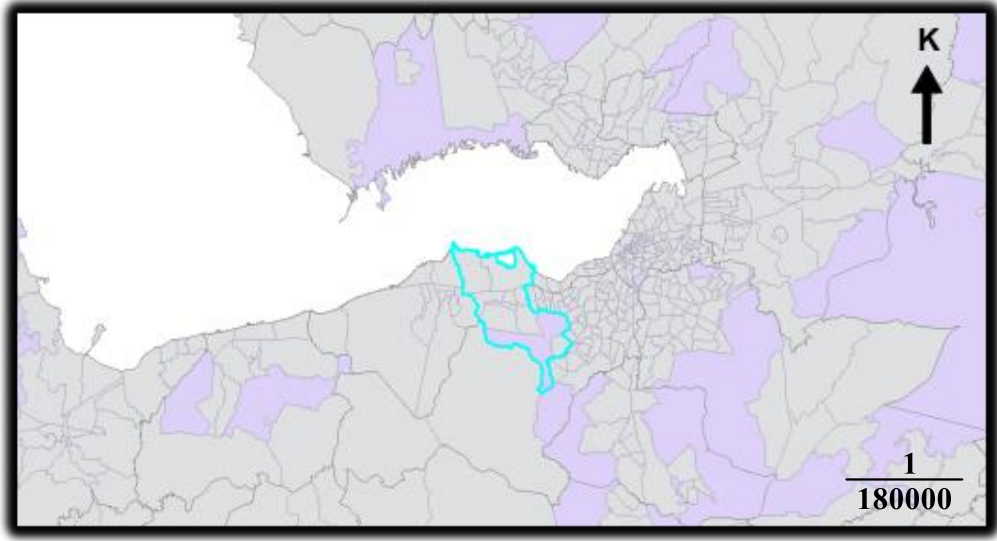
Jeofizik ölçü noktalarından elde edilen veriler ışığında oluşturulabilecek bölgesel haritanın sınırları da belirlenmiş olmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Jeofizik verilerle oluşturulan bölgesel haritanın sınırları

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi jeofizik ölçü noktaları ile bölgesel bir veri haritası oluşturulmuştur. Bu haritanın oluşturulma sebebi yaklaşık olarak hangi bölgelerin jeofiziksel özelliklerinin saptanabildiğini göstermektir. Alınan ölçü noktaları İzmir merkez metropolünü kapsamaktadır. Fakat tez çalışması kapsamında Balçova ilçesi işlenecektir (Şekil 4.4). Çalışma kapsamımızdaki mahalle isimleri şu şekilde sıralanmıştır;

- İnciraltı
- Balçova
- Bahçelerarası
- Korutürk
- Onur
- Eğitim
- Fevzi çakmak
- Teleferik
- Çetin emeç

