



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serdar BAYRAKCI

**OSMANİYE KENT MERKEZİNİN (OKM)
GEOTEKNİK ÖZELLİKLERE BAĞLI
MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2018

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**OSMANIYE KENT MERKEZİNİN (OKM) GEOTEKNİK
ÖZELLİKLERE BAĞLI MİKROBÖLGELEME
HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Serdar BAYRAKCI

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**OSMANIYE
HAZİRAN-2018**

TEZ ONAYI

OSMANİYE KENT MERKEZİNİN (OKM) GEOTEKNİK ÖZELLİKLERE BAĞLI MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Serdar BAYRAKCI tarafından Dr.Öğr.Üyesi Tarık BARAN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Tarık BARAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Selçuk KAÇIN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Baki BAĞRIAÇIK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ÇÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Serdar BAYRAKCI



ÖZET

OSMANİYE KENT MERKEZİNİN (OKM) GEOTEKNİK ÖZELLİKLERE BAĞLI MİKROBÖLGELEME HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Serdar BAYRAKCI
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Tarık BARAN

Haziran 2018, 90 sayfa

Osmaniye Belediye Başkanlığı tarafından İMAKSU A.Ş'ye hazırlattırılan, 8500 hektarlık bir alanı kapsayan "İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etüt Raporu"ndan faydalanılacaktır. Kaynak raporda bulunan yerleşim alanı sınırlarında daha önceden Maden Tetkik ve Arama (MTA) tarafından yapılmış jeoloji haritaları üzerinde alüvyon birimin gözlendiği alanlar 330 m x 330 m ve diğer tüm birimlerin gözlendiği alanlar 400 m x 400 m boyutlu hücre sistemine ayrılarak her hücrenin ortasına gelecek şekilde sondaj çalışması yapılmıştır. Her hücrenin ortasına gelecek şekilde çalışması yapılan sondaj loglarından 15 adet sondaj kuyusu seçilecektir. Seçilecek 15 adet sondaj kuyusunun 15 bölgeyi temsil ettiği kabul edilecek ve temsil edilen bu bölgelerdeki veriler kullanılarak modellenen temsili profillerin zemin davranış analizleri, 1 boyutlu eşdeğer lineer analiz yöntemine dayalı ProShake 2.0 programı ile yapılacaktır. Yapılan analiz sonucu elde edilen farklı kaynaklı jeolojik veriler yorumlanmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Osmaniye Kent Merkezi (OKM), mikrobölgeleme, zemin davranış analizi,

ABSTRACT

OSMANIYE CITY CENTER (OCC) EVALUATION OF GEOTECHNICAL PROPERTIES DUE MICROZONATION MAP

Serdar BAYRAKCI
M.Sc., Department of Civil Engineering
Supervisor: Dr. Tarık BARAN

June 2018, 90 pages

The "Microzonation Study Report Based on the Reconstruction Plan" covering an area of 8500 hectares prepared by Osmaniye Municipality to İMAKSU A.Ş. will benefit from this report. The areas where the alluvial unit was observed on the geology maps previously made by Mineral Research and Exploration (MTA) were 330 m x 330 m and the areas where all other units were observed were separated into a 400 m x 400 m cell system and drilling works were done in the center of each cell. 15 drilling wells will be selected from the drilling logs to be worked on in the middle of each cell. It is assumed that 15 drilling wells to be selected represent 15 regions and the ground behavior analysis of the representative profiles modeled using the represented data in these regions will be done with ProShake 2.0 program based on 1D equivalent linear analysis method. We will try to interpret the different source geological data obtained from the analysis result.

Key Words: Osmaniye City Center (OCC), microzonation, site response analyzes,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince engin tecrübesi ve bilgi birikimiyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Tarık BARAN'a teşekkürlerimi arz ederim.

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında kullanılan kaynak raporun temin edilmesi ve kullanılmasındaki desteklerinden dolayı Osmaniye Belediye Başkanlığına teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü desteği veren çok kıymetli anne ve babama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Giriş.....	3
2.2 Mikrobölgeleme Kavramı	4
2.2.1 Genel Bölgeleme	4
2.2.2 Ayrıntılı Bölgeleme.....	4
2.2.3 Çok Ayrıntılı Bölgeleme	5
2.2.4 Yapılan Bazı Mikrobölgeleme Uygulamaları:	5
2.3 Depremsellik ve Sismik Tehlike Analizi.....	7
2.3.1 Giriş.....	7
2.3.2 Depremsellik	7
2.3.3 Sismik Tehlike Analizleri.....	8
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	11
3.1 Giriş.....	11
3.2 İnceleme Alanının Tanıtılması	11
3.2.1 Mekansal Bilgiler – Coğrafi Konum	11
3.2.2 Çalışma Yöntemleri.....	13
3.2.3 İnceleme Alanının Mevcut Plan, Yapılaşma Durumu ve Diğer Çalışmalar	16
3.2.4 Mevcut Verilerin Değerlendirilmesi.....	21
3.2.5 Jeomorfoloji	22
3.2.6 Jeoloji.....	23
3.2.7 Jeoteknik Amaçlı Hendek Çalışmaları, Sondaj Çalışmaları ve Arazi Deneyleri.....	26
3.2.8 Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Deneyleri.....	29
3.2.9 Jeofizik Çalışmaları.....	30
3.2.10 Zemin ve Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri	38
3.2.11 Hidrojeolojik Özellikler	40
3.2.12 Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi.....	40

3.3 Ters Evrişim İşlemi	50
3.4 Evrişim İşlemi	51
3.5 ProShake 2.0 Bilgisayar Programı	51
3.5.1 ProShake 2.0 Programının Genel Özellikleri	51
3.5.2 ProShake 2.0 Programının Yapısı	52
3.5.3 ProShake 2.0 Programının Kullanımı	53
3.5.4 ProShake 2.0 Programında Analiz Yapılması	57
3.5.5 Analiz Sonuçlarının Görüntülenmesi	58
3.5.6 ProShake 2.0 Programında Bulunan Zemin Modelleri	59
4. SAYISAL UYGULAMA	62
4.1 Seçilen İvme Kayıtları ve Özellikleri	62
4.2 Arazi Çalışmalarında Elde Edilen Verilerin Programda Kullanılması	63
4.2.1 Kuyu İçi Sismik Verileri	65
4.2.2 Arazi Verilerinden Elde Edilen Yeni Deprem Verileri	66
4.3 Arazi ve Deprem Verilerinin Değerlendirilmesi	66
4.4 Arazi ve Deprem Verileri Kullanılarak ProShake 2.0 Programında Yapılan İşlemler	67
4.4.1 ProShake 2.0 Programında Yapılacak Analiz Öncesi İşlemler	67
4.4.2 ProShake 2.0 Programında Yapılan İşlemler	69
4.4.3 Veri Girişi Penceresinde (Input Manager) Yapılan İşlemler	69
4.4.4 Seçilen Bir Kuyuda Yapılan İşlemler	72
5. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA	77
5.1 Analiz Sonuçlarının Haritalanması	81
6.SONUÇLAR	85
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1. İnceleme alanında yapılan jeofizik metodlar ve sayıları	14
Tablo 3.2. Yapılan laboratuvar deneyleri ve sayısı	15
Tablo 3.3. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmalar	30
Tablo 3.4. Jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerle üretilen haritalar	30
Tablo 3.5. İnceleme alanındaki formasyonlara ait V_{S30} ve V_s hızları	35
Tablo 3.6. Mikrotremör çalışmaları sonucu elde edilen T_0 verileri	38
Tablo 3.7. Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi değerleri	42
Tablo 3.8. Osmaniye'yi etkileyen, hasar yapan depremlerin listesi	47
Tablo 4.1. Tatsuoka ve ark. tarafından önerilen doğal birim ağırlık değerleri	64
Tablo 4.2. SK-33 kuyusuna ait sonuçlar	76
Tablo 5.1. 14 adet deprem kaydından elde edilen pik ivme değerlerinin ortalaması.	79
Tablo 5.2. 14 adet deprem kaydından elde edilen ortalama spektral ivme değerleri.	80
Tablo 5.3. Kuyuların Yerel Zemin Sınıfları.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	12
Şekil 3.2. 1/5000 ölçekli pafta numaraları	12
Şekil 3.3. Osmaniye ili 1/25000 ölçekli çevre düzeni planı	17
Şekil 3.4. 06.04.2001 tarihli rapora ait yerleşime uygunluk değerlendirmesi	18
Şekil 3.5. Çalışma alanındaki askeri alanlar	20
Şekil 3.6. Çalışma alanındaki 1. ve 3. derece arkeolojik sit alanları	20
Şekil 3.7. Çalışma alanındaki orman ve heyelan alanları	21
Şekil 3.8. Çalışma alanının eğim değerleri haritası	23
Şekil 3.9. Çalışma alanı ve yakın civarının konumunu gösterir şekil	24
Şekil 3.10. Türkiye'nin ana tektonik levhalarının dağılımını gösterir harita	24
Şekil 3.11. Bölgedeki havzaları sınırlayan ana tektonik hatların uzanımı	25
Şekil 3.12. Çalışma alanındaki sondajların lokasyon haritası	27
Şekil 3.13. Çalışma alanındaki sondaj yerlerinin uydu görüntüsü	28
Şekil 3.14. Çalışma alanı sismik çalışmaları uydu görüntüsü	31
Şekil 3.15. Çalışma alanı Masw çalışmaları uydu görüntüsü	34
Şekil 3.16. Çalışma alanındaki mikrotremör çalışmaları uydu görüntüsü	37
Şekil 3.17. Mühendislik zonları ve zemin profili.....	39
Şekil 3.18. Osmaniye çevresinin deprem derecelerini gösterir şekil	41
Şekil 3.19. Osmaniye bölgesi deprem kuşakları haritası	41
Şekil 3.20. 1900'den günümüze bölgedeki $M \geq 4$ olan depremler	43
Şekil 3.21. 100 km yarıçaplı bölgede, 1900-2016 arasındaki $M > 4,5$ depremler	48
Şekil 3.22. 8003 numaralı istasyon bilgileri (AFAD Deprem Dairesi verileri).....	49
Şekil 3.23. ProShake 2.0 zemin tabakaları tanımlama sayfası.....	54
Şekil 3.24. ProShake 2.0 zemin tabakalarına atanan deprem kaydı örneği	55
Şekil 3.25. ProShake 2.0 atanan deprem kaydı özellikleri.....	55
Şekil 3.26. ProShake 2.0 zemin profili tabaka sayısı.....	56
Şekil 3.27. ProShake 2.0 ana kontrol ikonları.....	56
Şekil 3.28. ProShake 2.0 analizi sonrası elde edilen spektral ivme-zaman grafiği....	57
Şekil 3.29. ProShake 2.0 analiz ekranı.....	57
Şekil 3.30. ProShake 2.0 analiz tamamlanma ekranı.....	58
Şekil 3.31. ProShake 2.0 sonuç ekranı.....	58

Şekil 4.1. Seçilen 15 kuyunun sondaj lokasyonlarındaki yerleri	64
Şekil 4.2. ProShake 2.0 programında tanımlanan kesit bilgileri.....	65
Şekil 4.3. 4106 istasyonu bilgileri (AFAD Başkanlığı)	67
Şekil 4.4. ProShake’de zemin kesit bilgilerinin tanıtıldığı sayfa.....	70
Şekil 4.5. 8003 istasyonu bilgileri (AFAD Başkanlığı)	73
Şekil 4.6. Zemin yüzeyindeki Bingöl depremi ivme kaydı.....	73
Şekil 4.7. SK-175 Bingöl deprem kaydına göre ana kayada okunan ivme kaydı	73
Şekil 4.8. SK-175 Bingöl deprem kaydına göre zemin yüzeyindeki ivme kaydı	74
Şekil 4.9. SK-33 1.tabakadan okunan spektral ivme-zaman grafiği	75
Şekil 4.10. SK-33’e ait 14 deprem kaydı için ivme-zaman grafiği.....	75
Şekil 5.1. SK-33 Bingöl deprem kaydına göre ivmenin tabakalardaki değişimi	78
Şekil 5.2. Temsil edilen 15 bölge için zemin sınıflaması haritası.....	82
Şekil 5.3. Temsil edilen 15 bölge için spektral ivme değerleri haritası	83
Şekil 5.4. Temsil edilen 15 bölge için pik ivme değerleri haritası.....	84

SİMGELER ve KISALTMALAR

A_0	Etkin Yer İvmesi	
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı	
DSİ	Devlet Su İşleri	
g	Yerçekimi İvmesi	
G_{max}	Maksimum Kayma Modülü	(kg/cm ²)
K_0	Zemin basınç katsayısı	(-)
KYHK	Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları	
M	Magnitüd	
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	
OKM	Osmaniye Kent Merkezi	
PI	Plastisite indeksi	(-)
SK	Sondaj Kuyusu	
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi	
T_0	Zemin Hakim Titreşim Periyodu	
V_s	Kayma Dalgası Hızı	(m/sn)
YASS	Yer Altı Su Seviyesi	
γ	Zemin birim hacim ağırlığı	(kN/m ³)
ρ	Yoğunluk	

1. GİRİŞ

Osmaniye Kent Merkezi (OKM) sınırları içerisindeki 8500 hektar yüzölçümüne sahip inceleme alanındaki (alanın güneyinde Hatay ili Erzin ilçesi Gökdere köyü, batısında Osmaniye ili Toprakkale ilçesi, kuzeyinde Osmaniye ili Merkez ilçesi Nohuttepe köyü ve doğusunda Osmaniye ili Merkez ilçesi Çardak köyü yer almaktadır.) mikrobölgeleme çalışmasından elde edilen geoteknik veritabanları değerlendirilecektir. Mikrobölgeleme çalışması kapsamında hazırlanan geoteknik modellemede seçilen hücre sistemi ile karelere ayrılan inceleme alanında, her hücrenin ortasına atanan bir temsili zemin profilinin belirlenmesini kapsamaktadır. Yapılan mikrobölgeleme çalışmasında Osmaniye Kent Merkezinin (OKM) sismik etkinlik analizlerinin yapılması planlanmaktadır. Hazırlanan çalışmada zemin davranış analizleri ve mikrobölgeleme parametreleri elde edilecektir. Bu tez çalışmasında inceleme alanındaki hücre sistemlerinde modellenen temsili profillerin davranış analizleri ProShake 2.0 programı yardımıyla program içerisinde bulunan yer hareketi kayıtları ve T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığından elde edilen kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılarak yapılacaktır.

Bu tezin amacı, Osmaniye sismik mikrobölgeleme uygulaması için derlenen mevcut veriler doğrultusunda Osmaniye Kent Merkezinin de (OKM) içinde bulunduğu 8500 hektarlık alanı da kapsayan sismik, jeolojik, jeofizik ve geoteknik verinin birleştirilmesi doğrultusunda, olası bir yer hareketi için kaynak, yol ve yerel zemin şartlarının karşılıklı etkileşimine dayalı, yer hareketi parametrelerindeki değişimin belirlenmesi hedeflenmektedir. Yerleşim yeri sınırları içerisinde yapılan çalışmalar ile belirlenen farklı kaynaklı jeolojik verilerin derinlikle değişimi yorumlanmaya çalışılacaktır. Farklı kaynaklı geoteknik verilerin birleştirilmesine dayalı olarak ortaya çıkan yaklaşımlar doğrultusunda, inceleme alanında tanımlanan zemin grupları ve dinamik davranış modelleri, veri dağılımı için uygun hücre sistemlerine bölünerek temsil edilecektir.

Modellenen temsili profillerin sismik analizleri, 1 boyutlu eşdeğer lineer analiz yöntemine dayalı ProShake 2.0 programı ile yapılacaktır. Osmaniye Kent Merkezi (OKM) Sınırlarındaki 8500 hektar alan içerisinde daha önceden MTA tarafından yapılmış jeoloji haritaları üzerinde alüvyon birimin gözleendiği alanlar 330m x 330m ve diğere tüm birimlerin gözleendiği alanlar 400m x 400m boyutlu hücre sisteminde oluşturulan mikrobölgeleme haritalarından seçilen 15 adet sondaj kuyusunun 15 bölgeyi temsil ettiğik kabul edilecek ve temsil edilen bu bölgelerdeki zemin davranış analizleri ve ampirik yaklaşım ile hesaplanan spektral ivmeler birlikte yorumlanarak farklı yer hareketi seviyeleri tanımlanacaktır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Giriş

Mikrobölgeleme, depremlerden kaynaklı oluşan risklerin azaltılması için yapılan çalışmaların başlangıcını oluşturmaktadır. Mikrobölgeleme, yer hareketi karakteristiklerinin belirlenmesi için zemin şartları, yol ve deprem kaynağının etkileşimini inceleyen bir konudur [1].

Sismik mikrobölgeleme mühendislik sismolojisi ve deprem mühendisliği konularındaki farklı girdilerin üretilmesi ve değerlendirilmesidir. Sismik mikrobölgeleme çalışması, deprem etkileri altında zemin tabakalarında meydana gelen davranışların tahmin edilmesi ve buna bağlı olarak zemin yüzeyindeki deprem özelliklerinin değişiminin belirlenmesi işlemidir. Sismik mikrobölgeleme çalışmalarında deprem kaynağı, yol ve deprem hareketindeki değişimin yerel geoteknik ve jeolojik şartlar ile birlikte olasılıksal olarak değerlendirilmesi ile incelenmektedir. Sismik mikrobölgelemenin amaçlarından biri de hesap edilen değerlerin, yönetmeliklerde verilen değerlere eşit veya bu değerlerden küçük olduğunun belirlenmesidir [2].

Mikrobölgeleme, bir yerde oluşması muhtemel deprem özelliklerinin göz önüne alınarak zemin tabakalarının göstereceği davranışların ve yapıları etkileyecek deprem kuvvetlerinin inceleme bölgesi içinde nasıl bir değişim göstereceğinin belirlenmesidir [3].

Yerel zemin koşullarının etkisi göz önüne alınarak tasarım için sismik tehlike tahminlerinin geliştirilmesi prosedürü mikrobölgeleme olarak tanımlanmaktadır [4].

Sismik mikrobölgelemenin esas amacı gelecekteki deprem kayıplarının önlenmesidir, ancak mikrobölgeleme çalışmalarının geneli hasar verici bir depremden sonra yeniden yapılanma için uygun yerleşim yerinin seçilmesi amacıyla oluşturulmaktadır [5].

İçeriğine bağılı olarak mikrobölgeleme çalışmaları yer hareketleri için, üç farklı etapta gruplanmaktadır. Birinci etap, tarihi dokümanların ve mevcut bilgilerin toplanmasına ve yorumlanmasına dayalı genel bir bölgeleme; İkinci etap, mikrotremor ölçümleri ve basit geoteknik çalışmaları kapsamaktadır. Bölgelemede üçüncü etap ise sayısal analiz yöntemlerine ve detaylı geoteknik araştırmalara dayanmaktadır [6].

2.2 Mikrobölgeleme Kavramı

Sherif'in tanımına göre sismik mikrobölgeleme, deprem hasarlarını azaltmak için düzenli arazi kullanımını amaçlayan bir işlemdir. Mikrobölgeleme, afet yönetiminin önemli öğelerinden birini oluşturmaktadır. Kentsel dönüşüm ve şehirlerin planlanmasının temelini oluşturan çalışmalar da mikrobölgeleme olarak tanımlanabilir. Deprem etkisi altında meydana gelen büyütme, sıvılaşma, yamaç stabilitesi, yüzeysel faylanma kriterleri ve zemin problemleri göz önüne alınarak yapılan çalışmalar mikrobölgeleme kapsamındaki çalışmalardır [7].

2.2.1 Genel Bölgeleme

Genel bölgelemede haritalama; 1/50.000-1/1.000.000 ölçeği aralığında yapılır. Farklı tehlike düzeyleri ile bölgesel jeoloji ya da jeomorfoloji'nin korelasyonu ile yamaç duraylılığı ve sıvılaşma tehlikesi için haritalar hazırlanabilir. Bölgelemenin işleminin ilk aşaması; tarihi kaynaklardan, yayınlanmış raporlardan, diğer mevcut veri kaynaklarından elde edilen bilgilerin derlenmesi ve yorumlanmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım bir bölgeyi kapsayacak en genel ve en düşük maliyette bir yaklaşımdır [7].

2.2.2 Ayrıntılı Bölgeleme

Ayrıntılı bölgeleme 1/10.000-1/100.000 arasındaki ölçeklerde bölgeleme haritasının daha ileri gelişmiş formunun oluşmasına izin vermektedir. Ayrıntılı bölgeleme bir takım ek kaynaklar kullanılarak birinci aşamada oluşturulan bölgeleme haritasının geliştirilerek elde edildiği bölgelemedir. Bu kapsamda yamaç duraysızlığı

potansiyelinin, yer hareketinin yerel koşullarla büyütmesinin ve sıvılaşma amacıyla jeolojik birimleri yerinde haritalamak için ek saha çalışmaları yapılabilmektedir. Özel kuruluşlardan veya resmi kurumlardan elde edilen geoteknik raporlar ek saha ve laboratuvar çalışmalarını oluşturabilmektedir. Daha ayrıntılı bilgi elde etmek için, zemin titreşim özellikleri veya yer hareketinin büyütme karakteristikleri üzerine ayrıca mikrotremor ölçümleri kullanılabilir [7].

2.2.3 Çok Ayrıntılı Bölgeleme

1/5000-1/25000 arasında bir ölçekte yani çok ayrıntılı ve çok yüksek bir bölgeleme seviyesine gereksinim duyulduğunda, yapı yeri araştırmaları için ek bir takım verilere ihtiyaç duyulacaktır. Yapı yeri araştırmalarından elde edilen veriler; yamaç duraysızlığı davranışı, sıvılaşma potansiyeli veya sismik yer tepkisi bilgisayar programlarında yapılacak analizler yardımıyla biçimlendirilebilmektedir [7].

2.2.4 Yapılan Bazı Mikrobölgeleme Uygulamaları:

1987 yılında yayımlanan yönetmelikte bulunan ancak sınırlı sayıda mikrotremor ölçümüne göre hazırlanan Mexico şehrine ait hakim periyot haritası, 1985 ve 1992 yılları arasında bulunan yer hareketi kayıtları ve tüm mikrotremor verileri derlenerek yenilenmiştir. Yerel zemin şartlarının etkisi tek tabakalı, bir boyutlu, doğrusal bir model ile Mexico şehri için analiz edilmiştir. Kuvvetli yer hareketi verilerine ait amprik transfer fonksiyonlarından elde edilen değerlerle mikrotremor ölçümlerinden elde edilen hakim periyot değerlerinin uyumlu olduğu gösterilmektedir [8].

1997 yılında başlayan Karakas sismik risk değerlendirme çalışmalarının bir parçasını oluşturan doğal afet risk değerlendirmeleri ilk defa 1994'te yapılmış olan Chaccao bölgesindeki (Karakas, Venezuela) çalışmadır. Yeni jeofizik veriler, mevcut jeolojik ve jeofizik verilerle beraber Karakas vadisinin fiziksel özelliklerini değerlendirmek amacıyla yorumlanmaktadır. Karakas vadisinde bulunan en büyük sediment kalınlığına sahip bölge olarak tanımlanan Chacao yakınındaki Los Palos Grandes bölgesi, 1967 yılında meydana gelen Karakas depremi sırasında çok ağır hasarın meydana geldiği bölgedir.

Meydana gelen hasar ile zemin koşulları arasındaki ilişkinin yakın olduğu deprem sonrası yapılan çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Sediment kalınlığı sismik mikrobölgeleme haritaları için yerel zemin koşullarının etkisini gösteren parametrelerden biri olarak görülmektedir [9].

Erzincan ve Eski İstanbul şehir bölgelerinde, farklı özelliklerde meydana gelen depremlerde, zemin tabakalarının büyütme özelliklerinin değişimi gözlenmiş ve bu değişim dikkate alınarak mikrobölgelemeler yapılmıştır [10].

İstanbul İli Bağcılar ilçesinde yapılan mikrobölgeleme işleminin ilk etabını, ana kaya kotundaki tasarım depremi özelliklerinin bulunması ve bölgenin depremselliğinin olasılıksal yöntemlerle belirlenmesi oluşturmaktadır. İkinci etapta, farklı parametrelere dayalı olarak 1 boyutlu sayısal analiz yöntemi ile bulunan bölgeye ait yüzeydeki yer hareketi karakteristikleri haritalanmaktadır. Bu parametreler, 14.07.2007 tarih ve 26582 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" hükümleri uyarınca spektral büyütme katsayısı, en büyük ivmenin % 70 ine karşılık geldiği varsayılan etkin ivme değeri, SPT-N sayılarına dayalı olarak belirlenen eşdeğer kayma dalgası hızı, yerel zemin sınıfları, sayısal analizlerden elde edilen spektral büyütme katsayısı, sismik deneyler ve mikrotremor kayıtlarından hesaplanan zemin hakim periyodudur. Oluşturulan haritalar 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremi nedeniyle bölgede oluşmuş hasar dağılımları ile karşılaştırılmaktadır. Haritalarda kullanılmış olan tüm parametreler ana amacın yapısal hasarı en aza indirmek olması nedeniyle, mikrobölgeleme çalışmalarında etkin olmakla birlikte, bölgeleme kriterleri deprem kuvvetlerine karşı yapı tasarımında kullanılan zemin hakim periyodu ve spektral ivme olarak tercih edilmektedir. Sonuç olarak hazırlanan haritalar, her iki parametreye ait dağılımın birleştirilmesine dayanmaktadır [3].

Çalışma, yerel zemin koşulları ile Dinar depreminden sonra meydana gelen hasarın ilişkisini inceleyerek coğrafi bilgi sistemleri ile zemin büyütmelerine göre mikrobölgeleme yöntemleri ve bunların geçerliliğini araştırmaktadır. 1 Ekim 1995 yılında meydana gelen Dinar depremi ana kaydının kullanıldığı çalışmada, zeminlerin dinamik davranış analizleri için SHAKE programı kullanılmıştır [11].

2.3. Depremsellik ve Sismik Tehlike Analizi

2.3.1 Giriş

Deprem, ses ve ışık dalgalarının yayılımı gibi gevşek ve kaya zemini oluşturan maddesel noktaların birbirini harekete geçirmesidir. Yeryüzü kabuğunda bulunan fay olarak adlandırılan büyük ölçekli süreksizliklerden salınan enerjinin gerilim dalgaları şeklinde yayılmasına deprem hareketi denir [12].

Bir bölgede oluşan depremlerin incelenmesi olması muhtemel depremler hakkında fikir verebilir. Depremsel bilimcilerin istatistiksel çalışmalar yapmasına yol açan sebep depremlerden beklenen yer değiştirme, hız, yer ivmesi ve magnitüd gibi büyüklüklerin önceden tahmin edilememesidir [13].

2.3.2 Depremsellik

Depremler esnasında doğal zemin tabakaları ve zemin yapıları, bina, köprü ve enerji santralleri gibi mühendislik yapıları hasar görmekte, maddi ve manevi kayıplar meydana gelmektedir. Bazı bölgeler; buldukları bölgenin sismotektonik yapısı ve sismolojik geçmişi sebebiyle sıklıkla depremlerle karşı karşıya kalmaktadır. Depremin yeri, zamanı ve büyüklüğü gibi özelliklerinin önceden tahmin edilememesine rağmen, olası deprem parametreleri, bölgenin sismik potansiyelleri ve zemin koşulları belirlenebilmektedir [14].

Mühendislik yapılarının projelendirilmesinde en önemli aşamalardan birisi bölgenin sismik tehlikesinin belirlenmesidir. Deprem büyüklüğü veya zemin hareketine ait bir değişkenin bir bölgede diğerinin öngörülen süre içinde belirli bir düzeyi aşma olasılığı sismik tehlike olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak depremlerin zaman ve mekan dağılımları için Depremsellik kelimesi kullanılmaktadır [15].

1911 yıllarında başladığı tahmin edilen ilk depremsellik çalışmaları Montessus de Ballore ve Olham tarafından yapılmıştır.

Sadece depremlerin zaman ve mekan içerisindeki büyüklüklerini tanımlayacak episantr haritalarını oluşturanlar bu araştırmacılarıdır.

Bu çalışmaların akabinde araştırmalar süratle ilerlemiş depremler ve depremsellik hakkındaki bilgilerde ilerleme kaydedilmiştir. Depremsellik çalışmalarında büyük bir gelişme kaydedilmesinde özellikle Richter Magnitüd (Richter,1958) ölçeğinin bulunması etkili olmuştur [13].

Bir bölgenin depremselliğinin incelenmesinde iki faktör etkili olmaktadır. Bu faktörlerden birincisi, bölgeyi geçmişte etkilemiş olan depremler, ikincisi ise, bölgede deprem üretme kapasitesine sahip tektonik yapılarıdır. Bir bölgenin sismik tehlikesinin değerlendirilmesinde, bölgeyi geçmişte etkilemiş olan depremler etkisinde tanımlanan bir yapı ömrü içinde aşılma olasılıklarının o bölgedeki deprem manyitüdüne göre bulunmasıdır. Deprem manyitüdüne göre dönüşüm periyotlarının hesaplanması diğer bir seçenektir. Her iki yöntemin de incelenmesi güvenilir ve gerçekçi bir sismik tehlike hesabı için gereklidir [14].

2.3.3 Sismik Tehlike Analizleri

Deprem etkilerini önlemenin ve azaltmanın mümkün olabilmesi için hasara sebep olan deprem parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapı özellikleri, yerel zemin özellikleri ve deprem özellikleri, deprem sırasında meydana gelen hasarı belirleyen faktörlerdendir [16].

Meydana gelen hasar ile bölgenin dış merkeze olan uzaklığı, depremin süresi ve büyüklüğü gibi parametreler arasında artan bir ilişki olduğu kabul edilebilmektedir [17].

Bu şekilde deprem parametreleri ile depremler sonucunda oluşan hasarlar arasında bağıntılar ortaya çıkarılmıştır. Yapısal özellikler de hasarı etkileyen bir faktördür. İncelemeler sonucu, oluşan son depremlerde proje ve inşaat uygulamalarında yapılan hatalar öne çıkmaktadır [18] [19].

