

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR İL MERKEZİ GÜNEYİNİN JEOTEKNİK
DEĞERLENDİRMESİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE
MODELLENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Resul ÇİFÇİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ORHAN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ekim 2020
NEVŞEHİR**

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, eleştirileriyle çalışmalarına yön veren ve güler yüzünü hiç eksik etmeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ORHAN'a, en derin duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım esnasında çeşitli görüş ve önerileriyle destek veren Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN'a, Doç. Dr. İsmail DİNÇER'e ve Araş. Gör. Mehmet Yasin CANBOLAT'a önerileri ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmada "Nevşehir ili, Merkez ilçe, Revize - İlave İmar Planına Esas Jeolojik - Jeoteknik Etüt Raporu" verileri kullanılmıştır. Rapor ve verilere ulaşmamda büyük yardımlarını gördüğüm Yer-Su Mühendislik firmasına ve Umut ERGÜL'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olduklarını bana hissettiren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen anneme, babama ve kardeşlerime çok teşekkür ederim.

NEVŞEHİR İL MERKEZİ GÜNEYİNİN JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ İLE MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Resul ÇİFÇİ

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2020

ÖZET

Türkiye jeomorfolojik özellikleri ve coğrafi konumundan dolayı tarih boyunca doğal afetlere maruz kalmıştır. Dolayısıyla yerleşim alanlarının planlanmasında, zemin özellikleri açısından güvenli ve riskli olan bölgelerin belirlenmesi ve yapılaşmanın o doğrultuda yapılması önemlidir. Zeminlerin mühendislik özelliklerinin tespit edilip belirli bir bölgedeki zemin özelliklerindeki değişimin ortaya konulmasında birçok teknik kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi tekniği maliyet, zaman, görsellik, kullanım kolaylığı gibi özellikleri ile diğer tekniklere göre daha çok tercih edilmektedir.

Nevşehir yerleşim alanının güneyinde bulunan zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenerek jeoteknik haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hazırlanmıştır. Nevşehir merkezinin yaklaşık 12,14 km²'lik bir alanında gerçekleşen bu çalışmada jeoteknik değerlendirme için 1/100.000 - 1/25.000'lik jeoloji haritaları, 1/1.000 - 1/2.000 - 1/25.000'lik sayısallaştırılmış topografik haritalar, saha ve laboratuvar verilerinden yararlanılmıştır.

Bu tez çalışmasında, çeşitli zemin mühendislik firmalarının sondaj ve jeofizik verileri kullanılarak çalışma sahasındaki zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri altında bir veri tabanı oluşturularak farklı türde jeoteknik haritalar hazırlanmıştır. Bu kapsamda; Sayısal Yükseklik modeli, Eğim, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), Kayma Dalga Hızı (V_{s30}), Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0), Zemin Büyütmesi ve Zemin Sınıflamasına yönelik yerel yönetim ve uygulayıcılara altlık oluşturması amacıyla farklı türde zon haritaları düzenlenmiştir.

Oluşturulan bu haritalara göre bölge çoğunlukla (%54,66) %1 – 10 eğim aralığına girmektedir. SPT-N darbe değerleri açısından bakıldığında 3 metre derinlik için 10-20 arasında yoğunlaşmakta, daha derinlere inildikçe (6 ve 9 metre) değerlerin orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir. Zemin hakim titreşim periyodu genel olarak 0.18 – 0.58 sn arasında, zemin büyütme değeri ise 0,7 – 2,4 arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Harita, Jeoteknik Özellikler, Nevşehir,
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN
Sayfa Numarası: 76

GEOTECHNICAL EVALUATION OF NEVŞEHİR PROVINCE SOUTH CENTER AND MODELING WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Resul ÇİFÇİ

NEVŞEHİR HACI BEKTAS VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOLL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2020

ABSTRACT

Turkey has been exposed to natural disasters throughout history due to its geomorphological characteristics and geographic location. Therefore, it is important to determine the safe and risky areas in terms of ground features in the planning of residential areas. Many techniques are used to determine the engineering properties of soils and to reveal changes in soils in a particular region. Geographic information system technique is preferred more than other techniques with its features such as cost, time, visuality and ease of use.

Geotechnical maps of the soils located at the south of Nevşehir settlement area were prepared using Geographic Information Systems. In this study, which took place in an area of approximately 12.14 km² in the center of Nevşehir, 1/100.000 - 1/25.000 geological maps, 1/1.000 - 1/2.000 - 1/25.000 digitized topographic maps, field and laboratory data were used for geotechnical evaluation.

In this thesis, the engineering properties of the soil in the study area were determined by using the drilling and geophysical data of various soil engineering companies, and a database was created under Geographic Information Systems and different types of geotechnical maps were prepared. In this context; Digital Elevation model, Slope, Standard Penetration Test (SPT), Shear Wave Velocity (V_{s30}), Ground Vibration Period (T_0), Soil Amplification and Soil Classification and different types of zone maps have been prepared in order to create a base for local administrations and practitioners.

According to these maps, the region mostly (54.66%) falls within the slope range of 1 - 10%. By means of SPT-N values, the values are concentrated between 10-20 for a depth of 3 meters, and the values increase proportionally with the increase in depth (6 and 9 meters). ground vibration period generally varies between 0.18 - 0.58 seconds, and the soil amplification value varies between 0.7 - 2.4.

Key Words: *Geographic Information System (GIS), Map, Geotechnical Properties, Nevşehir,*

Thesis Supervisor: Assist Prof. Dr. Ahmet ORHAN

Page Number: 76

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
RESİMLER LİSTESİ	xi
HARİTALAR LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
1. BÖLÜM	
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Genel Bilgiler	3
1.2.1. Çalışma alanı genel özellikleri	3
2. BÖLÜM	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Kapadokya Bölgesinde Yapılmış Çalışmalar	5
2.2. Çalışmanın Konusuna Benzer Çalışmalar	8
3. BÖLÜM	
MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.2. Metot	11

4. BÖLÜM

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ VE DEPREMSELLİĞİ.....	13
4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Özellikleri.....	13
4.2. Çalışma Alanı Stratigrafisi	15
4.2.1. Ortaköy granitoyidi (&o)	16
4.2.2. Kızılöz formasyonu (Tk).....	17
4.2.3. Yüksekli formasyonu (Ty)	17
4.2.4. Ürgüp formasyonu	18
4.2.4.1. Kavak üyesi (Tük).....	20
4.2.4.2. Cemilköy üyesi (Tüc).....	20
4.2.5. Alacaşar tüfü (Qat)	21
4.2.6. Kumtepe külü (Qk)	22
4.2.7. Güncel alüvyon (Qal).....	22
4.3. Yapısal Jeoloji ve Depremsellik	23

5. BÖLÜM

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS).....	31
5.1. Veri Tabanı Hazırlanması	33
5.2. Topoğrafik Verilerinin Hazırlanması	33
5.3. Arazi Deneyleri	33
5.3.1. SPT Deneyi (Standart penetrasyon testi)	33
5.3.2. Jeofizik çalışmalar.....	35
5.4. Laboratuvar Çalışmaları	37

6. BÖLÜM

CBS İLE ÇALIŞMA ALANININ MODELLENMESİ	38
6.1. Topoğrafya ve Eğim	38

6.2.	SPT Haritaları (Standart Penetrasyon Testi).....	43
6.3.	Kayma Dalga Hızı (V_{s30}) Haritası	49
6.4.	Çalışma Alanındaki Zemin Hakim Periyodu (T_0) Haritası	52
6.5.	Zemin Büyütme Haritası	54
7. BÖLÜM		
JEOFİZİK YÖNTEMLERE GÖRE ZEMİN SINIFLAMASI.....		59
7.1.	Yerel Zemin Sınıfı Haritası	59
7.2.	NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Programme) Zemin Sınıflama Haritası	62
8. BÖLÜM		
SONUÇ VE ÖNERİLER		64
KAYNAKLAR.....		68
ÖZGEÇMİŞ		76

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1.	Bölgede meydana gelen depremlerin yıllara göre en belirgin magnitüdüleri (M_s) (1900 ve 2019 arası; $M \geq 4.0$) [47].....	25
Tablo 4.2.	AFAD interaktif web uygulamasından inceleme alanı için belirlenen maksimum yatay yer ivmesi (PGA), spektral ivme katsayıları, düşey ve yatay tasarım spektrumları [48].	27
Tablo 5.1.	Bazı zemin ve kayalar için V_p ve V_s hızları [60].	36
Tablo 6.1.	Eğim haritalarında kullanılacak eğim kategorileri [63]	42
Tablo 6.2.	Kritik şevlerde eğim değerleri [64].....	42
Tablo 6.3.	İzafi sıklık ile Standart penetrasyon direnci arasındaki bağlantı [67]	43
Tablo 6.4.	Dalga hızı (V_s) ile zemin karşılaştırmaları [72]	51
Tablo 6.5.	(a) Zemin hakim titreşim periyot ölçütleri (b) spektral büyütme ölçütleri [76].....	53
Tablo 6.6.	Zemin büyütmesi ile kayma dalga hızı (V_{s30}) arasındaki ilişki [78-79]...	56
Tablo 6.7.	Farklı jeolojik birimlere göre Borcherdt & Gibbs (1976), Shima (1978) ve Midorikawa (1987) tarafından verilen bağıl büyütme faktörleri [78-79]..	57
Tablo 7.1.	Türkiye afet yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması [85].....	60
Tablo 7.2.	Türkiye afet yönetmeliğine göre zemin grupları [84].....	61
Tablo 7.3.	NEHRP'ye göre zemin sınıflama kriterleri [86].....	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1.	Orta Anadolu Volkanik Provensinin stratigrafisi (Akın vd., 2019'dan değiştirilerek alınmıştır)	14
Şekil 4.2.	Nevşehir ve yakın civarında yer alan diri faylar [46].....	24
Şekil 4.3.	Nevşehir merkezli 100 km yarıçaplı bölgede, 1900-2019 tarihleri arasında olmuş 4.0 ve daha büyük depremlerin dağılımları [47]	26
Şekil 5.1.	Standart Penetrasyon Deney Aşamaları [58]	34
Şekil 5.2.	Sondaj ve Jeofizik çalışmalarının çalışma alanı içerisindeki konumu	37
Şekil 6.1.	Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.....	40
Şekil 6.2.	Çalışma alanının eğim haritası	41
Şekil 6.3.	Çalışma alanındaki sondaj noktaları ve SPT profil kesit hatları	44
Şekil 6.4.	SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 3 m derinlik için	45
Şekil 6.5.	SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 6 m derinlik için	46
Şekil 6.6.	SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 9 m derinlik için	47
Şekil 6.7.	Çalışma alanından alınan A-A' SPT kesitleri	47
Şekil 6.8.	Çalışma alanından alınan B-B' SPT kesiti	48
Şekil 6.9.	Çalışma alanından alınan C-C' SPT kesiti	48
Şekil 6.10.	Çalışma alanının kayma dalgası hızının (V_{s30}) haritası.....	50
Şekil 6.11.	Çalışma alanının zemin hakim periyodu (T_0) haritası.....	54
Şekil 6.12.	Zemin büyütme faktörünün kayma dalgası hızına bağlı olarak grafik görünümü [80-81].....	56
Şekil 6.13.	Çalışma alanının zemin büyütme haritası.....	58
Şekil 7.1.	Çalışma alanı NEHRP kaidelerine göre zemin sınıfı haritası.....	63

RESİMLER LİSTESİ

- Resim 4.1. Çalışma alanında gözlenen Ortaköy Granitoyidi 16
- Resim 4.2. Çalışma alanında gözlenen Kızılöz Formasyonuna ait bir görünüm 17
- Resim 4.3. Çalışma alanında gözlenen Alacaşar Tüfü'ne ait bir görünüm21
- Resim 4.4. Çalışma alanında gözlenen Kumtepe Külü'ne ait bir görünüm22



HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	4
Harita 4.1.	Orta Anadolu Volkanik Alanının (OAVA) basitleştirilmiş jeolojik haritası (Toprak, 1998'den alınmıştır).	15
Harita 4.2.	Çalışma alanı jeolojik haritası (Atabey, 1989'dan değiştirilerek alınmıştır).....	15
Harita 4.3.	Bölgedeki yapısal jeoloji haritası [14]. Error! Bookmark not defined.	



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	Zemindeki En Büyük Hız İçin Bağlı Büyütme Faktörü
A-D	Zemin Grupları
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHSA	Ortalama Yatay Spektral Büyütme
AFC	Asimilasyon Fraksiyonel Kristalleşme
B	Batı
CBS	Cografı Bilgi Sistemi
cm	Santimetre
H	Tabaka Kalınlığı
Hi	En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı
İ	İgnimbirit
K	Kuzey
KB	Kuzey Batı
km	Kilo Metre
kg	Kilo Gram
KD	Kuzey Doğu
kPa	Kilopaskal
KVB	Kapadokya Volkanik Bölgesi
G	Güney
g	Gram
OIB	Okyanusal Ada Bazaltları
OAVA	Orta Anadolu Volkanik Alanı
m	Metre
mm	Milimetre
M	Deprem Büyüklüğü (Magnitüd)
Ms	Depremin Yüzey Dalgası Büyüklüğü
My	Milyon Yıl
n	Zemin Büyütmesi
NEHRP	National Earthquake Hazards Reduction Programme
ρ_0	Temel Kayanın Yoğunluğu
ρ_n	Araştırılan Zeminin Yoğunluğu

SCPT	Sismik Konik Penetrasyon Testi
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
SPT-N	Standart Penetrasyon Vuruş Sayısı
N₆₀	Düzeltilmiş zemin penetrasyon direnci
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
Ü	Üye
To	Zemin Hâkim Periyot
V₀	Temel Kayanın Sismik Dalga Hızı
V₁	30 M Derinlik İçerisindeki Ortalama Kayma Dalgası Hızı
V₂	Bir Saniye Periyodlu Dalga İçin ¼ Dalga Derinliğe Kadar Ort. Kayma Dalgası Hızı
VS	Makaslama Dalga Hızı
V_n	Araştırılan Zeminin Sismik Dalga Hızı
V_p	Boyuna Dalga Hızı
V_s	Enine Dalga Hızı
V_{s30}	İlk 30 M İçin Kayma Dalgası Hızı
V_{si}	Tabakanın S Dalga Hızı
Z1-Z4	Yerel Zemin Sınıfları
X_n	Gözlemlerden Hesaplanarak Bulunan Zemin Katsayısı

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Kapadokya bölgesi içerisindeki Nevşehir ili, Türkiye'nin ve dahi dünyanın eşsiz kültürel güzelliğine ait bir alandır. Bu bölgede Frig, Asur, Roma, Hitit uygarlıkları ve Bizans, Selçuklu, Osmanlı devletleri yaşamışlardır. Bu uygarlıkların yaşadıkları dönemlere ait kalıntıların günümüze kadar kalanları ile bölgeye tarihi güzellikler katan turizm merkezi haline gelmiştir. Ayrıca Persçe'de Kapadokya ismi "Katpatuka" Güzel Atlar Diyarı anlamındadır [1].

Kapadokya bölgesinde bulunan Nevşehir, Acıgöl ve Erciyes civarındaki büyüklü küçüklü yanardağ bacaları, Güllü Dağı ile Hasan Dağı'nın dışarıya püskürttüğü birimler aşına aşına ignimbiritlerin oluşmasına sebep olmuştur. Nevşehir bölgesinin volkanik ürünleri; ignimbirit, pomza, bazalt ve perlit şeklinde bulunmaktadır. Piroklastiklerin çok kalın olması peribacalarının oluşmasına ortam hazırlamıştır. Piroklastiklerin kolay işlenebilmesine bağlı olarak eski mimarlık yapıları olan yeraltı şehirleri, yaşama alanları, yeraltı bağlantı yolları, ibadethane ve süslemelerde kullanılmıştır [2].

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde gerçekleşen deprem, sel baskını, heyelan vb. doğal afetler, yerleşim alanlarının mühendislik çalışmaları ile planlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle bu planlamalarda zemin özelliklerinin riskli ve güvenli olduğu bölgelerin belirlenerek yerleşimin bu doğrultuda yapılması önemlidir. Türkiye, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinden dolayı doğal afetler ile tarih boyunca karşılaşmıştır. Ülkemizde 1999 yılında meydana gelen Marmara Depreminden önce, şehirlerde yapılaşmaya, zemine ve mühendislik çalışmalarına gereken önem verilmemekteydi. Ancak 1999 yılındaki Marmara Depremiyle birlikte yapılaşmada zemin, yapı analizleri ve mühendislik çalışmaları önem kazanmıştır ve bu çalışmalar günümüze gelene kadar gelişmiştir.

Ülkemizin büyük bölümünün deprem gibi tehlikeli bir doğal afetle her an karşı karşıya olduğu gerçeği dikkate alındığında, ülkemizde yapılaşmanın gerçekleşeceği yerlerin jeolojik ve tektonik özelliklerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılacak olan

analizler neticesinde deprem vb. doğal afetlerin sebep olacağı etkileri yapı, çevre ve en önemlisi insan sağlığı açısından en aza indirmek veya tamamen önlemek amaçlanmalıdır. Bunun için yapılaşma öncesinde yapının zemin araştırmalarının yapılması, yapının ve zemininin mühendislik özellikleri ile zeminin dinamik özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmaların yapılmasıyla yeni yerleşim yerleri için yapılacak olan imar planlamaları daha doğru bir şekilde yapılabilir.

İmar planlamaları için zeminin özelliklerini belirlemek önemlidir. Zeminin özelliklerini belirten değerlerin ve o değerlerin bulunduğu yerdeki değişim belirlenmelidir. Belirlenen değerler göz önüne alınarak imar planı ile zemin arasındaki uyum analiz edilmelidir. Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) bu tarz çalışmalarda yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. CBS ile yeryüzünde coğrafi konuma sahip tüm nesne ve nesnelere bağlı değişimler ölçülür, toplanır ve depolanır. Bu teknolojik sistem ile değerler sorgulanır ve sentezlenir [3].

Çalışma alanında yerleşime uygunluk ve doğal afet riski göz önünde bulundurularak temel zemin özelliklerini belirlemek amacıyla bazı firmaların yapmış olduğu 74 adet sondaj ve 48 adet sismik kırılma çalışmalarından yararlanılmıştır. Bu veriler zemin analizi, sondaj vb. çalışmaları yapan mühendislik firmalarından elde edilmiştir. Bu firmaların elde ettiği veriler özellikle arazide alınan numune ve sayısal değerlerin laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ile çalışma sahasında MapInfo Professional, Vertical Mapper, GeoCAD ve Coreldraw programları kullanılarak aşağıdaki haritalar hazırlanmıştır;

- Eğim haritasının oluşturulması,
- Jeoloji haritasının oluşturulması,
- Sayısal yükseklik modelinin oluşturulması,
- 3 m, 6 m, ve 9 m'deki SPT (Standart Penetrasyon Testi) zon haritalarının hazırlanması,
- Sondaj ve sismik ölçüm noktaları haritasının oluşturulması,
- Ortalama kayma dalgası hızı (V_{s30}) haritasının 30 metre derinlik için oluşturulması,
- Zeminin hakim titreşim periyodu (T_0) haritasının oluşturulması,
- Zemin büyütme haritasının hazırlanması,
- NEHRP zemin sınıfı haritasının hazırlanması.

1.2. Genel Bilgiler

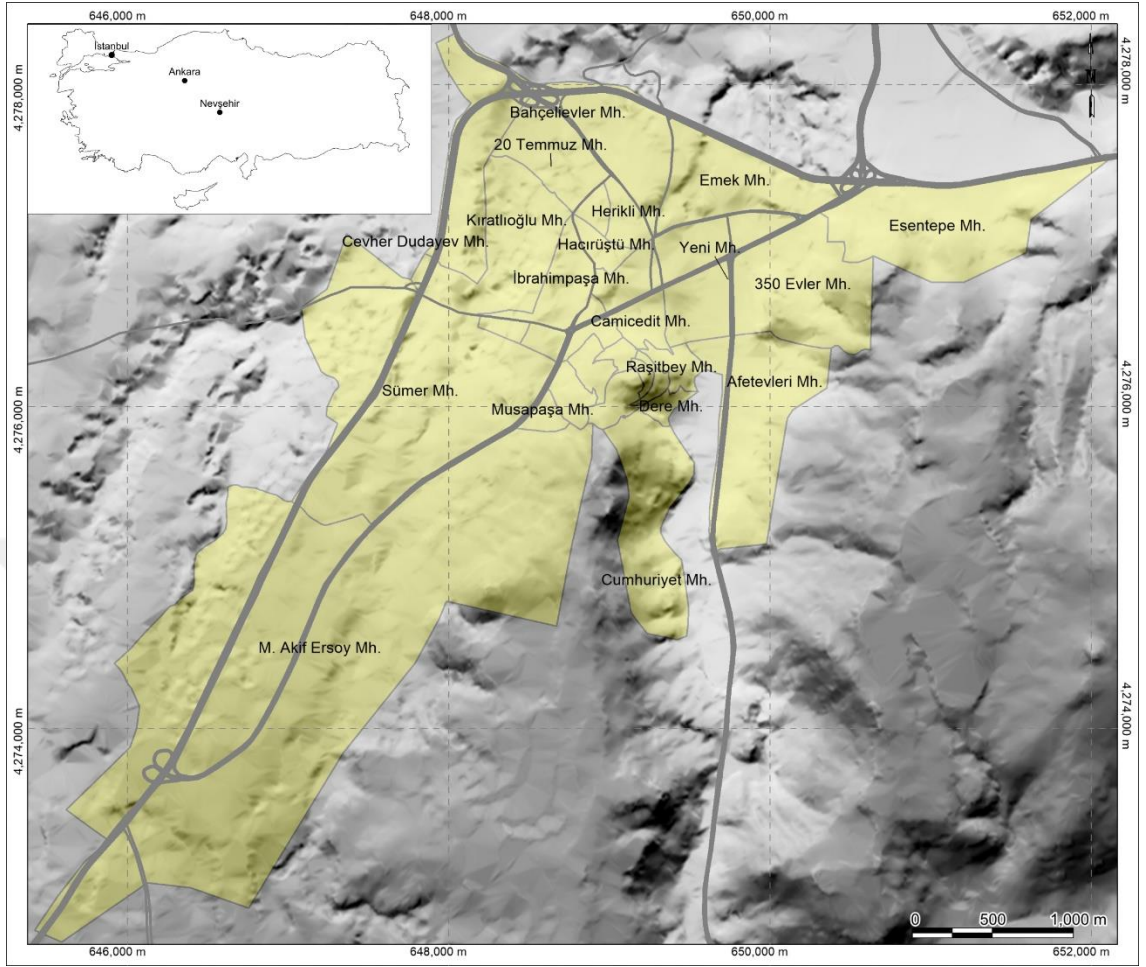
1.2.1. Çalışma alanı genel özellikleri

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde bulunan Nevşehir, geniş bir plato üzerinde bulunmaktadır. Bu platoyu doğu-batı doğrultusunda, ülkenin en uzun nehri olan Kızılırmak kesmiştir. Bu plato, Kızılırmak nehriyle birleşen kuzeyden ve güneyden gelen suların oluşturduğu derin vadilerle parçalanmıştır. Nevşehir'in yüzölçümü 5.467 km² olup şehir merkezinin rakımı ise 1259 m'dir [4].

Nevşehir ekonomisi genel olarak tarım ve turizme bağlıdır. Dolayısıyla bölgede mevsimlik işçi sayısı fazladır. Nevşehir merkezinde ise ticaret aktiftir. Ticarete gıda ve içecek sektörünün yanı sıra inşaat ve mekanik sanayi hız kazanmıştır. Gıda sektöründe bölge patates üretiminin etkisi ile patates cipsi üretimine ait yatırımlar görülmektedir. Geçmişten gelen üzüm yetiştiriciliği ve bununla içki üretimi yerli gıda sektöründe önemlidir. Üniversite öğrenci sayısının ve askerlerin sayısının artması ile ticaret hız kazanmıştır. Nevşehir'in Ürgüp, Göreme ve Avanos ilçelerinde de turizm sektörü gelişmiştir [5].

Nevşehir'de jeolojik olarak birçok endüstriyel hammadde bulunmaktadır. Bölgedeki önemli madenler ise mermer, perlit, kaya tuzu, pomza ve kaolin'dir. Nevşehir'e ulaşım komşu iller ve turizm sayesinde kolaylaşmıştır. Türkiye'nin orta kısmında olması ve geniş, düz plato üzerinde kurulmasından dolayı kara yolu ulaşımı gelişmiştir. Nevşehir'den Konya'ya, Niğde'ye, Adana'ya, Kayseri'ye ve başkent Ankara'ya karayolu ulaşımı bulunmaktadır [5].

Çalışma, Nevşehir il merkezinin güneyinde bulunan Bahçelievler, 20 Temmuz, Emek, Esentepe, 350 Evler, Yeni, Afetevleri, Herikli, Kıratlıoğlu, Hacırüştü, İbrahimpaşa, Cevher Dudayev, Camicedit, Raşitbey, Dere, Sümer, Musapaşa, Cumhuriyet ve Mehmet Akif Ersoy mahallelerinde yaklaşık 12.14 km²'lik bir alanda gerçekleşmiştir. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli Türkiye topoğrafya haritasında K33d2 ve K33d3 paftasında, 38° 59' 35''- 39° 13' 16'' kuzey enlemleri ile 35° 07' 06''- 35° 15' 30'' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Harita 1.1).



