

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**1999 GÖLCÜK DEPREMİNİN AVCILAR BÖLGESİNE ETKİSİ VE
AVCILAR BÖLGESİNDE UYGULANAN ZEMİN İYİLEŞTİRME
YÖNTEMLERİ**

İŞİL ALPTEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ A. YÜCEL ÜRÜŞAN**

İSTANBUL, 2020

Işıl ALPTEKİN tarafından hazırlanan “1999 Gölçük Depreminin Avcılar Bölgesine Etkisi ve Avcılar Bölgesinde Uygulanan Zemin İyileştirme Yöntemleri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile İstanbul Gelişim Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman:Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yücel ÜRÜŞAN

İnşaat Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan :Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

İnşaat Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye :Doç. Dr. Savaş ERDEM

İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü V.

ETİK BEYAN

İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İŞİL ALPTEKİN

---- /---- /2020

1999 GÖLCÜK DEPREMİNİN AVCILAR BÖLGESİNE ETKİSİ VE AVCILAR BÖLGESİNDE UYGULANAN ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Işıl ALPTEKİN

GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2020

ÖZET

Türkiye topraklarının %93' ü aktif deprem bölgesi içinde yer almaktadır. 4. yüzyıldan günümüze kadar, Marmara bölgesinde İstanbul ilini etkileyen yaklaşık 34 yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Son depremler arasında yer alan 17 Ağustos 1999 depremi Gölcük merkezli olup İstanbul ili Avcılar ilçesinde ciddi anlamda can ve mal kaybının yaşanmasına neden olmuştur. Bu deprem yaratmış olduğu hasarlar nedeniyle mühendislik açısından yıkıcı depremler arasında oldukça önemli bir yere sahiptir.

Çalışma kapsamında İstanbul ili Avcılar ilçesi zemin özellikleri ve daha önce diğer araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda Avcılar ilçesinde geoteknik firmalarının yapmış olduğu çalışmalar gözden geçirilmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda Avcılar ilçesinde hangi zemin iyileştirme yöntemleri ve deneylerin uygulandığı araştırılmıştır. 2018 TBDY incelenerek yeni gelen düzenlemelerin uygulamaları araştırılmıştır. Beklenen Marmara depremi hakkında görüşmeler yapılmış ve aynı acıların yaşanmaması için alınması gereken tedbirler aktarılmıştır.

Anahtar Kelimeler : 17 Ağustos 1999 depremi, deprem parametreleri, deprem ve zemin ilişkisi, zemin iyileştirme yöntemleri

Sayfa Adedi : 134

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yücel Ürüşan

EFFECT OF 1999 GÖLCÜK EARTHQUAKE ON THE REGION OF AVCILAR AND
METHODS OF GROUND IMPROVEMENT APPLIED IN THE REGION OF AVCILAR

(M. Sc. Thesis)

Işıl ALPTEKİN

GELİŞİM UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2020

ABSTRACT

93% of Turkish territory is located in the active earthquake zone. From the 4th century to the present day, there have been about 34 devastating earthquakes affecting Istanbul province in the Marmara region. The earthquake of August 17, 1999, which was among the last earthquakes, was based in Gölcük and caused a significant loss of life and property in the district of Avcilar in Istanbul province. This earthquake has a very important place among the earthquakes that are destructive in terms of engineering due to the damage it has caused.

Within the scope of the study, the ground characteristics of Avcilar district of Istanbul province and the studies previously carried out by other researchers were examined. In this context, the work done by geotechnical companies in Avcilar district has been reviewed. In line with the purpose of the study, it was investigated which ground improvement methods and experiments were applied in Avcilar district. 2018 TB DY has been examined and applications of new regulations have been investigated. Discussions were held about the expected Marmara earthquake and measures were taken to prevent the same suffering.

Key Words : August 17, 1999 earthquake, earthquake parameters, earthquake and ground relationship, ground improvement methods

Page Number : 134

Supervisor : Asist. Prof. Dr. Ahmet Yücel Ürüşan

TEŞEKKÜR

Bu alıőmamda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme ve babama, yüksek lisans eğitimim boyunca dersler ve genel bilgilendirme konusunda sürekli etkileőim içinde olduğum danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sayın Ahmet Yücel ÜRÜŞAN'a ve diğer hocalarıma, görüőmelerimde katkıda bulunan ve yardımlarını esirgemeyen Avcılar Belediyesi, Küçükçekmece Belediyesi'ne, çalıőmamda yardımlarını esirgemeyen Enfa Zemin Mühendislik firmasında görev alan mühendis Mustafa SÖNMEZ'e ve Kaya Mühendislik firmasında görev alan Jeoloji mühendisi Engin Yılmaz'a, çalışma aőamasının her anında bana desteklerini bir an olsun esirgemeyen canım dostlarım Fazilet KÜTÜK'e ve Muhammed Ali YAPICI'ya en içten dileklerle teőekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. ZEMİN, YAPI, TEMEL VE DEPREM İLİŞKİSİ.....	3
2.1. Zemin Tanımı ve Çeşitleri	3
2.1.1. Zemin çeşitlerinin sınıflandırılması	3
2.1.2. Zeminlerin sınıflandırılması.....	4
2.1.3. Zemin cinslerinin genel sınıflandırılması.....	5
2.2. Zemin İyileştirme Yöntemleri	6
2.2.1. Derin zemin iyileştirme yöntemleri	7
2.2.2. Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri	10
2.3. İyileştirilmiş Zeminlerde Kullanılan Deneyler.....	12
2.3.1. Standart penetrasyon testi (SPT).....	12
2.3.2. Konik penetrasyon testi (CPT).....	13
2.3.3. Presiyometre deneyi	13

2.4. Yapı Tanımı ve Sınıflandırılması	14
2.5. Temel Kavramı ve Özellikleri	15
2.5.1. Temellerin sınıflandırılması	16
2.5.2. Yüzeysel temeller.....	16
2.5.3. Derin temeller.....	19
2.6. Deprem.....	22
2.6.1. Faylar ve fay tipleri.....	22
2.6.2. Deprem türleri	24
2.7. Deprem Parametreleri	25
2.8. Deprem Dalgaları ve Yayılımı	28
2.9. Kuvvetli Yer Hareketleri.....	30
2.9.1. Kuvvetli yer hareketleri parametreleri.....	31
2.10. Zemin, Deprem ve Binalarda Rezonans Frekansı	33
2.11. Depremlerin Yol Açtığı Zemin Oturmaları.	34
2.12. Depreme Bağlı Sıvılaşma.	35
2.13. Şiddet, Zemin İvmesi, Hız ve Yapı Tipleri Arasındaki Hasar İlişkisi	35
2.14. Yapı Hasarları.....	36
2.15. Deprem, Zemin ve Yapı İlişkisi	37
3. 1999 GÖLCÜK DEPREMİ VE ÇALIŞMA ALANI: AVCILAR	39
3.1. Türkiye’de Deprem	39
3.2. Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF).....	40
3.3. 1990 – 2020 Tarihleri Arasındaki Yıkıcı Depremler	41
3.4. 17 Ağustos 1999 Depremi	43
3.4.1. 17 Ağustos 1999 depreminin ekonomik etkisi.....	45
3.5. Çalışma Alanı Tanıtımı.....	46

3.6. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri.....	49
3.7. Çalışma Alanı Formasyonu	51
3.8. 17 Ağustos 1999 Depreminde Avcılar.....	53
3.9. Avcılar Bölgesinde Yapılmış Zemin Çalışmaları	55
3.9.1. Dinamik konik penetrometre ölçümleri.....	57
3.9.2. Heyelan.....	58
3.10. Sismik Refraksiyon Çalışmaları.....	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	66
4.1. Yöntem.....	66
4.2. Avcılar Bölgesi Zemin ve Temel Etüd Raporları.....	66
4.3. Avcılar Belediyesi Zemin ve Temel Etüd Raporları.....	83
4.4. Avcılar Bölgesi Senaryo Deprem İncelemesi.....	87
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR	97
EKLER.....	102
EK-A. Yerleşime Uygunluk Haritası	
EK-B. Toplanma Alanları	
EK-C. Yerel Zemin Sınıfları	
EK-D. Denizköşkler Zemin Etüd Raporu: Enfa Zemin Mühendislik	
EK-E. Mahallelerin AFAD Sismik Tehlike Raporları	
ÖZGEÇMİŞ	116

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Zemin türlerinin sınıflandırılması	4
Çizelge 2.2. Kum ve Kil arasındaki farklar	6
Çizelge 2.3. Temellerin sınıflandırılması	16
Çizelge 2.4. Şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki bağıntı.....	26
Çizelge 2.5. Richter magnitüdü	27
Çizelge 2.6. Şiddet, zemin ivmesi, hız ve yapı tiplerindeki hasar arasındaki ilişkiler ..	36
Çizelge 3.1. VI büyüklük ve üzeri depremler	42
Çizelge 3.2. Avcılar ilçesinin mahallelerine göre bina, mesken, işyeri sayıları	48
Çizelge 3.3. Avcılar ilçesi mahallelerinin toplanma alanları	55
Çizelge 3.4. Avcılar zemin yapısına göre periyod ve büyütme değerleri	57
Çizelge 3.5. Zemin büyütmesinin Finn(1993)'e göre sınıflandırılması.....	61
Çizelge 4.1. Mustafa Kemal Paşa mahallesi profil – MASW hat ölçümü	68
Çizelge 4.2. Mustafa Kemal Paşa mahallesi sondaj verileri	68
Çizelge 4.3. Nokta yükleme deneyi	69
Çizelge 4.4. Merkez mahallesi profil – MASW hat ölçümü.....	70
Çizelge 4.5. Merkez mahallesi sondaj verileri	70
Çizelge 4.6. Ambarlı mahallesi profil – MASW hat ölçümü	72
Çizelge 4.7. Ambarlı mahallesi sondaj verileri	73
Çizelge 4.8. Gümüşpala mahallesi profil – MASW hat ölçümü	75
Çizelge 4.9. Gümüşpala sondaj verileri	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.10. Denizköşkler mahallesi profil – MASW hat ölçümü	78
Çizelge 4.11. Denizköşkler sondaj verileri	78
Çizelge 4.12. Cihangir mahallesi profil – MASW hat ölçümü	81
Çizelge 4.13.Cihangir sondaj verileri	81
Çizelge 4.14. Nokta yükleme deneyi	82
Çizelge 4.15. Ambarlı mahallesi sondaj verileri	84
Çizelge 4.16. Zemin parametreleri	85
Çizelge 4.17. Denizköşkler mahallesi sondaj verileri	86
Çizelge 4.18. Bina hasarı tahmin sonuçları	89
Çizelge 4.19. Gece nüfusu can kaybı ve yaralı sayıları tahmin sonuçları	90
Çizelge 4.20. Avcılar ilçesi sosyal hasar görebilirlik	91
Çizelge 4.21. Avcılar ilçesi mahalle bazlı sosyal hasar görebilirlik puanları	92

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Vibrokompaksiyon metod uygulanma aşaması	8
Şekil 2.2. Jet grout çalışma sistemi	9
Şekil 2.3. Otomatik düşürmeli şahmerdan mekanizması	12
Şekil 2.4. a) Konik penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi, b) Deneyin Uygulanması	13
Şekil 2.5. Piyosemetre deneyi	14
Şekil 2.6. Kare tekil temelin gösterimi	17
Şekil 2.7. Dairesel tekil temel gösterimi	17
Şekil 2.8. Çift yönde ve tek yönde sürekli temellerin gösterimi	17
Şekil 2.9. Dikdörtgen ve yamuk taban alanlı birleşik temellerin genel görünümleri ...	18
Şekil 2.10. Ayak temel sisteminin gösterimi	21
Şekil 2.11. 12 Kasım 1999 Düzce depremi (Mw:7.2)	33
Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	50
Şekil 3.2. Paşaeli heyelan sahasında belirlenen fay zonları	59
Şekil 3.3. Heyelan sonucu düştüğü varsayılan kütlelerin modeli (ölçeksiz)	60

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yerinde dökme beton kazık (fore) uygulaması	20
Resim 2.2. Birbirlerine sürtünerek hareket eden levhaların hareketi a)Kuzey Anadolu fay hattı, b) San Andreas fay hattı	22
Resim 2.3. Fay, fay zonu, makaslama zonu gösterimi	23
Resim 2.4. Odak noktasından yayılan P ve S dalgalarının yakın ve uzak olan istasyonlara ulaşma zaman aralıkları	29
Resim 3.1. Avcılar Balaban'da heyelan sonucu yıkılan ve düşeyden sapan bina	61

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Ulusal kuvvetli yer hareketi gözlem istasyonları dağılımı	31
Harita 2.2. Boğaziçi üniversitesi kandilli rasathanesi ve deprem araştırma enstitüsü bölgesel deprem-tsunami izleme ve değerlendirme merkezi	31
Harita 3.1. Türkiye deprem tehlike haritası	40
Harita 3.2. Türkiye’de faylar	40
Harita 3.3. Marmara bölgesi faylar	41
Harita 3.4. Marmara bölgesi deprem etkinliği	44
Harita 3.5. 17 Ağustos 1999 deprem haritası	45
Harita 3.6. Avcılar yer bulduru haritası	47
Harita 3.7. Avcılar jeoloji haritası	50
Harita 3.8. Sismik ölçüm noktaları	63
Harita 3.9. Sondaj ölçüm noktaları	64
Harita 3.10. Sondaj SPT-N değerlerinden elde edilen V_{s30} değerlerinin sınıflaması ...	65
Harita 3.11. Sismik ölçümlerden elde edilen V_{s30} haritası	65
Harita 4.1. Avcılar ilçesi sosyal hasar görebilirlik düzey haritası	91

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
mm	Milimetre
cm	Santimetre
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
m/s	Metre bölü saniye
cm/s	Santimetre bölü saniye
m²/kN	Metrekare bölü kilo Newton
km	Kilometre
hz	Hertz
g	Yer çekimi ivmesi
I	Bina önem katsayısı
sn	Saniye
kg	Kilogram
kg/cm²	Kilogram bölü santimetrekare
Mb	Cisim dalgası büyüklüğü
Md	Süreye bağlı büyüklük
MI	Yerel büyüklük
Ms	Yüzey dalgası büyüklüğü
Mw	Moment büyüklüğü
R	Rayleigh dalgası
L	Love dalgası
P	Sıkışma dalgası
S	Kesme dalgası
PI	Plastisite indisi
V_{S30}	Üst 30 metredeki kayma-dalgası hızı

Simgeler	Açıklamalar
Z	Yerel Zemin Sınıfı
UA	Uygun Alan
CI	Orta plastisite
CH	Yüksek plastisite
qu	Tek eksenli sıkışma
S	Enine dalgalar
ϕ	Efektif kayma dayanımı açısı
S_s	Spektral ivme katsayısı
A_k	Yer büyütme değeri
LL	Likit Limit
PL	Plastik Limit
C_u	Drenajsız kayma mukavemeti
kPa	Kilo paskal
m_v	Hacimsel sıkışma katsayısı
M	Deformasyon Modülü
MPa	Mega paskal
Sc	Konsolidasyon oturması
Se	Temelde oluşacak ani oturma
St	Toplam oturma
To	Zemin Hakim Titreşim Periyodu
c	Kohezyon
SK	Sondaj sayısı

Simgeler	Açıklamalar
N_{30}	30 ortalama 30 metredeki vuruş
A_0	Etkin yer ivme katsayısı
T	Spektrum karakteristik periyot
I_c	Kıvam indisi
c_u	Drenajsız kohezyon
φ	İçsel sürtünme açısı
γ	Birimsel hacim ağırlık
M_c	Hacimsel sıkışma modülü
C_c	Zemin sıkışma indisi
W_L	Likit limit
a_p	En büyük yer ivmesi
L	Uzunluk

Kısaltmalar	Açıklamalar
AFAD	Afet ve acil durum
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
CaO	Kalsiyum oksit
CPT	Konik Penetrasyon Testi
DD	Deprem Yer Hareket Düzeyleri
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı

Kısaltmalar**Açıklamalar****DBYYHY**Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında
Yönetmelik**D100**

Ankara-İstanbul Karayolu

GSMH

Gayri safi milli hasıla

KAF

Kuzey Anadolu Fayı

KAFZ

Kuzey Anadolu Fayı Zonu

MAM

Mikrotermot Hat Ölçümü

MM

Mercalli cetveli

MSK

Medvedev-SponheurKarnik

PGA

Maksimum (pik) yer ivmesi

PGV

Maksimum yer hızı

PHA

Maksimum yatay ivmesi

PHV

Maksimum hız değeri

PVA

Maksimum düşey ivme

SPT

Standart Penetrasyon Testi

TBDY

Türkiye bina deprem yönetmeliği

TEM

Trans-Avrupa Kuzey-Güney Otoyolu

TS500

Türk Standartı

USGS

Amerikan jeoloji araştırma birimi

YBE

En büyük etkin büyütme

1. GİRİŞ

Dünyanın oluşumundan günümüze kadar sismik açıdan aktif olarak bulunan bölgelerde yaşanan depremler birçok yıkımları meydana getirmiş ve milyonlarca insanın yaşamını yitirmesine neden olmuştur. Depremler sonucunda birçok yıkımın ve hasarın meydana gelmesi ve bu faktörlerin can kaybına neden olması deprem ve zemin alanında çalışmaların yapılmasını kaçınılmaz kılmıştır. Projelendirilen yapıların gelecekteki depreme karşı vereceği tepkiler mühendisler tarafından tam olarak tahmin edilememektedir. Ancak zemin ve yapıların, deprem davranışlarını belirlemek amacıyla zemin ortamının ve deprem etkisinin doğru tanımlanması gerekmektedir. Zemin yapısı, yapının deprem anındaki davranışı ile doğrudan ilgilidir. Bir yapının sismik davranışı ise üst yapı, deprem kaynağı, zemin şartları ve temelin özellikleri ile yakından alakalıdır. Bu sebeple yapı inşası başlamadan önce yapının inşa edileceği zeminin iyice incelenmesi ve deprem anındaki davranışının öngörülebilmesi gerekmektedir.

Türkiye, %93'ü aktif deprem kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle deprem kuvvetleri etkisi Türkiye için oldukça önemlidir. 17 Ağustos 1999 depremi mühendislik açısından yaratmış olduğu yıkım ve hasarlar nedeniyle yıkıcı depremler arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Çalışma alanı olan Avcılar, merkez üssü Gölcük (İzmit) olan 17 Ağustos 1999 depreminde İstanbul'un en çok etkilenen ilçesi olmuştur. Deprem nedeniyle ilçede 274 kişi hayatını kaybetmiş ve 1880 kişi yaralanmıştır. Konutlarda ağır hasarlı bina sayısı 1736, orta hasarlı bina sayısı 5061 ve hafif hasarlı bina sayısı ise 3621 olarak kayıtlara geçmiştir. 17 Ağustos 1999 depreminden günümüze kadar Avcılar ilçesinde çeşitli zemin çalışmaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu zemin çalışmalarının büyük kısmının sorumluluğu inşaat, deprem, jeoloji mühendisliğine aittir.

Çalışma kapsamında 17 Ağustos 1999 depreminin Avcılar üzerindeki etkisine değinilmiş ve 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında Avcılar bölgesinde uygulanan ve günümüzde de uygulanmakta olan zemin iyileştirme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda bölgede aktif olarak faaliyet gösteren mühendislerin uygulamış olduğu zemin çalışmaları incelenmiştir. Bölgede yürütülen çalışmaların ve kullanılan yöntemlerin araştırılması amacıyla Avcılar Belediyesi, Küçükçekmece Belediyesi ve Avcılar'da aktif çalışmakta olan geoteknik firmaları ile derinlemesine görüşmeler yapılmıştır. Uygulanan yöntemlerin ve deneylerin Avcılar bölgesine yeterliliği ölçülmeye çalışılmış olup aynı zamanda Avcılar bölgesi genelinde yaşanan deprem zararı temelinde, beklenen olası depremde yaşanılması

mümkün olarak görülen hasarların temel sebeplerine değinilmiştir. 1999 Gölçük depremi merkez üssüne yaklaşık 100 km uzaklıkta olmasına rağmen Avcılar bölgesinde çok fazla yıkım ve can kaybının meydana gelmesi çalışma açısından oldukça önem arz etmektedir. Aynı zamanda Avcılar bölgesindeki yıkımların semtlere göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. ‘Bu değişikliğin sebebi zemin özelliklerinden mi yoksa uygun yapı inşa edilmemesinden mi kaynaklanmaktadır?’ sorusu üzerinde durulmuştur.



2. ZEMİN, YAPI, TEMEL VE DEPREM İLİŞKİSİ

Çalışmanın bu bölümünde öncelikli olarak zemin, zemin iyileştirme yöntemleri ve arazi deneyleri hakkında geniş çaplı bilgiler verilmiştir. Yapı tanım ve türleri, aynı zamanda çalışma açısından zemin kadar önemli olan temel tiplerine değinilmiştir. Çalışmanın temel yapı taşı olan deprem kavramı tanımlanarak deprem parametreleri detaylıca incelenmiştir. Tüm bu bilgiler neticesinde bölüm sonunda zemin, yapı, temel ve deprem ilişkisi kurulmuştur.

2.1. Zemin Tanımı ve Çeşitleri

Genel olarak su, boşluk, katı tanecikler ve minerallerin karışımından oluşan malzemeye '*zemin*' denir. Zemin heterojen yapıdadır ve karışım oranı koşullara bağlı olarak değişim göstermektedir. Zemin çeşitleri iki gruba ayrılır. Bunlar toprak zemin ve kaya zemindir. Toprak zemin mineralli daneler içermektedir ve danelerin su içerisinde dağılma özelliği vardır. Kaya zemin ise güçlü ve devamlı kohezyon bağları içeren mineraller içermektedir. Bu kohezyonlu bağlar kaya zeminde minerallerin kolayca dağılmasını önlemektedir. Böylece sağlam zeminler oluşmaktadır.

2.1.1. Zemin çeşitlerinin sınıflandırılması

Çakıl ve Kum; 3 mm ve üzeri ölçülerde olan yuvarlak kaya parçalarından oluşan agregalara '*çakıl*' denir. Çakıllar kendi içlerinde ince çakıl (4–64mm), iri çakıl (64-256mm) ve koca taş (256+mm) olarak tane büyüklüklerine göre ayrılmaktadırlar [1]. Çapı 0,074-2 mm arasında değişim gösteren ve mineral kayaç veya toprak parçalarından oluşan maddeye '*kum*' denir.

Kil; Hidratlı alüminyum ve magnezyum silikatların birleşmesinden oluşan malzemeye '*kil*' denir. "Hem kohezif hem de plastik özelliğe sahip olan killer ıslanıldığında şişen, kurduğunda büzülen ve yükleme durumunda konsolide olup suyunu dışarı atabilen çok ince dane boyutuna sahip zemin olarak tanımlanır"[2].

Silt; Çapı 0,005-0,074 mm. olan tortul kayaçlara '*silt*' denir. Siltler, inorganik silt ve organik silt olarak 2'ye ayrılır. İnorganik silt, plastisitesi az veya elastik ince daneli zemin türüdür. Permeabilitesi çok düşük olup sıkışabilme özelliği çok yüksektir. Organik silt, plastik ince

daneli zemin türüdür. Bünyesinde deniz kabuğu, çürümüş bitki artıkları ve çürümeden kaynaklı kokuyu içerisinde barındırır.

Turba; Çürümüş bitki artıklarından olmuş içerisinde lif olan zemin türüdür. Temel zemini için uygun değildir. Bunun nedeni çok fazla sıkışabilen bir yapıdadır.

2.1.2. Zeminlerin sınıflandırılması

Zeminler dane büyüklüklerine göre evrensel standart laboratuvar ve saha çalışmaları yapılarak sınıflandırılırlar. Zeminlerin sınıflandırılması belirli parametreler hakkında biz mühendisler için bilgi kaynağı olmaktadır. Bu parametrelerden bazıları permabilite, sıkılaşılabirlik, zemin işlenebilirlik ve kayma dayanımı olarak söylenebilir.

Çizelge 2.1 Zemin türlerinin sınıflandırılması [1].

İSİM	TANIM	ÖNEMLİ KARMATİPLER	MUKAVEMET ÖZELLİKLERİ	BÜNYESEL ÖZELLİKLERİ
Çakıllar	Ekseri daneler, No. 7 B.S. eleğinin(1/16 in.) üstündedir.	Taşlı çakıllar Kumlu çakıllar Killi çakıl		
Kaba, orta ve ince kumlar	Ekseri daneler No. 7 ve 25B.S. eleklerinin arasındadır. Ekseri daneler No.25 ve 72B.S. eleklerinin arasındadır. Ekseri daneler 72 ve 200 B.S.eleklerinin arasındadır. Genişleme gösterirler. (Daneler çıplak gözle görülebilir. Kuru iken kohezyon yoktur.)	İyi derecelendirilmiş kumlu çakıllar Siltli kumlar Killi kumlar Kaykılı kumlar	Sıkı: Kazı için bir kazmaya	Homojen veya tabaka halinde teşekkül

Siltler	Ekseri daneler No. 200 B.S. eleğinden geçer. Daneler çıplak gözle zor görülebilir veya görülmez. Ele pütürlü (kumlu) hissi verirler. Genişleme gösterirler. Kuru olduklarında az kohezyon gösterirler.	Organik Silt	Katı	Homojen veya tabaka halinde teşekkül
		Mikalı Silt	Yumuşak	
Killler	Hakim dane çapı 0,002 mm' nin altındadır ve kaygan bir yapıya sahiptir. Plastik genişleme yoktur. Kuru iken mühim kohezyondur.	Çakıllı kil	Sert: Parmaklarla şekil verilemez.	Fisürlü yapraklı hava etkisine maruz kalmış veya kalmamış
		Kumlu kil	Katı: Parmakların kuvvetli basıncı ile şekil verilebilir.	
		Siltli kil	Yumuşak: Parmaklarla kolayca şekil verilebilir.	
Marnlar Organik kil				
Turbalar	Normal deneylerle tanınabilir. Yüksek kompresibilitedir. Lifli kahve renkli veya siyah renklidir.	Kumlu, siltli veya killi turbalar	Katı: Kompakt Yumuşak: Çok sıkıştırılabilir ve süngerimsi	

Çizelge 2.1’de zemin türlerinin özellikleri gösterilmiştir. Zeminler genel olarak kohezyonlu ve kohezyonsuz olarak veya dane boyutlarına göre ve organik zemin olarak sınıflandırılırlar.

2.1.3. Zemin cinslerinin genel sınıflandırılması

İri daneli zeminler

İri daneli zeminlerin büyüklükleri taş ile kum arasında değişim göstermektedir. İri daneli zeminlerde sertliğinden mütevellit kuvarsın minerali içermektedir. İri dane oranı elek analizi ile bulunmaktadır.

İnce daneli zeminler

Silt ve killer ince daneli grupta yer alırlar. Silt, ince kum ve kil arasında kalmış zemin türüdür. Düşük kayma mukavemetli, sıkışabilir ve plastik özelliklere sahiptir. Dolayısıyla

deforme olabilirler ve permabiliteleri çok düşüktür. Killer, yapraklı ve fisürlü yapıda bulunurlar. Kaba ve ince daneli zeminleri karşılaştırmak ile kum ve killeri karşılaştırmak arasında fark yoktur. Çizelge 2.2’de kum ve kil arasındaki farklar gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Kum ve kil arasındaki farklar [1].

KUM	KİL
Boşluk oranı düşüktür	Boşluk oranı yüksektir.
Temizken az kohezyon	Su muhtevasına bağlı kohezyon
İçsel sürtünme yüksek	İçsel sürtünme düşük
Elastik	Plastik
Az sıkışır	Çok sıkışır
Hemen sıkışır	Yavaş sıkışır
Suya karşı geçirgen	Suya karşı geçirgen değil

Organik zeminler

İçerisinde önemli miktarda bitkisel lifli ve şekilsiz malzemeler içeren, koyu-kahverengi siyah renk aralığında olan organik maddeler içeren zemin türüdür. Jeofizik ve inşaat mühendisleri için önemli bir zemin türü değildir. Zemin incelemesi yapılırken bu üst zemin çıkarılır.

2.2. Zemin İyileştirme Yöntemleri

Mühendislerin yapının yapılacağı arazideki zemin özelliklerindeki kısıtlamaları belirleyerek zemini tasarımı elverişli hale getirmek amacıyla zemini ıslah etme (iyileştirme) durumuna “*zemin iyileştirme*” denir. Zemin iyileştirmek için kullanılan yöntemler ise “*zemin iyileştirme yöntemleri*” olarak adlandırılır. Zemin iyileştirmenin temel amacı zeminin kayma direncini artırılması, iri daneli zeminlerde sıklığın artırılması ve ince daneli

zeminlerde kıvamın arttırılmasıdır. Aslında kısaca zeminde boşluk oranların azaltılması veya zemindeki boşlukların çeşitli karışımlarla doldurulmasıdır.

Zemin özellikleri yeterli olmadığında, yapının oturtulacağı zeminde sağlam olmayan tabakalar geçilerek sağlam tabakaya yapının temellerini oturtmak, sağlam olmayan zemini komple kaldırarak yerine sağlam zemin doldurmak, doğal zemini iyileştirme yaparak tekrar yerine yerleştirmek, zemini yerinde yapılan işlemler ile iyileştirmek veya yapının temellerini zayıf zeminin taşıyabileceği şekilde tasarlamak zemin iyileştirme yöntemlerini tanımlamaktadır. Zemin iyileştirme yöntemleri, iyileştirme derinliğine bağlı olarak “*derin zemin iyileştirme yöntemleri*” ve “*yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri*” olarak ikiye ayrılmıştır [3].

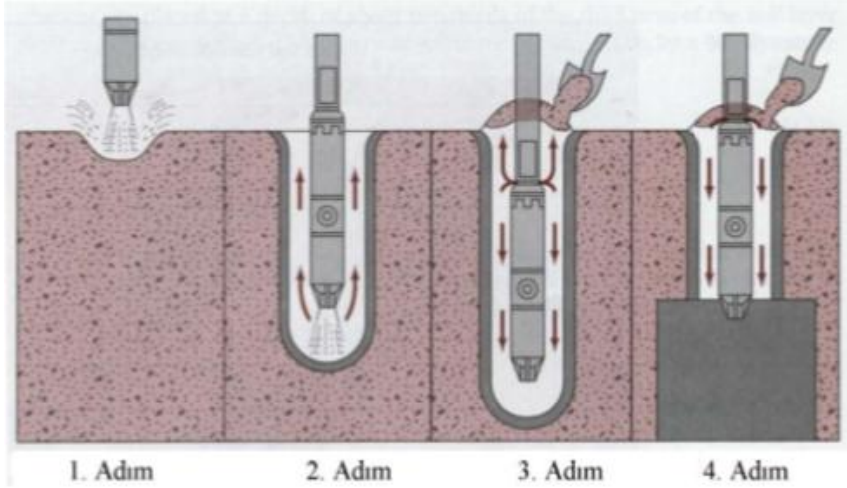
2.2.1. Derin zemin iyileştirme yöntemleri

Dinamik kompaksiyon yöntemi

Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde, 10-40 ton ağırlığındaki kütlelerin 10-45 m yükseklikten ıslah edilmesi istenen zemin yüzeylerine defalarca düşürülmesi yöntemine “*dinamik kompaksiyon yöntemi*” denir. Bu yöntemle zeminde şok dalgaları oluşur ve zemin sıkılaşması meydana gelir. Yöntem sayesinde gevşek iri daneli zeminlerde %70-80 relatif sıkılığa ulaşılabilmektedir. Bu yöntemle zeminlerin iyileştirilmesi kolay ve ekonomiktir.

Vibrokompaksiyon yöntemi

Vibrokompaksiyon yöntemi, kohezyonsuz, derin ve gevşek zeminlerde kullanılır. Yapılan bu iyileştirme yöntemi sıkıştırma işlemidir ve 2 metreden fazla, 1 metreden az aralıkta yapılmamaktadır. Uygulamada istenilen zeminin birim hacim ağırlığı, içsel sürtünme ve elastisite modülü gibi değerlerinin iyileştirilmiş ve böylece taşıma gücünün daha fazla olmasıdır. Şekil 2.1’de vibrokompaksiyon metod uygulama aşaması şekil üzerinde göstermiştir.



Şekil 2.1. Vibrokompaksiyon metod uygulanma aşaması [4].

“40 cm çapında silindirik bir sonda vibrasyonla beraber titreşimle ve sondanın dibindeki deliklerden yüksek basınçla su fişkırtılarak zemine indirilir. İstenen derinlikte suyun akışı azaltılır ve bir kısım fişkırtmanın yönü sonda yukarına çevrilerek, suyun yukarı doğru akışı ile dolgu malzemesi zeminin en uç noktasına inmesine neden olur. Doldurma işlemi devam ettikçe zamanla sondaj çevresinde 2.50-3.00 m. çapında bir bölge sıkıştırılmaktadır. Bu metot ile 10-15 m derinliğinde zemin tabakası sıkıştırılır” [3,4].

Taş kolonlar

Bu zemin iyileştirme yöntemi yumuşak ve orta yumuşak killi zeminlerde kullanılmaktadır. Yöntemden istenilen zeminde deprem durumunda sıvılaşma veya mukavemet kaybı varsa bunu önlemek ve taşıma gücünde artış olup oturma süresinde azalış olmasıdır. Taş kolonlar oturma sürelerini %50-60 oranında azaltabilirler. Böylece taşıma gücü seviyesinde yüksek artışlar görülebilmektedir.