Bölgenin yerel zemin koşulları ve depremselliği göz önüne alınarak inşa edilen yapıların depremlerden daha az etkilenecekleri ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerin göz önünde bulundurulması için mühendislik yapılarının projelendirilmesinde sayısal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan sayısal veriler; hasar görebilirliğin tahmini, aşılma olasılıkları ve depremselliğin değerlendirilmesi sonucunda bulunan deprem özellikleridir. Olması muhtemel depremlerin parametrelerini değiştirmek söz konusu olmayacağından zemin şartları ve yapısal özelliklerde gereken önlemler alınmalıdır.

Bir bölgedeki sismik risk;

Sismik Risk = Hasar Görebilirlik x Sismik Tehlike şeklinde tanımlanabilir [20].

Can kaybına ve hasara sebep olacak bir depremin, bir bölgede, belli bir yerde ve zaman periyodunda meydana gelme olasılığına sismik tehlike denilmektedir. Mühendislik yapılarının projelendirilmesinde ve yerleşim yerlerinin planlanmasında deprem etkilerine karşı sadece yapıların sismik tehlikeleri değil aynı zamanda bölgelerin de sismik tehlike analizlerinin yapılması gerekmektedir. Olasılıksal ve deterministik yöntemlere dayalı yaklaşımlar depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde ve bölgelerin planlanmasında kullanılacak parametrelerin saptanmasında kullanılmaktadır. Genel olarak bu işlemlerde olasılıksal yöntemler kullanılmaktadır. Olasılıksal yöntemlerin kullanılma nedeni ise depremlerin oluşumundaki belirsizliklerdir. Deterministik analiz yöntemlerine nazaran olasılıksal analiz yöntemleri tarihsel, sismolojik ve jeolojik verilerin daha gerçekçi olarak dikkate alınmasını sağlar. Geçmişte oluşan depremlerle ilgili verilerin dikkate alınarak olması muhtemel sismik aktivite için çeşitli olasılık yöntemlerini kullanarak bir risk değeri saptayabilmek özetle sismik analizin amacını oluşturmaktadır [14].

Belirli bir yer sarsıntısının sabit bir zaman periyodu içerisinde görülme olasılığına sismik tehlike denilmektedir. Sismik risk ise, belirli bir hasarın sabit bir zaman periyodu içerisinde gözlenme olasılığıdır.

Tam manasıyla sismik tehlikenin azaltılması ve tanımlanması için ulusal veya bölgesel ölçekte sismotektonik bilgi eksikliğini senaryo çalışmaları ve tehlike haritalarında dikkate alınması, bina hassasiyeti, yerel zemin şartlarını yansıtan mikrobölgeleme çalışmaları ve yer hareketini yansıtan uygun tehlike parametrelerinin seçilmesi zorunlu aşamalar olarak görülmektedir [21].

Özellikle, yüksek sismik tehlike seviyesine sahip bölgelerde bulunan ancak aşılma olasılığı düşük kritik yapılar için deterministik yaklaşımlar önerilmektedir. Geoteknik mühendisliğinde boşluk suyu basıncı oluşumunun zamana bağlı etkisinin göz önüne alınmasını gerektiren analizlerde, yapı mühendisliğinde ise güvenlik açısından kritik ve karmaşık yapıların analizinde, zamana bağlı ivme kayıtlarının kullanılması gereklidir ve bu durumda çoğunlukla deterministik yaklaşımlar uygun görülmektedir [22].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Giriş

Tez çalışmasında, Osmaniye Belediye Başkanlığı tarafından İmaksu A.Ş'ye hazırlattırılan ve kontrollük hizmetlerinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütüldüğü 8500 hektar alan için hazırlanan "İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etüt Raporu" ndan faydalanılmıştır. Kaynak raporda Osmaniye İli, Merkez İlçesi, Osmaniye Belediye Başkanlığı hinterlandı sınırlarında bulunan, 265 adet 1/1000 ölçekli ve 25 adet 1/5000 ölçekli paftada sınırları belirtilen yaklaşık 8500 hektar alan için hazırlanan "İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etüt Raporu" ile inceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu mikrobölgeleme çalışması kapsamında inceleme alanında olası jeolojik tehlikeleri ve zeminin mühendislik parametrelerini belirleyerek jeolojik açıdan imar planına altlık oluşturacak kriterler ile temel ve zemin etüt raporlarına yön vermek amacıyla gerekli arazi incelemeleri, sondaj çalışmaları, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri kullanılarak, yapılan jeolojik-jeoteknik değerlendirmeler sonucunda alanın yerleşime uygunluk değerlendirilmesi belirlenmiştir [23].

Bu çalışmadan derlenen özet bilgiler aşağıdaki gibidir.

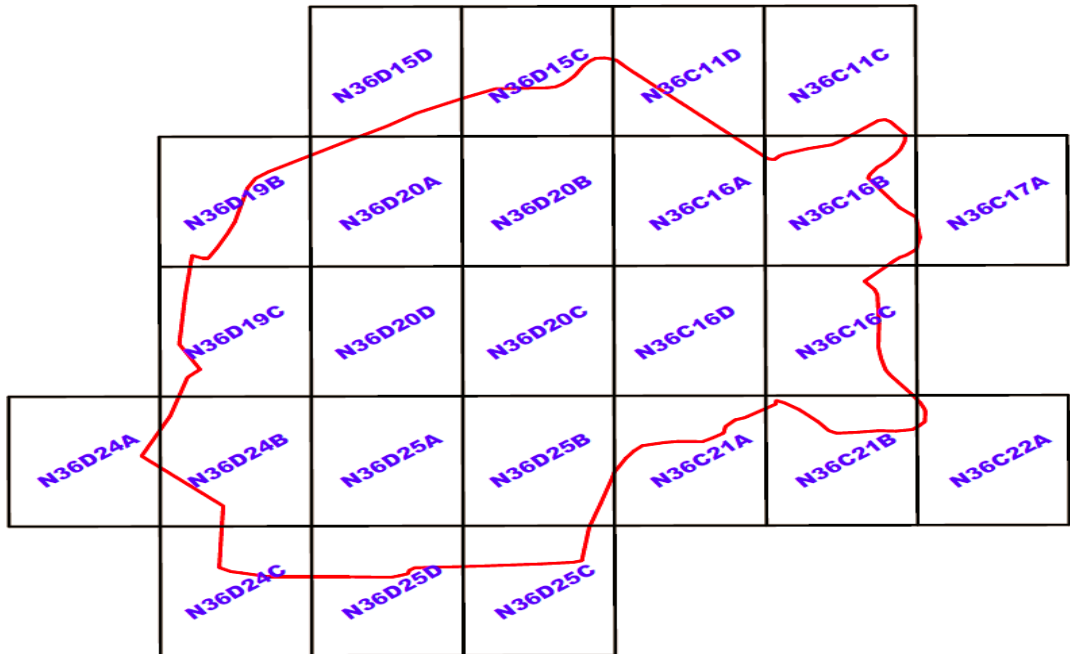
3.2 İnceleme Alanının Tanıtılması

3.2.1 Mekansal Bilgiler – Coğrafi Konum

İnceleme yapılan alanın Güney yönünde Hatay İli Erzin İlçesi Gökdere Köyü, Batı yönünde Osmaniye ili Toprakkale ilçesi, kuzey yönünde Osmaniye ili Merkez ilçesi Nohuttepe köyü ve doğu yönünde Osmaniye ili Merkez ilçesi Çardak-Çona köyleri yer almaktadır. İnceleme yapılan alan 265 adet 1/1000 ölçekli ve 25 adet 1/5000 ölçekli paftadan oluşmaktadır. Çalışma alanının yeri Şekil 3.1'de ve 1/5000 ölçekli pafta numaraları Şekil 3.2'de gösterilmektedir [23].



Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası [23]



Şekil 3.2. 1/5000 ölçekli pafta numaraları [23]

3.2.2 Çalışma Yöntemleri

Haritalama ve Ölçek

Çalışma alanına ait 265 adet 1/1000 ve 25 adet 1/5000 ölçekli halihazır harita Osmaniye Belediye Başkanlığı tarafından onaylanmıştır. Çalışmalar sonucunda jeoloji eğim lokasyon haritası, yerleşime uygunluk haritası, yeraltı suyu haritası, yer hakim titreşim periyodu (T_0) haritası, kesme dalgası (V_S-V_{S30}) haritası, görünür öz direnç kat haritası, sismik büyütme haritası, sıvılaşma potansiyeli haritası, deprem senaryosu analizi ve haritalaması haritaları üretilmeye çalışılmıştır [23].

Karelaj – Hücrelendirme

İnceleme alanı daha önceden Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış jeoloji haritaları üzerinde alüvyon birimin gözlemlendiği alanlar 330m x 330m ve diğer tüm birimlerin gözlemlendiği alanlar 400m x 400m olarak karelajlanmıştır [23].

Arazi, Laboratuvar, Bölge Çalışma Yöntemleri ve Ekipmanları

Rapor kapsamındaki çalışmalar, büro, laboratuvar ve arazi olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi Çalışmaları

Çalışma alanındaki bölgede, arazi gözlemleri ve sondaj çalışmalarından faydalanılarak inceleme alanının 1/5000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında 578 adet sondaj yapılmıştır. Çalışma alanındaki Düziçi-İskenderun fay zonu ve Toprakkale fayı Osmaniye segmenti ile ilgili paleosismoloji çalışmaları kapsamında 13 adet hendek kazılmıştır. Zeminin dinamik değişkenlerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan jeofizik çalışmalar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir [23].

Tablo 3.1. İnceleme alanında yapılan jeofizik metodlar ve sayıları [23]

1	Sismik Kırılma	Sismik (P) kırılma etütleri (Jeofon aralığı 1-5 m karşılıklı)	serim	578
2	Sismik MASW	Sismik MASW etütleri (Jeofon aralığı 1-5 m karşılıklı)	serim	578
3	Mikrotremör	Mikrotremör (x,y,z) ölçümü ve raporlanması	nokta	578
4	ÇK-DES	Çok Kanallı Öz direnç	serim	100
5	Jeoradar	Yer altı Radarı (GPR) ölçümü ve Raporlaması	m	1200
6	Yansıma (12-Katlama)	Sismik Yansıma Ölçüsü 12 katlamalı ortak derinlik noktası (CDP) (5 m jeofon aralıklı katlamalı toplam 60 m)	km	3,3

Sondajlar sırasında zeminde her 1.5 metrede bir standart penetrasyon testi (SPT) yapılarak zeminlerin penetrasyon direnci belirlenmiş ve örselenmemiş numune (UD) alınmıştır. Çalışma alanında 25 adet sondaj kuyusunda toplam 150 adet presiyometre deneyi yapılmıştır [23].

Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarda numuneler üzerinde, atterberg limitleri, elek analizi, doğal birim hacim ağırlık, su muhtevası, konsolidasyon, üç eksenli basınç ve kesme kutusu vb. laboratuvar deneyleri TSE standartlarına uygun normlarda gerçekleştirilmiştir. Kaya ortamından alınan karotlar üzerinde laboratuvarda tek eksenli basınç deneyi ve nokta yükleme deneyi yapılmıştır. Yapılan laboratuvar deneyleri ve sayıları aşağıdaki Tablo 3.2’de verilmiştir [23].

Tablo 3.2. Yapılan laboratuvar deneyleri ve sayısı [23]

Deney Adı	Adet	Formasyon
Elek Analizi	1385	Alüvyon (Qal)
Atterberg Limitleri	1385	
Doğal Su İçeriği Tayini	1385	
Doğal Yoğunluk Tayini	151	
Üç Eksenli Basınç Dayanımı	113	
Kesme Kutusu Deneyi	35	
Konsolidasyon Deneyi	85	
Deney Adı	Adet	
Elek Analizi	38	Hamiş Formasyonu (Tplh)
Atterberg Limitleri	38	
Doğal Su İçeriği Tayini	38	
Doğal Yoğunluk Tayini	15	
Üç Eksenli Basınç Dayanımı	1	
Konsolidasyon Deneyi	1	
Nokta Yükleme Deneyi	13	
Kayada Tek Eksenli Basınç Deneyi	2	
Deney Adı	Adet	
Elek Analizi	20	Kızıldere Formasyonu (Tmki)
Atterberg Limitleri	20	
Doğal Su İçeriği Tayini	20	
Doğal Yoğunluk Tayini	5	
Üç Eksenli Basınç Dayanımı	2	
Konsolidasyon Deneyi	1	
Nokta Yükleme Deneyi	1	
Kayada Tek Eksenli Basınç Deneyi	4	

Büro Çalışmaları

Sahada yapılan jeoloji, jeoteknik, jeofizik çalışmalar yoluyla arazinin yerleşime uygunluğu ve eğim haritaları büro ortamında Netcad programı yardımıyla hazırlanmıştır [23].

3.2.3 İnceleme Alanının Mevcut Plan, Yapılaşma Durumu ve Diğer Çalışmalar

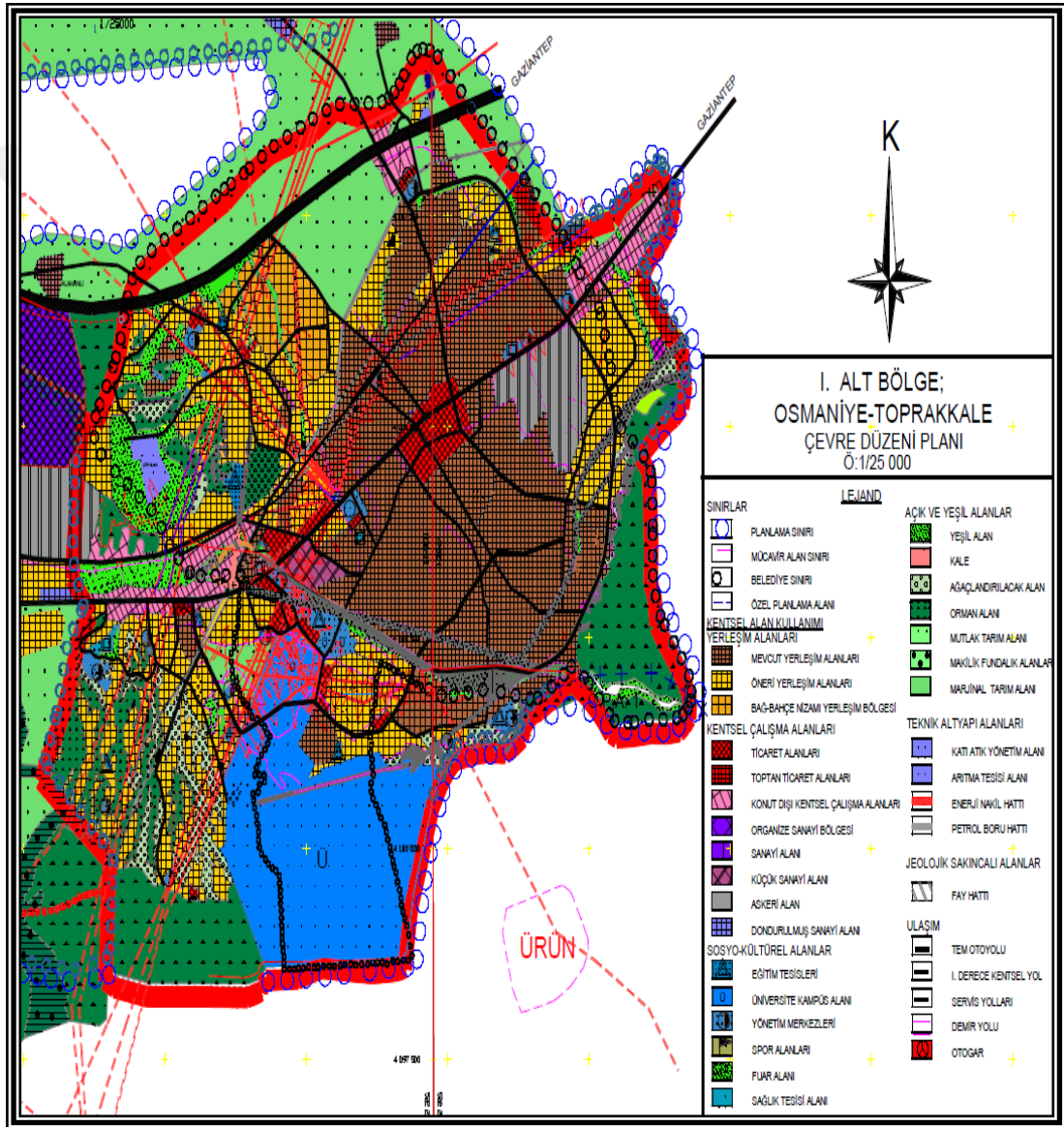
Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma

Çalışma alanının "I. Alt Bölge; Osmaniye-Toprakkale Çevre Düzeni Planı" bulunmaktadır. Çalışma alanında farklı tarihlerde ve yerel olarak hazırlanmış imar planları bulunmaktadır. Yapılan mikrobölgeleme etüt raporu ile çalışma alanının revize ve ilave imar planlarının hazırlanması hedeflenmektedir. Çalışmanın yapıldığı alan olan il merkezinde yapılaşma yaygın olup çevre yolu kenarında ise çarpık yapıların olduğu tespit edilmiştir [23].

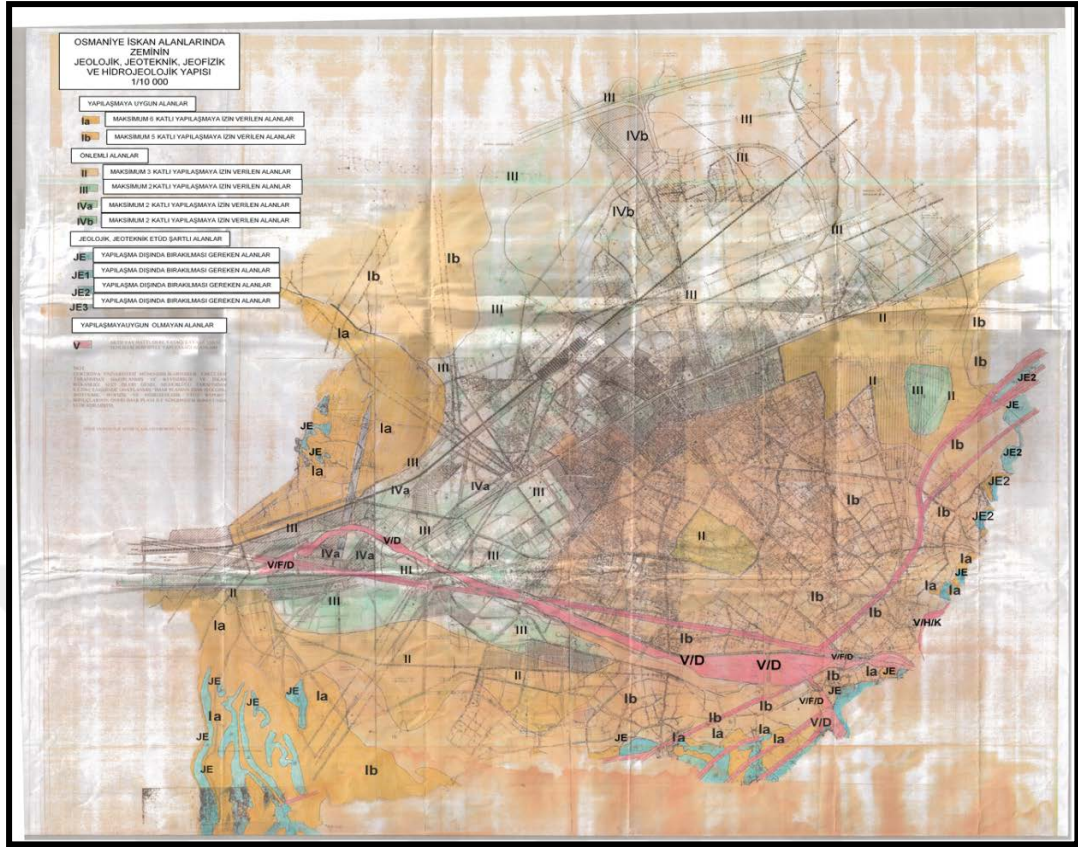
Mevcut Plana Esas Yerbilimsel Etütler, Sakıncalı Alanlar-Afete Maruz Bölgeler

Daha önce Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi öğretim üyeleri tarafından hazırlanan ve Afet İşleri Genel Müdürlüğüne onaylanan "Osmaniye İli Merkez Belediye ve Mücavir Alanları İmar Planına Esas Jeolojik, Jeoteknik, Jeofizik ve Hidrojeolojik Etüt Raporunda" yerleşime uygunluk değerlendirilmiştir. Raporda bahsi geçen yapılaşmaya uygun alanlar; genel olarak çalışma alanının güney, batı ve güneybatısındaki, kuzey-güney yönlü dereler tarafından kesilmiş, engebese az olan alanları oluşturan Osmaniye il merkezinin güney ve güneydoğusunu kapsayan alanlar olarak belirlenmiştir. Önlemlenilen alanlar; temel alt zemini olarak kullanılacak üst tabakaların yüzeye yakın bölümlerinde çakıl türü çok zeminler ve gevşek-çok sıkı kum ya da yumuşak sert kıvamlar arasında kil zeminlerin çok fazla değişim gösterdiği bazı kısımlarda yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyine yakın olduğu ve genellikle çimentolaşmamış alüvyal zeminler içeren geniş bölgelerdir. Bu bölgelerin temellerin inşasına yönelik parsel bazlı detaylandırılmış zemin etütlerinin yapılması öngörülmüş olup, rapordaki gereken önlemlerin alınması şartıyla yapılaşmaya uygun olacağı belirtilmektedir. Yapılaşmaya uygun olmayan alanlar; İller Bankası A.Ş adına yapılan, Osmaniye imar planına esas gözlemsel jeolojik çalışmada şehrin doğu kısmının kenar bölgesinden geçen ve ana kaya ile alüvyal yelpaze çökelleri arasındaki sınırı oluşturan fay nedeniyle bu sınıfta değerlendirilmiştir. Jeolojik jeoteknik etüt şartlı alanlardan aşırı eğimli vadi yamaçları; eğimi %30'dan fazla olan alanlardır, Akyar heyelanı çevresindeki krip türü hareketlerin görüldüğü alanlar;

Akyar köyünün eski yerinin heyelan sonucu yıkılması nedeniyle jeolojik yapının benzeri bir jeolojik ve topografik yapıya sahip yamaçlar üzerinde yer alan alanlardır. Birbirine yakın faylar arasında kalan aşırı tektonize veya heyelan riski taşıyan alanlar; Osmaniye'nin güney doğu kısmındaki faylar arasında bulunan alanlardır ve aktif olup olmadığının araştırılması gereken fay kuşağı üzerindeki alanlar; zeminin derinliklerinde birleştiği tahmin edilen 5 adet fayın varlığı belirli aralıklarla bulunduğu arazi incelemeleri esnasında 5 m yüksekliğindeki kazı şevinde tespit edilmiş alanlardır [23].



Şekil 3.3. Osmaniye ili 1/25000 ölçekli çevre düzeni planı [23]

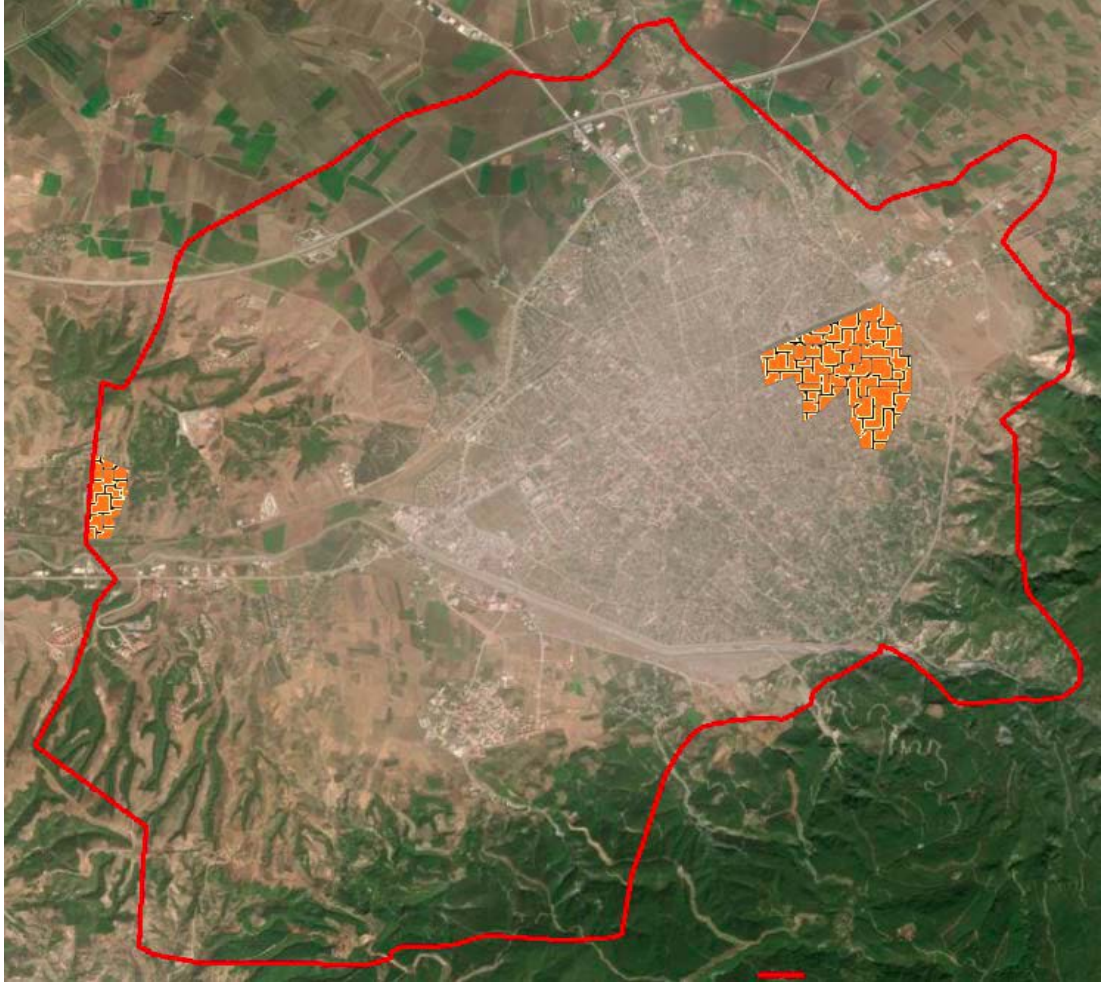


Şekil 3.4. 06.04.2001 tarihli rapora ait yerleşime uygunluk değerlendirmesi [23]

Osmaniye İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nün 12.02.2016 tarih ve 373 sayılı yazısına göre sınırları belirtilen söz konusu alan içerisinde hali hazırda herhangi bir afete maruz bölge tespit edilmemiştir. Ancak arşiv ve MTA heyelan kayıtlarında yapılan incelemede, Akyar köyünün eski yerleşim alanının yer kayması afeti nedeniyle 21.10.1968 tarih ve 13032 sayılı Resmi gazetede de yayımlanarak afete maruz bölge ilan edildiği ve şu an konumlandığı yere taşındığı, Fakiuşağı köyünün eski yerleşim alanının aynı şekilde 1956 yılında yer kayması nedeniyle afete maruz bölge ilan edildiği ve mevcut yerine taşındığı bilgilerine ulaşılmıştır. Söz konusu kayıtlar çok eski olduğundan ilgili bölgelere ait herhangi bir sayısal veri elde edilememiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde Fakiuşağı ile Akyar köyünün eski yerleri çalışma alanında orman alanı sınırları içerisinde kalmakta olup bu kısımlar jeoteknik değerlendirmeye tabi tutulmayarak mikrobölgeleme raporunda değerlendirme dışı alanlar olarak belirlenmiştir [23].

Taşkın Sahaları, Sit Alanları, Koruma Bölgeleri vb.

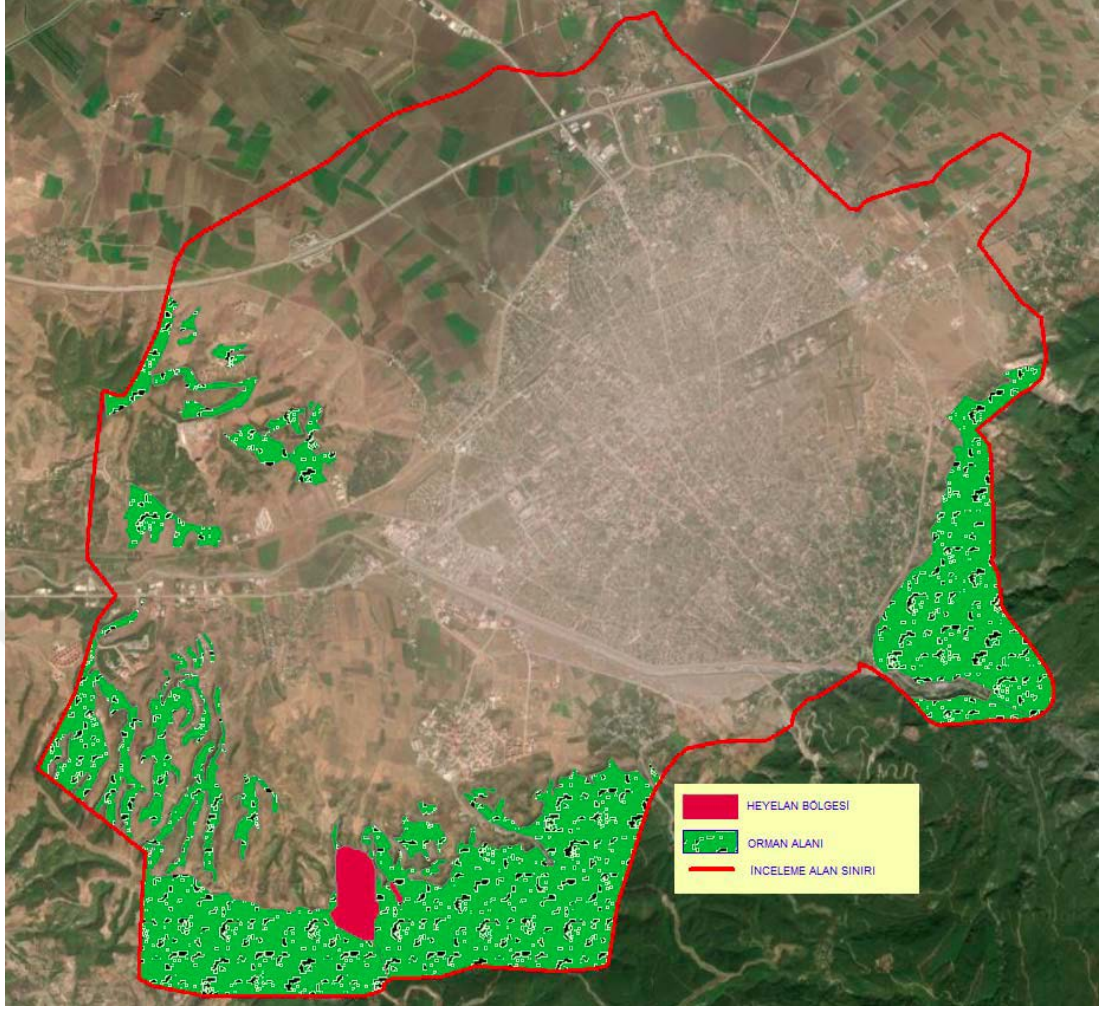
Osmaniye Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından 2014 yılında hazırlanan çevre durum raporunda; Osmaniye ili mevcut un fabrikası mevkiinden Ceyhan nehrine kavuştuğu noktaya kadar olan kısımda yatak ekseninden itibaren sağlı sollu 300'er metre olmak üzere toplamda 600 m genişliğe sahip alan "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" kapsamında olup su baskınlarına ve afetlerine maruz bölge, ayrıca 4373 sayılı "Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu" kapsamında olup Osmaniye ilinden Ceyhan nehrine döküldüğü yere kadar, yatak mihverinden itibaren sağlı sollu 50 şer metre olmak üzere 100 metre genişliğe sahip şeritvari alanın taşkın alanı olarak ilan edildiği ibaresine yer verilmiştir. Çalışma alanı içerisinde 2 adet şehir merkezi ile yakın bölgede yaklaşık 193.9 hektarlık alanda "Askeri Bölge" bulunmaktadır (Şekil 3.5.). Fakıuşağı bölgesinde yaklaşık 1.01 hektarlık alanda "1. Derece Arkeolojik Sit Alanı", yaklaşık 7.60 hektarlık alanda "3. Derece Arkeolojik Sit Alanı" bulunmaktadır (Şekil 3.6.). Çalışma alanı içerisinde yaklaşık 1548 hektarlık alanda "Orman alanı" bulunmaktadır (Şekil 3.7.). 1.derece sit alanı, askeri alanlar ve orman arazilerinin bulunduğu alanlarda herhangi bir jeolojik ve jeoteknik çalışma yapılmamış olup; bu alanlar değerlendirme dışı alanlar olarak nitelendirilmiştir [23].