Harita 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

2. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışmanın gerçekleştirildiği alan ve çevresi jeolojik, morfolojik veya kültürel özellikleri ile araştırmacılara çalışmalarında kaynak olmuştur. Çalışma alanında bugüne kadar jeolojik, mineralojik, tektonik, jeokimya ve petrografik çalışmalar yapılmıştır. Nevşehir ve yakın çevresindeki zeminin mühendislik özelliklerine ilişkin çalışmalar oldukça az sayıdadır. Nevşehir ve yakın çevresinde yapılmış önemli bazı çalışmalar aşağıda kısaca verilmiştir.

2.1. Kapadokya Bölgesinde Yapılmış Çalışmalar

Beekman, Kayseri İncesu civarında volkanolojik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda mostra veren volkanik kayaların özellikle bazaltik bileşiminde bulduklarını belirlemiştir. Bu bazaltik bileşimindeki lavların yüzeye çıkış merkezinin ise Erciyes (Kayseri) volkanını içine alan merkezi fay hattına paralel doğrultudaki kırıklar üzerinde bulunduğunu belirtmiştir [6].

Pasquare, çalışma alanındaki Senozoyik yaşlı volkanik hareketliliğin Orta Miyosen'de ignimbiritler ile başlayıp, tüflerin takip etmesiyle, arkasına bazaltik andezitik, dasitik ve Kuvaterner yaşlı volkanizmayla volkanik hareketliliğin sonlandığını ifade etmiştir [7].

Innocenti ve çalışma arkadaşları, Kayseri-Niğde arasındaki alanın volkanik geçmişini ortaya koymaya yönelik çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmaya göre bölgedeki volkanizma Erken Miyosen döneminde başlamıştır ve kalkalkalen karakterinde özellikler göstermektedir. Çalışmalarında Arap ve Afrika plakasının Avrasya plakasının altına dalması sonucunda Toros kuşağı boyunca volkanizmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir [8].

Erdoğan, İç Anadolu'da geniş bir alana yayılmış olan volkanik tüflerinin yapı malzemesi olarak kullanımını çalışmıştır. Çalışmasında tüflerin bölgedeki dağılımını, litolojik özelliklerini belirlemiştir [9].

Ercan, çalışmasında İç Anadolu'da gerçekleşen volkanik faaliyetleri incelemiştir. Bu çalışmasında volkanizmaları oluşum yaşlarına göre altı gruba ayırmıştır. Bölgedeki volkanitlerin kalkalkalen karakterli olduklarını ve farklı tektonik rejimler neticesinde oluştuklarını belirtmiştir [10].

Pasquare ve çalışma arkadaşları, bölgenin volkanik kökeninin Avrasya ve Afro-Arabistan Plakalarının çarpışması ile oluşan kıtasal yay volkanizması olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bölgede Orta Miyosen ile Geç Miyosen'de başlayan volkanik faaliyetlerin DKD - BGB uzanımlı yapısal faktörler ile aynı doğrultuda yayılım gösterdiklerini ileri sürmüşlerdir. İç Anadolu bölgesindeki ignimbirit içeren birimlerin stratigrafisini çalışmış ve bu birimleri haritalamışlardır. Pasquare vd. göre bölgedeki volkanik olaylar başlıca üç farklı zamanda oluşmuştur. Buna göre 8.5 milyon yıl (my) önce lav akıntıları ile morfoloji şekillenmiştir. Sonrasındaki dönem 8.5 - 2.7 my arasında karakteristik piroklastik akıntı çökellerinden oluşan 7 farklı ignimbirit seviyesinden oluşmaktadır. En son dönemde 2.7 my'dan itibaren günümüze gelen zamanı temsil etmektedir. Bu dönemde andezitik-bazaltik bileşimli stratovolkanların oluştuğunu belirtmişlerdir [11].

Le Pennec ve çalışma arkadaşları, Kapadokya civarında jeolojik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarında Neojen yaşlı ignimbiritli birimlerin arazi dağılımlarını, stratigrafik konumlarını ve kaynak alanlarını incelemişlerdir. Kendilerinden önceki araştırmacıların çalışmalarındaki ignimbiritli birimlerin stratigrafik eksiklerini tamamlamışlardır [12].

Toprak, Kapadokya volkanitlerinin volkanizma ile tektonizma ilişkilerini çalışmıştır. Bu çalışmasında 2 farklı fay düzeneği ile karşılaşmıştır. Bu fay sistemlerinden ilki Kapadokya Volkanik Bölgesinin (KVB) uzun eksenini belli açılar ile keserken diğer fay sisteminin KVB'nin uzun eksenine paralel olduğunu vurgulamıştır [13].

Temel ve çalışma arkadaşları, ignimbirit içeren birimlerin oluşumuna yönelik çalışmalar yapmıştır. Ayrıca çalışmalarında volkanosedimanter ve volkanik birimlerin petrografisini, mineralojisini ve jeokimyasını çalışmışlardır [14].

Ayhan, Kapadokya bölgesindeki yeraltı şehirlerini morfoloji ve kaya türü bakımından incelemiştir. Yeni yerleşim yerleri ile eski yerleşim yerleri (yeraltı şehirleri) arasındaki bağı bulmaya özgü yoğunluk deneyi, mesafe ölçümü, morfolojiye uygun yayılım analizi, kaya türleri tespitleri yapılmıştır. Yeraltı şehirlerinin Nevşehir, Derinkuyu,

Özkonak dolaylarında sıklaştığı ve inşasında piroklastikli Neojen yaşlı birimlerin ön plana çıktığı belirlenmiştir [15].

Mues - Schumacher ve çalışma arkadaşları, İncesu (Kayseri) ignimbiritlerinin arazideki dağılımı ile yoğunluk değişimlerini çalışmışlardır. Çalışmalarında kayaç yoğunluğunun üst kesimlerde 1.77 g/cm^3 değerine kadar indiğini ve alt kesimlerde ise 2.34 g/cm^3 değerine kadar çıktığını saptamışlardır [16].

Doğan, İç Anadolu volkanik bölgesinde bulunan Kapadokya'daki Cemilköy ignimbiritinin jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini araştırmıştır. Araştırmacı Cemilköy ignimbiritinin, dalma-batma etkisiyle zenginleşmiş OIB benzeri bir mantonun kısmi ergimesi sonucu oluşan magmadan itibaren AFC süreci ile oluştuğu ileri sürmüştür [17].

Korkanç, bölgede geniş bir yayılım gösteren ignimbiritleri beraberinde bulunduğu mostralara ile karşılaştırıp, ignimbiritlerin jeomekanik değerlerinin yapı taşı olarak değerlendirilmesinin etkisi araştırmıştır. Araştırmada piroklastik kayaçların kaynaşmamış ignimbirit niteliğinde olduklarını, bu kayaçların jeomekanik özellikleri ile petrografik, kimyasal ve jeolojik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğunu saptamıştır [18].

Sayın, Kapadokya bölgesindeki ignimbiritik peribacası oluşumunu çalışmıştır. Ayrıca peri bacalarının boyutlarını belirlemek için arazi çalışmaları yapmıştır. Çalışmasında peribacalarının iki aşamada oluştuğunu ileri sürmüştür. İlk aşamada uygun topoğrafyanın oluşturulması olduğunu ve bu aşamanın üç önemli etkeni olduğunu belirtmiştir. Bu etkenler de ignimbiritlerin kalınlığı, kaynaşma derecesi ve eğimidir. İkinci aşama peri bacalarının şekillenmesine sebep olan yerel özellikler ve dış etkenlerdir. Bu bölgede peribacalarının oluşmasında en belirleyici topoğrafyayı ortaya çıkarmak için eğim ve yükseklik haritaları yapmıştır. Araziden alınan numunelerin kimyasal ve petrografisini incelemiştir [19].

Ançel, Acıgöl ve Göllüdağ içerisinde kalan Güneydağ tuf halkası ile Kamıyarık Tepesi cüruf konisinin patlaması ve sonrasında yerleşmesinin dinamiklerini incelemiştir. Farklı patlama seviyelerindeki birimlerin tane boyu dağılımları ve tane boyu parametreleri belirlenerek magmanın parçalanma derecesi tanımlanmaya çalışılmıştır. Değişik

seviyelerden alınan numuneler ile yapılan kimyasal, dokusal ve mineralojik deneyler ile patlama dinamikleri elde edilmeye çalışılmıştır. Güneydağ tuf halkasının patlama seviyelerinin su/magma kütle oranları, patlama seviyelerinin altpopülasyon değerleri, tane gözenekleri, tane boyu gibi değerler incelenerek patlama dinamikleri ve patlama tipi değişimleri elde edilmiştir [20].

Göz, Türkiye'deki en geniş volkanik alanlardan biri olan Orta Anadolu'daki Ürgüp'ün (Nevşehir) ve çevresindeki Neojen yaşlı akarsu ve gölsel çökellerinin jeolojisinin, sedimentolojisinin, mineralojisinin, petrografisinin, çökeltme ortamının ve jeokimyasının belirlenmesini çalışmıştır. Çökellerin oluşum süresince geçirdiği ortam ve paleoekolojik koşullarını belirlemeye çalışmıştır. Çalışmasında örneklerin jeokimyasal ve mineralojik özelliklerine polarizan mikroskopisi, taramalı elektron mikroskopisi, X- ışınları kırınımı ve duyarlı izotop analizlerini incelemiştir [21].

2.2. Çalışmanın Konusuna Benzer Çalışmalar

Bargu ve çalışma arkadaşları, Bursa Gürsü yerleşim alanında jeolojik ve jeoteknik araştırmalar için 25 sondaj kuyusu, 25 sismik kırılma ve 10 araştırma çukuru çalışmaları yapmışlardır. Elde edilen verilere göre yapılaşma öncesi ve sonrası alınması gereken önlemler belirtilmiştir [22].

Güzel, çalışma alanının yerleşime uygunluk kriterlerinin, temel zemin özelliklerinin, olası zemin problemleri ve doğal afet varlığının belirlenmesi amacıyla "Kireçocağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Etüd Raporu" adlı çalışmasını yapmıştır. Araştırmacı bu çalışmanın amacına yönelik yerinde (insitu) zemin deneyleri, zemin sondajları, jeoteknik laboratuvar deneyleri, jeofizik (sismik kırılma) uygulamaları ve rezistivite ölçümlerini yapmıştır [23].

Haşimoğlu, Kütahya Yoncalı çalışmasında zemin sondajı, jeofizik ölçüm ve araştırma çukuru verileri coğrafi bilgi sisteminde kullanılarak haritalar hazırlamışlardır [24].

Ceyhan, İstanbul'un Büyükçekmece İlçesinde kayma dalgası hızını kullanarak mikro bölgeleme çalışması yapmıştır. Bu çalışmada sondaj (SPT-N değeri) verileri, laboratuvar verileri ve sismik veriler (kayma dalgası hızı) kullanılarak bölgeye ilişkin

zemin hakim titreşim periyodu, zemin sınıflaması, zemin büyütmesi ve sınıflama analizleri yaparak, analizler sonucundaki veriler ile bazı haritalar oluşturmuştur [25].

Orhan, Eskişehir merkezinin güney bölümünde zeminin genel özelliklerini tayin etmek için coğrafi bilgi sistemini kullanarak jeo mühendislik haritaları çizmiştir. Ayrıca çalışmalarında zon haritalama, zemin sınıfı, SPT, serbest basınç dayanımı, eğim haritası ve sayısal arazi modellemeleri oluşturmuştur [26].

Karavul ve çalışma arkadaşları, Adapazarı merkezde, elastisite modülü, kayma poisson oranı ve dalga hızı haritalarını oluşturmak için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) kullanmışlardır. Çalışma alanının, Coğrafi bilgi sistemi üzerinde zeminin sıklık haritasının oluşturulmasını amaçlamışlardır [27].

Beliceli, makaslama dalga hızına bağlı olarak Eskişehir yerleşim alanının zemin büyütme etkisini belirlemeye çalışmıştır. Zemin büyütmesini etkileyen değişken zemin koşullarını incelemiştir. Yerleşim alanında 32 farklı noktada SCPT (Sismik Konik Penetrasyon Testi), 247 farklı noktada SPT (Standart Penetrasyon Testi) ve 41 farklı noktada Sismik Kırılma değerleri toplayıp çalışmıştır. Çalışma alanındaki bütün sondaj kuyularından 30 m derinlik için SPT alınmıştır ve makaslama dalgası hızları ile göreceli zemin büyütme parametreleri ulaşmıştır. Ayrıca 3 boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak alandaki zeminin büyütme parametreleri değişimi modellenmiştir. NEHRP'ye (National Earthquake Hazards Reduction Program) göre zemin sınıflamasını araziden elde etmiştir veya darbe sayılarıyla dönüştürülen makaslama dalgası hızı (V_s) kullanılarak elde etmiştir. Alanın zemin hakim titreşim periyodunu bu sınıflama sistemi ile bulmaya çalışmıştır [28].

Tosun ve Orhan, Eskişehir'in temel zemin özelliklerini belirlemek için jeo-mühendislik haritaları (SPT haritaları ve serbest basınç dayanım haritaları) oluşturmuşlardır [29].

Karaca, Muğla ilinin Fethiye ilçesinin yerleşim alanının zemin mühendisliği değerlerinin öğrenilmesini ve jeoteknik haritaları coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile elde edilmesini amaçlamıştır. Zeminin mühendislik özelliklerini tanımlamıştır. Çalışmalarda zeminin yeraltı suyu seviyesi, sınıflaması, eğimi, zemin deprem büyütmesi ve zemin hakim titreşim periyodu için haritalar çizmiştir. Bu haritalar sayesinde çalışma alanının yerleşime uygunluğunu yorumlamıştır [30].

Kıncal ve çalışma arkadaşları, Armutalanı (Muğla-Marmaris) civarında yerleşime uygun alanları belirlemek yönünde çalışmalar yapmıştır. Çalışmaya ilk önce arazi çalışmaları ile başlanmıştır. Arazide alanın jeoloji haritaları hazırlandıktan sonra, jeofizik değerler, sondaj değerleri, numuneler ile laboratuvar deney sonuç değerleri, zemin sıvılaşması ve zemin taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Coğrafi Bilgi Sisteminde bir araya getirilip arazi kullanım haritaları elde edilmiştir [31].

Elmasdere, sismik mikro bölgeleme çalışması ile Isparta Mavikent yerleşim yerini jeoteknik bakımından incelemiştir. Zemin hakim titreşim periyodu, zemin büyütme haritaları ve kayma dalga hız haritaları sismik mikro bölgeleme çalışması için hazırlamıştır [32].

Şensoy, çalışma alanında yeni gelişme alanları belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile veri tabanı elde edilmiştir. Ayrıca korunması gereken alanları ve kullanılabilir alanları coğrafi analizleri ve yerleşilebilir alanları da belirlemiştir [33].

Güzel, çalışmasında Kuzey Adana bölgesinde, bölgenin jeolojik, jeotektonik ve jeofizik değerlerinden yararlanarak mikrobölgeleme yapmıştır [34].

Akpancar, Nevşehir merkezinin yerleşke alanına ait zeminlerin mühendislik değerlerinin tespit edilmesi ve bu değerler ile jeoteknik haritaların CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ile hazırlanmasını amaçlamaktadır. Çalışma, Nevşehir yerleşim alanının kuzey kesiminde, yaklaşık 10 km²'lik alanda gerçekleştirilmiştir [35].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan materyaller ve uygulanan metotlar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışmalar, Nevşehir'in il merkezinin güney kısmında yer alan yerleşim alanında gerçekleştirilmiştir. İlgili alanda yer alan birimlerin mühendislik özelliklerinin tanımlanması için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda geçmiş yıllarda özel sektör tarafından yapılmış olan imara yönelik veya parsel bazında jeolojik, jeofizik veya jeoteknik çalışmalardan yararlanılmıştır. Çalışmada toplam 74 adet sondaj verisi ve 48 adet sismik veriden yararlanılmıştır.

3.2. Metot

Çalışmada izlenen aşamalar;

- Önceki çalışmaların araştırılması,
- Arazi çalışmaları,
- Bölgede çalışma yapan Zemin Analiz firmalarından bölgede yapılan zemin etüt raporları toplandı ve gerekli veriler derlenip CBS veri tabanına yüklendi,
- Coğrafi Bilgi Sistemi ile haritalama,
- Analizlerin yorumu,
- Tez yazımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada çalışma konusu ve çalışma alanına uygun ayrıntılı literatür araştırması yapılmıştır. Bundan sonraki aşamada Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) modellemesini yapmak arazi çalışması, sondaj çalışması, laboratuvar ve sismik çalışmalardan elde edilen verilerin girilmesi ile CBS ortamında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veriler: bölgenin 1/100.0000-1/25.000'lik Jeoloji Haritası, sayısallaştırılmış veriler (yol, akarsu, göl, yerleşim yeri), laboratuvar deneyleri ve jeoteknik arazi verileri,

topografik ve jeofizik verilerden oluşmaktadır. Son aşamada ise bu verilerden çeşitli sorgulamalar ve modellemeler yapılmak suretiyle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nde farklı türde haritalar üretilmek suretiyle çalışma tamamlanmıştır.

Bu kapsamda üretilen haritalar veya modeller aşağıda verilmektedir:

- Genel jeoloji haritası
- Topografik haritalar
- Lokasyon haritası
- SPT (Standart Penetrasyon Testi) zon haritaları
- Zemin büyütme haritası
- Eğim haritası
- Kayma dalga hızı haritaları
- Zemin sınıfı haritası
- Zemin hakim periyot haritası

4. BÖLÜM

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ VE DEPREMSELLİĞİ

4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Özellikleri

Şengör ve Yılmaz, Miyosen’de Afro-Arabistan plakası ve Avrasya plakasının çarpışmasıyla Orta Anadolu Bölgesinde yoğun volkanik hareketler oluşmuştur. Bu hareketler sonucu Türkiye’nin en büyük volkanik alanlardan biri olan Orta Anadolu Volkanik Alanı (OAVA) oluşmuştur (Harita 4.1) [36].

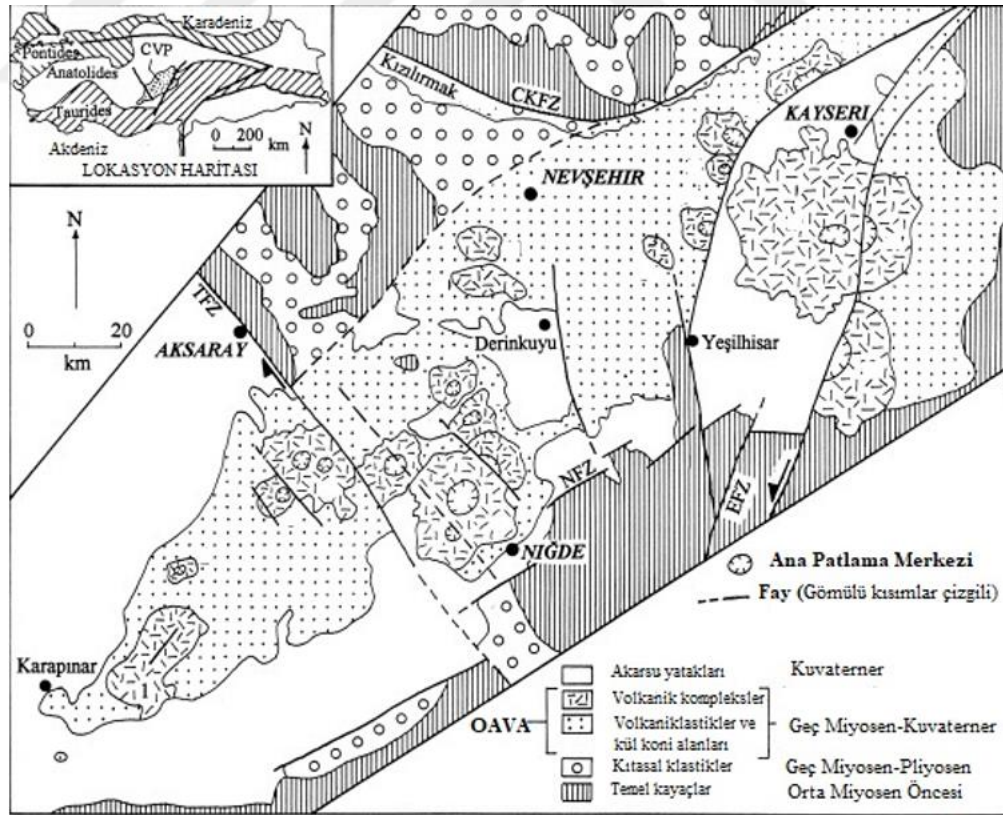
Bölgede farklı türde birçok volkanik kayalık oluşmuştur. Bölgenin jeolojik oluşumu Arap ve Avrasya levhalarının birbirine yaklaşmasıyla Orta Miyosen’de başlamış, Üst Miyosen ve Kuvaterner zamanlarında ise karşılaşma ve bu karşılaşmaya bağlı olarak çarpışma hareketleri ile oluşumu sürmüştür [37].

Nevşehir, bölgesel olarak Miyosen ile Üst Holosen arası çok sayıda volkanizma ile karşı karşıya kalmıştır. Yüksek bir platoya sahiptir. Topoğrafik yüksekliği 1400 ila 1500 metre arasındadır. Bölgenin, güney kısmı Toros sıradağlarıyla, batı kısmı Tuz gölü fay zonuyla ve doğu kısmı ise Ecemiş fay sistemi şeklinde sınır kabul edilmiştir. Bu bölge dünyada “Central Anatolian Volcanic Province” şeklinde ifade edilmektedir. Kuvaterner zamanlı birimler bölgenin doğusu ve batısında bulunmaktadır [38]. Tuzgözü-Ecemiş Fayları orta Miyosen öncesi etkindir ve K-G yönlü sıkışmaya uğramıştır (Harita 4.1) [13].

Bölgenin ana kayaları Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik kayalardır. Tersiyer öncesi çökelen ve oluşan kayaların ana kayalık olduğu fikrini ileri sürmüştür. Ana kayalar üzerine Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu Ofiyolitleri gelmiştir ve bu birimleri plütonik kayalar kesmiştir. Üzerlerine Oligo-Miyosen yaşlı birimler çökelmiştir [39].

Nevşehir çevresinde genel olarak bulunan jeolojik yapı Neojen yaşlı mostralardır. Kızılırmak’ın kuzeyini Oligo-Miyosen yaşlı jipsler, Eosen filisi ve metamorfik kayalar oluştururken, güneyini ise bazalt ve Mezozoyik yaşlı birimler oluşturur [40].

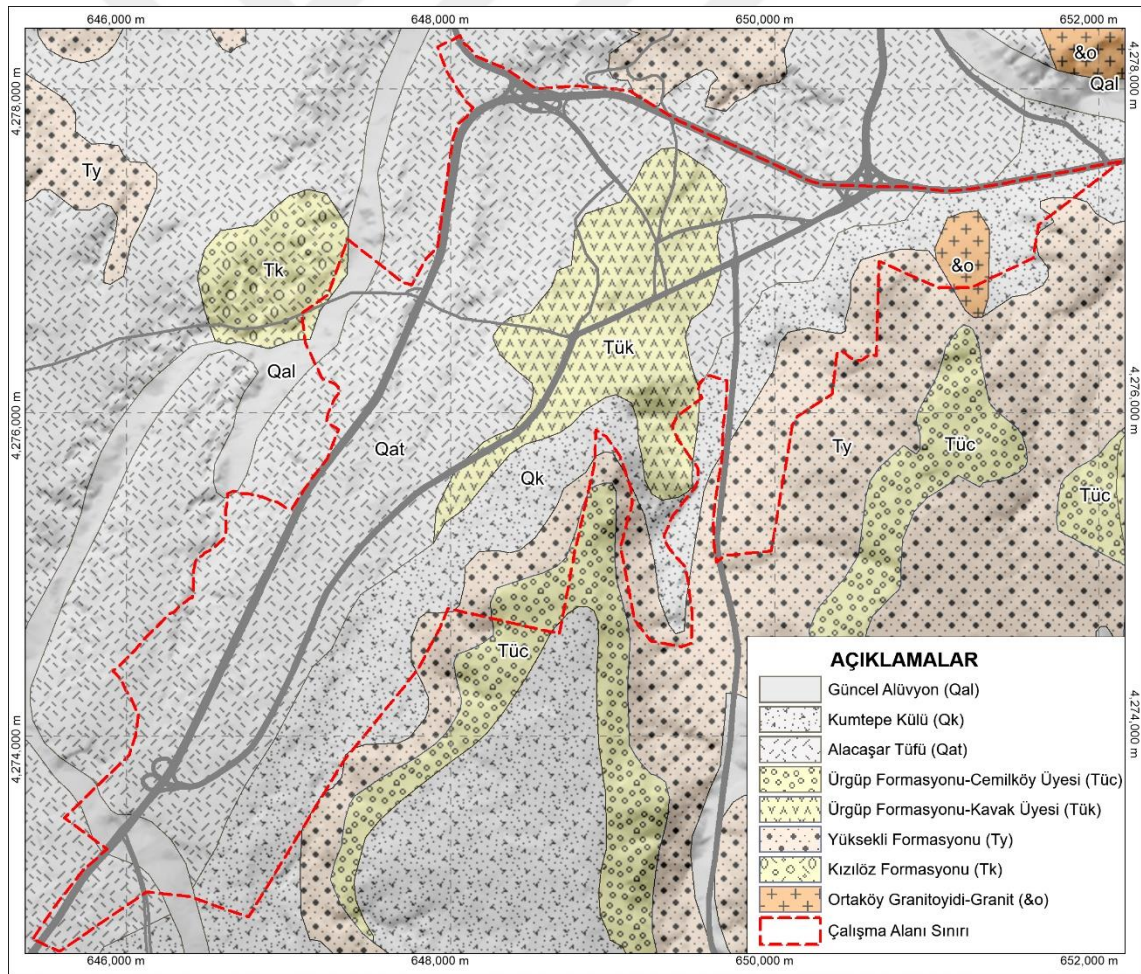
Nevşehir’de metamorfik, magmatik (plütonik), sedimanter ve volkanik olmak üzere dört kayaç grubu yüzeylemektedir. Genel dağılımına bakıldığında ise Nevşehir merkezde metamorfik ve magmatik (plütonik) kayaçların, kuzeyinde ve batısında sedimanter kayaçların, güneyde ise volkanik kayaçların yoğunlukta bulunduğu belirtilmiştir. Bölgede jeolojik açıdan yaygın olarak bulunan kayaçlar Kırşehir masiflerine bağlı metamorfiklerdir. Bölgedeki metamorfik birimler; mermer, şist, fillat ve kuvarsit ile temsil edilirken magmatik (plütonik) kayaçlar ise granit, gabro, monzonit, granitoyit ile temsil edilir. Bu iki kayaç grubu Kayseri karayolunun ve Kızılırmak nehrinin civarındaki tepelerde, Gülşehir ve Avanos’un kuzeyinde ve Acıgöl’ün batısında olduğu belirtilmiştir. Sedimanter birimler; farklı yaşta denizel ve karasal çökeltiler ile tanımlanır (Alt-Orta Eosen, Oligosen-Alt Miyosen, Üst Miyosen-Pliyosen ve Pliyosen yaşları ile). Sedimanter kayaçlar Kızılırmak nehrinin kıyısında bulunur. Volkanik kayaçları ise bazaltlar, andezitler, dasitler, piroklastikler ve riyodasitler temsil eder. Üst Kretece yaşından Kuvaterner yaş aralığında değişir [41].