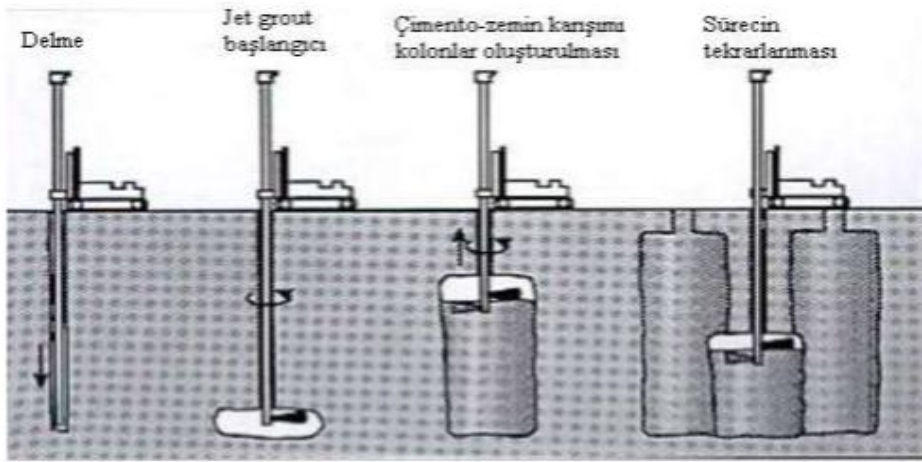
Enjeksiyon teknikleri

Basınç etkisi kullanılarak zemine çeşitli bileşimlerde karışım verilmesine ‘*enjeksiyon teknikleri*’ denir. Bu yöntemde hedef kayma mukavemetini arttırmak ve deforme olabilirliliği azaltmaktır. Enjeksiyon yöntemi, aşırı oturma ve sızıntıları engellemek, zemin içi boşlukları doldurmak, zeminde oluşabilecek erezyon tehlikesini önlemek, sıvılaşma riskini azaltmak,

komşu temel güçlendirmesinde, tünel inşaatında ve yapı ile ana kaya arasında oluşmuş olabilecek muhtemel boşlukları doldurmak için kullanılır.

Jet grout

Jet grout yöntemi alüvyon, silt, kum, çakıla kadar yani hemen her cins zeminde kullanılabilir. Kullanıldığı zemin üzerinde yapı varsa yapının stabilitesine zarar vermez. Yöntem sıvılaşmayı önlemek, kazı tabanında su gelmesini engellemek, şev stabilitesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Jet grout yüksek basınçlı enjeksiyonu zemine karıştırarak homojen ve sürekli yapı özelliğinde kolonlar oluşturur (Şekil 2.2). Bu kolonlar istenilen derinlikte başlatılabilir. Yöntem dar alanda uygulanabilir ve yer altı suyu basıncı sorunu teşkil etmez.



Şekil 2.2. Jet grout çalışma sistemi [4].

Derin karıştırma

Derin karıştırma yöntemi günümüzde daha çok killi zeminlerde kullanılmaktadır. Mevcut zeminin belli derinliklerinde uzaklaştırma olmadan çeşitli bağlayıcılar ve katkıları kullanarak zeminin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Derin karıştırmada önemli nokta, karıştırıcı şaftından malzemeyi kanatlı veya burgu karıştırıcılar ile zemine karıştırma işlemidir. Bu bağlayıcı maddeler çimento, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kireç ve çeşitli katkılardan oluşmaktadır. Kullanılan bağlayıcı madde zemin türüne bağlı olarak iyileştirilmesi gereken zemin hacminin %20-30'u kadar olması gerekir [5].

Kompaksiyon kazıkları

Kompaksiyon kazıkları yöntemi en etki derin zemin iyileştirme yöntemlerinden biridir. Bu iyileştirme yöntemi suya doymuş zeminlerde daha çok tercih edilmektedir. Yöntemin hedefi iyileştirilecek zeminin yoğunluğunu artırarak sıvılaşma potansiyelini azaltmaktır ve tabii ki taşıma gücünde artış sağlamaktadır. Bu yöntem 20 metre derinliğe kadar uygulanabilir olmaktadır. Uygulama esnasında kazıklar zemine çakılırken oluşan titreşimler zeminde sıkıştırmaya sebep olur. Kazıklar, zemine yerleştirildikten sonra zeminde istenilen düzeyde sıkışma sağlandıysa zemin içine bırakılır [4,5].

2.2.2. Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri

Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemlerinin kullanılmasındaki amaç zemini boşluk oranını azaltarak veya zemindeki mevcut suyu uzaklaştırmaktır.

Kompaksiyon

Kompaksiyon işlemi suya doymuş olmayan zeminlerde kullanılmaktadır. Kompaksiyon işleminde zemin üzerine ani ve ağır yüklemeler yapılır. Buradaki amaç zeminin ezilerek daneler arasındaki boşluğu azaltmaktır. Bu sayede zeminde kayma mukavemeti artarken oturmalar, permeabilite ve sıvılaşma potansiyeli azalmaktadır.

Katkı malzemeleri kullanılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi (Stabilizasyon)

Yumuşak veya yetersiz zeminler stabilize edilirken çoğunlukla ilk tercihimiz kötü zeminin kaldırıp yerine uygun malzemelerin yerleştirilmesi olmaktadır. Lakin bu yöntem çokça maliyetlidir. Fazla maliyetten kaçınmak için zeminlerde katkı maddeleri kullanılarak zeminin fiziksel özellikleri değiştirilebilmektedir. Kullanılan katkı maddelerinin en yaygınları kireç, çimento, uçucu kül ve bazı kimyasal maddelerdir.

Çimento stabilizasyonu

Çimentostabilizasyonunun her zemin türünde kullanılabilir olması büyük bir avantajdır. Çimento stabilizasyonu organik zeminler ve saf kohezyonlu zeminlerde kullanılamamaktadır.

Herzog(1967) bu konuyu “Normal portland çimentosu kalsiyum silikat ve alüminat karışımlarından oluşmaktadır. Suyun varlığında çimento içerisindeki bu silikat ve alüminat bileşikleri hidrasyona uğrayarak silikathidrat, alüminat hidrat ve alüminosilikat hidrat gibi bileşikler oluşturur. Çimento bileşiklerinin içerisinde az miktar serbest kireç (CaO) bulunmaktadır. Bu bileşik killi zeminlerdeki kil bileşenleri ile kimyasal reaksiyona girerek çimentonun nihai mukavemetini kazanmasına yardımcı olmaktadır [6]” şeklinde açıklamıştır.

Kireç stabilizasyonu

En eski kullanılan katkı maddelerinden biri kireçtir. Kireç stabilizasyonu killi zeminlerde ve özellikle yol inşaatlarında kullanılmaya daha elverişlidir. Kireç, kil mineralleriyle reaksiyona girmektedir ve bu reaksiyon sonucunda silikat jeli açığa çıkmaktadır. Jel, zeminde boşlukları doldurmaya yarayan bir maddedir. Yöntemin amacı zemin mukavemetini arttırmak ve kabarma potansiyeli ile şişme basıncını düşürmektir.

Bitümlü stabilizasyon

Bitüm, zemin suyunun zararlı etkilerini azaltma ve daneleri birleştirme özelliğine sahiptir. Daneleri birleştirme özelliği sayesinde zemini su ve rüzgar erozyonuna karşı koruyabilir. Bitüm ince daneli zemin ile karıştığında zemine geçirimsizlik özelliği kazandırmış olurken iri daneli zemin ile karıştığında zeminde kohezyonu arttırmaktadır.

Uçucu kül – kireç stabilizasyonu

Baca külü ile kirecin zemine enjekte edilmesi ile olmuş iyileştirme yöntemidir. İri daneli zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılır ve iyileştirilecek zeminin mukavemetini artırır.

Drenaj

Zemin içerisinde su muhtevasının yüksek olduğu durumlarda veya yer altı suyunun uzaklaştırılması için yapılan zemin iyileştirme yöntemidir. Suyun yapıya ve zemine zarar vermemesi önemlidir. Bu sebeple hemen yer yapıda uygulanmaktadır.

Mevcut zemin değişimi

İsminden de anlaşılacağı gibi sahada uygun olmayan malzemelerin kaldırıp yerine uygun özellikte malzemelerin yayılması işlemidir. Bu yayılma işlemi ise belirli aralıklarla sıkıştırılarak yapılır ve zemin istenilen özelliklere getirilmiş olur.

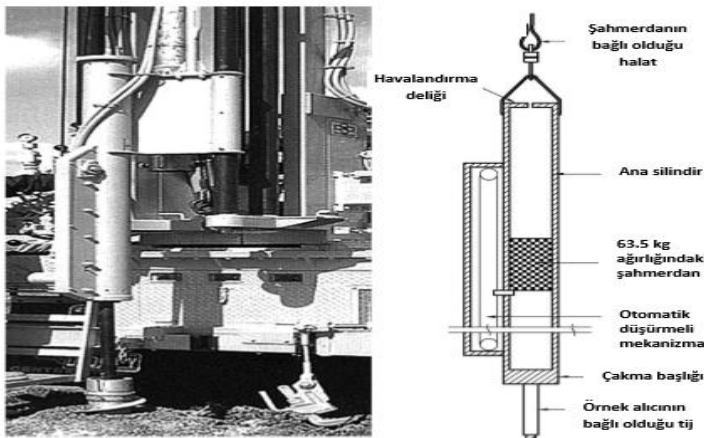
2.3. İyileştirilmiş Zeminlerde Kullanılan Deneyler

Bütün bu zemin iyileştirme işlemleri bittikten sonra iyileştirilmiş zemini değerlendirmek için aşağıdaki bazı yöntemler kullanılmaktadır.

- Laboratuvarda, araziden alınan numunelerde mukavemet deneyleri
- Standart Penetrasyon Testi
- Konik Penetrasyon Testi
- Presiyometre Deneyi

2.3.1. Standart penetrasyon testi (SPT)

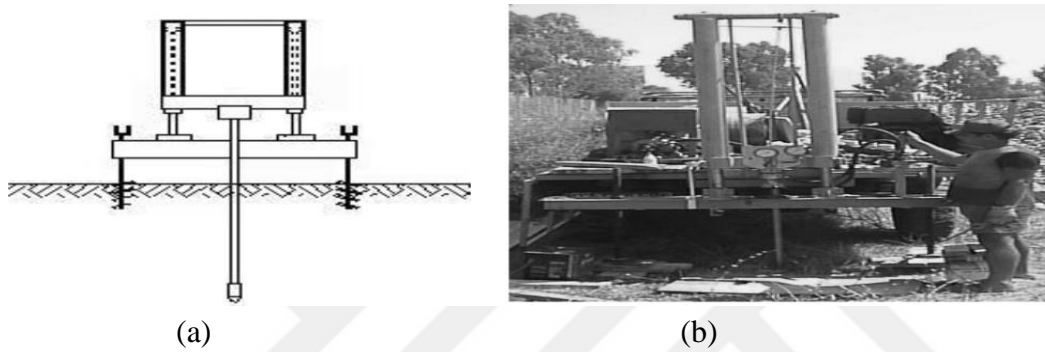
SPT deneyi tüm dünyada sıklıkla kullanılan saha deneylerinden birisidir. Bu deney biz mühendislere zemin türü, taşıma gücü, tahmini oturma, zemin sıklık ve mukavemet değerleri gibi parametreler hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. SPT testi, sondaj kuyusunun içerisinde yapılır. Yarık tüplerin belirli yükseklikten bırakılarak toplamda 45 cm'lik penetrasyon sağlanana kadar çakılması ve darbe sayının belirlenmesi önemli olan bir deneydir. Şekil 2.3'te otomatik düşürmeli şahmerdan mekanizması gösterilmektedir. Deneyin yapımı kolay ve zamanı kısadır. Ancak çok yumuşak ve hassas zeminlerde sağlıklı sonuç verme oranı düşüktür [7].



Şekil 2.3. Otomatik düşürmeli şahmerdan mekanizması [7].

2.3.2. Konik penetrasyon testi (CPT)

Konik sondaların ve koninin zemine iletilmesi sırasında uç ve sürtünme dirençleri oluşur. Piyezo-elektrik sondalar ile de ek olarak boşluk suyu basıncı ölçülebilmektedir. CPT ekipmanı yükleme ünitesi, penetrometre, ölçme kaydetme aygıtları ve tijlerden oluşmaktadır (Şekil 2.4.). CPT deneyi, zemin türü belirlenmesinde, yass belirlenmesinde, sığ ve derin temellerde oturma ve taşıma gücü parametreleri hakkında bilgi vermektedir. Deney süresi kısa ve diğer arazi deneylerine göre ekonomiktir.



Şekil 2.4. a) Konik penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi, b) Deneyin uygulanması[8].

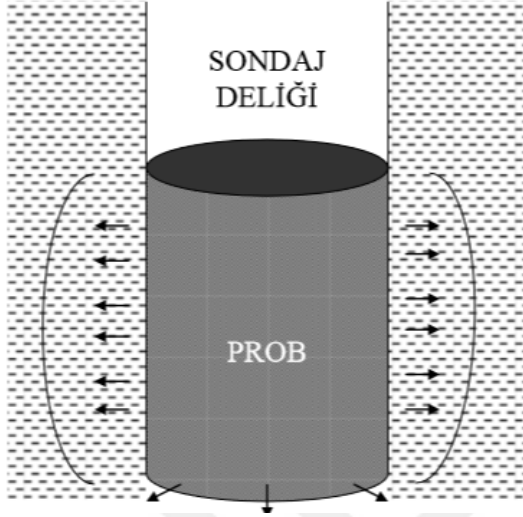
2.3.3. Presiyometre deneyi

Presiyometre deneyi arazide uygulanır ve zemin veya kayaçların özelliklerinin tespiti amacıyla yapılan bir deneydir.

“Presiyometre deney aleti; zeminin basınç-deformasyon ilişkilerini ölçmek amacıyla ilk defa Almanya da geliştirilmiş, daha sonra 1950 li yıllarda Lois MENARD tarafından gerçek anlamda bulunmuş ve kullanılmaya başlanmıştır. Deneyin amacı, zeminin basınç-deformasyon ilişkilerini ölçmek için sondaj makinesi yardımıyla yeryüzünde açılan silindirik deliğin içine bir balon yerleştirip içinde bulunduğu boşluğun yüzeyden verilen su basıncıyla genişletilmesi ve bu sayede çevresinde yarattığı deformasyonun (genleşmenin) ölçülmesidir (Şekil 2.5.)” [9].

Presiyometre deneyi, temel zemin etütlerinde zemin parametre değerleri tespit edilirken, zemin taşıma gücü ve zemin emniyet katsayısı bulunurken, zeminde oturmalar bulunurken kullanılır. Şev stabilite analizleri için gerekli olan parametreler hakkında bilgi edinip, kayma

zonları tespit edilir. Enjeksiyon yapılmadan önce ve sonra deney uygulanarak enjeksiyonun etkinliği ölçülür.



Şekil 2.5. Piyosemetre deneyi [9].

2.4. Yapı Tanımı ve Sınıflandırılması

Canlıların belirli ihtiyaç ve doğal gereksinimlerini karşılamak amacıyla çeşitli yöntem ve yapı araçlarını kullanarak oluşturdukları yeryüzü, yeraltı ve sualtı tesisleri yapı olarak adlandırılır. Yapılar, istenilen amaca ve kendilerinden istenilen hizmete uygun olarak inşa edilmelidir. Bu çeşitli yapı sistemlerini tasarlayan uzman kişilerin, yapıların kendi yükünün ve yapı üzerindeki hareketli yükünün yanında kar, deprem ve rüzgar yükü gibi etkileri hesaba katmaları ve aynı zamanda uygun ve ekonomik olarak inşa etmeleri gerekmektedir [10].

Yapılar çeşitli özelliklere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [10];

1.Gereçlerine göre sınıflandırma: ‘Kerpiç, ahşap, hımsı, yarım kargir, kargir, betonarme ve çelik’ yapılar olmak üzere 7 çeşit şeklinde sınıflandırılmaktadır.

2.Buldukları yere göre sınıflandırma: Alt yapılar ve üst yapılar olmak üzere 2’ye ayrılır. Yol, köprü alt yapılar örnek verilirken üst yapılar ise zemin seviyesinin üzerinde kalan diğer yapılar olarak tanımlanmaktadır.

3.Sürekliğine göre sınıflandırma: Geçici ve Sürekli yapılar olarak 2'ye ayrılır. Geçici yapılar kısa süreli kullanıma açıkken sürekli yapılara kalıcı olarak kullanılan alanlardır.

4.Hizmet amacına göre sınıflandırma: Konutlar (müstakil vb.), konaklama yapıları (hotel vb.), kültür yapıları (müze, vb.), sağlık yapıları (hastane vb.), dini yapılar (camı vb.), sosyal yapılar ve spor yapıları (tiyatro salonları, stadyum vb.), ticari yapıları (iş hanları vb.), endüstriyel yapılar (imalathane, fabrika vb.), anıtlar ve tarihi yapılar, ulaştırma yapıları (hava alanı vb.), su yapıları (barajlar vb.)

5.Mülkiyetlerine göre sınıflandırma: Resmi, vakıf ve özel yapılar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

6.Taşıyıcı elemanları yönünden sınıflandırma: Yığma, karkas ve prefabrik olarak 3'e ayrılır. Yığma yapılar (masif yapılar); Ahşap yığma yapılar ve kargir yığma yapılarıdır. Karkas yapılar (iskelet yapılar); Ahşap karkas yapılar, betonarme karkas yapılar ve çelik karkas yapılarıdır.

7.İnşaat aşamalarına göre sınıflandırma: Kaba inşaat ve ince inşaat ayrımı yapılmaktadır. Merdiven gibi taşıyıcı sistemler kaba inşaatla örnek gösterilirken boya,badana işlemleri ince inşaatla örnektir.

8.Yapının elemanlarına göre sınıflandırma: Taşıyıcı elemanlar (kaba yapı), tamamlayıcı elemanlar (ince yapı) ve tesisatlar olarak 3'e ayrılır.

- Taşıyıcı elemanlar: Temeller, duvarlar, kolonlar, kirişler lentolar, döşemeler, merdivenler ve çatılar.
- Tamamlayıcı elemanlar: Kapı ve pencere doğramaları; döşeme, duvar, tavan, merdiven ve çatı kaplamaları; merdiven, balkon ve teras korkulukları; su, nem, ses ve ısı yalıtımları; boya ve badanalar.
- Tesisatlar: Temiz, pis ve sıcak su tesisatları; elektrik tesisatları; Isıtma kalorifer tesisatı; havalandırma tesisatı; klima tesisatı; asansör tesisatı; kanalizasyon tesisatı

2.5. Temel Kavramı ve Özellikleri

Temel, üzerine inşa edilmiş yapıdan gelen yükleri zemine aktaran bir yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Bu yükler aktarılırken, yapısal bütünlük korumalıdır ve aynı zamanda

üzerinde buldukları zeminlerin aşırı gerilmesine neden olunmamalıdır. Zeminde aşırı gerilmeler olduğu takdirde kayma yenilmesi veya oturmaları gözlemlenebilir. Jeoteknik ve yapısal gereksinim açısından temel tasarımları ekonomik olmalıdır [11].

2.5.1. Temellerin sınıflandırılması

Bir önceki bölümde de değindiğimiz üzere temel üst yapıyı zemine bağlayan yapısal elemandır. Temel elemanları beton, çelik, ahşap veya benzer malzemelerden oluşmaktadır. Üst yapıyı daha derindeki sağlam zemine bağlama amaçlı inşa edilirler. Temeller aşağıda gösterilen tablo gibi iki grupta incelenir (Çizelge2.3.).

Çizelge 2.3. Temellerin sınıflandırılması (Çizelge çalışmanın yazarı tarafından tasarlanmıştır.)

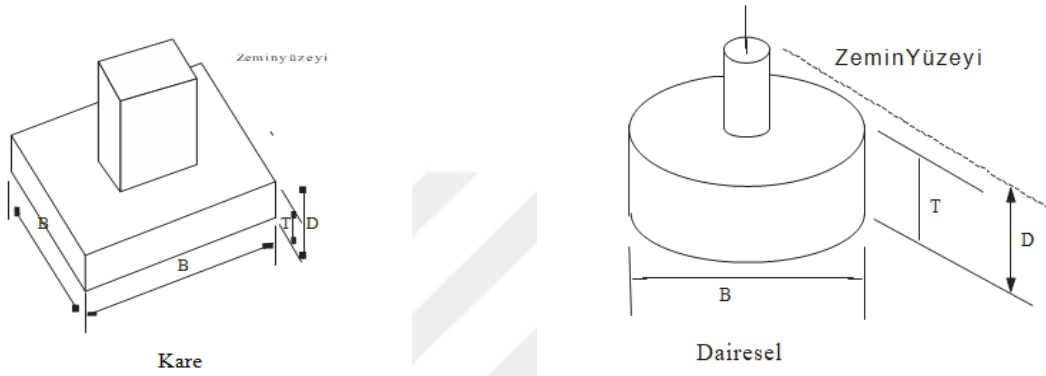
Sığ (yüzeysel) Temeller	Derin Temeller
Tekil Temeller	Kazıklı Temeller
Sürekli (mütemadi) Temeller	Ayak,Keson Temeller
Radye Temeller	
Duvar Altı Temeller	
Birleşik Kolon Temelleri	

2.5.2. Yüzeysel temeller

Üst yapının etkilediği yüklerin zemine güvenli bir şekilde iletilmesi, zemine yakın ve tasman sınırı içerisinde, uygun zeminin bulunmasına bağlı olarak uygulanır. Temel, don seviyesinin altında olmalı ve kaya zemin olsa bile kaya zeminin yüzeyine oturtulmamalıdır. Yüzeysel temeller kuru ve sulu zeminlerin ikisinde de uygulanabilen yapılardır. Yüzeysel zeminler özellikle üst yapının ağır olmadığı, yeterli zemine sahip olduğu ve yer altı sularının aktif halde bulunmadığı durumlarda daha çok kullanılır [12].

Tekil temel

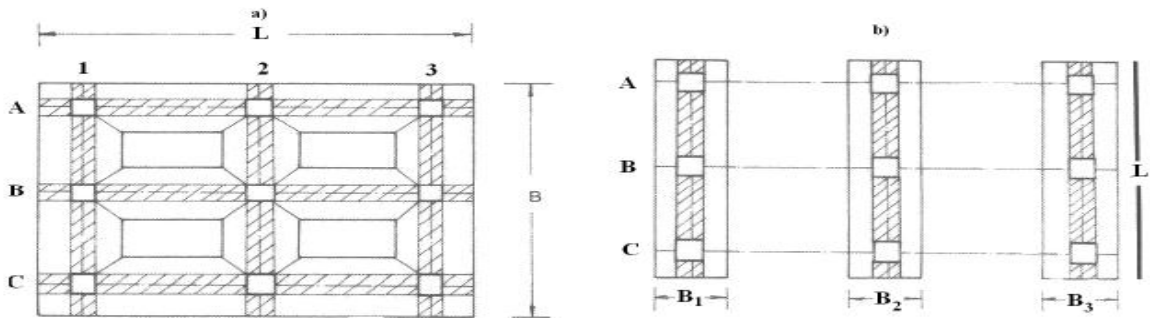
Yapısal yüklerin kolon veya taşıyıcı duvar altında yeteri kadar geniş bir zemin alanına yayılması için yapılan genişletme işlemi tekil temel olarak adlandırılır. Her kolon ve taşıyıcı duvarın ait bir tekil temeli vardır. Bu sebeple, yapılarda birden çok tekil temel bulunur. Ekonomik ve pratik yapımı olan tekil temellerin en yaygın kullanılan en yaygın model olduğunu söylemek mümkündür [11]. Şekil 2.6. ve Şekil 2.7.'de kare ve dairesel tekil temel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.6. Kare tekil temelin gösterimi[11]. Şekil 2.7. Dairesel tekil temel gösterimi[11].

Sürekli (mütemadi) temel

Dikdörtgen, trapez, kare kesitli olarak imal edilen sürekli temeller zemin özelliğine bağlı olarak tek veya çift yönde sürekli yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır [13]. Şekil 2.8'de çift yönde ve tek yönde sürekli temeller gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Çift yönde ve tek yönde sürekli temellerin gösterimi[12].

Radye temel

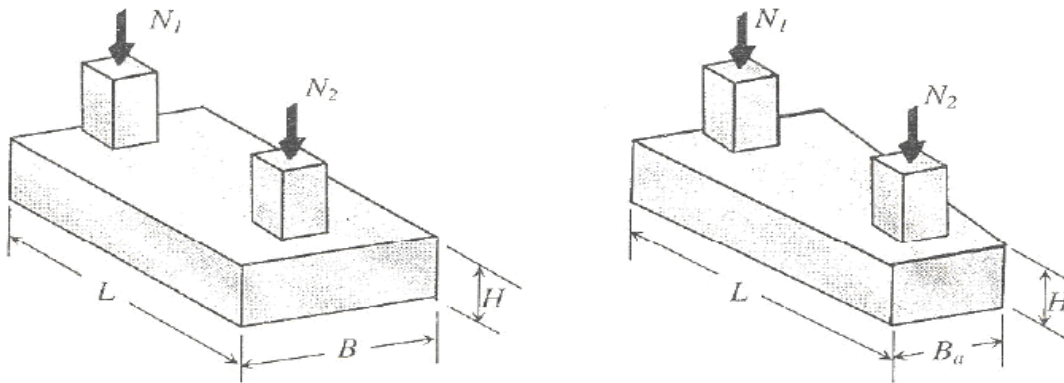
Radye temel(radye jeneral) yükün zemine düzgün bir şekilde yayılmasını sağlar. Radye temel deprem esnasında yapıyla birlikte hareket ettiği ve yapıda büyük hasarlar oluşmasını önlediği için depreme karşı büyük avantaj sağlamaktadır.

Duvar altı temeller

Duvar altı temeller genel olarak taş veya tuğladan yapılmış taşıyıcı duvarların zemininde uygulanan bir modeldir. Bu temelin dizaynı yapılırken temelin altında yer alan ve düzgün yayılı olduğu bilinen zemin gerilmesinin "*net zemin dayanımını*" aşmaması gerekmektedir [12].

Birleşik kolon temelleri

Bazı durumlarda kolonlar ve kolon yüklerinin büyüklüğü nedeniyle temeller çakışabilmektedir ve bu nedenle de sürekli temel sistemi uygun olmamaktadır. Sürekli temel sisteminin uygun olmaması halinde temeller birleştirilip bir birleşik temel sistemi oluşturulmaktadır (Şekil 2.9.). Aynı zamanda arazi şartlarından kaynaklanan sebeplerden dolayı dış kolon arazi sınırına yakın olacağından, temel o yönde kısa inşa edileceği için kolona asimetric bir temel oluşturulma gereği duyulabilir. Ancak bu uygulamanın yerine iki kolonu birleştirmek mühendislik açısından daha verimli bir çözüm yolu olacaktır.



Şekil 2.9. Dikdörtgen ve yamuk taban alanlı birleşik temellerin genel görünümü [12].

2.5.3. Derin temeller

Derin temel, üst yapı yüklerinin bir kısmını veya tamamını zemin yüzeyinden daha aşağıdaki zeminlere aktaran bir temel sistemdir. Bu temeller, zemin yüzeyinden 45 m kadar derinliğe ulaşabilirler. Okyanus veya denizlere inşa edilen petrol sondaj yapılarında daha da derin uzunluklara inildiği görülmektedir.

Kazık temeller

Zeminin içerisine çakılan veya başka bir yöntemle inşası yapılan kazık temeller, imalatı önceden yapılmış uzun, ince yapıda olan elemanlardan oluşmaktadır. Kazıkların genel konumuna ve kullanıma bakıldığında zemin yüzeyine yakın bir bölgede, taşıma gücü yetersiz kalan zemin tabakalarına gelen yükleri daha dipte bulunan ve taşıma gücü yönünden daha güçlü olarak bulunan tabakalara veya ana kayaya iletmek amacıyla kullandığımız yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Bu kazıklar hem karada hem de denizde kullanılabilir. Aynı zamanda proje ihtiyaçlarına göre farklı malzeme ve çeşitli çap ve uzunlukta imal edilebilir.

a. Betonarme kazıklar

Kazık temellerinin bir diğer çeşidi olan beton çakma kazıklar, kazık dökülmesine müsait bir yerde imalatı yapılarak nakil edilebileceği gibi saha şartlarının elverişli olması durumunda şantiye alanında da dökülerek montajı yapılabilir. Betonarme kazıklar, kare veya sekizgen kesitli olup 205 ile 600 mm çapındadır ve uzunluğu ise 12 ile 30 m arasındadır. Bu kazık türü zemine çakılarak yerleştirildiği için zemini sıkıştırır. Bunun yanında taşıyıcı katman derinliğinin farklı olması halinde kazık boyunun ayarlanması sıkıntı yaratabilir ve kazıkların çakılması zemin kabarmasına yol açabilir bunun sonunda ise kazıklarda hasar gözlemlenebilir [11,14].

b. Yerinde dökme beton kazıkları (fore)

Yerinde dökme beton kazık işlemi delme teknikleri kullanılarak veya ucu kapalı borunun şahmerdan, hidrolik ve titreşimli bir araç ile zemine çakılması yöntemiyle oluşturulan sistemdir. Kendini tutabilen zeminlerde rahatlıkla uygulanabilirken kendini tutamayan zeminlerde kaplama boru kullanılarak imal edilir. Yerinde dökme beton kazık işleminde yer

altı suyunun betonu yıkma tehlikesine karşı kaplama borusu yerinde bırakılır. Yerinde dökme beton kazıklar, çakma kazıklara göre yanal öteleme ve buna bağlı olarak komşu zeminde sıkışma yapmayan kazıklardır. Bu kazıkların yapımında kullanılacak betonun yüksek plasiteliğe sahip olması, yeterli dayanıklılığın olması, yıkıcılığın az olması ve kendi kendine sıkışabilme özelliklerini içermesi beklenir.



Resim 2.1. Yerinde dökme beton kazık (fore) uygulaması

c. Çelik kazıklar

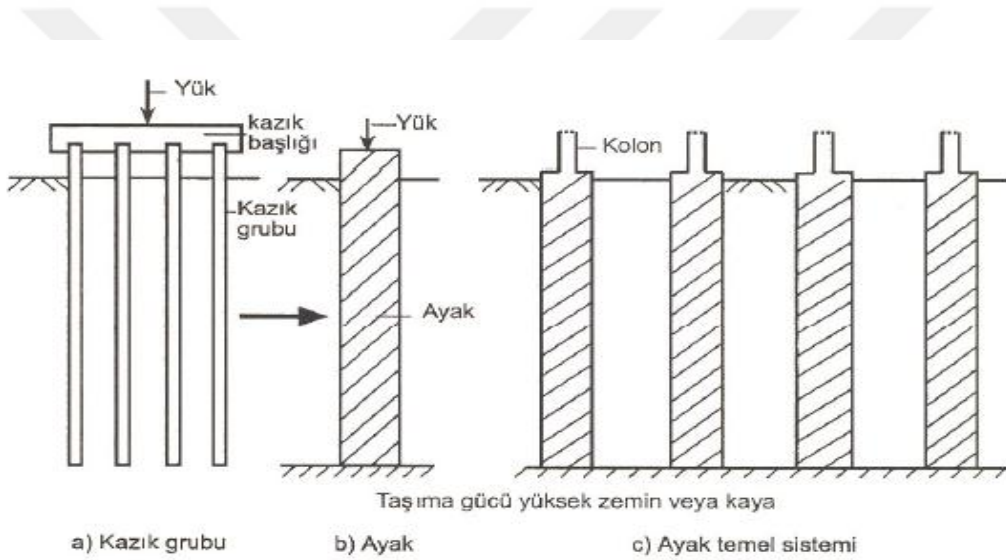
Genel olarak boru kesitli veya haddelenme işlemi yapılmış, H ve I şekliyle oluşturulan kazıklar, çelik kazık olarak adlandırılır. Çelik kazıkların yük taşıma ölçüleri oldukça yüksektir aynı zamanda bu kazıkların imalatları basit olduğu için istenilen uzunluklarda kullanılabilirler. Dış etkenlerden dolayı korozyona maruz kalabilirler bu nedenle çeşitli yöntemler kullanılarak zarar engellenmeye çalışılmalıdır [14].

d. Kompozit kazıklar

Kompozit kazıklar ile birden fazla kazık çeşidi bir arada kullanılarak özel saha ve zemin şartlarının üstesinden gelmek amaçlanmaktadır. Kompozit kazıklar nadir kullanılan ve ekonomik olmayan bir yöntemdir. Ahşap kazıklar ile betonarme kazıkların bir arada kullanılması modeli veya deniz yapılarında prekast beton kazık ve çelik kazıkların kullanılması kompozit kazıklara örnektir.

Ayak (kuyu) temeller

Kuyu temeller, genel olarak betonarme yapıda olup daha önce anlatmış olduğumuz tekil temel yöntemine benzer şekilde inşa edilirler. Bu yöntemde, duvarların birleşme noktasında ayaklar yer alır ve daha sonraki işlem olarak tabanlar kare veya çan görünümünde genişletilebilir ve aynı zamanda ayakların üst kısmı betonarme kirişlerle bağlanır. Ayak kuyu temelleri yağmur gibi kötü hava şartlarında yapılamamaktadır ve kazı hacminin büyüklüğünden dolayı komşu yapıların hasar görme ihtimali söz konusudur [12]. Şekil 2.10'da ayak temel sisteminin şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.10. Ayak temel sisteminin gösterimi [12].

Keson (kutu) temeller

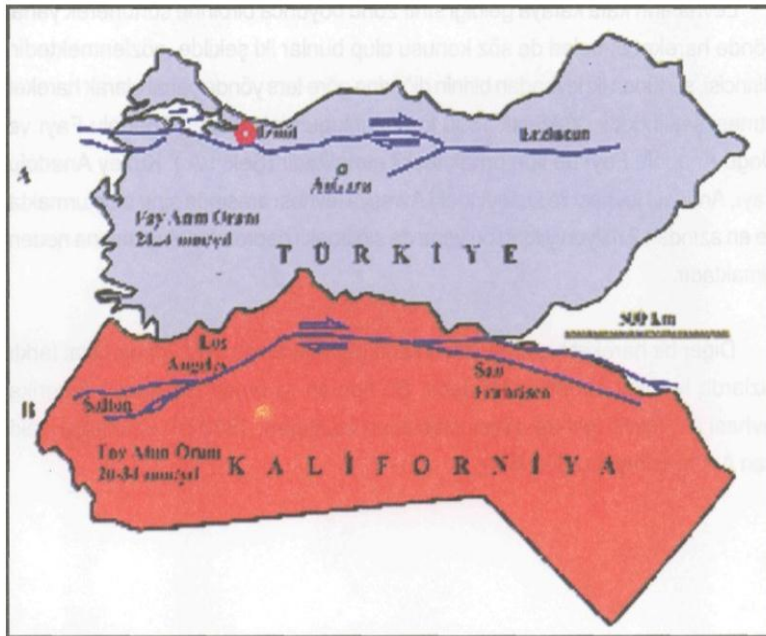
Keson (kutu) temeller köprü ayakları, rıhtım, deniz feneri veya arıtma tesisleri gibi daha çok kalıcı olan yapıların sudan zarar görmemeleri amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Bu temel türü daha çok su seviyesine bağlı olarak veya su yüzeyinde ihtiyaç duyulması halinde yapılır. Keson temellerin kullanım şekilleri tasarlanıp uygulanması tamamen kullanılacağı amaca göre farklılık gösterir. Keson temeller suyun dışında inşa edildikten sonra uygulama alanına indirilirler ve gerekli görüldüğü takdirde bu alanda elle kazı işlemi de yapılabilmektedir.