Şekil 3.5. Çalışma alanındaki askeri alanlar [23]



Şekil 3.6. Çalışma alanındaki 1. ve 3. derece arkeolojik sit alanları [23]



Şekil 3.7. Çalışma alanındaki orman ve heyelan alanları [23]

3.2.4 Mevcut Verilerin Değerlendirilmesi

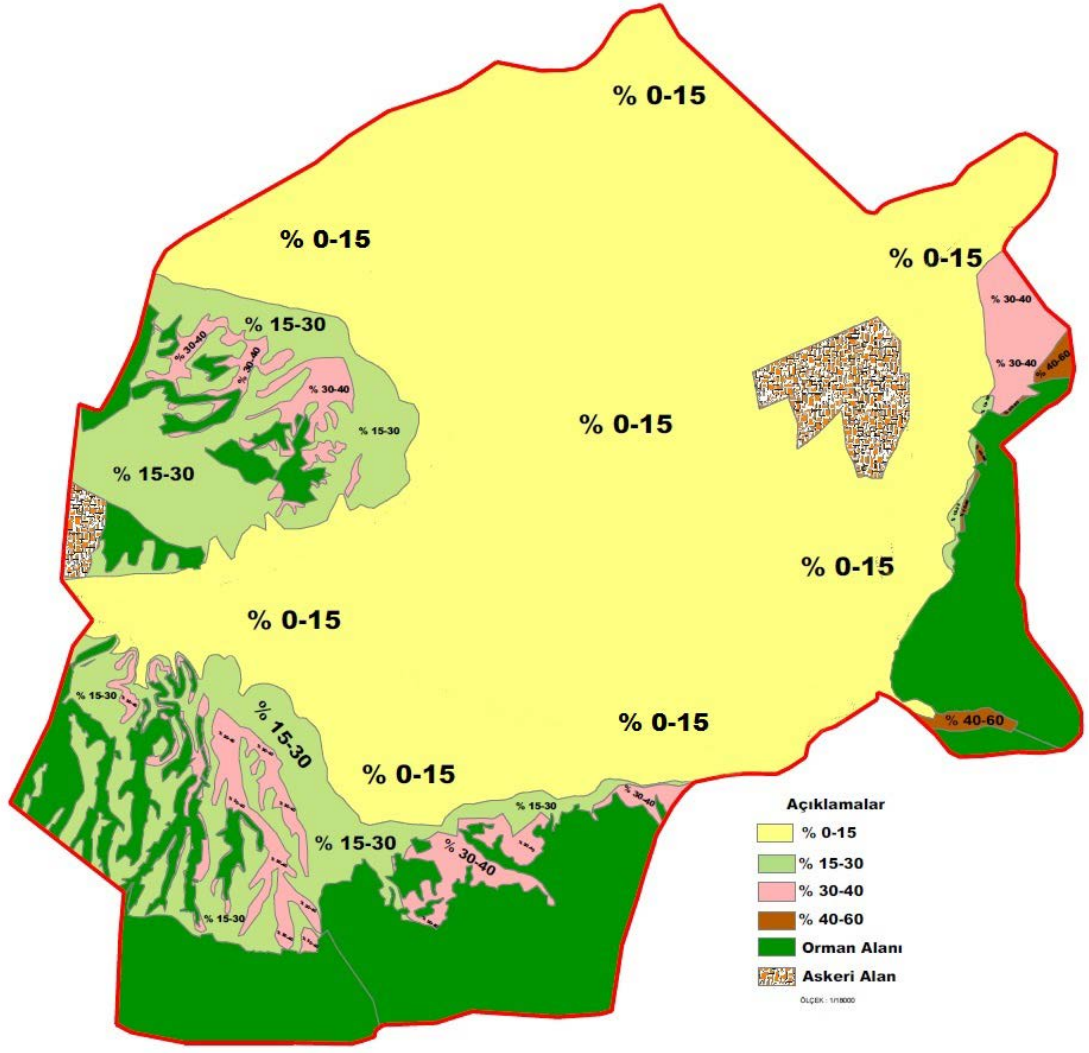
Çalışma alanı içerisinde daha önceden yapılmış jeolojik-jeoteknik çalışmaların gözlemsel ya da yerel yapılmış olması ve incelenen alanda bütünsel bir çalışma bulunmaması alanın bir bütün olarak incelenmesini gerektirmiştir. Ancak bu çalışmada Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi öğretim üyeleri tarafından hazırlanan ve Afet İşleri Genel Müdürlüğüne onaylanan "Osmaniye İli Merkez Belediye ve Mücavir Alanları İmar Planına Esas Jeolojik, Jeoteknik, Jeofizik ve Hidrojeolojik Etüt Raporundan", 2007 tarihinde onaylanmış "Osmaniye İli, 19 K-L, 20 K-L-M, 21 K-L-M Nolu Paftaları İçeren 370 Ha. Alanın İmar Planı Revizyonuna Esas Jeolojik, Jeoteknik ve Jeofizik Etüt Raporundan" ve 2013 yılında hazırlanan "Osmaniye İli Merkez Revize İmar Planına Esas Jeolojik Jeofizik Etüt

Raporundan" yararlanılmış olup; bu raporlarda belirtilen öneri ve önlemler dikkate alınarak gerekli alanlarda çalışmalar yoğunlaştırılmış ve bu alanların jeoteknik değerlendirilmesi daha kapsamlı yapılmıştır. MTA tarafından hazırlanan çalışma alanını da kapsayan ve jeolojik çalışma yapılmış olup çalışma alanı çevresinin genel jeoloji çalışmalarında bu haritalardan faydalanılmıştır [23].

3.2.5 Jeomorfoloji

Osmaniye ili sınırları içerisinde, değişik akarsu şekilleri ve bunların meydana getirdiği vadi yarmaları, dik yamaçlar, akarsuların yatak değiştirmesiyle oluşmuş küçük adacıklar ve ova kesiminde oluşmuş alüvyon yelpazeleri dikkat çeken morfolojik şekillerdir. Osmaniye ili merkezi kuzey ve güney olmak üzere iki bölümde incelenir. Kuzey kısmında Mesozoyik kireçtaşı serileri, şiddetli erozyonlar dolayısıyla orta Paleozoyike kadar kazılmış ve çok derin vadi oluşumlarına sebep olmuştur. İl yüzey şekilleri bakımından ovalık ve dağlık olmak üzere ikiye ayrılır. Dağlık alanların yüzey şekilleri oldukça dalgalı ve yer yer dik bir özellik gösterir. Genelde kuzey batısına yamaçlar hakim olmasına rağmen, diğer yönlere bakan yamaçlar ve vadiler de bulunmaktadır. En önemli akarsu Karaçay, Hamiş çayı ve Ceyhan nehridir. En önemli dağları Koyuntepe (2168 m), Dumanlıdağı (2102 m), Yağlıpınar Dazı Tepe (2085 m), Topbamaz Tepe (2067 m), Cerleme Tepesi (1965 m), Binboğa Dağları. Eğilimin sarp ve dik olduğu yerlerde ana kaya yüzeye çıkmış ve toprak oluşumu yoktur [23].

Yapılan çalışmalar sonucunda; inceleme alanının topografik eğimi Şekil 3.8.'de verilen haritada görüldüğü gibi %0-15, %15-30, %30-40 ve %40-60 olarak kategorilere ayrılmıştır [23].



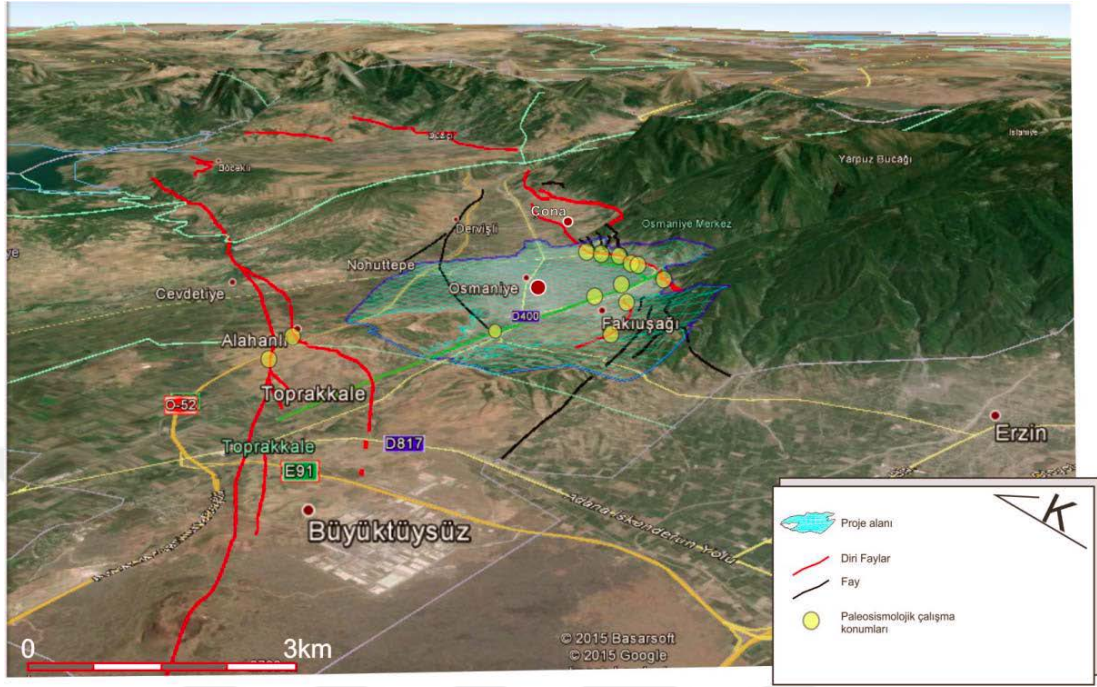
Şekil 3.8. Çalışma alanının eğim değerleri haritası [23]

3.2.6 Jeoloji

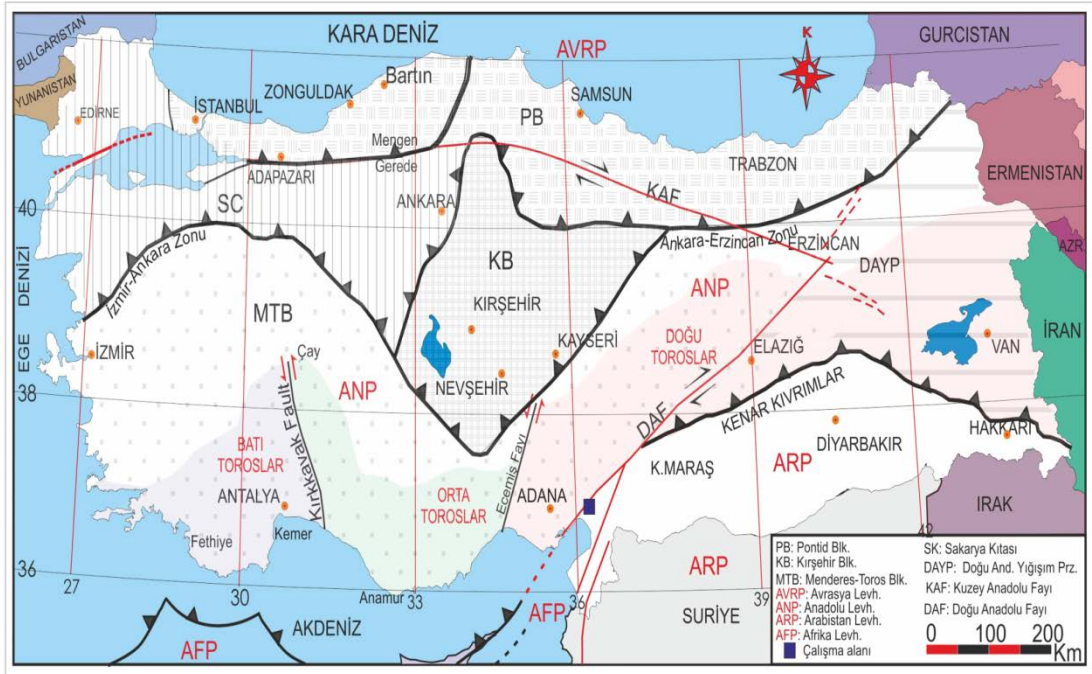
Yapısal Jeoloji

Çalışma alanındaki faylar daha çok K-KD doğrultulu ve BKB ya yani ovaya doğru eğimlidirler. Çalışma bölgesi önce Kretase denizi altında kalmış ve kalkerler oluşmuştur. Alp orojenezi sırasında Kretase birimleri kıvrımlanarak yükselmiş, daha sonra bölge kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı fayların etkisinde kalmış ve ova kesimi çökmüştür. Karaçay vadisinin ovaya açıldığı yer de şu an Toprakkale ilçesinin üzerinde kurulu olduğu büyük bir alüvyal yelpaze ve eş zamanlı olarak daha küçük vadilerin ovaya açıldığı yerlerde ise daha küçük boyutlu diğer yelpazeler oluşmuştur.

Bu alüvyal yelpazelerin oluşumu halen devam etmektedir. Osmaniye ili ve yakın çevresini kapsayan Doğu Akdeniz bölgesi, birbirinden farklı tektonik etki ve ortam koşullarını yansıtan litolojilerin bir araya toplandığı bir alandır [23].



Şekil 3.9. Çalışma alanı ve yakın civarının konumunu gösterir şekil [23]



Şekil 3.10. Türkiye'nin ana tektonik levhalarının dağılımını gösterir harita [23]



Şekil 3.11. Bölgedeki havzaları sınırlayan ana tektonik hatların uzanımı. [23]

Dolgu (Yd)

Çalışma alanında N36D19C2A - N36D19C2B nolu pafta sınırında kalan alanlar Osmaniye Belediye Başkanlığınca katı atık depolama alanı olarak kullanılmakta olup; sahadaki dolgunun kalınlığı altındaki topografyaya bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. İnceleme alanında yapılan gözlemlerde dolgu kalınlığının yaklaşık 25.00-30.00 m arasında olduğu belirlenmiştir. Bu dolgular taşıyıcı zemin niteliğinde değildir [23].

3.2.7 Jeoteknik Amaçlı Hendek Çalışmaları, Sondaj Çalışmaları ve Arazi Denepleri

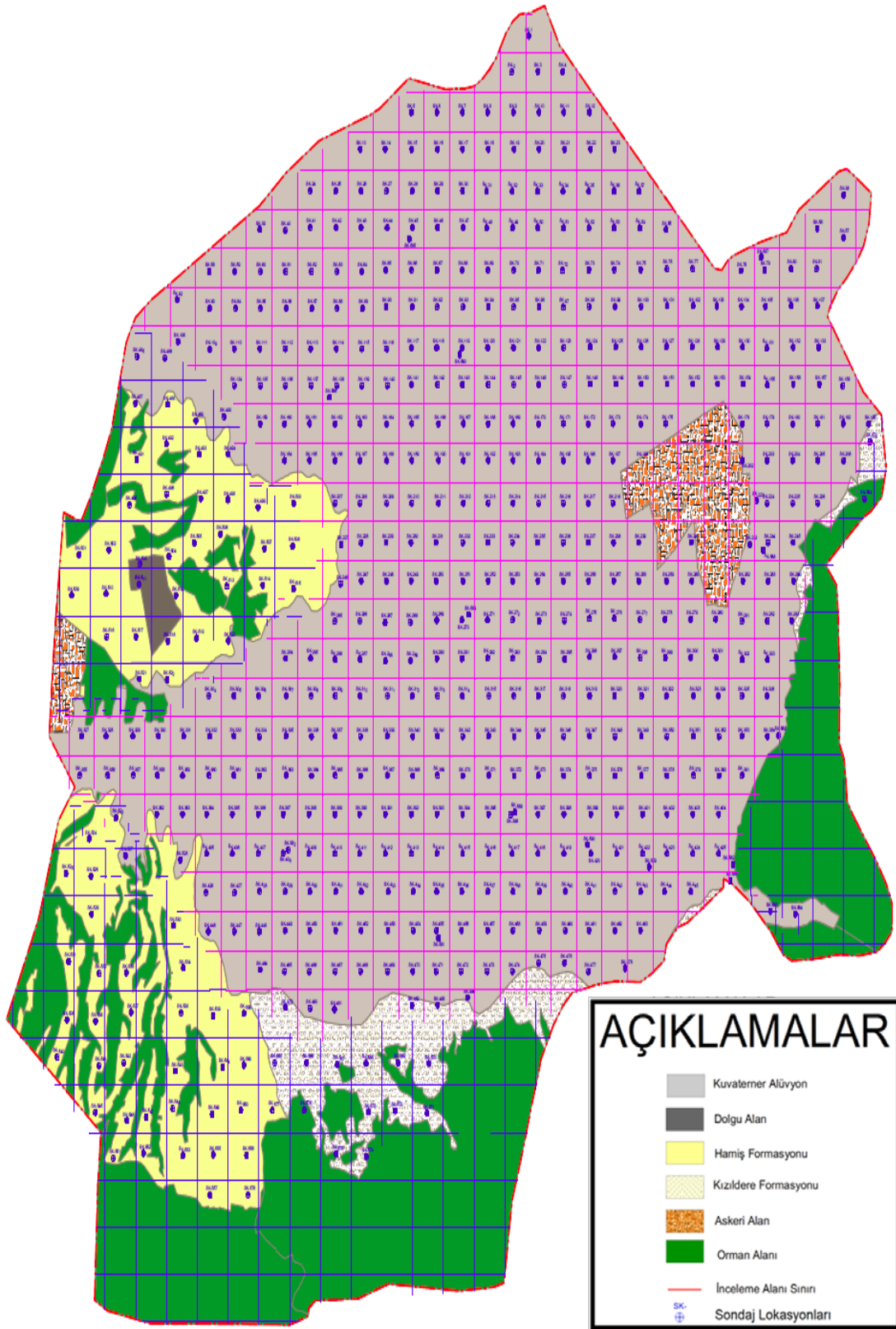
Hendek Çalışmaları

Çalışma alanından geçen Toprakkale fayı ile ilgili olarak paleosismoloji çalışmaları kapsamında 13 adet araştırma çukuru (hendek çalışması) yapılmıştır [23].

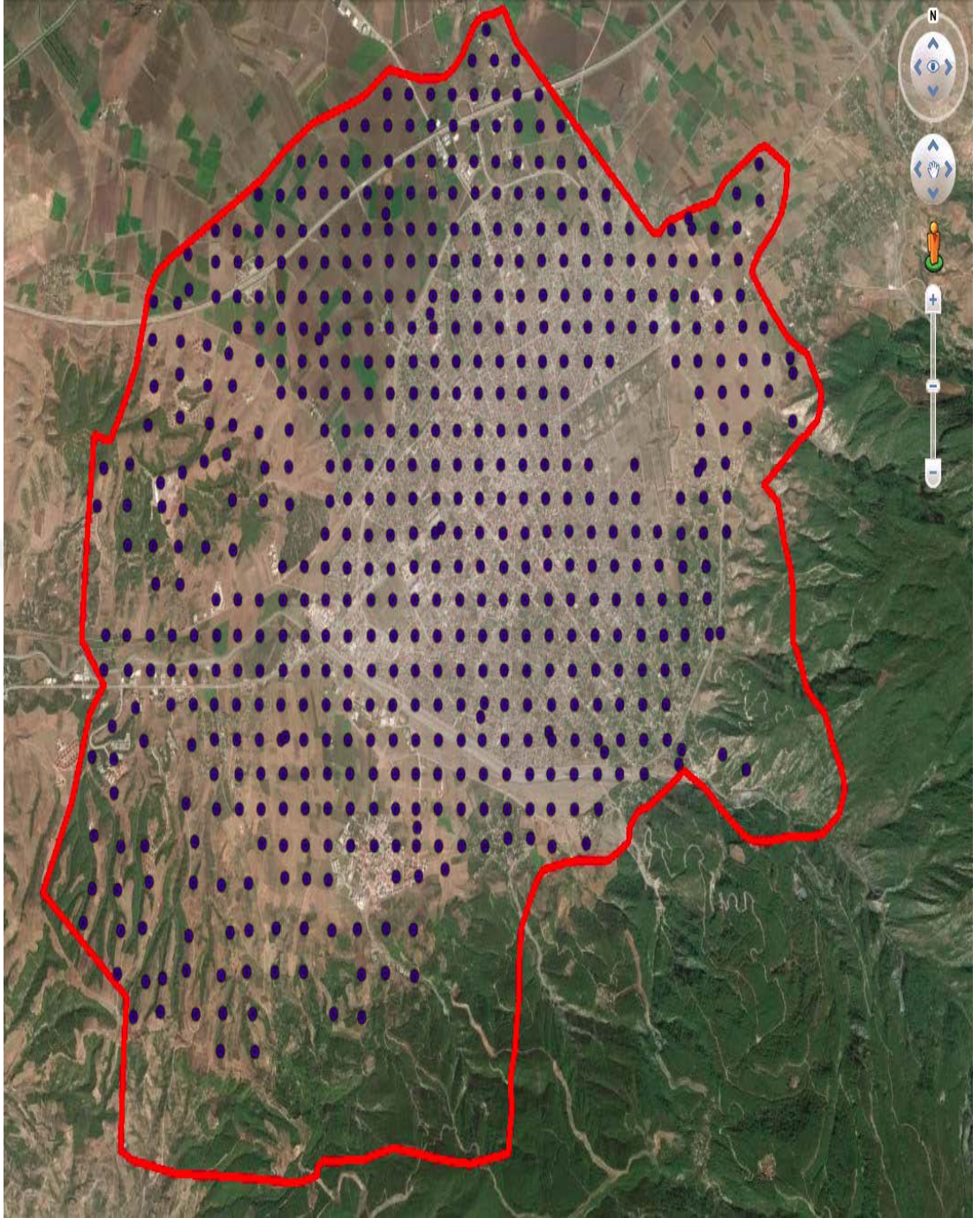
Sondajlar

Çalışma alanındaki birimlerin jeolojik-jeoteknik parametrelerini ve karakteristiklerini belirlemek, yanal ve düşey yöndeki litolojik değişimleri ortaya koymak amacıyla, jeolojik birimler dikkate alarak toplam 578 adet sondaj kuyusu açılmıştır. İnceleme alanında;

- Kızıldere Formasyonu (Tmk1) gözleendiği alanlarda; 330 m
- Hamiş Formasyonu (Tplh) gözleendiği alanlarda; 1390 m
- Alüvyonun (Qal) gözleendiği alanlarda; 9970 m
- Dolgu (Qd) gözleendiği alanlarda; 50 m ve toplam 11.740 m araştırma sondajı yapılmış olup; Şekil 3.12.'de lokasyon haritası sunulmuştur [23].



Şekil 3.12. Çalışma alanındaki sondajların lokasyon haritası [23]



Şekil 3.13. Çalışma alanındaki sondaj yerlerinin uydu görüntüsü [23]

Arazi Deneyleri

Standart Penetrasyon Deneyleri

Sondaj kuyuları içinde zemin tabakalarının sıklık kıvamını tespit etmek amacıyla SPT deneyi yapılmıştır [23].

3.2.8 Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Deneyleri

Zemin İndeks-Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma alanında açılmış olan sondajlarda zeminin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Numuneler üzerinde elek analizi, kıvam limitleri, tabii birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır [23].

Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma alanında açılmış olan temel sondaj kuyularındaki kohezyonlu zeminlerin örselenmiş ve örselenmemiş numunelerinin belirli şartlar (drenaj şartları, yükleme hızı gibi) altında taşıyabileceği maksimum kayma gerilmesinin tespit edilmesi amacıyla laboratuvar ortamında kesme kutusu, üç eksenli basınç ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır [23].

Kaya Mekaniği Deneyleri

Çalışma alanında gözlenen biriminden alınan karot örnekler üzerinde tek eksenli basınç deneyi ve nokta yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerle kaya birimlerin mekanik özelliklerinin tespiti amaçlanmıştır [23].

3.2.9 Jeofizik Çalışmaları

8500 hektarlık alan kapsamında; sismik (P) kırılma, sismik masw, mikrotremör, sismik yansıma, çok kanallı öz direnç, yer altı radarı (GPR) ölçümü yapılan jeofizik çalışmalarındandır. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmalar aşağıda tablolar halinde verilmiştir [23].

Tablo 3.3. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmalar [23]

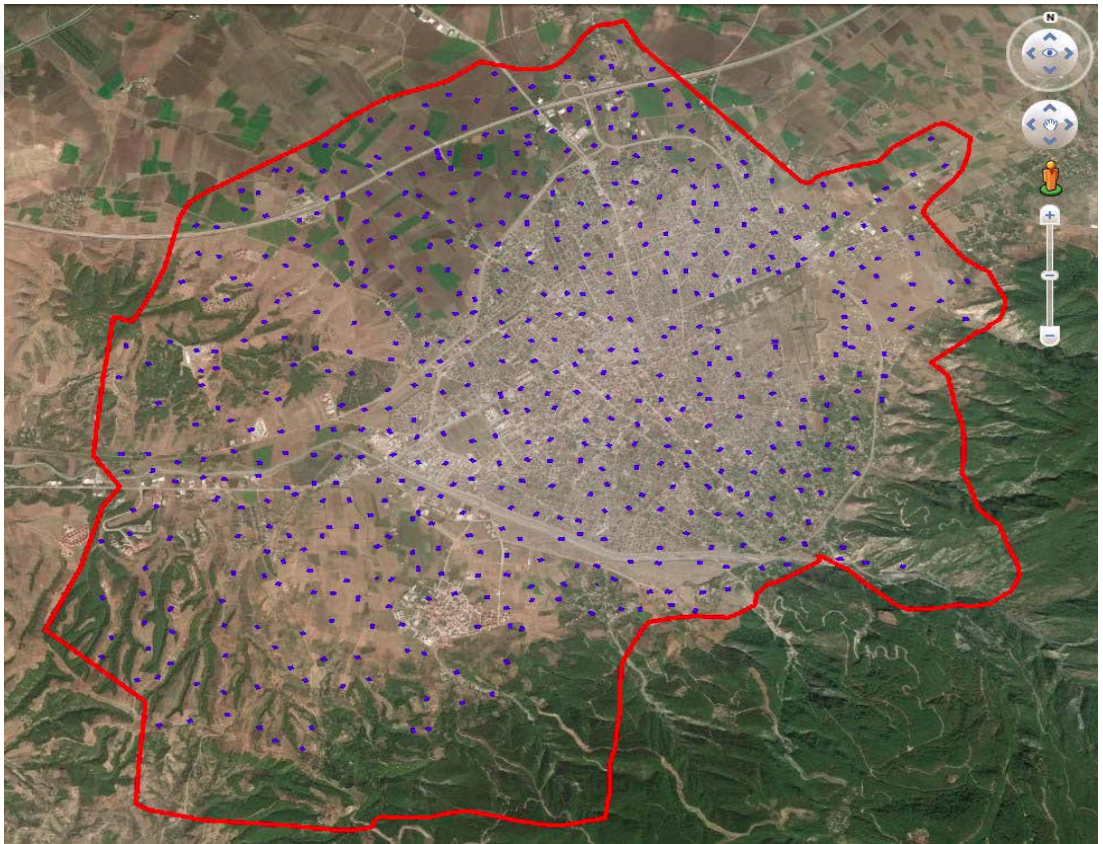
1	Sismik Kırılma	Sismik (P) kırılma etütleri (Jeofon aralığı 1-5 m karşılıklı)	serim	578
2	Sismik MASW	Sismik MASW etütleri (Jeofon aralığı 1-5 m karşılıklı)	serim	578
3	Mikrotremör	Mikrotremör (x,y,z) ölçümü ve raporlanması	nokta	578
4	ÇK-DES	Çok Kanallı Öz direnç	serim	100
5	Jeoradar	Yer altı Radarı (GPR) ölçümü ve Raporlanması	m	1200
6	Yansıma (12-Katlama)	Sismik Yansıma Ölçüsü 12 katlamalı ortak derinlik noktası (CDP) (5 m jeofon aralıklı katlamalı toplam 60 m)	km	3,3

Tablo 3.4. Jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerle üretilen haritalar [23]

1	Kesme Dalgası (VS-VS30) haritası (≥ 1000 ha)	adet	1
2	Yer Hakim Titreşim Periyodu (To) haritası (≥ 1000 ha)	adet	1
3	Sismik Büyütme (Ak) Haritası (> 1000 ha)	adet	1
4	Sıvılaşma Potansiyeli Haritası	adet	1
5	Yerel Zemin Sınıfları Haritası (1/5000-1/10000)	km ²	85,000
6	Zemin Büyütme Haritası (1/5000-1/10000)	km ²	85,000

Çalışma kapsamında yapılan jeofizik araştırmaların, hücrelerin (grid) jeofizik özelliklerinin tanımlanması, mühendislik açıdan ana kaya derinliklerinin tanımlanması, dolgu alanların sınırlarının ve derinliklerinin tespit edilmesi, yamaç duraylılığını (şev stabilitesini) irdelemek, bölgenin zemin hakim titreşim periyodu haritasının çıkarılarak bir deprem anında zeminin nasıl davranacağını belirlenmesi, hasar dağılım analizi için Vs₃₀ haritasını elde etmek, süreksizliklerin ve fayların belirlenmesi, frekans, büyütme gibi deprem ve yer sarsıntısı parametrelerinin elde edilmesi, zemin sınıflama haritalarının üretilmesi, sıvılaşma haritasının üretilmesi amaçlarına hizmet etmesi öngörülmüştür [23].