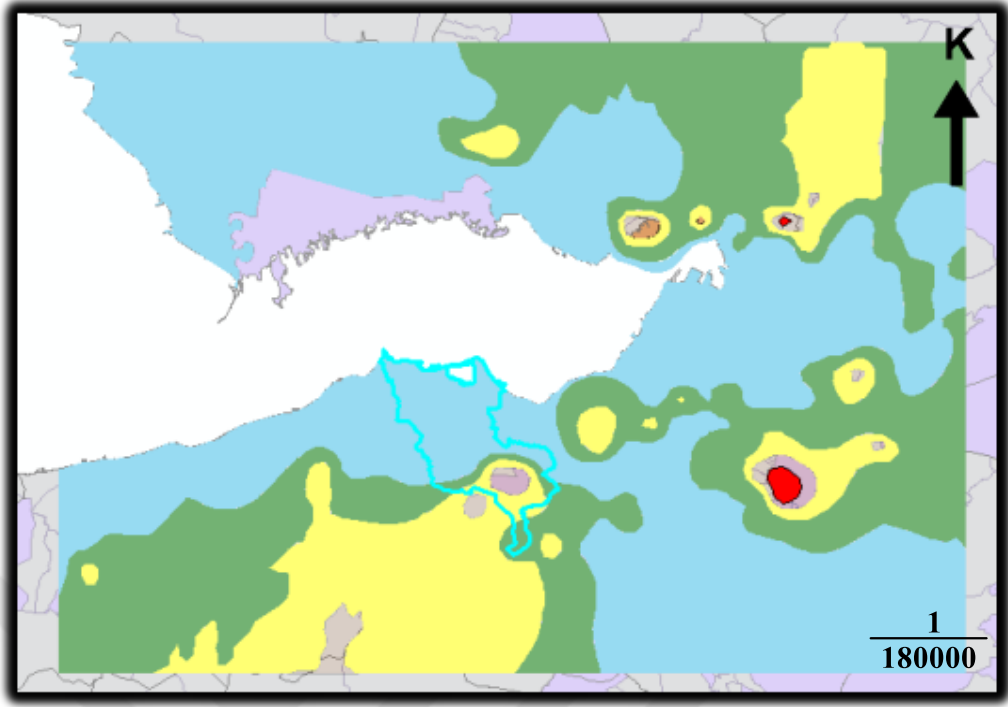


Şekil 4.4 Balçova mahallesinin sınırlarının ARCGİS programında gösterimi

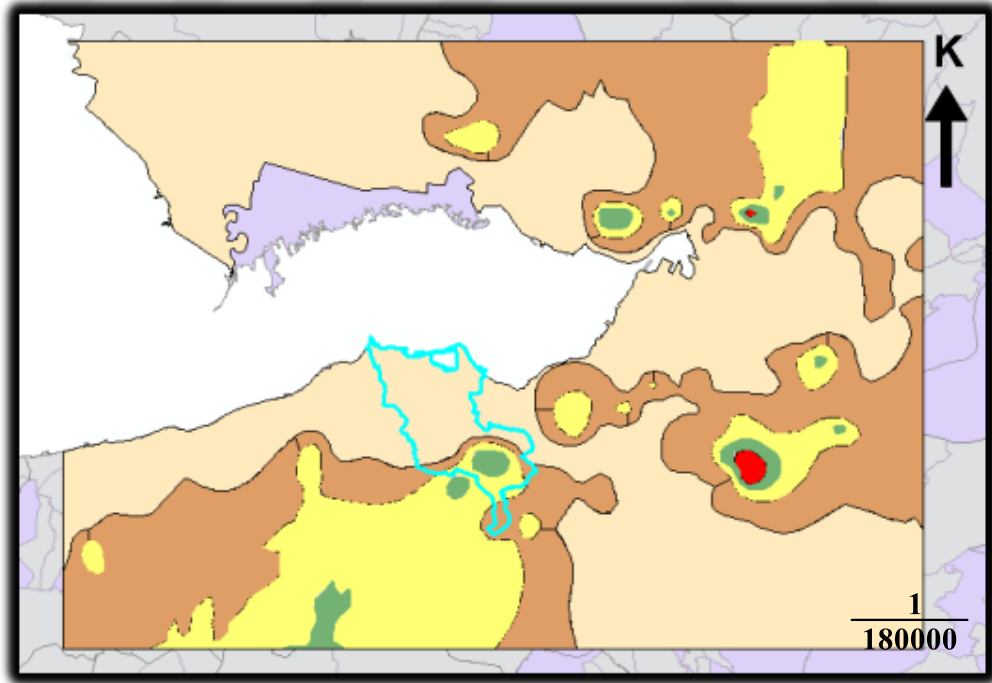
Yukarıdaki şekilde ARCGİS programında Balçova mahallesinin sınırları görülmektedir (Şekil 4.4). Coğrafi bilgi sistemleri sayesinde çalışma alanımızda mahalle sınırları içinde semt semt analiz yapılabilme olanağı bulunmaktadır.

4.2 Jeofizik Haritaların CBS Ortamına Aktarılması

Yapılan jeofizik ölçümlerden elde edilen parametrelerle çizilen Vs30 hız haritaları ile zemin hakim titreşim periyodu haritaları CBS ortamına aktarılarak bölgenin analizi için son adım da uygulanmış olur (Şekil 4.5 ve 4.6).