2.6. Deprem

Deprem, insanların hareketsiz olarak inandığı zeminin hareket edip üzerindeki yapılara hasar vererek can kaybı yaratabilen bir doğa olayıdır. Dünyanın oluşumundan günümüze kadar sismik açıdan aktif olarak bulunan bölgelerde yaşanan depremler birçok yıkımları meydana getirmiş ve milyonlarca insanın yaşamını yitirmesine neden olmuştur. Türkiye, dünyanın en etkili deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almaktadır [15].

2.6.1. Faylar ve fay tipleri

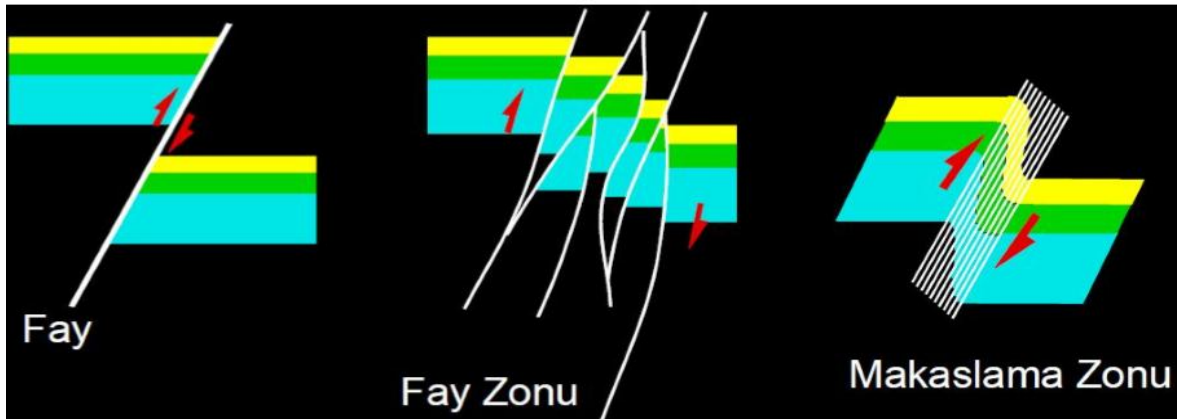
Gözle görülür miktarda belirli bir düzlem boyunca kayaçların kayma hareketine *faylanma*, bu kayma hareketinden dolayı açığa çıkan yapıya ise *fay* denir. Genel olarak belirgin düzlem veya bir yüzey boyunca oluşan kayma hareketleriyle temsil edilirler. Yoğun deformasyon olan kısımlarda bir fay yerine birbirine paralel, yarı paralel veya kesişen segmanlardan *fay zonları* oluşur. Zayıf mukavemetli kayaçlarda belli bir kırılma oluşmadan ötelenme, deformasyon gelişebilir ve bununla birlikte *makaslama zonları* gelişir [16].



Resim 2.2. Birbirlerine sürtünerek hareket eden levhaların hareketi [17].

a)Kuzey Anadolu fay hattı, b) San Andreas fay hattı

Aktif faylar diğer ismi ile diri faylar, depremi meydana getiren faylardır. Aktif faylar, alüvyon olarak bilinen ve yeterince sıkılaşmamış veya sıkılaşmaya devam etmekte olan, genellikle en genç yaşta çökelleri kesmektedir. Alüvyon çökelleri veya yaşlı sedimanter kayalar ise aktif olmayan eski fayları örtmüşlerdir. Aktif olmayan faylar hareketlilik göstermediklerinden dolayı, örten kayalarda hareket izi ve etkisi gözlenmemektedir. Aktif faylarda ise hareket devam etmekte veya hareket potansiyeli mevcut olup bir depreme neden olabilecek faylardır [17].



Resim 2.3. Fay, fay zonu, makaslama zonu gösterimi [16].

Faylar, yer kabuğunda birbirlerine doğru hareket etmeleri durumunda sıkışma kuvveti etkisiyle meydana gelebilecekleri gibi birbirlerine göre ters yönde hareket etmeleri sonucu genişleme kuvvetleri etkisiyle de meydana gelebilirler. Faylar 5 tipte incelenmektedir [16].

Normal fay: Fay düzlemi eğimli olan üst blok aşağıya hareket ederek, bu düzlem üzerindeki alt blok yukarı hareket eder. Normal fay eğimleri 45 derece ile 90 derece arasındadır. Genel olarak 60 derecede görülür. Hareket vektörü fay doğrultusuna dik ve eğim yönüne paralel olmaktadır.

Ters fay: Fay düzlemi eğimli olan üst blok yukarı doğru hareket ederek, bu düzlem üzerindeki alt blok aşağı hareket eder. Bindirme fayı olarak adlandırılan ters fay 45 dereceden büyüktür ve genelde 30 derecede görülmektedir. Hareket yönü fay doğrultusuna dik ve eğim yönüne paraleldir.

Doğrultu atımlı fay: Hareket yönü fayın doğrultusuna paralel olan doğrultu atımlı fay eğim yönüne diktir.

Verev-atımlı fay: Fay düzlemi boyunca yanal ve eğim atımlı hareketi vardır. Hareket yönü fay doğrultusuna verev olmaktadır. Kayma vektörünün sapma açısı, $>45^\circ$ ise eğim astım baskın, $<45^\circ$ ise yanal atım baskın olmaktadır.

Rotasyonel fay: Fay bloklarının hareketi birbirine göre yatay ekseninde dönerek gerçekleşmesi ile tanımlanır. Hareket miktarı doğrultu boyunca değişim gösterir ve fayın bir ucundaki hareket normal bileşenli diğer ucundaki hareket ters karakterli olabilir. Bu durum sebebiyle *makas fayları* olarak da isimlendirilmektedir.

2.6.2. Deprem türleri

Yer kabuğunu oluşturan levhaların birbirlerini sıkıştırması, birbirlerine sürtünmesi, birbirlerinin altına girip veya üstüne çıkmasıyla levhaların sınırları dünya depremlerinin gerçekleştiği yerler olarak gözlemlenmektedir. İtilmekte olan levha ile diğer levha arasında oluşan sürtünme kuvvetinin aşılması ile bir hareket ve enerji açığa çıkar. Bu hareket şok etkisi gösterir. Böylece fazla mesafeye kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu sebeple yeryüzünde gözle görülen veya görülemeyen fay adı verilen kırıklar oluşur. Faylar genel olarak hareket yönlerine göre isimlendirilir. Yatay hareket sonucu meydana gelen faylar “*Doğrultu Atımlı Fay*” olarak adlandırılır. Türkiye’de bulunan Kuzey Anadolu Fayı da doğrultu atımlı faydır. Bu faylar iki ayrı bloğun birbirine göreli olarak sağa veya sola hareketleri sonucunda ise sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı fay olarak adlandırılır. Doğrultu atımlı fayların, şiddeti (zararı) büyük olan deprem üretme potansiyeli vardır. Düşey hareketle meydana gelen faylar “*Eğim Atımlı Fay*” olarak isimlendirilir. Genellikle faylarda hem yatay hem düşey hareket bulunmaktadır.

Depremler oluş nedenlerine göre farklı türlerde olabilir. Dünyada oluşan depremlerin büyük çoğunluğu üst kısımda anlatıldığı gibi gerçekleşse de başka doğal sebeplerle de olan deprem türleri bulunmaktadır. Levha hareketi sonucu oluşan depremler “*Tektonik Deprem*” olarak nitelenir. Genellikle bu depremler levha sınırlarında oluşmaktadır. Yeryüzünde oluşan depremlerin %90’ı tektonik depremlerdir aynı zamanda Türkiye’de olan depremlerin büyük çoğunluğu tektonik depremdir. İkinci tip depremler ise “*Volkanik Depremler*”dir. Bu depremler volkanların patlaması sonucu oluşmaktadır ancak bu depremler yanardağlar ile ilgili olduğundan yereldir. Ülkemizde yanardağ olmadığı için bu depremle karşılaşılması. Üçüncü tip depremler de “*Çöküntü Depremler*”dir. Yer altında oluşan boşlukların (mağara),

kömür ocaklarının galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde oluşan erime sonucunda boşluklar meydana gelir. Bu boşluklar tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Odağı deniz dibinde olan Derin Deniz Depremlerinden sonra, denizlerde kıyılara kadar oluşan ve bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olan dalgalar “*tsunami*” olarak adlandırılır [18].

2.7. Deprem Parametreleri

Depremler oluştuğunda bu depremleri anlatabilmemiz ve anlatılanların anlaşılabilir olması için bazı kavramlara ihtiyaç duymaktayız. İhtiyaç duyulan bu kavramlar “*Deprem Parametreleri*” olarak adlandırılmaktadır [18].

Odak noktası (Hiposantr); İç merkez olarak da adlandırılan odak noktası yer kabuğunun kırılmaya başladığı yer olup deprem sırasında enerjinin açığa çıktığı noktadır. Pratikte nokta olarak adlandırılrsa da aslında bir alanı kapsamaktadır.

Dış merkez (Episantr); Odak noktasına en yakın yeryüzeyindeki noktadır. Bu bölge depremin en çok hissedildiği ve en çok tahribata uğrayan noktasıdır. Nokta olmaktan çok aslında yerdir. Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapmak daha gerçekçi bir ifade olacaktır.

Odak derinliği; Deprem enerjisinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı depremin odak derinliği olarak ifade edilirken diğer bir ifade ile dış merkez (episantr) ve odak (hiposantr) arasındaki düşey uzaklık olarak tanımlanır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilir ancak bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 0-60 kilometre derinliğinde olan depremler “*sığ depremler*”, 70-300 kilometre derinliğinde olan depremler “*orta derinlik depremler*”, 300 kilometre üzerinde olan depremler ise “*derin depremler*” olarak adlandırılmaktadır. Türkiye’de genel olarak sığ depremler görünmektedir. Orta ve derin depremler çoğunlukla bir levhanın diğer levhanın altına girdiği bölgelerde görülmektedir. Derin depremler geniş alanlarda hissedilirken buna rağmen yaptıkları tahribat azdır. Sığ depremler dar alanlarda hissedilirken verdikleri tahribat oldukça büyük olabilmektedir.

Eş şiddet eğrileri; Aynı şiddetler sarsılan noktaları birbirlerine bağlamaya yarayan noktalardır. Bu noktalarında tamamlanması ile eş şiddet haritası oluşur. Eğrilerin arasında

kalan alan, depremlerin etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmıştır. Böylelikle depremin şiddeti eş şiddet eğrileri üzerine yazılmaz alan içerisine yazılır.

Şiddet; Depremin şiddeti, depremin yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin ölçüsü olarak tanımlanır. Bir deprem meydana geldiğinde oluşan bu depremin bir noktasındaki şiddeti belirlemek için o bölgede oluşan etkiler gözlemlenir. Gözlemlenen etkiler ‘Şiddet Cetveli’ne göre hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa o şiddet derecesi ile değerlendirilir. Deprem şiddeti, şiddet cetvelinde rome rakamlarıyla ifade edilmektedir. Günümüzde uygulamada olan başlıca şiddet cetvelleri “Mercalli Cetveli (MM)” ve “Medvedev-SponheurKarnik (MSK)” şiddet cetvelidir. Bu iki cetvelde XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre V ve daha küçük şiddette olan depremler çoğunlukla yapılarda büyük hasar meydana getirmezler. VI-XII arasındaki şiddetler ise depremin yapılarda oluşturduğu hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yırtılma ve heyelan gibi bulgulara göre değerlendirme yapılmaktadır.

Magnitüd; Enerjinin doğrudan ölçülme imkanı olmadığı için, Prof.C.Richter tarafından 1930 yıllarında Amerika Birleşik Devletlerinde ileri sürülen bir yöntemle deprem sırasında açığa çıkan enerjinin ölçüsü *magnitüd* tanımlanmıştır. Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında ampirik bağıntılar çıkarılmıştır (Çizelge 2.4). Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri şu şekildedir:

Çizelge 2.4. Şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki bağıntı [19].

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

Büyüklik aletsel ve gözlemsel büyüklük değerleri olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Aletsel Magnitüd Değeri: Standart sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ile alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. Aygıtsal magnitüd değerleri, hem hacim dalgalarından hem de yüzey dalgalarından hesaplanmaktadır. Hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdü (m), yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdü (M) ile ifade edilmektedir.

Gözlemsel Magnitüd Değeri: Gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddeti ile hesaplanır. Fakat bu tür hesaplamalarda, magnitüd-şiddet bağlantısının incelenilen bölgeden bölgeye göre değiştii göz önüne alınmalıdır [20]. Çizelge 2.5'te Richter magnitüdü ile deprem etkisi arasında ilişki gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Richter magnitüdü [21].

RİCHTER MAGNİTÜDÜ	DEPREMİN ETKİSİ
3,5'ten küçük	Genellikle hissedilmezler fakat kaydedilir.
3,5-5,4	Hissedilir fakat hasara neden olmazlar
6,0'dan küçük	Sağlam binalarda çok az hasar yaratır, fakat kötü yapılmış binalarda ciddi hasar yaratabilir.
6,1-6,9	Deprem episantrından yaklaşık 100km.yarıçapındaki alanda kalan yerleşim yerleri için yıkıcı etki görülebilir.
7,0-7,9	Büyük deprem. Geniş alanda ciddi hasarlara sebep olur.
8 ve daha büyük	Çok büyük depremlerdir. Yüzlerce km uzaklıkta bile büyük yıkıcı etkiler görülür.

Süreye bağlı büyüklük (Md): Depremi, sismometre üzerinde ne kadar uzun süreli bir titreşim oluşturduğu ölçülür ve deprem merkezinin uzaklığı ile ölçeklenir. Bu yöntem küçük ($M < 5.0$) ve yakın (Uzaklık < 300 km) depremler için kullanılır.

Yerel (Lokal) büyüklük (MI): 1935'da Richter tarafından depremleri ölçmek için önerilen ilk yöntemdir. Bu yöntem, büyüklüğü 6.0'dan az ve uzaklığı 700 km'den az olan depremler için kullanılır.

Yüzey dalgası büyüklüğü (Ms): İlk iki yöntemin yetersiz kaldığı büyük depremleri ($M > 6.0$) ölçmek için geliştirilmiştir. Diğer yöntemlerin aksine bu yöntemin güvenilirliği uzak mesafeden yapılan ölçümlerde daha da fazladır.

Cisim dalgası büyüklüğü (Mb): Yer kabuğunun içinde yayılan dalgalar olmakla beraber sismometreler bu dalga türünü de kaydedebilir.

Moment büyüklüğü (Mw): Moment büyüklüğü, diğer büyüklüklere göre daha güvenilirdir. Uygulamada, yalnızca belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremler için ($M > 4.0$) Moment Büyüklüğü hesaplanmaktadır. Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanır.

2.8. Deprem Dalgaları ve Yayılımı

Yer kabuğu içerisinde bir noktada oluşan deprem, dalgalar meydana getirir. Bu dalgalar sismik (deprenselle) dalgalar olarak adlandırılmaktadır. Sismik dalgalar, yer tabakalarını geçer ve yüzeyde yansır. Böylece elastik özellikleri değişen ortamlarda yansıma ve kırılmaya uğrarlar. Böylece odak noktasından deprenselle dalgalar yayılır. Bu dalgalar *cisim dalgaları ve yüzey dalgaları* olmak üzere iki türde ifade edilmektedir. Yüzey dalgaları ise merkez üssünden yayılan ve yer yüzeyinde ilerleyen dalgalardır. Cisim dalgaları, yerin iç bölümündeki odak noktasından başlayarak her yöne doğru yayılan dalgalardır. Cisim dalgaları da Boyuna (P) ve Enine (S) dalgaları olarak ikiye ayrılmaktadır. Boyuna ve enine dalgalar, malzemelerin bünyesi içinde yayıldıklarından Hacim Dalgaları (Body Waves) olarak da adlandırılmaktadır [20].

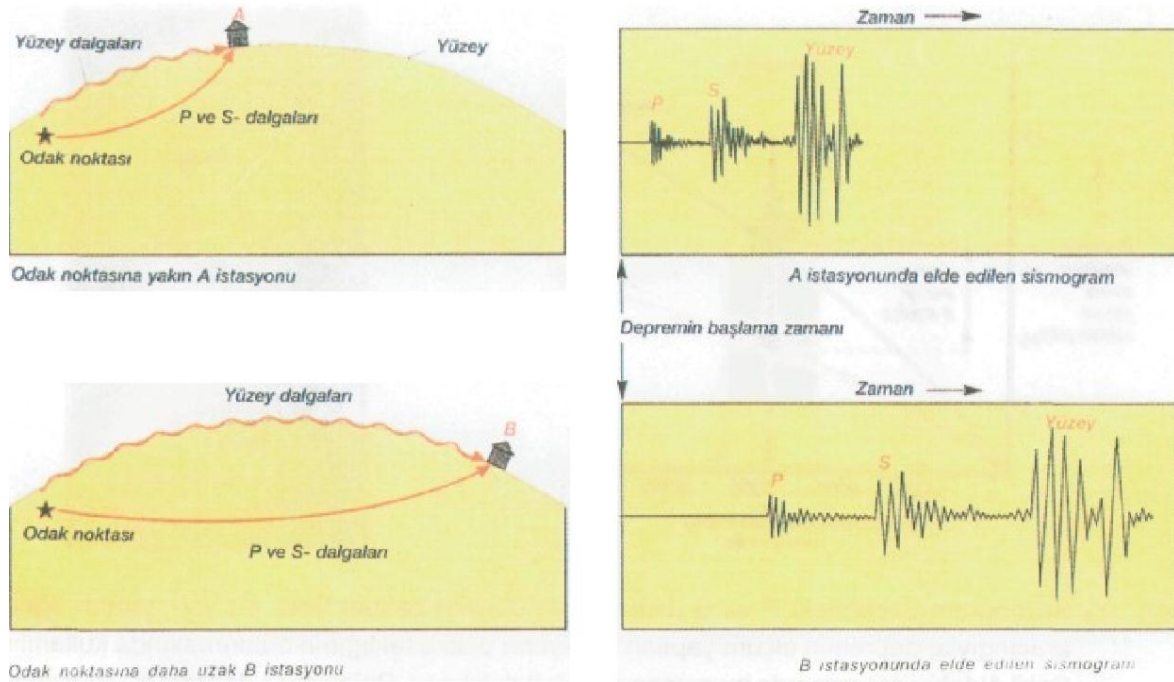
Boyuna Dalgalar: Partikül hareketi yayılma doğrultusundan paraleldir. Tıpkı havadaki ses dalgaları gibi. Kayıtçılara ulaşan ilk deprem dalgasıdır. Hızı kabuk yapısına göre 1.5-8 km/sn arasında değişkenlik göstermektedir. Yıkım etkisi düşüktür. P-dalgaları boyuna veya sıkışma dalgalarıdır.

Enine Dalgalar: Partikül hareketi yayılma doğrultusuna dik veya çaprazdır. Kayıtlara ikincil olarak ulaşan deprem dalgasıdır. Hızı P-dalgasının hızının %60-%70 arasında değişkenlik gösterir. Yıkım etkisi yüksektir. S-dalgaları enine ve yüzey dalgalarından oluşmaktadır ve bazen İkincil dalgalar olarak bilinir. S dalgası katı ortamlarda ortaya çıkmaktadır. S dalgalarının genliği P dalgalarının genliğinden çok daha büyüktür.

Yüzey dalgaları, büyük genlikte, daha yavaş, uzun süreli yıkıcı dalgalardır. Rayleigh ve Love dalgaları diye ikiye ayrılırlar:

Rayleigh dalgası(R): Deprem anında duyumsanan sallantıların çoğu diğer dalgalardan çok daha büyük genlikli olan bu Rayleigh dalgasından kaynaklanmaktadır. Partikül hareketi elips çizmektedir. Elipsin büyük eksenini yüzeye ve hareketin yayılma doğrultusuna dik iken küçük eksenini yayılma doğrultusuna paraleldir. Yapılara çok fazla hasar verir [15,20].

Love Dalgası(L): Yüzey dalgalarının en hızlısıdır. Enine yayılım gösterir. Partikül hareketi yüzey düzleminin içinde ve hareket doğrultusuna diktir. Sıvı ortamda hareket edemez [15,20].

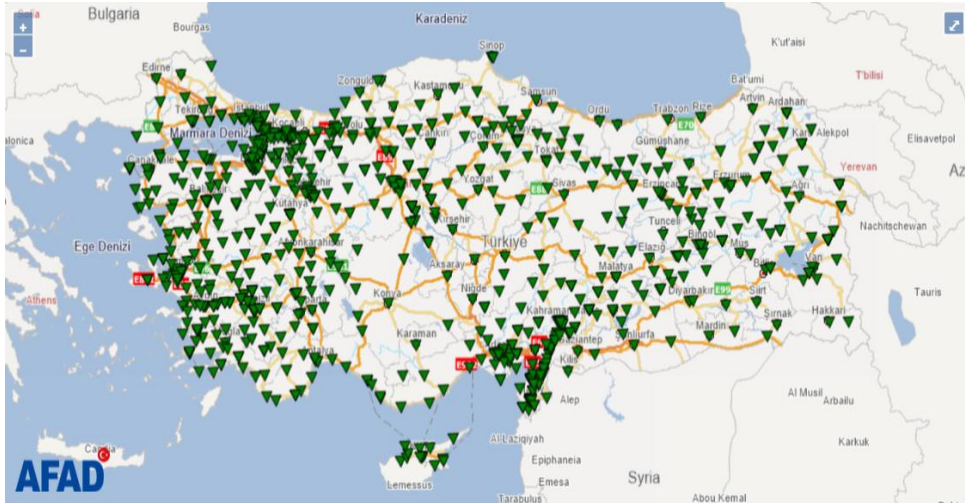


Resim 2.4. Odak noktasından yayılan P ve S dalgalarının yakın ve uzak olan istasyonlara ulaşma zaman aralıkları [17].

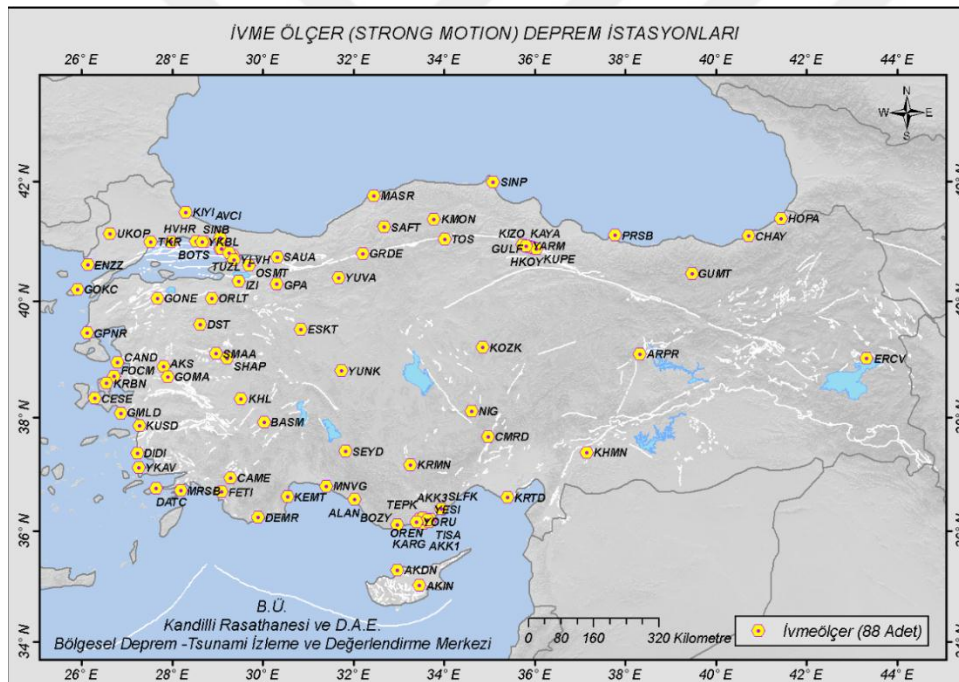
2.9. Kuvvetli Yer Hareketleri

Yapılara deprem esnasında gelen kuvvetlerin varlığını ve yapılar üzerindeki hasarlar hakkında hemen hepimizin az çok bilgisi mutlaka vardır. İşte bu kuvvetlerin ölçülmesi, özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu inceleme sonuçlarında elde edilen verilerle depreme dayanıklı yapı yapma tekniklerinin geliştirilmesi kuvvetli yer hareketlerinin temel prensibidir. Depremi meydana getirdiği yer sarsıntı bilgilerini elde etmeden önce tehlikelerin analiz yapılması ve buna göre dayanıklı yapı yapma tekniklerinin geliştirilmesi mümkün değildir. Deprem-yapı-zemin ilişkisini biz mühendisler net bir şekilde anlatabilmesi açısından deprem sırasında yer hareketinin değişikliğe maruz kalmadan kaydedilmesi ve yapılara gelen deprem kuvvetlerinin sayısal olarak saptanması gerekmektedir. Bu saptamalar dayanıklı deprem yapı tasarımında dinamik parametreler oluşturmaktadır. Oluşturulan bu parametreler akselerograf (ivme ölçer) tarafından kaydedilir. Modern sayısal kayıtçılarla 0.1 cm/sn^2 ve daha küçük pik ivmeler ölçülebilmektedir. İnsanların hissedebileceği ivme değeri ise 1 cm/sn^2 olarak hesaplanmıştır.

Türkiye’de kuvvetli yer hareketi kayıt şebekesi 1973 yılından itibaren kurulmaya başlanmıştır. Ülke genelinde, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi bünyesinde işletilmektedir. Türkiye’de büyük depremler üretmiş ve üretme potansiyeli bulunan Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Doğu Anadolu Fay Sistemi ve Ege Çöküntü Sistemleri boyunca ivmeölçer istasyonları bulunmaktadır. 2019 yılı Ekim ayı itibariyle AFAD Başkanlığınca işletilen ivmeölçer istasyon sayısı 795’dir. Mevcut durumda, 258 istasyonda sismik etüt, 153 istasyonda da hem sismik etüt hem de sondaj çalışmaları mevcuttur. Bununla beraber Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi tarafından işletilen 88 adet ivme ölçer mevcuttur [22,23].



Harita 2.1. Ulusal kuvvetli yer hareketi gözlem istasyonları dağılımı [22].



Harita 2.2. Boğaziçi üniversitesi kandilli rasathanesi ve deprem araştırma enstitüsü bölgesel deprem-tsunami izleme ve değerlendirme merkezi [23].

2.9.1. Kuvvetli yer hareketleri parametreleri

Yer hareket ivmesi, depreme dayanıklı tasarımda en önemli parametreyi oluşturur. Yer hareket ivmesi, deprem tehlikesini ve riskini belirleme açısından en önemli bilgilerden

biridir. Deprem esnasında yer hareketi kaydedilirken biz mühendislere pek çok bilgi vermektedir. Bu bilgilerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

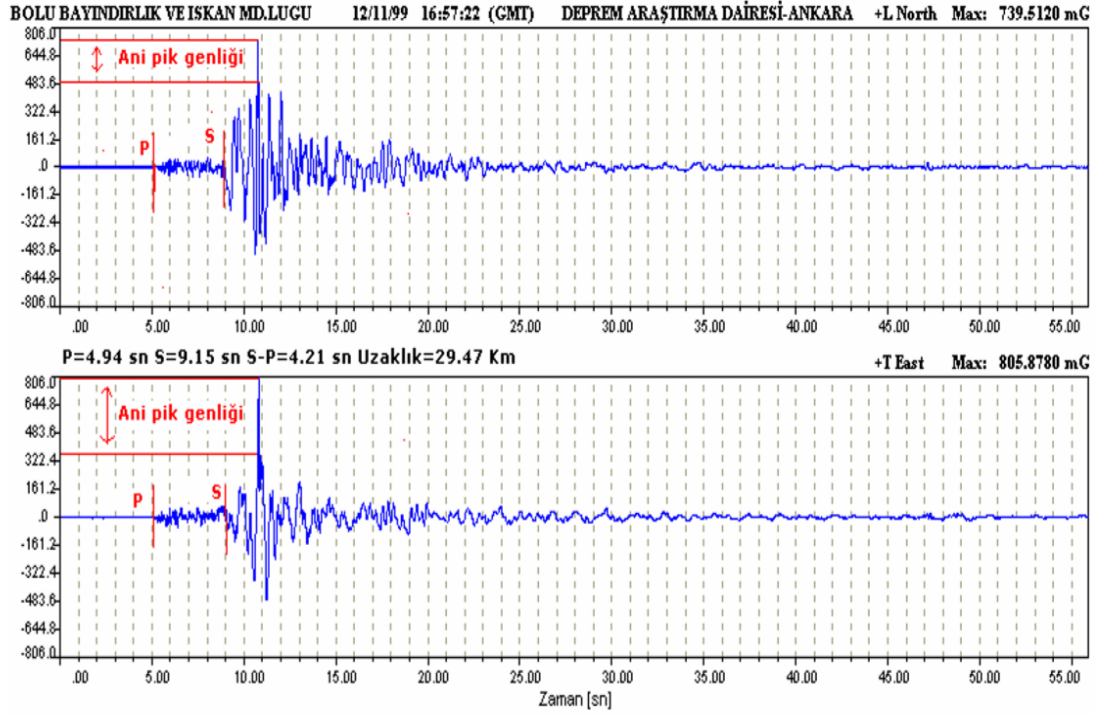
Maksimum yer ivmesi(pik yer ivmesi): Deprem dalgalarının her kısmı bir ivme değerine sahiptir. İngilizcesi PeakGround Acceleration (PGA) olan “maksimum (pik) yer ivmesi” veya İngilizcesi PeakHorizontal Acceleration (PHA) olan “pik yatay ivmesi”, kuvvetli yer hareketin genliğinin belirlenmesi hakkında kullanılan en yaygın ölçüttür. Kısaca deprem potansiyeli hakkında bilgi veren değerdir. Pik yer ivmesinin iki bileşeni vardır. Bunlardan ilki yatay ivme, diğeri ise düşey ivme olarak adlandırılır.

Yapılar kütesinin ataleti yani durağanlığı ile depremin ani hareket uygulamasına karşı koyarlar. Yapılar üzerinde yer hareketinin yatay bileşenleri, düşey ivmelerden (PVA) daha etkilidir. Yapılar, düşey ivme gerilmesi ile yer çekimi ivmesinin yaptığı basınç gerilmelerine karşı gösterdikleri dayanım fazla olmasına rağmen yatay ivmelerin oluşturduğu kesme ve çekme kuvvetlerine karşı daha az dayanım gösterir. Tasarım da çoğunlukla yatay kuvvetler, düşey dinamik yüklere karşı da dayanım göstermektedir. Pratikte “maksimum düşey ivme= 2/3 maksimum yatay ivme” şeklindedir. Kısa süreli pik ivmeler yapıda az hasar yaratabilir fakat pik ivmelerin frekansları çok yüksekte olduğu için ve deprem süresinin kısa olmasında dolayı çok sayıda deprem 0,5 g'den büyük pik ivme üretiyor olmasına karşın yapılarda önemli hasarlar yaratmamaktadır [24].

Pik ivme çok önemli parametre olmasına karşın hareketin frekans süresi ve içeriği hakkında biz mühendislere yeterince bilgi vermemektedir.

Maksimum Hız(Pik Hız): Hız, yer hareketinin yüksek frekans içeriğine daha az duyarlı olduğundan orta frekanstaki yer hareketinin genliği pik ivmeye göre daha sağlıklı sonuç vermektedir. Yüksek yapılar, esnek binalar ve köprüler gibi orta frekans aralığındaki yüklemelere karşı duyarlı olan yapılar için maksimum hız değeri(PHV) potansiyel hasarı belirlemede daha doğru ve sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Maksimum Yer Değiştirme(Pik Yer Değiştirme): Yer hareketinin düşük frekanslı bileşenleri ile ilgilidir. Buna karşılık süzgeçleme ve akselerogramların integrasyonunda oluşan hatalardan dolayı doğru bir şekilde belirlenmesi oldukça zordur. Bu sebeple pik yer değiştirme, pik ivme ve pik hız parametrelerinden daha az kullanılır.



Şekil 2.11. 12 Kasım 1999 Düzce depremi ($M_w:7,2$) Bolu istasyonu kaydı yatay bileşenlerine ait ivme kayıtlarından görülen pik ivmeler, kuvvetli yer hareketinin genel karakteristiğini yansıtmamaktadır [24].

Bolu kaydını incelediğimizde tüm kayıt içerisinde tek döneme ait ani bir pik ivme oluşmuştur. 0.08 sn içerisinde yaklaşık 0.48g'den 0.80g'ye ani pik hareketi gözlenmektedir. Dalga formunu genel olarak incelediğimizde ise kuvvetli S dalgasının 4 sn içerisinde tekrar eden ve en fazla 0.48g'e varan genlikten söz edebiliriz.

Efektif Tasarım İvmesi: Benjamin ve Associates,1988 yılında yapılar üzerine etkili olan efektif tasarım ivmesi hakkında araştırma yapmıştır. Bu parametre iki araştırmacı tarafından 8-9 Hz'den büyük ivmeler filtrelenerek geriye kalan pik ivme efektif ivme değerini vermektedir şeklinde tanımlanmıştır [25].