Çalışma alanında Vs dalga hızları, tabakalanmayı ve mühendislik açıdan ana kaya derinliklerinin tanımlanması amacıyla masw (multi channel surface wave) çok kanallı yüzey dalgası analizleri, Vp değerlerini bulmak ve tabakalanmayı belirlemek amacıyla sismik kırılma analizleri, faylanmayı ve dolgu derinliklerini, sıvı girişlerini belirleyebilmek amacıyla çok kanallı düşey elektrik sondaj çalışmaları ve zemin hakim periyodu ile büyütme hesaplamalar için mikrotremör çalışmaları yapılmış, ayrıca elde edilen değerlerle, zemin sınıflama parametreleri belirlenmiş, sıvılaştırma değerleri elde edilmiş, alüvyon kalınlıkları, zemin birimleri ve zemin sınıfları belirlenmiştir [23].



Şekil 3.14. Çalışma alanı sismik çalışmaları uydu görüntüsü [23]

Sismik Kırılma

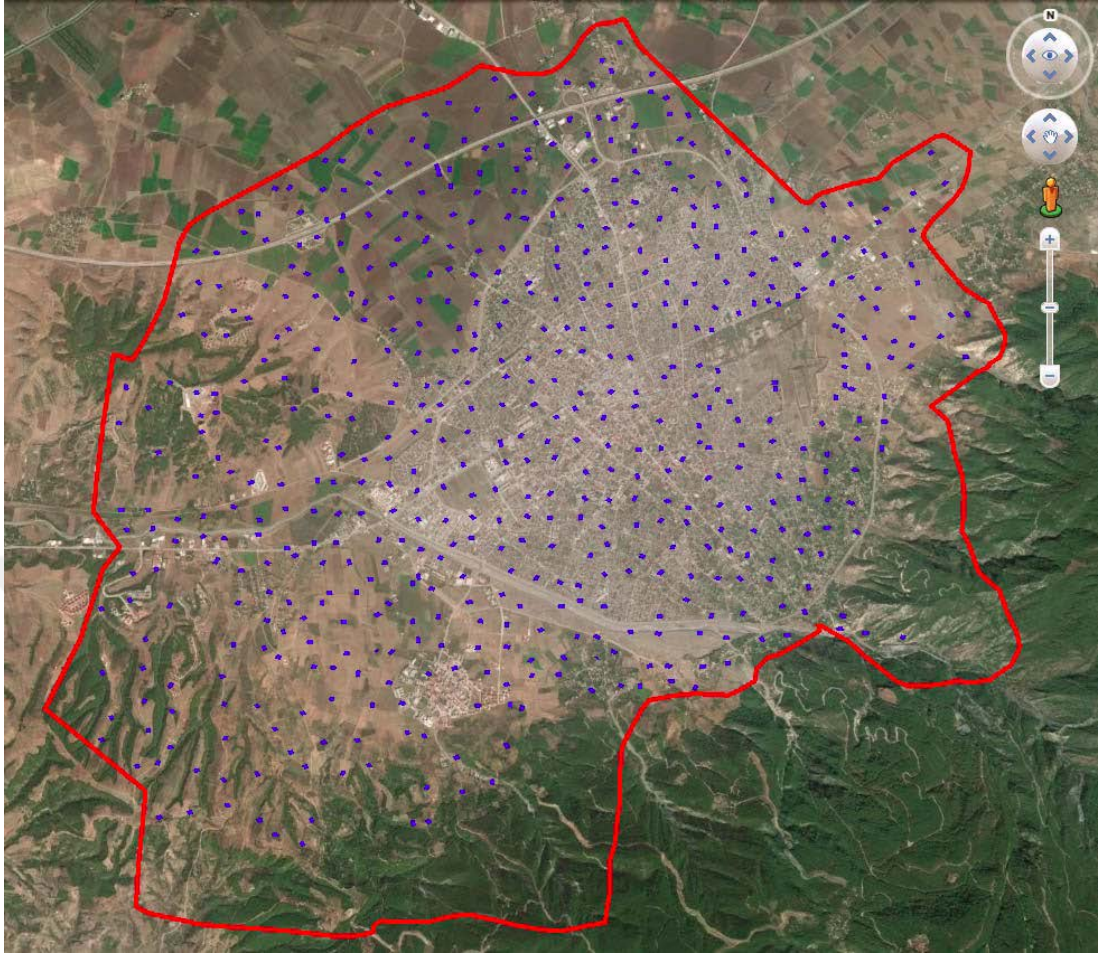
Jeofizik mühendisliği sismik etüdü zeminde çeşitli enerji kaynaklarıyla yapay olarak oluşturulan (çok küçük deprem) sarsıntıların yani elastik dalgaların yer içerisinde yayılırken kırılarak veya yansarak geçtikleri ortamların fiziksel

(mekanik) özelliklerini taşıyarak sismik sinyal olarak yeryüzüne gelişlerinin kaydından, bilahare kayıtların kendine özgü yöntemlerle değerlendirilmesi ve yorumundan ibarettir. Sismik ölçüler yer içinde yayılan boyuna (Longitudinal) veya sıkışma (compressional), V_P , ayrıca enine (Transversal) veya kayma (Shear), V_S , dalga türlerinin her ikisinin ölçülmesi şeklinde yapılmıştır. Bu çalışmada sismik kırılma yöntemi kullanılarak sismik hız çalışmaları yapılmıştır. Boyuna V_P sismik dalga hızı, yeraltı yapısal konumları düşey olarak daha derinlerden tespit etmek, enine V_S sismik dalga hızı V_P ile birlikte zeminin elastik parametre özelliklerini tanıma amacıyla ölçülmüştür. İnceleme alanı jeolojisinde anılan yeraltı yapısal özelliklerinin tespiti için sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Sismik kırılma ölçüm profili 60,00 m uzunlukta seçilmiştir. Sismometre (jeofon) aralıkları alanının müsaade ettiği nispete 5,00 m. ve offset uzaklıkları da 5,00 metre olarak seçilmiştir. Sismik hızlar bir zeminin (kayacın) yoğunluğuna ve elastik parametrelerine bağlıdır. Elastik parametreler ise kayaçların litolojisine bağlıdır. Yani kayaçların mineral bileşimine, tane büyüklüğüne, tane dağılımına, gözenekliliğine, gözeneği dolduran sıvının türüne ve miktarına, sıklığına, çimentolaşmasına, maruz kaldığı basınçlara ve jeolojik yaşı ile jeolojik geçmişine bağlıdır. Zemin mekaniğinde kullanılan zemin taşıma kapasitesi ve oturma parametreleri kayaçların sırasıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısına, hacimsel sıkışma katsayısı özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler ise kayaçların yoğunluğuna, su muhtevasına, boşluk oranı ve boşluk suyu basıncına, tane büyüklüğüne ve dağılımına, kayacın türüne bağlıdır [23].

Yüzey Dalgası Yöntemleri (MASW)

Yeraltı tabakalarının fiziksel özellikleri (örneğin; makaslama modülü, elastisite modülü, sıkışmazlık modülü, doğal salınım periyodu, sismik büyütmesi ve poisson oranı v.b) makaslama (S) hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, yeraltı tabakalarının S-hızı değişimlerinin belirlenmesi jeoteknik mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Son yıllarda yüzey dalgalarının çok-kanallı analizi (MASW) yöntemi S-hızı değişimlerinin belirlenmesinde sismik kırılma yöntemi yanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle sismik kırılma yönteminin uygulanamadığı durumlarda (örn. Yerleşim alanlarındaki yüksek çevresel gürültüden ötürü) masw yöntemi tek alternatif yöntem olarak görülmektedir. Sismik kırılma yöntemi ile ölçü

alımında kullanılan dizilim geometrisi korunarak masw kayıtları toplanabilmekte ve daha büyük araştırma derinliği elde edilebilmektedir. Yöntemin diğer üstünlükleri arasında hızlı veri toplama, kolay veri-işleme ve düşük hız problemini çözmesi gösterilebilir. Yüzey dalgası analiz yöntemlerinden masw (multichannel analysis surface waves) tekniği ile V_{S30} değeri sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmektedir. V_{S30} , UBC ve Eurocode-8 uluslararası standartlarında kullanılan temel parametrelerin başında gelmektedir. Yüzey dalgası analiz yöntemlerinde, yer altındaki tabakalı yapıların kesme dalgası hızının (V_s) derinlikle değişiminin hesaplanması amacıyla Rayleigh dalgasının dispersif özelliğinden faydalanır. 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. Araziye ilk bakıldığında kolay uygulanabilir olması yöntemin avantajları olarak görülmesinin yanında, veri eldesi sırasında geometriden kaynaklanan problemler ve yüzeye yakın tabakaların tesbitinde yanılma payının olması dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Masw yöntemi, tabakalı yerküre modeli için Rayleigh dalgasında baskın bir etkisi olan S-dalga hızına dayanır. Dönüşmüş faz hızları ile derinliğe bağlı bir boyutlu S-dalga hızı fonksiyonunu tanımlayan S-dalga hızı profilleri elde edilir. Masw yönteminde, gürültüyü etkili bir şekilde kontrol etmek olasıdır. Bu nedenle, en yüksek sinyal/gürültü oranı sağlanır. Makaslama dalgası hızı profilinde tam bir veri işlem, yüzey dalgalarının kazancı, frekans bağımlı faz hızı eğrisinin yapılandırılması ve frekans bağımlı faz hızı eğrisinin ters-çözüm işleminden oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, makaslama dalgası hız derinlik profilini doğru saptayabilmek için geniş bantlı yüzey dalgalarının en az gürültüyle kaydedilmesidir. Masw yönteminde bant-genişliği, araştırmanın derinliği ve çözünürlüğü artırıldığı zaman yüksek sinyal/gürültü oranı hesaplanan frekans bağımlı faz hızı eğrisinde yüksek doğruluğa neden olur. Daha yüksek “modlu” veri, temel “modlu” veriden daha derin araştırma derinliğine sahiptir. Aynı zamanda, daha yüksek “modlu” veri frekansa ek olarak kaynak uzaklığına bağlı olan dönüşmüş S-dalga hızının çözünürlüğünü artırır. İmaksu tarafından yapılan çalışmalarda jeofon aralıkları 5 m ve ofset 10 m alınarak kayıt alınmıştır [23].



Şekil 3.15. Çalışma alanı Masw çalışmalarını uydu görüntüsü [23]

Bu verilerin arazi genelinde V_{s30} Dalga Hızları; $V_{s30} = 219 - 976$ m/sn arasında değiştiğini göstermektedir. Arazide yapılan 578 adet sismik masw çalışmalarında 3 ayrı formasyonda V_s ve V_{s30} dalga hızları hesaplanmıştır. Formasyonlara ait V_s ve V_{s30} aralıkları tablo halinde verilmiştir [23].

Tablo 3.5. İnceleme alanındaki formasyonlara ait V_{s30} ve V_s hızları [23]

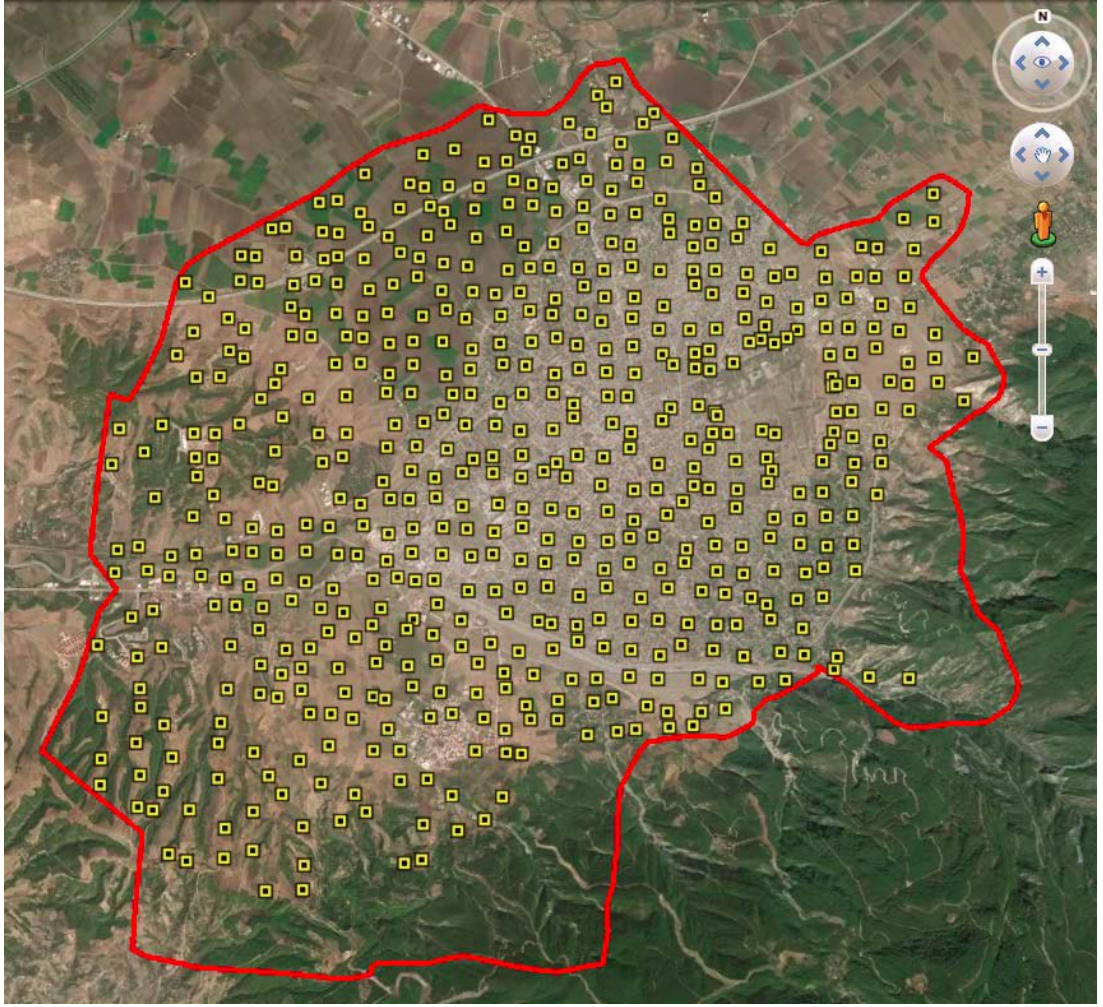
Formasyon	Tabaka Sayısı	V_{s30} (m/sn)	V_s (m/sn)
Alüvyon (Qal)	1	219-976	107-802
	2		250-1081
Hamiş (Tplh)	1	330-583	207-430
	2		381-728
Kızıldere (Tmk1)	1	378-582	260-388
	2		451-612

Hesaplanan V_s ve V_{s30} hız değerlerinin düşük olduğu yüzeye yakın tabakaların siltli, kumlu ve çakıllı birimler olduğu ve bu birimlerin suya doymuş olduğu düşünülmektedir [23].

Mikrotremör

İnceleme alanında deprensellik katsayıları olan zemin hakim titreşim periyodu (T_0) ve zemin büyütme (A_0) etkilerinin belirlenmesi amacıyla mikrotremör çalışması yapılmıştır. Bir deprem anında zemine gelen yükün zemin ve yapılar üzerindeki etkilerini, noktasal ve bölgesel olarak zemin salınım periyotlarının değişimini, bölgedeki birimlerin büyütme etkilerini görebilmek amacıyla mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Mikrotremör kayıtları 578 noktada, 100 Hz örnekleme aralığı ile kaydedilmiş ve bu kayıtların tümü çalışmada kullanılmıştır. Her bir kayıt süresi yaklaşık 10-15 dakikadır. Değerlendirme aşamasında 20 sn'lik pencereler kullanılmıştır. Değerlendirme aşamasında yeterli pencere elde edilebilecek dinleme aralıkları çözümlenmeye tabi tutulmuştur. Kayıt noktaları seçilirken mümkün olduğunca kanalizasyon sistemleri, ana su taşıma boru sistemleri, yüksek gerilim hatları ile elektrik hatlarından uzak durulmaya çalışılmıştır. Veri değerlendirme işlemi Nakamura tekniği uygulanarak Geopsy Programı ile yapılmıştır, bu teknik mikrotremör ölçümleri yapılması ve spektrumların oranlanması H/V'nin esasına dayanır (Nakamura,1989). Yatay (Horizontal) ve düşey (Vertikal) kayıtların

spektrumlarının birbirilerine oranlaması esasına dayanır. Nakamura (1989), tarafından önerilen yönteme göre, bir zeminin (ya da mühendislik yapısının) hakim titreşim periyodu; inceleme noktasında zaman ortamında üç bileşenli (KG, DB ve Düşey) olarak kaydedilen bir mikrotremor kaydının spektral ortama (frekans ya da periyot) aktarılarak, bu ortamdaki yatay ve düşey bileşenlerin birbirine oranından yararlanılarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem literatürde tek istasyon yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yaklaşım doğrusal olmayan (nonlinear) etkilerin görülmediği bölgelerde (düşük deformasyon düzeyinde) oldukça etkin ve hızlı bir yöntem olmaktadır. Özellikle kısa süreli ölçüm alabilme, ucuzluğu ve istasyon kurulumunun kolaylığından dolayı oldukça hızlı veri toplayabilmek gibi kolaylıklarda günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay titreşim kaynakları çoğunlukla düşey hareketlerde hakimdir ve Rayleigh dalgalarına sebep olurlar. Düşey bileşende Rayleigh dalgalarının etkisi açıkça görülür. Bu yüzden Rayleigh dalgaları mikrotremörlerin gürültüsü olarak varsayılır ve etkileri elimine edinilmeye çalışılır. İnceleme alanında yapılan mikrotremör ölçü lokasyonu, koordinatları ve değerleri aşağıda verilmiştir. Çalışma alanında elde edilen salınım periyotları ve büyütme haritalanarak meydana gelecek olan bir depremde bu bölgenin zemininin nasıl davranacağı hangi bölgelerde daha çok hasar meydana gelebileceği tahmin edilebilmektedir [23].



Şekil 3.16. Çalışma alanındaki mikrotremör çalışmaları uydu görüntüsü [23]

İnceleme alanının güney ve güney-batısı düşük hakim periyodu değerlerine sahip birimlerden oluşmaktadır. Bu değerlerin sismik verilerden elde edilen hız değerleri ile de uyumlu olduğu görülmektedir. Bölgede meydana gelebilecek büyük depremlerde alanın salınım periyotları da benzer olacağından bölgede yapılacak imar çalışmalarında ve büyük arazi planlamalarında salınım periyodu haritası detaylı incelenerek sınırlar çizilmelidir [23].

Tablo 3.6. Mikrotremör çalışmaları sonucu elde edilen T_0 verileri [23]

Formasyon	T_0 Aralığı	Zemin Kalitesi
Alüvyon (Qal)	0,11-0,58	Çok sıkı- Sert, Sıkı-Katı, Orta Sıkı-Bozuşmuş
Hamiş (Tplh)	0,14-0,47	Çok sıkı- Sert, Sıkı-Katı, Orta Sıkı-Bozuşmuş
Kızıldere (Tmk1)	0,05-0,28	Çok sıkı- Sert, Sıkı-Katı, Orta Sıkı-Bozuşmuş

Arazide yapılan mikrotremör çalışmaları, çalışma alanının genelinde de hakim olan Alüvyon formasyonda yoğunlaşmıştır. 0,11 - 0,58 sn periyot aralığına sahiptir. Hamiş formasyonunun ise 0,14 ile 0,47 sn periyoduna sahip olmakla birlikte Alüvyona daha düşük periyodlu sert bir zemin yapısına sahip birimlerden oluşmuştur. Kızıldere formasyonunda ise 0,05-0,28 sn ile sert birimlerden oluştuğu görülmüştür [23].

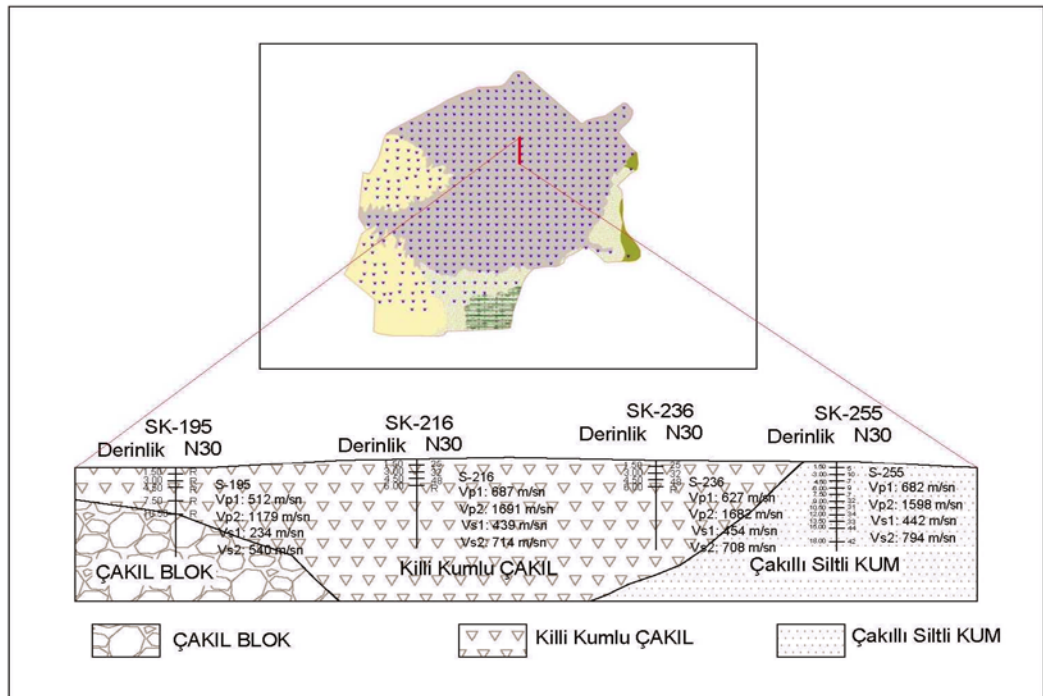
3.2.10 Zemin ve Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri

Yerel Zemin Koşullarının Belirlenmesi

İnceleme alanının jeolojisini oluşturan zemin ve kaya türlerinin zemin koşullarının belirlenmesi; sondaj çalışmalarından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar verileri ve jeofizik ölçümler yardımıyla yapılmıştır. ABYYHY hükümlerine göre belirlenen zemin grubu ve yerel zemin sınıfı tablolarına göre arazide yapılan SPT deneyi, laboratuvarda elde edilen verilere göre tek eksenli basınç deney sonuçları, elek analizlerinden elde edilen relatif sıklık ve jeofizik ölçümler sonucu elde edilen Vs hızları yorumlanarak zeminlerin sınıflaması yapılmıştır. Elde edilen laboratuvar verileri sonucu zeminlerin sıkışabilirlik, plastiklik, kıvam, kuru dayanım ve sıklık özellikleri tespit edilerek mühendislik özellikleri belirlenmiştir [23].

Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

İnceleme alanında kil-kum-silt-çakıl-bloktan oluşan alüvyona (Qal) ait birimler, kil-çakıldan oluşan kızıldere formasyonu ayrışma ürünlerine (tmk1) ait birimler ve killi çakıl-çakıllı kilden oluşan hamış formasyonuna (tplh) ayrışma ürünlerine ait birimler zemin; kızıldere formasyonuna ait (tmk1) açık kahve bej renkli, kırıklı-çatlaklı killi kireçtaşı-marn ardalanması ve kıltaşı-marn ardalanması birimleri ve hamış formasyonuna ait (tplh), kırmızı-kahve renkli, yer yer killeşmiş zayıf dayanımlı kıltaşı ve çakıllı kil birim içerisinde yer yer kıltaşı ara seviyeleri kaya sınıfında değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yapılan tüm jeoloji ve jeofizik çalışmalar esas alınarak ABYYHY hükümlerine göre alüvyon alanlar için zemin grubu C-D, yerel zemin sınıfı ise Z3-Z4, hamış formasyonu rezidüeli için zemin grubu C, yerel zemin sınıfı ise Z3, hamış formasyonuna ait kaya ortamlar için zemin grubu B, yerel zemin sınıfı ise Z2, kızıldere formasyonu rezidüeli için zemin grubu C, yerel zemin sınıfı ise Z3, kızıldere formasyonuna ait kaya ortamlar için zemin grubu B, yerel zemin sınıfı ise Z2 ve dolgu alanlar için zemin grubu D, yerel zemin sınıfı ise Z4 olarak belirlenmiştir [23].



Şekil 3.17. Mühendislik zonları ve zemin profili [23]

3.2.11 Hidrojeolojik Özellikler

Yeraltı Suyu Durumu

İnceleme alanında yapılan sondajlarda alüvyon birimde 2.00-26.00 metreler arasında, hamış formasyonuna ait birimlerde 6.00-14.00 metreler arasında ve kızıldere formasyonuna ait birimlerde 6.00-8.00 metreler arasında yer altı suyuna rastlanılmıştır [23].

Yüzey Suları

İnceleme alanı içerisinde Karacay geçmektedir, ayrıca bu çayı besleyen kuru dereler mevcuttur [23].

İçme ve Kullanma Suyu

İçme ve kullanma suyu şehir şebekesinden sağlanmaktadır [23].

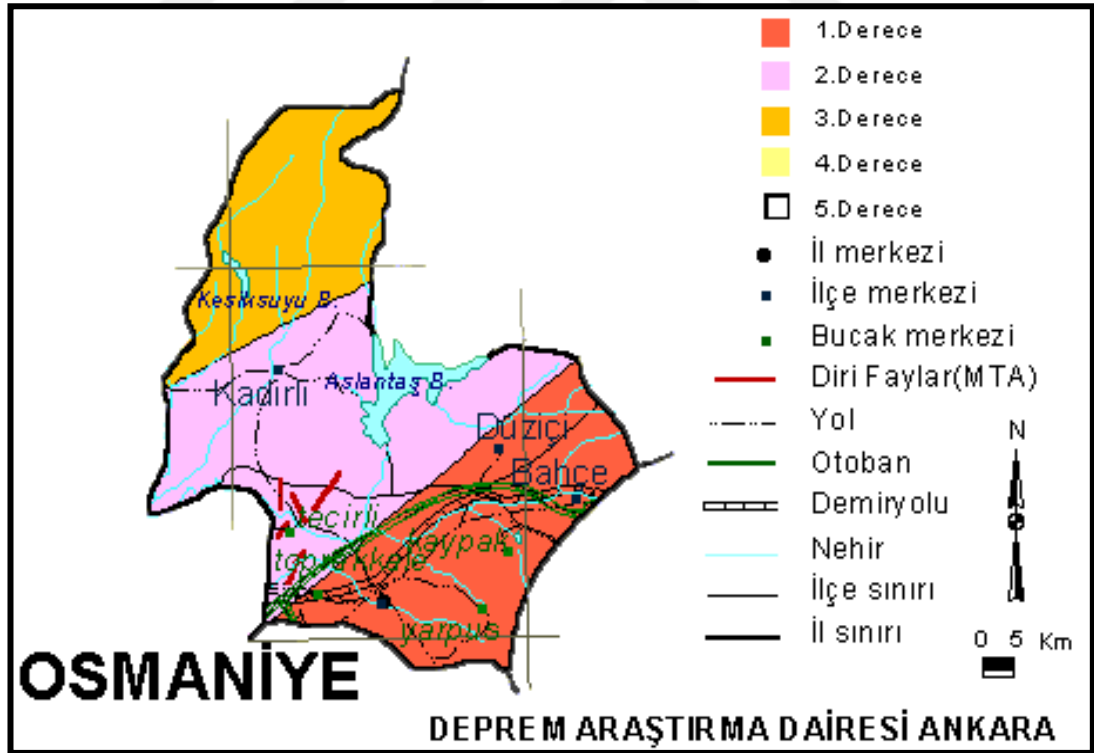
3.2.12 Doğal Afet Tehlikelerinin Değerlendirilmesi

Deprem Durumu

Osmaniye İli, çok sayıda aktif fayın bulunduğu bir alanda konumlandığı için ciddi bir deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır ve deprem olgusu hem tarihsel dönemlerde hem de günümüzde bölgedeki yaşamı tehdit eden bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Antik kayıtlarda bölgede ve Antakya-İskenderun gibi yakın alanlarda olan depremlerin ciddi can kayıplarına neden olduğu belirtilmektedir. Osmaniye ili proje alanı Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Deprem Bölgeleri Haritasında beklenen ivme değeri 0.40 g den büyük olan 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır [23].