Şekil 4.5 Vs30 hız haritasının ARCGİS de gösterimi



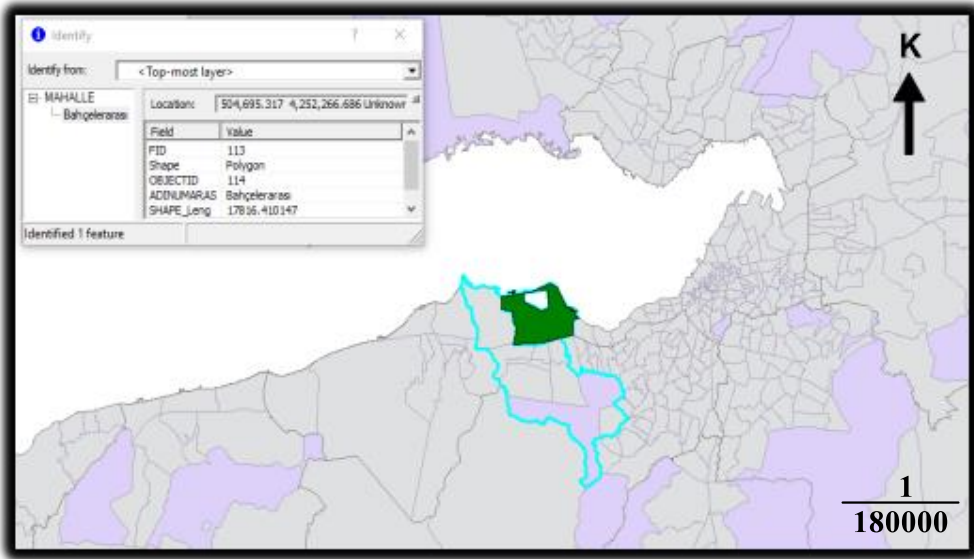
Şekil 4.6 Zemin hakim periyod haritasının ARCGİS de gösterimi

Hakim periyot haritası ve Vs30 hız haritaları ARCGİS programına aktarılma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra programa öznitelik verileri gibi birçok ek bilgi de eklenebileceği üzere bölgede yapılabilecek diğer tüm çalışmalarda aktırabilir ve böylelikle her zaman geliştirilebilir, güncel bir çalışma elde edilmiş olur. Ayrıca yorum ve analiz açısından üstün bir kolaylık sağlaması yanı sıra kullanıcılar arasında kolay bir paylaşıma da imkan sağlamaktadır.