2.10. Zemin, Deprem ve Binalarda Rezonans Frekansı

Deprem sırasında zemin-bina etkileşimi ile oluşan bina titreşim genliğinin büyümesi olayına binanın rezonansa girmesi olarak tanımlanır. Zemin titreşim frekansı ile bina öz frekansının aynı olması durumunda binayı titreştiren kuvvet aynı doğrultuda olacağından ve aynı

doğrultudaki iki kuvvetin toplamı büyüyeceğinden bina titreşiminin genliği de büyür. Daha büyük salınım yapar ve böylece ivmesi de büyür. Deprem esnasında bir bina rezonansa girerse binanın titreşim genliği büyümesi oranında hasar derecesi de bu ölçüde artar. Deprem dalgaları gevşek toprak üzerindeki yapıya ulaştığında zemin deprem dalgalarını rastgele yönde dağıtır ve farklı frekanslarda çok sayıda farklı deprem dalgasına dönüştürür. Bu dönüşen dalgalardan birinin bina frekansını tutturması çok yüksek bir ihtimaldir. Sonuçta ise yapı malzemeleri (demir, beton vb.) rezonans etkisiyle parçalanır. Yapı, sulu gevşek zemin üzerindeyse deprem dalgaları yapıya ulaştığında rezonans gerçekleşir ve sıvılaşma görülebilir. Böylece binanın yan yattığını veya çöktüğünü görebiliriz.

Rezonansa giren sadece yapılar değildir. Zeminde de rezonanstan bahsetmek mümkündür. Islak bir zeminde, sismik kuvvetlerin etkisiyle kum tanecikleri kayarak ara boşluklara yerleşir. Sonuçta kum, zemin ara boşlukları daha az olan yığına dönüşür. Boşlukları dolduran su ise yüzeye çıkarak kum yığınının üzerini kaplar. İşte böyle bir zeminde yapı varsa rezonansa girer ve öne-arkaya yatmak suretiyle veya tamamen kayarak yıkılabilirler. Bu tür yıkımlarda bina sağlam dahi olsa zemin kaymasından bina yıkımı gerçekleşecektir. Titreşim periyotları bina yüksekliğine göre değişim göstermektedir. Kat yüksekliği arttıkça titreşim periyotları da çoğunlukla artış göstermektedir. Bu da frekansları azalır demek olmaktadır. Yükseklik arttıkça salınım süresi artar, birim zamandaki hareket – frekans süresi azalır ve kuvvet azalır [26].

2.11. Depremlerin Yol Açtığı Zemin Oturmaları

Titreşimler, kohezyonsuz zeminlerde sıkışmaya yol açar. Bu nedenle depremlerin kohezyonsuz zemin tabaklarını sıkıştırması ve zemin yüzünde oturmaların gerçekleşmesi büyük ihtimaldir. Birçok depremde bu tür oturma örnekleri meydana gelmiştir.

Depremler sırasında oluşan titreşimler sıkışmaya sebep olur. Bu sıkışmalar sonucunda zemin oturmaları meydana gelirken farklı oturmalara da gebe olabilir. İlk akla gelen örnek köprülerde gerçekleşmiştir. Köprü ayakları sağlam zeminlere oturmaktadır. Bu sebeple deprem esnasında oturma gözlenmez. Ancak ayakların arkasındaki dolguda büyük oranda oturma meydana gelir ve bu nedenle deprem sonunda dolgu ve ayakla arasında büyük seviye farkları görülür.

2.12. Depreme Bağlı Sıvılaşma

TBDY-2018 Madde 16.6.2 ye göre “Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesinin altında yer alan ve yüzeyden 20 m derinliğe kadar olan kohezyonsuz ya da düşük kohezyonlu ($PI < 12$) zeminlerin deprem sarsıntısı altında, boşluk suyu basıncındaki artışa paralel kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli oranda azalış” olarak tanımlanmaktadır [27]. Potansiyel sıvılaşabilir zeminler, yeraltı suyu tablasının altında yer alan kum, çakıl, siltli killi kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları olarak belirtilmiştir.

Depremlerin yapılar üzerinde yol açtığı hasarlardan bir diğeri suya doymuş gevşek kum tabakalarının sıvılaşmasıdır. Zemin yüzeyindeki yapılar önemli ölçüde zemin içine bataabilir veya zemine gömülü yapılar yüzeye çıkabilir. Zemin sıvılaşmasının nedeni suya doymuş bir kum tabakası deprem titreşimlerine uğradığı zaman sıkışma ve hacmi azaltmaya eğilim göstermektedir. Ancak drenaj mümkün değilse hacim azalması eğilimi boşluk suyu basıncının artması sonucunu meydana getirmektedir. Boşluk suyu basıncındaki bu artış jeolojik basınca eşit olacak dereceye gelirse efektif gerilmeler sıfır olur ve kum mukavemetini tamamen kaybederek sıvılaşma meydana gelir.

Deprem titreşimleri sonucu zeminlerde sıvılaşmayı ortaya çıkaran faktörler sıvılaşmanın gözlemlendiği arazideki zemin koşullarının incelenmesi ve laboratuvar deneylerinin değerlendirilmesi ile ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar sonucu sıvılaşma nedeni ile en şiddetli hasarın gözlemlendiği bölgelerde zeminin genel olarak kalın, üniform, suya doymuş, kum tabakalarından oluştuğu görülmüştür. Sıvılaşmanın görüldüğü zeminlerde genellikle SPT darbe sayısı 25 in altında kaldığı gözlenmektedir. Ancak TBDY Madde 16.6.5'e göre; temel altı zeminlerin potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminlerden oluştuğu ve bu zemin tabakalarında düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, N_{1,60}, 30 darbe/30 cm değerinden küçük olmaması gerektiği ve eğer küçükse yapılması gereken çalışmalar belirtilmiştir [27].

2.13. Şiddet, Zemin İvmesi, Hız ve Yapı Tipleri Arasındaki Hasar İlişkisi

Çizelge 2.6. Şiddet, zemin ivmesi, hız ve yapı tiplerindeki hasar arasındaki ilişkiler [19].

ŞİDDET	ZEMİN İVME (gal) (0.1-0.5 sn. periyod aralığı için)	YER TİTREŞİMİNİN (0.5-2 sn periyod hızı cm/sn. aralığı için)	YAPI TİPLERİ		
			A	B	C
V	12-25	1,0-2,0	%5 Az Hasar		
VI	25-50	2,1-4,0	%5 Orta Hasar %50 Ağır Hasar	%5 Az Hasar	
VII	50-100	4,1-8,0	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar	%5 Orta Hasar	%5 Az Hasar
VIII	100-200	8,1-16,0	%5 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar	%5 Ağır Hasar %50 Orta Hasar
IX	200-400	16,1-32,0	%50 Fazla Yıkıntı	%50 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar
X	400-800	32,1-64,0	%75 Fazla Yıkıntı	%50 Fazla Yıkıntı	%5 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı

2.14. Yapı Hasarları

Yapı hasarları; az hasar, orta hasar, ağır hasar ve yıkık olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır.

Az Hasar: Yapılarda ince çatlaklarının oluşması ve küçük sıva parçalarının dökülmesidir. Yüzeysel hasarlardır.

Orta Hasar: Yapı duvarlarında küçük çatlakların oluşması, büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, baca ve çatı duvarlarının yerinden oynaması, betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinde ve elemanlarında küçük çatlakların meydana gelmesi ve taşıyıcı olmayan duvarlarda yıkımların gerçekleşmesidir.

Ağır Hasar: Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve taşıyıcı duvarların yıkılması şeklinde görülür. Betonarme yapıların yapı elemanlarında ve taşıyıcı sistemlerinde büyük ve derin çatlakları oluşur. Donatıların, mafsallaşması burkulup beton örtüyü patlatarak en kesit dışına çıkmasıdır.

Yıkık: Yapıların kısmen ve tamamen yıkılmasıdır.

2.15. Deprem, Zemin ve Yapı İlişkisi

Türkiye %93'ü aktif deprem kuşağında yer almaktadır. Deprem kuvvetleri etkisi ülkemiz üzerinde fazlaca önemlidir. Her deprem birbirinden farklıdır. Bu sebeple projelendirilen yapıların gelecekteki depreme karşı vereceğı tepki mühendisler tarafından tahmin edilememektedir. Ancak zeminlerin ve yapıların, deprem davranışlarını belirleyebilmek için zemin ortamının ve deprem etkisinin doğru tanımlanması gerekir. Bir yapının sismik davranışı ise üst yapı, deprem kaynağı, zemin şartları ve temelin özellikleri ile yakından alakalıdır.

Yapı tasarımı yapılırken temel (taban) ankastre olarak kabul edilir ve çözümleme buna göre yapılır. Bunu yanında temelde yer değışimi ve dönmenin olmadığı farz edilir. Halbuki yapı sisteminde statik yük altında çözümleme yapılırken temellerde çökme ve dönme mevcuttur. Yapıya deprem kuvvetleri etkidiğinde yapı yüklemeye yapar ve zemin ile birlikte hareket etmeye başlar. Ayrıca temeller dinamik yüklemeye boyunca zemin üzerinde farklı konumlarda bulunabilirken yapı ve zemin de zıt yönde hareket ederler. Bunun yanında analiz yapılırken kolonlar da tabandan ankastre kabul edildiğinde kolon mesnetlerinde meydana gelen iç kuvvetler, yapıdan bağımsız oluşturulmuş temel modeline etkirler.

Yumuşak zeminler üzerine inşa edilen yapıların tepe noktası yer değıştirmeleri daha çok olurken orta sert zeminlerin zemin periyodu, yapı yüksekliğine bağılı olarak yapı periyodu ile fazlaca çakışabilir. Yumuşak kıvamlı kohezyonlu zeminler, birim deformasyon yumuşama göstermektedir. Gevşek ve suya doymuş kohezyonsuz zeminler ise sıvılaşma gösterebilirler.

Kasım Armağan Korkmaz ve Fuat Demir' in yayınlamış olduğı araştırma makalesine göre [28], yapının zemin davranışının çözümlere dahil edilmesi araştırma konusunu

oluşturmaktadır. 5 katlı bina ele alınmış ve TS500 ve DBYYHY'ye göre boyutlandırma yapılmıştır. Çözümlenmeler sırasında birçok durumda yapı-zemin ilişkisi ihmal edilerek zemin rijit ortam olarak kabul edilmiştir. Zemin rijit olarak kabul edildiğinde, çözümlenmelerde zemin koşullarının kötü olması durumunda çözümlenmeler yetersiz kalacaktır. Deprem yükleri yok sayıldığında çözümlenme sorunsuz çalışabilirken ancak gerçek davranışlara yakın çözümlenme yapıldığında yani deprem yükleri varsayıldığında çözümlenme hatalı olduğu görülmüştür. Yapıların doğrusal olmayan çözümlenmelerinde zemin ve deprem ilişkisi önemle dikkat edilmelidir. Betonarme elemanlarda çözümlenme ile davranışında önemli bir yeri vardır. Yapıların gerçek davranışını görebilmek için yapı-zemin etkileşimi dikkate alınmalıdır.

Yapı temellerinin modellenmesi ve zemin özelliklerinin çözümlenmelere dahil edilmesi ile yapı sistemlerinin deprem davranışları gerçeğe yakın olarak belirlenebilir. Buna göre tasarımlar yapıların gerçek davranışlarına en yakın şekilde yapılmalı ve tasarım sırasında zemin özellikleri kesinlikle dikkate alınmalıdır.

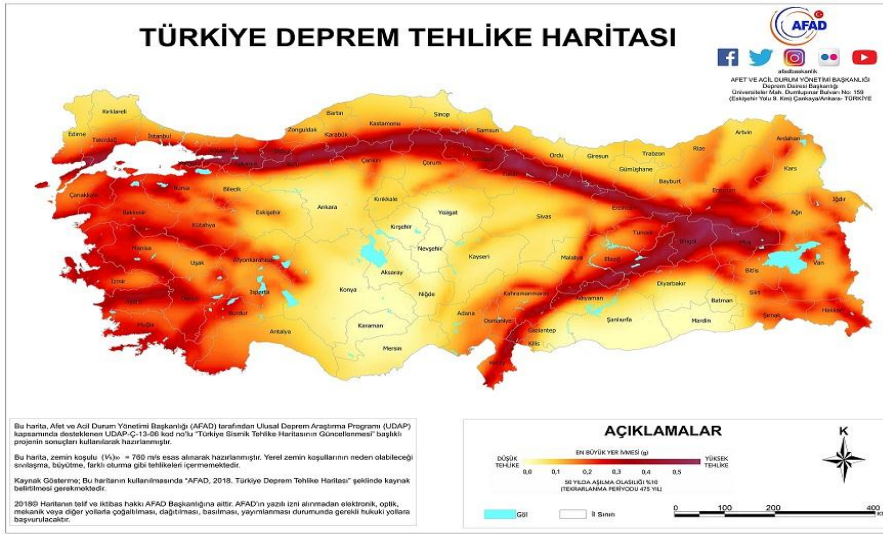
Özetle, yapıların yıkılmasını önlenmek için öncelikle zemin özelliklerinin iyi anlaşılması gerekir. Çünkü zemini iyi tanınmazsa zeminde yapılması gereken iyileştirme çalışmalarını yapılamaz. Binalar sadece temelden değil üst yapıdan da çalışır. Bu sebeple binalar inşa edilirken hafif malzeme kullanılması gerekir. Deprem kuvvetleri temelden sarsıntı yaptığında yapının tasarım hesapları ne kadar doğru ve gerçekçi ise yıkılma veya hasar görme oranı da o kadar düşük olacaktır.

3. 1999 GÖLCÜK DEPREMİ VE ÇALIŞMA ALANI: AVCILAR

Çalışmanın bu bölümünde çalışma konusunun temeli olan 17 Ağustos 1999 depremini daha iyi anlayabilmek adına ilk olarak Türkiye’de deprem ve Kuzey Anadolu Fay hattı incelenmiştir. 1990-2020 tarihleri arasında Türkiye’de VI şiddetinden büyük, meydana gelen depremler verilerek tarihsel süreçte meydana gelen İstanbul depremlerine değinilerek 17 Ağustos 1999 depremi detaylıca anlatılmıştır. Diğer bir aşamada, çalışma alanını içeren Avcılar bölgesi tanıtılmış ve bölgenin jeolojik özellikleri ve formasyonlara değinilerek 17 Ağustos 1999 depreminde Avcılar bölgesindeki bilgiler derlenip anlatılmıştır. Son olarak ise 17 Ağustos 1999 depreminden sonra mühendislerin yapmış oldukları çalışmalar incelenmiştir.

3.1. Türkiye’de Deprem

Türkiye konumu itibari ile en etkin deprem kuşaklarından biri olan Akdeniz - Alp - Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Dünyada toplam depremlerin beşte biri bu kuşakta meydana gelmektedir. Türkiye topraklarının %42’si birinci dereceden, %24’ü ikinci derecede ve %18’i üçüncü dereceden olmak üzere %93’ü deprem bölgesi içinde yer almaktadır. Büyük sanayi merkezlerinin % 98’i ve barajlarımızın % 93’ünün deprem bölgesinde bulunmaktadır. Türkiye nüfusunun %98’i deprem tehdidi altında yaşamaktadır. Sanayi kuruluşlarının % 98’i deprem bölgelerinde, %73’ü de aktif fay zonları içinde bulunmaktadır (Harita 3.1). Türkiye Deprem Tehlike Haritası incelendiğinde hasar yapan başlıca depremler dört bölgede yoğunlaşmaktadır. Bu bölgeler Kuzey, Kuzey Anadolu, Batı Anadolu Bölgeleri ve Güneydoğu Akdeniz bölgeleridir.



Harita 3.1. Türkiye deprem tehlike haritası [29].

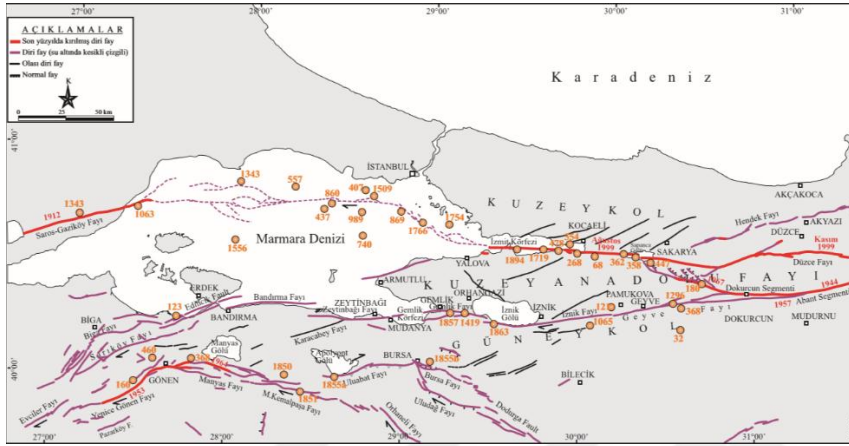
3.2. Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF)

Kuzeyde yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) dünyanın en önemli kırık ve en aktif faylarından bir tanesidir. "Kuzey Anadolu Fayı (KAF), yaklaşık 1.600 km uzunluğunda, sağ yanal doğrultu atımlı, kıta içi transform fay olup, Anadolu plakasının Avrasya'ya göre batıya doğru hareket etmesini sağlamaktadır. Bu transform fay Doğu Marmara bölgesinde kuzey ve güney olmak üzere iki ana kola ayrılmaktadır[30]. Kuzey Marmara Fayı, Yassıda ve Sivriada'ya 3 km, diğer adalarımıza 8 km, Anadolu yakası kıyılarına ortalama 14 km, Avrupa yakası kıyılarına ise 10 km ile 24 km arasında uzaklıkta konumlanmaktadır (Harita 3.2).



Harita 3.2. Türkiye'de faylar [31].

1939-1999 yılları arasında KAF’ta dokuz büyük deprem oluştuğunda Erzincan ile Marmara Denizi arasında toplamda 1100 km uzunluğunda yüzey faylanması meydana gelmiştir. Bu depremler gerçekleştiğinde, her deprem segmenti batısındaki komşu segmente stres aktarır ve böylece bir diğer depremin tetikleyicisi olur. “1967 depremi fayın iki kola ayrıldığı Mudurnu vadisi batısında sonlanmış, bunu izleyen 17 Ağustos 1999 İzmit (Mw: 7,4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (Mw: 7,1) depremleri fayın kuzey kolunda meydana gelmiştir [32].



Harita 3.3. Marmara bölgesi faylar [17].

Marmara bölgesi tektonik özelliği, Ege Bölgesinin devamı şeklinde nitelendirilebilir. Marmara bölgesinde üç depresyon kuşağı bulunur (Harita 3.3). Birinci depresyon kuşağı İzmit- Tekirdağ depresyonudur. İzmit depresyonu, batıda Marmara denizinden Tekirdağ'a kadar uzanmaktadır. Doğuda ise Kuzey Anadolu Tektonik kuşağına ulaşmaktadır. İkincisi İzmit - Tekirdağ depresyonunun güneyindeki İznik Gölü- Gemlik depresyonudur. Marmara denizinin güney sahili içinde yer almaktadır. Üçüncüsü ise Yenişehir – Bursa - Kuş Gölü (Manyas) depresyonudur [31].

3.3. 1990 – 2020 Tarihleri Arasındaki Yıkıcı Depremler

Aşağıdaki tabloda Türkiye’de günümüze kadar meydana gelmiş VI şiddetinden büyük bazı depremler verilmiştir.

Çizelge 3.1. VI büyüklük ve üzeri depremler. (Çizelge çalışmanın yazarı tarafından tasarlanmıştır.)

TARİH	YER	BÜYÜKLÜK (M_w)
27 Aralık 1939	Erzincan	7,9 M_w
20 Aralık 1942	Tokat-Niksar ve Erba	7,0 M_w
26 Kasım 1943	Samsun-Ladik	7,2 M_w
1 Şubat 1944	Bolu-Gerede	7,2 M_w
19 Ağustos 1966	Muş-Varto	6,9 M_w
6 Eylül 1975	Diyarbakır-Lice	6,6 M_w
24 Kasım 1976	Van- Muradiye	7,5 M_w
17 Ağustos 1999	Kocaeli/Gölcük	7,4 M_w
12 Kasım 1999	Düzce	7,2 M_w
3 Şubat 2003	Afyon Çay-Sultandağı	6,4 M_w
27 Ocak 2003	Tunceli-Pülümür	6,2 M_w
1 Mayıs 2003	Bingöl	6,4 M_w
8 Mart 2010	Elazığ Karakoçan-Başyurt	6,1 M_w
23 Ekim 2011	Van	7,2 M_w

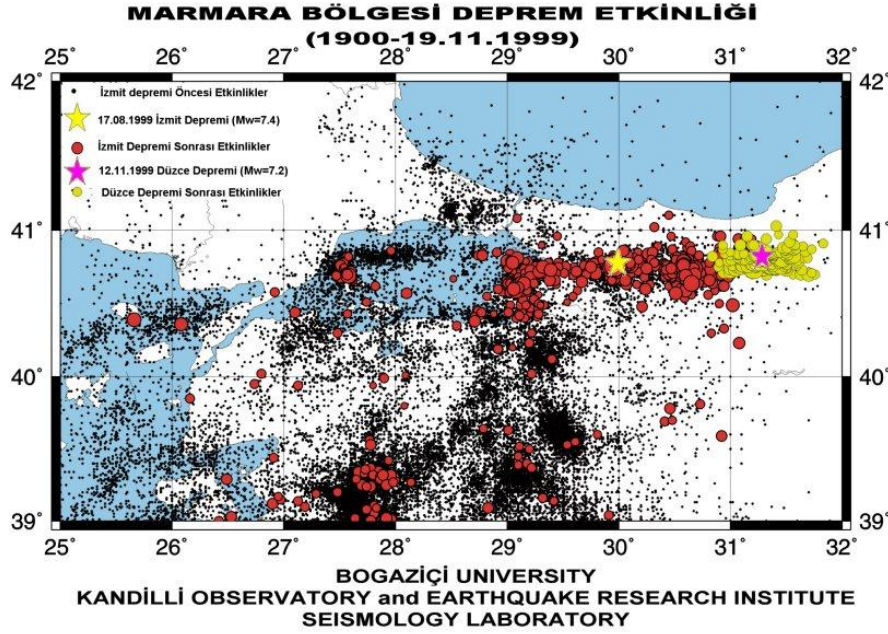
21 Temmuz 2017	Muğla- Bodrum	6,5 M _w
8 Ağustos 2019	Denizli-Bozkurt	6.0 M _w
26 Eylül 2019	Silivri Açıkları, İstanbul	5,7 M _w
24 Ocak 2020	Elazığ-Sivrice	6,8 M _w

Tarihsel süreçte İstanbul depremleri

İstanbul tarihi boyunca yıkıcı depremler yaşamış olup 4. ve 19. yüzyıllar arasında 32 adet yıkıcı deprem görmüştür. 1999 yılında gerçekleşmiş olan Marmara depremleri ile birlikte 34 adet yıkıcı deprem geçirdiğini söylemek mümkündür. İstanbul'da 325 yılından günümüze 13 şiddetli deprem meydana geldiği, Türkiye Deprem Vakfı tarafından belirtilmektedir. Bu depremlerde binlerce kişi hayatını kaybederken yapılar yıkılmış, toprakta yarıklar oluşmuş ve tsunamiler olmuştur. 1894 yılında İstanbul'da büyük hasarlara sebep olan bir deprem olmuştur. Rumeli yakasında sağlam olmayan binalar yıkılmış, Kapalıçarşı'nın tavanı çökmüş ve deniz kenarlarında çatlaklar meydana gelmiş, Adalar ile Karamürsel büyük hasar almıştır. Kocaeli'nde 715 yılında meydana gelen deprem İstanbul'a çok fazla hasar vermiş olup ilin neredeyse üçte birini yıkmıştır.

3.4. 17 Ağustos 1999 Depremi

Çalışma konusuna temel olan 1999 Gölcük depremi, 17 Ağustos 1999 yılında Marmara Bölgesi'nde gerçekleşmiş olup merkez üssü İzmit, Gölcük'tür. Bu nedenle Gölcük depremi veya 99 İzmit depremi olarak da adlandırılmaktadır. Deprem 17 Ağustos 1999'da Salı gecesi 03.01'de gerçekleşmiştir. Deprem 65.000 km²'lik alanı kapsamaktadır. Özellikle İzmit, Gölcük, Adapazarı, Değirmendere, Yalova, Çınarcık, Düzce, Bolu ve başta Avcılar olmak üzere İstanbul'un bazı ilçelerinde ve tüm Marmara Bölgesi ve çevresinde hissedilmiştir. 45 saniye süren (süre büyüklüğü Md=6,7) depremde çok büyük can ve mal kayıpları yaşanmıştır [33].



Harita 3.4. Marmara bölgesi deprem etkinliği [34].

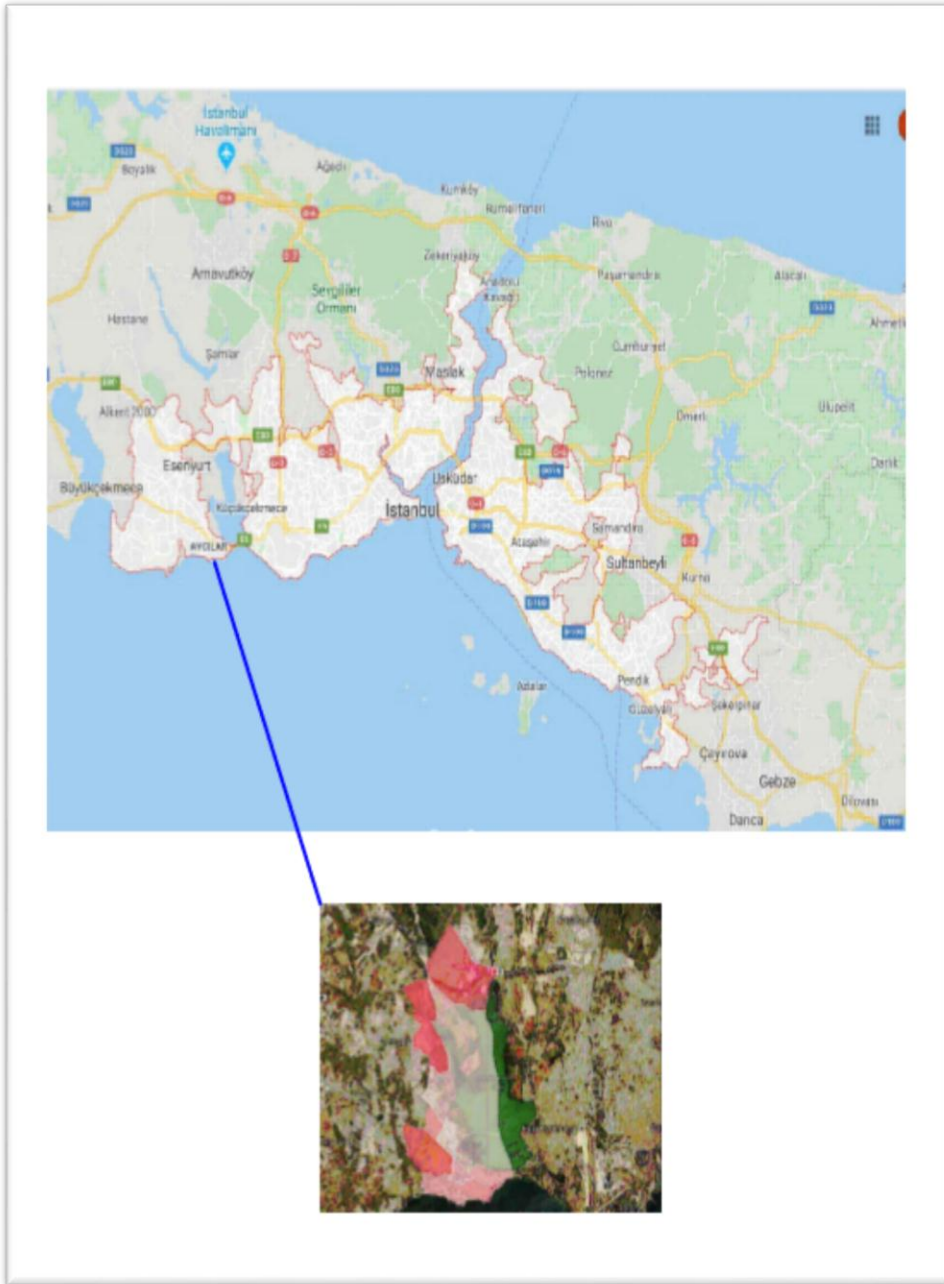
Kandilli Rasathanesinden alınan verilere göre bu büyük depremin dış merkezi, İzmit şehrinin 4 km doğu-güneydoğusunda yer almaktadır. Depremin moment magnitüdü (M_w)=7,4 ve yüzey dalgası (M_s)= 7,8 'dir. Cisim dalgası büyüklüğü (M_b)=6,3 olan depremin şiddeti X ve odak derinliği ise 18 km'dir. Deprem sırasında yaklaşık 120 km uzunluğunda sağ yanal atımlı bir yüzey kırığı meydana gelmiştir. Depremin süresi ve yüzey kırığın yapısına göre segmentleri harekete geçiren şokların en az 2 adet olduğu belirlenmiştir. İlk şok 15 sn devam etmiştir ve 5 sn duraksama meydana geldikten sonra ikinci şok 30 sn boyunca devam etmiştir. İlk şok 75 km'lik yüzey kırığı meydana getirmiştir. Yüzey kırığının bir kısmı da deniz içinden geçmektedir. İkinci şok ise 50 km'lik yüzey kırığı meydana getirmiştir. İlk şokun meydana getirdiği kırık üzerine 3m'lik sağ yönlü yatay atım, ikinci şokta ise 1,5 m yata atılım oluşmuştur. Bu iki kırığın birleştiği kesimde ise yanal atım 4,5 metre olarak belirlenmiştir. Ana şoktan sonra $M > 5,0$ 'ı geçen 6 adet artçı deprem meydana gelmiş ve bu depremler sağ yönlü atımlı faylanmalara sebep olmuştur. 13 Eylül 1999 tarihinde artçılar devam etmektedir ve saat 14,55'te meydana gelen 5,8 büyüklüğünde artçı sarsıntı meydana gelmiştir (Harita 3.5). Bu depremde daha önce hasar gören ancak yıkılmayan binalar yıkılmış, 6 kişi hayatını kaybetmiş ve 500'e yakın kişi de yaralanmıştır [35,36].

DPT kaynaklarında 1999 Marmara depreminin bütçe üzerinde meydana getirdiği toplam maliyeti 2.031 milyar lira, kamu bankalarına 305 milyar lira, KİT'lere 192 milyar lira, sosyal güvenlik kurum ve kuruluşlarına 73 milyar lira, mahalli idarelere 133 milyar lira, fonlara da 60 milyar lira, düzeyinde olmak üzere kamu finansmanı üzerine toplam maliyeti 2.796 milyar lira olduğu belirtilmiştir [38].

Bayındırlık Bakanlığı tarafından yapılan belirlemelere göre deprem sonrasında yaklaşık 600,000 kişi evsiz kalmış ve bu nedenle yaklaşık 120,000 yeni konut yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Bu amaçla toplamda 4 milyar dolar civarı maddi kaynağa ihtiyaç duyulduğunu ifade edilmiştir. Marmara depremi sebebiyle bölge alt yapısında, enerji, ulaşım ve iletişim sektörlerinde ağır zararlar oluşmuştur. Elektrikte, 3.400 dağıtım kulesi ve 490 km hat zarar görmüş veya yok olmuştur. Ayrıca yer altı kablo hatlarında geniş ölçüde zarar oluşmuştur. "Ulaşım alt yapısında oluşan zararlar Ankara- İstanbul otoyolunun 60 km.sini, Gebze-İzmit-Arifiye yolunu, Adapazarı'ndaki otoray fabrikasını, Derince Limanı, yerel sokaklar ve il otobanlarını kapsamaktadır" [39].

3.5. Çalışma Alanı Tanıtımı

Çalışma alanı olan Avcılar bölgesi; Marmara bölgesinin İstanbul ilinde yer almaktadır. Avcılar, İstanbul'un Avrupa yakasında olan bir ilçedir. 1992 yılından beri ilçe durumunda olan Avcılar'ın, doğusunda Küçükçekmece gölü ve Küçükçekmece ilçesi, batısında Esenyurt ilçesi ile Beylikdüzü ilçesi, kuzeyinde Başakşehir ilçesi, güneyinde ise Marmara Denizi yer almaktadır. Avcılar ilçesi yaklaşık 42 milyon m² yüzölçümüne sahiptir. Sınırları TEM otoyolu ve E-5 karayolunu içerdiği için yoğun bir bölgedir. Avcılar ilçesinin nüfusu 2019 yılında yapılan sayıma göre 448,882'dir. Nüfusun 225,530'u erkek ve 223,352'si ise kadınlardan oluşmaktadır.



Harita 3.6. Avcılar yer bulduru haritası (Harita çalışmanın yazarı tarafından tasarlanmıştır.)

Avcılar ilçesi 2015 yılı itibariyle 5 bulvar, 117 cadde, 1685 sokaktan ve Avcılar Merkez mahallesi, Ambarlı mahallesi, Cihangir mahallesi, Gümüşpala mahallesi, Denizköşkler mahallesi, Üniversite mahallesi, Mustafa Kemal Paşa mahallesi, Firüzköy mahallesi, Tahtakale mahallesi, Yeşilkent mahallesi olmak üzere 10 mahalleden oluşmaktadır. Avcılar ilçesinin mahallelerine göre bina, mesken, işyeri sayıları tabloda verilmiştir.

Çizelge 3.2. Avcılar ilçesinin mahallelerine göre bina, mesken, işyeri sayıları [40].