Şekil 3.18. Osmaniye çevresinin deprem derecelerini gösterir şekil [23]



Şekil 3.19. Osmaniye bölgesi deprem kuşakları haritası [23]

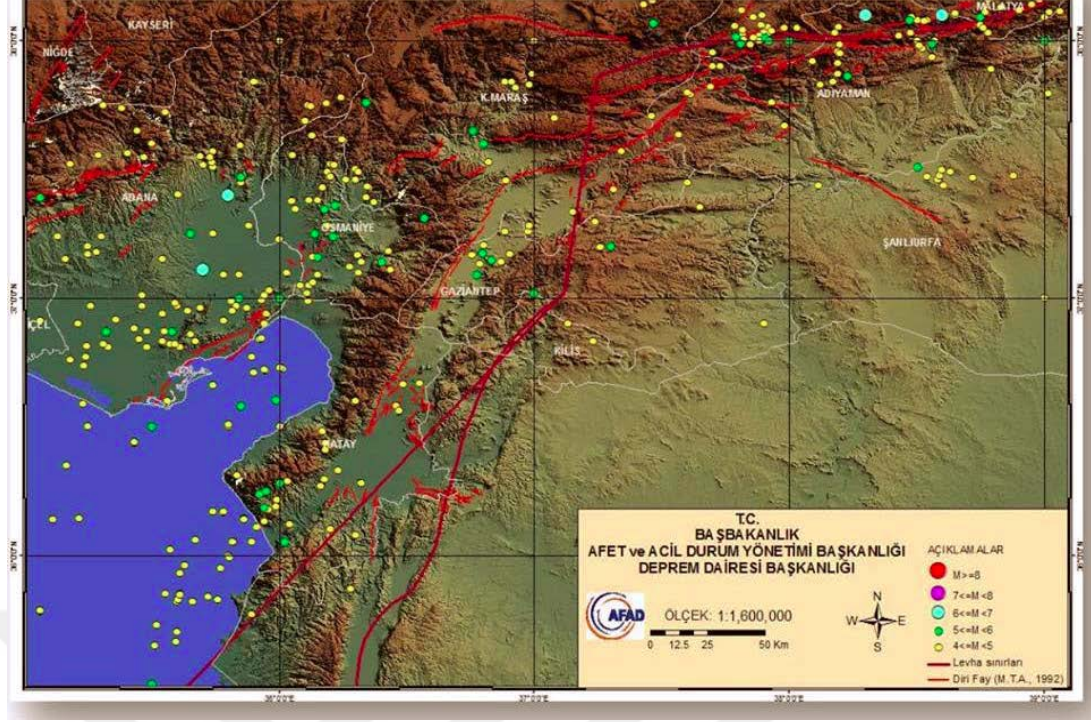
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Tarafından 1996 yayınlanan ve 1998 yılında tekrar düzenlenen “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında çalışma alanı ve çevresi 1. derece deprem bölgesine girmektedir. Burada kısaca özetlenen bilgilerden de anlaşılacağı gibi Osmaniye ili sismik etkinliği çok yüksek olan bir kuşak içerisinde yer almakta olup bu hususun mühendislik tasarımında dikkate alınması gerekmektedir [23].

Tablo 3.7. Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi değerleri [23]

Deprem Bölgesi	Etkin Yer ivmesi A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Aletsel Dönem Deprem Etkinliği

Osmaniye Yerleşimi ve yakın civarındaki birçok antik yerleşimin bulunduğu bölge (Çukurova- Ovalık Kilikya), İskenderun ve Antakya gibi yerleşimleri tarih boyunca büyük depremlere maruz kalmıştır. Bu yerleşimlerden Antakya, bölgenin en büyük yerleşimi olup tarihte de bilinen büyük depremlerin merkezidir. Antakya merkezli depremler kenti olduğu kadar çevresindeki yerleşimleri de yıkmıştır. Söz konusu depremler birçok antik kaynakta yer aldığı gibi Antakya’da gerçekleştirilen bilimsel kazılarda da depremler sonrası yeniden yapılaşma özellikleri gösteren kazı açmalarındaki kültür tabakaları sağlam bilimsel veriler antik kaynaklardaki bilgileri desteklemektedir [23].



Şekil 3.20. 1900'den günümüze bölgedeki $M \geq 4$ olan depremler [23]

Antik kaynaklarda bölgeye dair detaylı olarak anlatılan en erken tarihlî deprem 115 tarihinde Kuzey 36.25 enlem ve Doğu 36.10 boylamında merkezi Antakya olan depremdir. Yeraltından gelen gürültüyü takiben büyük bir sarsıntı ile başlamıştır. Çok sayıda ölü ve yaralı vardır. Antakya merkezli büyük depremler diğer bir deprem MS 245 yılında gerçekleşmiş olup, Beyrut ve Kıbrıs'ı dahi etkilemiştir. Daha sonra, MS. 334, MS. 14 Eylül 458'de yine Antakya merkezli depremler meydana gelmiş, tüm Kuzey Suriye'de etkisi görülmüştür. MS. 506 yılındaki Antakya merkezli deprem ise Samandağ'ı yıkmıştır. 524 yılında Anavarza, Ceyhan-Adana' da olan depremde Kilikya'daki tüm kentler zarar görmüştür. Kastabala'nın yaklaşık 30 km kuzeybatısındaki Anavarza'da büyük tahribata yol açan deprem Kastabala'yı da etkilemiş, Kadirli, Ceyhan ve Yakapınar neredeyse tamamıyla yıkılmıştır. Bu depremde ölü sayısı belli değildir. Aynı yıl ikinci büyük bir deprem daha olmuş, depremde tüm Kilikya kentleri tahribata uğramıştır. MS. 20-29 Mayıs 526 tarihinde gerçekleşen depremin şiddeti o kadar büyüktür ki, kaynaklar kayıp sayısını 250 bin ila 300 bin arasında vermektedirler. Kaynaklarda kentin Büyük Kilisesinin yıkıldığı, Samandağ ve Harbiye'de dahi yıkımlar olduğu ve deprem sonrası yangınlar olduğundan bahsedilmiştir. Aynı kaynak, 29 Kasım 528 yılında gerçekleşen ve bir

saat sürdüğü belirtilen depremde Antakya, tarihinin en şiddetli depremlerinden birini yaşamış ve şehirdeki tüm yapılar yıkılmıştır. Bu depremde de halkın büyük çoğunluğu hayatını kaybettiğinden nüfus oldukça azalmış, hayatta kalanlar da çok zor koşullar altında yaşamlarını sürdürmüşlerdir. MS. 531 ve 534 yıllarında gerçekleşen depremler herhangi bir can kaybına neden olmaz, MS. 565 ve 571 yıllarından birine kaynaklarca tarihlenen deprem ise yalnızca Antakya ve çevresi değil, Misis, Anavarza ve Kilikya bölgesini etkiler. MS. 580/81 yılına tarihli deprem, Antakya'da yıkıma neden olurken Harbiye'yi tümünden yerle bir eder. MS. 588 yılı Antakya depremi ise, yer altından gelen bir gürültü sonrası başlar, kentin kurulu olduğu adanın batısındaki caddeler yerle bir olur ve insan kaybı olur. 588 yılı Antakya depreminde 60000 kişi hayatını kaybetmiş ve aralarında Büyük Kilise'nin de olduğu birçok yapı yıkılmıştır. Deprem nedeni ile şehirde yangınlar çıkmıştır. Antakya'da 860 yılında olan büyük bir deprem civardaki birçok yerde de hasara neden olmuştur. Öyle ki depremin Asi Nehri'nin yatağını değiştirdiği belirtilmektedir. İslam tarihçilerinden İbnü'l-Esir söz konusu depremin Antakya yakınlarında konumlanmış olan bir dağı bile etkilediğini belirtmiştir. Deprem Suriye ve Akdeniz sahilleri dâhil olmak üzere geniş bir coğrafyada etkisini hissettirmiştir. 1091 yılında Antakya'da olan bir deprem Antakya surlarının 90 burcunu yıkmış ve şehirde can ve mal kaybına sebebiyet vermiş ve çok sayıda insan da enkaz altında kalmıştır. Deprem geniş bir coğrafyada hissedilmesine rağmen Antakya ve Nusaybin yıkımın en büyük olduğu yerlerdir. 114 yılındaki depremin merkez üssü ise Maraş'tır. Oldukça büyük hasara neden olan deprem Antakya, Adana ve Halep'te de etkili olmuştur. Ermeni tarihçilerden Simbat bu depremi anlatırken yeryüzünün geceleyin sarsıldığını, dağlar ve tepelerin inlediğini ve Antakya, Misis, Elbistan ve Samsat'ın da aralarında olduğu birçok şehrin yıkıldığını belirtmiştir. 1896 yılında Adana ve Mersin yörelerinde 4.3 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. 1908 yılında Osmaniye ve yakın çevresinde büyüklükleri 5.1, 5.4 ve 6 olan 3 adet deprem olmuştur. 20 Mart 1945 yılında Ceyhan Nehri yakınlarında, Ms=5.7 büyüklüğünde orta büyüklükte bir deprem olmuş, depremde 13 kişi ölmüş ve 93 kişi de yaralanmıştır. Deprem, Ceyhan nehri boyunca yer alan Misis ve Çukur ile Osmaniye arasında yer alan bölgede, çok sayıda köyün tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Ceyhan ve Yakapınar merkezleri ile civar köylerde 2500 ev yıkılmıştır, kum volkanları gözlenmiş, çok sayıda kaynak kurummuştur. Deprem dış-merkezinde en

büyük şiddet MSK=VIII olarak belirlenmiştir. 22 Ekim 1952'de Ceyhan ve Misis arasındaki alüvyal düzlüklerde etkili Ms=5.3 büyüklüğündeki deprem 10 kişi ölmüş, 564 ev tamamen, 318 ev ise kısmen yıkılmıştır ve depremin şiddeti 7 olarak tespit edilmiştir. Ceyhan'da değişik alanlarda zemin sıvılaşmaları ve yeni kaynak su çıkışları görülmüştür. 7 Nisan 1967'de bölgede aynı gün 2 deprem meydana gelmiştir. Osmaniye Bahçe ilçesinde MS=5.3 büyüklüğünde Ceyhan'da MS=4.8 büyüklüğünde gerçekleşen depremlerde hasarlar oluşmuştur. 27 Haziran 1998' de saat 16:55'de merkez üssü Ceyhan-Misis arasında Abdioğlu Köyü olan Ms=6.3 (USGS, ISK), Ml=5.9 (ERD) orta büyüklükte bir deprem meydana gelmiştir. Deprem'de toplam 145 kişi hayatını kaybetmiş ve 1500'den fazla kişi yaralanmıştır. 20 saniye süren depremde büyük kısmı Ceyhan'da olmak üzere birçok bina yıkılmış ve ağır hasar görmüştür. Ceyhan Tarım İlçe Müdürlüğünde bulunan kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonunda D-B yönünde 0.28g, K-G yönünde 0.22g ve düşey yönde 0.08g'lik (ERD) maksimum yer ivmeleri kaydedilmiştir. Depremde toplam 1113 ev, 11 işyeri yıkılmış ve 9067 ev, 210 işyeri oturulmaz hale gelmiştir. Deprem Adana'da 128, Osmaniye'de 7, Mersin'de 4, Hatay'da 5 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Misis ve Abdioglu köyleri yakınlarında zemin sıvılaşması hasarları, Ceyhan nehri kıyısına paralel, 50-60 km'lik bir hat boyunca sıvılaşmalar gerçekleşmiştir. Sıvılaşmalar, düşey yönde, kum volkanları, kum kraterleri ve kademeli yarıklar, yanal yönde nehir kıyısı oturmaları şeklinde gelişmiştir. Deprem, güneyde Herekli, kuzeyde Ceyhan arasında uzanan K70D 80 GD yönlü 20-30 km uzunluğundaki gömülü bir fayı kırmış ve Büyük Burhaniye ile Tumlu köyü arasında uzanan K15D 75 KB yönlü diğer bir fayı tetiklemiştir. Ana şoktan sonra 07.07.1998 tarihine kadar büyüklükleri $2.0 < Ml < 5.1$ arasında değişen toplam 250 civarında artçı deprem kaydedilmiştir. Depremin odak mekanizması çözümü (USGS, HARWARD, DAD) sol yönlü doğrultu atımlı faylanma vermiştir. 17 Ocak 2001 yılında 14.09 da Osmaniye'de can kaybı ve hasar oluşturmayan 4.9 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. 25 Haziran 2001 tarihinde Osmaniye'de meydana gelen 5.5 büyüklüğündeki deprem Adana, Hatay, Gaziantep, Şanlıurfa ve Kahramanmaraş'ta da hissedilmiştir. Osmaniye Merkezde, Kadirli yolunda, Dervişiyeye, Tehçi ve Şekerdere köylerinde betonarme, yığma ve kerpiç yapılarda hasarlar meydana olup, 146 ağır, 104 orta ve 75 evde ise hafif hasar tespit edilmiştir. Deprem sırasındaki panik nedeni 25 kişi yaralanmıştır.

17 Ocak 2009 tarihinde yerel saat ile 09:45'de büyüklüğü $M_l=4.5$ olan orta şiddette bir deprem meydana gelmiştir. Bazı evleri duvarlarında hasarlara neden olan Deprem dış merkezi Osmaniye ilinin 7 km. kuzeydoğusu olup, başta Osmaniye ili olmak üzere Adana, Hatay ve Gaziantep'te hissedilmiştir. 16 Kasım 2010 tarihinde Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi verilerine göre, saat 12.50'de merkez üssü Düziçi İlçesi olan 4,6 büyüklüğündeki deprem, Osmaniye kent merkezinde de hissedilmiştir. 07 Eylül 2011 tarihinde Osmaniye'nin Düziçi İlçesi'nde yerin 6.8 km altında 4.3 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş ve Adana ve çevresini de etkilemiştir. 12 Aralık 2012 tarihinde Osmaniye Kadirli ilçesinde yerin 12 km derinliğinde 4.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. 07 Kasım 2013 tarihinde merkez üssü Osmaniye'nin Kadirli ilçesi Kayasuyu köyü olan ve yerin 5 km derinliğinde, 4 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. Deprem Osmaniye'nin Düziçi, Bahçe ve Adana'nın Kozan ilçelerinde de hissedilmiştir. 10 Ocak 2014 tarihinde merkez üssü Osmaniye'nin Kadirli ilçesi Kızıusuflu Köyü olan 4.0 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem yerin 3,4 km altında meydana gelmiş ve Osmaniye'nin Düziçi ve Bahçe ilçeleri ile Adana'nın Kozan İlçesinde de hissedilmiştir. 30 Temmuz 2015 tarihinde Adana'nın sahile kıyısı olan ilçesi Karataş'ın Tuzla mevkiî açıklarında yerin 21,5 km altında meydana gelen, Richter ölçeğine göre 5.2 büyüklüğündeki deprem, Mersin, Hatay ve Osmaniye'de hissedilmiştir [23].

Tablo 3.8. Osmaniye’yi etkileyen, hasar yapan depremlerin listesi [23]

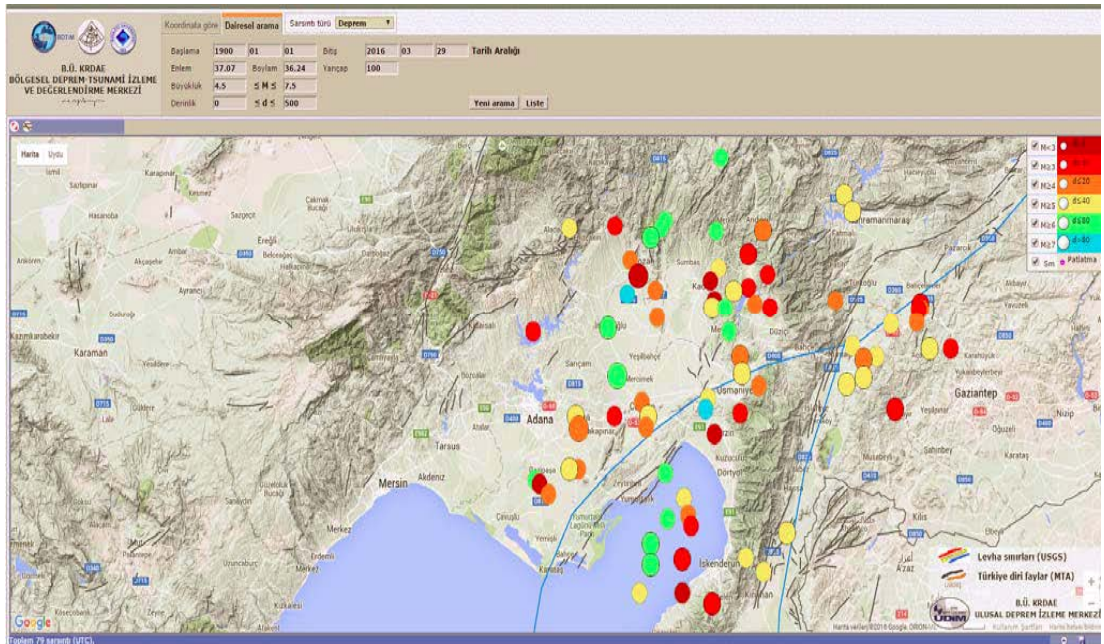
YIL	MAG	YER
1906	5.1	-
1907	6.2	-
17.02.1908	6.0	Misis
20.03.1945	6.0	Adana-Ceyhan
08.04.1951	5.8	-
22.10.1952	5.6	Misis
24.03.1953	5.0	-
01.06.1961	5.0	-
29.06.1971	5.1	-
11.07.1971	5.3	-
17.08.1971	5.1	-
28.12.1979	5.1	Kozan
24.06.1989	4.9	İskenderun Körfezi
10.04.1991	5.2	Kadirli
03.01.1994	5.0	Ceyhan
10.02.1994	4.9	İskenderun
27.06.1998	6.3	Ceyhan-Adana
04.07.1998	5.1	Adana
18.01.2000	4.9	Osmaniye
13.05.2000	4.8	Osmaniye
18.01.2001	4.9	Osmaniye
26.06.2001	5.5	Osmaniye
01.02.2002	3.9	Osmaniye
01.02.2002	3.1	Osmaniye

Osmaniye ili civarında Kandilli Rasathanesi verilerine göre geçmişten yakın zamana kadar gerçekleşen depremlerde şiddeti (Io) 9’dan büyük deprem sayısı 15, şiddeti 8 olan deprem sayısı 17, şiddeti 7 olan deprem sayısı 17, şiddeti 6–7 arası olan deprem sayısı 11, şiddeti 5-6 arası olan deprem sayısı 17, şiddeti 4–5 arası olan deprem sayısı 5’tir.

Osmaniye’de meydana gelen depremlerin şiddetleri yıllara göre gitgide azalmıştır. En yakın zamanda meydana gelen büyük deprem 1822’de oluşmuş ve büyüklüğü 10’dur. 1915 yılında meydana gelen 6.0 büyüklüğünde depremden sonra bu büyüklükte deprem meydana gelmemiştir. Büyük depremler (aletsel büyüklüğü 9 olan depremler) belirgin periyotlarla oluşmuştur. Bu periyot; yaklaşık 154 yıldır [23].

Bölgenin Deprem Tehlikesi ve Risk Analizi

Doğal afet tehlikeleri açısından 7269 Sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" kapsamında, inceleme alanı ve yakın çevresini etkileyecek aktif diri faylar incelenmiş deprem risk analizi yapılmıştır. İnceleme alanı ve çevresini etkileyen aletsel dönem depremleri (1900–2016) Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsünün deprem verilerinden derlenmiş ve deprem risk analizlerinde bu veriler kullanılmış, $M_w \geq 4,5$ ve üzeri depremler değerlendirmeye katılmıştır. İnceleme alanı merkezli 100 km yarıçaplı bir alan içinde kalan depremler için poisson olasılık dağılımı ile probabilistik deprem risk analizi yapılmıştır [23].



Şekil 3.21. 100 km yarıçaplı bölgede, 1900–2016 arasındaki $M > 4,5$ depremler [23]

Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları

Çalışmada kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtları, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığının (http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php adresinden) verilerinden alınmıştır. Bunlardan Osmaniye, Kocaeli, Düzce, Van, Bingöl ve Bolu'ya ait deprem kayıtları kullanılmıştır. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığının kayıtlarında deprem kayıt istasyonunun adı, deprem kayıt istasyonunun koordinatı, depremin oluş tarihi ve saati, depremin koordinatı, magnitudü ve derinliği, deprem kaydının alındığı yön, pik ivme değeri, ivme ölçerin kayıt aralığı, alınan toplam kayıt sayısı ve yer ivmesinin zamana bağlı değişimi gibi bilgiler yer almaktadır.

STATION NO :
STATION ABBREVIATION : OSMNY
STATION CODE : 8003
STATION PROVINCE : Osmaniye
STATION CITY TOWN : MERKEZ
LOCATION OF THE STATION : DSI
STATION ADDRESS : KAZIM KARABEKIR MAHALLESİ MUSA SAHİN BULVARI (GMSPLUS)
HOUSING TYPE : FreeField
INSTRUMENT : GeoSig / GMSPLUS
SENSOR : AC-73
INSTALLATION DATE : 2014-01-13
STATION STATUS : Active
STATION LATITUDE : 37.08417
STATION LONGITUDE : 36.26936

Şekil 3.22. 8003 numaralı istasyon bilgileri (AFAD Deprem Dairesi verileri)

Literatürde bulunan kuvvetli yer hareketi sönüm denklemlerinin bir çoğu kaya üzerine kurulu bulunan kayıt istasyonlarından alınan verilerden yararlanılarak geliştirilmiştir. Türkiye'deki kuvvetli yer hareketi kayıtları istasyonlarından bir çoğunun zemin üzerine kurulduğu, zemin-kaya arasında bulunan yüzeyden, yer yüzündeki kayıt istasyonuna iletilen sismik dalgaların genel karakteri az veya çok değişmektedir. Türkiye'deki kuvvetli yer hareketinin zemin tabakalarındaki değişiminin etkisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu amaçla, zemin tabakasına yerleştirilmiş Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt cihazlarından alınan deprem

kayıtlarındaki zemin etkisinin kayadan alınmış deprem kayıtlarına yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Zemin yüzeyi üzerinde konumlandırılmış deprem kayıt istasyonlarından elde edilen ivme-zaman verilerinin kullanılabilmesi için, belirli bazı evrelerden geçirilmesi gerekmektedir. Ters evrişim olarak adlandırılan bu işlemler genellikle bilgisayar yazılımları yardımıyla yapılabilmektedir. Bu tür programlar arasında sık kullanılanı, Schnabel ve arkadaşları tarafından Shake adıyla geliştirilen daha sonra güncellenerek son haline getirilen ProShake 2.0 olarak adlandırılan bilgisayar programıdır. ProShake 2.0 programı, ters evrişim gibi işlemleri yapabilmek için inceleme yapılan bölgeye ait zeminlerin düşey kesitlerinin bilgisine, zeminlerin fiziksel ve dinamik özelliklerine ve bir senaryo depreme ihtiyaç duymaktadır [24].

3.3 Ters Evrişim İşlemi

İvme kayıtlarının farklı bir noktaya taşınabilmesi için zemin etkilerinden arındırılması gerekmektedir. İvme kayıtlarının zemin etkilerinden arındırılması için bir takım matematiksel dönüşüm işlemleri uygulanmalıdır. Ters evrişim adı verilen işlemler oldukça karışık hesaplamalar içeren işlemlerdir. Ters evrişim işleminin ana fikri, zemin yüzeyinde kaydı alınan bir depremin özellikleri belirlenmiş bir derinliğe kadar indirilerek (çoğunlukla ana kaya) zemin etkisinin ortadan kaldırılmasıdır. Zeminin derinliklerinde oluşan bir hareket veya enerji zemin tabakalarından geçerek zemin yüzeyindeki alıcılar tarafından kayıt altına alınır. Meydana gelen enerjinin zemin yüzeyine doğru hareketi esnasında zemin tabakalarının bir doğrusal sistem gibi davrandığı kabul edilerek bu sırada kaydedilen sismik kayıtlar da doğrusal sistemin çıkışı olarak varsayılmaktadır. Transfer fonksiyonu doğrusal bir sistemin etkisi olarak varsayılırsa doğrusal bir sistemin çıkışı (bu deprem kaydı olarak kabul edilebilir) geriye doğru dönüştürülerek ters çözümleme işlemleriyle ilk değeri belirlenebilir. Zemin özelliklerini içeren sistem fonksiyonu aslında zemin tabakalarının özelliklerini tanımlayan yansıma katsayıları serisidir. Sistem fonksiyonu eğer tespit edilebilirse kayıt sinyali bu fonksiyon ile süzülerek istenen veriler elde edilebilir. Bu işlem ters evrişim işlemidir. Deprem kayıt istasyonunun zemini ters evrişim işlemlerinde süzgeç olarak kabul görebilir.

Bu durumda deprem kayıt istasyonunun dinamik zemin özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Süzgeç özellikleri tespit edildiğinde, mevcut çıktı verileri filtre ile işleme tabi tutularak sisteme gelen ilk dalga özellikleri tespit edilebilir. Ters evrişim işlemi çok dikkat gerektiren ve uzun süren matematiksel işlemler olduğundan ilgili hesaplamalar ProShake 2.0 programı kullanılarak yaptırılmıştır [24].

3.4 Evrişim İşlemi

Ters evrişim işlemi zemin yüzeyinde kaydı alınan bir depremin çoğunlukla ana kaya seviyesine indirilerek zemin etkisinin ortadan kaldırılmasıdır. Evrişim işlemi ise, ters evrişim işlemi ile ana kayaya taşınan deprem hareketinin farklı bir noktada ana kayadan etki ettirilerek tekrar zemin yüzeyine taşınması işlemidir.

3.5 ProShake 2.0 Bilgisayar Programı

ProShake 2.0 programı, Shake programının güncel sürümüdür. ProShake 2.0 programı, yer tepki analizi hesaplarında kullanılmaktadır.

3.5.1 ProShake 2.0 Programının Genel Özellikleri

ProShake 2.0 programında kolay kullanılan işlem menüleri bulunmaktadır. ProShake 2.0 programında metrik ve İngiliz birim sistemlerinden birisi tercih edilerek işlemler yapılabilmektedir. ProShake 2.0 programı zeminin düşey kesitinin oluşturmasını sağlamaktadır. Kullanıcılar tarafından hazırlanan zemin kesitleri, kaydedilerek tekrar tekrar kullanılabilir. ProShake 2.0 programında veri girişi işlemi kolay olduğu için zemin tabakalarına ait fiziksel ve dinamik özellikler, kolayca eklenebilmektedir. Analiz yapmadan önce veri girişi hataları görüntülenebilmektedir. Hatalar grafik olarak çizdirilebilmektedir. Analizi yapılmak istenen zemin profili için kullanılacak senaryo depremler aynı veri dosyasında bir arada hesaplatılabilmektedir. Elde edilen bütün veriler grafik şeklinde çıktı alınabilmektedir. ProShake 2.0 programı her deprem kaydı için 16.384 adet sayısal veri girişine izin vermektedir. Herhangi bir derinlikte bulunan zemin tabakasının istenen parametreleri elde edilebilmektedir.

Düşey kesiti içerisinde bulunan zemin tabakasının herhangi bir derinlikteki baskın periyot, RMS ivmesi, Arias şiddeti, pik ivme, pik yer değiştirme, pik hız gibi değerler elde edilebilmektedir. ProShake 2.0 programı, deprem sarsıntısı sırasında meydana gelen yatay yer değiştirmenin animasyonunu yapabilmektedir. ProShake 2.0 programında işlem aşamalarından elde edilen sonuçlar Word ve Excel ortamında saklanabilmektedir.

3.5.2 ProShake 2.0 Programının Yapısı

ProShake 2.0 programı, zemin tepki analizinin sonuçlarını basite indirgeyerek hızlı bir şekilde hesap yapıp yorumların elde edildiği bir arayüz kullanır. Program sırasıyla; veri girişi penceresi (Input Manager), çözüm penceresi (Solution Manager) ve sonuç (Output Manager) penceresinden oluşmaktadır. Ayrıca veri girişi, çıktı pencereleri veya rapor dosyası oluşturma gibi menülerden herhangi birisi üzerinden rapor penceresinin görüntülenmesi yapılabilmektedir.

Veri girişi penceresi (Input Manager), zemin tabakaları ile ilgili elde bulunan verilerin girişinin yapıldığı, hataların kontrol edildiği ve girilen profilin kaydedildiği penceredir. Veri dosyası, zemin profilinin düşey kesiti ve deprem kayıt dosyalarından oluşmaktadır. Veri girişi penceresinde girilen veriler grafik şeklinde çizdirilebilmektedir. Veri değerleri bu bölümde hesaplanabilmektedir. Bu bölümde ayrıca varsa veri girişi hataları düzeltilebilmektedir. Bu bölümde bulunan bilgilerin tamamı istenmesi halinde rapor dosyası olarak kaydedilebilmektedir. Veri girişi penceresinde girişi yapılan dosyalar ".dat" uzantılı olarak kaydedilmektedir.

Çözüm penceresi (Solution Manager), tepki analizinin yapıldığı penceredir. Çözümün yapılabilmesi için girişi yapılan verilerin bir dosya halinde hazırlanmış olması ve ".dat" uzantılı bir şekilde kaydedilmesi gerekmektedir. ProShake 2.0 programı kaydedilen bu dosyayı kullanarak istenen hesaplamaları yapmaktadır. Çözüm penceresinde, girişi yapılan veriler ve yapılan hesaplamalarla ilgili grafik sunumu yapılmaktadır. Analiz işleminden sonra çözümü yapılan dosya saklanmak istenirse, çözüm yöneticisi bu dosyayı ".lyr" uzantılı olarak kaydetmektedir.

Sonuç penceresi, veri girişleri sonucu yapılan analiz sonuçlarının farklı ve çeşitli özellikleriyle çizdirildiği penceredir. Sonuç penceresi yardımıyla, zemin profili özelliklerine göre; oluşabilecek yatay yer değiştirmelerin animasyonu izlenebilmektedir. Sonuç penceresinde yapılan her işlem rapor dosyasına eklenebilmektedir.

Rapor penceresi ise ProShake 2.0 programında Word yardımıyla bir rapor dosyasının oluşturulduğu penceredir. Oluşturulan rapor dosyasında yapılan her analizin kayıtları bulunmaktadır. Girişi yapılan tüm veriler ve güncellemeler otomatik bir şekilde rapor dosyasına kaydedilmektedir. Sonuç penceresi ve veri girişlerinde yapılan tüm işlemler rapor dosyasına kopyalanmak suretiyle saklanabilmektedir.