Harita 4.1. Orta Anadolu Volkanik Alanının (OAVA) basitleştirilmiş jeolojik haritası (Toprak, 1998’den alınmıştır.).

4.2. Çalışma Alanı Stratigrafisi

Çalışılan bölge Üst Miyosen ile Kuvaterner zaman aralığında sık sık volkanik olaylardan etkilenmiştir. Önceki araştırmacılar bölgenin piroklastik yayılma ürünlerinden, piroklastik akıntılardan pümsüli sarkıt çökeltilerinden, fazlaca monojenik ve polijenik volkanlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Bölgede geniş mostralara sahip bu kayalar kalınlık, renk, tane dağılımı ve sıkılaştırma derecesine göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca bölgede bu birimler ile birlikte volkanoklastik kayalarda çok fazla yayılım gösterdiğini belirtmişlerdir [8, 12, 13]. Çalışma alanının jeolojik haritası Harita 4.2’de verilmektedir.



Harita 4.2. Çalışma alanı jeolojik haritası (Atabey, 1989’den değiştirilerek alınmıştır)

4.2.1. Ortaköy granitoyidi (&o)

İsmlendirilirken Ortaköy ve çevresindeki mostraları dikkate alınmıştır. Ortaköy Granitoyid birimleri çoğunlukla; gabro, granadiyorit, kuvars diyorit, granadiyorit porfir, kuvarslı diyorit – porfir, granit, granit porfir, kuvars porfir, mikrogranodiyorit – porfir, monzonit – porfir, siyenit – porfir, l kogradit, riyodasit ve silisli kayaçlardan oluşmaktadır [42]. Haritada (&o) simgesi ile belirtilmiştir. Çalışma alanında Esentepe Mahallesi'nin güneyinde gözlenmektedir (Resim 4.1).



Resim 4.1. Çalışma alanında gözlenen Ortaköy Granitoyidi

4.2.2. Kızılöz formasyonu (Tk)

Teknesel çapraz tabakalı, kırmızı şarap renginde, kanal dolgu çökeli, kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşından oluşmaktadır. Kanal dolgusunda iri – orta taneli, orta – iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylamlı çakıllar egemendir. Çakıllar karbonat çimento ile tutturulmuş. Birimin alt kısımlarında örtülü akarsu ve alüvyon yelpazesi çökelleri görülürken üste doğru moloz akması çökelleri egemen olmuştur [42]. Çalışma alanında Sümer Mahallesi'nin batısında gözlenmektedir (Resim 4.2). Haritada (Tk) simgesi ile görülmektedir.



Resim 4.2. Çalışma alanında gözlenen Kızılöz Formasyonuna ait bir görünüm

4.2.3. Yüksekli formasyonu (Ty)

Birim, ince–orta taneli, beyazımsı–gri renkli şekilde ve çakıllı kumlu tüfit, teknesel çapraz tabakalı kumtaşı, miltaşı, kiltası ile kaba kumtaşı ve çakıl taşından oluşmaktadır. Çakıl ve kum taneleri, çört, kuvarsit, bazalt, amfibolit, diyabaz, granit, gabro ve

kireçtaşı türündendir. Çakıllarda dizilim ve yönlenme izlenir. Birim, akarsu, göl ortamı ürünüdür [42]. Birim çalışma alanında Afetevleri ve 350 Evler Mahallesi'nin doğusunda Esentepe Mahallesi'nin de güneyinde gözlenmektedir. Haritada (Ty) simgesi ile belirtilmektedir.

4.2.4. Ürgüp formasyonu

Ürgüp Formasyonu ilk defa Pasquare (1968) tarafından isimlendirilmiştir. Bu formasyonun büyük bir bölümü yatay durumdaki ignimbiritik ve piroklastik birimlerden oluşmaktadır. Bu formasyon Orta Anadolu'da Kırşehir masifi ve Toroslar arasında Nevşehir, Kayseri ve Niğde dolaylarında bulunmaktadır [7].

Ürgüp Formasyonu geniş bir alanı kapsayan volkanik bir çökeldir. Üst Miyosen'de yoğun volkanizma sonucunda farklı türlerde ve çok sayıda ignimbiritik kayalar oluşmuştur. Bu formasyon sırasıyla İncesu, Tahar, Karadağ, Kışladağ, Cemilköy, Hatlarpınar, Kavak ve Sarımaden Üyesinden oluşmaktadır [42].

Farklı araştırmacılar Orta Anadolu Volkanizması ile oluşan farklı sayılarda ignimbirit seviyeleri tanımlamışlardır.

Güncel çalışmalardan biri olan Aydar vd. (2012)'ye göre;

- Kavak İgnimbiritleri,
- Zelve İgnimbiritleri,
- Sarımaden Tepe İgnimbiritleri,
- Sofular İgnimbiritleri,
- Cemilköy İgnimbiritleri,
- Tahar İgnimbiritleri,
- Gördeles İgnimbiritleri,
- Kızılkaya İgnimbiritleri,
- Valibaba Tepe İgnimbiritleri ve
- Kumtepe İgnimbiritleri olmak üzere 10 farklı ignimbirit seviyesi belirlemiştir (Şekil 4.1) [38].

YAŞ		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Pleyistosen	BİRİMLER		Acıgöl Riyoliti Acıgöl Bazaltı
			Kumtepe İgnimbiriti
Güllüdağ Riyoliti Bazalt			
Pliyosen			Velibabatepe İgnimbiriti
			Kışladağ Kireçtaşı Derinkuyu Andeziti
ÜST MİYOSEN			Kızılkaya İgnimbiriti
			Hodul Lavları
			Akarsu-Göl Çökelleri
			Gördeles İgnimbiriti
			Akarsu-Göl Çökelleri
			Tahar İgnimbiriti
			Akarsu-Göl Çökelleri
			Geri Düşme Ürünleri Akarsu-Göl Çökelleri
			Cemilköy İgnimbiriti
			Akarsu-Göl Çökelleri
			Topuzdağ Lavları
			Akarsu-Göl Çökelleri
			Sofular İgnimbiriti
			Sarımadentepe İgn.
			Akarsu-Göl Çökelleri
	Zelve İgnimbiriti		
	Kavak 4 İgnimbiriti		
	Kavak 3 İgnimbiriti		
Kavak 2 İgnimbiriti			
Kavak 1 İgnimbiriti			
Damsa Lavları			
Erdaş Andeziti			
Ü. Kretase	Temel	Acıgöl Graniti	

Şekil 4.1. Orta Anadolu Volkanik Provensinin stratigrafisi (Akın vd., 2019'dan değiştirilerek alınmıştır)

Ürgüp Formasyonuna dahil olan ignimbiritlerin radyometrik yaşlandırılmasına ve bu formasyon içerisindeki omurgalı fosillerden yola çıkılarak formasyon yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir [44].

Çalışma alanında Kavak Üyesi ile Cemilköy Üyesi gözlemlendiğinden sadece bu birimlerden bahsedilecektir.

4.2.4.1. Kavak üyesi (Tük)

İgnimbirit karakterlidir. Açık kahve, beyazımsı renkli homojen ignimbirit ve pomza içermektedir. Kavak üyesinde beyaz – kirli beyaz renkli, andezitik bileşenli, camsı tüfitli, köşeli parçacıklı pomza külü düzeyleri de izlenmiştir. Kavak Üyesi Ürgüp yöresinde ilk ignimbirit oluşumlarını temsil etmektedir. Kalınlığı 100 metredir [42]. Çalışma alanında Herikli, Kıratlıoğlu, Hacırüştü, Yeni, İbrahimpaşa, Camicedit, Raşitbey, Dere ve Mustafapaşa Mahallelerinde gözlenmektedir. Cumhuriyet Mahallesi kuzeyinde, Bahçelievler Mahallesi güneyinde ve Emek Mahallesi güneybatı kısımlarında gözlenmektedir. Haritada (Tük) simgesi ile belirtilmektedir.

4.2.4.2. Cemilköy üyesi (Tüc)

Pomzalı, inci grisi renginde pumisli ve litik karakterli volkano – sedimanter bir ardalanmadan oluşmaktadır. Yer yer ofiyolitik kayaç ve bazaltik lav çakılları içerir. Kalınlığı 80 m kadardır. Tabanda Kavak ve Sarımadentepe Üyesi ile uyumludur [42]. Çalışma alanında Mehmet Akif Ersoy Mahallesi doğu kısımlarında gözlemlenmektedir. Haritada (Tüc) simgesi ile belirtilmiştir.

4.2.5. Alacaşar tufü (Qat)

Lav parçaları ve obsidiyence zengin, pembe renkli külle karışmış, camsı ve pomzalı tüflerden oluşmaktadır. Bazen breşli tüfle ardalanmalı, beyazımsı ince kum ara düzeyleri görülür. Tabanda Kavak tufü ile İncesu ignimbiritleri üstünde uyumsuz olarak yer alır [42].

Çalışma alanında M. Akif Ersoy, Sümer, Cevher Dudayev, Kıratlıoğlu ve 20 Temmuz Mahallelerinde, Bahçelievler Mahallesi'nin Kuzeyinde, Emek Mahallesi'nin kuzeydoğusunda ve Yeni Mahallesi'nin kuzeydoğusunda gözlenmektedir (Resim 4.3). Haritada (Qat) simgesi ile belirtilmektedir.



Resim 4.3. Çalışma alanında gözlenen Alacaşar Tufü'ne ait bir görünüm

4.2.6. Kumtepe külü (Qk)

Camsı hamur içinde parçalı pumis, obsidiyen, vitrofir, plajiyoklas kristalleri (oligoklas-andezin) ve hornblend görülür. Pumisce zengin camsı küllerdir. Kumtepe küllerinin yaşı Holosen – Güncel kabul edilmiştir [42]. Çalışma alanında M. Akif Ersoy, Musapaşa, Cumhuriyet, 350 Evler ve Esentepe Mahallelerinde gözlenmektedir (Resim 4.4). Haritada (Qk) simgesi ile belirtilmiştir.



Resim 4.4. Çalışma alanında gözlenen Kumtepe Külü'ne ait bir görünüm

4.2.7. Güncel alüvyon (Qal)

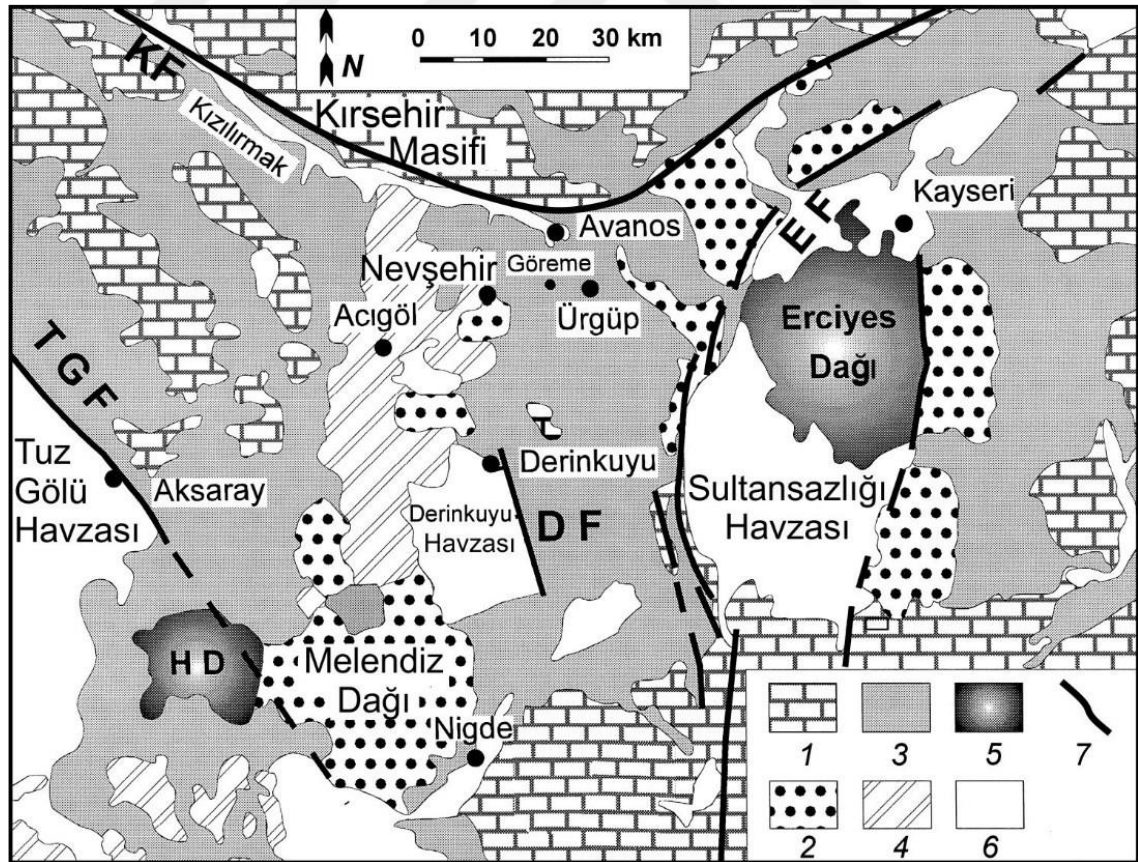
Çalışma alanında vadi ve dere yataklarında gözlenen birim, volkanik kayaç kırıntıları ile çakıl, kum, mil ve topraktan oluşmaktadır. Bu birim açık kahve renkli, organik madde içermeyen, volkanosedimanter kökenli, nem içeriği nispeten yüksek, geçirimli, orta – ince kum, iyi tutturulmamış kum, kum – akıl – blok ve bitkisel topraktan oluşmaktadır.

Oldukça sınırlı bir alanda gözlenen birim, çalışma alanında mühendislik jeolojisi açısından herhangi bir öneme sahip değildir.

4.3. Yapısal Jeoloji ve Depremsellik

Bölge Hersiniyen ve Alp orojenezlerinden etkilenmiştir. Nevşehir ve çevresinde faaliyet gösteren tektonizma hareketleri çok sayıda kıvrımlar ve fayların oluşmasına sebep olmuştur. Bölgede ağırlıklı olarak KB-GD ve K-G yönünde fay sistemleri gözlenmektedir. Nevşehir il merkezinde Kızılırmak vadisi boyunca D-B yönünde uzanan Kızılırmak fayı (KF) yer almaktadır. Bu fay 40 m düşey atımlı ve 60 km uzunluğunda depreme sebep olabilecek hareketli bir faydır [38].

Nevşehir'in GB'sında Tuz gölü fay sistemi ortalama 200-300 km kadar KB-GD uzanımlıdır, doğusunda ise KD-GB uzanımlı ortalama 160 km kadar Ecemiş fay sistemi ile ortalama 200 km uzunluğunda olan Erciyes fay sistemi vardır (Harita 4.3).

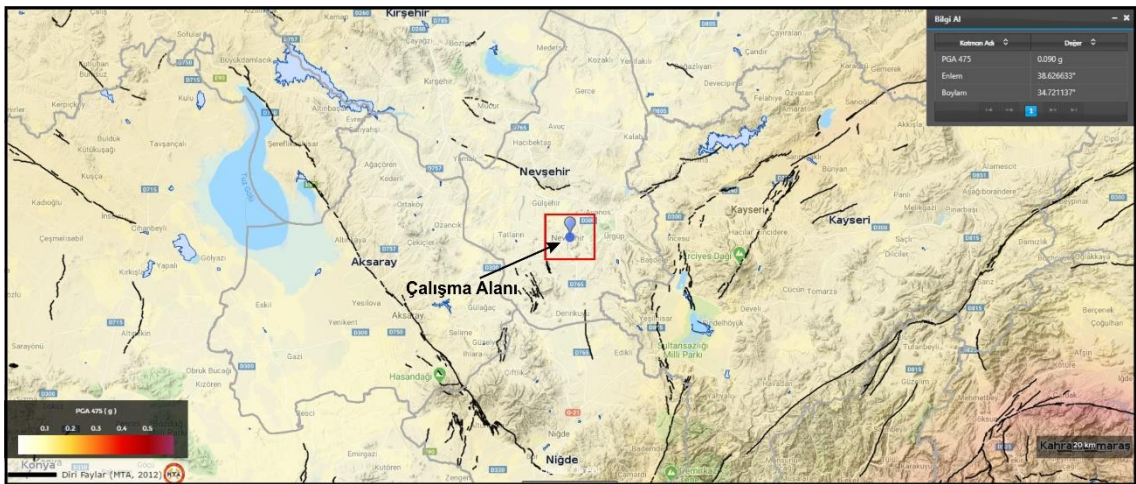


Harita 4.3. Bölgedeki yapısal jeoloji haritası [14].

Bu haritada: (1) Ana Kayaçlar, (2) Temel Volkanik Kompleksler, (3) Sediman ve İgnimbiritik Çökelleri, (4) Monogenli Kuvaterner Volkanizmaları, (5) Geniş Volkan Kompleksleri, (6) Alüvyal Çökelleri, (7) Fayları göstermektedir [14].

Nevşehir, Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından, 2012 yılında güncellenen “Türkiye Diri Fay Haritası”nda tanımlanan Tuz Gölü Fay Zonu, Erciyes Fayı ve Kızılırmak Fay Zonu’nun ortasında kalan bir bölgede yer almaktadır (Şekil 4.2). Bölge diri faylarla sınırlanmış olmasına rağmen, Türkiye’nin diğer bölgelerine göre sismik olarak daha az aktiftir. Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından 1992 yılından hazırlanan “Türkiye Diri Fay Haritası” 2012 yılında güncellenmiştir. Yenilenen Türkiye Diri Fay Haritası, daha önce meydana gelen 5.5 ve üzerindeki depremlerin bıraktığı 82 depremin izleri kullanılarak hazırlanmış olup, 3 ölçek kademesinde hazırlanmıştır. Ayrıca eski haritada 150 fay zonu belirlenmişken, yeni çalışmada Türkiye’de 326 adet diri fay zonu ortaya konulmuştur [45].

1996’da faaliyet göstermeye başlayan Türkiye’nin Deprem Bölgesi Haritaları, 1 Ocak 2019’da AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı aracılığı ile güncellenerek Türkiye’nin Deprem Tehlike Haritaları değiştirilmiştir. Türkiye’nin Deprem Tehlike Haritaları oluşturulurken yerleşim yerlerindeki yapılacak yeni binaların deprem riskine göre planlanması ve yapılmış binaların değerlendirilerek deprem riskinin azaltılmasına yönelik parametreler dikkate alınmıştır [46].



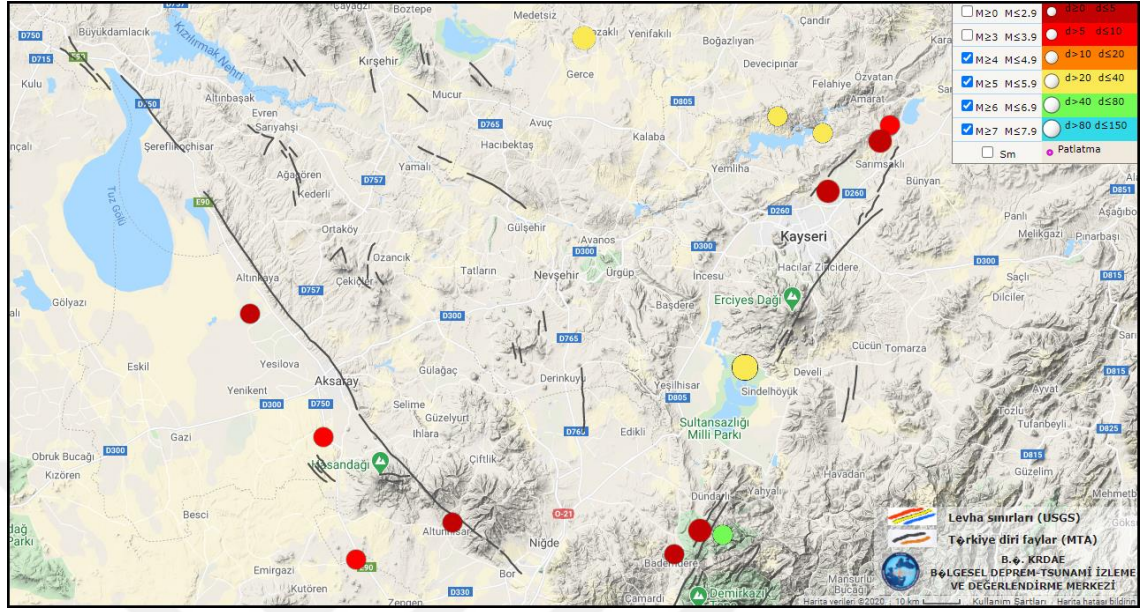
Şekil 4.2. Nevşehir ve yakın civarında yer alan diri faylar [46].

Acıgöl yakınlarında, aktif kırıkların üstünde meydana gelmiş ve Kozaklı'nın jeotermal sularının oluşmasına sebebiyet veren Kozaklı fayı ve benzer çok sayıda fay vardır. Ayrıca Gümüşkent'in kuzeyinde Gümüşkent fayı vardır. Bu faylar üzerinde meydana gelen depremler bu fayların şu anda hareketli olduklarını göstermektedir. Geçmiş tarihten günümüze gelen sürece bakıldığında Nevşehir'de hasara sebep olacak bir deprem belirtilmemiştir. Şekil 4.2'de de görüldüğü üzere çalışma alanının 0.090g civarında bir yer ivmesine maruz kalabileceği belirlenmiştir.

Deprem Araştırma Enstitüsü, Kandilli Rasathanesi, Bölgesel Deprem - Tsunami Takibi ve Değerlendirme Merkezi kayıtlarına göre Nevşehir merkezli (38.626633 K – 34.721137 D) 1900 – 2019 yılları arasında Nevşehir ve yakın çevresinde 100 km yarıçaplı daire içine düşen depremlerin yıllara göre büyüklükleri (en düşük M=4.0) Tablo 4.1'deki gibidir. Öte yandan, 1900 – 2019 yılları arası inceleme alanı ve yakın çevresinde 100 km yarıçaplı daire içerisinde oluşan depremlerin ($4 < M < 9$) dağılımı da Şekil 4.3'de gösterilmektedir [47].

Tablo 4.1. Bölgede meydana gelen depremlerin yıllara göre en belirgin magnitüdüleri (M) (1900 ve 2019 arası; $M \geq 4.0$) [47].

TARİH	M	LOKASYON
05.07.1928	4.7	Aylı-Kozaklı (Nevşehir)
21.02.1940	5.4	Çayırözü-Develi (Kayseri)
05.08.1982	4.4	Sulucaova-Çamardı (Niğde)
18.09.1989	4.2	Mollahacı-Kocasinan (Kayseri)
10.10.1989	4.1	Acırlı-Felahiye (Kayseri)
01.10.1998	4.0	Yeşilyurt-Altunhisar (Niğde)
14.12.1998	4.6	Karakaya-Bünyan (Kayseri)
11.03.2001	4.1	Ulukışla (Aksaray)
20.06.2001	4.0	Obruk-Bor (Niğde)
07.03.2002	4.1	Taşpınar (Aksaray)
02.05.2003	4.0	Yağmurbeyli-Bunyan (Kayseri)
12.11.2008	4.9	Cavuşağa-Kocasinan (Kayseri)
30.09.2011	4.5	Sulucaova-Çamardı (Niğde)
07.04.2016	4.1	Bademdere-Çamardı (Niğde)



Şekil 4.3. Nevşehir merkezli 100 km yarıçaplı bölgede, 1900-2019 tarihleri arasında olmuş 4.0 ve daha büyük depremlerin dağılımları [47].