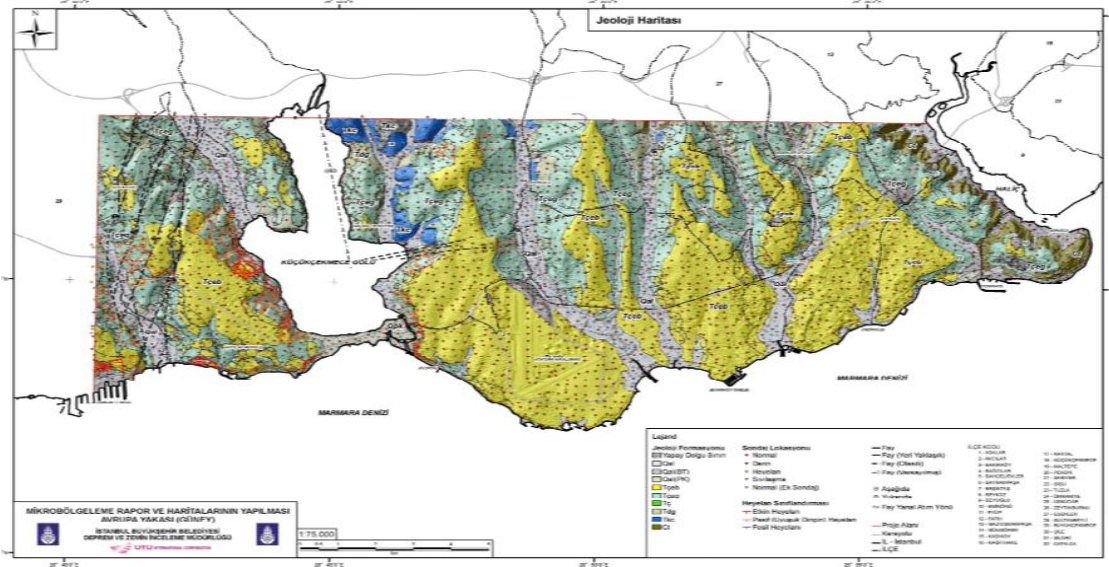
Mahalle Adı	Bağımsız Bölüm Adedi	Mesken Bağımsız Bölüm	İşyeri Bağımsız Bölüm	Bina Sayısı
Merkez	16,708	11,841	4,867	1,598
Ambarlı	15,157	13,792	1,365	2,710
Denizköşkler	18,860	16,827	2,033	2,123
Cihangir	23,128	20,441	2,687	2,761
Üniversite	8,140	6,523	1,617	1,898
Gümüşpala	15,325	13,624	1,701	1,939
Firüzköy	9,751	8,261	1,490	1,097
M.Kemal Paşa	16,985	14,422	2,563	2,601
Tahtakale	18,293	16,623	1,670	949
Yeşilkent	27,696	24,517	3,179	8,345
Toplam	170,043	146,871	23,172	26,021

İstanbul ili Avcılar ilçesinde birçok eğitim-öğretim kurumu yer almaktadır. İstanbul Üniversitesi Avcılar kampüsü ilçede birçok etken açısından büyük öneme sahiptir. İlçede özel ve resmi olmak üzere 30 adet ilkokul ve lise eğitim kurumu, 4 özel anaokul, 5 yurt ve 18 adet kuran kursu bulunmaktadır. İngilizce, motorlu taşıtlar, bilgisayar, müzik muhasebe

vb. olmak üzere 12 adet özel kurs, 16 adet özel dersane ve Avcılar Halk Eğitim Merkezi olmak üzere toplam 29 adet eğitim merkezi faal olarak hizmet vermektedir. İlçede 1 adet kültür merkezi bulunmaktadır. Avcılar ilçesinde Atatürk'ün doğduğu "Atatürk evi" il ve ilçelerden gelen misafirler tarafından büyük ilgi görmektedir. Bunun yanında piknik alanı, yat limanı, entel pazarı gibi çeşitli mekanlar da bulunmaktadır.

3.6. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri

Genel jeolojik açıdan incelediğimizde çalışma alanı, temelinde İstanbul Paleozoöği olarak adlandırılan oluşumu diskordanslı olarak örten ve Eosen'den – Üst Miyosene kadar gelişmiş olan sedimenter istifler tarafından oluşmuştur. Oldukça geniş yayılım gösteren bu birimler, yatay konumlu, genellikle kırıntılı, killi, karbonatlı litolojideki yumuşak kayalar ile dere yataklarında bu birimleri üzerleyen Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından oluşmuştur. İnceleme alanı tortul istiflerin bulunduğu Trakya havzası çökelleri ile kaplıdır. Anılan çökel topluluğu yalın bir jeolojik özellik göstermektedir. Bölge genelinde en yaygın gözlenen birimler Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu ve onun üzerinde yer alan Üst Miyosen yaşlı olan Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonlarıdır. Çukurçeşme birimi civardaki yüzeylerde ince kum veya çakıllı kum niteliğinde görülmektedir. Çakıllar genel olarak kuvars, kristalen kayalar ve kireçtaşlarından türemiş olup yuvarlak ve yarı küresel biçimdedir. Güngören Formasyonu, genellikle lamine kil ve marn ara tabakalarından oluşan bu birim, üstteki Bakırköy formasyonu ile 10m – 15m'lik geçiş zonuna sahiptir. Ortalama 20 m kalınlığa sahip bu birimin kalınlığı mercek şeklinde veya kalınlıkta ani azalmalar olabilmektedir. Bu birimin üzerinde bulunan Bakırköy formasyonu ise genellikle bej- yeşil- kahve renkli kil- marn ve beyaz renkli Mactralı kireçtaşı aralanmalarından oluşmaktadır. İnceleme bölgesindeki jeolojik birimlere ait genel stratigrafik kesik Şekil 3.1'de verilmiştir.



Harita 3.7. Avcılar jeoloji haritası [41].

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		KAT		FORMASYON		LİTOLOJİ		AÇIKLAMALAR	
KUVATERNER		HOLOSEN				DOLGU		Qd		0 - 10		Killi ve siltli matris içinde kireçtaşı, inşaat atıkları	
ALÜVYON		Qal		5 - 15		5 - 15		5 - 15		5 - 15		Çakıl, kum, silt ve kil	
TERSIYER		NEOJEN		ÜST MİYOSEN		BAKIRKÖY		Tb		5 - 15		UYUMSUZLUK	
GÜNGÖREN		Tgn		10 - 40		10 - 40		10 - 40		10 - 40		KİREÇTAŞI	
ÇUKURÇEŞME		Tç		20 - 80		20 - 80		20 - 80		20 - 80		Beyazımsı bej renkli, killi ve marnlı seviyeler içeren, fosilli ve killi kireçtaşı	
OLİGOSEN		GÜRPINAR		Tg		400 <		400 <		400 <		KİL	
												Yeşilimsi mavi, gri renklere sahip, siltli kil ve marnlı seviyeler içeren kil	
												KUM	
												Sarımsı kahverengi renkli, killi, siltli, ince kum	
												UYUMSUZLUK	
												KİL	
												Sarımsı yeşil renkli, aşırı konsolide kil	

Şekil 3.1. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik sütun kesiti [42].

3.7. Çalışma Alanı Formasyonu

A) Gürpınar formasyonu

Birim çalışma alanı Avcılar sahili, Haramidere yamaçları, İstanbul Üniversitesi Avcılar kampüsü ve Firüzköy'ün Küçükçekmece gölü kıyılarında gözlenmektedir. Formasyon silt, kum ve çakıl bantları içermektedir. Hakim litolojiyi sarımsı-açık kahverengi, yeşilimsi killer oluşturmaktadır. Gürpınar formasyonu yüksek plastisiteye sahiptir. Formasyonun üst kesimlerinde organik seviye ile ince kum seviyeleri gözlenmiştir. Alt kesimleri ise çakıl bantları ile başlamaktadır. Çakılların tane boyu üst kısımlara geldikçe küçülmektedir. Alt kesimlerde gri, açık kahverengi, sarımsı, az tutturulmuş çakıl taşları bulunmaktadır. Gürpınar formasyonu üzerindeki formasyon olan Çukurçeşme formasyonu ile açık uyumsuzluk göstermektedir.

B) Çukurçeşme formasyonu

“Bu formasyon İstanbul’un güney batısında genç Miyosen (Senozoyik) yaşlı seviyenin en alt seviyesini temsil etmektedir. Birim adını İstanbul’un Gaziosmanpaşa ilçesindeki Çukurçeşme Caddesinden almaktadır”[43]. Çukurçeşme formasyonu geniş bir yayılıma sahiptir. Başta Avcılar olmak üzere Küçükçekmece gölünün kuzeyi ve batısındaki yamaçlarda ve Ambarlı vadisinin tabanına yakın yerlerde görülmektedir. Formasyon yer yer çakıllı ve çapraz tabaklı olup giderek bol mikalı, sıkı-çok sıkı ince kum içermektedir. Hakim litolojiyi silt oluşturmaktadır. Çapraz tabakalanma yukarıya doğru azalmaktadır. “Tane boyunun giderek incilmesi ile kızılımsı kahve renkli çamurlara geçilir. Çukurçeşme formasyonunun en üst kesiminde mikro çapraz ve paralel laminalı silt ve killer egemendir. Yukarı doğru bakıldıkça Güngören formasyonuna geçilir. Çukurçeşme formasyonu üzerindeki Güngören formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir.

C) Güngören formasyonu

İstanbul’un güney batısında ve özellikle Güngören ilçesinde Çukurçeşme formasyonu üzerinde ve Bakırköy formasyonunun altında yer alır. Avcılar’ın doğusunda az eğimli alanlarda Haramidere, Taşocak deresi ve Küçükçekmece gölüne bakan yamaçlarda gözlenmektedir [42,43].

Güngören formasyonu hakim litolojisi kildir. Yeşilimsi gri renkli killerden oluşmaktadır. Bu killerin plastisitesi yüksektir. Çoğunlukla yeşil-mavi renkli üst seviyeler de kirli beyaz renkli mactralı kireçtaşı ara seviyeli, kum cepli kil ve marnlardan oluşmaktadır. Kumlu kesimler gri, sarı, açık kahverengi ve az tutturulmuştur. Siltli seviyeler ince tabakalı ve gri gibi beyaz renktedir. Güngören formasyonu, Çukurçeşme formasyonu üzerinde ince kumlu-siltli kil seviyesinde başlar. Üst seviyelere doğru giderek koyu yeşil-yeşilimsi gri renkli,siltli kil ve fisürlü kil düzeyleri ile devam etmektedir. Çukurçeşme formasyonunda kil ara seviye ve mercikleri olduğu gibi Güngören formasyonun da özellikle alt seviyesinde kum mercik ve ara seviyeler görülmektedir. Formasyonun yüzeye yakın yerlerinde organik madde zenginleşmesi ile rengi kahverengiye dönmektedir. Güngören formasyonunun kalınlığı 10-40 metre arasında değişmektedir. Genellikle güneye doğru artmaktadır. Avcılar bölgesinde 40 metreye yakın kalınlığı vardır.

D) Bakırköy Formasyonu

Bakırköy formasyonu, Beylikdüzü, Esenyurt, Avcılar civarından Bakırköy'e kadar geniş bir yayılım göstermektedir. Avcılar'da Firüzköy ile D100 karayolu arasında ve Gümüşpala mahallesinde görülmektedir. Formasyonun alt düzeyleri çok daha killi iken üst seviyeleri kireçtaşı ve kil araldanmasından oluşmaktadır. Hakim litoloji kireçtaşıdır. Kireç taşları beyaz,krem renkli ince taneli,bol çatlaklı ve fosil kavkılı kireçtaşıdır.Değişen oranda kil ve marn arakatıklıdır.“Kireçtaşı seviyeleri sarımsı beyaz renkli bol fosilli, kof, yer yer tebeşirimsi karakterde olup az dayanımlıdır. Birim 10-50cm kalınlığında kil/marn ara tabakalı 50-100cm kireçtaşı tabakaları ile araldanmalı olarak gözlenmiş olup kalınlığı 15 m civarındadır” [43].

E) Alüvyon

Alüvyon oluşumlar genel olarak Haramide ile Taşocak deresinin Küçükçekmece gölüne döküldüğü alanlarda yaygın bir şekilde görülmektedir. Diğer formasyonlardan aşınıp taşınarak devamında ise birikme yaparak oluşmuştur. Heterojen bir karışım göstermektedir. Alüvyon, formasyonların üzerine uyumsuz oluşma yapmıştır. Bu sebeple alüvyonun dolgu ile geçişi de uyumsuz görülmektedir.

F) Dolgu

Dolgu, genellikle hafriyat dökümü, sahil dolgusu yani kontrolsüz dolgu ve yamaç malozu gibi nedenlerle oluşmaktadır. Yapay dolgu kalınlıkları 3 metreden fazla olmaktadır. Dolgular çoğunlukla heterojen yapıda olup denetimsiz olarak yapılmaktadır. Esenyurt-Beylikdüzü yakınlarında dolgu alanları kireçtaşı, killi kireçtaşı, kil gibi malzemelerden oluşurken, Avcılar bölgesinde ise sahil kesimdeki dolgular çoğunlukla taş ocaklarından getirilen malzemelerde doludur. Dolgu kalınlıkları 0-10 metre arasında değişmektedir.

3.8. 17Ağustos 1999 Depreminde Avcılar

Merkez üssü Gölcük olan 17 Ağustos 1999 depremi önceki bölümlerde anlatıldığı gibi İstanbul ili ve birçok ilçesinde hasara neden olmuştur. İstanbul ilinde 454 kişi ölmüş ve 1880 kişi yaralanmıştır. 3,073 konut ağır hasara, 13,339 konut orta hasara ve 12,455 konut ise hafif hasara uğramıştır. Deprem nedeniyle meydana gelen ağır hasarların %5'i, orta hasarların %20'si ve hafif hasarların %16'sı İstanbul'da bulunmaktadır.

Deprem üssüne daha yakın ilçe merkezleri bulunmasına rağmen en çok can ve mal kaybı görülen ilçe Avcılar ilçesi olmuştur. Deprem şiddeti IX olarak kayıtlara geçmiştir. Deprem nedeniyle ilçede 274 kişi hayatını kaybetmiş ve 1880 kişi yaralanmıştır. Konutlarda ağır hasarlı bina sayısı 1736, orta hasarlı bina sayısı 5061 ve hafif hasarlı bina sayısı ise 3621 olarak kayıtlara geçmiştir. İstanbul'a oranla Avcılar ilçe merkezdeki konutların %3.2'si ağır hasara uğramıştır.

Avcılar bölgesi toplanma alanları

Avcılar bölgesinde toplanma alanları hakkında ilçe belediyesinden edindiğim bilgiler doğrultusunda 42 adet toplanma bölgesi bulunmaktadır. Ambarlı mahallesinde 4 adet, Cihangir mahallesinde 6 adet, Denizköşkler mahallesinde 3 adet, Firüzköy mahallesinde 12 adet, Gümüşpala mahallesinde 4 adet, Merkez mahallesinde 5 adet, Mustafakemalpaşa mahallesinde 1 adet, Tahtakale mahallesinde 2 adet, Üniversite mahallesinde 3 adet ve Yeşilkent mahallesinde 2 adet toplanma alanı mevcuttur [41]. Her mahallenin toplanma alanı EK-B' de sunulmuştur. Avcılar belediyesinden edindiğim bilgiler doğrultusunda toplanma alanları yetersiz kalmaktadır. Depremde binalardan düşen parçaların insanları yaraladığı veya öldürdüğü bilinmektedir. Avcılar bölgesinde ise yetersiz toplanma alanları depreme hazırlıksız olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.3. Avcılar ilçesi mahallelerinin toplanma alanları (Çizelge çalışmanın yazarı tarafından derlenmiştir.)

MAHALLE	TOPLANMA ALANI ADI	NÜFUS	ALAN(m ²)
Ambarlı	Halide Edip Adivar Parkı	38,444	4685
Ambarlı	Kapalı Semt Pazarı	38,444	8670
Ambarlı	Şehit Topçu Er Selçuk Adalı Parkı	38,444	1724
Ambarlı	23 Nisan Parkı	38,444	371
Cihangir	Ahmet Dicle Parkı	64,632	1788
Cihangir	Şht. J. Er Erdoğan Akçıkırık Parkı	64,632	866
Cihangir	Eyüp Çolakoğlu Parkı	64,632	1611
Cihangir	Müjdat Gezen Parkı	64,632	2931
Cihangir	Osman Özbek Parkı	64,632	5830
Cihangir	Uğur Mumcu Parkı	64,632	2006
Denizköşkler	Şht.P.Er.İbrahim Candemir Parkı	46,380	1999
Denizköşkler	Şht.P.Er.Erdal Yulalı Parkı	46,380	1292
Denizköşkler	Şht. P.Er.Yaşar Ataş Parkı	46,380	972
Firüzköy	111 Ada Parkı	22,850	1513
Firüzköy	Alabora Sokak Parkı	22,850	1887
Firüzköy	Şht.Ali Bolçay Parkı	22,850	1545
Firüzköy	Deli Orman Parkı	22,850	4365
Firüzköy	Firüzköy Spor Kompleksi	22,850	17758
Firüzköy	Kapalı Semt Pazarı	22,850	1214
Firüzköy	Kocadere Sokak Parkı	22,850	564
Firüzköy	Koroğlu İsmail Parkı	22,850	965
Firüzköy	Muhtar Ali Akverdi Parkı	22,850	2013

Firüzköy	Şehit Öğretmenler Nesrin-Cuma İbiş Parkı	22,850	1883
Firüzköy	Şht.J.Er Ünal Kaya Parkı	22,850	882
Firüzköy	Sel Sokak Boş Alan	22,850	2677
Gümüşpala	Adnan Menderes Parkı	42,079	913
Gümüşpala	İskece Cad. Parkı ve Spor Tesisi	42,079	5580
Gümüşpala	Mustafa Tete Parkı	42,079	1393
Gümüşpala	Taşkent Parkı	42,079	1653
Merkez	Atatürk Parkı	32,264	1836
Merkez	Kültür Merkez Parkı	32,264	1763
Merkez	Bülent Ecevit Parkı	32,264	3882
Merkez	Meydan	32,264	5784
Merkez	Öğretmen Hakkı Orman Parkı	32,264	2216
Mustafa Kemal Paşa	Mehmet Akif Ersoy Parkı	47,389	1678
Tahtakale	Gençlik Parkı	60,022	5856
Tahtakale	Tahtakale Kent Parkı	60,022	18456
Üniversite	Şht. Kom. Onb. Hakan Kuyucu Parkı	22,359	3852
Üniversite	İtfaiye Parkı	22,359	480
Üniversite	Şht. Kom. Er Eyüp Nedim Evin Parkı	22,359	2053
Yeşilkent	Kıvırcık Ali Parkı	37,452	5891
Yeşilkent	Milli Egemenlik Parkı	37,452	4424

3.9. Avcılar Bölgesinde Yapılmış Zemin Çalışmaları

Depremde Avcılar ilçesinin merkez üssüne yaklaşık 100 km uzaklıkta olup en fazla can ve mal kaybının yaşanması ilginç bir yer bilimi problemini gözler önüne sermiştir. Problem “Long-distanceeffect” yani “uzak mesafe etkinliği” olarak adlandırılmaktadır. Uzak mesafe etkinliği “zemin büyütme” olgusunu ortaya çıkarmıştır. “Yeryüzüne yakın ve sağlam bir kaya üzerinde yer alan zeminin, deprem nedeniyle oluşan dalgaları filtreleyerek bazı periyottaki genlikleri arttırırken bazı periyottaki genlikleri de azaltabilmesine ‘zemin büyütmesi’ denilir”[42].

Deprem sonrasında Avcılar bölgesinde yapılan araştırmalarda sismik Őiddetin eşit olduğu bÖlgelerdeki yapılarda farklı hasarlar gözlenmiştir. Bu olgunun sebebi yapıları taşıyan zeminin depreme gösterdikleri farklı tepkiler olarak belirlenmiştir. Bu sebeple bölgede mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Mikrotremor zemine ufak titreşimler göndererek zemin tepkisini ölçmek için yapılır. Bu titreşimler suni kaynaklardan oluşmakta ve genlikleri 0,1-1 mikron, periyotları 0,05 – 2 sn arasında değişim göstermektedir.

Deprem sonrası yapılan ilk saha çalışmalarında hasarı oluştırmada zeminin önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. İlk olarak Amerikan Jeoloji Araştırma Birimi (USGS) tarafından yapılan ön araştırma sonuçları sonucunda Avcılar bölgesinde 0.3-0.4 Hz (3.33-2.5sn) gibi çok alçak frekanslarda yaklaşık 13 kat gibi büyütme ile karşılaşılmıştır. 1985 Mexico-City de meydana gelen 8.1 büyüklüğünde meydana gelen depremde yerel jeolojik yapı ile ilgili olgular meydana çıkmıştır. Bu depremde zemin 0.25-0.7Hz (4-1.42sn) frekans aralığında 50 kat büyütme göstermiştir. 10 katlı binalar 1 dakika süreyle sallanmışlar ve yorulma sebebiyle yıkılmışlardır. En dikkat çekici noktası ise bu yıkımların merkez üssünden 300- 400 km mesafede meydana gelmiş olmasıdır. Bu sebeple Avcılar bölgesi ile benzer olgulara sahiptir [43].

Ergin ve diğerleri (Ağustos 2000) Avcılar belediyesi için çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada 5 adet gözlem istasyonundan yaklaşık 2 ay (24 Mart-30 Mayıs) gözlem çalışması yapılmış ve 11 tane kaydedilmif depremi seçerek bazı veriler elde edilmiştir [43].

- a) 0.5 – 0.9 Hz (2 – 1.11 sn) frekans aralığında en büyük etkin büyütme (YBE>10) Araştırıcılar bu gözlemlerin sistematik olarak tüm istasyonlarda ve tüm kayıtlarında rastlandığını rapor etmişlerdir. Daha ayrıntılı olarak bakıldığında bu bant içine yayılmış olan büyütmenin özellikle iki frekans çevresinde (0.5 - 0.6 Hz ve 0.8 -0.9 Hz) aralıklarında YBE değerleri sırayla YBE yaklaşık 5 - 10 ve YBE yaklaşık 13 - 15 aralığında odaklandığını gözlenmiştir.
- b) Yüksek frekans bandında (> 1.0 Hz) büyütme oranı genel olarak çok yüksek olmadığı gözlenmiştir
- c) Sahile yakın istasyonlarda 1.5 Hz (0,66 sn) yatay bileşenlerde belirli ölçüde büyütme etkisi gözlenmiştir. Bu oran yaklaşık olarak 3 - 4 civarındadır.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi ile Avcılar Belediyesi ortak çalışmasında 200 adet mikrotremor kaydı alınmıştır. Elde edilen verilerde zemin hakim periyodunun 0,26 – 1,14 sn arasında değiştiği ve büyütmelerin 2 – 16 kat arasında değerler aldığı sonucuna ulaşılmıştır. En çok hasar Güngören kil formasyonu üzerinde olduğu

görülmektedir. Bu formasyon üzerinde zemin hakim periyodu 0,54 – 0,8 sn arasında değişim gösterirken periyod aralığı 7 – 9 kat büyütme göstermektedir. Aynı formasyon üzerinde 0,8 – 1,14 sn arasında değişim gösteren yerlerde ise 10 – 16 kat büyütme görülmektedir. Avcılar bölgesinde kireçtaşı olan zeminlerde zemin hakim periyod değerleri 0,26 – 0,5 sn arasında değişmektedir. Masif kireçtaşı periyodu 0,26- 0,4 sn ve büyütme değerleri 2 – 4 sn arasında görülmektedir. Ayrışmış kireçtaşında ise zemin periyodu 0,4 – 0,5 sn ve büyütme değerleri 5 – 6 kat arasında olarak görülmüştür [43].

Çizelge 3.4. Avcılar zemin yapısına göre periyod ve büyütme değerleri (Çizelge çalışmanın yazarı tarafından derlenmiştir.)

ZEMİN YAPISI	PERİYOD (Sn)	BÜYÜTME
Masif Kireçtaşı(Bakırköy)	0,25 – 0,4	2 - 4
Ayrışmış Kireçtaşı (Bakırköy)	0,4 – 0,5	5 - 6
Kil (Güngören)	0,5 – 0,8	7 – 9
Kil (Güngören)	0,8 – 1,14	10 - 16
Avcılar (Genel)	0,25 – 2,5	5 - 10
Avcılar (Genel)	1,0 – 2,0	5 -10

3.9.1. Dinamik konik penetrometre ölçümleri

Avcılar bölgesinde Mustafa Gürbüz tarafından CPT çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada bölgedeki zeminin taşıma gücü tespiti ve uygulama noktalarında yer alt su seviyesinin bulunması amaçlanmıştır. Konik penetrometre yerleri belirlenirken yıkık, ağır hasarlı, orta hasarlı binalara en yakın noktalar seçilmiştir. Bu çalışma özellikle en fazla yapısal hasar görülen Gümüşpala ve Denizköşkler semtlerinde yoğunlaşmıştır. Uygulama sırasında 20 kg'lık ağırlık halatla tij üzerindeki başlıktan 30 veya 50 cm'lik yüksekliğe kaldırılarak tijin üzerine aniden bırakılmıştır. Böylece tijin her 10 cm düşey ilerlemesini sağlayan N darbe adedi sayılmıştır.

Hasarsız binaların yakınlarında yapılan çalışmada darbe adetleri derinliğin fonksiyonu olarak düzenli artma göstermiştir. Derinlerde taşıma gücü 4 – 4,5 kg/cm² değerlerine ulaşmıştır. Bu tür zeminlerde yer altı suyu 17 – 20 m derinlikte kil ve kireçtaşı kontaklarında tespit edilmiştir. Hasarlı binaların yoğunlaştığı kesimlerde derinliğin artmasıyla taşıma gücünde artma görülmemiştir. Ani olarak azalan darbe adetleri muhtemel olarak kil veya silt formasyonunun içerisinde yer altı suyu sebebiyle penetrasyon direncini azaltmaktadır. Yapılan çalışmada bazı hasarlı binaların zeminlerinde problem görülmemiştir. Yine de hasarlı olma sebepleri bina yapımında kullanılan çimento ve demirin kalitesi ve yetersiz olması hakkında güçlü tahminler mevcuttur. Yıkık binaların oturduğu zeminlerin N darbe sayısı ile derinlik arasındaki ilişki hasarlı binaların bulunduğu zemin ile benzer tepkiler verdiği görülmüştür. Ancak yer altı suyunun binanın zemine oturduğu seviyede olduğu görülmüştür. Yer altı suyunun sismik şiddeti arttırabildiği tekrar gündeme gelmiştir [43].

Avcılar bölgesinde yapılan araştırmalar yaklaşık 1 sene sürmüştür. Bu çalışma süresi boyunca yüzey sularının önemli ölçüde kilin taşıma gücünü azalttığı ve bu sebeple binaların ve istinat duvarlarının yıkımına sebep olduğu görülmüştür. Binaların güçlendirme çalışmaları devam ederken gece yağın yağmur sularının bina kolonlarının killi zemine temas ettiği yerlerdeki çukura dolarak sabah binaların çökmesiyle sonuçlanan olay bu süreçte oldukça dikkat çekmiştir. Bir diğer olay, uzun ve yüksek istinat duvarı yağın aşırı yağmur sularının etkisiyle stabilitesini kaybederek apartman bloğu üzerine yıkılmıştır. Bu olaylar sonucunda yer üstü ve yer altı suları zeminde aşırı ıslaklık yaratması durumunda binaları tehlikeli durumlara getirebilmekte ve zeminde taşıma gücü kaybına yol açabilmektedir.

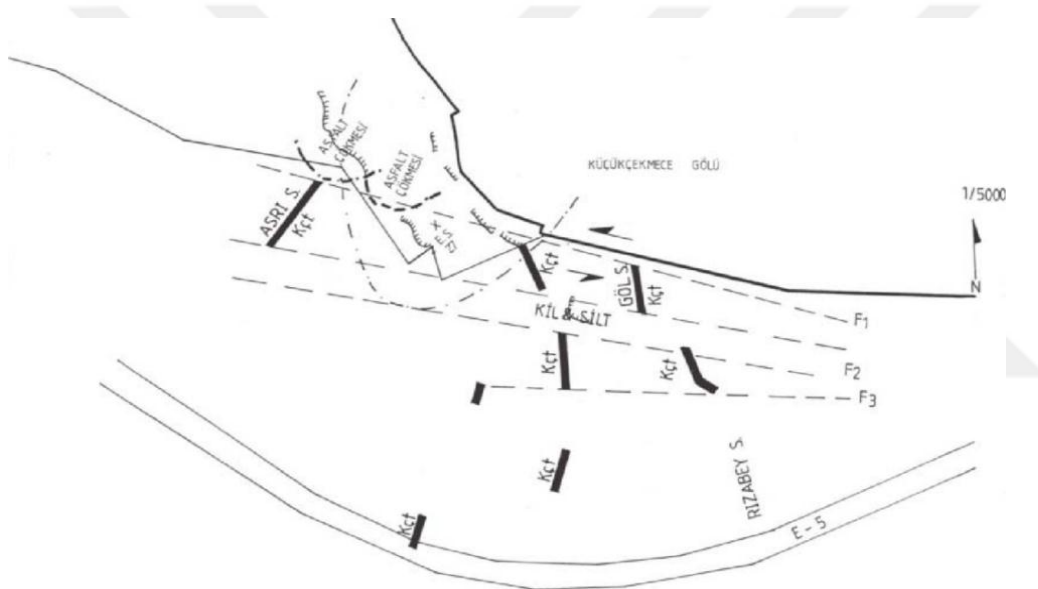
3.9.2. Heyelan

Avcılar bölgesinde meydana gelen hasarın sebeplerinden biri de heyelan olmaktadır. Gümüşpala'nın kuzey doğusu ile Küçükçekmece Gölü arasında yer alan bu önemli bölge "Avcılar Belediyesi Deprem Etüd Ekibinin" çalışma programında başlıca hareket noktasıdır. Yamaç aşağı kaymanın meydana geldiği maksimum uzunluk değeri 350 metre, heyelanın maksimum genişliği 400 m olarak belirtilmektedir. Küçükmece gölünün güneyinden geçen F1 olarak işaretlenen zayıflık zonu sabit elektrod aralıklı ölçümler ile belirlenmiştir. Fay zonu Kuzey-Batı, Güney- Doğu yönünde bulunmaktadır. Fayın kuzey tarafı, Küçükçekmece Gölü'nün hemen kıyısından geçip asfalt yol üzerinde çökmelere neden olan bölümdür. Çoğunlukla killi daha derinlerde yani yaklaşık 35 – 40 metre marnlı seviyeleri (sismik

temek) içerir. Bu seviyeler yaklaşık 100 metre sonra bitmektedir. Fayın kuzey kesimi yerini kireçtaşlarına bırakmaktadır. Doğu- Batı istikametinde 75 metre eninde süreklilik arz eden killi – siltli birimler daha güneyde kireçtaşlarına geçiş yapmaktadır [43].

Paşaeli Piknik Sahası Heyelanı İle İlgili İlk Penetrasyon Test Sonuçları

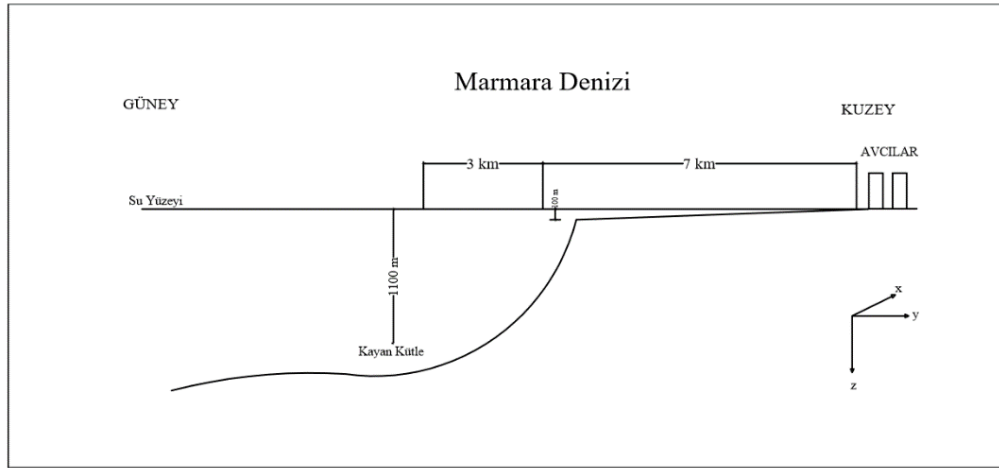
2000’de yapılan çalışmalar sonucunda 1,5 metre kalınlığında ve yaklaşık $1,35 \text{ kg/cm}^2$ taşıma gücünde zemin, 4.20 metreye kadar 0.45 kg/cm^2 lik zayıf oldukça gevşek su ile doymuş bir zemine yerine bırakmıştır. Sonrasında ise taşıma gücü ciddi artış göstererek $2,4 \text{ kg/cm}^2$ olarak görülmüştür.



Şekil 3.2. Paşaeli heyelan sahasında belirlenen fay zonları [43].

17 Ağustos 1999 İzmit depreminde Avcılar’ın 7 km açığında deniz içinde meydana gelmiş olabilecek deniz heyelanı ile Avcılar’ın beklenilenden fazla hasar göstermesi arasında bağlantı üzerine araştırmalar yapılmıştır [44]. Çalışmada, Şekil 3.3’te AUTOCAD programında çizilerek gösterilen deniz içi heyelanları gösteren multibeam verisi kullanılmıştır. Çalışmada bu heyelanların oluştuğu kesin tarihlerin belirlenemediği belirtilmektedir. 17 Ağustos 1999 depremi ile oluştuğu varsayılan bu heyelanın gerçekte oluşması durumunda 5,2 büyüklüğünde bir deprem yaratabileceği sonucu elde edilmiştir. Heyelanın izlerini gözlemlmek için ivme kayıtları üzerinde durulmuştur. Ancak yetersiz veriler ışığında modeli kurulan heyelanın 17 Ağustos 1999 İzmit depreminde heyelanın oluştuğu kanıtlanamamıştır. Avcılar bölgesi sismik olarak aktif ve heyelan bölgesi

olduğundan hasar yaratabilecek ölçüde kütle için olası kara depreminde merkez üssü Avcılar'a 40 km uzaklıkta olduğunda 10 milyon metreküplük bir kütleyle tetikleyerek heyelanı harekete geçirebilecek olmasının mümkün olduğu belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Heyelan sonucu düşüğü varsayılan kütle modelini (ölçeksiz) (Şekil çalışmanın yazarı tarafında AUTOCAD programında çizilmiştir.)

Avcılar bölgesindeki heyelan, Gürpınar kil formasyonunda ciddi derecede görülmektedir. Bölgedeki heyelanlar dönel kayma ve gerileyen tipte olmaktadır. Heyelan morfolojisinin taç kısımları genellikle belirlenebilirken topuk kısımları aşındırıldığı ve için çoğu yerde gözlemlenmek mümkün değildir. Gözlenebilen yerlerde ise akma şeklinde hareketlerin olduğu belirlenmiştir. Bölgede heyelan oluşumu Çukurçeşme formasyonuna ait kum ve çakıl düzeylerindeki yeraltı suyuna ve Gürpınar kil formasyonuna bağlı olarak artış göstermektedir.