3.5.3 ProShake 2.0 Programının Kullanımı

ProShake 2.0 programında tepki analizinin yapılabilmesi için verilerin sıralı bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

İlk olarak analizi yapılmak istenen bölgeye ait elde edilebilen deprem kayıtları bulunuyor ise, bu depremlere ait kayıt dosyaları ProShake 2.0 programının açılış sayfasında bulunan "Convert Earthquake File" ikonu tıklanarak açılan pencerede veri girişi yapılması gereken bölümler doldurularak kayıt edilir. Kayıt işleminin yapıldığı esnada; dönüştürülmek istenen ".eq" uzantılı dosya "Original Motion File" kısmındaki yere, dosyadaki deprem kaydına ait satır sayısı "No. of Values" kısmına, deprem kaydının 1 saniyede kaç kayıt alındığı zaman aralığı "Time Step (sec)" kısmına, deprem kayıtlarının işlem birimi "Acceleration Unit" (g, cm/s² vb) kısmına tanımlanır. Deprem kayıtları, "Convert Earthquake File" ikonu yardımıyla program tarafından kullanılacak ".eq" uzantılı dosyalar haline dönüştürülür. Dönüşüm işlemi tamamlanan tüm deprem kayıtları, daha sonra "Input Manager" menüsü altında bulunan "Motion" ikonu tıklanarak analiz işlemlerinde kullanılabilir. Zemin profillerinin çizilebilmesi için yeni bir pencere açılır. Yeni açılan bu pencerede profil ve deprem hareketi kaydı olmak üzere iki işlem yapılabilmektedir. "Profiles" ikonunun bulunduğu pencerede tanımlanmak istenen zemin profiline ait bilgilerinin girileceği bir bölüm bulunmaktadır.

Bu bölümde; zemin profili düşey kesitine isim verilebilir, zemin profilini oluşturan tabaka sayısı girilebilir, deprem hareketinin hangi tabakadan etki ettirileceğinin bilgisi girilebilir, yeraltı su seviyesinin kaç metreden etki ettirileceğinin bilgisi girilebilir, metrik ve İngiliz birim sistemlerinden hangisinin seçileceğinin bilgisi girilebilmektedir.

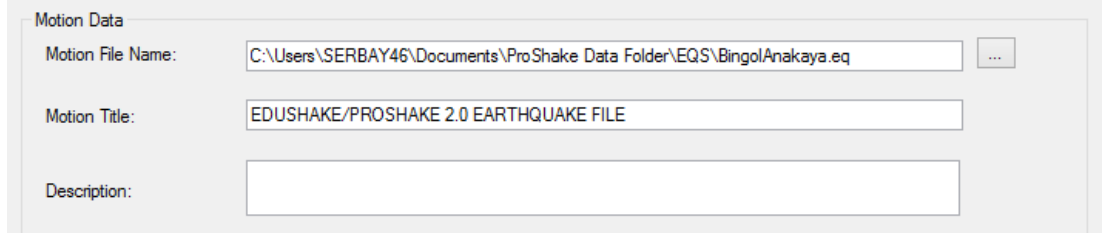
Proje adı, oluşturulma tarihi ve analiz yapanın adı gibi bilgilerin girişi yapılabilmektedir. Ayrıca tanımlanmaya çalışılan zemin profilindeki; zemin profilindeki tabakaları oluşturan malzemelerin adı (kil, silt, kum gibi), her bir tabaka için sönüm eğrisi seçimi (modül azalım eğrisi seçilince program en uygun eğriyi önerir ancak, kullanıcının değiştirme imkanı vardır), zemin profilinde bulunan tabakaların kalınlıkları, tabakaları oluşturan malzemelerin birim hacim ağırlıkları, en büyük kesme modülü değeri. G_{max} veya V_s değerlerinden herhangi biri ilgili yere girildiğinde ProShake 2.0 programı diğerini hesaplamaktadır. Zemin tabakalarının kesme dalgası hızları tanımlanabilmektedir.

The screenshot shows the 'Layer Detail' window in ProShake 2.0. The window is titled 'Layer 1 of 11'. It contains the following fields and options:

- Material Name:** Kil
- Soil Model:** Darendeli (2001)
- Thickness (m):** 4.50
- Unit Weight (kN/m3):** 19.00
- Strength Correction:** Apply
- C (kPa):** 0.00
- Soil Model Parameters:**
 - Vs (m/sec):** 167.56
 - Gmax (MPa):** 54.40
 - PI (%):** 10.00
 - K0:** 1.00
 - OCR:** 1.00
 - No. of Cycles:** 1.00
 - Freq (Hz):** 1.00
 - Cu:** 10.00
- Layer Output:**
 - Motion Time Histories
 - Response Spectra
 - Stress/Strain Time Histories
 - Outcrop
 - Apply to All Layers

Şekil 3.23. ProShake 2.0 zemin tabakaları tanımlama sayfası

"Motion" ikonunun bulunduğu pencerede; yapılması planlanan analiz ile ilgili veriler girilmektedir. Kaç adet deprem hareketi kullanılacak ise "No. of Motion" bölümüne bu sayı girilmelidir. Aynı zemin profili için farklı deprem hareketlerinde analiz yaptırılabilir. Hata toleransı genellikle %5 olarak kullanılır. İstenildiği takdirde bu değer değiştirilebilir.



Motion Data

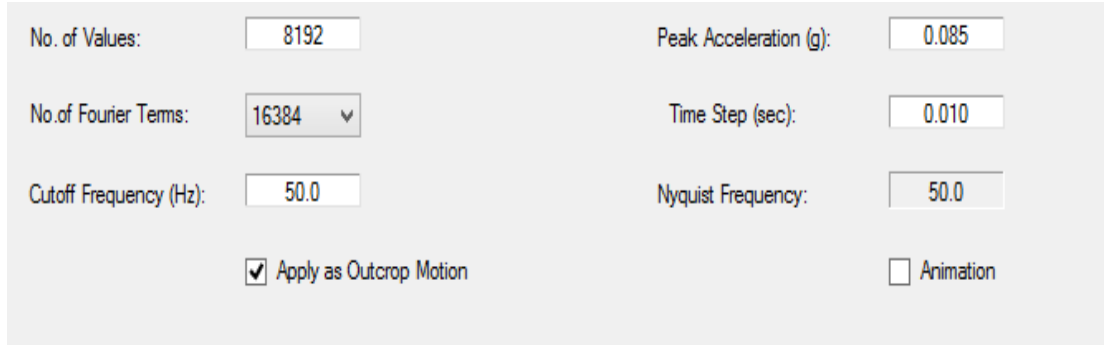
Motion File Name: C:\Users\SERBAY46\Documents\ProShake Data Folder\EQS\BingolAnakaya.eq

Motion Title: EDUSHAKE/PROSHAKE 2.0 EARTHQUAKE FILE

Description:

Şekil 3.24. ProShake 2.0 zemin tabakalarına atanan deprem kaydı örneği

Analizde kullanılmak istenilen senaryo deprem kaydı "Motion File Name" ikonundan seçilir. Senaryo deprem hareketi seçildikten sonra, seçilen deprem kaydına ait kayıt zaman aralığı, frekans, kayıt sayısı, pik ivme gibi bazı değerler ProShake 2.0 programı tarafından atanır. Kullanıcı istemesi halinde program tarafından atanan değerleri değiştirebilir.



No. of Values: 8192

Peak Acceleration (g): 0.085

No. of Fourier Terms: 16384

Time Step (sec): 0.010

Cutoff Frequency (Hz): 50.0

Nyquist Frequency: 50.0

Apply as Outcrop Motion

Animation

Şekil 3.25. ProShake 2.0 atanan deprem kaydı özellikleri

"Input Motion Layer Number" kutucuğunda hangi zemin tabakasından kayıt alınmak istenirse o tabakanın numarası tanımlanır ve "Apply as Outcrop Motion" kutucuğu tıklanır. Deprem senaryosunda yer değiştirmenin animasyonu görüntülenmek istenirse "Animation" kutucuğu tıklanarak aktif hale getirilir.

Profile Description: SK-33

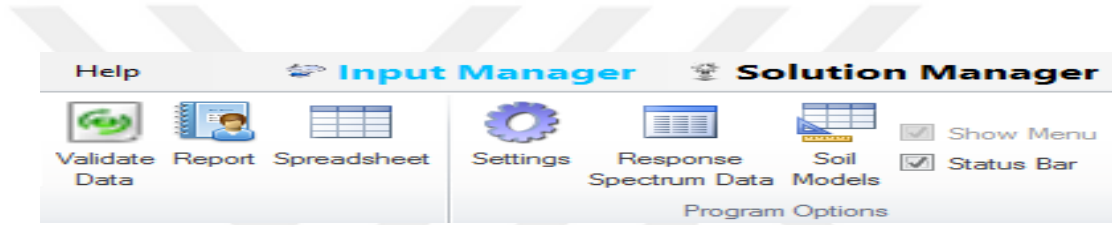
Number of Layers: 11

Input Motion Layer Number: 11

Water Table Depth (m): 0.00

Şekil 3.26. ProShake 2.0 zemin profili tabaka sayısı

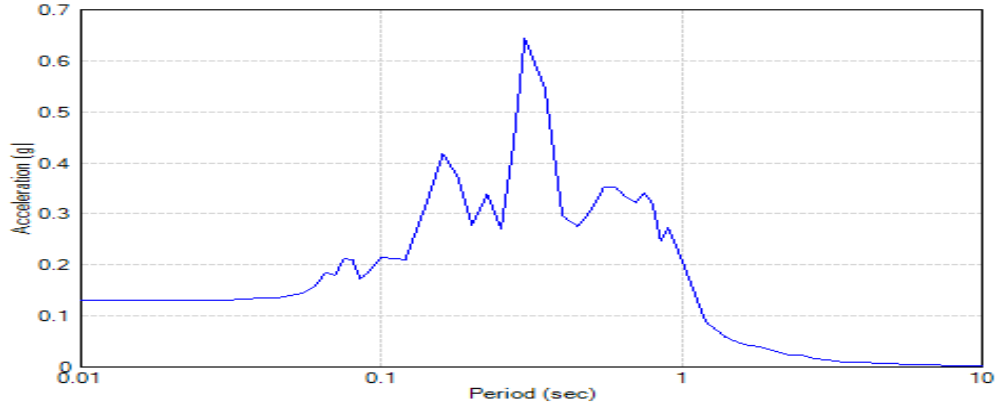
Tüm bu aşamalardan sonra, incelenmesi istenen zemin profili için gerekli veriler programa girilerek dosyasının oluşturma işlemi tamamlanmış olmaktadır. Veri girişlerinde herhangi bir hatanın olup olmadığı kontrol edilmelidir. "Input Manager" penceresinde bulunan "Validate Data" ikonu tıklanarak hata kontrolü yapılabilmektedir.



Şekil 3.27. ProShake 2.0 ana kontrol ikonları

Veri girişi yapılan zemin profili için deprem kayıtları kullanılarak zamana karşı; tepki spektrumu, hız, ivme, Fourier spektrumu, yer değiştirme, faz spektrumu gibi değerlerin grafikleri alınabilmekte ve sayısal değerleri elde edilebilmektedir. "Solution Manager" bölümünde Analiz yaptırılmadan önce herhangi bir aşamada değiştirilmesi istenen değerler değiştirilebilmektedir. Elde edilen dosya ".dat" uzantılı olarak kaydedilir. Kayıttan sonra zemin profilinin tanımlanması ve "Input Manager" bölümündeki işlemler tamamlanmış olmaktadır.

ProShake 2.0 ana sayfasının sağ üst köşesinde bulunan "Output Manager" ikonu tıkladığında, rapor olarak alınmak istenen değerler sayfası açılmaktadır. Açılan sayfada "Solution Convergence", "Ground Motion", "Stress and Strain", "Depth Plots", "Response Spectra", "Transfer Function", "Animation" gibi başlıklar altında istenen grafikler alınabilmektedir. Elde edilen grafikler "Copy to Report" ve "Copy to Excel" ikonları yardımıyla kaydedilebilir. Rapor dosyaları, ".hed" uzantılı olarak kaydedilmektedir.



Şekil 3.28. ProShake 2.0 analizi sonrası elde edilen spektral ivme-zaman grafiği

3.5.4 ProShake 2.0 Programında Analiz Yapılması

ProShake 2.0 Programında analiz işlemlerini başlatmak için programın açılan ana penceresinin üst tarafındaki "Solution Manager" ikonu tıklanır. Açılan pencerede zemin profilinin adı, yaptırılmak istenen deprem kayıtlarının numaraları ve analiz ikonu bulunur. Analizi yaptırılmak istenen veri dosyası (.dat uzantılı), pencerenin sağ alt köşesinde bulunan "Analyze" ikonu tıklanarak program tarafından otomatik olarak analiz yapılmaktadır.

Profile Number	Profile Description	Motion Number	Motion Description	Number of Iterations	Max G Error (%)	Max Damping Error (%)	Status
1	SK-33	1					Waiting
1	SK-33	2					Waiting
1	SK-33	3					Waiting
1	SK-33	4					Waiting
1	SK-33	5					Waiting
1	SK-33	6					Waiting
1	SK-33	7					Waiting
1	SK-33	8					Waiting
1	SK-33	9					Waiting
1	SK-33	10					Waiting
1	SK-33	11					Waiting
1	SK-33	12					Waiting
1	SK-33	13					Waiting
1	SK-33	14					Waiting

Şekil 3.29. ProShake 2.0 analiz ekranı

Program analiz işlemlerini bitirdiğinde; analiz ekranındaki "Status" bölümünde "Completed" analiz tamamlandı uyarısı çıkmaktadır.

Profile Number	Profile Description	Motion Number	Motion Description	Number of Iterations	Max G Error (%)	Max Damping Error (%)	Status
1	SK-33	1		5	%0.11	%0.25	Completed
1	SK-33	2		50	%1.26	%0.23	Completed
1	SK-33	3		11	%0.84	%0.36	Completed
1	SK-33	4		17	%0.99	%0.34	Completed
1	SK-33	5		16	%0.96	%0.26	Completed
1	SK-33	6		12	%0.90	%0.28	Completed
1	SK-33	7		10	%0.86	%0.48	Completed
1	SK-33	8		3	%0.24	%0.54	Completed

Şekil 3.30. ProShake 2.0 analiz tamamlanma ekranı

"Solution Manager" penceresinde yapılan analiz işlemleri tamamlandıktan sonra, analiz sonuçları; veri dosyasıyla aynı isimli ancak uzantısı farklı (".lyr" uzantılı) bir dosya olarak kaydedilir. ".lyr" uzantılı olarak kaydedilen analiz dosyası "Output Manager" penceresinde incelenebilmektedir.

3.5.5 Analiz Sonuçlarının Görüntülenmesi

Programın üst kısmındaki "Output Manager" penceresi tıklanarak açılan pencerede yapılan analizin sonuçları görüntülenebilir. "Output Manager" penceresinde analiz edilen bir zemin profiline ait sonuçlar farklı şekillerde görüntülenebilir. Animasyon, gerilme ve birim deformasyonu, tepki spektrumu, derinliğe göre ivme değişimi ve zemin hareketinin çizdirilmesi bu şekillerden bazılarıdır.

Select	Profile Number	Motion Number	Layer Number	Outcrop
<input type="checkbox"/>	1	1	1	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	2	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	3	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	4	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	5	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	6	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	7	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	8	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	9	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	10	Yes
<input type="checkbox"/>	1	1	11	Yes
<input type="checkbox"/>	1	2	1	Yes
<input type="checkbox"/>	1	2	2	Yes
<input type="checkbox"/>	1	2	3	Yes
<input type="checkbox"/>	1	2	4	Yes
<input type="checkbox"/>	1	2	5	Yes

Şekil 3.31. ProShake 2.0 sonuç ekranı

Bu bölüme kadar anlatılan işlemleri yapan kullanıcı, ProShake 2.0 programında bir zemin profilinin yer tepki analizini tamamlamış olmaktadır. Zeminlerin değer azalımı ve sönümlenme oranının anlaşılması adına bu özellikleri tanımlamak için ProShake 2.0 programında birkaç zemin modeli önerilmektedir.

3.5.6 ProShake 2.0 Programında Bulunan Zemin Modelleri

Doğrusal Model

ProShake 2.0 programı bir doğrusal elastik veya doğrusal viskoelastik malzeme seçilmesini sağlamaktadır. Bu malzeme seçildiğinde, ProShake 2.0 programı sönümlenme oranı ve maksimum makaslama modülünü kullanmaktadır. Katmanların doğal frekanslarında sönümsüz lineer elastik tabaka için aktarma fonksiyonunda teklikler olabilmektedir. Bunlar programın çalışmasını engelleyen sayısal sorunlara yol açabilmektedir [25].

Seed-Idriss Modeli

Kum için geniş çapta kullanılan ilk sönümlenme ve modül azaltma grafiklerini Seed ve Idriss geliştirmiştir. Seed ve Idriss tarafından oluşturulan grafikler bir dizi modül azaltma hareketini göstermektedir. ProShake 2.0 programında bu oranın alt, üst ve ortalama sınırı seçilebilmektedir [25].

Vucetic-Dobry Modeli

Zeminin şekil değiştirmesinden modül ve sönümlenme hareketinin nasıl etkilendiğini, 1985 yılında meydana gelen Michoacan depreminde Mexico City kilinin performansının araştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada Kokoshu'nun çalışmasına dayanarak; Vucetic ve Dobry göstermiştir. Vucetic ve Dobry, sönümlenme eğrileri ve modül azaltma denklem gruplarını plastisite indisinin fonksiyonları olarak geliştirmiştir. ProShake 2.0 programı her şekil değiştirme indeksinin belirlenmesine imkân tanımaktadır [25].

Ishibashi-Zhang Modeli

Özellikle düşük plastisiteli zemin profilleri için; modül azalması ve sönümlenme özellikleri de etkili sınırlayıcı basınçtan etkilenir. Etkin çevre basıncı hesaplanırken; zemin basıncı katsayısı (K_0) 0,5 olarak varsayılmaktadır. Ishibashi-Zhang denklemleri, düşük bir deformasyon oranının üzerine G/G_{max} değerlerinin 1'den biraz daha fazla olmasını öngörür. ProShake 2.0 bu değerler için $G/G_{max} = 1.0$ olarak ayarlar [25].

Schnabel Kaya Modeli

Kaya için modül azaltma ve sönümlenme eğrileri, orijinal Shake programı için kullanılır. [25].

Seed Çakıl Modeli

Çakıl için modül azaltma ve sönümlenme grafiklerini Seed ve arkadaşları geliştirmişlerdir. Modül azaltma ve sönümlenme grafikleri, dört farklı çakıl üzerinde yapılan ve 12 inç hücre çapına sahip devirsel üç eksenli testlerin ortalamasına dayanmaktadır [25].

Epri Modeli

1989 yılından sonra geliştirilen Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI) modeli, 1979 Coyote Lake depremi, 1984 Morgan Hill depremi ve 1989 Loma Prieta depreminden gelen güçlü hareket verilerini kullanmaktadır. EPRI modeli fonksiyon derinliği aralıkları olarak sunulmaktadır. ProShake 2.0 programında kullanıcı tarafından orta katman derinliğini uygun seçmek için Epri zemin modeli seçilmelidir [25].

Menq Modeli

Menq Modeli, çok sayıda kaba kumu ve çakıllı toprakları test eden hiperbolik bir modeldir. Menq modelinde doğrusal olmayanlık efektif gerilme arttıkça azalmaktadır. Kaba taneli topraklar için Menq modeli Darendeli modelinin yerini almıştır [25].

Rock (Idriss) Modeli

Orijinal Shake programı için kayaç için modül azaltma ve sönüm eğrileri kullanılır. [25].

Darendeli Modeli

Darendeli, yayınlanan çok sayıda veri setini ek rezonant sütun ve California, Güney Carolina'daki birden fazla bölgeden alınan toprak numuneleri üzerinde burulma makası testleri ve Tayvan geniş bir yelpazede toprak çeşitlerini, derinlikleri, yoğunlukları, plastisiteyi kapsayan bir veritabanı geliştirmiştir [25].

4. SAYISAL UYGULAMA

Bu bölümde sayısal uygulama için gerekli işlem adımları sırasıyla anlatılmaktadır. Yapılacak analiz işlemleri için gerekli bilgiler hazırlanmıştır. ProShake 2.0 programında deprem kayıt istasyonuna en yakın sondaj kuyusu seçilmiş ve bu kuyu 14 adet deprem kaydı için ters evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Ters evrişim işlemi ile ana kaya seviyesine indirilen deprem kayıtları daha sonra seçilen 15 adet kuyu için ana kaya seviyesinden etki ettirilerek evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Evrişim işlemi sonucunda her bir kuyu için zemin yüzeyinden ivme kayıtları alınmıştır. Ayrıca Örnek olarak SK-33 kuyusuna ait işlem adımları anlatılmaktadır.

4.1 Seçilen İvme Kayıtları ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtları, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığının (http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php adresinden) verilerinden alınmıştır.

Deprem kayıtları hız ve yer değiştirme, zemin büyütmesi, mesafeye bağlı olarak deprem dalgasının sönümlenmesi gibi depremle ilgili genel olarak birçok bilgiye dönüştürülebilmektedir. İvme ölçerler tarafından ölçülen ivme kayıtları; yer çekimi ivmesinin ($g=981 \text{ cm/s}^2$) 1/1000'i değerinde cm/s^2 (gal) birimindedir [24].

Mikrobölgeleme kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda aktif fay hatlarının kısmen yerleşim alanları içerisinde kalan bölümlerinin bulunduğu, bu fay düzlemlerine bağlı olarak oluşabilecek depremlerde yüzey kırığı deformasyonlarına bağlı yapı hasarları ve can kayıpları yaşanabileceği öngörülmektedir. Osmaniye segmenti 6,7 büyüklüğünde, Toprakkale fayı ise 7,2 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir [23].

Osmaniye segmentinin 6,7 büyüklüğünde, Toprakkale fayının ise 7,2 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip faylar olmasından dolayı bütün deprem kayıtları içerisinden Magnitudü 6 ve daha büyük ($M \geq 6$) olan depremler seçilmiştir. Bingöl, Bolu, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez ve Van İllerinde meydana gelen

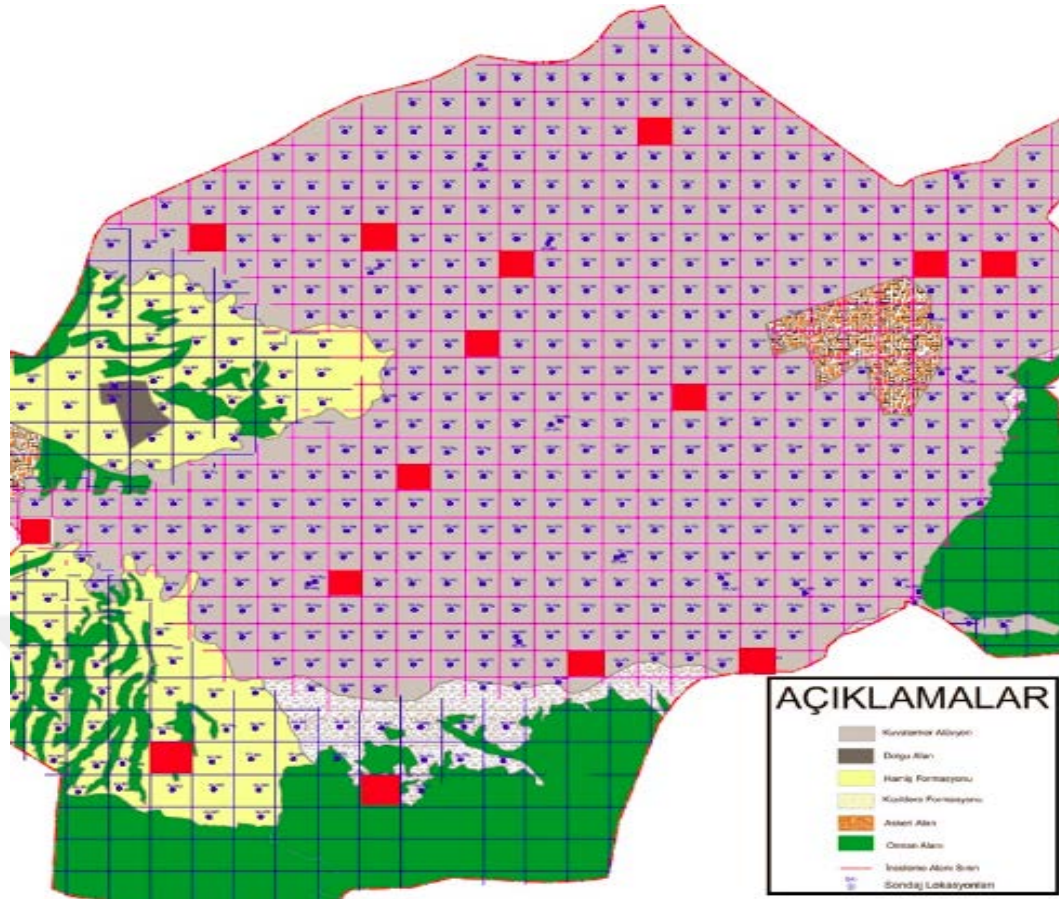
depremler seçilen depremlerdendir. Bunlardan hariç olarak Osmaniye'de meydana gelen depremlere ait kayıtlar da alınmıştır. Seçilen depremler AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet sitesinden temin edilmiştir. İncelenen deprem kayıtları içinde; deprem kayıtlarının yatay ve düşey yöne ait üç adet bileşeni verilir (N-S, E-W, U-D). Bu kayıtlardan büyük olan yatay ivme kaydı çalışmada kullanılmak üzere ayrı bir dosya olarak yeniden arşivlenmiştir. Çalışmada ayrıca ProShake 2.0 programında yer alan deprem kayıtları da kullanılmıştır.

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet sitesinden temin edilen deprem kayıtları; depremin derinliği, koordinatı, oluş saati ve tarihi, kayıt istasyonunun kimlik numarası ve koordinatı, rakımı, depremin büyüklüğü, saniyede aldığı kayıt gibi bilgileri içermektedir.

4.2 Arazi Çalışmalarında Elde Edilen Verilerin Programda Kullanılması

ProShake 2.0 programının özelliğinden dolayı analizi yapılmak istenen zemin profilinin programa tanımlanması sırasında zemin tabakalarının litolojik sınıflandırılmasında sadeleştirmeler yapılmıştır. Arazi deneyleri sondaj loglarından elde edilen verilerde "Çakıllı Kumlu Kil" olan zemin profili programa veri girişi sırasında sadece "Kil" olarak tanımlanmıştır.

Osmaniye Kent Merkezinin (OKM) 8500 hektarlık bölümünde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen verilerden 15 adet sondaj kuyusu seçilmiştir. Seçilen bu 15 adet kuyunun 15 bölgeyi temsil edebileceği kabul edilmiştir. Temsil edilen bu bölgelerdeki 15 adet kuyuya ait veriler kullanılmıştır. Şekil 4.1. de seçilen 15 kuyunun yerleri sondaj lokasyonları haritasında kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Seçilen 15 kuyunun sondaj lokasyonlarındaki yerleri

Tablo 4.1. de verilen zemin profilindeki tabakaların doğal birim ağırlıkları Tatsuoka ve arkadaşları tarafından önerilen değerlerden alınmıştır [24].

Tablo 4.1. Tatsuoka ve ark. tarafından önerilen doğal birim ağırlık değerleri [24]

Zemin Türü	Birim Ağırlık (t/m^3)	Birim Ağırlık (kN/m^3)*	D_{50} (mm)
Bitkisel Toprak	1.7	16.68	0.02
Çakıl	2.1	20.60	>0.6
Kum	1.9	18.64	0.25
İri Kum	1.9	18.64	0.30
Orta Kum	1.9	18.64	0.25
İnce Kum	1.9	18.64	0.20
Silt	1.7	16.68	0.02
Siltli Kum	1.9	18.64	0.10
Kumlu Silt	1.7	16.68	0.04

(*: kN/m^3 'e karşılık gelen değerler Tatsuoka ve arkadaşlarının önerdiği doğal birim ağırlıkların 9.81 ile çarpılmasıyla elde edilmiştir.)

Sondaj loglarından elde edilen kuyu düşey kesiti uygun şekilde ölçeklendirilerek programda çizilmiştir. Sondaj loglarında ana kaya seviyesinin verilmemesi nedeniyle seçilen kuyuların derinliği zemin yüzeyinden 0,00 m'den itibaren zeminin derinliklerine doğru 50 m'ye kadar tanımlanmıştır. 50 m civarında zeminin üniform olduğu kabul edilmiştir. Seçilen kuyuların kesme dalgası hızı ilk 10 m için kaynak rapordaki birinci tabaka değerleri, 10 m'den sonra 50m'ye kadar da ikinci tabaka değerleri alınmıştır. Kalınlığı çok fazla olan tabakalar kendi içerisinde alt tabakalara ayrılmıştır. Sondaj çalışmalarından elde edilen kuyuların zemin tabakaları bilgileri, ters evrişim işlemi için belirtilen özelliklere uygun bir şekilde ProShake 2.0 programına tanıtılmıştır.

4.2.1 Kuyu İçi Sismik Verileri

ProShake 2.0 programında herhangi bir problemle karşılaşmamak amacıyla zemin profilini oluşturan hâkim birime göre litolojik tanımlamalarda sadeleştirmeler yapılmıştır. Seçilen 15 adet sondaj kuyusu kesiti uygun bir şekilde programa tanıtılmıştır. Kuyuların zemin tabakaları programa tanıtılırken; zemin tabakalarının sadeleştirilmiş adlandırılması ve tanımlaması, sadeleştirilen adlandırma sonucunda oluşan yeni tabaka kalınlığının değeri, her bir zemin tabakasının birim ağırlığı ve her bir zemin tabakası için kesme dalgası (V_s) hızı gibi bilgilere yer verilmiştir.