1900 - 2000 yılları arasında magnitüdü 4.0 ile 5.0 arasındaki depremler daha sık olmuştur (Şekil 4.3). Aynı zamanda bu depremler Nevşehir ve civarında devamlı enerji dönüşümü olduğunu göstermektedir. Bölgede magnitüdü 6.0' dan az olan yer sarsıntılarının (depremler) devamlı ve çokça meydana gelmesi geniş depremsel bir bölge olduğunu gösterir. Gelecekte oluşması düşünülen depremlerin bölgedeki tektonik olaylardan etkilenebileceği ileri sürülmüştür.

Öte yandan, inceleme alanındaki tasarım spektral ivme katsayıları, yerel zemin sınıfları, yerel zemin etki katsayıları, yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları Tablo 4.2'de sunulan grafiklerde ve tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 4.2. AFAD interaktif web uygulamasından inceleme alanı için belirlenen maksimum yatay yer ivmesi (PGA), spektral ivme katsayıları, düşey ve yatay tasarım spektrumları [48].

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı	Nevşehir Merkez		
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzey	
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	
Enlem	38.626633°		
Boylam	34.721137°		
Çıktılar			
$S_s=0.208$	$S_I=0.068$	$PGA=0.090$	$PGV=5.925$
S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
S_I : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
PGA : En büyük yer ivmesi [g]			
PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]			

Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-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 göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşıbilir zeminler, 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.			

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_s = 0.208$ için $F_s = 1.300$

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_1 = 0.068$ için $F_1 = 1.500$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

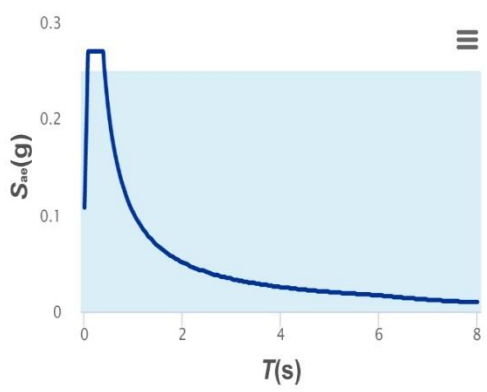
$$S_{DS} = S_s F_s = 0.208 \times 1.300 = 0.270$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.068 \times 1.500 = 0.102$$

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

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

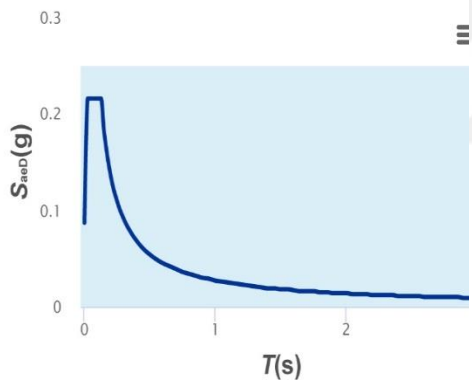
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



$$\equiv \begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} && (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} && (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} && (T_L \leq T) \\ T_A &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} && T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} && T_L = 6s \end{aligned}$$

$T_A = 0.075$ (s) $T_B = 0.377$ (s) $T_L = 6.000$ (s)

Düsey Elastik Tasarım Spektrumu



$$\equiv \begin{aligned} S_{aed}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} && (0 \leq T \leq T_{AD}) \\ S_{aed}(T) &= 0.8 S_{DS} && (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\ S_{aed}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} && (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \\ T_{AD} &= \frac{T_A}{3} && T_{BD} = \frac{T_B}{3} && T_{LD} = \frac{T_L}{2} \end{aligned}$$

$T_{AD} = 0.025$ (s) $T_{BD} = 0.126$ (s) $T_{LD} = 3.000$ (s)

5. BÖLÜM

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

CBS, yeryüzünde coğrafi koordinatı olan bütün nesnelerin verilerinin görüntülenmesi, hızlı bir şekilde bulunup çıkarılması, kaydedilmesi, yenilenmesi, analiz edilmesi, personel, bilgisayar donanımı, yazılımı ve coğrafik verilerin sistemize edilmiş bir bütünüdür [49].

Coğrafi Bilgi Sistemi 1970'lerden itibaren Jeoloji Mühendisliği, Coğrafya, Maden Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Bilgisayar Sistemleri, Arazi Kullanım Planlaması ve Çevre Bilimi içeren araştırma ve uygulama alanlarında ön plana çıkmaya başlamıştır. CBS, yerbilimi çalışmalarında özellikle ayrıntılı konumsal sorgulanmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi ileride yer modellerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında ön plana çıkacaktır [50].

CBS, yeryüzünde bulunan cisimlerin ve meydana gelen olaylar hakkında veriler toplamaya, bir sistem içerisinde depolamaya, güncellemeye, uygun format ve ölçekte haritalamaya, amaç doğrultusunda doğru analizlerin yapılmasına yarayan önemli bir sistemdir. Ayrıca bu sistem coğrafik konuma sahip olan nesne ve olayların sahip olduğu tüm verilerin sorgulanmasını, yenilenmesini, yeni seçenekler üretilmesini ve sentezlenmesini kısa bir zamanda hepsini yapabilecek teknolojik bir sistemdir. Bu özellikler ile Coğrafi Bilgi Sistemi diğer sistemlerden farklılığını göstermekte ve önceki haritalama sistemlerinin yerini almaktadır. CBS'nin geniş bir kullanım alanı vardır. Araştırmacılar ortaya çıkan gereksinimler karşısında, yazılımlarda güncellemeler yaparak, amaçlarına uygun kullanımlara sahip olabilmektedirler. CBS, araç takibi, matematiksel modelleme ve şehir bilgi sistemi ve birçok yerbilimleri uygulamasında kullanılmaktadır. Yer bilimlerine ait yapılan bazı çalışmalar ise genel jeoloji amaçlı çalışmalar, jeoteknik çalışmalar, doğal tehlike analizleri vb. gibidir [26].

MapInfo programında 3-B modelleme ve enterpolasyon yapma amacıyla kullanılabilen Vertical Mapper, MapInfo üzerinde noktasal nesnelerdeki yükseklik bilgilerini kullanarak grid oluşturan ve bu veriler üzerinde 3 boyutlu modelleme ve analiz

yapabilen bir modüldür [51]. Vertical Mapper içerisinde kullanılan enterpolasyon türleri;

Triangulation with Smoothing (TIN): Bir üçgensel yüzler ağı kurmak için bir çizgiler ağıyla orijinal veri noktalarının birleştirildiği bu yöntem Düzensiz Üçgen Ağı (TIN) adı verilir. Bu yüzler orijinal veri yüzeyini gösterir. Yeni grid değerleri sonra en yakın noktalardaki TIN yüzeyinin eğimine göre hesaplanır [51].

Inverse Distance Weighting (IDW): Yeni bir grid nodunun belirlenmiş bir yarıçapı içinde kalan orijinal veri noktaları, noddan olan uzaklıklarına bağlı olarak ağırlıklandırılır ve sonra yeni grid hücre değerini hesaplamak için ortalamaları alınır [51].

Natural Neighbour (NN): Orijinal verileri kullanarak bir doğal komşuluk bölgeleri ağı (Voronoi diyagram) oluşturulur. Bu, grid hücrelerini kaplamak için yeni değerler atamada kullanılan her veri noktası için bir etki alanı oluşturur [51].

Rectangular (Bilinear): Orijinal veri noktaları düz çizgilerden yapılmış bir ağ oluşturmak için bir çizgiler ağıyla birleştirilir. Sonra yeni grid değerleri en yakın dört noktadan oluşturulmuş çift doğrusal lineer (bilinear) iskeletin eğimi kullanılarak kestirilir [51].

Kriging: Kriging, bilinmeyen alanlarda değerleri kestirirken bilinen veri noktaları arasında hem derece değişimini hem de uzaklığı hesaba katan jeostatistiksel bir enterpolasyon tekniğidir. Grafik araçları verinizin doğrusal trendlerini anlamanız ve modellemeniz için yardımcı olur [51].

Custom Point Estimation: Özel Nokta Kestirilmesinde grid hücre değerleri, her hücre etrafındaki belirli bir arama yarıçapında bulunan veri noktalarını kullanarak yapılır ve kullanıcı-tanımlı bir matematik işlemine bağlı olarak hesaplanır. Matematik işlemleri toplam, minimum, maksimum, ortalama, sayma ve medyan seçeneklerini içerir [51].

Yoğun kümeleşmiş veri setlerinde genel olarak enterpolasyon tekniği olarak NN ve IDW tercih edilmektedir. Tez kapsamında kullandığımız veri setleri de bu gruba girmesinden dolayı, IDW ve NN enterpolasyon teknikleri test edilmiştir. NN ile üretilen verilerin daha anlamlı olmasından dolayı, üretilen zon haritalarının tamamında NN enterpolasyon tekniği tercih edilmiştir.

5.1. Veri Tabanı Hazırlanması

Çalışma alanının mühendislik özelliğinin yorumlanması ve değerlendirilmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında veri tabanını oluşturulmuştur. Yapılacak farklı türde modellemelere göre uygun veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmanın temel verileri; çalışma alanının jeolojik/litolojik yapısı, topoğrafik yapısı ve jeoteknik parametreler oluşturmaktadır. Bu verilerin yorumlanmasına çalışma alanına ait arazi çalışmaları, literatür araştırmaları ve mevcut haritalar destek olmuştur.

5.2. Topoğrafik Verilerinin Hazırlanması

Çalışma alanında yükseklik ve eğim durumu gibi değerlerin belirlenebilmesi için alanının topoğrafik yapısı önemlidir. Belirlenmiş bir veri tabanında toplanan veriler Coğrafi Bilgi Sistemlerinden olan MapInfo programı modüllerinden olan Vertical Mapper 3.7 kullanılarak çalışılan alanın Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Sonraki çalışmalarda kullanılacak eğim ve yükseklik verileri de elde edilmiştir. Bu topoğrafik verilerden 1/2.000-1/25.000 ölçekli haritalar üretilmiştir.

5.3. Arazi Deneyleri

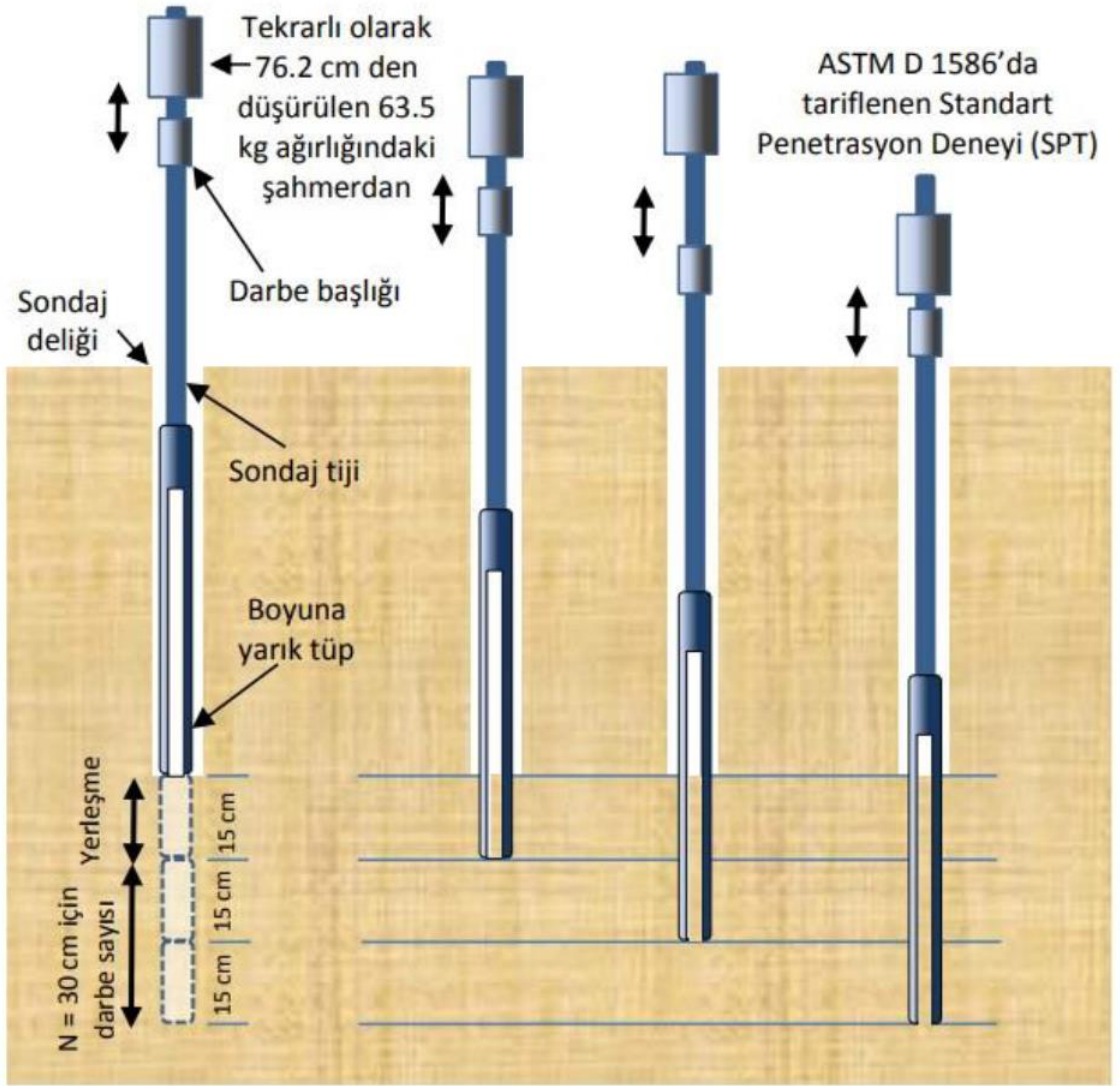
Çalışmada en temel verilerini elde etmek için yapılan arazi sondaj ve jeofizik çalışmaları, in-situ deneyleri ve örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri büyük önem taşımaktadır. Uygulanan bu deneyler çalışmaya ayrılan sürenin ve maliyetin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Yapılan deneylerin doğruluğu çalışmanın doğru yapılması ve doğru sonuçlara ulaşılması açısından çok önemlidir. Arazide yapılan çalışmalar alt başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

5.3.1. SPT Deneyi (Standart penetrasyon testi)

Zeminlerin mekanik ve fiziksel özelliklerine ait bilgi veren Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) çağımızda sık bir şekilde kullanılmaktadır. Basit ve ekonomik bir deney olan SPT ilk olarak ABD’ de çapı 60 ile 100 mm arasında farklı sondaj deliklerinde kullanılmaya

başlamıştır. Deney özellikle kumlu zeminlerde ve zayıf kayalara kadar yumuşak zeminlerde kullanılmaktadır [52].

Deney yapılışı esnasında 760 mm' lik yükseklikten 63,5 kg'lık şahmerdan, tij üzerinde bulunan örs' ün üzerine serbest bir şekilde bırakılarak tekrarlanması ve zemine tij ucundaki örnek alıcının 300 mm girebilmesi için oluşan darbe sayılarının veya gerekli enerjinin belirlenmesidir (Şekil 5.1). Belirlenen verilerin yeraltı su seviyesi ve sondaj derinliğine göre gerekli düzeltmeleri yapıldıktan sonra bu veriler bize temel zeminin taşıma gücü hakkında bilgi verir [53-54]. Ayrıca deney sonuçlarına göre zeminin sıvılaşma potansiyeli belirlenebilir [55-57].



Şekil 5.1. Standart Penetrasyon Deney Aşamaları [58].

İnceleme alanında zeminin mühendislik özelliklerinin öğrenilmesine yönelik derinlikleri 6 ile 10 metre arasında olan toplam 74 adet zemin analiz sondajı yapılmıştır. Zemin etüd raporlarındaki sondaj loglarında yazılan kuyu koordinatları ve SPT–N darbe sayıları CBS veri tabanına girilmiştir.

5.3.2. Jeofizik çalışmalar

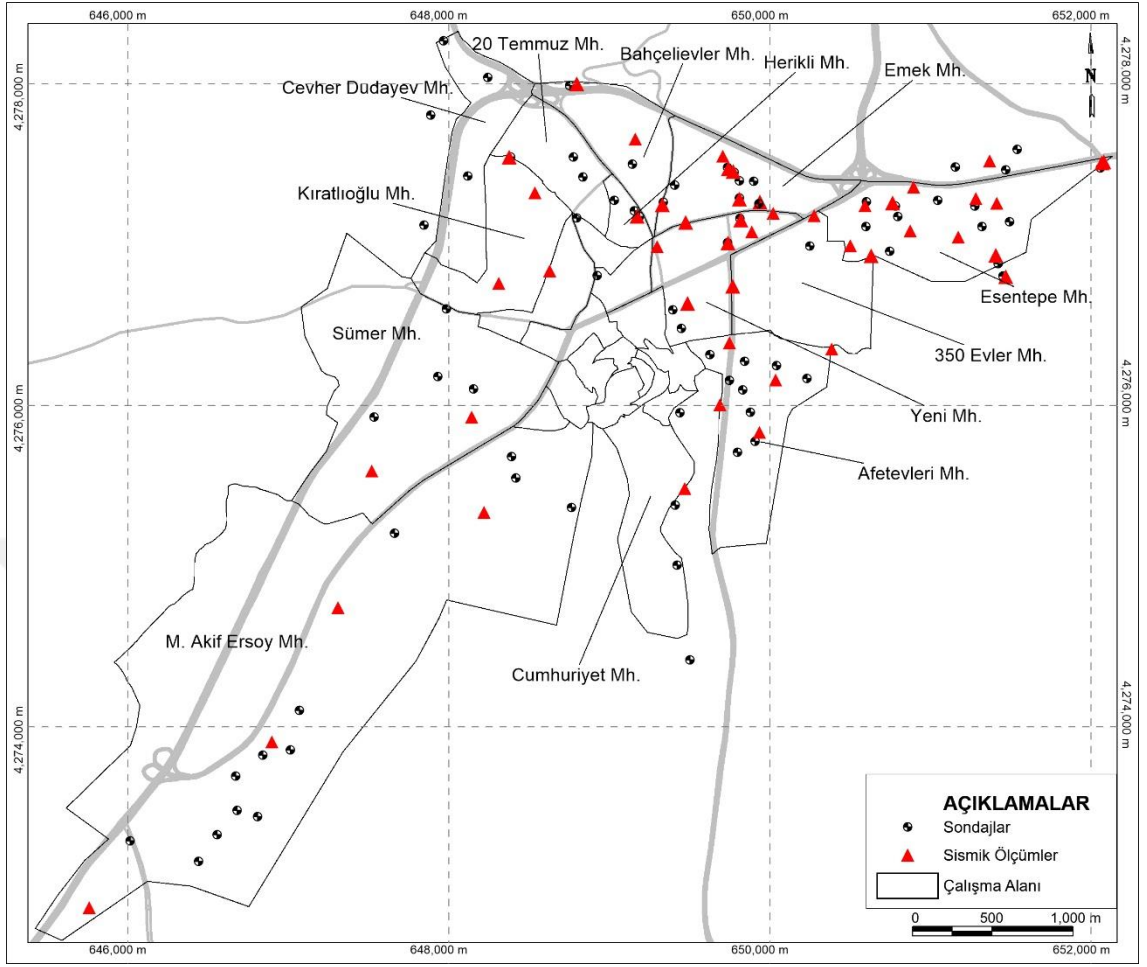
Sismik çalışmalar, zeminde farklı yöntemlerle yapay olarak oluşturulan titreşimlerin (çok küçük deprem) yer altında dağılırken kırılarak ve yansiyarak geçtikleri yerlerin fiziksel (mekanik) özelliklerini içeren sismik sinyallerdir. Bu sinyallerin başlangıcından itibaren yeryüzüne gelişine kadarki hareketleri kaydedilir ve bu kaydedilen sinyaller değerlendirilir ve yorumlanır [34].

Bu sismik ölçümler yer altında yayılan dalga türlerinden, boyuna ve sıkışma (Compressional) V_p , enine veya kayma (Shear) V_s şeklinde her ikisinin ölçülmesi ile belirtilmiştir. Bu ölçümlerden V_p ve V_s , yer altı yapısal özelliklerini düşey ve yanal olarak belirlemek ve zeminin dinamik özelliklerini tanımlamak için çalışılmıştır [34].

Çalışma alanındaki sismik ölçümler yer altında dağılan enine boyuna ve sismik dalga hızlarının arazide ölçülmesi ile (sırasıyla V_s ve V_p) değerleri belirlenmiştir (Tablo 5.1). V_p ve V_s , yer altı yapısal konumları tespit etmek ve zeminin dinamik özelliklerini tanımak için ölçülmüştür. Arazide çelik plakalar üzerine 10 kg'lık balyoz ile düşey yönde vurulan balyoz darbeleri ile P dalgası, S dalgası ise zeminlerde açılan 30 cm'lik çukurun içine bırakılan plakaya yatay yönde vurulan balyoz darbeleri ile ölçülmektedir ve P, S dalga hızları ile zeminin tabaka geometrileri bulunur [59]. Çalışma alanında toplam 48 adet sismik ölçüm yapılmıştır (Şekil 5.2).

Tablo 5.1. Bazı zemin ve kayalar için V_p ve V_s hızları [60].

ZEMİN VEYA KAYAÇ	V_p (m/san)	V_s (m/san)
	(GEVŞEK-SIKI)	(GEVŞEK-SIKI)
Balçık zemin	100-600	100-200
Alüvyon killi	300-600	70-130
Sel killi	500-1800	100-350
Gevşek kum	600-1800	150-500
Alüvyon çakıllı	400-1900	100-430
Sel çakıllı	900-2200	250-600
Çakıl, kuru kum	500-1000	250-300
Alüvyon kumu	-	171
Çamur taşı	600-1900	300-700
Traverten	300-4000	100-1000
Kireçtaşı	5970	2880
Bazalt	6400	3200
Gabro	6450	3420
Diyorit	5780	3060
Grano - diyorit	4780	3100
Granit	5440	2870
Ayrışmış granit	-	450
Hava	340	0
Su	1500	0



Şekil 5.2. Sondaj ve jeofizik çalışmalarının çalışma alanı içerisindeki konumu

5.4. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında yapılan zemin sondajları ve bu sondajlarla zeminden alınan numunelerin laboratuvarda mühendislik deneylerine tabi tutulması sonucu hazırlanan zemin etüd raporlarındaki laboratuvar deney sonuçlarına bakılmıştır. Zemin etüd raporu laboratuvar kısmı farklı derinliklerden Standart Penetrasyon Testi (SPT) yöntemi ile alınan numunelerin laboratuvarda farklı mühendislik deneylerine tabi tutulması ve bu deneyler sonucu elde edilen verilerin rapora işlenmesidir.

6. BÖLÜM

CBS İLE ÇALIŞMA ALANININ MODELLENMESİ

Jeo-Mühendislik haritaları, öncelikle uygun yerleşim yerlerinin seçiminde, kentsel dönüşüm planlarının hazırlanmasında, zeminde meydana gelebilecek problemleri ortaya çıkarmada, doğru arazi kullanım planı yapmada, deprem – bina ve deprem – zemin ilişkilerini incelemek, vaktinde önlem almak için kullanılır ve bu sayede ekonomik açıdan da tasarruf edilmiş olunur. Çalışma amaca uygun olarak belirlenen alanda yer alan birimlerin arazide belirlenmesiyle başlar, alanın jeolojik haritası çıkarılır ve elde edilen değerlere göre jeo-mühendislik özellikleri değerlendirilir.

Amaca uygun bir şekilde birimlerin litolojik olarak düşey ve yatay dağılımlarını tanımlamak ve zeminin mühendislik özelliğini belirlemek için zemin sondajları ve jeofizik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıntılı jeoloji haritaları CBS ortamında oluşturulmuş ve farklı CBS modellemeleri yapılmıştır. Mevcut yerleşim alanlarında ve yeni yerleşim alanlarının planlanmasında, arazi kullanımına yön veren eğim haritası oluşturulmuştur. Zemin sondajları sırasında yapılan Standart Penetrasyon Testi (SPT) deneylerinden elde edilen veriler ile SPT-N zon haritası oluşturulmuştur. Jeofizik ölçüm yöntemlerinden olan sismik kırılma ve Rezistivite yöntemleri (yer elektrik öz direnç) kullanılarak elde edilen veriler ile kayma dalgası hızı (V_s), zeminin hakim titreşim periyodu (T_0), zemin büyütmesi (A) haritaları oluşturulmuştur. En son olarak da Deprem Bölgesinde inşaa edilecek yapılar için yönetmelik ve NEHRP sınıflama ölçütleri göz önünde bulundurularak Zemin sınıfı Haritası oluşturulmuştur.