Günümüzde heyelanların aktivite kazanmasının sebebinin %30'u insan etkisinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Heyelanların taç kısmının doldurulması, taç kısmına yapılan yüksek katlı binalar ve topuk kısmının da kazılması sonucunda heyelanlar aktivite kazanmaktadır. "Afete maruz bölge ilan edilen Avcılar Balaban bölgesinde ELC Group Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti (2005) verisine göre bölgedeki heyelan 700 m genişlikte ve karada 350 m uzunluğunda bir alanda etkili olmakta ve kayma yüzeyinin yaklaşık 13 m ile 40 m den geçtiği belirlenmiştir" [45]. Yer altı su seviyesi geçirimsiz Güngören killlerinde 1,60 -7,0 m, geçirimli Çukurçeşme kumlarında ise 14- 24 m derinlikte bulunmaktadır. Bölgede genel olarak yağmur ve bahçe sularının drenajının yapılmaması da heyelan

olaylarının ana sebepleri arasında yerini almaktadır. Drenaj yapılarak bölgedeki heyelan olayının hızının azaltılması elbette mümkün olmaktadır.



Resim 3.1. Avcılar Balaban'da heyelan sonucu yıkılan ve düşeyden sapan bina [43].

3.10. Sismik Refraksiyon Çalışmaları

Kabukta bir deprem olduğu, nükleer bir deneme yapıldığı veya jeofizik mühendisliği çalışmaları için ufak çapta dinamit patlatıldığı anda zemindeki malzeme bir harekete maruz bırakılmış olur. Kumlu ve killi bir zeminde sismik çalışmalar için dinamit patlatıldığında, patlatılan dinamitin büyüklüğüne bağlı olacak şekilde hasıl edilen itici kuvvet zeminde yaran küre şeklinde bir çukur hasıl eder. Bu yarım küre çukur, dinamit patlaması anında önemli kalıcı deformasyon meydana getiren itici kompresif yüklerin mevcudiyetini kanıtlar. Şayet etüt sahasındaki malzeme oldukça katı veya davranışları kalıcı deformasyonu meydana getiremeyecek kadar elastik ise malzeme patlatmayı takiben ilk durumuna gelecektir [46].

Çizelge 3.5. Zemin büyütmesinin Finn(1993)'e göre sınıflandırılması [42].

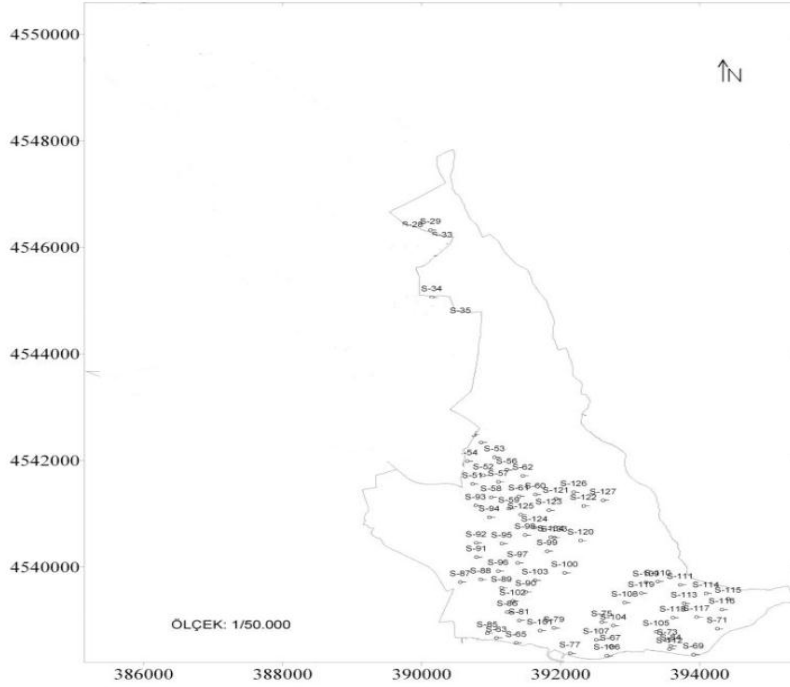
Zemin Kategorisi	Genel Tanım	Ortalama Kayma Dalgası Hızı ile Vort, m/sn	Büyütmeye Karşı Zemin Davranışı

A	Kaya	$V_{ort} > 750$	-
B	Derin kohezyonsuz zeminler, sıkı kohezyonlu zeminler yada ikisinin karışımından oluşan zeminler	$360 < V_{ort} < 760$	Düşük
C	Kum, silt ve/veya sıkı/çok sıkı kil, bazı çakıllar; kalınlığı 3 m den küçük yumuşak kil tabakaları	$180 < V_{ort} < 360$	Orta
D1	Kalınlığı (Hc) az ve yumuşak veya orta sıkı kil içeren tabakalar	$V_{ort} < 180$, ve/veya $3 \text{ m} < H_c < 15 \text{ m}$	Yüksek
D2	Kalınlığı (Hc) fazla ve yumuşak veya orta sıkı kil içeren tabakalar	$V_{ort} < 180$, ve/veya $15 \text{ m} < H_c < 35 \text{ m}$	Yüksek
E1	Peat yada organik madde oranı yüksek killer	$H_p > 3 \text{ m}$	Çok Yüksek
E2	Yüksek plastisiteli killer	$H_{cp} > 7 \text{ m}$ ve $PI < \%75$	Çok Yüksek
E3	Çok kalın (Hc) yumuşak veya orta sıkı kil içeren tabakalar	$H_c > 35 \text{ m}$	Çok Yüksek

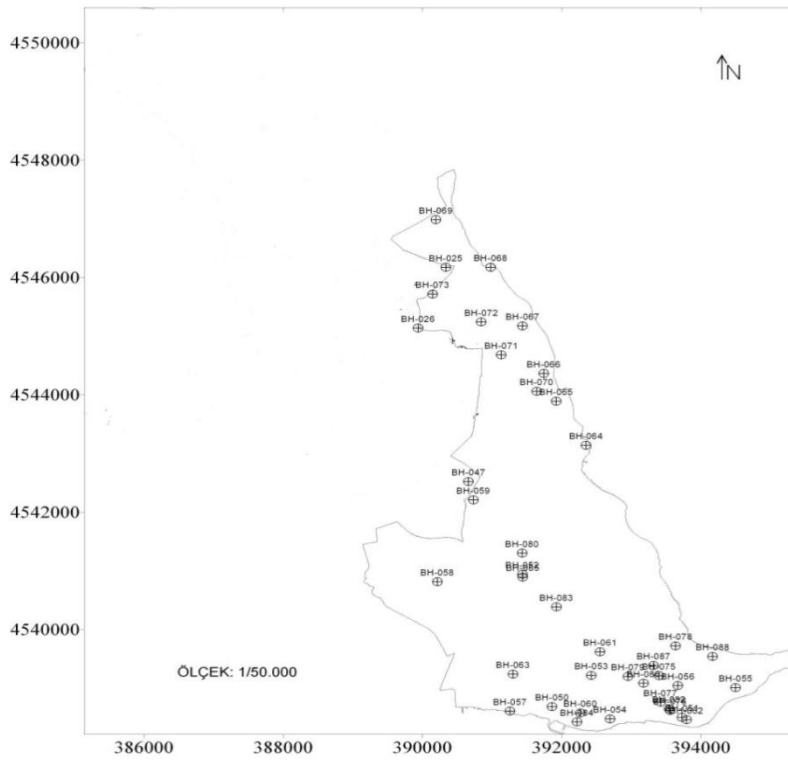
Kayma dalga hızı

Murat Koç tarafından yapılan araştırmalarda, bölge araştırmasında 30 metre derinlik alınarak toplamda 134 adet sismik, 90 adet sondaj verisi kullanılmıştır. Bölgede alınan mikrotremor kayıtçılarının örnekleme aralığı 0,01 saniyedir. Veriler 0 – 50 Hz frekans değerleri arasında örneklenmiştir. Kayıt süresi 3 dakikanın üzerinde tutulmuştur. Kayıt

süresine bağlı olarak frekans örnekleme aralığı 0,025 Hz dir. Spektral genlikler bu frekans aralığında hesaplanmıştır.



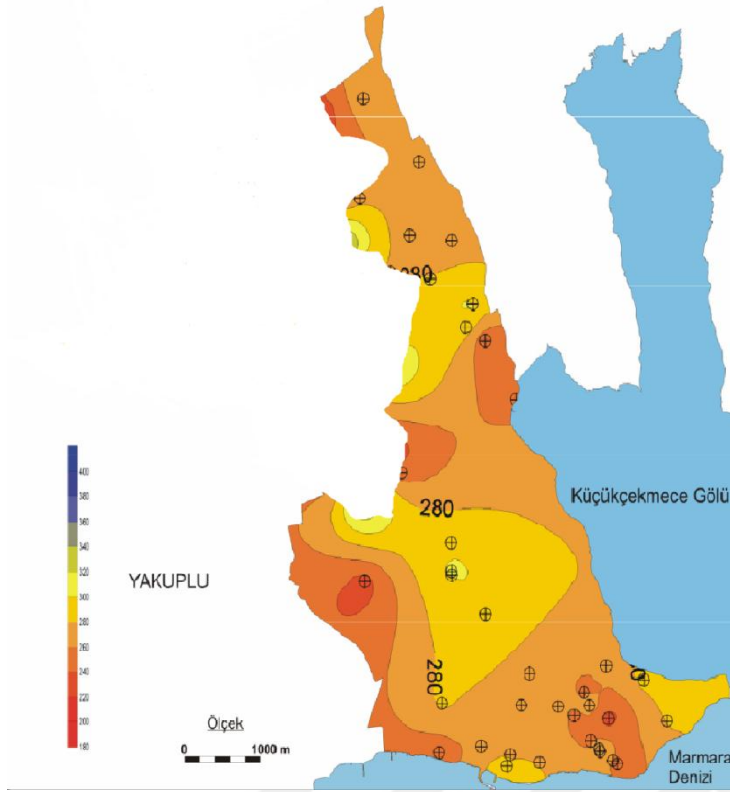
Harita 3.8. Sismik ölçüm noktaları [42].



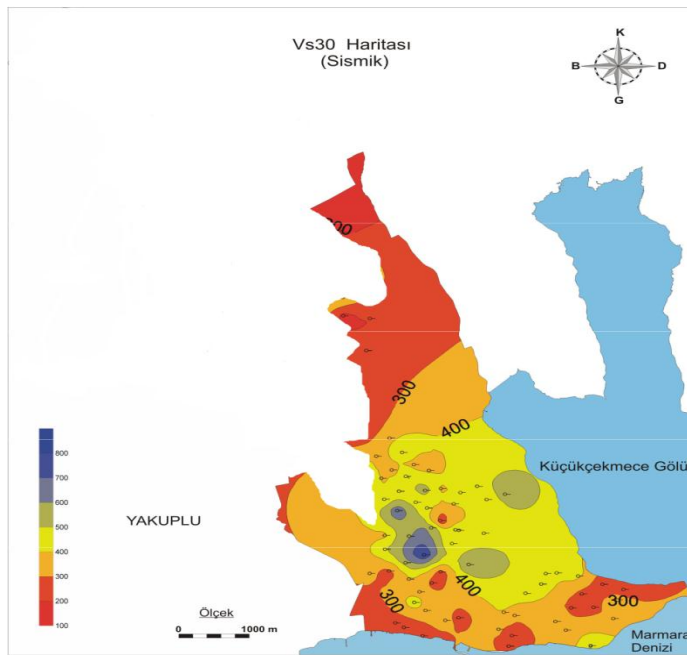
Harita 3.9. Sondaj ölçüm noktaları [42].

Yapılan çalışmalarda 134 sismik verinin kullanılması sonucunda Avcılar'da V_{S30} (kayma dalgası hızı) değerleri çoğunlukla 300m/sn – 400 m/sn arasında değişmektedir. Güngören, Çukurçekme ve Gürpınar formasyonlarında V_{S30} 300 – 300 m/sn olarak görülmüştür. Bakırköy formasyonuna ait bölgelerde ise özellikle kireçtaşı olan yerlerde V_{S30} değeri 400 m/sn- 700 m/sn'ye kadar ulaştığı gözlenmiştir. Bakırköy formasyonuna ait kesimlerin geneli C zemin sınıfı, Güngören, Çukurçekme ve Güngören formasyonuna ait olan bölgeler ise D zemin sınıfı olarak belirtilmiştir. Bölgede aktif heyelan sahası olan yerler ise V_{S30} değeri 180 m/sn altında ve E zemin sınıfında yer almaktadır.

Yapılan çalışmalarda 90 adet sondaj verileri kullanılması sonunda Avcılar'da V_{S30} değeri için yapılan çalışmalarda Avcılar bölgesinin büyük kısmı D2 zemin sınıfındadır. Bakırköy formasyonuna ait zeminlerin küçük bir kısmı D1 ve C zemin gurubuna girmektedir.



Harita 3.10. Sondaj SPT-N değerlerinden elde edilen V_{s30} değerlerinin sınıflaması [42].



Harita 3.11. Sismik ölçümlerden elde edilen V_{s30} haritası [42].

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yöntem

Avcılar Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü ile 17 Ağustos 1999 depremi, Avcılar zemini ve yapılan faaliyetler hakkında detaylı görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Kaya Mühendislik ve Enfa Zemin Mühendislik ile Avcılar ilçesinde yapılmış zemin çalışmaları hakkında görüşmeler yapılmıştır. İncelenen çalışma verileri Zemin Etüd Raporu'nun "Veri Raporu" ve "Geoteknik Raporu" nu kapsamaktadır. Küçükçekmece Belediyesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile yapılan görüşmelerde olası Marmara depremi hakkında yapılan çalışmalar hakkında bilgi alınmıştır.

4.2. Avcılar Bölgesi Zemin ve Temel Etüd Raporları

Kaya Mühendislik ve Enfa Zemin Mühendislik ile Avcılar ilçesinde yapılmış zemin çalışmaları hakkında görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışma verileri Zemin Etüd Raporu'nun "Veri Raporu" ve "Geoteknik Raporu" nu kapsamaktadır. Bu çalışma; Resmi Gazete 'de yayımlanan 18 Mart 2018 tarihli 30364 sayılı 'Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' hükümlerine ve 9 Mart 2019 tarihli 30709 sayılı 'Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı'na uygun şekilde hazırlanmıştır.

2018 TBDY' nin Zemin Araştırma Sondajları ilgili maddesinde sondaj sayıları her 300 m²'lik taban alanı için en az bir adet olarak ancak $BYS \leq 3$ olan binaların inşa edileceği alanlarda sondaj sayısı üçten az olamaz şeklinde belirtilmiştir. [27]. Deprem tasarım sınıfları DTS=1, DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=1a olan bölgelerde, yer altı suyu düzeyi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı sahalarda, sondaj derinliği zemin yüzünden itibaren en az 20 m olması belirtilmiştir [27].

2018 TBDY de dört farklı yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Bu yer hareket düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3, DD-4 olarak belirlenmiştir. İncelenen alan DD-2 sınıfına girmektedir. DD-2 Deprem yer hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.

Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [27].

İncelenen raporlarda Avcılar ilçesinde inşası yapılacak yapılar “Kategori 2” sınıfına girmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan “Yerleşime Uygunluk Haritası” EK-A, Harita 5.1’de verilmiştir. Yapılan çalışmalar parsel bazlı çalışmalardır. İncelemesi yapılan mahallelerin uygunluk alanları değişim göstermektedir. Yapıların bina kullanım sınıfı (BKS)= 3, bina önem katsayısı(I)= 1,0 ve bina yüksekliği sınıfı (BYS)= 6 olarak belirtilmiştir. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esas alınarak her mahallede yapılan çalışmalarda 3 adet sondaj kuyusu açılmış olup derinlik en az 20 m alınmıştır. Yerel zemin sınıfları çizelgesi EK-C’te verilmiştir.

2018 TBDY’ nin Arazi Deneyleri ilgili maddesinde sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla arazi deneyleri (SPT, kanatlı kesici, presiyometre vb.) yapılması belirtilmiştir. [27].

İncelenen raporda Avcılar ilçesinde SPT, Presiyometre, MASW çok kanatlı yüzey dalgası analizi, yükleme deneyi, tek eksenli sıkışma deneyi yapılmıştır.

Mustafa Kemal Paşa mahallesi [47];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında “UA Uygun Alan” lejantında kalmaktadır.
- İnceleme alanında üç adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Zeminin büyük kısmında kireçtaşı olması nedeniyle SPT yapılamamıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Bakırköy Formasyonuna ait karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı* olduğu görülmüştür.
- Arazide P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mustafa Kemal Paşa mahallesi profil – MASW hat ölçümü [47].

Profil No	V_{S30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	451	0,15	1,83

Çizelge 4.2. Mustafa Kemal Paşa mahallesi sondaj verileri [47].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 03,00	Dolgu
03,00-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 03,00	Dolgu
03,00-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı
SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 03,00	Dolgu
03,00-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Ayırışmış kayada noktalama deneyi uygulanmıştır.

Çizelge 4.3. Nokta yükleme deneyi [47].

Sondaj No	Derinlik (m)	Numune Tipi	I_{s50} (ort) MPa
SK-1	3,50	Karot	2,26
SK-2	4,50	Karot	2,58

- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{S30}=415$ ve $(N_{60})_{30} = --$ verileri bulunduğu yerel zemin sınıfı 2018 TBDY’ e göre Yerel Zemin Sınıfı “ZC” olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında yapılan ölçümlerde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde akan veya kuru dere bulunmamaktadır. Yüzey sularının temeller altına sızmasına ve yeraltı su seviyesinin olası yükselmesine karşı yapılacak kazılarda, kazı çukuru ve inşa edilecek yapı temellerinin çevresinde yeterli drenaj önlemlerinin ve yalıtım tedbirlerinin alınması gereklidir.
- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize karbonatlı killi seviyeler içeren ayırışmış kireçtaşı olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır.
- Yapı temeli karbonatlı killi seviyeler içeren ayırışmış kireçtaşına oturmaktadır. Zeminde sıvılaşma riski yoktur. Ancak temelleri yüzey ve sızıntı sulardan korumak için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır. Temelin oturduğu zeminlerde yapı temellerine ve taşıyıcı sistemine zarar verebilecek şişme potansiyeli ve oturma problemi yoktur.
- Zemin incelemeleri, geoteknik parametreler değerlendirildiğinde yapı için radye temel uygulamasına karar verilmiştir.

Merkez mahallesi [48];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında “ÖA1 Önemli Alan” lejantında kalmaktadır.

- İnceleme alanında 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları SPT ve Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Bakırköy Formasyonuna ait üst seviyeleri karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil* olduğu görülmüştür.
- Araziye P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.4. Merkez mahallesi profil – MASW hat ölçümü [48].

Profil No	V_{s30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	320	0,60	2,14

Çizelge 4.5. Merkez mahallesi sondaj verileri [48].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-12,00	Sarımsı yeşil renkli, karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 02,00	Dolgu
02,00-12,00	Sarımsı yeşil renkli, karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil

SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 02,00	Dolgu
02,00-12,00	Sarımsı yeşil renkli, karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Atterberg Limitleri, Elek analizi, Tek eksenli sıkışma deneyleri yapılmıştır.
 - o Yapılan elek analizi deney sonucuna göre; çakıl miktarı %0,00-5,69, kum miktarı %20,38-26,14, silt + kil miktarı %68,17-79,62 aralığında görülmüştür.
 - o Yapılan Atterberg limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit(LL) %43,0-53,8 / Plastik limit (PL)=21,0-27,4 / Plastisite indisi (PI)=22,8-26,4 aralığında çıkmıştır.
- Bölgede görülen siltli killer Birleşmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; dolgunun altında yer alan killer “CI(Orta plastisiteli)” ve “CH(Yüksek plastisiteli)” killer grubunda olduğu saptanmıştır.
- Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zeminde Tek Eksenli Sıkışma deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre $q_u = 130,15-160,35$ kPa, kohezyon (c)= $65,08-80,17$ aralığında çıkmıştır.
- Yapı yükünün oturacağı zemin için tek eksenli sıkışma deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda;
 - o Drenajsız kayma mukavemeti (C_u)= 72,62 kPa
 - o Efektif kayma dayanımı açısı (ϕ)= 0^0 değerleri elde edilmiştir.
- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{S30}=320$ ve $(N_{60})_{30} = R$ verileri bulunduğundan yerel zemin sınıfı 2018 TBDY’ e göre Yerel Zemin Sınıfı “ZD” olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında yapılan ölçümlerde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Yüzey sularının temeller altına sızmasına ve yeraltı su seviyesinin olası yükselmesine karşı yapı için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır.

- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize zeminin Sarımsı yeşil renkli, karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren siltli kil olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır.
- Yapı temeli sarımsı yeşil renkli, karbonatlı, kireçtaşı parçacıkları içeren siltli kile üzerine oturmaktadır. Bu nedenle sıvılaşma riski görülmemektedir. Ancak temelleri yüzey ve sızıntı sularından korumak için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır. Temelin oturduğu zeminlerde yapı temellerine ve taşıyıcı sistemine zarar verebilecek şişme potansiyeli ve oturma problemi yoktur.

Ambarlı mahallesi [49];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında "ÖA Önemli Alan" lejantında kalmaktadır.
- İnceleme alanında 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları SPT ve Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Güngören Formasyonuna ait sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil* olduğu görülmüştür.
- Araziye P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ambarlı mahallesi profil – MASW hat ölçümü [49].

Profil No	V _{S30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T ₀)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	254	0,47	2,46

Çizelge 4.7. Ambarlı mahallesi sondaj verileri [49].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 02,50	Dolgu
02,50-20,00	Sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-20,00	Sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil
SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-20,00	Sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Atterberg Limitleri, Elek analizi, Hidrometre deneyi, Üç Eksenli Sıkışma, Konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.
 - o Yapılan elek analizi deney sonucuna göre; çakıl miktarı %0,00, kum miktarı %9,46-15,74, silt + kil miktarı %84,26-90,54 aralığında görülmüştür.
 - o Yapılan Atterberg limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit(LL) %55,5-56,9 / Plastik limit (PL)=26,00-27,2 / Plastisite indisi (PI)=29,1-29,5 aralığında çıkmıştır.
- Bölgede görülen siltli killer Birleşmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; dolgunun altında yer alan killer “ CH (Yüksek plastisiteli)” inorganik killer grubunda olduğu saptanmıştır.

- Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zeminde Üç Eksenli Sıkışma deneyi, Konsolidasyon ve Şişme basıncı yüzdesi deneyleri yapılmıştır.
 - o Üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre kohezyon (c) =104,72 kPa, içsel sürtünme açısı (ϕ)= 0,00° çıkmıştır.
 - o Şişme basıncı 0,138 kg/cm², şişme yüzdesi %2,71 çıkmıştır.
- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, V_{s30} =254 ve $(N_{60})_{30}$ = 15- R verileri bulunduğu yerel zemin sınıfı 2018 TBDY'e göre Yerel Zemin Sınıfı "ZD" olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında yapılan ölçümlerde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Ancak yüzey sularına ve yeraltı sularının ani yükselmesine karşı yapı için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır.
- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize zeminin 1,50-2,50 m. dolgu tabakasından sonra gelen Sarımsı yeşil renkli, siltli kil olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır. Yapı yükünün aktarılacağı zeminin arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilere göre tasarım parametreleri belirlenmiştir.
 - o Drenajsız kayma mukavemeti (C_u): Üç eksenli sıkışma deneyine göre: 104,72 kPa
 - o Efektif kayma dayanımı açısı: Üç eksenli sıkışma deneyine göre: 0,00°
 - o Hacimsel sıkışma katsayısı (m_v): Presiyometre deneyine göre: $334 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{kN}$
 - o Deformasyon modülü (M): Odometrik deformasyon modülü M : 66492 MPa
- Yapı incelemelerde temeli Sarımsı yeşil renkli,katı siltli kil birimine oturacaktır. Temel zemininin killi olması, SPT verilerinin yüksek ve yer altı suyu görülmemesinden dolayı zeminde sıvılaşma riski yoktur.
- Yapılan şişme deneyinde, şişme basıncı ~13,8 kPa olarak bulunmuştur. Yapının temel basıncı ~340 kPa olduğundan şişme problemi beklenmez.
- Temel zemini oluşturan; sarımsı yeşil renkli, katı siltli kil tabakası için oturma değerlendirmesi inşa edilecek bina sebebiyle temelde oluşacak muhtemel oturma miktarı, ani oturma ve konsolidasyon oturması olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır.
 - o Temelde oluşacak ani oturması (S_e) ; 1,09 cm
 - o Konsolidasyon oturması (S_c) ; 0,79 cm olarak hesaplanmaktadır.
 - o Toplam oturma; $S_t = S_e + S_c \sim 1,88 \text{ cm}$

Hesaplanan toplam oturma $1,88 \text{ cm} < 12,50 \text{ cm}$ olduğuna göre oturmalar izin verilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Buna göre proje sahasında temel zemini oluşturan kil tabakasında oturma problemi beklenmez.

- Zemin incelemeleri, geoteknik parametreler, taşıma gücü ve oturma hesapları değerlendirildiğinde yapı için radye temel uygulamasına karar verilmiştir.

Gümüşpala mahallesi [50];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında "ÖA-2b Önemli Alan" lejantında kalmaktadır.
- İnceleme alanında 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları SPT ve Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Güngören Formasyonuna ait sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil* olduğu görülmüştür.
- Araziye P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.8. Gümüşpala mahallesi profil – MASW hat ölçümü [50].

Profil No	V_{S30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	258	0,74	2,43

Çizelge 4.9. Gümüşpala sondaj verileri [50].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu

01,50-12,00	Sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-12,00	Sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil
SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-12,00	Sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil
12,00-20,00	Koyu yeşil renkli, katı siltli kil

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Atterberg Limitleri, Elek analizi, Tek Eksenli Sıkışmadeneyleri yapılmıştır.
 - o Yapılan elek analizi deney sonucuna göre; çakıl miktarı %9,74-11,67, kum miktarı %19,69-22,88, silt + kil miktarı %65,45-70,57 aralığında görülmüştür.
 - o Yapılan Atterberg limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit(LL) %41,9-44,4 / Plastik limit (PL)=19,3-20,9 / Plastisite indisi (PI)=22,6-23,5 aralığında çıkmıştır.
- Bölgede görülen siltli killer Birleşmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; dolgunun altında yer alan killer “CI (Orta plastisiteli)” killer grubunda olduğu saptanmıştır.
- Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zeminde Tek Eksenli Sıkışma deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre $q_u = 159,97-168,32$ kPa, kohezyon (c)= 79,99-84,16 aralığında çıkmıştır.

- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{s30}=258$ ve $(N_{60})_{30}=15$ - R verileri bulunduğu yerel zemin sınıfı 2018 TBDY'e göre Yerel Zemin Sınıfı "ZD" olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında 7 gün boyunca yapılan ölçümlerde kuyularda 6-9m arası değişen aralıklarda yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Bu sebeple yüzey sularına ve yeraltı sularının ani yükselmesine karşı yapı için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır.
- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize zeminin dolgu tabakasından sonra gelen Sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır. Yapı yükünün aktarılacağı zeminin arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilere göre tasarım parametreleri belirlenmiştir.
 - o Drenajsız kayma mukavemeti (Cu): Tek eksenli sıkışma deneyine göre: Ort. 82,27 kPa
 - o Efektif kayma dayanımı açısı: Tek eksenli sıkışma deneyine göre: 0^0
 - o Hacimsel sıkışma katsayısı (m_v): Presiyometre deneyine göre: $5,66 \text{ E-}6 \text{ m}^2 / \text{Kn}$
 - o Deformasyon modülü (M): Odometrik deformasyon modülü M: 39196 MPa
- Yapı incelemelerde temeli Sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil birimine oturacaktır. Temel zemininin killi olması, SPT verilerinin yüksek olmasından dolayı sıvılaşma riski yoktur. Temelin oturduğu zeminlerde yapı temellerine ve taşıyıcı sistemine zarar verebilecek şişme potansiyeli yoktur.
- Temel zemini oluşturan; sarımsı yeşil renkli, 6-9 arası kumlu, siltli kil tabakası için oturma değerlendirmesi inşa edilecek bina sebebiyle temelde oluşacak muhtemel oturma miktarı, ani oturma ve konsolidasyon oturması olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır.
 - o Temelde oluşacak ani oturması (S_e) ; 0,15 cm
 - o Konsolidasyon oturması (S_c) ; 0,47 cm olarak hesaplanmaktadır.
 - o Toplam oturma; $S_t = S_e + S_c \sim 0,62 \text{ cm}$

Hesaplanan toplam oturma $0,62 \text{ cm} < 12,50 \text{ cm}$ olduğuna göre oturmalar izin verilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Buna göre proje sahasında temel zemini oluşturan kil tabakasında oturma problemi beklenmez.

- Zemin incelemeleri, geoteknik parametreler, taşıma gücü ve oturma hesapları değerlendirildiğinde yapı için radye temel uygulamasına karar verilmiştir.

Denizköşkler mahallesi [51];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında “ÖA-5 Önemli Alan” lejantında kalmaktadır.
- İnceleme alanında 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları SPT ve Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Güngören Formasyonuna ait sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil* olduğu görülmüştür.
- Arazide P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.10. Denizköşkler mahallesi profil – MASW hat ölçümü [51].

Profil No	V _{s30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T ₀)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	275	0,68	2,34

Çizelge 4.11. Denizköşkler sondaj verileri [51].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 03,00	Dolgu
03,00-20,00	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu, siltli kil
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu

01,50-20,00	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu, siltli kil
SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-20,00	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu, siltli kil

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Atterberg Limitleri, Elek analizi, Tek Eksenli Sıkışma deneyleri yapılmıştır.
 - o Yapılan elek analizi deney sonucuna göre; çakıl miktarı % 0,00, kum miktarı % 25,32-27,71, silt + kil miktarı % 72,29-74,68 aralığında görülmüştür.
 - o Yapılan Atterberg limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit(LL) % 38,5-39,9 / Plastik limit (PL) % 18,2-20,6 / Plastisite indisi (PI) % 17,9-21,7 aralığında çıkmıştır.
- Bölgede görülen siltli killer Birleşmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; dolgunun altında yer alan killer “ CH (Yüksek plastisiteli)” inorganik killer grubunda olduğu saptanmıştır.
- Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zeminde Tek Eksenli Sıkışma deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre $q_u = 168,78 - 190,51$ kPa, kohezyon (c)= $84,39 - 95,26$ aralığında çıkmıştır.
- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{s30}=275$ ve $(N_{60})_{30} = 15$ - R verileri bulunduğu yerel zemin sınıfı 2018 TBDY’ e göre Yerel Zemin Sınıfı “ZD” olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında yapılan ölçümlerde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Yüzey sularının temeller altına sızmasına ve yeraltı su seviyesinin olası yükselmesine karşı yapılacaklar kazılarda, kazı çukuru ve inşa edilecek yapı temellerin çevresinde yeterli drenaj önlemlerinin ve yalıtım tedbirlerinin alınması gereklidir.
- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize zeminin dolgu tabakasından sonra gelen Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır. Yapı yükünün

aktarılabacağı zeminin arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilere göre tasarım parametreleri belirlenmiştir.

- Drenajsız kayma mukavemeti (Cu): Tek eksenli sıkışma deneyine göre: Ort. 89,82 kPa
 - Efektif kayma dayanımı açısı: Tek eksenli sıkışma deneyine göre: 0^0
 - Hacimsel sıkışma katsayısı (m_v): Presiyometre deneyine göre: $5,16 \text{ E-}6 \text{ m}^2/\text{kN}$
 - Deformasyon modülü (M): Odometrik deformasyon modülü M: 42986 MPa
- Yapı incelemelerde temeli Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil birimine oturacaktır. Temel zemininin killi olması, SPT verilerinin yüksek olmasından dolayı sıvılaşma riski yoktur. Temelin oturduğu zeminlerde yapı temellerine ve taşıyıcı sistemine zarar verebilecek şişme potansiyeli yoktur.
 - Temel zemini oluşturan; sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil tabakası için oturma değerlendirmesi inşa edilecek bina sebebiyle temelde oluşacak muhtemel oturma miktarı, ani oturma ve konsolidasyon oturması olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır.
 - Temelde oluşacak ani oturması (S_e) ; 0,57 cm
 - Konsolidasyon oturması (S_c) ; 0,92 cm olarak hesaplanmaktadır.
 - Toplam oturma; $S_t = S_e + S_c \sim 1,49 \text{ cm}$

Hesaplanan toplam oturma $1,49 \text{ cm} < 12,50 \text{ cm}$ olduğuna göre oturmalar izin verilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Buna göre proje sahasında temel zemini oluşturan kil tabakasında oturma problemi beklenmez.

- Zemin incelemeleri, geoteknik parametreler, taşıma gücü ve oturma hesapları değerlendirildiğinde yapı için radye temel uygulamasına karar verilmiştir.
- Denizköşkler zemin etüd raporu EK-D’te detaylı olarak verilmiştir.

Cihangir mahallesi [52];

- İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nce onaylanan 1/1000 ölçekli yerleşime uygunluk haritasında “UA Önemli Alan” lejantında kalmaktadır.
- İnceleme alanında 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları Presiyometre deneyi ile yapılmıştır. Zeminin büyük kısmında kireçtaşı olması nedeniyle SPT yapılamamıştır. Elde edilen sondaj verileri doğrultusunda Dolgu tabakasından sonra *Bakırköy Formasyonuna ait karbonatlı killi seviyeler içeren ayrılmış kireçtaşı* olduğu görülmüştür.

- Arazide P ve S dalga hızlarını, kayma – elastisite modülünü, zemin hakim titreşim periyodunu ve yoğunluk ile bunlara bağlı olarak hesaplanan katman kalınlıklarını belirlemek amacıyla tek serim üzerinde MASW yönetimi ile bir adet ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.12. Cihangir mahallesi profil – MASW hat ölçümü [52].

Profil No	V _{S30} (m/sn)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T ₀)(sn)	Yer Büyütme Değeri Ak
MASW	389	0,46	1,87

Çizelge 4.13.Cihangir sondaj verileri [52].