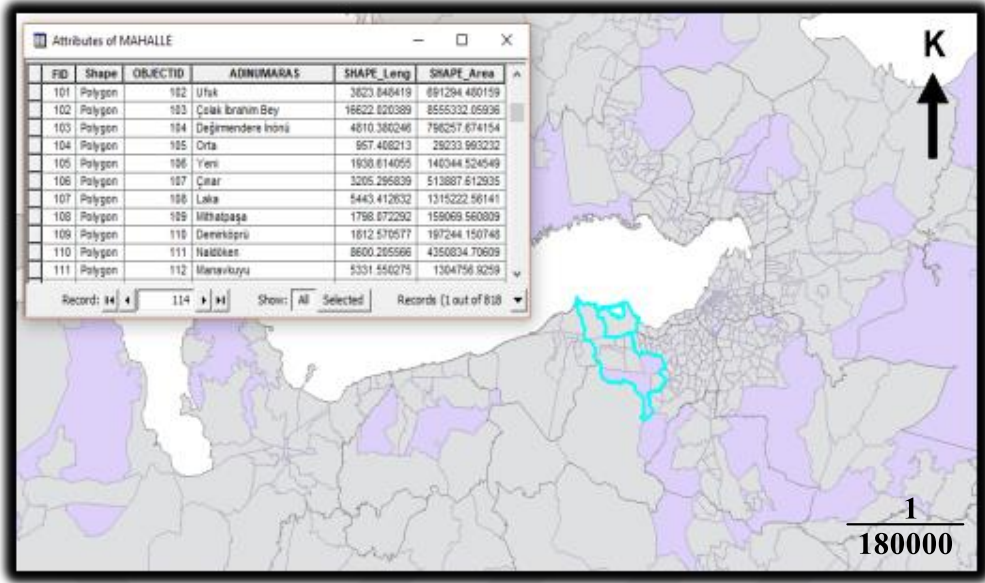
4.3 Verilerin Yorumlanması

Elde edilen veriler ışığında çizilen hakim periyot ve Vs30 hız haritaları CBS ortamına aktarıldıktan sonra yorum yapılabilmesi daha kolay ve anlaşılır hale gelmiştir. Şekil 4.5 ve şekil 4.6 de görüleceği üzere hakim periyot ve Vs30 hız haritaları büyük bir uyumluluk göstererek bölgenin jeofiziksel konumunu göz önüne koymuştur.

Verileri incelemek isteyen sunucular ister mahalle bazında veya isterse jeofiziksel parametreler bakımından kolayca yorumlama yapabilmektedir. Kullanıcı istenilen öznitelige ulaşılabilmesi için direk mahallenin kendisine programda tıklayabilir (Şekil 4.7). Ya da display mөнüsünden de seçilebilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7 ARCGİS programında mahalle üzerine tıklanarak özniteliklerin gösterimi



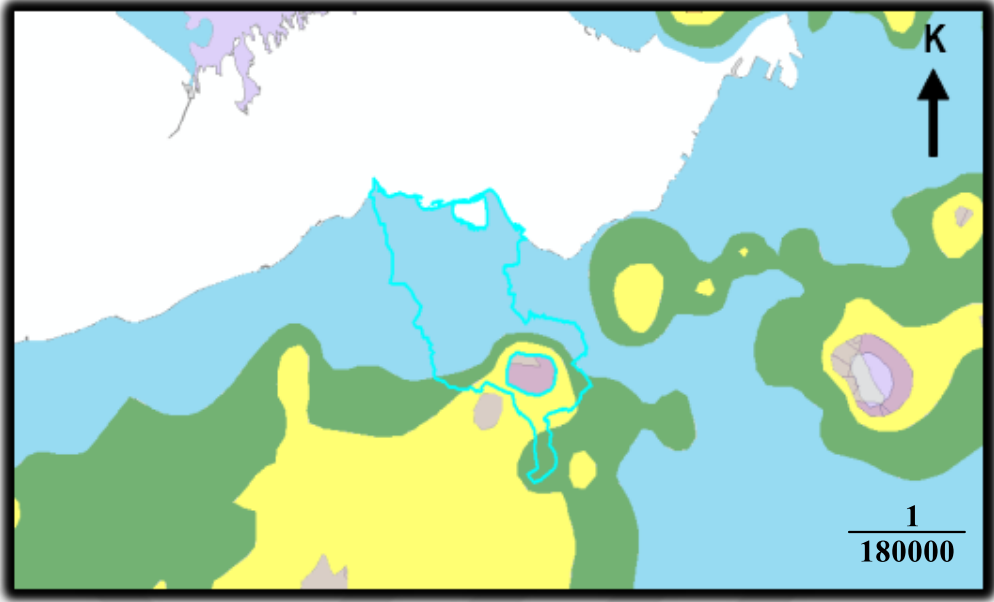
Şekil 4.8 ARCGIS programında display mönüde mahalle özniteliklerin gösterimi