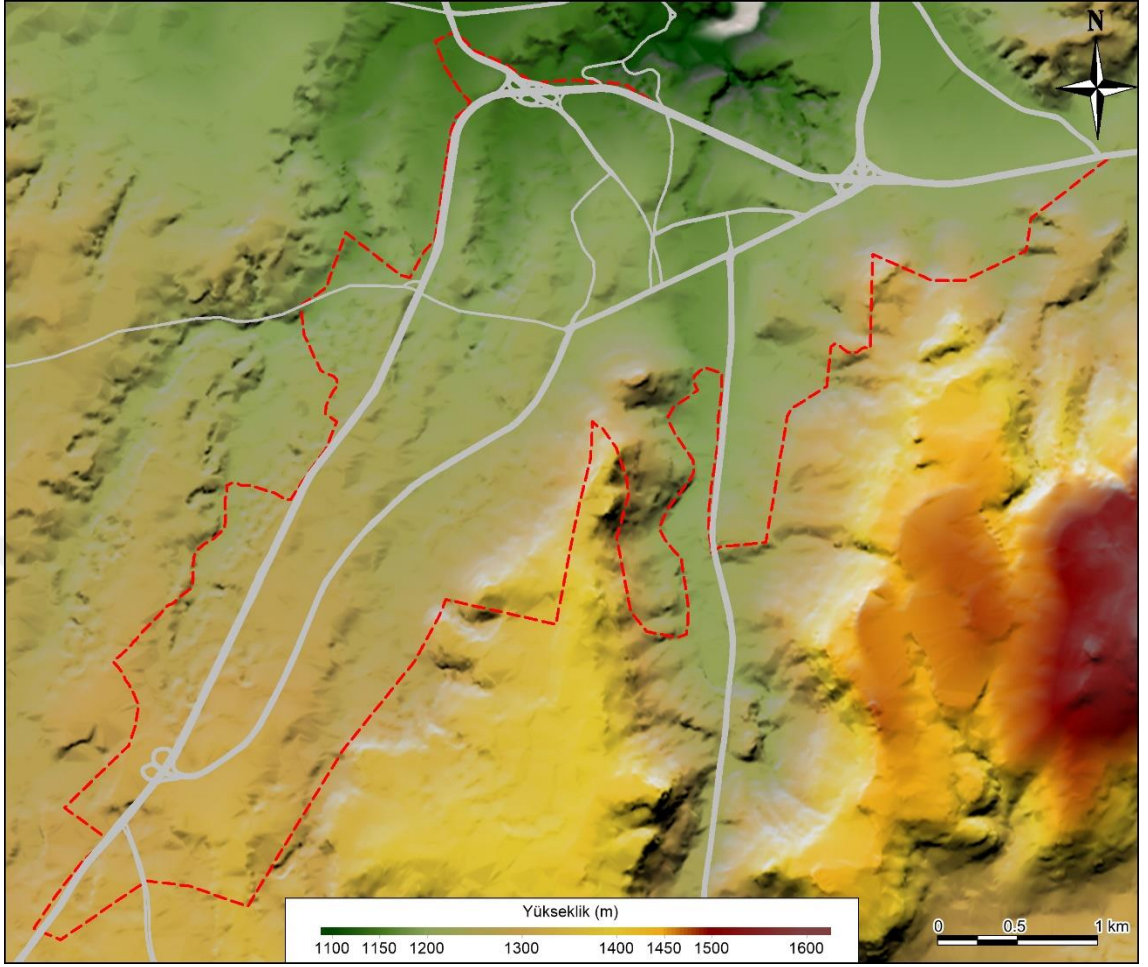
6.1. Topoğrafya ve Eğim

Topoğrafya ve eğim haritaları arazinin jeolojik, morfolojik, yerleşilebilirlik ve fizyolojik yapısı hakkında bilgi vermektedir. Yapılaşma planları yapılırken topoğrafya ve eğim haritalarından yararlanılmaktadır. Çünkü topoğrafik eğimi az olan alanlar yerleşime uygun alanlardır. CBS ortamında topoğrafya ve eğim haritaları kullanılarak farklı özellikte birçok harita oluşturulabilmektedir [59].

Arazi kullanımına yönelik (yerleşim alanlarının planlanması ve imar planı yenileme çalışmaları vb.) çalışmalarda jeomorfolojik özellikleri, yer şekilleri, eğim, eğim şekli, bakı durumu ve yükselti belirleyici unsurlardır. Arazinin morfolojisi kentlerin büyümesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle kentsel gelişim, morfolojinin uygunluk derecesine göre gelişme göstermektedir [61].

Kent alanlarında arazinin morfolojik özelliklerinin etkilenebileceği doğal afet risk potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle kentleşme, doğanın şiddetli bir biçimde deforme edilmesi ve hızla çoğalan nüfus artışı vb. nedenlerden ötürü jeomorfolojik menşeli farklı afetlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir [62].

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), inceleme alanı ve çevresine bağlı olarak haritalar 1/2.000 ve 1/25.000 ölçeğinde sayısallaştırılarak hazırlanmıştır. Aynı zamanda sonraki aşamalarda yapılması gereken tahliller için alanın yükseklik ve eğim verileri oluşturulmuştur. Bölgede morfolojik yapının genel olarak görüldüğü Sayısal Yükseklik Modeli Şekil 6.1’de görülmektedir. Bu verilerden kullanılarak hazırlanan eğim haritası (Karakuş, 2009)’a göre 4’e ayrılmıştır (Şekil 6.2).



Şekil 6.1. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli

Yapılan çalışmalarda en düşük topoğrafik kot, yaklaşık 1100 metreyle çalışma alanının kuzeyindeyken, en yüksek topoğrafya ise güneye ve güneybatıya doğru gidildikçe genel bir yükseliş gösteren topoğrafya yaklaşık 1450 metre kotlarındadır.



Şekil 6.2. Çalışma alanının eğim haritası

Çalışma alanının güneyi yüksek eğimli (>%40) bir topoğrafya ile görülmektedir. Çalışma alanın %54,66'lık kısmı (%0-10) eğime, %27,66'lık kısmı (%10-20) eğime, %9,86'lık kısmı (%20-30) eğime, %5,21'lik kısmı (%30-40) eğime ve %2,61'lik kısmı (>%40)'tan büyük bir eğime sahiptir. Hazırlanan eğim haritasına göre bölge çoğunlukla (%54,66)'lık kısmı ile (%1-10) düşük eğimli alanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında en küçük eğim değeri (%0,0007) iken en büyük eğim değeri ise (%77,267). Çalışma alanına hakim eğimler kuzeye doğrudur.

Yerleşim planlamaları yapılırken ihtiyaç duyulan eğim haritalarının oluşturulmasında uygulanan belirli bir kıstas yoktur. Çalışmanın amacına uygun olarak hazırlanan eğim kategorilerinden hangisinin kullanılacağı araştırmacının tercihine kalmıştır. Özellikle Türkiye de uygulanan imar planlamalarında sentezleme yaparken çoğunlukla Tablo 6.1'deki eğim yüzdelerine bakılmaktadır [63].

Tablo 6.1. Eğim haritalarında kullanılabilir eğim kategorileri [63].

Eğim(%)	Eğim kategorisi
1 – 10	Düzlük – dalgalı düzlük
10 – 20	Az eğimli – eğimli yamaç
20 – 30	Dik yamaç
>30	Çok dik yamaç

Arazi kullanımı ve imar planlamalarına katkıda bulunmak ve topoğrafik eğimin önemini kanıtlayabilmek için Cooke ve Doornkamp (1990) tarafından önerilen ve imar planlamalarında kullanılan kritik şev eğim değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir [64]. Güvenli ve devam ettirilebilir bir kent planlaması için kritik şev eğimi tablosunun dikkate alınması önemlidir. Bu şekilde arazinin doğru ve kullanışlı bir biçimde kullanımı sağlanmış olacaktır.

Tablo 6.2. Kritik şevlerde eğim değerleri [64].

Eğim(%)	Faaliyet Türü
1%	Uluslararası havaalanı
2%	Ana ulaşım yolları ve demiryolları; hız sınırlamalı ağır araçlar, yerel havaalanları
4%	Şehirlerarası yollar, şehir içi ana yollar
5%	Tarımsal mekanizasyon (ekme, biçme), yerleşim alanları
8%	Kentleşme; kent içi yollar, kamp ve piknik alanları %9
9%	Demiryolu için azami eğim
10%	Ağır tarım makineleri, büyük ölçekli endüstriyel faaliyetler
15%	Standart tekerlekli traktör
20%	Toplu konut alanları
25%	Yükleme rampaları, rekreasyon alanları, yürüyüş parkurları

6.2. SPT Haritaları (Standart Penetrasyon Testi)

SPT Deneyi, zeminin mühendislik değerlerinin öğrenebilmemiz için gereklidir ve zemin araştırmalarında oldukça önemli bir arazi deneyidir [65]. Ayrıca bu deney ile zeminin taşıma gücü ve zeminin sıvılaşma potansiyeli hakkında bilgilere ulaşabiliriz.

SPT-N değerleri zeminin birimlerine göre farklılık göstermektedir. Sondaj çalışmaları sonucunda 3, 6, 9 metre derinlikte elde edilen SPT-N değerleri Coğrafi Bilgi Sistemine girilmesiyle, farklı derinliklerdeki SPT değerinin değişimini gösteren zon haritaları üretilmiştir.

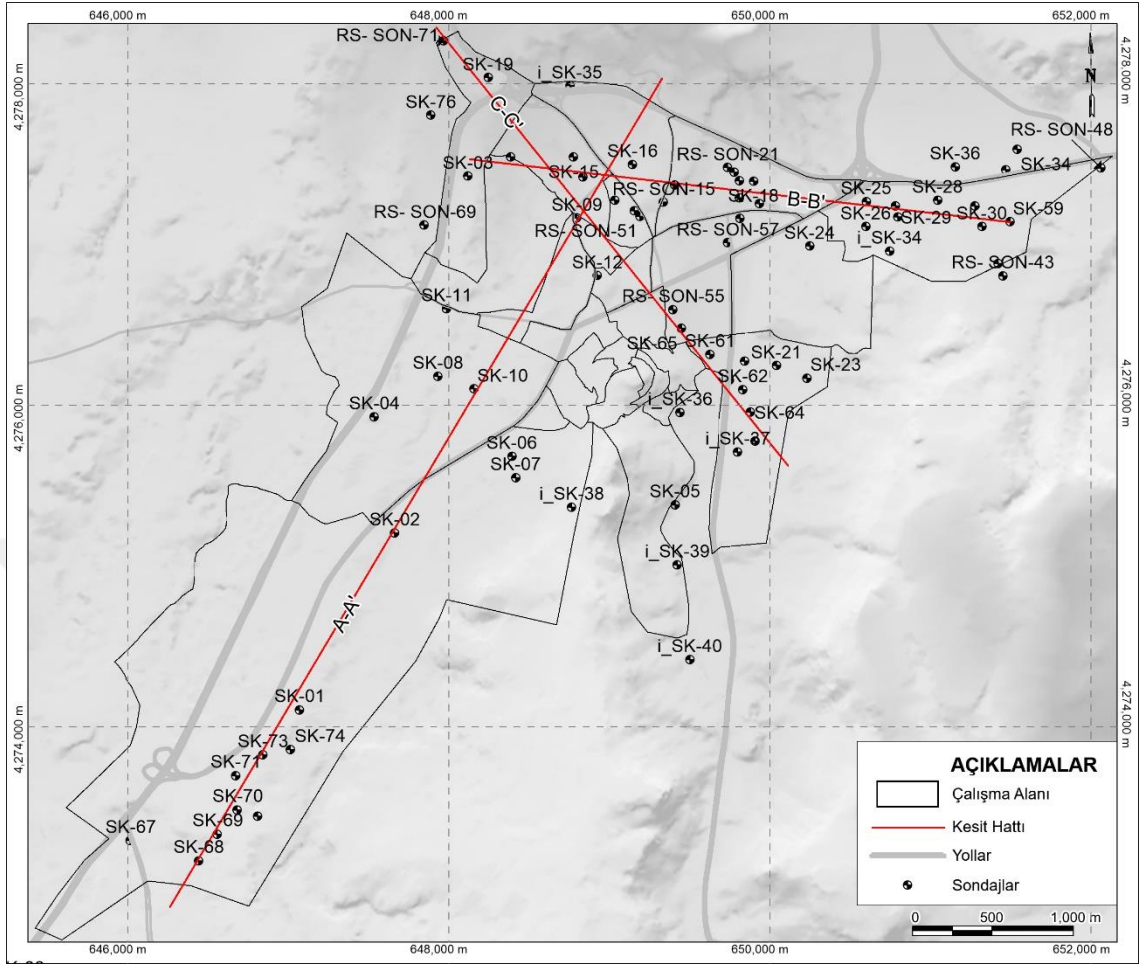
Değişimin görsel olarak algılanabilmesi içinde haritada değerler farklı renklerde gösterilmiştir. Aynı zamanda bu haritaları düşey yönde inceleyebilmek için 3 farklı hattan geçecek şekilde kesitler oluşturulmuştur ve birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. Dikkate alınan kesitler Şekil 6.3'de verilmiştir. Ayrıca SPT-N değerleri ile izafi sıklıklar arasındaki ilişkiler Tablo 6.3 verilmiştir [66]. Çalışma alanından alınan kesit hatları Şekil 6.3'de, SPT verilerinden oluşturulan zon haritaları ise Şekil 6.4, 6.5 ve 6.6'da verilmektedir.

Tablo 6.3. İzafi sıklık ile Standart penetrasyon direnci arasındaki bağlantı [67].

Dane Yerleşim Durumu	1N60 * 2N1/60 * Terzaghi ve Peck (1967)	İzafi Sıklık Dr (%)			
		Meyerhof (1956)	Bowles (1968)	Duncan ve Buchinani (1976)	Mitchell ve Katti (1981)
Çok gevşek	< 4	< 20	< 15	< 15	< 15
Gevşek	4-10	20-40	15-30	15-35	15-35
Orta sıkı	10-30	40-60	35-65	35-65	35-65
Sıkı	30-50	60-80	65-85	65-85	65-85
Çok sıkı	>50	>80	85-100	85-100	85-100

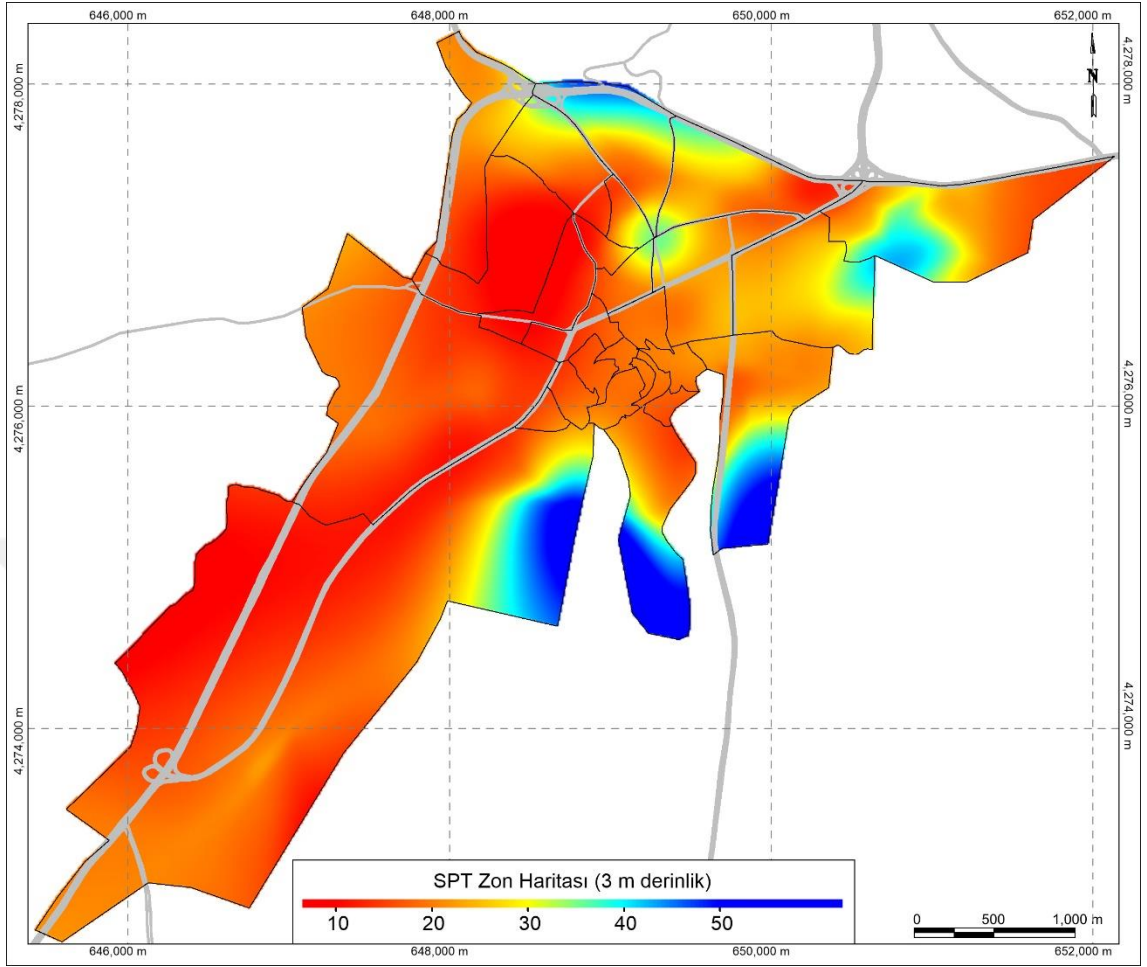
1N60*, teorik serbest düşme, standart tokmağın standart yükseklikten serbest düşmesi halinde ortaya çıkan enerjinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı;

2N1/60* teorik serbest düşme enerjisinin % 60 ve efektif düşey basıncının 100 kPa değerine göre düzeltilmiş vuruş sayısıdır.



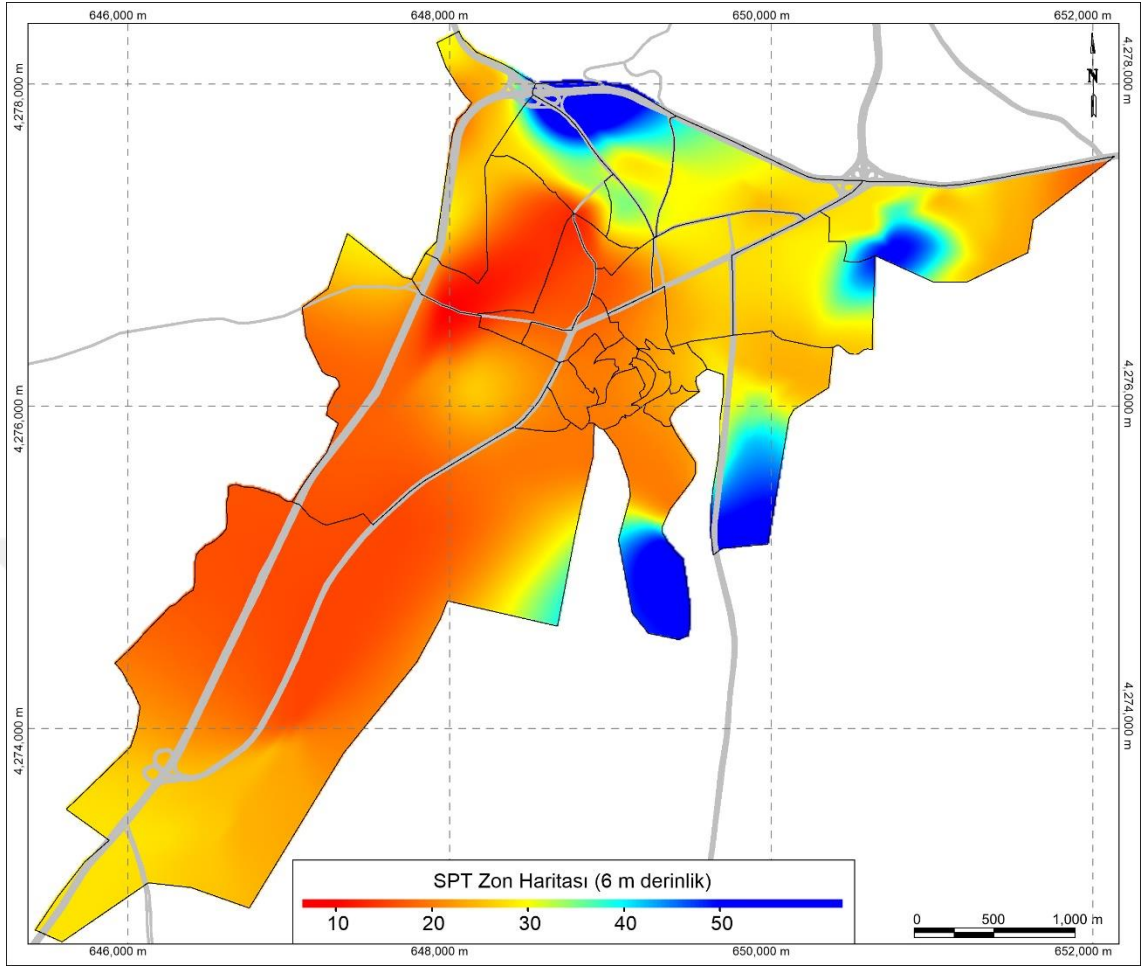
Şekil 6.3. Çalışma alanındaki sondaj noktaları ve SPT profil kesit hatları

Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkileri açıklayan Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre çalışma alanında 3 metre derinlik için SPT-N değerleri genellikle 10-20 arasındadır. Çalışma alanının batı kısımlarında düşük N-darbe direnci görülürken iç kesimlere doğru gidildikçe SPT-N değerlerinin 20 civarında olduğu görülmektedir. Genel olarak bölgede Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre “orta sıkı” birimlerin hakim olduğunu söyleyebiliriz. M. Akif Ersoy Mahallesi'nin doğusunda küçük bir alanda, Cumhuriyet ve Afetevler Mahallelerinin güney kısımlarında N-darbe değerleri 50 civarında ölçülmüştür. N-darbe değeri 50 civarı çıkan alan içinde Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre zeminlerin “sıkı” birimlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 6.4).



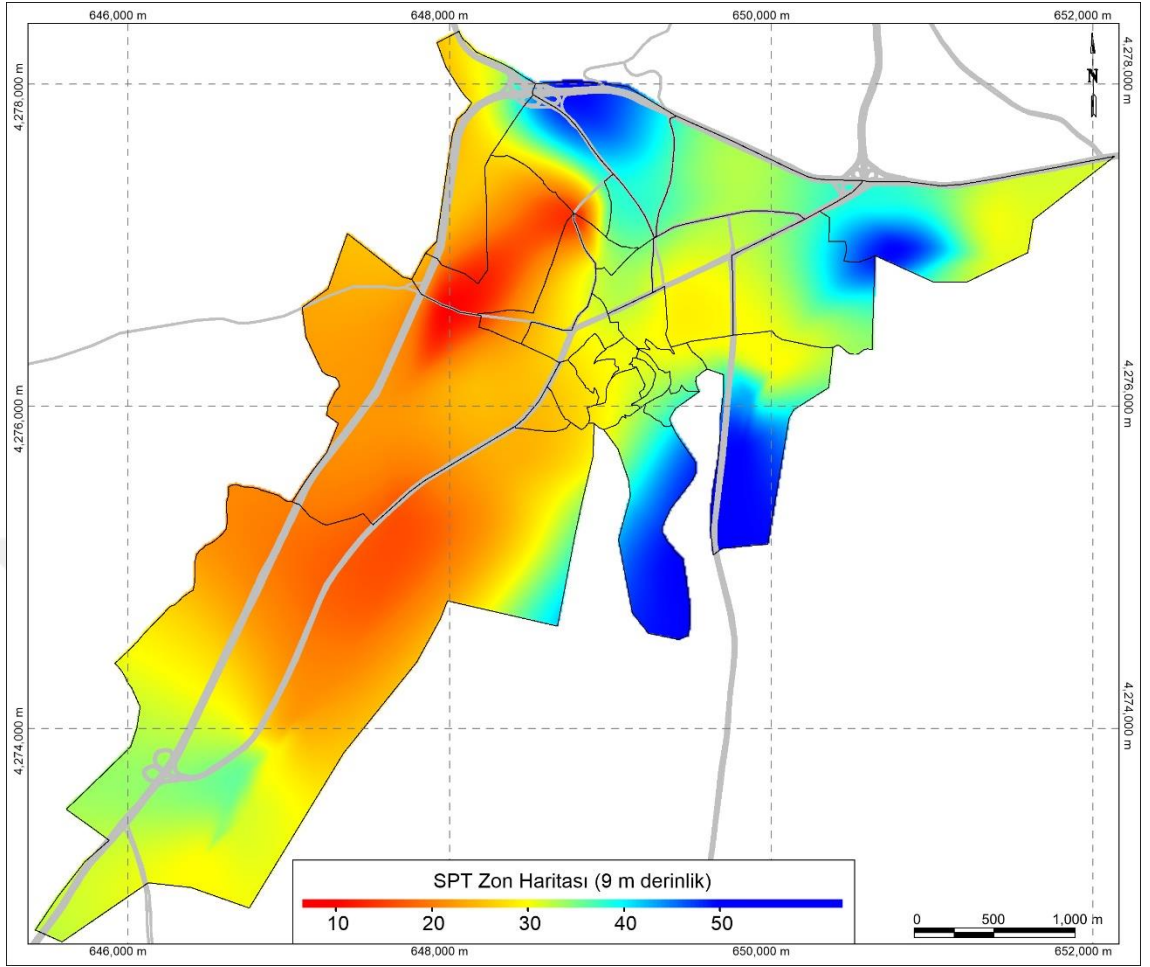
Şekil 6.4. SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 3 m derinlik için

6 metre derinlik için oluşturulan haritaya göre en düşük SPT-N değerleri çalışma alanının orta kesimlerinde 10-20 arasında “orta sıkı” birimlerin olduğu gözlenmektedir. M. Akif Ersoy Mahallesi'nin güney kısımları, Afetevleri Mahallesi'nin kuzey kısımları, 350 Evler Mahallesi, Esentepe Mahallesi'nin kuzey doğu kısımları ve Emek Mahallesi'nin kuzey kısımları N-darbe değerlerinin 20-30 arasında “orta sıkı” birimler olduğu gözlenmektedir. Bahçelievler Mahallesi'nin kuzeybatısına, Esentepe Mahallesi'nin güneybatısına, Afetevleri Mahallesi'nin ve Cumhuriyet Mahallesi'nin güneyine gidildikçe N-darbe değerlerinin 50 civarında olduğu ve Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre zeminlerin “sıkı” ve “çok sıkı” olduğu gözlenmektedir (Şekil 6.5).