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
1,50-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı
SK-3 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 01,50	Dolgu
01,50-20,00	Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı

- Zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi TS1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri Standardına uygun olarak incelenmiştir. Atterberg Limitleri, Elek analizi, Tek Eksenli Sıkışma ve nokta yükleme deneyleri yapılmıştır.
 - o Yapılan elek analizi deney sonucuna göre; çakıl miktarı 15,24, kum miktarı % 15,52, silt + kil miktarı % 69,24 aralığında görülmüştür.
 - o Yapılan Atterberg limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit(LL) % 56,4 / Plastik limit (PL) % 126,2 / Plastisite indisi (PI) % 30,2 aralığında çıkmıştır.
- Bölgede görülen siltli killer Birleşmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; dolgunun altında yer alan killer “ CH (Yüksek plastisiteli)” inorganik killer grubunda olduğu saptanmıştır.
- Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zeminde Tek Eksenli Sıkışma deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre $q_u = 204,89$ kPa, kohezyon (c)= 102,44 aralığında çıkmıştır. Nokta yükleme deneyi sonuçları çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.14. Nokta yükleme deneyi [52].

Sondaj No	Derinlik (m)	Numune Tipi	I_{s50} (ort) MPa
SK-2	3,50	Karot	2,21

- Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{s30} = 398$ ve $(N_{60})_{30} = \dots$ verileri bulunduğu yerel zemin sınıfı 2018 TBDY’ye göre Yerel Zemin Sınıfı “ZC” olarak tespit edilmiştir.
- İnceleme alanında yapılan ölçümlerde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde akan veya kuru dere bulunmamaktadır. Yüzey sularının temeller altına sızmasına ve yeraltı su seviyesinin olası yükselmesine karşı yapılacaklar kazılarda, kazı çukuru ve inşa edilecek yapı temellerin çevresinde yeterli drenaj önlemlerinin ve yalıtım tedbirlerinin alınması gereklidir.
- Çalışma alanında ilave zemin araştırması yapılmamıştır.
- Veri raporundan elde edilen bilgilere göre yapı temeli için idealize zeminin Karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı olduğu görülmüştür. Yapılacak yapının yükü bu zemine aktarılmalıdır. Yapı yükünün aktarılacağı zeminin arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilere göre tasarım parametreleri belirlenmiştir.
 - o Drenajsız kayma mukavemeti (Cu): Tek eksenli sıkışma deneyine göre: 102,44 kPa
 - o Efektif kayma dayanımı açısı: Tek eksenli sıkışma deneyine göre: 0^0

- Yapı incelemelerde temeli karbonatlı killi seviyeler içeren ayrışmış kireçtaşı birimine oturacaktır. Zeminde sıvılaşma riski yoktur. Ancak temelleri yüzey ve sızıntı sulardan korumak için gerekli drenaj önlemleri alınmalıdır.
- Temelin oturduğu zeminlerde yapı temellerine ve taşıyıcı sistemine zarar verebilecek şişme potansiyeli ve oturma problemi yoktur.
- Zemin incelemeleri, geoteknik parametreler, taşıma gücü ve oturma hesapları değerlendirildiğinde yapı için radye temel uygulamasına karar verilmiştir.

Kaya Mühendislik şirketinde görevli Jeoloji mühendisi ile yapılan görüşmede Avcılar ilçesinde Gümüşpala mahallesinde zeminin kohezyonsuz çoğunlukla kumlu taneli birim içermesi, içsel tutunma açısının yüksek olması ve konum itibari ile göl kenarına yakınlığından dolayı yer altı su seviyesinin çok olması sebebiyle zemin iyileştirme çalışması olarak Jet Grout yapıldığı ve Gümüşpala mahallesin kazıklama çalışmasının yapılmasına elverişli olmadığı bilgisi edinilmiştir. Ancak bilindiği üzere Jet Grout faktörleri zemin iyileştirme konusunda önem taşımaktadır. Taş kolon uygulaması ise Avcılar bölgesinde yapılabilir olmasına karşı yetersiz alandan dolayı uygulanamamaktadır. Ambarlı mahallesi önceki bölümlerde anlatıldığı üzere heyelan bölgesi olarak bilinmektedir. Bu nedenle Ambarlı mahallesinde ise iksa – temeale altı kazık uygulaması yapılmaktadır.

4.3. Avcılar Belediyesi Zemin ve Temel Etüd Raporları

Avcılar Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü ile Avcılar zemini hakkında derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler doğrultusunda 2018 TBDY' den önce yapılan bazı zemin iyileştirme raporları incelenmiştir. Saha çalışmaları ve değerlendirmeler TSE EN 1998-1 Aralık 2005 (Eurocode 8) standartlarına göre yapılmıştır. Sahada SPT deneyleri ve 1 profil boyunca, MAM Mikrotermot Hat Ölçümü çalışması uygulanmıştır. Bu çalışmalar neticesinde 10-15 m. derinliğe kadar yer alan birimlerin P dalgası hızları ve 30m. derinliğe kadar yer alan birimlerin Vs kayma dalgası hızları ve Vs30 belirlenmeye çalışılmıştır. Yapı yeri incelemelerinde S dalgası hızlarını elde edebilmek için MASW-Mam yöntemleri kullanılmıştır [53,54].

İstanbul ili, Avcılar bölgesi, Ambarlı mahallesinde zemin inceleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada 2 adet sondaj çalışması yapılmış olup 2,50 m. dolgu malzemesinden sonra kil-az

kumlu silt ara bantlı, çok katı sert kıvamlı siltli kil birimleri yer almaktadır. Kaya birimine rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalarda zeminde karstik boşluğa rastlanılmamıştır.

Çizelge 4.15. Ambarlı mahallesi sondaj verileri [53]

SK-1 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 02,50	Dolgu
02,50-20,00	Yeşilimsi kahverengimsi, yer yer mavimsi renkli, oksitli, yer yer karbonat yumrulu, kil-az kumlu siltli ara bantlı, çok katı-sert kıvamlı siltli kil
SK-2 Sondajına Ait Veriler	
Derinlik (m)	Litoloji
00,00- 02,00	Dolgu
02,00-20,00	Yeşilimsi kahverengimsi, yer yer mavimsi renkli, oksitli, yer yer karbonat yumrulu, kil-az kumlu siltli ara bantlı, çok katı-sert kıvamlı siltli kil

- Yapılan SPT deneyleri sonucunda N_{30} değerleri, N_{30} min.=16 ve N_{30} max.=35 arasında elde edilmiştir. Bölgede yapılan mikrotremor hat ölçümleri sonucunda, ölçü kotundan itibaren 2,10 m. derinliğine 90 m/sn S dalgası hızı ile dolgu, devamında 6,40 m. derinliğine kadar 205 m/sn S dalgası hızı ile katı veya orta sıkı birimler, devamında 12,63 m. derinliğin kadar 272m/sn S dalgası hızı ile çok katı veya çok sıkı birimler, devamında 19,40 m. derinliğine kadar 323 m/sn S dalgası hızı ile sert veya sıkı birimler, devamında 360-387 m/sn S dalgası hızı ile çok sert veya çok sıkı birimlerin devam ettiği gözlenmiştir.
- Yapılan sondaj çalışmalarında yer altı su seviyesi 9,0-10,0 m. derinlikleri arasındadır.

Tüm bu çalışmalar sonucunda yapı temellerinin yer altı ve üstü suyuna direkt teması, zaman içerisinde beton-demir vb. gibi yapı elemanlarının fiziksel ve dayanım özelliklerini etkileyeceği anlaşılmıştır. Bu sebeple temellerin korozyondan korunması ve bodrumda

zemin suyu sorununun oluşmaması açısından temellerin yer altına kadar drenaj ve izolasyon çalışması yapılması uygun görülmüştür.

Çizelge 4.16. Zemin parametreleri [53]

30 m. derinlik için ort. Kayma dalgası hızı V_{S30}	307 m/sn
Zemin hakim periyodu T_0	0,54 sn
Zemin büyütmesi A	2,19 (Midorikawa,1987)
Zemin büyütmesi A	2,28 (Borcherdt ve diğ.1991)
S dalgası hızları	200-300 m/sn

Temel zemini için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, $V_{S30}=307$ ve $N_{30min}=16$ ve $N_{30max}=35$ verileri bulunduğundan yerel zemin sınıfı Yerel Zemin Sınıfı “C” grubu olarak tespit edilmiştir.

Sahada 1 profilde elde edilen V_{S30} ortalama kayma dalgası hızı kullanılarak Midorikawa (1987) maksimum yer hızı için göreceli büyütme hesapları neticesinde hesaplanan A zemin büyütmesi değeri A (Düşük) grubunda yer almaktadır. Sahada zemin büyütmesi riski düşüktür.

Bölgede yapılan SPT deneyleri sonucunda zeminde sıvılaşma beklenmemektedir. Yine SPT deneyleri sonucuna göre oturma miktarı 0,661 cm olmakta ve bu değer oturma değerleri arasında yer almaktadır.

- 30 metre derinlik için ortalama kayma hızı $V_{S30}=307$ m/sn
- Sahada temel derinliği için zemin hakim periyodu $T_0=0,54$ sn.
- Mikrobölgeleme amaçlı zemin büyütmesi orta risk grubundadır.

30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızına göre, V_{S30} değerine göre ve temel seviyesindeki birimlerin S dalgası hızına göre C grubu zemin sınıfında yer almaktadır.

Araştırma sahası 1. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. İnceleme alanı C-Z3 zemin grubu ve yerel zemin sınıfına girmektedir.

- Bina önlem katsayısı; $I = 1,0$
- Etkin yer ivme katsayısı; $A_0 = 0,40$
- Spektrum karakteristik periyotları; $T_A = 0,15\text{sn.}$ ve $T_B = 0,60\text{ sn.}$ olarak alınması uygun görülmüştür.

İksa değerlendirme raporu Denizköşkler [54].

İstanbul ili, Avcılar ilçesi, Denizköşkler mahallesinde zeminin inceleme çalışması yapılmıştır. Araştırma sebebiyle 2 adet; 20 m. ve 18 m. derinliklerde zemin sondajı açılmıştır. Sondaj sırasında her 1,5 m’de bir SPT yapılmıştır.

Çizelge 4.17. Denizköşkler mahallesi sondaj verileri [54].

SK1 Derinlik(m)	Litoloji	SPT
0,00-1,50	Dolgu	-
1,50-4,50	Yeşilimsi Karbonatlı Kil	15
4,50-6,00	Kireçtaşı	R
6,00-7,50	Kahverengi Killi Kum	35
7,50-20,00	Kahverengi Yeşilimsi Kil	-
SK2 Derinlik (m)	Litoloji	SPT
0,00-1,50	Dolgu	-
1,50-3,00	Kahverengi Kil	15
3,00-4,50	Mavi Kil	29
4,50-6,00	Kahverengi Killi Kum	15
6,00-18,00	Kahverengi Yeşilimsi Kil	-

Yeraltı su seviyesinin mevsim şartlarına ve gel-git seviyelerine bağlı olarak 0,50 m. değişiklik gösterdiği bilinmekte olup yapılan sondaj çalışmalarında herhangi yer altı su seviyesi görülmemiştir.

İksa sisteminde kullanılan parametreler aşağıda verilmiştir [54].

- Kil birim için ortalama kıvam indisi $I_c = 0,82$ olarak hesaplanarak kıvamı katı kil olarak belirlenmiştir. Drenajsız Kohezyon değeri olarak $c_u = 90$ kPa olarak alınması uygun görülmüştür.
- İçsel sürtünme açısı $\phi = 8$ olarak alınmıştır.
- Birimsel hacim ağırlık değeri $\gamma = 19,00$ kN/m³ olarak alınmıştır.
- Hacimsel sıkışma modülü $M_c = 14,4$ MPa olarak belirlenmiştir. ($M_{30} = 32$ olarak ortalama değer belirlenmiştir.)
- Zemin sıkışma indisi $C_c = 0,377$ olarak belirlenmiştir. ($W_L = 51,9$ olarak alınmıştır.)

Zeminin tasarım deprem özellikleri aşağıda verilmiştir [54].

- Magnitüd: $7,0 < m < 7,50$
- En büyük yer ivmesi: $a_p = 0,40$ g
- Spektrum Karakteristik Periyodu: $T_a = 0,15$ sn. / $T_b = 0,60$ sn.
- Zemin sınıfı ve grubu: Z3/C3 olarak alınması önerilmiştir.
- $T_A = 0,15$, $T_B = 0,60$

İnceleme konusu alanda, sanayi tesis amaçlı betonarme yapı radye temelli olarak inşa edilecek olup, temel altı kotunun -5,20 m. olarak düşünüldüğü, temele aktarılacak ortalama gerilmenin yaklaşık 90 kPa civarında olduğu (kat başına 15 kPa) öngörülmektedir.

Önerilen temel sistemi radye temel olmaktadır. Temel kazı çukuru açılırken, toplamda 110 adet 45 cm çaplı kazıklar, $L = 9,00$ m. boyunda ve çapları arası mesafe 60 cm olacak şekilde uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

4.4. Avcılar Bölgesi Senaryo Deprem İncelemesi

Avcılar Belediyesi'nde Kentsel Dönüşüm birimdeki yetkili kişiyle yapılan görüşmelerde Avcılar'da 17 Ağustos 1999 depremi öncesinde yapıların mevcut olduğu, bu binalar Bayındırlık Bakanlığı tarafından kontrol edildiği ve yıkılması gereken binaların yıkıldığı, güçlendirme yapılanması gereken binaların ise güçlendirildiği tarafıma bildirilmiştir.

Kentleşme ile ilgili çalışmaları hakkında 1/5000 ölçekte Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan imar planını ilçe belediye Avcılar Belediyesi'ne gönderilir. Avcılar Belediyesi, Büyükşehir Belediyesi'nin imar planına uygun olarak 1/1000 ölçekte imar planını hazırlar. Avcılar Belediyesi hazırladığı imar planını Büyükşehir Belediyesi'ne gönderir. Onay alınması durumunda imar planı yürürlüğe girer. Bu durumda çarpık kentleşme, kaçak yapı ve denetimsiz yapılar engelleniyor. Yapıların inşası başlamadan önce Avcılar Belediyesi tarafından zemin etüd çalışmaları yapılır. Projeler 1. derece deprem yönetmeliğine göre hazırlanmaktadır. Statik projelerin çizimi gerçekleştirilir. Her yapı mühendislik hizmeti almaktadır. Yapı inşası sırasında kontroller yapı denetim, Avcılar Belediyesi ve Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılmaktadır. Bu alınan önlemlerin yeterliliği hakkında ise devletin ilçe belediyeye verdiği yetkiler dahilinde en iyisini yapmaya çalıştıkları yetkili tarafından söylenmektedir. 26 Eylül 2019 da Silivri açıklarında meydana gelen deprem birçok yerde hissedildiği gibi Avcılar'da da hissedildi ve büyük korku yarattı. Böylece Avcılar yeniden gündem oldu ve zemini ile mevcut yapılar hakkında tartışmalar tekrar gündeme geldi. Avcılar Belediyesi ile yapılan görüşme çerçevesinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi' nin hazırlamış olduğu Olası Senaryo Depremi rapor incelemesi bu bölümde yapılmıştır ve Avcılar bölgesine etkisi tartışılmıştır.

Olası Deprem Senaryosu "İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi", İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü ve Boğaziçi Üniversitesi Rektörlüğü arasında yapılan sözleşme kapsamında Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu raporda, $M_w=7,5$ büyüklüğündeki bir senaryo depremi, benzetim yoluyla elde edilmiş 15 farklı deprem senaryosu, ve 72, 475 ve 2475 yıllık yinleme periyodlarına karşılık gelen olasılıksal deprem yer hareketi dağılımları sonucunda oluşması muhtemel bina hasar, can kaybı ve yaralı sayısı ve altyapı hasarları tahminleri kapsamaktadır.

Olasılıksal deprem tehlike analizinde kullanılan model AFAD tarafından desteklenen UDAP- Ç-13-06 No'lu proje kapsamında, güncellenen Türkiye Deprem Bina Yönetmeliği (TBDY, 2018) ile bağlantılı olarak kullanılacak olan deprem yer hareketi parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen olasılıksal deprem tehlikesi modelidir.

Çizelge 4.18. Bina hasarı tahmin sonuçları(parantez içindekiler rakamlar analiz edilen toplam bina sayısının %'si olarak verilmiştir) [55].

Hasar Durumu	Senaryo Depremleri		Olasılıklı Deprem Yer Hareketleri		
	Deterministik Senaryo (Mw=7,5)	Benzetim Senaryoları Ortalaması	72 yıl	475 yıl	2,475 yıl
Çok Ağır Hasar	13,495 (%1,2)	21,221 (%1,8)	4,728 (%0,4)	57,468 (%4,9)	217,682 (%18,7)
Ağır Hasar	34,345 (%2,9)	42,003 (%3,6)	16,957 (%1,5)	103,655 (%8,9)	221,515 (%19,0)
Orta Hasar	146,552 (%12,6)	145,973 (%12,5)	95,521 (%8,2)	274,048 (%23,5)	332,663 (%28,5)
(Çok Ağır+Ağır+Orta Hasar)	194,392 (%16,7)	209,197 (%17,9)	117,206 (%10)	435,171 (%37,3)	771,860 (%66,2)
Hafif Hasar	301,626 (%25,9)	273,906 (%23,5)	248,791 (%21,3)	354,188 (%30,4)	257,100 (%22,0)
Hasarsız	670,312 (%57,5)	683,227 (%58,6)	800,334 (%68,6)	376,971 (%32,3)	137,370 (%11,8)

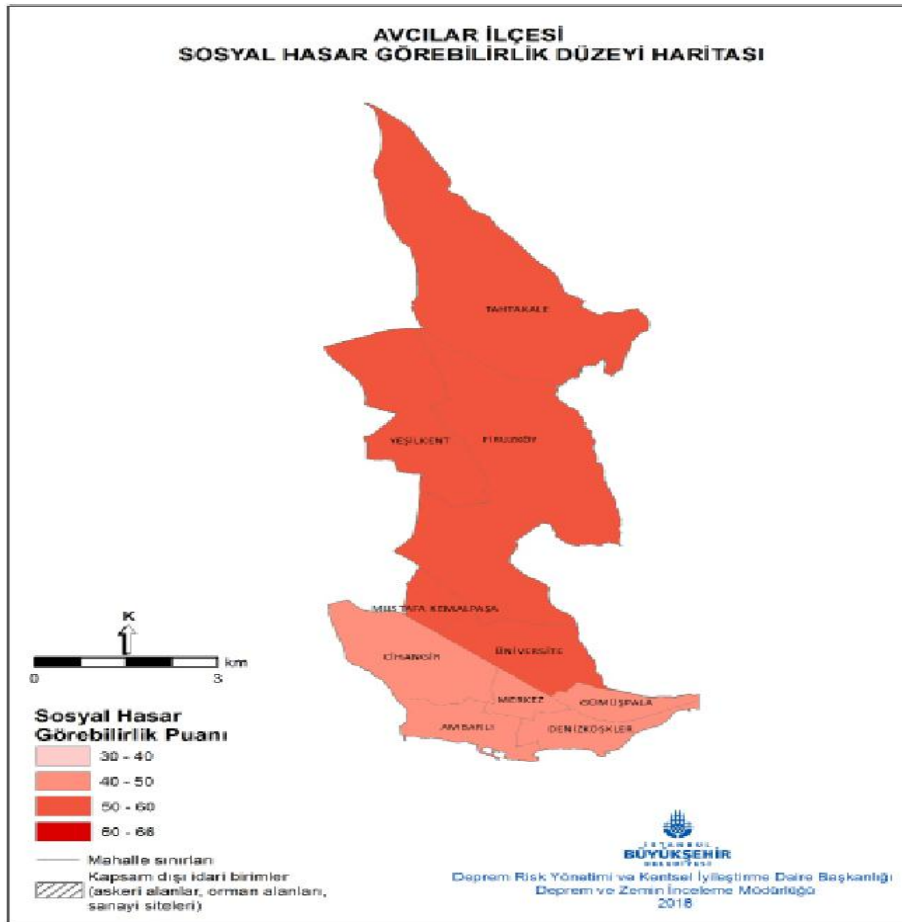
Yukarıdaki çizelge 4.18'de aktarıldığı gibi büyüklüğü 7,5 olan senaryo depremde İstanbul'da analiz edilen bina sayısı 1,116,330 olmakta ve binaların ortalama %57'sini hasar görmeyeceği, %26'sının hafif, %13'ünün orta ve %3'ünün ağır, %1'inin çok ağır hasar görmesi tahmin edilmektedir. Ağır ve çok ağır hasar alması beklenen binaların yıkılıp tekrar yapılması gerektiği araştırmada belirtilmiştir.

Çizelge 4.19. Gece nüfusu can kaybı ve yaralı sayıları tahmin sonuçları [55].

Yaralanma Seviyesi	Senaryo Depremleri		Olasılıklı Deprem Yer Hareketleri		
	Deterministik Senaryo (Mw=7,5)	Benzetim Senaryoları Ortalaması	72 yıl	475 yıl	2,475 yıl
Can Kaybı (4.seviye)	4,148	23,350	4,104	53,101	206,148
Ağır Yaralı (3.seviye)	8,088	13,464	2,260	31,825	121,675
Hastanede Tedavi (2. Seviye)	39,641	62,503	12,965	139,857	516,634
Hafif Yaralı (1.seviye)	75,245	111,550	28,353	241,956	839,495

Yukarıdaki çizelge 4.19'da aktarıldığı üzere benzetim senaryoları ortalama can kaybı ve yaralı tahminleri, deterministik senaryo için yapılan tahminlerin 1,5 katı olmakta, 475 yıl yineleme periyodu için yapılan tahminler ise deterministik senaryonun yaklaşık 3,7 katı şeklinde olmaktadır. Can kayıplarını çoğunlukla sarsıntı sırasında, az kısmının ise binadan çıkmaya çalışırken olduğu istatistikler tarafından görülmektedir. Yaralanmalarda ise tahmini olarak yarısının sarsıntı sırasında, kalan kısmının ise binadan çıkmaya çalışırken olduğu yine istatistikler tarafından görülmektedir.

Olası deprem senaryosu ve yaşanan depremlerle birlikte İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sosyal Hasar Projesi'ni geliştirmiştir. Bu proje kapsamında toplumun hangi kesiminin sosyal açıdan daha hasar görebilir olduğu belirlenmiş; hasar görebilirlik durumunun hangi parametrelere bağlı olarak değiştiği hakkında net bulgulara ulaşılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin İstanbul İli Genelinde Afetler Karşısında Sosyal Hasar Görebilirlik Araştırması kapsamında (Çizelge 4.20) Avcılar ilçesi orta- üst hasar görebilir ilçeler arasında yer almaktadır (Harita 4.1).



Harita 4.1. Avcılar ilçesi sosyal hasar görebilirlik düzey haritası [56].

Çizelge 4.20. Avcılar ilçesi sosyal hasar görebilirlik [56].

İlçe	Sosyodemografi	Sosyoekonomik	Risk Algısı ve Tutumlar	Değerler	Sosyal Hasar Görebilirlik
Avcılar	49,40	53,39	55,91	43,29	50,44

Çizelge 4.21. Avcılar ilçesi mahalle bazlı sosyal hasar görebilirlik puanları [56].

Mahalle	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük	En Yüksek
Tahtakale	56,37	8,52	36,84	74,18
Yeşilkent	56,28	6,95	39,42	72,45
Üniversite	53,44	5,98	40,88	64,78
Mustafa Kemalpaşa	51,54	9,80	30,01	70,85
Firüzköy	51,35	7,85	36,84	68,47
Cihangir	49,63	6,45	29,68	62,76
Ambarlı	49,09	8,91	28,90	67,82
Denizköşkler	47,17	9,81	23,19	67,98
Gümüşpala	46,51	10,71	28,34	70,23
Merkez	40,90	9,94	25,40	65,64
Toplam	50,44	9,68	23,19	74,18

Genel olarak bakıldığında ise gelecekte yürütülecek toplum odaklı afet risk azaltma çalışmalarında hangi konuların daha ön planda olması gerektiği ve hangi alanlarda politika veya eylem geliştirilmesinin daha verimli olacağı belirlenmesi projenin kapsamını oluşturmaktadır. Mahalle bazlı sosyal hasar görebilirlik puanları tablosunda (Çizelge 4.21) görüldüğü üzere Büyükşehir Belediyesi'nin yapmış olduğu anketler, araştırmalar sonucunda en yüksek hasarın Gümüşpala ve Ambarlı mahallesinde olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

17 Ağustos 1999 depreminde İstanbul ilinde en çok etkilenen ilçe olan Avcılar'da can ve mal kayıpları semtlere göre değişiklik göstermiştir. Çalışma konusu olarak Avcılar ilçesinde semtlerin zemin özellikleri incelenmiş olup beklenen Marmara Depreminde yıkım ve can kayıplarının olmaması için önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir.

Çalışma kapsamında oluşması beklenen Marmara Depremi ile en çok etkilenecek alanların başında gelen Avcılar ilçesi yerleşim alanlarında diğer araştırmacıların ileri sürdüğü yerel zemin koşulları, mikrotremor ölçümleri, sismik ölçümler ve sondaj çalışmaları incelenmiştir. Küçükçekmece Belediyesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile 'Olası Marmara Depremi' hakkında bilgiler edinilmiştir. Avcılar Belediyesi ile detaylı görüşmeler yapılmış olup belediyeden temin edilen Zemin ve Temel Etüd Raporları incelenmiştir. Avcılar ilçesinde zemin iyileştirme uygulamaları yapan firmalar ile görüşmeler gerçekleştirilmiş olup bu görüşmeler de firmaların gerçekleştirmiş olduğu geoteknik raporlar incelenmiştir.

Bu raporlara göre Mustafa Kemal Paşa mahallesi ile Üniversite mahallesinde 20 metre Bakırköy formasyonu görülmektedir. Merkez mahallesinde 10 metreye düşen Bakırköy formasyonu yerini Güngören formasyonuna bırakmaktadır. En sağlam zemine sahip mahalleler Tahtakale mahallesi ve Firüzköy; zeminde iyileştirme çalışmaları yapılması gereken mahaller Gümüşpala, Denizköşkler ve Ambarlı mahalleleridir. Gümüşpala mahallesi göl tarafı alüvyon çökellere sahiptir. Bu çökeller 20 metreyi bulmaktadır. Yeraltı su seviyesi yüksektir. Kohezyonsuz, kumlu taneli birimler mevcuttur. Zemin iyileştirme yöntemi olarak Gümüşpala mahallesinde 'Jet Grout' uygulaması yapılmıştır. Gümüşpala mahallesi zemin özellikleri 'Taş kolon' uygulaması için elverişli olmaktadır. Lakin yetersiz alan sebebiyle uygulanma sayısı yok denecek kadar azdır. Ambarlı mahallesinin heyelan bölgesi olması sebebiyle bu çalışma alanında İksa – Temel altı kazık uygulaması yapılmaktadır. Cihangir mahallesinde belirli alanlarda temel altı kazık uygulaması yapılmaktadır ki 2018 TBDY'ye göre temel altı kazık yapma işlemi zorunlu olmaktadır.

Avcılar ilçesinde 6 mahallenin Zemin ve Temel Etüd Raporları incelenmiştir. İnceleme alanında incelenen tüm yapılar 'Kategori 2' sınıfına girmektedir. Yapılacak konut inşaatının proje bilgilerine bakıldığında BKS=3, I=1,0 ve BYS=6'dır. Yapılan tüm bu araştırma ve

görüşmeler sonucunda zemin iyileştirmelerinin parsel bazında yapıldığı, 2018 TB DY' ye göre en az 3 arazi deneyinin yapılması gerektiği ve presiyometre deneyinin artık zorunlu olduğu bilgisi edinilmiştir.

Yerleşim amaçlı mikrobölgeleme çalışmaları sonucu hazırlanan imar planlarına esas jeolojik - jeoteknik etüd raporu Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Yerleşime Uygun Alanlar bildirisine göre Mustafa Kemal Paşa mahallesi ve Cihangir mahallesi "UA Uygun Alan" ,Merkez mahallesi "ÖA-1 Önemli Alan",Ambarlı mahallesi "ÖA Önemli Alan", Gümüşpala mahallesi "ÖA-2b Önemli Alan" ve Denizköşkler mahallesi "ÖA-5 Önemli Alan" olarak belirlenmiştir. Firüzköy mahallesinin göle bakan kısımları sit alanı ilan edilerek; Ambarlı mahallesinin Marmara denizine yakın alanı heyelan bölgesi ilan edilerek uygun olmayan bölge lejantında kalmaktadır. Önemli alanlar bildiride belirtildiği üzere UA Uygun Alan bölgede kalan mahallelerde genel olarak yapılaşmaya uygun alanlardır. Ancak parsel bazlı çalışmalarda zemin özellikleri kontrol edilmelidir. ÖA, ÖA-1,ÖA-2b,ÖA önemli bölge kısmına giren alanlarda ise sıvılaşma, heyelan tehlikesi, tsunami, sel baskını, mühendislik sorunları problemlerinden biri veya birkaçı görülebilir. Bu sebeple bu alanlarda yapılaşma öncesi ve yapılaşma esnasında tüm önlemlerin alınması ve zemin özelliklerinin iyice irdelenmesi gerekmektedir.

Bu bölgelerde raporlara göre sıvılaşma beklenmemiş olsa da şişme potansiyeli ve oturma mevcuttur. Ancak yapılaşma öncesi tüm problemler dikkate alınarak yapılan hesaplamalar ile tüm sorunlar çözülmüştür. Gümüşpala mahallesinde 6-9 metre arasında değişen yeraltı su seviyesi bulunmaktadır. Bu nedenle yüzey sularına ve yeraltı sularının ani yükselmesine karşı yapı için gerekli drenaj önlemleri alınması gerektiği belirtilmiştir. Zemin büyütme değerleri Küçükçekmece Gölü'ne doğru azalmaktadır. İlçede zemin hakim titreşim periyodu 0,15 ila 0,80 arasında değişiklik göstermektedir. Zemin büyütmelerden biri Gümüşpala mahallesi Paşaeli Piknik Alanı üzerinde görülmektedir. Güngören formasyonunda büyütmelerin mevcut olduğu belirlenmiştir. Zemin büyütmesinin büyük olduğu kesimlerde yıkılan, ağır hasarlı ve orta hasarlı binaların mevcut olması dikkat çekmiştir. AFAD resmi sitesinden mahallelerin sismik tehlike raporları elde edilmiştir. Bu raporlar EK-E'te yer almaktadır. Bu bilgiler ile Avcılar ilçesinde zemin büyütmesinin varlığını bir kez daha kanıtlamıştır.

Avcılar Belediyesi İmar Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde Avcılar ilçesinde 17 Ağustos 1999 depreminde hasarın Gümüşpala ve Denizköşkler mahallerinde yoğunlukta olduğu, Tahtakale, Mustafa Kemal Paşa, Cihangir ve Firüzköy mahallelerinde en az seviyede olduğu belirlenmiştir. Tahtakale mahallesinin ilçede en sağlam bölge olarak belirtildiği anlaşılmıştır.

Çalışma sonucunda depremde hasarlar sadece zemini sorunlu alanlarda değil, yerleşime ve yapılaşmaya uygun alanlarda da olmuştur. Aynı bölgede bulunan az hasarlı veya hasarsız yapılar arasında bazı binaların yapı plansızlığı ve yapı kalitesinin düşüklüğü sebebiyle hasar gördüğü yadsınamaz bir gerçektir. Buna örnek olarak Zorlu Tekstile ait Vestel'in şimdi İstanbul Gelişim Üniversitesi'ne ait olan gökdelenin depremde hasar almadığı gözlenmiştir. Bu durum sebebiyle varılacak sonuç, yapılar gerekli koşullarda inşa edildiği sürece depremden etkilenmeyeceğidir.

17 Ağustos 1999 depremi Avcılarda 100 km uzaklıkta olmasına rağmen ilçede çok büyük can ve mal kayıpları verilmiştir. Önümüzde oluşması beklenen 'Marmara Depremi'nde aynı acıları ve kayıpları yaşamamamız için ciddi tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yapıların, beton kalitesi, zemin büyütmesi, bina kat sayısı ile ilişkileri dikkatlice irdelenmelidir. Avcılar ilçesinde sıvılaşma, heyelan, oturma, zemin büyütme tehlikeleri belirlenip riskleri azaltmalı ve yapı koruma önlemleri alınmalıdır. Kentsel dönüşüm uygulamaları hız kesmeden devam etmeli, yapılar güvenli hale getirilmelidir.

Son olarak, depremde sadece yıkım ile can kaybı yaşanmaz, binayı terk ederken de can kaybı verildiği sosyal hasar araştırmasında görülmüştür. Yeni düzen sık yerleşim ve çok katlı binalar sebebiyle binayı terk ederken kaçacak ve barınacak yer olmadığı için binadan düşen parçalar sebebiyle yaralanmalar ve can kayıpları yaşanmaktadır. Bu hususta Avcılar Belediyesi'nin toplanma alanlarının yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır. 47,389 nüfusa sahip Mustafa Kemal Paşa mahallesinde sadece 1 adet parkın, 22,359 nüfusa sahip Üniversite mahallesinde 3 tane ve son olarak Yeşilkent mahallesinde ise 2 tane toplanma alanının bulunması veri olarak alanların azlığını gözler önüne sermektedir. Varlığını sürdüren Covid-19 salgını sebebiyle sosyal mesafemizi korumamız gereken süreç içerisinde deprem olması durumunda toplanma alanında sosyal mesafenin kesinlikle korunamayacağı, salgının daha da yayılma olasılığının da artacağı ihtimali de gündeme gelmektedir. Bu

nedenle, bölgede yer alan toplanma alanlarının oldukça yetersiz kaldığı görülmektedir ve olası bir depreme hazırlıklı olmak adına bu alanların artırılması gerekmektedir.