Layer Number	Material Name	Thickness (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Soil Model
1	Kil	4.50	19.00	167.6	54.4	Darendeli (2001)
2	Kum	5.50	18.64	169.2	54.4	Sand (Seed & Idriss)
3	Kil	5.00	19.00	302.3	177.0	Darendeli (2001)
4	Kil	5.00	19.00	302.3	177.0	Darendeli (2001)
5	Kil	5.00	19.00	302.3	177.0	Darendeli (2001)
6	Kil	5.00	19.00	302.3	177.0	Darendeli (2001)
7	Kil	5.00	19.00	302.3	177.0	Darendeli (2001)



The diagram shows a vertical profile of soil layers. The vertical axis represents depth in meters, ranging from 0 at the top to 34 at the bottom. The layers are numbered 1 through 7, corresponding to the table. Layer 1 is 0 to 4.5m, Layer 2 is 4.5 to 10m, Layer 3 is 10 to 15m, Layer 4 is 15 to 20m, Layer 5 is 20 to 25m, Layer 6 is 25 to 30m, and Layer 7 is 30 to 34m. The layers are color-coded: Layer 1 is light blue, Layer 2 is yellow, and Layers 3 through 7 are orange.

Şekil 4.2. ProShake 2.0 programında tanımlanan kesit bilgileri

4.2.2 Arazi Verilerinden Elde Edilen Yeni Deprem Verileri

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının bugüne kadar elde ettiği deprem kayıtları içerisinde seçilen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van ve Osmaniye İstasyonlarına ait kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ters evrişime tabi tutulması gerekmektedir. Bu istasyonlardan elde edilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ters evrişim işlemi ProShake 2.0 programında yapılmıştır. Her deprem kaydı için ters evrişim işlemi yapıp, sönüm denkleminde kullanılmak üzere ayrılmış olan modellemede kullanılacak olan zemin etkisinden arındırılmış yeni deprem verileri hazırlanmıştır. Hazırlanan yeni deprem verileri seçilen diğer kuyulara ana kaya seviyesinden etki ettirilerek evrişim işlemine tabi tutulmuştur.

4.3 Arazi ve Deprem Verilerinin Değerlendirilmesi

Türkiye için sağlıklı bir sönüm denklemi üretebilmek amacıyla; AFAD Deprem Dairesi Başkanlığına bağlı KYHK istasyonlarının yaptığı deprem ölçümleri zemin etkisinden arındırılmalıdır. Deprem kayıtlarındaki zemin etkisinin arındırılabilmesi için; öncelikle kayıt alınan zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sonrasında, zeminin gerçek dinamik ve fiziksel özellikleri kullanılmak suretiyle deprem kayıtlarına ters evrişim işlemi uygulanıp zemin etkisinden arındırılmalıdır. Ters evrişim işlemi sonucu elde edilen yeni ivme değerleri kaya ortamdan elde edilmiş deprem kayıtlarına eşdeğer kabul edilebilmektedir.

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının bugüne kadar elde ettiği deprem kayıtları içerisinde seçilen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye istasyonları ve ProShake 2.0 programı içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasland, Yerbaisland kuvvetli yer hareketi kayıtları, DSİ 64.Şube Müdürlüğü bahçesine en yakın SK-175 kuyusunda ters evrişim işlemine tabi tutulacak ve ana kaya seviyesindeki ivme kayıtları elde edilecektir. Elde edilen yeni ivme kayıtları seçilen 15 adet kuyu zemin profilinin ana kaya seviyesinden etki ettirilecek ve en üst tabakada okunan ivme değerleri karşılaştırılacaktır.

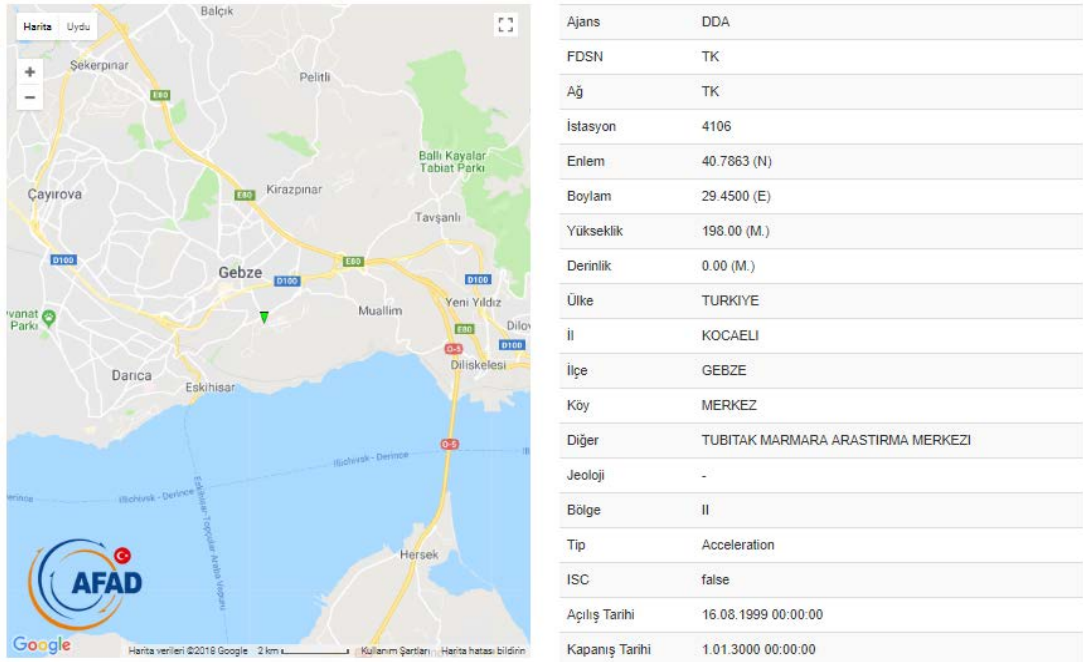
4.4 Arazi ve Deprem Verileri Kullanılarak ProShake 2.0 Programında Yapılan İşlemler

Bu bölümde zemin üzerinde bulunan deprem kayıt istasyonlarından elde edilen deprem verileri bazı süreçlerden geçirildikten sonra, OKM'de seçilen 15 adet kuyu için ProShake 2.0 programında değerlendirilmiştir. 14 adet deprem verisinin kullanıldığı işlemlere örnek olarak bunlardan bir tanesinin yapıma şekli aşağıda anlatılmıştır.

4.4.1 ProShake 2.0 Programında Yapılacak Analiz Öncesi İşlemler

1.Ülkemizde kurulu bulunan KYHK istasyonları AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet sayfasından araştırılmıştır.

2.KYHK istasyonlarından hangilerinin kaya üzerine, hangilerinin zemin üzerine yerleştirildiğinin bilgisi AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet sayfasından elde edilmiştir. Seçilen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van ve Osmaniye İstasyonlarının derinliği 0,00 metredir.



Şekil 4.3. 4106 istasyonu bilgileri (AFAD Başkanlığı)

3.OKM'de yapılan sondajlı jeofizik çalışmasından elde edilen kuyu sondaj loglarından 15 adet kuyu verisi seçilmiştir. 15 bölgeyi temsil ettiği kabul edilen kuyular SK-33, SK-109, SK-114, SK-142, SK-154, SK-156, SK-210, SK-255, SK-310, SK-355, SK-409, SK-473, SK-478, SK-548 ve SK-575'dir.

4.Seçilen kuyulardan her birinin zemin profilleri kaynak rapordaki sondaj loglarından elde edilmiştir.

5.Sondaj loglarından elde edilen kuyunun orijinal düşey kesitindeki litolojik tanımlamalar ProShake 2.0 programına uygun bir şekilde sadeleştirilmiştir.

6.Litolojisi tanımlanan kuyu kesitlerindeki zemin tabakalarının doğal birim ağırlığı olarak Tatsuoka ve arkadaşlarının [24] önerdiği değerler kullanılmıştır.

7.Sondajlardan elde edilen kuyu düşey kesitinde; kuyu derinliği 50 m'ye kadar son tabaka ile aynı özellikte olmak üzere devam ettirilmiştir. Kuyunun ProShake 2.0 programı için sadeleştirilmiş stratigrafisini içeren düşey kesiti, kuyu tabanındaki birimin litolojisi sondajda en son kesilen birim ProShake 2.0 programı tarafından kuyu tabanı olarak kabul edilmektedir, zemin profilindeki tabakaların V_s değerleri ve birim ağırlığı ProShake 2.0 programına tanıtılmıştır.

8.Ülkemizde meydana gelen ve KYHK cihazları tarafından llen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van ve Osmaniye'de oluşan deprem kayıtları derlenmiştir.

9. $M \geq 6,0$ olan Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van ve ayrıca Osmaniye'de oluşan depremler dönüştürülerek ProShake 2.0 programında bulunan deprem kayıtları kütüphanesine eklenmiştir.

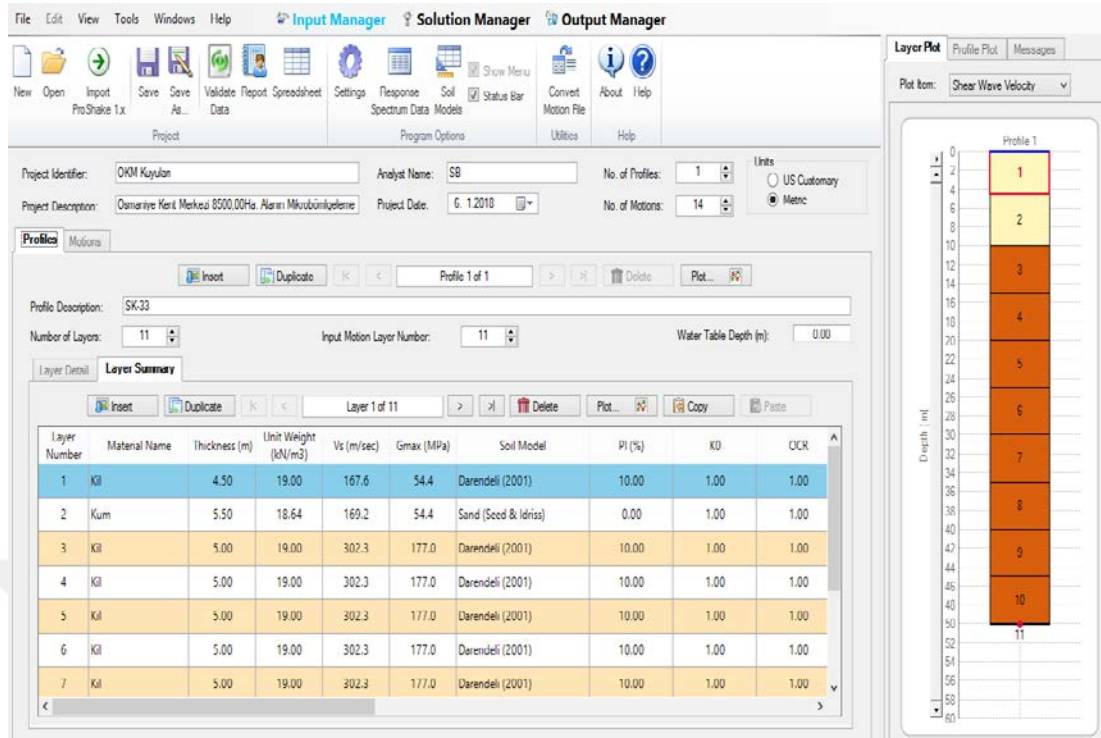
4.4.2 ProShake 2.0 Programında Yapılan İşlemler

Ters evrişim işlemi uzun hesaplamalar ve dikkat gerektirdiğinden elle hesaplama yapmak pratik olmamaktadır. Sondaj loglarından elde edilen 15 adet kuyu verisi ve 14 adet deprem kaydının ters evrişim işlemi için ProShake 2.0 programı kullanılmıştır. Zemin yüzeyinde kaydı yapılan deprem kayıtlarının ana kaya seviyesinden elde edilen ivme kayıtlarına dönüştürülmesi işlemi ProShake 2.0 programı gerçekleştirmektedir.

OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen arazi çalışmaları sonucunda derlenen sondaj loglarındaki veriler dikkate alınarak hazırlanan zemin düşey kesiti, zeminin kesme dalgası hızı V_s , yeraltı su seviyesi, zeminin fiziksel özellikleri ve kuyu derinliği gibi veriler 14 adet deprem kaydı için ProShake 2.0 programında DSİ 64.Şube Müdürlüğüne en yakın SK-175 kuyusunda ters evrişim işlemi uygulanmış ve ana kaya seviyesinde yeni ivme kayıtları elde edilmiştir. Elde edilen yeni ivme kayıtları seçilen 15 adet sondaj kuyusu için 14 adet ivme kaydı ile birlikte her kuyu ayrı ayrı işleme tabi tutulmuştur.

4.4.3 Veri Girişi Penceresinde (Input Manager) Yapılan İşlemler

OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında yapılan arazi deneylerinden elde edilen sondaj loglarındaki verilere göre çizilen zemin özellikleri belirlenmiş olan 15 adet kuyunun zemin profiline ait kesit bilgisi, zeminin 0,00m'den itibaren kuyu tabanına doğru zemin profilini oluşturan tabakalar ayrı ayrı tanımlanmış ve zeminin fiziksel ve dinamik özellikleri ProShake 2.0 programına girilmiştir. Zemin profiline ait kesit bilgilerinin tanıtıldığı sayfa Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4. ProShake’de zemin kesit bilgilerinin tanıtıldığı sayfa

ProShake 2.0 programında analizi yapılmak istenen zemin profili kesiti OKM’de çalışılan mikrobölgelemedeki isimlerle aynı belirlenmiştir. Zemin profili kesiti adı olarak sondaj loglarındaki kuyu isimlerinden yararlanılmıştır. Çalışılan her kuyu yapılan sondaj derinliğince kuyu tabanına kadar devam eden zemin tabakalarının sayısıdır. Mikrobölgeleme çalışmasında sondaj kuyuları genelde 20,00 m derinliğe kadar devam etmektedir. 20,00 metreden sonra ana kaya seviyesi olarak 50,00 metreye kadar kabul yapılarak tabakalar oluşturulmuştur. Son tabakanın özellikleri 50,00 metreye kadar aynı özellikte devam ettirilmiştir. ProShake 2.0 programına yüklenmesi gereken tabaka sayısı tespiti yapılan tabaka sayısının 1 fazlası (tabaka sayısı+1) değeridir. Kuyu tabanında kesilen tabaka ProShake 2.0 programında sonsuz kalınlıkta kabul edilmektedir. Zemin profili tabakaları sondaj loglarına uygun olacak şekilde ProShake 2.0 programına girilmiştir. Kuyu tabanının 50,00 metrede olduğu kabul edilerek kuyu kesiti 10 ana tabakaya ayrılmıştır. Kuyu tabanından itibaren devam eden zemin profili ProShake 2.0 programına sonsuz kalınlıkta ayrı bir tabaka olarak tanıtıldığından tabaka sayısı 10 yerine 11 olarak girilmiştir.

Zemin profili kesiti tanımlama işlemleri sırasında yeraltı suyunun bulunduğu derinlik ProShake 2.0 programına girilmelidir. Eğer yeraltı su seviyesi tespit edilememiş ise bu durumda YASS değeri 0,00m olarak girilmelidir. OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen sondaj loglarında her bir kuyunun YASS ayrı ayrı tespit edilmiştir. Sondaj loglarında verilen YASS değerleri ProShake 2.0 programına girilmiştir. Değeri verilmeyen kuyular için YASS değeri 0,00m alınmıştır.

Zemin profili kesitinin veri girişinin yapıldığı kısma her bir tabakanın ayrı ayrı kalınlıkları, tabakayı oluşturan malzemenin adı, birim ağırlığı, maksimum kesme modülü ile kesme dalgası hızı gibi bilgiler girilmiştir.

Sondajı yapılmış zemin tabakaları ile ilgili ProShake 2.0 programında işlem yapılabilmesi için zemin malzemesinin türünün sadeleştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, sondaj logunda "kumlu killi çakıl" olarak belirlenmiş bir zemin tabakası sadeleştirme sonucunda materyal adı olarak "çakıl" yazılabilir. Zeminler çoğunlukla homojen olmamaktadır. Bu homojen olmama sebebiyle, zemin tabakasında en fazla bulunan malzemeye göre tanımlama yapılması işlemleri kolaylaştıracaktır. Zemin tabakası malzeme isimlendirilmesi jeoteknik yöntemlere göre yapılmıştır.

ProShake 2.0 programı deprem hareketini her bir tabaka için ayrı ayrı ve tabaka kalınlığına göre yapmaktadır. Bu nedenle sondaj kuyusu içerisinde geçilen her bir tabakanın kalınlığının girilmesi gerekmektedir. Sondaj loglarından elde edilen tabaka kalınlıkları yüzeyden derinliklere doğru sırasıyla kuyu kesitine işlenerek ProShake 2.0 programına girilmiştir.

Zemin profilini oluşturan tabakalardaki malzemelerin birim ağırlığı ProShake 2.0 programına kN/m^3 olarak girilmiştir. ProShake 2.0 programı YASS'ye göre doymuş veya nemli birim ağırlığı kullanmaktadır.

Sondaj loglarından elde edilen malzemelerin birim ağırlığı olarak Tatsuoka ve arkadaşları tarafından sunulan veriler kullanılmıştır. ProShake 2.0 programında Vs değerleri m/sn biriminde girildiğinde Gmax (en büyük kesme değeri) değeri otomatik olarak hesaplanmaktadır.

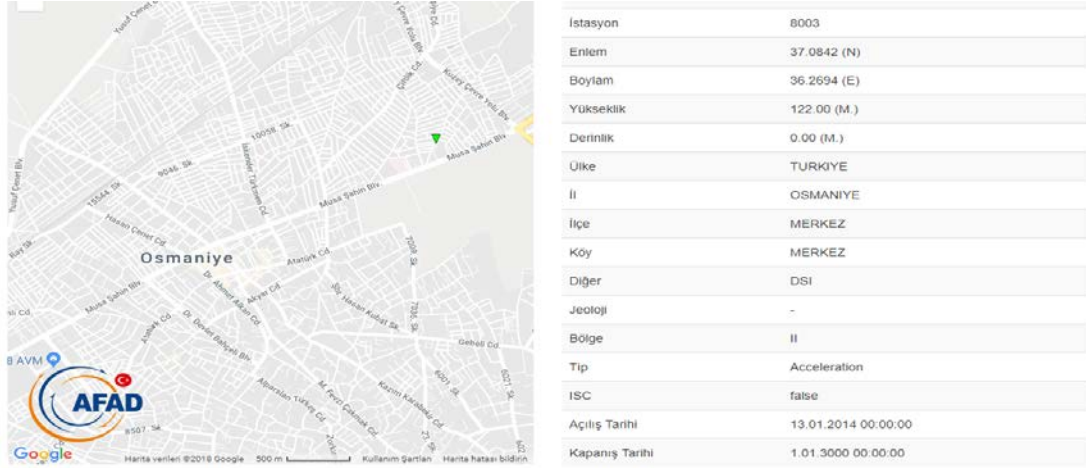
OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen sondaj kuyuları zemin dinamik-elastik parametrelerinde birinci ve ikinci tabakalar için verilen kg/cm^2 birimindeki Gmax değerleri MPa birimine dönüştürülerek ProShake 2.0 programına girilmiştir. MPa birimine dönüştürülerek ProShake 2.0 programına girilen Gmax değerlerinden Vs kesme dalgası hızı değerleri otomatik olarak hesaplanmıştır.

Zemin profiline ait tüm tabakaların veri girişlerinin tamamlanmasından sonra, veri girişlerinde herhangi bir hatanın olup olmadığı "Validate Data" ikonu yardımıyla kontrol edilmiştir. Tanımlama işlemi tamamlanan zemin profillerinin analiz sonucu grafiklerinin elde edilebilmesi için "Output Manager" penceresi aktif hale getirilir. Bu pencerede zaman tanım alanı, Fourier spektrumu, tepki spektrumu ve hareket parametreleri ile ilgili grafik sonuçları elde edilebilmektedir.

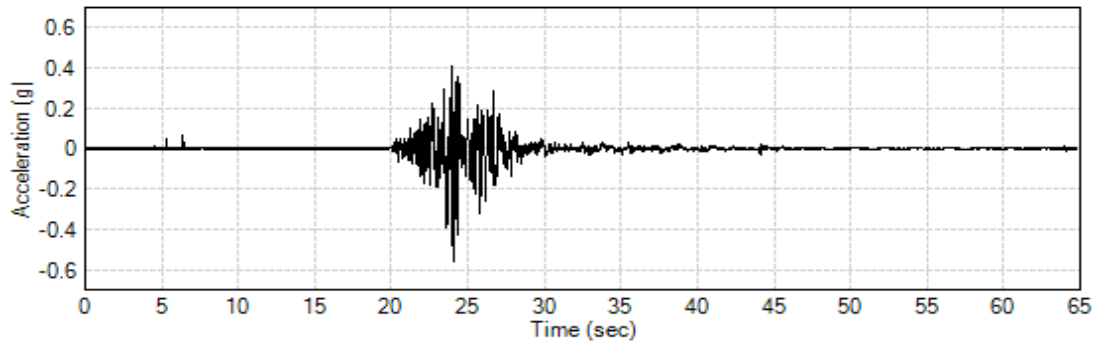
4.4.4 Seçilen Bir Kuyuda Yapılan İşlemler

Osmaniye il merkezi DSİ 64.Şube Müdürlüğü bahçesinde kurulu bulunan 8003 istasyonuna en yakın SK-175 kuyusunun zemin tabakaları Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye ve program içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasiland, Yerbaisland deprem kayıtlarına göre ters evrişim işlemiyle ProShake 2.0 programında analiz ettirilmiştir. 8003 istasyonunun derinliği 0,00 metrede olduğu için analiz işlemleri yapılırken deprem kayıtları en üst zemin tabakasına etki ettirilmiştir. Depremler zeminin derinliklerinde oluşup zemin yüzeyine doğru etki ettiğinden ana kaya seviyesindeki ivme kayıtlarının bulunması için en üst tabakadan etki ettirilen deprem kayıtları analiz işlemine tabi tutulmuştur. Analiz işlemi sonucunda ana kayada oluşan ivme kayıtları elde edilmiştir.

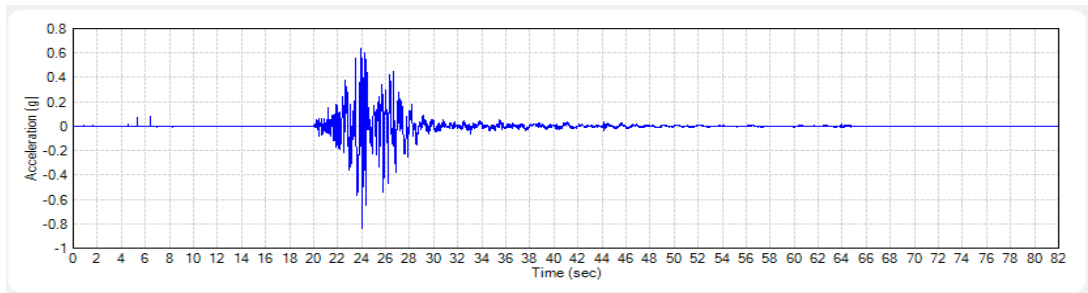
Elde edilen ivme kayıtları daha sonra OKM'de seçilen 15 adet sondaj kuyusuna ana kayadan etki ettirilmiş ve zemin yüzeyinden ivme değerleri ve analiz çıktıları alınmıştır. Şekil 4.6 ve şekil 4.7'de Bingöl deprem kaydı için zemin yüzeyi ve ana kayada okunan ivme kayıtları grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.5. 8003 istasyonu bilgileri (AFAD Başkanlığı)



Şekil 4.6. Zemin yüzeyindeki Bingöl depremi ivme kaydı



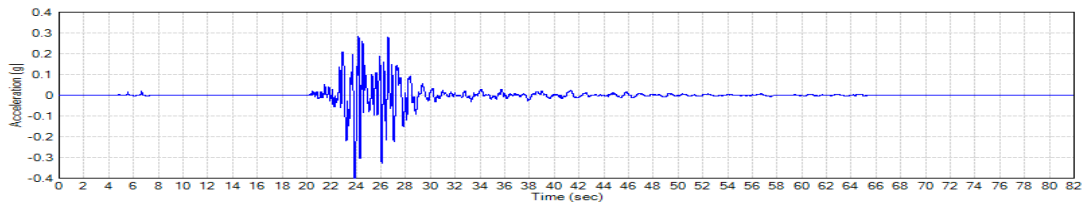
Şekil 4.7. SK-175 Bingöl deprem kaydına göre ana kayada okunan ivme kaydı

Görüldüğü gibi zemin etkisinden arındırılan deprem ivmeleri ana kaya seviyesinde daha büyüktür. ProShake 2.0 programında KYHK istasyonlarından elde edilen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye ve program içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasisland, Yerbaisland deprem kayıtlarına göre OKM'de seçilen 15 adet sondaj kuyusu için ayrı ayrı analiz işlemleri yapılmıştır. OKM'de örnek olarak seçilen SK-33 kuyusunda 14 adet deprem kaydı için aşağıdaki işlemler sırasıyla yapılmıştır:

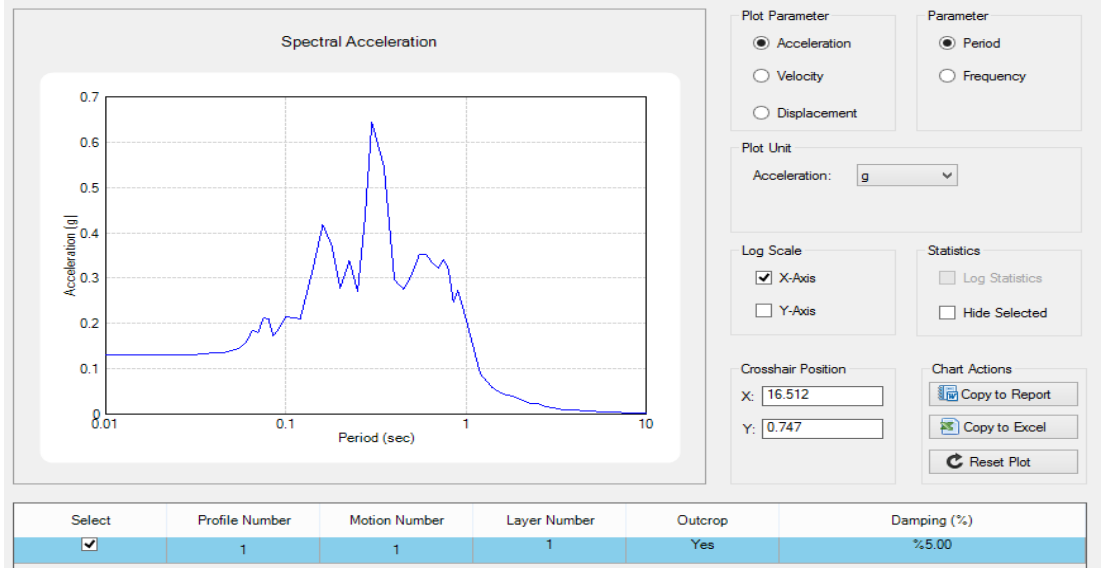
SK-175 kuyusu kullanılarak ana kayada elde edilen ivmeler ProShake 2.0 programının "Input Manager" penceresi "Motion Data" bölümündeki ilgili satırı girilerek programa tanıtılmıştır.

ProShake 2.0 programı deprem anında okunan ivme kayıtlarından en büyüğünü pik ivme değeri olarak kabul etmektedir. Ters evrişim işlemine tabi tutulacak deprem kayıtları için pik ivme değerleri otomatik olarak atanmıştır. İvme ölçerler deprem kayıtlarını belirli zaman aralıklarında kaydetmektedir. Kaydedilen zaman aralıkları ProShake 2.0 programı tarafından ilgili kutucuğa atanır. Yüksek frekanslı bileşenin üst değeri kesme frekansıdır. 50 Hz üzeri kayıtlara girmemektedir. Kesme frekansları da ilgili kısımlara atanmıştır.

Deprem kayıtları ProShake 2.0 programı tarafından tabaka özelliklerine uygun bir şekilde, zemin derinliği boyunca uygulanır. Hangi zemin tabakasından çıktı alınmak isteniyor ise o tabakanın numarası seçilmelidir. Tez çalışması kapsamında yapılan analiz işleminde ana kaya seviyesinden deprem kaydı uygulanıp zemin yüzeyinden değer okunacağından, 1 numaralı tabakadaki grafik sonuçları elde edilmiştir.

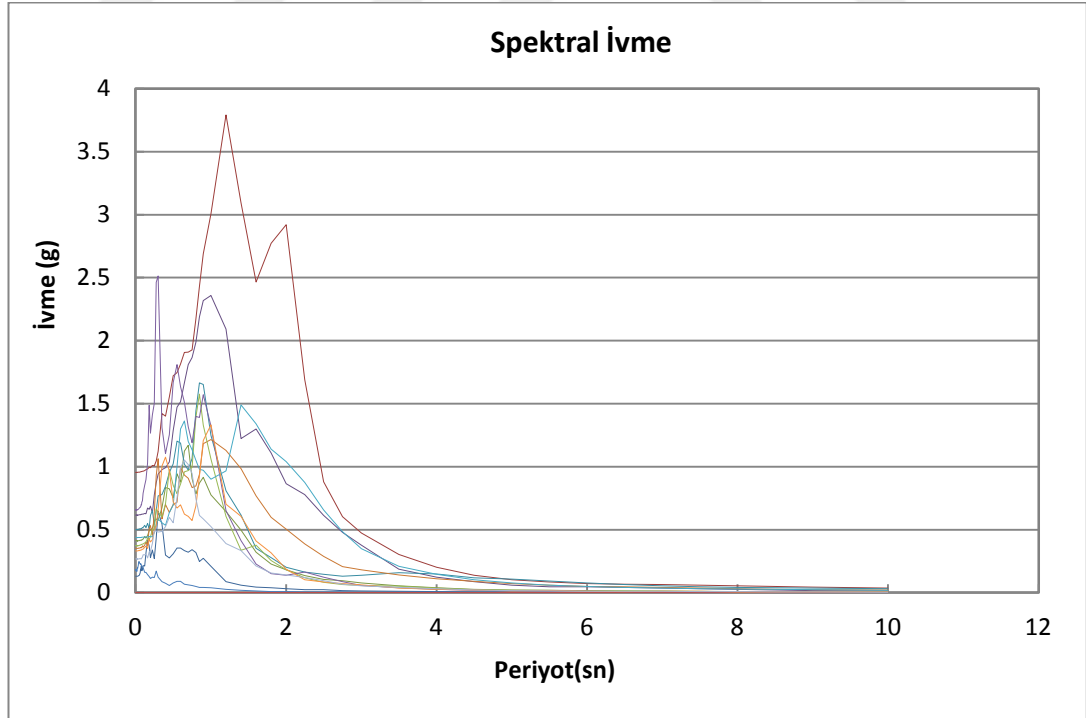


Şekil 4.8. SK-175 Bingöl deprem kaydına göre zemin yüzeyindeki ivme kaydı



Şekil 4.9. SK-33 1.tabakadan okunan spektral ivme-zaman grafiği

Şekil 4.9'da görülen en yüksek değerli ivmelerin düştüğü periyot aralığı zemin hakim periyot aralığıdır.