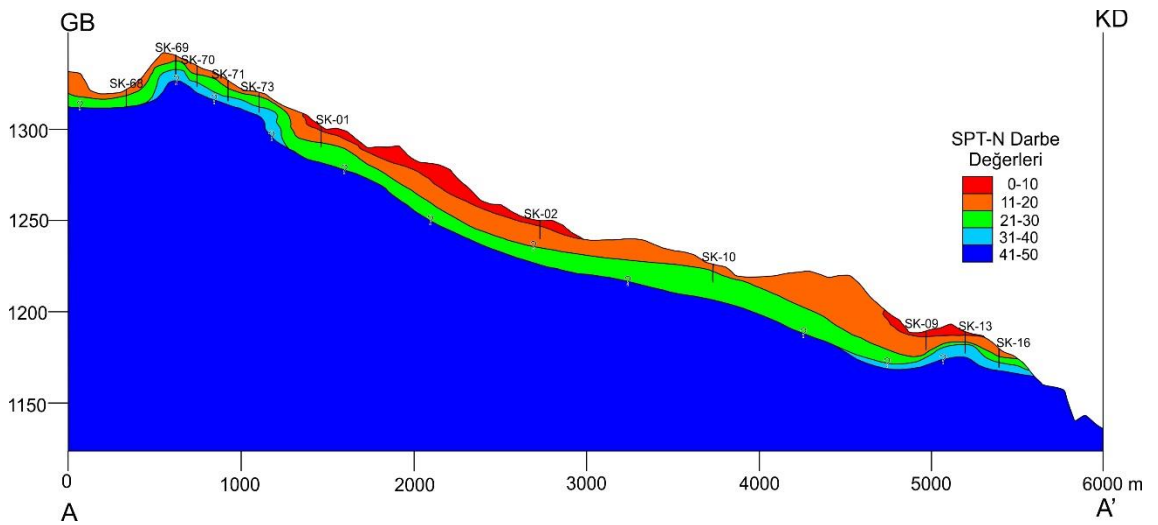


Şekil 6.5. SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 6 m derinlik için

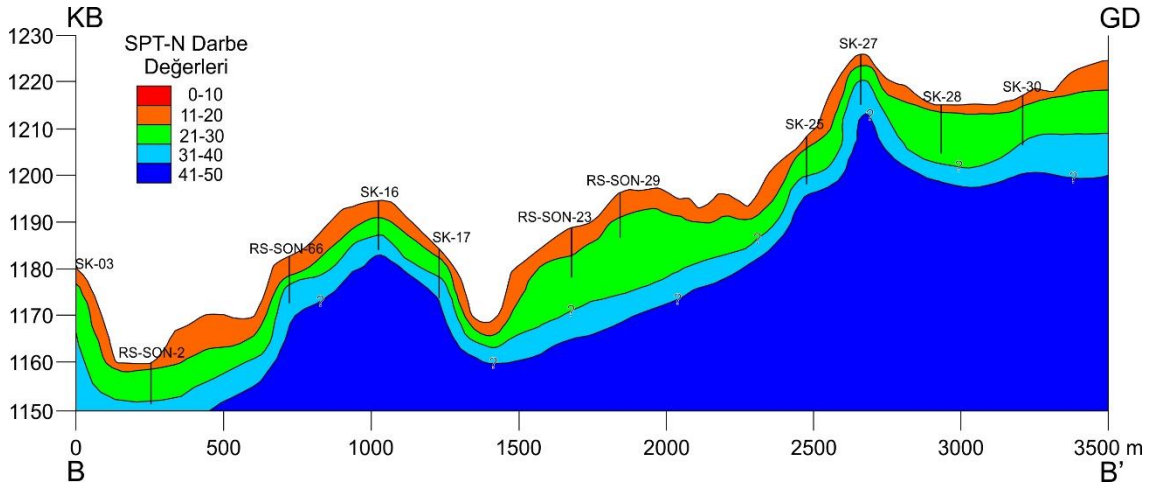
9 metre derinlik için oluşturulan haritaya baktığımızda en düşük SPT-N değerleri Kıratlıoğlu Mahallesi, M. Akif Ersoy Mahallesi'nin kuzeyinde ve Sümer Mahallesi'nde 20-30 arasında zeminlerin "orta sıkı" olduğu görülmektedir. M. Akif Ersoy Mahallesi'nin güneybatısı ve doğu ucunda küçük bir alan, Afetevleri Mahallesi'nin ve Cumhuriyet Mahallesi'nin kuzey uçlarında küçük bir alan, Dere, Reşitbey, Camicedit, Yeni, 350 Evler, Emek, Hacırüş, Herikli ve İbrahimpaşa Mahallelerinde, Esentepe Mahallesi'nin de kuzeydoğusunda N-darbe değerleri 30-40 arasında "sıkı" zemin aralığında olduğu gözlenmektedir. Cumhuriyet Mahallesi, Afetevleri Mahallesi ve Bahçelievler Mahallesi'nin büyük çoğunluğu ve Esentepe Mahallesi'nin güneybatısındaki bir kısım alan N-darbe değerleri 50 civarı olduğu gözlenmektedir. Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre zeminlerin "çok sıkı" olduğu gözlenmektedir (Şekil 6.6).



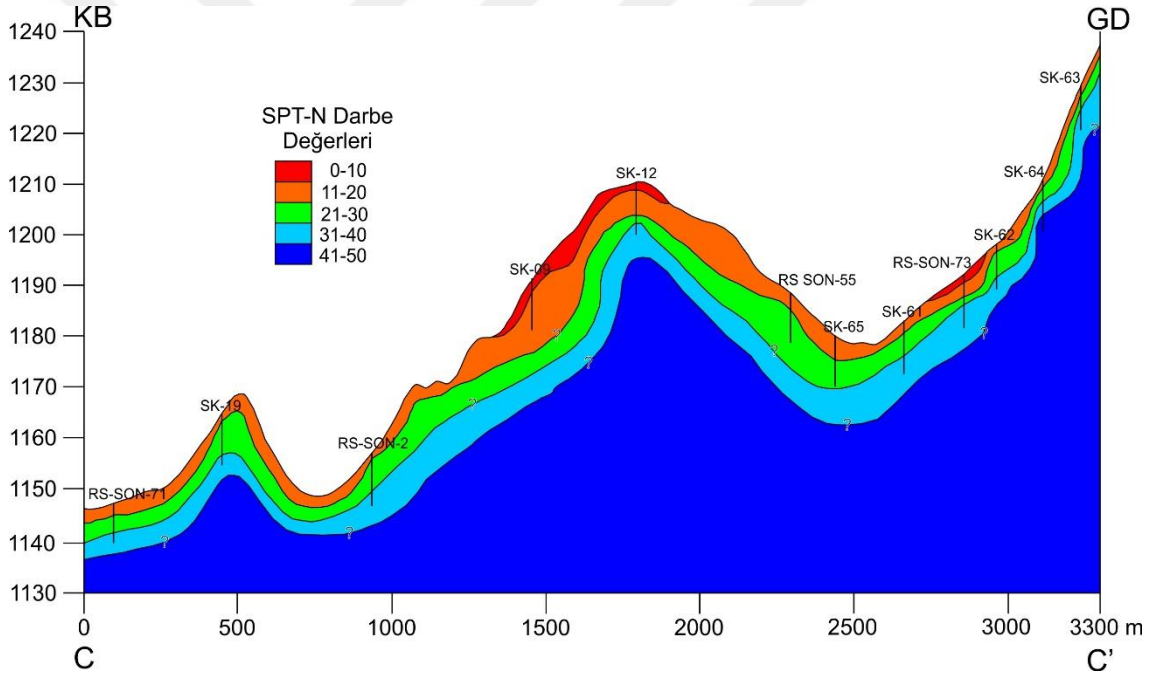
Şekil 6.6. SPT Zon haritası yüzeyden itibaren 9 m derinlik için SPT-N direncinin düşey yöndeki değişimini inceleyebilmek için yapılan SPT-N kesitlerinden de görüldüğü gibi zeminlerde, yüzeyden yaklaşık 10 metre derinliğe kadar değerlerin artarak 40-50'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9).



Şekil 6.7. Çalışma alanından alınan A-A' SPT kesitleri



Şekil 6.8. Çalışma alanından alınan B-B' SPT kesiti



Şekil 6.9. Çalışma alanından alınan C-C' SPT kesiti

6.3. Kayma Dalga Hızı (V_{s30}) Haritası

Zeminlerin sınıflamasında ve yer hareketlerine bağlı olarak zeminin mühendislik özelliklerinin anlaşılmasında kullanılan dinamik zemin değişkenleri, sismik dalgalar kullanılarak belirlenen hız verileriyle elde edilmektedir. Jeofizik yöntemlerinden biri olan sismik yöntem, araştırma derinliğinin büyük, doğruluk payının ve ayırım gücünün fazla olması gibi faktörlerden dolayı mühendislik çalışmalarında çok fazla kullanılmaktadır [68].

Bazı araştırmacılar tarafından Kayma dalga hızı (V_s)'nın kullanımının avantajları belirlenmiştir [69-70]. bunlar;

- Kayma dalga hızı ölçümleri laboratuvarda numuneler üzerinde de yapılabildiğinden zeminin laboratuvar ve sahadaki tutumları arasında karşılaştırma yapılabilir.
- Standart Penetrasyon Testi (SPT)'nin uygun olmadığı çakıllı zeminlerde de kayma dalga hızı (V_s) ölçümlerinin yapılması uygundur.
- Sismik kırılma, numune alımının zor olduğu çakıl karışımı zeminlerde, hızlı sonuçların ihtiyaç duyulduğu çok geniş alanlarda ve sondajların uygulanmadığı kaya dolgu zeminlerde, yüzey dalgalarının spektral analiziyle tespit edilebilir.
- Zeminin mekaniği, deprem etkisinin oluşturacağı kayma modülü ve zemin - yapı analizi ile direktten bağlantılıdır.

Sismik dalga hızlarının ölçümleri Standart Penetrasyon Testini destekler ya da farklı bir yol sunar. Ayrıca kayma dalgası hızının (V_s) kullanımı ile sıvılaşma direncinin veya sismik yükün tespit edilmesi önemli bir parametredir. Sismik yük, sıvılaşma direnci ve kayma dalgası hızı gibi değişkenler; kayaçların yaşından, zemindeki boşluk oranlarından, efektif basınçlarından, bağıl sıklığından ve gerilme durumlarından etkilenmektedirler [71].

Kayma dalga hızı V_{s30} haritası, çalışma alanında zeminin yüzeyden itibaren ilk 30 m'sinde sismik analizler ile elde edilen ortalama S dalgası hızının haritasıdır [72]. Zeminin ortamdaki yatay değişimlerini belirtmek için elde edilen kayma dalgası hızı (V_{s30}) verileri kullanılarak V_{s30} zon haritası üretilmiştir (Şekil 6.10). Dalga hızı zemin tanımlamaları (Uyanık vd., 2006) sınıflaması Tablo 6.4'te verilmiştir.

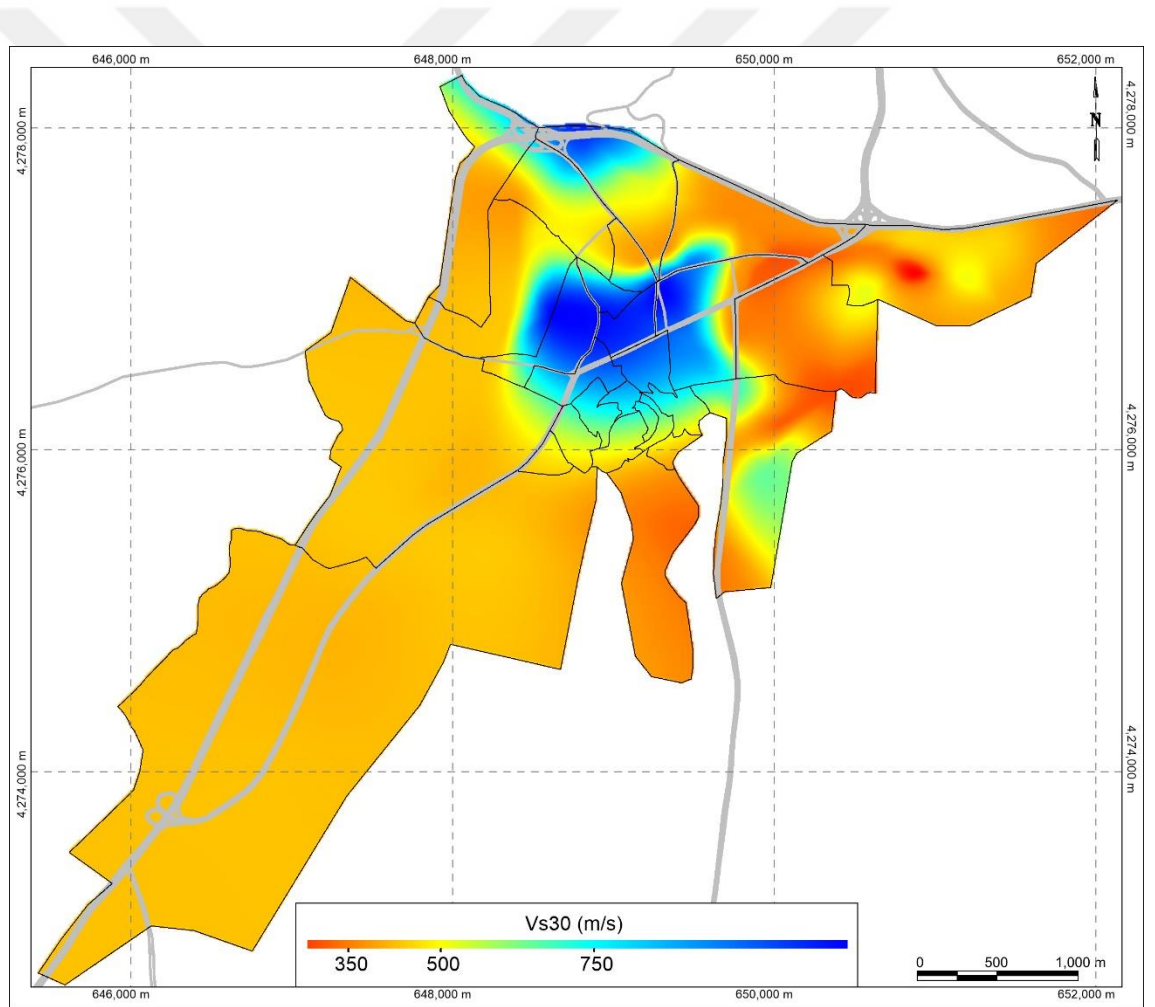
Çalışma alanı kayma dalgası hızı (V_{s30}) haritası, çalışma alanındaki sismik ölçümlerle elde edilir ve alandaki zeminin ilk 30 m'sinin ortalama S dalgası hızlarının haritasıdır. Ayrıca S dalgası hızlarının ortalamasının hesaplanması mikro bölgeleme ölçütlerinde de kullanılmaktadır. S dalgası hız ortalaması hesaplamasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır [34].

$$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1,n} (h_i / V_{si}))$$

H_i : zemin tabakasının kalınlığı,

V_{si} : tabakanın S dalga hızı,

V_{s30} : kayma dalgası hızı



Şekil 6.10. Çalışma alanının kayma dalgası hızının (V_{s30}) haritası

Tablo 6.4. Dalga hızı (V_s) ile zemin karşılaştırmaları [72].

$V_s > 750$ m/s	Çok sıkı ya da ana kaya
$500 < V_s < 750$ m/s	Sıkı
$350 < V_s < 500$ m/s	Orta sıkı
$200 < V_s < 350$ m/s	Gevşek
$V_s < 200$ m/s	Çok gevşek

Yüzeyden itibaren 30 m derinlik için oluşturulan V_{s30} dağılım haritasına göre en düşük ölçülen değerler 278-402 m/s arasında 350 Evler Mahallesi, Emek Mahallesi, Esentepe Mahallesi, Cumhuriyet Mahallesi ve Afetevleri Mahallesinin kuzey ve güney kesimlerinde gözlenmiştir. Uyanık vd. (2006), sınıflamasına göre “gevşek” ve “orta sıkı” zeminler olarak tanımlanabilir.

402-650 m/s arasında ölçülen değerler geniş bir alanı kaplamakta ve M. Akif Ersoy Mahallesi, Sümer Mahallesi, Kıratlıoğlu Mahallesinde, (Cevher Dudayev Mahallesinin, 20 Temmuz Mahallesinin ve Bahçelievler Mahallesinin güney kısımlarında) görülmektedir. Bu alanlar ise “orta sıkı” ve “sıkı” zeminler olarak tanımlanabilir.

650-769 m/s arasında ölçülen değerler çok az bir alanı kaplamakla birlikte Afetevleri Mahallesinin orta kısmında ve çalışma alanının orta kısmında Kale vs. Mahalleleri, 20 Temmuz Mahallesinin üst kısımlarında ve Cevher Dudayev Mahallesinin kuzey batı kısmında görülmektedir ve “sıkı” zeminler olarak tanımlanabilir.

769-1163 m/s arası ölçülen değerler Şekil 6.10’da görüldüğü gibi çalışma alanının ortasında Kale vs. Mahalleleri ve Bahçelievler Mahallesinin kuzeybatısında görülmekte ve “çok sıkı ya da ana kaya” zeminler olarak tanımlanabilir.

Çalışma alanında en düşük ölçüm 278 m/s, en yüksek ölçüm ise 1163 m/s olarak görülmektedir. Çalışma alanındaki birçok mahallenin uyumlu olmasına rağmen Kale vs. Mahalleleri olarak bilinen alanın uyumsuzluk göstermesi bu bölgedeki veri yetersizliğinden kaynaklanmaktadır ve bu kale mahallesi eski yerleşke olduğu için buralarda pek bir çalışma yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

Kayma dalga hızı (V_{s30}) haritasına baktığımızda yüksek değerlerin olduğu yer “ sıkı, çok sıkı ya da ana kaya” olarak görülen zemin Ürgüp Formasyonunun Kavak Üyesine (Tük) ait alanda görülmektedir. Çalışma alanının çoğunluğunu oluşturan “orta sıkı” zeminler ise Kumtepe Külü (Qk) ve Alacaşar Tüfü (Qal) birimlerinden oluşmaktadır.

6.4. Çalışma Alanındaki Zemin Hakim Periyodu (T_0) Haritası

Zemin hakim periyodu yer hareketlerinin frekans özelliklerinin belirlenebilmesi için önemli bir değişkendir. Bu periyot genlik spektrumun max. değerine karşılık gelen titreşim periyodu olarak belirtilmektedir. Ayrıca doğada, sağlam kaya tabakası üzerindeki yumuşak zemin tabakasının da küçük titreşimler için bile zeminin hakim titreşim periyodu vardır [73].

Periyot, ana kaya üzerindeki kütesinin bağımsız salınımına girmesi şeklinde ifade edilir ve zeminin katmanlarının dinamik özelliklerine bağlıdır. Ana kaya (sert zemin) üzerinde yüzeylenen yumuşak zemin tabakasının zemin hakim titreşim periyodu değeri küçük titreşimler için $T_0 = \Sigma(4H/V_{s30})$ formülü ile bulunur [74].

T_0 : Zemin hakim titreşim periyodu

V_{s30} : 30 m derinlikteki ortalama kayma dalgası hızı

H : Tabaka kalınlığı

Zemin kesitlerinde bulunan zemin tabakalarında, bir uçtan diğer bir uca farklılıklar görülebilir. Deprem dalgalarında, zemin tabakalarının özelliklerine, cinsine ve kalınlıklarına göre değişiklikler görülebilir. Aynı zamanda depreme karşı dayanıklı imar planlamalarında zemin büyütmesi ve zemin hakim periyodu gibi dinamik özelliklerinin ne şekilde tepkimeye girdiği tanımlanmalıdır [75].

Genliklerin, yumuşak zeminde sert zemine göre daha büyük olduğunu belirtmiştir. Yumuşak zeminde ivmeler sert zemine göre daha düşüktür. Ama yumuşak zemin büyük bir periyot alanını kapsar. Sert zeminlerde ise yalnız zemin hakim periyodu değerinde büyük ivmeler görüldüğünü belirtmiştir [28].

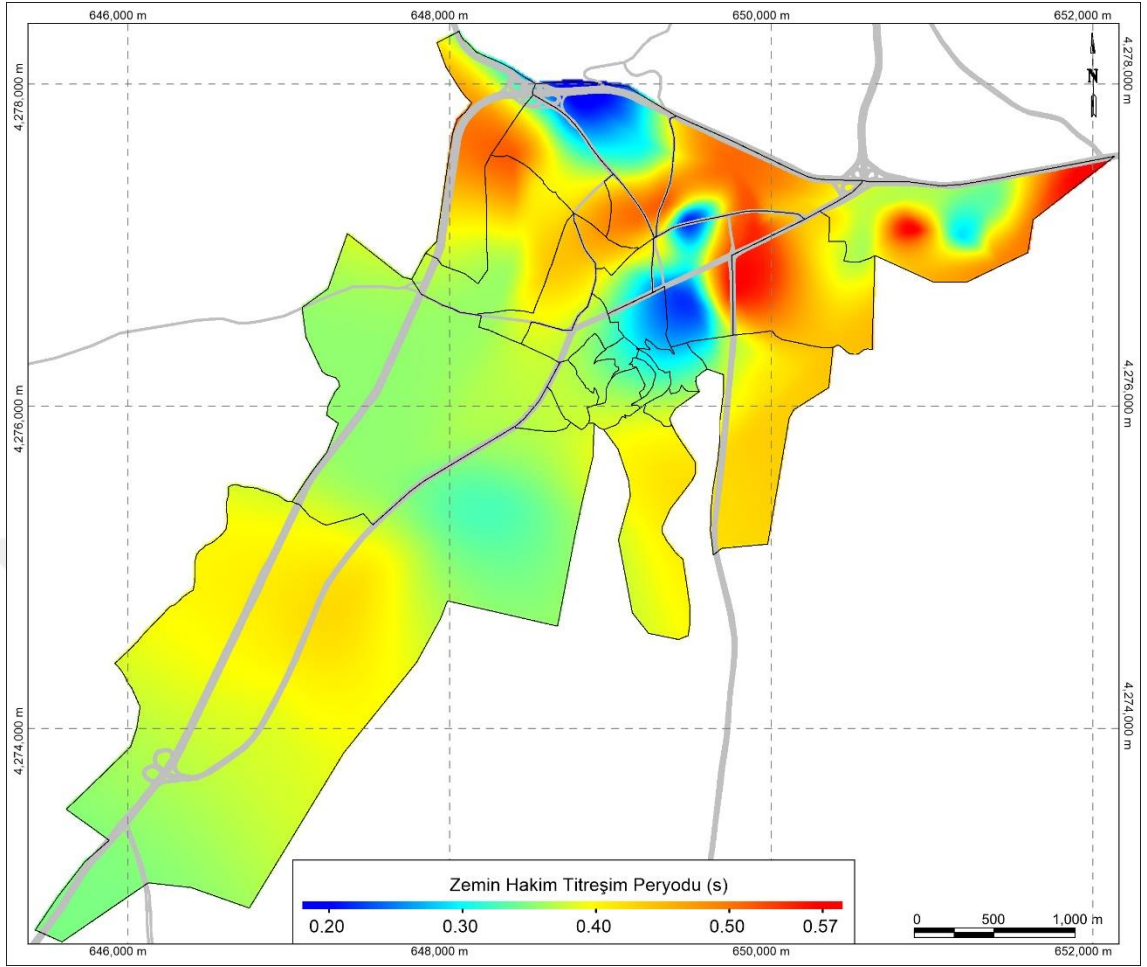
Depremlerde hasarların oluşmasındaki en güçlü etkenler, frekans, yer ivmesi, depremin süresi ve periyot değerleridir. Yüksek frekanslı, ivme değeri büyük ve kısa sürede

meydana gelen bir deprem büyük hasarlara neden olmazken, ivmesi düşük olan bir deprem ise deprem süresine ve frekansa bağlı büyük hasarlar oluşturabilir. Depremde zararların en aza indirilebilmesi için zeminin hakim periyodunun değiştirilmesi yerine yapının hakim periyodunun değiştirilmesi ve zemin hakim periyodundan farklı olması gerekir. Çünkü zeminin hakim periyodunu değiştirmek hem zor hem de çok büyük maliyetlere sebep olmaktadır. Zeminin hakim periyodunun doğru tespit edilmesi ve zemin cinsi ile zemin doğal hakim titreşim periyodu arasındaki ilişki dikkate alınmalıdır. Zemin hakim periyodu, sayısal olarak 0 ile 2 arasında değer almakta ve bu değere göre yapılacak bina yüksekliği hakkında bilgi vermektedir. Tabloda da görüldüğü gibi zeminin hakim titreşim periyodu büyüdükçe zemin daha gevşek zemin grubuna doğru gitmektedir. Ansal vd. (2004)'e göre tanımlanan spektral ölçütler ve zemin hakim titreşim periyodu Tablo 6.5'de verilmektedir [76].