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, genel anlamda yapılabilecek tüm jeofizik çalışmaların MASW ve mikrotremör den elde edilen Vs30 ile zemin hakim titreşim periyot gibi haritalarının CBS'ye aktarılması ve daha hızlı, verimli bir biçimde yorumlanması yanı sıra kullanıcılar arası kolay paylaşımı amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında İzmir genelinde 360 adet noktada MASW ve mikrotremör ölçüleri alınmıştır. Fakat tez kapsamında Balçova ilçesi incelenmiştir. MASW verileri Seisimager programı kullanılarak elde edilen dispersiyon eğrilerine ters çözümleme işlemi uygulanmış ve bölgeye ait Vs30 hız haritaları hazırlanmıştır. Tek istasyon yöntemi ile kaydedilen mikrotremör verileri ise Geopsy programı kullanılarak analiz edilmiştir. Nakamura yöntemi olarak bilinen yatay bileşim spektrum değerlerinin rölatif olarak düşey bileşen spektrum değerlerine oranı yöntemi kullanılarak çalışma alanına ait hakim periyot haritaları oluşturulmuştur. Denize yakın kesimler daha zayıf tabaka özellikleri gösterirken karasal kesimlere doğru ilerledikçe zeminin daha sağlam olduğu görülmüştür. Vs30 hızı >550 m/sn den düşük, 800-550 m/sn arasında ve 900-800 m/sn arasında ki değerlere göre değerlendirilmiştir.

Vs30 hızı >550 m/sn den az olan mahalleler; İnciraltı, Bahçelerarası, Korutürk, Onur, Eğitim, Teleferik ve Çetinemeç olarak sıralayabiliriz. Şekil 5.1 de görüleceği gibi sahile yakın kesimdeki mahalleler mavi olarak çizilmiş ve zayıf tabaka olarak nitelendirilmiştir. ARCGIS programında öznitelikler tablosundan ilçeler kısmına girilerek Balçova Mahallesi seçilerek sınırları belirlenip görsel olarak diğer mahallelerden ayırt edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.1 ARCGİS programında Balçova mahallesinin gösterimi

Vs30 hız değeri 550-800 m/sn arasında kalan mahalleler ise Teleferik mahallesinin bir kısmı ile Çetinemeç ve Balçova mahallesidir.

Sonuç olarak Jeofizik çalışmaların CBS ile çalışma kolaylığı ve anlatımdaki akıcılığı ile daha anlaşılabilir olduğu görülmüştür. Diğer birçok çalışmada yaygın olarak tercih edilen CBS'nin Jeofizik Mühendisliği uygulamalarında da çok yararlı olduğu ve gelişen teknoloji ile artık vazgeçilmez bir çalışma tekniği olarak kullanılacağı gözler önüne sunulmuştur. Elde edilen tüm çalışmalar bu sistemler sayesinde tek bir çatı altında toplanabileceği gibi ister tüm çalışmalar birlikte isterse ayrı ayrı değerlendirilebilecek ve ortak bir kullanıcı ağı ile paylaşılacaktır. Günümüzde Devlet Su İşleri (DSİ) ve Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü vb. gibi önemli kurumlar bu sistemleri bünyesinde aktif olarak kullanmaya başlamışken, diğer tüm kurumlarında gelişen teknoloji ve getirdiği kolaylıkları ile CBS kullanma zorunluluğu ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

Akamatsu, K. (1956). Wagakuni sangyo hatten no ganko keitai – kikai kigu kogyo ni tsuite. The Flying Geese Pattern of Industrial Development of Our Country – The Case of the Machine and Tool-Making Industries. *In:Hitotsubashi*. Hitotsubashi University, 36, 514 – 526.

Akay, E., Erdoğan, B. (2004). Evolution of Neojen calc-alkaline to alkaline volcanism in the Aliğa-Foça region (Western Anatolia, Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences*, 24, 367 – 387.

Akgün, M., Gönenç T., Pamukçu, O., Özyalın, Ş., Özdağ, Ö.C. (2013a). Mühendislik ana kayasının belirlenmesine yönelik jeofizik yöntemlerin bütünleşik yorumu: İzmir Yeni Kent Merkezi Uygulamaları. *Jeofizik Dergisi*, 26(2), 67-80.

Akgün, M., Gönenç, T., Tunçel, A., Pamukçu, O. (2013b). A multi-approach geophysical estimation of soil dynamic properties in settlements: a case study in Güzelbahçe-İzmir (Western Anatolia). *Journal of the Geophysic Engineering*, 10(4), 045001.