KAYNAKÇA

1. Varlıker, K. (2005).*İstanbul'da zemin yapısının konut fiyatlarına olan etkisi.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
2. Gör, M.Aksoy, S. Bilgen, G. (2012).*Farklı katkı malzemelerinin kil bir zeminin kıvam limitleri üzerinde zamana bağlı etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Bülent Ecevit Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Zonguldak.
3. Demiröz, A., Karaduman, M. (2009). Zemin İyileştirme Metotları. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 8(3), 176-192.
4. Ünlü Şahan, M. (2016).*Yapım işlerinde zemin iyileştirme yöntemleri.* Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
5. Şengezer, L. (2010).*Granüler zeminlerde dinamik kompaksiyon uygulaması.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. Sarsılmaz, O. M. (2017).*Zemin iyileştirme yöntemlerinin sınıflandırılması, incelenmesi, değerlendirilmesi ve anılan yöntemlerin seçilme kriterleri üzerine kapsamlı bir araştırma.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova/ İzmir.
7. Erol, A.O., Çekinmez, Z. (2014). Geoteknik mühendisliğinde saha deneyleri. Ankara: *Yüksel Proje Yayınları*. No.14-01.
8. Dipova, N., Cangir, B. Antalya zeminlerinde cpt (konik penetrasyon deneyi) uygulamaları, Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Antalya.
9. Satıcı, Ö. (2004). Jeoteknik saha incelemesi Presiyometre deneyi. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
10. Özdemir, İ. Yapı elemanları ders notları. *T.C.Osmangazi Üniversitesi – Eskişehir Teknoloji Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi*. Yayın No: TA 97-002-İÖ.
11. Gören, R. (2010). *Çatalan içme suyu iletim hattında kazık temel uygulaması.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

12. Efendioğlu, K. (2008). *Radye temellerin tasarımında kullanılan hesap yöntemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması olarak incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
13. İnternet: Yüzeysel temeller URL: <https://docplayer.biz.tr/22258429-Prof-dr-ahmet-tuncan-anadolu-universitesi-inaaat-muhendisligi-bolumu-foundation-eng-i-ders-notlari-yuzeysel-temeller.html> , Son Erişim Tarihi: 17.05.2020
14. Çelik Yurtsever, E. (2016). *Kazık taşıma gücünün Eurocade 7 ve Rus Kazıklı Temeller Yönetmeliğine göre belirlenmesi hakkında bir inceleme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
15. İşçi, C. Deprem nedir ve nasıl korunuruz?, *Journal of Yasar University*, 3(9), 959-983.
16. İnternet: Deprem fayları. URL: http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/yapisal_jeoloji/kdirik/8_faylar.pdf , Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
17. Atabey, E. (2000). Deprem. Eğitim Serisi No.34, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
18. İnternet: Deprem nedir. URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/personel/comoglu/depremnedir/index.htm#KONU1> , Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
19. Özmen, M.T. (2007). Deprem parametreleri ve tanımları. *Deprem ve Antalya'nın Depremselliği*, Antalya. 13-20.
20. Tabban, A. ve Gençoğlu, S. (1975). *Deprem ve parametreleri*. İmar Ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma.
21. İnternet: Richtermagnitüdü. URL: <https://depremlermuhos.weebly.com/magnituuml.html#>, Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
22. İnternet: Afad kuvvetli yer hareket istasyonları. URL: [#](https://deprem.afad.gov.tr/istasyonlar), Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
23. İnternet: Kandilli Rasathanesi ivme ölçer. URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/sismik-ag/sismik-ag-haritalari/sismik-ag-haritalari-2/ivmeolceristasyonlar/> , Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
24. Çeken, U. (2007). Marmara bölgesinin kuvvetli yer hareketi azalım ilişkisi modeli. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

25. Malcıoğlu, F. S. (2011). Deprem ivme kayıtlarındaki gürültünün yapısal davranışa etkisinin incelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
26. Cevher, M., Keçeli, A. (2018). Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17 (2) , 203-224 .
27. Afad ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından (2018).Türkiye Bina Deprem Yönetimi.
28. Korkmaz, K., Demir, F.(2012). Yapı-Zemin Etkileşiminin Yapıların Deprem Davranışına Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 12-17.
29. İnternet: Türkiye deprem tehlike haritası. URL: <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> ,Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
30. Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., ... & Rangin, C. (2005). Kuzey Anadolu Fayı: Yeni bir bakış. (Çev. O. Tatar ve H. Gürsoy).
31. Sür,Ö. (1993). Türkiye'nin Deprem Bölgeleri. Ankara Üniversitesi, Ankara.
32. Özalp, S., Ömer, E., Doğan, A. (2013). Kuzey Anadolu Fayı Güney Kolu'nun Segment Yapısı Ve Gemlik Fayının Paleosismik Davranışı, Kuzey Anadolu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 147, 1-17.
33. İnternet: (14 Ağustos 2019). 17 Ağustos Depremi: 1999 ve sonrasında neler yaşandı, kaç kişi hayatını kaybetti?. *BBC*. URL: <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-49322860>. Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
34. İnternet:KandilliRasathanesi.
URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/onemliler/19990817Marmara7.4/foreaftertr.jpg> ,Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
35. İnternet: Kandili Rasathanesi geçmiş depremler.
URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/onemliler/19990817Marmara7.4/mardep.htm> ,Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
36. İnternet: 17 Ağustos 1999 depremi ve tsunami.
URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tsunami/tarihsel-tsunamiler/turkiyedeki-onemli-tsunamiler/>, Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.

37. Kalafat, D., Güneş, Y., Kara, M., Deniz, P., Kekovalı, K., Kuleli, S., Gülen, L., Yılmaz, M., Özel, N. (2007). Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2005; $M \geq 4.0$). Boğaziçi Üniversitesi Yayınları. İstanbul
38. AVDAR, R. 1999-2011 Between Period Arriving Economic Effects of Earthquakes in Turkey. *Econder Uluslararası Akademik Dergi*, 1(1), 53-63.
39. İnmez, İ. (2005). Doğal afetlerin ekonomik etkisi: 17 Ağustos 1999 Marmara deprem örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
40. Avcılar Belediyesi Başkanlığı 2020-2024 Stratejik Planı, Avcılar.
41. Avcılar Belediyesi, İmar Müdürlüğü
42. Koç, M. (2006). Jeofizik yöntemlerle Avcılar Esenyurt (İstanbul) arasındaki alanın yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
43. Gürbüz, M. (2002). Avcılar mikrobölgeleme çalışmaları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
44. Şapaş, A. (2001). 17 Ağustos 1999 İzmit depreminden sonra Avcılar açıklarında gelişmiş olabilecek deniz içi heyelanı olasılığının araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
45. Dalgıç, S., Turgut, M., Kuşku, İ., Coşkun, Ç., & Coşgun, T. (2009). İstanbul'un Avrupa Yakasındaki Zemin ve Kaya Koşullarının Bina Temellerine Etkisi. *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, 8(2), 47-70.
46. Kuran, U. S-Dalgasının Alüviyal Sahalar Üzerinde Elde Edilmesi İle İlgili Yeni Bir Yöntem ve Mühendislik Jeolojisindeki Önemi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 4(1), 79-98.¹
47. Enfa Zemin Mühendislik. (2020). Zemin ve temel etüd raporu (Mustafa Kemal Paşa Mahallesi).
48. Enfa Zemin Mühendislik. (2020). Zemin ve temel etüd raporu (Merkez Mahallesi).
49. Enfa Zemin Mühendislik. (2019). Zemin ve temel etüd raporu (Ambarlı Mahallesi).

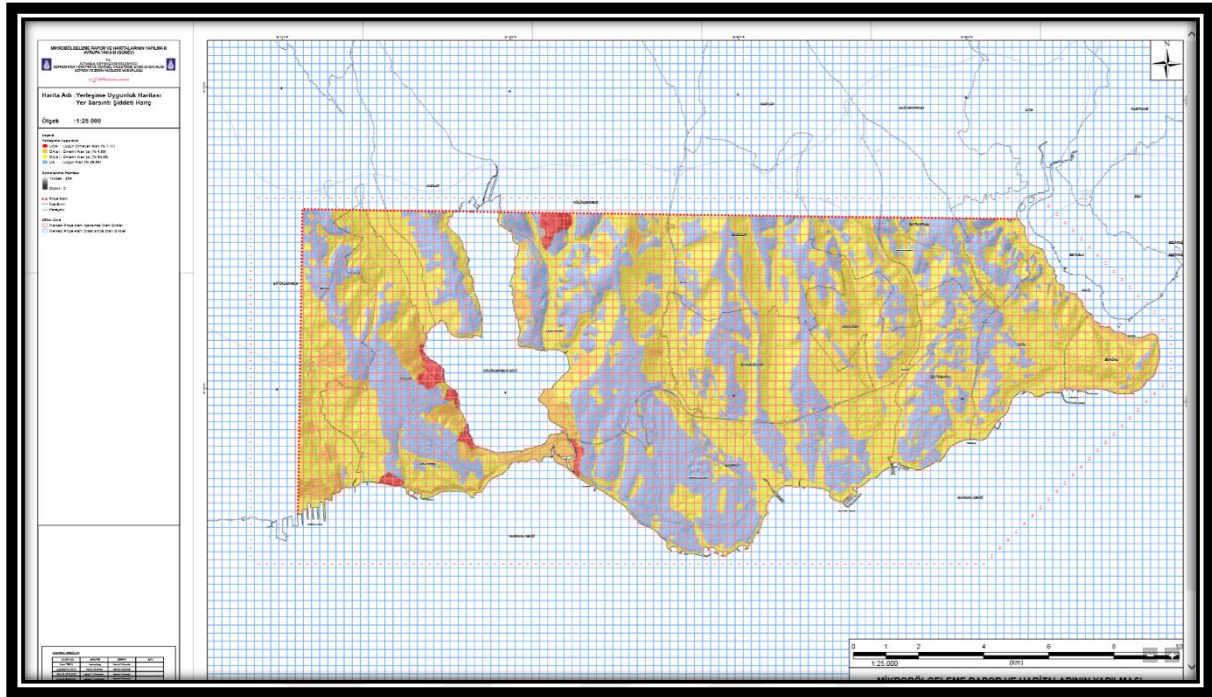
¹ S- dalgasının alüviyal sahalarda üzerinde elde edilmesi ile ilgili yeni bir yöntem ve mühendislik jeolojisinin önemi – 46 numaradaki kaynakta bulunan yazım hataları yazarın kendisine aittir.

50. Enfa Zemin Mühendislik.(2020). Zemin ve temel etüd raporu Raporu (Gümüşpala Mahallesi).
51. Enfa Zemin Mühendislik.(2020). Zemin ve temel etüd raporu (Denizköşkler Mahallesi).
52. Enfa Zemin Mühendislik.(2020).Zemin ve temel etüd raporu (Cihangir Mahallesi).
53. Avcılar Belediyesi, (2013). Zemin ve temel etüd raporu. (Ambarlı Mahallesi).
54. Avcılar Belediyesi. (2018).İksa değerlendirme raporu.(Denizköşkler Mahallesi).
55. İstanbul Büyükşehir Belediyesi(2019).İstanbul ili olası deprem kayıp tahminlerinin güncellenmesi projesi. İstanbul.
56. İstanbul Büyükşehir Belediyesi,(2018).İstanbul ili genelinde afetler karşısında sosyal hasar görülebilirlik araştırması. Boğaziçi Üniversitesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Proje Ekibi: Yazar



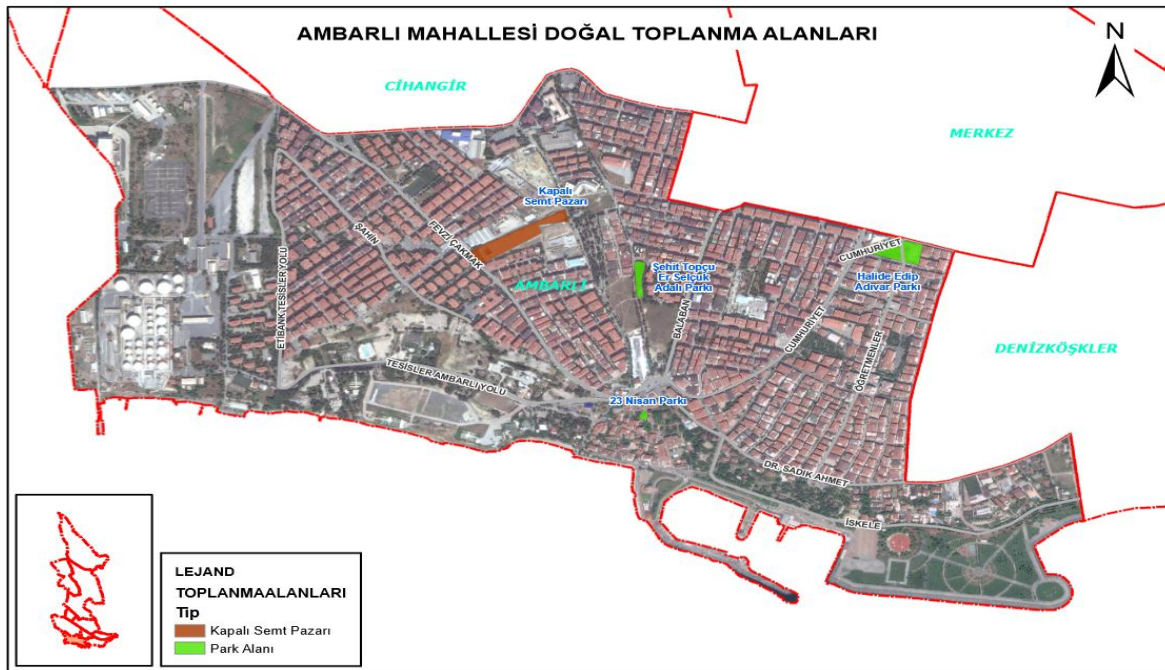
EKLER

EK-A. Yerleşime uygunluk haritası

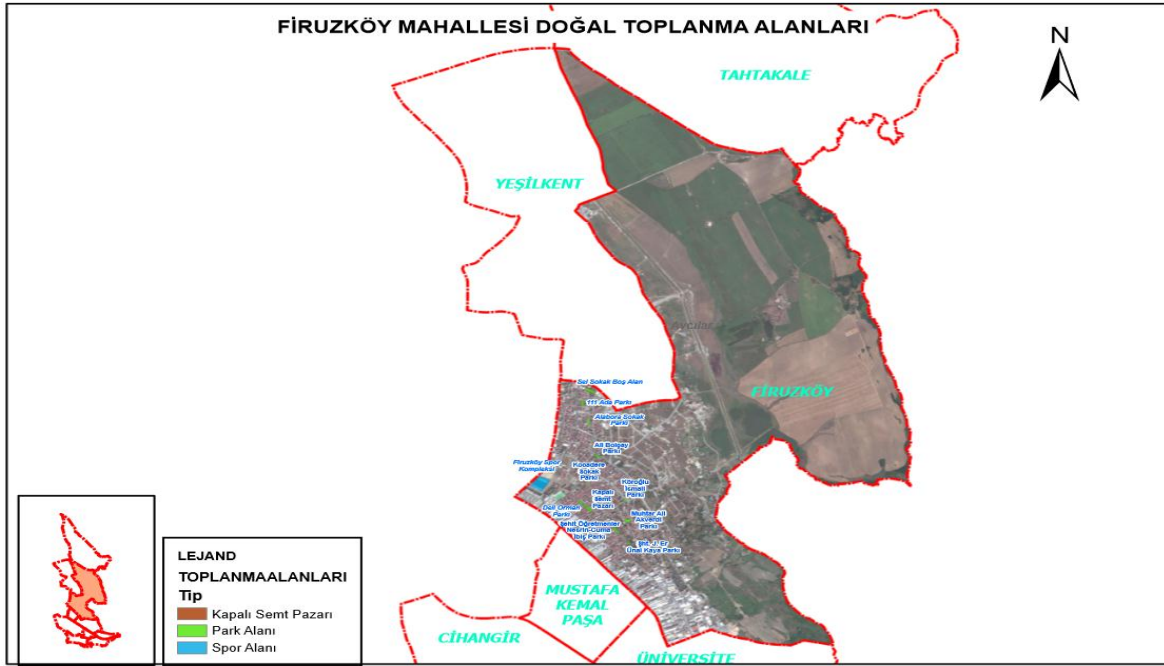


Harita 5.1. Yerleşime uygunluk haritası

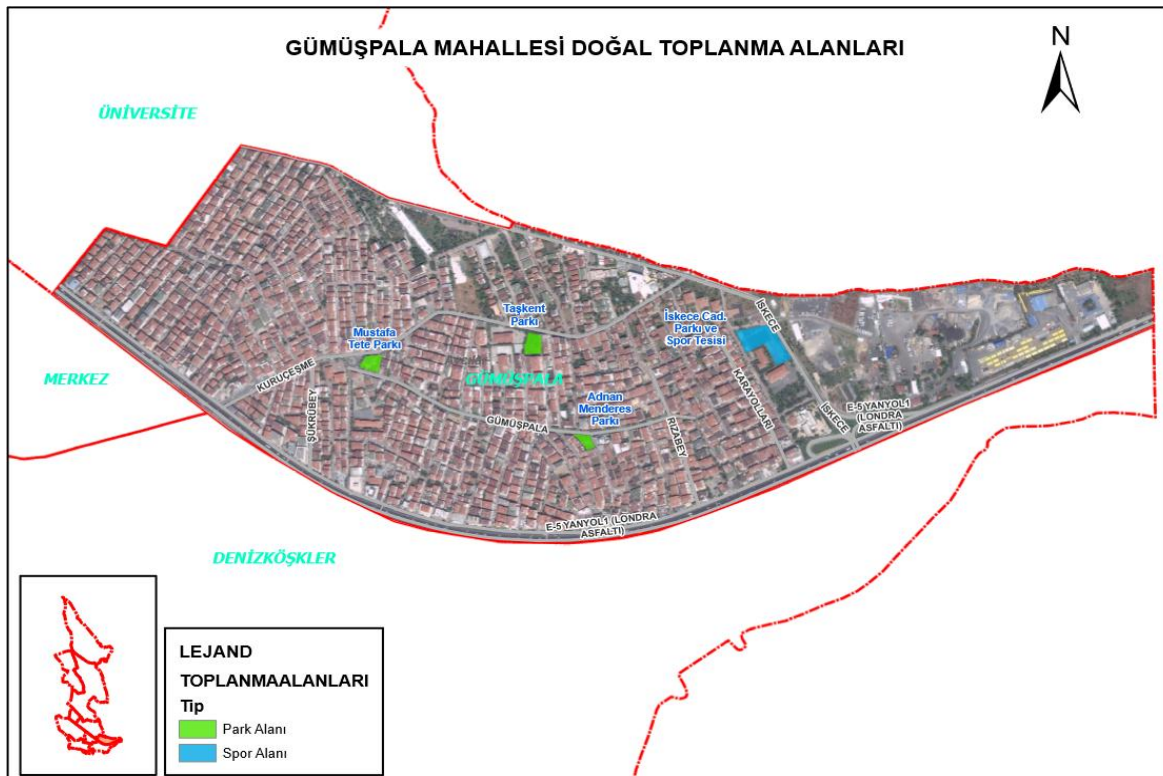
EK-B. Toplanma alanları



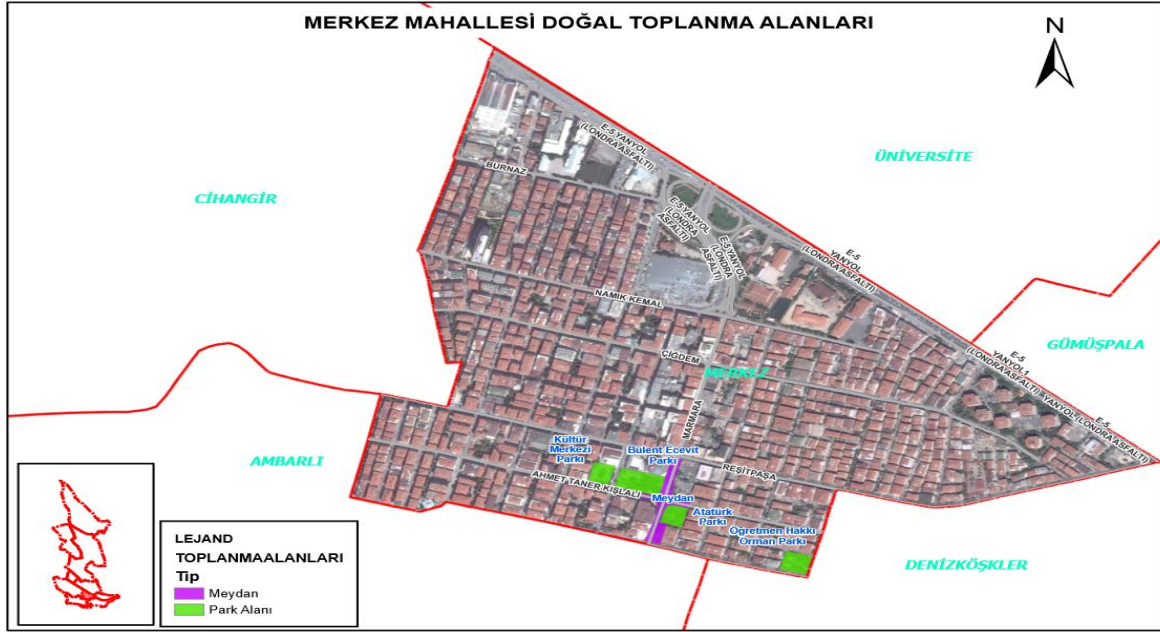
Harita 5.2. Ambarlı mahallesi toplanma alanları



Harita 5.5. Firuzköy mahallesi toplanma alanları



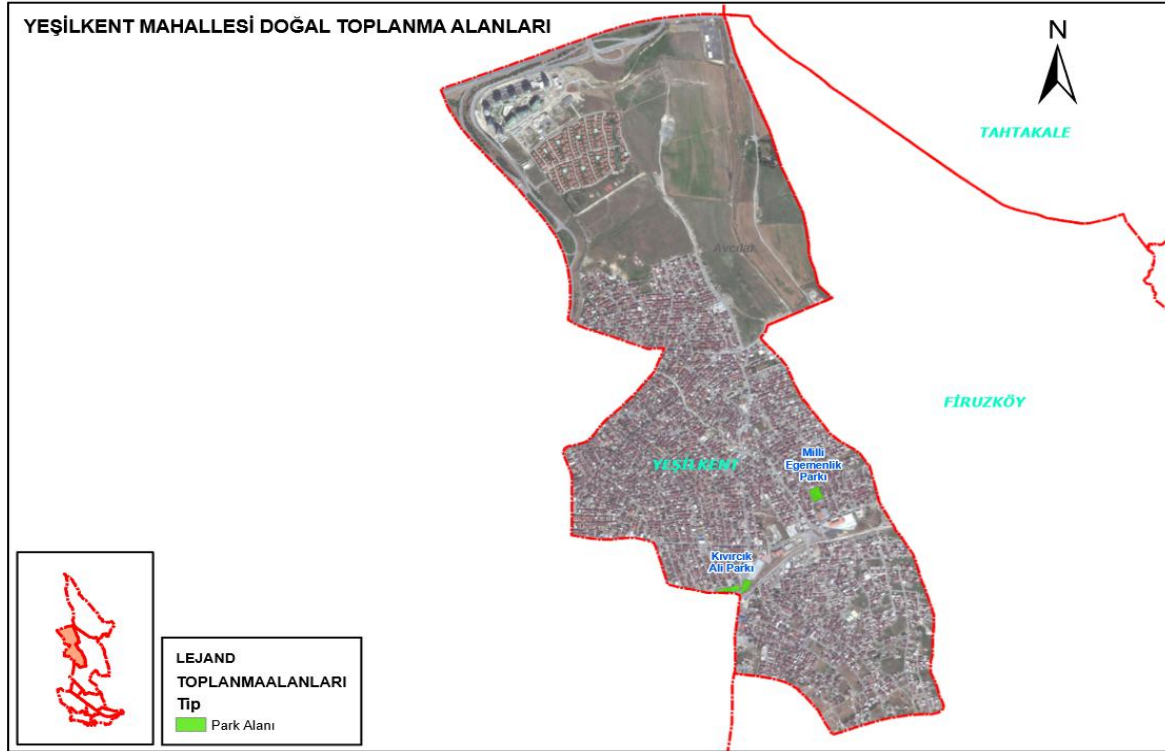
Harita 5.6. Gümüşpala mahallesi toplanma alanları



Harita 5.7. Merkez mahallesi toplanma alanları



Harita 5.8. Mustafa Kemal Paşa mahallesi toplanma alanları



Harita 5.11. Yeşilkent mahallesi toplanma alanları

EK-C. Yerel zemin sınıfları

Çizelge 5.1. Enfa zemin mühendislik geoteknik raporlarında verilen yerel zemin sınıfları

Tablo 11 Yerel Zemin Sınıfları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/sn]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	306 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel çökme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb., 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer			

EK-D. Denizköşkler zemin etüd raporu: Enfa zemin mühendislik

ENFA ZEMİN



Harita 5.12. İnceleme alanı yer bulduru haritası

Çizelge 5.2. Sondaj kuyularında yapılan SPT lerin metraji ve N₃₀ darbe sayısı**ENFA ZEMİN**

PROJE ADI: HAMİYET ÖZDEMİR
İSTANBUL İLİ, AVCILAR İLÇESİ, DENİZKÖŞKLER MAHALLESİ, 23 PAFTA, 16926 PARSEL

3.3 Arazi Deneyleri**3.3.1 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)**

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) uygulamada çok yaygın olarak kullanılan bir deneydir. Sondaj kuyularında yapılan bu deneyde, deney yapılması planlanan seviyeye geldiğinde kuyu tabanına ağırlığı 6.8kg olan bir örnek kaşığı indirilir ve 45cm zemine girinceye kadar çakılır. Çakma için kullanılan tokmak 63,5kg ağırlığındadır ve düşü yüksekliği 76cm'dir. Deneylerde her 15cm giriş için gerekli darbe sayısı belirlenir. Son 30cm giriş için uygulanan darbe sayısı SPT sayısı olarak adlandırılır.

Tablo 5 Sondaj kuyularında yapılan SPT lerin metraji ve N₃₀ darbe sayısı.

Sondaj No	Seviye (m)	SPT				Litoloji	Formasyon
		15	30	45	N ₃₀		
SK-1	1.50-1.95	8	10	12	22	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil	Çekmece Formasyonu
	3.00-3.45	10	8	16	24		
	6.00-6.45	14	16	13	29		
	7.50-7.95	10	12	22	40		
	9.00-09.45	50			R		
	10.50-10.95				R		
	12.00-12.45				R		
SK-2	3.00-3.45	6	8	10	18	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil	Çekmece Formasyonu
	4.50-4.95	9	10	13	23		
	6.00-6.45	12	11	15	26		
	7.50-7.95	13	15	17	32		
	9.00-09.45	12	14	23	37		
	10.50-10.95	50/2			R		
	12.00-12.45	50/3			R		
SK-3	3.00-3.45	4	6	9	15	Sarımsı yeşil renkli, yer yer kumlu siltli kil	Çekmece Formasyonu
	4.50-4.95	6	12	12	24		
	6.50-6.95	12	14	17	31		
	8.00-8.45	15	15	20	35		
	9.50-09.95	14	20	23	43		
	11.00-11.45	15	24	26	R		
	12.50-12.95				R		

Çizelge 5.3. Presiyometre deney sonuçları

ENFA ZEMİN

PROJE ADI: HAMİYET ÖZDEMİR
İSTANBUL İLİ, AVCILAR İLÇESİ, DENİZKÖŞKLER MAHALLESİ, 23 PAFTA, 16926 PARSEL

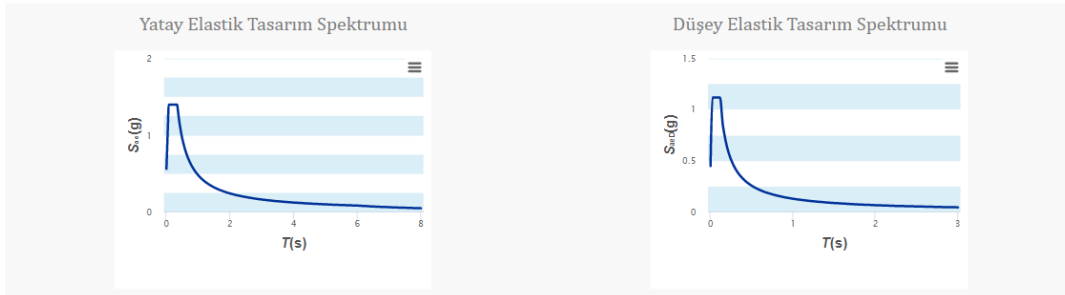
Tablo 7. Presiyometre Deney Sonuçları

Kuyu No	Derinlik (m)	E_m (kg/cm ²)	PL (kg/cm ²)	PL* (kg/cm ²)	E_m/PL^*
SK-1	3	230.72	14.16	12.67	18.21
	6	354.79	17.24	15.70	22.60
	9	396.08	18.22	16.71	23.70
	12	457.89	20.27	18.71	24.47
	15	498.77	21.30	19.71	25.31
	18	521.40	22.36	20.75	25.13
SK-2	3	256.40	15.16	11.70	21.91
	6	393.48	18.22	16.68	23.59
	9	461.09	20.22	18.71	24.64
	12	492.32	21.27	19.72	24.97
	15	523.20	22.25	20.76	25.20
	18	572.19	23.28	21.74	26.32

EK-E. Mahallelerin AFAD sismik tehlike raporları

$S_S = 1.162$	$S_1 = 0.316$	$S_{DS} = 1.394$	$S_{D1} = 0.474$
$PGA = 0.476$	$PGV = 28.787$		

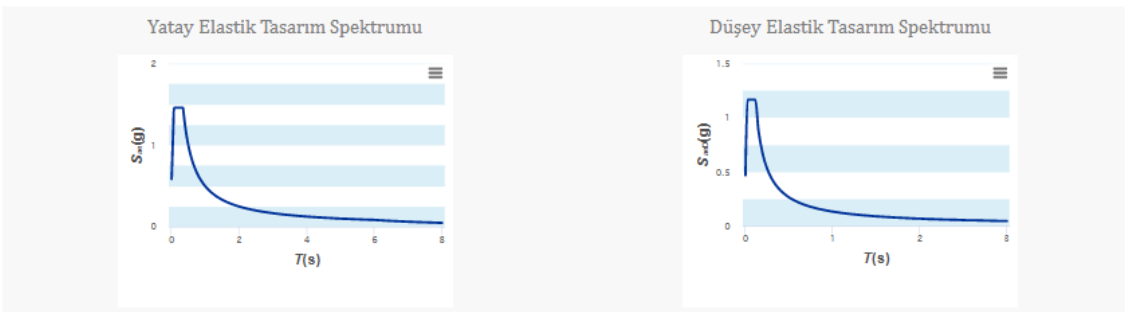
S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.1. Mustafa Kemal Paşa mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

$S_S = 1.213$	$S_1 = 0.328$	$S_{DS} = 1.456$	$S_{D1} = 0.492$
$PGA = 0.496$	$PGV = 30.071$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.2. Cihangir mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

$S_S = 1.251$	$S_1 = 0.338$	$S_{DS} = 1.251$	$S_{D1} = 0.663$
$PGA = 0.512$	$PGV = 31.121$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

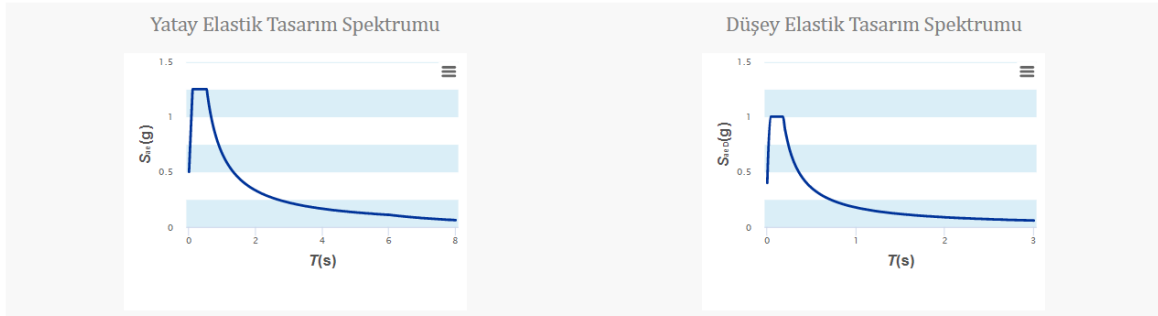
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.3. Merkez mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

$S_S = 1.291$	$S_1 = 0.348$	$S_{DS} = 1.291$	$S_{D1} = 0.679$
$PGA = 0.528$	$PGV = 32.255$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.4. Ambarlı mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

$S_S = 1.256$	$S_1 = 0.340$	$S_{DS} = 1.256$	$S_{D1} = 0.666$
$PGA = 0.514$	$PGV = 31.321$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

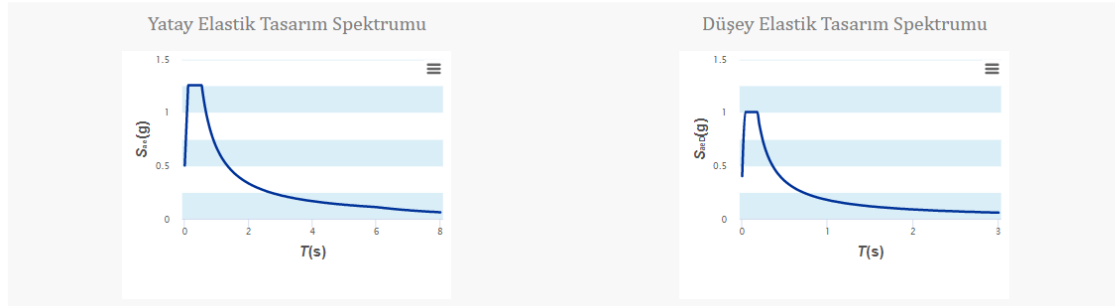
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.5. Gümüşpala mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

$S_S = 1.297$	$S_1 = 0.349$	$S_{DS} = 1.297$	$S_{D1} = 0.681$
$PGA = 0.530$	$PGV = 32.458$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 5.6. Denizköşkler mahallesi AFAD sismik tehlike raporu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : İŞİL ALPTEKİN
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 14.07.1995/ İSTANBUL
Medeni hali : Bekar
Telefon : 5315205404
Faks : isilalptekin@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi	2018 - 2020
Lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi	2013 - 2017
Lise	Küçükçekmece Anadolu Lisesi	2009-2013

İş Deneyimi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzmek, kayak yapmak, kitap okumak, nail art, yurtdışına seyahat etmek.



GELİŞİM GELİŞMEKTİR..