Tablo 6.5. (a) Zemin hakim titreşim periyot ölçütleri (b) spektral büyütme ölçütleri [76].

(a)		(b)	
Zemin Hakim Titreşim Periyot Aralığı	Ölçüt Tanımı	Spektral Büyütme	Tehlike Düzeyi
0,10-0,30 sn	A	0,0-2,5	A (Düşük)
0,30-0,50 sn	B	2,5-4,0	B (Orta)
0,50-0,70 sn	C	4,0-6,5	C (Yüksek)
0,70-1,00 sn	D	-	-

Çalışma alanında genellikle zemin hakim titreşim periyodu 0.18–0.59 sn arasında farklılık göstermektedir. İnceleme alanındaki analizler sonucunda zemin hakim titreşim periyodunun haritası Şekil 6.11'de verilmektedir. Yapıların beklenmedik bir depremde zarara uğramaması için tehlike oranı yüksek alanlarda yapıların öz periyotları, yapıya zarar veren zemin hakim periyoduna göre farklı oluşturulmalıdır.



Şekil 6.11. Çalışma alanının zemin hakim periyodu (T0) haritası

0,18 – 0,30 sn arasında yer alan değerler “düşük” tehlikeli olarak Bahçelievler Mahallesi'nin kuzeybatısında, 350 Evler Mahallesi'nin batısında ve Yeni Mahallede olmak üzere az bir alanda görülmektedir.

0,30 – 0,45 sn arasında yer alan değerler “orta” tehlikeli olarak M. Akif Ersoy Mahallesi'nde, Sümer Mahallesi'nde, Musapaşa Mahallesi'nde, Cumhuriyet Mahallesi'nde, Cevher Dudayev Mahallesi'nin güneyinde, Kırathıoğlu Mahallesi'nin güneyinde ve Esentepe Mahallesi'nin kuzey ve batısında gözlenmektedir.

0,45 – 0,59 sn arasında yer alan değerler “yüksek” tehlikeli olarak Esentepe Mahallesi'nin güney ve doğu kısımlarında, 350 Evler Mahallesi'nin ortasında ve doğusunda, Afetevleri Mahallesi'nde, Emek Mahallesi'nde, Bahçelievler Mahallesi'nin güneyinde, Hacırüştü Mahallesi'nde, İbrahimpaşa Mahallesi'nde, 20 Temmuz

Mahallesinin batısında, Cevher Dudayev Mahallesinin kuzeyinde ve Kıratlıoğlu Mahallesinin kuzeyinde gözlenmektedir.

Çalışma alanında ağırlıklı olarak kot/kat sınırlamasından kaynaklı 4 katlı binalar inşa edilmektedir. Zemin hakim titreşim periyot değerlerinin yüksek olduğu mahallelerde rezonans oluşmaması için daha yüksek katlı binaların yapımı tercih edilmelidir.

6.5. Zemin Büyütme Haritası

Zeminin büyütme seviyelerinin belirlenmesi açısından zemin tabakalarının yüzey kesimlerinde elde edilen kayma dalgası hızının önemli bir zemin özelliği olduğunu belirtmiştir [77].

Deprem sırasında, farklı farklı hızlarla dağılmaya başlayan sismik dalgaların yüzeye çıktıklarında titreşimler üretirler. Titreşimin süresi ve şiddeti, yerel zemin özelliğiyle, depremin büyüklüğüyle ve kaynağa olan uzaklığıyla yakından ilişkilidir. Bu özelliklere göre titreşimler saniyelerce ya da dakikalarca sürmektedir. Yerel zemin özellikleri de deprem dalgalarını farklı oranlarda büyüttüğü bilinmektedir. Zemin büyütmesi yüzeye yakın zemin tabakalarından geçen dalgaların genliklerinde oluşan atış ile tanımlanmaktadır.

Zemin büyütmesi, topoğrafik özellikleri, dinamik özellikleri, zemin tabakalarının kalınlığı, anakaya derinliği ve zemin tabakalarının yanal düzensizliği vb. yerel zemin koşulları ile bağlantılıdır [78]. Depreme dayanıklı yapılar inşa edilebilmesi açısından, yerleşim planı yapılmış ve yapılacak olan yerlerde olası bir depremde zemin etkisinin bilinmesi çok önemlidir. Deprem esnasında yumuşak zeminler üzerindeki yapıların, sert zeminlere göre çok fazla zarar görmesi bu bağlantılara en güzel örnektir. Bu tür bir zemin büyütmesi deprem şiddetini arttırmaktadır [34].

Zemin büyütmelerini değerlendirebilmek için zeminin kayma dalga hızı önemlidir. Shima (1978)'in hesapladığı büyütme faktöründe, anakaya- zemin tabakasının sismik hızları oranı ile aynı doğrultuda olduğunu belirtmiştir. Yer hareketlerinin analizlerine ve gözlemlerine bağlı yapılan çalışmalarda, bağlı büyütme ile yüzey tabakasının ortalama kayma dalga hızı bağlantılıdır [78-79]. Tablo 6.6'de zemin büyütmesi ile kayma dalga hızı (V_{s30}) ilişkisi verilmiştir. Kayma dalgası hızı ile zemin büyütmesi ilişkisinin

grafiksel çizimi Şekil 6.12’de verilmiştir. Tablo 6.7’de ise farklı jeolojik birimlere göre bağıl büyütme faktörü verilmiştir.

Tablo 6.6. Zemin büyütmesi ile kayma dalga hızı (V_{s30}) arasındaki ilişki [78-79].

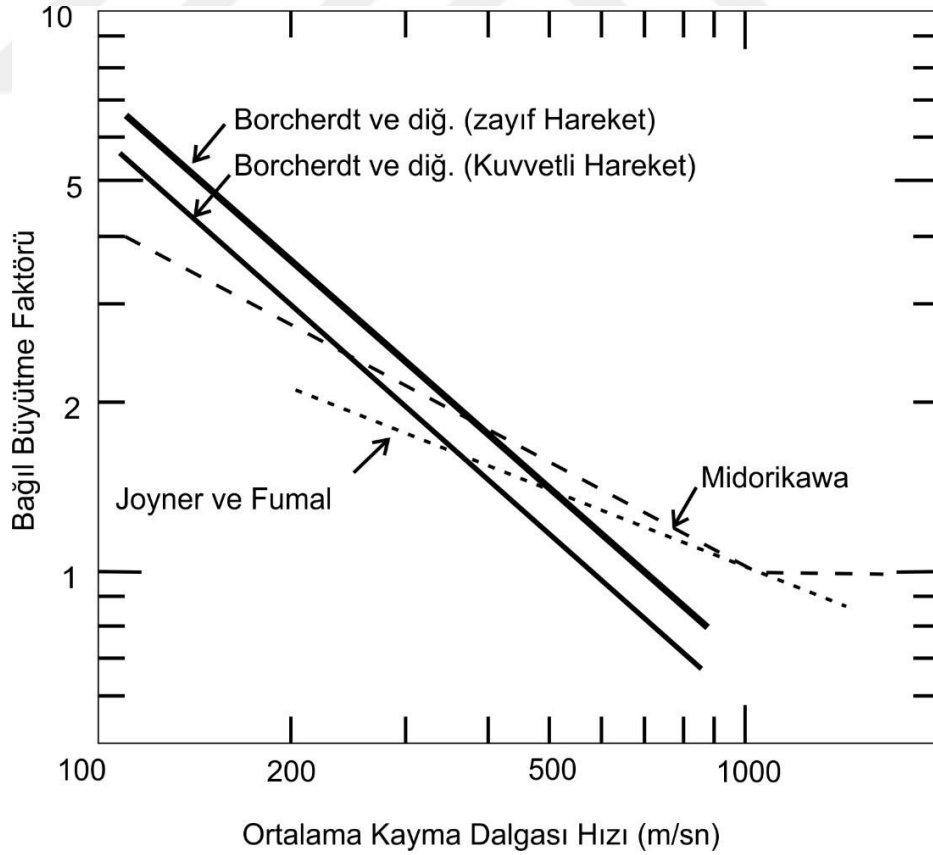
ARAŞTIRMACILAR	KAYMADALGA HIZI BÜYÜTME İLİŞKİSİ
Midorikawa (1987)	$A = 68V_1^{30.6}$ ($V_1 < 1100$ m/sn) $A = 1$ ($V_1 > 1100$ m/sn)
Joyner and Fumal (1984)	$A = 23V_2^{0.45}$
Borcherdt ve ark. (1991)	$AHSA = 700/V_1$ (zayıf hareket için) $AHSA = 600/V_1$ (kuvvetli hareket için)

A : Bağıl büyütme faktörü zemindeki en büyük hız için

AHSA : 0.4 ~ 2.0 s periyot aralığındaki ortalama yatay spektral büyütme

V_1 : Ortalama kayma dalgası hızı (m/sn) 30 m derinlik için

V_2 : $1/4$ dalga derinliğine kadar bir saniye periyodlu dalga için ortalama kayma dalga hızı (m/sn)



Şekil 6.12. Zemin büyütme faktörünün kayma dalgası hızına bağlı olarak grafik görünümü [80-81].

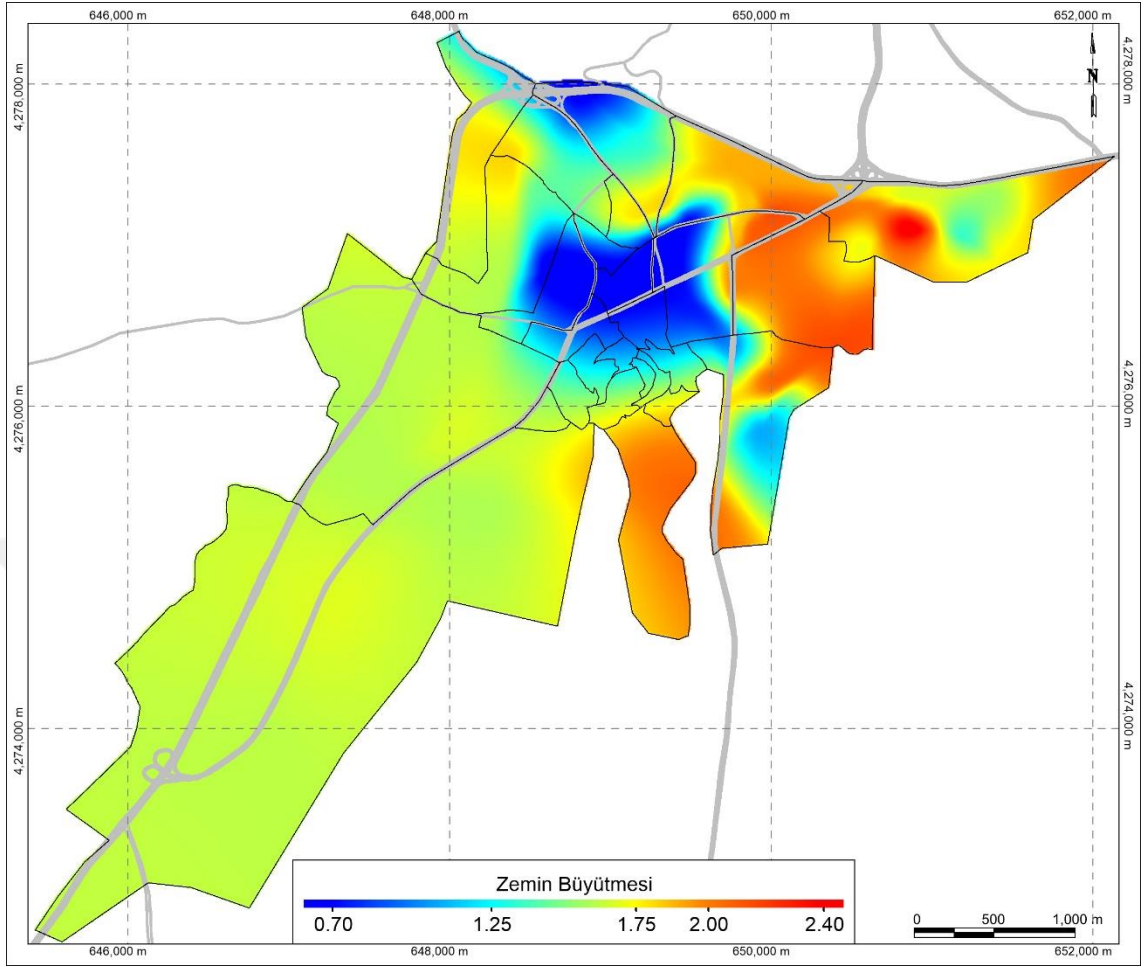
Tablo 6.7. Farklı jeolojik birimlere göre Borchardt & Gibbs (1976), Shima (1978) ve Midorikawa (1987) tarafından verilen bağıl büyütme faktörleri [78-79].

ARAŞTIRMACI	JEOLJİK BİRİM	BAĞIL BÜYÜTME FAKTÖRÜ
Midorikawa (1987)	Holosen	3.0
	Pleistosen	2.1
	Volkanik kaya	1.6
	Miyosen	1.5
	Tersiyer Öncesi	1.0
Shima (1978)	Turba	1.6
	Humuslu zemin	1.4
	Kil	1.3
	Kum	0.9
Borchardt & Gibbs (1976)	Körfez Çamuru	11.2
	Alüvyon	3.9
	Granit	1.0

İnceleme alanında zeminin deprem büyütmesi haritasını hazırlarken sismik kırılma değerlerinden faydalanılmıştır. Zeminin deprem büyütmeleri, Medvedev (1965) bağıntısı kullanılarak ve $n = \mathbf{xnlog} (V_o.P_o/V_n.P_n)$ formülü ile hesaplanmıştır [82].

- n** : Zemin büyütmesi
V_o : Ana kayanın sismik dalga hızı (m/sn)
V_n : İncelenen zeminin sismik dalga hızı (m/sn)
P_o : Ana kayanın yoğunluğu
P_n : İncelenen zeminin yoğunluğu
X_n : Gözlemlerden hesaplanarak bulunan zemin katsayısı

Bulunan bu veriler CBS Mapinfo programında kullanılarak çalışma alanının zemin büyütme haritası oluşturulmuştur (Şekil 6.13).



Şekil 6.13. Çalışma alanının zemin büyütme haritası

Oluşturulan haritaya bakıldığında zemin büyütme değeri 0,7 ile Kale vs. Mahallelerinde ve zemin büyütme değeri 2,4 çıkarken 350 Evler Mahallesi ve civarında gözlenmektedir [76]. Tablo 6.5'e göre "(A) düşük" tehlike düzeyinde sınıflandırılmıştır. Zemin büyütmesi açısından en sıkıntılı bölgeler, zemin büyütme değerlerinin 2 – 2,4 arasında değiştiği 350 Evler Mahallesi, Esentepe Mahallesinin batı ve doğu kısmı, Emek Mahallesi, Afetevleri Mahallesinin kuzey ve güney uçları, Cumhuriyet Mahallesi alanlarıdır.

Zemin büyütmesi haritasına bakıldığında 350 Evler Mahallesi, Cumhuriyet Mahallesi, Emek Mahallesinin doğusu ve Esentepe Mahallesinin batısı zemin büyütmesi açısından riskli bölgelere girmektedir. Diğer Mahalleler özellikle Kale vs. Mahalleleri, Bahçelievler Mahallesi, 20 Temmuz Mahallesi ve Afetevleri Mahallesinin orta kısımları zemin büyütmesi açısından daha düşük riskli bölgeler kapsamında değerlendirilebilir.

7. BÖLÜM

JEOFİZİK YÖNTEMLERE GÖRE ZEMİN SINIFLAMASI

Zeminlerin sınıflandırılması birimlerin mühendislik özelliklerine göre belli harflerle belirlenmiştir. Mühendisler arasında ortak kullanıma sahiptir. Zemine verilecek bir harf veya sayı değeri o zeminin olası mekanik davranışları ve fiziksel özellikleri hakkında ön bilgi verir.

7.1. Yerel Zemin Sınıfı Haritası

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları, yapıların temeli altında kalan zeminin özelliklerine göre yorumlanmaktadır. Ayrıca yönetmeliğe göre zemin grupları oluşturulurken farklı yöntemlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemler ise standart penetrasyon deneyi (SPT), kayma dalgası hızı (V_s), kumlu zeminlerdeki rölatif sıklık değerleri ve eksenel basınç deneyleridir [83].

Afet ve Acil Durumu Yönetimi Başkanlığı'na göre farklı zemin sınıfı ve 6 farklı zemin grubu oluşturulmuştur. Zemin sınıfları ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF şeklinde isimlendirilirken zemin grupları ise A, B, C ve D harfleriyle isimlendirilmektedir. Yerel zemin sınıfları Tablo 7.1'de ve yerel zemin grupları Tablo 7.2'de görülmektedir [84].

Tablo 7.1. Türkiye afet yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması [85].

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V_s) ₃₀ [m/s]	(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	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-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	<p>Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:</p> <p>1-Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),</p> <p>2-Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer,</p> <p>3-Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer,</p> <p>4-Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.</p>			

Tablo 7.2. Türkiye afet yönetmeliğine göre zemin grupları [84].

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

Çalışma alanına ait yerel zemin sınıflaması belirlenirken zemine ait kayma dalga hızı (V_s) verileri kullanılmıştır. Belirttiğimiz gibi sismik dalga hızlarıyla ilişkili olarak oluşturulan sınıflamada ZB, sismik dalga hızı en yüksek ($V_s > 700$ m/sn) olan sert anakaya zemine karşılık gelmektedir. ZE ise sismik dalga hızı en düşük olan ($V_s < 200$ m/sn), yumuşak zeminlere karşılık gelmektedir. Yönetmelikte zemin sınıflamalarının hakim periyot aralıkları ve maksimum spektral büyütme verileri verilmiştir.

7.2. NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Programme) Zemin Sınıflama Haritası

Zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için arazi çalışmalarından jeofizik ölçümler ile oluşturulan S-dalgası hız profil değerleri kullanılarak oluşturulan farklı sınıflama ölçütleri vardır. Bu ölçütlerden biride NEHRP zemin sınıflamasıdır. NEHRP, jeoteknik ve inşaat mühendislikleri tarafından kabul görmüş zemin sınıflama ölçütüdür. NEHRP yeni yapılan yapıların sismik dizaynında yaygın olarak kullanılmıştır [85]. NEHRP'ye göre zemin sınıflaması Tablo 7.3'te görülmektedir.

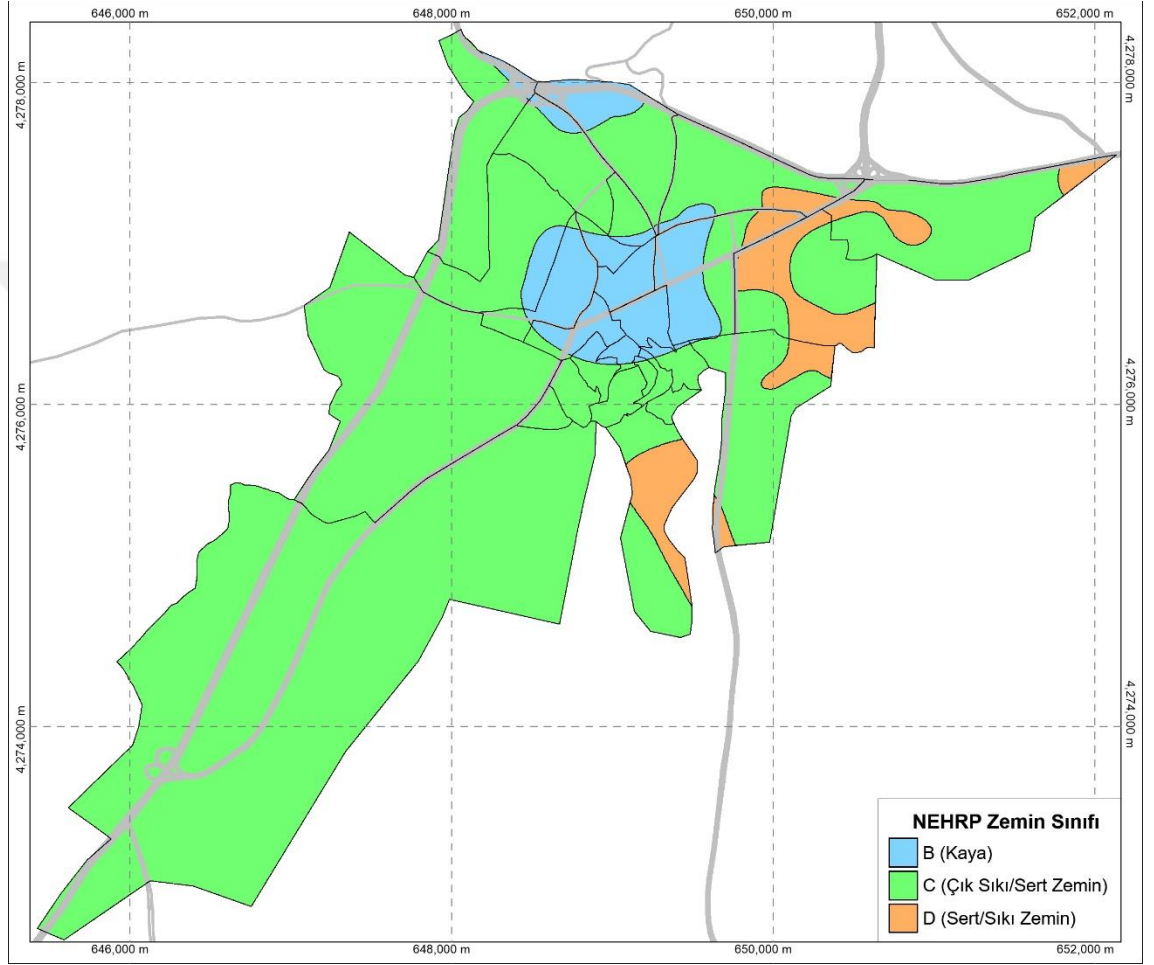
Tablo 7.3. NEHRP'ye göre zemin sınıflama kriterleri [86].

Zemin Sınıfı	Tanımlama	Ortalama S dalga hızı (30 m ye kadar) V_{s30}	Zemin Hakim Periyotları
A	Sert ana kaya	> 1500 m/s	$T \leq 0.08 \geq$
B	Sağlam, dayanıklı ile sert kaya arası birimler	760 - 1500 m/s	$0.08 \leq T < 0.16$
C	Yoğun toprak, yumuşak kaya	360 - 760 m/s	$0.16 \leq T < 0.33$
D	Sert toprak	180 - 360 m/s	$0.33 \leq T < 0.67$
E	Yumuşak killer	< 180 m/s	$T \geq 0.67$
F	Özel çalışma gerektiren zeminler, örneğin sıvılaştırılabilir zeminler, suya doygun kil ve organik olan ve 36 m'den daha kalın zeminler	< 180 m/s	

NEHRP sınıflamasına göre zeminler kayma dalgası hızı (V_{s30}) değerine göre A, B, C, D, E ve F olmak üzere 6 gruba ayrılmıştır. Sınıflamaya göre en sert anakaya A tipi zemin, $V_{s30} > 1500$ m/s veya daha büyük olan zeminler olarak ifade edilmiştir ve en düşük kaliteli E tipi zemin $V_{s30} < 180$ m/s veya daha küçük zeminler olarak ifade edilmiştir. Derinliği 36 metreden daha fazla ve $V_{s30} < 180$ m/s olan zeminler ise F sınıfı zeminler şeklinde ifade edilmiştir.

Zemin sınıflaması mühendislik yapılarının inşası için kullanılırken V_{s30} (yüzeyden itibaren 30 m derinliğe kadar olan kısmının) hızına göre yapılması uygun görülmüştür [87].

Bölgede NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Programme) zemin sınıflamasının haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.1). V_{s30} a göre yapılan NEHRP zemin sınıflamasının, yerel zemin sınıflaması ile ne kadar uyumlu olsa da sınıflanan birimlerin sınırlarında değişmelerin olduğu gözlenmektedir.



Şekil 7.1. Çalışma alanı NEHRP kaidelerine göre zemin sınıfı haritası

Harita incelendiğinde çalışma alanının orta kısmında (Kale vs. Mahalleleri) ve Bahçelievler Mahallesi'nin kuzeybatı kısmında belirli bir alan B zemin sınıfı “sağlam - dayanıklı ile sert kaya arası birimler” olarak belirtilmiştir. Cumhuriyet, Afetevleri, 350 Evler, Emek ve Esentepe Mahallerinde belirli alanlar D zemin sınıfı “sert toprak” olarak ve çalışma alanının geriye kalan kısımları C zemin sınıfı “yoğun toprak - yumuşak kaya” olarak belirtilmiştir.

8. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma Nevşehir il merkezinin güney kısmında yapılmıştır. Çalışmada zeminin mühendislik özellikleri, jeolojik, jeofizik ve jeoteknik verilerin ayrı ayrı ve birlikte kullanımı ve değerlendirilmesi bu verilerin ayrıntılı olarak incelenmesi suretiyle ortaya çıkarılmıştır. Önceki çalışmalardan, saha gözlemlerinden ve bölgenin jeoloji haritasından yararlanılmıştır ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) haritaları oluşturulmuştur. Haritaların oluşturulmasında Nevşehir il merkezi zemin etüt raporlarından ve revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporlarından elde edilen veriler kullanılmıştır.

Çalışma alanının jeolojisini ağırlıklı olarak Alacaşar Tüfü, Kumtepe Külü ve Ürgüp Formasyonu - Kavak Üyesi oluşturmaktadır. Bunun yanında Güncel Alüvyon, Ürgüp Formasyonu – Cemilköy Üyesi, Kızılöz Formasyonu ve Ortaköy Granitoyidi – Granit de gözlenmektedir. Bu birimlerin tamamının jeoteknik özellik ve parametrelerinin belirlenmesi amacıyla zemin sondajı, resistivite ve sismik kırılma çalışmaları yapılmıştır.

Çalışma alanında içerisinde yer aldığı bölgede tektonik faaliyetleri etkileyen birçok diri fay bulunmaktadır. Bunlar; Tuz gölü fayı, Kızılırmak fayı, Derinkuyu fayı, Ecemiş fayı ve Gümüşkent fayıdır. 1900–2005 yılları arasında çalışma alanı ve yakın çevresinde 4,0–5,0 magnitudündeki depremlerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Yerleşim alanlarının sağlıklı bir şekilde seçilmesi için tarihsel deprem kayıtları göz önünde bulundurularak deprem oluşturma potansiyeli yüksek faylar incelenmeli ve yerleşim alanları bu faylardan olabildiğince uzak olmalıdır. Ayrıca yerleşime uygun alanların seçimi için AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritasına da bakılmaktadır.

Çalışma alanında Sayısal Yükseklik Modelinden yararlanılarak yerleşime uygunluk ve arazi kullanımı bakımından önemli bir etken olan eğim haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanına bakıldığında alanın büyük çoğunluğu düşük eğimli ve yerleşim alanları genellikle buralarda toplanmakta, alanının güneydoğu sınırları ise yüksek eğim derecelerine sahip alanlardan oluşmaktadır. En düşük topoğrafik kot, yaklaşık 1100 metreyle çalışma alanının kuzeyindeyken, en yüksek topoğrafya ise çalışma alanının

güneyinde yaklaşık 1450 metre kotlarındadır. Çalışma alanın %54,66'lık kısmı (%0-10) eğime, %27,66'lık kısmı (%10-20) eğime, %9,86'lık kısmı (%20-30) eğime, %5,21'lik kısmı (%30-40) eğime ve %2,61'lik kısmı (>%40)'tan büyük bir eğime sahiptir. Hazırlanan eğim haritasına göre bölge çoğunlukla (%54,66)'lık kısmı ile (%1 – 10) düşük eğimli alanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında en küçük eğim değeri (%0,0007) iken en büyük eğim değeri (%77,267).

Çalışma alanında yapılan arazi deneyleriyle zeminin düşey ve yanal yönde değişimleri oluşturularak karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen SPT-N darbe değerleri 3 metre derinlik için 10-20 arasında yoğunlaşmakta ve Alacaşar Tüfü, Kumtepe Külü ve Güncel Alüvyon birimlerde yaygın bir şekilde gözlenmektedir. Bunun yanında değerlerin düşük olmasının diğer bir sebebi ise üst seviyelerde alterasyonun daha yoğun olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanı ağırlıklı olarak “orta sıkı” olarak ifade dileyebilir. Daha derinlere inildikçe (6 ve 9 metre) SPT-N değerleri orantılı bir şekilde artmakta, “gevşek” birimlerden “sıkı” birimlere geçilmekte ve bu değerler ağırlıklı olarak Ürgüp Formasyonu, Yüksekli Formasyonu, Kızılöz Formasyonu ve Ortaköy Granitoidinde gözlenmektedir.

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde SPT'ye alternatif olarak kayma dalgası hızları (V_s30) değerleri ölçülmüş ve haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında 30 metre derinlik için oluşturulan haritaya göre 278-402 m/s arasında en küçük değerlerin ölçüldüğü yerlerde “gevşek” ve “orta sıkı” zeminler hakimdir. 402-650 m/s arası ise “orta sıkı” ve “sıkı” zeminler hakimdir. 650-769 m/s arası ise “sıkı” zeminler hakimdir. 769-1163 m/s arasında en yüksek değerlerin ölçüldüğü yerlerde “çok sıkı ya da ana kaya” zeminler hakimdir. SPT- V_s arasındaki ilişki doğrusal bir uyum göstermektedir. Kayma dalga hızı (V_s30) haritasına baktığımızda yüksek değerlerin olduğu yer “sıkı, çok sıkı ya da ana kaya” olarak görülen zemin Ürgüp Formasyonunun Kavak Üyesine (Tük) ait alanda görülmektedir. Çalışma alanının çoğunluğunu oluşturan “orta sıkı” zeminler ise Kumtepe Külü (Qk) ve Alacaşar Tüfü (Qal) birimlerinden oluşmaktadır.

Gelecekte oluşabilecek bir deprem dalgası ile mühendislik yapısının rezonansa girip zarar görmesini engelleyebilmek için bazı parametreler hesaplanarak önlemler alınmalıdır. Bu parametrelerden biri de zemin hakim titreşim periyodudur. İnşa edilecek

bina yüksekliği hakkında da bilgi verir. Zemin hakim titreşim periyodu çalışma alanında genel olarak 0.18 – 0.58 sn arasında değişmektedir. Çalışma alanında ağırlıklı olarak kot/kat sınırlamasından kaynaklı 4 katlı binalar inşa edilmektedir. Zemin hakim titreşim periyot değerlerinin yüksek olduğu mahallelerde rezonans oluşmaması için daha yüksek katlı binaların yapımı tercih edilmelidir.

Deprem sırasında zeminlerin davranışlarının belirlenmesindeki bir diğer parametre ise zemin büyütmesidir. Zemin büyütmesi depremin şiddetini artırır ve böylece yumuşak zeminler üzerindeki yapının sert zeminler üzerindeki yapıya göre daha çok hasar görmesine sebep olur. Zemin büyütmesini değerlendirmek için kayma dalgası hızı kullanışlı bir özelliktir. Bu özellik ile çalışma alanında hesaplanan zemin büyütme değerleri 0,7 – 2,4 arasında değişkenlik göstermektedir. Sıkıntılı sayılabilecek yumuşak birimlerin ve alüvyon örtünün olduğu yerlerin, zemin büyütmesi “düşük” tehlike düzeyindedir. Zemin büyütmesi haritasına bakıldığında 350 Evler Mahallesi, Cumhuriyet Mahallesi, Emek Mahallesi'nin doğusu ve Esentepe Mahallesi'nin batısı zemin büyütmesi açısından sıkıntı içeren yerlerdir. Diğer Mahalleler özellikle Kale vs. Mahalleleri, Bahçelievler Mahallesi, 20 Temmuz Mahallesi ve Afetevleri Mahallesi'nin orta kısımları önerilmektedir.

Yerel zemin sınıflaması Afet ve Acil Durumu Yönetimi Başkanlığı'na göre, yapı temeli altında kalan zeminin özelliklerini belirlemek için yapılmıştır. Çalışma alanında üç çeşit yerel zemin sınıfı ZB, ZC, ZD bulunmaktadır. ZE zemin sınıfı ise “gevşek – yumuşak” zeminler görülmemektedir. Çalışma alanının çoğunluğunu ZB zemin sınıfından “sıkı – sert” birimlerin oluşturmasıyla birlikte bazı mahallelerde üç zemin sınıfının da birlikte bulunduğu görülmektedir.

NEHRP Zemin Sınıflaması, mimari yapının sismik dizaynında ve zemin karakterini sınıflamada kullanılan bir diğer yöntemdir. V_{s30} ortalama değerlerine göre, zemin A ile F sınıfı arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanında elde edilen veriler ile NEHRP Zemin Sınıfı haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanı zeminleri sınıflandırılmıştır. Oluşturulan haritaya göre çalışma alanında üç sınıf zemin B (kaya), C (çok sıkı/sert zemin) ve D (sert/sıkı zemin) bulunmaktadır. Çalışma alanına genel olarak C (çok sıkı/sert zemin) sınıfı zemin hakimdir. B (kaya) ve D (sert/sıkı zemin) sınıfı zeminler ise haritada olduğu gibi bazı mahallerde görülmektedir.

Bu alışma ileride yapılacak bölge ile ilgili çalışmalara fikir vermesi açısından büyük önem taşıtmaktadır. Planlamacı ve uygulayıcılara planlama aşamasında fikir vermesi açısından katkı koyacağı düşünülmektedir. Bu alışma ile bölgenin genel değerlendirmesi yapılmış olup, jeolojik birimlerin değişkenlik göstermesi ve anizotropiden kaynaklı değişkenliklerin de göz önünde bulundurularak parsel bazlı ayrıntılı çalışmaların da yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Korat, G., “Taş Kapıdan Taç Kapıya”, *İletişim Yayınları* 866, 2003.
2. Kemikkıran, Ö. F., “Nevşehir Yöresindeki İgnimbiritlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile P-Dalga Hızı Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir, 2019.
3. Burrough, P. A., “Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment”, *Oxford University Press*, 1998.
4. Nevşehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü “Nevşehir İli 2014 Yılı Çevre Durum Raporu” *Nevşehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevre Yönetimi ve Denetiminden Sorumlu Şube Müdürlüğü*, 12 s., Nevşehir, 2015.
5. İnternet: Nevşehir Valiliği “İlimiz Rehberi” <http://www.nevsehir.gov.tr/ilimizrehberi>.
6. Beekman, P. H., “İncesu bölgesinin (Kayseri) jeolojik ve volkanolojik etüdü”. *MTA Rapor No:6880*, Ankara,1963.
7. Pasquare, G., “Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, *Atti Accad. Naz. Lincei Mem.*, 9., 55-204, 1968.
8. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., “The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area”, *Geological Magazine*, 112, 349-360, 1975.
9. Erdoğan, M., “Nevşehir Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması”, *İ.T.Ü. Maden Fakültesi Doktora Tezi*, s. 100, 1986.
10. Ercan, T., “Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması”, *MTA Dergisi*, 107, 119140, 1986.
11. Pasquare, G., Poli, S., “Vezzoli, L. and Zanchi, A., Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia”, *Turkey. Tectonophysics*, vol.146, p.217- 230, 1988.
12. Le Penneç, J. L., Bourdier J. L., Froger J. L., Temel A., Camus, G., Gourgaud, A., “Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau”, Central Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 63, 59-87, 1994.
13. Toprak, V., “Vent distribution and its relation to regional tectonics”, *Cappadocian Volvanics, Turkey. J. Vol. Geotherm. Res.*, vol.85, p.55-67, 1998.

14. Temel, A., Gündoğdu, M. N., Gourgaud, A. and Le Pennec, J. L., “Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey)”, petrology and geochemistry. *J. Vol. Geo. Res.*, vol.85, p.447-471, 1998.
15. Ayhan, A., “Geological and Morphological Investigations of the Underground Cities of Cappadocia using GIS”, *M. Sc. thesis*, METU, 120 p., *YL. Tezi*, Ankara, 2004.
16. Mues-Schumacher, U., Schumacher, R., Viereck-Götte, L. G., Lepetit, P., “Areal Distribution and Bulk Rock Density Variations of the Welded İncesu Ignimbrite”, Central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 249-267, 2004.
17. Doğan, G.D., “Cemilköy İgnimbiritinin (Kapadokya) Petrolojisi ve Jeokimyası”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL. Tezi*, Ankara, 2006.
18. Korkanç, M., “İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı.” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 31 (1),49-60, 2007.
19. Sayın, M. N., “Fairy Chimney Development in Cappadocian Ignimbrites (Central Anatolia, Turkey)”, The Graduate School Of Natural And Applied Science Of *Middle East Technical University. Doktora. Tezi*, 2008.
20. Ançel, A., “Göllüdağ – Acıgöl (Kapadokya Volkanik Provensi) Bölgesinde Yer Alan Karnıyarık Tepe Cüruf Konisinin ve Güneydağ Tüf Halkasının Patlatma ve Yerleşme Dinamiklerinin Saptanması”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2012.
21. Göz, E., “Ürgüp Formasyonu (Nevşehir) Karasal Çökellerinin Fasiyes ve Paleoekolojik Özellikleri”, *Dumlupınar Üniversitesi, Doktora Tezi*, Kütahya, 2019.
22. Bargu, S., Osman Şahin Ğ. ve Öztoprak S., “Gürsu (Bursa) Alanının Jeolojik ve Jepteknik Araştırma Raporu”, *İstanbul Üniversitesi Araştırma ve Yardım Vakfı Eğitim Faliyetleri İşletmesi*, 2000.
23. Güzel, M., “Kireçoçağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik Jeofizik Jeoteknik Etüd Raporu”, Adana, 2002.
24. Haşimoğlu A., Zemin Etüt Bilgi Sisteminin Oluşturulmasının Önemi: Yoncalı (Kütahya) Örneği. *İmar İşleri Müdürlüğü, Planlama Servisi*, Kütahya, 2004.

25. Ceyhan, U., “Büyükçekmece İlçesinde Kayma dalgası hızı kullanılarak Mikrobölgeleme çalışmaları”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2004.
26. Orhan, A., “Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin JeoMühendislik Özellikleri ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulanması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Eskişehir, 2005.
27. Karavul C., Kurnaz F. T. ve Kıyak A., “Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak iki Farklı Yaklaşımla Adapazarı Kenti SPT (Standar Penetrasyon Testi) Haritalarının Oluşturulması”, *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul, 2005.
28. Beliceli, A., “Eskişehir Yerleşim Yeri Zeminin Büyütme Etkisinin Makaslama Dalga Hızına (V_s) Bağlı Olarak Belirlenmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir, 2006.
29. Tosun H. ve Orhan A., “Coğrafi Bilgi Sistemi Programlarının Temel Zeminin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanımı: Eskişehir Örneği”, *ESOGÜ Müh. Mim Fak. Dergisi*, Eskişehir, 2007.
30. Karaca, Ö., “Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Kullanılarak Hazırlanması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Isparta, 2007.
31. Kıncal C., Koca Y. M. ve Özyalın Ş., “Armutalanı (Marmaris-Muğla) Beldesi Sahasının Yerleşim Amaçlı Arazi Kullanım Haritasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Hazırlanması”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 2007.
32. Elmasdere E., “Isparta Mavikent Yerleşim Bölgesinin Sismik Mikrobölgeleme ve Değerlendirilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 2008.
33. Şensoy U., “Çukurova Üniversitesi ve Çevresi Çevre Düzeni Planı”, *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı*, Çukurova, 2008.
34. Güzel, M., “Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı (Kuzey Adana Örneği)”, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Adana, 2009.

35. Akpancar, R., “Nevşehir İl Merkezi Kuzey Bölümünün Jeoteknik Değerlendirmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Modellenmesi”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir, 2019.
36. Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., Türkiye' de Tetis' in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım, *TJK Yerbilimleri Özel Dizisi No: 1, 75 s.*, Ankara, 1983.
37. Aydın, F., Kapadokya Volkanik Kompleksi'nin Gelişimi ve volkanizmanın bölge üzerindeki etkileri. *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, Ürgüp- Nevşehir*, 2009.
38. Aydar, E., Schmitt, A. K., Çubukçu, H. E., Akin, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R. A. & Atici, G. “Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions” *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 213–214, 83–97, 2012.
39. Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., Olgun, E., “Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi”, Bölüm 1: Güney kesim, *TPAO Rapor No: 3155*, Ankara, 140 s., 1991.
40. Açıkgöz, F., Öz, M., “Nevşehir Ürgüp, Kaymaklı çevrelerinin prospeksiyon raporu” *MTA*, Ankara, 1980.
41. Atabey, E., “Kapadokya, Nevşehir ili ve ilçeleri, jeolojisi, maden ve enerji kaynakları, tıbbi jeolojik unsurları ve halk sağlığı” *Tıbbi Jeoloji Kitabı*, 2013.
42. Atabey, E., “MTA 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray H19 (K33) Paftası.” *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, 1989.
43. Akın, L., Aydar, E., Schmitt, A.K., Çubukçu, H.E., “Application of zircon typology method to felsic rocks (Cappadocia, Central Anatolia, Turkey): a zircon crystallization temperature perspective”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 28, 351-371, 2019.
44. Göz, E., “Başköy ve Bayramhacılı (Kayseri) Civarındaki Üst Miyosen-Pliyosen Yaşlı Karbonatlı ve Killi Birimlerin Jeolojisi, Mineralojisi, Jeokimyası ve Çökelme Ortamı”, *Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir, 2010.
45. www.mta.gov.tr
46. “AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası”, 2018
47. İnternet: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi “Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye

- Deprem Kataloğundan İllere Göre Sorgulama Formu”
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/il.asp>
48. Afad Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması
<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/detayliRapor.xhtml>
49. ESRI, Program Manual. p. 1-2, 1994.
50. Church, R. L., Geographical Information Systems and Location Science. *Computers and Operations Research* 29 (6), 541-562, 2002.
51. Altan, İ., "Vertical Mapper - Mekansal Analiz ve 3 Boyutlu Görüntüleme Yazılımı", Başarsoft Yayınları, 100s, Ankara.
52. Ulusay R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları* 38, Güncelleştirilmiş, Genelleştirilmiş 5. Baskı, 2010.
53. Tosun, H., Temel zemini taşıma gücü”, *DSİ Genel Müdürlüğü*, 141 s., Ankara, 1989.
54. Tosun, H., Temel zemini oturma analizi, *DSİ Genel Müdürlüğü*, 2. Baskı, 136 s., Ankara, 1993.
55. Seed, H. B., Tokimatsu, L. F., Harder, M. and Chung, R. M., Influence of SPT procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering*, 111, 12, pp. 1425-1445, 1985.
56. Seed, H. B and DeAlba, P., Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands, use of In-situ tests in geotechnical engineering, *ASCE-Geotech. Spec. Publ.*, 6, pp. 281-302, 1986.
57. Tosun, H., Türköz, M., Orhan, A. ve Çamdalı, B., Eskişehir-Meşelik Killerinin jeoteknik özellikleri ve yerleşime uygunluğu, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi 21-22 Ekim 2002*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2002.
58. FHWA, Subsurface Investigations (Geotechnical Site Characterization). *Federal Highway Administration*, No: NHI-01-031, U.S. Department of Transportation, U.S.A. 2002.
59. Demir, G., “Gürsu (Bursa) Yerleşim Alanındaki Temel Zemininin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Kullanılarak Değerlendirilmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir, 2013.

60. Keçeli, A., Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini, *Jeofizik Dergisi*, Ankara, Türkiye, 4, 83-92, 1990.
61. Çetin, B., “Antakya ve İskenderun-Dörtyol Çevresinde Suburbanizasyon (Banliyöleşme)”, *Doğu Coğrafya Dergisi*, Sayı: 28, s. 259-282, 2012.
62. Taştan, B., Aydınoglu, A. Ç., “Çoklu Afet Risk Yönetiminde Tehlike ve Zarar Görebilirlik Belirlenmesi İçin Gereksinim Analizi”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı: 31, s. 366-397, 2015.
63. Karakuş, K., “Kent Planlaması ve Jeoloji”, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları* No: 104, 2009.
64. Cooke, R. U. and Doornkamp, J. C., “Geomorphology in Environmental Management: 2nd Edition”, *Oxford University Press*, Oxford, 1990.
65. Durgunoğlu, H. T. ve Toğrol, E., “Penetration testing in Turkey”, *State-of-the-art report*, 137s, 1974.
66. Terzaghi, K. ve Peck R.B., “Soil Mechanics in Engineering Practice”, *John Wiley & Sons. Inc.*, 729 p. New York, 1948.
67. Sivrikaya, O., ve Toğrol E., “Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımında Kullanımı”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 234s, 2009.
68. Akkaya, İ., Özvan, A., Akın, M., Akın, M., Övün, U., “Kayma Dalgası Hızı (V_s) Kullanılarak Erciş (Van) Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), ss. 55-68, 2017.
69. Dobry, R., Stokoe, K. H. I. I, Ladd, R. S., Youd, T. L., “Liquefaction Susceptibility from S-Wave Velocity. Proceedings, In Situ Tests to Evaluate Liquefaction Susceptibility”, *ASCE National Conversion*, held 1981, St. Louis, MO., 1981.
70. Uyanık, O., “Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi”, *DEU. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İzmir, 200s, 2002.
71. Uyanık, O., Taktak, A. G., “Kayma Dalga Hızı ve Etkin Titreşim Periyodundan Sıvılaşma Çözümlemesi için Yeni Bir Yöntem” *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13-1, 74-81, 2009.
72. Uyanık, O., “Sıvılaşır ya da Sıvılaşmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek”, *DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* Cilt:8, Sayı: 2, 79-91, 2006.

73. Kanai, K., Engineering Seismology, *IIESEE Lecture Note*, IEES Japan, 1983.
74. Kanai, K., “Semi Empirical Formula for the Seismic Characteristic of the Ground”, *Bull. Earthq. Res. Ins.*, Vol.35, Part 2, 1965.
75. Ansal, A. M., “Effects of Geotechnical Factors and Behaviour of Soil Layers During Earthquakes”, *State-of-the-Art Lecture, Proc. of 10th European Con. on Earthquake Engineering*, Wien, Austria, (1):467-476, 1994.
76. Ansal, A., Erdik, M., Studer, J., Springman, S., Laue, J., Buchheister, J., Giardini, D., Faeh, D. and Koksal, D., “Seismic microzonation for earthquake risk mitigation in Turkey”, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, BC, Canada, 2004.
77. Anonim, İzmir Deprem Senaryosu Erişim tarihi: 02/01/2008 11:27. <http://www.izmir.bel.tr/izmirdeprem/izmirrapor.htm>,1999.
78. Hazal, E., İyisan, R., “Yerel Zemin Koşullarının Zemin Büyütmesine Etki; Bir ve İki Boyutlu Davranış”, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 343-352, 2004.
79. Shima, E., “Seismic microzonation map of Tokyo”, *Proceeding 2nd International Earthquake Microzonation Conference*, San Francisco, CA, 1433-443, 1978.
80. Midorikawa, S., “Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake”, *Journal of Structural Engineering*, 33B, 43- 48, 1987.
81. Borchardt, R. D., Wentworth, C. M., Janssen, A., Fumal, T. And Gibbs, J., “Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region”, *Proc. Fourth Intern'l. Conf. on Seismic Zonation*, Vol.3, pp. 545- 552, 1991.
82. Medvedev, S. V., “Engineering Seismology, Israel Program for Scientific Translations”, *IPST Catalogue* No:13 Jerusalem, 1965.
83. Kurnaz, T. F., Ramazanoğlu Ş., “Yerleşime Uygunluğun Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Sorgulanması Esenler (İstanbul) Örneği”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bil. Der.* 18. Cilt, 3. Sayı, s. 171-182, 2014.
84. İnternet: <https://deprem.afad.gov.tr/depremdokumanlari/391>
85. Afet ve Acil Durumu Yönetimi Başkanlığı, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018)”, 2018.

86. Wills, C. J., Petersen, M., Bryant, W. A., Reichle, M., Saucedo, G. J., Tan, S. A.,
“Site-Conditions Map for California Based on Geology and Shear-Wave Velocity”,
Bulletin of the Seismological Society of America, 90, 187-208, 2000.
87. Ayday C., Altan, M., Nefeslioğlu, H., Canigur, A., Yerel, S. ve Tün, M., “Eskişehir
Yerleşim Yerinin Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu”, *Anadolu
Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü*, Eskişehir, 2001.



ÖZGEÇMİŞ

Resul ÇİFÇİ, 1990 yılında Elbistan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elbistan'da tamamladı. 2008 yılında kazandığı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. 2010 yılında Ankara Başbakanlık TOKİ Genel Müdürlüğünde ve 2011 yılında Ankara TPAO Genel Müdürlüğünde stajlarını tamamladı. 2011 yılında İstanbul Avrasya Derinkuyu Zeminde (Zemin iyileştirme, zemin ve su sondajı) çalıştı, 2012 yılında Adabağ AŞ. (Malatya Erkenek Karayolu Tüneli İnşaatında) çalıştı. 2013 yılında Yılmaz Turgan İnşaat (Afyon/Dazkırı Hasandede Sulama Göleti İnşaatında) çalıştı. 2015 yılında kazandığı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 2017 yılında MASSEY RR AŞ. (Sabiha Gökçen Metro Tüneli İnşaatı) çalıştı. 2018-2019 yıllarında Bozüyük Decovita Seramik AŞ.(Seramik Üretiminde) çalıştı.

Telefon : 0(505) 154 69 46

E posta : resulll_75@hotmail.com