Akgün, M. (2013). *Deprem – yapı – zemin soru ve cevaplar*. Ders Notları. DEÜ, İzmir.

Aki, K. ve Richards, P.G. (1980). *Quantitative seismology: theory and methods*. San Francisco: Freeman and Company.

Aki, K. (1988). Local site effects on strong ground motion. *Proceedings of the Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 218(1-3), 93-111.

Aki, K. (1989). Ideal probabilistic earthquake prediction. *Tectonophysics*, 169, 197 – 198.

- Aki, K., (1957). Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, (35), 415 - 456.
- Akyürek, B. Ve Sosyal, Y. (1978). Geology of the Kırkağaç-Soma (Manisa), Savaştepe-Korum-Ayvalık (Balıkesir), Bergama (İzmir) Region, General Directorate of Mineral research and Exploration (MTA), Report no: 6432 (in Turkish, unpublished).
- Bekar, Y. (2011). *Ktü yerleşkesinde mikrotremör yöntemi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Berberoğlu, A. (2009). *Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak deprem verilerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Brambati, A., Faccioli, E., Carulli, E. B., Culchi, F., Onofri, R., Stefanini, S., Ulcigrai, F. (1980). Studio de microzonizzazione sismica dell'area di Tarcento (Friuli), Editore da Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia (in Italian).
- Çaylak, Ç., Sarı, C. (2008). Çok-kanallı yüzey dalgası analizi kullanarak yüzeye-yakın yapıların araştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama Ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 29 (2), 65 – 75.
- Çelebi, M. (1987). Topographical and geological amplifications determined from strongmotion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 77, (4), 1147 – 1167.
- Çelebi, M. (1991). Topographical and geological amplifications: case studies and engineering implications, *Structure Safety*, (10), 199 – 217.
- Delgado, J., Casado, L. C., Estevez, A., Giner, J., Cuenca, A., Molina, S. (2000). Mapping soft soils in the Segura River Valley (SE Spain): A Case Study of

microtremors as An exploration tool. *Journal of Applied Geophysics*, (45), 19 – 42.

Dikmen, Ü., Mirzaoğlu, M. (2005). The Seismic Microzonation Map of Yenişehir Bursa, Nw Of Turkey by means of ambient noise measurements. *Journal Of Balkan Geophysical Society*, 8, (2), 53 – 62.

Dikmen, Ü. (2006). *Mikrotremör yöntemi, veri toplama, veri işlem ve yorum*. Kısa Kurs Notları, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

Düzgün, Ş. (2011). *Coğrafi bilgi sistemlerine giriş*. 29 Mayıs 2018, https://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/3762/mod_resource/content/0/ders_notlari/Unite1_giris.pdf

Efe, U. (2013). *Maden işletmelerinin planlanmasında üç boyutlu modelleme (3D) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, İzmir.

Ercan, F. (2014). *Menemen ovasının zemin özelliklerinin jeofizik etütlerle belirlenmesi*. Bitirme Projesi, DEÜ, İzmir.

Erdoğan B. (1990). İzmir-Ankara zonu ile Karaburun kuşağının tektonik ilişkisi. *MTA Dergisi*, 119, 1 – 15.

Ertuğay, K. (2003). *İtfaiye erişebilirliğinin CBS kullanılarak ölçme ve değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara.

Ewing, M., Jardetzky, W. ve Pres, F. (1957). *Elastic waves in layered media*. New York: Mc Graw-Hill.

Faccioli, E. (1991). Seismic amplification in the presence of geological and topographic irregularities, *Proceedings of the second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*,

March 11 – 15, St. Louis, Missouri, S, Prakash (editors), Univ. of Missouri-Rolla, 2, 1779 – 1197.

Field, E. H. ve Jacob, K. H. (1995). A comparison and test of various site-response estimation techniques, including three that are not reference-site dependent, *Bulletin of Seismological Society of America*, 85, 1127 – 1143.

Finn, W. D. L. (1991). Geotechnical engineering aspect of microzonation. *Proceedings of the Fourth International Conference on Seismic Zonation*, (1), 199 – 259.