Şekil 4.10. SK-33'e ait 14 deprem kaydı için ivme-zaman grafiği

0.1-1 sn aralığında okunan değerler en büyük ivmelerin yığıldığı bölge olduğu için bu aralıkta okunan değerler önem arz etmektedir. 0.1-1 sn aralığı genel olarak bina türü yapı periyotlarının düştüğü aralıktır. Yani rezonans bölgesidir. %5 sönüm oranına göre 0.1-1 sn aralığında okunan maksimum spektral ivme değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. SK-33 kuyusuna ait sonuçlar

Deprem Kayıt Adı	Zemin Tabakası	Pik İvme (g)	Spektral İvme Ortalaması [0.1-1sn (g)]
Bingol Ana kaya	1	0.13071	0.333
Bolu Ana kaya	1	0.954461	1.554
Diam Ana kaya	1	0.412279	0.714
Duzce Ana kaya	1	0.452852	Okunamadı
ElCentro Ana kaya	1	0.61637	1.2434
Kocaeli Gebze Ana kaya	1	0.49971	0.908
Kocaeli Merkez Ana kaya	1	0.35137	0.731
Osmaniye Ana kaya	1	0.180207	0.098
Petrolia Ana kaya	1	Okunamadı	0
Taft Ana kaya	1	0.373394	0.776
Topanga Ana kaya	1	0.656314	1.421
Treasisland Ana kaya	1	0.437272	0.740
Van Ana kaya	1	0.330956	0.671
Yerbaisland Ana kaya	1	0.267467	0.568

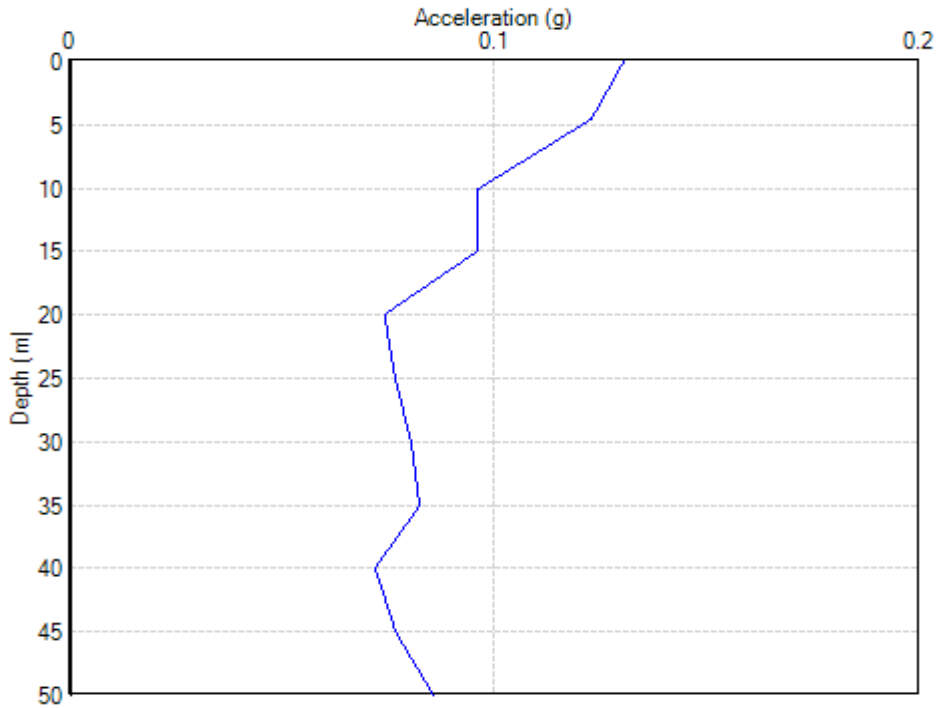
Bu çalışmada elde edilmeye çalışılan esas parametre, zeminde okunan ivme değerinin ana kaya seviyesine indirilmesi, sonrasında zemin profili son tabakasından deprem hareketi kayıtları etki ettirilerek zemin yüzeyinde oluşan pik ivme ve spektral ivme değerlerinin değişimidir.

5. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yukarıda anlatılan yöntem ile, KYHK istasyonlarından elde edilen deprem kayıtları arazi deneylerine dayalı olarak OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışmasıyla zemin etkisinden arındırıldıktan sonra ana kaya seviyesinde ivme değerleri tekrar hesaplanmıştır. Ana kaya özellikleri üniform kabul edilebileceği için herhangi bir ana kaya seviyesindeki ivmeler depremin asıl karakteristiğidir. Ana kayadan etkiyip, zemin etkileri ile yüzeyde okunan ivme değerleri bölgedeki zemin özelliğine göre değişim gösterir. Herhangi bir istasyonda kayıt edilen ivme değerlerinin zemin özelliğine göre başka bir noktaya taşınabilmesi için istasyon bölgesindeki kuyuların özellikleri ile ivme kaydı ana kayada ters evrişim işlemi ile elde edilir. Ana kaya seviyesindeki ivme kayıtları farklı bir bölgede zemin özelliklerine göre analiz edilerek yüzeyde ivme kayıtları ve spektral ivme değerlerine dönüştürülür. Bir anlamda ivme kayıtçısı olmayan bölgede sanal bir ivme kayıtçısı oluşturulmuş olur. Zemin profiline bağlı olarak en büyük ivmelerin düştüğü periyot aralığı belirlenir. Zemin hakim periyodu ise en büyük spektral ivme değerlerinin analizi yapılan tüm depremler için ortalaması olarak elde edilebilir. Bu çalışma sırasında, Türkiye'de zemin üzerine kurulu cihazların bulunduğu 7 istasyondan alınan deprem kayıtları ile ProShake 2.0 programında bulunan Türkiye dışında meydana gelen kuvvetli yer hareketi kayıtlarına sahip 7 adet deprem kaydının OKM'deki zemin tabakaları üzerindeki değerlendirmesi yapılmıştır.

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet adresinden elde edilen Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van ve Osmaniye kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait ivme kayıtlarından N-S, E-W bileşenleri için ivme değeri büyük olan hesaplamalarda kullanılmıştır. Ayrıca ProShake 2.0 programı içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasisland Yerbaisland yer hareketi kayıtları da OKM'de yapılan mikrobölgeleme çalışması sonucu sondaj loglarından elde edilen verilerle birlikte analiz edilerek Türkiye'de elde edilenler ile birlikte kullanılmıştır.

Yapılan ters evrişim işlemi sonucu Osmaniye İl Merkezi DSİ 64.Şube Müdürlüğü bahçesinde kurulu bulunan 8003 kayıt istasyonuna en yakın SK-175 kuyusu zemin tabakaları ProShake 2.0 programında Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye ve program içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasiland, Yerbaisland deprem kayıtlarına göre analiz edilmiştir. 8003 kayıt istasyonunun derinliği 0,00 metrede olduğu için analiz işlemleri yapılırken deprem kayıtları en üst zemin tabakasına etki ettirilmiştir. Depremler zeminin derinliklerinde oluşup zemin yüzeyine doğru etki ettiğinden ana kaya seviyesindeki ivme kayıtlarının bulunması için en üst tabakadan etki ettirilen deprem ivmeleri ters evrişim işlemi ile elde edilmiştir. Ana kaya seviyesinde elde edilen deprem ivmeleri ProShake 2.0 programında dönüştürülerek OKM'de seçilen SK-33, SK-109, SK-114, SK-142, SK-154, SK-156, SK-210, SK-255, SK-310, SK-355, SK-409, SK-473, SK-478, SK-548 ve SK-575 olarak adlandırılan 15 adet sondaj kuyusuna ana kaya seviyesinden etki ettirilmiş ve en üst tabakadan ivme verileri ve bağlı bileşenler alınmıştır. Tabakadan tabakaya değişim Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. SK-33 Bingöl deprem kaydına göre ivmenin tabakalardaki değişimi

Şekil 5.1.'deki gibi SK-33 Kuyusu Bingöl deprem kaydı için ivmenin tabakalar arasındaki değişimi verilmiştir. Seçilen örnekte 50m-10m arasında ivmenin 0-0.1g arasında olduğu, 10m'den sonra zemin yüzeyine doğru ise 0.1g'den fazla olduğu tespit edilmiştir. Kuyularda 14 adet deprem kaydı için elde edilen pik ivmelerin ortalaması Osmaniye ilinin 1. derece deprem bölgesi olmasından kaynaklı 0.4g ile karşılaştırılmıştır. SK-33, SK-114, SK-154, SK-210, SK-255, SK-409, SK-478, SK-548 ve SK-575 kuyularından elde edilen sonuçlarda 0.4g değerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen pik ivme değerlerinin ortalaması aşağıdaki tabloda verilmiştir. Deprem kayıtlarının bazılarında analiz aralığı fazla olduğu için okunamayan değerler olmaktadır. Ana kayada pik ivme ortalamalarında farklılık meydana gelmesi bu nedenledir.

Tablo 5.1. 14 adet deprem kaydından elde edilen pik ivme değerlerinin ortalaması

Kuyu Adı	Pik İvmelerin Ortalaması(g) Ana kaya	Pik İvmelerin Ortalaması(g) Zemin Yüzeyi
SK-33	0.438	0.436
SK-109	0.469	0.352
SK-114	0.547	0.492
SK-142	0.508	0.342
SK-154	0.538	0.521
SK-156	0.457	0.351
SK-210	0.538	0.607
SK-255	0.538	0.824
SK-310	0.491	0.302
SK-355	0.538	0.321
SK-409	0.538	0.456
SK-473	0.538	0.342
SK-478	0.538	0.928
SK-548	0.538	0.560
SK-575	0.538	0.506

Tablo 5.1'de 0.4g'den büyük değerlerin olmasının sebebi seçilen deprem kayıtlarının genel olarak şiddet ve magnitüd açısından büyük olmasıdır. Burada dikkat çeken nokta bölgeden bölgeye yaşanan değişim ve ana kaya seviyesindeki ivme değerlerinin, zemin özelliklerine bağlı olarak yüzeye daha büyük ve daha küçük olarak yansımalarıdır. Şekil 5.1 tabakadan tabakaya ivme değişimini yansıtan güzel bir örnektir.

0.1-1 sn aralığındaki ortalama spektral ivme değerlerinin sonuçları Tablo 5.2'de verilmiştir. ABYYHY'de zemin özelliğine göre belirlenen spektrum katsayılarının en büyük değeri alındığında (0.1sn-0.9sn) elastik spektral ivme değerleri tüm Osmaniye için 1g olarak hesaplanmaktadır. Oysa Tablo 5.2'de görüldüğü gibi farklı zemin özellikleri için spektral ivme değerleri bölgeden bölgeye değişim göstermektedir.

Tablo 5.2. 14 adet deprem kaydından elde edilen ortalama spektral ivme değerleri

Kuyu Adı	Spektral İvme Ortalaması (0.1-1 sn Aralığı)
SK-33	0.751
SK-109	0.560
SK-114	0.881
SK-142	0.566
SK-154	0.974
SK-156	0.632
SK-210	1.156
SK-255	1.418
SK-310	0.405
SK-355	0.510
SK-409	0.810
SK-473	0.555
SK-478	1.745
SK-548	1.058
SK-575	0.974

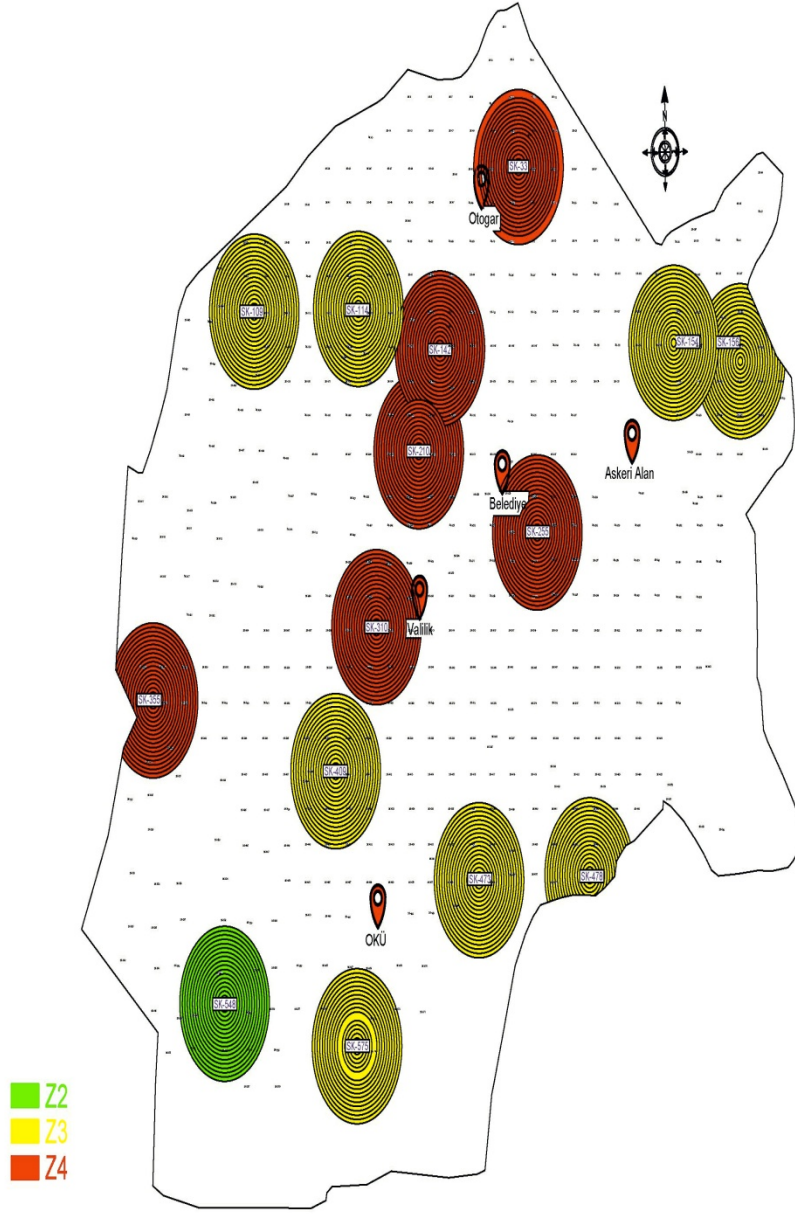
ABYYHY-2007'de bulunan 6.bölüm Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'ye göre seçilen 15 kuyunun yerel zemin sınıfları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 5.3. Kuyuların Yerel Zemin Sınıfları

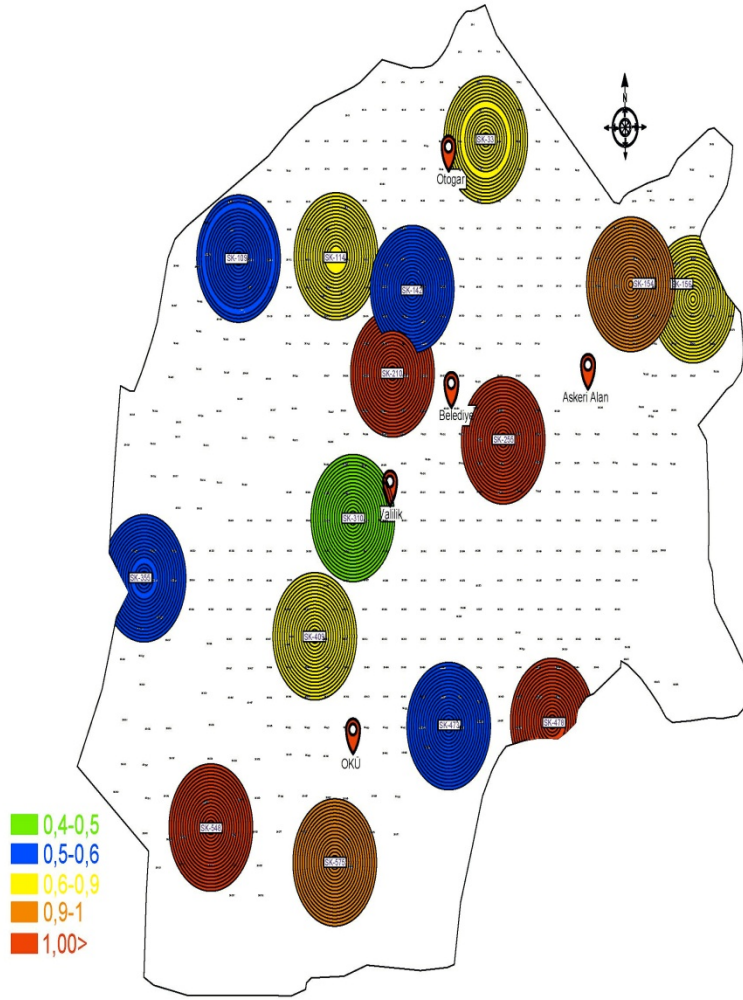
Kuyu Adı	Yerel Zemin Sınıfı
SK-33	D-Z4
SK-109	C-Z3
SK-114	C-Z3
SK-142	D-Z4
SK-154	C-Z3
SK-156	C-Z3
SK-210	D-Z4
SK-255	D-Z4
SK-310	D-Z4
SK-355	D-Z4
SK-409	C-Z3
SK-473	C-Z3
SK-478	C-Z3
SK-548	B-Z2
SK-575	C-Z3

5.1 Analiz Sonuçlarının Haritalanması

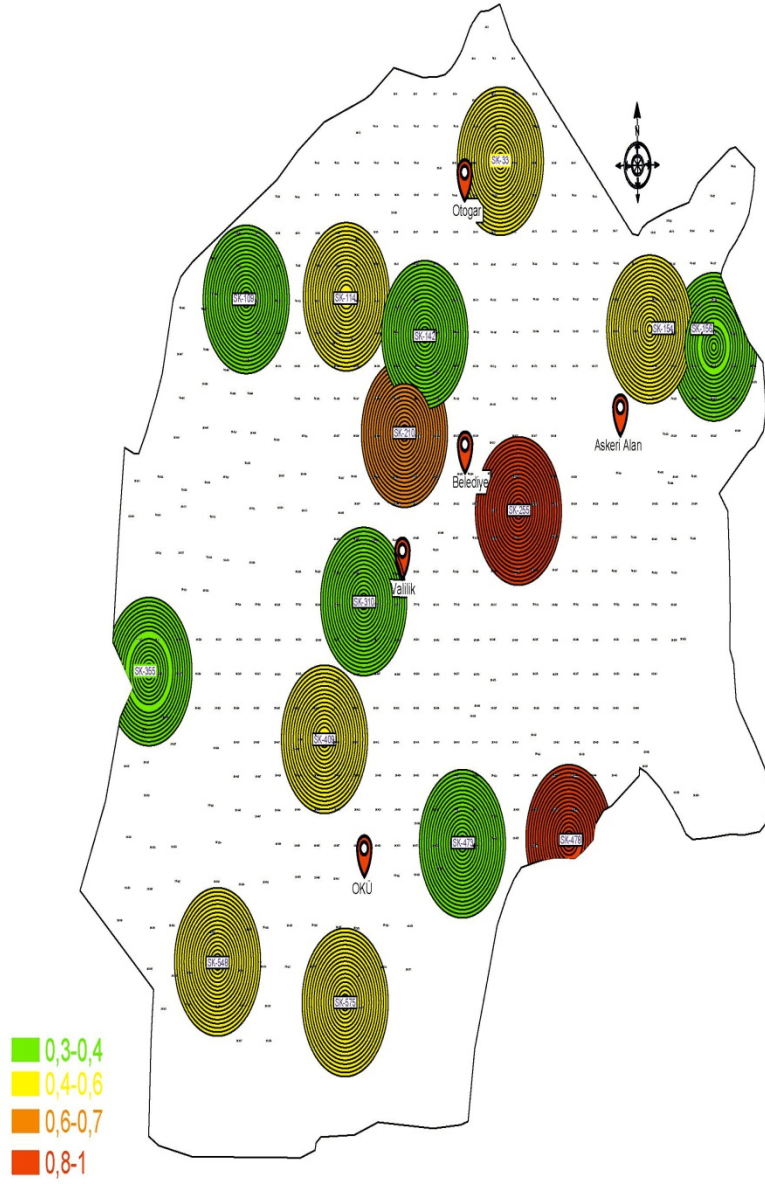
Elde edilen sonuçlar haritalanarak aşağıdaki şekillerde verilmektedir.



Şekil 5.2. Temsil edilen 15 bölge için zemin sınıflaması haritası



Şekil 5.3. Temsil edilen 15 bölge için spektral ivme değerleri haritası



Şekil 5.4. Temsil edilen 15 bölge için pik ivme değerleri haritası

6.SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada Osmaniye'de olması muhtemel depremler için bir analiz yapılmıştır. Osmaniye segmenti 6,7 büyüklüğünde, Toprakkale fayı ise 7,2 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir [23]. Osmaniye segmentinin 6,7 büyüklüğünde, Toprakkale fayının ise 7,2 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip faylar olmasından dolayı bütün deprem kayıtları içerisinde Magnitudü 6 ve daha büyük ($M \geq 6$) olan depremler seçilmiştir. Bingöl, Bolu, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez ve Van İllerinde meydana gelen depremler seçilen depremlerdendir. Bunlardan hariç olarak Osmaniye'de meydana gelen deprem kayıtları da alınmıştır. Seçilen depremler AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet sitesinden temin edilmiştir. İncelenen deprem kayıtları içinde; deprem kayıtlarının yatay ve düşey yöne ait üç adet bileşeni verilir (N-S, E-W, U-D). Bu kayıtlardan büyük olan yatay ivme kaydı çalışmada kullanılmak üzere ayrı bir dosya olarak yeniden arşivlenmiştir. Elde edilen deprem kayıtlarının üç yöndeki (N-S, E-W ve U-D) bileşenlerinden $\text{cm/s}^2(\text{gal})$ cinsinden en büyük değerde olan yatay yöndekiler için düzenlenmiş ve ProShake 2.0 programına veri dosyası olarak kaydedilmiştir. Çalışmada ayrıca ProShake 2.0 programında yer alan deprem kayıtları da kullanılmıştır.

Osmaniye Kent Merkezinin (OKM) 8500 hektarlık bölümünde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler 15 farklı bölgeye ayrılmış ve bu 15 bölgeyi temsil edebileceği kabulüyle 15 adet kuyu seçilmiştir. Seçilen bu 15 adet kuyuya ait veriler kullanılmıştır. Osmaniye il merkezi DSİ 64.Şube Müdürlüğü bahçesindeki 8003 numaralı istasyona en yakın mesafede bulunan, mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında yapılan sondajlardan verileri elde edilen SK-175 kuyusu seçilmiştir. Seçilen kayıtlar bu kuyu civarından okunuyormuş gibi değerlendirilmiştir.

8003 istasyonuna en yakın SK-175 kuyusu zemin tabakaları ProShake 2.0 programında Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye ve program içerisinde bulunan Diam, ElCentro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasisland, Yerbaisland deprem kayıtlarına göre analiz ettirilmiştir. 8003 istasyonunun derinliği 0,00 metrede olduğu için analiz işlemleri yapılırken deprem kayıtları en üst zemin

tabakasına etki ettirilmiştir. Depremler zeminin derinliklerinde oluşup zemin yüzeyine doğru etki ettiğinden ana kaya seviyesindeki ivme kayıtlarının bulunması için en üst tabakadan etki ettirilen deprem kayıtları analiz işlemi sonucunda en alt tabakada ana kayada oluşan ivme kayıtları elde edilmiştir. Elde edilen ivme kayıtları daha sonra analize tabi tutulacak OKM'de seçilen 15 adet sondaj kuyusuna en alt tabakadan etki ettirilmiş ve en üst tabakadan ivme kayıtları ve bağlı bileşenler hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler OKM haritaları üzerine renklendirilerek basılmış ve çalışma sonucu en özet hali ile verilmiştir.

Spektral İvme değerlerinin değişimine bakarak tüm bir bölge için sabit spektral ivme değerlerinin bölge özelliğine göre, tasarımda çok büyük ya da çok küçük deprem kuvvetleri oluşturma olasılığı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda 18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği"nde tavsiye edilen farklı zemin sınıflarında farklı deprem özellikleri yaklaşımının makul olduğu sonucuna varılabilir. Araştırmada da Osmaniye bölgesi içerisinde 15 kuyu tarafından temsil edilen 15 bölgede pik ivme ve spektral ivme değerlerinin zemin özelliklerine göre farklı deprem kayıtları için değişim gösterebileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Yağcı, B., Mikrobölgeleme metodolojileri ve Balıkesir için bir uygulama, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Balıkesir, 194, 2005.
- [2] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme, World institute for Disaster Risk Management (DRM), 2004.
- [3] Ansal, A. M., Biro, Y., Erken, A., Gülerce, Ü., Özçimen, N., Seismic zonation in Istanbul: A case study, Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, Istanbul-Turkey, 23-24 August 2001.
- [4] Finn, W.,D., L. and Ventura, C., E., Challenging issues in local microzonation, 5 th International Conference on Seismic Zonation, Nice-France, October 17-18-19 1995.
- [5] Marcellini, A., Slejko, D., State of the art of seismic hazard and microzonation in Italy, 10 th European Conference on Earthquake Engineering, 2523-2530, Vienna-Austria, 1994.
- [6] ISSMFE, Manual for zonation on seismic geotechnical hazards, Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, Tokyo, 1993.
- [7] Avcı Yener, S., Altınova bölgesi (Tekirdağ) arazisi mikrobölgeleme haritalarının jeolojik ve geoteknik özelliklere bağlı olarak hazırlanması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 127, 2011.
- [8] Lermo, J., Chavez Garcia, F.J., Site effect evaluation at Mexico City: Dominant period and relative amplification form strong motion and microtremor records, Soil dynamics and Earthquake Engineering, 13(6), 413-423, 1994.

- [9] Schmitz, M., Enomoto, T., Ampuero, J.P., Rocabado, V., Kantak, P., Sanchez, J., Rendon, H., Gonzalez, J., Abeki, N., Villotte, J.P., Navarro M. and Delgado, J., Seismic microzoning study in chacao district, Caracas, Venezuela, 12 th European Conference on Earthquake Engineering, 808-818, Londra-England, 2002.
- [10] Lav, A., "İstanbul ve Erzincan şehirlerinde zemin büyütme etkilerine göre mikrobölgeleme", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 225, 1994.
- [11] Güllü, H., Dinarın zemin büyütmelerine göre coğrafik bilgi sistemleri ile mikrobölgeleme, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 290, 2001.
- [12] Eyyubov, C., Köksal F., Maraşlı Z., Arazinin sismik ivme dağılımına zemin koşullarının etkisi, Yukarı Orta Anadolu Depremleri Jeofizik Toplantısı, Yozgat-Türkiye, 2001.
- [13] Gökçe, V., Güneybatı Türkiye’de depremsellik ve deprem tehlike analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 81, 2007.
- [14] Okur, V., Tehlike analiz yöntemlerinin İstanbul, İzmir, Dinar bölgeleri için karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 96, 1996.
- [15] Özmenek, Ş. G., Marmara bölgesinin deprem risk analizi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 120, 2000.
- [16] Ansal, A. M., İstanbul’da deprem, İstanbul ve Deprem Sempozyumu, 7-27, İstanbul,-Türkiye, 04 Mayıs 1991.

- [17] Siyahi, B. G., Ansal, A. M., Deprem tehlikesi bulunan bölgelerde şev stabilitesine göre mikrobölgeleme, Erzincan ve Dinar depremleri ışığında Türkiye'nin deprem sorunlarına çözüm arayışları, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu, 123-131, Ankara-Türkiye, 15-16 Şubat, 1996.
- [18] Ersoy, U., 1992 Erzincan depreminden alınması gereken dersler, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 395-403, İstanbul-Türkiye, 10-13 Mart 1993.
- [19] Okutucu, S. F., 13 Mart 1992 Erzincan depreminde denetim tasarım ve yapım hataları nedeniyle oluşan hasarlar, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 464-468, İstanbul-Türkiye, 10-13 Mart 1993.
- [20] Skipp, O. B., Seismic Risc, 18th European Regional Earthquake Engineering Seminar, 3-16, Lyon- France, 4-8 September 1995.
- [21] Ansal A., Slejko, D., The long and winding road from earthquakes to damage, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 21(5), 369-375, 2001.
- [22] Bommer, J.J., Scott, S.G., Sarma, S.K., Hazard-consistent earthquake scenarios, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 19(4), 219-231, 2000.
- [23] Osmaniye ili Osmaniye belediye sınırlarını kapsayan yaklaşık 8500 hektar alanın imar planına esas mikrobölgeleme etüt raporu, Osmaniye Belediye Başkanlığı, İMAKSU A.Ş, 2016.
- [24] Beyaz, T., Zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtlarına göre Türkiye için yeni bir deprem enerjisi azalım bağıntısının geliştirilmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 272, Ankara, 2004.
- [25] ProShake Ground Response Analysis Program Version 2.0 User's Manuel
Erişim adresi: http://www.proshake.com/proshake_2.0/User%20Manual.pdf,
Erişim Tarihi: 10.02.2018

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı :Serdar BAYRAKCI

2. Doğum Tarihi :05/03/1987

3. Ünvanı :İnşaat Mühendisi

4. Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Okul/Üniversite	Bitirme Yılı
Lise	Fen Bilimleri	Osmaniye Mehmet Akif Ersoy Lisesi	2004
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	2010
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi ve İskenderun Teknik Üniversitesi Ortak Tezli Yüksek Lisans Programı	2018

5.İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Mühendis	Özel Sektör	2010-2012
Mühendis	Osmaniye Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	2012 -.....