GEOG (2018). 29 Mayıs 2019,

<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u23.html>

Gutterrez, C. ve Singh, S. K. (1992). A site effect study in acapulco, Guerrero, Mexico: Comparison of results from strong motion and microtremor data. *Bulletin of Seismological Society of America*, (82), 1186 – 1205.

Gürler, M. (2015). *İzmir metropol alanında mühendislik ana kayasının jeofizik çalışmalarla araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, İzmir.

Iruka, K. ve Kawanaga, T. (1980). Characteristic of microtremors on ground discontinues underground structure. *Bulletin of Disaster Prevention Research Institute*, Kyoto University, (30), 81 – 96.

Kagami, H., Duke, C. M., Liang, G. C. ve Ohta, Y. (1982). Observation of 1 to 5 second microtremors and their amplification to earthquake engineering. Part II. Evaluation of site effect upon seismic wave amplification due to extremely deep soil deposits. *Bulletin of Seismological Society of America*, (72), 987 – 988.

Kagami, H., Okada, S., Shiono, K., Oner, M., Dravinski, M. ve Mal, A. K. (1986). Observation of 1 to 5 second microtremors and their amplification to earthquake

- engineering. Part III. A two-dimensional study of site effect in S. Fernando Valley. *Bulletin of Seismological Society of America*, (76), 1801 – 1812.
- Kanai, K., Tanaka, A. T. ve Osada, K. (1954). Measurement of the microtremor, 1. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, University of Tokyo, (32), 200 – 208.
- Kanai, K. (1957). Semi-Empirical Formula for the seismic characteristic of the ground. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, University of Tokyo Press, (35), 309 – 325.
- Kanai, K. ve Tanaka, A. T. (1961). On microtremors VII. *Bulletin of the earthquake Research Institute*, University of Tokyo, (39), 97 – 114.
- Kanai, K., Tanaka, T. ve Yoshizawa, S. (1965). On microtremors. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, University of Tokyo Press, 39, 97 – 114.
- Kanai, K. (1983). *Engineering seismology*. Tokyo: University of Tokyo Press, 251.
- Karaoğlu, Ö. (2012). *Uşak-Güre havzasının volkano-sedimanter evrimi, Batı Anadolu*. Doktora Tezi, DEÜ, İzmir.
- Katz, L. J. (1976). Microtremör analysis of local geological conditions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, (66), 45 – 61.
- Kaya, O. (1981). Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia. *Newsletter of Stratigraphy*, 10, 164 – 191.
- Kaya, O. ve Savasçın, Y. (1981). Petrologic significance of the miocene volcanic rocks in Menemen, West Anatolia. *Aegan Earth Science*, 1, 45 – 58.

- Kaya, O. (1982). Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege bölgeler yapısı ve magmatikliği için olası bir mekanizma: Batı Anadolu'nun genç tektoniği ve volkanizması paneli. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 39 – 58.
- Kırnıç, E. (2015). *Balçova zeminlerinin jeofizik yöntemlerle dinamik analizi*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, İzmir.
- Koboyashi, H. K., Seo, K. ve Midorikawa, S. (1986). Estimated Strong Ground Motions in the Mexico City Due to the Michoacan, Mexico Earthquake of September 19, 1985 Based on Characteristics of Microtremor. Paart II. Report on Seismic Microzoning Studies of the Mexico Earthquake of the September 19, 1985. The Graduate School of Nagatsuta, *Tokyo Institute of Technology*, Yokohoma, Japan.
- Konno, K. ve Ohmachi, T. (1998). Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88, (1), 228 – 241.
- Kubotera, A. ve Otsuka. M. (1970). Nature of non-volcanic microtremor observed on the Aso Caldera. *Journal of Physics of the Earth*, 18, (1), 115 – 124.
- Lermo, J., Rodriguez, M. ve Singh, S. K. (1988). The Mexico City earthquake of september 19, 1985: Naturel period of sites in the Valley of Mexico from microtremor measurements and strong motion data. *Earthquake Spectra*, (4), 805 – 814.
- Lermo, J. ve Chavez-Garcia F. J. (1994). Are Microtremors useful in site response evaluation. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, (5), 1350 – 1364.
- Mirzaoğlu, M. ve Dikmen, Ü. (2003). Application of microtremors to seismic microzoning procedure. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 6, 143 – 156.

- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR of RTRI*, 30, (1), 25 – 33.
- Ohta, Y., Kagami, H., Goto, N. ve Kudo, K. (1978). Observation of 1 to 5 second microtremors and their application to earthquake engineering, Part I: Comparison with Long Period Accelerations at the Tokachi-Oki Earthquake of 1968. *Bulletin of the Seismological Society of America*, (68), 767 – 779.
- Okada, H. (2003). *The microtremor survey method, geophysical monograph series, 12*. USA:Society of Exploration Geophysicists.
- Omori, F. (1908). On microtremors. *Bulletin of Earth Investigation Communication* (2), I – II.
- Park, C. B., Miller, R. D. ve Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves (MASW). *Geophysic*, (64), 800 – 808.
- Park, C. B., Miller, R. D., Xia, J. ve Ivanov, J. (2003). *Multichannel seismic surface wave methods for geotechnical applications*. Kansas Geological Survey, University of Kansas, Kansas.
- Park, C. B., Miller, R. D., Ryden, N., Xia, J. ve Ivanov, J. (2005). Combined use of active and passive surface waves. *Journal of Environmental Engineering Geophysic*, 10, (3), 323 – 334.
- Poyraz, S. A. ve Kalafat, D. (2012). Sismoloji’de CBS uygulamaları. *Jeofizik Dergisi*, 26, (2), 47 – 58.
- Sarıca, S. S. (2008). *İsparta il merkezi mikrobölgeleme analizi*. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Isparta.

Seo, K., Samano, T., Yamanaka, H., Hao, X., Koyama, S. ve Takeuchi, M. (1989). Comparative considerations about the effect of surface geology on seismic motion among different site conditions in meeting of *IASPEI*, İstanbul.

Sönmez, N. K. ve Sarı, M. (2004). Coğrafi bilgi sistemleri temel esasları ve uygulama alanları. *Derim 21*, (1), 54 – 68.

Sözbilir, H., Sarı, B., Akgün, F., Gökçen, N., Akkiraz, S., Sümer, Ö. ve Erkül, F. (2004). First example of a transtensional supradetachment basin in western Anatolia: The Kemalpaşa-Torbalı Basin, Turkey. *32nd International Geological Congress, Italy, Abstract*, (2), 894.

Suzuki, T., Adachi, Y., ve Tanaka, M. (1995). Applications of microtremör measurements to the estimation of earthquake ground motions in Kushiro City during the Kushiro-Oki earthquake of 15 January (1993). *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 24(4), 595-613.

Toksöz, M. N. ve Lacoss, R. T. (1968). Microseisms: mode structures and sources. *Science*, (159), 872 – 873.

Mustombaki (2011). 25 Haziran 2016,

<http://www.mustombaki.blogspot.com/search?q=mikrotremör>

Tüysüz, O. (2005). Yer bilimlerinde coğrafi bilgi sistemi uygulamaları. *Ankara*, 58. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 323 – 324.

Udwadia, F. E. ve Trifunac, M. D. (1973). Comparison of earthquake and microtremor ground motions in El Centro, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, (63), 1227 – 1253.

- Wilson, C. D. V. (1953). The origins and nature of microseisms in the frequency range 4 to 100 Hz. *Proceedings of the Royal society of London. Series A*, 217, 176.
- Xia, J., Miller, R. D. ve Park, C. B. 1999. Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave. *Geophysics*, 64(3), 691-700.
- Yılmaz, Y. (1989). *An aproach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey*. In: Şengör A. M. C. (Ed.), *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Yılmaz, D. (2011). *Mikrotremör yöntemi ile Urla ve yakın çevresinin zemin özelliklerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, İzmir.
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi bilgi sistemleri temel kavramlar ve uygulamalar*. Trabzon: Akademi Kitabevi.